DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING

Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer

DN-rapport 1995-5



Refereres som:
Direktoratet for naturforvaltning, 1995. Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer. DN-rapport 1995-5

Forsidefoto: Jon Arne Sæter

Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer

DN-rapport 1995-5

TRONDHEIM

Direktoratet for naturforvaltning
Tungasletta 2, 7005 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00 - Telefax: 73 91 54 33

DN-rapport

Nr. 1995 - 5

Tittel:

Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer

Utgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Antall sider:	ISSN 0801-6119 ISBN 82-7072-188-3 TE 671	Dato: Desember 1995
32		

Emneord:	Keywords:
Klimaendringer Økt stormaktivitet Virkninger på økosystemer	Climate change Increased storm activity Effects on ecosystems

Ekstrakt:

Ifølge Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) er temperaturen i Norge forventet å øke. Det er hevdet at en konsekvens av temperaturøkningen vil være en økt stormaktivitet. Det er på bakgrunn av dette DN i denne rapporten gir en vurdering av effekten av en økt stormaktivitet for terrestriske, limniske og marine økosystemer, samt for friluftsområdene. Det blir også foreslått mulige forebyggende tiltak. Vurderingene er hovedsaklig illustrert ved å se på hva som skjedde under et par ekstreme stormperioder på vestkysten i 1992 og 1993.

Abstract:

According to the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) a rise in temperature is expected in Norway. It is argued that one of the consequences of the rise in temperature will be an increased storm activity. In this report the Directorate for Nature Management (DN) will give an assessment of the effects of an increased storm activity on terrestrial, limnic and marine ecosystems, and on the areas of outdoor recreation. Measures to mitigate the negative effects are also suggested. The assessment is primarily illustrated with examples from a couple of extreme storms on the Western coast of Norway in 1992 and 1993.

Forord

Denne rapporten belyser mulige virkninger av en økt stormaktivitet på norske økosystemer som en følge av en forventet global temperaturheving. Formålet med rapporten er å bidra til økt forståelse for dette aspektet ved de globale klimaendringene.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) er ansvarlig for rapportens innhold. Rapporten er en sammenstilling av eksisterende kunnskap på feltet med bidrag fra Ann Jori Romundstad, Trond Flydal, Arne Sivertsen og Ivar Haugen. Jon Barikmo har ledet arbeidet og Frøydis Kvaløy har redigert rapporten.

Trondheim, desember 1995

Stein Lier Hansen
direktør

Innholdsfortegnelse

Sammendrag 9
1. Innledning 9
2. Virkninger av økt stormaktivitet på terrestriske økosystemer 10
3. Virkninger av økt stormaktivitet på friluftslivsområder 10
4. Virkninger av økt stormaktivitet på limniske økosystemer 10
5. Virkninger av økt stormaktivitet på marine økosystemer 10

Summery 12
1. Introduction 12
2. Effects of increased storm activity on terrestrial ecosystems 12
3. Effects of increased storm activity on outdoor recreation areas 13
4. Effects of increased storm activity on limnic ecosystems 13
5. Effects of increased storm activity on marine ecosystems 13

1. Innledning 15
1.1 Generelt om nyttårsstormen 1992 16

2. Virkninger av økt stormaktivitet på terrestriske økosystemer 17
2.1 Generelt 17
2.2 Skog 17
2.2.1 Virkninger av sjøsaltanriket nedbør 17
2.2.2 Vindfelling av trær 18
2.2.3 Toppbrekk 19
2.2.4 Rotrykking 19
2.3 Tiltak mot skader på skog forårsaket av økt stormaktivitet 19

3. Virkninger av økt stormaktivitet på friluftslivsområder 21
3.1 Skade på tekniske anlegg 21
3.2 Skade på naturen 21

4. Virkninger av økt stormaktivitet på limniske økosystemer 23
4.1 Sjøsaltepisoden 1993 23
4.2 Virkninger av sjøsaltepisoden 23
4.3 Kostnadene av oppryddingsarbeid og tiltak for å begrense skadene 24
4.4 Tiltak mot skader av sjøsaltepisoden 24

5. Virkninger av økt stormaktivitet på marine økosystemer 25
5.1 Laks 25
5.1.1 Konsekvenser 25
5.1.2 Tiltak 26
5.2 Tareskog 26
5.2.1 Tareskogens rolle i kystøkosystemet 27
5.2.2 Status 27
5.3 Skipsforlis 28
5.3.1 Tiltak for å redusere antall skipsforlis 29

Konklusjon 30
Referanser 31

Sammendrag

1. Innledning

FNs Klimapanel, IPCC, forutsier i sin rapport fra 1992 at en økning av den globale middeltemperaturen antakeligvis vil føre til en økt stormaktivitet. Antagelsen baserer seg på at de boreale områdene sannsynligvis vil bli raskere oppvarmet enn de arktiske områdene. En større temperaturgradient mellom de to sonene vil bli en drivkraft for økt lavtrykksaktivitet. Lavtrykksaktiviteten vil eksistere inntil det har blitt en temperaturøkning i Arktis. Direktoratet for naturforvaltning (DN) ønsker med denne rapporten å gi en vurdering av virkningene av den økte stormaktiviteten på ulike økosystemer. Vurderingen er bl.a. illustrert ved å se på virkningene av et par ekstreme værepisoder på Vestlandskysten i 1992 og 1993.

2. Virkninger av økt stormaktivitet på terrestriske økosystemer

En økt stormaktivitet vil sannsynligvis medføre at det blir en økning av skader som følge av sjøsaltanriket nedbør. Generelt sett vil dette kunne forskyve grensen for salttolerant flora og fauna lengre fra kysten. Enkelte habitater som er avgrenset med fysiske barrierer kan bli utsatt. Sjøsaltskader på grantrær har resultert i at barnålene har vært døde eller døende, og i enkelte tilfeller har også skudd og knopper vært døde. Fordi det kan være vanskelig å observere sjøsaltskader på skog, ville det være nyttig å foreta målinger av saltopptak i vegetasjon, i nedbør og i jord for å finne virkningene. Andre tiltak som foreslås omfatter bl.a. ulike skoglige tiltak hvorav en av de viktigste er å opprettholde og plante skog med en naturlig variert treslagsammensetning og struktur.

En annen konsekvens av en økt stormaktivitet er skader på trær som vindfelling, toppbrekk og rotrykking. Så lenge omløpstiden ikke blir så rask at økosystemet vanskelig kan tilpasse seg endringene, er en økt vindfelling av trær i utgangspunktet ikke negativt for økosystemet. Vindfelling av trær er i mange tilfeller den primære årsak til opprettholdelse av biologisk mangfold fordi lys og mineralholdig jord gjøres tilgjengelig for pionersamfunn. Den døde veden vil for en del arter, som f.eks. sopp og insekter, bety en økning av spesielle habitater og dermed muligheter for ekspansjon.

Vindfelling av trær sett fra skognæringens ståsted, kan derimot bety økte kostnader fordi større grad av skjøtsel og opprydding blir nødvendig. Fordi en variert struktur i treslagsammensetning vil være mest motstandsdyktig mot storm- og vindskader, bør en tilstrebe å få en naturlig treslags-suksesjon, der ulike lauv- og barskoger inngår og andelen blandingsskog er stor.

Der hvor et vernet skogsområde ligger tett opptil et flathogstområde, vil skogen være mer sårbar overfor kraftig vind. Et forebyggende tiltak mot denne sårbarheten, er å etablere buffersoner ved gradvis tilnærming med tynning av skog mellom de to typer område.

3. Virkninger av økt stormaktivitet på friluftslivsområder

I friluftslivsområder med tekniske anlegg vil en økt stormaktivitet bety økte skade- og oppryddingskostnader. Dette kan gjelde f.eks. skader på turveger, stier, rasteplasser, brygger, renovasjonsordninger m.m.

Økt stormaktivitet kan også føre til skader på naturen i friluftslivsområdene. Som nevnt ovenfor, vil en økt vindfelling av trær bety større kostnader til opprydding og skjøtsel. Den økte stormaktiviteten kan også bety økte erosjonsskader med tap av jord og sand. Et eksempel er Jærenstrendene hvor sand har blitt fjernet p.g.a. bølger og dønninger eller vind. Et aktuelt tiltak er reetablering eller planting av vegetasjon.

4. Virkninger av økt stormaktivitet på limniske økosystemer

En økning av sjøsaltanrikning kan ha negativ virkning på limniske økosystemer. Et eksempel på dette er fiskedøden i en rekke vann og vassdrag på Sør-Vestlandet som fulgte sjøsaltanrikningen etter en periode med uvanlig sterk vind, høy temperatur og store nedbørmengder i januar 1993. Det antas at denne episoden i 1993 førte til at årgangen av yngel og smolt ble borte, samt voksen fisk som oppholdt seg i vassdragene.

Tiltak for å begrense slike konsekvenser av sjøsaltanrikning tar sikte på å redusere surheten i vassdragene på sikt. Internasjonale avtaler om utslippsreduksjoner av sterke syrer kan hjelpe. Et tiltak som kan øke pH er å øke andelen av lauvskog i vassdragenes nedbørsfelt. Det eneste tiltak som ble satt igang for å begrense omfanget av sjøsaltepisoden i 1993 var at det i enkelte elver ble satt igang kalking. Det viste seg imidlertid at dette ga minimal effekt fordi det ble gjort på et for sent tidspunkt. Det har vist seg at elver og vann som allerede er kalket er bedre beskyttet mot slike episoder.

5. Virkninger av økt stormaktivitet på marine økosystemer

En sannsynlig konsekvens av en økt stormaktivitet på marine økosystemer, er økt risiko for skader på fiskeoppdrettsanlegg. Dette vil føre til mer rømt oppdrettsfisk til norske vassdrag. Uheldige virkninger er bl.a. økt sjansen for genetiske interaksjoner og spredning av sykdomsorganismer blant norske fiskestammer. De viktigste smittebegrensende tiltak er å bedre oppdrettsfiskens helse og redusere rømmingsproblemet.

En økt stormaktivitet vil antakeligvis også ha virkning på tareskogen. Registreringer har vist eksempler på at stortare kan skylles opp på land i store tarevoller etter sterke stormer. En mulig scenario ved økt stormfrekvens og styrke kan være at arealer som renskes for tare vil rekolonisere etter relativt kort tid hvis det er snakk om periodevise stormer og orkaner. Dersom det derimot er snakk om vedvarende klimaendring over lange tidsperioder kan yttergrensen for tarens habitat flytte lenger inn langs kystlinjen.

Økt risiko for skipsforlis som utsetter norskekysten for forurensning vil sannsynligvis bli en av følgene av en økt stormaktivitet. P.g.a. en økning av skipsulykker langs norskekysten i senere år, har det blitt satt igang og foreslått en rekke tiltak som skal redusere ulykkesrisikoen. Den økte ulykkesrisikoen skyldes hovedsaklig den økte petroleumsvirksomheten i Nordsjøen, økt transport av farlige kjemiske stoffer, utvikling i retning av en stadig eldre verdensflåte, dårlig teknisk standard på

skipene og sviktende kvalifikasjoner på mannskapssiden. Tiltakene for å motvirke skipsulykker kan bidra til at risikoen for ulykker som følger med en økt stormaktivitet også blir redusert. Oljevernberedskapen har økt bl.a. ved opprettelse av nye oljeverndepoter og at det har blitt utplassert oljevernutstyr på flere fartøy. I tillegg har det blitt foreslått forebyggende tiltak som f.eks. mer omfattende og bindende internasjonalt regelverk for føring av skip, at enkelte leder stenges for visse fartøyer og laster, at sjøkartenes kvalitet bedres, forbedret værradarsystem og flere værmeldinger på engelsk.

Summary

1. Introduction

In the 1992 report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), it is argued that a rise of the global mean temperature probably will result in an increased storm activity. This is a consequence of a more rapid warming of boreal areas than that of the Arctic. The difference in temperature between the two regions is expected to be a driving force giving rise to increased low-pressure activity which will persist until the temperature between the two areas have been levelled out. In this report the Directorate for Nature Management (DN) will give an evaluation of the effects of the increased storm activity on various ecosystems. This is illustrated by using examples from a few extreme storm episodes in 1992 and 1993 in Western Norway.

2. Effects of increased storm activity on terrestrial ecosystems

An increased storm activity will probably result in an increased degree of damages caused by airborne sea salts. In general one expects a shift of the limit of salt-tolerant flora and fauna inwards from the coast. Certain habitats along the coast which are limited by physical barriers may become more vulnerable by the increased salt effect. Sea salt damages on spruce has resulted in dying or dead spruce needles, and in some cases also dead buds and shoots. Among the most important suggested measures to mitigate the damages of the salt effect, is to maintain forests composed of natural tree species. Because it might be difficult to observe salt damages on the forest, it would be useful to investigate the effects of salt-intake in vegetation, in precipitation and in the soil.

Another consequence of increased storm activity are wind damages on trees like treefalls, broken tree tops and tearing of the tree roots when the trees are moved by strong wind. Increased treefalls may not be negative for the ecosystem as long as the time of rotation of organic material is not exceeding the time needed for an ecosystem to become adjusted to the changes. In many instances treefalls caused by wind is the primary factor of the maintenance of biological diversity because light and mineral soil are made accessible to pioneer communities. The dead trees left in the forest will provide an expansion opportunity for unique habitats and particular species like fungi and insects. For the forestry sector, on the other hand, more treefalls lead to higher costs because of the increased need of maintenance and clearing-up operations. Based on the fact that a diversified forest structure will be more resistant to damages of wind and storm, it is suggested to aim at a natural tree species-succession where different deciduous- and conifer forests are included and the portion of mixed forests is big. A protected forest located beside a felling area, will be more vulnerable to strong wind. To mitigate this vulnerability, it is suggested to establish a buffer-zone with gradual thinning of forest between the two areas.

3. Effects of increased storm activity on outdoor recreation areas

In outdoor recreation areas with technical installations, an increased storm activity means that a greater degree of maintenance and clear-up operations will be necessary. There will probably be damages on paths, picnic areas, piers, installations of waste disposals and sanitation etc.
The natural outdoor recreation areas may also face negative impacts of increased storm activity. As mentioned earlier, increased treefalls will result in larger costs because of the maintenance and cleaning-up which is necessary. The increased storm activity may also lead to erosion resulting in loss of soil and sand. One example here is the Jæren beaches where sand has been removed by waves or wind. A relevant course of action is to re-establish or plant vegetation in these areas.

4. Effects of increased storm activity on limnic ecosystems

Increased airborne sea salts may have a negative effect on limnic ecosystems. One example is the large amounts of dead fish detected in lakes and rivers in South-Western Norway in January 1993. This incidence followed a period with extremely strong wind, high temperature and large amounts of precipitation. It is assumed that this episode resulted in the disappearance of the annual smolt and fry populations and the mature fish living in the rivers.

Procedures to limit sea-salt effects like this, aim at reducing the acidity of the rivers in the long run. International agreements with the objective of reducing the discharge of strong acids will probably improve the situation. A course of action which may elevate the pH level is to increase the portion of deciduous trees in the catchment area of the rivers. The only action carried out to limit the damages of the sea salt episode in 1993 was liming of some of the rivers.

5. Effects of increased storm activity on marine ecosystems

A probable consequence of an increased storm activity, is the increased risk of damages on fish farm installations resulting in cultivated fish escaping to Norwegian rivers. Among the negative consequences of these escapes are the genetic interactions between the cultivated and wild fish, and possible transmission of harmful organisms to the Norwegian wild fish populations. The most important steps to mitigate these consequences are to improve the health of the cultivated fish, and to reduce the risk of fish escaping.

An increased storm activity will probably also have an effect on the kelp forests. There have been examples on kelps being washed ashore in large mounds after strong winds. If an increased storm activity means periodically storms and hurricanes, a possible scenario may be that areas where the kelp is rinsed away will be recolonised after relatively short time. If, on the other hand, increased storm activity means continuous climate change over a long time period, the outer limit of the kelp habitats may be moved closer to the coastline.

With an increased storm activity, there will be an increased risk of ship accidents and pollution problems along the Norwegian coast. There has been an increased degree of ship accidents along the Norwegian coast lately which has led to new mitigating measures being implemented or suggested. A higher amount of ship accidents has primarily been caused by the increased petroleum-related activities in the North Sea, increased transportation of dangerous chemical substances, gradually outworn ships on a world base, bad technical standard of the ships and insufficient crew qualifications. The mitigating measures aiming at a reduction of ship accidents,

will contribute to a reduced risk of ship accidents caused by an increased storm activity as well. The petroleum protection measures have been strengthened for instance by the establishment of new petroleum protection depots and by providing more ships with petroleum measure equipment. In addition, several preventive measures have been suggested like for instance more comprehensive and binding international rules for being in command of ships, closing of particular fairways for certain ships and cargoes, improved quality of the seamaps, improved radar system for weather forecast is improved, and that more weather forecasts are given in English.

1 Innledning

I en rapport fra FNs Klimapanel (IPCC 1992), forutsier IPCC en gjennomsnittlig økning i den globale middeltemperatur på 1,5°C - 4,5°C som følge av en forventet dobling av CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren innen år 2050. En antar en økning i stormfrekvens og styrke som følge av denne temperaturøkningen. Det er også forventet at det blir en gjennomsnittlig økning med 3-15 % i global nedbørmengde og økt fordampning fram mot år 2030 (IPCC 1992). Effekten av global oppvarming antas å bli størst i nordlige (boreale) og i høyereliggende områder (Monserud et al. 1993, Oechel 1993).

Eliassen et al. (1989) har på bakgrunn av scenariet for globale klimaendringer utviklet et scenario for det framtidige klima i Norge. Temperaturen i Norge er forventet å øke med 3-4°C i vinterhalvåret og med 2°C i sommerhalvåret. På grunn av høyere temperatur er det forventet en større omløpshastighet for det hydrologiske kretsløpet. For alle sesonger, spesielt i vårsesongen, er det beregnet en økning av nedbørmengde (opptil 15 %). Når det gjelder anslagene om en økning i stormfrekvens og styrke, er beregningene usikre. Eliassen et al. (1989) konkluderer med at det ikke er forventet noen vesentlig endring i lavtrykks-aktiviteten som følge av en global klimaendring i våre nordlige områder. I følge nyere beregninger (Eliassen *pers. med.*) kan en derimot forvente en svak økning i stormaktivitet og styrke. Antagelsen baserer seg på det forholdet at de boreale områdene sannsynligvis blir raskere oppvarmet enn de arktiske områdene. En større temperaturgradient mellom de to sonene vil bli en drivkraft for økt lavtrykksaktivitet. Økt lavtrykksaktivitet vil eksistere inntil det har blitt en temperaturøkning i arktis. Det reduserer temperaturgradienten og nedsetter lavtrykksaktiviteten. Det er i dag ikke mulig å tallfeste den forventede økningen i stormaktivitet og styrke.

I tilfelle av økt stormaktivitet og styrke vil DN i denne rapporten gi en vurdering av virkninger på økosystemene. Når en tar for seg dette området, må en ha i bakhodet at virkningene av en økt stormaktivitet og styrke kan være gunstig eller ugunstig alt ettersom hvilken synsvinkel en tar. Hvis hovedmålsettingen er å verne eller å fremme det biologiske mangfold kan en økt stormaktivitet og styrke virke gunstig inn på økosystemene fordi en ved for eksempel økt vindfelling av trær får en raskere omløpstid av det organiske materiale. En må forutsette at frekvens og styrke av stormene da ikke fører til så raske endringer at økosystemene ikke kan tilpasse seg dem. Hvis derimot hovedmålsettingen er en utnyttelse av naturressursene i et område, kan en økt styrke og frekvens av stormer bety større kostnader fordi en må regne med at flere ressurser blir nødvendig for opprydding og skjøtsel. Økt frekvens og styrke av stormer vil også bety en større risiko for skade på økosystemene for eksempel ved forurensning fra anlegg og skip som ødelegges. I tillegg kan gi ugunstige konsekvenser som for eksempel utvasking av næringsstoffer fra jorda.

Eksempler fra 1. januar 1992 har vært brukt som en referanse i arbeidet med denne problemstillingen. I tillegg blir det i forbindelse med avsnittene om ekstreme klimaepisoders virkning på limniske økosystemer og skog vist til ekstreme værepisoder i 1990 og 1993 som bl.a. forårsaket store mengder sjøsaltanrikning.

1.1 Generelt om nyttårsstormen 1992

De fylkene som ble rammet hardest av orkanen 1. januar 1992 var Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag. Mange mener at denne orkanen var den verste orkanen som norskekysten har hatt i nyere tid. Ifølge Naturskadefondets årsmelding for 1992, var den samlede skadetakst for naturskader i dette året på omkring 287 millioner kroner, - over dobbelt så høy som den høyeste av de 14 foregående år. Av 350 klagesaker fra forsikringstakere til forsikringsselskapenes avgjørelser i naturskadesaker, var 310 stormskadesaker hvorav de aller fleste refererer seg til storstormen 1. januar 1992 (Naturskadefondets årsmelding 1992).

2 Virkninger av økt stormaktivitet på terrestriske økosystemer

2.1 Generelt

I terrestriske økosystemer kan en se for seg flere konsekvenser av en økt stormfrekvens. For de skogløse områdene synes problemet med økt stormfrekvens lite. Et moment her kan være virkning på flora og fauna av sjøsaltanriket nedbør. Sjøsalteffekt skjer ved at det dannes sjøsaltaerosoler[1] på havoverflaten ved moderat vindstyrke når luftbobler brister. Mengden av sjøsaltaerosoler øker sterkt når økende vind gir hvite skumtopper på bølgekammene. En ny økning i aerosolmengden skjer ved vindstyrke som river dråper løs fra bølgekammene slik at det dannes frådeliknende skum og sjøsprøyt. Innholdet av sjøsaltaerosoler øker derfor sterkt med vindstyrken. En annen årsak til denne økningen er at vindstyrken også øker den vertikale transporten i det turbulente grenselaget nærmest havoverflaten (NIVA, 1993).

En kan gradere floraen og faunaen fra kysten og innover i landet etter artenes salttoleranse. En kan tenke seg at en økt stormfrekvens som resulterer i at sjøsaltanrikning skjer lenger fra kysten kan forskyve denne gradienten innover i landet. Enkelte habitater kan være mer utsatt enn andre fordi området er avgrenset ved for eksempel fysiske barrierer. Et eksempel er enkelte barskogsområder i Nord-Norge som befinner seg helt ned mot kysten og er avgrenset av hav på den ene siden og fjell på den andre.

En annen konsekvens av en økt stormfrekvens kan være økt fordamping i en del vindutsatte områder. Dette kan true arter som er spesielt fuktkrevende som for eksempel lav. Et tredje moment vil være en økt fare for vinderosjon, spesielt i fjellområdene.

2.2 Skog

2.2.1 Virkninger av sjøsaltanriket nedbør

Det har vært flere episoder med store sjøsaltskader på bartrær de siste årene. Et eksempel er våren 1990 hvor det spesielt ble funnet skader på bartrær på vestlandskysten hvor trærne stod sørvest vendt mot åpen sjø. Det har imidlertid også i enkelte tilfeller blitt observert sjøsaltskader så langt fra kysten som 10 km. (Horntvedt, R. *pers. medd.*). Skadene som ble observert våren 1990 framsto som mest døde eller døende (brune) barnåler. På noen av eksemplarene var også skuddene og knoppene døde. Symptomene ble spesielt funnet hos Norsk gran (*Picea abies* (L.) Karst.). Skade på Sitka gran (*P. sitchensis* (Bong.) Carr.) ble også observert. En undersøkelse som ble gjort av Norsk institutt for skogforskning konkluderte med at de observerte skadene på gran på vestlandskysten som fulgte vinteren 1989/90 var hovedsaklig en følge av sjøsalt transportert ved sterk vind. De variable værforholdene den vinteren kan også ha bidratt til skadene, og kanskje i enkelte tilfeller vært hovedfaktoren (Aamlid, D., 1994).

---

[1] **Aerosoler:** Finfordelte, mikroskopiske svevdråper eller partikler vanligvis i luft. Aerosol brukes i meterologien om luften når den inneholder faste partikler f.eks. sot, saltpartikler og små vanndråper som ofte inneholder kjemiske stoffer.

Ifølge Richard Horntvedt (*pers. medd.*) kan det være vanskelig å analysere hvor og hvordan saltskader har oppstått. En av grunnene er at de fleste stormer herjer om vinteren eller høsten. Saltskadene vil da kun observeres på bartrær fordi de ikke feller bladene i motsetning til lauvtrær. En annen årsak er at det ofte følger nedbør med disse stormene slik at saltet vil raskt bli vasket av træme.

2.2.2 Vindfelling av trær

For skogområdene vil en økt stormfrekvens medføre økt vindfelling av trær. Rent økologisk kan dette være positivt fordi forstyrrelsen ved vindfelling av skog i mange tilfeller er den primære årsak til opprettholdelsen av biologisk mangfold. Åpningen i trekronedekket og gropen i jorda som dannes når et tre vindfelles er ofte viktig for vegetasjonens dynamikk og suksesjon ved at lys og mineralholdig jord gjøres tilgjengelig for pionersamfunn, ved å løse opp presset av skyggetolerante unge trær, og ved rekruttering av nye individer.

Økt vindfelling vil også føre til en økt andel av død/døende trær i skogene. I dagens situasjon er dette positivt for hele økosystemet bl.a. fordi det for en del arter betyr en sterk økning i matforrådet, og dermed muligheter for ekspansjon.

Som nevnt innledningsvis, kan en raskere omløpshastighet i skogøkosystemet også virke negativt hvis prosessen skjer så raskt at skogøkosystemet ikke rekker å tilpasse seg endringene.

En økning av stormaktiviteten vil kunne medføre at også nye arealer nå blir utsatt for stormfelling. En større grad av vindfelling i disse områdene kan medføre sterkt endrede økologiske forhold. I områder som har vært utsatt for en økt stormfrekvens har det vist seg at en skogstype har blitt redusert og en annen har overtatt. Undersøkelser i Rocky Mountains i USA har for eksempel vist at furuen *Pinus contorta* har tatt over områder som tidligere var dominert av granen *Picea Abies*. I et annet område, i nordvest Australia, som gjentatte ganger har vært utsatt for storm, har det etterhvert utviklet seg en "syklon busk" skog med lave trekroner (Randall, J., Schaetz, R. J., Burns, S. F., Johnson, D. J., Small, T. W. 1988).

Et annet aspekt er skader av vindfelling påført skogsnæringen. Sterke stormkast kombinert med våt tele-fri jord bidro til stor felling av trær under nyttårsstormen 1992. Ifølge Bruaset (1992) ble 1.9 milliarder kubikkmeter tømmer, til en verdi av ca. 570 millioner kroner vindfelt. Orkanen førte til meget store skader på skog, og en vesentlig andel av de ca. 7000 skademeldingene innmeldt til Naturskadefondet i 1992 dreiet seg om skog.

Noen verneområder er opprettet for å ta vare på et "øyeblikksbilde" (for eksempel enkelte edellauvskogsområder). Større grad av vindfelling vil kunne medføre store endringer i øyeblikksbildet av "unormal" karakter (unormalt raske endringer). Dette kan også føre til endrede suksesjonsforhold ved at omløpshastigheten blir raskere (færre store gamle trær). Dette kan igjen føre til et økt behov for opprydding/skjøtsel i slike områder.

2.2.3 Toppbrekk

En økt stormaktivitet vil bety økt grad av toppbrekk. Toppbrekk kan også være en konsekvens av tung snø om vinteren. Toppbrekk forårsaket av tung snø, vil redusere verdien av trevirket, men trenger ikke å bety noe for treets overlevelse. Mer alvorlige toppbrekk som kan være et resultat av kraftig vind, kan imidlertid gi infeksjoner med råtesopp som brer seg langt innover i stammen, og i enkelte tilfeller resultere i at treet dør (Horntvedt, R. *pers. medd.*).

2.2.4 Rotrykking

Rotrykking som fører til at treets smårøtter slites, kan være en konsekvens av at treet utsettes for kraftig vind. I beste fall for treet kan dette resultere i en tapping av næringsstoffer og redusert vekst. I verste fall kan det føre til rotskade, tørke og råteangrep spesielt av rotkjuke, som svekker treet betraktelig.

Både rotrykking og toppbrekk vil bety en svekkelse av treets generelle helse med redusert evne til energibruk, tørke eller råteskader. Svekkelsen kan føre til at treet lettere utsettes for insektangrep.

2.3 Tiltak mot skader på skog forårsaket av økt stormaktivitet

Av grunner som nevnt under 2.2.1, kan det være vanskelig å observere sjøsaltskadene på skog. For å få en bedre forståelse av sjøsalteffekten, er det foreslått å måle opptak av saltet i vegetasjon samt å foreta sjøsalt-målinger av nedbør og i jord (Horntvedt, R. *pers. med.*).

Sjøsaltanrikning forårsaker liknende skader som fra sur nedbør. I Norge har tiltak mot skade fra sur nedbør på skog kun vært utført på forsøksbasis. Det kan imidlertid tenkes at det vil være mulig å igangsette liknende tiltak mot negative effekter av sjøsaltanrikning på skog som de som har vært foreslått mot negative virkninger av sur nedbør på skog. Ulike skoglige tiltak vil kunne minske surheten. Dette kan for eksempel omfatte en omlegging fra barskog til lauvskog eller lauvtreinnblanding, endring i skogens omløpstid, vekselbruk mellom lauvtrær og bartrær eller andre former for hogst (Hindar, A., Skjelkvåle, B.L. & Right, R.F. 1994). Fordi barskog gir større surhetsgrad i jorda enn lauvskog, er det ikke tilrådelig med planting av barskog for eksempel på Vestlandet.

Når det gjelder tiltak mot skader på skogen som er forårsaket av vindfelling, toppbrekk og rotrykking, må en ha klart for seg om tiltakene skal ta utgangspunkt i skogsnæringsinteresser eller fremming av biologisk mangfold.

Hvis en ser det fra en biologisk mangfold synsvinkel, vil mange mene at det hadde vært en fordel med mer døde trær i norske skoger fordi det vil øke næringsrotasjonen og skape bedre levevilkår for for eksempel sopp, moser og insekter. En forutsetning er selvfølgelig at rotasjonen ikke blir så rask at det fører til ubalanse i økosystemet og utvasking av næringsstoffer.

Naturvernere vil ofte hevde at den norske skogsnæringen har vært preget av "billefrykt". Norske lover gjenspeiler også at næringsinteressene dominerer framfor fremming av biologisk mangfold i det det blir sagt i skoglovens paragraf 28 *Tiltak mot insekt-, soppangrep o.l*:

> "Når det på grunn av brann, vindfelling, skred eller andre årsaker, er fare for skade av større omfang på skog ved insekt- eller soppangrep, kan departementet sette i verk de nødvendige offentlige tiltak for å bekjempe angrepene uansett hvem som er eier av skogen." (Norske lover. Lov om skogbruk og skogvern av 1993).

Ifølge denne paragrafen kan landbruksdepartementet pålegge skogeiere å foreta hogst og utdrift av trevirke som anses nødvendig for å bekjempe angrepet. Departementet kan også pålegge skogeiere i fellesskap å anlegge veier for utdrift av slikt virke. Dette gjelder imidlertid ikke for verneområdene.

I forbindelse med orkanen i 1992 ble det gitt ekstra bevilgninger på totalt 39.1 millioner kroner til bygging av veier for å ta ut vindfelte trær i de mest berørte områdene (Landbruksdepartementet). En oversikt over disse ekstrabevilgningene er gitt i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1. Bevilgningsramme/tilskuddsmidler til skogsveier i orkanfylkene i perioden 1992-1994 (mill. kroner)

	Sogn og Fjordane	Møre og Romsdal	Sør-Trøndelag	Nord-Trøndelag	Totalt
Ordinær i 1992	6.0	6.2	5.9	7.4	25.5
Ekstraordinær pga orkan i 1992	3.4	9.6	2.3	4.2	19.5
Ordinær i 1993	5.5	5.8	5.0	6.3	22.6
Ekstraordinær pga orkan i 1993	3.8	8.0	0.3	0.5	12.6
Ordinær i 1994	5.5	5.7	5.8	7.0	24.0
Ekstraordinær pga orkan i 1994	*2.6	4.4	0.0	0.0	7.0
Sum Ordinær	17.0	17.7	16.7	20.7	72.1
Sum ekstraordinær pga orkan	9.8	22.0	2.6	4.7	39.1
Totalt 1992-1994	26.8	39.7	19.3	25.4	111.2

* Ekstraordinær tildeling til Sogn og Fjordane i 1994 omfatter også ekstraordinære midler på 2.0 millioner kroner p.g.a. ny orkan senhøsten 1993.

Kilde: Landbruksdepartementet, brev av 1995.

En variert struktur i treslagsammensetning vil være mest motstandsdyktig mot storm- og vindskader. En bør derfor tilstrebe å få en naturlig treslags-suksesjon, der ulike lauv- og barskoger inngår og andelen blandingsskog er stor.

Et vernet skogsområde er ofte mer sårbart for sterk vind der det ligger tett opptil et område hvor det har vært flathogst fordi vinden da får bedre tak i trærne. Et forebyggende tiltak for å redusere denne sårbarheten er å lage buffersoner mellom disse to områdene med en gradvis tilnærming med tynning av skog fra det vernede skogområdet til flathogstområdet.

3 Virkninger av økt stormaktivitet på friluftslivsområder

Når en skal se på ekstreme klimaepisoders betydning for friluftslivsområder må en skille mellom de områdene som er bygd opp med ulike tekniske anlegg og de som er uten.

3.1 Skade på tekniske anlegg

For områder med tekniske anlegg kan økt stormaktivitet medføre økte skader på disse anleggene og dermed økte kostnader. Dette synes likevel som et lite problem. For de andre områdene vil økt vindfelling av trær medføre et større skjøtsel og opprydningsbehov, ettersom tilgjengelighet er et sentralt moment i friluftlivsområdene.

Offentlige myndigheter har i dag eiendomsrett/bruksrett til ca 1200 friluftslivsområder rundt i Norges land. En vesentlig del av områdene ligger ved kysten og brukes særlig som bade og båtutfartsområder. Friluftlivsområdene kan også ha store naturfaglige verdier, inneholde verdifulle kulturminneverdier eller være deler av større kulturlandskap. I tillegg til de sikrede friluftslivsområdene finnes det et stort antall privat eide områder som benyttes av allmennheten til friluftsliv i kraft av allemannsretten. Mange av disse er viktige tur og utfartsområder nær byer og tettsteder. På mange av de offentlige områdene er det utført opparbeiding for å gjøre de mer attraktive for allmennheten. Dette er tiltak slik som etablering av turveger, stier, rasteplasser, brygger, renovasjonsordninger m.m. Mange av de offentlige friluftlivsområdene ligger eksponert til for stormer og andre ekstreme klimaepisoder. Særlig gjelder dette de friluftlivsområdene som ligger ved kysten.

Ved en vurdering av skader som kan oppstå ved en økt frekvens av stormer og ekstreme klimaepisoder kan det være naturlig å ta utgangspunkt bl.a i nyttårsstormene i 1992 og de skader disse medførte. Etter nyttårsstormene i 1992 kom det inn flere meldinger om tap og skade på tekniske innretninger på offentlige friluftsområder. Dette gjaldt særlig de kystnære områdene på Vestlandet. Det ble meldt om skader på bl.a brygger, flytebrygger og bygninger slik som offentlige toaletter og serviceanlegg.

3.2 Skade på naturen

En økt stormfrekvens kan føre til økte erosjonsskader med tap av jordsmonn og sand. Et eksempel er deler av Jærstrendene som er sikret for bruk i friluftslivssammenheng. Her finnes sanddynelandskap som i utgangspunktet er et dynamisk system, men hvor man de siste årene har registrert unormale endringer på en del områder gjennom tap av sand til havet. Sanden forsvinner ved at bølger og dønninger fjerner den eller ved at vinden fjerner sanden (sandflukt). Et tap av den beskyttende vegetasjonen (f.eks. marehalm) vil ofte føre til en akselerasjon av prosessen. I de mest ekstreme tilfellene har offentlige strender blitt sterkt redusert p.g.a. tap av sand.

En slik uheldig utvikling vil antakelig påskyndes av en økt stormaktivitet. Dette vil kunne føre til at friluftsområdene blir mindre og at naturkvalitetene forringes vesentlig ved at sanddyner forsvinner i havet. Denne typen skade vil være vanskelig å gjenopprette når det først er skjedd. Det vil også kunne bli nødvendig med økt bruk av offentlige midler for å forsøke å igangsette forebyggende tiltak for å hindre tap av sand. Et aktuelt tiltak er reetablering eller planting av vegetasjon som graset marehalm.

En annen konsekvens av økt stormaktivitet som har innvirkning på friluftslivsområder, er skade på vegetasjon som for eksempel veltede trær. Dette kan bl.a. omfatte skader på store gamle trær som er en viktig del av landskapsbildet og gjør områdene attraktive m.h.t. opplevelse. I en del tilfeller kan det også gjelde skader på gamle kulturlandskap slik som alléer e.l. som gir områdene særlig stor opplevelsesverdi.

I forbindelse med kostnadene til opprydding, utbedringer og nyanskaffelser etter nyttårsstormene i 1992, ble det bevilget ca 1 million kroner til utbedring av skader på friluftslivsområder i de 4 hardest rammede fylkene. Det ble bl.a. satt igang aktiviteter under midler bevilget til miljøsysselsettingstiltak. Skadene som ble innmeldt i tilknytning til bruk av disse midlene gjaldt først og fremst opprydding etter vindfelling av trær. Et annet område hvor det ble innmeldt behov for tiltak var i forbindelse med opprydding av skrot som for eksempel plast og fiskegarn skylt på land i strandområder. De ekstraordinære kostnadene medførte at nivået på midler til nyinvesteringer ble redusert tilsvarende.

4 Virkninger av økt stormaktivitet på limniske økosystemer

4.1 Sjøsaltepisoden 1993

I Norge er det dokumentert én ekstrem klimaepisode med påfølgende skade på fiskebestander i vann og vassdrag. Episoden fant sted i januar 1993, og ble oppdaget p.g.a. fiskedød i en rekke vann og vassdrag i Vest-Agder og Hordaland, samt i klekkerier i Sogn og Fjordane. Fiskedøden fant sted etter en periode med uvanlig sterk vind, høy temperatur og store nedbørmengder. Nedbørsanalyser foretatt av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) viste at det forut for fiskedøden ble tilført store mengder sjøsalter i nedbøren, i konsentrasjoner som var 3-10 ganger høyere enn normalt. I en rekke elver i Sør-Norge ble det funnet uvanlig høye konsentrasjoner av sjøsalter, noe som gjorde elvene ekstremt sure og aluminiumsrike.

Årsaken til at det kan oppstå høye sjøsaltkonsentrasjoner i nedbøren er høy vindstyrke som bringer sjøsalter fra havoverflaten opp i atmosfæren. Sjøsaltene transporteres innover land og kommer ned med nedbøren. De lave pH-verdiene og de høye aluminiums-konsentrasjonene er den såkalte "sjøsalteffekten" som går ut på at natrium fra nedbøren holdes tilbake ved ionebytte i jordsmonnet og erstatter hydrogenioner og aluminiumioner som kommer ut i avrenningsvannet. Vannet kan dermed bli ekstremt surt og giftig for fisk. Hvis ionebyttet skjer kun med basekationer som kalsium og magnesium, vil vannets surhet ikke bli vesentlig endret. Sjøsalteffekten er derfor av størst betydning i kystnære områder som er forsuringsfølsomme og påvirket av forurenset nedbør, mens nedbørsfelt som ikke er forsuret ikke vil få giftige forhold for fisk og andre organismer. Dette betyr at den nedbøren som utløser effekten ikke behøver å være sur for at en slik episode kan inntreffe.

4.2 Virkninger av sjøsaltepisoden

Etter sjøsaltepisoden i 1993 ble det av død fisk hovedsaklig funnet aure og sjøaure i vassdragene. Det ble i tillegg funnet død bekkerøye og ål. Det er ikke rapportert om funn av andre døde organismer.

For vann og vassdrag i forsurede områder kan en slik sjøsaltepisode få store konsekvenser for fiskebestander og andre organismer. Det antas at episoden i 1993 førte til at hele årgangen av yngel og smolt ble borte, samt voksen fisk som oppholdt seg i vassdragene. I sure vassdrag hvor bestandene på forhånd er svekket vil en slik episode sannsynligvis føre til at de får en alvorlig knekk. Generelt vil skadeomfanget avhenge både av tidspunktet på året en slik episode skjer og på type vassdrag. Det vil bli størst skade om sjøsaltepisoden skjer i vassdrag på en tid da gytefisken har vandret opp i vassdraget, og i vassdrag der alle årganger er i vassdraget permanent. Undersøkelser av yngeltetthet etter episoden i 1993 viste at fiskeegg har overlevd episoden, trolig p.g.a. at de var nedgravd i grusen. På vårparten ville disse som yngel trolig strøket med.

Undersøkelser viste også at det ikke ble observert død fisk i kalkede vassdrag. I elva Audna i Vest-Agder ble det ikke registrert død fisk i kalkede deler av elva, mens det i ukalkede deler var omfattende fiskedød.

4.3 Kostnadene av oppryddingsarbeid og tiltak for å begrense skadene

DN kjenner ikke til noe organisert oppryddingsarbeid i vassdragene etter sjøsaltepisoden. Episoden skjedde i en tid på året hvor det er liten aktivitet i elvene, og i mange elver gikk det trolig lang tid før fiskedøden ble oppdaget. I enkelte vassdrag sørget lokale folk for at det ble ryddet opp. Etter en slik episode er det grunn til å tro at mye av den døde fisken forsvinner raskt slik at det blir lite behov for opprydding.

Det eneste tiltaket som ble satt iverk for å begrense skadeomfanget av episoden var at det i enkelte elver ble satt igang kalking. Det viste seg imidlertid å være mislykket da det gav minimal effekt på omfanget av fiskedøden. Dette tyder på at det er for sent å sette igang kalking midt under en sjøsaltepisode, men at elver og vann som er kalket på forhånd er godt beskyttet.

4.4 Tiltak mot skader av sjøsaltepisoder

Dersom frekvensen av sjøsaltepisoder øker vil det få alvorlige konsekvenser både for fiskebestander og andre organismer i vassdrag i forsurede områder. Det vil da være ønskelig å sette igang tiltak for å begrense disse skadene. Dette kan både være tiltak som reduserer surheten i vassdragene på sikt, samt tiltak som raskt øker pH i vassdragene. Tiltak som internasjonale avtaler om utslipps-reduksjoner av sterke syrer gir håp om at store deler av de sure områdene på sikt vil ble restituert. Beregninger utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på grunnlag av svovelavtalen som ble inngått i 1994 viser at vi kan forvente en nedgang i forsuringsskadet areal fra 36 til 20 % i de neste 20-100 år. Den største forbedringen forventes å komme på Østlandet og Vestlandet, mens en betydelig del av Sørlandet vil forbli forsuringsskadd.

Et annet tiltak som på sikt vil forebygge sjøsaltskader i vassdrag er å øke andelen av lauvskog i vassdragenes nedbørsfelt. Forsøk utført ved Norges landbrukshøgskole (NLH) viser at pH i jordsmonnet øker med opptil en enhet i blandingsskog med 50 % lauvskog sammenliknet med bestander av ren barskog. En høyere pH i jordsmonnet vil føre til at natrium fra sjøsaltene vil ionebytte med basekationene istedenfor H+, og dermed forhindres avrenningsvannet i å bli surt.

Det eneste tiltaket som raskt kan beskytte vassdragene mot sjøsaltepisoder er kalking. Ved å kalke vassdrag får vannet den samme bufferkapasitet som vann som ikke er surt. Gjennom en sjøsaltperiode vil kalket vann både forhindre at surt avrenningsvann gir lav pH og at det blir dannet giftige aluminiumsforbindelser.

Det er her ikke gjort noe overslag på hva de nevnte tiltakene vil koste. Når det gjelder kalking er det stor forskjell på kostnadene avhengig av størrelse på lokalitetene. De årlige kostnadene kan variere fra noen tusen kroner i små vann og opp til 1-2 millioner kroner i middels store elver.

5 Virkninger av økt stormaktivitet på marine økosystemer

5.1 Laks

En endring i klima som bidrar til å øke stormaktiviteten og risikoen for havarier vil føre til mer rømt oppdrettsfisk til våre vassdrag. Oceanographic Company of Norway A/S (OCEANOR) i Trondheim evaluerte i 1992 49 oppdrettsanlegg som fikk skader under orkanen 1. januar 1992. Orkanen var ekstrem når det gjelder vindhastighet. Den var også ekstrem m.h.t. bølgehøyde. OCEANOR beregnet totalt antall rømt fisk fra fiskeoppdrettsanlegg til å være i underkant av 1.4 millioner fisk.

I tabell 2 nedenfor vises skader på fiskeri/havbruk som følge av stormen fordelt på de fire mest påvirkede fylkene.

Tabell 2. Skader på fiskeri/ havbruk etter orkanen 1. januar 1992

	Sogn og Fjordane		Møre og Romsdal		Sør-Trøndelag		Nord-Trøndelag		
	Skade-tall	mill. kr.	Skade-tall	mill. kr.	Skade-tall	mill. kr.	Skade-tall	mill. kr.	Totalt skadetall
Sjøhus	21	0.7	33	2.0	21	1.6	5	0.4	80
Båter	7	2.5	37	55.0	8	0.4	1	0.1	53
Fiskeindustri	2	0.5	12	17.0	7	1.5	3	0.3	24
Havbruk	7	13.5	66	73.0	25	9.6	10	1.4	108
Kaier/moloer	7	1.8	6	2.5	2	0.4	1	0.5	16
Totalt		19.0		149.5		13.5		2.7	

Kilde: Bruaset, O. (1992)

5.1.1 Konsekvenser

De norske laksestammene har sannsynligvis hatt ca 10 000 år til rådighet for utvikling av lokale miljøtilpasninger. Det er påvist biologiske særtrekk med genetisk bakgrunn hos norske laksestammer. Disse særtrekkene karakteriseres som genetiske tilpasninger til lokale miljøforhold. Den basale biologiske begrunnelse for stammerettet forvaltning er at de ville laksebestandene mest typisk er selvstendige reproduksjonsenheter med begrenset genstrøm seg imellom.

Nyere undersøkelser har dokumentert at potensialet for genetisk innblanding i ville bestander er stort (Lura 1993). Spesielt gjelder dette i vassdrag hvor den naturlige bestand er fåtallig og oppdrettsfisken i overvekt. Den genetiske effekten som økt immigrasjon har på den naturlige populasjonsstruktur kan være drastisk. Beregninger har vist at effekten av den type massive invasjoner av rømt oppdrettslaks i elvene som man har observert i de senere år, kan mer enn halvere eksisterende genetiske forskjeller i nøytrale karakterer mellom lokale stammer i løpet av èn generasjon.

Hvis de genetisk betingede lokale tilpasningene gradvis blir visket ut, vil dette medføre ytterligere reduksjoner i den lokale populasjonsstørrelse. Dette kan igjen få konsekvenser for det lokale elvefisket, og oppdrettsnæringens genetiske fundament kan bli ytterligere svekket.
Stor innblanding av oppdrettsfisk i våre ville bestander medfører også at vårt stammerettede forvaltningsgrunnlag blir undergravet og vanskeliggjør en fortsatt forvaltningsstrategi basert på kunnskapen om lokale og ofte særegne populasjonsstrukturer i våre lakseelver.

Sjukdomssituasjonen hos norske villfiskpopulasjoner kan i store trekk jevnføres med utbredelsen av tilsvarende sjukdommer i norske oppdrettsanlegg. De viktigste smitte-begrensende tiltak overfor villfisk, er derfor å bedre oppdrettsfiskens helse og redusere rømmingsproblemet.

5.1.2 Tiltak

Fra 1970 til 1990 hadde norsk lakseoppdrett en gjennomsnittlig vekstrate på over 40% pr. år. Selv en velutviklet og godt organisert industri ville hatt betydelige problemer med å takle en så høy vekstrate. Det store omfanget av næringen og betydningen av miljøproblemene tilsier at det er behov for å legge avgjørende vekt på miljøproblemene i forvaltningen av næringen. Dersom vi kan forutsi ekstreme endringer i klima som får konsekvenser for økosystemer, bør forvaltningen søke å gi overordnede myndigheter tilstrekkelig informasjon og råd om nødvendige tiltak.

Ansvaret for å sikre at norsk oppdrettsnæring tilfredsstiller de nødvendige tekniske og driftsmessige krav for å unngå havari og rømming ligger hos våre fiskerimyndigheter. Etter orkanen 1992 har det vært en gradvis forbedring av næringen. Dette gjelder forbedringer innen kunnskapsnivå, driftsrutiner, teknologi og kontroll. Miljøforvaltningen savner imidlertid en mer offensiv strategi som systematisk synliggjør beredskapstiltak både før og etter havari.

5.2 Tareskog

Storm og orkan har trolig en viktig regulerende effekt på stortareskog. Under sterke stormer kan store flater frigjøres for tare. Graden av bølgeeksponering er trolig den viktigste faktoren som påvirker mengden stortare på en lokalitet. En del andre miljøfaktorer synes imidlertid å endre seg sammen med bølgeeksponeringsgraden. Forutsetninger for en godt utviklet stortareskog synes å være:

1) Moderat til sterk bølgeeksponering.
2) Fast substrat (fjellgrunn).
3) Lav hellningsgrad på bunnen.
4) Lavt innslag av arter som beiter på tareskogen.

Slike forutsettende miljøbetingelser medfører samtidig at stortareskogen er utsatt for stormpåvirkning. Vi vet fra eldre registreringer (Printz, H. 1957) at stortare kan skylles opp på land i store tarevoller etter sterke stormer.

Når større områder renskes for tare, som eksempelvis ved sterke stormer, er det tre mulige transportveier for biomassen som peker seg ut:

1) Biomassen dras ut på dypet og ut av gruntvannssystemet.
2) Biomassen synker ned i nærliggende områder, nedbrytes og hovedbestanddeler gjeninngår i tilhørende næringskjede.
3) Store deler drivtare kan kastes opp på land og brytes ned i fjæresonen. Deler av dette kan igjen transporteres ut i vannmassene.

Betydningen av disse ulike transportveiene vil variere i tid og rom.

5.2.1 Tareskogens rolle i kystøkosystemet

Langs norskekysten er stortare mest utbredt fra Rogaland i sør til Øst-Finnmark i nord. Arten er dominant på egnet fjellsubstrat og har sin globale hovedutbredelse i Norge. Best utviklet er stortareskogen på kysten av Midt-Norge, på de mest eksponerte lokalitetene, i ytre skjærgård. Stortareskogen har en grunnleggende betydning for det assosierte plante- og dyresamfunnet. Dette forklares bl.a ut i fra at tareskogen modifiserer det opprinnelige habitatet (naken fjellgrunn), og forvandler et i utgangspunktet ugjestmildt område til en produktiv "oase". Fra ett enkelt plan endres leveområdet til tre dimensjoner, noe som utnyttes av mange planter og dyr. Produksjonen kan nå et nivå som er sammenlignbart med tropisk regnskog.

5.2.2 Status

Fra deler av Trøndelagskysten og langs store kyststrekninger nordover til Vest-Finnmark er stortareskogen delvis nedbeitet av drøbak-kråkebollen (*Strongylocentrotus droebachiensis*). Denne nedbeitingen av stortare kan være et naturlig syklisk fenomen, men empirisk grunnlag for denne antakelsen har vi foreløpig ikke. Økende kunnskap om nematodeinfeksjoner i kråkeboller og økt dødelighet av kråkeboller har reist spørsmål om hvorvidt tareskogen er på vei tilbake langs tidligere nedbeitede områder. Foreløpige resultater tyder på at dette vil være en tidkrevende prosess.

På strekningen Rogaland til Møre og Romsdal høstes årlig omlag 160 000 tonn stortare for utvinning av alginater. I samme område er det påvist infeksjon av en endofyttisk brunalge som reduserer stortarens reproduksjonsevne. Høsting av tare har i flere områder resultert i konflikter mellom taretrålere og fiskere. Hastighet på rekolonisering av assosierte plante- og dyregrupper vil variere med hvor mye av tareskogen i det aktuelle området som blir berørt av høsting, artenes spredningsevne, eksponeringsgradienter samt lys og temperatur (nord-syd gradienter).

Dersom stormer og orkaner har en viktig regulerende effekt hvordan virker dette?:

1) Hvordan påvirker stormer og orkaner tareskogens struktur?
2) Kan stormer og orkaner renske store kyststrekninger for tare?
3) Er det hovedsakelig de eldste plantene som blir tatt av storm og orkan?

Vi har lite kunnskap om hvordan disse mekanismene virker.

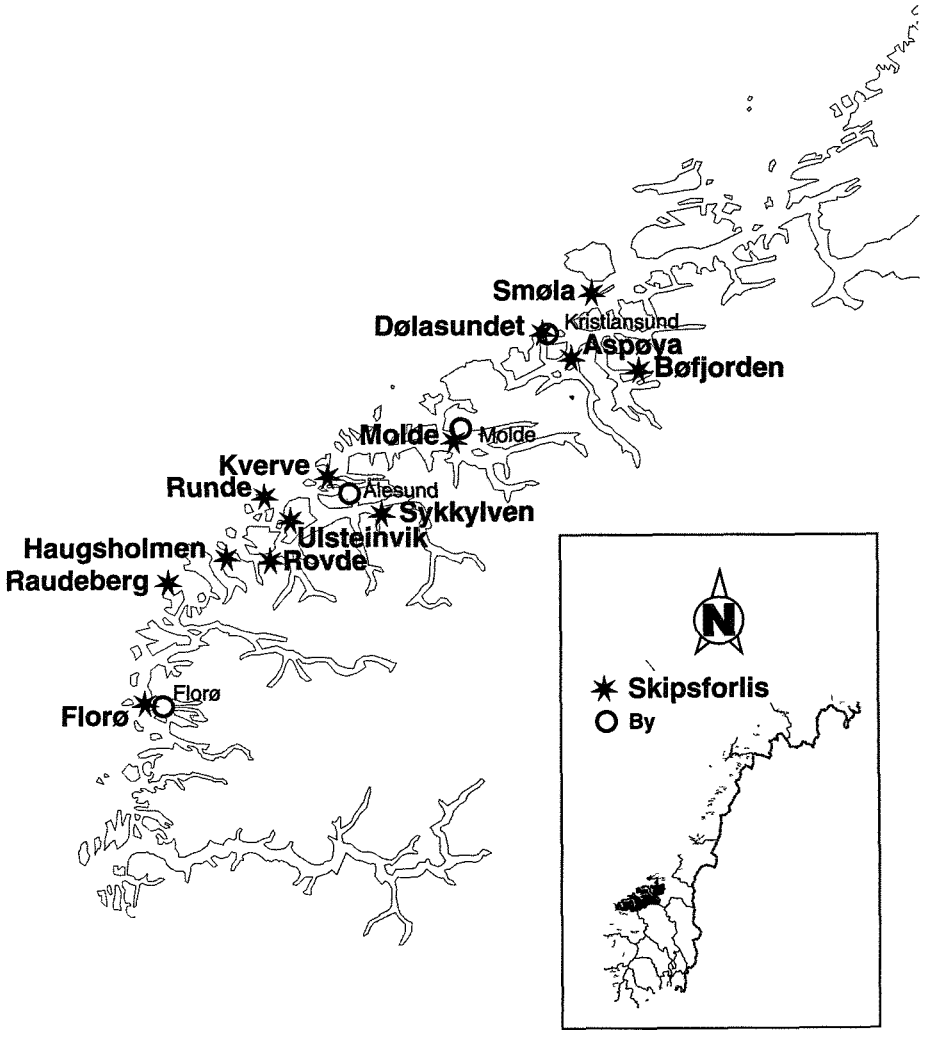
Historiske data vedrørende stortarevoller i strandsonen viser at det i forbindelse med stormer og orkaner tidligere var betydelige mengder tare som ble skyllet på land flere steder langs norskekysten (Printz, H. 1957). I dag synes det som om dette fenomenet har gått tilbake. Hva som er årsakene til

Stortare er fra naturens side en art som er tilpasset et væreksponert område. Et mulig scenario ved økt stormaktivitet og styrke kan være at arealer som renskes for tare trolig vil rekolonisere etter relativt kort tid hvis det her er snakk om periodevise stormer og orkaner. Dersom det er snakk om vedvarende klimaendring over lange tidsperioder vil trolig yttergrensen for tarens habitat flyttes lenger inn langs kystlinjen.

5.3 Skipsforlis

En økt stormaktivitet som følge av klimaendringer vil øke risikoen for skipsforlis langs norske-kysten. Dette vil bety at kyst- og marine økosystemer i større grad vil være utsatt for forurensninger.

Under nyttårsstormen 1992 var det mange skip som gikk på grunn. Sted og antall er illustrert på neste side (figur 1). Ved siden av de materielle skadene på skipene, var det flere av forlisene som krevde kostbare opprydningsarbeid ved Statens forurensningstilsyn (SFT). For eksempel hekketråleren "Møre trål" som gikk ned i Aspøyvågen resulterte i et opprydningsarbeid fra SFTs side til ca. 500.000 kroner, og grunnstøtet av det filippinske bulkfartøyet "Menina Barbara" forårsaket et utslipp av 1 tonn fyringsolje (Landbruksavdelinga, fylkesmannen i Møre og Romsdal).



Figur 1. **Skipsforlis under nyttårsorkanen 1992.** Kilde: Bruaset, O. (1992)

5.3.1 Tiltak for å redusere antall skipsforlis

P.g.a. en økning av skipsulykker og forurensninger langs norskekysten har norske myndigheter i de senere år satt igang og foreslått ulike tiltak som skal redusere ulykkerisikoen. Disse tiltakene kan bidra til at også risikoen for ulykker som følge av ekstreme klimaepisoder
blir redusert.

Noen av de viktigste årsakene til den økte ulykkerisikoen i norske farvann er:

- *Økt petroliumsaktiviteten i Nordsjøen.* Dette har ført til utbygging av store olje- og kjemikaliebaserte anlegg langs kysten. Utbyggingen har resultert i en omfattende økning av transport av farlige og forurensende stoffer i visse farvann. Som følge av dette har risikoen for personskade, materielle skader og miljøskader økt betraktelig. Den økte risiko har først og fremst sammenheng med skipenes størrelse og lastekapasitet, samt omfanget av øvrige skipstrafikk i dette aktuelle området.

- *Økt produksjon av farlige stoffer.* Dette gjelder innen kjemisk industri som plast- kunstfiber- og næringsindustrien og innen jord- og skogbruk som bl.a. plantevernmidler og kunstgjødsel. Dette gjenspeiles i en stadig økende flåte av kjemikalie- og gass-skip.

- *Utvikling i retning av en stadig eldre verdensflåte, dårlig teknisk standard på skipene og sviktende kvalifikasjoner på mannskapssiden.* På bakgrunn av dette bevilget Stortinget våren 1992 etter forslag fra regjeringen 10 millioner kroner til styrket kontroll med skip. I 1992 ble det også inngått en beredskapsavtale mellom Sjøfartsdirektoratet og to private bergingsfirmaer om beredskap for nødlossing av olje fra skip.

Styrkingen av oljevernberedskapen de siste årene har spesielt vært rettet mot Vestlandet knyttet til de landbaserte petroleumsaktivitetene i Hordaland. Det er opprettet to nye oljeverndepoter (Solund og Fedje) og en beredskapsstasjon på Mongstad, samt en trafikksentral på Fedje. Det har også blitt satt igang et nærmere samarbeid mellom forsvars- og miljøvernmyndighetene innen oljevernberedskapen som bl.a. har resultert i utplassering av oljevernutstyr på seks kystfartøy.

Norske myndigheter har foreslått forebyggende tiltak for skipsfarten som bl.a. omfatter mer bindende internasjonale retningslinjer for drift av skip. Dette vil gjelde skipenes tekniske stand, endring i det internasjonale regelverk vedrørende rapportering slik at skipsfører skal ha en ubetinget plikt til å rapportere i tilfelle maskinstans o.l., arbeide for etablering av et system for påbudte seilingsleder, og utforming av et helhetlig regelverk for losplikt med bakgrunn i trafikksikkerhets- og miljøhensyn.

Andre tiltak som har vært foreslått for å redusere faren for forurensning fra skip er bl.a. at enkelte leder stenges for visse fartøyer og laster og at sjøkartenes kvalitet vurderes ikke bare i forbindelse med navigasjon, men også i større miljømessig sammenheng (NOU 1991:15 oppfølging). I tillegg har det blitt foreslått å etablere et system med værradar som vil kunne fange opp endringer i været på en bedre og sikrere måte. Et problem for skipsfarten er at værmeldingene i stor grad sendes på norsk. P.g.a. internasjonaliseringen ombord på fartøyene i utenlandske fartøyer som anløper i norske farvann, har det vært foreslått at flere værmeldinger skal sendes på engelsk.

Konklusjon

En økning av den globale middeltemperatur vil antakeligvis føre til en økt stormaktivitet. Antakelsen baserer seg på det forholdet at de boreale områdene sannsynligvis vil bli raskere oppvarmet enn de arktiske områdene. En større temperaturgradient mellom de to sonene vil føre til en økt lavtrykksaktivitet.

Stormaktivitet vil sannsynligvis forårsake større grad av skader fra sjøsaltanriket nedbør. Slike skader viser seg for eksempel ved at barnåler, skudd og knopper på gran dør. Det har også vært tilfeller hvor sjøsaltanriket nedbør har ført til fiskedød i norske elver og vann. For å motvirke disse skadene er det trolig at liknende tiltak kan benyttes som de som brukes mot skadene fra sur nedbør. Ved skader i ferskvann omfatter dette bl.a. kalktilførsel, mens i skog kan det tenkes at ulike skoglige tiltak kan motvirke forsuringen.

Økning av stormaktiviteten vil sannsynligvis også føre til en økning av skader på trær som f.eks. vindfelling, toppbrekk og rotrykking. En økt vindfelling kan være positivt for det biologiske mangfold så lenge omløpstiden ikke blir så rask at økosystemet ikke klarer å tilpasse seg endringene. På den andre siden kan en økt vindfelling være negativ for skogsnæringen fordi det vil bety større kostnader til skjøtsel og opprydding. Fordi en variert struktur i treslagsammensetning vil være mest motstandsdyktig mot storm- og vindskader, bør en naturlig treslags-suksesjon tilstrebes, der ulike lauv- og barskoger inngår og andelen blandingsskog er stor.

I friluftslivsområder med tekniske anlegg vil en økt stormaktivitet bety økte skade- og oppryddingskostnader. Stormaktiviteten kan også medføre kostnader i forbindelse med naturskader som vindfelte trær og erosjon av jord og sand.

I marine økosystemer vil skader på fiskeoppdrettsanlegg antakeligvis være en av de negative konsekvensene av en økt stormaktivitet. Dette vil bety bl.a. en økt sjanse for rømt oppdrettsfisk i norske vassdrag med de negative sidene dette medfører. Stormaktiviteten kan også medføre at områder renskes for tare i perioder, eller at yttergrensen for tarens habitat flyttes lenger inn langs kystlinjen.

En økt risiko for skipsulykker og forurensning fra disse er en sannsynlig følge av en økt stormaktivitet. P.g.a. en økning av skipsulykker langs norskekysten i de senere år, har det blitt satt igang eller foreslått en rekke tiltak for å redusere ulykkene. De gjennomførte og foreslåtte tiltakene vil også kunne bidra til en reduksjon av ulykkerisikoen i forbindelse med storm.

Referanser

Aamlid, D. 1994. Sea-salt injuries to conifers along the western coast. Norsk institutt for skogforskning. Landbrukshøyskolen, Ås.

Bruaset, O. 1992. Orkanen. Det Norske Samlaget. Oslo.

Direktoratet for naturforvaltning 1994. Kritiske utviklingshastigheter. DN-rapport 1994-4. Trondheim.

Direktoratet for naturforvaltning 1994. Skogens naturlige økosystem. Elementer og prosesser i naturlig skogutvikling. DN-rapport 1994-5. Trondheim.

Eliassen, A., Grammeltvedt, A., Mork, M., Pedersen, K., Weber, J. E., Braathen, G. & Dovland, H. 1989. Climate change in Norway due to increased greenhouse effect. - Report to the Ministry of the Environment (ikke publ.).

Hindar, A., Skjelkvåle, B.L. & Wright, R.F. 1994. Miljøtiltak i skog -effekter på jordvann, avrenningsvann og vannlevende organismer. Aktuelt fra skogforskning. Norsk institutt for skogforsk Nr 4-94. Tiltak mot forsuring av skog. En utredning om effekter på ulike deler av skogsystemet. Norges landbrukshøyskole, Ås.

IPCC 1992. Climate Change 1992. The supplementary report to the IPCC scientific assessment (J. T. Houghton, B. A. Callander & S. K. Varney, red.): 200 s. Cambridge University Press.

Jacobsen, J.A., Hansen, L.P. & Lund, R.A. 1992. Occurence of farmed salmon in the Norwegian sea. I.S.E.S.C.M. 1992/M:31.

Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1993. Furunkulose i norske vassdrag - Statusrapport. NINA Forskningsrapport 38: 1-73, 1993. Trondheim.

Lund, R.A., Hansen, L.P. & Økland, F. 1994. Rømmimg av oppdrettsfisk og sikringssoner for laksefisk. NINA Oppdragsmelding 303: 1-15. Trondheim.

Lunder, T. & Håstein, T. 1990. Infeksjoner med *Aeromonas salmonicida*. I Fiskehelse, Sykdommer - behandling - forbygging. Red: T. Poppe. ss 140-147.

Lura, H., Barlaup, B.T. & Sægrov, H. 1993. Spawning behaviour of farmed escaped female Atlantic salmon (*Solmo salar*). J. Fish. Biol. 42: 311-313.

Monserud, R. A., Tchebakova, N. M. & LeeMans, R. 1993. Global vegetation change predicted by the modified Budkyo Model. - Climatic Change 25: 59-83.

Norges Lover. Lov av 21. mai 1965 om skogbruk og skogvern. Grøndahl & søn lovdata.

Norsk institutt for vannforskning 1993. Betydningen av sjøsaltanriket nedbør i vassdrag og mindre nedbørsfelt, Forsuring og fiskedød etter sjøsaltperioden i januar 1993. NIVA rapport. Oslo.

NOU 1991: 15 oppfølging 1993. Miljøsikkerhet i farledene.

Oceanographic Company of Norway A/S 1992. Evaluering av havari ved matfiskanlegg. Trondheim.

Oechel, W. C. 1993. Understanding the impacts of climatic change on northern ecosystems. Impacts of climate change on natural ecosystems, with emphasis on boreal and arctic/alpine areas (J. I. Holten, G. Paulsen & W. C. Ochel, red.): 5-8. Norwegian

Peterson, C. J., Walter, P. C., Brian C. M., Pickett, S. T. A. 1990. Microsite variation and soil dynamics within newly created treefall pits and mounds. Oikos 58. Kjøbenhavn.

Printz, H. 1957. Norges forekomster av drivtang og drivtare. Norsk institutt for tang- og tareforskning (nå: Institutt for bioteknologi) NTH, Trondheim. Rapport 18: 1-50.

Schaetzl, R. J., Burns, S. F., Johnsen, D. L., Small, T.W. 1988. Tree uprooting: review of impact on forest ecology. Vegetatio 79. Belgia.

Schaetzl, R. J., Johnsen, D. L., Burns, S. F., Small, T. W. 1988. Tree Uprooting: review of terminology, process, and environmental implications. Canadian Journal of Forest Research. Canada.

Statens Naturskadefond, 1992. Årsmelding 1992.

Stortingsmelding nr. 25 Om norsk oljevern (1993-94).

Økland, F., Lund, R.A. & Hansen, L.P. 1993. Rømt oppdrettslaks i sjø og elvefiske i 1992. NINA Oppdrettsmelding 223: 1-19.

Direktoratet for naturforvaltning

Direktoratet for naturforvaltning (DN) er det sentrale fagorganet for naturforvaltning i Norge. DN ble opprettet i 1985 og er underlagt Miljøverndepartementet.

Myndigheten til å forvalte naturressurser er gitt gjennom ulike lover og forskrifter. Utover lovbestemte oppgaver har direktoratet også ansvar for å identifisere, forebygge og løse miljøproblemer ved samarbeid, rådgivning og informasjon overfor andre myndigheter og grupper i befolkningen.

DNs publikasjonsserier

Direktoratet for naturforvaltning utgir fire publikasjonsserier:

DN-rapport er resultatet av et utredningsarbeid som er gjennomført av DN, og gir uttrykk for direktoratets forslag eller standpunkter.

DN-notat er enklere oversikter, sammenstillinger, referater o.l.

DN-håndbok gir veiledning, konkrete råd og eventuelt direktiver i spørsmål om forvaltning av naturen, som regel til bruk for lokale forvaltningsorganer.

Utredning for DN er utarbeidet av andre på oppdrag fra DN. Innholdet har karakter av råd til DN, og vil være med på å danne grunnlaget for at DN senere kan innta standpunkter eller treffe beslutninger.

Oversikt over DN-rapporter

1992

1992-1:	Naturvernområder i Norge 1911-1991	Utgått
1992-2:	Havstrand i Hordaland. Regionale trekk og verneverdier	40,-
1992-3:	Terrestrisk naturovervåking. Sammendrag av resultater fra 1990	Utgått
1992-4:	Nordisk seminar om forvaltning av storørret	50,-
1992-5a:	Biologisk mangfold i Norge. En landstudie	50,-
1992-5b:	Biological diversity in Norway. A country study	50,-
1992-6:	Truete arter i Norge. Norwegian Red List	50,-
1992-7:	Verneplan I og II for vassdrag. En oversikt over kunnskapsnivået innenfor naturfag og friluftsliv. Verneplanens regionale dekning	50,-
1992-8:	Friluftsliv i behandling av belastede grupper	50,-
1992-9:	Barskog i Vest-Norge. Utkast til verneplan	Utgått
1992-10:	Barlind og kristtorn i Vest-Norge. Utkast til verneplan	30,-

1994

1994-1:	Status for stortareskog og forvaltning av tare i Norge	40,-
1994-2:	Truete arter i Norge. Verneforslag	40,-
1994-3:	Forvaltningsplan for innlandsfisk	30,-
1994-4:	Kritiske utviklingshastigheter for klimaendringer	40,-
1994-5:	Skogens naturlige dynamikk. Elementer og prosesser i naturlig skogutvikling	Utgått
1994-6:	Program for terrestrisk naturovervåking. Sammendragsrapport 1990-1992.	40,-

1995

1995-1:	Forvaltning av hjortevilt mot år 2000. Handlingsplan	50,-
1995-2:	Handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000. Forkortet utgave	50,-
1995-3:	Naturvernområder i Norge 1911-1994	100,-
1995-4:	Wilderness Quality Mapping in the Euro-Arctic Barents Region	50,-
1995-5:	Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer	50,-

Pris kr 50,-

DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING
Tungasletta 2, 7005 Trondheim, Tlf.: 73 58 05 00, Fax: 73 91 54 33

TE 671
ISBN 82-7072-188-3
ISSN 0801-6119

Trykkerihuset Skipnes 73 82 63 00