

NINA Temahefte 31

Kystøkologi:

økosystemprosesser og
menneskelig aktivitet

NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger

Kystøkologi.

økosystemprosesser og
menneskelig aktivitet

NINAs strategiske institutt-
programmer 2001-2005

Norsk institutt for naturforskning

Svenning, M-A. & Jonsson, B. (eds.). 2005. Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet. NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005. - NINA Temahefte 31. 64 pp.

Trondheim, juli 2005

ISSN: 0804-421X

ISBN: 82-426-1613-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

DESIGN OG LAYOUT

Kari Sivertsen, NINA

FORSIDEBILDE

Frithjof Moy (manipulert)

OMSLAGSFOTO

P. Jordhøy, B. Dervo, K. Kringstad, T. Anker-Nilssen, NINA

OPPLAG

600

NØKKELOORD

kystsonen - mangfold - produktivitet - menneskelig aktivitet - kystøkologi - enartsforvaltning
- økosystemprosesser - økosystemforvaltning

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA Trondheim
NO-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo
Postboks 736 Sentrum
NO-0105 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 33 11 01

NINA Tromsø
Polarmiljøsenteret
NO-9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer
Fakkelgården
NO-2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005

I perioden 2001-2005 har NINA gjennomført fire strategiske instituttprogrammer (SIPer). Programmene, som har bestått av langsiktig og målrettet forskning, framkom gjennom dialog mellom NINA, Basisbevilgningsutvalget under Norges forskningsråd og Direktoratet for naturforvaltning (DN). For NINA er de strategiske programmene grunnleggende for opprettholdelse og videreutvikling av fagkompetansen rettet mot miljøforvaltningen. Gjennom programmene styrkes fagkompetansen innen områder der NINA tradisjonelt har vært sterke, og hjelper oss til å utvide kompetansen til nye områder der forvaltningen trenger naturforskning. Dette gjøres gjennom kompetanseoppbygging av instituttets egne forskere og teknisk ansatte, og ved rekruttering av nye medarbeidere der dette er ønskelig eller nødvendig. I programmene har man lagt vekt på å publisere resultatene i internasjonale fora etter hvert som de har framkommet, så vel som å gjøre dem kjente i relevante, nasjonale sammenhenger. På denne måten er programmene vesentlige for å sikre NINAs stilling i markedet spesielt, styrke vår nasjonale kompetanse innen miljøforskning generelt, samt at de er viktige elementer i NINAs nasjonale og internasjonale forskningssamarbeid.

De fire programmene har omhandlet Kystøkologi, Areal og landskapsanalyse, Effekter av menneskelig bruk på økosystemene og Konsekvensundersøkelser. De tre første er rene NINA-programmer, mens det fjerde er et fellesprogram i Miljøalliansen der NINA har vært ett av fem deltakende institutter.

Gjennom rekken av sluttrapporter gir vi en samlet framstilling av hovedresultatene så langt. Forskning er imidlertid en langsiktig, intellektuell prosess. Selv om feltarbeid og analyser nå i hovedsak er avsluttet, venter vi at nye publikasjoner fortsatt vil

komme, basert på de studiene som her har vært utført. Sluttrapportene markerer imidlertid den offisielle avrundingen av programmene.

Den økonomiske støtten til prosjektene under programmene har vært flersidig. Mange av delprosjektene har fått ekstern økonomisk støtte, for eksempel fra Forskningsrådet, EU og/eller forvaltningen i tillegg til den støtten som programmene selv har gitt. Dette har økt omfanget av prosjektene, og gitt dem nyttig kvalitets-sikring underveis ved søknads- og framdriftsevaluering. I tillegg har dette vært med på å sikre relevansen for samfunnet av den forskningen som har vært utført både i nasjonalt og internasjonalt perspektiv. Denne flersidigheten ved finansieringen har vært vesentlig for å gi prosjektene det volumet som har vært nødvendig for gjennomføringen av moderne miljøforskningsprogrammer. Vi mener dette er en god modell som har vært brukt i alle instituttprogrammene NINA har drevet.

Det er vårt håp og tro at forvaltningen og samfunnet for øvrig, vil finne sluttrapportene nyttige og interessante. Ønsker man imidlertid å gå dypere inn i enkeltresultatene henvises det til de vitenskapelige publikasjonene som kommer fra programmene. Rapportene er gitt i en populær form, og man har i liten grad valgt å gå inn på metodikk, forsøksbetingelser og statistisk analyse. Dette blir bare gitt i de separate artiklene som publiseres fra delprosjektene.

Det er med stor glede NINAs forskere gir denne oppsummeringen, og de vil samtidig rette en stor takk til alle de som har bidratt til å gjøre prosjektene vellykket.

Einar M Hjorthol
Adm direktør

Sammendrag

Svenning, M-A. & Jonsson, B. (eds.). 2005. Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet. NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005. - NINA Temahefte 31. 64 pp.

De marine økosystemene dekker mer enn 70 % av jordas overflate, og det finnes ulike levende organismer fra overflaten og ned mot de dypeste områdene på mer enn 11 000 m. Noen av disse områdene er av de mest produktive på jorda, mens andre er lavproduktive som ørkener. De kystnære områdene er blant de mest produktive. Den norske kystlinjen er om lag 80 000 km, tilsvarende strekningen to ganger rundt ekvator, og er dekket av rundt 10 000 kvadratkilometer med tang og tare. Dette danner leveområder for et høyt mangfold av alger og dyr, med tettheter på opptil flere 100 000 dyr per kvadratmeter. Tareskogen er også viktig som gyte- og oppvekstområde for marine fiskearter, samt som beiteområde for anadrome fiske-slag som sjørørret og sjørøye. Videre lever mange av våre bunn-dyr- og fiskespisende sjøfugler, samt kystnære predatorer som oter og sel, i tilknytning til disse kystnære områdene. De kyst-økologiske systemene langs norskekysten representerer derfor unike og produktive områder, med flere trofiske nivåer og med et svært høyt mangfold av arter og levende organismer. Disse samfunnene påvirkes i sterk grad av menneskelig aktivitet.

NINAs instituttprogram " Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet" (2001-2005) hadde som hovedmål-setting å øke forståelsen av hvordan naturlige og menneske-skapte fluktasjoner påvirker stabilitet og struktur i popula-sjoner og samfunn langs norskekysten. Programmet har vært konsentrert om studier i kystnære, pelagiske systemer; tare-skogssystemet, tidevannssoenen og estuarier, og har hatt tre forskningstematiske tyngdepunkt; a) betydningen av tang-/tare-beltet og konsekvenser av utnyttelse, b) betydningen av habi-tat og trofiske interaksjoner for kystbundne predatorer og c) betydningen av laksefisk med effekter av fiskeoppdrett og høsting. Tematisk har programmet dekket både produktivitet (alger), næringsmessige (trofiske) interaksjoner (alger, virvel-løse dyr, fisk og fugl) og betydninger av menneskelig aktivitet (lakseoppdrett, taretråling, høsting av laksefisk, arealbruk). Til sammen sju prosjekter er gjennomført i perioden 2001-2005 og rapportert i dette temaheftet. Kompetansen som er byg-get opp, vil være anvendelig for oppdrag fra myndigheter, fir-maer eller organisasjoner, f.eks. ved vurdering av konsekven-ser av taretråling, oljevirksomhet, fiske, oppdrett eller andre inngrep og endringer i kystmiljøet.

Kapittel 1:

Gjennom en kombinasjon av innsamlinger og eksperimenter i felt, storskala bassengstudier og akvarieforsøk, ble det doku-mentert at tang, tare og ålegras er særdeles produktive syste-mer langs kysten og danner leveområde for et høyt mangfold av påvekstalger og dyr. De tre samfunnstypene har likhets-trekk, men vokser på forskjellige steder og har spesifikke dyre-samfunn som danner egne biologisk miljøer med stort mang-fold og høy produksjon av næring. De representerer trolig de mest produktive økosystemene på kloden, dekker bunnarea-ler på mer enn 10 000 kvadratkilometer langs norskekysten, og produserer nærmere 200 millioner tonn biomasse per år, tilsvarende arealet av dyrket mark i hele Norge. Tareskogen er utsatt for kraftige forstyrrelser fra stormer, næringssalt-belastning og taretråling, men viser god evne til rehabilite-ring. Store og langvarige forstyrrelser kan likevel endre syste-met permanent og medføre kollaps. Fra Trøndelagskysten og nordover til Finnmark, har kråkeboller beitet ned store deler av taresogen, tilsvarende et areal på 2 000 kvadratkilome-ter. Bare i Finnmark har derfor 90 % av tareskogen forsvun-net. Kråkebollebeitingen representerer et årlig tap tilsvarende 20 millioner tonn tare, mens taretrålerne til sammenligning bare høster 165 000 tonn årlig (< 1 %). Dette viser at enkel-te forstyrrelser kan gi langvarige og meget store tap både for det biologiske mangfoldet og for høsting av ressursen. Studiet viser at selv om kystsystemenes særegenhet må ivaretas i en fremtidig kystforvaltning, er det grunnlag for en større avkast-nings av fisk og skalldyr enn hva dagens situasjon gir.

Kapittel 2:

Tareskogen langs norskekysten har et rikt artsmangfold av fisk, bunndyr og sjøfugl. Det har vært spekulert på om for-styrrelser av tareskogen som taletråling, virker negativt på sjøfuglfaunaen. I et område i Frøya kommune, Sør-Trøndelag, ble det undersøkt hvordan storskarv responderte på taretrå-ling. Det viste seg at skarven vesentlig oftere, beitet i områder med mye enn lite tare. Hele 18 fiskearter ble funnet i dietten dens, dominert av torskefisk. Voksen storskarv spiste ca 2 kg fisk hver dag uten at dette førte til overbeiting av fiskeressur-sene i jaktområdet. Taretråling førte til redusert fisketetthet, og skarvene så ut til å kompensere for dette ved å øke tiden de brukte for å søke etter mat. Det er uvisst om taretrålingen førte til redusert hekkesuksess.

Kapittel 3:

Flere millioner sjøfugl hekker i Barentshavet, og flere av arte-ne utgjør en vesentlig del av verdensbestanden. Utenom hek-kesesongen søker flere av disse kystnære sjøfuglene inn til Finnmarkskysten, hvor det er isfritt og mye mat. De samme områdene brukes imidlertid også aktivt av mennesker gjen-

nom oppdrettsvirksomhet, skipstrafikk, petroleumsaktivitet og annen menneskelig aktivitet. Gjennom sjøfugletellinger fra småfly, ble det i dette studiet vist at det er mulig å forklare fordelingen av de ulike sjøfugleartene langs områder av Finnmarkskysten ved hjelp av bestemte sett av miljøvariable (areal av grunnvannsområder, lengden på kyststripen og grad av menneskelig aktivitet). En kan derfor finne fram til de potensielt viktigste områdene for sjøfuglene ved relativt enkle habitatvurderinger, uten å foreta kostbare fugletellinger.

Kapittel 4:

Ung sei (0- og I-gruppene) av den nordøst-arktiske bestanden har sine viktigste oppvekstområder i tareskogen langs Norskehavet. Mengden sei kan derfor ikke måles pålitelig på tradisjonelle havforskningstokt i åpent hav før fisken er minst to år gammel. I tareskogen er ungseien imidlertid tilgjengelig som byttedyr for en rekke arter sjøfugl. Ved bruk av lange dataserier (15-25 år) fra sjøfuglkolonier i Nord-Trøndelag og Nordland, viste det seg at rekrutteringen til sei i betydelig grad kunne predikeres flere år tidligere gjennom sjøfuglenes suksess, enn det toktene i havet kunne vise. Ved å koble dataseriene for sjøfugl med sjøtemperatur og vinterindeksen for NAO i mer komplekse statistiske modeller, kunne variasjonen i seiens rekruttering forklares med enda større sikkerhet enn de gjorde hver for seg. Resultatene åpner for at slike indekser kan benyttes av fiskeriforvaltningen for å underbygge prognosene for seibestanden nord for 62°N.

Kapittel 5:

Sjørret finnes langs hele norskekysten. Den gyter i ferskvann og foretar årlige næringsvandring ut i sjøen. I Nord-Norge tilbringer den et par måneder i sjøen sommerstid og overvintrer i ferskvann. Ørret som gyter i bekker langs Skagerrakkysten i Sør-Norge, er ofte mindre og lever kortere enn ørret fra større vassdrag. De oppholder seg i sjøvann det meste av livet, unntatt de første leveår, samt 1-2 uker hvert år under gytingen. De minste sjørreterne beiter nært kysten, mens de største fiskene kan trekke ut i åpent hav. I sjøen spiser ørreten mest fisk. Mangebørstemark tas en del på grunt vann tidlig om våren og insekter spises spesielt om høsten. Ørreten overvintrer som oftest i brakkvannsområder nær elvemunningen, eller i kulper i elvene dersom disse er store nok. Økende vanntemperatur stimulerer vandring om våren, mens flom er viktig for vandring om høsten. Bekkene har genetisk differensierte bestander, og de genetiske forskjellene øker med avstanden mellom bekkene.

Kapittel 6:

Dødeligheten på laksesmolt som vandrer ut i havet på forsommeren er svært høy, og en av årsakene skyldes infeksjo-

nen av lakselus. Økningen i produksjonen av oppdrettslaks har ført til at kystvannet nå tilføres store mengder lakseluslarver når den ville laksesmolten navigerer gjennom fjorder og kystvann, på vei ut til beiteområdene i havet. Undersøkelsen i Romsdalsfjorden viste at smolten svømte med en hastighet på i overkant av en kroppslengde per sekund, tilsvarende en halv kilometer per time. De fleste smoltene svømte langs den sørvestlige siden av fjorden i en relativt rett vandringsrute. Smolten svømte mest i brakkvannslaget nær overflaten, men gjorde regelmessige dykk til det underliggende saltvannslaget med mye lakseluslarver. Sjørretsmolten svømte saktere enn laksesmolten, svømte mer i sikksakk, holdt seg nærmere land og i lenger tid inne i fjorden. Undersøkelsen i Hardangerfjorden viste at smittepresset fra lakselus er størst i nærheten av oppdrettsanlegg og når strømmen går fra anlegget beveget seg mot smolten. Det utvikles nå en modell i Romsdalsfjorden der smoltens vandringsrute, strømningsbilde, temperatur, saltholdighet og forekomst av lakselus integreres, for å vurdere hvor oppdrettsanleggene bør plasseres for at risikoen for lakselusangrep på villfisk skal bli lavest mulig. Modellen kan trolig overføres til andre fjordsystemer.

Kapittel 7:

I dette studiet har en undersøkt sjørøye- og sjørretbestanden i Halselva i Finnmark, der all opp- og nedvandring av de to artene har vært registret i fiskefella siden 1987. Sjørreten vandrer ut i sjøen litt senere enn sjørøya og oppholder seg lenger i sjøen. Sjøoppholdet hos begge artene varierer med sjøtemperaturen. Høy sjøtemperatur i juni gir langt sjøopphold, mens kald august korter sjøoppholdet. De to artene utnytter ulike deler av fjordsystemet, og dietten gir en indikasjon på byttedyrproduksjonen i Altefjorden. Gjennomsnittlig tilbakevandring til vassdraget var 31 % for sjørøya og 17 % for sjørreten. Dess bedre tilvekst, dess flere overlevde sjøoppholdet. I og med at de to artene registreres på opp- og nedvandring i fiskefella hvert år, og tilvekst og overlevelse gir et uttrykk for miljøforholdene i fjorden, kan artene være gode indikatorer på tilstanden i kystsonen.

Martin-A. Svenning, Norsk institutt for naturforskning,
Polarmiljøsenteret, NO-9296 Tromsø

Bror Jonsson, Norsk institutt for naturforskning,
Dronningensgt. 13, Postboks 736 Sentrum, NO-0105 Oslo.

Forord



Foto: Martin-A. Svenning

Kystsonen er det viktigste og mest produktive området i det marine økosystemet, og nærmere 95 % av alle marine organismer har tilknytning til kysten. Selv om kysten ikke har noen klar avgrensning, er den norske kystlinjen i størrelsesorden 80 000 km, tilsvarende strekningen to ganger rundt ekvator. De grunneste områdene dekkes av rundt 10 000 kvadratkilometer med tang og tare som danner leveområder for et høyt mangfold av alger og dyr, med tettheter på opptil flere 100 000 dyr per kvadratmeter. Tareskogen og de kystnære områdene, er særdeles viktig som gyte-, oppvekst- og beiteområde for flere arter av både fisk, sjøfugl og pattedyr. De kystøkologiske systemene langs norskekysten representerer derfor unike og produktive områder, med flere ernæringsmessige (trofiske) nivåer og med et svært høyt mangfold av arter og levende organismer. Disse samfunnene påvirkes i sterk grad av ulik menneskelig aktivitet som fiske, taretråling, skipstrafikk, olje- og gassutvinning og fiskeoppdrett.

NINAs instituttprogram "Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet" (2001-2005) hadde som hovedmålsetting å øke forståelsen av hvordan ulike naturlige og menneskeskapte fluktuasjoner påvirker stabilitet og struktur i populasjoner og samfunn langs norskekysten. Innenfor instituttprogrammet har NINA samarbeidet med en rekke nasjonale og internasjonale forskningsinstitusjoner. Dette har medført at NINA har kunnet angripe problemstillinger som ellers ville vært vanskelig innenfor institusjonen. Til sammen sju prosjekter er gjennomført i perioden 2001-2005 og rapportert i dette temaheftet. De fleste prosjektene har hatt delfinansiering fra Norges Forskningsråd, Direktoratet for naturforvaltning og/eller EU.

Gjennom instituttprogrammet har vi fått bedre forståelse for hvordan menneskelig aktivitet påvirker stabilitet og struktur i populasjoner og samfunn langs norskekysten. Vi har også utvi-

klet et bedre verktøysett for å vurdere konsekvenser av menneskelig aktivitet i forkant av potensielle inngrep, og kan bedre rådgi forvaltningen om hvordan eventuelle skadevirkninger kan reduseres mest mulig. Måloppfyllelsen av programmet synes derfor å være i godt samsvar med det stadig stigende behovet for økt kompetanse innen marin forskning og forvaltning, der den viktigste utfordringen består i å bevege seg fra enarts- til økosystemforvaltning.

Jeg vil med dette takke prosjektarbeidere, finansierere og andre som har bidratt til å gi programmet en vellykket gjennomføring.

Tromsø, juli 2005

Martin-A. Svenning
programkoordinator

Innhold

NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005	3
Sammendrag	4
Forord	6
1 Tang, tareskog og ålegras som leveområde og økosystem	9
2 Taretråling påvirker forekomsten av fisk, men hva skjer med storskarvene?	19
3 Hva bestemmer utbredelsen av kystnære sjøfugler	25
4 Sjøfugl og sei: predatorer og indikatorer i et klimaperspektiv ...	33
5 Sjørretens habitatbruk og ernæring i kystnære farvann	39
6 I smoltens kjølvann	49
7 Sjørret, sjørøye og klima	55
8 Syntese og måloppfyllelse	62
9 Publikasjoner fra programmet	63



Foto: Hartvig Christie

1. Tang, tareskog og ålegras som leveområde og økosystem

Hartvig Christie, Stein Fredriksen,
Patrik Kraufvelin og Kjell Magnus Norderhaug

Tang, tare og ålegras er høyproduktive grunnpilarer i rike økosystemer langs norskekysten. De er leveområde for et høyt mangfold av påvekstalter og dyr, med tettheter på flere 100 000 dyr per kvadratmeter. Vi har studert faktorer som opprettholder det høye mangfoldet, og om ytre forstyrrelser påvirker balansen i systemene. Undersøkelsene har dekket kystområder fra Oslofjorden til Trøndelagskysten, og er en kombinasjon av feltinnsamlinger, felteksperimenter, storskala bassengeksperimenter (mesocosm) og akvarieforsøk.



Foto: Are Pedersen

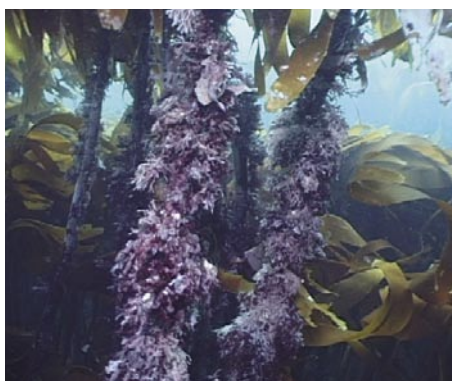
Tareskog, tang og ålegras langs Norskekysten

Den norske kystlinjen er om lag 80 000 km lang, tilsvarende lengden to ganger rundt ekvator. Det meste av vår kyst er fjelllandskap, der fjellbunnen er bevokst med bunnalger (makroalger); rød-, grønn- og brunalger som alle fester seg til et hardt underlag. De store brunalgene dominerer, mens rød- og grønnalgene stort sett vokser innimellom eller som påvekst (epifytter) på de store algene. I fjæra dominerer flere

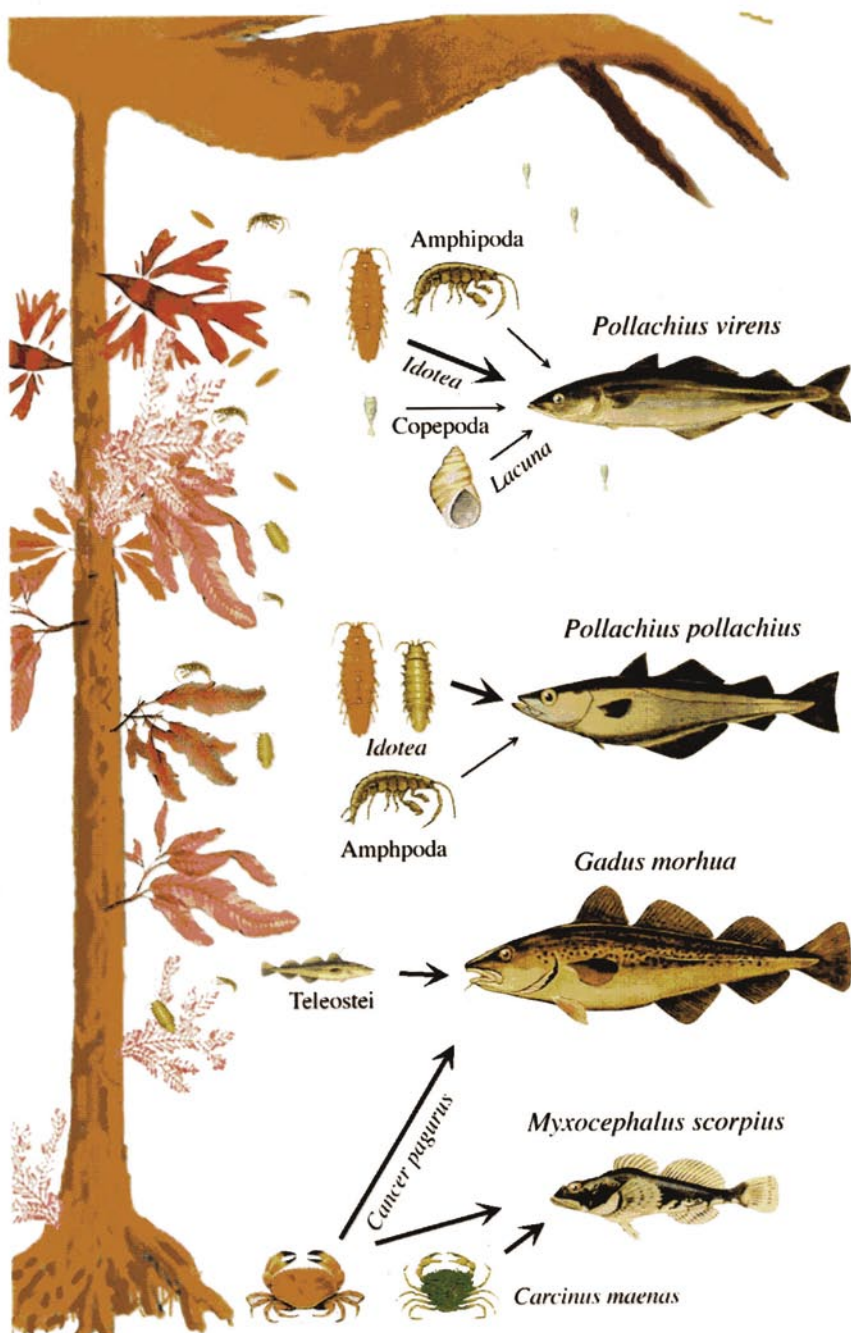
tangarter (tangbelter). Fra fjæra og ned til 15-30 m dyp (avhengig av lysforhold) finner vi tareskogene. Det er særlig vidstrakte skoger av stortare som danner tareskogene i Norge. Stortare har et rotliknende organ (hapteren) som fester planten til fjellbunnen, og en stiv stilk som holder et stort, flikete blad 1,5-2 m over bunnen. Skogen består av ca 10 slike planter per kvadratmeter, og med små og mellomstore tarerekrutter i undervegetasjonen. Sukkertare danner skoger på beskyttede kystområder, mens

fingertare, butare og draughtare er mer vanlig i begrensede belter eller innimellom annen tarevegetasjon. Tang og tare er anslått å dekke bunnarealer på rundt 10 000 kvadratkilometer langs norskekysten, tilsvarende det totale arealet av dyrket mark i Norge.

Ålegras vokser på sandbunn eller sand/leire, og danner tette enger fra fjæra og ned mot 10 m dyp. Engene kan være variable i utbredelse. De forekommer gjerne flekkvis heller enn å dekke store



Figur 1.1. Gamle stortareplanter overgrodd med epifytter på stilken. Det er funnet over 50 arter rødalger på stortare, mens undersøkelser på andre alger og ålegras viser at det kan være over 100 algearter som vokser epifyttisk på disse. Epifyttalgene kan ha strenge krav til hvilken vert de skal velge, og hvor på verten de skal vokse. Epifyttene er viktige som næring og skjulested for faunaen og spiller en viktig rolle i opprettholdelsen av mangfoldet i systemet. Bak de gamle plantene sees en tett skog av unge planter slik gjenveksten ser ut ca to år etter en storm eller taretråling. Foto K M Norderhaug.



Figur 1.2. Illustrasjonen viser hovedkomponentene i tareskogsystemet: tareplanten med epifytter (påvekst), invertebrater og fisk. Med kunnskaper om hvordan virvelløse dyr utnytter tareskogen, kan vi ut fra mageprøveanalysene fastslå hvor og hvordan fiskene ernærer seg i tareskogen. Plansen er utarbeidet av Jan Helge Fosså, Havforskningsinstituttet.

Amphipoda = tanglopper, *Idotea* = tanglus, *Copepoda* = hoppekreps, *Teleostei* = beinfisk, *Cancer pagurus* = taskekrabbe, *Carcinus maenas* = strandkrabbe, *Lacuna* = snegl, *Pollachius virens* = sei, *Pollachius polachius* = lyr, *Gadus morhua* = torsk, *Myoxocephalus scorpius* = ulke.

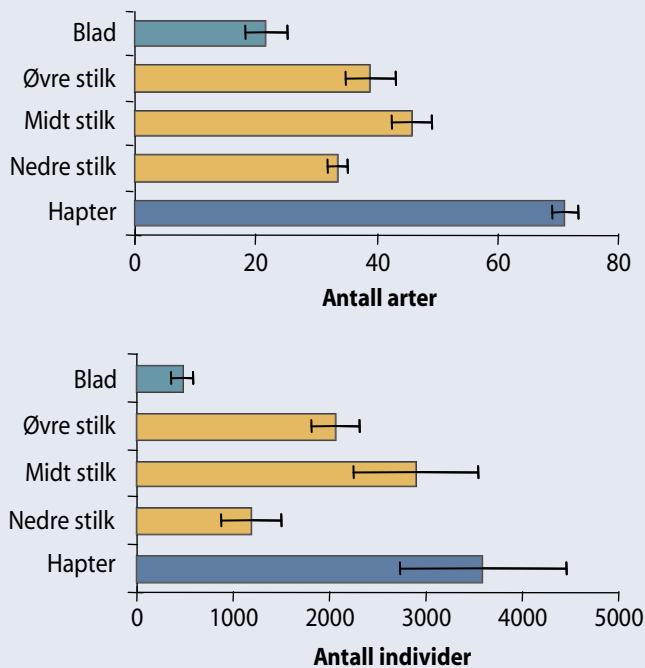
sammenhengende områder. Hver plante består av en rot, noen få blad som kan bli over 1 m høye, og de kan stå i tettheter på over 100 planter per kvadratmeter. Ålegraset finnes på hele kysten, men er mest vanlig langs Skagerrakkysten og på Vestlandet, og blir mer sjeldent nordover. Mens tang og tare er alger, hører ålegraset til blomsterplantene.

Hvordan ser økosystemet ut?

Hovedkomponentene er tangbeltet, tareskogen eller ålegrasengen. Her finnes rike forekomster av små dyr og fisk. Våre undersøkelser har vist at også andre, mindre alger er viktige som bolig og næring for dyr, samtidig som de representerer et mangfold i undervegetasjonen på bunnen og som epifytter på vertsplantene. Særlig tareskogen er et godt eksempel på et tredimensjonalt system, der både bunnen og stilken er begrodd med rødalger og fastsittende dyr. De små, bevegelige dyrene utnytter alle gjemmestedene, mens større dyr svømmer rundt mellom plantene eller krabber rundt på bunnen og delvis opp på stilken. Både små og store fiskearter finnes i og over tareskogen. Kystsel og flere arter sjøfugl benytter også tareskogen som spiskammer.

Den tallrike mobilfaunaen

Da vi undersøkte tareplanter, tang, ålegras og enkelte mindre alger mer nøye, fant vi en overraskende rik fauna av mobile, virvelløse dyr. Samfunnet kunne bestå av 2-300 arter med tettheter på 100 000 individer eller mer per kvadratmeter. De viktigste gruppene er krepsdyr og snegl. I en undersøkelse av 56 innsamlete tareplanter, fant vi nesten en halv million dyr, hvorav over 200 000 var krepsdyr og 110 000 var snegl. Krepsdyrene omfattet ca 100 arter, hvorav 60 var tanglopper (amfipoder). Disse utgjorde over 97 % av krepsdyrene, mens 48 arter snegl ble registrert. Muslinger og børstemark var de som kom nærmest i tetthet og mangfold, mens flere dyregrupper var



Figur 1.3. Vertikalfordeling av dyreliv i tareskog. Figuren viser antall arter og antall individer av invertebrater per plante i ulike deler av tareplanten i en sommersituasjon. Flest arter og individer holder til mot bunnen (hapteren er tarens festeorgan mot bunnen), og færrest oppe på bladet.

Artsantallet er ganske stabilt gjennom året, mens individantallet varierer mye, og kan nå store høyder i epifyttene på tarestilkene om sommeren og høsten. Hvis man legger sammen individantallet på alle delene i den nederste figuren, ser man at en tareplante huser ca 10 000 dyr. Dette eksemplet er fra middels store tareplanter på Møre, mens på store tareplanter i Froan har vi funnet over 80 000 dyr på en plante.

representert. Det er samlet tare, ålegras og sagtang fra flere regioner langs norskekysten. Også sukkertare, og andre tangarter og enkeltstående rød- og grønnalger er blitt undersøkt. Alle plantene inneholdt et rikt dyreliv, men tettheten varierer på grunn av plantenes kompleksitet og størrelse. Prøver med så stor faunatetthet er tidkrevende å studere, og enda flere arter vil sikkert bli funnet i framtidige undersøkelser. Dersom man går ned et hakk i størrelse, til det som kalles meiofauna, har vi funnet store tettheter av nematoder, ostracoder, harpacticoide copepoder og marine midd, og av disse forekommer det et ukjent antall arter.

For å få bedre forståelse for hvordan det høye mangfoldet av dyr sameksisterer og utnytter disse økosystemene undersøkte vi dyrenes adferd. Dette gjorde vi blant annet gjennom utplassering av kunstige tareplanter (imitasjoner) på ulike steder i og utenfor tareskogen. De mest tallrike dyrene i tareskogen er små (5-6- mm)



Figur 1.4. Figur som illustrerer fauna som viser preferanse for valg av vertsplanter. Mens noen dyr kan regnes som allestedsnærværende, er det mange arter som viser strenge krav til valg av bolig. Figuren viser to nærstående snegl, der *Rissoa membranacea* bare er på ålegras, mens *Rissoa parva* finnes på sagtang (og er også tilknyttet andre brunalger). Amphipoden *Erichtonius difformis* fant vi bare på ålegras, mens dens nære slektning *Jassa falcata* var vanlig på sagtang bare få meter unna. *Jassa falcata* er for øvrig den vanligste tareskogs-amfipoden (tangloppen), og kan opptre i meget store tettheter der det er rikelig med skjulesteder. Figuren er laget av Elisabeth Mølbach med utgangspunkt i plansjer i Collins Pocket Guide, Sea shore of Britain and Northern Europe, 1996.



Figur 1.5. Ved å plassere ut "tareimitasjoner" i og utenfor tareskogen har vi fått høy kolonisering av taredyr i løpet av kort tid, og forholdet mellom faunafordeling på taren og i imitasjonene kan si oss noe om dyrenes relative mobilitet. Krepssdyr som reker, tanglopper og tanglus har høy mobilitet, mens børstemark har lav mobilitet. Dyr som snegl og muslinger (bl.a. små blåskjell) skulle man tro er stasjonære, men flere av disse drifter meget hyppig mellom tareplantene, og snegl kan observeres drivende opp ned i vannmassene også over tareskogen. Sneglene drifter mellom tareplantene ved at de folder ut foten, snur seg og skiller ut en slim-tråd, slik vist på tegningen av *Lacuna vincta*. Slimtråden sørger også for at de fanges opp på neste tareplante. Også den vanlige tareamfipoden *Jassa falcata* drifter. Den svømmer opp i vannmassene og slår ut sine hårete antenner slik at den kan holde seg svevende. Begge disse artene er tallrike i tareskoger og andre undervanns plantesystemer, og høy mobilitet synes å være en vellykket strategi for å klare seg i slike systemer. Tegninger av Elisabeth Mølbach på bakgrunn av våre observasjoner.

og bevegelige. De sneglene som lever høyest oppe foretrekker glatte overflater og finnes på glatte alger og på tares blad. De mest mobile krepssdyrene beveger seg overalt, men fins også høyt oppe i tareskogen. Et flertall av artene liker seg best ned mot bunnen, og de foretrekker buskete eller grenete substrat som gir godt skjul. Om dagen holder krepssdyrene seg i buskete rødalger som har liten næringsverdi. Om natten er de mer fritt bevegelige, sannsynligvis på næringssøk. Stor variasjon i habitater og næringstilbud i et slikt tredimensjonalt system gir grunnlag for et høyt mangfold av høyt spesialiserte dyr som utnytter ulike nisjer, samt gir rom for flere vellykkete "alt-etere" som kan utnytte ressurser de fleste stedene i tareskogen.

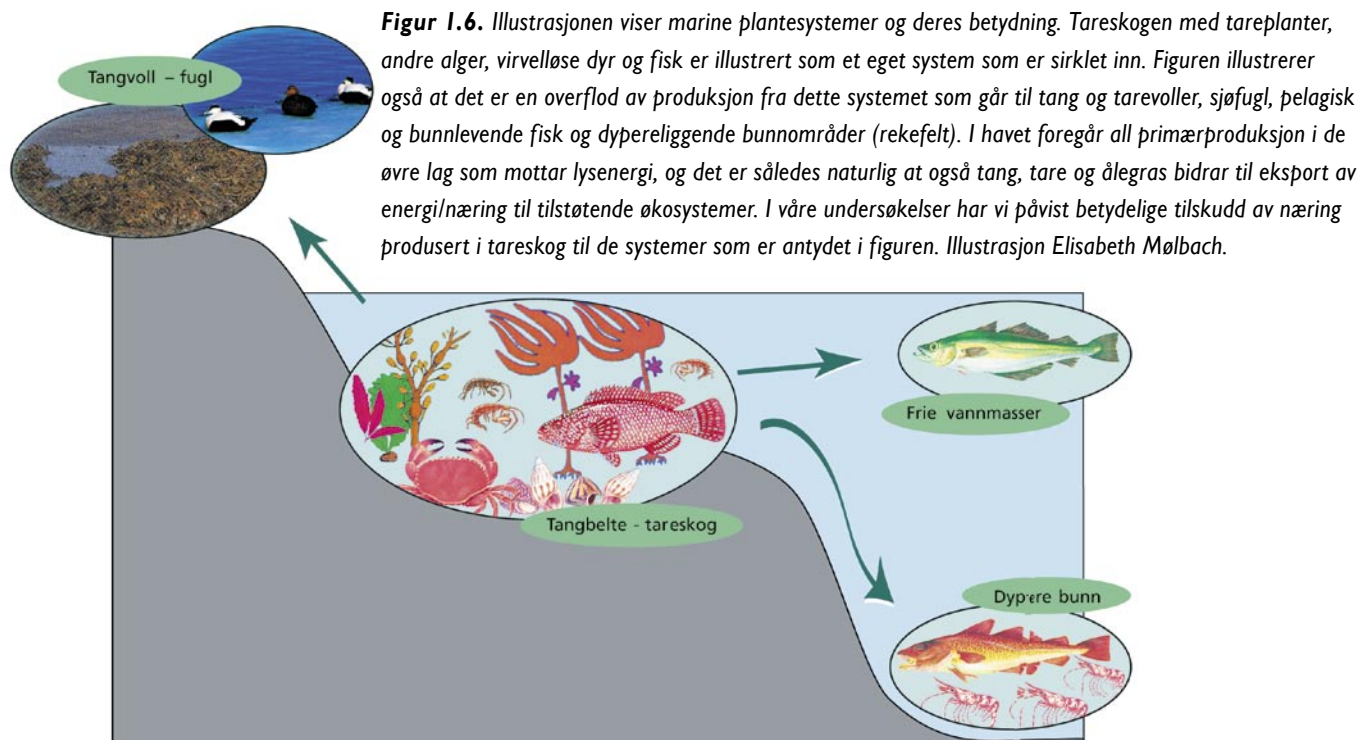
Dyrenes bevegelighet gjør dem egnet til å leve på planter med kort livslengde. De kan stadig kolonisere nye planter som vokser opp, og når gamle plantedeler slites av eller hele planten blir revet bort av storm eller andre forstyrrelser, kan de

raskt finne nye leveområder. Siden alger og sjøgras vokser raskt og har meget høy produksjon, får man jevnlig tilgang av døde planterester. Dyrene kan dermed utnytte denne overflodsnæringen i stedet for å spise av sin egen bolig. Det kan synes som om det er overflod av næring og liten plass til alle dyrene, men hvis dyrene er i stadig bevegelse kan habitatet huse flere individer enn hvis alle skulle holdt seg i ro. En negativ faktor sett med disse dyrenes øyne, er at mobiliteten fører til at mange dyr beveger seg ut av skogen og forsvinner. Mobiliteten gjør dem også lett synlige for fisk og andre rovdyr. Et stort tap kompenseres imidlertid av et høyt antall avkom (enkelte snegl), og rask reproduksjon med flere kull i året, ofte i kombinasjon med kort generasjonstid (flere krepssdyr). Sneglen *Lacuna vincta* som er av de mest tallrike, er også lett synlig og er derfor et viktig byttedyr for flere marine fiskearter. Hver hunnsnegl har opptil 50 000 egg i året. De har også en forlenget reproduksjonsperiode, en strategi som gjør den mindre sårbar for store tap.

Produksjon og næringskjeder

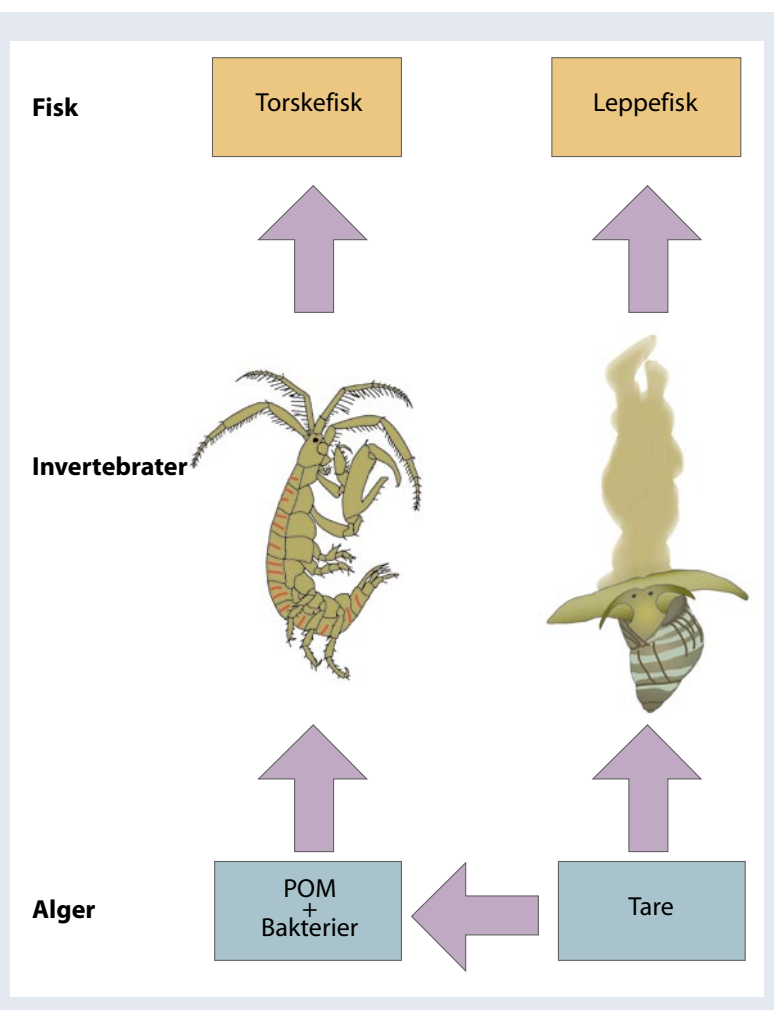
Vi har funnet at tareskogsfaunaen normalt ikke beiter direkte på taren, men lever av det "overflødigtheshornet" som tareskogens produksjon utgjør. Siden taren og de andre algene i tareskogen er første ledd i denne næringskjeden pluss selve leveområdet til disse dyrene, hadde det vært en dårlig strategi å spise taren og epifyttene. Disse plantene er beskyttet mot beiting ved at de produserer beitehemmende stoffer, samt at de har lav næringsverdi (lavt nitrogeninnhold). Når tarekarbonet utskilles som slim eller biter rives av, angripes disse av mikroorganismer, og etter noen dagers "behandling" øker næringsverdien. Undersøkelsene våre tyder på at mikroorganismer spiller en viktig rolle i energiomsetningen i slike systemer.

I tareskogen fant vi store tettheter av unge stadier av torskefisk (torske, sei, lyr). I Sør- og Midt-Norge er det også flere arter leppefisk og andre fiskeslag som lever av tareskogsdyr. Det eneste unnta-



ket var 0-klasse sei som vekslet mellom tareskogsdyr og raudåte. Dietten til fiskene viser at noen fisk beiter overveiende på bunnen, andre mellom stilkene, andre igjen rett over tarebladene, mens noen utnytter hele tareskogen.

Tangbelter, ålegrasenger og tareskog er regnet blant de mest produktive systemene på kloden, og fra våre områder er det estimert en årlig primærproduksjon på 1350 g karbon per kvadratmeter (fra tang) og 3000 g (for tare). Dette tilsvarer



Figur 1.7. Ulike næringskjeder fra tare til fisk. Snegl kan skrape av tarens overflate og disse blir i stor grad spist av gylter og bergnebb. Mye av tareproduksjonen blir slitt av som partikulært materiale, (POM) og dette blir angrepet av mikroorganismer som gjør partiklene mer egnet som næring. Disse partiklene blir spist av tanglopper som igjen blir spist av unge torskefisk.



Figur 1.8. Ålegras overgrodd med eutrofialger (trådformete grønnalger).
Foto: Frithjof Moy.

mellom 12 og 27 kg produsert plantemateriale (biomasse) per kvadratmeter og år, tilsvarende mellom 100 og 200 millioner tonn produsert biomasse per år. Storskala bassengforsøk har vist at 1-2 % av faunaen i algesamfunn kan eksporteres per dag uten at populasjonene reduseres, noe som betyr at omsetningen er høy og at tapet kan ligge på et slikt nivå uten at populasjonene svekkes. Legger vi til grunn en næringskjede fra tare via virvelløse dyr til fisk, skulle disse områdene teoretisk gi en produksjon på rundt 5 millioner tonn fisk per år. Estimaten er imidlertid usikre da energioverføringen i disse systemene bare er studert kvalitativt, samt at produksjonen sannsynligvis vil variere med dypet, eksponeringsgrad og breddegrad. Dessuten er ikke alle tilgjengelige bunnområder bevokst med tang eller tare, og vi har med undervannsvideo observert stor eksport av avrevet tang og tare på dyp ned til 100 m som da går inn i andre næringskjeder. Resultatene våre tyder uansett på at de bunnlevende

plantene har en stor betydning langs kysten. Det er også utviklet modeller for å beregne arealmessig utbredelse av marine naturtyper, og det er satt i gang mer inngående studier av produksjon og energioverføring i tang og tareskog, slik at framtidig verdivurdering av tareskoger og andre kystsystemer kan forbedres.

Stabilitet, sårbarhet, forstyrrelser.

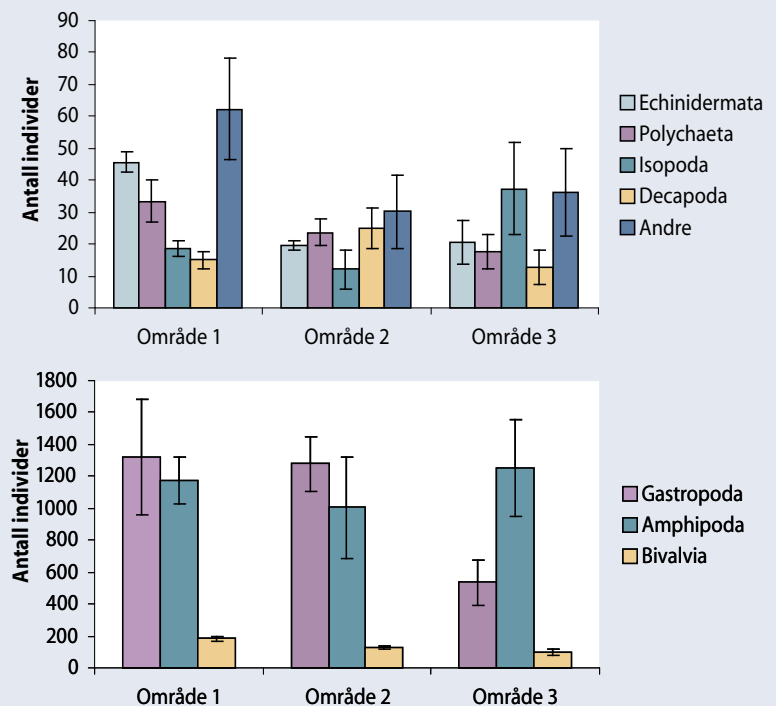
Kunnskapene om dyrenes habitatbruk, bevegelse og næringsvalg er avgjørende for å forstå opprettholdelsen av systemet og det biologiske mangfoldet der. Kunnskapen vi har ervervet om disse systemene har derfor stor forvaltningsmessig interesse, blant annet fordi vi nå kan forklare hvor sårbare slike systemer er for forstyrrelser som nedbeiting, taretråling, stormer eller eutrofiering.

De viktigste hovedkomponentene i disse systemene er planter, virvelløse dyr og

fisk. Tang, tare, ålegras og påvekststalger er den primære næringskilden samtidig som de representerer et variert habitat for en mangfoldig fauna. En variert fauna vil på sin side ha et variert kosthold, og sørge for å holde påvekststalgene (epifyttene) på et moderat nivå, slik at ikke et fåtall arter dominerer eller gror over vertsplanten. Det ser ut som et høyt mangfold av alger er viktig for et høyt mangfold av dyr, samtidig som et høyt mangfold av dyr er av betydning for at det opprettholdes et høyt mangfold av alger (gjensidig forhold). Dette forholdet kan forrykkes ved at noen av dyrene kommer i dominans og beiter ned algene. Fiskene, på sin side, holder beiterne i sjakk. Det store mangfoldet av fisk med ulikt næringsvalg og som beiter i de ulike delene av systemet, vil derved bidra til å opprettholde en moderat bestand av ulike arter virvelløse dyr. Vi ser her for oss et sett med biologiske reguleringsmekanismer som er viktige for stabiliteten i systemet. Den høye mobiliteten til faunaen sikrer en jevn fordeling av de tilgjengelige ressursene. De er synlige for fisken, og de kan migrere ut av systemet dersom de skulle bli for mange og næringstilgangen for liten.

Tareskogen er ofte utsatt for forstyrrelser. To forstyrrelser som går ut over de voksne plantene, er stormer og taretråling. Undersøkelser i etterkant av slike forstyrrelser har vist at tareskogen har stor evne til å erstatte tapte planter. Det finnes en overflod av tarerekutter som står og venter i undervegetasjonen. Disse vokser raskt opp når gamle planter forsvinner. Vegetasjonen kan bli reetablert til voksen størrelse etter 3-5 år, raskere i sør enn i nord. Tareskogsfaunaen er ved sin høye bevegelse tilpasset et habitat som er i jevnlig endring, og vil raskt kolonisere den gjenvoksende tareskogen. Da vi satte ut tareimitasjonene i et nylig trålt område, fant vi høy kolonisering av de vanligste artene allerede etter tre dager, og etter en måned hadde de fleste dyrene kolonisert det berørte området.

Figur 1.9. To figurer som angir mengden av ulike dyregrupper som har kolonisert kunstig substrat satt ut i tareskog (område 1) og ut i et taretrålt område (område 2 er 10 m ut fra tareskog og område 3 er 25 m ut). Substratet bestod av oppfliset tau i en ball på størrelse med en knyttneve og hadde stått ute ca en måned. Figuren viser at koloniseringen stort sett var like høy utover i det trålte området som inne i tareskogen, og at tettheten av dyr som hadde kolonisert var meget høy. Særlig oppsiktsvekkende var det at mer enn 1000 individer av både snegl og amfipoder hadde kolonisert i et såpass lite substrat. Avstanden fra tareskog og ut til område 2 og 3 er realistisk i forhold til slike berørte områder (storm, taretråling) og avstand til nærmeste gjestående tareskog.



Dette viser et system som er godt forberedt på å motstå forstyrrelser. Det som krever lengst tid er gjenvekst av taren og reetablering av den frodige epifyttvegetasjonen. De negative effektene under en gjenvekstfase er redusert mangfold og tetthet av organismer.

Et annet eksempel på forstyrrelse er næringssaltbelastning (eutrofiering). Eutrofiering favoriserer hurtigvoksende, trådformete alger, og situasjonen kan endre seg ved at de dominerende artene (f.eks. tang, ålegras, sukkertare) blir overgrodd og utkonkurrert. Dette gir mindre variert flora og fauna. Vi har funnet at næringssaltbelastning gir høyere nitrogeninnhold i de hurtigvoksende algene. Dette øker deres næringsverdi samtidig som disse algene har lavt innhold av beitehemmende kjemikalier. Beitere som snegl, tanglus og tanglopper kan svare på dette ved at de øker i antallet og kontrollerer tettheten av eutrofialger. Eutrofialgene er mer sårbare for bølgebevegelse enn tang,

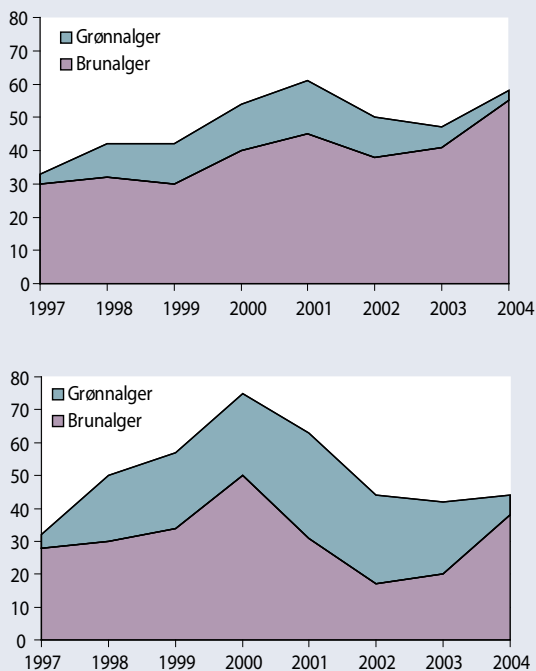
og dette vil også bidra til å opprettholde tangartenes fortsatte dominans. Skulle beiterne bli for tallrike, kan de bli regulert av fisk, og vi har også funnet at de regulerer seg selv ved å emigrere fra systemet. Flere krepsdyr kan regulere forekomsten ved kannibalisme (voksne spiser unge individer av samme art).

Større og mer langvarige forstyrrelser kan likevel endre systemet permanent, og medføre kollaps. Vi har gjort forsøk med å belaste tang-samfunn med næringssalter. I de tre første årene fant vi små effekter, mens vi etter det fjerde året påviste dramatiske endringer i de næringsbelastede samfunnene. Brunalgene (tangen) ble kraftig redusert og grønne "eutrofialger" overtok dominansen. Dette er et eksempel på at økologiske endringer ikke nødvendigvis skjer gradvis, men opptrer som plutselige endringer etter noen år med påvirkning. Sannsynligvis greier de biologiske reguleringsmekanismene å opprettholde det bestående samfun-

net over en viss tid, men ved langvarig forstyrrelse bryter dette til slutt sammen og endringene oppstår. Ved å stoppe næringssaltbelastningene vendte samfunnet tilbake til utgangspunktet i løpet av en periode på 1-2 år. Dette viser at effekter kan forekomme plutselig og være uforutsigbare, men at systemene kan rehabilitere seg om påvirkningen stan- ser.

De bunnlevende plantene kan bli kraftig forstyrret av overbeiting. I ålegras-enger har vi ved en anledning funnet unormalt høye tettheter av den vanlige ålegrassnaglen *Rissoa membranacea*. Bildet (side 17, **Figur 1.11**) illustrerer hvordan denne beitet ned ålegrasenga. Etter nedbeitingen døde den ut, ålegraset kunne vokse ut fra røttene og ålegrasenga ble restituert i løpet av kort tid.

Overbeiting kan inntreffe hvis predator-kontrollen blir redusert, for eksempel gjennom overfiske av en viktig predator,



Figur 1.10. Figuren som viser forholdet mellom brunalger og grønnalger som prosent dekning i eksperimentelle økosystemer i bassenger. Den øverste viser bassenger med vanninntak fra fjorden utenfor, og den nederste viser bassenger som er tilført nærings-salter. Ved tilførsel av næringssalter økte dekningen av grønnalger, men først etter fire år begynte de å utkonkurrere brunalgene. Når tilførselen av næringssalter ble stoppet høsten 2002 snudde utviklingen tilbake mot en "normaltilstand".

eller ved at bedre næringsforhold gir bedret vekst hos beiterne (som ved eutrofiering). På begge sider av det nord-amerikanske kontinentet har overbeskatning av viktige predatorer (sjøoter på vestkysten, torskefisk på østkysten) gitt kraftig framvekst av kråkeboller som så har beitet ned tareskogen. Et liknende fenomen skjedde også på norskekysten for ca 35 år siden, men i motsetning til ålegrassneglen overlevde kråkebollene og de har også klart å holde store bunn-områder helt fri for vegetasjon siden.

Kråkebollene har beitet ned store deler av tareskogen fra Trøndelagskysten og nordover til og med Finnmark, tilsvarende et areal på omlag 2000 kvadratkilometer. I Finnmark har rundt 90 % av tareskogen forsvunnet. Det er anslått at kråkebollebeitingen representerer et tap tilsvarende en årlig produksjon på 20 millioner tonn tare. Til sammenlikning høster taretrålerne årlig 160-170 000 tonn. Selv om beregningsgrunnlag er noe usikkert, indikerer dette at ulike forstyrrelser (som

kråkebollebeiting) kan gi langvarige og meget store tap for biologisk mangfold og ressurser, noe våre undersøkelser har bidratt til å kunne se omfanget av.

Ny viten

Undersøkelsen har dokumentert at tang, tare og ålegras er særdeles produktive systemer med betydning for ressursene og mangfoldet langs vår langstrukne kyst. Selv om de tre typene samfunn har mange likhetstrekk når det gjelder hovedelementene i systemet og næringskjedene, vokser de på forskjellige steder og har spesifikke dyresamfunn som danner spesifikke biologiske miljøer med stort mangfold og høy produksjon av næring. Dette betyr at de ulike plantene danner særegne systemer som det må tas hensyn til ved forvaltning av mangfoldet i våre kystområder.

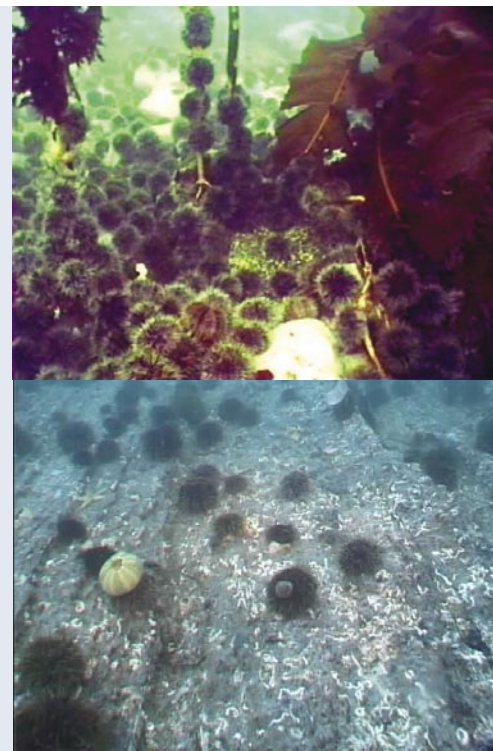
Nye kunnskaper om sammenhengen mellom plantene som habitat og næring for et rikt dyreliv, og hvordan dette dyre-

livet kan utgjøre næring for fisk og andre større dyr langs kysten, gjør at man nå har et bedre grunnlag for å forstå slike systemers betydning. Dersom man vil gjøre alvor av å utøve økosystembasert forvaltning, vil kunnskaper om mekanismer som påvirker stabilitet og sårbarhet være viktig for å forvalte kysten etter riktige prinsipper som ikke kan medføre irreversible prosesser.

Kunnskaper vi har ervervet om næring, faunatetthet og begrensende faktorer i disse kystsystemene gir videre perspektiver på hvordan disse kan utnyttes bedre. Kystsystemene kan trolig gi grunnlag for større avkastning av fisk og skaldyr enn hva dagens situasjon gir. En enda bedre kvantitativ kunnskapsheving om produksjon og energiomsetning oppover i næringskjedene, vil ytterligere forbedre muligheten til å foreta en bærekraftig ressursforvaltning av kystområdene i fremtiden.



Figur 1.11. To bilder fra samme ålegraseng ved Arendal. Det øverste (foto S Fredriksen) er slik det normalt ser ut, mens det nederste (foto C Boström) er etter en episode med oppblomstring og nedbeiting av en liten snegl, *Rissoa membranacea*. På det nederste bildet synes sneglen som små hvite prikker på gjenstående ålegras.



Figur 1.12. Tette svermer av kråkeboller beitet ned tareskog langs store deler av Norskekysten på 1970-tallet. Kråkebollene har klart å opprettholde en stor nok tetthet til å holde bunnområdene bare hele tiden etter nedbeitingen.

Takk

Økosystemforståelse er et arbeidskrevende felt, og det ligger mye arbeid fra en rekke forskere bak forståelsen for våre marine plantesystemer. Det er så langt skrevet 24 publikasjoner fra disse undersøkelsene, der flere enn oss som medvirker her har vært involvert. De fleste av disse vil finnes blandt forfatterne i oversikten over publikasjoner bak, og alle skal ha en stor takk for et givende samarbeid. Prosjektene har vært grunnfinansiert fra miljømyndigheter, Forskningsrådet og EU, men NINAs bidrag har vært viktig for integreringen av den delen som har handlet om dyrelivet (invertebrater).

Hartvig Christie har vært forsker i NINA fram til 1.9.2004 (nå ansatt i NIVA), og har vært ansvarlig for denne delen av NINAs kyst-SIP. Stein Fredriksen er førsteamanuensis på Universitetet i Oslo og har vært prosjektleder på forskningsrådsprosjektene "Omsetning og transport av karbon

i tareskogsystem" og "Biodiversitet i makrofyttsamfunn. Variasjoner i tid og rom" og også tareskogsprosjekter forut for dette. Kjell Magnus Norderhaug har vært Dr gradsstipendiat på førstnevnte prosjekt, og er nå forsker på NIVA. Patrik Kraufvelin, forsker på Åbo Akademi i Finland, har arbeidet med makrofauna på EU-prosjektet EULIT (prosjektleder Tor Bokn NIVA), og har etter det hatt finansiering fra Finland for å arbeide med eutrofiering i tangsamfunn i mesocosmer i Norge.

Norderhaug (helt) og Kraufvelin (delvis) har gjennomført sine Dr grader i tilknytning til disse undersøkelsene. Det har vært knyttet 8 hovedfagsstudenter til prosjektene.



Foto: Terje Kolaas

2. Taretråling påvirker forekomsten av fisk, men hva skjer med storskarvene?

Svein-Håkon Lorentsen

"Beint etter skarven, når den flyr til havs, så holder du rett kos". Dette visdomsordet fikk fiskeren Isak av "kallen" fra Utrøst i eventyret om skarvene fra Utrøst. Skarvene er altså kjent for å kunne vise fiskerne veien til fiskebankene. Spørsmålet er om skarvene også i dag kan si noe om tilstanden i våre kystøkosystemer, spesielt i forhold til hvordan vi forvalter våre fiskebestander. Samtidig er det også relevant å spørre seg om menneskenes inngrep i kystøkosystemene virker inn på disse myteomspunne sjøfuglene.

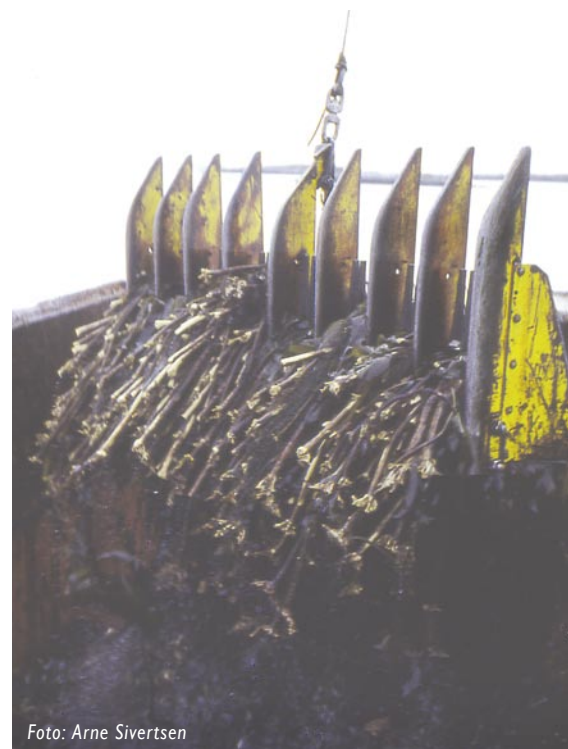


Foto: Arne Sivertsen

Hvorfor studere effekter av taretråling?

Tareskogen langs Norskekysten er et viktig gyte- og oppvekstområde for fisk. Både fordi den inneholder et stort mangfold av virvelløse dyr som er viktige næringsemner for fisk, samt at den gir livsviktig skjul for bytteetere. Bunndyr- og fiskeetende sjøfugler finner ofte næring i tareskogsområder og det har derfor blitt stilt spørsmål om taretråling (se **Faktaboks 2.1**) kan virke negativt inn på sjøfugl. NINA har forsøkt å belyse dette gjennom et treårig prosjekt i området Kya - Sula (63° 50'N 08° 20'E) i Frøya kommune, Sør-Trøndelag.

Storskarvene beiter ofte i tareskogsområder

Forekomsten og dekningsgraden av tare innenfor studieområdet ble kartlagt ved at det først ble definert et rutenett som dekket hele studieområdet. Rutenettet dekket sjøområder på 0-30 meters

Faktaboks 2.1

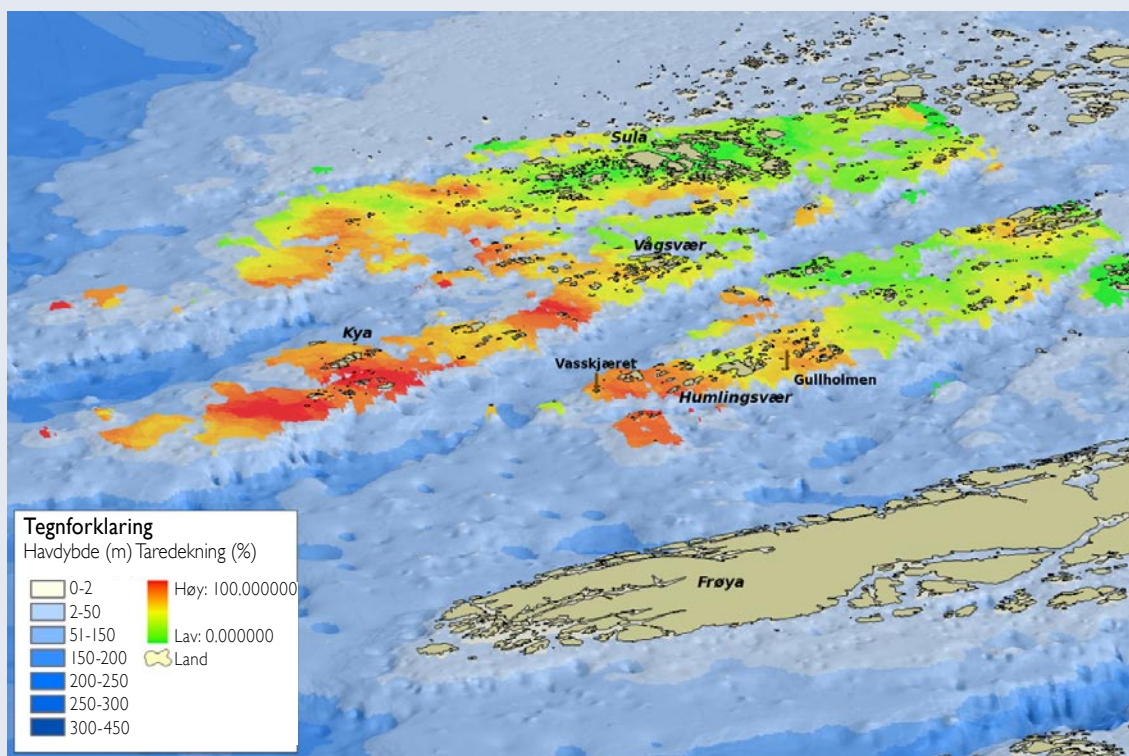
TARETRÅLING

Tare finnes utbredt langs hele norskekysten og plantene danner ofte tette "skoger" fra laveste fjærenivå ned til ca 30 m dyp. Det er beregnet at tareskogene dekker ca 10.000 km². Tareplantene inneholder et ettertraktet stoff, alginat, som brukes bl.a. i næringsmidler og innen farmasi. Den årlige eksportverdien av stoffet utgjør ca 500 millioner kroner.

Høsting av tare foregår fra Rogaland til Sør-Trøndelag og årlig tas det opp 150.000-170.000 tonn. Taretrålingen foregår på dyp fra 2-20 m, og områder som høstes er inndelt i bolker på fem felter der hvert felt er på en nautisk mil. Trålingen alterneres mellom disse feltene slik at hvert felt tråles hvert femte år (hvert fjerde år i Rogaland der det er en kraftigere gjenvekst av tare). Industrien beregner at 15-20 % av stående biomasse innen feltene tråles hvert år, men undersøkelser ved Smøla viser at opptil 50 % kan tas på dybder mellom 3-15 m. Beregninger har vist at ca 90 % av biomassen av tareplanter er restituert etter 5 år, men faunaen av virvelløse dyr ikke er fullt ut restituert i løpet av denne perioden.

Taretrålingen foregår ved at en tindetrålslede trekkes etter båten slik at hele tareplanten med blad, stilk og hapter rykkes løs. Et trålhal varer bare noen minutter og i løpet av denne tiden høstes opptil ett tonn tare som lastes om bord i båten. Når båtene er fulle laster de gjerne tareplantene over i større fartøyer. Høstingen reguleres av Fiskeridirektoratet.

Figur 2.1. Studieområdet består av store grunnvannsområder med dybder mindre enn 30 m, gjennomskåret av undervannsdaler med dybder på 100-150 m. De tetteste tareskogene finnes i de vestlige (mest eksponerte) delene av området, mens de østlige områdene har lavere forekomster av tare.



dybde. Et videokamera ble senket til bunnen slik at bunnsubstrat, tareforekomst og dekningsgraden for tare kunne kartlegges. Bunnen i studieområdet varierte fra sand til stein og fjell, med tett og kraftig tareskog. Den tetteste tareskogen fant vi på grunt vann vest for Sula, fra Vågsvær til Kya og videre sørvestover, samt sørvest for Humlingsvær (Figur 2.1.).

Storskarvenes (se Faktaboks 2.2) beitehabitat ble kartlagt ved at 12 individer ble utstyrt med radiosendere. Radiosignalene ble kryssspeilet fra to stasjoner som var kontinuerlig bemannet fra tidlig morgen til sen kveld, stort sett hver eneste dag gjennom feltperiodene. Radiosignalet forsvinner når skarvene dykker etter mat, og dykkhabitatet ble avlest fra kartet over forekomsten av tare. Vi fant at storskarvene beitet dobbelt så ofte i tareområder som det man kunne vente ut i fra forekomsten av slike områder, mens de beitet bare halvparten av hva som kunne ventes i pelagiske områder og i områder uten tare (hovedsakelig sandbunnsområder) (Figur 2.1 og 2.2).

Faktaboks 2.2

STORSKARV

Storskarven er en fiskespisende sjøfugl. Hunnene veier 2-2,5 kg, mens hannene kan veie opptil 3,5 kg. Voksne fugler i parringsdrakt har en hvit flekk i strupen, samt en tydelig hvit flekk på låret. Ungfuglene er mer brunlige og mer eller mindre lys i buken. Storskarv er vanlig i grunne sjøområder med rike fiskebestander. De finnes oftest ute på kysten, men går også ofte innover i fjordene.

Storskarven hekker i kolonier på kysten, fra Trøndelag og nordover. Den totale hekkebestanden i dette kystavsnittet var i 2004 ca 20-25.000 par. Koloniene ligger på små holmer og skjær ytterst i skjærgården og kan inneholde opp til et par tusen par. Siden midten av 1990-tallet har storskarv også etablert seg i Sør-Norge, spesielt i Østfold der hekkebestanden i 2004 var nærmere 1000 par. Dette er den europeiske underarten som skilles fra den vi har i Midt- og Nord-Norge på at den er mindre, og at den i parringsdrakt har mer hvitt på hals og kropp. Denne underarten er ofte mer knyttet til brakk- og ferskvann enn den nordnorske. Storskarvene legger normalt 3-5 egg.

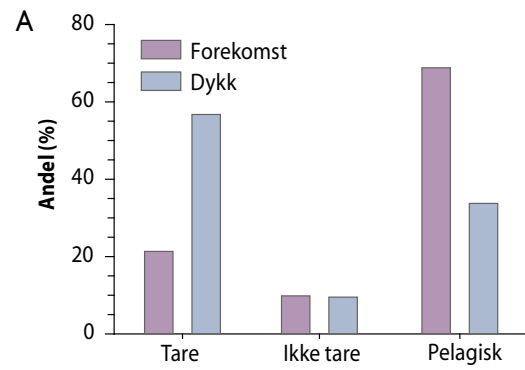
Storskarven søker næring ved å dykke etter fisk. Som regel fisker den alene, men den kan også samles i store flokker der det er konsentrasjoner av fisk. Storskarven er en meget effektiv fiskepredator som bare bruker en liten del av dagen til næringsøk. Størstedelen av tiden sitter den på sine faste hvileplasser, fordøyer maten og tørker fjædrakten med utspilte vinger. Voksne storskarver spiser 300-700 g fisk per dag.

I vinterhalvåret er storskarven tallrik langs kysten fra Troms og sørover og mer fåtallig i Finnmark. Storskarvene kan også trekke sørover til Skagerrak og Kattegat og videre så langt syd som til franske kyster. Noen individer er sågar funnet i Middelhavet.

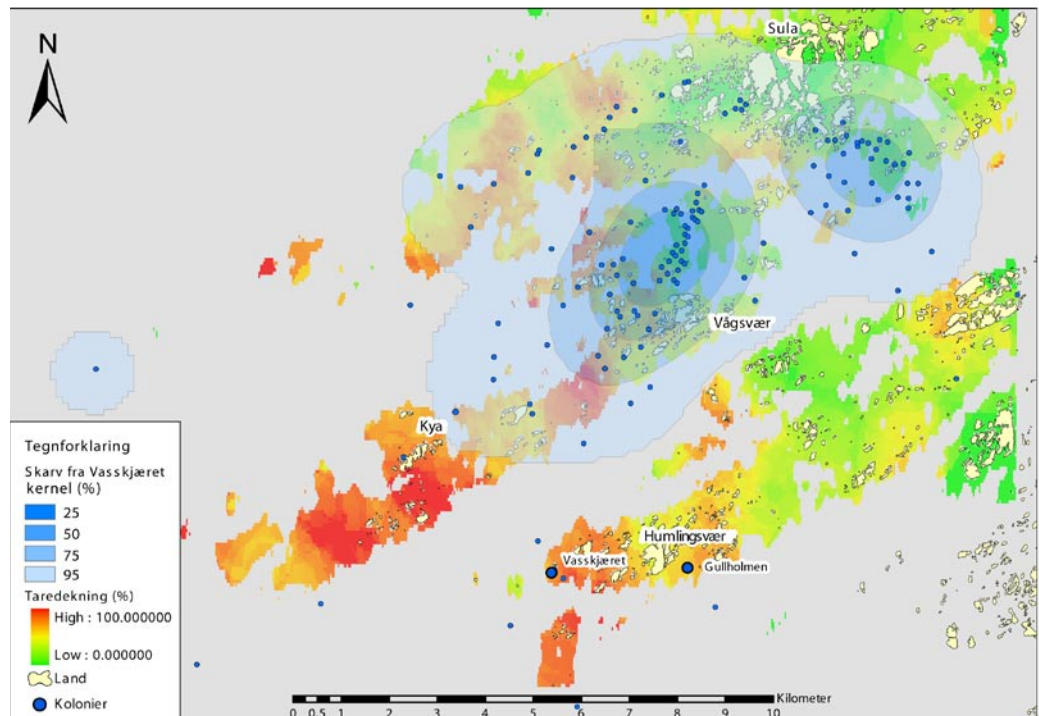
Figur 2.2. A. Skarvene dykker (beiter) dobbelt så ofte i tare-skogsområder enn hva som kunne forventes ut i fra forekomsten av denne typen habitat, men bare halvparten av hva som forventes i pelagiske områder.

B. Beitehabitater (blå prikker) og Kernel-homerange for hek-kende storskarv fra kolonien på Vasskjæret.

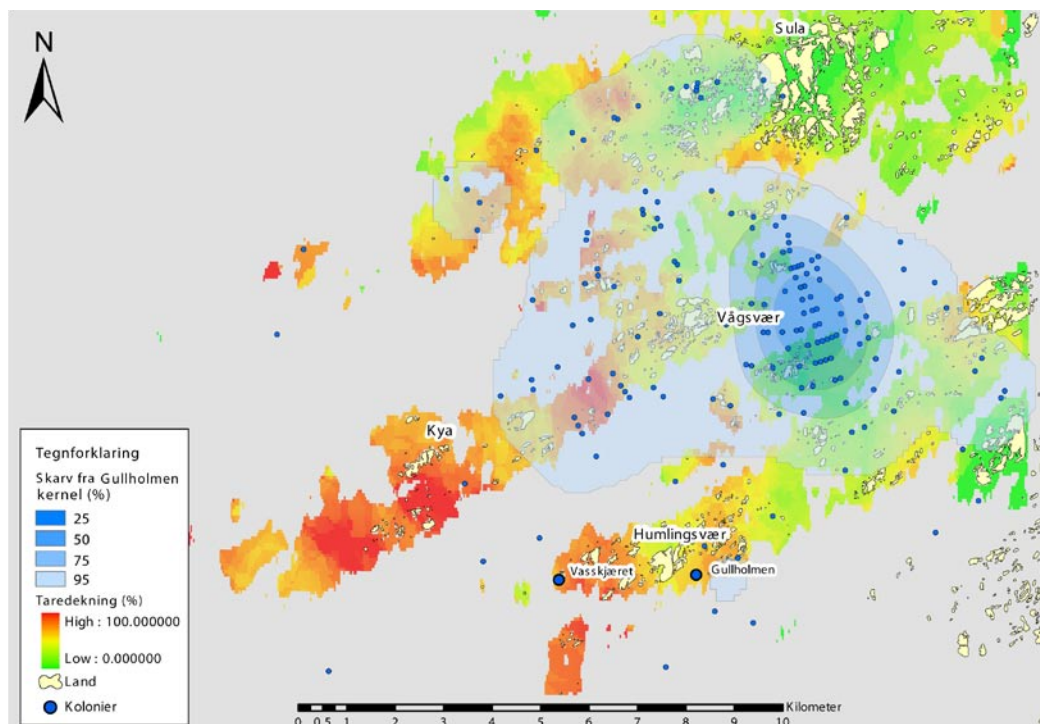
C. Beitehabitater (blå prikker) og Kernel-homerange for hek-kende storskarv fra kolonien på Gullholmen.

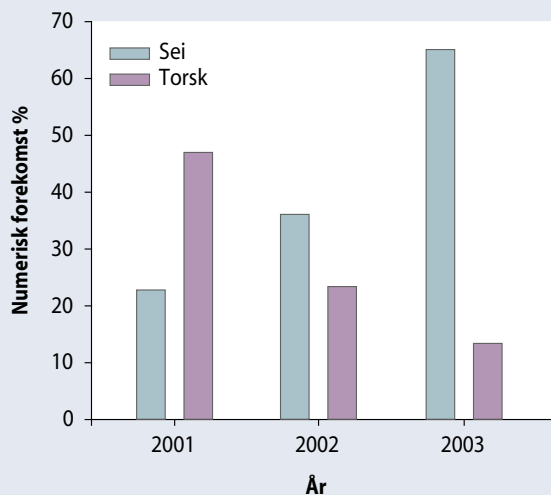


B

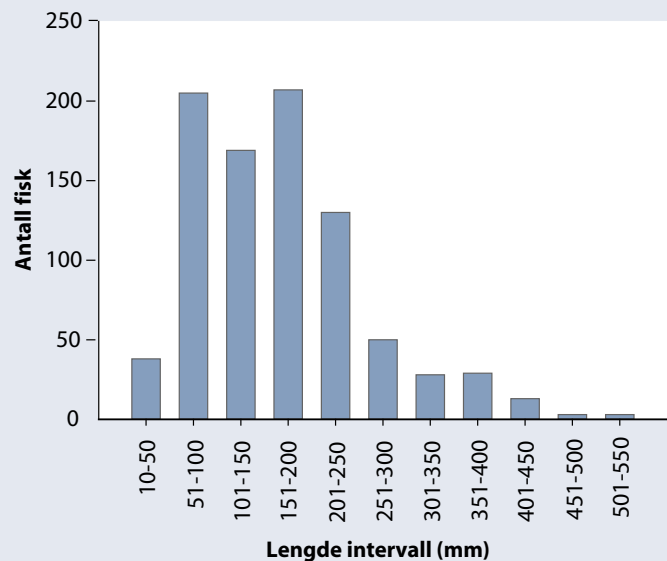


C





Figur 2.3. Andelen torsk i dietten hos storskarvene på Sula gikk ned fra 50 % til 13 % i løpet av undersøkelsesperioden (2001-2003), mens andelen sei økte fra 23 % til 65 %. Det antas at nedgangen for torsk i dietten reflekterer den generelle nedgangen i bestanden av kysttorsk.



Figur 2.4. Lengden på fiskene som storskarvene fanget varierte fra 2-55 cm, men fisk i størrelsesorden 5-25 cm var vanligst forekommende i dietten.

... og de spiser mye torskefisk

Storskarvenes diett ble kartlagt ved hjelp av analyser av oppgulp og pellets fra både unger og voksne individer, samt hele fisker som ble funnet i koloniene. Storskarvene er effektive predatorer, og dietten reflekterer sannsynligvis hvilke næringsdyr som er tilgjengelige i området. I Sula området besto dietten i årene 2001-2003 av ca 85 % torskefisk, 6 % ålekvabbe, 4 % ulker og 5 % andre fisker (beregnet etter våtvekt). Totalt ble det funnet 18 forskjellige fiskearter i dietten, blant annet en ål som var 55 cm lang, og en steinbit på 30 cm. Interessant nok sank andelen torsk i dietten fra 47 til 13 % fra 2001 til 2003, mens andelen sei økte fra 23 til 65 % (Figur 2.3). Det antas at dette reflekterer den generelle nedgangen i bestanden av kysttorsk, og at storskarvenes diett således kan gi indikasjoner på forekomsten av ulike byttfisk i beiteområdet/kystøkosystemene. Gjennomsnittslengden på fisk som

ble tatt av storskarvene var 16,5 cm (lengdene varierte fra 2-55 cm) (Figur 2.4), mens gjennomsnittsvekten var 50 g (vektene på individuelle fisker var 1-778 g). Storparten av de fiskeartene som ble spist av storskarv er arter som stort sett lever på hardbunn og i områder med tareskog, men det ble også funnet fiskearter som forekommer både på sandbunn og i pelagiske områder.

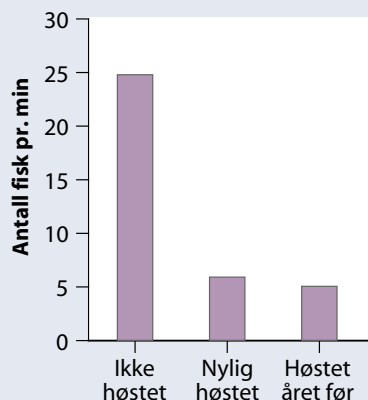
Ved hjelp av elektroniske vekter som ble plassert under noen av reirene, ble voksenfuglene veid før og etter at de hadde vært ute og fanget fisk. Dermed fikk man et mål på hvor mye fisk de fanget på hver av turene, og hvor mye fisk de fanget hvert døgn. I gjennomsnitt kom de voksne storskarvene tilbake med 390 g fisk etter hver tur. Hver av voksenfuglene tok 2-3 turer, og den samlede fangsten for en skarvefamilie med 2-3 unger ligger dermed på ca 2 kg fisk om dagen. Dette utgjør et betydelig fangstvolum i løpet av en hekkesesong, men våre undersøkelser

tyder på at skarvene, til tross for dette, ikke beiter ned fiskeressursene i så stor grad at de er nødt til å utvide sin aksjonsradius utover i sesongen. De fanger med andre ord nok mat innenfor det samme området hele sesongen.

Storskarvene i Sula-området tar i gjennomsnitt ca 10 g fisk per min under dykk. Dette er i samsvar med hva som er funnet ved tilsvarende undersøkelser i Frankrike.

... og torskefisk påvirkes negativt av taretråling

Forekomsten av fisk i områder med forskjellig taretrålingshistorikk ble kartlagt ved hjelp av en fjernstyrt miniubåt (ROV) med videokamera. Det ble plukket ut tre delområder med mer enn 50 % taredekning der det 1) ikke hadde foregått taretråling, 2) der taretråling var gjennomført tidligere samme sesong (ca 2 måneder tidligere), og 3) der taretråling



Figur 2.5. I området der det ikke var foretatt taretråling ble det i gjennomsnitt registrert 25 fisker per minutt, mens i alle de andre områdene lå antallet på 20 % av dette.



Foto: Svein-Håkon Lorentsen

hadde foregått året før (2002). I hvert av disse områdene ble det kjørt mellom 5-10 transekter med miniubåten og alle observerte fisker ble talt. Resultatene viser at i området der det ikke var foretatt taretråling, ble det i gjennomsnitt registrert 25 fisker per minutt, mens det i alle de andre områdene ble observert bare 5 fisker per minutt (**Figur 2.5**). Vi vet ikke om småfiskene forflytter seg til andre områder, eller om de blir et lettere bytte for skarver og rovfisk når leveområdene tråles, men resultatene viser at effekten av taretråling på fiskebestandene opprettholdes, i alle fall i ett år etter tråling. Dette er særlig tydelig for små torskefisk under 15 cm, dvs. 0 og I-gruppe av torsk og sei.

... storskarvene reagerer på tilgjengeligheten av fisk

Det var ikke mulig å telle fiskende storskarv i området som nylig hadde blitt trålt. I området som hadde blitt høstet

året før var antallet veldig lavt, mens antallet storskarver i området som ikke var trålt var mye høyere. Det ble også observert at skarvene foretok flere dykk i trålte områder enn i utrålte. Dette kan tyde på at de sannsynligvis bruker mer tid på å lete etter fisk når områdene tråles og tareskogene og fiskebestandene reduseres. Det kan virke som om skarvene gir opp dykket og forflytter seg til andre områder når det er lite fisk.

Påvirkes storskarvene av taretrålingen?

Taretrålingen synes å redusere tettheten av fisk, noe som gjenspeiles i atferden til storskarvene på Sula, blant annet ved at de bruker lenger tid på å dykke i trålte sammenlignet med utrålte områder. Dette er i samsvar med skotske studier på storskarvens nære slektning toppskarven, der det er vist at fuglene heller øker tiden til næringssøk i nærområdet enn å fly til

fjernere områder hvis næringsforholdene reduseres. Det synes derfor som om skarvene kompenserer for redusert næringstilgang i trålte områder ved å øke tiden de bruker til å søke etter mat. Om dette i neste omgang fører til redusert hekkesuksess for storskarvene er imidlertid fortsatt uklart.

Takk

Dette studiet var et samarbeide mellom NINA, Havforskningsinstituttet ved Kjersti Sjøtun og Centre d'Ecologie et Physiologie Energétiques ved David Grémillet. Prosjektet ble finansiert av Norges forskningsråd, Direktoratet for Naturforvaltning, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag og NINA (Kyst-SIP). Forprosjektet for å kartlegge forekomsten av tareskog i studieområdet ble finansiert av FMC Biopolymer gjennom "Tarefondet".



Foto: Jan Ove Bustnes

3. Hva bestemmer utbredelsen av kystnære sjøfugler

Geir Helge Systad og Jan Ove Bustnes

Utenom hekkesesongen søker kystnære sjøfugler som havdykkender, skarv og måker til områder der det er rikelig med mat. Kravene til de forskjellige fuglene varierer. Ærfugl henter blåskjell på bunnen, skarv jakter på småfisk i tareskogene, mens måkene kan spise alt fra skalldyr til fiskeavfall. Vi har undersøkt om dyp, habitatkompleksitet og menneskelig aktivitet kan forklare utbredelsen av sjøfugl, for derved å kunne forutsi forekomsten av kystnære sjøfugler utenom hekkesesongen.



Foto: Jan Ove Bustnes

Hvorfor vil vi vite hvor vi finner sjøfugl?

Sjøfugl langs norskekysten lever i en natur som brukes aktivt av mennesker. Kystnære sjøfugler berøres av en voksende oppdrettsnæring, skipstrafikk, petroleumsaktivitet og annen menneskelig virksomhet. Forvaltningsansvaret pålegger oss å planlegge vår aktivitet langs kysten slik at det blir tatt tilstrekkelig hensyn til sjøfuglene.

Finnmarkskysten - et viktig område for sjøfugl

Barentshavet er i internasjonal sammenheng et svært viktig område for sjøfugl. Flere millioner par hekker her, og for flere av artene utgjør de en betydelig andel av verdensbestanden. Barentshavet er også et betydelig overvintringsområde for bestander av flere arktiske arter, der den isfrie Finnmarkskysten er særs viktig.

De fleste sjøfuglene er svært sårbare for en rekke miljøtrusler som fiskegarn, miljø-

gifter og oljeforurensning. Dette gjelder også de kystnære sjøfuglene som beiter på eller like over bunnen. De viktigste av disse artene er skarvene (toppskarv og storskarv), teist, forskjellige måkearter og havdykkendene (for eksempel ærfugl). Disse artene lever ofte i områder som mennesker bruker eller ønsker å bruke til blant annet oppdrettsvirksomhet, fiskeri og fritidsaktiviteter.

Vinterbestandene av de ulike sjøfuglartene i Finnmark kan bestå av lokale hekkefugler, eller av fugl som kommer fra områder lengre nord eller øst som for eksempel praktærfugl. Vinterbestandene kan også bestå av en blanding av lokale hekkefugler og trekkfugler. Dette gjelder for eksempel ærfugl og gråmåke.

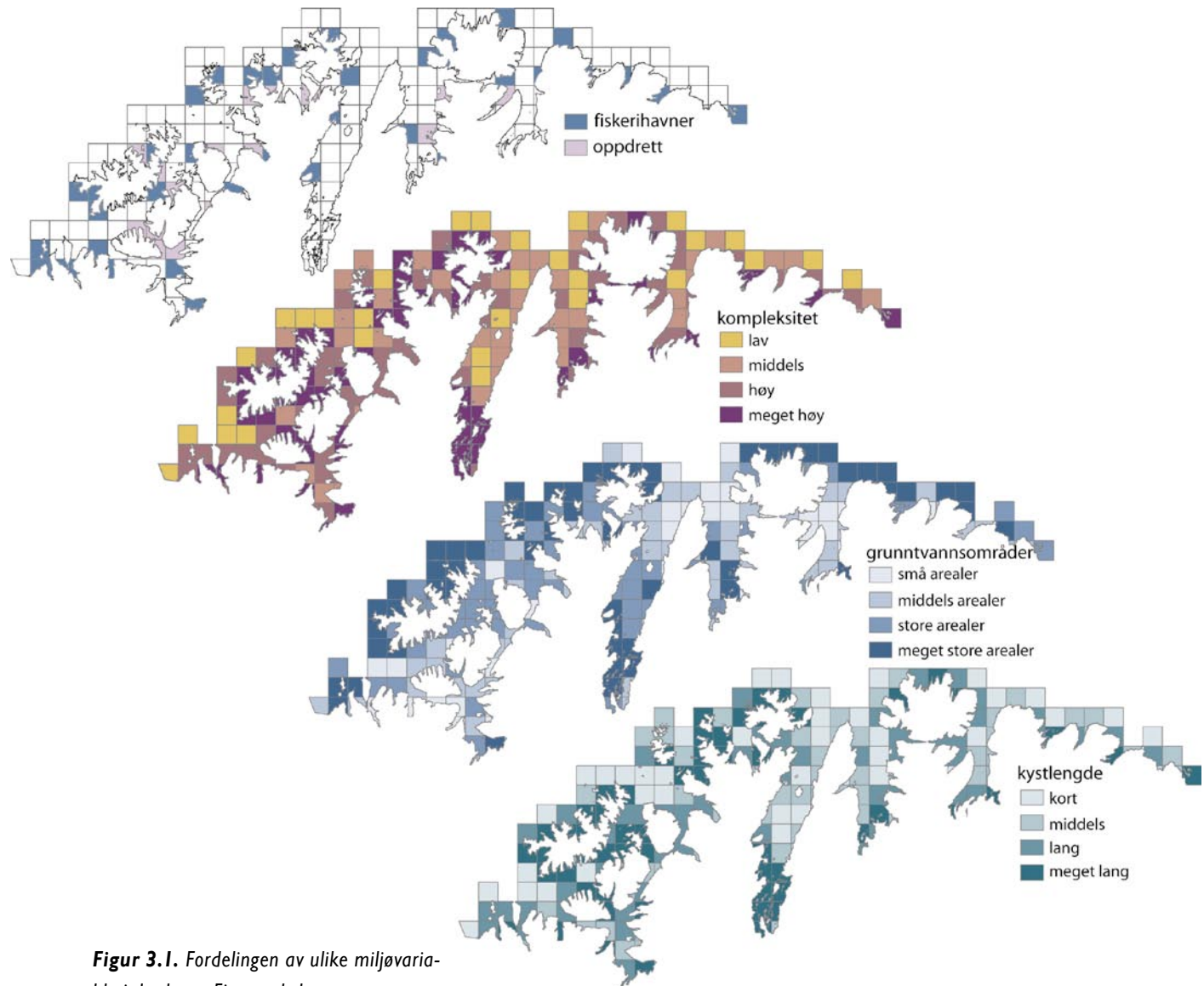
Formål med prosjektet

Vi ønsket å finne ut om det er mulig å forutsi forekomsten av kystnære sjøfugler utenom hekkesesongen ut ifra karaktertrekk i omgivelsene. Først samlet vi inn

store mengder data om utbredelsen til kystnære sjøfugl langs Finnmarkskysten. Deretter delte vi kyststrekningen inn i ruter, og klassifiserte rutene ut fra miljøvariabler som vanddyp, kystlinjekompleksitet, med mer (**Figur 3.1**). Ved å sammenholde disse opplysningene, forsøkte vi å avgjøre hvordan miljøforholdene påvirket fuglenes bruk av et område. Ut fra denne informasjonen beregnet vi sannsynligheter for å finne fugl i områder med forskjellige karakteristika.

Innsamling av data

Utbredelse og forekomst av sjøfugl ble kartlagt ved hjelp av tellinger fra småfly. Vi dekket hele området fra fylkesgrensa mellom Troms og Finnmark i vest til Vadsø i øst. Dette ble gjort fire ganger fra slutten av september til midten av mai i periodene: september – oktober, november – desember, februar – tidlig mars og midt i april til midt i mai. Det eneste unntaket var at området øst for Nordkyn ble utelatt i november – desember (den



Figur 3.1. Fordelingen av ulike miljøvariable i det langs Finnmarkskysten.

andre tellingen) på grunn av dårlig vær- og lysforhold. Flyet fløy så lavt og sakte som mulig slik at vi skulle kunne oppdage og telle fuglene. Om bord i flyet var det til enhver tid to tellere som dekket hver sin side av flyet. Til sammen ble det brukt 120 flytimer.

Forekomst av forskjellige sjøfuglarter

Vi registrerte nærmere 8 300 sjøfuglkonsentrasjoner (opptil 5 000 fugl), fordelt på 32 arter. For å illustrere hvilke typer data som ble samlet inn har vi oppsummert antall fugl, samt endringer i områdebruk, for noen av de viktigste artene: skarv, havdykkender, måker og teist (se Figur 3.2 og 3.3).

Skarver

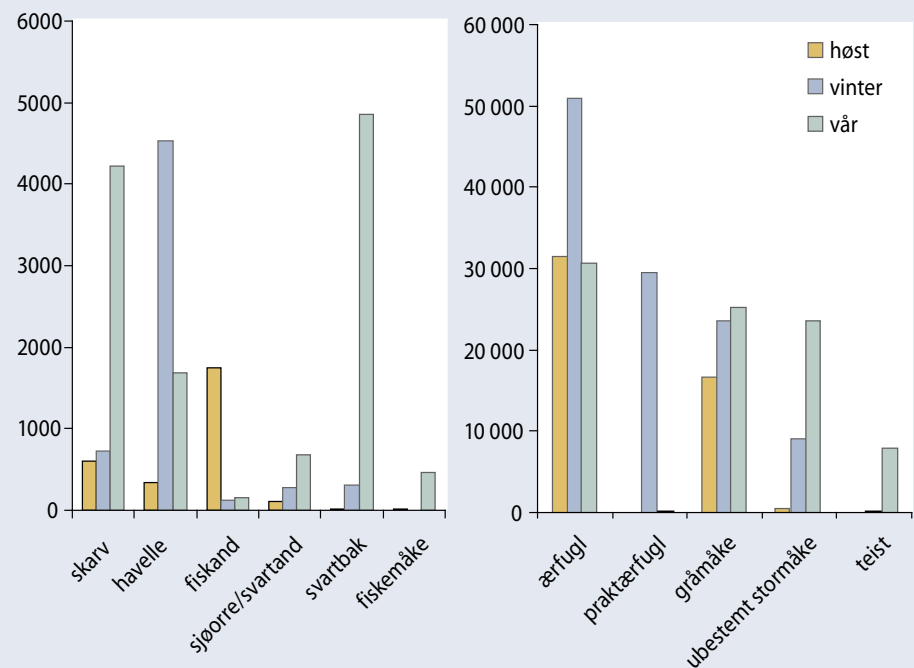
Selv om de fleste skarvene trekker ut av Finnmark om vinteren, registrerte vi skarver under alle tellingene. Hovedtyngden av skarvene returnerte til hekkekoloniene i mars-april. Opp til 4 300 skarver ble observert i den siste perioden (Figur 3.2).

Havdykkender

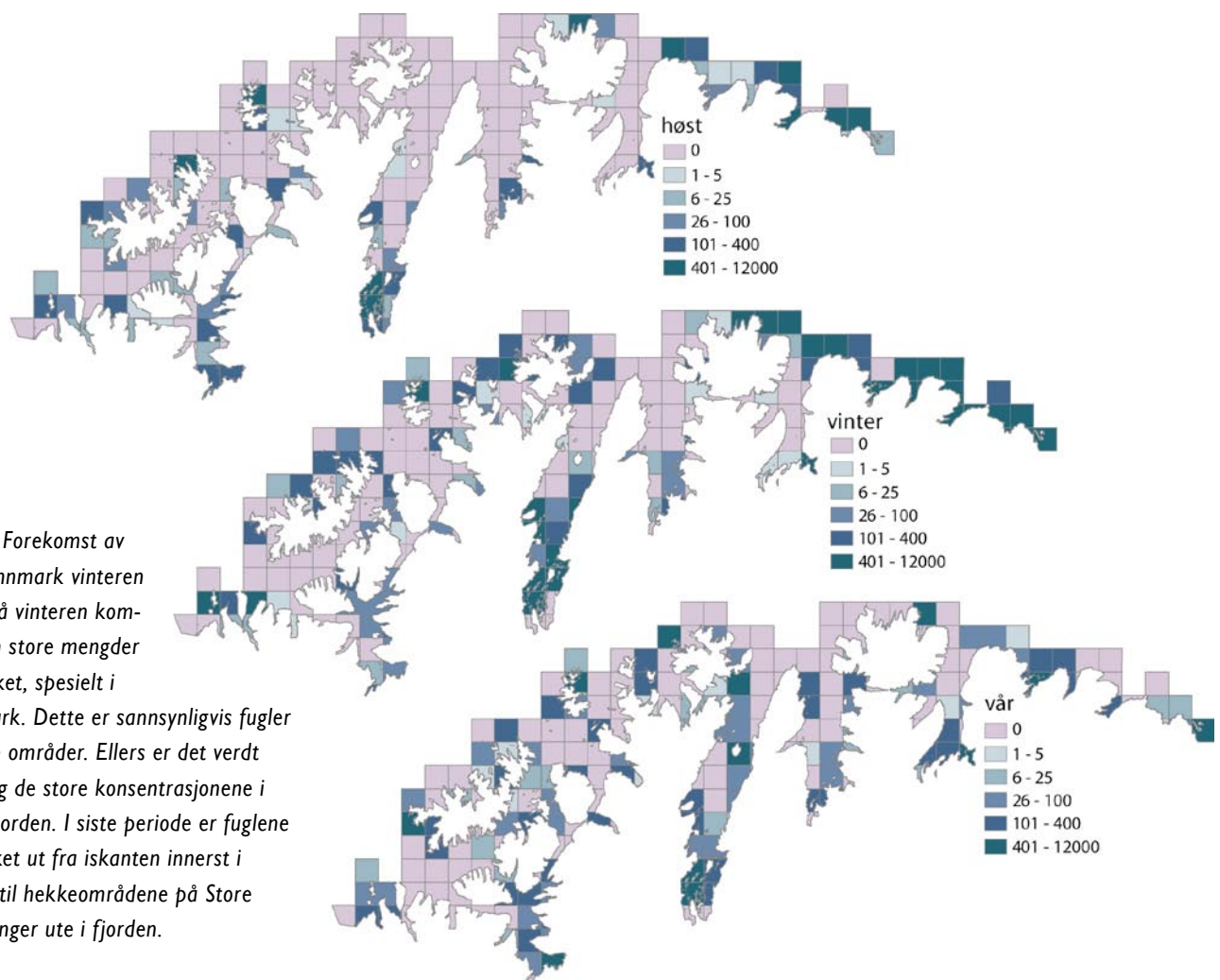
Havdykkender beiter mest på fastsittende bunndyr, og man kan derfor anta at de holder seg mer stabilt i de samme områdene enn fugl som beiter på mobil føde som fisk. Likevel fant vi at antall havdykkender også varierte mye i antall gjennom vinteren.

Vi observerte åtte arter av havdykkender, hvorav to arter, ærfugl og praktærfugl, dominerte. Ærfugl er den vanligste sjøfuglarten som overvintrer i Finnmark (Figur 3.3), og i februar – mars registrerte vi det høyeste antallet på 51 000 individer (Figur 3.2). I de østlige delene av fylket økte antallet betraktelig midtvinters, da fugl kom inn i området fra Vest-Russland. Når isen legger seg trekker også ærfugl fra Svalbard ned til kysten av fastlandet. Særlig mye ærfugl ble funnet i Porsangerfjorden, i de grunne områdene på yttersida av Nordkynhalvøya, og i området fra Berlevåg til Vardø. Bestanden var nokså stabil i de andre områdene av fylket. I Porsangerfjorden avtok antallet fra vel 13 000 individer på høsten til rundt 8 000 etter jul og utover våren.

Figur 3.2. Antall sjøfugl fugl i Finnmark vinteren 1998-99. Arter som praktærfugl, havelle og stellersand kommer først inn i området i nevneverdige antall på vinteren. Andre arter har trukket bort på vinteren, og returnerer i forkant av hekkesesongen, slik som skarv, fiskemåke og svartbak. Ubestemte stormåker omfatter for en stor del unge svartbak- og gråmåker. De mest tallrike artene er ærfugl, praktærfugl og gråmåke. Ærfugl opptrer tallrikt hele tiden, men har en topp på vinteren, da fugl fra Svalbard og Russland sannsynligvis oppholder seg i Finnmark. Det siste gjelder også for praktærfugl.



Figur 3.3. Forekomst av ærfugl i Finnmark vinteren 1998-99. På vinteren kommer det inn store mengder ærfugl i fylket, spesielt i Øst-Finnmark. Dette er sannsynligvis fugler fra russiske områder. Ellers er det verdt å merke seg de store konsentrasjonene i Porsangerfjorden. I siste periode er fuglene delvis trukket ut fra iskanten innerst i fjorden, ut til hekkeområdene på Store Tamsøya lenger ute i fjorden.



Faktaboks 3.1

Alle aktive fiskerihavner og oppdrettsanlegg ble registrert under flygningen, angitt for hver av rutene (se Figur 3.1). Arealet av områder grunnere enn 50 meter ble beregnet for hver rute. Også forholdet mellom kystlengden og sjøarealet ble beregnet på en slik måte at de rutene med mange øyer, fjorder og kronglete kyst, ble gitt en høy verdi for kystkompleksitet. Kystlengde ble tatt med for seg.

Sammenhengen mellom forekomst av fugl i 10×10 km ruter og de ulike miljøparametre ble beregnet gjennom en statistisk modell.

Følgende miljøkarakterer ble brukt:

- gruntvannsarealer,
- kystkompleksitet, kystlengde,
- forekomst av aktive fiskerihavner og
- forekomst av aktiv oppdrettsvirksomhet

MILJØVARIABLER

Årstid og interaksjonene mellom årstid og miljø i hver rute ble tatt med i de statistiske modellene. Variable med liten forklaringsverdi ble fjernet i en stegvis prosedyre.

Tilsvarende er det kjørt modeller over sammenhengen mellom antall fugl i 10×10 km ruter i de rutene det er observert fugl, og de ulike miljøparametrene.

Disse modellene er så brukt til å beregne et sannsynlig antall fugl for hver rute og årstid, gjennom å multiplisere sannsynligheten for treff med estimert antall fugl, på grunnlag av miljøvariablene. Kartene som følger er basert på denne metoden.

Resultatene av modellene er vist i kart for ærfugl, skarv og gråmåke.

Praktærfuglen er vanlig i Finnmark om vinteren. Den ankommer kysten i slutten av november, og opp til 30 000 individer ble observert i februar – mars (Figur 3.2). Særlig viktig var kyststrekningen fra Magerøya til Vardø. Lodde er sannsynligvis et viktig næringsemne for praktærfuglen, og den ser ut til å følge loddeinnsiget i februar – mars. Det vil si at den kan opptre mer sporadisk avhengig av hvor lodda komme inn til kysten for å gyte. For eksempel ved Magerøya økte antallet da fra 400 i november – desember til nærmere 10 000 i februar. Andre havdykkender, som havelle og ærfugl, kan også beite på lodde, men i mindre grad enn praktærfuglen. Antallet ærfugl og praktærfugl i Øst-Finnmark avtok fra mars til april – mai. Trolig hadde en del fugl startet trekket mot hekkeplassene.

Andre havdykkender var havelle, siland, laksand, sjøorre, svartand og stellerand. Disse artene forekom jevnt men relativt spredt over hele kysten (Figur 3.2), bortsett fra laksand som nesten bare fantes i Tanamunningen, og stellerand som kun ble observert i Øst-Finnmark.

Måker

Vi observert et stort antall måker i vinter- og vårsesongen. Den vanligste var gråmåke med 25 000 individer på våren (Figur 3.2), men bestanden var relativt stabil gjennom hele vinteren, sammenlignet med de andre måkene. Mange av svartbakene var kommet tilbake allerede i februar.

Svartbaken er også vanlig i Finnmark, og det ble talt opp mot 5000 individer om våren (Figur 3.2). Nesten hele svartbakbestanden trekker ned til Nordsjøen på høsten, men tellingene viste at noen få oppholdt seg i Finnmark også på vinteren. Den mest tallrike måkearten var krykkje. Den ble observert i store mengder under alle tellingene, men den var særlig tallrik på vårvinteren, da flere hundretusen krykkjer trekker inn til Finnmarkskysten for å forberede hekkingen. Opp mot 68 000 krykkjer ble registrert på den siste tellingen, men da ble ikke de store koloniene talt opp. Arten opptrådte i store konsentrasjoner i Vest-Finnmark, der den største kolonien ligger på Hjelmsøya. I Midt-Finnmark er Sværholt og Omgang viktige kolonier, mens i øst hekker hovedtyngden av krykkjer på

Syltefjordstauran, Hornøya og Store Ekkerøy. De fleste krykkjene hekker i området øst for Magerøya.

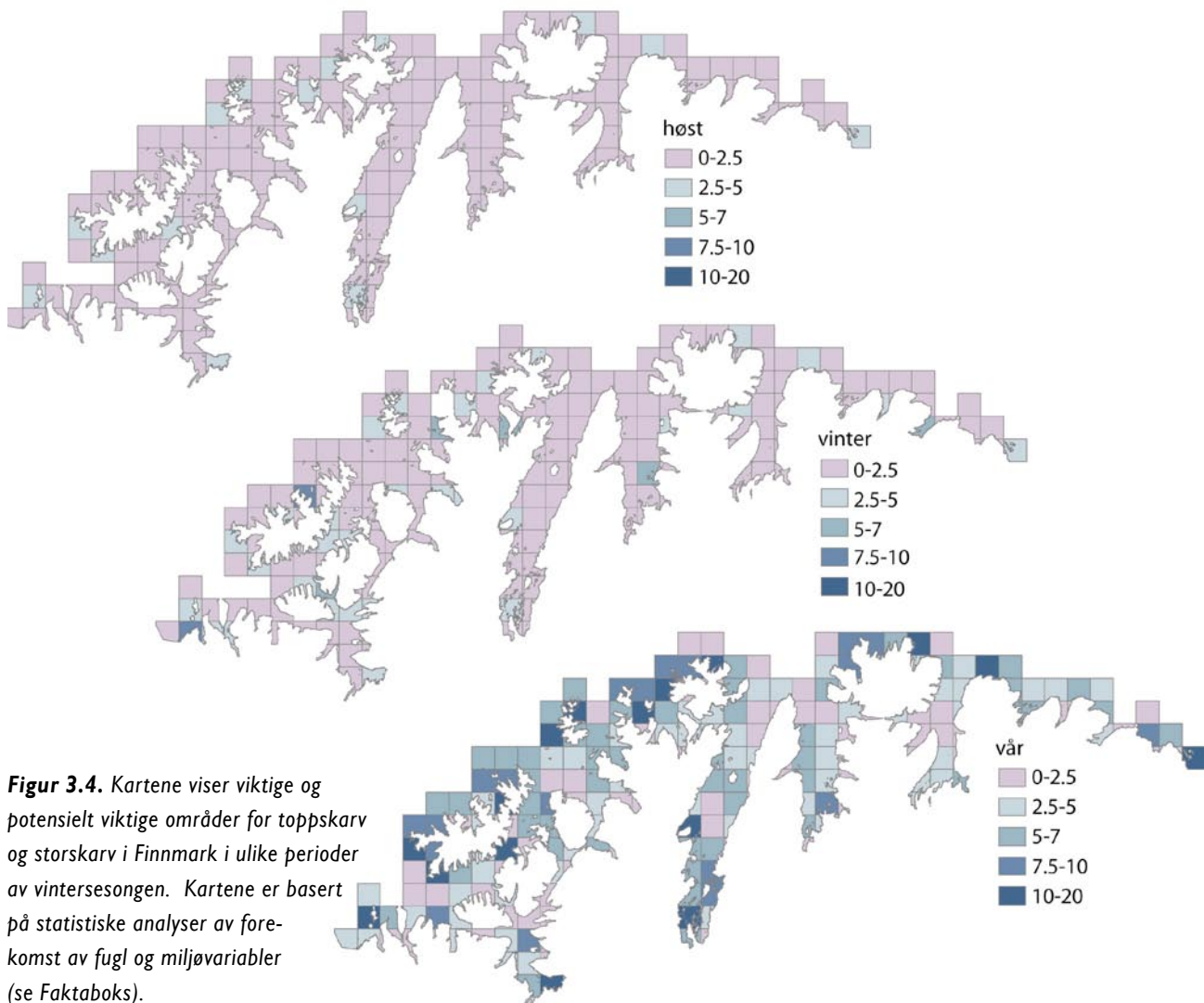
Teist

Av alkefuglene er det bare teisten som holder seg langs kysten hele året. På våren ble det observert rundt 8000 individer (Figur 3.2). Bestanden synes å være liten høst og vinter. Det råder imidlertid en viss usikkerhet om vinterbestandens størrelse fordi den kan være vanskelig å oppdage fra fly. De andre alkefuglene forekom tallrike i koloniene om våren, men ble ellers ikke observert og er derfor ikke nærmere behandlet her.

Sammenhengen mellom forekomst av sjøfugl og miljøvariabler

Det meste av fordelingen av sjøfugl utenom hekketida kan forklares ut fra tilgangen på næring, men å måle mattilgangen er en vanskelig og svært tidkrevende prosess. For å kunne forutsi om områder er viktige for sjøfugler ut fra miljøvariabler, så må disse variablene på en eller annen måte være relatert til næringstilgangen for de ulike artene. For å påvise mulige sammenhenger mellom

toppskarv og storskarv



Figur 3.4. Kartene viser viktige og potensielt viktige områder for toppskarv og storskarv i Finnmark i ulike perioder av vintersesongen. Kartene er basert på statistiske analyser av forekomst av fugl og miljøvariabler (se Faktaboks).

miljøvariabler og forekomst av fugl ble følgende metode brukt: hele kysten ble delt inn i 10 x 10 km ruter; deretter ble rutene klassifisert ut fra følgende miljøvariabler: hvor mye gruntvannsområder det var i ruta, hvor mye kystlengde det var og forekomst av menneskelig aktivitet som fiskerier og oppdrett (Faktaboks 3.1 og Figur 3.1). Disse variablene sier på ulike måter noe om hvor mye næring som er tilgjengelig for fuglene. For eksempel gir arealet av gruntvann i et område en indikasjon på hvor mye nærings som er tilgjengelig for havdykkender, som kun beiter på bunnen og som heller ikke kan dykke særlig dypt. Gjennom en sammenstilling (statistisk analyse) av disse miljøvariablene og forekomster av kystnære sjøfugl i hver rute i de forskjellige telleperiodene, forsøkte vi å påvise områdetyper som var viktige for

kystnære sjøfugl. Sterke sammenhenger mellom de ulike miljøvariablene og fugleforekomster betyr at det vil være mulig å bruke miljøvariablene til å forutsi sannsynligheten for at fugleforekomster vil finnes i et område, samt hvor mye fugl som kan forventes å være der.

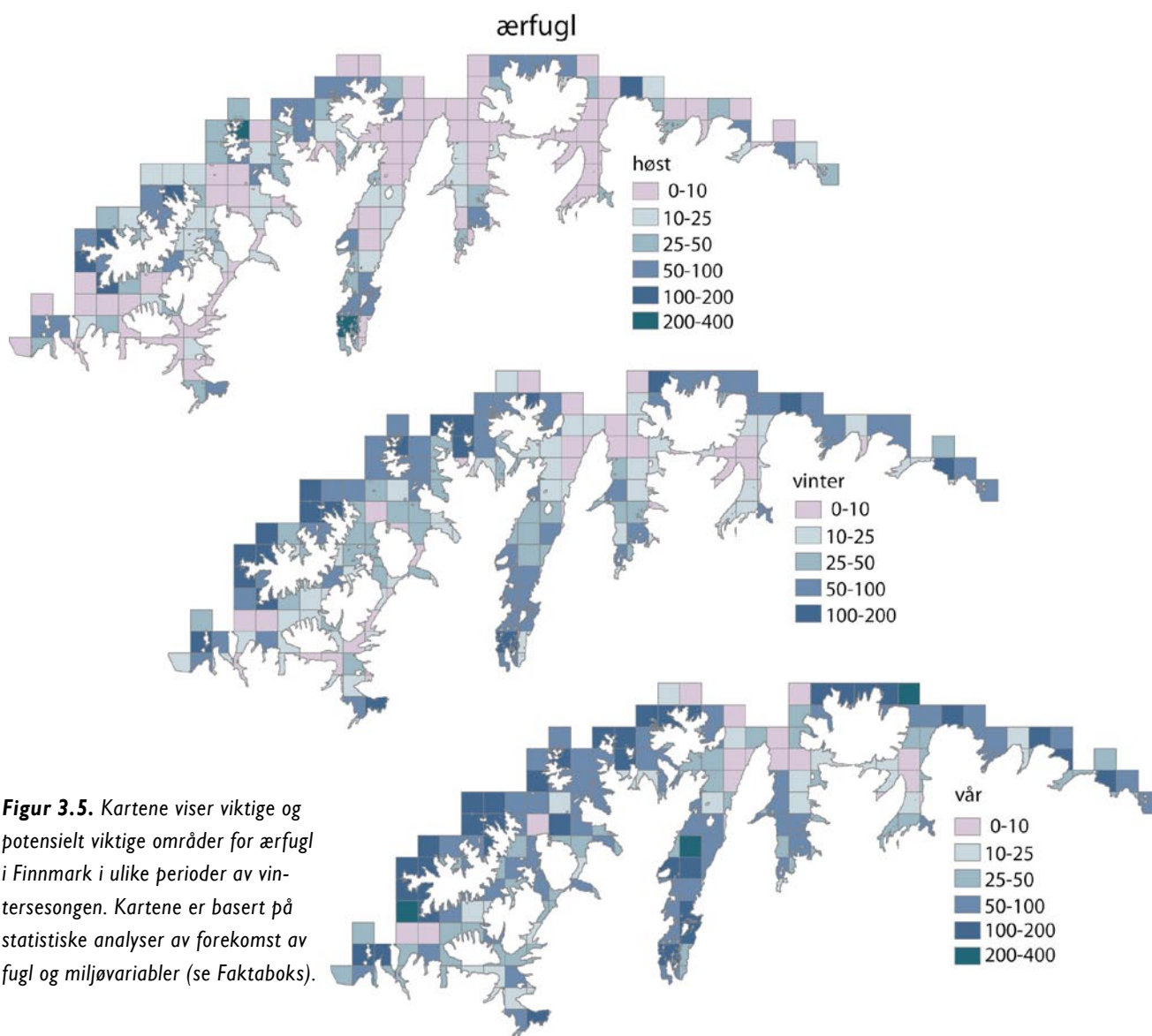
Studiet viste blant annet at sammenhengen mellom miljøvariablene og fordelingen av sjøfugl langs Finnmarkskysten var ulik i ulike deler av vintersesongen. Menneskelig aktivitet kan for eksempel skape viktige næringskilder midtvinters, men når fuglene drar til hekkekoloniene mister slik næring i stor grad sin betydning.

Vi gir her noen eksempler på hvilke miljøvariable som kan forutsi utbredelsen av noen viktige arter.

Skarver

De miljøvariablene som var mest bestemmende for utbredelsen av skarv, var kystkompleksitet og kystlengde. Mengden av gruntvannsarealer var også viktige, spesielt om våren: desto større arealer, desto høyere antall fugler ble observert i ruta. Hvis det fantes fiskeoppdrettsanlegg i en rute så økte også sannsynligheten for å finne skarv der. Dette kan skyldes at oppdrettsanlegg trekker til seg villfisk som skarvene jakter på, samt at de forsøker å ta fisk fra mærene.

De viktigste områdene for skarvene i Finnmark er derfor gruntvannsområdene i de ytre kyststrøk, men analysen viser også at det finnes gode habitater for skarv inne i Porsangerfjorden og i Laksefjorden (Figur 3.4).



Figur 3.5. Kartene viser viktige og potensielt viktige områder for ærfugl i Finnmark i ulike perioder av vintersesongen. Kartene er basert på statistiske analyser av forekomst av fugl og miljøvariabler (se Faktaboks).

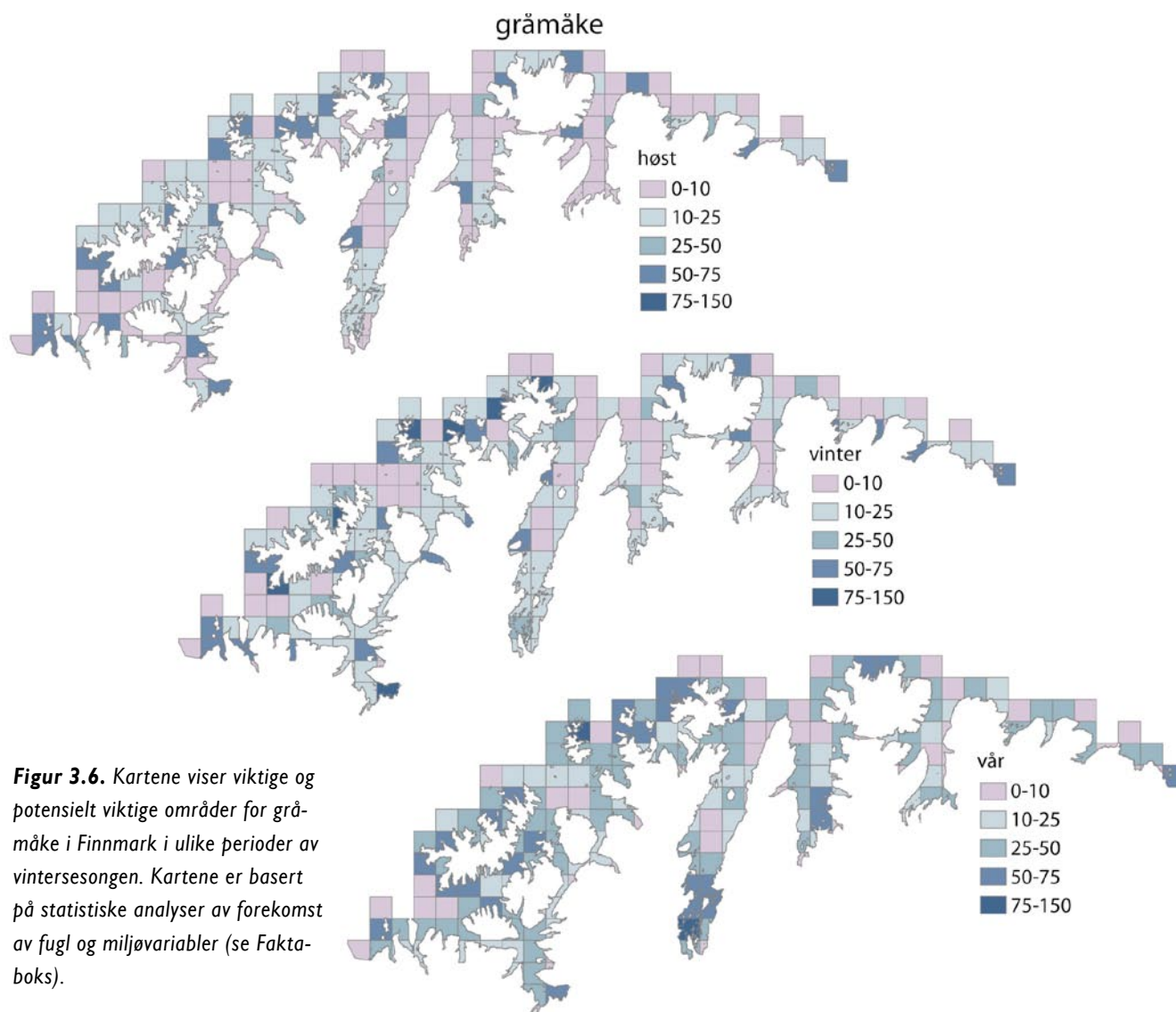
Ærfugl

Analysene viste at antallet ærfugl i en rute er svært avhengig av hvor stort arealet av gruntvann var innenfor ruta. Arten finnes også i fiskerihavner hele vinteren, men arealet av gruntvann var viktigst for ærfugl.

Ærfugl var vanligst i Øst-Finnmark (Figur 3.3). Selv om tallene var lavere i Vest-Finnmark, viser analysene at sammensetningen av miljøvariablene i mange ruter i Vest-Finnmark tilsier at de er gode områder for ærfugl (Figur 3.5). Dette betyr at disse områdene kan være viktige for ærfugl, selv om det ikke ble observert fugl der under flytellingene.



Foto: Geir Helge Systad



Figur 3.6. Kartene viser viktige og potensielt viktige områder for gråmåke i Finnmark i ulike perioder av vintersesongen. Kartene er basert på statistiske analyser av forekomst av fugl og miljøvariabler (se Faktaboks).

Gråmåke

Menneskelig aktivitet, både oppdrett og annen fiskeriaktivitet, var viktig for sannsynligheten for å finne gråmåke i et område. Dette er viktigst om vinteren, men av mindre betydning om våren når fuglene har trukket til hekkekoloniene. Lengden på kyststrekningen og arealet av gruntvannsområder i en rute var også viktig (Figur 3.6). Måkene er altetere, og dette reflekteres i deres valg av leveområder.

Konklusjon

Dette er et av de første studiene der man har studert hvordan miljøforholdene påvirker utbredelsen av kystnære sjøfugl. Vi fant at det var mulig å forklare fordelingen av flere sjøfuglarter i Finnmark ved hjelp av bestemte sett av miljøvariabler. Styrken med statistiske analyser av sammenhengen mellom sjøfuglforekomster og miljøvariabler ligger i at det hjelper oss til finne fram til potensielt viktige områder for kystnære sjøfugler. Vi kan også benytte slike modeller i områder der det ikke har vært foretatt fugletellinger, for å vurdere hvorvidt områdene kan være egnet for ulike sjøfugler. Slike

betraktninger vil være nyttige i forhold til beredskapsplaner i forbindelse med oljesøl, ved planlegging av nye oppdrettsområder og lignende.

Takk

Vi ønsker å takke pilot Gunder Jensen for et godt utført oppdrag, og stort tålmodighet på lange dager. Vi ønsker også å takke styringsgruppen for prosjektet særlig Marianne Olsen (Hydro), Arne Myhrvold (Statoil) og Sami Wakili (tidligere Saga), samt Halvor Engebretsen (Statoil) for at de muliggjorde innsamlingen av dataene.



Foto: Karl-Otto Jacobsen

4. Sjøfugl og sei: predatorer og indikatorer i et klimaperspektiv

Tycho Anker-Nilssen

Sei er Norges fjerde viktigste fiskeriressurs med en fangstverdi på nær én milliard kroner årlig. Ung sei av den nordøst-arktiske bestanden har sine viktigste oppvekstområder i tareskogen langs Norskehavet, der den er tilgjengelig som byttedyr for en rekke arter sjøfugl. Men hvor viktig er seien som byttedyr for sjøfugl? Kan sjøfugl benyttes som tidlige og gode indikatorer for rekrutteringen av sei, og dermed være til nytte for fiskeriforvaltningen? Dette er spørsmål som denne artikkelen vil belyse.



Foto: Tycho Anker-Nilssen

Norskehavet er et viktig leveområde for flere kommersielle bestander av pelagiske fisk, blant dem sei. Den nordøst-arktiske bestanden av sei gyter på kystbankene fra Nordsjøen til Lofoten i januar-mars. Etter klekking føres årets sei (0-gruppe) nordover med kyststrømmen til de, som 5-10 cm lange yngel, forlater de frie vannmassene utpå sommeren og etablerer seg i tareskogen. Før de vandrer tilbake til kystbankene som 2-4 åringer, er tareskogen langs Norskehavet deres viktigste oppvekstområde. Stimer av ung sei er et dagligdags syn i disse farvannene, som også er leveområde for store bestander av fiskepisende sjøfugler. Likevel er seiens betydning som mat for sjøfugl dårlig dokumentert.

Seiyngelen trekker inn på grunt vann før årsklassestyrken for 0-gruppe kan måles pålitelig ved tradisjonelle havforsknings-tokt i åpent hav. Ressursforvaltningen er derfor basert på fangstdata og akustiske mål for minst to år gammel, pelagisk fisk.

Siden en betydelig andel av den unge seien ikke forlater tareskogen før den er 3-4 år gammel, er anvendelige mål for årsklassestyrke og rekruttering først tilgjengelig fire år etter en gytesesong. Sjøfugl som spiser sei kan derfor være egnet som tidlige indikatorer for seibestandens rekruttering. Til sammenligning er overlevelsen til lundeungene på Røst og størrelsen på silda de tilbys av sine foreldre, gode indikatorer på den årsklassestyrken Havforskningsinstituttet måler for 0-gruppe sild i Barentshavet om høsten. Denne 0-gruppe-indeksen er videre et godt mål for rekrutteringen til gytebestanden 3-4 år senere. Lundedataenes treffsikkerhet øker ytterligere når de koples med sjøtemperaturer i sildas første levemåneder (mars-juli), og det hender at forekomstene av 1-gruppe sild ett år senere viser at lundene var mer presise indikatorer for 0-gruppe enn havforskningsstoktene.

Skjult men ettertraktet ungdom

Ung sei utgjør en betydelig del av fiskebiomassen i tareskogen der den er tilgjengelig for et bredt spekter av kystbundne toppredatorer. Den er et hyppig innslag i dietten til oter og en lang rekke sjøfugler, både kystbundne arter som storskarv, toppskarv, rødnebbterne og teist, og pelagiske arter som lunde og lomvi. Seiens betydning for disse bestandene er imidlertid dårlig kjent. Gytebestanden av sei nord for 62°N vurderes i dag å være innenfor sikre biologiske grenser, men var gjennom en kraftig depresjon fra midt på 70-tallet til midt på 90-tallet. Det er lite kunnskap om hvilken betydning dette kan ha hatt for andre deler av økosystemet, ikke minst for arter knyttet til tareskogen.

Det er beregnet at sjøfuglene i Norskehavet konsumerer i overkant av 400 000 tonn fisk årlig, hvorav lunden står for nær 60 %. Vi vet dessuten at 0-gruppe sei med en gjennomsnittlig størrelse på 2 g,

Faktaboks 4.1**VALG AV PARAMETERE OG KALIBRERING AV DATASERIER**

Utvelgelsen av data til analysen var hele veien biologisk begrunnet. Dataseriene for de fysiske parametrene og fiskeriressursen var vesentlig lenger enn de for sjøfugl (se tabellen).

NAO. I Nord-Atlanteren er vinterindeksen for "North Atlantic Oscillation" (NAO) mye brukt som mål for klimavariasjon i økologiske analyser, særlig når mekanismene for klimaets påvirkning av en ressurs ikke er kjent. Dette gjelder i stor grad også sjøfugl. NAO-indeksen, som foreligger årlig fra 1864, reflekterer styrken på strømmen av lavtrykk, og dermed også transporten av varmt atlantisk vann, inn i Norskehavet. Samtidig vil den gjenspeile et bredere spekter av mer lokale klimaforhold, hvor en høy indeks indikerer mildt og stormfullt vær på norskekysten med et varmere hav utenfor kyststrømmen. Dette har igjen stor betydning for produksjonen på ulike nivå i økosystemet, og NAO-indeksen ble derfor tatt med i analysen sammen med sjøtemperatur.

Sjøtemperatur er en hovedfaktor for den biologiske produksjonen i marine næringskjeder. Dataserien til denne analysen ble hentet fra kyststrømmen hvor ung sei har sitt viktigste oppvekstområde. Valget av stasjon (Skrova, målt siden 1935) er mindre viktig for den relative variasjonen mellom år, siden strømmen løper nordover langs hele kysten. Periodevis påvirker den også seiens gyteområder på kystbankene. Derfor ble temperaturene på større dyp enn 75 m utelatt sammen med temperaturen på 5 m som bare var målt siden 1992. Temperaturene på øvrige dyp (1, 10, 20, 30, 50 og 75 m) ble midlet for januar-mai, som er perioden fra seien starter å gyte til yngelen blir byttedyr for hekkende

sjøfugl. Data fra den atlantiske strømmen som løper parallelt og utvendig for kyststrømmen, ble ikke tatt med. Temperaturserien avspeiler derfor ikke alle klimaeffekter på seiens klekking og sei-larvenes tidligste overlevelse. NAO-indeksen reflekterer imidlertid en vesentlig del av variasjonen i innstrømming av atlantiske vannmasser. Temperaturserien fra samme dyp ved Skrova i mars-juli er tidligere benyttet til å påvise klimaeffekter på lundenes hekkesuksess på Røst. Denne er styrt gjennom tilgangen på 0-gruppe sild som da oppholder seg i de samme pelagiske vannmassene som 0-gruppe sei.

Sei. Rimelig justerte estimer for antall rekrutter av sei som 2-åringer (2-gruppe) foreligger hittil for årsklassene 1958-1999. I analysen ble disse verdiene forskjøvet 1 eller 2 år bakover i tid og benyttet som relative mål for henholdsvis 1-gruppe og 0-gruppe sei. For å avsløre eventuelle klimaeffekter på disse stadiene ble NAO-indeksen og sjøtemperatur forskjøvet tilsvarende.

Sjøfugl. For toppskarvbestanden på Røst var det for hvert år mulig å beregne mål for leggevillighet, kullstørrelse og stadium i hekkeforløpet per 20. juni (nær gjennomsnittlig klekkedato). Dette ble basert på rater for endring i reirinnhold mellom ulike takseringer i samme sesong. Tilsvarende mål for bestanden på Sklinna, som vanligvis ble taksert kun én gang årlig (snitt 6. juni), lot seg bare estimere ved å benytte ratene for Røst fra samme år. Dette er en svært grov forenkling som fordrer ekstra varsomhet i vurderingen av enkelte resultater for Sklinna.

utgjør 18 % av dietten til lundeungene på Røst. Men dette gjenspeiler ikke nødvendigvis de voksne lundenes diett, og helt sikkert ikke næringsvalget for pelagiske sjøfugler resten av året.

Kystbundne arter av sjøfugl som beiter i tareskogen har et mer varig tilbud av større ungsei. Dette er spesielt egnet mat for de to skarvartene, som til sammen konsumerer mer enn 20 000 tonn fisk i Norskehavet. Mangel på kvantitativ kunnskap om tallrikheten til ung sei og næringsvalget til sjøfugl, særlig utenom hekkesesongen, gjør det fortsatt vanskelig å belyse om sjøfugl er en betydelig predator for sei. Denne undersøkelsen

tar imidlertid utgangspunkt i noen lange dataserier som kan koples for å sannsynliggjøre om tilgangen på sei påvirker utviklingen til enkelte arter sjøfugl, og om disse artenes reproduksjon og næringsvalg er gode indikatorer for rekruttering av sei. Den voksende forståelsen for klimavariasjonenes betydning for samspillet mellom marine predatorer og deres byttedyr, gjør det naturlig også å trekke klimaparametere inn i analysearbeidet.

Lange tidsserier viser vei

Dessverre finnes ingen lange dataserier for næringsvalg hos skarv eller oter. Derimot er antall reir og reirinnhold (egg og/eller

unger) hos toppskarv overvåket årlig gjennom 20 år i to av landets største kolonier; Ellefsnyken i Røst kommune, Nordland (702 par i 2004) og Sklinna i Leka kommune, Nord-Trøndelag (2267 par i 2004). Røst har dessuten landets største lundebestand (427 000 par i 2004) og en rik teistbestand (>1000 par). Dataserier for disse bestandenes næringsvalg i henholdsvis 26 og 15 år ble tatt med i analysene fordi teistens og lundens økologi avviker fra toppskarven på flere viktige punkter. Lunden søker næring pelagisk opptil 200 km fra kolonien, mens teisten henter det meste av sin føde i tareskogen innenfor 5 km fra kolonien. Toppskarven finner sine byttedyr både i tareskogen og de frie

Tabell 4.1. Forklaring av anvendte parametere og dataserier. (R)=Røst, (S)=Sklinna, (RS)=begge.

Parameternavn	Forklaring (N= utvalgsstørrelse)	Serie (koloni)	Datakilde
NAO-indeks	Normalisert indeks for forskjellen i lufttrykk ved havnivå mellom Lisboa og Reykjavik fra desember (foregående år) til mars	1958-2004	J.W. Hurrell, NCAR, Colorado, USA
Sjøtemperatur	Gjennomsnittlig temperatur på 1-75m dyp i kyststrømmen i januar-mai målt ved Skrova i Vestfjorden 3-4 (1-7) ganger per måned	1958-2004	Øivin Strand, Havforskningsinstituttet
Sei 2-åringer	Årlig antall rekrutter av sei som 2-åringer beregnet i en XSA (extended survival analysis) av ICES sin arbeidsgruppe ACFM i 2004	1960-2001	Sigbjørn Mehl, Havforskningsinstituttet
Toppskarv hekkebestand	Årlig antall okkuperte reirplasser	1985-2004 (R) 1984-2004 (S)	NINA
Toppskarv vekstrate	Rate for endring i hekkebestanden fra foregående år	1986-2004 (R) 1985-2004 (S)	NINA
Toppskarv leggevillighet	Andel reir med innhold (dvs. egg/unger) 20. juni ($N_{(R)}=8536$ reir, $N_{(S)}=8490$ reir)	1985-2004 (R) 1989-2004 (S)	Egne data (R) N. Røv (S)
Toppskarv kullstørrelse	Gjennomsnittlig kullstørrelse 20. juni for reir med innhold ($N_{(R)}=7438$ kull, $N_{(S)}=8713$ kull)	1985-2004 (R) 1980-2004 (S) ¹	Egne data (R) N. Røv (S)
Toppskarv hekketidspunkt	Andel kull som inneholdt unge(r) 20. juni ($N_{(R)}=7469$ kull, $N_{(S)}=7265$ kull)	1985-2004 (R) 1989-2004 (S)	Egne data (R) N. Røv (S)
Lunde hekkebestand	Antall trafikkerte reirganger	1979-2004 (R)	NINA
Lunde diett	Vektandel 0-gruppe sei i dietten til reirunger av lunde ($N=32659$ byttedyr)	1979-2004 (R)	Egne data
Teist diett	Frekvens 0-gruppe sei i dietten til reirunger av teist ($N=10067$ byttedyr)	1979-2004 (R)	Egne data

¹ Ingen data fra 1981-84 og 1986

vannmassene, men drar sjelden lengre enn 10-15 km fra reiret og beiter på forholdsvis grunt vann. Den er dessuten 3-5 ganger tyngre og kan ta vesentlig større byttedyr enn teist og lunde.

Dataseriene som inngikk i analysen er nærmere forklart i **Faktaboks 4.1**. Variasjonen i antall rekrutter av sei på toårsstadiet var i ulik grad sammenfallende med variasjon i de to klimaparametrene og utvalgte dataserier for hekkende sjøfugl. Disse analysene ble gjort så enkle som mulig (ved hjelp av korrelasjoner og lineære regresjoner) siden tidsseriene for sjøfugl i de fleste tilfelle er for korte til å avdekke mer komplekse sammenhenger.

Analysene viste at store årlige klimavariasjoner hadde større biologiske konsekvenser for de studerte bestandene enn den mer moderate, men entydige økningen i sjøtemperatur på 1,1°C i løpet av studieperioden 1977-2004 ($r^2=0.30$). Snittemperaturen i kyststrømmen i januar-mai varierte fra 2,6°C i 1981 til 5,2°C bare to år senere, og for disse månedene var dette de to mest ekstreme årene i dataseriens 70-årige historie. NAO-indeksen varierte også betydelig fra år til år, men hadde ingen ensrettet trend i perioden.

Et nettverk av forhold

Bestanden av toppskarv økte gjennomsnittlig med 3,1 % årlig på Røst og 7,9 % årlig på Sklinna, og de to koloniene utviklet seg i takt ($r=0.772$). Det var derimot ingen tydelige tegn til parallell variasjon i reproduksjon (leggevillighet, kullstørrelse eller hekketidspunkt) mellom koloniene.

En rekke statistiske sammenhenger ble påvist mellom ulike parametere for klima, sei og toppskarv på Røst (**Figur 4.1**). Den relativt sterke effekten av NAO på skarvenes hekketidspunkt var i stor grad uavhengig av sjøtemperatur, siden sjøtemperaturens sammenheng med NAO var beskjedne. Forekomsten av ett år gamle



Figur 4.1. Forklaringsgrad som kan tilskrives sammenhenger mellom par av dataserier for klima, ung sei og toppskarv på Røst i 1977-2004 (lineære regresjoner). Pilene peker på avhengig variabel, minus indikerer negativ sammenheng, røde symboler angir antall år for forsinket respons. Parametere og utvalgsstørrelser er nærmere forklart i faktaboksen. Foto: Tycho Anker-Nilssen.

sei alene var likevel den beste forklaringen på variasjonen i hekketidspunktet. Jo bedre tilgang det var på denne seien, dess tidligere startet skarvene å hekke og dess flere egg la de. Den positive responsen i bestandsstørrelse av økt sjøtemperatur var forsinket med to år. Dette skyldtes mest sannsynlig en rekruttering av fugler produsert i varme år med god hekkesuksess to år tidligere. Den negative sammenhengen mellom NAO og bestandens vekstrate ett år senere var derfor ikke uventet. Selv om det er vanskelig å skille disse effektene fra hverandre, kan det ikke utelukkes at tilgangen på sei er en viktig forklaring på den kraftige økningen i toppskarvbestanden. Generelt var disse forholdene mindre tydelige for toppskarvene på Sklinna. Dette kan skyldes tetthetsavhengige forhold i denne raskt voksende bestanden, men vel så gjerne bedre tilgang på andre byttedyr, f.eks. havsil, som responderer motsatt av sei på klimavariasjoner.

På Røst var både leggevilligheten og kullstørrelsen til toppskarvene liten, og hekkingen forsinket når hekkebestanden var liten. Dette var en opplagt effekt av dårlige miljøforhold, siden stor årlig variasjon i antall reir viste at mange voksne unnlot å hekke i de dårligste årene. Effekten var særlig tydelig i 1996 da de fleste sjøfuglene i Norskehavet hadde katastrofalt dårlig reproduksjon. De samme tre parametrene var imidlertid også redusert når hekkebestanden av toppskarv var ekstra stor, men da i noe mindre grad. Dette var mest sannsynlig en effekt av økt tetthet i bestanden, siden de aller fleste kjønnsmodne fuglene hekker når miljøet er ekstra gunstig. Konsekvensen er at andelen uerfarne hekkefugler øker, og disse hekker gjerne senere på sesongen og legger færre egg enn de etablerte fuglene. En tettere bestand gir også økt kamp om reirplasser og reirmaterialer. De tre hekkeparametrenes forhold til bestandsstørrelse er således ikke ensrettede, men kan forklares rimelig godt

med klokkeformede kurver (kvadratisk funksjon forklarer 58 % for leggevillighet og kullstørrelse og 33 % for hekketidspunkt). På Sklinna, hvor bestandsveksten var kraftigere og mindre variabel enn på Røst, var en tilsvarende effekt bare fremtredende for kullstørrelse.

Samme bytte til ulik nytte

Lundebestanden på Røst, som gikk tilbake med 4,2 % årlig i perioden 1979-2004, var helt uavhengig av tilgangen på ung sei. Likevel kunne nær en tredel (31 %) av variasjonen i antall seirekrutter på 2-årsstadiet forklares med lundeungenes inntak av 0-gruppe sei to år tidligere. Forholdet var dessuten negativt, dvs. jo mer sei som var tilgjengelig, dess mindre sei fikk lundeungene. Dette skyldes at lundens viktigste byttedyr, 0-gruppe sild, også reagerer positivt på høy sjøtemperatur. Sildeyngelens overlegne tallrikhet og stimende atferd i varme år gjør den til et langt mer profitabelt byttedyr for



Foto: Tycho Anker-Nilssen

lundene enn sei yngel. Sildelarvene er imidlertid mer sårbare for lave temperaturer enn seilarvene, så i kalde år tipper dette lett motsatt vei. Høyt innslag av sei i lundens diett er derfor oftest et dårlig miljøsignal, både for sild og sei. For teisten er dette omvendt. Gunstige vekstforhold fører til et større innslag av 0-gruppe sei i god kondisjon i tareskogen. Dette høster teisten fordeler av. Hyppigheten av førsteårs sei på omkring 10 (7-13) cm og 10 (2-18) g i teistungenes diett på Røst har variert mellom 3 % og 42 %. I den forholdsvis korte perioden med parallelle dataserier (1990-99) reflekterte dette godt over halvparten (61 %) av variasjonen i rekrutteringsmålet for sei to år senere (som 2-åringer).

Ny viten

Undersøkelsen er den første som dokumenterer at rekrutteringen til sei i betydelig grad kan predikeres flere år tidligere av sjøfuglenes suksess

og sentrale klimaparametere. Både toppskarvens hekkeinnsats (**Figur 4.1**) og lundens næringsvalg var rimelig gode indikatorer, mens teistens fangst av 0-gruppe sei pekte seg ut som den beste. Dette var ikke uventet siden næringsvalg reflekterer forekomst av byttedyr mer direkte enn hekkesuksess, samtidig som 0-gruppe sei er et viktig byttedyr for teist, men mindre viktig for lunde. Selv om det er for tidlig å slå fast at tilgang på ung sei har avgjørende betydning for sjøfugl, avspeiler seiens rekruttering i høy grad også toppskarvens hekkeforhold i Norskehavet.

Ved å koble dataseriene for sjøfugl med sjøtemperatur og vinterindeksen for NAO i mer komplekse statistiske modeller (GLM), forklarer de variasjonen i seiens rekruttering med enda større sikkerhet enn de gjør hver for seg. En videre utvikling av slike indekser bør derfor være av interesse for fiskeriforvaltningen og kan kanskje tilrettelegges for integrering

i det modellapparatet som underbygger prognosene for seibestanden nord for 62°N. Analysen vil dessuten profitere på at dataseriene for sjøfugl forlenges vesentlig, ikke minst for å inkludere flere år med lavere sjøtemperaturer og NAO-indeks.



Foto: Øystein Paulsen

5. Sjørøretens habitat- bruk og ernæring i kystnære farvann

Nina Jonsson, Bror Jonsson, Jan Atle Knutsen, Halvor Knutsen og
Esben M Olsen

Sjørøreten i Sør-Norge lever både i fersk- og saltvann. Livet starter i elvene om våren der eggene klekker og ungene vokser opp. De trives like godt i store vassdrag som i små bekker. Som smolt vandrer de til saltvann for å ete, og forekommer langs hele kysten; i fjordene, langt ute mot storhavet og i skjærgården. Ørreten viser stor variasjon i livshistorie, levesett og levested. Her beskriver vi hvordan denne variable arten bruker leveområdene i kystsonen, og hvordan levestedet avspeiles i fiskens økologi.



Foto: Jan Atle Knutsen

Livshistorie

Noen steder kan ørretungene leve ett år i ferskvann før de vandrer til havet, i andre vassdrag kan ungene være opptil 7 år gamle før de vandrer til sjøs. Som hos laksen, kalles de vandringsklare ørretungene for smolt, etter utvandring heter de sjørøret. Ikke all ørret vandrer til saltvann, noen lever hele livet i ferskvann. Disse har fått betegnelsen stasjonær ørret eller innlandsørret.

Om høsten, når gytetiden nærmer seg, vandrer sjørøretene fra havet til fødeelva der gyteplassene ofte ligger i rennende vann, selv om innsjøgyting også forekommer. Etter gytingen vandrer noen sjørøreter tilbake til saltvann for å overvintre, mens andre blir i ferskvann.

Mens mye forskning har vært konsentrert om laks, vet vi mindre om sjørøret. De to artene ligner hverandre i utseende, men hvordan er det med biologien ellers? Når vandrer sjørøreten mellom

ferskvann og saltvann, og hvilke faktorer er det som påvirker denne vandringen? Ørretens næringsvalg i ferskvann er godt undersøkt, men hva spiser den mens den er i sjøen? Er det sammenheng mellom gyte- og oppvekstelveens størrelse, og ørretens livshistorie? Er det for eksempel slik at ørret fra småbekker vandrer ut tidligere og blir tidligere kjønnsmodne enn ørret fra store vassdrag? I de følgende avsnittene vil vi forsøke å gi svar på disse spørsmålene.

Små bekker – liten smolt

En stor del av sjørøretene, spesielt i Oslofjorden og langs Skagerrakkysten, stammer fra bekker, som ofte er så små, at de – bortsett fra enkelte kulper – kan være tørrlagt om sommeren. De minste ørretbekkene har en årlig gjennomsnittsvannføring på bare 40 liter i sekundet (l/s). Ofte vet ikke folk som bor i nærheten, at den lille bekkene er ørretførende. Selv om det er lett å overse slike bestander, er de

utrolig viktige for sjørøretproduksjonen langs kysten i Sør-Norge.

I 17 bekker langs Skagerrakkysten, på Vestlandet og i midt-Norge ble gytefisk innsamlet på gyteplassen med elektrisk fiskeapparat (**Tabell 5.1**). Bekkene var små med årlig middelvannføring på mellom 40 og 1000 l/s. Fiskene ble målt, veid og kjønnsbestemt, samt skilt på kjønnsmodningsstadium (dvs om de skulle gyte eller ikke). Skjellprøver ble tatt for å bestemme alderen, samt skille mellom stasjonær- og sjørøret og til å bestemme smoltalder og -lengde.

I de aller minste bekkene, med vannføring mindre enn 100 l/s, økte smoltlengden med vannføringen (**Figur 5.1a**). Det vil si at dess mer vann det var i disse bekkene, dess større var smolten. I større bekker, derimot, hvor middelvannføringen var større enn 100 l/s, var det ingen økning i gjennomsnittlig smoltstørrelse med økende vannføring. I to av de minste bek-

Tabell 5.1. Årlig middelvannføring og beliggenhet til ørretbekkene i undersøkelsen

Bekkens navn	Middelvannføring (m ³ s ⁻¹)	Fylke	Breddegrad
Slimestad	0,43	Vest-Agder	58°17'
Dårøy	0,13	Vest-Agder	58°07'
Helldal	0,25	Vest-Agder	58°19'
Røyseland	0,08	Vest-Agder	58°06'
Ves	0,36	Vest-Agder	58°12'
Grefstad	0,04	Aust-Agder	58°22'
Mørfjær	0,18	Aust-Agder	58°25'
Allemann	0,05	Aust-Agder	58°23'
Østerå	0,10	Aust-Agder	58°30'
Sæveli	0,05	Aust-Agder	58°22'
Presthus	0,16	Vest-Agder	58°15'
Dyrvo	1,00	Hordaland	60°37'
Storelva	0,24	Sør-Trøndelag	63°26'
Klefstad	0,17	Sør-Trøndelag	63°26'
Hofstad	0,21	Nord-Trøndelag	63°30'
Rå	0,11	Nord-Trøndelag	63°32'
Børseth	0,11	Nord-Trøndelag	63°32'

kene, Grefstad og Sæveli, med midlere vannføring på henholdsvis 40 og 50 l/s, var ungene gjennomsnittlig bare 8,4 og 6,7 cm lange ved utvandring til sjøen, mens de i den største bekken, Dyrvo med 1 000 l/s, var 17,5 cm. Smoltstørrelsen varierte også mye mellom bekker med lik størrelse (**Figur 5.1b**). For eksempel, hadde Slimestadbekken med vannføring på 430 l/s, størst smolt på 18,5 cm.

I de minste bekkene var også smolten yngst (**Figur 5.1c**). Som for kroppslengden, var den relative variasjonen i smoltalder mindre i bestander med gammel enn for ung smolt (**Figur 5.1d**). Den aller yngste smolten hadde Sævelibekken, der alderen ved utvandring i gjennomsnitt var 1,2 år. For større bekker med middelvannføring på over 200 liter per sekund, var det imidlertid ingen klar sammenheng mellom vannføring og smoltstørrelse. Gjennomsnittlig smoltlengde i så store bekker er om lag 16 cm og smoltalderen var på mellom 2 og 3 år.

Smolten i de minste bekkene var, som beskrevet ovenfor, både yngre og mindre enn tidligere beskrevet for sjørreten fra bekker som drenerer til Atlanterhavet. Bekkene er små, og den tidlige utvandringen synes å være en tilpasning som motvirker den negative effekten av lav vannføring og tidvis nesten tårlegging av bekken om sommeren. I de tilfellene der slik tidlig utvandring forekommer, synes det å være et grunt brakkvannsområde utenfor bekken der ungene kan vokse opp. Ungene synes å holde seg i og nær bekkemunningen i den første tiden etter at de kommer ut i sjøen.

Med høstflommen kommer en del av de tidlig utvandrende fiskene tilbake til småbekkene for å overvintre. I Skagerrak kan større, umodne individer overvintre i sjøen. Kostnadene ved å opprettholde saltbalansen i sjøvann blir større når vannet blir kaldt, og problemene er størst for de minste individene fordi de er tidligere beskyttet mot sjøvannet enn større

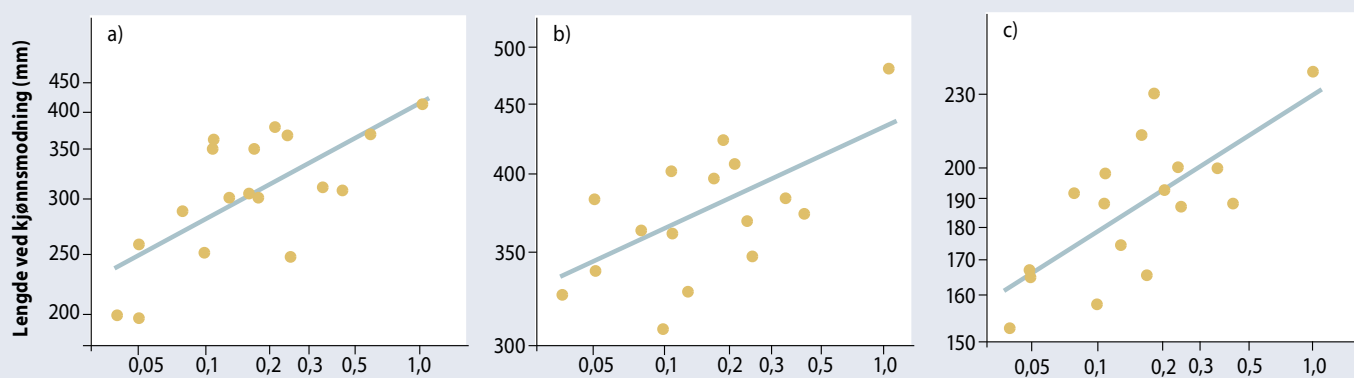
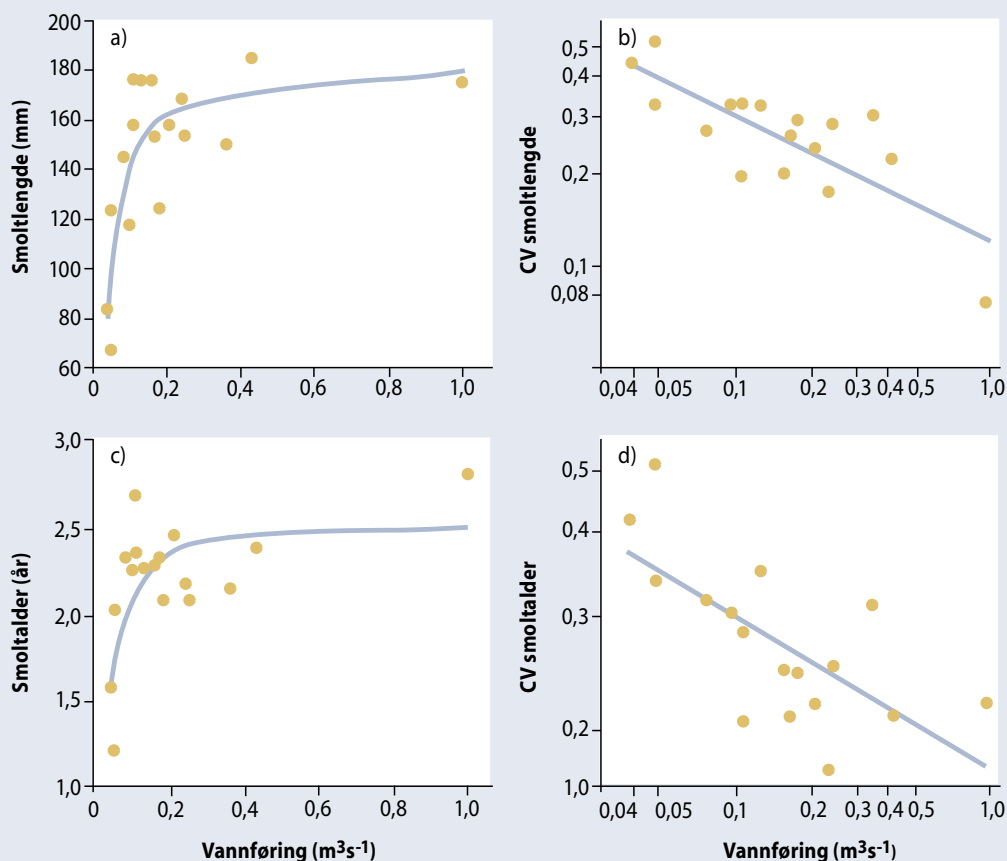
individer. Dette henger sammen med at forholdet mellom fiskens kropps-/gjelleareal og fiskens volum øker med minkende fiskestørrelse. Sjørreten samles i brakkvannsområder og svømmer nær overflata i den kaldeste perioden vinterstid.

Små bekker – liten gytefisk

De minste bekkene har den minste sjørreten (**Figur 5.2a, b**). Gjennomsnittstørrelsen for de kjønnsmodne hannene var 20-25 cm og for hunnene 30-35 cm i de minste bekkene som ble undersøkt. Gjennomsnittlig lengde og alder ved kjønnsmodning økte imidlertid mer med økende bekestørrelse hos hannene enn hos hunnene, slik at kjønnet ble mer like i lengde jo større bekkene var. I bekker med vannføring på ca 1000 liter per sekund var de modne hannene ca 40 cm og de modne hunnene 45 cm.

Hos hannene, men ikke hunnene, økte lengden til den kjønnsmodne sjørreten

Figur 5.1. Sammenhengen mellom årlig middelvannføring (Q) og (a) gjennomsnittlig smoltlengde (S ; $S=180,92-3,87/Q$, $r^2=0,63$, $F_{15}=25,83$, $P<0,001$), (b) variasjonskoeffisient i smoltlengde (CV_s ; $\ln CV_s = -0,40 \ln Q - 2,099$, $r^2=0,61$, $F_{15}=23,58$, $P<0,001$), (c) smoltalder (A ; $A=2,54-0,038/Q$, $r^2=0,49$, $F_{15}=14,52$, $P<0,002$), og (d) variasjonskoeffisient i smoltalder (CV_a ; $\ln CV_a = -0,23 \ln Q - 1,74$, $r^2=0,46$, $F_{15}=13,01$, $P<0,003$) av sjørørrethanner.



Figur 5.2. Sammenhengen mellom årlig middelvannføring (Q) og kroppslengde ved kjønnsmodning hos (a) sjørørrethanner (L ; $\ln L=0,17 \ln Q + 6,02$, $r^2=0,45$, $F_{15}=12,32$, $P<0,003$), (b) sjørørrethanner ($\ln L=0,080 \ln Q+6,07$, $r^2=0,38$, $F_{14}=8,45$, $P<0,01$), og (c) stasjonære hanner ($\ln L=0,10 \ln Q+5,43$, $r^2=0,50$, $F_{15}=15,22$, $P<0,001$).

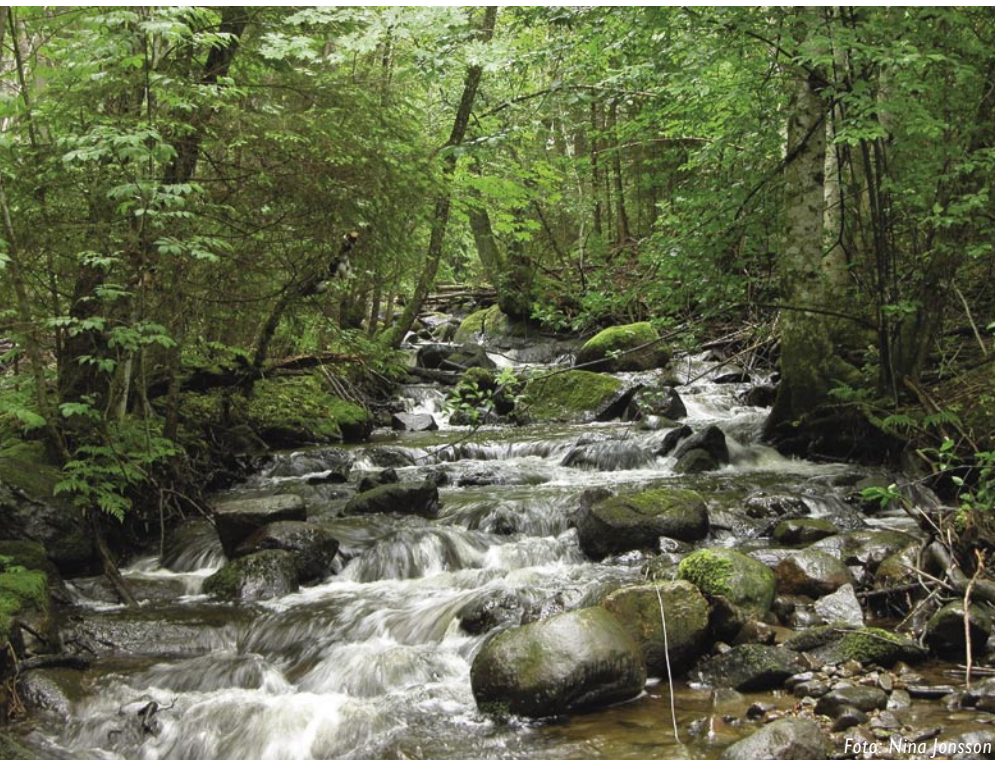


Foto: Nina Jonsson

med smoltlengden (**Figur 5.3a**). Det betyr at jo større smolt, dess større blir de kjønnsmodne hannene. For hannene er det også en tendens til at livslengden økte med smoltalderen (**Figur 5.3b**). Hos hunnene derimot avtok gjennomsnittlig sjøalder (år i sjøen fram til kjønnsmodning) med økende smoltalder. Dette betyr at i det undersøkte området er hunnenes livslengde ganske lik uansett hvor gamle de er som smolt. Sjørørrethunner og -hanner utgjorde henholdsvis 20 og 27,5 % av de voksne fiskene på gyteplassene. De resterende er stasjonære individer som lever hele livet i ferskvann.

Små bekker – små stasjonære

I bekker lever det også stasjonær ørret som aldri vandrer til havet. Disse kjønnsmodnes i ungestadiet og ser ut som unger hele livet. Ingen av de undersøkte bekkene hadde mange stasjonære hunner. Totalt utgjorde de 3,7 % av den kjønnsmodne ørreten i de undersøkte

bestandene. Kjønnsmodne, stasjonære hanner, derimot, utgjorde en betydelig større andel (49 %). Både høst og vinter holder de stasjonære ørretene seg på gyteplassen, og de kan både gyte med de stasjonære hunnene, samt at de kan forsøke å befrukte rognen til sjørørrethunnene. Dette gjør de enten alene eller ved å snike seg inn på hunner som primært gyter med en sjørørrethann. Lengde ved kjønnsmodning hos de stasjonære hannene økte med bekestørrelsen. Det vil si at i små bekker var de kjønnsmodne parrhannene gjennomgående mindre enn i de større bekkene (**Figur 5.2c**).

I sjøen om vinteren

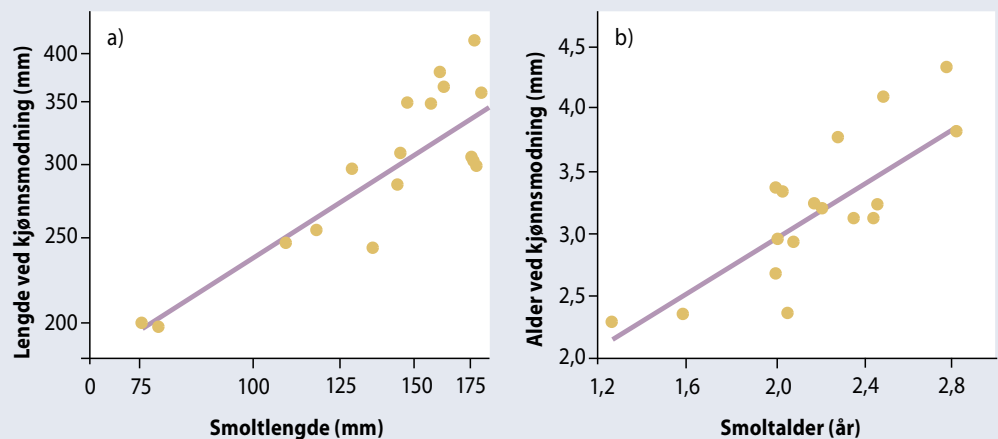
Mange tror at all sjørørret går opp i ferskvann om høsten for å gyte og ut i sjøen igjen om våren for å ete. Men dette er et tema med betydelig variasjon. Langs Skagerrakkysten er det mye sjørørret ute i sjøen om vinteren. Både umodne og utgytte individer er å finne

i sjøen hele vinteren. Totalt var 80 % av den sjørørreten som ble fanget langs Sørlandskysten vinterstid umodne, mens 20 % var kjønnsmodne. Den store overvekten av umodne skyldes ikke bare en sterkere tendens til at kjønnsmodne fisker overvintrer i ferskvann, men også at dødeligheten blant gytefisker er høy.

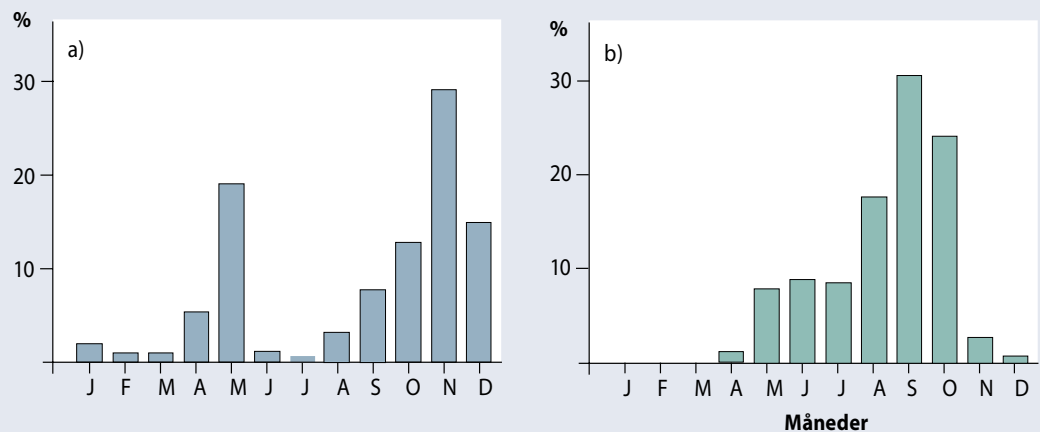
I Skagerrak overvintrer store, umodne individer for en stor del i brakkvann. I det samme området forekommer det en del utgytte fisker. Slike fisker kommer opp i bekken like før gyting og vender tilbake til sjøen straks gytingen er over.

Sjørørret kan vandre til havet de fleste månedene av året. Dette indikeres av tilvekstberegninger foretatt med skjell fra sjørørret som er fanget gjennom hele året i Skagerrak. Undersøkelser av sjørørreten i lmsa i Rogaland viser et tilsvarende bilde. Her vandrer sjørørreten til sjøen i to lange perioder; en om våren fra februar til juni, med topp midt i mai og en om

Figur 5.3. (a) Sammenhengen mellom gjennomsnittslengde ved kjønnsmodning (L) og gjennomsnittlig smoltlengde (S ; $\ln L = 0,70 \ln S + 2,26$, $r^2 = 0,74$, $F_{15} = 42,15$, $P < 0,001$), og (b) gjennomsnittsalder ved kjønnsmodning (M) og smoltalder (A ; $M = 1,24 A + 0,51$, $r^2 = 0,65$, $F_{15} = 28,11$, $P < 0,001$) hos sjørørrethanner.



Figur 5.4. Månedlig fordeling (%) av (a) ned- og (b) oppvandrende sjørørret i lmsa.



høsten/vinteren fra august/september til januar, med topp i november (Figur 5.4a). Flere sjørørret vandret ut om høsten (67 %) enn om våren (28 %). Vårutvandringen kan være en næringsvandring der en del av bestanden beveger seg ut i fjord- og kystområdene for å ete. Høstutvandringen er en overvintringsvandring der fisken trekker til den nederste delen av elva, men også ut i brakkevann.

Matforrådet i ferskvann er mer begrensende for veksten enn det er i de rikere områdene langs kysten. Tidlig om våren

kan man ofte se sjørørret inne på grunt vann på jakt etter mat. Når mai og juni kommer, blir sjørørreten mer sky og trekker inn i strandsonen bare i ly av mørket. Vår og forsommer er viktige spisepreioder for sjørørreten. Da oppholder den seg mest kystnært. De minste (400-700 g) finnes inne i fjordsystemenes gruntnannsområder, mens større sjørørret (1-2 kg) vanligvis finnes ytterst i skjærgården helt ut mot havet. De største fiskene trekker mer ut i åpent hav utover sommeren. En del av de store ørretene jakter også på noe dypere vann, hovedsakelig etter sild og brisling.

Den delen av bestanden som vandrer ut i havet om høsten synes å overvintrere i brakkevann og/eller nær elvemunningen. Dette kan skyldes at overvintringsmulighetene i elva er dårlige. Mindre vassdrag og bekker fryser ofte til om vinteren, og ernæringsmulighetene kan være elendige. I elver med mye vann og gode skjulmuligheter kan større deler av bestanden overvintrere i ferskvann. Også store individer forekommer ofte der.

En del av ørretungene trekker nedover mot munningen om høsten. Mange av



Foto: Jan Atle Knutsen

disse finner vi igjen i munningsområdet som smolt neste vår, klare til å trekke ut i fjorden når temperaturen stiger i slutten av april og begynnelsen av mai.

Merkeforsøkene av sjørørret i bekkene langs Skagerrakkysten, tyder på at det er liten feilvandring mellom bestandene (2-3 %). Bekkene har derfor genetisk differensierte bestander, og i noen av dem kan det være mer enn en gytebestand. De genetiske forskjellene øker med avstanden mellom bekkene, hvilket støtter funn som viser at de fleste feilvandrere går opp i nærliggende vassdrag.

En opportunist?

Dietten til sjørørret i kystnære områder langs Skagerrakkysten varierer med fiskens alder, tidspunkt på året og hvor den oppholder seg (habitatet). Sjørørreten i Sør-Norge spiser mest i løpet av april-mai og august-september, da mellom 70 og 80 % av de undersøkte fiskene hadde mye mat i magen. Hovednæringselementene er fisk (24 % av magene), krepsdyr (20,3 %), overflateinsekter (19,5 %) og børstemark (11 %).

I vekt er fisk viktigste næringsdyrgruppe for sjørørret og spesielt for stor sjørørret. Antallsmessig varierer næringselementene

hos de ulike aldersgruppene, men insekter blir spist av de fleste, med unntak av de eldste fiskene (5-7 år gamle). I undersøkelsen var børstemark, fisk og krepsdyr hovednæringselementene til 3 og 4 år gammel sjørørret.

Dietten varierer gjennom sesongen. Børstemark spises mest om våren, mens fisk blir gradvis viktigere fra våren mot høsten. I antall er insektene den mest dominerende næringsdyrgruppe fra vår til høst, mens krepsdyr er viktigst om våren.

Sjørørret er en opportunist, som utnytter de marine ressursene som til enhver tid byr seg. De fleste fiskene som ble undersøkt (> 70 %), var umoden sjørørret, under 35 cm i lengde og som var første eller annet år i sjøen. Disse fiskene oppholder seg hovedsakelig på grunt, brakt vann i nærheten av fødeelva. Der lever også børstemark, som blir spist mest om våren og insekter, som er spesielt viktige i dietten om høsten. Årsaken til at dietten skiftet gjennom sesongen, skyldes endringer i mengden tilgjengelige byttedyr. Eldre og større ørret oppholder seg mer i åpent hav, og spiser derfor mer fisk.

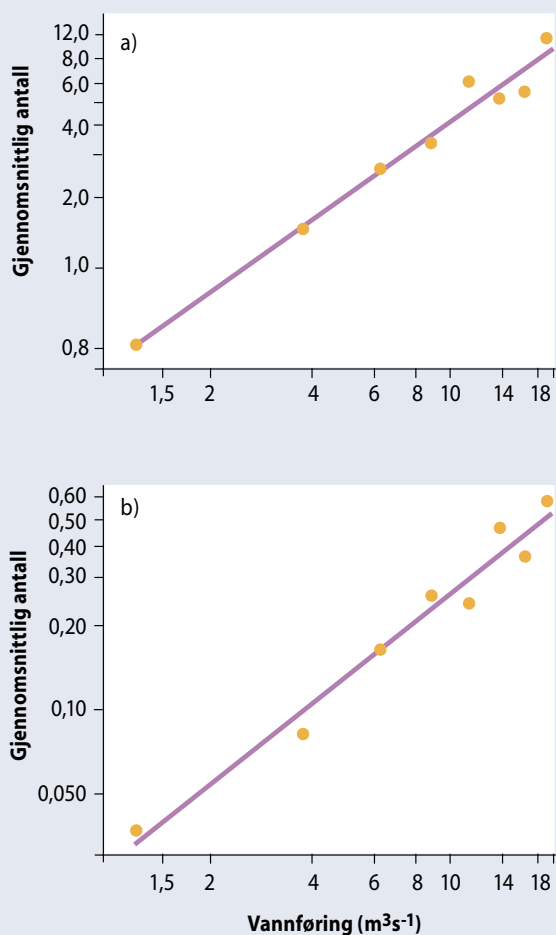
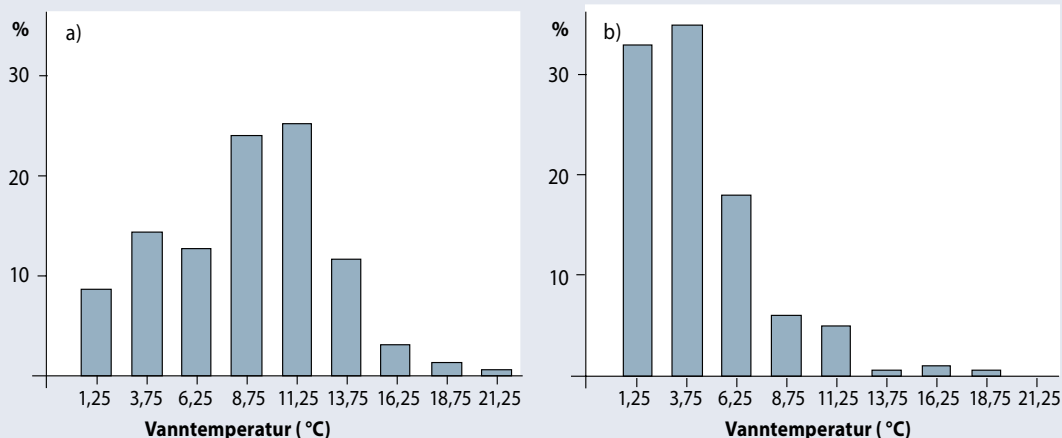
Nedvandring og miljø

Vanntemperaturen påvirker utvandringen til sjørørret om våren. Spesielt viktig er den for ørret mindre enn 30 cm. I en undersøkelse av sjørørret fra lmsa i Rogaland, fant man at antall fisk som daglig vandret ut, fra februar til midten av mai, økte med vanntemperaturen (**Figur 5.5a**). Halvparten av de små fiskene vandret når temperaturen var mellom 7,5 og 12,5 °C. For de større fiskene (> 30 cm) betydde økende temperatur mindre, og 87 % vandret ut mens det enda var kaldere enn 7,5 °C i vannet (**Figur 5.5b**). Vannføringen synes å være av liten betydning for utvandringen om våren både for små og store sjørørret.

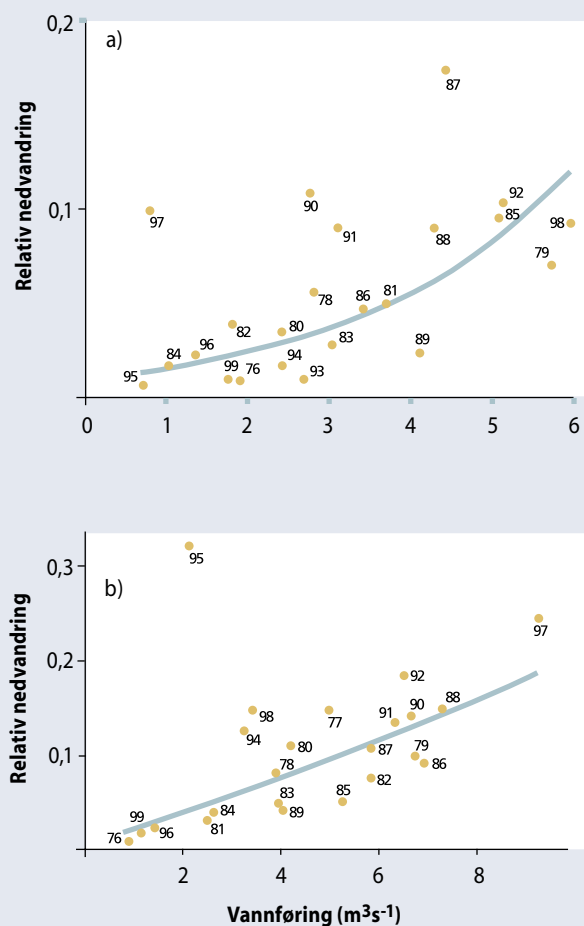
Om høsten økte antall utvandrende ørret med økende vannføring (**Figur 5.6**). Spesielt tidlig på høsten var vannføringen viktig for nedvandringen til små sjørørret (≤ 30 cm; **Figur 5.7**).

Hvilke fordeler har ørreten av å vandre ned med økende vannføring? For det første, vannstrømmen fører fisken nedover vassdraget. Dette resulterer i at flere fisk blir ført nedstrøms lmsa når det er mye vann i elva slik det er om høsten. For det andre, stor vannføring og sterk strøm gir fisken skjul. Både krusninger

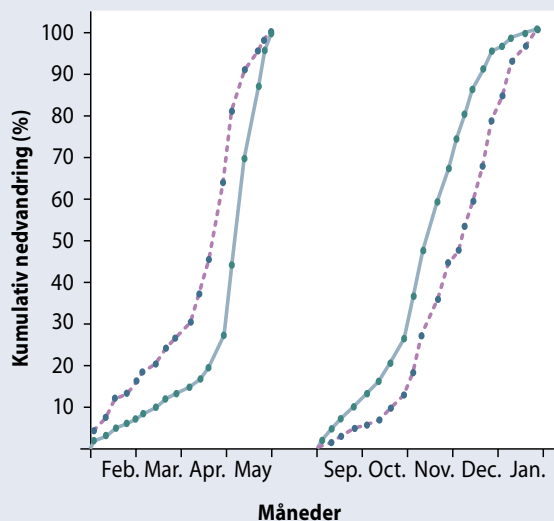
Figur 5.5. Prosentvis fordeling av sjørret som vandrer ned lmsa ved forskjellige mediane vanntemperaturer (1,25, 3,75, 6,25, 8,75, 11,25, 13,75, 16,25, 18,75 og 21,25 °C) (a) ≤ 30 cm om våren (januar-juni), (b) > 30 cm om våren (februar-juni).



Figur 5.6. Sammenhengen mellom vannføring og gjennomsnittlig antall nedvandrende sjørret per dag i forskjellige vannføringsgrupper representert ved mediane vannføringer (1,25, 3,75, 6,25, 8,75, 11,25, 13,75, 16,25, 18,75 m³s⁻¹). (a) ≤ 30 cm om høsten (juli-desember), og (b) > 30 cm om høsten (juli-januar).



Figur 5.7. Relativ nedvandring (antall nedvandrende sjørret ≤ 30 cm pr måned/totalt antall per år) over månedlig gjennomsnittsvannføring i (a) august og (b) september fra 1976 til 1999. Tallet ved prikkene angir året.



Figur 5.8. Kumulativ nedvandring av sjørret ≤ 30 cm (heltrukket linje) og > 30 cm (stiplet linje) om våren (februar-mai) og høsten (september-januar)

i overflatevannet og økt grumsethet, som følger med flom, reduserer sikten i vannet. Dette kan være spesielt viktig i små bekker, hvor ørreten kan være lett å oppdage for fiskespisere som hegre og mink, spesielt når vannføringen er lav. For det tredje, vannstrømmen hjelper fisken til å finne veien til havet. Siden lmsa er relativt kort, synes dette å ha liten relevans for disse resultatene, men kan være viktig i vassdrag med innsjøer der det kan være vanskelig for fisken å finne utløpet, hvis de ikke hadde strømmen til hjelp.

Vandret små og store individer ut til sjøen samtidig? Om våren vandret store individer tidligere enn små, mens det på høsten var omvendt (**Figur 5.8**). Tidligere utvandring om våren av de store individene, kan skyldes at de har bedre osmotisk reguleringskapasitet i sjøvann. Ioneregulering med utskillelse av salt i sjøvann, er vanskeligere ved lav temperatur slik det er tidlig om våren, og store individer greier dette bedre enn mindre. Tidligere utvandring for de små enn store om høsten, gjør at ungfisken forlater

elven før den mer aggressive gytefisken vandrer opp for å forplante seg. Mange av de store ørretene er kjønnsmodne, og de vil ikke forlate elva før gytingen er over. Dette er antakelig hovedårsaken til forskjellig utvandringstidspunkt for store og små individer.

Oppvandring og miljø

Vi har også studert ørretens oppvandring i lmsa. Den kom opp i alle måneder fra april til desember, men hovedmengden (72 %) kom mellom august og oktober. I løpet av disse tre månedene vandret 71 % av de små og 77 % av de store opp i elva. Både vannføring og vanntemperatur påvirket hvor mange ørret som hver dag vandret opp. Synkende temperatur og midlere vannføring var gunstig for oppvandringen.

Det var ingen forskjell i oppvandringstidspunkt hos små og store individer. Grupperer vi vannføringen i $2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ intervaller, viser det seg at flere ørreter vandret opp ved lav og midlere vannfø-

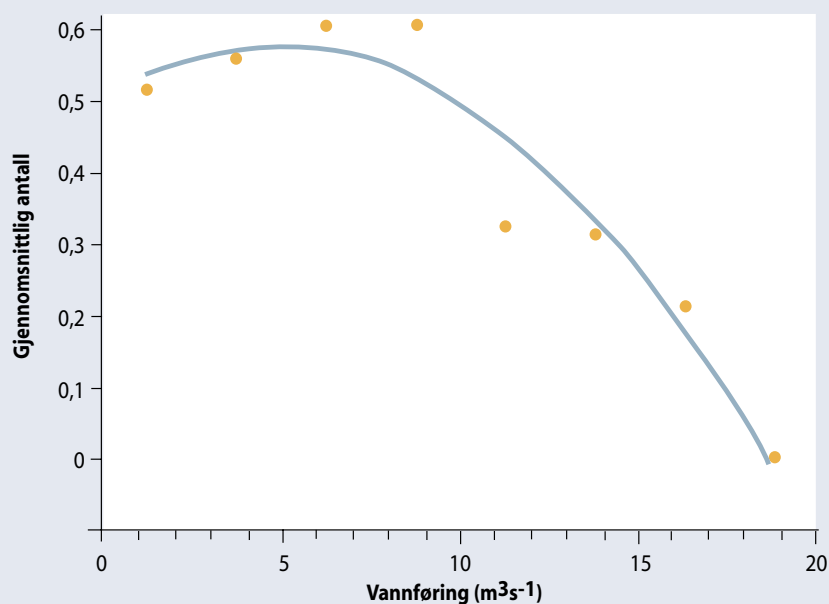
ring enn når det var storflom (**Figur 5.9**). Flest fisk vandret opp mellom $7,5$ og $9,99 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dette kan skyldes at økende vannføring til en viss grad stimulerer oppvandringen hos ørret, men for mye vann hindrer oppvandringssaktiviteten. Det er energikrevende å forsere en flomdiger elv med kraftig strøm.

Ny viten

Den viktigste nye kunnskapen som er framkommet i dette prosjektet, er at sjørreten fra småbekkene langs Skagerrakkysten er mindre og lever kortere tid enn det man kjenner fra fisk som gyter i store vassdrag. Ørret fra disse bekkene er mindre og yngre ved utvandring så vel som ved gyting, og mange av dem er bare i ferskvann første leveår og 1-2 uker i forbindelse med gytingen om høsten.

Sjørretens vandringssmønster mellom ferskvann og sjøen er også mer variert enn tidligere beskrevet. Med unntak av den kaldeste perioden om vinteren, da vanntemperaturen i ferskvann er under

Figur 5.9. Sammenhengen mellom median-vannføringen (1,25, 3,75, 6,25, 8,75, 11,25, 13,75, 16,25, 18,75 m³s⁻¹) og antall oppvandrende sjørret per dag ved ulike vannføringer mellom april og desember.



4 °C, kan sjørret vandre til og fra saltvann hele året, selv om de fleste fiskene vandrer ut om våren på jakt etter mat, og om høsten da de skal finne egnede overvintringsplasser. Hele vinteren igjennom ernærer den seg på marine byttedyr. Ofte synes fisken å velge seg overvintringsområde i brakkvann nær elvemunningen, selv om en del blir værende i innsjøer eller kulper i elva til neste vår. Dette gjelder både kjønnsmoden og umoden fisk.

Økende vanntemperatur kan stimulere vandringsaktiviteten om våren, spesielt hos små individer, mens flom er viktig for utvandring om høsten. Sjørret kan også vandre opp i ferskvann gjennom det meste av året, men mange vandrer med økende vannføring om høsten. Vandringen reduseres imidlertid ved storflom.

Stor sjørret vandrer mer enn mindre individer. Dette står i motsetning til det som er beskrevet fra Østersjøen der liten sjørret vandrer lengst. I Skagerrak holder liten sjørret seg kystnært. Om

våren finner vi dem nær elvemunningene, mens de gradvis trekker lengre vekk utover sommeren. Stor sjørret holder seg mer i ytre kyststrøk, og de trekker også ut i åpent hav.

Sjørret i bekkene langs Skagerrakkysten feilvandrer lite (2-3 %). Bekkene har genetisk differensierte bestander, og i noen av dem kan det være mer enn en gytebestand. De genetiske forskjellene øker med avstanden mellom bekkene, hvilket støtter funn av at de fleste feilvandrere går opp i nærliggende vassdrag.

Som i ferskvann, varierer sjørretens diett gjennom året avhengig av tilbudet. Vektmessig, er fisk viktigste næringsemne, og viktigere dess større sjørreten er. Mangebørstemark tas en del på grunt vann tidlig om våren, og insekter etes noe, spesielt om høsten. Sjørreten synes å ete mest vår og høst. Om våren er energireservene på et minimum etter vinteren, mens om høsten synes de å ete seg opp som forberedelse til vinteren med redusert næringsopptak.

Opportunistisk livsførsel er et særtrekk ved arten som gjør at den kan trives i småbekker så vel som innsjøer, store elver, fjorder, kystområder og åpent hav; et mer variert leveområde enn det de fleste andre fiskearter bruker. Variasjonen i individenes biologi reflekterer dette varierte livsmiljøet.

Takk

Dette studiet var et samarbeide mellom NINA og Havforskningsinstituttets avdeling på Flødevigen. Prosjektet ble finansiert av Norges forskningsråd, Havforskningsinstituttet, Direktoratet for naturforvaltning og NINA. Sjørretfangstene i Imsa ble utført av personell fra NINAs Forskningsstasjon Ims under ledelse av Jon G Backer. Vi er alle stor takk skyldig.



Foto: Martin A. Sønning

6. I smoltens kjølvann

Bengt Finstad, Finn Økland, Eva B. Thorstad, Ola Diserud – Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Pål Arne Bjørn, Fiskeriforskning

Rolf Sivertsgård og Roar Kristoffersen, Norges fiskerihøgskole (NFH)

R. Scott McKinley, University of British Columbia (UBC), Canada

Hvordan ter laksesmolten seg når den forlater fjordene våre? Svømmer den fort, og følger den bestemte strømmer? Hvordan er forekomsten av lakselus hos oppdrettslaks og vill laksefisk der smolten vandrer? Dette er spørsmålene vi vil besvare i denne rapporten. Vårt langsiktige mål er å utvikle en modell som kan være til hjelp med å forutsi skadevirkningene av lakselus på ville bestander av laks og sjørøret.



Foto: Bjørn Ove Johnsen

Lakselusa

Lakselus er et parasittisk krepsdyr som lever av slim, hud og blod hos laksefisk. Den voksne lusa er ganske rund med en brunlig farge, og hunn- og hannlusa har en lengde på henholdsvis ca. 10 og 6 mm (**Figur 6.1**). Livssyklusen består av ti stadier der lusa først lever fritt som plankton (naupliuslarver) i vannmassene. Når den er ca. 0.7 mm lang forvandles den til en kopepoditt som ved mulighet vil hekte seg fast på en fisk. Når den har festet seg på fisken, forvandles parasitten til en chalimuslarve. Denne er 1.1–2.3 mm lang. Etter en fastsittende vekstperiode utvikler lusa seg til preadulte (halv-voksne) stadier og begynner å bevege seg rundt på fisken mens den beiter på huden. Hudskadene som oppstår kan gi fisken problemer med å opprettholde saltbalansen i kroppen, samtidig som sykdomsforsvaret nedsettes, veksten reduseres og sjansen for at fisken skal dø øker.

Produksjonen av oppdrettslaks langs kysten har økt kraftig i løpet av det siste tiåret, og potensialet for produksjon av lakselus har økt tilsvarende. Oppdrettslaks i høye tettheter i merder langs kysten, tilfører derfor kystvannet mye mer lakseluslarver enn villaksen, når smolten navigerer gjen-

nom fjorder og kystfarvann om våren. Smolten er liten, og blir lettere skadet av lakselus enn større fisk. Smitten av lakselus fra oppdrett varierer med sesong, område, anleggets avlusningsrutiner, vannets saltholdighet, vannutskiftning og temperatur.

Figur 6.1. Voksen hunnlus på halepartiet hos en laks. Foto: Bengt Finstad.



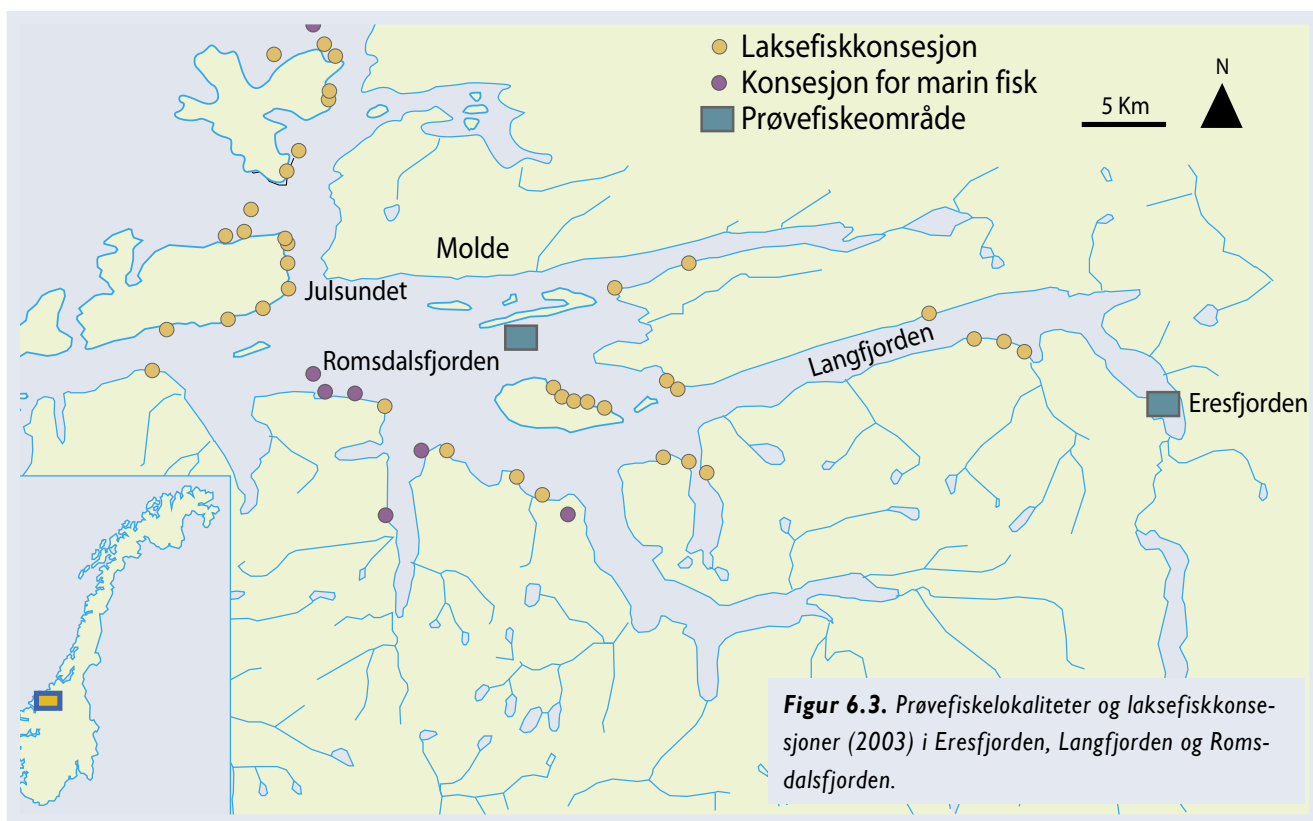


Figur 6.2. Sjørret infisert av lakselus.

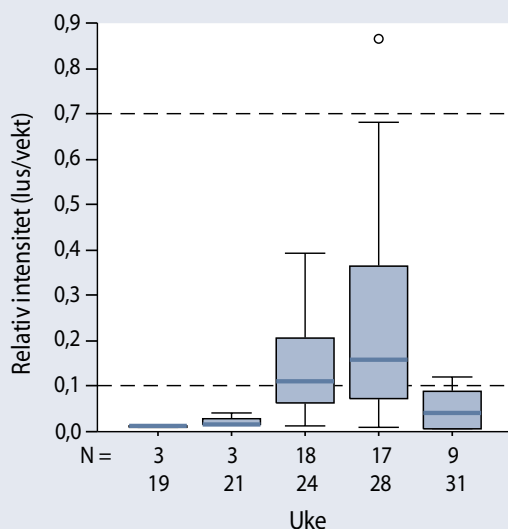
Foto: Bengt Finstad.

Tabell 6.1. Prøvefiske etter sjørret i Eresfjorden og rundt Moldeholmene i 2003. Tabellen viser prøvefiskeuke, fiskevekt $\pm$ SD, gjennomsnittlig antall lakselus på fisken (abundans) $\pm$ SD, minimums- og maksimumsverdier og prevalens (prosentandel fisk infisert med lakselus).

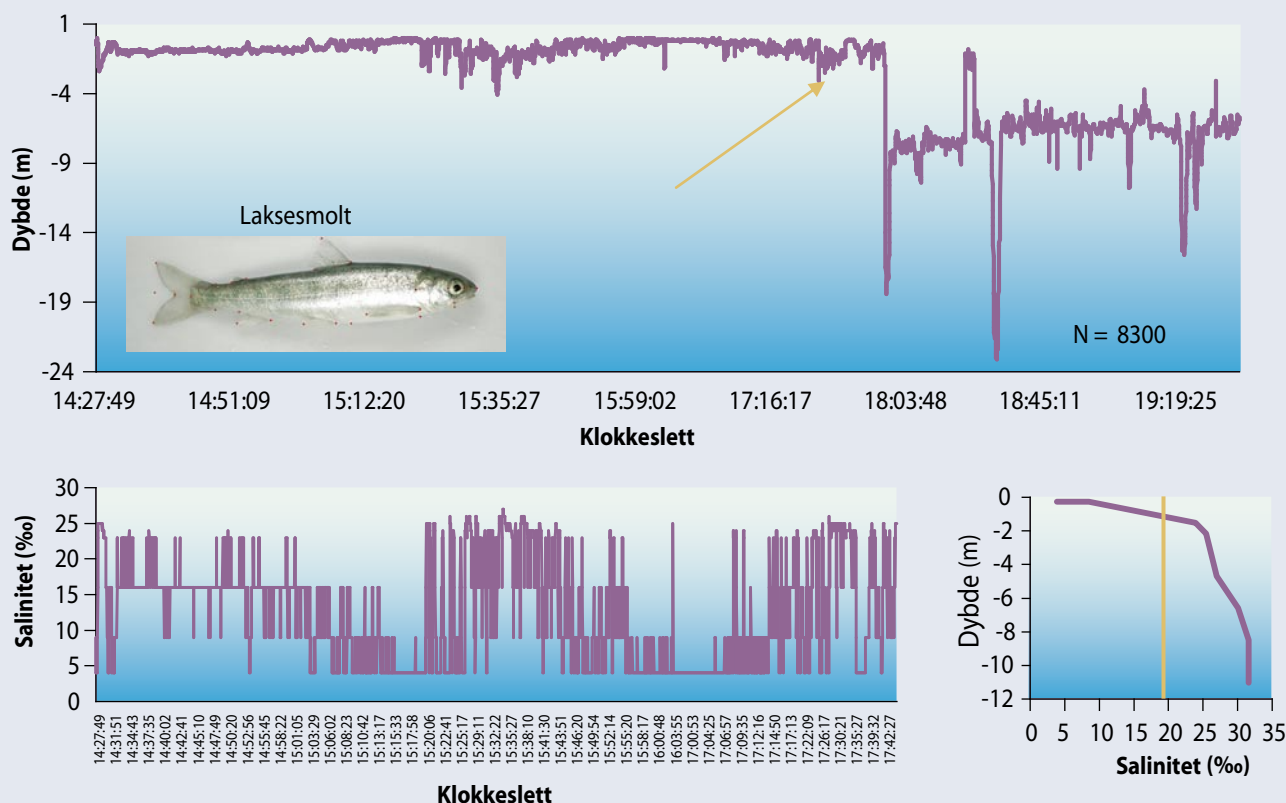
Sted	Uke	Vekt (n)	Gjennomsnittlig antall lus	Min	Maks	Prevalens
Eresfjorden	19	148 $\pm$ 80 (20)	0.30 $\pm$ 0.7	0	2	20
Eresfjorden	21	155 $\pm$ 137 (47)	0.20 $\pm$ 0.7	0	4	4
Eresfjorden	24	97 $\pm$ 69 (43)	8.90 $\pm$ 30.	0	186	37
Eresfjorden	28	168 $\pm$ 153 (27)	20.50 $\pm$ 35.5	0	143	67
Eresfjorden	31	197 $\pm$ 128 (14)	6.30 $\pm$ 9.7	0	36	86
Moldeholmene	21	425 $\pm$ 325 (15)	3.30 $\pm$ 5.7	0	23	73
Moldeholmene	24	364 $\pm$ 194 (19)	52.80 $\pm$ 53.1	1	230	100
Moldeholmene	28	453 $\pm$ 368 (8)	19.60 $\pm$ 15.5	0	40	8



Figur 6.3. Prøvefiskelokaliteter og laksefiskkonsesjoner (2003) i Eresfjorden, Langfjorden og Romsdalsfjorden.



Figur 6.4. Relativ intensitet av lakselus (antall lus per gram fiskevekt) hos sjørret < 150 g fanget i sjø gjennom sesongen på hovedlokalitetene (se Figur 6.3). N = antall infiserte fisk.



Figur 6.5. Manuell peiling av en laksesmolt merket med en dybdesender. Bevegelsen hos fisken er knyttet opp mot salinitetsprofilen.

Smittepress

Smittepresset fra lakselus er sterkest i nærheten av oppdrettsanlegg. Spesielt utsatt blir fisken hvis strømmen går fra anlegget til der smolten kommer vandrende. Smittepresset for smolten i Romsdalsfjorden ble kartlagt ved å telle lus på oppdrettslaks i merdene, hos smolt som ble satt ut i bur i ulike deler av fjorden og hos sjørret tatt ved garnfiske (**Figur 6.3 og 6.4, Tabell 6.1**). Resultatene fra 2003 viste at infeksjonen hos sjørret økte utover sommeren. Belastningen var også høyere rundt Moldeholmene (snitt på 53 lus per fisk i uke 24) der det er stor tetthet av oppdrettsanlegg, enn i Eresfjorden (snitt på 21 lus per fisk i uke 28), der anleggstettheten er mindre (**Figur 6.3**). Enkelte sjørret hadde potensielt dødelige infeksjoner.

Sjørret som veide under 150 gram var lite infisert i mai og seint i juli, og nesten ingen hadde mer enn 1 lus per 10 gram fiskevekt (**Figur 6.4**). Lakselusbelastningen var høyere i juni og juli da fiskene hadde mellom 1 og 7 lus per 10 gram fiskevekt. I denne perioden var nesten to tredjedeler av de minste sjørretene infiserte, og omtrent halvparten var så sterkt infisert at det var vanskelig for fisken å opprettholde saltbalansen i sjøvann.

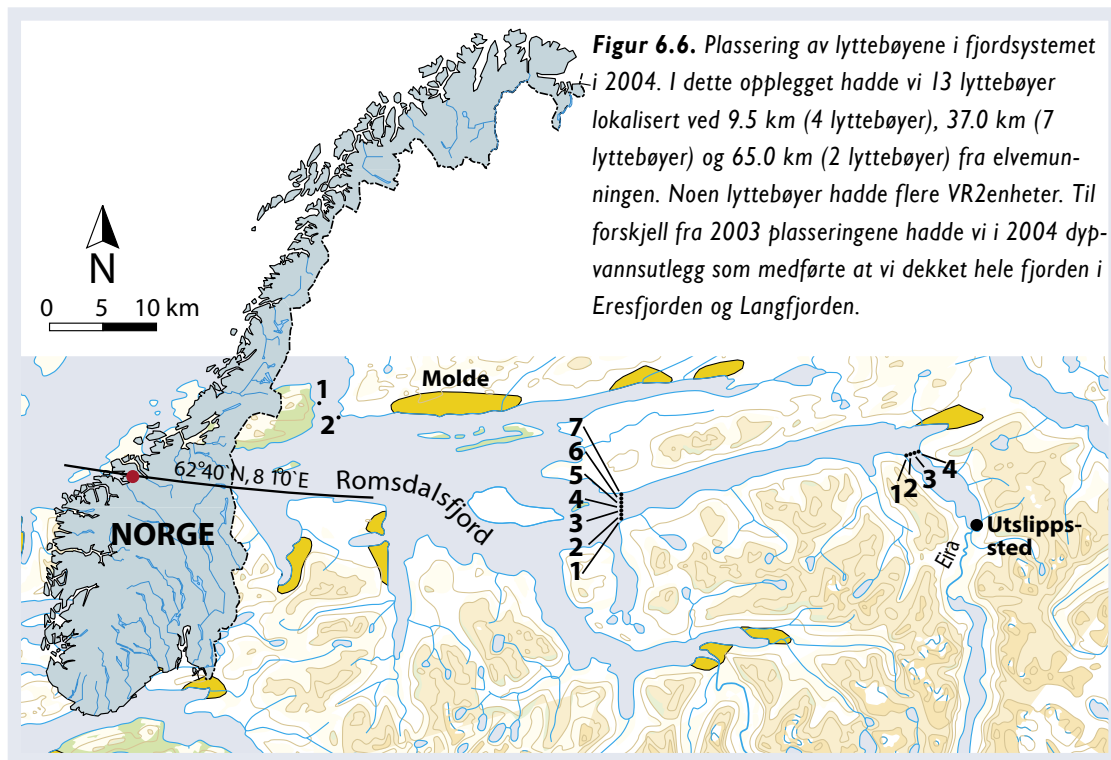
Hvor dypt vandrer smolten?

Lakselusa trives best når saltholdigheten er over 20 promille. I fjordene samler lakselusa seg gjerne i overgangen mellom det overliggende brakkevannslaget og det underliggende sjøvannet. Med tanke på dette, registrerte vi i 2004, ved hjelp av trykkregistrerende merker, hvor dypt smolten vandret. Smolten svømte mest i

brakkevannet, nær overflata (0-2 m dyp), men den gjorde regelmessige dykk til det underliggende sjøvannslaget (**Figur 6.5**). Fiskens stadige dykk til sjiktet med mye luselarver, kan utsette den for infeksjon. På den annen side, er vandringen tilbake til det ferske overflatelaget ugunstig for parasitten. En del smolt sluttet imidlertid etter hvert å dykke, og de forsvant tilsynelatende ned i dypet. Antakelig hadde disse havnet i magen på en torsk eller sei som søkte ned mot bunnen etter en vellykket jaktturn i øvre vannlag.

Hvor fort vandret smolten?

Laksesmolten vandrer raskere enn sjørretsmolten. I gjennomsnitt brukte laksen 3.5 dager på å nå vår registreringsstasjon ca 80 km fra Eiras munning, og 60 % av fiskene ble registrert av lyttebøylene ytterst i Langfjorden. Til forskjell ble kun



27 % av ørretene registrert ut til 50 km fra elvemunningen, og disse fiskene brukte i gjennomsnitt rundt 11 dager på vandringen dit (**Tabell 6.2**). Forskjellen skyldes at sjørretten hovedsakelig bruker fjorden som sitt beitesområde, mens laksungene skal til havs for å ete.

Vi sammenlignet vandringene til vill laksesmolt og utsatt anleggsprodusert smolt. Fiskens merker ble registrert av lyttebøyer 9,5 og 37 km fra utslippsstedet, ved munningen av Eira (**Figur 6.6**). Vi fant imidlertid ingen forskjell i vandringshastigheten til ville og oppfødte laksunger. Av de to gruppene ble henholdsvis 58 % og 55 % observert 9,5 km ute i fjorden og 35 % (begge gruppene) 37 km utenfor Eira. Det var små forskjeller i tiden fra utslipp til fiskene ble registrert ved 9,5 km (snitt på 135 og 80 timer hos henholdsvis vill og anleggsprodusert laksesmolt). Dette tilsvarer en vandringshastighet på

henholdsvis 0.53 og 0.56 kroppslengder per sekund (**Figur 6.7**).

Det var også liten forskjell i vandringshastighet for vill og anleggsprodusert laksesmolt (korrigert for den større kroppslengden hos anleggsprodusert fisk) til observasjonsposten som lå 37 km fra munningen av Eiras munning. I gjennomsnitt forflyttet villsmolten seg 0.56 kroppslengder per sekund og oppdrettsmolten 0.77 kroppslengder per sekund. Vi kan derfor konkludere med at svømmehastigheten hos anleggsprodusert- og vill laksesmolt er relativt lik, og studier av vandringshastighet hos oppdrettsmolt synes således å være representative også for ville artsfrender.

Vill sjørrettsmolt så imidlertid ut til å svømme saktere enn laksesmolt (**Figur 6.7**).

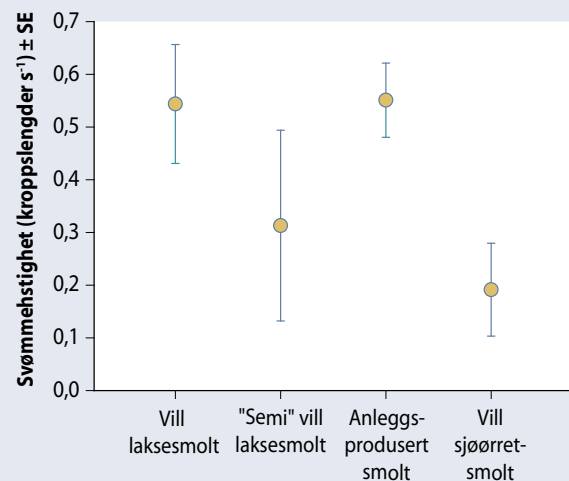
Strømmer og orientering

Evnen til orientering hos laks og ørret ble beregnet ved å sammenholde data for når de lydmerkede fiskene passerte de ulike lyttebøylene, med manuell peiling av fiskenes svømmehastighet. Resultatene viste at smolten hadde en aktiv svømmeatferd. Det var ingen sammenheng mellom smoltens observerte svømmeretning og strømretningen. Laks- og ørretsmolt svømte med en gjennomsnittlig fart på henholdsvis 1,3 og 0,7 kroppslengder per sekund. Resultatene fra 2004 viste at det meste av smolten svømte på den sørvestlige siden av fjorden. Laksesmolten svømte både midtfjords og langs land, mens sjørrettsmolten holdt seg mest nær land. Mesteparten av laksesmolten fulgte en forholdsvis rett vandringsrute utover fjorden, mens sjørretten svømte mer i sikksakk og holdt seg i tillegg lengre inne i fjorden.

Tabell 6.2. Antallet smolt av anleggproduisert laks og vill sjørret registrert ved de ulike mottakerstedene i Romsdalsfjorden i 2002. Gjennomsnittlig tid fra utslipp til registrering ved de ulike mottakerne er gitt samt vandringshastigheten som $\text{km } \tau^{-1}$ og $\text{kl } \text{s}^{-1}$ (kroppslengder per sekund). Mottakersted 1, 2, 3 og 4 var henholdsvis 9, 32, 29 og 77 km fra munningen av Eira hvor smolten ble sluppet.

Mottaker- sted	Laksesmolt			Sjørretsmolt		
	Antall registrert (%)	Gjennomsnittlig tid (timer) fra utslipp til første registrering ved mottakerne (min-maks, SD)	Gjennomsnittlig vandringshastighet fra utslippssted til mottakersted ($\text{km } \tau^{-1}$ / $\text{kl } \text{s}^{-1}$)	Antall registrert (%)	Gjennomsnittlig tid (timer) fra utslipp til første registrering ved mottakerne (min-maks, SD)	Gjennomsnittlig vandringshastighet fra utslippssted til mottakersted ($\text{km } \tau^{-1}$ / $\text{kl } \text{s}^{-1}$)
1	14 (56)	28 (6-92, 23)	0.54/0.41	8 (53)	438 (29-1657, 515)	0.07/0.11
2	7 (28)	67 (36-143, 36)	0.56/0.44	3 (20)	247 (56-448, 196)	0.25/0.33
3	13 (52)	65 (40-166, 32)	0.69/0.69	4 (27)	270 (65-451, 161)	0.25/0.38
4	4 (16)	83 (70-91, 9)	0.83/0.78	0 (0)		

Figur 6.7. Vandringshastighet hos vill laksesmolt, "semi" vill laksesmolt (vill smolt som er foret i anlegg gjennom vinteren), anleggsproduisert laksesmolt og vill ørretsmolt.



Modellen i Romsdalsfjorden

Man trenger mer kunnskap om smoltens vandringsruter og -hastighet i fjordsystemer, samt hvilken sannsynlighet det er for at smolten skal bli infisert med lakselus. Dersom vi kjenner smoltens vandring i fjordsystemet og inkluderer de faktorene som måtte påvirke vandringsmønsteret, slik som strømningsbilde, temperatur, saltinnhold og forekomsten av lakselus, vil dette kunne fortelle oss hvor oppdrettsanleggene bør plasseres for at risikoen for lakselusangrep på villfisk skal bli lavest mulig. For Romsdalsfjorden er det påbegynt et arbeid med å utvikle tre delmo-

deller, én for hver del av fjordsystemet, som til sammen kan beregne det totale lakseluspåslaget hos smolt, fra Eira og helt ut i åpent hav. Resultatene fra disse undersøkelsene kan trolig overføres til andre fjordsystem med oppdrettsaktivitet både innenfor (f.eks. Hardangerfjordprosjektet, se: <http://www.nina.no>) og utenfor landets grenser.



Foto: Knut Hoseth

7. Sjøørret, sjørøye og klima

Arne J. Jensen, Bengt Finstad, Torbjørn Forseth og Audun Rikardsen

God vekst og næringstilgang i sjøen gir økt overlevelse og stor produksjon av sjørørret og sjørøye. Både vekst og overlevelse varierer mye mellom år, og disse fiskeartene kan derfor være gode indikatorer på hvordan produksjonen i fjordsystemer påvirkes av klimaendringer. Vi rapporterer her om resultater fra en undersøkelse av de vandrende laksefiskbestandene fra Halselva i Finnmark.

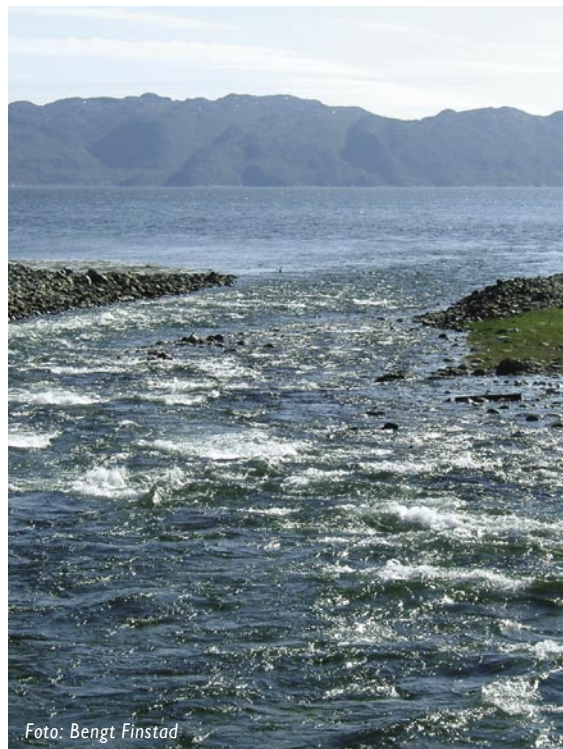


Foto: Bengt Finstad

Fiskefella i Halselva

Nederst i Halselva (Altafjorden), ca 200 m fra sjøen, er det ei fiskefelle der man siden 1987 har registrert laks, sjørøye og sjørørret som passerer i begge retninger, til og fra sjøen (**Figur 7.1**). Vel 7 000 fisk vandrer ut årlig, mens vel 3 000 vandrer opp vassdraget hvert år. En del av fisken er fra vassdragets egen produksjon, mens en del er produsert i et settefiskanlegg og satt ut i forsøksøyemed, eller for å styrke de ville bestandene i vassdraget.

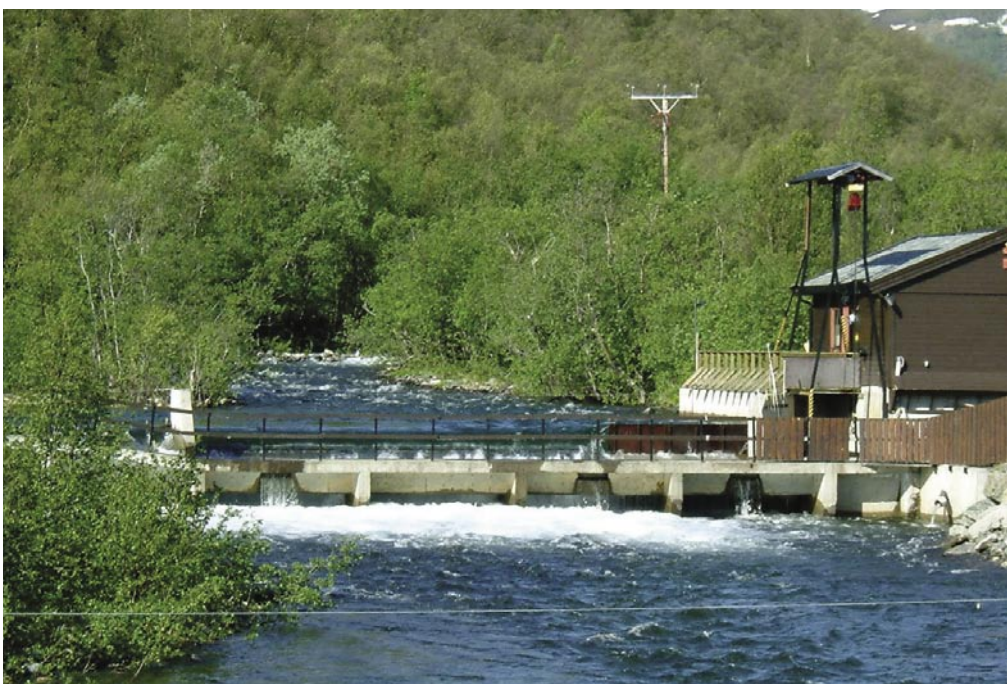
Når vandrer smolten ut i havet?

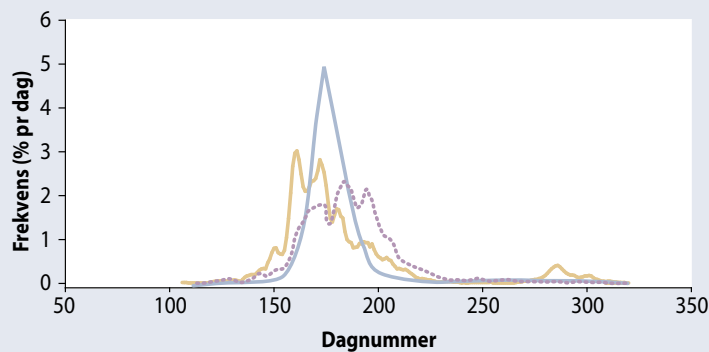
Unger (smolt) av laks, ørret og røye forlater Halselva i løpet av juni-juli. Laksen vandrer først, fulgt av sjørøya og til slutt sjørørreten (**Figur 7.2**). Sjørøyas utvandringsperiode er mer konsentrert og varierer mindre mellom år enn hva tilfellet er hos de to andre artene. Median

utvandringstidspunkt for de tre artene i perioden 1987-2004 er 23. juni for laks, 26. juni for sjørøye og 5. juli for sjørørret.

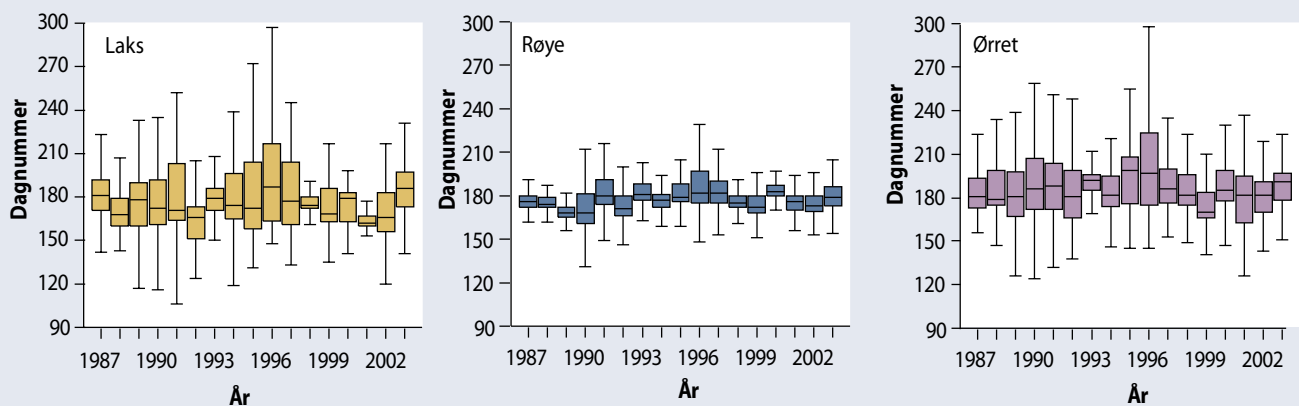
Median utvandringstidspunkt varierte fra år til år for alle tre artene, med en variasjon mellom 12. juni og 7. juli for laks, mellom 18. juni og 3. juli for sjørøye og

Figur 7.1. Fiskefella i Halselva hvor all oppvandrende og utvandrende laksefisk registreres. Foto: Bengt Finstad.





Figur 7.2. Tidspunkt for utvandring av vill smolt av laks (orange, heltrukket kurve), sjørret (lilla, prikket kurve) og sjørøye (blå, heltrukket kurve) fra Halselva. Gjennomsnittstall for perioden 1987-2004 (fem dagers glidende gjennomsnitt). Materialet omfatter 17 589 laks, 13 496 sjørret og 29 782 sjørøye.



Figur 7.3. Årlig variasjon i smoltutvandringsperiode for laks (orange), røye (blå) og ørret (lilla) i Halselva i årene 1989-1999. Figuren viser median (midtstrek), tidsintervallet for 75 % av utvandringen (boksene) og ytterpunkter for når smolt vandret ut fra Halselva i årene 1989-1999.

mellom 16. juni og 6. juli for sjørret. Utvandringstiden til artene følger hverandre, slik at dersom laksen vandrer ut tidlig, vandrer også sjørøya og sjørreten ut tidlig (Figur 7.3). Videre vil både røye og ørret vandre ut tidligere dess varmere juni-vannet i Halselva er.

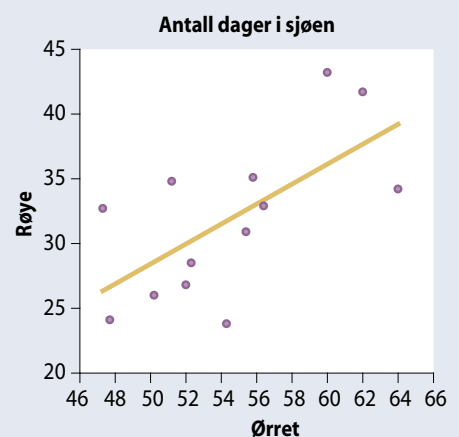
Hvor lenge er sjørøya og sjørreten i havet?

Sjørøya oppholder seg i Altafjorden i om lag en måned, med en gjennomsnittlig årlig variasjon fra 24 til 43 dager. Sjørreten oppholder seg om lag to måneder i sjøen, med en variasjon i årsgjennomsnittet på fra 47 til 64 dager.

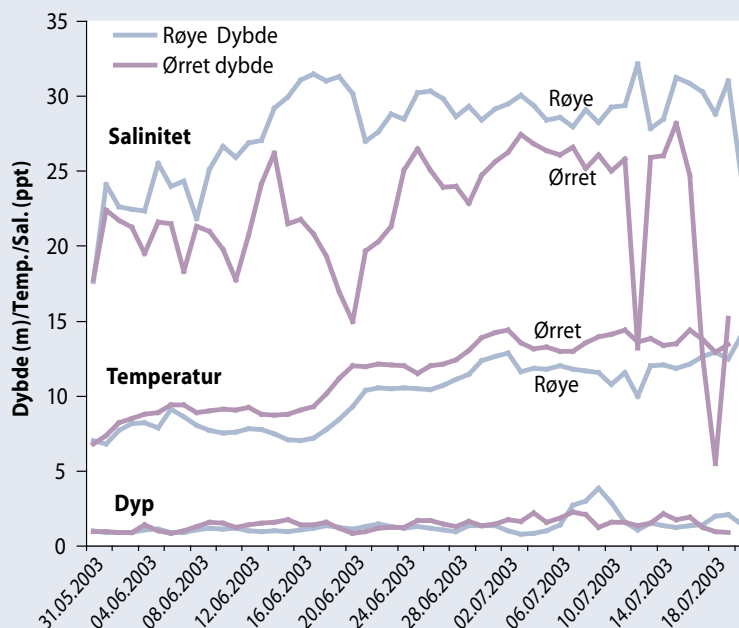
Oppholdstida i sjøen til sjørøya og sjørretene synes å være styrt av havtemperaturen i Altafjorden (Figur 7.4). Dess

varmere det er i juni, dess lenger blir de i sjøen, og dess varmere det er i august, dess tidligere vandrer begge artene tilbake til Halselva. Fiskens årsvekst er best i de årene når havtemperaturen er høy i slutten av juni og lav i august.

Figur 7.4. Sammenhengen mellom varigheten av sjøoppholdet for sjørret og sjørøye den første sommeren.



Figur 7.5. Gjennomsnittlig dyp, temperatur og saltholdighet i sjøen der sjørøye og sjørørret oppholdt seg sommeren 2003.



Hvor dypt står fisken?

I sjøen oppholder sjørørret og sjørøye seg mest på 0-3 m dyp, sjørørreten oppholder seg i gjennomsnitt 1 m dypere, i 1-2 °C varmere vann enn sjørøya. I tillegg oppholder sjørøya seg i områder med høyere saltholdighet enn sjørørreten. Dette tyder på at artene periodevis utnytter ulike deler av fjordsystemet (**Figur 7.5**).

I vassdraget oppsøker sjørøya de kalde delene av innsjøen (dypt sensommer/høst og grunt under isen om vinteren), mens sjørørreten oppholder seg i varmere deler av innsjøen. Det er derfor sannsynlig at de to artene vil reagere noe ulikt på en eventuell framtidig klimaendring.

Hva spiser sjørøya og sjørørreten under sjøoppholdet?

Sjørørreten spiser mer fisk enn sjørøya (**Figur 7.6**). For begge artene er sildeyngel viktigst. Sjørøya spiser mer krepsdyr, insekter, torskefisk og sil (tobis) enn ørre-

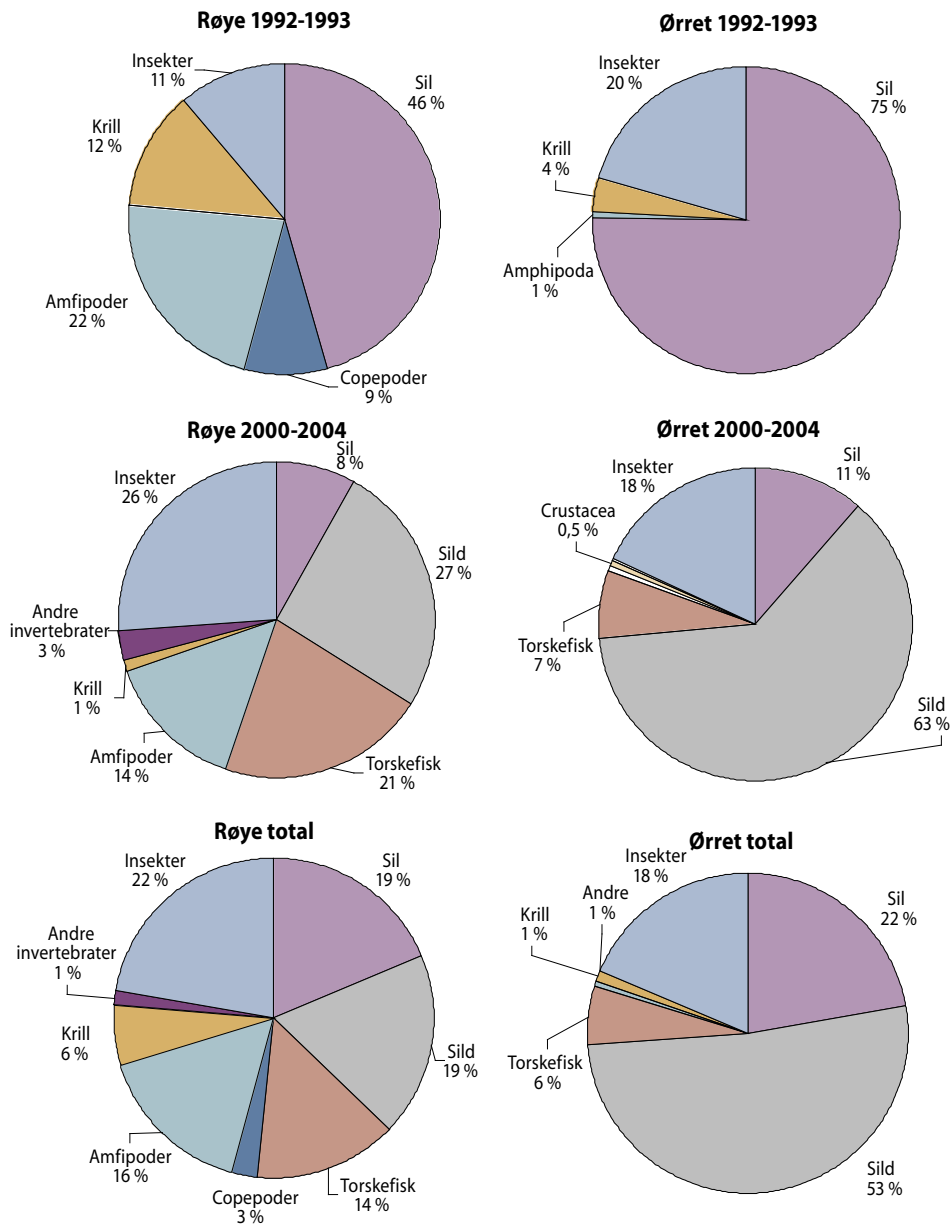
ten. Sjørøye under 40 cm lengde har variert diett, mens større røye eter nesten bare fisk. Sjørørreten spiser fisk allerede fra de er ca 25 cm lange. Sjørørret spiser mer og har generelt mer mat i magen enn sjørøye. Hos sjørøye er næringsopptaket høyest i juli, mens sjørørreten spiser mest i juli og august.

Artenes diett ble undersøkt i periodene 1992-1993 og 2000-2004 (**Figur 7.6**). Sil og ulike krepsdyr dominerte dietten i den første perioden, mens torskefisk og spesielt sild dominerte i den andre. Dette samsvarer godt med at det ble observert sterkt økende mengde sildeyngel i fjordsystemet fra slutten av 1990-tallet. Dietten til sjørøye og sjørørret gir således en indikasjon på byttedyrproduksjonen i Altafjorden.

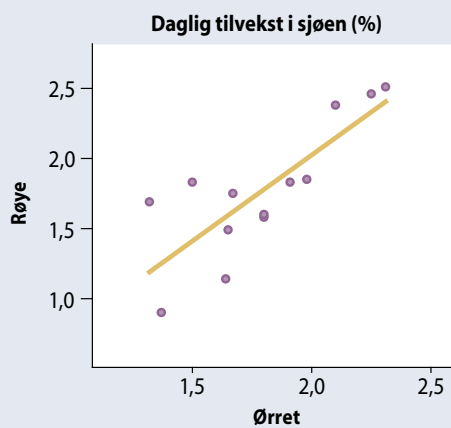
Hvor godt vokser fiskene under sjøoppholdet?

Undersøkelsen i Halselva viste at daglig tilvekst i sjøen var lik for de to artene, ca 1,8 % per dag, med en variasjon på mellom 1,3 og 2,3 % per dag hos sjørørret og 0,9 – 2,5 % per dag hos sjørøye. Det var sterk sammenheng mellom daglig tilvekst for de to artene, slik at når røya vokser godt gjør også ørreten det (**Figur 7.7**).

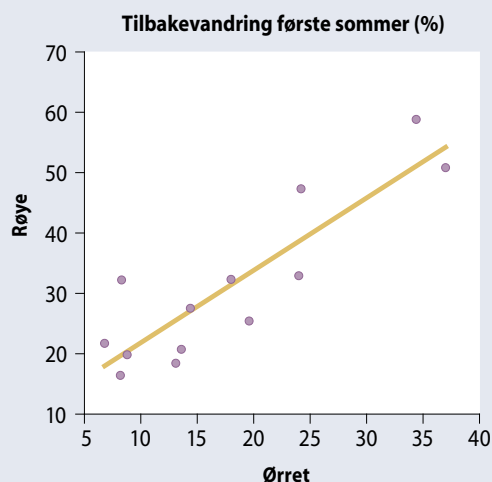
Selv om daglig tilvekst ikke er forskjellig hos de to artene, så vokser sjørørreten best når hele sesongen ses under ett fordi den oppholder seg lenger i sjøen enn sjørøya. I gjennomsnitt økte sjørørreten med 62 mm i lengde (143 g i vekt) i løpet av den første sommeren i sjøen, med årlig variasjon på mellom 43 og 77 mm (98 og 191 g). For sjørøye var gjennomsnittlig tilvekst første sommer i sjøen 27 mm (59 g), med en variasjon på mellom 14 og 41 mm (32 og 111 g). Begge artene vokste best når sjøen var varm siste del av juni.



Figur 7.6. Diettsammensetningen for sjørøye og sjørret i periodene 1992-1993 og 2000-2004.



Figur 7.7. Sammenhengen mellom daglig tilvekst i sjøen hos sjørret og sjørøye.



Figur 7.8. Sammenhengen mellom andelen (%) førstegangsvandrende sjørøye som vendte tilbake til Halselva og tilsvarende for sjørøye.

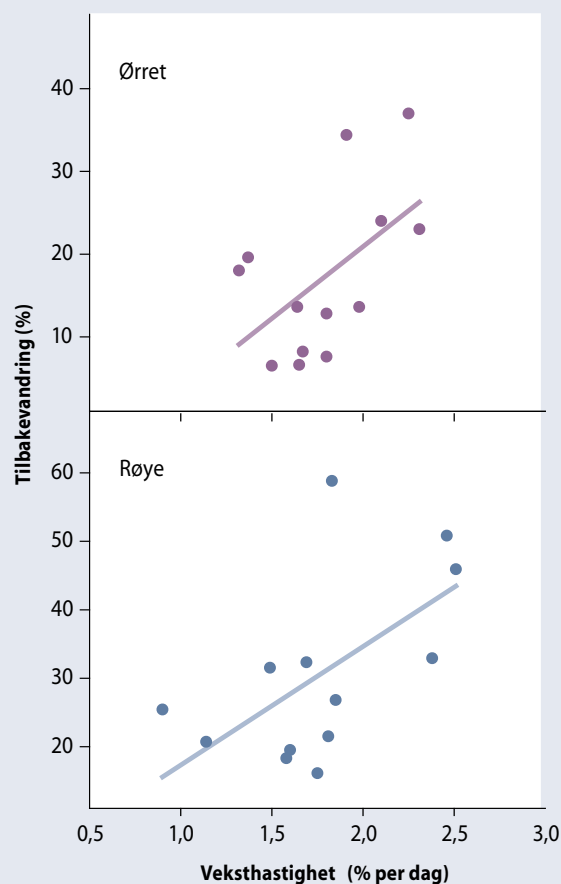
Hvor mange av fiskene overlever sjøoppholdet

En betydelig høyere andel sjørøye enn sjørøret kom tilbake til Halselva etter sin første sommer i sjøen. I gjennomsnitt returnerte 31 % av sjørøylene, med årlig variasjon fra 16 % til 59 %. Tilsvarende tall for sjørøret var 17 % og 7-37 %. I år når det kommer mye sjørøye tilbake kommer det også forholdsvis mye sjørøret (Figur 7.8).

For sjørøya var det liten forskjell mellom den tilbakevandringprosenten som vi registrerte i fella og reell overlevelse i sjøen (dvs. andel gjenregistrert fisk i fella pluss innrapporterte merker fra andre vassdrag). I gjennomsnitt kom 21 % av sjørøya tilbake til fella i løpet av den første sommeren, mens vi totalt hadde registrert 22 % av fisken da det hadde gått to år etter smoltutvandringen. Dette viser at nesten alle sjørøye som overlever den første sommeren i sjøen,

kommer tilbake til fella allerede samme år. Tilbakevandringprosenten er derfor en svært god indikator for sjøoverlevelse hos sjørøye.

For sjørøret kom bare 11 % tilbake etter sin første sommer i sjøen, mens vi totalt hadde registrert 19 % av fisken da det hadde gått to år etter utvandring. Det vil si at bare litt over halvparten av de som overlevde første sommer i sjøen gikk tilbake til fella den første sommeren, og at resten av fiskene oppholdt seg andre steder (i andre elver og bekker eller i sjøen). Det var god sammenheng mellom

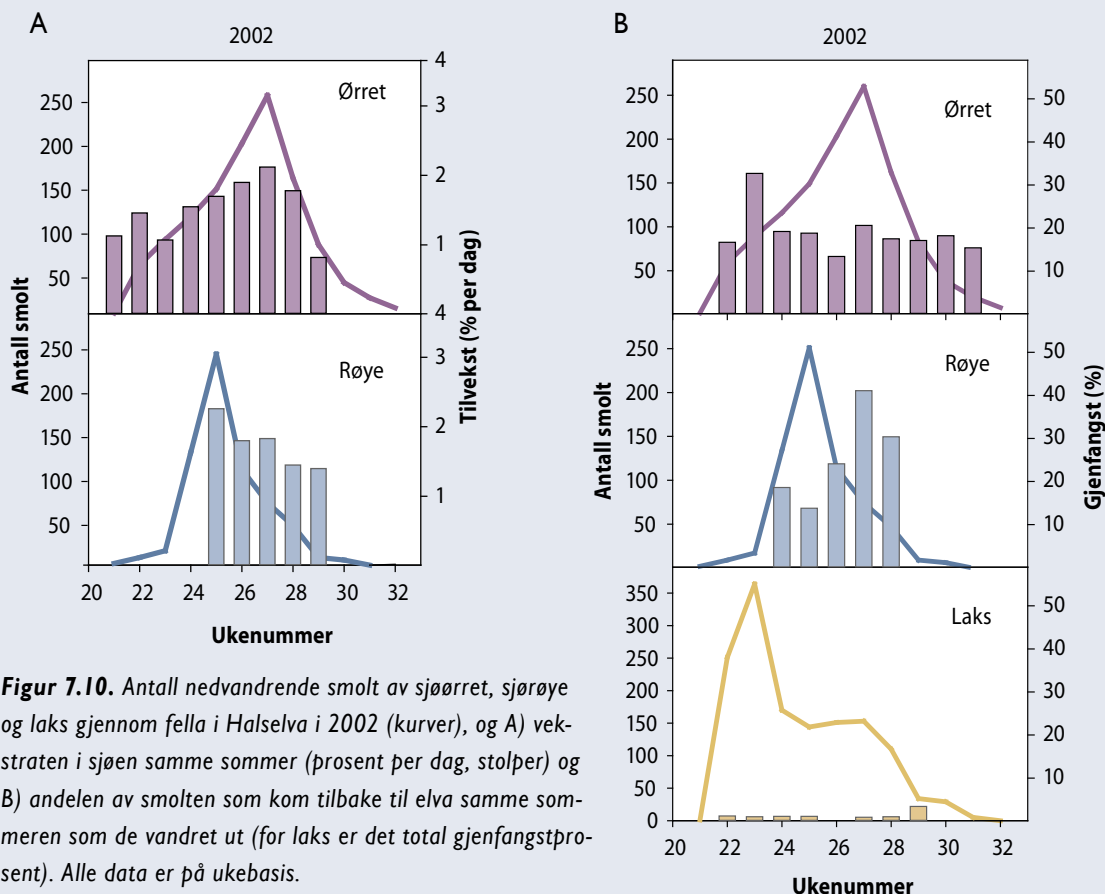


Figur 7.9. Sammenhengen mellom spesifikk vekstrate (% vektøkning per dag) og andelen av smolten som vandret tilbake til Halselva samme sommeren som de smoltifiserte. Øvre del av figuren er for sjørøret og nedre del for sjørøye.

den andelen som kom tilbake samme sommeren og det totale antallet som var registrert to år etter utvandring. Dette viser at også for sjørøret kan den andelen som kommer tilbake til fella etter den første sommeren i sjøen brukes som en indeks for sjøoverlevelse, selv om den totale overlevelsen egentlig er større.

God vekst i sjøen gir høy overlevelse

Andelen fisk som overlevde sjøoppholdet økte med økende veksthastighet i sjøen (Figur 7.9). Tidspunktet for smoltutvandringen synes å ha større betydning for



Figur 7.10. Antall nedvandrende smolt av sjørøret, sjørøye og laks gjennom fella i Halselva i 2002 (kurver), og A) vekstraten i sjøen samme sommer (prosent per dag, stolper) og B) andelen av smolten som kom tilbake til elva samme sommeren som de vandret ut (for laks er det total gjenfangstprosent). Alle data er på ukebasis.

vekst og overlevelse hos sjørøye enn hos sjørøret. I **Figur 7.10** er resultatene fra 2002 vist som eksempel. For røye var tilveksten best for fisk som vandret ut tidlig i utvandningsperioden. Når det gjelder overlevelse, så var det betydelig variasjon fra år til år i hvilket tidspunkt som ga best resultat, men de fleste år var det fisk som gikk ut relativt tidlig som hadde best overlevelse. I 2002 var det imidlertid best overlevelse på røyesmolt som vandret ut sent (**Figur 7.10**), slik at bildet ikke er entydig.

Fisken vokser bedre i sjøen enn i ferskvann

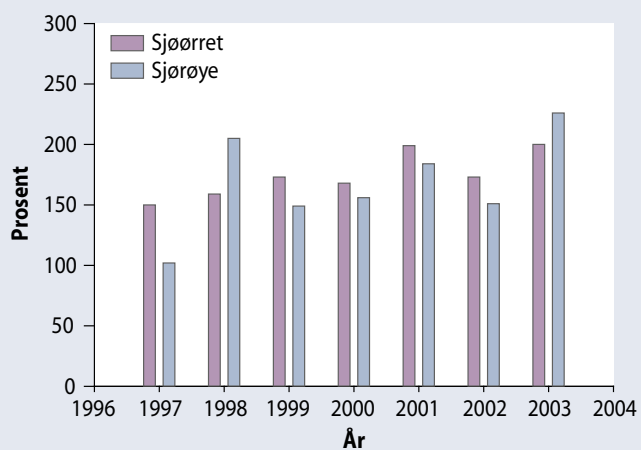
De viktigste faktorene som påvirker fiskenes vekst er vanntemperatur, nærings-tilgang og fiskestørrelse. De siste årene er det utviklet vekstmodeller som beskriver tilveksten hos flere bestander av ørret

og røye i forhold til vanntemperatur når fisken får tilført næring i overskudd under ellers kontrollerte betingelser i ferskvann. Disse modellene er imidlertid lite brukbare for de samme artene i sjøvann, da det viser seg at både ørret og røye vokser betydelig bedre i sjøen enn i ferskvann (**Figur 7.11**). Den årlig variasjonen i tilvekst skyldes trolig variasjon i nærings-tilgangen, og resultatene antyder derfor at næringsforholdene var dårligst i 1997 og best i 2003. Dette samsvarer også godt med at det i 2003 ble observert store mengder sildelarver i fjordsystemet, som var hovedbestanddelen i dietten til både sjørøret og sjørøye dette året. Årsakene til at sjørøret og sjørøye vokser bedre i sjøen enn i ferskvann ved samme vanntemperatur, er uklare. Det kan være at fiskene er i stand til å spise mer i sjøen enn i ferskvann, at næringsdyrene er større og mer næringsrike

i sjøen, eller det kan være fysiologiske forklaringer som vi ennå ikke kjenner.

Ny viten

Sjørøret og sjørøye egner seg godt som indikatorer på økologisk status og total produksjon av marine byttedyr i fjordsystemer både innenfor kortere og lengre tidsrom. Til forskjell fra marine fisker, kan så og si hele populasjoner av sjørøret og sjørøye fanges og registreres to ganger hvert år, når de vandrer mellom sjø og ferskvann. Artene er således unike som indikatorer for tilstanden i kystsonen.



Figur 7.11. Forhold mellom observert og modellert tilvekst i sjøen (i prosent), beregnet ved hjelp av vekstmodeller som beskriver maksimal vekst i ferskvann ved samme temperatur. Medianverdier for førstegangsvandrere av sjørøret og sjørøye fra årene 1997-2003. 100 % tilsier at observert vekst er lik modellert.

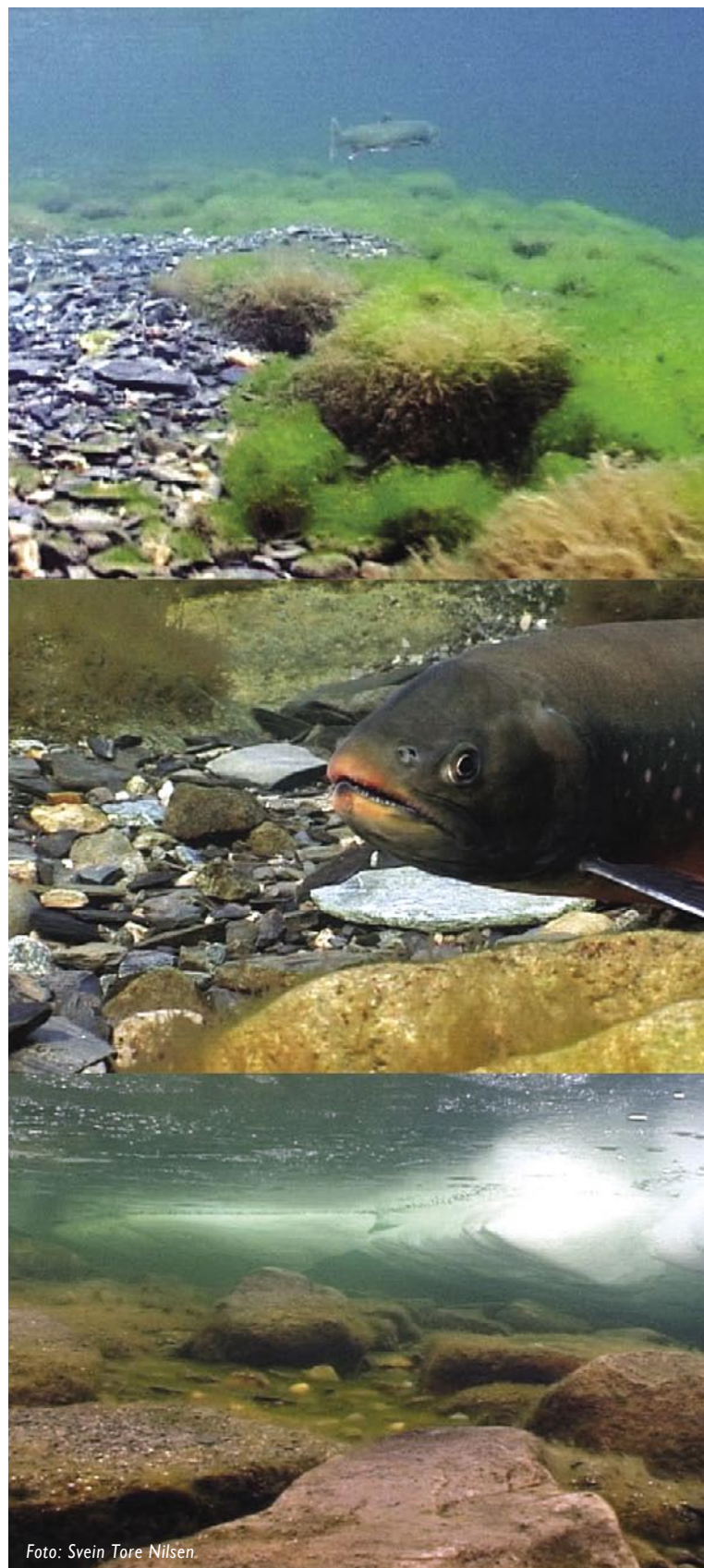


Foto: Svein Tore Nilsen.

8. Syntese og måloppfyllelse

Estuarier og kystnære, pelagiske systemer, tareskog og tidevannssonen har vært fokus for NINAs kystøkologiprogram. De kystøkologiske systemene her er unike, svært produktive med flere trofiske nivåer og med høyt biologisk mangfold. Samfunnene påvirkes i sterk grad av menneskelig aktivitet som fiske, taretråling, oppdrett og oljevirkksomhet, og kompetansen som er bygget opp gjennom programmet er anvendelig i forbindelse med konsekvensvurderinger og forskning i kystsonen.

Tang, tare og ålegras tilhører de mest produktive økosystemene på kloden, og arealet av disse samfunnene langs norskekysten tilsvarer det totale arealet av dyrket mark i Norge. Dyresamfunnene danner særegne biologiske miljøer, bevaringsbiologisk viktige ved forvaltningen av kystsonen, samtidig som det gir nye perspektiver og forventninger om større avkastning av spesielt skalldyr og fisk.

Studiene viser at taretråling påvirker fiskesamfunnene så vel som bunndyr- og fiskespisende sjøfugl som storskarv. I taretrålte områder var tettheten av torskefisk bare en femtedel av tettheten i upåvirkete områder, og forskjellene var store selv tre år etter at trålingene var avsluttet. Storskarv må derfor dykke oftere og være lenger tid under vann i trålte enn ikke-trålte områder. For å forstå endringer i våre kystøkosystemer, er det således nødvendig å drive økosystemforvaltning, ikke bare enartsforvaltning, slik man tidligere ofte har gjort.

Det har blitt utviklet nye metoder og modeller for å optimalisere ressursbruken. Sjøfugltelling er en metode til å vurdere effekter av miljøendringer og menneskelige inngrep. Det er klare sammenhenger mellom tetthet og artssammensetning av

sjøfugl, fysiske forhold og menneskelige inngrep på Finnmarkskysten. Ved å ta hensyn til ulike områders særegenhet, kan effektene av potensielle menneskelige inngrep derfor vurderes i forkant, uten å måtte gjennomføre langvarige og ressurskrevende biologiske studier.

Som indikatorarter kan sjøfugl prognostisere årsklassestyrken hos yngel av sei, med høy treffsikkerhet, flere år tidligere enn ved tradisjonelle havforskningstokt. Dette er vist ved bruk av lange dataserier (15-25 år) fra sjøfuglkolonier i Nord-Trøndelag og Nordland. Ved å inkludere klimatiske variable og komplekse statistiske modeller, økte presisjonsgraden, og gir forvaltningen et verktøy for å prognostisere seibestanden nord for 62°N.

Studiene av sjøørret langs Skagerakkysten har gitt ny kunnskap om livshistorien til denne arten. Mens sjøørret i nordlige områder av landet bare tilbringer et par måneder i sjøen sommerstid og overvintrer i ferskvann, oppholder sjøørreten fra mange av vassdragene langs Skagerrakkysten seg i sjøvann det meste av livet, unntatt de første 1-2 leveårene, samt 1-2 uker under gytingen. Bekkene har genetisk differensierte bestander, og de genetiske forskjellene øker med avstanden mellom bekkene. En stor del av sjøørreten i Skagerrak produseres i småbekker som man lett tar for ubetydelige i fiskeøymed.

Økningen i produksjonen av oppdrettslaks har gitt en kraftig økning i mengden lakseluslarver i mange av våre kystområder, og er trolig en av årsakene til den høye dødeligheten på vill laksesmolt. Undersøkelsen i Romsdalsfjorden har gitt ny kunnskap om atferden til laksesmolt på vei ut til beiteområdene i havet, hvor raskt smolten svømmer, hvor lenge den

oppholder seg i fjorden, hvor dypt den dykker og hvor den svømmer i forhold til strømretningen. Smittepresset fra lakselus er størst i nærheten av oppdrettsanlegg og når strømmen fra anlegget beveger seg mot smolten. Ved å integrere smoltens vandringsrute i Hardangerfjorden med strømningsbilde, temperatur, saltholdighet og forekomst av lakselus, kan man vurdere hvor oppdrettsanleggene bør plasseres for at risikoen for lakselusangrep på villfisk skal bli lavest mulig. Modellen kan trolig tilpasses andre fjordsystemer.

Undersøkelsen av sjørøye- og sjøørret i Halselva i Finnmark har vist klare sammenhenger mellom fiskenes tilvekst, sjøtemperatur og fiskens oppholdstid i sjøen. De to fiskeartene bruker forskjellige deler av fjordsystemet og dietten ga en god indikasjon på byttedyrproduksjonen i Altefjorden og for tilstanden i kystsonen. Studiet dokumenterer viktigheten av langtidsserier, samt at ikke bare sjøfugl, men også anadrom fisk kan være gode indikatorarter for å prognostisere miljøforholdene langs kysten.

Gjennom kystøkologiprogrammet har vi fått bedre forståelse for hvordan menneskelig aktivitet påvirker stabilitet og struktur i populasjoner og samfunn langs norskekysten. NINA har utviklet et mye bedre verktøy for å vurdere konsekvenser av menneskelig aktivitet i forkant av potensielle inngrep, og kan bedre rådgj forvaltningen om hvordan eventuelle skadevirkninger kan reduseres mest mulig. Måloppfyllelsen av programmet er derfor også i godt samsvar med det stadig økende behovet for økt kompetanse innen marin forskning og forvaltning, der den viktigste utfordringen består i å bevege seg fra enarts- til økosystemforvaltning.

9. Publikasjoner fra programmet

- Abdullah M.I. & Fredriksen, S. 2004. Production, Respiration and exudation of dissolved organic matter by the kelp *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie along the west coast of Norway. - J. Mar. Biol. Ass. UK 84: 887-894
- Anker-Nilssen, T. 2003. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Fremdriftsrapport oktober 2003. - NINA Minirapport 19, 5 s.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2002. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2001. - NINA Oppdragsmelding 736, 40 s.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2003. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2002. - NINA Oppdragsmelding 784, 40 s.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2004. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Fremdriftsrapport november 2004. - NINA Minirapport 79, 8 s.
- Anker-Nilssen, T. & Aarvak, T. 2004. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2003. - NINA Oppdragsmelding 809, 44 s.
- Anker-Nilssen, T. & Lorentsen, S.-H. 2004. Seabirds in the Norwegian Sea. - S. 435-446 i: Skjoldal, H.R., Sætre, R., Færnø, A., Misund, O.A. & Røttingen, I. (red) The Norwegian Sea Ecosystem. Tapir Academic Press, Trondheim.
- Anker-Nilssen, T., Bustnes, J.O., Erikstad, K.E., Fauchald, P., Lorentsen, S.-H., Tveraa, T., Strøm, H. & Barrett, R.T. 2005. SEAPOP. Et nasjonalt sjøfuglprogram for styrket beslutningsstøtte i marine områder. - NINA Rapport 1, 66 s.
- Asper, H. & Hustrulid, S. 2002. Tareskogens betydning for næringssøk hos hekkende storskarv (*Phalacrocorax carbo carbo*). Kandidatoppgave, Naturforvaltning, Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Bokn, T., Moy, F., Christie, H., Engelbert, S., Karez, R., Kersting, K., Kraufvelin, P., Lindblad, C., Marba, N., Pedersen, M.F. & Sørensen, K. 2002. Are rocky shore ecosystems affected by nutrient enriched seawater? Some preliminary results from a mesocosm experiment. - Hydrobiologia 484: 167-175.
- Bokn, T. L., Duarte, C.M., Pedersen, M.F., Marba, N., Moy, F.E., Barron, C., Bjerkeng, B., Borum, J., Christie, H., Engelbert, S., Fotel, F.L., Hoell, E.E., Karez, R., Kersting, K., Kraufvelin, P., Lindblad, C., Olsen, M., Sanderud, K.A., Sommer, U. & Sørensen, K. 2003. The response of experimental rocky shore communities to nutrient additions. - Ecosystems 6: 577-594.
- Bustnes, J. O. & Galaktionov, K. 2004. Evidence of a state dependent trade-off between energy intake and parasite avoidance in the Steller's Eider. - Can. J. Zool. 82: 1566-1571.
- Bustnes, J. O. & Systad, G. H. 2001. Habitat use by wintering Steller's Eider in northern Norway. - Ardea 89: 267-274.
- Bustnes, J. O. & Systad, G. H. 2001. Comparative feeding ecology of Steller's Eiders *Polysticta stelleri* and Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis* in winter. - Waterbirds 24: 407-412.
- Bustnes, J. O., Erikstad, K. E., & Bjørn, T. H. 2002. Body condition and brood abandonment in common eiders breeding in the high Arctic. - Waterbirds 25: 63-66.
- Christie, H., Jørgensen, N.M., Norderhaug, K.M. & Waage-Nielsen, E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. - J. Mar. Biol. Ass. UK 83: 687-699.
- Christie, H. & Kraufvelin, P. 2004. Mechanisms regulating amphipod population density within macroalgal communities with restricted predator impact. - Scient. Mar. 68: 189-198.
- Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E.B., Bjørn, P.A. & McKinley, R.S. 2005. Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. - J. Fish Biol. 66: 86-96.
- Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E.B., Bjørn, P.A., Sivertsgård, R. & McKinley R.S. 2004. I smoltens fotspor. MRinfo, medlemsinformasjon for Norges jeger og fiskerforbund - Møre og Romsdal: 6-7.
- Fredriksen, S. 2003. Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope (¹³C and ¹⁵N) analysis. - Mar. Ecol. Progr. Ser. 260: 71-81.
- Fredriksen, S. & Christie, H. 2003. *Zostera marina* (Angiospermae) and *Fucus serratus* (Pheophyceae) as habitat for flora and fauna - seasonal and local variation. - S. 357-364 i: Chapman, A.R.O., Anderson, R.J., Vreeland, V.J. & Davison, I.R. (red.) Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Cape Town, 2001. Oxford University Press.
- Fredriksen, S., Christie, H. & C. Bostrom, C. 2004. Deterioration of eelgrass (*Zostera marina* L.) through destructive grazing by the gastropod *Rissoa membranacea* (J. Adams). - Sarsia 89: 218-222.
- Fredriksen, S., Christie, H. & Sætre, B.A. 2005. Species richness in macroalgae and macrofauna assemblages on *Fucus serratus* L. (Phaeophyceae) and *Zostera marina* L. (Angiospermae) in Skagerrak, Norway. - Mar. Biol. Res. 1: 2-19.
- Grémillet, D., Kuntz, G., Delbart, F., Mellet, M., Kato, A., Robin, J.-P., Chaillon, P.-E., Gendner, J.-P., Lorentsen, S.-H. & Le Maho, Y. 2005. Linking the foraging performance of a marine predator with local prey abundance. - Funct. Ecol., in press.
- Jensen, A.J. (red). 2005. Geografisk variasjon og utviklingstrekk i norske laksebestander. - NINA Fagrapport 80. 79pp.

- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2001. Gytebakkens størrelse bestemmer ørretens liv. - Alt om fiske 3: 64-65.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2002. Ørretens vandring i vassdrag: betydningen av vannføring og temperatur. - NINA Oppdragsmelding 728: 1-19.
- Jonsson, B., Jonsson, N., Brodtkorb, E. & Ingebrigtsen, P. 2001. Life history traits of brown trout vary with the size of small streams. - Funct. Ecol. 15: 310-317.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout in a Norwegian river. - Freshw. Biol. 47: 1391-1401.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Temperatur og vannføring påvirker vandring hos laksefisk i vassdrag. - Naturen 126: 30-35.
- Jørgensen, N.M. & Christie, H. 2003. Diurnal, horizontal and vertical dispersal of kelp-associated fauna. - Hydrobiologia 503: 69-76.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.A., Dempson, B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon, brown trout and Arctic charr: a review of their life histories. - Ecol. Freshw. Fish 12: 1-59.
- Knutsen, H., Knutsen, J.A. & Jorde, P.E. 2001. Genetic evidence for mixed origin of recolonized sea-trout populations. - Heredity 87: 1-8.
- Knutsen, J.A., Knutsen, H., Gjøsæter, J. & Jonsson, B. 2001. Food of brown trout (*Salmo trutta*) at sea. - J. Fish Biol. 59: 533-543.
- Knutsen, J.A., Knutsen, H., Olsen, E.M. & Jonsson, B. 2004. Marine feeding of anadromous *Salmo trutta* during winter. - J. Fish Biol. 64: 89-99.
- Kraufvelin, P., Christie, H. & Olsen, M. 2002. Macrofauna (secondary) responses to experimental nutrient addition to rocky shore mesocosms and a coastal lagoon. - Hydrobiologia 484: 149-166.
- Kraufvelin P., Salovius S., Christie H., Bokn T.L., Moy F.E., Karez R., Pedersen M.F. (In press). Responses in the marine amphipod *Gammarus locusta* to eutrophication-induced changes in dominance patterns and nutrient status of benthic algae. Aquatic Botany.
- Lian, R. 2003. Habitatvalg hos storskarv (*Phalacrocorax carbo carbo*); endres valg av beiteområde gjennom hekkesesongen? - Hovedoppgave, Naturforvaltning, Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Lorentsen, S.-H., Asper, H. & Hustrulid, S. 2002. Taretråling og storskarv. - Trøndersk Natur 29: 4-8.
- Lorentsen, S.-H., Grémillet, D. & G. H. Nymoen. 2004. Annual variation in diet of breeding Great Cormorants: Does it reflect varying stock recruitment of Gadoids? - Waterbirds 27: 161-169.
- Norderhaug K.M. 2004. Use of red algae as hosts by kelp-associated amphipods. - Mar. Biol. 144: 225-230.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., Fosså, J.H. & Fredriksen, S. 2003. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. - I: Norderhaug K.M. Importance of macrofauna in transferring kelp forest primary production to higher levels in the food web. Dr.scient.thesis, University of Oslo.
- Norderhaug, K.M., Christie, H. & Rinde, E. 2002. Colonisation of epiphyte and holdfast fauna to kelp imitations; a study of mobility patterns. - Mar. Biol. 141: 965-973.
- Norderhaug, K.M., Fredriksen, S. & Nygaard, K. 2003. Trophic importance of *Laminaria hyperborea* to kelp forest consumers and the importance of bacterial degradation to food quality. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 255: 135-144.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., Fosså, J.H. & Fredriksen, S. (In press.). Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. Journal Marine Biological Association UK
- Olsen, J.L., Stam, W.T., Coyer, J.A., Reusch, T.B.H., Billingham, M., Bostrom, C., Calvert, E., Christie, H., Granger, S., Lumiere, R.L., Milchakova, N., Oudot-Leseco, M.P., Procaccini, G., Sanjabi, B., Serrao, E., Veldsink, J., Widdicombe, S. & Wyllie-Echeverria, S. 2004. North Atlantic phylogeography and large-scale population differentiation of the seagrass *Zostera marina* L. - Molecular Ecol. 13: 1923-1941.
- Petersen, M., Bustnes, J. O. & Systad, G. H. 2005. Distribution patterns of Steller's eiders wintering in northern Norway and northwest Russia. - J. Avian Biol., in press.
- Raven J.A., Johnston, A.M., Kübler, J.E., Korb, R., McInroy, S.G., Handley, L.L., Scrimgeour, D.I.C.M., Walker, D.I., Beardall, J., Vanderklift, M., Fredriksen, S. & Dunton, K.H. 2002. Mechanistic interpretation of carbon isotope discrimination by marine macroalgae and seagrasses. -Funct. Plant Biol. 29: 355-378.
- Raven J.A., Johnston, A.M., Kübler, J.E., Korb, R., McInroy, S.G., Handley, L.L., Scrimgeour, D.I.C.M., Walker, D.I., Beardall, J., A., Clayton, N.M., Vanderklift, M., Fredriksen, S. & Dunton, K.H. 2002. Seaweeds in cold seas: evolution and carbon acquisition. - Ann. Botany 90: 525-536.
- Systad, G. H. & Bustnes, J. O. 2001. Coping with darkness and low temperatures: Foraging strategies in Steller's Eiders wintering at high latitudes. - Can. J. Zool. 79: 1-5.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Bjørn, P.A. & McKinley, R.S. 2004. Migration speeds and orientation of Atlantic salmon and sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. - Env. Biol. Fish. 71: 305-311.
- Waage-Nielsen, E., Christie, H. & Rinde, E. 2003. Short term dispersal of kelp fauna to cleared (kelp harvested) areas. - Hydrobiologia 503: 77-91.
- Zydelis, R., Lorentsen, S.-H., Fox, A. D., Kuresoo, A., Bustnes, J. O., Hario, M., Nilsson, L. & Stipniece, A. 2005. Recent changes in the status of Steller's eider wintering in Europe. - Bird Cons. Int., in press.

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

NINA Temahefte 31

ISSN 0804-421X

ISBN 82-426-1613-2



Norsk institutt for naturforskning NINA

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>