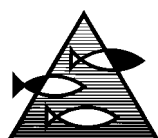


POTENSIELLE MILJØKONSEKVENSER VED HAVBEITE KAMSKJELL OG HUMMER



Utarbeidet av:
Tore Strohmeier, Øivind Strand, Knut E. Jørstad,
Stein Mortensen og Ann-Lisbeth Agnalt



Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk, mai 2002

Forord

Fiskeridepartementet tar sikte på å ferdigstille forskrifter til Lov om havbeite (Ot.prp.nr 63) i 2002. Som grunnlag til dette arbeidet er Havforskningsinstituttet bedt om å utrede potensielle miljøkonsekvenser ved havbeite med stort kamskjell og hummer.

Det må presiseres at kommersielt havbeite med marine arter i Norge kun er i startfasen. Vår erfaring med kamskjell bygger på grunnlaget fra FoU prosjekter i regi av Norges Forskningsråd og NUMARIO, og et nært samarbeide med næringsaktører. For hummer ble grunnlaget lagt i PUSH-programmet som startet i 1990, samt ulike forskningsprosjekter som er gjennomført siste årene. Som understreket i utredningen ”Havbeiteloven – kunnskapsstatus og strategier” (Agnalt m.fl. 2001) er det behov for en vesentlig styrket forskning både på kamskjell og hummer i det videre utviklingsarbeidet med havbeite. Dette gjelder ikke minst med hensyn til potensielle miljøvirkninger av kommersielt havbeite.

Senter for havbruk, 27/5 2002

Ole Torrissen

Forskningsdirektør

Forord	2
<u>ANBEFALINGER</u>	4
<u>INNLEDNING</u>	5
<u>SYKDOM OG HELSE</u>	6
<u>Definisjon av helse</u>	6
<u>Hva er sykdom?</u>	6
<u>Kamskjell</u>	6
<u>Virus</u>	6
<u>Bakterier</u>	7
<u>Sopp</u>	7
<u>Encellede parasitter</u>	7
<u>Flercellede parasitter</u>	8
<u>Hummer</u>	8
<u>Oppsummering</u>	9
<u>GENETISKE EFFEKTER</u>	11
<u>Kamskjell</u>	11
<u>Hummer</u>	13
<u>Oppsummering</u>	13
<u>ANDRE MULIGE MILJØKONSEKVENSER</u>	14
<u>Arealkrav</u>	14
<u>Bæreevne - fødegrunnlag</u>	16
<u>Oppsummering</u>	17
<u>Bæreevne i havbeite - virkning på miljø</u>	18
<u>Høsting av kamskjell i havbeite</u>	20
<u>Bestandsøkning</u>	23
<u>Forurensning</u>	24
<u>Oppsummering</u>	24
<u>Fysiske installasjoner</u>	25
<u>Effekt på bunnmiljø?</u>	25
<u>Tiltrekking av rovdyr</u>	25
<u>Kunstig rev</u>	26
<u>Oppsummering</u>	28
<u>Referanser</u>	28

Bildene på forsiden: Øverste tatt av Øivind Strand
Nederst tatt av Knut E. Jørstad

ANBEFALINGER

- Ved produksjon av setteorganismer er det et absolutt krav at virksomheten ikke fører til spredning av patogener og parasitter i det naturlige miljø. Det innebærer at det etableres en strategi basert på forebyggende helsearbeid.
- Det er foreslått flere tiltak for å redusere fare for smitte og parasitter:
 - Bruk av stedeagne dyr reduserer risiko for smitteinnførsel
 - Kysten bør deles opp i flere soner med ingen eller begrenset adgang til å flytte skjell og hummer mellom sonene. Ved sykdom vil en da ha friske soner og hele næringen lammes ikke ved et lokalt utbrudd av sykdom
 - For å unngå at stamdyr infiserer klekkerier er det nødvendig at dyrene settes i karantene hvor de undersøkes for patogener og parasitter.
 - Klekkeriene må kun levere sykdomsfri yngel (veterinær attest).
- I utgangspunktet må havbeitevirksomhet baseres på bruk av stedeagne stammer. På sikt vil detalj kunnskap om genetisk struktur kunne åpne for bruk av regionale stammer.
- Det må gjennomføres en genetisk kartlegging av kamskjell bestandene i norske farvann for klargjøring av genetisk struktur / graden av oppdeling i distinkte bestander.
- Eksisterende genetiske data på hummer og nye data på kamskjell må legges inn i en marin genetisk database. Denne skal brukes som referanse i spørsmål knyttet til krav om stedeagne stammer i havbeite. Dette er nødvendig for å evaluere mulighetene for negative genetiske effekter på naturlige bestander.
- I forbindelse med prøveprosjekter på hummer og kamskjell skal stam-materialet analyseres genetisk og dataene skal legges inn i den marine genetiske databasen.
- Bæreevne (basert på fødegrunnlag) til kamskjell i havbeite er lite kjent utover det som er erfart fra industrielt havbeite i andre land. Selv om utviklingen av havbeite hos oss vil være i en liten skala sammenlignet med dette er det viktig å velge strategier som forebygger at en kommer i situasjoner med fødebegrensning. Det er avgjørende at lokaliteter har god vannutskifting.
- Det anbefales at det gis føringer i driftsforskriftene med havbeite der tetthet av skjell, vekst og overlevelse registres slik at aktører i havbeite tilegner seg kunnskap om produksjonsforhold i sitt område for å optimalisere dyrkingen.
- På bakgrunn av omfattende dokumentasjon om negative og alvorlige effekter av bunnskraping av kamskjell på bunnmiljø bør man forhindre bruk av tradisjonelle bunnskraper for høsting av kamskjell. Dette bør gjelde både fangsting av ville bestander og fra havbeite.
- Fysiske installasjoner i havbeiteområder som kunstige rev, og gjerder for å beskytte kamskjell mot predatorer, må bygges i et materiale og utformes slik at de ikke representerer noen miljøtrussel. I tilfelle med hummer, kan etablering av kunstige rev representere en betydelig habitat forbedring med økning av biodiversitet og biologisk produksjon. Fysiske installasjoner må kunne fjernes dersom dette vil være ønskelig i fremtiden.

INNLEDNING

Det er en forutsetning for å få tillatelse til havbeite at det ikke skal være fare for skadelige virkninger på miljø, medregnet fare for skade på det biologiske mangfold, økologisk ubalanse eller spredning av sykdom (Lov om havbeite, §3). Dette kan være vanskelig å vurdere i startfasen for virksomheten da vi i liten grad har egne erfaringer å bygge på. Det er likevel nødvendig å foreta en oppsummering på basis av våre egne erfaringer og kunnskap fra andre land. En viktig betingelse for på sikt å kunne utvikle en bærekraftig næring i våre kystområder er at vi i utgangspunktet legger rammebetingelser med minimale potensielle følger for det marine miljø. Disse må likevel ses på som midlertidige og må korrigeres etter hvert som kunnskapsbasen utvides.

Hensynet til biologisk mangfold er oftest nevnt som et overordnet formål for all virksomhet som har med høsting og produksjon av biologiske ressurser. I St. meld. nr 42 (2000-2001) undertrekes det for Fiskeridepartementet at dette gjelder:

”omfatter i første rekke ansvar for å unngå negativ påvirkning på det biologiske mangfold fra næringsutøvelse som tilligger departementets forvaltningsområde. Dette ansvaret omfatter i hovedsak næringsutøvelse basert på marine levende ressurser gjennom fangst og oppdrett, samt bearbeiding av disse ressursene.”

Det er viktig å få frem at en havbeitenæring kan i prinsippet både føre til negative og positive konsekvenser på miljøet.

I rapporten ”Havbeiteloven – kunnskapsstatus og strategier” (Agnalt m.fl. 2001) ble det presisert at genetiske forhold og sykdoms- og helsemessige forhold ved havbeite kunne medføre varige irreversible forandringer, og tiltak for å forhindre dette må derfor prioriteres. Andre mulige konsekvenser av havbeite på miljøet er fremholdt som reversible og har dermed en vesentlig lavere alvorlighetsgrad. I denne utredningen har vi utdypet kunnskapsgrunnlaget, og vurdert mulige miljøkonsekvenser innen områdene sykdom og helse, genetikk og økologisk bæreevne (under andre miljøkonsekvenser). Det er forsøkt tatt hensyn til flere spørsmål som er fremkommet i prosessen med utarbeidelse av forskrifter til Lov om havbeite.

SYKDOM OG HELSE

Ved produksjon av setteorganismer er det et absolutt krav at virksomheten ikke fører til spredning av patogener og parasitter i det naturlige miljø. Nødvendige tiltak og kontrollrutiner må iverksettes for at klekkesvirksomhet ikke skal fungere som en smittesentral. Her må også vurderes ulike strategier for klekkesvirksomhet, få store anlegg som forsyner store geografiske områder med setteorganismer i forhold til mindre anlegg som forsyner et begrenset område. En del viktige momenter for de to aktuelle artene, kamskjell og hummer er diskutert nedenfor.

Definisjon av helse

Med helse (både for skjell og hummer) mener vi i denne sammenhengen en status der dyret fungerer i forhold til økologiske forhold som vekst, utvikling, reproduksjon, overlevelse og konkurranse (Kinne, 1980).

Hva er sykdom?

Sykdom kan defineres som reduksjon i helsestatusen til det levende dyret. Det er dermed en glidende overgang fra frisk til syk tilstand. Sykdom forårsakes oftest av en sykdomsfremmende organisme, som for eksempel et virus eller en bakterie. I noen tilfeller kan sykdom også være et resultat av forhold som feilernæring, miljøforhold eller autoimmune forstyrrelser (Hovgaard, m.fl., 2001).

Sykdom kan vanligvis først påvises når den sykdomsfremmende organismen overstiger et visst kritisk nivå. Dette er naturligvis et problem i forbindelse med praktisk diagnostikk. Det er mange forskjellige årsaker til sykdom. Årsaker til utbrudd av sykdom kan være en økning i antall sykdomsbærende organismer per vert skjell, en økning i organismens virulens eller endring i forhold som påvirker balansen mellom skjellet og den sykdomsfremkallende organismen. Ulike forhold kan påvirke vertsorganismens motstandskraft (Kinne, 1980). Dersom et skjell er svekket gjennom ernæringsforhold, forurensing, fysisk miljø, fysiske skadet eller smittet vil det være mer mottakelig for sykdom.

Det kan identifiseres fire typer av sykdommer;

- (1) sykdom som er karakteristiske til en vertspopulasjon i et gitt område
- (2) masseutbrudd av en smittsom sykdom
- (3) masseutbrudd av en smittsom sykdom over et stort geografisk område og
- (4) Sporadisk (ekstotisk) sykdom som ikke er typisk for området som er smittet.

Kamskjell

En rekke ulike organismer kan gi sykdom eller nedsatt helse hos skjell. Her er det spesielt fokusert på virus, bakterier, sopp, encellede dyr og parasitter hos stort kamskjell. I enkelte tilfeller kan det være vanskelig å skille mellom mer eller mindre harmløse "blindpassasjerer", parasitter og rovdyr da leveviset i noen tilfeller grenser opp mot hverandre.

Virus

Det er beskrevet mer enn 20 ulike virus hos marine skjell (Sindermann, 1990), men få av dem er godt nok kartlagt til å vise sammenhengen mellom viruset og sykdomsbildet. Flere ulike

virustyper er observert i økonomisk viktige skjell, som herpesvirus, reovirus, papovavirus, iridovirus, retrovirus og papillomavirus. Hvert virus ser ut til å invadere en spesifikk type vev. Infeksjoner er funnet i fordøyelseskjertelen, reproduksjonsorgan og bindevev. Det mest dramatiske, dokumenterte tilfellet av virussykdommer hos skjell er gjellesyke hos portugisisk østers (*Crassostrea angulata*), forårsaket av et iridovirus som ga masseutbrudd av sykdom og høy dødelighet hos østers i Frankrike fra 1967 til 1973 (Sindermann, 1990; Perkins, 1993).

Herpesviruset er et betydelig problem på østers, og det arbeides for å etablere en spesifikk test for påvisning av herpesvirus. Utover dette utviklingsarbeidet finnes det ingen spesifikke metoder som påviser virus hos skjell, noe som gjør diagnostikken vanskelig. Det er ikke mulig å bestemme om yngel er infisert av virus, og skjell kan ikke vaksineres mot virussykdommer. Vi vet lite om bærere og potensielle smitteveier for virus. For stort kamskjell er det ikke funnet sykdomsfremkallende virus hos voksne individer, men det kan ikke utelukkes at vi vil møte virussykdommer i skjelldyrkingen.

Bakterier

Det er store antall av bakterier i omgivelsene til skjell, og de vil normalt sameksistere uten komplikasjoner. Av og til forekommer det aggressive, giftproduserende former av bakteriestammer, og disse rammer vanligvis dyrkede larver og yngel. Bakterier angriper svært sjelden voksne skjell, noe som kan skyldes at de voksne skjellene har enzymsystemer og immunaktive celler (hemocytter) som inaktiverer bakterier. De bakteriene som gir sykdommer hos voksne skjell ser ut til å unngå eller å slippe unna dette forsvaret.

De definitivt mest sykdomsfremkallende bakteriene for skjell er ulike stammer *Vibrio*, som kan være dødelige for larver under utvikling (Sindermann, 1990; Perkins, 1993) og er et problem for skjellklesker verden over. Andre problembakterier kommer fra gruppene *Pseudomonas*, *Alteromonas* og *Aeromonas*. De kan også forårsake sykdom hos larver og yngel. Da ofte grunnet vannkilden (Hovgaard, m.fl., 2001).

Sopp

Sopp er lite representert i litteraturen over sykdomsfremkallende organismer hos skjell. Soppen *Ostracoblabe implexa* kan forårsake massedødelighet (shell disease "maladie de pied") i naturlig og dyrkede voksne skjell hos europeisk østers. Soppen angriper muskelen, som kan løsne fra festet i skallet. Skjell som ikke kan lukke seg er utsatt for både infisiøse organismer og rovdyr, og dør (Sindermann, 1990; Perkins, 1993). Sykdommen er beskrevet fra Nederland, Frankrike, Storbritannia og fra Nova Scotia. Den er ikke påvist hos stort kamskjell.

Encellede parasitter

Encellede parasitter (protozoer) er den vanligste årsaken til epizootiske utbrudd som gir massedødelighet hos økonomisk viktige skjell. Selv om utbrudd forårsaket av protozoer er kjent fra hele verden, tror man at massive populasjonsdødeligheter alltid har eksistert. Spredningen har blitt hjulpet av eksperimentell planting av østers fra andre regioner. Selv om infeksjoner av protozoer er rapportert fra mange skjell, inkludert blåskjell, kamskjell og sandskjell, så er det i østers de er mest studert. De mest nevneverdige av de mange østerssykdommer fra protozoer er;

Perkinsiose som er forårsaket av *Perkinsus marinus* fra rekken Apicomplexa, Denne sykdommen er karakterisert av utmagring av fordøyelseskjertelen hos østers. Voksne østers ser ut til å være mest mottakelige etter gyting (Lauckner, 1983). Haplosporidiose, forårsaket

av *Haplosporidium nelsoni* fra rekken Acetospora (Sparks 1985, Sindermann 1990). *Haplosporidium* angriper og utmagrer også østers. Begge protozoer har forårsaket massedød hos ville og dyrkede østerspopulasjoner langs atlanterhavskysten av Nord Amerika.

Bonamiose, forårsaket av *Bonamia* sp. Denne sykdommen er et godt eksempel på sykdomsspredning. Bonamiose kom til Frankrike i 1979 med smittede østers. Dette til tross at den hadde en lokal forhistorie med sykdom fra Washington. Bonamiose er nå utbredt over store deler av det sydvestlig Europa. Sykdommen gir dødelighet opp til 80% ved store tettheter. Microcytose, forårsaket av *Microcytos* spp. Er primært en østerssykdom. Det er vist eksperimentelt at parasitten kan smitte en rekke østersarter, og vi kan ikke utelukke at den også kan smitte andre skjell. Sykdommen er ikke påvist i Nord-Europa. Marteiliose, forårsaket av *Marteilia* spp. Er en alvorlig sykdom hos østers. Det er påvist en *Marteilia* i kamskjellet *Argopecten gibbus* utenfor kysten av USA

Flercellede parasitter

Parasittiske ormer (trematoder, cestoder og nematoder) kan redusere vekst og fekunditet, og i noen tilfeller kan de forårsake dødelighet (Laukner, 1983; Sindermann, 1990). Flerbørstmarker av slekten *Polydora* kan innvandre østers, blåskjell og kamskjell, og ved alvorlige angrep kan de medføre dødelighet. Larver av *Polydora* fester seg til det ytre skallet. Der vil de bore seg ned, ofte ved kanten av hengselet. Ormen samler mudder omkring seg og skjellet responderer med å skille ut skallmateriale rundt ormen og mudderet. Skjell som er kraftig infisert med *Polydora* er vanligvis i dårlig kondisjon og er svake (Galtsoff, 1964; Skeel, 1979). Noen skjell kan dø som en konsekvens av *Polydora*-angrep, men flest er svekket både fysiologisk og (kondisjon) og strukturelt (perforert skjell). De er derfor mer utsatt for andre former for dødelighet som predasjon. Det har vært et utbrudd av *Polydora* på kamskjellyngel i vekstanlegg (poll) i Norge (Mortensen m.fl., 2000). Dersom skjellene reingjøres godt regner man med at *Polydora* i de fleste tilfeller ikke utgjør noen fare for skjellene.

Hummer

Med unntak av sykdommen Gaffkemi er sykdomsforholdene hos den europeiske hummer (*Homarus gammarus*) lite kjent. Dette står litt i motsetning til hva som er beskrevet hos amerikansk hummer, *Homarus americanus* (Stewart, 1980; Martin and Hose, 1995). En forklaringen kan være forskjellene i fangstvolum og de store mengdene som oppbevares i til dels store tettheter over lengre tid av sistnevnte art. Hos amerikansk hummer skaper en rekke patogener og parasitter store problemer for næringen, og vi må anta at vi kan få tilsvarende forhold hos oss etter hvert som den kommersielle aktiviteten øker i volum.

Sykdommen Gaffkemi er påvist hos europeisk hummer og mye tyder på at den ble introdusert til Europa gjennom import av levende amerikansk hummer. De første utbruddene ble påvist på Vestlandet allerede på 1970 tallet (Håstein et al., 1997; Egidius, 1978), og det har vært flere tilfeller med jamne mellomrom. Amerikansk hummer kan være bærer av bakterien, *Aerococcus viridans* (Stewart et al., 1966) uten å vise sykdomstegn, mens dødeligheten hos europeisk hummer er tilnærmet 100%. Bakterien kan overleve i sediment i f. eks. hummerparker over lengre tid (Wiik et al., 1987).

I forbindelse med gjennomføringen av hummerprosjektet på Kvitsøy i PUSH programmet, ble det gjennomført prøvetaking og gaffkemi kontroller av både stamdyr og utsettingsklare hummerunger. Dette innebar at blodprøver ble tatt fra et utvalg av stamdyr fra i alt fire av

åreproduksjonene, og disse ble undersøkt for gaffkemi infeksjon. Et utvalg av yngel fra de tilsvarende produserte årsklassene som senere ble satt ut på Kvitsøy, ble også undersøkt. Det ble ikke påvist smitte i noen av prøvene (Jørstad et al., 2001).

Også utbrudd i den siste tiden har vært knyttet opp mot import av hummer, denne gangen fra Skottland (Nilsen et al., 2002). Samtidig foregår det også fremdeles import av amerikansk hummer, og noen av disse er også fanget igjen i det naturlige miljø (Meeren et al. 2000). Eksisterende rutiner for import og kontroll er i dag svært uoversiktlig og lite tilfredstillende (Mortensen, 2002), og dette skaper en svært usikker situasjon.

For klekkerivirksomhet basert på ville stamdyr, må denne situasjonen tilsi sterke krav til sykdomskontroll og overvåkning.

Oppsummering

Slik vi tolker lovforslaget vil Fiskeridepartementet få et mer konkret ansvar for å kontrollere at de utsatte organismer er fri for sykdom (helseattest). Fiskeridepartementet i dag ikke har noe virkemiddelapparat som i tilstrekkelig grad kan ivareta denne sykdomskontrollen. Lov om havbeite aktualiserer således spørsmålene relatert til sykdomsforskning, sykdomsforvaltning, diagnostikk, kontrolltiltak og ansvarsfordelingen ovenfor Landbruksdepartementet/veterinærmiljøene. Vi har tidligere tilrådd en styrking og oppbygging av sykdomsarbeidet på skjell i samarbeid med Veterinærinstituttet. Det kan også være hensiktsmessig å sikre kompetanse på sykdom/diagnostikk på hummer.

Det er gjennomført få undersøkelser som omfatter helse og sykdom hos stort kamskjell. Fra de undersøkelsene som foreligger er det ikke tegn til sykdom hos de størrelser av stort kamskjell som er aktuelle for havbeite. Kamskjellyngel i vekstanlegg er som nevnt over blitt infisert av *Polydora* med høy dødelighet. Det har også vært betydelig dødelighet i utsett av kamskjellyngel til mellomkultur. Denne dødeligheten skyldes sannsynligvis andre faktorer enn smittsom sykdom. Det er svært ønskelig å opprettholde en slik tilstand. Det innebærer at det etableres en strategi basert på forebyggende helsearbeid. Det er imidlertid ikke rapportert om sykdom på kamskjell i bunnkultur, men erfaring fra andre arter i oppdrett tilsier at vi bør følge nøye opp monokulturer med store tettheter. Særlig vekt bør det legges på yngelproduserende enheter, slik at smitte ikke spres fra klekkeriene og til de lokale havbeiteområdene.

Det er foreslått flere tiltak for å redusere fare for smitte og parasitter:

- (1) Bruk av stedegne dyr reduserer risiko for smitteinnførsel
- (2) Kysten bør deles opp i flere soner med ingen eller begrenset adgang til å flytte skjell mellom sonene. Ved sykdom vil en da ha friske soner og hele næringen lammes ikke ved et lokalt utbrudd av sykdom
- (3) For å unngå at stamdyr infiserer klekkerier er det nødvendig at skjellene settes i karantene hvor de undersøkes for patogener og parasitter.
- (4) Klekkeriene må kun levere sykdomsfri yngel. Yngelen må dermed undersøkes og gis en helseattest før de settes ut. De fleste sykdommer overføres lettere ved store tettheter. Yngelanlegg har store tettheter og har derfor større risiko for å overføre sykdom. Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet samarbeider med sykdomsproblematikken ved kamskjellklekkeriet.

I dag er klekkeridriften både når det gjelder kamskjell og hummer basert på ville stamdyr fra det naturlige miljø, noe som innebærer en sykdomsrisiko i seg selv. Ideelt burde stamdyrene oppbevares i et karantene anlegg mens de ble nøye undersøkt og testet for patogener og ulike parasitter. Kun stamdyr uten påvist smitte og/eller mistanke om smitte, må tas inn i klekkeriet. Inntak av stamdyr som er smittebærere vil kunne føre til spredning av sykdom / parasitter i anlegget med store følger for produksjon og drift. Klekkeri for produksjon av yngel for havbeitevirksomhet må selvfølgelig tilfredstille veterinærmyndighetenes krav til fysisk utforming samt ha tilfredstillende og godkjente helse/sykdomsrutiner ved driften. I den sammenheng er det grunn til å understreke at teknisk utforming og løsninger med vannbehandling, vannfordeling og avløp, bør være grundig vurdert for å hindre smittespredning internt i klekkeriet. Dersom smitte kommer inn i klekkeriet, vil en klekkeridesign med smittehygienisk isolerte enheter hindre at klekkeriet mister hele produksjonen.

Bare smittefrie yngel skal settes ut i det naturlige miljø. Dette betyr at all produksjon skal kontrolleres for viktige sykdommer og det må følge en helseattest med all salg av yngel til havbeite. De som setter ut yngel må ha ansvar for at det foreligger godkjent helseattest. Når det gjelder sykdom etter at yngelen er satt ut i naturen, det noe uklart hvor ansvaret i dag ligger. Organismene etter utsetting vil være å betrakte som viltlevende bestander og det er naturlig at dette sorteres under Fiskeridepartementet sitt ansvarsområde. Fiskesykdomsloven forvaltes i sin helhet av Landbruksdepartementet, og det er behov for en avklaring i forbindelse med havbeiteloven hvor eventuelt delegering av ansvar til Fiskeridepartementet på noen områder bør vurderes. Det vil også være viktig å ha klar planer for tiltak dersom det blir påvist sykdoms smitte etter utsetting. Det må utarbeides planer for tiltak som kan settes i verk innenfor Fiskeridep. ansvarsområde for å hindre og redusere videre spredning med utgangspunkt i organismer på havbeite. Fiskeriforvaltningen har i dag ikke har noe egnet virkemiddel apparat som ivaretar et sykdomsutbrudd i havbeite- og ville bestander.

Iverksettelsen av Havbeiteloven aktualiserer derfor både viktige spørsmål knyttet til sykdomsforvaltning, kontrolltiltak og diagnostikk. Samtidig er det nødvendig med betydelig oppgradering av kunnskap og kompetanse på dette området både innenfor fiskeriforvaltningen og i nært samarbeid til veterinærinstituttene.

GENETISKE EFFEKTER

Den raske fremveksten av oppdrettsnæringen og problemet knyttet til rømming av laks, har ført til en omfattende debatt om mulige negative økologiske og genetiske effekter på de ville laksestammene. Dette problemområdet gjelder imidlertid for alle arter som kultiveres på en eller annen måte, enten under lukkede enheter eller settes ut igjen under naturlige forhold. Både gjennom en domestisering helt eller delvis til en kulturfase, er det påvist genetiske endringer i kulturmaterialiet. I mange tilfeller (som hos laks) blir det gjennomført bevisst seleksjons (avls-) program som har til siktemål å endre den genetiske sammensetningen slik at kulturorganismene trives og har høy produksjon under kulturforhold. Denne endringen av genetisk sammensetning fører også til at ikke klarer seg så godt under naturlige forhold. Ved rømming av slike og innkrysning med ville artsfrender, frykter en at levedyktighet ("fitness") og produksjon vil synke betydelig, og dette vil kunne ha svært negative følger for de ville bestandene på sikt.

Naturlige populasjoner av ulike arter betraktes i dag som viktige naturlige genbanker som bl. a. vil danne basis for utnyttelse i fremtidig akvakultur. Genetiske undersøkelser de siste to ti-årene har vist at innenfor de fleste arter finnes atskilte enheter eller stammer, som har sitt eget genetiske særpreg, utbredelsesområde, livshistorie og krav til miljø. Den genetiske variasjon som kom til uttrykk i ulike elvestammer av laks, ble for eksempel lagt til grunn når man testet laks fra 40 elver for å undersøke hvilke som var best egnet til utviklingen av norsk oppdrettslaks. I dag er det bare 5 – 10 stammer som egentlig inngår det et genetiske materialet som brukes i næringen. I tillegg til variasjon som genetiske forskjeller mellom ulike stammer, finnes det selvfølgelig individuell genetisk variasjon innenfor den enkelte stamme. Mengden av genetiske variasjon kan imidlertid variere mye mellom enkeltstammer. Begge typer genetisk variasjon slik som her beskrevet, betraktes i dag som grunnleggende genressurser som gjerne kan utnyttes i kultur, men på en slik måte at ressursene ikke trues eller endres negativt.

En forutsetning for optimal bruk i kultur hos en art er kjennskap til hvordan genetisk variasjon er fordelt mellom populasjoner under naturlige forhold. Ved hjelp av moderne genetiske metoder kan populasjonsstrukturen kartlegges. Denne kunnskapen er nødvendig for å vurdere et eventuelt krav om bruk av stedegne stamme og ikke minst, for å kunne vurdere risiko for negativ genetisk påvirkning. Er kamskjellbestandene genetisk sett like langs hele kysten vår eller er de delt opp i flere mindre bestandsenheter der hver har sitt genetiske særpreg, utbredelsesområdet og biologiske karakteristika? Krav om bruk av stedegne stamdyr bør ideelt sett være motivert utifra slik dokumentasjon. Dersom det foreligger en omfattende dokumentasjon (flere ulike typer genmarkører), på at vi bare har en stor bestand, er det ingen genetisk basert begrunnelse for å kreve stedegne stamdyr for havbeite. Ved utsetting i naturen vil de "kulturproduserte" organismene fritt kunne blande seg og reprodusere med ville individer av samme art. Eventuelle genetiske effekter av havbeitevirksomhet vil derfor kunne bli betydelige, og krav til stamdyr og yngel for utsetting må vurderes i dette perspektivet.

Kamskjell

Den aktuelle arten finnes langs hele kysten fra Oslofjorden nordover til Vestfjorden, men de største forekomstene er fra Vestlandet til Helgeland. En genetisk kartlegging av kamskjell populasjoner er ikke gjort, men undersøkelser gjort av Strand & Nylund (1991) viste forskjeller i reproduksjonssyklus mellom skjell fra Hordaland og Trøndelag. Dette har også vært noe av grunnlaget for å skille stamdyr fra de to regionene i Kamskjellklekkeriet i

Øygarden, i Hordaland. Stikkprøver fra de to typene av klekkeriskjell ble tatt og genetisk analysert basert på allozymer (Igland og Nævdal, 1995). I dette materialet ble det ikke funnet statistisk sikre forskjeller i noen av de undersøkte genetiske systemene mellom de to områdene. En innvending er at det ble brukt klekkeribestander og ikke materialet tatt direkte fra de ville bestandene i de to aktuelle områdene. Dette bør gjøres for å verifisere resultatene. Resultatene fra den norske undersøkelse ble også sammenlignet med data fra England/Frankrike. I disse statistiske sammenligningene var kamskjell fra Norge klart avvikende genetisk sett fra resten av Europa. Ridgeway & Dahle (2000) sammenlignet også kamskjell fra Trøndelag (Bessaker) og Hordaland (Sotra). Deres materialet var basert på 45 dyr fra førstnevnte lokalitet og 48 dyr fra sistnevnte, samlet fra de ville populasjonene. De brukte genetisk variasjon i mtDNA, men heller ikke med denne metodene ble det funnet noen genetiske forskjeller. Også dette materialet ble sammenlignet med tilsvarende data fra de britiske øyer, og det ble funnet til dels store genetiske forskjeller.

Resultater fra genetiske undersøkelser fra andre områder gir noe varierende og forvirrende bilde litt avhengig av hvilken metode som er brukt. Beaumont et al. (1993) fant ingen genetiske forskjeller i et større prøvematerialet fra de Britiske øyer. De samme metodene ble også brukt i et eksperiment hvor en kamskjellbestand ble transplantert fra et område til et annet. Heller ikke i disse studiene ble det funnet genetiske forskjeller, vel og bemerket i de systemene som ble brukt. Detalj undersøkelser av de transplanterte bestanden viste at de reproduktive karakteristika ble beholdt etter transplantasjonen, noe som klart tyder på en arvelig kontroll (Mackie and Ansell, 1993). I de senere årene er det funnet betydelig mer variasjon i samme området når det er brukt andre og mer moderne metoder. Dette gjelder både mtDNA (Wilding et al., 1997; Heipel et al. 1999) og RAPD undersøkelser (Heipel et al., 1998). De nye mikrosatelitt DNA metodene er foreløpig ikke brukt på kamskjell, og det er vanskelig å dra noen omfattende konklusjoner før slike undersøkelser er gjennomført.

I havbeite produseres yngelen av stort kamskjell i klekkeri basert på et begrenset antall stamdyr. Dette vil øke risiko for å miste genetiske egenskaper, og yngelen i klekkerier kan derfor ha en annen genetisk sammensetning i forhold til naturlig bestand. Når produserte skjell settes ut på lokalitetene kan de reproducere seg med ville skjell. Dette kan dermed føre til en reduksjon i arvemateriale i den naturlige forkommende populasjonen, og en kan miste lokale nedarvede tilpassninger. Kamskjell har frittlevende larver. De svever i vannmassen i 4 til 6 uker, og kan forflytte seg over betydelig avstander. Slik kan gener fra havbeiteområder forflytte seg til andre områder med ville skjell. Senere kan arvematerialet fra ville skjell blandes med produserte skjell. Det er viktig å vite hvor stort spenn det er i det arvemateriale for å kunne si noe om effektene av produserte dyr har på ville skjell. Det er også viktig dersom en vil drive avl av stort kamskjell.

For å unngå en eventuell forskyvning i arvemateriale er det viktig at yngelen produseres fra lokale stamdyr. Antallet av stamdyr bør være høy slik at de gjenspeiler arvemateriale i populasjonen. Det vil og være ønskelig at stamdyrene byttes ut ofte for å sikre variasjon innenfor populasjonen. Dersom yngel produseres fra mange lokale stamdyr som skiftes regelmessig vurderes risikoen for en forskyvning i arvematerialet som liten. Da larvene transporteres bort fra gyteområdet er det rimelig å anta at de produserte skjellene formere seg med ville skjell. Dermed vil en blande inn hele bestandens gener igjen til de produserte skjellene. Resultatet kan bli et positivt bidrag til den lokale stammen av skjell. Det er fordi skjell som ligger tett antakeligvis har større reproduksjonssuksess.

Hummer

I motsetning til for kamskjell er det gjennomført en omfattende genetisk kartlegging av hummer, med innsamling av prøver fra i alt 22 lokaliteter fra Hvaler i syd til Tysfjord i nord (Jørstad & Farestveit 1999). Genetiske variasjoner i vevsenzymer (allozymer) ble undersøkt og det ble funnet helt spesielle bestander i Tysfjorden i nord. De statistiske analysene antydte også noe variasjon på Nord-Møre/Trøndelags kysten. Disse studiene er delvis ført videre gjennom det svært omfattende EU prosjekt GEL ("Genetics of European Lobster"). Dette er basert i hovedsak på nyere mtDNA og mikrosatelitt DNA metoder, mens et begrenset prøvematerialet er også analysert for allozymer. Prosjektet omfatter genetisk kartlegging av hummer fra hele utbredelsesområdet, inkludert Middelhavet. Det har også vært gjennomført en rekke eksperimentelle forsøk hvor avkom fra havbeitehummer og vill hummer er sammenlignet. Resultatene er summert i Ferguson m.fl. (2002), og en rekke vitenskapelige publikasjoner vil ta for seg de endelige resultatene.

Resultatene fra GEL prosjektet bekrefter eksistensen av en spesiell hummerbestand i Tysfjord. I tillegg førte prosjektet til mer omfattende og utfyllende prøvetaking i det nordligste område. Litt overraskende ble det også funnet en egen bestand i Nordfolla ikke langt fra Tysfjord. Disse to bestandene var genetisk sett svært ulik hummer fra resten av utbredelsesområde. De var samtidig også forskjellige innbyrdes. Ellers viser resultatene fra resten av Norge små genetiske variasjoner, og disse blir nå nøye vurdert i forhold til krav om stedeagne stamdyr ved havbeitevirksomhet. Som en følge av GEL prosjektet vil det utarbeides detaljerte anbefalinger ikke bare med hensyn til situasjonen i Norge, men også over hele det geografiske utbredelsesområdet i Europa.

I GEL prosjektet ble det også sammenlignet levedyktighet på hummer larver fra vill hummer og havbeitehummer. Disse forsøkene ble gjennomført i tilknytning til Kvitsøy hummerklekkeri og i samarbeid med Kvitsøy kommune. Resultatene er fremdeles under bearbeiding, men en klar trend i forsøkene var større overleving på hummerlarvene fra vill stamhummer. Dersom dette blir verifisert i en mer omfattende statistisk behandling, vil det få betydning for fremtidig havbeitestrategi på hummer.

Oppsummering

Det er behov for omfattende genetisk kartlegging av stort kamskjell i norske farvann. Dette bør gjennomføres ved bruk av flere genetiske metoder, inkludert mikrosatelitt DNA metoder. Kunnskap om genetiske geografiske variasjoner må legges til grunn for vurdering om bruk av lokale stamdyr i klekkeriene, eventuelt antall stamdyr som trengs til klekkeriet. Ved mangel av denne kunnskap må det stilles prinsipielt krav til bruk av stedeagne stamdyr.

Situasjonen er noe ulik på hummer da det finnes betydelig mer genetisk kunnskap. I utgangspunktet er det riktig at det stilles krav om å bruke lokale stamdyr. Undersøkelsene viser lokale stammer i Nord-Norge, men den genetiske variasjon er minimal lengre sør. Materialet i Norge er likevel begrenset omfang analysert for mikrosatelitt DNA, og det bør derfor suppleres med slike analyser i de områdene det planlegges havbeitevirksomhet. Etter hvert som kunnskapen bygges ut, vil det sannsynligvis bli mer aktuelt med regionale stammer fremfor rent stedeagne dyr.

ANDRE MULIGE MILJØKONSEKVENSER

Det er lagt vekt på forhold vedrørende bæreevne for havbeite med kamskjell; definert som (1) hvor mye skjell det kan produseres i et område uten å overstige fødegrunnet, og (2) hvordan skjell kan holdes i havbeite innenfor akseptable rammer med hensyn på virkning på miljø (eksklusiv genetikk og helse). I disse vurderingene har vi tatt for oss produksjon, fødetilgang, vannbevegelse, næringsomsetning, sediment, artsdiversitet, fortregning av arter, konkurranse, forurensing, virkning på ville bestander (bestandsøkning) og høstingsmetoder. Innenfor flere av de omtalte områdene i denne delen er det i forhold til intensjonen i Lov om havbeite om miljømessig forsvarlig drift, behov for økt kunnskap. Mangelen på kunnskap begrenser også våre muligheter for grundig vurdering av miljøpåvirkning innenfor enkelte områder.

Stort kamskjell lever delvis nedgravet i sedimentet med det øverste flate skallet i flukt eller like over sedimentoverflaten. Skjellet lager ofte groper i sedimentet og det øverste skallet ligger da under sedimentoverflaten. Skjellet graver seg ned i sedimentet ved å rette en utgående vannstrøm ned mot sedimentet samtidig som dyret roterer slik at sedimentet blir "blåst opp" av fordypningen og gjerne havner oppå skjellet. Fluktrespons (svømming) hos kamskjell er et viktig forsvar mot predatorer, i første rekke sjøstjerner. Det er imidlertid i liten grad kjent om nedgraving i sedimentet fungerer som skjul eller som kamuflasje for predatorer og i hvilken grad skjellets posisjonen i sedimentfordypningen har betydningen for næringsopptak. Opptak av føde skjer ved at vann pumpes fra vannmassene like over sedimentet, og mikroskopiske partikler filtreres fra når vannet passerer gjelleoverflaten. I naturen finner vi stort kamskjell fra under fjæremålet og ned til flere hundre meters dyp. Kamskjell er vanligst i dyp fra 10 til 30 meter. De er vanligvis flekkvis fordelt og trives i strømrike områder, hvor de kan forekomme i tettheter på opptil 10-15 skjell per m². På slike lokaliteter vil skjellene kunne dominere bunn faunaen.

Arealkrav

Ved betraktninger om krav til areal for produksjon av kamskjell i havbeite, vil tetthet av skjell, produksjonstid og overlevelse være de viktigste faktorene. Produksjonstiden bestemmer hvor mange generasjoner man må ha samtidig i virksomheten for å kunne ha en kontinuerlig (årlig) produksjon. Det er her ikke tatt hensyn til biologiske problemstillinger som bæreevne. Vi velger å ta utgangspunkt i et produksjonsvolum på 100 tonn per år, som er antatt å være reell skala for en fremtidig kommersiell virksomhet. Med en førstehånds kilopris på 20 kr representerer dette verdier i størrelsesorden 2 millioner kr. Forutsetter vi en produksjonstid på tre år, overlevelse som ender med høsting av fem skjell per m² og fem skjell per kilo, så krever dette tre områder på 100 mål eller totalt 300 mål.

Den etablerte strategien for produksjon av kamskjell innebærer en fase i mellomkultur der 15 millimeter store skjell oppbevares i korer inntil to år før de settes ut til havbeite. Tidspunkt for overføring av skjell fra mellomkultur bestemmes av skjellenes evne til å overleve på bunn. I frie utsett er krabben en stor risiko, og det er da nødvendig å dyrke frem skjell som er 70-80 millimeter store for å få kunne få akseptabel overlevelse. Bruk av gjerder på bunn for å hindre krabbene tilkomst til skjellene er sannsynligvis nødvendig for å utvikle havbeite med kamskjell i Norge. Det er dokumentert høy overlevelse av skjell som er > 50 millimeter ved utsett (Strand m.fl. 2002). Det er også oppnådd lovende resultater fra innledende forsøk med innhegninger for små skjell som kan åpne for direkte utsett av 15 millimeter små skjell i havbeite. Dette medfører imidlertid økt produksjonstid i havbeite, fra 2-3 år etter utsett av 50 millimeter store skjell til 3-4 år etter utsett av små skjell (20 mm). Selv om små skjell kan

dyrkes i større tettheter enn store skjell, vil det ved utsett av små skjell være behov for noe større lokaliteter. Dette avhenger av om driftsform tillater tynning av skjell på bunn.

I tabell 1 er det på grunnlag av tallene over gitt en oversikt over forventet krav til areal med beregnet produksjon og verdi ved ulike produksjonstider for en enhet havbeite med kamskjell i en antatt kommersiell skala. Produksjonsmetode (gjerde eller frie utsett), strategi og topografi/bunnforhold i havbeiteområdet vil være de viktigste faktorene som påvirker arealkravet i området 100-500 mål.

I øyriket Froan utenfor Trøndelagskysten finnes sannsynligvis den største bestanden av stort kamskjell i Norge. Området strekker seg over 500 km² og det fangstes om lag 500 tonn kamskjell hvert år. Dersom 3 prosent av dette arealet kan brukes til havbeite av kamskjell kan det gi en årlig produksjon på om lag 7 500 tonn ved en produksjonstid på to år i havbeite. Det representerer verdier for 150 millioner kr.

Tabell 1. Arealbehov ved havbeite ved ulike produksjonsvolum og -tid. Utregningsgrunnlaget finnes i teksten

Areal i mål	Produksjonstid i år	Produksjon i tonn	Omsetning i mill nok
100	2	50	1,0
200	2	100	2,0
500	2	250	5,0
100	3	33	0,7
200	3	67	1,3
500	3	167	3,3
100	4	25	0,5
200	4	50	1,0
500	4	125	2,5

Bæreevne - fødegrunnlag

Vi betrakter først bæreevne i havbeite under definisjon (1)- hvor mye det kan produseres i et område uten å overstige fødegrunnlaget. Viktige faktorer som påvirker bæreevne til havbeiteområder er størrelse på lokalitet (topografi), fødetilgang og vannbevegelse. I praktisk havbeite kan situasjoner hvor fødegrunnlaget overstiges registreres ved svekket kondisjon, nedsatt vekst og i verste fall økt dødelighet.

Fødegrunnlaget for kamskjell på bunnen

Skjellenes føde er ikke jevnt fordelt i vannmassene. Produksjon av planteplankton er avhengig av nok lys og næring, og kan dermed ha en ujevn fordeling i vannsøylen. I områder med omrøring i vannsøylen (strømrike sund eller grunne områder) vil denne forskjellen utviskes og konsentrasjonen vil være jevnere fordelt. Uavhengig av fordelingen av fødepartikler i øvre del av vannsøylen vil konsentrasjonen av partikler, både alger og organisk materiale, normalt øke like over bunnen. Denne sonen kalles for benthisk turbiditets sone, og er svært viktig for kamskjellet da det filtrerer all føde fra dette laget.

Undersøkelser i franske farvann (Brestbukten) viser at fødekonsentrasjonen (målt som planteplanktonpigmenter) 1 cm over bunn målt gjennom hele året er 10-20 ganger høyere enn en halv meter over bunn (Chauvaud, m.fl., 2001). Selv om denne faktoren sannsynligvis varierer mellom ulike systemer, viser dette at vurderinger om fødegrunnlaget for bunnlevende dyr som kamskjell må ta utgangspunkt i dynamikken i den benthisk turbiditets sonen.

Fødebegrensning hos skjell i havbeite?

Bakgrunnen for å bruke 10 kamskjell per kvadratmeter ved utsett er erfaringer fra Japan og Frankrike som viser at skjellene sprer seg til rundt 10 skjell per kvadratmeter hvis de blir satt ut på bunnen i høyere tettheter. Det er i Japan også rapportert om høy dødelighet når tetthet av voksne skjell var høyere enn dette (Dao, m.fl., 1999). De tettheter som i dag benyttes for kamskjell i havbeite er dermed ikke høyere enn tettheter som finnes i naturlige bestander. I et havbeite vil man imidlertid ha høye tettheter over et vesentlig større område enn i naturlige bestander. Skjellenes uttak av føde fra den benthiske turbiditets sonen, og tilførsel av partikler ovenfra vil være avgjørende for om skjell som ligger ”nedstrøms” i et havbeiteområde risikerer fødebegrensning. Selv om vår kunnskap er begrenset om sammenheng mellom størrelse på bunnområde, tetthet av skjell og risiko for fødebegrensning, så er det i de senere år gjort erfaringer som gir indikasjoner og verdifull informasjon for fremtidig havbeite i Norge. I Japan, hvor det produseres flere hundre tusen tonn kamskjell i havbeite, er det i de senere år registrert redusert matinnhold og nedsatt vekst hos kamskjell i enkelte områder. Dette tror man skyldes for høye tettheter i for store områder og dermed fødebegrensning (Kurata, 2002). Tilsvarende erfaringer har man fra New Zealand (se Agnalt m fl 2001). Det er imidlertid flere forhold som tilsier at disse erfaringene har begrenset relevans for et havbeite med kamskjell i Norge innen overskuelig fremtid. De sammenhengende områdene det dyrkes på er store (skala 10-100 km²) mens det hos oss er forventet enheter i skala 0.1-0.5 km². Dyrkingen i Japan er vesentlig mer ekstensiv og påvirket av naturlig rekruttering til bunnområdene (noe som sannsynligvis forårsaker de høye tetthetene). I Norge vil havbeite innen overskuelig tid være vesentlig mer intensivt (kontrollert) og påvirkning fra økt naturlig rekruttering er lite sannsynlig. Selv om utviklingen av havbeite hos oss vil være i en liten skala sammenlignet med havbeite i Japan og New Zealand, er det viktig å velge strategier som forebygger at en kommer i situasjoner med fødebegrensning.

Det er i denne sammenheng viktig å nevne at havbeite med kamskjell i Japan illustrerer at bæreevne med hensyn på fødegrunnlag for skjell er meget stort. I første halvdel av forrige århundre var årlige fangster fra naturlige bestander på 10-70 tusen tonn. Etter at kultivering ble startet i 1970'årene har produksjonen stabilisert seg på 300-400 tusen tonn. Med riktig fordeling av biomassen (tetthet) på bunn slik at hvert skjell får nok føde, er det normalt et meget stort fødegrunnlag for skjell.

I Norge vil overvåkning av vekst hos skjell fra ulike deler av havbeiteområdet kunne avdekke om det oppstår fødebegrensning. Det er imidlertid behov for økt kunnskap om dynamikken i fødetilgang og -opptak i kamskjell på bunn, relatert til spørsmål om hvor tett kamskjell kan holdes i et havbeite. Dette gjelder særlig ved bruk av gjerder i havbeite (Agnalt m.fl. 2001), hvor tetthet av skjell vil være avgjørende for lønnsomheten ved bruk av gjerder som predatorkontroll.

Målet om å etablere strategier som gir best mulig helse for skjellene er naturligvis også viktig å inkludere når bæreevne og tetthet i havbeite skal vurderes.

Variasjon i fødetilgang til kamskjell i havbeite

Fødetilgang til skjell varierer gjennom året både i mengde og kvalitet. Denne variasjonen har generelt gjort det vanskelig å karakterisere fødens ernæringsmessige betydning for skjell. Miljøforhold (temperatur, saltholdighet) som påvirker fødeopptak og omsetning av føde (stoffskifte) varierer også gjennom året, samtidig som skjellenes biomasse endres i produksjonssyklusen. I tillegg konkurrerer skjell med en rekke dyr om føden og fødetilgangen er forskjellig på de ulike lokaliteter. Bæreevnen vil dermed være ulik på forskjellige lokaliteter. Det er i løpet av de siste tiår startet utvikling av matematiske modeller for simulering av skjellproduksjon under ulike betingelser og beregning av bæreevne. Med utgangspunkt i de anbefalinger som kan gies om tetthet og driftsform i havbeite er det avgjørende at aktører i havbeite tilegner seg kunnskap om produksjonsforhold i sitt område for å optimalisere dyrkingen. Denne kunnskapen kan oppnås gjennom nøye overvåking av vekst, overlevelse og kondisjon (helse). Det anbefales derfor at det gis føringer i driftsforskriftene med havbeite der tetthet av skjell, vekst og overlevelse registres.

Vannbevegelse er vanligvis generert av tidevann og vind. Filtrende skjell trenger tilstrekkelig vannbevegelse for å få ny tilførsel av føde og for å lede bort avfallstoffer. Det er derfor viktig å bruke lokaliteter med god vannutskilling (strømrike lokaliteter) for å sikre tilstrekkelig fødetilgang.

Oppsummering

- Tettheter som benyttes for kamskjell i havbeite er ikke høyere enn det man finner i naturlige bestander. I et havbeite vil man imidlertid ha høye tettheter over et vesentlig større område enn i naturlige bestander.
- Bæreevne (basert på fødegrunnlag) til kamskjell i havbeite er lite kjent utover det som er erfart fra industrielt havbeite i andre land. Selv om utviklingen av havbeite hos oss vil være i en liten skala sammenlignet med dette er det viktig å velge strategier som forebygger at en kommer i situasjoner med fødebegrensning. Det er avgjørende at lokaliteter har god vannutskifting.

- Det anbefales at det gis føringer i driftsforskriftene med havbeite der tetthet av skjell, vekst og overlevelse registres slik at aktører i havbeite tilegner seg kunnskap om produksjonsforhold i sitt område for å optimalisere dyrkingen.

Bæreevne i havbeite - virkning på miljø

I denne delen betrakter vi bæreevne til kamskjell i havbeite under definisjon (2) hvordan skjell kan holdes i havbeite innenfor akseptable rammer med hensyn på virkning på miljø.

Virkning på sedimentet

Partikkelstørrelse som sand, silt og leire anvendes til å kategorisere sedimenter. Lokalteter med begrenset vannstrøm er ofte dominert av finere og bløte sedimenter, mens høyere strømhastigheter gir grovere sedimenter som sand. Siden sedimenttype og vannstrøm ofte henger sammen er det en gradient av sedimenttyper, særlig i kystnære områder. Generelt lever skjell som filtrerer vann for fødepartikler på relativt grovt sediment. Stort kamskjell kan leve på en rekke ulike sedimenter men typisk finnes de på underlag av grov type som skjellsand.

Stort kamskjell kan påvirke det øverste laget av sedimentet gjennom dannelse av groper, resuspensjon av materiale og avsetning av avføring (faeces).

- Ved utsett til havbeite slippes skjellene fra vannoverflaten. Skjellene synker gjennom vannmassen og legger seg på sedimentet. I løpet av kort tid vil de begynne å grave seg ned og ofte danne en grop. Dette gjør skjellet ved å rette en utgående vannstrøm ned mot sedimentet samtidig som dyret roterer slik at sedimentet blir "blåst opp" av fordypningen og gjerne havner oppå skjellet.
- Ved utsett på sediment med fine partikler vil sedimentet resuspenderes gjennom aktivt filtrering av vannet. I denne prosessen "spylar" de vekk det øverste laget av sedimentet og det som måtte befinne seg der. Dette kan observeres ved at skjellene etter en stund er omgitt av et grovere sediment enn det omkringliggende.
- Avføring fra skjellene som avsettes på bunnen øker næringsinnholdet til sedimentene omkring og til de organismene som lever der.

Den fysiske virking av kamskjell i havbeite på sediment er reversibelt. En eventuell økt tilførsel av organisk materiale (i form av avføring fra skjellene) kan betraktes som en bedring av miljøforholdene for andre organismer på bunn, såfremt oksygenforholdene opprettholdes. Filtrerende skjell er viktige for andre bunnlevende organismer. De øker det organiske materialet i sedimentet eller i den bentiske turbiditetssonen. Ved avsetning av organisk materiale til sedimentet har en filtrerende børstemark doblet mengden føde til andre bunnlevende organismer (Schmager, 1988). Dette gav et bedret miljø for små dyr. Det kan tenkes at stort kamskjell i havbeite på denne måten kan øke næringsinnholdet i sedimentet og i vannmassene (se næringssirkulering) og derved øke fødetilgangen for andre marine organismer.

Det er vist at store mengder filtrerende skjell kan danne strukturer som endrer det fysiske strømmiljøet på levestedet (Dame, 1996). Banker med blåskjell eller østers er eksempler på dette. Kamskjell ligger enkeltvis på bunnen og vil ikke påvirke strømmiljøet i stor skala, men kan forårsake turbulens, og derved resuspensjon på mikroskala.

Virkning på næringsomsetning

Skjell øker nærings sirkuleringen ved å bearbeide partikler som føres til skjellet fra vannmassene. Avfallsproduktene blir avsatt på sedimentet eller utskilt som næringsstoffer til vannet. Måten skjell behandler næringsstoffer, både direkte av dyret og indirekte i nærliggende sedimenter, kan øke konsentrasjonen av næringsstoffer i bunnmiljøet. Det gir økt næringstilgang til andre bunnlevende dyr og frigir næringsstoffer til ny algeproduksjon. Gjennom nærings sirkulering kobler skjell bunnmiljøet til de frie vannmassene. Skjell binder næringsstoffer lengre enn plankton fordi de lever lengre og har betydelig større biomasse (Dame, 1996).

Oksygenfattige miljøer som følge av havbeite?

Innføring av høye tettheter av kultiverte organismer øker det lokale oksygenbehovet og sedimentering av organisk materiale (Kaiser m.fl., 1998). Oksygenmangel kan oppstå ved dyrking av skjell som medfører økt organisk belastning og sedimenteringen av organisk materiale til bunnmiljø. Under hengende kulturer med eksempelvis blåskjell, på grunt vann og ved lav vannutskiftning kan det avsettes sedimenter som forbruker mer oksygen enn det som tilføres. Det kan da skapes et miljø uten oksygen som frigir skadelige gasser. Det er flere grunner til at oksygenmangel ikke er forventet som et problem ved kamskjell i havbeite, bl. a.:

- Produksjonen i havbeite med kamskjell er vesentlig lavere enn for hengende kulturer med blåskjell (1,5 kg kamskjell per m² mot 40-125 kg blåskjell per m²), og dermed er den organiske belastningen på sedimentet og oksygenbehovet betydelig lavere.
- Kamskjell trives på strømrrike lokaliteter med stor vannutskiftning og hvor det er begrenset organisk sedimentering. Det organiske materialet omsettes hurtig på slike lokaliteter (se nærings sirkulering). Det konkluderes med at det ikke er fare for et uheldig reduksjon av oksygen i bunnmiljøet som følge av havbeite med kamskjell.

Rovdyrbeskyttelse

Rovdyr på skjell i Europa er fugl, fisk, krabbe, sjøstjerne, sjøpinnsvin, bløtdyr og flatorm (Spencer, 1991). Høye tettheter av kamskjell tiltrekker seg rovdyr. Det er først og fremst taskekrabbe (*Cancer pagurus*), vanlig korstroll (*Asterias rubens*) og ishavstjerne eller piggsjøstjerne (*Marthasterias glacialis*) som tar kamskjell i Norge, men gråsteinbitt (*Anarhichas lupus*) spiser også skjell. Utsett av kamskjell fritt på bunn har i de fleste tilfeller medført uakseptabel høy dødelighet, mens forsøk der man holder rovdirene ute med gjerde har gitt meget gode resultater (Strand m.fl., 2002). Andre metoder for predator kontroll er fiske med ruser, teiner, garn eller fjerning ved hjelp av dykkere (se Agnalt m.fl. 2001). Med bakgrunn i de resultater som er oppnådd (Strand m.fl., 2002) er det sannsynlig at de fleste havbeiteområder med kamskjell bør omslutes av gjerdene. De alternative metodene for predator kontroll vil trolig kreve utsett i meget stor skala, som først er realistisk i en senere fase av utviklingsarbeidet. Forhold som er aktuelle å ta hensyn til ved bruk av gjerdene inkluderer: Inngrep i bunnstrukturen, endringer i strømførhold, sedimentering ved gjerdene, materialvalg i gjerdene (se forurensing) og muligheter for fjerning av gjerdene.

Fortregning av andre arter

Ved oppstart av havbeite er valg av lokalitet viktig. Dyrkerne vil foretrekke lokaliteter der det naturlig finnes kamskjell, da dette er godt mål for at skjellene trives der. Naturlig tetthet av kamskjell er fra mindre enn 1 skjell per m² opp til 15 skjell per m². På store områder som er godt egnet for havbeite vil man kunne forvente en naturlig tetthet av kamskjell på omlag 1 skjell per m². Ved å øke tettheten til flere enn 5 skjell per m² spør man hvordan det vil gå med

andre dyr som lever på lokaliteten. Det er her diskutert konkurranse om leveste, artsmangfold, naturlig høye tettheter av kamskjell og dekningsgrad.

Konkurranse om plass?

Stort kamskjell lever delvis nedgravd, i overgangen mellom vannmassen og sedimentet. Det er relativt få arter som innehar samme levested. Det er langt flere arter som lever nedgravd i eller på sedimentet. Noen arter som lever i sedimentet har strukturer som strekker seg fra dyret til overflaten, eksempler på dette finnes både blant børstemark og skjell. Det kan naturligvis tenkes at kamskjell kan redusere habitatet til disse artene ved at de fysisk opptar noe av overflaten som er tilgjengelig for strukturene som kommer opp fra sedimentet.

Ved utsett av 10 skjell per m², og uten dødelighet, vil disse skjellene som fullvoksne (10 cm stor) dekke inntil 10 prosent av bunnoverflaten (se avsnitt nedenfor). De fleste arter som lever på løst sediment er mobile og det er lite trolig at de blir fortregning av kamskjell. Det finnes få fastsittende arter nettopp fordi sedimentet er løst og det er få steder å feste seg. I likhet med mobile arter er det lite trolig at fastsittende organismer blir fortregnet av stort kamskjell i havbeite.

Fortregning av andre arter som følge av økt dekningsgrad?

Kamskjell i havbeite vil ikke dekke store deler av bunnen slik som blåskjell, oskjell og østers kan gjøre. Ved utsett av 10 skjell per m², og uten dødelighet, vil disse skjellene som fullvoksne (10 cm stor) dekke inntil 10 prosent av bunnoverflaten. Ved en dekningsgrad på maksimalt 1/10 av arealet er det rom for mange levesteder imellom skjellene. Det er dermed usannsynlig at stort kamskjell i havbeite vil utelukke andre arter som en følge av høy tetthet eller betydelig dekningsgrad. Det man ikke vet er om økt tetthet kan medføre endringer i artssammensetning.

Artsmangfold i naturlige populasjoner av stort kamskjell

Langs Trøndelagskysten finner vi de største sammenhengende områder av stort kamskjell i Norge. Egne observasjoner fra områder over mange mål med høy tetthet av stort kamskjell (over 5 skjell per m²) tyder på et rikt og meget variert sammensatt dyreliv på bunnen. Det synes klart at naturlige bestander av kamskjell kan leve i sameksistens med mange andre arter selv under store tettheter. Det er derfor ikke grunn til å frykte at havbeite med kamskjell blir en form for monokultur, slik man ofte ser i jordbruket.

Det konkluderes her med at det ikke er fare for fortregning av andre arter som følge av konkurranse om levested eller ved økt tetthet, men det er uvisst om økt tetthet kan forandre artssammensetningen.

Høsting av kamskjell i havbeite

Alternative metoder for å høste kamskjell fra havbeite er gjennom dykking, fjernstyrt undervannsfarkost eller bunnskraper / trål. Her legges det mest vekt på miljøkonsekvenser ved bruk av redskap som trekkes over bunnen da det er betydelig litteratur om dette emnet.

Dykking

Fangsting av stort kamskjell i Norge gjøres i dag kun ved dykking. Det er noe forskjeller i bruk av dykkerutstyr, pustegass og redskap for å samle kamskjell, men fremgangsmetoden er lik: Skjellene samles i nett som sendes til overflaten med løfteballonger (fylles med medbrakt luft) som fra overflaten hentes av følgebåt. Under innsamling av skjell, og spesielt når fangstnettene blir tunge "går" dykkeren på bunnen. Da vil sleping av tunge fangstnett og fraspark med svømmeføtter kunne medføre kortvarig og fysisk lett virkning på sedimentet.

Effekten av dette er ikke kjent, men er vesentlig mindre alvorlig sammenlignet med et alternativ som å fangste med bunnredskap. I Frankrike er det nylig startet et arbeid med å utrede om sportsdykking har noen innvirkning på miljøet, men det foreligger så langt ikke resultater.

Fangsting av kamskjell ved hjelp av dykkere er ekstremt selektiv. Dykker velger ut ønskede kamskjell, og man unngår dermed fangst av andre uønskede bunndyr (bifangst) eller kamskjell av ”feil” størrelse. Med bakgrunn i disse forholdene og den relativt beskjedne bunnpåvirkning er dykking en miljøvennlig fangstmetode. Det er imidlertid en rekke aspekter vedrørende arbeidsforhold og sikkerhet ved dykking som klart bidrar til at kostnadene er relativt høye, og man regner med at andre metoder i fremtiden vil erstatte betydelige deler av dykkingen.

Fjernstyrt undervannsfarkost

Med bakgrunn i den teknologiske utvikling innen fjernstyrte undervannsfarkoster og undervannskamera har det i flere år vært interesse for å se på muligheter for å bruke dette i en effektivisering av fangsting av kamskjell. Det er etter det vi har fått opplyst startet arbeid med utvikling av to varianter av fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV) spesialtilpasset fangsting av kamskjell. Opptaket av skjell fra bunnen er tenkt ved hjelp av undertrykk (sug) eller rake. Når skjellene er løftet opp fra bunnen transporteres de til overflaten i rør (sug) eller i kurver som løftes med luft. Farkosten styres fra overflatefartøy, og forflytter seg på ”larveføtter” eller store hjul. Det har ikke lyktes å finne frem til vekten på farkosten eller kraften på ”suget”. Dette vil være faktorer som er avgjørende for vurdering av miljøkonsekvenser for redskapen. Det kan konkluderes med at det som en del av utviklingsarbeidet vil være nødvendig å vurdere mulige konsekvenser på bunnmiljø ved fangsting med fjernstyrt undervannsfarkost for kamskjell.

Skraping og tråling

Fangstutstyr som trekkes langs bunnen av båt (bunnskrapere eller bunntål) har betydelig konsekvens for miljøet, og er en av de største antropogene forstyrrelser på sjøbunnmiljøer i verden (Kaiser, 2000). Til fangst av kamskjell brukes det hovedsakelig ulike typer bunnskrapere, men også bunntål brukes. Det finnes flere typer bunnskrapere. Skrapene er utformet etter hvilken bunntype som skal skrapes, men prinsippet er stort sett det samme: Foran på bunnskrapen er det en metallstang med tenner (rake). Tennene peker skrått forover og raker seg gjennom bunnen. Bunnen av posen bak raken, hvor skjellene fanges, består ofte en matte av metallringer. Sidene og toppen av samleposen er av lettere materiale som nylon. I forkant av selve skraperammen er det ofte benyttet slepebånd med meier eller hjul.

Følgende gjennomgang av miljøeffekter av bunnskraping eller –tråling av kamskjell er hovedsakelig hentet fra Strohmeier m.fl. (1999), som oppsummerte erfaringer og kunnskap om fangsting av kamskjell med bunnredskap. Bruk av bunnskrape for fangsting av kamskjell er forbundet med en negativ virkning på både bunnmiljøet og kvaliteten på skjellene som høstes. Graden av påvirkning vil være avhengig av hvilken type bunn redskapen dras over, typen av utstyr som blir bruk, hvor ofte område skrapes, hvordan redskapen blir brukt og til hvilken tid på året fangstingen skjer. Miljøkonsekvenser ved bruk av slikt utstyr kan dels inn i tre kategorier: Effekter på kamskjellene, miljøeffekter på andre organismer (bifangst) og miljøeffekter på bunn.

Effekter på kamskjellene

Bunnskrapen kan skade og drepe kamskjell på ulikt vis. Kamskjellskrapere som taues med en fart på 3 til 6 knop kan knuse skjellene, dele skallene fra hverandre, føre til at skjell blir nedgravd i sedimentet eller påføre skallet dødelig skade. Det er antatt at omfanget av skaden kan relateres til fangstet vekt i nettet, innholdet i nettet (eks stein) og hvor mange ganger skjellene har vært i kontakt med bunnredskapen. Andre faktorer - som bunntype, bunnredskapens konstruksjon og størrelsen på kamskjellet, virker inn på skadene og dødeligheten til kamskjellene. Andre mulige effekter av skrapingen er at yngel dekkes av oppvirket bunnslam, og at substratet hvor yngelen fester seg ødelegges.

Den vanligste dødsårsaken er brudd på hengselet som holder skalledelene sammen. Brudd på skallkanten er den vanligste effekten av skrapen, men dette er ikke nødvendigvis dødelig. Andre effekter er stressfaktorer på skjellene etter at de er blitt forflyttet, gravd opp, snudd eller stimulert til hyppig svømming. Skadde kamskjell er mer utsatt for rovdyr. Kamskjell som er stresset kan også ha redusert evne til å svømme bort fra rovdyrene. Vi kan derfor anta at dødeligheten av skjell er høyere enn det som kan måles som en direkte effekt av skrapingen.

Et bunnskrap vil inneholde omlag 15-25% av kamskjellene i området redskapen dekker. Av landet fangst vil ofte omlag 10% være dødelig skadet, og mellom 10 til 20% som ikke kom med i bunnskrapet, men som var i kontakt med bunnskrapen vil være dødelig skadet. Dermed blir resultatet at man dreper en betydelig andel skjell i forhold til det som fangstes levende.

Effekter på andre organismer (bifangst)

Bunnskrapene er lite selektive. De vil fange andre arter enn kamskjell. Det gjelder i hovedsak dyr som er store nok til å bli fanget opp, og de som ikke svømmer eller kryper unna hurtig nok. Også her er det forskjeller mellom bunntypene. Det skyldes naturligvis at artssammfunnene er ulike på de forskjellige bunntypene. Vanlige bunndyr er flere typer hydroider, kråkeboller, sjøstjerner, slangestjerner, krabber, tanglus, reker, skjell og bunnfisk. I noten kan organismene bli skadet eller drept av trykket fra annet materiale i nettet, eller under flukten gjennom maskene i nettet. Organismene har også en tendens til å feste seg i raken og blir da trukket med bunnskrapen langs bunnen. Dette medfører ofte kvestelse. Til slutt så kan de bli skadet under sortering ombord, før de eventuelt kastes tilbake i sjøen. Dødeligheten varierer fra 100% hos hydroider til nesten ingen dødelighet for vanlig korstroll.

De fleste bunnlevende organismer som lever nede i sedimentet viser en artsspesifikk dybdepreferanse, ofte avhengig av sedimentets sammensetning. Bunnskrapen kan gå gjennom mangfoldige centimeter av sedimentoverflaten og kan skade organismene som kommer i kontakt med utstyret. Det er vist at skraping medfører forandringer i sammensetningen av bunnsamfunnet.

Effekter på bunn

I ulike deler av verden drives det med bunnskraping på et vidt spekter av bunntyper - alt fra mudder, sand, skjell, grus, stein og blandingsbunner. Felles for bunntypene som skrapes er at det øverste laget skrapes bort. Noe vil bli skjøvet til siden for skrapen, annet samlet i hauger, vertikale lag blandes og sedimentet virvles opp i vannet. Hvor dypt skrapen trenger ned i substratet er til dels avhengig av bunntypen. I mudderbunn kan den trenge ned til omlag 10 centimeter.

Avskrapingen av det øverste laget kan føre til en nedgang i biomassen av bunnfauna, særlig på bløtbunn. Den fysiske påvirkningen av bunnsedimentet kan føre til at næringsstoffer frigjøres til vannmassene. Det vil også kunne forekomme en nedgang i de forskjellige klassene av mikroorganismer, men med en økning av anaerobe bakterier. Korttidseffekter kan være et skifte i næringskjeden mot et miljø preget av organisk nedbrytning, ofte uten god tilførsel av oksygen. Dette vil kunne påvirke produksjonen av bunnlevende organismer. Eventuelle langtidseffekter er imidlertid vanskelig å forutsi, men erfaringer fra Maine i USA tyder på en nedgang i produksjonen av bunndyr, og et samfunn mer dominert av sopp og bakterier.

Bunnskraping etter stort kamskjell har ved flere anledninger vært forsøkt i Norge (Wiborg og Bøhle 1974; Strand og Parsons, under trykking), men resultatene har vært negative. Dette skyldes i første rekke at områder med de største konsentrasjoner av kamskjell i Norge er karakterisert av ujevn topografi. I områder hvor det er mulig å bunnskrape har andelen kamskjell i fangstene vært svært små. På bakgrunn av disse erfaringene og omfattende dokumentasjon om negative og alvorlige effekter av bunnskraping av kamskjell på bunnmiljø bør man forhindre bruk av tradisjonelle bunnskraper for høsting av kamskjell. Dette bør gjelde både fangsting av ville bestander og fra havbeite.

Bestandsøkning

I havbeite vil kamskjell settes ut på bunn i høye tettheter sammenlignet med de naturlige bestandene. Det er antatt at kamskjell som ligger tett, har et stort rekrutteringspotensial og styrking av den naturlige bestand kan bli en positiv virkning av storskala havbeite. Bidraget fra havbeiteindivider på rekruttering til den naturlige bestanden, inkludert genetiske og helsemessige forhold vil være sentral i vurdering av et bærekraftig havbeite.

I Norge er fangst av stort kamskjell ikke regulert. Det har vært en betydelige økningen i fangster de siste år, og behov for forvaltning av denne ressursen har vært påpekt fra både fagmiljø og næringsaktører (se Agnalt m.fl. 2001). Fra noen næringsaktører er det rapportert om en vesentlig nedgang i forekomster i visse områder. En tendens til økt behov for å finne nye fangstfelter utenfor de tradisjonelle fangsområdene tyder også på at bestandene er hardt beskattet. Utover dette er bestandsutviklingen til stort kamskjell ukjent. Det er mange eksempler på overbeskatning av kamskjellbestander, verden over (se Agnalt m.fl. 2001), og Norge bør ha ambisjoner om forvalte denne ressursen på en bærekraftig måte.

Det er grunn til å frykte en nedgang i kamskjellbestanden som følge av fangst fra dykkere. Dette skyldes at dykkere selekterer den del av bestanden som har størst tetthet av skjell. Det er antatt at den reproduktive suksessen er størst for skjell som ligger tett. Dette skyldes at egg og spermier slippes fritt i vannmassen og må komme i kontakt med kjønnsprodukter fra et annet skjell i nærheten. I et havbeite med kamskjell vil tetthet være nær den maksimale tetthet man finner naturlig, men over betydelig større områder. Den reproduktive suksess for kamskjell i havbeite er derfor sannsynligvis relativt høy og vil kunne bidra sterkt i rekruttering til naturlige bestander. Havbeite vil dermed potensielt kunne styrke eller rehabilitere populasjoner som er svekket. Klare problemstillinger i forhold til dette er produksjon av setteskjell til havbeite som sikrer det genetiske mangfoldet innenfor populasjonen, og en forvaltning som hindrer spredning av eventuelle sykdommer mellom lokaliteter.

Forurensning

Det er vanskelig å tenke seg miljøkonsekvenser med bakgrunn i forurensning for yngel som settes fri og finner føde i det naturlige miljø. Dersom det er aktuelt med fysiske tiltak og avgrensning supplert med tilleggsføring, må dette vurderes spesielt opp mot Oppdrettsloven og Forurensningsloven. Men for et havbeite vil det uten tvil være tale om mye lavere tetthet av dyr og større spredning av eventuelle fôrrester.

Fysiske installasjoner på bunn som del av havbeitevirksomhet, eksempelvis gjerde for beskyttelse mot krabbe, bør vurderes for innhold av stoffer som ikke er ønskelige å innføre i det marine miljø. De gjerdene som brukes i dag er laget av aluminium, og det er stilt spørsmål om aluminium kan "lekke" til omgivelsene og påvirke miljøet. I undersøkelser av kamskjell dyrket i aluminiumsbur ble det ikke påvist akkumulering av aluminium i skjellene (Strohmeier og Strand, 2002). Installasjoner på bunn (gjerder) bør til en hver tid kunne fjernes dersom havbeitelokaliteten avvikes.

Skjell kan motvirke forurensning og i første rekke eutrofiering som skyldes økt næringstilgang av nitrogen og fosfor. Disse næringselementene tilføres det marine miljø fra avrenninger fra land og tas opp i planteplankton som utgjør en stor del av skjellenes føde. Dermed fjernes nitrogen og fosfat når kamskjellene høstes. Skjell er i flere sammenhenger vurdert brukt som rensestasjoner (se Hovgaard m.fl., 2001. s. 97-99) og som miljøindikator (se Dame, 1996; Strand, 2002). I en rekke land er skjell brukt til å overvåke forurensning som spormetaller, klorerte hydrokarboner, olje og "radionucleider".

Oppsummering

- Påvirkning av havbeite med kamskjell på bunnsedimentet er reversibelt, og det kan trolig ikke påvises varige negative konsekvenser. Det er mer sannsynlig at miljøforholdene bedres for andre organismer som en følge av omsetning av organisk materiale.
- Det er ikke fare for uheldig reduksjon av oksygen i bunnmiljø.
- Det er ikke fare for fortregning av andre arter som følge av konkurranse om levested eller ved økt tetthet.
- Miljøpåvirkning på bunnstruktur, strømforhold og sedimentering er sannsynligvis meget lokal, kortvarig og av liten grad ved bruk av gjerder.
- Høsting og fangst av kamskjell med skrape eller trål innebærer omfattende miljøkonsekvenser og bør derfor ikke tillates.
- Områder regulert til havbeite kan være med på å styrke eller rehabilitere populasjoner som er svekket.
- Det er vanskelig å tenke seg miljøkonsekvenser med bakgrunn i forurensning for yngel som settes fri og finner føde i det naturlige miljø

FYSISKE INSTALLASJONER

Havbeite med hummer og kamskjell benytter svært forskjellige bunntyper. Formålet med å introdusere fysiske enheter i et havbeite område er også forskjellig. For kamskjell er det viktig å redusere predasjon, særlig fra taskekrabbe. Dette er også viktig for hummer, og gjøres det ved å introdusere fysiske enheter som skaper skjul for hummeren.

Utsett av kamskjell fritt på bunn har i de fleste tilfeller medført uakseptabel høy dødelighet, mens forsøk der man holder rovdirene ute med gjerde har gitt meget gode resultater (Strand m.fl., 2002). Det pågår produksjon og videreutvikling av gjerder til bruk i havbeite med kamskjell, og det er sannsynlig at de fleste havbeiteområder med kamskjell i overskuelig fremtid vil bli omsluttet av gjerder.

Det har vært flere typer gjerder under utprøving (Strand og Hansen, 2000; Strand m.fl. 2002). De forskjellige typene vil ha ulik påvirkning på nærmiljøet. Ved bruk av gjerde er virking på bunnstruktur, strømforhold og sedimentering sannsynlige virkninger. Her tas det utgangspunkt i de modeller som er kjent i bruk. Gjerde vil da stå på en tung fot eller være gravd noe ned i sedimentet slik at stabilitet oppnåes. Langs utsiden av gjerdet kan det graves ned en rand med not for å hindre at taskekrabber graver seg under gjerdet. Gjerdet må være høyere enn 30 cm over bunnen for at krabbene skal hindres i å komme over, og normalt vil gjerdet stikke mindre enn 50 cm over bunnen.

Effekt på bunnmiljø?

I operasjoner med utsett av gjerde vil sedimentet påvirkes kortvarig, men sannsynligvis i liten grad. Gjerdet er ugjennomtrengelig for vann, og virker derfor som en levegg som vil redusere strømhastigheten på "lesiden". Da avtar strømhastigheten og oppløste partikler sedimenteres langs kanten av gjerdet. Graden av sedimentering vil øke med høyden på gjerdet og vil være avhengig av konsentrasjon av partikler og strømhastighet. Det vil være mest sedimentering fra vår til høst da produksjonen er størst i vannmassene. I innledende forsøk er det observert slik sedimentering langs gjerder. Sedimenteringen er redusert eller blitt borte om vinteren. Miljøpåvirkning på bunnstruktur, strømforhold og sedimentering er sannsynligvis meget lokal, kortvarig og av liten grad ved bruk av gjerder.

I arealkrav er det beskrevet en lokalitet med er produksjonsmål på 100 tonn kamskjell. Mengden av gjerde for å beskytte en slik lokalitet er avhengig av den geometriske formen til området. Dersom denne lokaliteten er kvadratisk og alt produseres på en lokalitet vil det være behov for 2190 meter med gjerde. Hvis lokaliteten deles opp i tre kvadratiske og mindre produksjonsområder trengs det 3795 meter med gjerde. Sirkulære lokaliteter behøver minst løpemeter mens avlange og smale lokaliteter bruker langt mer gjerde for å beskytte lokaliteten mot rovdyr.

Tiltrekking av rovdyr

Taskekrabbe og sjøstjerner tiltrekkes byttet gjennom luktstoffer i vannet. Det er erfart at utsett av kamskjell på bunn tiltrekker seg rovdyr (krabbe og sjøstjerne). Det er antatt at frigivelse av avfallstoffer som er akkumulert ved behandlingen av skjell (transport etc) forut for utsetting, forsterker tiltrekkingen av rovdyr. Dermed kan taskekrabbe og sjøstjerner opptre i store konsentrasjoner rundt havbeiteområder. Foreløpige resultater viser at dersom taskekrabben får kontakt med kamskjell i havbeite vil den oppholde seg der (Strand, 1999; Strand og Hansen, 2000). Hvis den derimot blir stoppet av et gjerde og ikke får tilgang på

skjellene, vil den etter kort tid (< 1 døgn) forlate området. Hvis rovdyrene samler seg opp på utsiden av et havbeiteområde kan de utøve et sterkere predasjonspress på de naturlig forekommende arter, men det er ukjent hvilke konsekvenser dette kan medføre. Krabbefiske på utsiden av gjerdene kan være en mulig løsning.

Kunstig rev

I motsetning til andre land er det i Norge lite erfaring med kunstige rev. Det er hos oss ikke gjennomført forsøk med hummer på dette området. Fra naturens side er vi rimelig bra forsynt med en lang kystlinje med fjell og stein, og hummerbestandene var også tidligere på et langt høyere nivå enn i dag. Et havbeiteområde for hummer vil sannsynligvis ta utgangspunkt i lokaliteter som er antatt å være optimale for hummer. Utforming og tilrettelegging av kunstige rev er i hovedsak motivert ut ifra mulighetene for øke tilgang på skjul for hummer. Fra næringsinteressene som Norsk Hummer AS (Balchen & Tyssø, 1999) er det også foreslått en rekke muligheter for å forbedre bunnsstrat med sikte på øke overleving av utsatte hummerunger.

Det er gjennomført masse forsøk i utlandet på dette området, og det er stor spennvidde både når det gjelder størrelse på geografisk område og omfang av inngrep. En glimrende oversikt over forsøk med kunstige rev i Europa finnes i "Artificial Reef in European Seas" (Jensen m.fl., 2000). Her oppsummeres erfaringene fra en rekke land, og det er svært omfattende forsøk og aktiviteter som er gjennomført. Det er særlig forsøk i Middelhavsområdet som dominerer. Et generelt trekk ved studiene er de gjennomgående positive resultatene fra forsøkene. Uansett materialvalg, størrelse og utforming av de kunstige revene, ble det etter hvert etablert et nytt økosystem preget av mange arter og høy diversitet. Dette er for så vidt ikke uventet da nesten enhver ny fysisk struktur på havbunnen vil føre til at ulike arter vil forsøke å utnytte muligheten. Det er grunn til å understreket at slike fysiske installasjoner i de fleste tilfellene innebærer en vesentlig habitatforbedring og ikke en trussel mot eksisterende miljø. Her forutsetter vi at materialvalget ikke innebærer noen kjemisk forurensning.

Erfaringene fra utlandet bekreftes også av mer usystematiske observasjoner i Norge. Hvem har ikke hørt fra lokale fiskere om moloen som ble bygget og de gode hummerfangstene som etter hvert ble tatt der. Slike utilsiktet kunstige rev har vi mange av i Norge, men den best etablerte og omfattende er den såkalte "Muren" eller "Jeteen" i Oslofjorden ved Drøbak. Denne enorme undervannsmoloen sperrer av det ene seilingsløpet i Oslofjorden og var motivert ut ifra militære motiver. "Muren" ble bygget av utsprengt naturstein fra 1874 til 1879 og består anslagsvis av 400 000 tonn stein (Garseg, 1993). Dette kunstige revet er ca. 1500 langt, 4 m i bredden på toppen av fyllingen 1 m under lavvann, og dybden er for det mest 25 m. Dette revet utgjør i dag en utrolig marin lokalitet preget av stor artsriktighet. Det er også en svært populær lokalitet for sportsdykkere :

"Maken til artsriktighet og mangfold skal man lete lenge etter, i allefall i Oslofjorden. Inniblant steinblikkene i den bratte jeteen fins tusenvis av gode skjulesteder for diverse fiskeslag og skalldyr. Her har dykkere rett som det er fått en "skikkelig rugg" på harpunen. Et spennende sted for u/v-jakt altså. Liker man bedre å jakte med fotoutstyr i hendene bør man ikke gå glipp av en svømmetur på nordsiden av "muren". Her er hele steinveggen fra 1 til 15 meters dyp totalt dekket av sjøanemoner, samt en del sjøpunger, sjørøser, svamp m.m. Det er som å svømme i et kjempemessig blomsterbed, hvite, orange, grønne og brune anemoner. Og masse småfisk svømmende rundt." (Garseg, 1992).

Havforskningsinstituttet gjennomførte på første halvdel av 1990 tallet en genetisk kartlegging av norske hummerbestander (Jørstad & Farestveit, 1999). Her inngikk prøvematerialet på hummer som var fanget på ”Muren”. Undersøkelsene i Oslofjorden ble gjennomført i nært samarbeid med fisker og tidligere oppsynsmann Sverre Sjøstrand, 3475 Sætre. I tillegg til innsamling av prøver for genetiske analyser, ble det gjennomført dykking og undervannsdokumentasjon, samt merkeforsøk på hummer på lokaliteten. Sjøstrand har virket som fisker i området i hele sitt voksne liv og i følge han var ”Muren” tidligere nærmest uutømmelig for hummer:

”I generasjoner har det beste hummerfiske i Indre Oslofjord vært på 2 sider av jeteen. Det beste stedet ved jeteen har vært ca. 500 meter fra Fergestad og utover. Dette er den dypeste delen av jeteen, hvor steinmassene er ca. 25 meter. Det er tusenvis av hulrom hvor hummeren kan gjemme og utvikle seg. Det har vært en vanlig oppfatning blant yrkesfiskere at man ikke kan greie å fiske opp hummerbestanden til tross for at det i tidligere år ble benyttet et utall av teiner – fisketiden lengre og lavere tillatt minstemål (21 cm).” (Sjøstrand, 1993).

Både hans erfaring og de observasjonene vi har gjennomført på 1990 tallet dokumenterer klart betydningen av kunstige rev av denne typen og det potensialet for optimalt hummer habitat som her finnes. Det unike økosystemet som er etablert på ”Muren” er imidlertid et resultat av mer enn 120 års utvikling og neppe overføres til en havbeite situasjon hvor et realistisk tidsperspektivet kanskje er 10 til 20 år. Havforskningsinstituttet har imidlertid også gjennomført observasjoner i forbindelse med natursteinfyllinger som er yngre.

Et eksempel er fra Kvitsøy i Rogaland hvor hummerfisket har sterke historiske røtter. På 1980 tallet ble det bygget en kortbølgesenderen på østsiden av Kvitsøy. Denne delen av øyen var i følge lokalbefolkningen dårlige hummerplasser med lite hummerfangster (Einar Nøstvold, personlig meddelelse). Gjennom utbyggingen av sendere ble det etablert større mengder steinfyllinger i sjøen på flere steder. Her ble også satt ut hummerunger i regi av PUSH programmet i begynnelsen av 1990 tallet. Områdene på Kvitsøy ble undersøkt med egne tokt både i 1999 og 2000, og fangstene av hummer i dette området var svært gode. Fangstene var også totalt dominert av havbeitehummer.

Det siste eksemplet som kan nevnes, er fra Stefjorden i Tysfjord (Nordland fylke). Omfattende kartlegging av hummerforekomstene i dette området ble gjennomført tidlig på 1970 tallet (Gundersen, 1966). Disse viste gode forekomster av hummer med fangster på opp imot 1 hummer per teinetrekk. På en del av de beste hummerlokalitetene innerst i Stefjorden (Odd Jakobsen, Haukøy 8590 Kjøpsvik; personlig meddelelse) det tidlig på 1990 tallet bygget vei langs fjorden med nye steinfylling ut i sjøen. Disse dekket til dels over noen av de beste hummer lokalitetene. Prøvefisket på dette området i 1996 og 1997 ga svært lave fangster sammenlignet med de uberørte lokalitetene i samme fjordområdet. Lokalitet og steinmasser var svært ”nakent” (se bilde på forside) med svært lite begroing og etablering av dyre- og plantesamfunn tilsvarende de uberørte områdene. Tilsvarende undersøkelser i 1998 og 2000 resulterte i bra fangster av hummer i det aktuelle området. Disse observasjonene tyder på at det tar noen år før en kan vente å få optimal uttelling etter etablering av kunstige rev av denne typen. Dette henger sikkert sammen med at hummeren ikke bare trenger skjul, men også tilstrekkelig fødetilbud i nærmiljøet

Oppsummering

Under forutsetning av byggematerialer ikke inneholder giftstoffer som kan lekke ut i miljøet (dette vil for øvrig være uforenlig med matproduksjon), kan vi ikke se at fysiske installasjoner i havbeiteområder representerer noen miljøtrussel. I tilfelle med hummer med etablering av kunstige rev, kan det tvert i mot representere en habitat forbedring med økning av biodiversitet og biologisk produksjon. Det er også enkelt å utforme slike kunstige rev slik at de relativt enkelt kan fjernes dersom dette vil være ønskelig i fremtiden. Selv et kunstig rev som "Muren" i Drøbaksundet har det vært diskutert å få fjernet (Garseg, 1993). Dette vil selvfølgelig bli et økonomisk spørsmål.

REFERANSER

- Agnalt, A-L, Strand, Ø, Jørstad, KE, van der Meeren, GI, Kristiansen, T. 2001. Havbeiteloven – Kunnskapsstatus og strategier. Havforskningsinstituttet, juni 2001. 66 s.
- Balchen, J.G. og Tyssø, A. 1999. En oversikt over forskjellige aktuelle strategier for havbeite og oppdrett av hummer langs Norges kyst. Notat, Norsk Hummer AS, 31.08.99.
- Beaumont, A.R., Morvan, C., Huelvan, S. Lucas, A. and Ansell, A.D. 1993. Genetics of indigenous and transplanted populations of *Pecten maximus* – no evidence for the existence of separate stocks. *J. Exp Mar Biol Ecol*, 169: 77-88.
- Bryan, G. W. 1973. The occurrence and seasonal variation of trace metals in the scallops *Pecten maximus* (L.) and *Chlamys opercularis* (L.). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* vol. 53. no. 1, pp. 145-166.
- Chauvaud, L., Donval, A., Thouzeau, G., Paulet, Y-M, Nézan, E. 2001. Variations in food intake of *Pecten maximus* (L.) from the Bay of Brest (France): Influence of environmental factors and phytoplankton species composition. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 324, 1-13.
- Dame, R. F. 1996. *Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach*. CRC Press. Florida. 1-235.
- Dao, J-C., P-G. Fleury & J. Barret. 1999. Scallop culture in Europe, pp. 423-4435. I: B. Howell, E. Moksness & T. Svåsand (red.), *Stock Enhancement and Sea Ranching*. Oxford, Fishing News Books, Blackwell Science. 606 s.
- Egidius, E. 1978. Lobster import: two outbreaks of Gaffkemia in Norway. *Int. Coun. Explor. Sea, Shellfish Comm. K: 17*, p.1-5.
- Ferguson, A. *et al.* (2002). Genetic diversity in the European lobster (*Homarus gammarus*): population structure and impact of stock enhancement. (Online) Available, www.qub.ac.uk/bb/prodoh1/GEL/gel.html.
- Galtsoff, P. S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin, *Fish. Bull.*, 64, 1- 480.
- Garseg, K. 1993. "Muren" i Drøbaksundet. *Drammens Tidende Buskerud Blad*, 2/1 1993.
- Gundersen, K.R. 1966. Rapport om prøvefiske etter hummer i Nordland fyke i 1964 og 1965. *Fiskets Gang*, 29: 562-565.
- Heipel, D.A., Bishop, J.D.D and Brand, A.R. 1999. Mitochondrial DNA variation among open-sea and enclosed populations of the scallop *Pecten maximus* in western Britain. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* , 79: 687-695
- Heipel, D.A., Bishop, J.D.D, Brand, A.R. and Thorpe, J.P. 1998. Population genetic differentiation of the great scallop *Pecten maximus* in western Britain investigated by randomly amplified polymorphic DNA. *Mar Ecol Prog Ser*, 162: 163-171.
- Hovgaard, P., Mortensen, S. og Strand, Ø. 2001. *Skjell biologi og dyrking*. Kystnæringen, Forlag og bokklubb A/S. 255 s.
- Håstein, T., Roald, S.O., Kjos-Hansen, B. and Staveland, K. 1977. Occurrence of Gaffkemia in lobsters in Norway. *Acta Vet. Scand.*, 18: 138-139.
- Iglund, O.T. and Nævdal, G. 1995. Analyses of genetic differentiation between samples of the scallop, *P. maximus* (Linnaeus, 1758) from two areas in Norway; Hordaland and Trøndelag. University of Bergen, Centre for Studies of Environment and Resources, SMR-rapport 18/95. 11p.
- Jensen, A.C., Collins, K.J. and Lockwood, A.P.M.(Eds). 2000. *Artificial reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publishers, 508 p.
- Jørstad, K.E. and Farestveit, E. 1999. Population genetic structure of lobster (*Homarus gammarus*) in Norway and implications for enhancement and ranching operation. *Aquaculture*, 173: 447-457.

- Jørstad, K.E., Berg, Ø. and Andersen, K. 2001. Health aspects in Norwegian lobster stock enhancement. Proceedings of Symposium on Lobster Health Management. Muresk Institute of Agriculture, Curtin University of Technology, Australia.
- Kaiser, M.J., Laing, I., Utting, S.D., Burnell, G.M. 1998. Environmental impacts of bivalve mariculture. *Journal of Shellfish Research*, 17: 59-66.
- Kinne, O. 1980. Diseases in marine animals: general aspects, in Kinne, O., Ed., *Diseases of Marine animals*, Vol 1, John Wiley, New York, 13-74.
- Kurata, M. 2002. Key factors in successful development of the scallop fisheries in Hokkaido. Second International Symposium on Stock Enhancement and Sea ranching, 28 januar – 2 februar, Kobe, Japan.
- Lauckner, G. 1983. Diseases of mollusca: bivalvia, Kinne, O., Ed., *Diseases of Marine animals*. Vol. 2 *Ber. Biol. Anst. Helgol.*, pp. 477-984.
- Mackie, L.A.I and Ansell, A.D. 1993. Differences in reproductive ecology in natural and transplanted populations of *Pecten maximus* – evidence for the existence of separate stocks. *J. Exp Mar Biol Ecol*, 169: 57-75.
- Martin, G.G. and Hose, J.E. 1995. Circulation, the blood and disease. In (Ed. J.R. Factor): *Biology of the lobster*. Pp. 465-495. Academic Press.
- Meeren, Gro I. van der, Ekeli, K.O., Jørstad, K.E. and Tveite, S. 2000. Americans on the wrong side: the lobster *Homarus americanus* in Norwegian waters. ICES CM 2000/U: 20.
- Mortensen, S. (2002). Gaffkemi i norske hummeranlegg. Et tegn på ”hull” i våre kontrollrutiner? *Norsk Veterinærtidsskrift* 114 (4): 471-474.
- Mortensen, S. H., van der Meeren, T., Fosshagen, A., Hernar, ., Harkestad, L., Berg, Ø. 2000. Mortality of scallop spat in cultivation, infested with tube dwelling bristle worms, *Polydora* sp. Short communication, *Aquaculture international* 8: 267-271.
- Nilsen, H., Bech, Å. og Mortensen, S. (2002). Gaffkemi hos hummer. To utbrudd sommeren 2001. *Norsk Veterinærtidsskrift* 114 (4): 475-480.
- Perkins, F. O. 1993. Infectious diseases of mollusks, in Couch, J. A. and Fournie, J. W., Eds., *Phato-biology of Marin and Estuarine Organisms*, CRC Press, Boca Raton, FL, 255-287.
- Ridgeway, G.M.I. & G. Dahle 2000, Population genetics of *Pecten maximus* of the Northeast Atlantic coast. *Sarsia* 85:167-172.
- Schmager, C. 1988. In: Graf, G. 1992. Benthic-Pelagic coupling: A benthic view. *Oceanogr. Sindermann, C. J.* 1990. Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish. 2nd ed., Vol. 2, *Diseases of Marine Fish and Shellfish*, Academic Press, 521 pp.
- Sjøstrand, Sverre. 1993. Skriftlig meddelse til Havforskningsinstituttet, 12/1 1993.
- Skeel, M. E. 1979. Shell-boring worms (Spionidae: Polychaeta) infecting cultivated bivalves in Australia, *Proc. Word Maricult. Soc.*, 10, 529-533.
- Sparks, A. K. 1985. Synopsis of Invertebrate Pathology Exclusive of Insects, Elsevier, New York, 521 pp.
- Spencer, B. E. 1991. Predators and method of control in molluscan shellfish cultivation in north European waters. *Aquaculture And The Environment*. De Pauw, N., Joyce, J. (Eds.). Eur. Aqua. Soc. Spes. Publ. No. 16, Gent, Belgium.
- Stewart, J.E. 1980. Diseases. In: J.S. Cobb and F.P. Bruce (eds.). *The biology and management of lobsters*, Vol 1. Academic Press, New York, p. 301-342.
- Stewart, J.E., Cornick, J.W., Spears, D.I. and McLeese, D.W. 1966. Incidence of Gaffkemia homari in natural lobster (*Homarus gammarus*) populations in the Atlantic Region of Canada. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 23: 1325-1330.
- Strand, Ø. 1999. Strategi for utsetting av stort kamskjell i bunnkultur. Pr nr 111000/122. Sluttrapport til Norges forskningsråd, Marine arter i oppdrett. 26 s. Februar 1999.
- Strand, Ø. 2002. Stort kamskjell som miljøindikator. I: Fosså, J.H. (red.), 2002. Havets miljø 2002. Fisken og Havet, særnr 2-2002.
- Strand, Ø and Nylund, A. 1991. The reproductive cycle of the scallop *Pecten maximus* (L.) from two populations in Western-Norway, 60N and 64N. p 95-105. In: Sandra E. Shumway (Editor), *An International Compendium of Scallop Biology and Culture*. Spec. Publ., World Aquaculture Society. 357 p.
- Strand, Ø og Hansen, E. 2000. Økt sikkerhet i bruk av gjerder for produksjon av kamskjell i bunnkultur. Sluttrapport til NUMARIO/Norges Forskningsråd, pr nr 133578/122.
- Strand, Ø., Grefsrud, E.S., Bakke, G., Helland, E. and Helland, T. 2002. Protecting the great scallop (*Pecten maximus*) from crab predation in scallop sea-ranching. Second International Symposium on Stock Enhancement and Sea ranching, 28 januar – 2 februar, Kobe, Japan.
- Strand, Ø. & G.J. Parsons. In Press. Scallop fisheries and aquaculture in Scandinavia. I: Shumway, S. & Jay Parsons, G. (red.), *Scallops: Biology, ecology and aquaculture*. (2nd edition) Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Elsevier.
- Strohmeier, T., Strand, Ø. og Mortensen, S. 1999. Bunnskraping etter stort kamskjell. *Fiskets Gang* nr 3, s. 29-32.

- Strohmeier, T. og Strand, Ø. 2002. Utprøving av produksjonsegenskaper for ny burtype til dyrking av kamskjell i mellomkultur. SND, NUMARIO prosjektnr. K32-2042/00.
- Wiborg, K. F. & B. Bøhle. 1974. Occurrences of edible shellfish (bivalves) in Norwegian coastal waters (with a selection of marine gastropods). *Transl. Ser. Fish. Mar. Serv. Can.* No 2978. 34 p.
- Wiik, R., Egidius, E. and Goksøyr, J. 1987. Screening of Norwegian lobsters *Homarus gammarus* for the lobster pathogen *Aerococcus viridans*. *Dis. Aquat. Org.*, 3: 97-100
- Wilding, C.S., Beaumont, A. R. and Latchford, J.W. 1997. Mitochondrial DNA variation in the scallop *Pecten maximus* (L.) assessed by a PCR-RFLP method. *Heredity*, 79: 178-189.
- Mar. Biol. Annu. Re.*, 30, 149-190.