
Kull og grønne skoger

– om karbonbinding i skog som klimatiltak

Av: Jon Magnar Haugen



Rapport 7/2001

Framtiden i våre hendes forskningsinstitutt (FIFI)

Tittel Kull og grønne skoger? - om karbonbinding i skog som klimatiltak	Rapportnummer, utgivelsesdato, pris FIVH-rapport 7/ 2001, 02.10.01, kroner 60,-
Forfatter cand. agric. Jon Magnar Haugen	Utgiver Framtiden i våre hender, Hausmannsgate 27 Postboks 4743 Sofienberg 0506 Oslo
Prosjektstyrer Dag Nagoda	Ansvarlig redaktør Arild Hermstad
Kvalitetssikrer dr. scient. Gary Fry	
<p>Denne rapporten er godkjent av Framtiden i våre henders forskningsinstitutt (FIFI). Instituttet har til formål å engasjere eksterne fagfolk med den nødvendige vitenskapelige kompetanse til å utføre prosjekter innen miljø- og utviklingsspørsmål. Prosjektene skal frambringe vitenskapelige utredninger som skal publiseres i FIVHs rapportserie og legges ut til offentlig debatt. Årlig utgis det 10-12 rapporter av denne typen. Rapportene kvalitetssikres og godkjennes av instituttets styre. FIFIs styre består av:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cand. oecon. Ingeborg Rasmussen (styreleder) - cand. polit. og siv. øk. Audun Ruud - dr. scient. Erling Krogh - dr. scient. Gary Fry - dr. philos. Hilde Ibsen - cand. polit. Ane Mygland 	

Rapporten er utgitt med støtte fra Sigvald Bergesen d.y. og hustru Nanki's almennyttige stiftelse.

Sammendrag

Kyotoprotokollen åpner for at landene skal kunne krediteres for karbonbinding i skog i sine klimaregnskap. Konklusjonene i denne utredningen tilsier at klimaeffektene er så små og usikre, og de negative miljøkonsekvensene så mange og omfattende, at Norge bør avstå fra å inkludere karbon som bindes i skog i et nasjonalt klimaregnskap og kvotesystem for CO₂. Det er tiltak i utslippssektorene som må spille nøkkelrollen når Norge lager strategier for å nå klimamålsettingen.

Bakgrunn

Skog binder karbon, og tilrettelegging for økt karbonbinding i skog blir derfor antatt å kunne bidra til å bremse klimaendringene. Kyotoprotokollen fordeler ansvaret for å bremse klimaendringene mellom enkeltland og åpner for at landene skal kunne krediteres for karbonbinding i skog i sine klimaregnskap. Dermed kan skogtiltak gi et land rett til økte utslipp fra andre sektorer, som industri og transport – forutsatt at dette er innenfor avtalens rammer forøvrig.

I følge Kyotoprotokollen skal kreditering for karbonbinding i skog i første rekke gjelde for tiltak som fører til en arealbruksendring. Skogreising og gjenplantning av skog på arealer som ikke er dekket av skog, skal kunne krediteres, mens utslipp av klimagasser i forbindelse med avskoging skal føres som utslipp i klimaregnskapene. Det er ikke satt noen øvre grense for hvor mye som kan krediteres som følge av tiltak i skogbruket som innebærer arealbruksendring.

Inngrep i eksisterende skog som fører til at de kan lagre mer karbon, slik som treslagskifte og skoggjødsling, kan også gi kreditering. Kyotoprotokollen åpner for at Norge kan trekke fra opptil 1,44 millioner tonn CO₂ i sitt klimaregnskap som følge av forvaltningstiltak som ikke innebærer endring i arealbruk.

Norge ønsker å opprette et nasjonalt kvotesystem for klimagasser for å oppfylle Kyotoforpliktelsene mest mulig kostnadseffektivt. Her er det foreslått at også skognæringa skal inngå. En slik ordning vil trolig innebære at skognæringa kan tjene karbonkreditter ved å legge til rette for økt binding av karbon på utmarksarealene. Disse karbonkredittene vil kunne selges som utslippskvoter på et marked. Dette vil kunne gi skognæringa økte økonomiske incentiver for tiltak som skogreising, treslagskifte og skoggjødsling.

Problemstillinger

Kreditering for karbonbindende skogtiltak reiser to hovedspørsmål som denne rapporten tar opp:

- Med hvilken sikkerhet kan man fastslå karbonbindingen ved skogtiltak, og dermed; med hvilken sikkerhet man kan fastslå skogtiltakenes virkning på det globale klimaet?
- Hvordan virker karbonbindende skogtiltak inn på andre miljøverdier, som det biologiske mangfoldet?

Hovedfunn

Rapporten viser at det knytter seg betydelig usikkerhet til beregninger av karbonbindingen av skogtiltak. Usikkerheten kan i noen tilfeller være på 100 %, og ligger ofte på 50 %. Dette betyr at selv om karbonbindingen beregnes til 1 tonn CO₂, kan den reelle bindingen ligge på 0,5 tonn CO₂ eller lavere. Siden tiltaket likevel utløser en kreditt på 1 tonn CO₂, vil atmosfæren kunne få tilført 0,5 tonn CO₂ ekstra i forhold til en situasjon uten kreditering av skogtiltak.

Usikkerheten rundt klimabidraget til skogtiltak er mye høyere enn tilsvarende usikkerhet rundt andre klimatiltak. Dette skyldes at:

- Naturen er mer komplisert enn en industriell prosess. Skogtiltak medfører effekter på flere karbonlagre, og på flere klimagasser. Det kan derfor være vanskelig å kvantifisere og verifisere karbonbindingen. Disse problemene er spesielt store for tiltak som ikke innebærer noen endring i arealbruk, og det er ikke utviklet noen anerkjente metoder for å kvantifisere karbonbindingen av slike tiltak.
- Det er vanskelig å forhindre at et karbonbindingstiltak et sted fører til økte karbonutslipp et annet sted, bl.a. fordi tømmerprisene kan stige. Dette kan bety store

problemer med lekkasje ved avskogning av områder hvor det normalt ikke er lønnsomt å ta ut tømmer.

- Det er umulig å sikre at skogtiltak vil være varige. Siden opptak av karbon i organisk materiale er en reversibel prosess, er det vanskelig å unngå at karbon som bindes sniker seg ut i atmosfæren igjen.
- Man kan oppleve at det blir gitt kreditter til tiltak som uansett ville blitt gjennomført. I dag gror kulturlandskapet igjen. Denne tilgroingen vil trolig fortsette, med den forskjell at i framtiden kan dette bli regnet som skogreising og utløse karbonkreditter.

Den reelle og langsiktige effekten av skogtiltak kan altså ofte vise seg å være svært lav, selv om de utløser store karbonkreditter. Karbonkredittene vil gi økte utslipp fra sektorer som industri og transport, og nettoeffekten på atmosfæren vil være negativ.

Virkninger på andre miljøverdier

Et sentralt ankepunkt mot skogtiltak som et virkemiddel mot klimaendringer er at inngrep i økosystemene, som skogreising og treslagsskifte, kan få store økologiske og miljømessige konsekvenser. Skogreising og treslagsskifte vil ofte innebære planting av gran i områder hvor grana ikke hører naturlig hjemme. Dette vil ha følgende konsekvenser:

- a) Granplanting vil endre hydrologiske og næringsmessige forhold i jordsmonnet og føre til forsuring av jordsmonn og vassdrag.
- b) Grana vil virke inn på lystilgang, og sammen med næringsmessige endringer fører dette til endringer i det biologiske mangfoldet.
- c) Granplanting vil kunne skape store endringer i kulturlandskapet. Vestlandets lauvskoglier og lyngheilandskap er særpregete først og fremst på grunn av fraværet av gran, og granplanting vil føre til tap av naturtyper og artsmangfold.

Også andre aktuelle tiltak, som skoggjødsling og myrgrøfting, vil kunne medføre negative miljøeffekter. Gjødselens virkning på næringsforhold og pH vil påvirke artsmangfoldet. Grøfting endrer hydrologi og påvirker hele økosystemer. Teoretisk åpner Kyotoprotokollen for at hele karbonbindingspotensialet for skoggjødsling og treslagsskifte i Norge kan realiseres og utløse karbonkreditter.

Anbefalinger

I forhold til de internasjonale klimaforhandlingene

- Usikkerhetsmomentene knyttet til karbonbindingseffekt og faren for negative miljøkonsekvenser tilsier at man bør være svært restriktiv med å gi kreditering for skogtiltak.
- Rapporten anbefaler at Norge går foran som et godt eksempel ved å ikke benytte seg av kreditering av skogtiltak som ikke innebærer noen endring i arealbruk, slik som skoggjødsling og treslagsskifte. Norge bør arbeide for at det ikke åpnes for slike tiltak i påfølgende forpliktelsesperioder.

I forhold til nasjonal klimapolitikk og opprettelsen av et norsk kvotesystem

- Det er tiltak i utslippssektorene, som samferdsel og industri, som må spille nøkkelrollen når Norge og de andre i-landene lager sine strategier for å bremse klimaendringene. Skogtiltak vil trolig ha liten betydning sammenlignet med tiltak på utslippsiden. For å unngå alvorlige klimaendringer må Norge snarest sette i verk tiltak for å redusere norske utslipp av klimagasser.
- Skogtiltak kan spille en rolle for å nå klimamålsetninger, men på grunn av usikkerhetsfaktorene nevnt over, bør ikke skogtiltak inkluderes i et nasjonalt kvotesystem. De klimabidragene skogen gir ved å erstatte bruk av fossile brensler og klimaskadelige byggematerialer, vil uansett omfattes av et kvotesystem ved at bruken av karbonintensive produkter og innsatsfaktorer gis økte kostnader.
- Offentlige tilskuddsordninger kan være et sentralt virkemiddel for å ivareta skogens positive klimabidrag. Tilskuddsordninger må formes slik at de ivaretar et vidt spekter av skogens miljøfunksjoner, inkludert hensynet til det globale klimaet. En tilrettelegging for bevaring av gammelskog og vern mot avskoging er særlig viktig.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Innholdsfortegnelse	4
Innledning	5
Bakgrunn	6
Karbonkretsløpet og klimaendringene	6
Klimaforhandlingene	7
Et nasjonalt kvotesystem for klimagasser	9
Kritikk av karbonskogene	9
Aktuelle tiltak	12
Foreslåtte tiltak	13
Vurdering av tiltakene	13
Vurderinger av omfanget til ulike skogtiltak	14
Oppsummering av klimapotensialet for skogtiltak	16
Miljømessige sideeffekter	17
Skogreising og treslagskifte	18
Naturlig tilgroing	24
Skogkultur	24
Myr- og sumpgrøfting	25
Hvordan tilpasse skogtiltak	25
Økt omløpstid -en helhetlig realisering av skogens miljøverdier	26
Forsvarlig gjennomføring av skogreising	26
Samfunnets tilrettelegging	27
Konklusjon	28
Referanser	30
Vedlegg	34

Innledning

Skogen spiller en viktig rolle i karbonkretsløpet. Plantene omdanner klimagassen CO₂ til organisk karbon gjennom fotosyntesen og karbon lagres i vegetasjon og jord. Skogen er dermed viktig i klimasammenheng og blir gjerne omtalt som "karbonsluk" (carbon sinks) (se figur 1.1.).

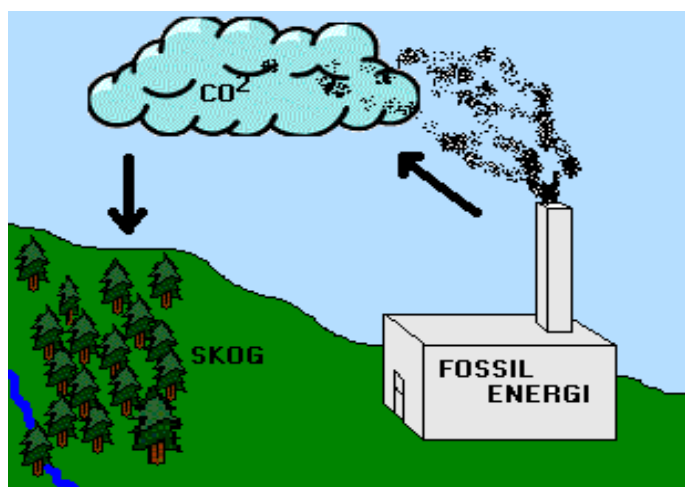
Kyotoprotokollen, fremforhandlet av partene til FNs Klimakonvensjon, UNFCCC, forplikter industriland til å redusere sine utslipp av klimagasser. Protokollen sier at klimagassutslipp og -opptak ved arealbruksendringer og skogbruk skal tas med i landenes klimaregnskap. I juli 2001 møttes klimakonvensjonens parter i Bonn i Tyskland for å gjenoppta forhandlingene fra den sjettede partskonferansen i Nederland i november 2000. Under dette møtet ble det avklart hvilke tiltak som kan anvendes for å oppfylle utslippsforpliktelsene. I avtaleteksten fra Bonn slås det bla. fast at skogtiltak skal kunne utløse karbonkreditter med visse begrensninger. Norske myndigheter ønsker å etablere et nasjonalt kvotesystem for klimagasser for å oppfylle de nasjonale Kyotoforpliktelsene på en kostnadseffektiv måte¹. I NOU om et kvotesystem i Norge er det foreslått et bredest mulig system som omfatter flest mulig sektorer med utslipp og opptak av klimagasser (NOU 2000:1). Det betyr at også skog og andre karbonsluk ønskes inkludert i et slikt system. Karbonet som bindes ved tilvekst i skog skal gi karbonkreditter til skognæringa. Karbonkredittene vil kunne selges som utslippskvoter på et kvotemarked. Tiltak som skogreising i Nord-Norge og på Vestlandet, treslagsskifte og gjenplantning etter hogst anses å ha et potensiale for å motvirke klimaendringer (LD 1997, Lunnan *et al* 1991, ECON 1999).

Slukttiltak kan vise seg å være mer kostnadseffektive enn tiltak for å redusere utslippene

¹ Merk at teksten omtaler utslippsrestriksjoner for enkeltland som 'forpliktelses', mens ordet 'kvote' blir brukt om utslippsrestriksjoner for enkeltaktører innad i landene.

fra utslippssektorer (Econ 1999, Lunnan *et al* 1991). Derfor kan et bredt anlagt kvotesystem som åpner for kreditering av slike tiltak gi nye inntektsmuligheter for skognæringa. Inkludering av skogtiltak i et kvotesystem kan derfor vise seg å skyte fart i skogreising og andre klimarelaterte skogtiltak i Norge

Mye kritikk har vært rettet mot det å bøte på klimaproblemene med satsing på karbonbinding i organisk materiale. Mange hevder at klimaproblemet bare kan løses ved å redusere utslipp fra utslippssektorer, hovedsakelig knyttet til forbrenning av fossile brensler. Det knytter seg mange utfordringer til å bruke tiltak i skog for å bøte på klimaproblemene. Eraker (2000) og Stave (2000) peker på at skog er en høyst usikker lagringsplass for karbon: brann, framtidig arealmangel eller hendelser knyttet til framtidige klimaendringer kan føre til at såkalte "karbonplantasjer" forsvinner og



Figur 1.1. Kan opptak av karbon i skog veie opp for utslipp av fossilt karbon?

bundet karbon frigis. Harmon *et al* (1990) mener at fokusering på rask karbonbinding i skog kan føre til at naturskog blir ryddet for å gi plass til karbonplantasjer, til tross for at naturskogen kan ha større karbonlagre totalt. IIASA (2000) og Næss (1999) hevder at usikkerhet i beregningen av karbonopptak i ulike deler av de terrestriske økosystemene kan føre til at tiltak som i virkeligheten fører til utslipp av CO₂ blir kreditert for opptak. Denne rapporten vil gå nærmere inn på disse utfordringene.

Et hovedproblem knyttet til bruk av skogtiltak for å bøte på klimaproblemene er at tiltakene kan skape nye miljøproblemer og sosiale problemer. Disse knytter seg blant annet til at "karbonplantasjer" kan fortrenge naturtyper som er viktige for det biologisk mangfold, gjennom å endre på hydrologiske og næringsmessige forhold i jord og vann, og gjennom beslaglegging av viktig landbruksareal (Svensson og Ingelø 1990, Allott *et al* 1993, Frank *et al* 1990, Essex og Williams 1993, Cannell 1999). Rapporten vil vurdere slike miljømessige sideeffekter av å satse på å inkludere skognæringa i et framtidig norsk kvotesystem for klimagasser.

Tiltak i skog kan, ved å utformes på en miljømessig forsvarlig måte, spille en rolle i å bremse klimaendringene samtidig som de bidrar til å oppfylle andre miljømål som bevaring av biologisk mangfold. Rapporten vil vurdere dette i et avsluttende kapittel.

I sin diskusjon av skogtiltak som et virkemiddel til å bremse klimaendringene, berører rapporten først og fremst hvordan skogtiltak kan føre til økt binding av karbon i skogøkosystemer. Det må imidlertid bemerkes at skogens kanskje viktigste rolle i klimasammenheng er at den kan levere biobrensel og treprodukter som substituerer for karbon-

intensive produkter og innsatsfaktorer som sement og fossile brenslere (Bøhn, 1998). Dette vil imidlertid ikke bli drøftet i dybden i denne rapporten.

Kreditering av skogtiltak i enkeltlandenes klimaregnskap og i nasjonale kvotesystemer møter både prinsipielle og praktiske problemer. De praktiske problemene, som ikke blir behandlet i dybden i denne rapporten, knytter seg til hvordan man skal kunne kvantifisere og verifisere klimabidraget til skogtiltakene. Videre vil det være vanskelig å bestemme hvordan markedet skal organiseres. Rapporten konsentrerer seg først og fremst om prinsipielle problemer, og følgende problemstillinger er sentrale:

- 1) Hvilke usikkerheter er knyttet til bruk av skogtiltak i klimaøymed?
- 2) Hvilket omfang vil klimarettede tiltak i skogen kunne få?
- 3) Hvilke miljømessige sideeffekter vil en inkludering av slukt tiltak i et norsk kvotesystem for klimagasser ha?
- 4) Hvordan kan man på en miljømessig forsvarlig måte bruke skogen for å bremse klimaendringene?

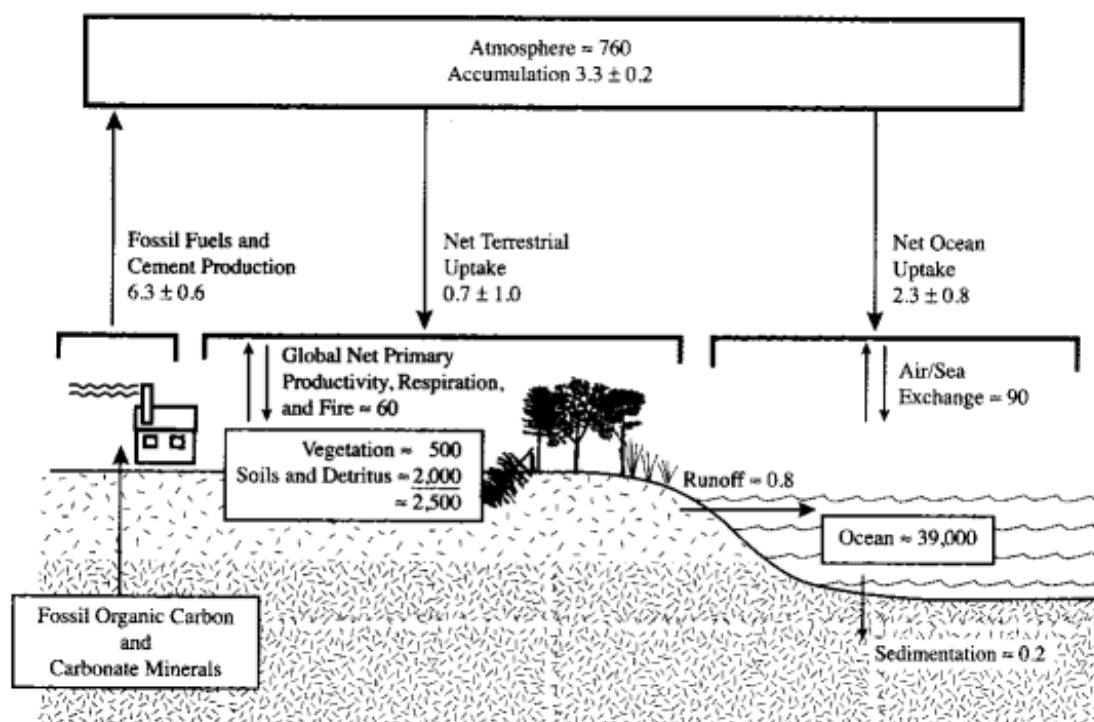
Disse problemstillingene blir belyst gjennom eksisterende litteratur og samtaler med både forvaltning og skognæringen.

Bakgrunn

Karbonkretsløpet og klimaendringene

Vegetasjon og jordsmonn utgjør den terrestriske biosfæren, som ved siden av atmosfæren, havene og det fossile karbonet i kull, olje og gass utgjør de fire karbonlagrene. Mellom karbonlagrene i biosfæren, atmosfæren og havene skjer det en naturlig utveksling av karbon. Vegetasjonen i biosfæren tar opp karbon fra atmosfæren gjennom plantenes fotosyntese, mens karbon slippes ut til atmosfæren gjennom respirasjon og nedbrytning (se figur 2.1). Gjennom forbrenning av fossile brensel blir karbon som var lagret i stabile karbonlagre i

kull- olje- og gassfelter tilbakeført til kretsløpet. Dette har ført til økende konsentrasjoner av drivhusgasser, som CO₂, i atmosfæren, noe FN's klimapanel IPCC setter i sammenheng med økende globale gjennomsnittstemperaturer. Klimapanelet anslår at temperaturene i 2100 vil være 1-3,5°C høyere enn i dag (IPCC 1995). I tillegg til temperaturøkninger antar forskere at økningen i konsentrasjon av drivhusgasser vil føre til flere tilfeller av



Figur 2.1. Den globale karbonsyklusen (fra IPCC 2000). Tallene i bokser viser størrelsen på ulike karbonlagre (i Gt C = 10^{15} t C). Tallene ved pilene angir karbonstrømmene mellom ulike lagre, også disse i Gt C. Figuren viser at årlig C-akkumulasjon i atmosfæren tilsvarer 3,3 Gt C. Videre viser figuren at karbonlagrene i jord er betraktelig større enn karbonlagrene i vegetasjon.

ekstreme værforhold som tørke, storm og flom (The Met. Office 1999, IPCC 1995).

Skog og klima

Verdens økosystemer utgjør deler av et kretsløp for drivhusgasser. Når økosystemene tar opp større mengder drivhusgasser enn de slipper ut, skaper de en netto reduksjon i konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren. Økosystemer kan derfor bidra til å redusere drivhuseffekten, men kan også forsterke den dersom utslippene er større enn opptakene. Avskoging og andre utslipp fra land- og skogbruk sto for ca 20% av verdens samlede CO₂-utslipp på 1990-tallet. Likevel var det i samme periode et nettoopptak av CO₂ i verdens økosystemer, om lag 30% av de totale utslippene fra fossile brensler og økosystemene ble tatt opp av levende planter (IPCC 2000).

Komponenter som kan ta opp og binde klimagasser betegnes ofte som 'sluk' (engelsk 'sink') Skogen, jorda og havet er eksempler på karbonsluk. Tiltak som øker opptaket av klimagasser betegnes ofte som sluktiltak. Vegetasjonens evne til å ta opp og binde karbon er godt kjent, men for skogøkosystemer

som helhet utgjør faktisk jordsmonn et større og mer stabilt karbonlager enn vegetasjon (IPCC 2000, IGBP 1998).

Klimaforhandlingene

Klimaendringene er en global utfordring og kan bare møtes ved internasjonalt samarbeid. FN's klimakonvensjon og Kyotoprotokollen utgjør verdenssamfunnets første spede forsøk på å bremse klimaendringene.

Kyotoprotokollen og skogen - et stridstema

Gjennom Kyotoprotokollen har i-land forpliktet seg til å redusere utslippene av klimagasser slik at de årlige utslippene i perioden 2008-2012 blir omlag fem prosent lavere enn utslippene i 1990. Forpliktelsene varierer noe fra land til land, og Norge har forpliktet seg til å ikke øke utslippene med mer enn én prosent i forhold til utslippene vi hadde i 1990. Kyotoprotokollen, som ble vedtatt i 1997, sier at disse forpliktelsene i hovedsak skal oppfylles gjennom reduksjonstiltak i eget land.

Kyotoprotokollen åpner for at også andre virkemidler enn reduksjonstiltak i eget land kan tas i bruk for å oppfylle klimaforpliktelser. Protokollen åpner blant annet for at opptak av klimagasser gjennom aktiviteter knyttet til skog og landbruk kan godskrives i klimaregnskapet. Tiltak som fører til økte karbonlagre, slik som skogreising, kan dermed bidra til å lette byrden med å oppfylle forpliktelsene.

Skog og landbruk var et av de store strids-temaene både under partsmøtene i Haag i 2000 og i Bonn i 2001, og for disse sektorene står en del detaljer i Kyotoprotokollen fortsatt uavklart. Bl.a. knytter det seg usikkerhet til hvordan klimabidraget til aktuelle sluktiltak skal beregnes.. Selv om det er mye som gjenstår å bli enige om, er det likevel en del ting som allerede ligger klart i Kyotoprotokollen.

To artikler i Kyotoprotokollen åpner for bruk av sluktiltak til å oppfylle klimaforpliktelser. I begge artikler legges det vekt på at tiltak må være direkte menneskeskapte for å kunne godskrives på klimaregnskapene. Videre legges det vekt på at karbonopptaket skal måles på en *verifiserbar* måte.

Artikkel 3.3 - Skogreising, gjenplantning og avskoging

Kyotoprotokollens artikkel 3.3 uttrykker at all direkte menneskeskapt avskoging, skogreising og gjenplantning skal taes med i klimaregnskapet. Hva som ligger i disse begrepene er enda ikke avklart. Flere land, deriblant Norge, har foreslått at hvert land skal kunne velge hvilken definisjon av skog som passer landet best. Definisjonen av skog vil ha betydning for hva som kan regnes som avskoging og hva som kan regnes som skogreising.

Et annet stridstema er *gjenplantning*. Noen land hevder at all gjenplantning etter vanlig

snauhogst kan kalles gjenplantning. Andre mener at en slik definisjon kan gi uheldige incentiver (for eksempel at man hogger naturlig skog for å plante karbonskoger). Flere land, deriblant Norge, mener at et areal må ha vært brukt på annen måte enn til skog i mer enn 20 år før man kan få kreditter for *gjenplantning* av området.

Artikkel 3.4 - tilleggsaktiviteter

Det finnes langt flere aktiviteter som binder CO₂ enn de som er nevnt i artikkel 3.3 (IPCC 2000, IGBP 1998). Mens artikkel 3.3 omfatter tiltak hvor det skjer en omlegging i arealbruk, åpner artikkel 3.4 for at også andre menneskeskapte aktiviteter som fører til økt binding av karbon skal kunne godskrives klimaregnskapet i et land. Men det står også at artikkelen ikke skal tre i kraft før det er laget regler for hvordan man skal tolke denne artikkelen og for hvordan man skal beregne klimabidraget av slike tiltak.

Norges posisjon har hele tiden vært at man skal begrense bruken av denne artikkelen fordi man ikke har gode nok kunnskaper til å måle effekten av slike aktiviteter på en god måte. Norge har sammen med flere land derfor ment at denne artikkelen ikke bør tre i kraft før etter den første forpliktelsesperioden (2008-2012), når man har mer kunnskap om effektene av slike tiltak.

Under forhandlingene i Haag og i Bonn kom det likevel på bordet forslag til aktiviteter som kan defineres under denne artikkelen i den første forpliktelsesperioden: *forest management, grazing land management, cropland management* og *revegetation* (Pronk 2000, FCCC/CP/2001/L.7). For å begrense bruken av denne artikkelen ble det for hvert land fastsatt spesifikke grenser for hvor mange tonn CO₂ som kan krediteres gjennom tiltak under denne artikkelen (tabell 1).

Kyotoprotokollens artikkel 3.3

The net changes in greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks resulting from direct human-induced land-use change and forestry activities, limited to afforestation, reforestation and deforestation since 1990, measured as verifiable changes in carbon stocks in each commitment period, shall be used to meet the commitments under this Article of each Party included in Annex I. The greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks associated with those activities shall be reported in a transparent and verifiable manner and reviewed in accordance with Articles 7 and 8.

Kyotoprotokollens artikkel 3.4

4. Prior to the first session of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Protocol, each Party included in Annex I shall provide, for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, data to establish its level of carbon stocks in 1990 and to enable an estimate to be made of its changes in carbon stocks in subsequent years. The Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Protocol shall, at its first session or as soon as practicable thereafter, decide upon modalities, rules and guidelines as to how, and which, additional human-induced activities related to changes in greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks in the agricultural soils and the land-use change and forestry categories shall be added to, or subtracted from, the assigned amounts for Parties included in Annex I, taking into account uncertainties, transparency in reporting, verifiability, the methodological work of the Intergovernmental Panel on Climate Change, the advice provided by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice in accordance with Article 5 and the decisions of the Conference of the Parties. Such a decision shall apply in the second and subsequent commitment periods. A Party may choose to apply such a decision on these additional human-induced activities for its first commitment period, provided that these activities have taken place since 1990.

I dette ligger det en erkjennelse av at utstrakt bruk av denne artikkelen kan hule ut landenes forpliktelser om å redusere utslippene fra utslippssektorer. Som hovedregel gjenspeiler grensene i tabellen om lag 3 prosent av landenes antatte utslipp under første forpliktellesperiode, men det er gjort store unntak for Canada, Japan og Russland. Tiltak under artikkel 3.4 kan gjennomføres i eget land eller i andre land med forpliktelser under protokollen². I tillegg skal land med negative tall under artikkel 3.3 kunne "nullstille" dette tapet ved å gjennomføre tiltak under artikkel 3.4 (FCCC/CP/2001/L.7). Grenseverdiene i tabellen gjelder for summen av alle 3.4 tiltak.

Et nasjonalt kvotesystem for klimagasser

Norske myndigheter ønsker å etablere et kvotesystem for klimagasser for å oppfylle de nasjonale Kyotoforpliktelsene på en kostnadseffektiv måte. I NOU om et kvotesystem i Norge er det foreslått et bredest mulig system som omfatter flest mulig sektorer med utslipp og opptak av klimagasser (NOU 2000:1). Det betyr at også skog og andre karbonsluk ønskes inkludert i et slikt system.

Ved innføringen av et kvotesystem som omfatter skognæringa vil karbonet som bindes ved tilvekst i skog gi karbonkreditter til skognæringa. Karbonkredittene vil kunne selges som utslippskvoter på et kvotemarked.

En slik ordning vil trolig føre til at hensynet til binding av karbon blir sentralt i norsk offentlig og privat skogbruksforvaltning.

Kritikk av karbonskogene

Selv om det erkjennes at biologiske sluk spiller en rolle i karbonkretsløpet og dermed også i klimareguleringen, har inkluderingen av sluk i Kyotoprotokollen møtt stor motstand. Mye av motstanden bunner i at det er utslippene av klimagasser fra fossile brensler som er årsaken til at vi har fått klimaproblemer, og det er dermed reduksjon av disse utslippene som er den eneste løsningen på problemet. Det er frykt for at fokuset på sluk vil lede oppmerksomheten vekk fra nødvendigheten av å redusere utslippene fra blant annet transport og industri. Dette kan føre til at nødvendige omstillinger i produksjon og forbruk i den vestlige verden utsettes og blir vanskeligere å gjennomføre. Climate Action Network hevder at karbonsluk i beste fall er en delløsning på klimaproblemet (CAN 2000).

Beregninger basert på dagens trend viser at de norske klimagassutslippene i perioden 2008-2012 vil ligge på ca 68 mill. tonn CO₂-ekvivalenter per år (St meld nr 29 1997-98). Norges Kyotoforpliktelse sier at våre årlige utslipp for perioden 2008-2012 må begrenses til ca 56 mill. tonn CO₂-ekvivalenter. Dette

² *Kyotoprotokollen åpner for at tiltak som gjennomføres i andre land med forpliktelser under protokollen, såkalt felles gjennomføring, kan godskrives klimaregnskapet til det landet som finansierer tiltaket.*

Tabell 1. Spesifikke grenser for hvor mye karbon hvert land kan godskrive under artikkel 3.43

Country	Mt C/yr	Country	Mt C/yr	Country	Mt C/yr
Australia	0.00	Hungary	0.29	Poland	0.82
Austria	0.63	Iceland	0.00	Portugal	0.22
Belgium	0.03	Ireland	0.05	Romania	1.10
Bulgaria	0.37	Italy	0.18	Russian Federation	17.63
Canada	12.00	Japan	13.00	Slovakia	0.50
Czech Republic	0.32	Latvia	0.34	Slovenia	0.36
Denmark	0.05	Liechtenstein	0.01	Spain	0.67
Estonia	0.10	Luxembourg	0.01	Sweden	0.58
Finland	0.16	Monaco	0.00	Switzerland	0.50
France	0.88	Netherlands	0.01	Ukraine	1.11
Germany	1.24	New Zealand	0.20	United Kingdom	0.37
Greece	0.09	Norway	0.40	USA	Did not participate

Kilde: FCCC/CP/2001/L.7

viser at Norge fører en politikk som gir en stadig økende belastning på jordens klima. Dersom det åpnes for storskala bruk av slukt tiltak til å overholde forpliktelsene, kan Norge fortsette denne tendensen mot et stadig mindre bærekraftig energisystem.

IGBP (1998) peker på faren for at slukt tiltak gjør det enklere for ulike land å oppfylle sine Kyotoforpliktelser, uten at tiltakene gir noe bidrag til å bremse klimaendringene. Det finnes flere ulike årsaker til at slike smutthull kan oppstå:

Varighetsproblemet

I motsetning til tiltak i energi- og transportsektorene hvor omlegging og effektivisering vil gi varige reduksjoner i utslippene, er opptak av CO₂ i biologisk materiale en reversibel prosess (Schlamadinger og Marland 2000). Resultatet av å tillate bruk av slukt tiltak til å oppfylle Kyotoforpliktelsene er at en økt mengde karbon fra fossile lagre innføres i karbonsyklusen. Dette økte utslippsvolumet balanseres ved binding av karbon i biomasse. Dermed reduseres størrelsen på de stabile karbonlagrene mens mer karbon lagres i ustabile og midlertidige lagre.

Risikoen forbundet med å lagre karbon i karbonsluk er stor. Gjennom brann og sykdomsangrep kan karbonet i biomasse raskt slippe ut i atmosfæren og forsterke

klimaendringene. Framtidige klimaendringer kan forsterke risikoen for dette, blant annet ved at hyppigere stormer kan rasere skoger, og ved at endrete klimaforhold kan føre til økt omsetning av karbon i skogøkosystemene (IPCC 2000). Eraker (2000) har dessuten pekt på at man aldri kan gardere seg mot at framtidig politisk uro, fattigdom og landmangel fører til ødeleggelse av etablerte karbonskoger.

For å kunne håndtere slike problemer må stater forpliktes enten til å ivareta karbonlagrene permanent, eller til å rapportere enhver reduksjon i karbonlagre som utslipp. Overvåkingen av et slikt system vil kreve store ressurser og det er en stor fare for at land vil forsøke å unndra seg diskreditering dersom en skog for eksempel brenner ned etter et visst antall år.

Usikkerhet

Det er ressurskrevende å overvåke og måle endringer i karbonlagrene i et land. Gjennom landsskogstaksering gjennom 50 år har Norge en god oversikt over endringer i skogdekket i Norge. Kvantifiseringen av karbonbindingen av ulike slukt tiltak er imidlertid forbundet med flere typer usikkerhet.

- Et første problem er knyttet til muligheten for at lagerendringer i visse karbonlagre ikke blir trukket inn i karbonregnskapet. En utelatelse av jordsmonnskarbon er særlig viktig i denne sammenhengen.
- Et annet problem er knyttet til hvorvidt alle klimagasser blir trukket inn i karbonregnskapet.

3 For en detaljert beskrivelse av hvordan man kom fram til tallene i tabellen og hvordan de skal tolkes, se FCCC/CP/2001/L.7.

- Et tredje problem er usikkerhet i forbindelse med anslag på karbonbindingen i ulike lagre.
- Et fjerde problem er mulighetene for lekkasjeeffekter.

Utelatelse av karbonlagre

Det er fortsatt uavklart hvilke karbonlagre som skal inkluderes i beregningen av lagerendringer som følge av sluktiltak. Karbon bundet i levende biomasse over og under jorda skal telle. Trolig vil man også forsøke å inkludere karbon i jordsmonn. Slike beregninger er imidlertid svært vanskelige å gjennomføre.

Boreale skoger inneholder store mengder karbon, men bare 10 % av karbonmengden finnes i levende materiale. De resterende 90 % finnes som dødt materiale i jordsmonn; 50-60 % i skogsjord og 35 % i myr (SFT 1997). Dette viser hvilke feil som kan oppstå i et karbonregnskap hvis karbonlagrene i jord utelates.

Tiltak som skoggjødsling og grøfting og oppdyrking av myr vil ikke bare virke inn på opptak og utslipp av CO₂ men vil også føre til endringer i opptak og utslipp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O) som er viktige klimagasser. Levende Skog (1998) nevner at gjødsling kan redusere markas metanoksidasjon og at det kan føre til utslipp av lystgass som er negativt for klimaet. Beregninger av disse effektene er usikre, og MD (2000) går ikke inn på å prøve å beregne dem.

Anslag for et karbonregnskap for Russland viser at usikkerheten i beregningene var større enn selve anslaget. Dette skyldtes usikkerhet rundt anslaget for karbonbindingen i skog (IIASA 2000). Usikkerheten betyr at selv om terrestriske økosystemer ble anslått å gi en netto binding av karbon, kan det vise seg at økosystemene slipper ut karbon. Norges karbonregnskap for arealbruk og skogbruk viser en usikkerhet på minst 100 % i beregninger av lagerendringer for jordsmonns-karbon (MD 2000).

Næss (1999) sier at beregninger av CO₂-strømmer i skog ofte har en usikkerhet på mellom 30 og 50 prosent, mens usikkerheten for utslipp fra forbrenning av fossile brensler bare er rundt 5 prosent. Det vil altså være betraktelig større usikkerhet omkring størrelsen på klimaeffekten til LULUCF-tiltak sammen-

liknet med utslipp fra andre sektorer. Dette gir gode grunner for å være restriktiv når det gjelder å bruke slike tiltak som virkemidler mot klimaendringer.

En arealbruksendring som skogreising innebærer ofte at tradisjonell bruk av et område må opphøre. Ved skogreising på beitemark må beitebruken opphøre. Beitebruken kan imidlertid forflytte seg til et nytt område og gi et redusert vegetasjonsdekke her. Dermed vil karbonlagrene vokse i et område, mens de blir mindre i et annet. Uten et godt system for å registrere slike endringer kan man oppleve at det gis kreditter for skogreising i et område, mens de tilsvarende lagerreduksjonene i et annet område ikke bokføres som utslipp. Dette betegnes som lekkasje.

Et lekkasjeproblem som nevnt over vil særlig kunne oppstå i et nasjonalt kvotesystem hvor karbonkreditter opptjenes for enkeltprosjekter (Schlamadinger og Marland 2000). I et slikt system vil aktørene, deriblant skognæringa, ikke ha incentiver for å rapportere tiltak som gir frigivelse av karbon (ECON 1999, Denne 1998). Landene må satse på å utvikle effektive skogstatistikker for å fange opp tiltak som fører til karbonutslipp.

"Do-nothing-tons"/Business as usual

Kyotoprotokollen påpeker at endringene i karbonlagrene skal være direkte menneskeskapte. Men hvordan definerer man *direkte menneskeskapt*? Er opphør av seterdrift direkte menneskeskapt, og skal man i såfall få kreditter for at kulturlandskapet gror igjen med trær?

MD (2000) anslår at det årlig blir reist eller gjenplantet skog på 310.000 daa. Rapporteringen anslår at takten i skogreisingen vil holde seg stabil fram til den første forpliktelsesperioden. Man antar altså et business-as-usual-scenarior, Kyotoprotokollen antas ikke å skape incentiver for et aktivitetsnivå utover den normale trenden.

Mens MD (2000) rapporterer en årlig skogreising på 310.000 daa i Norge, forteller Levende Skog (1998) om en skogreising på 1990-tallet på 15.000-20.000 daa årlig. I 1997 ble totalt 35.000 daa skogreist eller treslag-skiftet (St meld nr 17 1998-99). Forskjellen ligger i at tallene fra MD omfatter naturlig tilgroing.

Metodene MD har brukt i sin rapportering reiser spørsmål knyttet til adisjonalitet og til hvorvidt tiltak skal være direkte menneskeskapt. Bør det gis kreditter for karbonbinding når tiltakene følger en naturlig trend og ikke er et resultat av en bevisst strategi for å binde karbon? Bør det gis kreditter når etablering av skog er et resultat av gjengroing og ikke av direkte skogreisings-tiltak?

Konflikter med hensynet til miljø og sosiale forhold

Biologiske sluk som omtalt i Kyotoprotokollen er i mange land bosteder for urfolk eller andre som kan bli hardt rammet av sluktiltak. Miljø- og solidaritetsbevegelsen er bekymret for at når skogen får en karbonverdi, vil landrettighetene til urfolk miste noe av sin verdi. Denne konflikten, som gjør seg mest gjeldende i u-land, vil ikke bli drøftet nærmere i denne utredningen.

Fokuset på skog som karbonsluk kan fjerne oppmerksomheten fra andre miljøverdier skogen ivaretar. Fokuset på å opprette skoger med høyest mulig karbonopptak, som gran- og eukalyptusplantasjer, er ofte lite forenlig med ønsket om bevaring av biologisk mangfold.

Selv om regelverket for sluktiltak kan fastslå at hensynet til biologisk mangfold skal ivaretas, er store deler av miljøbevegelsen bekymret for at slike paragrafer vil få liten betydning i en klimaavtale (CAN 2000). Både miljøbevegelse og urfolksorganisasjoner er redde for at Kyotoprotokollen skal føre til en undergraving av det man kom fram til i Biodiversitetskonvensjonen. Klimaforhandlingene, senest nå i Bonn, har vært lite oppmerksomme på forholdet til andre internasjonale avtaler, slik som Biodiversitetskonvensjonen.

St meld nr 41(1994-95) sier at de fleste aktuelle tiltak for å binde CO₂ i skog kan ha store miljøkonsekvenser og kan komme i konflikt med internasjonale konvensjoner om blant annet biologisk mangfold. I oppfølgingen av konvensjonen om biologisk mangfold bes det om bevissthet rundt hensynet til biodiversitet ved implementeringen av Kyotoprotokollen. Signeringen av Ramsar- og Bern-konvensjonene om hhv. våtmarker og truede arter og naturtyper forplikter Norge til å begrense skogreising i myr- og sumpområder og i naturtyper som kystlynghei, hvor Norge har et spesielt ansvar.

Miljømessige sideeffekter av klimatiltak diskuteres utfyllende i senere deler av denne utredningen.

Aktuelle tiltak

Nettobindingen av karbon i norske skoger er stor, men det er trolig lite av denne nettobindingen som vil kunne gi karbonkreditter for perioden 2008-2012. Dette skyldes de rammene Kyotoprotokollen og nyere klimaforhandlinger gir for bruk av sluktiltak for å oppfylle nasjonale utslippsforpliktelser. Kyotoprotokollen sier at bare tiltak gjennomført etter 1990 kan krediteres. Skogtiltak er langsiktige av natur, særlig i boreale strøk, og full effekt av investeringer viser seg ikke før etter 40-50 år.

I tillegg til rammene lagt i klimaforhandlingene er det andre faktorer som vil være avgjørende for hvilke tiltak som kan bli iverksatt:

- Viktige miljø og naturhensyn, fastslått i politiske rammer for forvaltning av naturverdier, kan begrense hvilke tiltak som er, eller burde være, aktuelle.
- Tiltak i privat sektor må være økonomisk lønnsomme for at de skal gjennomføres. Tiltakets kostnader må vurderes opp mot inntektene tiltaket kan skape i form av kvotesalg, salg av tømmer og inntekter fra andre tjenester og goder som tiltaket utløser. ECON (1999) mener at inntektene fra kvotesalg vil overstige verdien av tømmeret. De vurderer også karbonbindingstiltak i skogsektoren for å være relativt kostnadseffektive sammenliknet med tiltak i utslippssektorer.

Foreslåtte tiltak

Uavhengig av hva slags rammer Kyoto-protokollen og hensynet til natur, miljø og økonomi setter for hvilke tiltak som kan gi karbonkreditter, har aktører innenfor skog- og landbruksnæring og landbruks- og naturforvaltning foreslått en rekke ulike tiltak for å binde karbon i norske skoger. Forslagene som her presenteres er delt inn i kategorier ut fra hva som er hovedfokus:

- a) å øke arealene med produktiv skog gjennom skogreising⁴ (Bøhn 1998, MD 2000).
 - Skogreising, blant annet på kystlynghei ((Lunnan et al 1991, Borch 1993, LD 1997)
 - Grøfting og tilplanting av torvmark (Lunnan et al 1991, Borch 1993, MD 2000)
 - Tilplanting av marginal jordbruksmark (Lunnan et al 1991, Borch 1993)
 - Tilplanting av kraftgater, kantsoner (Lunnan et al 1991, Borch 1993)
- b) å øke produksjonen/lagringskapasiteten per areal gjennom skogkultur, skjøtsel og treslagskifte (Bøhn 1998)
 - Treslagskifte fra lauv- og furuskog til granskog (Lunnan et al 1991, Borch 1993 s 7, LD 1997, MD 2000)
 - Raskere etablering av skog etter hogst, blant annet ved planting (LD 1997)
 - Gjødsling av skog (Lunnan et al 1991, Borch 1993, MD 2000)
 - Tettere plantinger (Lunnan et al 1991, Borch 1993, LD 1997)
- c) å øke lagringstida for karbonet i skogen
 - Forlenget omløpstid (Lunnan et al 1991, Borch 1993, Cannell 1999, MD 2000)
- d) å øke lagrene av karbon i treprodukter (Bøhn 1998)
- e) å substituere ved og treprodukter for mer karbonintensive produkter (Bøhn 1998)

Vurdering av tiltakene

Skogreising er et sentralt tiltak for å øke biosfærens opptak av CO₂. Mange undersøkelser viser at skogøkosystemer lagrer mer karbon per areal enn landbruksjord og snau-

⁴ Den norske rapporteringen til Klimakonvensjonens partskonferanse viser at man ønsker at også naturlig tilgroing skal kunne regnes som skogreising (MD 2000).

marker (de Wit og Kvindesland 1999, Lunnan et al 1991, Bruun og Frank, 1994).

Treslagskifte og skogkulturtiltak som planting, markberedning og gjødsling, som kan akselerere en suksesjon, vil kunne føre til endringer i vekst og dermed til endret karbonopptak (Lunnan et al 1991). Gjødsling fører til økt vekst og dermed økt opptak av karbon i biomasse (Lunnan et al 1991). Skoggjødsling er derfor ansett for å ha et klimapotensiale, først og fremst hvis det blir utført i eldre hogstklasser (de Wit og Kvindesland 1999). Landbruksdepartementets rapport Skog og Klima (LD 1997) anser grøfting og tilplanting av myr som et lite aktuelt klimatiltak.

Ytterligere et tiltak som er antatt å kunne gi klimabidrag, er økt omløpstid for skogen (Solås 1998). Dette vil gi bidrag både ved at utslippene forbundet med hogst forsinkes i tid slik at de kan komme på en tid med økt sikkerhet omkring klimaendringer, og ved at lagrene av karbon er høyere i gammelskog enn i rotasjonsskog.

Punktene d) og e) vil ikke bli gitt noen inngående drøfting i denne rapporten.

Problemstillinger knyttet til skogtiltakenes bidrag til å oppfylle norske forpliktelser

Det er ikke nødvendigvis et samsvar mellom hvilke skogtiltak som gir effektive bidrag til å binde karbon og hvilke skogtiltak som er effektive for å oppfylle Norges Kyotoforpliktelser. Dette har blant annet sammenheng med usikkerhet rundt beregninger av karbonbindingen, og med at en del tiltak som gir karbonbinding ikke vil kunne tjene karbonkreditter.

Ved anslag over hvor store karbonkreditter Norge kan bokføre i klimaregnskapet vil følgende avklaringer være sentrale:

- Hvilke tiltak som kan krediteres.
- Hvilke utregningsmetoder som benyttes for å beregne karbonbindingen til de tiltakene som inkluderes, det vil si karbonbinding per areal.
- Hvor store arealer man anslår vil bli gjenstand for de ulike tiltakene

Hvilke tiltak kan krediteres

Det er først og fremst er skogreising på treløse arealer som vurderes som et aktuelt klimatiltak i norsk natur. Dette tiltaket faller inn under de aktuelle definisjonene i artikkel 3.3 i Kyoto-protokollen. Det er dessuten det tiltaket som i størst grad har blitt trukket fram i debatten om CO₂-binding i norske skoger. Denne rapporten legger derfor en hovedvekt på skogreising i sin gjennomgang av ulike problemstillinger knyttet til gjennomføringen av skogtiltak.

Artikkel 3.4 i Kyotoprotokollen åpner for at flere tiltak kan utløse kreditter, og et nasjonalt kvotesystem for klimagasser kan allerede fra oppstarten inkludere andre tiltak enn skogreising og avskoging. Totalt åpnes det for at Norge kan godskrive 1,44 millioner tonn CO₂ under artikkel 3.4, enten i Norge eller i utlandet. Tiltak som treslagskifte og skoggjødsling blir derfor også aktuelle. Norge har imidlertid fastslått at man ønsker å begrense muligheten for å inkludere slike aktiviteter i regnskapet for den første forpliktelsesperioden (MD 2000), og en representant for Miljøverndepartementet uttalte følgende til nyhetsbyrået Reuters 7. august 2001. *"I can confirm that we will not consider using the planting of trees to reach our Kyoto target until we have gained more knowledge either before or after the next step of the agreement is in place"* (Reuters).

I Norges rapport til klimakonvensjonens parter om klimapotensialet for skogtiltak i Norge legges det ikke vekt på at tiltak skal være addisjonelle eller direkte menneskeskapt for å utløse karbonkreditter. Rapporten antyder at Norge vil kreve kreditering av alt areal som vokser til med skog (MD 2000). Dette til tross for at den anslår at tilgroingen vil fortsette i samme trend som på 1990-tallet og derfor ikke kan anses å være resultat av en politikk for å binde karbon. Videre antyder Norges rapportering, i kontrast til Kyotoprotokollens krav om at skogtiltak må være direkte menneskeskapt for å utløse kreditter, at man vil kreve kreditering også for områder som opplever naturlig tilgroing. Denne rapporten vil derfor inkludere naturlig tilgroing i sin diskusjon av skogtiltakene.

Utregningsmetoder knyttet til tiltakene

Metoden for utregning av karbonbidraget til ulike tiltak vil bestemme hvor store karbonkre-

ditter tiltakene kan tjene. Utregningsmetoden vil derfor ha betydning for hvilke incentiver kvotesystemet vil skape, og dermed for hvilke tiltak som kan bli aktualisert. Ved siden av bestemmelser om hvilke tiltak som kan krediteres, vil derfor bestemmelser om utregningsmetoder knyttet til tiltakene ha stor betydning for miljøeffektene av å la et norsk kvotesystem for klimagasser omfatte skognæringa.

Et kvotesystem som gir kreditter for skogreising basert på en enkelt terskelverdi for kronetethet, vil gi en svært generell tilnærming til utregningen av klimabidraget. Da vil skogreising med bjørk kunne tjene like store karbonkreditter som skogreising med gran, sjøl om karbonlagrene i levende biomasse er høyere i granskog enn i lauvskog (SFT 1997).

Dersom utregningsmetodene vil kunne fange opp endringer i karbonlagre på et detaljert nivå, kan tiltak som skoggjødsling og treslagskifte fra bjørk til gran bli aktualisert. Innføringen av en slik utregningsmetode vil imidlertid kreve at usikkerhet blant annet i forbindelse med beregninger av endringer i karbonlagre i jord må ryddes av vegen (se de Wit og Kvindesland 1999).

For myrgrøfting må flere ulike forhold vurderes for å bestemme hvordan tiltaket totalt sett vil virke inn på utslipp og opptak av klimagasser (se blant annet MD 2000, Minkkinen *et al* 1999, Cannell 1999b):

- Binding av karbon i skog og annen biomasse som vokser opp etter grøfting
- Reduksjon i netto binding av karbon i torv
- Utslipp av karbon i forbindelse med nedbrytning av det organiske materialet i torva
- Reduserte metanutslipp siden aerob nedbrytning erstatter anaerob nedbrytning i torva
- Økte utslipp av lystgass (N₂O) etter grøfting

Vurderinger av omfanget til ulike skogtiltak

Som vist over vil utregningsmetoder knyttet til hvilke tiltak som kan gis karbonkreditter kunne få betydning for hvilket arealmessig omfang ulike tiltak kan få. Norges rapportering til klimakonvensjonens parter vurderer ikke om for eksempel skogreising vil skyte fart som følge av eventuelle nye incentiver som dannes

hvis et norsk kvotesystem omfatter skog-næringa. Dette avsnittet gir noen enkle vurderinger av hvilket omfang enkelte skogtiltak kan få, og gir en oversikt over hvordan dette vil virke inn på det norske klimaregnskapet.

Skogreising

Norges rapportering til klimakonvensjonen, som inkluderer naturlig tilvokste områder i anslaget over skogreist areal, anslår at det årlig blir skogreist 310.000 daa (MD 2000). Områdene som aktivt skogreises er betraktelig mindre enn dette. Levende Skog (1998) forteller at det på 1990-tallet ble skogreist eller treslagskiftet 15.000-20.000 daa årlig. I 1997 ble totalt 35.000 daa skogreist eller treslagskiftet (St meld nr 17 1998-99). Innenfor dette arealet var treslagskifte den dominerende aktiviteten, så den aktive skogreisingen på snaumark har et begrenset omfang i forhold til de arealene Norge rapporterer som skogreist. Dette viser betydningen av å gi en eksakt definisjon av hvilke tiltak som faller inn under hvert enkelt begrep i Kyotoprotokollen.

Bruk av ulike definisjoner av skogreising og gjenplantning vil kunne gi svært ulike tall til karbonregnskapet. I Norges rapportering til klimakonvensjonen har man definert skogreising og gjenplantning som omlegging i arealbruk fra ikke-skog til skog. Skog er definert som områder med trær hvor kronetettheten overstiger en terskelverdi på 10 %. Områder med trær hvor kronetettheten er lavere enn 10 % betegnes som tresatt mark.

For at et tiltak skal kunne krediteres etter Kyotoprotokollen, må omleggingen i arealbruk ha skjedd etter 1990. Siden boreale skoger har en lav vekstrate, særlig de første tiårene, vil ikke karbonbindingen som kan godskrives for perioden 2008-2012 være særlig stor. Med definisjonene angitt over anslår MD (2000) karbonbindingen i løpet av den første forpliktelsesperioden til 250.000 tonn karbon, tilsvarende ca 920.000 tonn CO₂.⁵

⁵ Til sammenligning vil et av de planlagte gasskraftverkene på vestlandet slippe ut 1,1 millioner tonn CO₂ i året

Fremtidsscenarier for skogreising

Levende Skog-prosjektet (Levende Skog 1998) har beregnet potensialet for økt karbonbinding ved ulike andeler skogreist areal i skogreisingsstrøkene. Mens det skogreiste arealet på Vestlandet og i Nord-Norge i dag utgjør henholdsvis 18 % og 10 % av totalt produktivt skogareal vil en økning til 20 %, 30 % og 40 % i hvert enkelt skogreisingsfylke (dette tilsvarende for Vestlandet sitt vedkommende en skogreising på hhv. 270, 1600 og 3000 km²) føre til at CO₂-opptaket på lang sikt vil utgjøre henholdsvis 0,37, 1,06 og 1,73 mill. tonn per år⁶. Samtidig sier Industrikraft Midt-Norge (2000) at en 5 % økning av skogarealet på Vestlandet (tilsvarende en skogreising på 500 km²) vil gi en karbonbinding på 1 mill tonn CO₂ per år om 40 år. De høyere anslagene i Industrikraft Midt-Norge sine beregninger skyldes trolig delvis at det her er sett utelukkende på skogreising, mens tallene til Levende Skog trolig i første rekke knytter seg til treslagskifte.

Aktiviteter under artikkel 3.4

Norges rapportering til Partskonferansen benytter treslagskifte og skogsgjødsling som eksempler på tiltak som kan gi økt karbonbinding og som det kan være aktuelt å inkludere i klimaregnskapet i henhold til Kyotoprotokollens artikkel 3.4. Det blir imidlertid fastslått at Norge ønsker å begrense muligheten for å inkludere slike aktiviteter i regnskapet for den første forpliktelsesperioden.

Treslagskifte

Tallene fra Levende Skog (1997) referert over må tolkes dithen at hvis arealene med treslagskifte til gran på Vestlandet øker fra 18 % til 30 % av den produktive utmarka (en økning på 1600 km²), vil det årlige CO₂-opptaket på sikt tilsvare ca 1 mill tonn CO₂. Spørsmålet er om en slik takt i treslagskifte vil og bør realiseres.

Norsk Skogbruk (1995) forteller at de fylkesvise planene fra begynnelsen av 1990-tallet planla treslagskifte på ca 550 km² i løpet av en

⁶ Det kommer ikke fram om disse beregningene er gjort på grunnlag av at aktiviteten skal skje på skogvokst mark, dvs som treslagskifte, eller på snaumark, dvs som skogreising.

ti-årsperiode, fordelt med halvparten på Vestlandet og halvparten i Nord-Norge. Sett i forhold til det totale arealet hvor treslagskifte/skogreising har blitt gjennomført (ca 3000 km²) er disse planene ambisiøse, og takten i granplantingen på 1990-tallet tilsier også at planene ikke blir gjennomført. Tallene gjenspeiler imidlertid hva næringa har ansett som et ønskelig nivå på treslagskifte, og med økte incentiver fra evt. kvotesalg vil disse planene lettere kunne gjennomføres. Dersom halvparten av dette foregår på Vestlandet vil man nå en grandekning på 30 % i løpet av ca 65 år. Denne rapporten legger imidlertid til grunn at et politisk akseptert nivå for treslagskifte tilsvarer nivået på 1990-tallet, altså 15-20 km² årlig. Med en slik takt i treslagskifte vil det ta lengre tid før grandekningen på Vestlandet når 30 %.

Gjødsling

Gjødsling avviker fra mange andre skogtiltak siden intervallet mellom tidspunktet der tiltaket blir satt i verk og perioden der karbonbindingen skjer er forholdsvis kort. Tiltak som settes i verk i år 2008 vil derfor føre til at klimagevinsten kan høstes i første forpliktelsesperiode.

Norges rapportering til Klimakonvensjonen anslår at det er teknisk mulig å øke det årlig gjødsla arealet fra dagens 20.000 daa til 350.000 daa. Dette vil føre til at om lag 683.000 tonn CO₂ bindes i løpet av den første forpliktelsesperioden. Det gjøres imidlertid klart at gjødsling kan ha negative miljøeffekter, og at det derfor kan være uheldig å realisere potensialet for skoggjødsling.

Kyotoprotokollen legger opp til ulike grenser for hvor mye hvert land kan godskrive under artikkel 3.4 (se bakgrunn). Norge, som totalt kan slippe ut nesten 56 millioner tonn CO₂ årlig i forpliktelsesperioden vil kunne bruke artikkel 3.4-aktiviteter tilsvarende et opptak på over 1,4 millioner tonn CO₂ årlig. For Norge sitt vedkommende vil dette åpne for at hele potensialet for skoggjødsling og treslagskifte i Norge kan realiseres med karbonkreditter.

Oppsummering av klimapotensialet for skogtiltak

Tabell 2 viser klimapotensialet for ulike skogtiltak for første forpliktelsesperiode og etter 40 år. Tabellen gjengir tall over karbonbindingen hvis tiltakene utnyttes maksimalt (Potensiell årlig CO₂ gevinst) og mer nøkterne anslag over en politisk akseptabel utnyttelse av tiltakene (Aktuell årlig CO₂ gevinst).

Det er anslått at Norge må redusere de årlige CO₂ utslippene med over 12 mill tonn CO₂ i den første forpliktelsesperioden i forhold til trend. Dette vil si at selv om potensialet for skogtiltak utnyttes fullt ut, med de miljøskader det medfører, vil bidragene til å oppfylle Norges Kyotoforpliktelser være svært begrensete. Det er derfor klart at tiltak må settes i verk for å redusere utslippene fra utslippssektorer.

Det er nødvendig å knytte flere kommentarer til beregningene i tabell 2 (neste side).

- Beregningene er foretatt på basis av beregninger av karbon i levende biomasse, så det er ikke tatt hensyn til jordsmonns-karbon. Det reelle klimabidraget til tiltakene er derfor usikkert, og dette vil gjøre det vanskelig å knytte karbonkreditter til tiltakene.
- Opptaket er lavt de første årene, når en topp etter 40-50 år og vil deretter avta. I tillegg til at skogtiltak ikke vil gi noe betydningsfullt bidrag til å overholde norske forpliktelser i første forpliktelsesperiode, viser dette at skogtiltak heller ikke er noen langsiktig løsning for å redusere tilførsler av CO₂ til atmosfæren.

Både hensynet til norske klimaforpliktelser og hensynet til verdens klimautfordringer tilsier at Norge må iverksette omfattende tiltak på utslippssiden. Tabell 3 viser potensialet for ulike tiltak innenfor utslippssektorer. Tabellen viser at det er på utslippssiden de store gevinstene for verdens klima er å hente.

Tabell 2: Klimapotensiale for ulike skogtiltak (fra Levende Skog 1997, St meld nr 17 1998-99, MD 2000, Industrikraft Midt-Norge 2000)

Tiltak	Omfang	Potensiell årlig CO ₂ -gevinst første periode	Aktuell årlig CO ₂ -gevinst første periode	Potensiell årlig CO ₂ -gevinst etter 40 år	Aktuell årlig CO ₂ -gevinst etter 40 år
Naturlig gjengroing	310 km ² per år	184.000 tonn CO ₂	184.000 tonn CO ₂	Langt over 184.000 tonn	Langt over 184.000 tonn
Skogreising	Økning av skogareal på Vestlandet med 5%	Lite	Lite	0,5-1 mill tonn CO ₂ ⁷	Betraktelig mindre
Treslagskifte	Økning av granandel fra 18% til 30% av arealet i skogreisingsfylkene	Lite	Lite	0,5-1 mill tonn CO ₂ ³	Betraktelig mindre
Gjødsling	Økning av areal fra 20 km ² til 350 km ²	137.000 tonn CO ₂	Lite	137.000 tonn CO ₂	Betraktelig mindre

Tabell 3: Klimapotensiale for ulike tiltak innenfor utslippssektorer⁸

Område	Tiltak	Potensiell årlig CO ₂ -gevinst første periode
Metallproduksjon	Effektivisering og bruk av nye energibærere	1.470.000 tonn CO ₂
Servicenæringer og husholdninger	Enøk, effektivisering, økt bruk av varmepumper, solenergi og bioenergi	3.329.000 tonn CO ₂
Veitrafikk	Effektivisering, parkeringsrestriksjoner	420.000 tonn CO ₂

Kilde: SFT 2000

Miljømessige sideeffekter

Et hovedproblem knyttet til bruk av skogtiltak for å bøte på klimaproblemene er at tiltakene kan skape nye miljøproblemer. Disse knytter seg blant annet til at "karbonplantasjer" kan fortrenge naturtyper som er viktige for det biologiske mangfold, gjennom å endre på hydrologiske og næringsmessige forhold i jord og vann, og gjennom beslagleggelse av viktig

areal (Svensson og Ingeløg 1990, Allott et al 1993, Frank et al 1990, Essex og Williams 1993, Cannell 1999).

Dette kapitlet vil drøfte disse miljømessige sideeffektene av klimatiltak i skog. Både skogreising, treslagskifte, skoggjødsling og myrgrøfting blir diskutert. Mange av de negative

⁷ reelt sett kan det ikke bli så høyt siden ikke alt plantes på samme tid, men snarere over en 50- til 100-årsperiode.

⁸ Tabellen referer kun til tiltak som har en kostnadseffektivitet på under 400 kr/tonn CO₂. Det er viktig å merke seg at bortsett fra parkeringsrestriksjoner, innebærer alle tiltak som er nevnt utelukkende en effektivisering av en virksomhet. Det er i tillegg mulig å realisere store klimagevinster på å redusere aktivitet, bla. innenfor transport.



Figur 4.1. Granplantefelt fra Vartdal i Møre og Romsdal. Både økologiske og estetiske hensyn taler mot anleggelse av slike plantefelt i framtida.

miljøeffektene som nevnes i kapitlet om skogreising vil være aktuelle også for alle tiltakene.

Økt interesse for skog som følge av en involvering av næringa i et nasjonalt kvotesystem for klimagasser vil kunne medføre en økt satsing på skogbruk og skogkultur. En utfordring ligger i at avtaleteksten sier at bare menneskeskapte tiltak skal krediteres. Dette kan åpne for at en manipulering av økosystemer vil gi en økonomisk gevinst i forhold til å overlate dem til naturlige prosesser, noe som kan skape incentiver for økt menneskelig innblanding i økosystemene. Dette kan føre til tap av miljøverdier, som ved gjennomføring av skogskjøtselstiltak i naturskog (Økland og Pettersson 1998).

På den annen side kan det også være uheldig for miljøverdiene om det blir gitt kreditter til tiltak som ikke er direkte menneskeskapte, slik som naturlig tilgroing. Slik kreditering kan redusere interessen for å hindre tilgroingen av våre gjenværende arealer av kystlynghei, kulturmarker og naturenger. Økt brakklegging

og mindre skjøtsel av kulturlandskapet kan bli resultatet.

Skogreising og treslagskifte

Ordene skogreising og treslagskifte benyttes tradisjonelt om bruk av planting og skjøtselstiltak for å innføre nye treslag i et område. Det er viktig å skille disse aktivitetene, som er betinget av direkte menneskelig aktivitet, fra naturlige gjengroingsprosesser.

I mye av skogbrukslitteraturen blir treslagskifte og skogreising behandlet i sammenheng. I klimasammenheng må imidlertid tiltakene behandles separat siden de faller inn under ulike artikler i Kyotoprotokollen. På den annen side tolker MD (2000) Kyotoprotokollen dit hen at aktiv skogreising og naturlig gjengroing kan behandles på samme måte i klimasammenheng, mens disse to aktivitetene behandles adskilt i litteraturen. I det følgende behandles aktiv skogreising og naturlig gjengroing adskilt, siden deres effekter på økosystemene er svært ulike. Det er i liten grad skilt mellom aktiv skogreising og treslagskifte siden deres

økologiske og miljømessige effekter i stor grad er sammenfallende. Det er viktig å være oppmerksom på at disse tiltakene må behandles forskjellig i klimasammenheng.

I Norge har skogreising og treslagskifte tradisjonelt sett gått ut på tilplanting med norsk gran, eller sitkagran på arealer som ikke naturlig er bevokst med dette treslaget. Slike aktiviteter har både funnet sted i lauv- og furuskog (treslagskifte), og på arealer som av naturlige årsaker eller på grunn av menneskelig påvirkning er treløse (skogreising). Levende Skog (1998) sier at undersøkelser av hvordan grankulturer fordeler seg i forhold til tidligere arealbruk viser at omfanget av treslagskifte i Norge har vært langt større enn tilplanting av snaumarker.

Skogreising vil i hovedsak bli gjennomført på områder som av antropogene årsaker er avskoget. I tillegg kan naturlig skogløse områder omfattes, i Norge vil dette blant annet gjelde myr, men skogreising her er lite aktuelt ut fra miljøhensyn (LD 1997).

Effekter av treslagskifte og skogreising

I mange land kan skogreising ha en positiv effekt idet det kan være knapphet på skog. Rehabilitering av opprinnelige økosystemer gjennom skogreising kan ha positive effekter ved å øke totalarealet med skog og redusere fragmenteringen. Imidlertid er det viktig å merke seg en rekke mulige negative effekter av skogreising (se figur 4.1).

Skogreising og treslagskifte til gran er dramatiske inngrep som kan ødelegge leveforholdene for en rekke arter hjemmehørende i det opprinnelige økosystemet (Solås 1998). Innføring av nye arter er påpekt som en av de største truslene mot jordens biologiske mangfold (Meffe og Carroll 1997). Konvensjonen om biologisk mangfold, gjengitt i St meld nr 17 (1998-99) (Skogmeldinga), forplikter landene til, så langt det er mulig, å hindre innføring av fremmede arter som truer økosystemer, habitat eller arter. Den viktigste motforestillingen mot introduserte arter er faren for ukontrollert spredning av dem. Gran blir ansett for å ha lavt spredningspotensiale, allikevel er spredningsfaren absolutt til stede, særlig når man vet hvilke suverene miljøforhold det finnes for gran på Vestlandet og i deler av Nord-Norge. Faren for spredning

vil bli mer aktuell når frøproduksjonen øker etter hvert som trærne blir eldre.

Effekter på jordsmonn

Etablering av gran på granfrie arealer vil føre til både fysiske og kjemiske endringer i jordsmonnet, noe som igjen vil føre til endringer i jordøkologi. Avhengig av den opprinnelige naturtypen på arealene som tilplantes vil endringene være større eller mindre, men noen generelle tendenser kan nevnes:

- Etter avvirkning av et granbestand vil jorda være blottlagt og utsatt for erosjon fordi undervegetasjonen er særlig sparsom. Jordsmonn kan dermed tapes.
- Strøfallet fra grana er særlig surt, forsuringen vil føre til at jordbunnsfaunaen endres. Meitemark og annen større jordbunnsfauna, som spiller en sentral rolle i å blande jordsmonnet, trives ikke ved sure forhold. Forsuringen fører dermed indirekte til en økende lagdeling i jordsmonnet. Siden det tungt nedbrytbare strøfallet fra grana ikke blandes med resten av jordsmonnet vil humus akkumuleres på jordoverflata.

Fuktighet

På grunn av høyere evapotranspirasjon forbruker skog mer vann enn eng- og heivegetasjon. Barskog forbruker mer vann enn lauv- og blandingsskog (Cannell 1999). Transpirasjonen øker som følge av økt produksjon, mens evaporasjonen øker som følge av at trær, særlig bartrær, stopper nedbør og holder fuktighet på planteoverflaten (Saetre 1999). Denne nedbøren fordampes lett siden trær skaper turbulente vindforhold hvor mye fuktighet kan tas opp. Nedbøren når derfor aldri ned til jordoverflata. Skog, og særlig barskog, kan derfor gi betydelig endrete fuktighetsforhold i jorda.

Forsuring

Ved skogreising på kystlynghei vil en få lavere pH i jorda (Hansen og Nielsen 1998). Skifte av treslag fra lauv til gran vil også føre til en forsuring (Bruun 1990, Essex og Williams 1993). Forsuring og økning av aluminiumskonsentrasjoner i jordvannet som følge av granplanting kan påvirke elver og vassdrag, og laksefisker og virvelløse dyr kan bli skadelidende (Cannell 1999, Allott *et al* 1993). Effekten forsterkes i nærheten av sjø og salt-

vann, i områder hvor jordsmonnet er naturlig fattig på basekationer og i områder med sur nedbør (Cannell 1999, Essex og Williams 1993) Dette vil gjelde for store deler av Vestlandet hvor skogreising og treslagskifte er aktuelt, og hvor lakseelvene fram til nå har unngått sterk forsuring.

De forsurende effektene av granplanting er knyttet til:

- opptak av basekationer fra jorda og produksjon av organiske syrer ved nedbrytning av nåler og strøfall. Grantrær skaper sterkere forsuring enn lauvtrær fordi grantrærnes høye produksjon betinger at mer basekationer flyttes opp i vegetasjonen. Mer H^+ må derfor skilles ut av granrøttene for å balansere ladningen (Frank *et al* 1990).
- granskogens høyere evapotranspirasjon gir endringer i hydrologi og tørrere jordbunnsforhold. Dette fører til økte løsningskonsentrasjoner i jordvannet, noe som igjen kan føre til en økning i utslippene av mobile anioner.

I tillegg til disse direkte effektene av skogreising og treslagskifte kan tiltakene føre til forsuring også indirekte:

- Den mer heterogene vegetasjonsstrukturen i skog i forhold til eng- og heivegetasjon fører til økt turbulens rundt blader og stammer. Dette fører til at mer av forurensningen som finnes i lufta blir avsatt på vegetasjonen. Tåke og lave skyer fører til særlig høy avsetning. Cannell (1999) melder at skogreising på heiområder i Storbritannia, under nokså like klimatiske betingelser som dem man finner i lyngheistrøk på Vestlandet (årlig nedbør på 1500 mm), førte til at avsetningen av sure forbindelser fra tåkeskyer, som sulfat og nitrat, økte fire til fem ganger. Denne effekten er særlig sterk i barskog siden bartrær holder større bladoverflater over lengre perioder hvert år.
- I kystnære områder kan vindstrømmer inneholde sjøsprøyt (Frank *et al* 1990). Dette er særlig vanlig i forbindelse med høst- og vinterstormer. Sjøsprøyt inneholder kationer som Na^+ , som, i likhet med forbindelsene nevnt over, lettere avgis i skog enn i hei- og engvegetasjon. I jordsmonnet kan natriumionene fortrenge H^+ fra bindingssteder og gi en rask senking av pH i

jordvannet. I barskog vil mengden ioner som avgis øke ytterligere siden nålene beholdes høst og vinter, når stormene raser hyppig (Allott *et al* 1993, Frank *et al* 1990). Siden effekten ikke gir tilførsler av sure forbindelser vil ikke endringen i surhetsgrad bli varig, men kombinasjonen barskogsplanting, som gir varig senking av pH, og sjøsprøyt, som gir raske endringer i pH, kan føre til omfattende forsuring.

Endrete næringsforhold

Næringsmengden bundet i levende og lite nedbrutt dødt organisk materiale er høyere i granbestand enn i bjørkebestand. Dette skyldes den høyere biomassen som finnes i granbestand, i tillegg til at strøfallet fra grana inneholder mange svært tungt nedbrytbare forbindelser. Mengden tilgjengelige næringsstoffer i jordsmonnet reduseres i et granbestand i forhold til et lauvbestand (Frank *et al* 1990) og i et barskogsbestand i forhold til åpen engvegetasjon (Alfredsson *et al* 1998).

Den økte forsuringen av jordsmonn som følger av etablering av gran gir en redusert mineraliseringsrate for nitrogen og andre næringsstoffer, noe som også reduserer næringstilgangen for vegetasjonen (Olsen 1990). Redusert mineraliseringsrate er en konsekvens av lavere biologisk aktivitet, både for mikrofloraen som frigjør nitrogenet, og for større jordbunnsfauna som meitemark, som blander strøfallet og gjør det mer tilgjengelig for mikrofloraen.

Forsuring av vassdrag

Ved forsuring vil jordsmonnet balansere pH ved å løse aluminium og basekationer i jordvannet. Frank *et al* (1990) fant gjennomgående høyere innhold av løselig aluminium under granbestand enn under bjørkebestand. Ved lavt baseinnhold i jordsmonnet vil både surhetsgraden og aluminiumskonsentrasjon i avrenningsvannet øke. Begge disse faktorene kan føre til fiskedød.

Surt vann endrer ionebalansen i laksefisk; en økt utskilling av ioner over gjellene fører til lavere ionekonsentrasjon i blodet, noe som kompenseres ved osmotisk flukt av vann fra blod til celler. Blodet blir dermed mer tyktflytende og hjertet kan bli overbelastet

(Allott *et al* 1993). Laksefiskers ulike livsstadier har ulik evne til å tåle surt vann, men når pH beveger seg under 5,5 vil bestandene av laksefisk bli påvirket negativt. I tillegg vil raske endringer i pH kunne gi omfattende fiskedød. Giftvirkningen til aluminium endrer seg med endret pH, men ved pH rundt 5,0 kan sjøl lave aluminiumskonsentrasjoner gi forgiftning av laksefisk.

Fra Skottland er det meldt om omfattende forsurening av elver etter skogreisning med bartrær. Her er det anbefalt en maksimal andel barskog på 20 % i et vassdrags nedbørsfelt (Borch 1993). Levende Skog-standardene legger vekt på vannøkologiske hensyn og sier at skogreisning eller treslagskifte ikke skal skje i kantsonen mot vassdrag.

Erosjon, sedimentering og eutrofiering

Stott (1997) fant at vassdrag fører med seg en større partikkelmengde jo større del av nedbørsfeltet som er dekket av skog. Utvaskingen av partikler er avhengig av treslag, og granskog er utsatt for mer erosjon enn lauvskog. Losvik (1993) forklarer dette med at jordsmonnet i lauvskog inneholder røtter i alle lag, mens jorda i granskog bindes mindre sterkt. Overflatevannet i granskog har sterkere eroderende kraft siden avrenningen ikke hindres av felt- eller bunnsjikt. På Vestlandet kan de bratte helningene skape erosjon av særlig stort omfang.

Tap av naturtyper

Tilgangen på sollys, vann, næring og spredningsagenter for pollen og frø vil bestemme hvilke planter som kan leve i et gitt område. For dyr vil tilgang til næring, skjul og muligheter for reproduksjon være av betydning. Skogreisning og treslagskifte kan påvirke alle disse faktorene, økosystemene endres og bestemte habitat kan tapes. Tapene av habitat vil, blant annet som følge av kanteffekter, ikke nøyaktig følge grensene for områder med treslagskifte eller skogreisning. Vegetasjonssamfunnene, men også den romlige fordelingen av disse, vil være avgjørende.

Norge er i en særstilling når det gjelder potesialet for skogreisning og treslagskifte siden stort sett alle arealer hvor tiltakene kan bli aktuelle inneholder naturtyper med viktige

verdier. Skogreisningspotensialet er i stor grad knyttet til kystlynghei, kulturmarker og naturenger. Disse kulturbetingete landskapstypene er blant de mest truede naturtypene i Norge i dag, og de har en unik flora. Skogreisning på disse arealene vil gi både habitattap og fragmenteringseffekter for artene knyttet til områdene.

Kulturlandskapet i Norge er mer variert enn i nabolandene på grunn av forskjeller i naturgrunnlag og driftsformer (Framstad og Lid, 1998). Noen av vegetasjonssamfunnene og økosystemene på Vestlandet finnes bare her, og fraværet av gran er en vesentlig årsak til særpreget. Granplanting vil føre til tap av arealer med særegne naturtyper, og ofte er det de mest verdifulle lokalitetene, de som ligger i lavlandet og er utviklet på relativt djup jord, som er mest utsatt for å bli tilplantet (Fremstad *et al* 1991). Imidlertid har ikke lauvskog, deriblant edellauvskog, så langt vært særlig utsatt for treslagskifte (Gjerde 1993, Levende Skog 1998).

I DN-håndboken 'Kartlegging av naturtyper: Verdisetting av biologisk mangfold' er skogreisning nevnt som en av de fremste trusselfaktorer for flere av kulturlandskapstypene. For både kystlynghei, naturbeitemark og hagemark har arealene blitt redusert som følge av tilplanting og treslagskifte (DN 1999). Tilplanting med gran rundt store solitære lauvtrær er nevnt som en trussel mot det spesielle arts-mangfoldet som kan finnes på store, gamle trær (*ibid.*), og økt fokus på drift kan bane veien for monokulturer hvor slike elementer fjernes fra skogsområdene.

Vegetasjonstyper som har vært særlig gjenstand for treslagskifte/skogreisning er produktiv furumyrskog og sumpskog på Vestlandet og røsslynghei i Nord-Norge (Levende Skog 1998). Dette er særegne naturtyper som er relativt sjeldne, men for furumyrskog gjelder det at større ikke-produktive arealer av vegetasjonstypen finnes.

Kystlynghei

Norske kystlyngheier utgjør viktige forekomster av denne naturtypen. Kystlyngheifloraens sammensetning formes dels av skjøtsel og dels av klima. Naturtypen finnes kun i områder med et oseanisk klima med jevn og nokså høy nedbør, milde vintre og kjølige

somre (Fremstad *et al* 1991). Naturtypen er sjelden særlig artsrik, og få arter er utelukkende knyttet til heilandskap. Den er verdifull først og fremst som en særegen naturtype og et viktig kulturdokument, i tillegg til at den fyller viktige økologiske funksjoner. Blant annet spiller den en viktig rolle for mange fuglearter.

Lynghieines vegetasjon er avhengig av en åpen natur, og en del fuktigere utforminger er avhengige av vannmetning. Skogreising vil innvirke på begge disse faktorene, i tillegg til at det endrer landskapsbilde og fjerner viktige dokumenter etter kulturpåvirkning.

Kulturmarker og naturenger

St. meld. nr 41 (1994-95) advarer mot at tilplanting av tidligere dyrket mark kan medføre en alvorlig reduksjon av det biologiske mangfoldet og en forringelse av kulturhistorisk viktige landskap. Flere ulike kvaliteter i det gamle jordbrukslandskapet kan rammes:

- kulturbetingede biotoper med stort og/eller særegent artsmangfold
- kulturminner og kulturhistoriske dokumenter
- estetiske kvaliteter knyttet til at kulturelementer fra tidligere tider i større grad enn det moderne jordbrukslandskap gir et mangfoldig landskapsbilde og et landskapsbilde som harmoniserer med naturlandskapet

Kulturlandskapets verdier for det biologiske mangfoldet er knyttet både til at det inneholder særegne biotoper som gir levested for egne dyre- og plantesamfunn, og til at det ofte skaper større variasjon i landskapstyper. Alfa-diversiteten (dvs diversiteten innenfor en naturtype) kan være høy/særegen, og beta-diversiteten (endringer i artsmangfoldet mellom naturtyper i et område) kan være høy. Slåtteteiger og beiteenger er blant flere elementer i kulturlandskapet med særskilt verdi (DN 1999).

Rike/spesielle skogstyper

Skogreising og treslagskifte har særlig foregått på gode boniteter, på Vestlandet har 77 % av arealet en produksjonsevne tilsvarende G17 eller bedre, mens 25 % har bonitet G23 eller bedre (Levende Skog 1998). Gjerde (1993) fant at 26,5 % av lågurt-/småbregne-

vegetasjonstyper hadde blitt treslagsskiftet på de arealene han studerte. Tilsvarende tall for blåbær-, bærlyng- og røsslyngvegetasjon var hhv. 16,8 %, 9,4 % og 8,0 %. Kommunenes tiltaksplaner for treslagskifte viser at potensialet anses som høyest på de rikere boniteter (Fylkesmannen i Møre og Romsdal, i.d.). Dette gir relativt store utslag på det biologiske mangfoldet siden disse områdene vanligvis er de mest artsrike.

Sumpskog og edelløvsskog er skogstyper med et særskilt rikt artsmangfold. Det er antatt at sumpskog står for 50 % av antall arter i skogsøkosystemene i Sverige (Levende Skog 1998). Ingen av disse naturtypene har vært spesielt utsatt i forbindelse med den treslagskifteaktiviteten som har funnet sted (Levende Skog 1998).

Tap av artsmangfold

I de fleste tilfeller vil planting av gran i områder hvor gran ikke er et naturlig forekommende treslag føre til et redusert artsmangfold på habitatnivå. Begrenset granplanting kan imidlertid gi økt artsmangfold på landskapsnivå, siden granskog gir levesteder for arter som ikke finnes i de opprinnelige naturtypene i området. Dette er vist for fugl (Baguette *et al* 1994, Gjerde og Sætersdal 1996).

Hvis granplantingen begrenses kan det gjenstå tilstrekkelig areal av opprinnelig natur til at artene som ikke kan leve i granskogen kan opprettholde levedyktige bestander. Lugo (1997) påpeker imidlertid at det ved innføring av nye arter vil være fare for at de mest truede eller endemiske artene, som er spesielt bevaringsverdige, vil forsvinne. De artene som invaderer når granskog etableres er gjerne granskogtilpassete arter og generalistarter tilpasset skogmosaikk, slik Gjerde og Sætersdal (1996) viser for fugl. Slike arter er sjelden truede i Norge i dag.

Skogreising, og treslagskifte til granskog, fører til lavere solinnstråling til jorda. Cannell (1999) sier at en bakkeflora av karplanter blir borte dersom trekronene fanger opp 80-90 prosent av sollyset. Spesielt i 20-40 år gammel granskog skygges bakkevegetasjonen ut (Levende Skog 1998, Essex og Williams 1993). Dersom kroneopptaket er under 80 % vil effektene på bakkefloraen være mindre,

men mange arter vil skygges ut allerede ved lavere kronetetthet. Wallace og Good (1995) sier at forskjellene i vegetasjonssamfunnene mellom lauvskog og barskog i et undersøkt område i Storbritannia, hvor lauvskogen har et velutviklet busk- og feltsjikt, mens bakkevegetasjonen i barskog i all hovedsak består av moser og lav, skyldes utskygging. Her viste det seg at når kronetettheten i tresjiktet oversteg 65 % var bakkevegetasjonen så fattig at man ikke kunne se likheter med noen av de naturlig forekommende vegetasjonstypene i området.

Endrete jordbunnsforhold og endret tilgang til sollys er sentrale forklaringer for at lauveng tilplantet med gran bare hadde ¼ av artsantallet til uplantet, men gjengrodd, lauveng i en undersøkelse fra Vestlandet (Framstad og Lid 1998). Den samme undersøkelsen viste en klar endring i mangfoldet av virvelløse dyr. Lauvenga tilplantet med gran hadde langt færre grupper av virvelløse dyr og lavere forekomster av sommerfugler, snappefluer og humler/bier.

Betydning av treslagsvalg

Valg av treslag har stor betydning for de økologiske effektene av skogreising. I forhold til furuskog og særlig lauvskog er granskog mindre egnet som habitat for en rekke dyr og planter; næringstilgangen og tilgangen til skjul for vertebrater vil reduseres, og en økt utskygging vil redusere plantevekst i busk- og feltsjikt (Gjerde 1993). Ved skogreising med gran og bjørk på landbruksjord i Sverige var reduksjonen i mangfoldet av engarter størst i granplantasjen (Persson et al 1989).

Fra Irland melder Fahy og Gormally (1998) om langt lavere artsantall og individantall av planter og løpebiller i en barskogsplantasje i forhold til i eikeskog. Barskogens fattigdom på arter av løpebiller settes i sammenheng med at det lave artsmangfoldet av planter gir et lite variert næringstilbud. Saetre (1999) fant at mikrobiell biomasse i jordsmonn gikk ned med økende andel gran i tresjiktet. Han fant en økt mikrobiell biomasse ved økende andel bjørk.

Også artsmangfoldet av storsopper påvirkes av granplanting (Ferris et al 2000). For ektomycorrhizasopp, som ofte inngår i en arts-spesifikk symbiose, er artsmangfoldet knyttet til antall arter av trær. Områder hvor nye arter innføres vil mangle de nye artenes spesifikke

mykorrhizasopp, så det kan forventes at granreisingssområder er fattige på slike sopper. For parasittiske sopp er artsmangfoldet korrelert med pH, barskogens lave pH gir et lavt antall arter av slike sopp. For sopp som lever på råtnende ved har områder med tykkere strøslag høyere artsmangfold, så her kan barskogen forventes å være mest artsrik.

Etablering av granskog som monokulturer vil føre til at mangfoldet av mikrohabitater blir lite i forhold til en blandingskog eller et engsamfunn. Mangfoldet av mikrohabitater reduseres enda sterkere dersom skogen blir skjøttet som rotasjonsskog. Svenske undersøkelser viser høyere artsmangfold av insekter i naturskog enn i rotasjonsskog (Pettersson et al 1995). Antall individer av større insekter var også høyere i naturskogen. Undersøkelsene ble gjort på seinvinteren da større insekter kan utgjøre en kritisk næringsressurs for migrerende fugler.

Landskapseffekter

Ulike landskapseffekter som fragmentering og kantdannelse kan føre til at skogreising og treslagskifte påvirker naturtyper og artsmangfold også utenfor de områdene hvor tiltakene gjennomføres.

Fragmenteringseffekt

En reduksjon i areal kan føre til at gjenstående områder med egnet habitat blir for små til å dekke enkeltindividers arealbehov. For organismer som ikke trives i granskog vil treslagskifte føre til at deres leveområder splittes opp i øyer med avtakende størrelse og økende isolasjon (Gjerde 1993). En slik øyeffekt vil som oftest ikke oppstå før det treslagsskiftete arealet nærmer seg 50 %, men siden også andre naturtyper kan være uegnet for bestemte arter kan treslagsskifte føre til en fragmentering over en kritisk terskelverdi slik at området som helhet blir uegnet for disse artene.

Kanteffekt

Effekter av kanter på biologisk mangfold har flere ulike dimensjoner:

- En klimatisk dimensjon: et treløst område vil være mer utsatt for vind og uttørking enn et trevokst areal. Skogområder i nærheten av treløse områder vil også bli påvirket av disse effektene.

- En dimensjon knyttet til tilgangen til skjul: Dyrearter som lever i skog er avhengige av godt skjul. Kantarealer kan mangle denne tilgangen og vil være uegnet som leveområder for skogsarter.
- En dimensjon knyttet til variasjon: Variasjon mellom ulike naturtyper vil ofte medføre et høyere biologisk mangfold siden tilgangen på ulike habitater er høy. Dette gjelder imidlertid bare for områder hvor variasjonen mellom naturtyper ikke er for stor.

Under en treslagsskifteprosess vil flere av disse effektene ha betydning

- Ved ryddingen av den opprinnelige vegetasjonen vil både klimaforhold og tilgang til skjul endres i kanter opp mot det arealet som hogges. Nye incentiver til treslagskifte kan medføre at store arealer blir ryddet til samme tid, og arealet med skogshabitat vil reduseres kraftig.
- Ved fullt etablert ny skog vil økt variasjon i naturtyper med kanter kunne bidra til et høyt biologisk mangfold. Hvis overgangen mellom naturtyper blir svært brå kan imidlertid kanteffektene forsterkes.

Gjerde (1993) viser at på Vestlandet, hvor skogseiendommene er små og utmarksarealene brytes opp av topografi, vil plantefeltene være små men mange. Områdene som er påvirket av kanteffekter vil da være spesielt store.

Fragmenteringseffekter og kanteffekter kan føre til at hastigheten i tapene av leveområder blir høyere enn hastigheten i skogreisningen og treslagskiftet. Dette resulterer i overproposjonal populasjonsnedgang, et emne som behandles av Lavers og Haines-Young (1993).

Naturlig tilgroing

Naturlig tilgroing forekommer i områder som av antropogene årsaker er avskoget, men hvor tradisjonell bruk, som beite, slått eller oppdyrking, opphører. Naturlig tilgroing fører derfor, i likhet med skogreisning, til tap av kulturlandskapsverdier, men til forskjell fra skogreisning vil naturlig tilgroing være et resultat av en naturlig suksessjon hvor stedege arter invaderer. De økologiske konsekvensene av naturlig tilgroing er derfor ikke så alvorlige som ved innføring av nye arter.

De uheldige miljøeffektene ved naturlig tilgroing er først og fremst knyttet til tap av

naturtyper i kulturlandskapet og til tap av artsmangfold knyttet til dette. Fremstad *et al* (1991) mener at naturlig tilgroing, snarere enn skogreisning, er den fremste trusselen mot snaumarkene. Dette har sammenheng med at tilgroingen har et mye større omfang enn den aktive skogreisningen.

Skogkultur

Skoggjødsling

Gjødsling kan skape avrenning av N og eutrofiering (de Wit og Kvindesland 1999, Levende Skog 1998). De fleste gjødselslag fører også til forsuring av jorda og tilstøtende vassdrag (Borch 1993). Dette skyldes at gjødsel gir sure reaksjoner, i tillegg til at det fører til økt humusakkumulasjon. Forsuring og endret næringsbalanse fører til vegetasjonsendringer, men trolig skal det nok så store mengder til før endringene blir betydelige. Jordas evne til å ta opp og bryte ned metan ved biologiske prosesser reduseres hvis det er for mye nitrogen i jorda (MD 2000).

Andre skogkulturtiltak

Solås (1998) og dokumentene fra Levende Skog-prosjektet mener at flere av de skogkulturtiltakene som er aktuelle i klimasammenheng, som økt planting og markberedning, vil kunne medføre negative konsekvenser for biologisk mangfold. Økland og Pettersson (1998) melder om flere studier som viser at de mest artsrike plante- og dyregruppene i skog påvirkes av skogkulturaktiviteter. Dette kan blant annet skyldes

- En lavere evapotranspirasjon etter hogst, og dermed økt fuktighetsinnhold i jorda, noe som kan føre til forsumping (Levende Skog 1998). I tillegg vil variasjonen i fuktighetsforhold på overflata øke på grunn av økt solinnstråling etter hogst.
- Etablering av monokulturer som fører til homogenitet i vegetasjonsstruktur. Dette gir en reduksjon i variasjonen av tilgjengelige habitater og mikrohabitater. Mangel på grove lauvtrær er kritisk for flere lav- og billearter (Økland og Pettersson 1998). Mangfold av moser er særlig betinget av tilgangen på fuktige habitater, vindfallsfelter og dødt virke (*ibid.*)
- Tettere planting vil kunne gi utskygging av lite skyggetolerante arter og vil gi mindre mulighet for lauvoppslag (Solås 1998).

Myr- og sumpgrøfting

Forslag til ny skogforskrift presentert i Skogmeldinga (St meld nr 17 (1998-99)) legger i pakt med Ramsar-konvensjonen sterke restriksjoner på grøfting. St. meld. nr 41 (1994-95) sier at skogtiltak i myr- og sumpskogmark ikke bør iverksettes, siden de er nøkkelbiotoper som har økologiske funksjoner langt utover det arealet de selv representerer.

Myrer og sumpskog er utgjør unike biotoper og kan ha særegne dyre- og plantesamfunn knyttet til seg. Imidlertid kan disse vegetasjonstypene også fylle sentrale funksjoner for dyrearter som hovedsakelig er knyttet til andre naturtyper. Dette kan være dyrearter som i bestemte livsstadier furasjerer i disse naturtypene, slik som storfuglkjyllinger som leter etter insekter i myr- og sumpterreng den første tida etter klekking. Sumpskogsvegetasjon kan være sentral i habitatkravene til mange dyrearter i skog siden de kan tilby bestemte ressurser; både beiteressurser og mulighet for skjul. Det kan særlig være viktig at sumpskogene inneholder vannkilder med mulighet for skjul i den tette vegetasjonen. Myrer er viktige som hekkeområder for mange fuglearter, og er viktige for næringssøk under trekkene.

Naturlig utgjør sumpskog ofte brannrefugier, og de er heller ikke særlig utsatt for stormfelling (Levende Skog 1998). Foryngelsen skjer derfor ofte ved småskaladynamikk, og denne type vegetasjon kan derfor ofte representere lang kontinuitet med god tilgang på døende og død ved i ulike nedbrytningsstadier. Den vil ofte ha et stabilt miljø med tanke på fuktighet og temperatur, men jordbunnen kan veksle fra å være svært fuktig til å være tuete og tørr. Dette kan gi opphav til

et svært rikt artsmangfold i sumpskog, siden både fuktighetselskende arter og arter knyttet til kontinuitetsområder kan finne leveområder her. I Sverige er omkring halvparten av artene i skogøkosystemer knyttet til sumpskog (Levende Skog 1998).

For myrtyper finnes det overgangsformer mot sumpskog og skog, men ikke-trevokste myr-arealer er særegne naturtyper som har kommet under press i Norge. Det er særlig rikere myrtyper; tilsigsmyrer og myrer i kalkrike områder, som har blitt grøftet og dyrket opp og som derfor er truede naturtyper i dag. Disse er mest interessante ut fra et skogbruksynspunkt siden disse har størst produksjonsmessig potensiale hvis de blir grøftet (Levende Skog 1998).

Effekter av grøfting

Det mest aktuelle tiltaket for karbonbinding i myr og sump er grøfting for å senke grunnvannsstanden og skape hydrologiske betingelser slik at skog kan reises. Minkkinen et al (1999) melder om store vegetasjonsmessige endringer etter grøfting av myrer i Finland. I tillegg til at skogstrær vokser opp, ertattes myrvegetasjon av torvmose og starr med skogsmoser. Endringene er særlig sterke for rikere myrtyper som opprinnelig har den mest interessante vegetasjonen.

Avrenningsvannet etter grøfting er ofte surt og inneholder mye organisk materiale (Minkkinen et al 1999, Laine et al 1996). Dette kan føre til en forsuring av nedstrøms vann og vassdrag, og det skjer en avleiring av det organiske materialet. Effekter av forsuring på vassdrag er beskrevet under avsnittene om skogreising og treslagskifte.

Hvordan tilpasse skogtiltak

Tiltak i skog kan spille en rolle i å bremse klimaendringene samtidig som de bidrar til å oppfylle andre miljømål som bevaring av biologisk mangfold. En satsing på økt omløpstad med gjensetting av gamle trær er et eksempel på et slikt tiltak. Andre tiltak, som skogreising, innebærer en mer direkte menneskelig inn-

gripen i naturen og vil kunne ha store negative miljøeffekter. Men også et slikt tiltak kan, hvis det blir tatt tilstrekkelige hensyn til eksisterende verdier knyttet til ulike natur- og kulturlandskapstyper, bidra til oppfylling av klimamålsetninger uten store negative sideeffekter. Dette betinger at naturtypenes økologiske

funksjoner knyttet til blant annet hydrologi og habitattilbud ivaretas.

Økt omløpstid -en helhetlig realisering av skogens miljøverdier

Ved å sette igjen gammel skog og øke skogens omløpstid kan to miljøgevinster kasseres inn på samme tid: Man oppretter et reservoar for karbon, samtidig med at området gir gode leveområder for organismer som er avhengige av kontinuitetsskog, grove trær og død ved (Solås 1998, Solås og Aanderaa, 1998, Dalen og Johnsen 1999).

Klimabidrag

Klimagevinsten ved å unnlate å hogge gammelskog er gitt ved at den gjennomsnittlige mengden bundet karbon er høyere enn i en rotasjonsbestand (*figur 1.1 side 14 i SFT 97:15*). Karbon akkumuleres i skog etter hvert som alderen på skogen blir høyere. Netto akkumulering av karbon avtar med alder, men stabilisering skjer trolig ikke før ved svært høy alder (Harmon *et al* 1990). Fleming og Freedman (1998) fant i en undersøkelse fra barskogsområder i det vestlige Canada at karboninnholdet i levende ved er 3,75 ganger høyere i landskap med naturskog enn i plantasjeskog.

Ved overholdelse vil det etter hvert foregå en naturlig avgang av trær som gjør at den totale mengden karbon som lagres på et visst areal etter hvert stabiliseres. En avdøying vil normalt skje raskere for gran enn for furu, noe som medfører at karbonakkumuleringen kan foregå over lengre tid for furu. Dette betyr at skog med mye furu er godt egnet til å lagre karbon.

Andre miljøeffekter

For det biologiske mangfoldet i skogen er det ikke dødt virke i seg sjøl det er mangel på, siden mye hogstavfall etterlates i skogen. Avfallet er imidlertid i hovedsak kvist, bark og flis, mens det mangler stammevirke og særlig da stammevirke av grove dimensjoner innenfor et stabilt skogklima (Levende Skog 1998). I dag utgjør mengden død ved i norske skoger 10-20 % av den mengden død ved en ville hatt uten menneskepåvirkning på skogen (Ibid).

Den miljømessige betydningen av grove trær og dødt virke er knyttet til:

- Betydning for det biologiske mangfoldet: Blant insekter, sopp, lav og moser er det mange arter som er knyttet til slikt virke.
- Estetisk og opplevelsesmessig betydning.
- Betydning for nærings sirkulasjon.

For sopp nevner Levende Skog (1998) flere studier som viser at den lokale artsdiversiteten er vesentlig lavere i hogstpåvirket skog sammenliknet med naturskog. Gjerde (1996) viser også at økt omløpstid vil gi økning i tetthet og artsmangfold av fugl, og i tillegg vil sopper og lav og insekter knyttet til gammel og død ved, hvorav mange er rødlistearter, få bedre levekår (Levende Skog 1998c).

Forsvarlig gjennomføring av skogreising

De miljømessige sideeffektene ved skogreising med gran i områder hvor dette treslaget ikke finnes naturlig tilsier at man må være svært restriktiv med slike tiltak. Innføring av nye arter, og særlig et treslag som gran som i så stor grad bestemmer de økologiske betingelsene i økosystemer, er et enormt og irreversibelt inngrep. Faren for ukontrollert spredning må tas svært alvorlig siden grana møter optimale klimabetingelser i skogreisingsstrøkene.

Av hensyn til forsuring anbefaler man i Skottland at barskog maksimalt bør dekke 20 % av et vassdrags nedbørsfelt (Borch 1993). I forhold til disse anbefalingene er man på Vestlandet i ferd med å nå en kritisk grense. På lokalt nivå anbefaler Levende Skog at granplanting ikke skal skje i kantsonen mot vassdrag.

Levende Skog -standardene legger vekt på at skogreising må skje innenfor de rammer hensynet til blant annet biologisk mangfold setter. Standardene sier at det ikke skal skje treslagskifte/skogreising (tolket som granreising) på følgende naturtyper (Levende Skog 1998):

- furumyrskog på Vestlandet
- sumpskog
- edellauvskog, med unntak av eikeskog på lav og middels bonitet
- åpen røsslenghei
- kalkfuruskog og kalkbjørkeskog
- kantsoner mot vassdrag

Gjerde (1993) anbefaler i tillegg at man unngår inngrep i marginale områder med god bonitet og at man tilpasser skogreisingsfeltene etter landskapet gjennom landskapsplanlegging, blant annet for å unngå at kanteffekter og fragmentering av leveområder for faunaen.

Områdene for nyplanting av gran må begrenses, ikke minst for å kunne bevare de særegne naturtypene som finnes på Vestlandet og i Nord-Norge. Skogreising med gran i granområder er miljømessig mer forsvarlig. Her må det imidlertid også tas hensyn til at mange av de naturtypene som vil være aktuelle for slik skogreising, slik som kulturenger og beitemarker, inneholder viktige miljøverdier. Verdier knyttet til hydrologi, artsmangfold, estetikk og bevaring av kulturminner og kulturlandskap ivaretas ofte best ved å ta vare på det opprinnelige landskapet og de opprinnelige naturtypene.

Med bevissthet rundt hvilke arealer som blir skogreist, bevissthet rundt landskapstilpasninger og et fokus på treslagsblanding med en høy andel lauvtrær, vil trolig innføring av en viss andel gran kunne gjennomføres uten større trusler mot det biologiske mangfoldet eller mot estetiske og friluftsmessige hensyn. Dette betinger imidlertid at man fører grundig kontroll med videre spredning og med at grana ikke på sikt gir utskygging av andre treslag og av bakkevegetasjon.

Alternativer til granreising

Det finnes flere eksempler på at en forvaltning med fokus på stedegne arter vil være effektiv også i klimasammenheng. Furu vil som nevnt over gi varige karbonlagre i skogen og er ideell å kombinere med en strategi for å øke omløpstiden i norske skoger. de Wit og Kvindesland (1999) viser at karbonlagrene i jordsmonn er størst under blandingskog, så skogreising med treslagsblanding kan være et effektivt klimatiltak.

I forbindelse med en innsats for å redusere utslippene fra utslippssektorer er det viktig at trevirke kan substituere for karbonintensive innsatsfaktorer og produkter. Også her viser det seg at treslag som er stedegne på Vestlandet og i Nord-Norge kan spille en viktig rolle. Bjørk og or er rasktvoksende treslag som er ideelle til bioenergi. Produksjon

av kvalitetsvirke kan være ideelt til bygningsmateriale og andre treprodukter, og kan substituere for bruk av sement og andre karbonintensive produkter. I denne sammenheng kan både furu og edellauvtrevirke ha et stort potensiale.

Samfunnets tilrettelegging

Skogtiltak er forbundet med stor usikkerhet både når det gjelder klimabidrag og når det gjelder deres virkning på andre miljøverdier. For å unngå en uthuling av klimakonvensjonen og for å unngå uheldige virkninger på biologisk mangfold og kulturlandskap, bør man gå forsiktig fram med å bruke skogtiltak i klimaøyemed. Dette tilsier at man bør være restriktiv når det gjelder hvilke tiltak som skal iverksettes, og at man bør være restriktiv når det gjelder hvilke virkemidler som bør brukes for å få i gang tiltak.

En stram politikk når det gjelder hvilke skogtiltak som kan settes i gang for å oppfylle norske klimamålsetninger tilsier at det først og fremst bør satses på å legge til rette for økt omløpstid i skogen. I tillegg kan det være aktuelt med noe skogreising, men denne skogreisningen bør planlegges og følges opp grundig når det gjelder valg av treslag og areal. En stram politikk når det gjelder hvilke virkemidler som bør brukes for å få i gang tiltak tilsier at man bør vente med å inkludere skognæringa i et nasjonalt kvotesystem for klimagasser. Problemer med å kvantifisere og verifisere klimabidraget til skogtiltak kan skape muligheter for å underrapportere utslipp og overrapportere opptak. Disse smutthullene kan skade klimakonvensjonens integritet.

Snarere en et markedsbasert kvotesystem bør man utvikle en offentlig politikk som gir støtte til tiltak med en positiv miljøvirkning. I utformingen av denne politikken må man ta hensyn til skogens totale verdi, både økonomisk, økologisk og sosialt. En styrket oversiktsplanlegging i skogbruket, med skogbruksplaner for enkelteierdommer, vil gi muligheter for å tilpasse næringsutøvelsen etter slike hensyn (se Levende Skog 1997 s 331). Prioriteringer for hvilke områder som skal være gjenstand for ulike tiltak bør skje i nær kontakt med næringa, blant annet i forbindelse med sertifiseringsprosesser.

Konklusjon

Skogtiltak for å binde karbon kan være et virkemiddel for å bremse klimaendringene. Slike tiltak kan derfor tas i bruk for å supplere tiltak som reduserer utslippene fra utslippssektorer. Imidlertid er det flere faremomenter knyttet til å gi økonomiske incentiver for slike tiltak gjennom et kvotesystem. Disse knytter seg både til usikkerhet rundt karbonbindings-effekten av tiltakene og til hvordan tiltakene kan virke inn på andre miljøverdier.

Usikkerhet om karbonbindingen

Ved å åpne for kreditering av skogtiltak i et kvotesystem vil man stå i fare for at det blir en overrapportering av tiltak som gir karbonkreditter, mens aktiviteter som gir karbonutslipp underreporteres. Man vil også stå i fare for å utstede kreditter for areal som gror naturlig igjen. Slik kreditering gir muligheter for økte utslipp fra utslippssektorer uten at det foregår en tilsvarende økt binding av karbon. Smutthull som disse vil uthule Kyotoprotokollens potensiale for å utløse effektive tiltak for å bremse klimaendringene.

Miljøhensynet

Innenfor et norsk kvotesystem for klimagasser vil trolig skogreising og treslagskifte være blant de mest aktuelle tiltakene for å vinne karbonkreditter. Denne rapporten har vist at det ut fra et hensyn til bevaring av naturverdier kan være grunn til å være skeptisk til skogreising med gran i strøk hvor grana ikke naturlig hører til. Tiltaket kan ha store økologiske og miljømessige konsekvenser, blant annet i forbindelse med forsuring av jordsmonn og vassdrag, og tap av naturtyper, artsmangfold og kulturminner.

Norge er i en særstilling når det gjelder potensialet for skogreising, siden de fleste arealer som er aktuelle for skogreising omfatter naturtyper av stor økologisk og kulturhistorisk verdi, som kystlynghei, kulturmarker og naturenger. Bruk av skogtiltak som et virkemiddel for å bremse klimaendringene vil kunne komme i konflikt med flere sentrale nasjonale miljømål, som bevaring av bestander av laksefisk, bevaring av viktige naturtyper i kulturlandskapet og oppbremsing av tilgroingen av snaumarkene.

Hvordan ivareta skogens miljøfunksjoner

Utredningen anerkjenner skogens viktige rolle i å bremse klimaendringene. Det er viktig å vurdere hvordan man kan utnytte biobrensel og treprodukter til å erstatte bruk av karbonintensive produkter og innsatsfaktorer som sement og fossile brensler. Videre kan skog brukes til å binde karbon, et sentralt tiltak i den forbindelse kan være å legge til rette for en økning av skogens omløpstid. Et slikt tiltak kan også bidra i forbindelse med målsetninger om bevaring av biologisk mangfold.

Bruk av tiltak som skogreising og treslagskifte i klimaøyemed må være omfattet med stor forsiktighet. Det vil være viktig med gode rutiner for å overvåke mulige miljømessige sideeffekter av tiltakene, og kontrollere eller avbøte disse. God planlegging og samordning av skogtiltak kan også bidra til at de negative miljøeffektene blir minst mulige.

Denne rapporten anbefaler at man bør unnlate å trekke skogsektoren inn i et norsk nasjonalt kvotesystem for klimagasser. Skogens helhetlige miljøfunksjoner kan best ivaretas gjennom andre virkemidler enn involvering i et kvotesystem. Tilskuddsordninger, blant annet til økt omløpstid, vil kunne være et aktuelt tiltak.

Innspill til Norges posisjon i klimaforhandlingene

Miljøhensynet og usikkerheten knyttet til skogtiltak gir klare innspill til framtidig norsk politikk på klimaområdet, ikke bare i forhold til et norsk kvotesystem for klimagasser, men også i forhold til norske posisjoner i de internasjonale klimaforhandlingene.

Til tross for passive norske holdninger rundt restriksjoner på bruk av skogtiltak, har Norge tatt et klart standpunkt mot at tiltak som hjemles i artikkel 3.4 i Kyotoprotokollen skal trekkes inn i klimaregnskapene i den første forpliktelsesperioden. Dette har sammenheng med at det finnes svært liten kunnskap om hvordan man kan kvantifisere og verifisere klimabidragene til slike tiltak på en tilfredsstillende måte. Teksten fra Bonn åpner for at store deler av enkeltlands forpliktelser kan

dekkes inn ved bruk av artikkel 3.4-tiltak. For Norge sitt vedkommende vil den angitte grensen åpne for å ta i bruk hele potensialet for skoggjødsling og treslagskifte, uten at man kommer i nærheten av grenseverdien. For å unngå å skade klimaavtalens integritet må Norge holde fast på sine krav om restriktive grenser for artikkel 3.4-tiltak.

Tiltak i utslippssektorer må til!

Uavhengig av Kyotoprotokollen må en brukbar og effektiv strategi for å bremse

klimaendringene bygge på reduksjoner i utslippene av klimagasser fra sektorer som samferdsel og industri. Uansett hvilke holdninger man har til skogtiltak vil slike tiltak trolig ha liten effekt sammenlignet med tiltak på utslippssiden. For å unngå alvorlige klimaendringer må tiltak på utslippssiden settes i gang snarest, uavhengig av en avklaring om ratifisering og implementering av Kyotoprotokollen.

Referanser

- Alfredsson, H., L.M. Condron, M. Clarholm, M.R. Davis, 1998: *Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand*. *Forest Ecology and Management* **112** 245-252
- Allott, N., M. Brennan, P. Mills, A. Eacrett, 1993: *Stream Chemistry and Forest Cover in Ten Small Western Irish Catchments*. in Watkins (ed): *Ecological Effects of Afforestation* CAB International, Wallingford, UK
- Baguette, M., B. Deceuninck, Y. Muller, 1994: *Effect of spruce afforestation on bird community dynamics in a native broad-leaved forest area*. *Acta-Oecologica* **15** (3) 275-288
- Borch, H., 1993: *Skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren. Miljøkonsekvenser og tilrådinger*. NINA Utredning 052: 1-34. Norsk Institutt for Naturforskning
- Bruun, F.R., J. Frank, 1994: *Effekter av ulike skogskjøtseltiltak på karbonstatus i jord – En litteraturstudie og beregninger*. Aktuelt fra Skogforsk Nr 11 – 94 NISK, NLH. Ås
- Bøhn, N., 1998: *Skogens muligheter i klimasammenheng*. Norges Skogeierforbund, Norskog, Det norske Skogselskap, Oslo
- CAN, 2000: *COP6 Position paper, November 2000*. Climate Action Network. Finnes på www.climatenetwork.org
- Cannell, M.G.R., 1999: *Environmental impacts of forest monocultures: water use, acidification, wildlife conservation, and carbon storage*. *New Forests* **17** 239-262
- Cannell, M.G.R., 1999b: *Growing trees to sequester carbon in the UK: answers to some common questions*. *Forestry* **72** (3) 237-247
- Dalen, L.S., Ø. Johnsen: *Skog i klimasammenheng*. Norsk Skogbruk **4** 14-15, 28
- DN 1999: *Kartlegging av naturtyper. Verdisetting av biologisk mangfold*. DN-håndbok 13, Direktoratet for Naturforvaltning, Trondheim. Finnes på <http://www.naturforvaltning.no/handbok/13/>
- Denne, T., 1998: *Inclusion of absorption by sinks in an emissions trading regime*. *International Journal of Environment and Pollution* **10** (3-4) 495-502
- de Wit, H.A., S. Kvindesland, 1999: *Carbon stocks in Norwegian forest soils and effects of forest management on carbon storage*. Rapport fra skogforskningen – Supplement **14** NISK, NLH. Ås
- Econ 1999: *Utvikling av marked for karbonkreditter i skog* Econ rapport 46/99, Oslo
- Eraker, H. 2000: *Keiserens nye trær – om norske treplantasjer, CO₂-kvoter og nykolonialisme i Uganda*. NorWatch rapport 5/200, Framtiden i våre hender, Oslo
- Essex, S.J., A.G. Williams, 1993: *Ecological Effects of a Less-intensively Managed Afforestation Scheme on Dartmoor, South-west England*. in Watkins (ed): *Ecological Effects of Afforestation* CAB International, Wallingford, UK
- EU 2000: *Textual proposals on article 3.3, 3.4, 3.7 and explanatory material in accordance with the conclusion of the 12th session of SBSTA*. Submission by France on behalf of the European Community
- Fahy, O., M. Gormally, 1998: *A comparison of plant and carabid beetle communities in an Irish oak woodland with a nearby conifer plantation and clearfelled site*. *Forest Ecology and Management* **110** 263-273
- FCCC/CP/2001/L.7: *REVIEW OF THE IMPLEMENTATION OF COMMITMENTS AND OF OTHER PROVISIONS OF THE CONVENTION*. Finnes på www.unfccc.de/wnew/index

- FCCC/SBSTA 2000/9: *Methodological issues Land use, land-use change and forestry*. Consolidated synthesis of proposals made by parties. Finnes på <http://www.unfccc.int/resource/docs/2000/sbsta/09.pdf>
- Ferris, R., A.J. Pearce, A.C. Newton, 2000: *Macrofungal communities of lowland Scots pine (Pinus sylvestris L.) and Norway spruce (Picea abies (L.) Karsten) plantations in England: relationships with site factors and stand structure*. *Forest Ecology and Management* **131** 255-267
- Fleming, T.L., B. Freedman, 1998: *Conversion of natural, mixed-species forests to conifer plantations: Implications for dead organic matter and carbon storage*
- ForUM 1999: *Rettfærdighet og klimaendringer*. Arbeidsgruppa for klima og energi i Forum for Utvikling og Miljø, Oslo
- Framstad, E., I.B. Lid, 1998: *Jordbrukets kulturlandskap. Forvaltning av miljøverdier*. Universitetsforlaget, Oslo
- Frank, J., J. Kjønaas, P.H. Nygaard, R. Brean, 1990: *Treslagsvalg og næringsstatus*. Aktuelt fra NISK nr 5. NISK, Ås, Norge
- Fremstad, E., P.A. Aarrestad, A. Skogen, 1991: *Kystlynghei på Vestlandet og i Trøndelag: Naturtype og vegetasjon i fare*. NINA Utredning 029 NINA, Trondheim
- Fylkesmannen i Møre og Romsdal, ikke datert: *Strategiplan for utvikling av skogbruket i Møre og Romsdal*. Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Molde
- Gjerde, I., 1993: *Skogbruk og fauna på Vestlandet: Betydningen av treslagskifte for forekomst og fordeling av skogshabitat*. Rapport fra Skogforsk **17/93** NISK, NLH. Ås
- Gjerde, I., M. Sætersdal, 1996: *Treslagskifte og fugl på Vestlandet: Effekter av granplanting i kystfuruskog på fuglefaunaen, og aktuelle tiltak i skogbruket*. Aktuelt fra Skogforsk NISK, NLH. Ås
- Hansen, B., K.E. Nielsen, 1998: *Comparison of acidic deposition to semi-natural ecosystems in Denmark – Coastal heath, inland heath and oakwood*. *Atmospheric Environment* **32** (6) 1075-1086
- Harmon, M.E., W.K. Ferrell, J.F. Franklin, 1990: *Effects on Carbon Storage of Conversion of Old-Growth Forests to Young Forests*. *Science* **247** 699-701
- IGBP, 1998: *The Terrestrial Carbon Cycle: Implications for the Kyoto Protocol*. *Science* **280** 1393-1394
- IIASA, 2000: *Full Carbon Account for Russia*. Interim Report IR-00-021 International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Østerrike Finnes på www.iiasa.ac.at
- Industrikraft Midt-Norge, 2000: *Konsekvensutredning for gasskraftverk på Skogn*. Finnes på www.industrikraft.no/konsekvensutredning/skogtiltakinorge.htm
- IPCC 1995: *Climate change 1995 – IPCC second assessment*. A report of the intergovernmental panel on climate change. World Meteorological Organisation, UN Environmental Programme, Geneva.
- IPCC 1997: *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. London: Hadley Centre
- IPCC 2000: *Land use, land-use change and forestry*. A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press
- LD 1997: *Skog og klima: Skog og treprodukters potensiale for å motvirke klimaendringer*. Landbruksdepartementet 1997
- Laine, J., J. Silvola, K. Tolonen, J. Alm, H. Nykänen, H. Vasander, T. Sallantausta, I. Savolainen, J. Sinisalo, P.J. Martikainen, 1996: *Effect of Water-level Drawdown on Global Climatic Warming: Northern Peatlands*. *Ambio* **25** (3) 179-184
- Lavers, C., R. Haines-Young, 1993: *The Impact of Afforestation on Upland Birds in Britain*. i Watkins (ed): *Ecological*

- Effects of Afforestation*. CAB International, Wallingford, UK
- Levende Skog, 1998: *Standardutredninger fra Levende Skog*. Levende Skog, Oslo
- Losvik, M.H., 1993: *Granplanting på Vestlandets superbonitet –Konsekvenser for artsvern og landskapsøkologi*. i Skogbruk og miljøvern på Vestlandet. Miljørapport nr 3 – 1993, Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelinga
- Lugo, A., 1997: *Maintaining an open mind on Exotic Species*. i Meffe, G.K., C.R. Carroll: *Principles of Conservation Biology* Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts
- Lunnan, A., S. Navrud, P.K. Rørstad, K. Simensen, B. Solberg, 1991: *Skog og skogproduksjon i Norge som virkemiddel mot CO₂-opphopning i atmosfæren*. Aktuelt fra Skogforsk Nr 6 1991, NISK, Ås, Norge
- MD 2000: *Views and proposals for definitions and accounting framework for activities under Articles 3.3 and 3.4 of the Kyoto Protocol*. Submission from Norway (En samling av alle landenes synspunkter på skogartiklene finnes på: <http://www.unfccc.int/resource/docs/2000/sbsta/09.pdf>)
- Meffe, G.K., C.R. Carroll, 1997: *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts
- Minkkinen, K., H. Vasander, S. Jauhiainen, M. Karsisto, J. Laine, 1999: *Post-drainage changes in vegetation composition and carbon balance in Lakkasuo mire, Central Finland*. Plant and Soil **207** 107-120
- NOU 2000:1: *Et kvotesystem for klimagasser: Virkemiddel for å møte Norges utslippsforpliktelse under Kyotoprotokollen*. Miljøverndepartementet 2000
- Næss, L.O., 1999: *Skogtiltak mot klimaendringer: Oversikt og status etter fjerde partskonferanse til Klimakonvensjonen*. CICERO Report 1999:1, Oslo
- Olsen, R.A., 1990: *Mikrobielle prosesser i jord sett i forhold til skogens vekst og vitalitet*. Aktuelt fra NISK nr 5. NISK, Ås, Norge
- Persson, T., R. Svensson, T. Ingelög, 1989: *Floraforandringer etter skogsplantering på jordbruksmark*. Svensk Botanisk Tidsskrift **83** (5) 325-344
- Pettersson, R.B., J.P. Ball, K.E. Renhorn, P.A. Esseen, K. Sjöberg, 1995: *Invertebrate communities in boreal forest canopies as influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds*. Biological Conservation **74** (1) 57-63
- Pronk, 2000: *Note by the president of COP6, 23. November 2000*. Haag
- Reuters, 07.08.01: Finnes på: www.climnet.org/cop6bis/followupnews.html#nonorsinks
- Saetre, P., 1999: *Spatial patterns of ground vegetation, soil microbial biomass and activity in a mixed spruce-birch stand*. Ecography **22** 183-192
- Schlamadinger, B., G. Marland, 2000: *Land Use & Global Climate Change: Forests, Land Management, and the Kyoto Protocol*. Pew Center on Global Climate
- SFT 1997: *Tilvekst og avgang i norsk skog*. SFT-rapport 97:15. Statens Forurensningstilsyn, Oslo
- SFT 2000: *Reduksjon av klimagassutslipp i Norge: En tiltaksanalyse for 2010*. Rapport 1708/2000, Statens Forurensningstilsyn, Oslo
- Solås, A., 1998: *Feil CO₂-tiltak i skog?* biolog **16** (3-4) 53-55
- Solås, A., R. Aanderaa, 1998: *Kombiner CO₂-lagring og biologisk mangfold*. Norsk Skogbruk **2** 24-25
- Stave, J. 2000: *Trær til besvær – om norske karbonplantasjer i Tanzania*. NorWatch rapport 7/200, Framtiden i våre hender, Oslo
- St meld 41 (1994-95) *Om norsk politikk mot klimaendringer og utslipp av nitrogenoksider (NO_x)*. Miljøverndepartementet

- St meld 29 (1997-98): *Norges oppfølging av Kyotoprotokollen*. Miljøverndepartementet
- St meld nr 17 (1998-99): *Verdiskaping og miljø - muligheter i skogsektoren*. (skogmeldingen). Landbruksdepartementet
- Stott, T., 1997: *Forestry effects on bedload yields in mountain streams*. Applied Geography **17** (1) 55-78
- Svensson, R., T. Ingelög, 1990: *Floran i dagens och morgondagens jordbrukslandskap*. Svensk Botanisk Tidsskrift **84** 9-19
- Temple, S.A., 1996: *Ecological Principles, Biodiversity, and the Electric Utility Industry*. Environmental Management **20** (6) 873-878
- The Met. Office 1999: *Climate change and its impacts – Stabilisation of CO₂ in the atmosphere*. UK Department of Environment, Transport and Regions og the UK Meteorological Office. London Finnes på: www.met-office.gov.uk/sec5/CR_div/CoP5/
- Wallace, H.L, J.E.G. Good, 1995: *Effects of afforestation on upland plant communities and implications for vegetation management*. Forest Ecology and Management **79** 29-46
- WBGU, 1998: *The Accounting of Biological Sinks and Sources Under the Kyoto Protocol: A Step Forwards or Backwards for Global Environmental Protection?* German Advisory Council on Global Change (WBGU) Special Report 1998, Bremerhaven, Tyskland Finnes på: www.awi-bremerhaven.de/WBGU/wbgu_sn1998_engl.html
- Økland, B., R.B. Pettersson, 1998: *Skogkultur, CO₂ og biologisk mangfold*. biolog **16** (1)2-7

Vedlegg

Hvordan kan skogen brukes effektivt til å bremse klimaendringer?

Ved vurdering av klimabidraget til aktuelle skogtiltak legger ulike kilder vekt på to ulike forhold:

- I noen tilfeller legges det vekt på at et tiltak vil føre til at den gjennomsnittlige mengden bundet karbon i et område øker.
- I andre tilfeller legges det vekt på at et tiltak vil føre til at opptaksraten for karbon i et område øker.

For å legge til rette for en høyest mulig opptaksrate for karbon, vil tilplanting med hurtigvoksende trær, som or, osp og gran, være blant de mer effektive tiltakene. Økt omløpstid vil være et sentralt tiltak for å øke gjennomsnittlig mengde bundet karbon i et område.

Høy opptaksrate for karbon kan bare være et effektivt klimatiltak dersom det karbonet som tas opp ikke slipper ut i atmosfæren igjen uten å muliggjøre reduksjon av andre karbonutslipp. Treverk kan redusere andre karbonutslipp ved å substituere for bruk av karbonintensive varer; ved kan erstatte oljefyring og treverk kan erstatte sement.

I forbindelse med substitusjon og lagring i treprodukter er det avgjørende om økt bruk av ved og treprodukter kommer *i stedet for* eller *tillegg til* bruken av andre mer klimaskadelige energikilder og materialer som fossil energi, stål og sement (Solås 1998 s 53). Det siste er dessverre mest sannsynlig, og det finnes små

incentiver til å utnytte treproduktene best mulig ved resirkulering. Det er imidlertid grunn til å håpe at en sterkere norsk politikk for å bremse klimaendringene vil gi klare disincentiver for utslipp av klimagasser fra oljefyring og sementproduksjon, og at dette vil gi økt bruk av treprodukter.

Selv om skognæringen kanskje klarer å skape et økt marked for treprodukter, treverk og ved, og slik at treverk vil substituere for karbonintensive varer, er det lite sannsynlig at all skogproduksjon kan brukes på denne måten. Tilvekst i skog som ikke substituerer for karbonintensive varer vil bare kunne gi et varig bidrag til å bremse klimaendringene dersom skogproduksjonen lagres i en eller annen form.

Lagring kan skje på flere ulike måter; i treverk og treprodukter som avfall, og som levende og dødt organisk materiale i skogen. Blant disse lagrene er det skogen som har det største potensialet. I denne forbindelse blir økt omløpstid, kombinert med å sette av større arealer til bevaringsformål, viktige tiltak. Gammelskog gir en høyere mengde bundet karbon enn en rotasjonsbestand, og for rotasjonsbestand er gjennomsnittlig mengde bundet karbon høyere jo lengre rotasjonene er. I tillegg til alle andre positive miljøvirkninger av å bevare gammelskog, vil altså et slikt tiltak kunne ha en effekt i å bremse klimaendringene (Se tabell A).

Tabell A. Forhold som er avgjørende for "skogbasert" binding av karbon i drevet/utnyttet skog vs. urørt skog

	Drevet/utnyttet skog	Urørt Skog
1)	Gj.snittlig karbonkapital i levende <u>trær</u>	Gj.snittlig karbonkapital i levende <u>trær</u>
2)	Gj.snittlig karbonkapital i annen levende biomasse	Gj.snittlig karbonkapital i annen levende biomasse
3)	Gj.snittlig karbonkapital i strø/avfall (inkl. døde trær + hogstavfall)	Gj.snittlig karbonkapital i strø/avfall (inkl. døde trær)
4)	Gj.snittlig karbonkapital i <u>jordsmonnet</u>	Gj.snittlig karbonkapital i <u>jordsmonnet</u>
5)	Gj.snittlig karbonkapital i <u>trebaserte produkter</u>	
6)	<u>Substitusjonseffekter</u> (direkte erstatning av fossil energi eller produkter produsert med større innsats av fossil energi)	

Kilde: SFT 1997