

## Binding av CO<sub>2</sub> i skog og Kyoto-protokollen

Lars Dalen og Øystein Johnsen

Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 12, 1432 Ås

Mye tyder på at skogområder på den nordlige halvkule tar opp og binder store mengder CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Kyoto-avtalen åpner for at binding av CO<sub>2</sub> i skog skal inngå i hvert enkelt lands CO<sub>2</sub>-regnskap, men det er stor usikkerhet knyttet til hvilke skogtiltak som skal inkluderes i avtalen og hvordan opptaket av CO<sub>2</sub> i skogøkosystemene skal beregnes. For Norges del vil avtalen slik den tolkes i dag gi lave eller ingen CO<sub>2</sub>-kreditter i forbindelse med skogplanting og gjenplanting.

Menneskelig aktivitet fører til økte konsentrasjoner av klimagasser som karbondioksid (CO<sub>2</sub>) i atmosfæren. Forbrenning av fossilt brennstoff og endret arealbruk, slik som avskoging av tropisk regnskog, har ført til at konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren har økt med 30 prosent siden førindustriell tid. Mengden CO<sub>2</sub> som slippes ut i atmosfæren avhenger av antall mennesker på jorden, den økonomiske utviklingen, hvilke energiformer vi benytter (f.eks. kull, gass, olje, atomkraft eller biobrensel) og energieffektiviteten. Prognoser fra FNs klimapanel går ut på at CO<sub>2</sub>-utslippene vil tredobles i løpet av det neste århundre, og at CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren vil fordobles. Dette forventes så å føre til et par graders temperaturøkning og at havnivået stiger med opptil en halv meter. FNs klimakonvensjon går inn for en «stabilisering av drivhusgasser i atmosfæren på et nivå som hindrer farlig antropogen innvirkning på klimasystemet». I fjor ratifiserte en rekke I-land Kyoto-protokollen som inneholder konkrete forpliktelser om å redusere utslippene av klimagasser med 5% i forhold til 1990-nivå i løpet av perioden 2008-2012. Kyoto-avtalen er enestående på to måter: de undertegnende nasjonene går inn for konkrete reduksjoner, og avtalen åpner for binding av CO<sub>2</sub> i skog som en del av hvert enkelt lands CO<sub>2</sub>-regnskap. Netto endringer i opptak av CO<sub>2</sub> etter nyplanting, gjenplanting og avskoging igangsatt etter 1990 kan anvendes i beregninger av nasjonalt utslippsnivå.

Trær og annen vegetasjon tar opp CO<sub>2</sub> om dagen via fotosyntesen, mens det om natten frigjøres CO<sub>2</sub> via celleåndingen (respirasjonen). Lys fra solen, vann fra bakken og CO<sub>2</sub> fra luften, sammen med næringsstoffer som nitrogen og fosfor, er med på å danne ved (cellulose og lignin) i røtter, stamme og greiner. Det er mange faktorer som påvirker hvor mye CO<sub>2</sub> en skog kan ta opp. Om sommeren når temperaturen er gunstig for vekst og utvikling, vil det være et netto-opptak av CO<sub>2</sub>. Lave temperaturer om høsten og vinteren er med og begrenser veksten, slik at det om vinteren er et netto utslipp av CO<sub>2</sub>. Mangel på vann og næringsstoffer slik som nitrogen, kan redusere veksten og CO<sub>2</sub>-opptaket.

Alderen på trærne spiller også en viktig rolle. Det er voksende skog som tar opp CO<sub>2</sub>, mens gammel skog som er i ferd med å dø avgir mer CO<sub>2</sub> enn den tar opp.

Noe av bakgrunnen for at binding av CO<sub>2</sub> i skog har blitt en del av Kyoto-protokollen, er nyere undersøkelser som viser at store mengder CO<sub>2</sub> blir tatt opp i boreal barskog på den nordlige halvkule. I Norge har tilveksten de siste 40 årene vært større enn avvirkingen, og netto tilvekst ligger i dag på fem millioner tonn karbon per år - noe som tilsvarer cirka 22 prosent av de menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslippene. Også i Europa og Nord-Amerika har tilveksten i skogen vært formidabel. Nylig ble det publisert en artikkel i Science som hevder at det de nordamerikanske skoger sluker like mye CO<sub>2</sub> som det slippes ut av fossilt brennstoff i USA og Canada tilsammen. Bedre skogskjøtsel, økte CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i atmosfæren og økt nitrogennedfall i forbindelse med sur nedbør kan være med på å forklare denne økte tilveksten og CO<sub>2</sub>-bindingen på den nordlige halvkule.

Selv om det enkleste er å ta utgangspunkt i selve treet når man skal beregne bindingen av CO<sub>2</sub> i skog, så blir ikke dette helt riktig. Et skogøkosystem består av mye mer enn bare trær. Jordsmonnet inneholder store mengder levende og dødt organisk materiale som påvirker transporten (fluksen) av CO<sub>2</sub> inn og ut av skogøkosystemet. Man antar at cirka halvparten av alt karbonet på landjorden er lagret i skog, og at to-tredjedeler av dette er lagret i jordsmonnet. Frossen jord i boreale skoger inneholder et av de største lagrene av karbon i den terrestre biosfæren, nok til å øke konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren med 50 prosent dersom det ble frigjort som følge av klima-oppvarming.

I norske skoger befinner nesten alt karbonet seg i skogsjord og myr (SFT-rapport 97:15). Bare ti prosent er lagret i trær, som dermed utgjør bare en liten del av den totale mengden bundet CO<sub>2</sub> i skogøkosystemet. Det er forskjellen mellom plantenes fotosyntese og respirasjonen i jorda som bestemmer netto-fluksen av CO<sub>2</sub>. Selv om skogen vokser, kan respirasjonen i jorda frigjøre så store mengder CO<sub>2</sub> av det går en netto CO<sub>2</sub>-fluks ut av skogøkosystemet. Et eksempel på dette er et forsøk som ble utført i en gammel granskog i Canada. Ved og mose i skogområdet tok opp mye karbon, men siden respirasjonen i jorda var større, ble det en netto-fluks av karbon ut av skogøkosystemet. Forfatterne påpeker imidlertid at dette forsøket ble utført i en relativt gammel skog, og at yngre skog eller skog med mer løvtrær sannsynligvis ville akkumulere karbon.

Er så Kyoto-avtalen en avtale det er umulig å håndtere, håndheve og kontrollere? Nei, ikke nød-

vendigvis. FN's klimapanel er blitt bedt om å legge frem en spesialrapport i år 2000 som skal beskrive konsekvensene av de ulike tolkningene av teksten i Kyoto-protokollen og hvordan CO<sub>2</sub>-opptak i skog skal beregnes. Dette gjelder for eksempel definisjoner av ordene skogplanting, gjenplanting og avskoging og hva som menes med "direkte menneskeskapt tiltak". Et viktig spørsmål er dessuten om endringer i karbonlageret i jordsmonnet skal med i beregningene. Det blir også viktig å finne måter å måle karbonfluksene inn og ut av skogøkosystemene på. Nettopp på dette området skjer det en rask utvikling av kvantitative måleteknikker der man kan måle CO<sub>2</sub>-flukser på områder av ulik størrelse - fra enkeltblader til hele skogområder. Mekanistiske studier kan koples sammen med biosfæremodeller og målinger tatt fra satellitt, og flukser og prosesser kan ekstrapoleres til regional, nasjonal og global skala.

Slik avtaleteksten tolkes i dag vil Kyotoavtalen neppe få noen stor betydning for norsk skogbruk. Det er kun direkte menneskepåvirkede arealbruksendringer og skogaktiviteter, begrenset til skogplanting, gjenplanting og avskoging etter 1990 som teller med i CO<sub>2</sub>-regnskapet for perioden 2008-2012. Effekten av gjenplanting av skog i Norge i avtaleperioden vil være liten. Dette er hovedsakelig på grunn av den lange omløpstiden til boreal barskog, og fordi den årlige tilveksten er lav de første 20 årene etter planting. Det er heller ikke sikkert at gjenplanting vil telle med i beregningene, og at det kun er avskoging og skogplanting på nye områder som skal telle med. Dersom man inkluderer skogplanting, gjenplanting og avskoging, viser beregninger (St.meld. 29:98) at den samlede netto bindingen av karbon i Norge i perioden 2008-2012 vil være et sted mellom 0 og 0,05 millioner tonn. Til sammenligning vil det samlede utslippet av karbon fra forbrenning av fossilt brennstoff i den samme perioden være cirka 50 millioner tonn. Et annet problem for land som Norge når det gjelder planting av skog for å binde CO<sub>2</sub>, er at etablering av skog på nye arealer kan komme i konflikt med andre interesser som jakt/ friluftsliv, naturvern og internasjonale miljøavtaler, slik som konvensjonen om biologisk mangfold. Land med hurtigvoksende arter i plantasjer har mye mer å tjene på skogplanting. I New Zealand har de beregnet at ny skog kan binde mer CO<sub>2</sub> enn de samlede utslippene fra forbrenning av fossilt brennstoff. For Norges del vil det derfor være mest å tjene på å støtte skogplanting i andre land via den såkalte grønne utviklingsmekanismen og på den måten oppnå CO<sub>2</sub>-kreditter.

Skogens rolle i klimasammenheng må vurderes i ulike tidsperspektiv. På kort sikt (20-25 år) er det viktig å ta vare på eksisterende skogområder. Det er viktig å hindre en reduksjon i global skogbestand på grunn av endret arealbruk. Dette gjelder både i tropiske, tempererte og boreale områder siden de inneholder store mengder karbon i trær og jord, karbon som ikke kan erstattes raskt når det først er fjernet. På mellomlang sikt (25-60 år) blir det viktig å øke skogarealet, øke produksjonen og ta vare på det organiske materialet i

jordsmonnet som inneholder mye karbon. Poenget er å hindre oksidasjon av det lagrede karbonet, og dette kan få innvirkninger på alt fra hogstformer til behandling av råstoffet på fabrikkene. Det er viktig av trærne benyttes til å produsere varige produkter, slik som veggpanel, for på den måten å binde opp karbonet så lenge som mulig.

Men det å plante skog er egentlig kun en måte å kjøpe seg tid på i klimasammenheng; det løser ikke det virkelige problemet med økte CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i atmosfæren. Trærne binder opp CO<sub>2</sub> fra atmosfæren så lenge de vokser, helt til treproduktene råtner eller blir brent. Da frigjøres CO<sub>2</sub> tilbake til atmosfæren. Dersom vi ønsker et effektivt opptak av karbon i skogøkosystemer, må så mye som mulig av tømmeret blir benyttet til produkter med lang levetid. På lang sikt (> 60 år) kan man se for seg et bærekraftig energisystem basert på fornybare ressurser, f.eks. at skogprodukter erstatter produkter basert på fossil olje og gass. Dersom trevirke ble benyttet til energiproduksjon, i et system der alt CO<sub>2</sub> som blir sluppet ut i dag ble tatt opp av voksende trær i morgen, ville vi kunne hindre en stadig økende drivhuseffekt. På lang sikt er en bærekraftig energipolitikk den eneste egentlige løsningen på problemet med drivhuseffekten. Trær i tempererte og boreale strøk kan være med å spille en viktig rolle i et slikt framtidig energisystem, dersom skogområdene og skogens vekstrate økes, og dersom produksjon av skogprodukter erstatter produkter basert på fossil olje og gass.