

Sammenfatning av eksisterende kunnskap om effekten av hjerteskjellhøsting på fugl

Arne Follestad
Svein-Håkon Lorentsen



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

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.

Norsk institutt for naturforskning

Sammenfatning av eksisterende kunnskap om effekten av hjerteskjellhøsting på fugl

Arne Follestad
Svein-Håkon Lorentsen

Follestad, A. & Lorentsen, S.-H. 2007. Sammenfatning av eksisterende kunnskap om effekten av hjerteskjellhøsting på fugl. - NINA Rapport 270. 23 s.

Trondheim november 2007

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1832-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Svein-Håkon Lorentsen

KVALITETSSIKRET AV

Forfatterne

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Inga E. Bruteig (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Marin Consult AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Håvard Vannebo

NØKKELOORD

Hjerteskjell – høsting – effekter – vadeugl – tjeld – ærfugl

KEY WORDS

Mussel – harvest – effects – oystercatcher – common eider

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Follestad, A. & Lorentsen, S.-H. 2007. Sammenfatning av eksisterende kunnskap om effekten av hjerteskjellhøsting på fugl. - NINA Rapport 270. 23 s.

Rapporten gir en sammenfatning av eksisterende kunnskap om effekten av hjerteskjellhøsting på fugl, basert på en gjennomgang av eksisterende litteratur. Det er utført omfattende studier av dette i andre land, særlig i Nederland (Vadehavet), England (Wash) og New Zealand. Høsting av hjerteskjell vil påvirke både strukturen i strandsubstratet og artssammensetningen av invertebrater i sedimentene. Eksponeringsgrad i forhold til strøm og bølgepåvirkning kan være avgjørende for hvor mye fin masse som blir fjernet etter mekanisk høsting, og dermed også for hvor fort både høstede arter og andre arter som kan bli skadet under høstingen reetableres. Rekrutteringen til skjellbestandene kan bli lavere hvis strukturen av bunnsubstratet endres.

Overvintringsbestander av fugl som finner mye av sin næring i de undersøkte fjærområdene kan påvirkes negativt av en reduksjon i bestanden av hjerteskjell. De samme effektene er også påvist i forhold til andre viktige byttedyr som ikke høstes, men som kan skades under høstingen.

Skjellhøsting i Norge antas å kunne påvirke hekkeområder i større grad enn i Nederland og Storbritannia der høstingen primært foregår i områder som brukes gjennom vinterhalvåret. Det er derfor viktig at man utvikler og implementerer et overvåkingssystem som kan detektere eventuelle effekter av skjellfisket. Dette vil være viktig som grunnlag for å kunne finne et bærekraftig nivå for skjellhøstingen, både ut fra de høstbare ressursene i seg selv og de negative effektene dette kan medføre for de fagleartene som beiter på de andre biologiske ressursene som påvirkes av høstingen.

Arne Follestad, Norsk institutt for naturforskning, 7485 Trondheim. arne.follestad@nina.no
Svein-Håkon Lorentsen, Norsk institutt for naturforskning, 7485 Trondheim. shl@nina.no

Abstract

Follestad, A. & Lorentsen, S.-H. 2007. Review of existing knowledge on the effects of mussel harvesting on waterbirds. – NINA Report 270. 23 pp.

This report gives an overview of existing knowledge on the effects of cockle (*Cerastoderma edule*) harvesting on birds, based on existing literature. Potential effects of cockle harvesting on birds have been extensively studied, especially in the Wadden Sea in Holland, the Wash in Great Britain, and in New Zealand. Clam harvesting using mechanical dredges influence both sediment structure and the species composition of the invertebrates living in the sediment. The physical exposure from tidal currents and waves determines the amount of fine substrate that is washed away during mechanical dredging, and, thus, how quick harvested and non-targeted species are re-established and recruited. The recruitment of mussels can be negatively affected by changes in the sediments due to mechanical dredging.

Wintering populations of birds feeding on cockles can be negatively affected by harvesting. This is also true if other important prey species (non-targeted species) are negatively influenced (population reduction, injured by the dredges used) by the harvest.

Cockle harvesting in Norway have a potential to influence breeding bird populations to a greater extent than elsewhere where wintering areas are most affected. It is therefore important that a monitoring system is developed and implemented. This will be crucial in order to secure a harvest that is sustainable for the birds feeding on the cockles, as well as other, non-targeted species that also are important sources of food for birds in the harvested areas.

Arne Follestad, Norwegian Institute for Nature Research, NO-7485 Trondheim, Norway.
Arne.follestad@nina.no
Svein-Håkon Lorentsen, Norwegian Institute for Nature Research, NO-7485 Trondheim, Norway. shl@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Hjerteskjellbiologi og høstingsmetoder	8
2.1 Hjerteskjellbiologi	8
2.2 Høstingsmetoder	8
2.2.1 Raking	8
2.2.2 Mekanisk høsting	9
2.2.2.1 Hydraulisk pumpeslede	9
2.2.2.2 Traktortrukne sleder	9
3 Mulige effekter av skjellhøsting på fugl	9
3.1 Aktuelle arter og deres biologi	9
3.1.1 Ærfuglens biologi	10
3.1.2 Tjeldens biologi	10
3.1.3 Ålegras	12
3.2 Effekter av mekanisk høsting på fugl	12
3.2.1 Effekter på næringsgrunnlaget for skjellspisende fugler	13
3.2.2 Sediment, habitat og vadere	16
3.2.3 Effekter på habitater og ikke-målarter	16
5 Anbefalinger	18
6 Recommendations	20
7 Referanser	21

Forord

Salsa produkter AS ved Marin Consult AS har en målsetting om å etablere industriell høsting av ville hjerteskjell i Norge, og har i den sammenheng bedt NINA (Norsk institutt for naturforskning) om å utrede eventuelle effekter av fisket på fugl. Denne rapporten er således en del av et FoU-basert grunnlag for framtidig høsting av hjerteskjell i Norge, og danner også et grunnlag for å vurdere eventuell overvåking av fuglebestander som beiter på hjerteskjell i områder der høsting er påtenkt. Havforskningsinstituttet har utredet kunnskapsstatus for populasjonsdynamikk, forvaltningseffekter og miljøeffekter av fisket på bestandene av hjerteskjell (Grefsrud & Strand 2007). Arbeidet fra de to instituttene har vært samordnet.

Rapporten baseres på publisert vitenskapelig litteratur, hovedsakelig fra Nederland, Storbritannia og New Zealand. For utfyllende informasjon henvises til referert litteratur.

Trondheim november 2007

Arne Follestad & Svein-Håkon Lorentsen

1 Innledning

Høsting av hjerteskjell (*Cerastoderma edule*) er en stor næring på verdensbasis, og i 1998 ble det omsatt over 9 millioner tonn, hvorav 85 % var kunstig dyrket og resten høstet av ville bestander (Gregersen 2000). Norsk skjellnæring er i rask utvikling, og prognoser viser at norsk produksjon av skjell vil mangedobles i løpet av få år. Skjelldyrking er en næring som er basert på fornybare ressurser, og bør ha gode forutsetninger for å vokse. Den økende aktiviteten har imidlertid ført til et behov for å vurdere miljømessige forhold knyttet til skjelldyrking.

Skjellnæringen har ønsket å få vurdert mulige konflikter mellom høsting av hjerteskjell og fugl, og denne rapporten bygger i vesentlig grad på en gjennomgang av publisert materiale på slike konflikter. Storparten av det publiserte materialet er fra utenlandske kilder. I de senere årene er det skrevet mye om høsting av skjell, først og fremst av blåskjell og i noe mindre grad av hjerteskjell og andre muslinger, og hvordan omfattende høsting kan påvirke vannfugler som benytter de samme områdene som skjellene vokser i. I forhold til høsting av hjerteskjell gjelder dette spesielt for tjeld *Haematopus ostralegus*, som er den vaderarten hvor konflikten med høsting av skjell synes å være størst. En rekke studier knyttet til denne konflikten, særlig med bakgrunn i tilfeller av stortilt nedskyting av bestanden i noen områder i England, har særlig det siste tiåret resultert i en rekke studier om temaet. Tjelden regnes nå som den best studerte vaderarten i verden, bl.a. som en følge av dette (Schmechel 2001).

Mange av problemstillingene i denne rapporten er i stor grad basert på og hentet fra den kunnskap en har om de direkte og indirekte effektene av skjellhøsting på tjeld i andre land. For andre arter hvor det kan være en potensiell konflikt i Norge ved høsting av hjerteskjell, synes det å være lite relevant litteratur. Selv om det kan være stor overføringsverdi fra studier av høsting av muslinger i andre land og de effekter dette kan ha for fugler, må en være forsiktig med å dra for sikre konklusjoner med bakgrunn i dette. Til det kan forskjellene både i habitattyper, høstemetoder, artssammensetning (bunnfauna og fugler) og klimatiske forhold være for ulike.

Her belyses potensielle konflikter mellom skjellhøsting og fugl som grunnlag for en videre utvikling av hjerteskjellfisket i Norge. Det er en rekke områder langs kysten der det vil være ønskelig eller nødvendig å unngå eller begrense skjellfiske av hensyn til andre naturverdier, og da må en ha kjennskap til både direkte og indirekte effekter av skjellfisket på fugl. Dette vil omfatte:

- Effekter av direkte konkurranse om den samme ressursen (på arter som i stor grad spiser skjell i de samme områdene som skjellsankingen vil foregå).
- Effekter av forstyrrelse som følge av menneskelig aktivitet mens innhøstingen pågår.
- Effekter på endringer i substratet som følge av innhøstingen, og den effekt dette vil ha for andre arter (for arter som spiser andre arter som lever i det samme substratet som skjellene).
- Effekter av endringer i forekomster av ålegras *Zostera* spp. dersom sanking av skjell vil foregå i slike områder.

2 Hjerteskjellbiologi og høstingsmetoder

2.1 Hjerteskjellbiologi

Familien hjerteskjell (Cardiidae) omfatter syv arter i Norge, hvorav hjerteskjell *Cerastoderma edule* er den vanligste. Hjerteskjell finnes fra Vest-Afrika, langs store deler av den nordvestlige kysten av Europa, rundt Storbritannia og langs hele norskekysten til Varangerfjorden i Finnmark. Skjellene foretrekker fint sandholdig sediment, og vokser i det øverste sjiktet av bunnsedimentet i tidevannssonen og ned til et par meters dyp. De finnes som oftest i beskyttede bukter eller estuarier, men kan også opptre i områder med mer grovkornet sand. Skjellene er gjerne flekkevis fordelt og veksten er tetthetsavhengig og variere mye både mellom områder og fra år til år (Grefsrud & Strand 2007).

Hjerteskjell lever av planteplankton, små organiske partikler og uorganiske partikler som den filtrerer ut av vannmassene. Veksten av skjellene varierer mellom ulike populasjoner, hvor tett de vokser og lengden på neddykkingsperiodene. Høye tettheter gir redusert vekst på grunn av økt konkurranse om maten og bestander som lever høyt oppe i tidevannssonen med kort neddykkingsstid vokser saktere enn populasjoner som lever lengre nede i sonen. I Norge er det rapportert om varierende vekst hos hjerteskjell, fra relativt god vekst på Hitra med en gjennomsnittlig størrelse på 27 mm skallengde ved 3 års alder, til nokså lav i Borgenfjorden innerst i Trondheimsfjorden hvor skjellene oppnådde 18 mm skallengde ved samme alder. I Norge kan hjerteskjell bli minst 12-13 år gamle. De blir kjønnsmodne allerede etter første vinter og de har et høyt reproduksjonspotensiale (Grefsrud & Strand 2007).

Tettheten av hjerteskjell varierer mellom 11-72 individer pr m² i områder som antas å være lønnsomme å høste. I Storbritannia regnes slike tettheter imidlertid som ikke økonomisk lønnsomme. Her betegnes gode hjerteskjellområder som områder som har inntil 200 individer pr m² (1-1,5 kg/kvm), mens tettheter ned mot 20 individer pr m² anses som svært lave. I Nederland kommer tetthetene av hjerteskjell opp i flere tusen individer pr m². I en populasjon av hjerteskjell i Kjølsvågen, ytterst i Trondheimsfjorden var den gjennomsnittlige tettheten 212 individer pr m² (Grefsrud & Strand 2007).

2.2 Høstingsmetoder

2.2.1 Raking

Raking var den vanligste måten å høste hjerteskjell på frem til mekaniske høstemaskiner ble utviklet. Skjellene ble raket ut av sedimentet ved hjelp av en jernrive og plukket for hånd. Metoden er både tid og arbeidskrevende og er lite effektiv for høsting av store mengder hjerteskjell. Fordelen er imidlertid at den i liten grad påvirker dødeligheten i hjerteskjellpopulasjonen utover det direkte uttaket av skjell til konsum. Sammenlignet med kontrollområder går tettheten av andre bunndyr ned i de områdene som rakes, men effekten ser ut til å være relativt kortvarig for små organismer; mindre enn et år. Større organismer rekoloniserer over lengre tid og det kan ta flere år før populasjonene igjen er på samme nivå som før høstingen. Sammenlignet med andre høstingsmetoder regnes likevel raking som en metode som har liten og kortvarig effekt på miljøet (Grefsrud & Strand 2007).

2.2.2 Mekanisk høsting

2.2.2.1 Hydraulisk pumpeslede

Hydrauliske pumpesleder vender sedimentet og suger hjerteskjell og sediment opp via en hydraulisk pumpe til et sorteringskammer. Der sorteres skjellene etter størrelse og de minste skjellene pumpes tilbake til sjøen. I Storbritannia brukes sleder som er rundt 60 cm brede og graver ca 5 cm ned i sedimentet. Synlige spor etter høstingen forsvinner etter alt fra noen dager til noen uker avhengig av tidevann, bølgeaktivitet og sedimenttype.

Studier som er gjort i Vadehavet (Nederland), viste at ved bruk av hydrauliske høstingsmetoder ble finkornet sand og silt skylt ut av substratet som derved ble mer grovkornet og mer ugunstig for bunnslåing av hjerteskjellarver (Piersma et al. 2001), og muligens også fugl som beiter på disse ressursene. Denne effekten varte i 8-11 mnd. etter at høstingen ble foretatt. I motsetning til disse resultatene fant man ingen negativ effekt på bunnslåing av larver ved bruk av hydraulisk pumpeslede i Wash i Storbritannia (Dare et al. 2004). Resultatene fra disse studiene tyder altså på at påvirkningen av slike redskaper kan variere fra område til område og det henvises til for eksempel Grefsrud & Strand (2007) for en nærmere vurdering av slike faktorer.

2.2.2.2 Traktortrukne sleder

Traktortrukne sleder består av en tilhenger som festes til en traktor og som har et 70-100 cm bredt blad som graver 20-40 cm dypt. Sedimentet transporteres via et samlebånd til en roterende trommel der hjerteskjellene blir liggende igjen, mens små skjell og sedimentet tømmes ut langs siden av sleden. Denne høstingsmetoden ser ut til å ha mindre negativ effekt på bunnsfaunaen enn den hydrauliske metoden siden sediment og små skjell føres direkte tilbake til bunnen (Grefsrud & Strand 2007).

3 Mulige effekter av skjellhøsting på fugl

3.1 Aktuelle arter og deres biologi

Tidevannssonen er et viktig habitat for mange fuglearter, i første rekke andefugl, vadefugl og måkefugl som bruker området til næringssøk, spesielt under trekketidene vår og høst og i vinterhalvåret. Det er imidlertid flere arter bl. a. ærfugl *Somateria mollissima*, tjeld og måkefugl *Larus spp.* som bruker tidevannssonen aktivt i hekketiden. Det er den store tilgangen på lett tilgjengelig næring (bløtdyr, mangebørsteormer og krepsdyr) som gjør tidevannssonen spesielt attraktiv for fugl. Det er muslingene som er de viktigste næringsorganismene målt i biomasse, og de viktigste artene er blåskjell *Mytilus edulis* og hjerteskjell, mens østersjyskjell *Macoma baltica* og sandskjell *Mya arenaria* forekommer også ofte i dietten hos fugl som lever i tidevannssonen.

I Norge er det mange arter som kan påvirkes av skjellhøsting, enten direkte (f. eks. ærfugl, svartand *Melanitta nigra*, sjørørre *Melanitta fusca*, havelle *Clangula hyemalis*, kvinand *Bucephala clangula*, tjeld, polarsnipe *Calidris canutus*, storspove *Numenius arquata*, rødstilk *Tringa totanus*, fiskemåke *Larus canus*, sildemåke *L. fuscus*, gråmåke *L. argentatus* og svartbak *L. marinus*) eller indirekte dersom ålegrasenger ødelegges under høstingen (f. eks. sangsvane). Her har vi valgt å fokusere på ærfugl og tjeld fordi disse artene er mer eller mindre avhengig av tidevannssonen i deler av, eller gjennom hele året, og fordi disse artene godt kan tjene som "modellarter" mht spesifikke effekter også på andre arter innen deres respektive

grupper. Hjerteskjellhøsting kan påvirke ålegras-forekomster. Ålegras er en viktig næringskilde for enkelte gåsearter og sangsvaner, og dette er derfor kort behandlet i rapporten.

3.1.1 Ærfuglens biologi

Ærfugl er fortrinnsvis knyttet til hardbunnsområder der den spiser bløtdyr, krepsdyr og pigghuder, men kan også i enkelte tilfeller ta fisk (tangsprell) og manglebørsteormer *Nereis* spp. (Cramp & Simmons 1977, Bustnes & Erikstad 1988). Særlig blåskjell foretrekkes, men hjerteskjell kan i flere områder være et viktig byttedyr for ærfugl. I Vadehavet kan hjerteskjell utgjøre opptil 75 % av næringen for mytende ærfugl (Nehls 1989), og skjellene graves fram fra fjærområder eller, som regel, tas ved dykk på flo sjø. Ærfuglen kan dykke ned til 15-20 meter, men vanligvis foregår næringssøket på en dybde på 2-4 meter (Pethon 1967). Ærfuglen finnes langs hele norskekysten til alle årstider.

Det er beregnet at det daglige energibehovet for en voksen ærfugl ligger på hele 2300 kJ (555 kcal) (Swennen 1976, Thompson 1985). For blåskjell, som det finnes gode data på, tilsvarer dette et daglig behov på i overkant av 15000 skjell (totalvekt ca 1,7 kg) på ca. 13 mm, eller ca. 2-3000 skjell (totalvekt ca 1,5 kg) rundt 25 mm (Bustnes & Erikstad 1990). I Nederland er det beregnet at det trengs ca 60 millioner kg hjerteskjell (halvvoksne og modne sublittorale skjell) den 1. januar for å hindre overdødelighet blant ca 130.000 overvintrende ærfugl. Dette tilsvarer et sesongforbruk på minimum 461 kg skjell for hvert ærfuglindivud for de kaldeste vintermånedene (Ens et al. 2004).

Redusert næringstilgang kan gjøre fuglene mer utsatt for parasitter og sykdom (Schmechel 2001). I Vadehavet ble det mellom november 1999 og mars 2000 rapportert om over 20.000 døde ærfugler. Næringsmangel (primært hjerteskjell og blåskjell) ble antatt å ha medført at ærfuglene sultet og gjorde de mer utsatte for parasitter og infeksjoner. Interspesifikk konkurranse om et fåtallig bytte kan også medføre kronisk stress, som igjen kan føre til redusert immunforsvar.

Det hekker ca 190.000 par ærfugl i Norge (Barrett et al. I trykk). Hekkebestanden av ærfugl har gått tilbake langs deler av norskekysten, i Midt-Norge gjelder dette spesielt Trondheimsfjorden og indre deler av Ranafjorden (Lorentsen 2006). Overvintringsbestanden ble anslått å være ca 500.000 individer midt på 1980-tallet (Nygård et al. 1988), men er nok noe redusert etter dette. Det er observert en signifikant nedgang i overvintringsbestandene på kystavsnittet fra Smøla til Saltenfjorden (Lorentsen & Nygård 2001). Hvis man likevel skulle anta at den norske overvintringsbestanden av ærfugl er på ca. 400.000 individer og de utelukkende spiste hjerteskjell ville de trenge ca 184.400 tonn i de kaldeste vintermånedene, eller ca. 72.000 tonn blåskjell hvis de bare livnærer seg på dette i de 4 kaldeste vintermånedene.

3.1.2 Tjeldens biologi

Tjelden er en karakterart i fjærområder langs hele norskekysten. Den er i Norge hovedsakelig i hekketiden, og den norske bestanden trekker til Britiske og Nederlandske områder for å overvintre. En del tjeld overvintrer imidlertid langs norskekysten. Tjelden er en typisk muslingspiser, men tar også strandsnegler, manglebørsteormer og andre invertebrater (virvelløse dyr) i fjæresonen (Cramp & Simmons 1977). I Vadehavet er tjeld, sammen med ærfugl, hovedpredatorene på blåskjell og hjerteskjell (f. eks. Smit 1983). Studier har vist at predasjon fra tjeld kan ha en stor effekt på forekomsten av muslinger (f. eks. Goss-Custard et al. 1996a, 2001, Lambeck et al. 1996). I en litteraturstudie (Lambeck et al. 1996) ble det for eksempel vist at predasjonspresset på muslinger i den prefererte størrelseskategorien (30-60mm) varierte fra 20-60%. Dette betyr m.o.a. at tjeld i stor grad kan fjerne høstingsbare muslinger, og at en eventuell økning i vekstraten hos de gjenværende muslingene er utilstrekkelig for å kompensere for predasjonsraten (Goss-Custard et al. 1996). Predasjon av muslinger i denne størrelsesorden vil høyst sannsynlig influere på det økonomiske utbyttet av

kommersiell høsting. Hjerteskjell er en meget viktig matressurs for tjelden. På New Zealand er det vist at skalldyr, og da særlig muslinger, kan utgjøre opp mot 90-95 % av næringen (på vektbasis). I ett område ble det funnet at en tjeld kan ha et daglig inntak på 300-400 muslinger, av en art som ligner vårt hjerteskjell (Schmechel 2001).

Tjeld har en tendens til å spesialisere seg på bestemte byttedyr, og kan da beite på dette i månedsvis. I Nederland er det vist at tjeldhannene i et område kan spesialisere seg på Østersjøs skjell mens hunnene specialiserer seg på mangelørsteorm (Durell et al. 1996, Ens et al. 1996). Disse studiene antyder at slik spesialisering kan inkludere tilpasninger i nebbfasong (som kan endre seg med alder), og at skifte fra et byttedyr til et annet kan være problematisk og kanskje også ulønnsom. Endringer i tilgang på næringsdyr kan derfor virke skjevt i bestanden og ramme ulike aldersgrupper og/eller kjønn. Dette vil i sin tur kunne gi utslag på rekruttering/dødelighet og dermed også populasjonsstørrelsen. Skifte av eller supplementering med andre næringsdyr er likevel påvist, men da mer fra en årstid til en annen (Bunskoeke et al. 1996).

En reduksjon i bestanden av muslinger kan eksponere tjelden for flere parasitter. Det er vist at tjeld er i stand til å gjenkjenne, og dermed unngå, skjell som er kraftig infisert med parasitter (Hulscher 1982). Færre muslinger kan bety at tjelden har mindre valgmuligheter og i større grad må spise muslinger som er infisert, men dette er ikke påvist ennå. Store hjerteskjell har gjerne flere parasitter enn små skjell (f. eks. Norris 1999).

Et studie i Wash i januar 1964 konkluderte med at tjeldene, i gjennomsnitt, spiste 181 hjerteskjell pr dag, noe som ble beregnet å tilsvare 1227 kJ (296 kcal). Det ble observert svært lite beiting om natta (Goss-Custard, sitert i Cramp & Simmons 1983). Tjeld i fangenskap ble funnet å ha et energiforbruk på ca 620 kJ (150 kcal, variasjonsbredde 120-187 kcal) pr dag (Hulscher 1974 sitert i Cramp & Simmons 1983), men det er nok rimelig å regne med at villlevende tjeld har et noe høyere energiforbruk. Kersten & Visser (1996) konkluderer med at tjeld har en øvre grense på 1067 kJ (258 kcal) for den mengden energi som kan assimileres i løpet av en dag, så ved beregninger av hvor mye skjell en tjeld kan ta i løpet av en dag anbefales å bruke denne verdien.

Flere studier (se Schmechel 2001) viser at effekter av skjellhøsting og nedsatt næringstilgang for fugl vil være avhengig av fuglenes metabolske kostnader og hvordan denne varierer gjennom året. Hos europeisk tjeld øker energibehovet med 50 % når temperaturen synker fra termoneutralt område (10 °C) til frysepunktet.

Den norske hekkebestanden av tjeld ble på begynnelsen av 1990-tallet estimert til å ligge på ca 30.000-50.000 par (Gjershaug et al. 1994). Systematiske tellinger av høsttrekket forbi Blåvandshuk på vestkysten av Danmark i perioden 1964 - 2003 viser at den norske hekkebestanden er nær halvert (Meltøfte et al. 2006). Nedgangen samsvarer med det som er funnet i overvintringsområdene pga. overfisket på skjell. Tjelden viste en relativ stabil bestand inntil tidlig på 1990-tallet, fulgt av en jevn og signifikant nedgang de siste ti årene av studiet.

Tjeld og andre vannfugler har en tendens til å beite bare på en del av den totale biomassen av en byttedyrart. Betydningen av en nedgang i muslingbestanden avhenger i en viss grad av hvor stor del av nedgangen som rammer den delen av bestanden som tjeldene kan beskatte. Den beskattbare delen av bestanden en funksjon av lønnsomhet og tilgjengelighet. Lønnsomhet er definert som energiinntak pr tidsenhet, mens tilgjengelighet er avhengig av tre faktorer - oppdagbarhet, tilgang og fordøyelighet.

Tjeld tar ikke små byttedyr pga deres lave lønnsomhet. På samme måte kan fuglene hovedsakelig ta byttedyr som finnes på passende dyp, som har svakt åpne skjell eller som har tynne skall. Tjelden er således mer selektiv når inntaksraten er høy, og dropper mindre lønnsom mat. Et eksempel på dette er at tjelden kan ta byttedyr i de øverste 70 mm av

substratet når inntaksraten er lav, og bare fra de øvre 30 mm når inntaksraten er høy (Zwarts et al. 1996b).

I Vadehavet er det funnet en meget god, og nesten perfekt, sammenheng mellom tetthet av fugl og biomasse av byttedyr som både er lønnsom og tilgjengelig for fuglene. Dette medfører bl.a. at de beste næringsområdene for tjeld er nær lavvann, der muslinger vokser bedre og er av bedre kvalitet (de kan beite under en lengre del av floa enn de lenger oppe), men hvor tettheten ikke nødvendigvis er den største.

3.1.3 Ålegras

Ålegrasenger er særlig rike med hensyn på antall, diversitet og biomasse av muslinger. I flere land diskuteres om det skal tillates høsting av muslinger i områder med ålegras. Men, det er vist at fordeling og tetthet av ålegras varierer gjennom året, slik at noen muslinger som har vært beskyttet av ålegras deler av året, kan bli tilgjengelige for fiske senere (Schmechel 2001). Det er uklart om det er i Norge vil være så raske skiftninger i utbredelsen av ålegraset. Men hvis slik naturlig variasjon er til stede, er det videre uklart hvordan vil høsting av skjell vil påvirke mulighetene for gjenvekst i områder hvor høstingen har endret sedimentstrukturen.

Det synes å være lite kjent hvilken betydning muslingfisket har for gjenveksten av ålegras. Men dvergålegras *Zostera noltii* klarte å kolonisere et område i Nederland i en periode uten muslingfiske (1996 - 1999). Etter at fisket i dette området ble åpnet igjen i 1999, viste ålegraset en gradvis tilbakegang i samsvar med den progressive dekning av fisket, og i 2002 var det knapt noe ålegras igjen i det området som ble høstet. Skjellhøstingen i et av områdene foregikk fordi fiskerne ikke kjent godt nok til området. Dette viser at det kan være både viktig og nyttig at det utarbeides kart med posisjoner for fiskebåtene, der GPS-utstyr benyttes for å kunne overvåke hvilke områder som fiskes. Dette kan være til fordel både for fiskerne selv og for de som skal vurdere effektene av fisket.

3.2 Effekter av mekanisk høsting på fugl

Schmechel (2001) peker på to grupper av sannsynlige effekter som følge av høsting av muslinger; (1) direkte gjennom fjerning av biomasse og dermed redusert næringstilgang for vannfuglene, og (2) indirekte gjennom effekter på andre arter (non-targeted species) og forstyrrelser pga. fangstaktiviteter. De indirekte effektene påvirker både tilgjengelighet og tilgang på alternativ næring.

Det er vanskelig å vurdere eventuelle effekter av muslingfiske på vannfugl, spesielt pga. de store områdene og den lange tidsskalaen det vil være snakk om, og fordi det er tidkrevende å teste betydningen av andre faktorer som vil virke samtidig med fisket. Det er derfor svært få studier som har vært innrettet mot dette. Ett av få unntak er et studie der det er brukt data fra 30 år fra Wash i England. Wash er det viktigste estuariet for overvintrende vannfugler på de Britiske øyer, med over en kvart million vannfugl. I løpet av 30 år gikk antallet av både tjeld og polarsnipe ned med om lag 100.000 individer (Beukema & Cadeé 1996). Parallelt med dette studier er det også gjort tellinger av trekkende tjeld forbi Blåvandshuk i Danmark. Det er stort sett norske tjeld som trekker forbi dette området, og det er observert en halvering av bestanden i løpet av de siste 40 år (Meltøfte et al. 2006). Denne nedgangen tilsvarer den observerte nedgangen i overvintringsområdene i Vadehavet, og er antatt å skyldes overutnyttelse av muslinger i overvintringsområdene (f. eks. Piersma et al. 2001).

Studiet fra Wash viser en sammenheng mellom bestandsnivå av muslinger og overlevelse for tjeld (Beukema & Cadeé 1996). Som forventet for langlivede arter, indikerer sensitivitetsanalyser at selv små endringer i voksendødelighet kan ha en stor effekt på populasjonsstørrelsen og selv en liten reduksjon i voksenoverlevelse kan få en bestand som

har vært stabil eller økende til å gjennomgå en kraftig nedgang. Sammenhengen mellom skjellfisket og tjeldbestanden er imidlertid ikke fullt ut kartlagt, ettersom de beskatter ulike deler av bestanden. Selv om det er en viss overlapp i størrelsen på skjell som høstes og tas av tjeld, utnytter fuglene i stor grad mindre muslinger enn det fiskerne høster. Konkurransen kan være sekvensiell mer enn direkte, og effektene av fisket kan være mer gjennom effekter av økt dødelighet på forplantningsdyktige muslinger som følge av fisket og dets betydning for mengden av larver som senere kan etablere seg.

Det er derimot en mengde arbeider på effekten av mekaniske fiskemetoder på andre arter. En vesentlig faktor i dette er hvordan mekanisk høsting påvirker bunnsubstratet på kort og lang sikt, og endret overlevelse for en rekke arter (se diskusjon i Schmechel 2001). Simuleringer av betydningen av tap av områder for næringssøk er omfattende og grundig testet (se Goss-Custard et al. 2003, Caldow et al. 2004). Caldow et al. (2004) har ut fra dette bl.a. foreslått at små muslinger (15-20 mm) settes ut forholdsvis høyt oppe i fjæra, der tjelden ikke vil forårsake så store tap, for så å flytte muslingene gradvis nedover etter hvert som de vokser de neste 2-3 årene.

Muslingfiskere og tjeld har en tendens til å samles i de samme områdene fordi de går etter de samme ressursene. Graden av konkurranse mellom dem vil imidlertid i stor grad avhenge av minstemålet for høstbare skjell og lokale forhold. I et område i Frankrike er minste tillatte størrelse 30 mm, mens lokale tjelder for det meste tar mindre skjell (Lambeck et al. 1996). Dersom det her tillates å fiske på små skjell (16-18mm), er en konkurranse om skjellene mellom fiskere og fugl sannsynlig. anbefalte minstestørrelser i skjellfisket over det som vanligvis tas av de aktuelle fugleartene er derfor en klar fordel.

I Nederland er vanlig minstestørrelse 20-22 mm, så der er det en reell konflikt (Lambeck et al. 1996). Om denne medfører økt dødelighet for tjeld i vinterhalvåret avhenger bl.a. av om det er en kald vinter eller ikke, samt mengden nedbør. Mye nedbør i en mild vinter vil gjøre det lettere for tjelden å finne alternative beiteområder på dyrket mark.

Schmechel (2001) fremhever at antakelsen om at tap av beiteområder bare vil påvirke bestandsstørrelsen hvis bærekapasiteten til området allerede er nådd er feil. Svaret på dette spørsmålet avhenger av om det allerede er tetthetsavhengige prosesser i funksjon i området, eller om slike prosesser vil tre i funksjon etter at deler av et potensielt beiteområde for fugl bortfaller. Hvis tetthetsavhengige prosesser trer i funksjon ved bortfall av beiteområder (og dette er trolig meget sannsynlig) vil den intra- og interspesifikke konkurransen fuglene imellom øke, med økt dødelighet eller økt borttrekk av fugl som resultat. For norske forhold vil det være viktig å få klarhet i hva som eventuelt må til for at tetthetsavhengige prosesser skal virke i et område, eller hvor store uttak fra en gitt hjerteskjellbestand i et område som skal til før slike begynner å virke.

Flere simuleringer har vist at et ikke alltid er en god sammenheng mellom tapt areal og nedgang i antall fugler. Størst nedgang er således vist for subpopulasjoner med lav reproduksjon og når områder med høy kvalitet fremfor gjennomsnittsområder fjernes (Goss-Custard et al. 1996c). Arealtap i noen områder vil derfor kunne ha en langt større effekt enn i andre områder. Det vil være viktig å avklare hvordan man skal kunne klare å peke ut aktuelle fiskeområder ut fra dette kriteriet.

3.2.1 Effekter på næringsgrunnlaget for skjellspisende fugler.

Det er en rekke fuglearter som spiser muslinger som er for små til å være av interesse for skjellfiskerne, men dette synes bare i liten grad å påvirke rekrutteringen til den høstbare muslingpopulasjonen (Norris et al. 1998). Skjellfisket kan imidlertid påvirke forekomsten av disse artene gjennom deres påvirkning av habitatet hvor fuglene finner maten sin. Bare to

arter, tjeld og ærfugl, tar muslinger (blåskjell og hjerteskjell) som er så store at de også er av kommersiell interesse.

For tjeld kan man ikke analysere populasjonsstørrelse og dødelighet som følge av nærings-tilgang uten også å ta hensyn til vinterforholdene. I harde vintre kan strandflatene være dekket av is slik at tjelden ikke finner mat, samtidig som næringsbehovet er stort pga. de lave temperaturene. I Vadehavet forlater noen fugler området, mens andre velger å bli og baserer seg på egne fettreserver. Begge strategiene er risikable, og dødeligheten i harde vintre kan overstige 25 %, noe som er meget høyt for en langtlevende art som tjeld. Når man tar hensyn til de harde vinterforholdene, er det likevel klare bevis for at dødeligheten også øker i år med liten næringstilgang. Spesielt de yngre fuglene er utsatt for en slik næringsmangel. Både vinterforhold og næringstilgang påvirker derved langtidslikevekten i tjeldbestanden (Goss-Custard et al. 1996b, Zwarts et al. 1996c). Tjelden overvintrer fåtallig i Norge så denne problematikken er sannsynligvis, i alle fall foreløpig, av mindre relevans. Det er imidlertid rimelig å anta at varmere klima vil kunne føre til at flere tjeld overvintrer langs norskekysten, noe som vil øke konfliktpotensialet med skjellfiskeriene betraktelig.

Skjellfiske kan ha en betydelig effekt på den delen av muslingbestanden som kan høstes av tjelden. Skalldyr har en mye kortere levetid enn tjeld, og bestandene av disse er mye mer variable enn fuglebestandene. Det er derfor ikke overraskende at modellberegninger viser at bestandsstørrelsen for tjeld primært blir bestemt av de tilfeldige årene med meget lave skalldyrbestander, og ikke av den gjennomsnittlige bestanden av næringsdyr. I Vadehavet har man funnet at ubegrenset fiske av skalldyr i år med små skalldyrbestander påvirker overvintringsbestanden av tjeld, som er redusert siden 1990 (Beukema & Cadeé 1996).

Det mangler gode data som kan dokumentere nedgangen i blåskjellbestanden i Vadehavet fra år til år. Dette gjør det vanskelig å vurdere i hvor stor grad endringer i antallet av overvintrende tjeld skyldes naturlige svingninger i overlevelse i og rekruttering til de littorale blåskjell- og hjerteskjellbestander, omfanget av skjellfisket eller værforholdene vinterstid. En alternativ tilnærming kan derfor være å undersøke hvor mye næring trengs for å opprettholde dagens bestandsnivå for tjeld i Vadehavet (Ens 2003). Basert på en litteraturgjennomgang av tjeldens næringsøkologi (Ens 2000), anslås det at det må være minst 50 - 100 millioner kg (fersk vekt) blåskjell tilgjengelig i tidevannssonen for å opprettholde dagens bestandsnivå av tjeld. Ennå har ikke skjellforekomstene gjenvunnet det nivået de lå på i 1980-årene. Det sist tilgjengelige estimatet antyder under 20 millioner kg (fersk vekt) vinteren 1999/2000. Hvis denne situasjonen fortsetter, må det forventes en ytterligere nedgang i tjeldbestanden.

Tilsvarende beregninger er langt mer kompliserte for ærfugl. For tjeld vet vi at de kan høste mellom 25 % og 50 % av skalldyrbestandene i løpet av en vinter, men for ærfugl foreligger ingen slik informasjon. I motsetning til tjelden lider ærfuglene sannsynligvis ikke av høy dødelighet som følge av en strenge vinter. Dette kan forklares ved at de sublittorale områdene hvor ærfuglen henter mye av sin næring, tar mye lenger tid på å fryse igjen enn mudderflatene i tidevannssonen. Skalldyr i tidevannssonen vil bare være tilgjengelige i den delen av tidevannssyklusen hvor de er dekket av et tynt lag vann, mens ærfuglen kan dykke utenfor tidevannssonen. Den er også mye større enn tjelden, og taper ikke så mye varme i kaldt vær. Første gang det ble påvist høy dødelighet hos ærfugl, var vinteren 1990/1991. Da var skalldyrbestandene allerede lave etter flere år med sviktende rekruttering, men fisket fortsatte like fullt. Etter dette er det talt store mengder ærfugl i kystområder av Nordsjøen der det tidligere ikke ble talt noen. En mulig forklaring på dette er at etter 1990/1991 ble bestandene av skalldyr redusert i slik grad at ærfuglene måtte finne nye beiteområder (Ens 2000, Camphuysen et al. 2001).

Det var mange ærfugler som døde i Nordsjøen vinteren 1999/2000, men årsaken til dette er uklar (Camphuysen 2000). Høsting av trauskjell *Spisula spp.* reduserte denne bestanden, så det kan ha vært matmangel som lå bak. Det er imidlertid reist flere innvendinger mot denne forklaringen, bl.a. at mange hjerteskjell (som er et viktig næringsemne for ærfugl) var infisert av

parasitter, og at bestanden av hjerteskjell var høy denne vinteren. Et annet forhold av betydning er også at det var mange store og gamle muslinger, med lite kjøtt i forhold til skallvekta. Disse muslingene kan derfor ha vært lite lønnsomme å beite på. Et interessant spørsmål dette reiser, er om kommersiell høsting av store skjell, hvis dette gjøres på "rett" måte, kan gi en skjellbestand som kan være bedre for ærfuglene å beite på? Dette antyder et klart behov for flere studier over næringstilgang for ærfugl.

Årsaken til problemene i Vadehavet - eller konflikten mellom fiskere og naturforvaltningen - begynte i 1990 etter flere år med sviktende rekruttering (Keus 1994, Steins 1999, Verbeeten 1999). Dette peker på bl.a. at:

- god overvåking av skjellforekomster, inkl. rekruttering, er viktig for å unngå overbeskatning.
- hensyntaken til at varierende rekruttering er et viktig aspekt ved livshistorien til både blåskjell og hjerteskjell.
- skal sviktende rekruttering kunne forklare lave bestander, må det påvises at det skjer over en lengre periode.

En alternativ forklaring til rekrutteringsproblemene i Vadehavet er at stadig forbedringer i mekaniseringen og effektiviteten av fisket førte til overbeskatning av skalldyrene (Hall 1999). Fri tilgang til fisket frem til 1990 er fremholdt som en viktig grunn til overbeskatningen. Et av de viktigste spørsmålene er da om reguleringene, særlig i forhold til totalt uttak, vil være økologisk bærekraftige for økosystemet i Vadehavet. Dette kan bare besvares gjennom nøye tilrettelagte vitenskapelige undersøkelser, gjerne i samarbeid med fiskerne. Ens (2003) har noen anbefalinger for hvordan slike undersøkelser skal kunne gjennomføres:

- Effekten på økosystemet av nytt utstyr eller nye måter å fiske på, må studeres før nytt utstyr tas i bruk, i stedet for etterpå
- Gode overvåkingssystemer må på plass for å studere om fisket er økologisk bærekraftig.
- En må erkjenne at områder uten fiske er viktige for å kunne følge utviklingen av effektene på økosystemet.

I senere år har nye kultiveringsmetoder medført flytting av unge hjerteskjell fra sublittorale områder til tidevannssonen (Dijkema 1997, Ens 2003). Muslingene trives godt der, men de er også blitt lettere tilgjengelige for bl.a. tjeld, som får bedre tilgang til viktig vinterføde. Tjelden yter samtidig fiskerne god service ved at de selekterer de minste muslingene og på den måten tynner ut bestanden. Dette har gitt en helsemessig god effekt på bestanden (Zwarts et al. 1996a).

Tradisjonelle høstingsmetoder ble antatt å ha mindre skadelige effekter på annet dyreliv i tidevannssonen (Schmechel 2001). Men med økende mekanisering har det blitt økt oppmerksomhet omkring mulige skader de nye høstingsmetodene kan påføre andre arter (non-target species), og om de kan føre til nedgang i tilgjengelig næring for predatorer som tjeld og andre strandfugler.

På New Zealand foregår skjellhøstingen med kjøretøy med lavt dekktrykk og en skrape som fjerner de øverste 5-10 cm av sandlaget som inneholder muslingene, og lar dette passere over ei sorteringsrist (Schmechel 2001). For tiden er det ingen minimumstørrelse for lovlig fangst av skjell, men markedet bestemmer i stor grad minstemål på skjell som kan høstes og omsettes kommersielt. Tidligere ble størrelse "small" (ca 32-38 mm) høstet, men dette ble stoppet etter 1998. Flest skjell høstes i dag i størrelse "regular grade" (40-50 mm). Høsting av mindre skjell kan imidlertid utvikles i fremtiden. Beregninger av størrelsesfordeling viser at fangstvolumet kan økes betraktelig hvis det også høstes skjell under 30 mm. Dette studiet viser at traktortrukne skraper eller sleder kan redusere tettheten av mange fuglearter, og at dette kan vare i flere måneder. De første dagene etter høsting kan beiteaktiviteten for fugl øke ved at

måker og vadere beiter på døde eller skadde dyr, men antall beitende fugler vil etter en stund kunne avta som følge av reduksjonen i tettheten av tilgjengelige næringsdyr. Som følge av dette er det anbefalt å ikke høste i særlig viktige og verneverdige fugleområder (Schmechel 2001).

Schmechel (2001) påviser en generell mangel på konsekvensanalyser og studier av effekten av muslingfiske på vannfugler. Det reises også kritikk av metodikken som benyttes i enkelte studier, bla at det benyttes smale forsøksområder som gjør det lettere å få reetablert bestander fra omgivelsene etter en høsting. Det reises også kritikk mot studier som utelukkende baserer seg på tellinger av fugl på rasteområder ved flo sjø. Dette kan være et viktig poeng å ta med seg videre, slik at design av overvåkingsmetoder blir god for norske forhold.

3.2.2 Sediment, habitat og vadere

Sedimentets karakter er meget viktig for forekomsten av vadere (Schmechel 2001). Faktorer som partikkelstørrelse, innhold av organisk materiale og saltholdighet påvirker utbredelsen av invertebrater og dermed også av vadefugler. Bentiske organismer kan i stor grad påvirke sedimentene, inkludert adhesjon, fordeling av partikler med ulik størrelse, vanninnhold og struktur. Interaksjoner mellom dyr og sediment virker begge veier. Fysisk forstyrrelse fra naturlige kilder (f. eks. stormer) og unaturlige kilder (høsting) kan i vesentlig grad, indirekte og direkte, påvirke den bentiske faunaen. Fysisk forstyrrelse som skjer i stor skala, selv om den bare skjer en gang, kan derfor medføre meget store effekter i hele bunndyrsamfunnet. I et storskala eksperiment i Vadehavet viste det seg at fjerning av muslinger endret sedimentet slik at det ble grovere og mindre produktivt. En langtidseffekt med lave muslingbestander som følge av mindre nedslag av larver og små skjell, varte i hele åtte år (Piersma et al. 2001). Et biomasserikt samfunn av muslinger syntes i dette tilfellet å ha skiftet til et biomassefattig samfunn dominert av manglebørsteormer, som er effektive i å kolonialisere nye områder.

Hypotesen bak en slik endring er at mekanisk fjerning av de store muslingene påførte så store endringer i sedimentet at mindre filter-fødere som f. eks. østersjøskeall forsvant. Det antas at dette skyldes at de store muslingene produserer avføring (pellets) som er viktige for å bygge opp finstrukturen i sedimentet, som igjen er viktig for at larver skal slå seg ned. Ved reduksjon av denne pellets-produksjonen reduserte man rekrutteringen til østersjøskeall-bestanden. En slik negativ feedback-mekanisme kan ytterligere forsterkes av stormer som roter opp de øverste delene av sedimentet. At høsting av muslinger på denne måten kan ha langtidseffekter for nyetableringen er i strid med en rekke korttidsstudier. Dette viser tydelig at det er viktig med langtidsstudier (Piersma et al. 2001).

Det antas ofte at kommersiell høsting av skjell bare konkurrerer med fugler om den samme ressursen, og at bortsett fra at skjell av høstbare størrelser blir fjernet, forblir økosystemet for øvrig mer eller mindre intakt (se Lambeck et al. 1996). Dette synet kan kanskje forsvares i de tilfellene fisket har en lav intensitet. Studier ellers viser at mekanisk høsting som påvirker store områder ofte ikke vil være bærekraftig. Mekanisk høsting av skjell er således sammenliknet med snauhogst av skog; det eliminerer ikke biologisk aktivitet eller produksjon, men det endrer samfunnet fra en likevekt mellom arter som tåler liten grad av forstyrrelse til et samfunn av mer opportunistiske arter som tåler mer forstyrrelse (Watling & Norse 1998). Slike endringer kan også inntreffe i fiskeområder med hyppig tråling. Hvis intensiteten av trålingen fortsetter å være høy i slike områder kan en risikere at disse samfunnene aldri vil reetableres.

3.2.3 Effekter på habitater og ikke-målarter

Mekanisk høsting av skjell påvirker i negativ grad bl.a. bestandene av manglebørsteormer som også er viktig mat for mange vannfuglarter. Fordi tjele og mennesker konkurrerer om den samme ressursen, er det viktig å vite i hvilken grad tjele har mulighet for å gå over til

alternative ressurser når eller hvis bestanden av muslinger blir redusert. Særlig vinterstid viser det seg at tjelden har begrensede muligheter til dette, dels som følge av endret tilgjengelighet (makkene graver seg dypere ned eller er færre) eller redusert tilgang på mat på alternative lokaliteter (f. eks. dyrket mark) (Ens et al. 2004).

Collie et al. (2000) foretok en meta-analyse av 39 publiserte arbeider på effekten av trålfiske på bentiske invertebratsamfunn. Størst effekter (redusert gjenvekst) ble funnet på faunaen på stabil bunn (grus, mudder), mens gjenveksten var hurtigst på mindre stabile habitater, som generelt er levestedet for mer opportunistiske arter. Forfatterne konkluderer med at det som en intuitivt kunne se for seg om hvordan slik høsting kunne påvirke bunnsamfunn, i stor grad stemte, men at det forelå store gap i tilgjengelige data. Det å identifisere habitater som har lang gjenvinningstid, dvs. over 15 år, ble høyt prioritert. I en studie ble det vist at en stor andel av blåskjellbanker som ble trålt, var forsvunnet året etter, mens dette ikke skjedde for noen av de studerte områdene som ikke ble trålt (Herlyn & Millat 2000). En mulig forklaring på dette kunne være at trålingen ødela substratstrukturen og gjorde disse skjellbanken mer sårbar for storm og ispåvirkning, samt økt erosjon ved store strømhastigheter. Påfallende nok har fiskere i både Nederland og Tyskland påstått det motsatte, at fiske skal ha hatt en positiv effekt på stabiliteten, men det finnes ikke noe vitenskapelig belegg for dette. Fremtidige studier vil nytte godt av nøye planlagte studier av effekter av fiske på muslingbanker, der områder som skal fiskes eller ikke fiskes blir valgt ut av forskere.

Tråling kan føre til at de minste partiklene forsvinner, ikke bare i forbindelse med selve trålingen, men også under etterfølgende uværsperioder. Sandssubstratet som blir igjen har vist seg å være mindre attraktivt som rekrutteringsområde for små muslinger (Piersma & Koolhaas 1997). Slike langtidseffekter kan være katastrofale både i forhold til skjellfisket og i forhold til fugl som beiter på disse ressursene. Testing av denne hypotesen har derfor vært et hovedprosjekt i et større forskningsprogram (EVA II), som har gitt en grundig gjennomgang av nederlandsk skjellfiske (Ens et al. 2000, Ens 2003).

Slamsuging og filtrering av skjell er en metode som i særlig negativ grad kan påvirke habitater som ålegrasenger og muslingbanker. Det kan skje direkte når det fiskes i slike områder, eller indirekte ved at sedimentet endres på en slik måte at det svekker reetableringen av aktuelle arter. I en studie av intensivt mekanisk muslingfiske i et ålegrasområde, tok det over to år før gresset begynte å reetablere seg i området, og det var fortsatt ikke fullt ut reetablert etter fire år, da studiet ble avsluttet (Peterson et al. 1987). Forfatterne antok at ålegrasenger og sandflater er to alternative stabile tilstander. Straks ålegraset er blitt fjernet gjennom tråling er sedimentet mer utsatt for forstyrrelser, og det kan bli vanskelig for gresset å reetablere seg. Slike beskrivelser av habitatet må likevel brukes med forsiktighet når en skal prøve å forklare hva som skjer, ettersom både ålegras og muslinger er biologiske strukturer som påvirker habitatene de finnes i.

Mekanisk høsting av hjerteskjell vil forstyrre både stranda og dyrene som lever der. Mange fuglearter kan dermed bli påvirket av denne høstingen. Dette kan skje både gjennom økt dødelighet for andre arter, endret (nedsatt) rekruttering og endringer av sedimentstruktur og dermed av samfunnene som kan utvikle seg der (Schmechel 2001).

Schmechel (2001) refererer flere eksempler på forsøk med høsting av skjell som har vist betydelig nedgang for en rekke andre arter, og nedgangen kan være langvarig med målbare forskjeller mer enn 100 dager etter innhøstingen. Evnen invertebrater har til å rekolonialisere habitater varierer mye, og det er betydelige forskjeller mellom områder med ren sand (hurtigst gjenvekst) og mudderområder.

5 Anbefalinger

Foreliggende rapport omhandler høsting av hjerteskjell i Norge, og hvilke effekter dette kan ha for flere fuglearter. Rapporten er i stor grad basert på undersøkelser hovedsakelig gjennomført i Nederland (Vadehavet), Storbritannia (Wash) og på New Zealand. Det er et åpent spørsmål hvor stor overføringsverdi disse resultatene har for norske forhold, som kan ha helt andre klimatiske forhold og en helt annen variasjon i habitattyper enn i disse landene. Det går likevel helt klart frem at skjellfiske utgjør en potensiell konflikt med flere fuglearter, både direkte for de som lever av muslinger av de størrelser og arter som høstes, og indirekte for arter hvor deres næringsgrunnlag også vil bli påvirket av endringer i substrat, artssammensetning m.m. Med utgangspunkt i utenlandske studier er det mange spørsmål som kan reises mht. eventuelle høstingsregimer i Norge, bl.a:

- Hvilke intervaller skal en høste med i Norge? Hvor lange intervaller er nødvendige både for vekst av nye skjell frem til høstingsmoden størrelse, og for at andre arter skal rekke å reetablere seg i områder som er høstet?
- Skal en tillate høsting i viktige beiteområder for fugler om høsten, slik at bestandene av beitedyr kanskje ikke rekke å ta seg opp til f.eks. vintersesongen?
- Kan en ut fra dette regulere når en skal høste skjell i ulike områder avhengig av hvilke effekter som kan forventes på fugl? Både hekkende, mytende og overvintrende fugler kan komme i betraktning her.

Resultatene fra de utenlandske undersøkelsene viser at fuglearter kan påvirkes både direkte gjennom konkurranse om hjerteskjellene, og indirekte gjennom effekter på andre arter ved at bunnssubstratet endres etter mekanisk høsting. Dette er endringer eller skader hvor det kan ta lang tid å reetablere forholdene slik de var før høstingen, og som følgelig kan medføre langvarige effekter på annet dyreliv, deriblant fugler.

Det er mange potensielle lokaliteter for hjerteskjellhøsting i Norge, og hver for seg vil høsting på mange av dem sannsynligvis ikke medføre de store konfliktene med fugl. Men på noen områder er konfliktpotensialet stort. Slike områder inkluderer ålegrasenger, og ikke minst vil konfliktene kunne bli store hvis en tar i betraktning den samlede effekten av mange små inngrep. Det er derfor all grunn til å diskutere nøye hvor og hvordan høsting av hjerteskjell kan foregå i Norge, samt å utvikle overvåkingsopplegg som kan være nyttige for å overvåke effekter både på bestanden av hjerteskjell, av andre arter som lever i de områdene som høstes, og for de fugleartene som kan bli negativt påvirket.

I et prøvefiske av hjerteskjell med bruk av mekanisk høsting anbefales å legge inn følgende elementer i en overvåking for å belyse eventuelle effekter på fugl. Det henvises også til Grefsrud & Strand (2007) for anbefalinger mht effekter på hjerteskjellbestandene, annen sand- og mudderbunnsfauna og sedimenter. Noe av det foreslåtte arbeidet på fugl bør gjøres i samarbeid med personell med spesifikk marinbiologisk kompetanse. Det er viktig at overvåkingen og eventuelle FoU relaterte aktiviteter foregår under kontrollerte former der man har full kontroll med bl.a. høstingsmetoder, uttaksmengde og uttakstidspunkter.

- Kartlegging av hjerteskjellforekomster på aktuelle lokaliteter (områder der det høstes og kontrollområder) for å beskrive bestandens tetthet, alderssammensetning, vekst og biomasse før og etter høsting.
- Kartlegging av aktuelle hjerteskjellpredatorer (fuglearter), og arter som beiter på arter som kan påvirkes av mekanisk høsting, på aktuelle lokaliteter før og etter høsting.
- Overvåke bestander av tjeld og ærfugl på lokaliteter som høstes, med kontrollområder, for å kunne beskrive en eventuell respons hos disse artene på skjellfiske.

- Undersøke beiteadferd (herunder næringsinntak og energetikk), tids- og områdebruk hos tjeld og ærfugl før og etter høsting.

Det meste av kunnskapen som her er summert er basert på studier i andre land. De er i stor grad utført i våtmarksområder med en helt annen struktur og størrelse og andre klimatiske forhold enn for mange aktuelle lokaliteter for skjellhøsting i Norge. Undersøkelser i bl.a. Nederland og Storbritannia har vesentlig vært fokusert på effekter av høsting i overvintringsområder for fugl. Fugl i slike områder har som regel muligheter til å streife omkring og søke etter alternative næringsområder ved eventuelle variasjoner i næringstilgang. I Norge vil effekten av skjellfiske kunne ramme hekkende fugler, som bl.a. tjeld og ærfugl, og som er svært stedbundne. I et fremtidig skjellfiske er det derfor behov for adekvat overvåking av fisket, samt for ny kunnskap som kan sikre en bærekraftig utnyttelse av ressursene.

6 Recommendations

This report gives an overview of existing knowledge on the effects of cockle harvesting on birds (focusing on oystercatcher and common eider), based on existing literature. Potential effects of cockle harvesting on birds have been extensively studied, especially in the Wadden Sea in Holland, the Wash in Great Britain, and in New Zealand. It is questionable how much of this knowledge that can be transferred directly to Norwegian beaches where climatic conditions are harsher and available habitats are different with respect to substrate, wind exposure etc. Nevertheless, cockle harvesting constitutes a potential conflict with several bird species, both those that feed directly on cockles of the sizes that are harvested, and those that feed on non-targeted species that are damaged or affected by changes in the substrate due to harvesting. Based on the literature there are several questions that can be raised in relation to potential harvesting regimes in Norway:

- Which harvesting intervals should be used in order to re-establish harvested cockles and non-targeted species to a level that is sustainable for birds feeding in the same areas.
- Should cockle harvesting in important feeding areas for birds during autumn be allowed, risking low food levels during winter?
- Is it possible to develop harvesting regimes that takes into consideration the needs for breeding, moulting and wintering birds?

In Norway there are many potential sites where cockles can be harvested, and some of them will probably not affect birds at all. At some sites, like e.g. eelgrass beds, however, the conflict potential will be high and therefore it is important to be careful when deciding where and how to harvest cockles. It is also important to establish a monitoring programme including effects on both cockle- and bird populations.

To monitor potential effects on birds from cockle harvesting we recommend the following elements to be included in a monitoring programme:

- Mapping of cockle distribution, age structure, growth and biomass at a number of sites (both harvested and control sites).
- Mapping of birds that feeds on cockles and non-targeted species potentially affected by the harvesting regime at a number of sites (including control sites) before and after cockle harvesting.
- Monitor oystercatcher and common eider populations at a number of sites (including control sites).
- Study feeding behaviour (including food intake and energetics), time budgets and area utilization in oystercatchers and common eiders before and after cockle harvesting.

Grefsrud & Strand (2007) gives recommendations on how to study effects on cockle populations, non-targeted species, substratum and sediments and it is important that these are included in the monitoring programme and conducted in cooperation with the bird studies. It is important that the suggested activities are carried out under controlled conditions where harvesting methods, harvested volumes and the time schedules for the harvesting are closely monitored.

7 Referanser

- Barrett, R.T., Lorentsen, S.-H. & Anker-Nilssen, T. I trykk. The status of breeding seabirds in mainland Norway. Atlantic Seabirds
- Beukema, J.J. & Cadeé, G.C. 1996. Consequences of the sudden removal of nearly all mussels and cockles from the Dutch Wadden Sea. - Publ. Staz. zool. Napoli I: Marine Ecology 17: 279-289.
- Bunscoeke, E.J., Ens, B.J., Hulscher, J.B. & Devlas, S.J. 1996. Why do oystercatchers *Haematopus ostralegus* switch from feeding on Baltic tellin *Macoma balthica* to feeding on the Ragworm *Nereis diversicolor* during the breeding season. - Ardea 84A: 91-104.
- Bustnes, J. O. & Erikstad, K. E. 1988. The diets of sympatric wintering populations of Common Eider *Somateria mollissima* and King Eider *S. spectabilis* in Northern Norway. - Ornis Fennica 65: 163-168.
- Bustnes, J. O. & Erikstad, K. E. 1990. Size selection of common mussels, *Mytilus edulis*, by common eiders, *Somateria mollissima*: energy maximization or shell weight minimization? - Can. J. Zool. 68: 2280-2283.
- Caldow, R.W.G., Beadman, H., McGrorty, S., Stillman, R.A., Goss-Custard, J.D., Durell, S.E.A. le V. dit, West, A.D., Kaiser, M.J., Mould, K. & Wilson, A. 2004. A behaviour-based modeling approach to reducing shorebird-shellfish conflicts. - Ecol. Applications 14: 1411-1427.
- Camphuysen, D.J. 2000. Mass mortality of common eiders *Somateria mollissima* in the Wadden Sea, winter 1999/2000: food related parasite outbreak? - Atlantic Seabirds 2: 47-48.
- Camphuysen, C.J., Berrevoets, C.M., Cremers, H.J.W.M., Dekinga, A., Dekker, R., Ens, B.J., van der Have, T.M., Kuiken, T., Leopold, M.F., van der Meer, J. & Piersma, T. 2001. Mass mortality of common eiders (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea, winter 1999/2000: starvation in a commercially exploited wetland of international importance. - Biol. Conserv. 106: 303-317.
- Collie J.S., Hall S.J., Kaiser J., Poiner I.R. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. J. Anim. Ecol. 69: 785-798.
- Cramp, S. & Simmons, K. E. L. (red) 1977. The birds of Western Palearctic, Vol. I. - Oxford University Press.
- Cramp, S. & Simmons, K. E. L. (red). 1983. The birds of the Western Palearctic, Vol. III. - Oxford University Press.
- Dare P.J., Bell M.C., Walker P., Bannister R.C.A. 2004. Historical and current status of cockle and mussel stocks in The Wash. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, 85 s.
- Dijkema, R. 1997. Molluscan Fisheries and Culture in the Netherlands. - U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 129: 115-135.
- Durell, S.E.A. le V. dit, Goss-Custard, J.D. & Perez-Hurtado, A. 1996. The efficiency of juvenile oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on ragworm *Nereis diversicolor*. - Ardea 84A: 153-157.
- Ens, B.J. 2000. Berekeningmethodiek voedselreservering Waddenzee. - Alterra-rapport 136, Alterra, Wageningen. 70 pp.
- Ens, B.J., Bunscoeke, E.J., Hoekstra, R., Hulscher, J.B. & Kersten, M. 1996. Prey choice and search speed - why simple optimality fails to explain the prey choice of oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on *Nereis diversicolor* and *Macoma balthica*. - Ardea 84A: 73-90.
- Ens, B.J. 2003. What we know and what we should know about mollusc fisheries and aquacultures in the Wadden Sea. In: Wolff, W.J., Essink, K., Kellermann, A., van Leeuwe, M.A. (eds.). Challenges to the wadden Sea. - Proc. of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium, Groningen 2000. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries / University of Groningen, Dept. of Marine Biology.
- Ens, B.J., Lanter, R. & Smaal, A. 2000. EVA II: Evaluating the Dutch Policy of Shellfish Fishing in 2003. - Wadden Sea Newsletter 2000: 22-24.

- Ens, B.J., Smaal, A.C. & de Vlas, J. 2004. The effect of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde. - Alterra-rapport 1011; RIVO-rapport C056/04; RIKZ-rapport RKZ/2004.031: 1-212.
- Goss-Custard, J. D., McGrorty, S. & Durell, S. E. A. le V. dit. 1996a. The effect of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* on shellfish populations. - Ardea 84A: 453-468.
- Goss-Custard, J.D., Durell, S.E.A. le V. dit, Goater, C.P., Hulcher, J.B. & Lambeck, R.H.D. 1996ba. How oystercatchers survive the winter. Pp. 133-154 in: Goss-Custard, J.D. (ed.) The Oystercatcher: From Individuals to Populations. Oxford University Press, Oxford.
- Goss-Custard, J.D., Durell, S.E.A. le V. dit, Clarke, R.T., Beintema, A.J. & Caldow, R.W-G. 1996c. Pp. 352-389 in: Goss-Custard, J.D. (ed.) The Oystercatcher: From Individuals to Populations. Oxford University Press, Oxford.
- Goss-Custard, J. D., West, A. D., Stillman, R. A., Durell, S. E. A. le V. dit., Caldow, R. W. G., McGrorty, S. & Nagarajan, R. 2001. Density-dependent starvation in a vertebrate without significant depletion. - J. Anim. Ecol. 70: 955-965.
- Goss-Custard, J.D., Stillman, R.A., West, A.D., Caldow, R.W.G, Triplet, P., Durell, S.E.A. le V. dit, & McGrorty, S. 2003. When enough is enough: shorebirds and shellfishing. - Proc. R. Soc. Lond. B 271: 233-237.
- Gjershaug, J. O., Thingstad, P. G., Eldøy, S. & Byrkjeland, S. (red.) 1994. Norsk fugleatlas. Norsk ornitologisk forening, Klæbu. 552 s.
- Grefsrud, E. S. & Strand, Ø. 2007. Hjerteskjell (*Cerastoderma edule*) – kunnskapsstatus for ressursbiologi, miljøeffekter av fiske og forvaltningsstrategier. – Havforskningsinstituttet, 20 s.
- Gregersen, F. 2000. Hjerteskjell kan bli ny sjømatressurs. - Fiskeriforskning informerer, nr. 8, okt. 2000. 2 s.
- Hall, S.J. 1999. The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities. - Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Herlyn, M. & Millat, G. 2000. Decline of the intertidal blue mussel (*Mytilus edulis*) stock at the coast of Lower Saxony (Wadden Sea) and influence of mussel fishery on the development of young mussel beds. - Hydrobiologia 426: 2003-210.
- Hulscher, J.B. 1982. The oystercatcher *Haematopus ostralegus* as a predator of the bivalve *Macoma baltica* in the Dutch Wadden Sea. - Ardea 70: 89-152.
- Kersten, M. & Visser, W. 1996. The rate of food processing in the Oystercatcher: food intake and energy expenditure constrained by a digestive bottleneck. - Funct. Ecol. 10: 440-448.
- Keus, B. 1994. Self-regulation in fisheries: the case of the mussel-seed fishery in the Netherlands. - EAFE VIth, Annual Conference Crete, 28-30 March 1994.
- Lambeck, R. H. D., Goss-Custard, J. D. & Triplet, P. 1996. Oystercatchers and man in the coastal zone. S. 289-326 I. Goss-Custard, J. D. (red.) The Oystercatcher. From individuals to populations. – Oxford University Press, Oxford, UK.
- Lorentsen, S.-H. 2006. Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl. Resultater til og med hekkesesongen 2006. – NINA Rapport 203: 53s
- Lorentsen, S.-H & Nygård, T. 2001. Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl. Resultater fra overvåkingen av overvintrende sjøfugl fram til 2000. - NINA Oppdragsmelding 717: 62s.
- Meltofte, H., Durinck, J., Jakobsen, B., Nordstrøm, C., & Riget, F.F. 2006. Trends in wader populations in the East Atlantic Flyway as shown by numbers of autumn migrants in W Denmark, 1964-2003. - Wader Study Group Bull 109: 11-119.
- Nehls, G. 1989. Occurrence and food consumption of the Common Eider *Somateria mollissima* in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein. – Helg. Meeresunters. 43: 385-393.
- Norris, K. 1999. A trade-off between energy intake and exposure to parasites in oystercatchers feeding on a bivalve mollusc. – Proc. R. Soc. Lond. B 266: 1703-1709.
- Norris, K., Bannister, R.C.A. & Walker, P.W. 1998. Changes in the number of oystercatchers, *Haematopus ostralegus* wintering in the Burry Inlet in relation to the biomass of cockles *Cerastoderma edule* and its commercial exploitation. - J. Appl. Ecol. 35: 75-85.
- Nygård, T., Larsen, B.H., Follestad, A. & Strann, K.-B. 1988. Numbers and distribution of wintering waterfowl in Norway. - Wildfowl 39: 164-176.

- Pethon, P. 1967. Food and feeding habitats of the Common Eider (*Somateria mollissima*). – Nytt Mag. Zool. 15: 97-111.
- Piersma, T. & Koolhaas, A. 1997. Shorebirds, shellfish(eries) and sediments around Griend, western Wadden sea, 1988-1996. - NIOZ-rapport 1997 – 7: 1-118 NIOZ, Den Burg
- Piersma T., Koolhaas A., Dekinga A., Beukema J.J., Dekker R., Essink K. 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. - J. Appl. Ecol. 38: 976-990.
- Schmechel, F. 2001. Potential impacts of mechanical cockle harvesting on shorebirds in Golden and tasman Bays, New Zealand. - DOC Science Internal Series 19, New Zealand Dep. of Cons., Wellington. 52 s.
- Smit, C. J. 1983. Production of biomass by invertebrates and consumption by birds in the Dutch Wadden Sea area. s. 290-301. I Wolff, W. J. (red.) – Ecology of the Wadden Sea, Vol. 2, Rotterdam: Balkema
- Steins, N.A. 1999. All hands on deck: an interactive perspective on complex common-pool resource management based on case studies in the coastal waters of the Isle of Wight (UK), Connemara (Ireland) and the Dutch Wadden Sea. - PhD thesis Wageningen University, Wageningen.
- Swennen, C. 1976. Population structure and food of the eider *Somateria m. mollissima* in the Dutch Wadden Sea. – Ardea 64: 311-371
- Thompson, A. B. 1985. Transmission dynamics of *Profilocollis botulus* (Acanthocephala) from crabs *Caricinua maenas* to eider ducks *Somateria mollissima*, on the Ythan estuary, N. E. Scotland. - J. Anim. Ecol. 54: 605-616.
- Verbeeten, T.C.M. 1999. Wise use of the Wadden Sea? A study of policy-oriented learning (with a summary in English). - PhD thesis University of Utrecht, Utrecht.
- Verhulst S., Oosterbeek K., Rutten A.L., Ens B.J. 2004. Shellfish fishery severely reduces condition and survival of oystercatchers despite creation of large marine protected areas. - Ecology and Society, 9:art 17.
- Zwarts, L., Cayford, J.T., Hulscher, J.B., Kersten, M. & Meire, P.M. 1996a. Prey size selection and intake rate. Pp. 30-55 in: Goss-Custard, J.D. (ed.) The Oystercatcher: From Individuals to Populations. - Oxford University Press, Oxford.
- Zwarts, L., Ens, B.J., Goss-Custard, J.D., Hulscher, J.B., Durell, S.E.A. le V. dit, 1996b. Causes of variation in prey profitability and its consequences for the intake rate of the oystercatcher *Haematopus ostralegus*. - Ardea 84A: 229-268.
- Zwarts, L., Wanink, J.H. & Ens, B.J. 1996c. Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: a ten-year study in the Wadden Sea. - Ardea 84A: 401-440.
- Watling, L. & Norse, E. 1998. Disturbance of the seabed by mobile fishing gear: a comparison to forest clear-cutting. - Conservation Biology 12: 1180-1197.

NINA Rapport 270

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1832-0



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no