

**Metsät ilmastopöytäkirjassa ja
Kioton pöytäkirjassa**

**Maa- ja metsätalousministeriö
Julkaisu 1/2000**

Julkaisun nimi: Metsät ilmastopimuksessa ja Kioton pöytäkirjassa
Julkaisija: Maa- ja metsätalousministeriö
Tekijät: Ilmastopimuksen metsien hiilivarastoja ja nieluja käsittelevä työryhmä
Kansikuva: Luonnonkuva-arkisto / Markku Tano

Julkaisu 1/2000
PrintLink Oy, Helsinki, 2000

ISBN 952-453-008-2

Kuvailulehti

Julkaisija	Maa- ja metsätalousministeriö	Julkaisuaika	2000	
Tekijä(t)	Ilmastopimuksen metsien hiilivarastoja ja nieluja käsittelevä työryhmä (Veikko Marttila, Heikki Granholm, Pirkko Heikinheimo, Esa Hyvärinen, Esko Joutsamo, Timo Karjalainen, Pekka Kauppi, Pirkko Kortelainen, Raisa Mäkipää, Tuula Nuutinen, Timo Nyrhinen, Kim Pingoud, Suvi Raivio, Martti Esala, Erkki Tomppo)			
Julkaisun nimi	Metsät ilmastopimuksessa ja Kioton pöytäkirjassa			
Tiivistelmä	<p>Ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuus kasvaa. Merkittävin ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuonekaasu on hiilidioksidi. Muita merkittäviä kasvihuonekaasuja ovat metaani ja dityppioksidi. Metsällä on merkittävä rooli hiilidioksidin sitojana ja hiilen varastona. Kasvillisuuteen sitoutunut hiilivarasto on likimain yhtä suuri kuin ilmakehän hiilimäärä. Maapallon metsien yhteyttämistoiminta sitoo ilmakehästä vuosittain suuren määrän hiiltä ja osa tästä varastoituu puuaineeksi ja siten kasvattaa puuston hiilivarastoa. Nielulla tarkoitetaan juuri tätä prosessia, jossa kasvihuonekaasu sitoutuu ja varastoituu kasvillisuuteen tai maaperään.</p> <p>Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kehitykseen voidaan metsäsektorin toimenpitein vaikuttaa periaatteessa kolmella eri tavalla: (i) suojelemalla ja lisäämällä olemassa olevia hiilivarastoja ja nieluja, (ii) perustamalla uusia hiilivarastoja ja nieluja sekä (iii) korvaamalla fossiilista energiaa, raaka-aineita ja tuotteita uusiutuvalla biomassalla.</p> <p>Vuonna 1992 Rio de Janeirossa, YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa allekirjoitettiin ilmastopimus, jonka tavoitteena on vakiinnuttaa ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuus turvalliselle tasolle. Kioton pöytäkirjassa vuonna 1997 määriteltiin teollisuus- ja siirtymätalouksille päästövähennys- ja rajoittamisvelvoitteet ensimmäiselle sitoumuskaudelle 2008-2012. EU:n sisäisen, vuonna 1998 sovitun, taakanjaon mukaan Suomen tulee rajoittaa päästönsä vuoden 1990 tasolle.</p> <p>Kioton pöytäkirjaan on sisällytetty nielut rajoitetussa määrin. Pöytäkirjan mukainen nielu lasketaan metsien hiilivaraston muutoksena. Kioton pöytäkirjan artikloissa 3.3 (metsitys ja metsien hävittäminen), 3.4 (erikseen sovitavat metsiä koskevat lisätoimet) sekä myös artiklassa 3.7 rajataan tarkastelutapaa ja viitataan nielulaskentaan, mutta nieluihin liittyvistä määritelmistä ja laskentatavoista ei ole vielä sovittu kansainvälisesti. Nielut liittyvät myös Kioton pöytäkirjan joustomekanismeihin.</p> <p>Kioton pöytäkirjassa on sovittu tietyistä periaatteista, kuten että hyvitettävän nielun tulee olla ihmistoiminnasta aiheutunutta ja että sen tulee olla todennettavissa. Tulevien päätösten tueksi Hallitusten välinen ilmastopaneli (IPCC) valmistelee maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloutta koskevan erikoisraportin. Lisäksi valtioiden tulee toimittaa maakohtaisia tietoja tulevien päätösten tueksi.</p> <p>Työryhmä katsoo, että ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ensisijainen tehtävä on fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuvien päästöjen vähentäminen. Nielujen ylläpitäminen ja vahvistaminen sekä uudistuvien luonnonvarojen käytön kehittäminen ovat päästöjen vähentämisen tukena.</p> <p>Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 1998 asettaman työryhmän tavoitteena on ollut tarkastella ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan vaikutuksia metsä- ja maatalouden näkökulmasta. Raportissa esitetään arvioita nielujen erilaisista vaikutuksista maallemme sekä tarkastellaan erilliskysymyksiä kuten inventointi- ja raportointikäytäntöjen kehittämistä, metsätuotteiden hiilisisällön huomioonottamista, bioenergian käytön lisäämistä ja liittymäkohtia maatalouteen. Työryhmän esittämät johtopäätökset ja ehdotukset tukevat ilmastopimuksen toimeenpanon ja jatkoneuvotteluiden metsiä sivuavien kantojen valmistelua sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla.</p>			
Asiasanat	Hiilivarasto, nielu, kasvihuonekaasu, ilmastopimus, Kioton pöytäkirja, metsä			
Julkaisusarjan nimi ja numero	MMM:n julkaisuja 1/2000			
Julkaisun teema				
	ISSN	1238-2531	ISBN	952-453-008-2
	Sivuja	89	Kieli	Suomi
	Luottamuksellisuus	Julkinen	Hinta	
Julkaisun myynti / jakaja	Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus (TIKE)			
Julkaisun kustantaja	Maa- ja metsätalousministeriö			
Painopaikka ja -aika	PrintLink Oy, 2000			

Presentationsblad

Utgivare	Jord- och skogsbruksministeriet	Publiceringsperiod	2000	
Författare	Arbetsgruppen för behandling av skogarnas kollager och kolsänkor i klimatkonventionen (Veikko Marttila, Heikki Granholm, Pirkko Heikinheimo, Esa Hyvärinen, Esko Joutsamo, Timo Karjalainen, Pekka Kauppi, Pirkko Kortelainen, Raisa Mäkipää, Tuula Nuutinen, Timo Nyrhinen, Kim Pingoud, Suvi Raivio, Martti Esala, Erkki Tomppo)			
Publikationens titel	Skogarna i klimatkonventionen och Kyoto-protokollet			
Sammandrag	<p>Halten växthusgaser i atmosfären ökar. Den mest betydande av växthusgaserna som orsakas av människans verksamhet är koldioxid. Övriga betydande växthusgaser är metan och dikväveoxid. Skogen har en viktig roll i bindningen av koldioxid och som kollager. Det kollager som är bundet i växtlighet är nästan lika stort som mängden kol i atmosfären. Assimileringsfunktionerna i jordens skogar binder årligen en stor mängd kolur atmosfären och en del av denna lagras då trä bildas och utökar på så sätt träbeståndets kollager. Med kolsänkor avses den process där en växthusgas binds och lagras i växtlighet eller i marken.</p> <p>Det går att påverka utvecklingen av atmosfärens koldioxidhalt med åtgärder inom skogssektorn i princip på tre olika sätt: (i) genom att skydda och öka de befintliga kollagren och kolsänkorna, (ii) genom att bilda nya kollager och kolsänkor samt (iii) genom att ersätta fossil energi, fossila råvaror och produkter med förnybar biomassa.</p> <p>Vid FN:s konferens för miljö och utveckling i Rio de Janeiro år 1992 undertecknades en klimatkonvention vars syfte var att stabilisera atmosfärens växthusgashalt på en säker nivå. I Kyoto-protokollet från år 1997 definierades utsläppsminskings- och begränsningsskyldigheterna för industri- och övergångsekonomiländer för den första åtagandeperioden 2008-2012. Enligt en intern EU-överenskommelse år 1998 angående fördelning av bördorna skall Finland begränsa utsläppen till 1990-års nivå.</p> <p>I Kyoto-protokollet ingår kolsänkor i begränsad omfattning. Kolsänkan enligt protokollet beräknas som förändringar i skogarnas kollager. I Kyoto-protokollets artiklar 3.3 (skogsodlingar och förstörelse av skogar), 3.4 (tilläggsåtgärder som berör skog och avtalas separat) samt även i artikel 3.7 anges begränsningar för kolsänkor och hänvisas till beräkningarna, men internationellt finns ännu inget avtal om kolsänkornas definition och beräkningsmetoder. Kolsänkorna tillhör även Kyoto-protokollets flexibla mekanismer.</p> <p>I Kyoto-protokollet ingår överenskommelser om vissa principer såsom att den sänka som kompenseras ska vara orsakad av mänsklig verksamhet och att den ska kunna verifieras. Som stöd för kommande beslut bereder IPCC (FN:s internationella expertpanel på klimatfrågor) en specialrapport om markanvändning, ändring av markanvändning och skogsbruk. Dessutom ska staterna lämna uppgifter om det egna landet som stöd för de kommande besluten.</p> <p>Arbetsgruppen anser att den primära åtgärden för att dämpa klimatförändringarna är att minska de utsläpp som kommer från användningen av fossila bränslen. Sänkornas bibehållande och förstärkning samt en utveckling av användningen av förnybara naturresurser är ett stöd för minskningen av utsläpp.</p> <p>Syftet med den arbetsgrupp som Jord- och skogsbruksministeriet bildade år 1998 har varit att granska klimatkonventionens och Kyoto-protokollets inverkan ur skogs- och jordbrukets perspektiv. I rapporten framläggs bedömningar av kolsänkornas olika effekter i vårt land samt granskas olika specialfrågor såsom utvecklingen av inventerings- och rapporteringspraxis, beaktandet av skogsprodukternas kolinnehåll, ökad användning av bioenergi och beröringspunkterna med lantbruket. De slutsatser och förslag som arbetsgruppen presenterar stöder klimatkonventionens verkställande och beredningen inför fortsatta förhandlingar om ställningstaganden som berör skogarna både på nationell och internationell nivå.</p>			
Nyckelord	Kollager, kolsänka, växthusgas, klimatkonvention, Kyoto-protokollet, skog			
Publikationsserie och nummer	JSM:s publikation 1/2000			
Publikationens tema				
	ISSN	1238-2531	ISBN	952-453-008-2
	Sidantal	89	Språk	Finska
	Offentlighet	Offentlig	Pris	
Beställningar / distribution	Jord- och skogsbruksministeriet			
Förläggare				
Tryckningsort och år	PrintLink Oy, 2000			

Documentation page

Publisher	Ministry of Agriculture and Forestry	Date	2000
Author(s)	Working group on forest carbon reservoirs and sinks (Veikko Marttila, Heikki Granholm, Pirkko Heikinheimo, Esa Hyvärinen, Esko Joutsamo, Timo Karjalainen, Pekka Kauppi, Pirkko Kortelainen, Raisa Mäkipää, Tuula Nuutinen, Timo Nyrhinen, Kim Pingoud, Suvi Raivio, Martti Esala, Erkki Tomppo)		
Title of publication	Forests in the UN Framework Convention on Climate Change and Kyoto Protocol		
Abstract	<p>The presence of greenhouse gases in the atmosphere is on the increase. The most significant of these produced by human activity is carbon dioxide. Other significant greenhouse gases include methane and nitrous oxide. The forests play an important role in the sequestration of carbon dioxide and the storage of carbon. The carbon reservoirs sequestered by vegetation are nearly as great as the carbon level in the atmosphere. Through photosynthesis of the earth's forests sequesters large amounts of carbon from the atmosphere every year and it is partially stored in wood, which, in turn, increases the carbon reservoirs in standing trees. Sink is the term given to this process, in which greenhouse gases are removed and stored in vegetation or the soil.</p> <p>In principle, the level of the carbon dioxide in the atmosphere can be influenced by the forestry sector in three ways: (i) by protecting and enhancing the existing carbon reservoirs and sinks, (ii) by establishing new carbon reservoirs and sinks and (iii) by replacing fossil fuels, raw materials and products with renewable biomass.</p> <p>At the 1992 UN Conference on Environment and Development (UNCED) held in Rio de Janeiro, a Convention on Climate Change was signed. Its purpose is to stabilise greenhouse gas levels in the atmosphere. In the Kyoto Protocol (1997), reductions and limitations of the greenhouse gas emissions were specified for the states of industrialised and transitional economies for the first commitment period from 2008 to 2012. In accordance with the internal EU joint agreement, Finland will maintain its emissions at 1990 levels.</p> <p>The Kyoto Protocol includes sinks to a limited extent. In accordance with the Protocol, a sink is calculated by the changes occurring in forest carbon stocks. References are made to sink calculation in Article 3.3 (afforestation, reforestation and deforestation), Article 3.4 (additional activities) and Article 3.7 of the Kyoto Protocol. Sink-related definitions and methods of calculation have not been agreed upon at an international level. Sinks are also included in flexible mechanisms of the Kyoto Protocol.</p> <p>Certain principles have been agreed to in the Kyoto Protocol, i.e. that sinks to be remunerated must be the result of human activity and must be verifiable. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is preparing a special report on land use, land use changes and forestry as a tool for future decisions regarding the issue. Furthermore, countries will be required to provide national information to assist in making future decisions.</p> <p>According to the working group, the primary task in mitigating climatic change should be to reduce the emissions caused by the use of fossil fuels. Both the protection and enhancement of sinks as well as the development of renewable natural resources contribute towards the reduction of emissions.</p> <p>The objective of the working group appointed by the Ministry of Agriculture and Forestry in 1998 has been to examine the impact of the UN Framework Convention on Climate Change and Kyoto Protocol from a forestry and agricultural point of view. The report includes estimates of the impact sinks may have on Finland and examines specific issues, such as the development of inventory and reporting practices, the taking into account of forest product carbon reserves, the increased use of bioenergy and points in common with agriculture. The conclusions and recommendations made by the task force will facilitate the implementation of the UN Framework Convention on Climate Change and the preparation of viewpoints concerning forests for future negotiations, both at national and international levels.</p>		
Keywords	Carbon reservoirs, sink, greenhouse gas, UN Framework Convention on Climate Change, Kyoto Protocol, forest		
Publication series and number	MMM publications 1/2000		
Theme of publication			
	ISSN	1238-2531	ISBN 952-453-008-2
	No. of pages	89	Language Finnish
	Restrictions	Public	Price
For sale at / distributor	Ministry of Agriculture and Forestry		
Financier of publication			
Printing place and year	PrintLink Oy, 2000		

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	8
1.1 ILMASTONMUUTOKSEN HILLINTÄ	8
1.2 METSIEN ROOLI ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄSSÄ	9
2. KANSAINVÄLISET SOPIMUKSET JA NIIDEN VELVOITTEET	12
2.1 ILMASTOSOPIMUS	12
2.2 KIOTON PÖYTÄKIRJA	13
2.2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen	13
2.2.2 EU:n yhteinen päästökupla	14
2.2.3 Nielut Kiotoon pöytäkirjassa	15
2.2.4 Kiotoon mekanismit	16
2.2.5 Politiikkatoimet	17
2.2.6 Päästöjen seuranta ja raportointi	17
2.3 ILMASTOSOPIMUKSEN JA KIOTON PÖYTÄKIRJAN EDELLEEN KEHITTÄMINEN	17
2.4 HALLITUSTENVÄLINEN ILMASTOPANELI, IPCC	18
2.4.1 Ilmastopanelin toiminta	18
2.4.2 IPCC raportit	19
3. NIELUJEN LASKENTA JA KIOTON PÖYTÄKIRJA	21
3.1 NIELUJEN MÄÄRITTÄMINEN KIOTON PÖYTÄKIRJASSA EDELLYTTÄÄ KANSAINVÄLISTÄ JATKOTYÖTÄ	21
3.1.1 Yleistä	21
3.1.2 Nielulaskennan vaihtoehtoja	22
3.2 ARVIOITA KIOTON PÖYTÄKIRJAN NIELULASKENNAN VAIKUTUKSISTA	26
3.2.1 Artiklan 3.3 mukaiset toimet Suomessa - metsitys ja metsien hävittäminen	26
3.2.2 Artiklan 3.4 mukaiset lisätoimet Suomessa	31
3.2.3 Kiotoon pöytäkirjan nielulaskennan vaikutusten kansainvälistä vertailua	33
3.3 KIOTON MEKANISMIT JA METSÄT	34
3.3.1 Yleistä	34
3.3.2 Hankekohtainen yhteistoteutus (Joint Implementation)	35
3.3.3 Puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism)	37
3.3.4 Päästökauppa (Emission Trading)	38
3.4 NIELUT OSANA KESTÄVÄÄ METSÄTALOUTTA	39
3.4.1 Kestävän metsätalouden osatekijät	39
3.4.2 Ilmastokysymykset ja metsien muut ympäristöulottuvuudet	41
3.4.3 Nielut sekä sosiaalinen ja taloudellinen ulottuvuus	42
3.4.4 Metsätalouden toimenpiteet	44

4. MAA- JA METSÄTALOUTEEN LIITTYVIÄ ERITYISKYSYMYKSIÄ	45
4.1 ILMASTOSOPIMUKSEN MUKAINEN VUOSITTAINEN MAANKÄYTÖN MUUTOKSIIN JA METSIIN LIITTYVÄ INVENTOINTI- JA RAPORTOINTIKÄYTÄNTÖ	45
4.1.1 Ilmast sopimuksen edellyttämä raportointi	45
4.1.2 Suomen inventointi- ja raportointikäytäntö	46
4.1.3 Puustotietojen laskenta	47
4.1.4 Muunto kuivamassaksi ja hiilidioksidiekvivalentiksi	49
4.1.5 Suomen puuston hiilitase 1990-1998	50
4.2 METSÄTUOTTEET	51
4.2.1 Metsätuotteet ja hiilikirjanpito	51
4.2.2 Metsätuotteiden hiililaskentaperiaatteet	52
4.2.3 Laskentaperiaatteet ja Suomen metsäsektori	54
4.2.4 Vaikeudet laskentaperiaatteiden soveltamisessa	56
4.3 BIOENERGIA	58
4.3.1 Bioenergian käyttö	58
4.3.2 Bioenergian käyttö ja sen lisäämismahdollisuudet Suomessa	59
4.3.3 Biopolttoaineiden saatavuus	60
4.3.4 Bioenergia ja fossiilisten hiilidioksidipäästöjen vähennykset	61
4.4 TURVEMAAT	63
4.4.1 Turvemaat ilmast osopimuksen inventaarioissa	63
4.4.2 Metsäojitetut suot ja niiden hiilitasevaikutus	63
4.4.3 Suopellot ja niiden hiilitasevaikutus	64
4.4.4 Turpeen energiakäyttö	65
4.5 YHTYMÄKOHDAT MAATALOUTEEN JA MUIHIN MAANKÄYTTÖMUOTOIHIN	66
4.5.1 Taustaa	66
4.5.2 Maatalousmaan hiilivaraston muutoksiin vaikuttavat tekijät	66
4.5.3 Bioenergian tuotanto pellolla	68
4.5.4 Maatalousmaan hiilivarastomuutosten laskenta IPCC-ohjeiden mukaan	69
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET	73
LIITE A KÄSITTEITÄ JA LYHENTEET	81
LIITE B KIRJALLISUUS	83

1. JOHDANTO

1.1 ILMASTONMUUTOKSEN HILLINTÄ

Kasvihuonekaasujen olemassaolo mahdollistaa elämälle suotuisan + 15 °C keskilämpötilan maapallolla. Ihmisen toiminta on lisännyt näiden nk. kasvihuonekaasujen¹ määrää, mistä johtuen maapallon ilmasto on lämpenemässä. Teollisen toiminnan tuloksena ilmakehään pääsee puolestaan hiukkasia, joilla on maapallon keskilämpötilaa alentava vaikutus.

Hiilidioksidi on merkittävin ihmisen toiminnoista aiheutuva kasvihuonekaasu. Sitä vapautuu muun muassa hiilen ja öljyn poltossa sekä maankäyttömuotojen muutoksissa, esimerkiksi silloin kun metsää raivataan maatalousmaaksi. Muita merkittäviä kasvihuonekaasuja ovat metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O). Metaania muodostuu muun muassa riisinviljelyssä, kaatopaikoilla sekä nautaeläinten ruuansulatuksessa ja lannassa. Dityppioksidia syntyy viljellyistä turvemaista, typpilannoitteiden käytöstä ja trooppisten alueiden metsämaassa.

Hiilidioksidi säilyy ilmakehässä pitkiä aikoja. Nyt ilmakehään päätyvästä hiilidioksidista kolmannes on siellä 100 vuoden kuluttua. Tämän vuoksi päästörajoitustoimpiteiden vaikutus ilmakehässä olevien pitoisuuksien kasvuun on hidasta. Metaanin elinikä ilmakehässä on lyhyempi ja sen lämmitysvaikutus on noin kaksikymmenkertainen hiilidioksidiin verrattuna 100 vuoden tarkastelujalla. Dityppioksidin poistuminen on hitainta; sen elinikä on 120 vuotta ja se on kasvihuonevaikutuksiltaan hiilidioksidia noin 300 kertaa voimakkaampi.

Kasvihuonekaasupäästöjen kasvun voimakkuuteen vaikuttavat muun muassa maapallon väestön määrä, eri tuotteiden kulutustaso ja teknologinen kehitys. Varoisten arvioiden mukaan kasvihuonekaasupäästöt vähintään kaksinkertaistuvat vuoteen 2100 mennessä. Joidenkin ennusteiden mukaan ne saattavat jopa viisinkertaistua nykyisestäään. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on esiteollisena aikana ollut 280 miljoonasosaa tilavuudesta (ppm(v)) ja se on noussut 358 miljoonasosaan vuoteen 1994 mennessä. Hiilidioksidipitoisuuden kasvunopeudeksi on arvioitu 1,5 ppm(v)/a vuonna 1994. Jotta ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet voitaisiin vakauttaa esiteollisen ajan tasolle tulisi päästöjä vähentää arviolta noin 80% nykyisestä.

Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) arvioiden mukaan maapallon keskilämpötilan arvioidaan nousevan seuraavan 100 vuoden kuluessa 1,5-3,5 °C. Ilmaston lämmetessä metsien lajisto ja kasvillisuusvyöhykkeet muuttuvat. Arvioiden mukaan noin kolmannes maapallon metsistä muuttuu, jos ilmakehän hiilidioksidimäärä kaksinkertaistuu nykyisestäään. Ilmastoennusteiden mukaan Pohjois-Euroopan lämpeneminen on voimak-

¹ Näitä kaasuja ovat vesihöyry (H₂O), hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O), otsoni (O₃), fluorihilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC), rikkiheksafluoridi (SF₆) ja CFC:t.

kaampaa kuin maapallon lämpeneminen keskimäärin. Pohjoisten alueiden metsien puuston kasvukaudet pitenisivät. Kasvukauden aikaisen sademäärän muutokset ovat nykytietämyksellä vaikeasti ennustettavissa.

Ilmaston muuttumisen lisäksi puiden kasvuolosuhteisiin vaikuttavat muun muassa lisääntyvä hiilidioksidipitoisuus ja ilman epäpuhtaudet. Kohonnut hiilidioksidipitoisuus lisää kasvua lyhyellä aikavälillä, mutta sen pitkäaikaisia vaikutuksia ekosysteemin toimintaan ei tunneta.

SILMU-ohjelman (Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma) eräissä tutkimuksissa arvioitiin, että ilmaston lämmitessä koivun osuus kasvaa Suomessa. Kuusen osuus vähenisi Etelä-Suomessa, mutta puulaji yleistyisi Pohjois-Suomessa. Männyn osuus puustosta vähenisi koko maassa. Puut ovat pitkäikäisiä, joten metsien ja metsätalouden sopeutuminen muuttuvaan ilmastoon on erilaista verrattuna esimerkiksi maatalouden muutoksiin.

Metsien kasvihuonekaasutaseiden kehittymisen kannalta ovat maaperän prosessit tärkeitä. Arvioiden mukaan ilmaston lämmitessä metsämaa voi maahengityksen voimistuessa muodostua hiilidioksidin lähteeksi. Ikiroudan alueilla tapahtuva ilmaston lämpeneminen voi johtaa metaanipäästöjen lisääntymiseen, mikä jouduttaisi kasvihuoneilmiön etenemistä. Tämä päästölähde voisi kokonaisuutena olla suurempi kuin ilmaston lämpenemisen voimistama puuston kasvu, jolloin kokonaistase saattaisi jäädä negatiiviseksi.

1.2 METSIEN ROOLI ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄSSÄ

Maapallon metsien hiilivarastot ja niissä tapahtuvat muutokset muodostavat osan biosfäärissä tapahtuvasta hiilenkierrosta. Ilmakehässä hiiltä on arvioitu olevan noin 750 Pg C, kasvillisuuteen hiiltä on sitoutunut noin 610 Pg C, maaperään ja karikkeeseen noin 1 580 Pg C, ja meriin noin 39 000 Pg C (Schimel 1995).

Hiilen virta biosfäärin eri osien kesken on vaihdellut aikakausien mukaan. Vielä 1900-luvun alussa esimerkiksi maankäytön muutos eli lähinnä metsien raivaaminen muuhun käyttöön aiheutti noin 80% kaikista ihmisen toiminnan aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Metsän hävittäminen jatkuu edelleen erityisesti kehitysmaissa hyvin suurena yli 13 miljoonaa hehtaaria vuodessa ja maankäytön muutoksen aiheuttamat päästöt ovat nykyisin noin 20 % kaikista hiilidioksidipäästöistä. Nykyisin muista kuin maankäytön muutoksista aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet. Samaan aikaan erityisesti lähinnä teollisuus- ja siirtymätalouden maissa tapahtuva metsien puuston määrän kasvu sitoo merkittävän määrän hiiltä. Ilmaston muutoksen ja lämpenemisen vaikutuksista biosfäärin hiilivarastoihin ja niiden muutoksiin on esitetty useita skenaarioita.

Maapallon metsäalan arvioidaan olevan noin 3,5 miljardia hehtaaria. Tästä trooppisia metsiä on runsas 1,9 miljardia hehtaaria sekä lauhkean ja pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsiä noin 1,5 miljardia hehtaaria. Lisäksi vähäpuustoisia alueita on noin 1,7 miljardia hehtaaria. (FAO. State of the Forests. 1997). Trooppisten metsien kokonaishiilivarojen arvioidaan olevan noin 430 miljardia tonnia, josta noin puolet on kasvillisuudessa ja puolet maaperässä. Lauhkean ja pohjoisen havumetsävyöhykkeen kokonaishiilivarojen arvioidaan olevan noin 720 miljardia tonnia, josta kasvillisuudessa on noin 150 miljardia tonnia ja maaperässä noin 570 miljardia tonnia hiiltä. Maapallon metsien yhteyttämistoiminta sitoo ilmakehästä vuosittain 53 miljardia tonnia hiiltä, mutta vain osa tästä hiilestä varastoituu puuaineeksi ja siten kasvattaa puuston hiilivarastoa (Kauppi 1997). Arviot maailman metsävyöhykkeiden ja eri valtioiden metsäalasta, hiilivarastoista ja -virroista tulevat tarkentumaan, kun tutkimus tuottaa tarkempia tietoja.

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kehitykseen voidaan metsäsektorin toimenpitein vaikuttaa periaatteessa kolmella eri tavalla: (i) suojelemalla ja lisäämällä olemassa olevia hiilivarastoja ja nieluja, (ii) perustamalla uusia hiilivarastoja ja nieluja sekä (iii) korvaamalla fossiilista energiaa, raaka-aineita ja tuotteita uusiutuvalla biomassalla.

Maamme metsät muodostavat merkittävän hiilivaraston yhdessä maaperän kanssa kuten taulukosta 1 ilmenee. Suomessa eloperäistä hiiltä on kaikkiaan 8 000-10 000 miljoonaa tonnia, joskin vesistöissä olevien hiilivarastojen määrää ei tiedetä kovinkaan tarkasti. Niitä selvitetään parhaillaan Geologisen tutkimuskeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteistyöhankkeessa. Puuston ja metsätuotteiden hiilivarastoja ja -virtoja on tarkasteltu tarkemmin luvussa 4.2.

Taulukko 1. Suomen metsien hiilivarastot ja hiilen virrat (Kauppi 1997 sekä vrt. luku 4.2)

	Hiilivarastot (Tg C= milj. tn C)	Hiilivirrat (Tg C/v)
Maaperä; josta - metsien kivennäismaat - turvemaat	7000 1000 – 1500 4500 – 5500	
Puusto; josta - runkopuu	700 400	3-10
Tuotteet (suuri osa ulkomailla)	40-50 11 *	0,25 kotimaassa 0,38 vienti ulkomaille
Jätteet (josta suuri osa ulkomailla)	70 – 90	0,56 (kotimaassa) 2,19 ulkomailla

* puurakenteiset talot kotimaassa

Taulukko 2. Keskeisiä käsitteitä.

Nielu

Prosessi, toiminta tai mekanismi, joka sitoo kasvihuonekaasun, aerosolin tai niiden esiasteen ilmakehästä.

Lähde

Kasvihuonekaasujen vapautuminen ilmakehään. Nielulle vastakkainen prosessi.

Hiilidioksiditase: metsä nieluna tai lähteenä

Hiilidioksiditasetta laskettaessa puuston hakkuut ja luonnonpoistuma lasketaan lähteenä ja puuston kasvu nieluna eli metsä, jonka puubiomassa kasvaa, on hiilen nettonielu. Jos talousmetsän kasvu ja poistuma ovat samansuuruiset, nettonielua ei ole. Samoin luonnonalaisessa metsässä luonnonpoistuma ja kasvu voivat tasoittaa toisensa.

Taseita voidaan myös arvioida vuomittauksin mittaamalla kaasunvaihtoa kasvuston yläpuolella. Tällöin tase saadaan hiilidioksidina. Lähestymistavan etu on siinä, että luvut voivat sisältää myös maaperän prosesseista johtuvan vuon, mutta menetelmän heikkous on niiden edellyttämien vuomittauksien tulosten epävarmuus ja heikko yleistettävyyttä.

Hiilen varasto

Puustoon ja maaperään sitoutunut hiili on metsän hiilivarasto. Metsän hiilivaraston pysyvyys riippuu metsän käsittelystä sekä ympäristötekijöistä. Metsien kestävän tuoton periaatteen mukaisesti metsien puuvaranto ja hiilivaranto eivät saisi vähentyä pitkällä aikajänteellä. Metsätuotteisiin sitoutuu myös merkittävä hiilivarasto.

Kioton pöytäkirjan “nielu”

Kioton pöytäkirjan mukainen “nielu” lasketaan hiilivaraston muutoksena. Nielusta puhuttaessa tarkoitetaan usein itse asiassa hiilivaraston positiivista kokonaismuutosta eli nettonielua. Mukaan otettavien hiilivarastojen määrittely ja useat muut asiaan liittyvät päätökset ovat vielä tekemättä.

Hiili hiilidioksidiksi

Kasvihuonekaasujen päästöluvut ilmoitetaan yleensä hiilidioksidina. Muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin määrät muunnetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi ts. lämmitysvaikutukseltaan vastaavaksi hiilidioksidimääräksi (GWP 100).

Metsän hiilitaseiden ja hiilivarojen laskennassa perustiedot saadaan useimmiten puustoa koskevista inventointitiedoista. Muunnot puustosta hiilidioksidiksi tehdään yleispiirteissään seuraavasti: puuston kuutiomäärä => hiilimäärä (g C) => hiilidioksidimäärä (g CO₂). Hiilimäärä kerrottuna 3,67:lla on vastaava hiilidioksidimäärä. Kuutiomäärän koko puuaineen muuntaminen hiilimääräksi edellyttää puulajikohtaisten muuntokertoimien käyttöä.

2. KANSAINVÄLISET SOPIMUKSET JA NIIDEN VELVOITTEET

2.1 ILMASTOSOPIMUS

Rio de Janeirossa, YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa (United Nations Conference on Environment and Development Collection, UNCED), vuonna 1992 allekirjoitetun ja vuonna 1994 voimaan tulleen ilmastonmuutosta koskevan yleissopimuksen eli niin sanotun ilmastopimuksen perimmäisenä tavoitteena on vakiinnuttaa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuus sellaiselle tasolle, joka ei vaaranna ilmakehän tilaa ja toimintaa. Tämän tulee tapahtua sellaisella aikajänteellä, joka turvaa ekosysteemien sopeutumisen, ei vaaranna ruuantuotantoa ja, joka mahdollistaa kestävä talouskehityksen.

Ilmastopimuksen velvoitteet on määritelty tunnustaen teollisuusmaiden vastuuvaltaosasta tähänastisista kasvihuonekaasupäästöistä. Osa velvoitteista, kuten esimerkiksi kasvihuonekaasuinventaarioiden tekeminen, kasvihuonekaasujen varastojen ja nielujen suojeleminen ja kestävä käyttö sekä ilmastonmuutoksiin liittyvä tutkimus ja tiedotus kuuluvat sekä teollisuus- että kehitysmaaosapuolille. Ilmastopimuksen päästövähennystavoite kuuluu vain teollisuusmaille. Teollisuusmaaryhmän yhteiseksi tavoitteeksi on asetettu ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen tason palauttaminen vuoden 1990 tasolle vuosisadan loppuun mennessä.

Ilmastopimuksen velvoitteet on ilmaistu melko yleisellä tasolla myös nieluja koskevissa artikloissa. Eri artikloissa (inventaariot, raportoinnit, nielujen ja varastojen suojeleminen) puhutaan kaikkien Montrealin pöytäkirjan ulkopuolisten kasvihuonekaasujen nieluista ja lähteistä. Ilmastopimuksessa teollisuusmaille asetettu päästövähennystavoite ei koske nieluja.

Ilmastopimus velvoittaa teollisuusmaita kustantamaan menot, joita kehitysmaaosapuolille aiheutuu niiden raportointivelvoitteesta tai sopeutumisesta ilmastonmuutosten haitallisiin vaikutuksiin. Teollisuusmaaosapuolien tulee myös edistää teknologian siirtoa kehitysmaihin.

Ilmastopimuksen osapuolikokous (Conference of the Parties, COP) kokoontuu vuosittain. Sen alaelimet SBI (Subsidiary Body for Implementation) ja SBSTA (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice) kokoontuvat 2-3 kertaa vuodessa. Kokoukset ovat avoimia sopimusosapuolille, ja järjestöt voivat osallistua kokouksiin tarkkailijoina. Sopimussihteeristön kotipaikka oli aluksi Geneve (Sveitsi) ja vuodesta 1997 se on ollut Bonn (Saksa).

Ilmastosihteeristön kotisivu (www.unfccc.de) on kattava tietolähde. Sieltä on saatavilla muun muassa perustietoa ilmastoprosessista ja edellä mainitut kokousasiakirjat.

Taulukko 3. Ilmastopimuksen osapuolikokousten pääteemat.

Kokous	Pääteemat
1995, COP1 Berliini	Todettiin, ettei ilmastopimuksessa teollisuusmaille asetettu yleinen tavoite päästöjen palauttamisesta vuoden 1990 tasolle riitä. Määritettiin ns. Berliinin mandaatti, jonka pohjalta käynnistettiin neuvottelut sitovista päästövähennystavoitteista.
1996, COP2 Geneve	Annettiin julistus, joka vauhditti Berliinissä käynnistettyä prosessia sitovien päästövähennystavoitteiden aikaansaamiseksi.
1997, COP3 Kioto	Sopimus Kioton pöytäkirjasta, joka määrittelee teollisuus- ja siirtymätalousmaille kauden 2008-2012 päästövähennysvelvoitteet, yhteensä noin 5% vähenemän.
1998, COP4 Buenos Aires	Laadittiin COP6:een asti ulottuva työsuunnitelma, joka kattaa sekä Kioton pöytäkirjan avoimia asiakohtia kuten Kioton mekanismit, sopimuksen valvontajärjestelmän ja nielut että ilmastopimuksen asioita, joista esimerkkeinä mainittakoon teknologian siirto ja muut teollisuusmaiden velvoitteet kehitysmaiden tukemiseksi.
1999, COP5 Bonn	Pohjustettiin kuudetta osapuolikokousta muun muassa Kioton mekanismien, sopimuksen valvontajärjestelmän ja nielujen osalta. Samoin kehitysmaakysymyksissä päästiin askel eteenpäin muun muassa kehitysmaiden maaraportoinnin tukemisessa.
2000, COP6 Haag	Marraskuussa 2000 on tarkoitus tehdä päätöksiä Buenos Airesin kokouksen työohjelman mukaisesti.

2.2 KIOTON PÖYTÄKIRJA

2.2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen

Ilmastopimuksen velvoitteiden riittävyttä sen tavoitteiden toteuttamiseksi tulee arvioida määrävälein. Jo ensimmäinen sopijaosapuolikokous Berliinissä vuonna 1995 päätti velvoitteiden tiukentamisesta. Tällöin käynnistettiin kaksi vuotta kestäneet neuvottelut, joiden tulokset huipentuivat Kioton pöytäkirjasta sopimiseen vuonna 1997. Kioton pöytäkirjassa määritellään teollisuus- ja siirtymätalousmaille maakohtaiset päästövähennys- ja rajoittamisvelvoitteet ensimmäiselle sitoumuskaudelle vuosina 2008-2012. Tavoitteen mukaan maaryhmän kasvihuonekaasupäästöjen tulee tällöin laskea yhteensä noin viisi prosenttia vuoden 1990 päästötason alle. Kioton pöytäkirjassa tarkastellaan kuutta kasvihuonekaasua, jotka ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O) sekä kolme teollisuuskaasua eli HFC:t, PFC:t ja SF₆. Vuoteen 2005 mennessä teollisuusmaiden tulee osoittaa edistystä Kioton pöytäkirjassa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Taulukko 4. Kioton pöytäkirjan liitteen B mukaiset maakohtaiset päästörajoitus- ja vähennysprosentit EU:n ulkopuolisille teollisuus- ja siirtymätalouden maille sekä EU:n jäsenmaille sen vuonna 1998 tekemän sisäisen taakanjaon mukaan.

EU:n ulkopuolisten maiden päästövähennys- ja rajoitustavoitteet vuoden 1990 tasoon verrattuna, %	EU:n päästövähennämätavoitteen (-8 %) perusteella vuonna 1998 sovittu ns. sisäinen taakanjako, %
Australia +8	Belgia -7,5
Bulgaria -8	Espanja +15
Kanada -6	Hollanti -6
Kroatia -5	Irlanti +13
Tšekin tasavalta -8	Italia -6,5
Unkari -6	Itävalta -13
Islanti +10	Kreikka +25
Japani -6	Luxemburg -28
Latvia -8	Portugali +27
Monaco -8	Ranska 0
Uusi-Seelanti 0	Ruotsi +4
Norja +1	Saksa -21
Puola -6	Suomi 0
Romania -8	Tanska -21
Venäjä 0	Yhdistyneet
Slovakia -8	Kuningaskunnat -12,5
Slovenia -8	
Sveitsi -8	
Ukraina 0	
USA -7	

Pöytäkirja tulee voimaan, kun vähintään 55 ilmastopöytäkirjan osapuolta on ratifioinut sen ja kun ratifioineiden teollisuus- ja siirtymätalousmaiden yhteenlasketut päästöt ovat vähintään 55% maaryhmän vuoden 1990 päästömäärästä. Pöytäkirja oli allekirjoitettavana 16.3.1998 - 15.3.1999 ja sen oli tammikuun 13. päivään vuonna 2000 mennessä allekirjoittanut 84 maata.

Kioton sopimuksen mukaan valvontajärjestelmästä päätetään sopimuksen ensimmäisessä osapuolikokouksessa. Valvontaa varten on tarkoitus perustaa erillinen järjestelmä, jonka tavoitteena on yhtäältä ennaltaehkäistä noudattamatta jättämistä ja toisaalta määrätä sanktioita rikkomustilanteissa. Järjestelmä perustamisesta pyritään sopimaan Haagissa vuoden 2000 marraskuussa pidettävässä kuudennessa ilmastopöytäkirjan osapuolikokouksessa.

2.2.2 EU:n yhteinen päästökupla

Edellä olevan taulukon mukaisesti EU-maiden päästövähennysprosentit on esitetty erikseen. EU hyödyntää Kioton pöytäkirjan artiklaa 4, jonka mukaan sopimusosapuolet

voivat täyttää päästövähennyssitoumuksensa yhteisesti jyvittämällä yhteenlasketut päästöoikeutensa liitteen B sitoumuksista poiketen (keskinäinen päästökatto eli päästökupla). Rasiitteen jakamisen ehtona on, että päästövähennyksen kokonaismäärän on pysyttävä jo sovitun vähennysmäärän mukaisena. Tämä tarkoittaa, että EU on yhteisönä vastuussa kahdeksan prosentin suuruisen päästövähennystavoitteen toteuttamisesta.

Artiklassa 4 mainitaan kasvihuonekaasupäästöt mutta ei nieluja. Artiklassa viitataan kuitenkin artiklan 3 mukaisiin päästövähennyssitoumuksiin, joiden osana myös hiilinielut tai lähteet ovat.

EU:n keskuudessa valmisteltiin päätöstä eri maita koskevista uusista päästökatoista, eli keskinäisestä taakanjaosta keväällä 1998. Uusien alueiden metsittämisen vaikutuksia selvitettiin EU:n ilmastoasioita käsittelevässä työryhmässä, mutta nielukysymysten sisällyttäminen taakanjakoon osoittautui hankalaksi. Nieluilla ei lopulta ollut merkitystä sovittaessa EU:n keskinäisestä taakanjaosta kesäkuussa 1998.

2.2.3 Nielut Kioton pöytäkirjassa

EU ja Suomi eivät Kioton pöytäkirjaneuvotteluissa kannattaneet nielujen sisällyttämistä päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi niihin liittyvien useiden epävarmuustekijöiden takia. Nielut kuitenkin sisällytettiin pöytäkirjaan, mutta vielä on sopimatta kansainvälisesti asioista yksityiskohtaisesti.

Kioton pöytäkirjan artikla 3.3 määrittelee päästövähennyksenä laskettavaksi nieluksi ne hiilivaraston muutokset, jotka on rajoitettu vuodesta 1990 tehtyyn metsittämiseen (*afforestation*), metsänuudistamiseen (*reforestation*) ja metsänhävitykseen (*deforestation*). Termi 'metsänuudistaminen' on osoittautunut kansainvälisesti vaikeaksi sopia. Se on määritelty eri tahoilla tarkoittamaan joko metsittämistoimia alueella, joka ei ennestään ole ollut metsää tai metsänuudistamista olemassa olevilla metsäalueilla.

Mainittujen kolmen toimen lisäksi voi pöytäkirjan osapuolikokous artiklan 3.4 mukaan sisällyttää nielulaskentaan muitakin maankäyttöön, metsätalouteen tai maatalousmaahan liittyviä toimenpiteitä. Kuten edellä jo mainittiin, voidaan päätöstä lisätoimista soveltaa myös kaudelle 2008-2012.

Taulukko 5. Nielut ilmastopöytäkirjassa ja Kioton pöytäkirjassa.

Nielut ilmastopöytäkirjassa ja Kioton pöytäkirjassa

- Ilmastopöytäkirjan tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien vakauttaminen vaarattomalle tasolle.
- Kasvihuonekaasujen vakiinnuttamistavoite koskee vain teollisuusmaita.
- Yleiset velvoitteet koskevat myös muun muassa hiilinielujen ja -varastojen suojelua ja vahvistamista.
- Nielut ovat mukana Kioton pöytäkirjan päästövähennysvelvoitteissa rajoitetussa määrin, mutta laskentasäännöt ovat vielä täsmentämättä.

Kioton pöytäkirjan nielulaskennan yleisperiaate on hiilivaraston muutoksen tarkastelu. Tietyillä mailla (Australia, UK, Viro) oli maa- ja metsätalouden päästöluokassa vuonna 1990 negatiivinen tase (lähde), mikä johtuu lähinnä maanraivaustoimenpiteistä. Näille maille hyvitetään lähteen pieneneminen kauteen 2008-12 mennessä toisin sanoen niiden sitoumuskauden nettopäästöjä (päästöt-lähde) verrataan vuoden 1990 vastavaan lukuun. Kyseinen pöytäkirjan artikla 3.7 hyväksyttiin lähinnä Australian vaatimuksesta, ja sen tulkinnat ja liittymäkohdat muiden nieluartiklojen kehittämiseen ovat selkeyttämättä.

Kioton ilmastokokouksen jälkeen Hallitustenvälinen ilmastopaneli (IPCC) valmistee nieluja koskevan erikoisraportin, jonka on määrä antaa tieteellistä perustaa tulevalle, muun muassa määritelmiä ja laskentatapoja sekä artiklan 3.4 lisätoimia koskevalle päätöksenteolle. Raportti valmistuu vuoden 2000 toukokuussa, joten nieluja koskevat lisäpäätökset voidaan tehdä aikaisintaan kuudennessa osapuolikokouksessa vuoden 2000 marraskuussa. Nielujen sisällyttäminen Kioton pöytäkirjaan on ollut erityisen vaikeaa, sillä se edellyttää niiden perusluonteesta johtuen päästöistä poikkeavia menettelytapoja.

2.2.4 Kioton mekanismit

Pöytäkirja tarjoaa sopijaosapuolille mahdollisuuden hyödyntää niin kutsuttuja joustoja, joita on alettu kutsua Kioton mekanismeiksi. Mekanismeja on kolme: hankekohtainen yhteistoteutus (Joint Implementation, JI), puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism, CDM) sekä päästökauppa (Emission Trading, ET). Mekanismeille on yhteistä pöytäkirjan rajoitus niiden täydentävästä luonteesta eli että yksinomaan niillä ei mikään maa voi hoitaa päästövähennysvelvoitettaan.

Yhteistoteutus on projektiluonteista päästövähennyksiä aikaansaavaa toimintaa niiden maiden kesken, joilla on päästövähennysvelvoitteet ja päästökauppa on päästöoikeuksien kauppaa tämän maaryhmän piirissä. Puhtaan kehityksen mekanismi on yhteistoteutuksen luonteista hanketoimintaa teollisuus- ja kehitysmaaosapuolien kesken, jonka tulee myös toteuttaa kestävä kehityksen tavoitteita. Nielut on mainittu yhteistoteutusta koskevassa artiklassa kun taas kahden muun mekanismin osalta niitä ei mainita ja on vielä auki tullaanko nielut sisällyttämään niihin.

Kioton mekanismeihin liittyy 1995 käynnistetty ilmastopimuksen alainen yhteistoteutuksen koevaihe (Activities Implemented Jointly, AIJ), jonka kuluessa maat voivat hankkia kokemuksia yhdessä toteutetuista päästövähennyshankkeista. Osapuolina voivat olla teollisuus-, siirtymätalous- ja kehitysmaat. Hankkeet voivat koskea kaikkia kasvihuonekaasuja sekä niiden nieluja ja lähteitä. Saavutettuja vähenemiä ei voida käyttää ilmastopimuksen velvoitteiden toteuttamiseen. Koevaiheen kokemuksia voidaan kuitenkin tietyssä määrin hyödyntää kehitettäessä Kioton mekanismeja.

2.2.5 Poliitiikkatoimet

Kioton pöytäkirja listaa suosituksenomaisesti kahdeksan poliitiikkatoimintaa, joiden avulla voidaan rajoittaa kasvihuonekaasupäästöjä.

- energiatehokkuuden edistäminen eri sektoreilla
- kasvihuonekaasujen nielujen ja varastojen suojeleminen ja vahvistaminen
- kestävä maatalouden edistäminen
- uusien ja uusiutuvien energiamuotojen tutkimus ja käytön edistäminen
- ilmastonmuutossopimuksen tavoitteiden vastaisten taloudellisten tukien asteittainen poistaminen
- uudistukset eri sektorien poliitiikkatoimissa päästövähennystoimien edistämiseksi
- kuljetussektorin päästövähennystoimien edistäminen
- metaanipäästöjen vähentäminen jätehuollossa sekä energian tuotannossa ja siirrossa

Osapuolia kehoitetaan lisäksi yhteistyöhön edellä mainittujen toimien tuloksellisuuden edistämiseksi. Samoin niiden tulee edistää päästövähennyksiä kansainvälisessä lento- ja laivaliikenteessä alan kansainvälisten järjestöjen kautta.

2.2.6 Päästöjen seuranta ja raportointi

Kolmannessa osapuolikokouksessa hyväksytyt Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) ohjeistot ovat päästöseurannan ja raportoinnin perusta. Kioton pöytäkirjan mukaisten päästömäärien laskentaa varten tarvitaan kuitenkin metodista jatkotyötä, jonka pohjalta osapuolikokous tulee päättämään uusista ohjeistoista ennen velvoitekaudetta 2008-2012. Esimerkkeinä uusista tarpeista ovat Kioton mekanismien soveltaminen ja nielujen laskenta.

2.3 ILMASTOSOPIMUKSEN JA KIOTON PÖYTÄKIRJAN EDELLEEN KEHITTÄMINEN

Kioton pöytäkirjan useat asiakohdat ovat vielä auki. Koska kuudennessa osapuolikokouksessa on määrä ratkaista Buenos Airesin työohjelman poliittisesti ja metodologisesti vaikeita kokonaisuuksia, sovittiin viidennessä kokouksessa Bonnissa syksyllä 1999 prosessin tiivistämisestä. Tämä merkitsee muun muassa sitä, että vuonna 2000 pidetään sopimuksen apuelinten kokoukset kahdessa jaksossa: ensimmäinen osa kesäkuussa ja toinen syyskuussa. Samoin tullaan järjestämään mittava asiantuntijakokousten sarja keskeisistä teemoista, joita ovat Kioton mekanismit, kehitysmaakysymykset, laskentamethodiikan kehittäminen, sopimuksen valvontajärjestelmä ja nielut. Ministeritasolla ilmastotoasiat otetaan esille muun muassa keväällä vuonna 2000 pidettävässä YK:n kestävän kehityksen kahdeksannessa erityisistunnossa.

Nieluja koskevan päätöksenteon osalta ovat IPCC:n nieluja koskevan erikoisraportin pohjalta käytävät keskustelut keskeisiä. Toinen päätöksenteon kannalta tärkeä seikka on nielulaskentaan liittyvä maakohtainen tieto. Vain muutama maa on raportoinut

arvioistaan eri nielulaskentatapojen vaikutuksista, ja siksi mailta on pyydetty tällaista tietoa sopimussihteeristölle elokuun alkuun vuonna 2000 mennessä. Joitain tietoja pyydettiin IPCC:lle jo vuoden 1999 loppuun mennessä, että sitä voitaisiin hyödyntää vielä nieluraportin viimeistelyvaiheessa.

Kioton pöytäkirjan voimaan saattamisesta eli ratifiointiaikataulusta on esitetty erilaisia arvioita. Viidennessä osapuolikokouksessa huomiota sai Saksan liittokanslerin lausunto, jonka mukaan pöytäkirjan voimaansaattaminen olisi pyrittävä ajoittamaan vuoden 2002 kevääseen, jolloin Rion kokouksesta tulee kuluneeksi 10 vuotta. Pöytäkirjan vielä avoinna olevien asioiden loppuunsaattaminen eli ratifioimiskelpoisen pöytäkirjan aikaansaaminen on lähivuosien haaste. USA:lle on tärkeää, että kehitysmaiden voidaan myös osoittaa sitoutuneen kasvihuonekaasujen rajoittamiseen ennen kuin maa ratifioi sopimuksen. Osaksi tästäkin syystä USA on tukenut voimakkaasti esimerkiksi kehitysmaiden maaraportointia, jonka kautta ilmastoasioiden osaamista ja sitoutumista kehitysmaissa voitaisiin vahvistaa.

Vuoden 2012 jälkeisiä päästövähennystavoitteita on määrä aloittaa valmistella vuonna 2005. Tällöin on saatavilla uutta ilmaston tilaa koskevaa tietoa ja uusia päästökehitysarvioita. Kehitysmaiden päästömäärien odotetaan nousevan teollisuusmaiden tasolle arviolta noin kymmenen vuoden kuluessa. Keskustelu nykyisen kehitysmaaryhmän mahdollisista päästövähennysvelvoitteista on tuolloin todennäköisesti myös ajankohtaista. Kioton pöytäkirjaa valmisteltaessa tätä keskustelua käytiin, mutta silloin pitäydettiin selkeästi ilmastosopimuksen periaatteessa, jonka mukaan teollisuusmaiden tulee ottaa ensi askeleet. Mahdollisten tulevien kehitysmaaosapuolien velvoitteiden kannalta on tärkeää, että teollisuusmaaryhmä noudattaa ensin nykyisiä sitoumuksiaan. Samoin on tärkeää, että saadaan aikaiseksi eri sopijaosapuolia tyydyttävä järjestelmä, jolla voidaan tukea ilmastomyönteisen teknologian käyttöönottoa ja koulutusta kehitysmaissa.

2.4 HALLITUSTENVÄLINEN ILMASTOPANELI, IPCC

2.4.1 Ilmastopanelin toiminta

Maailman ilmatieteen järjestö (WMO) ja YK:n ympäristöohjelma (UNEP) perustivat vuonna 1988 kansainvälisen Hallitustenvälisen ilmastopanelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Sen keskeisenä tehtävänä on laajojen tieteellisten yhteenvetoraporttien laatiminen. IPCC:n tieteelliset arviot ovat pohjana ilmastosopimuksen valmistelussa, ja IPCC:n laskentaohjeet luovat rungon sopimuksen toteuttamisen seurannalle.

IPCC:n johtoryhmään kuuluu kaikkiaan 30 jäsentä, jotka on valittu siten, että eri maanosien lisäksi edustettuina ovat kehittyneet maat, kehitysmaat ja siirtymätalousmaat. Puheenjohtajan lisäksi johtoryhmään kuuluu 5 varapuheenjohtajaa. Jokaisella työryhmällä on lisäksi kaksi puheenjohtajaa, toinen kehitysmaista ja toinen kehittyneistä maista.

IPCC:n toiminta on jaettu kolmeen työryhmään. Työryhmä I käsittelee ilmastomuutoksen tieteellistä perustaa ja sen todennäköisyyden arviointia, työryhmä II ilmas-

tonmuutoksen vaikutuksia, herkkyyttä ja sopeutumista ilmastonmuutokselle ja työryhmä III ilmastonmuutoksen torjuntaa.

Suomeen perustettiin vuonna 1993 kansallinen IPCC-ryhmä valmistelemaan suomalaisten osallistumista IPCC-työhön. Vuoden 1997 alussa ympäristöministeriö asetti uuden työryhmän, jonka vastuutahona Suomessa toimii Ilmatieteen laitos. Työryhmän tehtävänä on:

- toimia kansallisena kontaktitahona IPCC-työssä,
- edesauttaa suomalaisten tutkijoiden osallistumista IPCC-prosessiin ja
- välittää ilmastonmuutokseen liittyvää tieteellistä tietoa kansalliseen keskusteluun ja päätöksentekoon.

2.4.2 IPCC raportit

Arviointiraportit

IPCC:n laajat arviointiraportit ovat valmistuneet noin viiden vuoden välein. IPCC:n ensimmäinen arviointiraportti valmistui vuonna 1990, ja se loi tieteellisen pohjan YK:n ilmastopöytäkirjalle (UN Framework Convention on Climate Change), joka hyväksyttiin Rio de Janeirossa vuonna 1992. Toinen arviointiraportti (IPCC Second Assessment Report - Climate Change 1995) valmistui vuonna 1996, ja sitä käytettiin hyväksi muun muassa Kiotossa joulukuussa 1997 pidetyssä ilmastopöytäkirjan osapuolikokouksessa.

Tekeillä oleva kolmas arviointiraportti on tarkoitettu hyväksyä IPCC:n 17. istunnossa helmikuussa 2001. Raportissa painotetaan sitä, että ilmastonmuutos on globaali ilmiö, mutta toisaalta korostetaan ilmastonmuutoksen alueellisia vaikutuksia. Raportti koostuu kolmesta osasta sekä yhteenvetoraportista.

Ensimmäisessä osassa käsitellään ilmastonmuutoksen todennäköisyyden tieteellistä arviointia. Toinen osa on yhteenveto ilmastonmuutoksen ympäristöllisistä, sosiaalisista, taloudellisista ja ihmisen terveyteen vaikuttavista seurannaisvaikutuksista sekä sopeutumisesta ilmastonmuutokseen. Raportissa käsitellään myös mm. vaikutustutkimuksissa käytettyjä skenaarioita, ilmastonmuutoksen vaikutusta hydrologisiin olosuhteisiin ja erilaisiin ekosysteemeihin (esimerkiksi maatalousmaa, metsät, suot, järvet). Lisäksi mukana on aluekohtaiset (Afrikka, Aasia, Australia, Eurooppa, Latinalainen Amerikka, Pohjois-Eurooppa, arktiset alueet, pienet saarivaltiot) arviot ilmastonmuutoksen todennäköisistä vaikutuksista. Toisen osan ekosysteemi -kappaleessa käsitellään metsien, soiden ja järvisedimenttien hiilinieluja. Raportin kolmas osa käsittelee ilmastonmuutoksen torjuntaa ja ilmastopolitiikalle tärkeitä aiheita tutkimuksellisista lähtökohdista ottamatta kuitenkaan kantaa siihen, miten ilmastopolitiikkaa tulisi hoitaa. Tässä raportissa käsitellään myös mahdollisuuksia lisätä ja säilyttää biologisia hiilivarastoja.

Kaikki IPCC:n työhön osallistuvat maat voivat esittää oman maansa edustajia johtokirjoittajakandidaateiksi tekeillä oleviin raporteihin. IPCC:n johtoryhmä valitsee johtokirjoittajat ja nämä edelleen valitsevat muut kirjoittajat. Raporttiluonnosten sisällysluettelot käydään läpi työryhmien kokouksissa ja hyväksytään IPCC:n yleiskokoukses-

sa. Kaikki valmisteilla olevat arviointiraportit ja erityisraportit lähetetään kommentoitaviksi ensin asiantuntijoille, sen jälkeen korjatut versiot lähetetään kommenttikierrokselle asiantuntijoiden lisäksi myös eri maiden hallituksille, jolloin kommentointiin osallistuvat lähinnä viranomaiset. Kaikista raporteista laaditaan yhteenveto, joka käydään rivi riviltä läpi IPCC:n yleiskokouksessa ennen sen lopullista hyväksymistä.

Erityisraportit

Arviointiraporttien lisäksi IPCC:n piirissä on valmisteltu useita erityisraportteja. SBSTA:n kahdeksannessa istunnossa Bonnissa kesäkuussa 1998 päätettiin pyytää IPCC:tä valmistelemaan erityisraportti koskien maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloutta ("Land Use, Land Use Change and Forestry"). Tähän aihepiiriin liittyvää tietoa ei IPCC:n piirissä ole tähän mennessä keskitetysti koottu yhteen ja IPCC:n puheenjohtajan mukaan raportin tekeminen on yksi haastavimmista erityisraporteista, mitä IPCC on tähän mennessä valmistanut. Raportissa tuotetaan relevanttia tietoa Kioton pöytäkirjan artikloihin 3.3 ja 3.4 liittyen. Vaikka raportti keskittyy hiilidioksidiin, siinä tarkastellaan myös metaania ja dityppioksidia. Tämä erityisraportti on tarkoitus hyväksyä IPCC:n 16. istunnossa toukokuussa 2000.

Laskentaohjeet

Rio de Janeirossa allekirjoitetun ilmastopimuksen osapuolten tulee tuottaa kansalliset raportit ihmisen toiminnasta aiheutuvista kasvihuonekaasupäästöistä ja nieluista kaikkien niiden kaasujen osalta, jotka eivät ole mukana Montrealin pöytäkirjassa. Raportointi tehdään vertailukelpoisilla menetelmillä, joista sovitaan ilmastopimuksen osapuolikokouksessa. Vuodesta 1991 lähtien ohjeiden kehittämistä on vastannut IPCC:n työryhmä I yhdessä OECD:n ja IEA:n kanssa. Viimeisimmät kattavat inventointi- ja raportointiohjeet ovat vuodelta 1996.

Syksyllä 1999 IPCC:n kansallinen kasvihuonekaasujen inventoinnin (National Greenhouse Gas Inventories) vetovastuu siirrettiin tutkimuslaitokselle Japaniin, jossa ohjelman tekninen tukiyksikkö nykyisin toimii. Inventointiohjeita ollaan parhaillaan edelleen täydentämässä. Vastikään valmistunut raportti "Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories" on tarkoitus hyväksyä IPCC:n 16. istunnossa toukokuussa 2000. Kyseinen raportti antaa ohjeita hyvästä arviointikäytännöstä inventaareja laadittaessa, sisältäen muun muassa ohjeet päästöarvioihin liittyvien epävarmuuksien arvioimiseen ja laskennan laadun varmistamiseen. Maankäytön muutosten ja metsätaloussektorin päästöjen arviointi on rajattu kyseessä olevan raportin ulkopuolelle. Mahdollinen täydennys tältä osin tehdään, kun nieluja koskevat päätökset on tehty.

IPCC:n lisäksi myös ilmastopimuksen ja sen apuelinten puolesta kehitetään inventointi- ja raportointikäytäntöjä. Ilmastopimuksen viidennessä osapuolikokouksessa sovittiin, että uudet raportointiohjeet (Common Reporting Format) otetaan käyttöön koeluontoisesti.

3. NIELUJEN LASKENTA JA KIOTON PÖYTÄKIRJA

3.1 NIELUJEN MÄÄRITTÄMINEN KIOTON PÖYTÄKIRJASSA EDELLYTTÄÄ KANSAINVÄLISTÄ JATKOTYÖTÄ

3.1.1 Yleistä

Kioton pöytäkirjan nieluja koskevat artikkelit eivät ole vielä valmiita ja ne vaativat sopijaosapuolilta runsaasti jatkotyötä. Pöytäkirjaa kehitettäessä keskustellaan edelleen siitä, mikä osa hiilivaraston muutoksesta kytketään laillisesti sitovaan päästövähennysvelvoitteeseen.

Kioton pöytäkirjassa sovittiin tietyistä periaatteista, joiden pohjalta nielutarkastelu tulisi tehdä:

- hyvitettävän "nielun" tulee olla ihmistoiminnasta aiheutunutta
- hyvitettävän nielun tulee olla todennettavissa eli verifioitavissa
- artikkelin 3.3 toimenpiteistä - vaikkakaan ei niiden määritelmistä eikä laskentatavoista - on sovittu
- artikkelin 3.3 toimenpiteiden vaikutus arvioidaan hiilivaraston muutoksena
- tulevilla sitomuskausilla voidaan hyvittää muidenkin maankäyttöön, maankäytön muutokseen, metsätalouteen tai maatalousmaahan liittyvien toimenpiteiden aiheuttama nielu
- toisen sitomuskauden laskentaa voidaan soveltaa ensimmäiselle kaudelle
- jatkotyössä tulee huomioida epävarmuudet, raportoinnin läpinäkyvyys, tarkistusmahdollisuudet sekä IPCC:n ja SBSTA:n metodinen työ.

Kioton pöytäkirjan nielulaskennan vaikutuksista tehdyt arviot ovat vasta alustavia. Artikloissa käytetyt termit tulee määritellä ja laskentatavoista sekä mahdollisista uusista toimenpiteistä on sovittava. Myös nielujen roolista ja laskentatavasta Kioton mekanismeissa on päätettävä ja raportointia on kehitettävä ennen kuin nielulaskenta on lopulta valmis.

Kioton pöytäkirjassa sovitut periaatteet ovat vaikeasti sovellettavissa. Nielujen vaaditaan olevan ihmistoiminnasta aiheutuneita, mutta ihmisvaikutusta ei pystytä nykyisellään luotettavasti erottamaan todennettavista hiilinieluista.

Sen lisäksi, että nielulaskenta on tieteellisesti ja teknisesti vaativaa, ovat maiden näkemuserot ja tavoitteet nielujen suhteen monensuuntaisia. Osa maista näkee nielujen käytön joustavana ja kustannustehokkaana keinona päästövähennysten saavuttamiseksi. Toisaalta keskusteluissa painotetaan myös laskennan epävarmuuksia. Myös biosfääriin sitoutuneen hiilen pysyvyyden epävarmuudet tiedostetaan. Kioton pöytäkirjaa toimenpantaessa perustettu metsä voidaan myöhemmin raivata muuhun käyttöön, jolloin sitoutunut hiili palaa ilmakehään. Samoin on tuotu keskusteluun vaikeudet ihmisen toiminnan nieluvaikutuksen määrittämisestä. Maille ei haluta hyvittää sitä, mikä tapahtuisi muutenkin esimerkiksi ilmaston lämpenemisen johdosta.

Maiden edut nielulaskentaa kehitettäessä vaikuttavat luonnollisesti näkemyksiin. Artiklan 3.3 päätös on edullinen ainakin maille, joilla on puuttoman maan metsityspotentiaalia. Suomen kaltaisille maille päätös saattaa merkitä laskennallista päästölähdettä, vaikka puuston hiilivarasto kokonaisuudessaan kasvaisikin. Nieluksi laskettavan kokonaishiilivaraston laajentamisen sisällyttäminen taas suosisi maita, jotka voivat kasvat-
taa metsän (tai maatalousmaan) hiilivarastoa. Nielun määrittely on monelle maalle tärkeää, kun suunnitellaan tulevia päästövähennystavoitteita.

Yhteydet kansainväliseen metsäpolitiikkaan ovat ilmeiset. Ilmastovaikutusten vuoksi on tärkeää suojella ja lisätä hiilivarastoja sekä saada metsien hävittäminen loppumaan. Metsänraivaus on ongelma tietyille kehitysmaille, eikä niinkään maille, joita Kioton velvoitteet sitovat. Pidemmällä aikavälillä tulee kuitenkin kehitysmaita velvoitteiden piiriin, ja nielujen käsittelyä pitää pohtia myös tältä kannalta. Kestävän metsätalouden näkökulma on nielupäätöksiä tehtäessä erittäin keskeinen. Suomi on tuonut järjestelmällisesti esille näkökantanaan, että nielulaskennan tulisi olla sopusoinnussa kestävän metsätalouden harjoittamisen ja edistämisen kanssa. Ilmastosopimuksesta ei saisi muodostua kannustinta kestävän metsätalouden vastaisille toimille.

Ensimmäisen ja myöhempien sitoumuskausien kytkentä vaati myös nielujen osalta jatkotyötä. On mahdollista, että tulevaisuudessa nielulaskentaa laajennetaan tavalla, joka suurentaa olennaisesti hyvitetävien nielujen merkitystä maiden päästötavoitteen saavuttamisessa. Tällöin joudutaan ehkä ensimmäisen budjettikauden osalta leikkaamaan hyvitetävää nielua, ettei menetetä kannustinta päästöjen vähentämiseksi. Tulevien kausien suhteen nielun arvioitu määrä tul-taisiin mahdollisesti ottamaan huomioon määriteltäessä maiden päästötavoitteita. Toisaalta voi olla mahdollista määritellä nielut myös joustomekanismeiksi Kioton mekanismien rinnalla.

IPCC:n nieluja koskevan erikoisraportin valmistuminen vaikuttaa päätöksentekoon. Raportti valmistuu toukokuussa 2000. Viidennessä osapuolikokouksessa (COP5) sovittuun nielua koskevaan työohjelmaan on kirjattu, että raporttia tullaan käsittelemään perusteellisesti ennen kuudennessa osapuolikokouksessa (COP6) tapahtuvaa päätöksentekoa.

Toinen päätöksenteon kannalta tärkeä seikka on nielulaskentaan liittyvä maakoh-tainen tieto. Vain muutama maa, kuten Suomi, on esittänyt arvioita eri nielulaskentata-pojen vaikutuksista. Mailta on pyydetty tällaista tietoa sopimussuhteistölle elokuuhun vuoteen 2000 mennessä. Tietoja pyydettiin myös IPCC:lle jo vuoden 1999 loppuun mennessä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää vielä nieluja koskevan erikoisraportin viimeis-telyvaiheessa.

3.1.2 Nielulaskennan vaihtoehtoja

Nielujen rooli tulee olemaan väliaikainen keino päästövähennysten tekemiseksi. Suurimmat haasteet ja kehitystarpeet ovat fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutu-vien päästöjen vähentämisessä. Metsien hiilivarastojen kestäväällä käytöllä luodaan mah-

dollisuuksia fossiilisten energiavarojen ja uusiutumattomien tuotteiden korvaamiseen. Ilmastopimuksen päästölaskennan periaatteet suosivat bioenergian käyttöä. Taulukossa 6 on esitetty esimerkkejä erilaisista nielulaskentatapojen lähestymistavoista.

Kioton pöytäkirjan metsien hiilinieluja koskevissa neuvotteluissa on esitetty useita erilaisia lähestymistapoja nieluja koskevaksi laskentatavaksi. Esillä on ollut yksittäiseen toimenpiteeseen tai projektiin kohdistuva lähestymistapa tai metsien hiilivaraston muutoksen kokonaisvaltainen tarkastelu. Niin suppeassa kuin laaja-alaisessa lähestymistavassa on vaikea arvioida milloin hiilivaraston muutokset ovat ihmisen aiheuttamia ja milloin muutos on seuraus luonnon omista tapahtumista.

Taulukko 6. Esimerkkejä erilaisista nielulaskennan lähestymistavoista.

Kokonaisvaltainen laskenta	Valikoiva laskenta	Säännelty laskenta
<p>Täydellinen kirjanpito ("<i>full accounting</i>"):</p> <p>Vaatii edelleen määrittelyä, voi tarkoittaa monia eri asioita: esimerkiksi kaiken tyyppisten metsien hoito, käyttö, suojelu, metsätuotteet ja jäte.</p>	<p>Valinta osioittain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maanpinnan yläpuolinen puustobiomassa - maanpinnan yläpuolinen kokonaisbiomassa - maaperässä oleva biomassa - maaperän hiili 	<p>Yleisen vähennystekijän määrittely:</p> <p>Hyvitetään kansainvälisesti X % hiilivaraston muutoksesta.</p>
<p>IPCC 1996 inventointi- ja raportointiohjeiston mukaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - muutokset metsien ja muiden puustoisten alueiden puuston biomassassa - metsä ja ruohikkoalueiden muuttuminen - hoidettujen maiden hylkääminen <p>(- maatalousmaan ja muun maaperän hiilivaraston muutokset)</p>	<p>Valinta yksittäisten toimintojen mukaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - metsittäminen aikaisemmin puuttomalle alueelle - metsän uudistaminen - metsien hävittäminen - jne. 	<p>Katon määrittely:</p> <p>Esimerkiksi korkeintaan Y % vuoden 1990 kokonaispäästöistä.</p>

Taulukko 7. Yksityiskohtaisen toimenpidepohjaisen ja laaja-alaisen metsien hiilivaraston muutosta seuraavien järjestelmien haasteet.

Yhdenmukaisuus inventointi- ja raportointiohjeiden ja -menetelmien kanssa

Käytössä olevat ilmastopimuksen tarpeita varten laadittujen IPCC:n ohjeiden mukaisten inventointimenetelmien tehtävänä ei ole kerätä tietoa yksittäisiin toimenpiteisiin liittyvistä hiilivarastojen muutoksista. Joukko erilaisia yksityiskohtaisia metsätalouden toimenpiteitä vaatii huomattavaa kansallista ja kansainvälistä panostusta uusien inventointi- ja raportointimenetelmien kehittämiseen ja toteuttamiseen.

Metsän kokonaishiilivarastoon pohjautuvassa lähestymistavassa puun ja muun puisen biomassan hiilivaraston arviointi voisi olla yhdenmukainen metsiin liittyvien inventointi- ja raportointirakenteiden ja käytäntöjen (esimerkiksi FAO:n "Maailman metsävarojen arviointi 2000") kanssa.

Tarkkuus ja tiedon saatavuus

Yksityiskohtaisessa metsän toimenpidepohjaisessa lähestymistavassa eri toimenpiteitä mitataan erilaisilla menetelmillä. Tämän seurauksena eri toimenpiteiden mittaustarkkuus vaihtelee ja vaikeuttaa toimenpiteiden kokonaissumman laskemisessa. Toimenpiteistä on myös vaikeaa tai mahdotonta saada tietoa vuodesta 1990 lähtien. Tämä vaikuttaa suuresti saatavan tiedon tarkkuuteen ajanjaksolla 1990-1998. On myös vaikeaa saada tietoa ennen vuotta 1990 tapahtuneesta maankäytöstä, mikä on tarpeellista liittyen termien metsittäminen, metsien uudistaminen ja metsien hävittäminen kannalta.

Olemassaolevat metsävarojen inventointimenetelmät on kehitetty mittaamaan metsien kasvua ja metsävarojen määrää. Ne voivat tuottaa varsin täsmällistä tietoa puuston koko biomassasta. Inventointikokemukset osoittavat, että näin saadut mittaustulokset ovat tarkempia kuin, jos hiilivaraston muutosta mitataan yksittäisten toimenpiteiden perusteella.

Yksinkertaisuus

Yksityiskohtaisessa lähestymistavassa on teoriassa helppo mitata yksittäisen projektin tuloksia. Käytännössä voi olla kuitenkin vaikeaa ja kallista saada tietoa suuresta joukosta yksittäisiä toimenpiteitä ja hankkeita.

Metsän kokonaishiilivarastoon perustuvassa lähestymistavassa puuston kokonaishiilivaraston muutokset voidaan johtaa kansallisista metsäinventoinneista useimmissa teollisuus- ja siirtymätalouden maissa.

Riippumattomuus mittakaavasta (kansallinen, alueellinen ja paikallistaso)

Yksityiskohtainen toimenpidepohjainen lähestymistapa on käyttökelpoinen toimenpiteiden/projektien tasolla. Kansallisessa ja alueellisessa tarkastelussa toimenpidepohjaista mittaustapaa on muun muassa mittaustarkkuusvaatimusten vuoksi hankala toteuttaa.

Metsän kokonaishiilivarastoon perustuvassa lähestymistavassa biomassan muutosten mittaaminen on riippumaton mittakaavasta. Samoja menetelmiä voidaan käyttää yhtä hyvin kuin kansallisella, alueellisella kuin paikallistasolla.

Kannustavuus ja symmetria

Yksityiskohtainen toimenpidepohjainen laskentatapa voi määrittelystä riippuen tarjota kannustimen olemassaolevien hiilivarastojen suojelemiseksi ja kasvattamiseksi ja myös uusien hiilivarastojen perustamiseksi. Mutta toisaalta, se voi johtaa myös epätoivottavaan toimintaan, erityisesti liittyen biodiversiteetin suojeluun ja maisemansuojeluun. Toimenpidepohjaisen lähestymistavan perusteella voi

myös olla vaikea löytää kannustimia metsien laadun heikkenemisen estämiseksi. Tämän laskentatavan kannustin vähentää kasvihuonekaasuja riippuu siihen liitettävien toimenpiteiden määrittelystä ja kustannustehokkuudesta.

Kokonaishiilivarastolaskentatapa tuottaa kannustimia olemassaolevien hiilivarastojen suojelemiseksi ja laajentamiseksi sekä myös uusien hiilivarastojen perustamiseksi. Määritelmistä ja laskentatavoista riippuen kokonaisvaltainen tarkastelu kuvaa todellisia muutoksia.

Tasapuolisuus

Toimenpidepohjaisessa lähestymistavassa on vaikea määrittää ja valita sellaiset toimenpiteet, jotka ovat tasapuolisia kaikille osapuolille.

Metsän kokonaishiilivarastolaskentatapa kuvaa todellista tilannetta. Se tarjoaisi tasapuolisen kohtelun eri olosuhteissa oleville valtioille sekä maiden sisällä oleville toimijoille.

Joustavuus ja lähipäättösperiaate

Teollisuus- ja siirtymätalouden maat sijaitsevat trooppisessa, lauhkeassa, boreaalisessa ja arktisessa kasvillisuusvyöhykkeessä. Toimenpidepohjaisessa laskentatavassa sellaisten hiilensitomiseen liittyvien toimenpiteiden valinta, joita voitaisiin soveltaa tässä yhteydessä maailmanlaajuisesti on vaikeaa ja sisältää riskin, että tällä valinnalla luonnonvarojen hoito ja käyttö vinoutuu.

Metsän kokonaishiilivarastolaskentatapa mahdollistaisi, että jokainen maa voisi valita oman strategiansa ja mahdolliset kansalliset tai alueelliset toimenpiteet hiilivarastojensa kestävä hoidon, käytön ja suojelun varmistamiseksi. Laskentatapa olisi joustava eri ympäristö- ja sosio-ekonomisille olosuhteille.

Ennakoitavuus

Toimenpidepohjaisessa lähestymistavassa uusia toimenpiteitä voidaan lisätä vähitellen, mutta se vaatii uusien toimenpiteiden arvioinnin etukäteen. Jälkikäteen tehtävä nieluhyvitys koskien vuosina 1990-1998 tapahtuneita toimenpiteitä aiheuttaa myös ongelmia.

Useissa teollisuus- ja siirtymätalouden maissa on arvioitu kokonaismetsävarojen kehittymistä tulevaisuudessa. Lisäksi ilmastositomuksen puitteissa tehdyt kansalliset selvitykset tarjoaisivat hyödyllistä taustatietoa metsien kokonaishiilivarastomuutosten ennustamiseksi.

Jatkuvuus ja pysyvyys

On vaikeaa saada tietoa jo tapahtuneista toimenpiteistä vuosina 1990-1998. Kioton pöytäkirjan artikla 3.3 tarkoittaa, että hiilivarastojen muutokset (kasvu ja väheneminen) niin sanotuissa Kioton metsissä, sisällytettäisiin velvoitekausien (ensimmäinen velvoitekausi 2008-2012) ajalta. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että osa metsistä, jotka on metsitetty vuoden 1990 jälkeen saavuttavat kiertoaikansa lopun ennen ensimmäistä velvoitekautta tai sen aikana. On epäselvää, kuinka nämä hiilivaraston muutokset tullaan ottamaan huomioon. Vastaavasti alue, jonka metsä on hävitetty vuoden 1990 jälkeen voi met-sittyä uudelleen velvoitekauden aikana. Vastaavanlaisia määrittelyyn liittyviä ongelmia liittyy useaan muuhunkin toimenpiteeseen yksityiskohtaisessa laskentatavassa. Toimenpiteiden jatkuvuutta vaaditaan myös eri velvoitekausien välisenä aikana.

Metsän kokonaishiililaskentatapa mahdollistaisi jatkuvan hiilivarastojen ja niiden muutosten arvioinnin myös velvoitekausien välillä. Laskentatapa velvoittaisi sopijapuolia pitkäjänteiseen metsien hiilivarastojen hoitoon ja suojeluun.

“Hiilidioksidivuodon” välttäminen

Toimenpidepohjaisen laskentatavan perusteella maan hiilivarasto voi olla lähde tai nielu, riippumatta varsinaisesta metsien kokonaishiilivaraston muutoksesta. Siihen muodostuuko tietyn valtion alueella sijaitsevat metsät lähteeksi vai nieluksi vaikuttavat valitut toimenpiteet sekä niihin käytetyt määrittelyt. Hiilivarastojen muutosten arviointi yksittäisten toimenpiteiden perusteella saattaa mahdollistaa vuotoja sekä päällekkäisyyksiä laskennassa.

Metsän kokonaishiilivarastolaskentatapa kuvaa todellista tilannetta ja todellisia muutoksia hiilivarastoissa.

Avoimuus

Toimenpidepohjainen lähestymistapa vaatii uusien inventointi-, raportointi- ja todentamisjärjestelmien kehittämistä. Epäselvää on kuinka todentamisjärjestelmät voidaan järjestää kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.

Metsän kokonaishiilivarastolaskentatavassa tarvittavat tiedot kuten metsäbiomassa ja muu puustoinen biomassa arvioidaan käyttämällä jo kehitettyjä ja testattuja menetelmiä. Tieto menetelmistä ja niiden perusteella saaduista tuloksista on jo saatavilla useista lähteistä. Tähän tietoon liittyvää teoreettista ja metodologista keskustelua on jo käyty tiede- ja asiantuntijaympäristöissä. Muutoksia metsäbiomassan ja muun puustoinen biomassan määrässä seurataan jo kansallisella tasolla.

3.2 ARVIOITA KIOTON PÖYTÄKIRJAN NIELULASKENNAN VAIKUTUKSISTA

3.2.1 Artiklan 3.3 mukaiset toimet Suomessa – metsitys ja metsien hävittäminen

Kioton pöytäkirjan mukaan ilmastonmuutosta hidastaviksi toimiksi lasketaan päästöjen vähentämisen ohella hiilinielut eli hiilidioksidin sitominen ilmakehästä maaekosysteemien kasvillisuuteen sekä mahdollisesti myös hiilen kertyminen maaperään. Kioton pöytäkirjan artikla 3.3 sisältää tarkemman rajauksen kuinka hiilinieluja käsitellään ensimmäisellä sitoumuskaudella, mutta määritelmät, laskentatapa ja siten sopimuksen tulkinta eivät kuitenkaan ole yksikäsitteisiä.

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukaan rajoitutaan tarkastelemaan nieluja, jotka seuraavat ihmisen aikaansaamista maankäytön muutoksista ja metsätaloudesta rajoittuen kuitenkin kolmeen eri toimeen "*afforestation*", "*reforestation*" ja "*deforestation*".² Koska termien sisällöstä ei ole vielä sovittu, ei niitä myöskään voi yksiselitteisesti suomentaa.

Tämä hiilinieluja koskeva artikla on aiheuttanut runsaasti keskustelua lukuisien tulkintavaihtoehtojen ja laskentatapojen sekä erityisesti määrittelemättömien käsitteiden vuoksi. Vaikka Kioton pöytäkirjassa viitattiin menetelmien kehittämisen yhteydessä yleisesti IPCC:n työhön, pöytäkirjassa ei ole mainintaa minkä mukaan pöytäkirjassa

² Kioton pöytäkirjan artikla 3.3 on tältä osin seuraavan muotoinen: ‘...the net changes in greenhouse gas emissions from 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 ...’. (UNFCCC 1998).

käytetyt termit määritellään. Termeistä erityisesti "reforestation" on osoittautunut ongelmalliseksi, koska sille on kaksi erisisältöistä (IPCC:n ja FAO:n) kansainvälisesti vakiintunutta määritelmää, joita voidaan laskennassa soveltaa useilla eri tavoilla. Termit "afforestation" (metsittäminen aikaisemmin puuttomalle alueelle) ja "deforestation" (metsänhävitys) tarkoittavat maankäytön muutosta metsämaasta ei-metsämaaksi tai päinvastoin. "Reforestation" merkitsee eri määrittelyillä joko tietyn ajan puuttomana olleen alueen metsittämistä (IPCC määritelmän) tai metsän uudistamista olemassa olevalla metsämaalla (FAO määritelmän).

Taulukko 8. Kioton sopimuksessa ei määritelty sopimustekstissä käytettyjä termejä. Termeille on olemassa useita määritelmiä, joista sekä IPCC:n (IPCC 1996, Watson ym. 1996) että FAO:n (FAO 1990) määritelmät ovat kansainvälisesti vakiintuneita ja laajasti käytettyjä.

Afforestation tarkoittaa metsän aikaansaamista keinollisesti sellaiselle alueelle, jolla ei aikaisemmin ole ollut metsää.

IPCC (1996) *'forest stands established artificially on lands that have not supported forests for more than 50 years'*.

FAO (1990) *'Artificial establishment by planting or seeding of forest on an area of agricultural or other (non-forest) land'*.

Reforestation voidaan ymmärtää synonyymiksi termeille *regeneration*, *restocking* ja *renewing*. Kuitenkin IPCC:n määritelmän mukaan termi koskee vain ei-metsämaan metsittämistä istuttamalla. FAO:n määritelmän mukainen uudistaminen voi olla puiden istuttamista, kylvämistä tai luontaista uudistamista.

IPCC (1996) *'Planting of forests on lands which have, historically, previously contained forests but which have been converted to some other use'*. Lisäksi *'forest stands established artificially on lands that have supported forests within the last 50 years'*.

FAO (1990) *'Artificial or natural re-establishment of forest on previously forested or other wooded land. Artificial reforestation may be planting or seeding'*.

Deforestation tarkoittaa metsämaan muuttamista muuhun maankäyttöön.

FAO (1990) *'Deforestation refers to change of land use with depletion of tree crown cover to less than 10 percent'*.

IPCC (1996) *'The causes of deforestation range from clearing of forest land for agriculture, mineral extraction, and hydro-reservoirs to degradation of forests for fuel wood.'*

Metsäntutkimuslaitoksessa tehtiin Kioton kokouksen jälkeen keväällä 1998 maa- ja metsätalousministeriön aloitteesta selvitys, jossa tarkasteltiin minkä suuruisiin hiilinieluihin pöytäkirjan tulkintavaihtoehdot Suomen osalta johtavat (Tomppo ja Mäkipää 1998). Seuraavassa tarkastelussa käytetään kyseisen selvityksen julkaistuja tuloksia (Mäkipää ja Tomppo 1998), joita on tässä täydennetty koskemaan myös vuoden 1990 toimia. Lisäksi arvioihin on tarkennettu viime vuosien pellonmetsitysalat toteutuneiden mukaisiksi sekä laskettu pellonmetsityksen hiilinieluvaikutus vaihtoehtoisille metsityspinta-aloille.

Artiklan 3.3 mukainen ihmisen toiminnan vaikutus metsien hiilinieluihin ja -lähteisiin arvioidaan vuosien 1990-2012 aikana tehtyjen kolmen toimenpiteen aikaansaamien puustoon sitoutuvan tai puustosta vapautuvan hiilimäärän mukaan vuosina 2008-2012. Peltojen metsitys on kiistatta Kioton sopimuksen artiklan 3.3 tarkoittama toimenpide. Peltojen metsityksen vaikutusta sopimuskauden 2008-2012 hiilinieluun on tarkasteltu vuosina 1990-1998 toteutuneen pellonmetsityksen sekä vuosille 1999-2012 ennustetun kolmen erilaisen (0 ha/v, 5 000 ha/v ja 9 000 ha/v) metsityspinta-alan pohjalta.

Suomessa on viime vuosina metsitetty peltoja likimain 10 000 ha vuodessa, ja vuosina 1990-1998 yhteensä 92 196 ha (Metsätilastollinen... 1999). Vuosina 1999-2012 metsitettävästä peltopinta-alasta on käytettävissä kolme erilaista ennustetta: Maa- ja metsätalousministeriössä arvioitiin selvitystä varten keväällä 1998, että peltoja metsitettäisiin noin 5000 ha vuodessa, myöhemmin metsitettävästä peltopinta-alasta on esitetty myös arviot 0 ha/v ja 9000 ha/v. Suomen viljelyssä oleva peltopinta-ala oli vuonna 1995 2,27 milj. ha (Suomen tilastollinen... 1995). Peltojen metsittäminen tulevaisuudessa 5000 ha/v vähentäisi tarkastelujaksolla 1990-2012 maamme peltopinta-alaa noin seitsemän prosenttia. Peltojen metsittämisen ohella Suomessa metsitetään myös käytöstä poistuvia turvetuotantoalueita (ehkä noin 2500 hehtaaria vuodessa) mutta niillä kasva-vaan puustoon sitoutuva hiilimäärä jäänee ensimmäisellä sitoumuskaudella hyvin pieneksi, joten tässä tarkastellaan vain peltojen metsityksen vaikutuksia metsän hiilinieluun sopimuskaudella 2008-2012.

Taulukko 9. Vuosina 1990-2012 tapahtuneen peltojen metsityksen aikaansaama puuston hiilivaraston kasvu sopimuskaudella 2008-2012. Vuosina 1990-1998 peltoja on metsitetty yhteensä 92 196 ha ja vuosien 1999-2012 metsitysalalle on esitetty kolme erilaista vaihtoehtoista skenaariota.

Ennustettu metsityspinta-ala 1999-2012	Metsitettyjen peltojen puuston vuosittainen hiilivaraston kasvu sopimuskaudella 2008-2012		
	ha/v (yhteenlaskettu ala vuonna 2012)	Tg hiiltä/v (= milj. tn C/v)	tonnia CO ₂ /v
0 (92 196 ha)	0,083	304 500	0,4%
5000 (162 196 ha)	0,133	486 200	0,6%
9000 (218 196 ha)	0,172	631 500	0,8%

Metsitetyillä pelloilla puuston (runkopuun) keskimääräisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisten 20 vuoden aikana noin $2,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, jolloin puubiomassaan (runko, oksat, neulaset ja juuret) sitoutuu hiiltä keskimäärin noin $0,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ($\text{Mg} = 10^6 \text{ g} = \text{tonni}$) (Mäkipää ja Tomppo 1998). Vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitettyjen peltojen puubiomassaan sitoutuu vuosina 2008-2012 hiiltä 0,08-0,17 miljoonaa tonnia vuodessa riippuen tulevasta metsityspinta-alasta. Suomessa peltoja metsittämällä aikaansaataava hiilinielu on hiilidioksidipäästöihin verrattuna pieni.

Metsämaan muuttaminen viljelysmaaksi tai rakennetuksi maaksi on Kioton sopimuksen mukaista metsän hävittämistä (*deforestation*). Metsämaata ei ilmeisesti raivata sopimuskauden aikana pelloksi, joten tässä tarkastellaan vain rakennustoiminnan vaikutusta metsäpinta-alaan. Valtakunnan metsien kahdeksannessa inventoinnissa (VMI8+) rakennustoiminta on pienentänyt metsätalousmaan alaa 200 000 ha mittauksia edeltäneellä 10-vuotiskaudella eli 20 000 vuodessa. Jos oletetaan, että rakentaminen on kohdistunut metsämaalle siinä suhteessa kuin sitä on metsätalouden maasta koko maassa, voidaan päätellä, että rakennustoiminta pienentää metsämaata noin 15 000 hehtaaria vuodessa. Jos oletetaan rakennustoiminnan jatkuvan yhtä vilkkaana kuin VMI8+ mittauksia edeltävällä 10-vuotisjaksolla, vähenee metsämaan pinta-ala vuosina 2008-2012 15 000 ha vuodessa. Metsämaalla puuston keskitilavuus on $92 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ja puuston koko biomassan (runko, oksat, neulaset, juuret) keskimääräinen hiilimäärä on noin 32 Mg ha^{-1} . Näin ollen metsämaan vähenemisen myötä arvioidaan vuosina 2008-

Taulukko 10. Kioton sopimuksen mukaisten ARD-toimien (afforestation (A), reforestation (R) ja deforestation (D)) aikaansaamat hiilinielut (+) ja lähteet (-) Suomessa vuosien 2008-2012 keskiarvona IPCC ja FAO määritelmien mukaan tarkasteltuna. Tarkastelu koskee vain puustoa, ei maaperässä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia. Tässä peltojen metsityspinta-ala on oletettu 5000 ha vuosina 1999-2012.

	Pinta-ala		Pinta-ala	Vuositteinen hiilinielu sopimuskaudella 2008-2012			
	1990-1998	1999-2012	1990-2012	IPCC		FAO	
	ha/v	ha/v	yhteensä ha	TgC (=milj. tn C)	milj. tn CO ₂	TgC	milj. tn CO ₂
Metsittäminen, AR	10 244	5000	162 196	0,132	0,49	0,132	0,49
Metsien häviäminen, D	15 000	15 000	345 000	-0,480	-1,76	-0,480	-1,76
Metsien uudistaminen ^(a)	160 000	160 000	3 680 000			2,432	8,9
Yhteensä				-0,348	-1,3	2,084	7,6

^(a) Termi reforestation soveltaen FAO:n määritelmää pitäen sisällään metsänuudistamisen, mutta ei hakkuita.

12 vapautuvan hiiltä 0,48 Tg vuodessa, mikä vastaa 1,76 miljoonan tonnin vuosittaisia CO₂ päästöjä.

Kioton sopimuksessa mainittu *reforestation* sisältyy IPCC:n määritelmiä noudattaen edellä esitettyyn peltojen metsitykseen. Kuitenkin FAO:n (FAO 1990) käyttämän määritelmän mukaan termillä tarkoitetaan metsän uudistamista, joten FAO:n määritelmää soveltaen voidaan myös uudistushakkuiden jälkeinen metsän uudistaminen tulkita sopimuksen mukaiseksi hiilinieluksi. Suomessa uudistetaan metsiä vuosien 1990-2012 välisenä aikana yhteensä 3,68 milj. ha (160 000 ha vuodessa), mikäli uudistushakkuiden määrä säilyy Suomessa 1990-luvun alun tasolla. Uudistusaloille ennustetaan puuston kasvun myötä sitoutuvan siten hiiltä 0,76 Mg ha⁻¹ v⁻¹ uudistamista seuraavien ensimmäisten 20 vuoden aikana ja keskimäärin noin 1,34 Mg ha⁻¹ v⁻¹ koko kiertojen kuluessa (Mäkipää ja Tomppo 1998). Vuonna 1990 ja sen jälkeen uudistettujen metsien puustoon (runko, oksat, neulaset ja juuret) sitoutuu vuosina 2008-2012 hiiltä keskimäärin 2,4 Tg vuodessa, mikä vastaa noin 9 miljoonaa tonnia hiilidioksidia.

Hakkuissa korjattavan puuston sisältämä hiilimäärä on moninkertainen verrattuna kehittyvän nuoren metsän sitomaan hiilimäärään. Kioton neuvotteluissa oli esillä myös hakkuiden sisällyttäminen toimenpidelistaan, mutta siitä luovuttiin. Jos kuitenkin tarkasteltaisiin uudistettavalla metsäpinta-alalla tapahtuvaa hiilivaraston kokonaismuutosta vuosina 2008-2012, laskettaisiin tuon ajanjakson hakkuissa korjattava puusto hiilen lähteeksi. Jos tarkastellaan vain 'reforestation' toimen jälkeistä tilannetta eikä huomioida kyseisellä pinta-alalla tapahtuvaa kokonaishiilivaraston muutosta, niin hakattavan puuston hiilimäärää ei oteta huomioon. Suomessa hakattiin vuosina 1991-1996 puuta keskimäärin 49,4 milj. m³ vuodessa. Mikäli hakkuut pysyvät 1990-luvun alun tasolla on myös vuosina 2008-2012 hakkuissa poistuva hiilimäärä noin 10,7 Tg vuodessa. Tällöin metsien uudistaminen (reforestation) on vuosittain 8,268 Tg suuruinen hiilen lähde (noin 30 milj. tonnin CO₂ päästö). Ellei korjattavan puuston hiilimäärää lasketa hiilen lähteeksi on 'reforestation' toimenpiteen aikaansaama hiilinielunielu vuosina 2008-2012 edellä mainittu 2,4 Tg vuodessa.

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukainen hiilinielujen laskenta ei ota huomioon olemassa olevalla metsämaalla tapahtuvia puuvarannon ja siihen sitoutuneen hiilen määrän muutoksia. Borealisissa metsissä voi kuitenkin keskimääräisessä varannossa tapahtua suuria muutoksia, jotka ovat paljon merkityksellisempiä kuin metsämaan pinta-alamuutoksiin liittyvät puuston hiilivaraston muutokset. Kioton sopimuksen artiklan 3.3 mukainen laskentatapa ei tuota kannustinta lisätä hiilen nielua tai hiilivarantoa olemassaolevalla metsämaan pinta-alalla esimerkiksi metsien kasvua tai puuvarantoa lisäämällä.

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukaisessa hiilinielujen laskennassa ei ole myöskään sovittu otetaanko maan hiilivaraston muutokset mukaan arvioihin. Esimerkiksi uudistushakkuuta seuraavien ensimmäisten 20 vuoden aikana metsämaaperästä vapautuu hiiltä enemmän kuin kasvavaan puustoon sitoutuu (Mäkipää ym. 1999), joten las-

kelmat tulevat muuttumaan huomattavasti jos maaperä otetaan mukaan tarkasteluun. Toisaalta täytyy pitää mielessä, että kiertoajan kuluessa maaperän hiilitase on vakaa tai jopa lievästi kasvava Suomen olosuhteissa. Jotta voitaisiin kokonaisuutena arvioida puuvarojen ja puun käytön hiilinielua ja ilmastovaikutuksia, tulisi laskenta ulottaa metsänhoidon, käytön ja suojelun kautta aikaansaattujen hiilinielujen ohella, hakkuissa korjattavaan puuhun sekä valmistettuihin tuotteisiin ja niiden elinkaariin. Rajoitettaessa hiilinielutarkastelu yksittäisiin toimenpiteisiin (*afforestation, reforestation, deforestation*) on näihin toimenpiteisiin suoraan liittyvien tuotteiden hiilivarasto varsin pieni (olettaen, että *reforestation* termille sovelletaan IPCC määritelmää) ja hiilivaraston muutosten (=nielu/lähde) seurannan järjestäminen erittäin työlästä.

3.2.2 Artiklan 3.4 mukaiset lisätoimet Suomessa

Kioton sopimuksen artiklan 3.3 mukaisen rajauksen ulkopuolelle jäävistä hiilinieluista osa tulee sisältymään artiklan 3.4 tarkemmassa määrittelyssä hyväksyttäviin hiilinieluihin. Artiklan 3.4 mukaan sopijaosapuolien tulee ilmoittaa hiilivarastonsa suuruus ja siinä tapahtuvat muutokset vuodesta 1990 alkaen. Lisäksi artiklassa 3.4 määritellään, että osapuolikokous tulee päättämään mitä lisätoimenpiteitä hyväksytään hiilinieluiksi päästövähennystavoitteita tarkasteltaessa³.

Suomen kannalta tarkasteltuna artiklan 3.4 tulkintavaihtoehtojen rajoissa ovat sekä merkityksettömän pienien lisätoimien sisällyttäminen hyvitetäviksi hiilinieluiksi että suurimmillaan koko metsämaan/metsätalousmaan puuvarannon hiilinielun sisällyttäminen kokonaan tai osittain (esimerkiksi poliittisesti sovitun hyvitysprosentin mukaan) Kioton päätöspöytäkirjan mukaisten hiilinielujen laskentaan.

Puuvarojen ohella Kioton sopimukseen artikla 3.4 voidaan määritellä kattamaan myös metsä- ja/tai maatalousmaan hiilinielut sekä puutuotteiden hiilinielut. Mahdolliseksi artiklaan 3.4 sisältyviksi toimenpiteiksi, joilla vahvistetaan hiilinieluja, on esitetty muun muassa metsänhoitoa, maatalousmaan viljelymenetelmien (maanmuokkauksen, kastelun, eroosiontorjunnan ja ravinnetalouden hoitamisen) muuttamista, pelto-metsäviljelyn kehittämistä ja laidunmaiden hoidon muutoksia. Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) inventointi- ja raportointiohjeissa on todettu, että maailmanlaajuisesti merkittävimmät aktiviteetit ovat metsien hiilivaraston muutos, metsän ja ruohikkoalueiden muutos, sekä hoidettujen alueiden hylkääminen. Nämä IPCC:n inventointi- ja raportointiohjeiden mainitsemat toimenpiteet eivät kerro, mikä on ihmistoiminnan aikaansaama ja mikä on hiilivaraston muutos. Metsänhoidon hiilinieluja vahvistaviksi toimiksi on esitetty metsänuudistamisen tehostamista, puulajin ja sopivan alkuperän valin-

³ Kioton pöytäkirjassa artikla 3.4 on tältä osin seuraavan muotoinen: ‘...*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 or to subtracted from, the assigned amounts for Parties*’

taa, metsänlannoitusta, metsätuhojen torjuntaa, metsäpalojen torjuntaa, hakkuiden ajoittamista ja metsien suojelua. Metsänhoitomenetelmin saavutettavaa hiilinielua pidetään globaalisti merkittävänä, mutta yksittäisten toimenpiteiden mahdollisista vaikutuksista ei ole koottu arvioita.

Kioton pöytäkirjassa edellytetään, että hyvitettävien hiilinielujen ja -päästöjen täytyy olla ihmistoimin aikaansaatuja. Kuitenkaan mitatusta metsien kasvun vaihtelusta ei ole suoraan pääteltävissä mikä osa on ihmistoimin aikaansaatua ja mikä seurausta luonnollisesta sukkessiosta, ilmaston lämpenemisestä tai ilman epäpuhtauksien laskeumasta. Joidenkin toimenpiteiden vaikutuksia on mahdollista arvioida kokeellisissa tutkimuksissa todennettujen kasvun muutosten perusteella. Tällöin metsien hiilinielun estimointi ei kuitenkaan perustuisi valtakunnallisesti kattavaan ja harhattomaan aineistoon vaan huomattavasti pienemmän kokeellisessa tutkimuksessa kertyneen aineiston sekä mallilaskelmien perusteella tehtyihin yleistyksiin. Yksittäisten toimenpiteiden todennettavuus oikeudellisesti sitovan kansainvälisen sopimuksen tarpeisiin on vaikeaa.

Suomen boreaalisiin metsiin sitoutunut hiilimäärä on yhteensä noin 6,46 Pg (=6 460 Tg), josta kivennäismaiden maaperässä noin 1,04 Pg ja turvemaidella noin 4,8 Pg (Kauppi ym. 1997). Suomen metsien puustoon sitoutunut hiilimäärä oli 1990-luvun alussa noin 0,68 Pg (Mäkipää ja Tomppo 1998). Jos Suomen metsämaan puuvarannon kasvu olisi vuosina 2008-2012 välillä 10-25 milj. m³ vuodessa, niin tällöin kasvun aikaansaama hiilen vuotuinen nettohiilinielu olisi noin 3,5-8,8 Tg vuodessa (Mäkipää ja Tomppo 1998) eli 13-32 miljoonaa CO₂ tonnia vastaava määrä.

Kansallisen metsäohjelman 2010 mukaisesti Suomen metsien vuotuinen hakkuukertymä nousisi noin 63-68 miljoonaa kuutiometriin vuoteen 2010 mennessä. Hakkuukertymää vastaava puuston kokonaispoistuma olisi arviolta noin 70-75 miljoonaa kuutiometriä. Metsäohjelman laskelmista johdetut puuston kasvuarviot olisivat vastaavasti noin 77 miljoonaa kuutiometriä. Tällöin puuston lisäys vuonna 2010 olisi Suomessa alustavan arvion mukaan noin 2-8 miljoonaa kuutiometriä eli karkeasti arvioiden noin 3-10 miljoonaa CO₂ tonnia vastaava vuosittainen nettohiilinielu. Vuoden 2010 jälkeen puuston kasvun arvioidaan KMO:n mukaan edelleen nousevan ja puuston kokonaistilavuuden kasvavan. Tällöin vuonna 2010 vuosittainen nettohiilinielu olisi pienempi kuin 1990-luvun toteutunut arvo.

Ilmastopöytäkirjan tulevat osapuolikokoukset ratkaisevat mikä osa kokonaishiilinielusta otetaan Kioton pöytäkirjan mukaisessa hiilinielujen laskennassa mukaan. Osapuolikokous voi joutua muun muassa määrittelemään hiilinielun perustason/vertailutason sekä päättämään miten ihmistoimin aikaansaadut hiilinielut erotetaan kokonaishiilinielusta. Kioton pöytäkirjaneuvotteluiden yhteydessä oli esillä vaihtoehto, jonka mukaan vuosittaista metsien hiilivaraston muutosta tulisi verrata vuoden 1990 aikana tapahtuneeseen hiilivaraston muutokseen. Suomen metsien nettohiilinielu oli vuonna 1990 suuri (23,8 milj. tn CO₂). Sitoumuskaudella 2008-12 nettohiilinielun arvioidaan olevan huomattavasti tätä pienempi. Laskentatapa olisi tuonut joka vuosi erotuksen verran

miinusta kansalliseen kasvihuonekaasutaseeseen. Tästä laskentatavasta kuitenkin luovuttiin.

Vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna Suomen puuvarannon kasvun aiheuttama hiilinielu on toistaiseksi ollut huomattava, joskin pienenemään päin. Artiklan 3.4 tarkempaan määrittelyyn liittyvät neuvottelut ratkaisevat kuinka huomattava rooli metsien hiilinielulla tulee olemaan päästövähennystavoitteisiin pyrittäessä.

Kasvillisuuteen sitoutunut hiilimäärä on varsin pieni verrattuna metsämaahan ja erityisesti soiden turvevaroihin sitoutuneeseen hiilimäärään. Metsämaahan ja turvevaroihin sitoutuneen hiilimäärän arvioidaan olevan lähes kymmenkertainen puustoon sitoutuneeseen hiileen verrattuna, joten maan hiilivarannon muutoksilla voi olla huomattava ilmastovaikutus. Kivennäismaiden hiilivaraston muutoksen on arvioitu olevan välillä -1,1 Tg ja +0,54 Tg ja turvemaiden noin +3,6 Tg vuodessa (Liski 1997, Laine ym. 1996). Muutoksia maan ja turvevarojen hiilimäärissä aiheuttavat muun muassa kasvillisuus, metsämaan muokkaus, metsänojitus, metsälannoitus, muuttuva ilmasto ja typpilaskeuma. Monilla metsätalouden toimenpiteillä, kuten hakkuilla ja niiden ajoituksella sekä metsäpalojen torjunnalla, voidaan aktiivisesti vaikuttaa maaperän hiilivarastoon.

Metsämaan hiilivarojen ja erityisesti hiilinielujen arvioiminen on huomattavasti vaikeampaa kuin puuston nielujen ja käytettävissä olevien aineistojen perusteella epäluotettavampaa kuin puustoon sitoutuneen hiilimäärän arviointi. Metsätalouden ja muun ihmisen toiminnan vaikutukset tulisi tuntea nykyistä paremmin ja varannon seurantatapoja tulisi kehittää, jotta maan hiilivarannon muutokset voitaisiin luotettavasti arvioida. Tämä vaatii huomattavaa kansallista ja kansainvälistä tutkimuspanosta. Artiklaa 3.4 koskevassa jatkotyössä on ollut metsämaata enemmän esillä maatalousmaan sisällyttäminen nielutarkasteluun. Maatalousmaan hiilivarannon kasvattamisella viljelymenetelmiä muuttamalla katsotaan olevan huomattavaa maailmanlaajuisista merkitystä.

3.2.3 Kioton pöytäkirjan nielulaskennan vaikutusten kansainvälistä vertailua

Metsien hiilinielun merkitys Kioton pöytäkirjan mukaisten päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa vaihtelee maittain ja sovellettavien määritelmien sekä sopimuksen tulokinnan mukaan. Mikäli otetaan huomioon vain artikkelissa 3.3 mainitut hiilinielut IPCC terminologian ja laskentakäytäntöjen mukaan, metsien ennustettu hiilinielu on suurin Uudessa-Seelannissa (1,35 Tg/v) ja Iso-Britanniassa (0,8 Tg/v) (Liski ym., 2000, Mäkipää unpublished). Uuden-Seelannin näin laskettu hiilinielu olisi suuruudeltaan noin 20% maan hiilidioksidipäästöjen (25 milj. tonnia CO₂ vuonna 1990) hiilimärästä. Maalle asetettu päästövähennystavoite Kioton sopimuksen mukaan on saattaa päästöt vuoden 1990 tasolle, joten maa selvinnee Kioton sopimuksen velvoitteista päästöjä vähentämättä. Toisaalta metsien hakkuiden ajoittuminen sitoumuskaudelle voi aiheuttaa huomattavat laskennalliset päästöt. Asiaa tulee tarkastella säännöistä päätettäessä.

Artiklan 3.3 rajausta ja IPCC määritelmiä soveltaen metsät ovat monissa metsäisissä maissa hiilen lähde, koska metsien hävittämisestä vapautuu enemmän hiiltä kuin

metsitettyjen alueiden puustoon sitoutuu. Suurimmillaan artiklan 3.3 tarkoittama hiilen lähde on Yhdysvalloissa (18,9 Tg/v), Ranskassa (2,7 Tg/v), Suomessa (0,08 Tg/v) ja Itä-vallassa (0,07 Tg/v) (Liski ym., 2000, Mäkipää unpublished). Näin siitä huolimatta, että kaikkien edellä mainittujen maiden puuston hiilivaraston on ennustettu kasvavan eli metsät ovat hiilinielu Kioton sopimuksen sitoumuskaudella (Liski & Kauppi, 2000).

Artiklan 3.3 rajausta ja IPCC määritelmiä soveltaen EU-maiden yhteenlaskettu hiilinielu (0,11 Tg C/v) on merkityksettömän pieni verrattuna alueen hiilidioksidipäästöihin, vaikka yksittäisten maiden kuten Portugalin ja Irlannin osalta se vastaa suuruudeltaan yli kuusi prosenttia maiden hiilidioksidipäästöistä (Liski et al. 2000). Laskelmissa Uuden-Seelannin vuosittaiseksi metsityspinta-alaksi on arvioitu 43 000 ha (FAO, 1999), kun vastaavasti EU-maiden yhteenlasketuksi metsityspinta-alaksi on arvioitu 110 000 ha/v ja metsiä oletetaan häviävän 76 000 ha/v (FAO, 2000). EU-maiden suurimmat metsityspinta-alat on tähän mennessä tilastoitu Portugalissa (28 000 ha/v) ja Isossa-Britanniassa (23 000 ha/v). Suomessa peltoja on metsitetty viimeisimmän 10-vuoden jaksolla noin 9000 ha/v. Laskelmat pohjautuvat FAO:n (2000) metsävaratietoihin ja niissä on oletettu metsitysalojen puuston kasvuksi maittaiset puuston keskikasvut (Liski ym. 2000), joten luvut eivät ole vertailukelpoisia taulukossa 9 esitettyjen Suomea koskevien laskelmien kanssa.

Artiklasta 3.4 päätettäessä tulee sopimuksen piiriin mahdollisesti osa artiklan 3.3 rajauksen ulkopuolelle jääneistä metsätalouden hiilinielua kasvattavista toimista. Laajimmillaan sopimus voisi käsittää koko metsätalouskäytössä ja suojelun piirissä olevan metsätalouden puuvarannon hiilivaraston kasvun sekä metsä- ja maatalouden hiilivaraston muutokset. Maan hiilivaraston muutoksista ei ole kattavia maakohtaisia arvioita, mutta puuvarannon hiilivaraston muutoksia voidaan laskea olemassaolevan metsävaratiedon pohjalta. FAO (2000) on koontanut yhteenvedon metsävaratietoon perustuvista hiilivarastoista ja niiden muutoksista. Laskelmien mukaan suurimmat hiilinielut ovat Venäjällä, Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Australiassa. EU-maiden (EU15) yhteenlaskettu puuston hiilinielu on laskelmien mukaan 63 Tg C/v (Liski & Kauppi, 2000). EU-maiden suurimmat puuston hiilinielut ovat Saksassa, Ruotsissa ja Ranskassa. Suomen metsien puuston vuosittaisen hiilinielun on arvioitu olevan sopimuskaudella (2008-12) 3,5-8,8 Tg C (Mäkipää ja Tomppo 1998), 6,6 Tg C/v (Liski & Kauppi, 2000) tai 0,8-2,8 Tg C/v (KMO:n mukainen hakkuukertymävaihtoehto 63-68 milj. m³; Seppälä 1999).

3.3 KIOTON MEKANISMIT JA METSÄT

3.3.1 Yleistä

Teollisuusmaista erityisesti USA ajoi Kioton pöytäkirjaneuvotteluissa päästövähennystavoitteen saavuttamisen toimeenpanoon joustavuutta ja kustannustehokkuutta. Kioton pöytäkirjan perusteella sopimuspuolten käytössä on kolme pääasiallista joustomekanis-

Taulukko 11. Puuston hiilivarasto ja hiilitase metsämaalla ja muulla puustoisella maalla (Liski & Kauppi, 2000).

	Puuston hiilivarasto puubiomassassa Tg C eli milj. tonnia C	Puuston hiilinielu Tg C/v eli milj. tonnia/vuosi
EU15 yhteensä	5011	63
josta		
Itävalta	580	5
Suomi	647	7
Ranska	839	10
Saksa	920	14
Espanja	187	4
Ruotsi	1046	11
Iso-Britannia	132	2
Venäjä	39631	429
Kanada	11891	93
Yhdysvallat	18627	166
Australia	5384	43
Japani	1277	14
Uusi-Seelanti	1088	5

mia: (i) hankekohtainen yhteistoteutus (Joint Implementation, JI), (ii) puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism, CDM) ja (iii) kansainvälinen päästöoikeuksien kauppa (Emission Trading, ET). Kioton mekanismeja soveltaen vuonna 1995 käynnistetyin ilmastopimuksen alaisen yhteistoteutuksen koevaiheen (AIJ) kautta toimeenpanosta on saatu alustavia kokemuksia.

Joustomekanismien käytön säännöistä on neuvoteltu edelleen ilmastopimuksen kokouksissa. Ilmastopimuksen neljännessä osapuolikokouksessa sovitun nk. Buenos Airesin työohjelman mukaisesti Kioton mekanismeista odotetaan tehtävän konkreettisia päätöksiä kuudennessa osapuolikokouksessa Hollannin Haagissa marraskuussa vuonna 2000. Keskeinen avoin kysymys on, kuinka suuren osan määrällisestä päästövähennystavoitteesta teollisuus- ja siirtymätalouden maat voivat suorittaa joustomekanismeilla. Kolmen varsinaisen joustomekanismin lisäksi niin kutsuttua päästökuplaa voidaan myös pitää yhtenä joustavuutta lisäävänä mekanismina.

3.3.2 Hankekohtainen yhteistoteutus (Joint Implementation)

Pöytäkirjan artiklan 6 mukaisesti yhteistoteutuksessa teollisuusmaa voi investoida toisen kehittyneen maan alueella toteutettavaan päästöjä vähentävään hankkeeseen ja lukea näin syntyneen päästövähennyksen omaksi hyödykseen joko kokonaisuudessaan tai osittain. Tämä niin sanottu hankekohtainen yhteistoteutus perustuu vastavuoroiseen yhteisymmärrykseen ja edellyttää valtioiden välistä sopimusta.

Nielun vahvistaminen on sisällytetty projektikohtaisiin yhteistoteutushankkeisiin. Nielulaskennan säännöistä sopiminen sekä yhteensopivuus muiden nielukysymysten osalta ovat vielä avoimia neuvottelukysymyksiä. Yhteistoteutuksen keskeinen ehto on, että hankkeen vaikutuksen tulee täyttää niin kutsuttu lisäisyyskriteeri ("additionality") eli hankkeen tulisi olla ylimääräinen siihen tilanteeseen verrattuna mikä muuten tulisi ilmenemään.

Useat valtiot ovat tehneet koeluonteisia yhteistoteutushankkeita (AIJ) ja järjestöt ovat laatineet selvityksiä yhteistoteutushankkeiden valmistelemiseksi. Yhteistoteutushankkeiden rahoittajina ovat käytännössä läntiset teollisuusmaat ja kohdemaina ensisijaisesti siirtymätalouden maat. Vaikuttaa epätodennäköiseltä, että teollistuneet länsimaat aloittaisivat niiden keskinäisiä nieluja koskevia hankkeita. Nielujen sisällyttäminen yhteistoimeenpanon hanketoteutukseen voidaan pitää myönteisenä, mutta niiden toimeenpanoon liittyy myös joitain riskejä.

Taulukko 12. Nieluhankkeet osana hankekohtaista yhteistoteutusta.

Myönteiset vaikutukset:

- Tunnustetaan metsien ja muiden nielujen merkitys ilmastomuutoksen hallinnassa.
- Tarjoaa mahdollisuuden metsätalouden kehittämiseen ja sitä kautta vahvistetaan mm. bioenergian mahdollista käyttöä.
- Lähestymistapa tarjoaa mahdollisuuden metsä- ja muita nielusektoreita koskevien uusien rahoitusmuotojen (julkinen ja yksityinen) kehittämiseen ja/tai kasvattamiseen.
- Nieluhankkeet, kuten esimerkiksi metsityshankkeet, voivat olla päästövähennyshankkeisiin verrattuna kustannustehokas tapa tähän mennessä sovitun päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi.
- Suomella on tarjota korkeatasoista asiantuntemusta ja tekniikkaa metsityshankkeiden toteuttamiseksi. Hankkeet voivat tarjota mahdollisuuksia asiantuntija- ja teknologiaviennille.

Nieluhankkeisiin voi sisältyä riskejä tai ne voivat aiheuttaa myös kielteisiä sivuvaikutuksia:

- Siirtymätalouden maissa maanomistus on edelleen paljon julkiseen maanomistukseen pohjautuvaa tai vakiintumatonta. Myös kehitysmaissa metsityshankkeiden pysyvyyttä uhkaavat muun muassa väestönkasvun ja maankäytön muutosten aiheuttamat paineet. Nieluhankkeet edellyttävät pitkäjärjenteistä tarkastelua ja muuttuvissa olosuhteissa investoinnin riskit voivat muodostua suuriksi.
- Metsityshankkeet voivat huonoimmillaan aiheuttaa ei-toivottuja sosiaalisia tai ympäristöllisiä vaikutuksia mm. luonnon monimuotoisuuden kannalta, maiseman suojelun ja paikallisväestön olojen kannalta. Useat merkittävät tahot ovat suhtautuneet kielteisesti laajamittakaavaisiin istutushankkeisiin etenkin jos istutuksissa on käytetty maan lajistoon kuulumattomia puulajeja.
- Metsityshankkeiden avulla kasvatetaan julkisen rahoituksen ja/tai järjestelyiden turvin Suomen ulkopuolelle metsätalouden perustaa ja siten voidaan luoda alhaisemman kustannustason maihin Suomelle kilpailevaa metsätalouden ja -teollisuuden potentiaalia. Julkisen sektorin tukien avulla rahoitetut metsityshankkeet saattavat kasvattaa puuntarjontaa pitkällä tähtäimellä ja täten vääristää metsätalouden ja teollisuuden kilpailutilannetta.
- Metsityshankkeiden lisääminen johtaa painopisteen siirtymistä pois boreaalisella havumetsävyöhykkeellä harjoitettavasta olemassa olevien metsien hoidosta ja käytöstä viljelymetsätaloutta suosivaan suuntaan.

3.3.3 Puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism)

Kioton pöytäkirjan artiklan 12 mukaan teollisuus- ja kehitysmaat voivat toteuttaa keskenään kasvihuonekaasujen päästövähennyshankkeita. Kehitysmailla, jossa hankkeet toteutetaan, ei kuitenkaan ole määrällistä päästövähennysvelvoitetta. Hankkeiden kautta aikaansaadun päästövähennyksen tulee olla myös kolmannen osapuolen todennettavissa. Järjestelmää pidetään tärkeänä uutena rahoitusmahdollisuutena kehitysmaiden ympäristöinvestoinneille sekä kestävä kehityksen edistämiseksi. Artiklassa 12 ei ole mainittu nielujen sisällyttämisestä puhtaan kehityksen mekanismiin.

Kansainvälisesti on käyty keskusteluja siitä, tulisiko nieluhankkeet sisällyttää puhtaan kehityksen mekanismiin vai ei. EU:n piirissä vallitseva käsitys on, että nykyisellään nieluja ei ole sisällytetty puhtaan kehityksen mekanismiin, mutta pöytäkirjan ratifiointin jälkeen sen päättävä elin eli osapuolikokous (COP/MOP) voi päättää myös toisin. EU kuitenkin näkee kysymyksen osana laajempaa COP6-neuvotteluasemaa. Kehitysmaiden keskuudessa asiasta vallitsee erilaisia näkemyksiä. Esimerkiksi Costa Rica on toiminut erittäin aktiivisesti metsitys- ja muidenkin ympäristöhankkeiden sisällyttämiseksi puhtaan kehityksen mekanismiin. Teollisuusmaista Norja, Hollanti ja USA ovat valmistelleet ja toteuttaneet nielumetsityshankkeita yhteistoteutuksen koevaiheessa (Activities Implemented Jointly, AIJ).

Nieluhankkeiden mahdollinen sisällyttäminen osaksi puhtaan kehityksen mekanismeja voi aiheuttaa myönteisiä tai jopa haitallisia vaikutuksia. Kehitysmaissa ja erityisesti trooppisen kasvillisuusvyöhykkeen kehitysmaissa nieluhankkeiden erilaiset vaikutukset voivat olla voimakkaita. Puuston kasvupotentiaali ja myös nieluhankkeiden potentiaali ovat selvästi korkeammalla tasolla kuin boreaalisen ja lauhkean vyöhykkeen maissa (joissa suuri osa teollisuus- ja siirtymätalouden maista on), kustannustaso huomattavan alhainen, mutta huoli kielteisistä sosiaali- ja ympäristövaikutuksista on suuri.

Puhtaan kehityksen mekanismin hankkeiden yhdeksi ehdoksi on Kioton pöytäkirjassa mainittu, että hankkeet edistävät kohdemaan kestävä kehitystä. Tämän periaatteen nojalla voidaan laatia säännöstö, jolla voidaan torjua kielteisiä sosiaali- ja ympäristövaikutuksia.

Kuten nieluja koskevien laskentasääntöjen tulkinta, niin myös tropiikin nopeakasuisten ja näin myös lyhytkiertoisten metsitysalueiden osalta on epäselvää, kuinka hiilivaraston lisääntyminen ja vähentyminen mahdollisesti otettaisiin huomioon sitoumuskauden aikana tai sen jälkeen. Metsähankkeiden potentiaalia ja kustannustasoa arvioitaessa on ratkaisevaa tietää, kuinka puuston kiertoajan pätehakkuun hiilitasevaikutus otetaan huomioon.

Nieluhankkeiden sisällyttäminen puhtaan kehityksen mekanismiin voisi tarjota kaikkein köyhimmille maille, erityisesti Afrikassa, mahdollisuuden päästä osaksi

mekanismin toimeenpanoa, sillä päästövähennyshankkeet keskittyisivät todennäköisesti varakkaisiin kehitysmaihin. Yksityisen rahoituksen turvin metsityshankkeet keskittyvät paljolti jo nykyisin valtioihin ja alueille, jossa on jo kokemusta istutusmetsätalouden harjoittamisesta ja joissa on suhteellisen hyvä infrastruktuuri, vakaat maanomistusolot ja vähäinen sijoitusriski - lähinnä Latinalaisen Amerikan ja Aasian maihin.

Julkisen avun turvin rahoitetaan jo nykyisin metsitys-, polttopuu- ja peltometsähankkeita kaikkein köyhimmissä maissa erityisesti kuivuuden vaivaamilla alueilla. Tällaisten olemassa olevien sosiaali- ja ympäristöperusteisten hankkeiden kirjaaminen nieluhankkeiksi ei välttämättä täytä lisätoimen ("*additional*") vaatimusta. Aidolla lisärahoituksella voitaneen lisäisyyden ehto kuitenkin täyttää.

Maailman metsäala vähenee vuosittain noin 13 miljoonalla hehtaarilla. Väheneminen on suurinta kehitysmaissa. On arvioitu, että maailman hiilidioksidipäästöistä noin 20% johtuu metsien vähenemisestä, joka on seurausta usean eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Keskeinen kysymys onkin, voitaisiinko nieluhankkeilla estää tai edes hidastaa metsien laadullista ja määrällistä häviämistä.

Nieluhankkeiden sisällyttämisen puhtaan kehityksen hankkeisiin voi johtaa epätydyttävään tilanteeseen, jossa valtiot voisivat laskea hyväkseen metsityshankkeiden kautta aikaansaadun hiilivaraston lisäyksen, mutta samanaikaisesti tapahtuva metsien häviämisestä aiheutuva hiilivaraston väheneminen ("vuoto") ei tule otetuksi huomioon päästö määrää laskettaessa.

3.3.4 Päästökauppa (Emission Trading)

Artiklan 17 mukaan kansainvälisen päästöoikeuksien kaupan avulla pöytäkirjan ratifioineet sopimuspuolet voivat myydä osan päästövähennyksestään muille osapuolille. Toiminta nojaa markkinoiden toimintaan ja sen avulla pyritään suuntaamaan päästövähennystoimenpiteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Artiklassa 17 ei ole mainittu nielujen sisällyttämisestä päästökauppaan. Artiklassa on kuitenkin viitattu yleisesti artiklan 3 mukaisiin sitoumuksiin.

Nielujen sisällyttämisestä päästökauppaan on keskusteltu kansainvälisesti. Teoreettisesti kyseessä olisi tietyn ulkoisen arvon (hiilidioksidin sitomisen) sisäistämisestä metsätalouden harjoittamiseen. Mahdollisen metsänielukaupan erityispiirteenä olisi, että hiilidioksidin sitoutumisen kautta aikaansaatu hiilivaraston lisäys sekä vapautuminen, eli puustomäärän kasvu ja poistuma ovat jo taloudellisen toiminnan eli puukaupan piirissä. Sen sijaan kasvihuonekaasujen päästökauppa luo uudenlaisen hyödykekaupan. Uusi Seelanti, Australia ja Alankomaat ovat ilmoittaneet olevansa halukkaita siihen, että nielujen sisällyttämistä päästökauppaan kehitetään.

Taulukko 13. Nielut päästökaupan osana edellyttävät vastausta useaan kysymykseen.

- Minkä tyyppiset nielutoimet, päästöt tai hiilivaraston muutokset hyväksyttäisiin järjestelmän piiriin? Olisiko mahdollista rajata tiettyjen sektoreiden (metsä- ja maatalous) toimet, nielut ja päästöt, jättää järjestelmän ulkopuolelle?
- Mikä vaikutus nielujen sisällyttämisestä päästökauppaan olisi metsä- ja maatalousmaan arvoon, metsän arvoon, puukauppaan ja metsäteollisuuden toimintaan?
- Suomessa on noin 440 000 metsäkiinteistöä. Pellon metsitystä ja vajaatuottoisten metsien uudistamista on tuettu julkisin varoin. Kuinka nielujen aiheuttama hiilensitoutuminen kohdennetaisiin ja kompensoitaisiin julkisen vallan ja maanomistajien kesken?
- Kuinka nielucauppa ja päästövähennemä/nielusertifiointi tulisi järjestää? Voisiko metsäsertifiointi tarjota pohjan myös nielusertifioinnin järjestämiseksi?
- Mikä olisi kansallisen, EU-tason tai kansainvälisen nielucaupan suhde toisiinsa?
- Olisivatko nielusertifikaatit laajasti vaihdettavissa? Kuinka mahdollisesti rajoitettu nielucauppa olisi yhdenmukainen vapaan kaupan säädösten ja kilpailusäädösten kanssa.
- Onko erilaisiin toimenpiteisiin perustuva nielulaskenta oikeudenmukainen kaikille osapuolille? Jos esimerkiksi nielujen osalta hyvitetään hiilivaraston muutos vuoden 1990 jälkeisistä toimista tai jos otetaan käyttöön IPCC:n määritelmiä, jolloin tarkastelun piirissä olisi vain istuttamalla aikaansaatu hiilivaraston muutos, ei kylvämällä tai luontaisesti uudistamalla aikaansaatu hiilivaraston muutos, niin kuinka turvataan eri osapuolten tasapuolinen kohtelu?

3.4 NIELUT OSANA KESTÄVÄÄ METSÄTALOUTTA

3.4.1 Kestävän metsätalouden osatekijät

Suomi on sitoutunut kansallisesti ja kansainvälisesti edistämään kestävää metsätaloutta. Kestävän metsätalouden, kuten kestäväen kehityksenkin, kolme keskeistä pilaria ovat ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys. Kestävän metsätalouden lähtökohdat on määritelty ensimmäistä kertaa maailmanlaajuisesti YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssin (UNCED; Rio de Janeiro, 1992) hyväksymissä metsien hoitoa, käyttöä, suojelua ja kestävää kehitystä koskevassa metsäperiaatteissa sekä toimintaohjelmassa Agenda 21. Näitä periaatteita on edelleen kehitelty ja viety käytäntöön maailmanlaajuisesti yleiseurooppalaisella tasolla Euroopan metsäministerikonferenssin avulla, tehostamalla Euroopan Unionin metsäasioiden hoitoa sekä kansallisesti.

1990-luvulla Suomessa on toteutettu metsäpolitiikan laajentuminen metsien käytön ekologian, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyuden suuntaan. Metsätalouden ympäristöohjelman pohjalta metsänhoito-ohjeita ja suosituksia on uudistettu, sekä suojeluohjelmien toteuttamista on jatkettu.

Kansallisen metsäpolitiikan suunnannäyttäjänä ja keskeisenä työkaluna on vuonna 1999 hyväksytty kansallinen metsäohjelma 2010, jonka toteuttamiseen maan hallitus on sitoutunut hallitusohjelmassaan. Kansallisen metsäohjelman tarkoituksena on kehittää metsien hoitoa, käyttöä ja suojelua edelleen siten, että Suomen metsät säilyvät terveinä, elinvoimaisina ja monimuotoisina ja samalla tyydyttävät monipuolisesti ja kestävästi suomalaisten aineellisia ja henkisiä tarpeita. Metsäohjelmalla osoitetaan samalla Suomen sitoutuminen kansainvälisiin metsien kestävää käyttöä ja suojelua koskeviin

prosesseihin. Vuoteen 2010 ulottuvan metsäohjelman peruslinjaukset ohjaavat viranomaisten ja metsäsektorin osapuolten toimintaa siten, että Suomen metsätalous on ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää.

Koska metsäsektorilla on Suomessa erittäin suuri merkitys hyvinvoinnille ja taloudelliselle kehitykselle, niin metsäohjelman avulla tulee pitää huoli metsätalouden kannattavuudesta, tehokkuudesta ja kilpailukyvyistä. Puun tarjonnan instituutioiden kehittämisellä ja muiden sektoreiden koordinoitulla politiikalla (energia-, vero-, liikenne-, jne.) on huolehdittava siitä, että Suomi säilyy edelleen kilpailukykyisenä metsäteollisuuden investointikohteena.

Taulukko 14. Kansallisen metsäohjelman visio - eli toivottu tila vuoteen 2010.

Metsät turvaavat kestäväää kehitystä.

Uusiutuvana luonnonvarana metsät tarjoavat luontevan ja hyvän pohjan Suomen taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväälle kehitykselle. Metsillä ja puutuotteilla on merkitystä myös hiilinieluinä ja -varastoinä hidastamassa kasvihuoneilmiötä. Metsäpolitiikassa noudatetaan avoimia, eettisesti korkeatasoisia toimintatapoja.

Metsät ovat elinvoimaisia ja monimuotoisia.

Taloustmetsiä hoidetaan ja käytetään siten, että ne säilyvät elinvoimaisina ja monimuotoisina sekä turvaavat kestävästi niin puuntuotannon kuin muutkin metsien tarjoamat hyödyt. Suojelalueiden edustavuus on kartoitettu, ja sen pohjalta on laadittu Etelä-Suomeen painottuva myös taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat huomioonottava metsiensuojeluohjelma, jonka toteuttaminen on pitkällä.

Markkinalähtöinen, kannattava metsätalous ja metsäteollisuus tarjoavat työtä ja toimeentuloa.

Kilpailukykyinen metsäklusteri erityisesti puuteollisuuden jatkojalostuksen ja muun pk-yritystoiminnan osalta on nykyistä laajempi ja puun energiäkäyttöä on enemmän. Metsäsektori toimii markkinalähtöisesti. Kuluttajat luottavat Suomen metsätalouden kestävyteen kotimaassa ja ulkomailla. Metsätalous, erityisesti Suomelle tärkeä perhemetsätalous, on kannattavaa ja ylläpitää muun maaseudun pienyritystoiminnan kanssa maaseudun asutusta. Puuntuotannon määrä ja laatu on korkea ja metsänhoito vastaa kestäväen puunkäytön tarpeita.

Metsät virkistävät henkisesti ja kulttuurisesti.

Metsätaloudessa huolehditaan maisema- ja kulttuuriarvoista sekä muista monikäyttömuodoista kuten metsästyksestä, porotaloudesta ja matkailusta. Jokamiehenoikeudet antavat kaikille mahdollisuuden nauttia metsistä ulkoilemalla, retkeilemällä, marjastamalla ja sienestämällä.

Suomen metsäosaaminen on huipputasoa.

Tiedon osuus metsään pohjautuvissa tuotteissa kasvaa. Suomen metsäalan koulutus, tutkimus sekä tuotteiden ja palveluiden tuotekehitys ovat kansainvälistä huipputasoa. Koulutus ja tutkimus ovat verkottuneet yritysten kanssa, jotka tuottavat uusia, tietointensiivisiä ja kilpailukykyisiä tuotteita ja palveluita. Korkeatasoinen kestäväen metsätalouden osaaminen on myös vientituote.

Suomi on aktiivinen kansainvälisesti.

Suomi on aktiivinen kestäväen metsätalouden kehittämisessä maailmalajuisesti, Euroopassa ja lähialueilla. Euroopan unionin metsäasioiden koordinointi on parantunut. Läheisyysperiaatetta noudattaen painaan painoa koko Euroopan metsäklusterin kehittämiselle.

Metsäohjelmaan kuuluu myös toimenpiteiden seuranta ja arviointi, joiden avulla metsien käyttöä ja suojelua parannetaan ja kehitetään jatkuvasti.

Kestävän kehityksen ideaalien mukaisesti eri ulottuvuuksia, ekologisuus, taloudellinen ja sosiaalinen, tulisi tarkastella ja kehittää tasapainoisesti. Seuraavassa pyritään nostamaan esille joitakin kysymyksiä koskien ilmastopolitiikan ja erityisesti metsien hiilivarantojen sekä kestävä metsätalouden edistämisen näkökulmasta.

3.4.2 Ilmastokysymykset ja metsien muut ympäristöulottuvuudet

Ilmastokysymysten lisäksi toinen maailmanlaajuinen huoli - luonnon monimuotoisuuden turvaaminen ja sen kestävä käyttö - on saanut osakseen maailmanlaajuisia ja kansallista huomiota. Yhdistyneiden kansakuntien ympäristö- ja kehityskonferenssissa Rio de Janeirossa 1992 solmittiin kansainvälisen ilmastopimuksen lisäksi kansainvälinen biodiversiteettisopimus. Vaikka näillä sopimuksilla on paljon käytännön yhtymäkohtia, ei yhteistyötä niiden toimeenpanossa ole tehty, vaan kumpaakin tarkastellaan erikseen.

Ilmastomuutoksella on suuri vaikutus metsäluonnon monimuotoisuuteen. Ilmaston lämmetessä muun muassa puulajikoostumus muuttuu. Suomessa jalot lehtipuut voivat kasvaa huomattavasti nykyistä pohjoisempana, esimerkiksi tammi ainakin Oulun korkeudella, rohkeimpien ennusteiden mukaan jopa Jäämeren rannalla. Sen sijaan kuusi joutuisi väistymään Etelä-Suomesta, mutta sitä esiintyisi edelleen pohjoisimmassa Suomessa sekä Venäjän Karjalasta itään ja pohjoiseen.

Ilmastomuutoksen vaikutukset kasvien ja eläinten levinneisyyteen tulevat olemaan suuria. Eteläisten lajien osuus kasvaa ja maahan saapuu jopa uusia lajeja. Toisaalta pohjoisen lajiston elinympäristöt vähenevät ja osa lajeista voi kokonaan hävitä. Suomeen voi myös levitä erilaisia metsätuholaisia, jotka kylmät talvet ovat pitäneet loitolla aikaisemmin. Ilmaston lämpenemisen seurauksena myös eliöiden väliset vuorovaikutussuhteet voivat muuttua siten, että tietyt lajit runsastuvat ja toiset taas häviävät esimerkiksi kilpailun, loisten ja petojen vaikutuksesta.

Ilmaston lämpenemisen seurauksen puuston kasvu nopeutuu ja sitä kautta hiilinieluvaikutus ainakin teoriassa lisääntyy. Mikä on sitten esimerkiksi muuttuneiden olosuhteiden vaikutus maaperäeliöihin ja sitä kautta kasvuun, sekä tuholaisten, tautien, myrskyjen tai poikkeuksellisten kuumuus-, kylmyys- ja kuivuusjaksojen vaikutukset, on vielä tuntematonta.

Puuviljelmien perustaminen pelkästään hiilen sidontaa varten vähentää alueen luontaista biodiversiteettiä, jos siitä ei erityisesti huolehdi. Yhden puulajin, erityisesti vieraiden lajien viljelmillä tuholaisten voivat esiintyä massoittain, koska luontaisia vihollisia niille ei välttämättä ole. Esimerkiksi nopeasti kasvavat Eukalyptus-viljelmät muuttavat radikaalisti maaperän vesitaloutta ja tällöin alkuperäisen lajiston elinmahdollisuudet pienenevät. Mitä laajempia "hiilinieluviljelmät" ovat, sitä suurempi niiden vaikutus on

alueen luontaiseen biodiversiteettiin, vaikka ne sitoisivatkin hiilidioksidia tehokkaasti. Hiilinielukykyssä tulisikin myös monimuotoisuusasiat ottaa huomioon samanaikaisesti, jotta välttyttäisiin ongelmilta.

Metsien nielutalouden korostaminen luonnon monimuotoisuuden vaalimisen kustannuksella voi johtaa ylilyönteihin. Ääripäähän vietynä voitaisiin katsoa, että vanhojen metsien suojelusta tulisi luopua ja metsämaat tulisi uudistaa ja hoitaa mahdollisimman tuottavaan kuntoon. Vastaavaan ylilyöntiin olisi mahdollisuus, mikäli pellonmetsitystä ryhdyttäisiin harjoittamaan laajalla alueella ilman, että otettaisiin huomioon maisema- ja luonnon monimuotoisuus -arvot, maataloustuotannolliset sekä aluetaloudelliset näkökohdat.

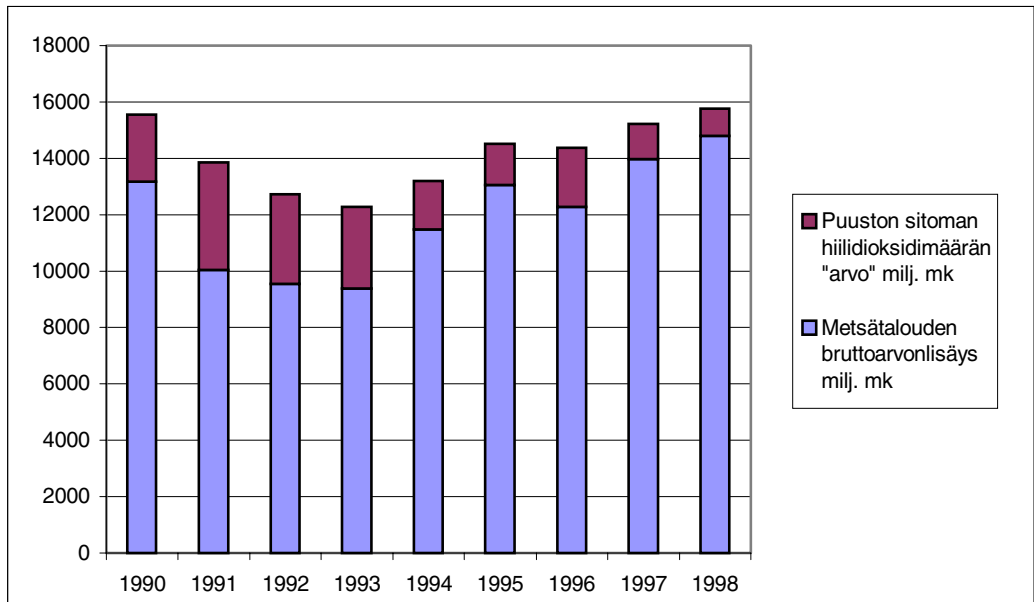
3.4.3 Nielut sekä sosiaalinen ja taloudellinen ulottuvuus

Kestävän kehityksen turvaaminen ja edistäminen edellyttää myös sosiaalista ja taloudellista kehitystä. Metsätaloudessa tarkasteltavia näkökohtia ovat muun muassa kannattavuuden, kilpailukyvyyn, työllisyyden, yrittäjyyden, alueellisen ja maaseudun kehityksen, metsien monikäytön sekä osaamisen edistäminen. Ilmastokysymysten sekä nieluja koskevien näkökohtien arviointi taloudellisen ja sosiaalisen kehityksen näkökulmasta on vielä ollut vähäistä. Tarkasteluja on tehty lähinnä kasvihuonekaasujen vähentämiskustannusten ja energiapoliittisten kysymysten osalta.

Arviot kasvihuonekaasujen vähentämiskustannuksista vaihtelevat. Kauppa- ja teollisuusministeriön Kioto-mekanismien työryhmän raportissa (Kioton mekanismit ja Suomi - soveltamisen lähtökohtia, KTM. 1999) on esitetty alustavia arvioita hiilidioksidin vähentämistoimien kustannuksista kotimaassa (vaihteluväli -1000-3500 mk/tn CO₂) sekä eräiden AIJ-hankkeiden perusteella (vaihteluväli 5-1300 mk/tn CO₂). Työryhmäraportissa esitetään, että vähenemän hintataso voisi asettua 50-200 mk/tn CO₂ välille.

Suomen puuston kokonaishiilivaraston vuotuisen nettokasvun "arvo" voidaan teoriassa määrittellä vaihtoehtoiskustannusten kautta. Tällöin maamme puuston nettonielun "arvo" olisi vaihdellut vuosina 1990-1998 noin 500 miljoonan ja 7,6 miljardin markan välillä, kun hiilidioksiditonin hinta olisi 50-200 mk kotimaan päästövähennystoimenpiteissä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että tuona aikana vuotuiset bruttokantorahatulot ovat vaihdelleet 5,3 ja 10,4 miljardin markan välillä (Metsätilastollinen vuosikirja 1999).

Kioton pöytäkirjan mukainen metsien hiilinielun laskenta tulee odotettavasti vaikuttamaan päästövähennysten kustannustasoon. Rajoitettu nielulaskenta pitää päästövähennyspotentiaalin vähäisenä ja sen arvioidaan nostavan hiilidioksidipäästövähennemän yksikkökustannuksia. Toisaalta laaja-alaisen nieluhyvityksen uskotaan vähentävän kokonaiskustannuksia. Muutos ei tule tapahtumaan kuitenkaan lineaarisesti, sillä todennäköisesti päästövähennemätoimenpiteet suunnataan kustannuste-



Kuva 1. Esimerkki puuston sitoman hiilidioksidimäärän "arvon" suhteesta metsätalouden bruttoarvonlisäykseen. (Perustuen olettamukseen, että vastaavan päästövähennemän "hinta" muiden toimenpiteiden kautta olisi 100 mk/CO₂ tonni.)

hokkaasti halvimpiin kohteisiin. Myös kansainvälinen kysyntä ja tarjonta vaikuttavat tulevaisuudessa hintatasoon. Tutkimus- ja selvitystyötä tulisi suunnata välittömästi taloudellisten vaikutusten arviointiin.

Metsien nieluilla on joitain käsitteellisiä ja menetelmällisiä erityispiirteitä, joiden pohjalta tarvitaan lisäselvityksiä. Arvioitaessa erilaisia nielulaskentatapoja ja niiden vaikutuksia, tulisi ainakin seuraavat toimeenpanoon liittyvät kysymykset ottaa huomioon:

- Yhdenmukaisuus kestävän kehityksen eri ulottuvuuksien, kansallisten ja kansainvälisten periaatteiden ja toimintatapojen kanssa.
- Kannustevaikutukset ja mahdolliset erivapaudet eri sektoreiden ja ryhmien kesken ja välillä.
- Oikeudenmukaisuus eri toimijoiden kesken.
- Kansallisen toimivallan ja lähipäätösperiaatteen turvaaminen.
- Järjestelmän yksinkertaisuus, joustavuus, ennakoitavuus, toteutettavuus, avoimuus, mitattavuus, riippumattomuus paikallisolosuhteista ja soveltamisen laajuudesta.
- Järjestelmän ajallinen jatkuvuus ja kestävyys.

3.4.4 Metsätalouden toimenpiteet

Metsäsektori pystyy vaikuttamaan monin tavoin ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen. Osa yksittäisistä keinoista voi vaikuttaa tehokkaasti lyhyellä aikavälillä - toiset pitkällä aikajaksolla. Koska metsäsektori on sidoksissa kansainvälisesti, yksittäiset toimenpiteet joillain alueilla voivat johtaa toisensuuntaisiin heijastusvaikutuksiin muualla. Vaikka esimerkiksi metsien hyödyntäminen lopetettaisiin ilmastopoliittisista syistä tietyssä maassa, johtaisi tämä kuitenkin lähes välittömästi vastaavan suuruiseen puunkäyttöön muualla. Lisäksi hoitamattoman metsän elinvoimaisuus ja hiilensitomiskyky heikkenisi pitemmällä aikavälillä. Onkin siis epätodennäköistä, että ainakaan Suomessa metsätaloutta ohjattaisiin ensi sijassa ilmastopoliittikan tarpeiden mukaan. Kestävän metsätalouden periaatteen mukaisesti metsätalouden ilmastohyötyä ja -vaatimuksia tulee tarkastella osana metsätalouden kokonaisuutta.

Metsätaloudessa tulee tavoitella sopivaa eri käyttömuotojen yhdistelmää, joka on ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä. Tähän yhdistelmään tulee ottaa mukaan myös ilmastopoliittisia tavoitteita tukevia näkökantoja. Kestävän metsätalouden harjoittamisen olosuhteet ja edellytykset vaihtelevat alueittain, ajallisesti ja arvostusten mukaan. On epätodennäköistä, että maailmanlaajuisesti voitaisiin sopia tasapuolisista ja -painoisista yksittäisistä yksityiskohtaisista toimenpiteistä, joita nielujen laskenta koskisi. Perustellumpaa olisikin, että kansainvälisesti sovittaisiin yhteisestä, laaja-alaisesta nieluja koskevasta lähestymistavasta. Tätä kukin maa ja toimija voisi sitten soveltaa kulloisenkin tilanteensa mukaan. Metsien merkitys ilmastomuutoksen hallintaan pitkällä tähtäimellä turvataankin parhaiten siten, että olemassa olevia metsiä hoidetaan, käytetään ja suojellaan ja että hyödynnetään metsien mahdollisuutta tuottaa fossiilisten polttoaineiden käytölle ja uusiutumattomille tuotteille korvaavia tuotteita.

4. MAA- JA METSÄTALOUTEEN LIITTYVIÄ ERITYISKYSYMYKSIÄ

4.1 ILMASTOSOPIMUKSEN MUKAINEN VUOSITTAINEN MAANKÄYTÖN MUUTOKSIIN JA METSIIN LIITTYVÄ INVENTOINTI- JA RAPORTOINTIKÄYTÄNTÖ

4.1.1 Ilmastopimuksen edellyttämä raportointi

Suomi on ratifioinut ilmastopimuksen ja sitä kautta maallamme on velvollisuus raportoida sopimuksen piiriin kuuluvista asiakokonaisuuksista. Suomen on määrävuosina toimitettava maaraportti sekä vuosittain vähemmän yksityiskohtia sisältävät vuosiraportit. Raportoinnissa tulee noudattaa Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC 1996) sekä YK:n ilmastomuutosta koskevan sopimuksen (UNFCCC) alaisessa työssä kehitetyjä yleisiä raportointiohjeita.

Ilmastopimuksen mukaiset raportointiohjeet on laadittu koskemaan kaikkia maailman maita. Raportointiohjeet asettavat minimivaatimukset raportoitaville yksityiskohdille. Jos kansallisista inventoinneista ja tutkimuksista löytyy tarkempia tietoja ko. aiheista, niitä tulee käyttää. Kasvihuonekaasujen inventoinnin ja raportoinnin pääluokat ovat:

1. Energiasektorin päästöt
2. Teollisuusprosessit
3. Liuottimien ja muiden tuotteiden käyttö
4. Maatalous
5. Maankäytön muutokset ja metsätalous
6. Jätteet

Suomessa kasvihuonekaasujen raportoinnista on vastannut ympäristöministeriön johdolla toimiva kasvihuonekaasutyöryhmä. Eri ministeriöiden ja tutkimuslaitosten edustajat keräävät eri lähteistä peräisin olevat päästötiedot yhteen ilmastopimuksen sihteeristölle ja EU:n komissiolle. Suomen raportoimat vuoden 1998 kasvihuonekaasupäästöt olivat 76,8 miljoonaa hiilidioksiditonna vastaava määrä, joista energiasektorin osuus oli 63,9 miljoonaa tonnia, teollisuusprosessien 3,0 miljoonaa tonnia, maatalouden 7,1 miljoonaa tonnia, jätteiden 2,1 miljoonaa tonnia ja muiden 0,7 miljoonaa tonnia.

Maankäytön muutosten ja metsätalouden vaikutukset hiilitaseeseen jaetaan edelleen neljään pääryhmään (IPCC 1996):

- A. Muutokset metsien ja muiden puustoisten alueiden puuston biomassassa.
- B. Metsä- ja ruohikkoalueiden muutos muiksi maankäyttöluokiksi, kuten maatalousmaaksi, teiksi ja asuinalueiksi.
- C. Talouskäytössä olevien alueiden (viljelysmaat, laitumet, metsäplantaasit) hylkääminen, ja niiden vähittäinen muuttuminen ruohikkoalueiksi tai luonnonmetsiksi.
- D. Maaperään sitoutuneen hiilen ja siitä vapautuvan hiilidioksidin päästöt maankäytön muutoksen ja talouskäytön seurauksena.

IPCC (1996) raportointiohjeen mukaan puuston kasvu raportoidaan kyseessä olevan kasvillisuusvyöhykkeen (trooppinen, lauhkea ja pohjoinen havumetsä) metsä/kasvil-

lisuus tyyppeihin perustuen. Pohjoiselle havumetsälle annettu raportointikaavakkeen ohje on yleinen sisältäen vain puustobiomassan kokonaishiilimäärän. Raportoinnin lähötiedoksi tarvitaan jokaisen kasvillisuustyyppin pinta-alat sekä vuotuinen keskikasvu, joiden avulla saadaan vuotuinen puustobiomassan kokonaiskasvu. Puulajikohtaisten muunnoskertoimien avulla kasvu saadaan muunnettua hiilen määräksi. Suomen raportointi on kuitenkin IPCC:n edellyttämää laskentaa yksityiskohtaisempi.

Puuston poistuman raportoinnissa lasketaan yhteen kaupallisten hakkuiden puumäärä, polttopuu ja muu korjattu puumäärä. Muun korjatun puun määrään voidaan tulkita kuuluvaksi myös luonnonpoistuman hakkuut, kuten YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) lauhkeaa ja pohjoista havumetsää koskevassa metsävara-arvioinnissa (Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000) on tehty.

Vuosittainen puuston hiilitase saadaan, kun puuston kokonaiskasvua vastaavasta hiilen määrästä vähennetään kokonaispoistumaa vastaava hiilen määrä.

4.1.2 Suomen inventointi- ja raportointikäytäntö

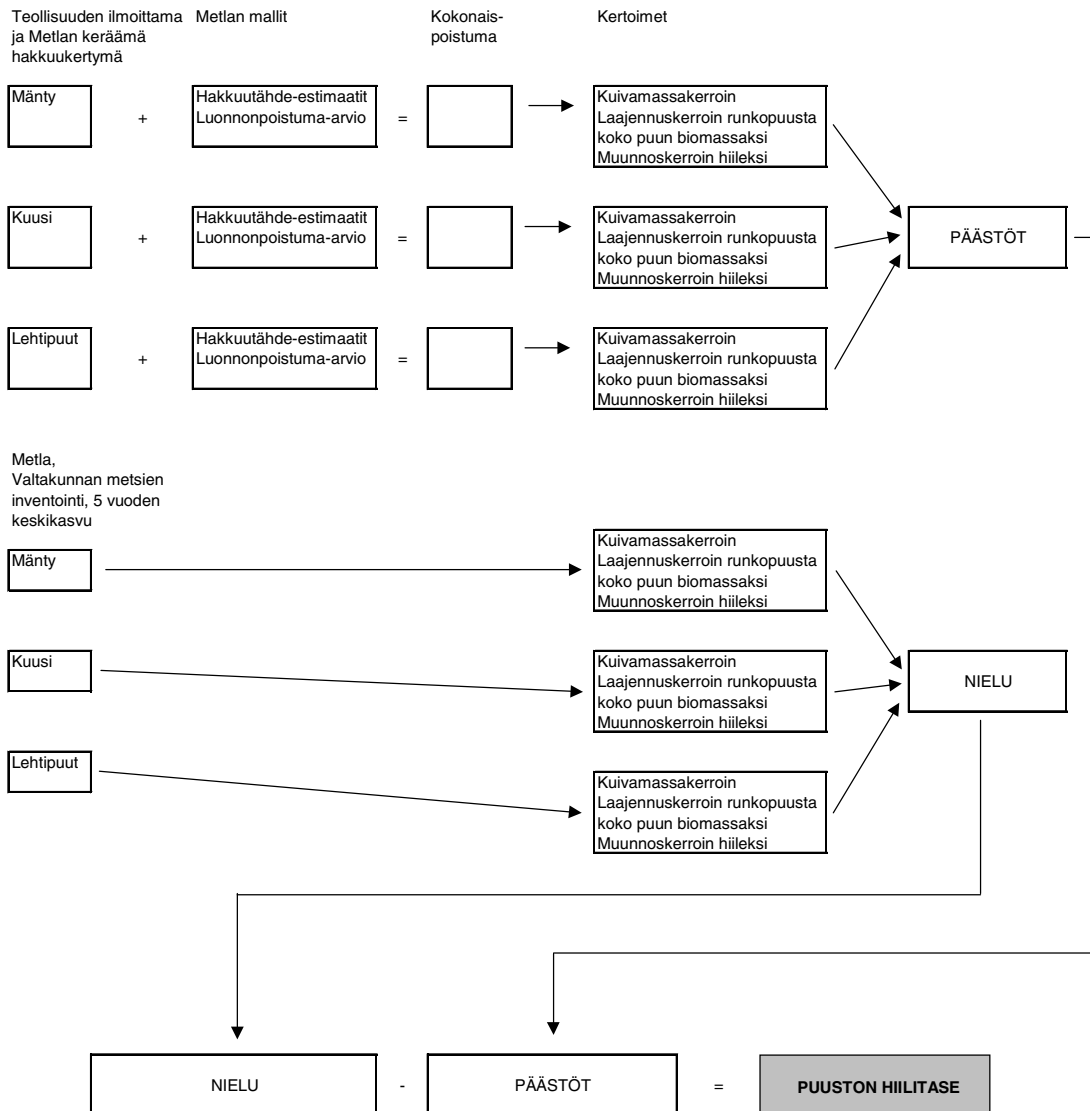
Suomen raportoidut tiedot ovat kattaneet muutokset metsien ja muiden puustoisten alueiden puuston biomassassa, metsä- ja ruohikkoalueiden muutoksen muiksi maankäyttöluokiksi sekä talouskäytössä olevien alueiden hylkäämisen ja niiden vähittäisen muuttumisen ruohikkoalueiksi tai luonnonmetsiksi. Toistaiseksi raportoinnissa ei ole huomioitu maaperän hiilivaraston muutoksia.

Metsätalousmaahan sitoutuneen hiilen määrästä on olemassa yksittäisiä arvioita (esimerkiksi Kauppi ym. 1997, Liski ja Westman 1995a, Liski 1997, Mäkipää 1995, Turunen ym. 1999). Muutokset maaperän hiilivarannossa ovat hitaita ja muutosten arvioimien ja niihin vaikuttavien tekijöiden analysointi vaatii vielä lisätutkimuksia. Metsäntutkimuslaitoksessa on käynnistynyt tutkimushanke, joka tähtää hiilenkiertoa ja myös maaperän hiilidynamiikkaa koskevan tiedon lisäämiseen.

Raportoidut kohdat sisältyvät suoraan tai välillisesti Valtakunnan metsien inventoinnin kasvutietoihin sekä toisaalta Metsäntutkimuslaitoksen keräämiin hakkuutietoihin. Suomessa sovelletaan yleisohjeita tarkempaa raportointikäytäntöä IPCC:n raportointiohjeiden peruseriaatteen mukaisesti. Sekä kokonaiskasvu että kokonaispoistuma on laskettu puulajeittain jaottelulla mänty-, kuusi- ja lehtipuut.

Hiilidioksidin sidonnan laskemiseksi metsien ja muiden puustoisten alueiden puuston nettokasvu arvioidaan valtakunnallisten tai vastaavien metsien inventointien pohjalta. Vuotuinen puuston poistuma ilmoitetaan kaupallisten hakkuiden, hakatun polttopuun ja muista syistä hakatun puun yhteismääränä. Vuotuinen hiilitase saadaan vertaamalla hiileksi muunnettuja puuston kokonaiskasvun ja kokonaispoistuman määriä. Oletus on, että hakkuukertymää vastaavat puutuotteet muuttuvat hiilidioksidiksi hakkuuvuonna.

Suomen toimittamissa vuosiraporteissa esitetään puuston kokonaispoistumaa ja kokonaiskasvua vastaavat hiilen ja hiilidioksidin määrät sekä niiden erotukset eli metsien puuston hiili- ja hiilidioksiditase.



Kuva 2. Puuston sitoman hiilen laskenta Suomessa.

4.1.3 Puustotietojen laskenta

Puuston keskimääräisen vuotuisen kasvun laskenta

Puuston kasvuarvio perustuu Valtakunnan metsien inventoinnin koelamittauksiin. Kasvu tarkoittaa kannon päällisen kuorellisen runkopuun viiden vuoden kasvun keskiarvoa. Kasvu sisältää sekä kasvunmittausjakson loppuun asti säilyneen puuston kasvun että kasvunmittausjakson aikana poistuneen puuston kasvun. Viiden vuoden käyttö yhden vuoden asemasta vähentää vuotuisen kasvunvaihtelun aiheuttamaa vaihtelua kasvuluvuissa sekä lisää kasvu-

tuloksen tarkkuutta pienentämällä mittausvirheen osuutta puun läpimitan ja pituuden kasvuissa. Inventointi etenee alueittain. Yhden vuoden aikana mitataan muutaman metsäkeskuksen alue. Koko maan mittaus on kestänyt yleensä 5-10 vuotta.

Valtakunnan metsien inventoinnissa puut mitataan kahdella intensiivisyystasolla: lukupuu- ja koepuutasolla. Kasvutiedot johdetaan näistä mittauksista sekä puun muotoa ja kehitystä kuvaavista malleista. Metsäalueen kokonaiskasvun laskennassa otetaan huomioon myös poistuman kasvu. Poistuneen puuston kasvu arvioidaan vuosittaisen kokonaispoistuman ja poistuneen puuston keskimääräisen kasvuprosentin avulla. Lopullinen kokonaiskasvu saadaan säilyneen puuston kasvun ja poistuman kasvun summana.

Valtakunnan metsien kahdeksannessa inventoinnissa, VMI8 (1986-94) mitattiin 70 000 koelaa, noin 0,5 miljoonaa lukupuuta ja noin 70 000 koepuuta. Valtakunnan metsien inventoinnissa estimaattien luotettavuuden arvio perustuu tilastollisiin menetelmiin. Puuston tilavuuskasvun, 75,4 milj. m³, suhteellinen keskivirhe VMI8:n ja sen ajantasaistuksen mukaan (1989-94) on 0,8 % (Tomppo ja Henttonen 1996). Kasvuarvi- on 95 % luottamusväli on siten 74,2 milj. m³-76,6 milj. m³. Puuston kasvua vastaavan hiilinielun keskivirheeseen sisältyy kasvun keskivirheen lisäksi muunnoskertoimien virheet, jotka ovat luonteeltaan erilaisia kuin pääasiassa otannasta johtuvat kasvuarvioiden keskivirheet. Koska muunnoskertoimien mahdollisia virheitä ei tunneta riittävästi, tässä ei esitetä kasvua vastaavan hiilen eikä hiilidioksidiekvivalentin virheitä. Näille pyritään löytämään jatkossa luotettavuusarviot.

Puuston poistuman laskenta

Puuston kokonaispoistuma koostuu teollisuuden käyttämästä puusta, vientipuusta, kiinteistöjen käyttämästä puusta, näitä vastaavien hakkuutähteiden määristä sekä luonnonpoistumasta. Metsäntutkimuslaitos kerää tiedot teollisuuden käyttämästä raakapuusta, vientipuumääristä sekä arvioi kyselyihin pohjautuen kotitarvepuun käytön puulajiryhmittäin ryhmissä mänty, kuusi ja lehtipuut (METINFO 1999). Hakkuukertymät muutetaan hakkuutähdemalleilla hakkuupoistumiksi. Luonnonpoistuman määränä käytetään Metsäntutkimuslaitoksen arviota luonnonpoistumasta. Uusimmat luonnonpoistuma-arviot perustuvat Valtakunnan metsien inventoinnin pysyvien koalojen mittauksiin vuosilta 1990 ja 1995. Luonnonpoistuman arvio vuonna 1998 oli 2,5 milj. m³.

Markkinahakkuiden määrät perustuvat raakapuun ostajille tehtyyn tiedusteluun. Metsähallitus ilmoittaa hallinnassaan olevien valtion metsien hakkuutiedot. Hakkuutiedot kerätään puunostajia hyvin edustavasta otoksesta. Otokseen osuneet yritykset hankkivat noin 95 % kaikesta Suomessa hakatusta markkinapuusta. Markkinapuun hakkuumäärä kattaa hakkuukertymästä noin 90 % ja poistumasta noin 80 %.

IPCC:n ohjeiden kaupallisten hakkuiden lähtökohta on tukkipuumäärä, joka kerrotaan laajennuskertoimella, tuloksena puuston hakattu kokonaisbiomassa. Kun tähän lisätään polttopuun ja muun korjatun puun kokonaismäärä, saadaan käytetyn biomassan kokonaismäärä. Tästä vähennetään metsien ja ruohikkoalueiden raivauksen yhteydessä muualle poltettavaksi tai muuhun käyttöön kuljetetun puuston kokonaismäärä, jolloin saadaan raportoitava kokonaispoistuma (IPCC 1996, Kankaanhuhta ja Tomppo 2000).

4.1.4 Muunto kuivamassaksi ja hiilidioksidiekvivalentiksi

Kuten kuvassa 2 on esitetty runkopuun poistuma ja kannon yläpuolinen kuorellinen kasvu muutetaan muunnoskertoimien avulla puulajiryhmittäin poistuneen puuston ja kasvun kokonaisbiomassoiksi, kuiva-ainemassoiksi sekä hiilen määriksi. Luvut ovat hakkuita ja luonnonpoistumaa vastaava hiilipäästö ja hiilinielu.

Muunnoskertoimet tulisi määrittää puulajeittain ja metsiköiden ikäluokittain ja läpimittaluokittain (esim. Kauppi ym. 1995). Poistumatietoja ei ole käytettävissä ikäluokittain. Periaatteessa poistumat voitaisiin Valtakunnan metsien inventoinnin tehtyjä hakkuita ja hakkuuehdotuksia koskevista tiedoista kohdentaa metsiköiden ikäluokille. Tätä ei ole toistaiseksi tehty, mutta tehtänee tulevaisuudessa. Kasvihuonekaasujen vuosiraportoinneissa on siten käytetty toistaiseksi yksinkertaistavia muuntokertoimia, jotka on esitetty muun muassa julkaisussa (Karjalainen ja Kellomäki 1996 ja Karjalainen ym. 1996).

Muuntokertoimiin liittyvät epävarmuudet ovat vielä merkittäviä. Jatkossa näitä kertoimia pyritään tarkentamaan siten, että ne ottaisivat huomioon ikäluokkakajakuman, kasvupaikkatyypin ja alueellisen vaihtelun.

Taulukko 15. Muuntokertoimet puun sisältämän hiilen määrän laskemiseksi.

$$cf = ef * dw * cc,$$

missä

cf = muuntokerroin runkotilavuudesta puun sisältämäksi hiileksi

ef = muuntokerroin runkotilavuudesta puun koko biomassaksi

dw = muuntokerroin kuiva-aineeksi (10^6 g/m^3)

cc = hiilen osuus kuiva-aineesta.

Puulajiryhmittäiset kertoimet ovat:

cf(mänty)	= 0.3091	(10^6 g/m^3),
-----------	----------	---------------------------

cf(kuusi)	= 0.3715	"
-----------	----------	---

cf(lehtipuut)	= 0.4152	"
---------------	----------	---

4.1.5 Suomen puuston hiilitase 1990–1998

Taulukossa 16 on esitetty puuston kasvua vastaava hiilinielu sekä kokonaispoistumaa vastaavat hiili- ja hiilidioksidiekvivalentit vuosille 1990-1998. Kasvuksi on otettu tarkasteluvoiteen mennessä 5-15 edellisen vuoden perusteella Valtakunnan metsien inventoinnissa mitattu kasvuluku. Poistumatiedot saadaan tarkasti kyseessä olevan vuoden osalta.

Kioton pöytäkirjaneuvotteluissa oli nielulaskennan vaihtoehtona esillä laskentatapa, jolloin sitoumuskauden vuotuista nieluvaikutusta olisi verrattu vuoden 1990 tasoon. Tätä niin sanottua netto-netto laskentaa ei kuitenkaan pidetty perusteltuna ja siksi siitä on luovuttu. Täten yksittäisen vuoden puuston hiilitasetta ei pidä verrata vuoden 1990 tason tietoon.

Kasvunmittauskausi alkaa viisi vuotta inventoinnin alkuvuotta aikaisemmin. Vuoden 1998 nielutiedoissa vanhin kasvuvuosi on siis 1987. Suomen metsien kasvu nousi nopeasti 1970- ja 1980-luvuilla. Uusimpien tutkimusten mukaan kasvun lisäys on pienentynyt tai pysähtynyt koko Etelä-Suomessa (Salminen 1993, Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 1998, 1999a, 1999b, 1999c, 1999d). Siten kasvutietojen 'vanhentuneisuus' ei ole enää niin iso ongelma kuin mitä se olisi ollut esimerkiksi 1980-luvulla. Tähän asti on pidetty perusteltuna, että vuosittaisessa hiilitaseraportoinnissa käytetään useamman vuoden keskikasvuja eikä näennäisiä vuosittaisia kasvutietoja. Todellisissa vuosikasvuissa on mukana vielä kasvuolosuhteista ja puiden biologisesta tekijöistä johutuva vuosittainen kasvunvaihtelu, joka voi koko maan tasolla olla 20 % pitkän ajan keskikasvusta.

Suomen metsät ovat olleet ja ovat edelleen varsin huomattava hiilinielu. Aikaisempina vuosina metsien nettonielu (kasvu - poistuma) oli 30-50 % koko maan kasvihuo-

Taulukko 16. Puuston kasvua ja poistumaa vastaavat hiilen ja hiilidioksidin määrät vuosina 1990-1998.

Vuosi	C (Tg)			CO ₂ (Tg)		
	Kasvu	Poistuma	Tase	Kasvu	Poistuma	Tase
1990	26,2	19,7	6,5	95,9	72,1	23,8
1990 *)	28,0 *)	19,7 *)	8,3 *)	102,5 *)	72,1 *)	30,4 *)
1991	26,4	16,0	10,4	96,8	58,6	38,2
1992	26,9	18,2	8,7	98,6	66,7	31,9
1993	27,1	19,2	7,9	99,5	70,4	29,1
1994	26,7	22,0	4,7	97,8	80,6	17,2
1995	26,7	22,7	4,0	97,8	83,1	14,7
1996	26,7	21,0	5,7	98,0	77,0	21,0
1997	26,9	23,4	3,4	98,6	85,9	12,6
1998	27,3	24,7	2,6	100,1	90,4	9,7

*) Vuoden 1990 luvut on esitetty kahdesti, käyttäen vuonna 1990 käytössä olleita uusimpia kasvulukuja sekä vuoden 1990 VMI:n laskennallisen ajantasaistuksen kasvulukuja. Jälkimmäiset antavat kasvulle yliarvion. Niitä on kuitenkin käytetty muun muassa Karjalaisen ym. laskelmissa ja aiemmissa maaraporteissa.

nekaasupäästöistä. 1990-luvun loppupuolella metsien nettonielu on pienentynyt vilkas-tuneiden hakkuiden vuoksi ollen vuonna 1998 13 % kasvihuonekaasupäästöistä.

Valtakunnan metsien inventoinnin tiedoista ja Metsäntutkimuslaitoksen Metsätilas-tollisen tietopalvelun keräämistä hakkuukertymä tiedoista voidaan johtaa varsin luotet-tavat puuston kasvun ja puuston kokonaispoistuman määrät. Tällä hetkellä käytössä olevat muuntokertoimet kannon päällisen kuorellisen runkopuun tilavuudesta koko puun sisältämäksi hiilen määräksi ovat yksinkertaistuksia. Niihin sisältyviä mahdollisia virheitä ei täysin tunneta. Jatkossa on tavoitteena kehittää kertoimet, joille voidaan esit-tää myös luotettavuusarviot. Alueittain etenevässä inventoinnissa kasvutiedot tulevat eri osissa maata eri vuosilta. Kasvu on viiden vuoden keskimääräinen kasvu kullakin alu-eella. Poistumatiedot voidaan kohdistaa tarkasteluvuodelle.

4.2 METSÄTUOTTEET

4.2.1 Metsä tuotteet ja hiilikirjanpito

Kioto n pöytäkirjan tulkinta metsä tuotteiden osalta on toistaiseksi avoin. Kioto n pöytä-kirjassa ei metsä tuotteita mainita, mutta pöytäkirjan tietyillä tulkinnoilla ne voisivat teoriassa tulla mukaan niin artikloiden 3.3 ja 3.4 kuin puhtaan kehityksen mekanismin (CDM) ja hankekohtaisen yhteistoteutuksen (JI) yhteydessä. Jos artiklan 3.3 toimenpi-teisiin sisällytettäisiin kattava hiilikirjanpito, olisivat myös kyseisiltä alueilta tuotetut metsä tuotteet hiilikirjanpidon piirissä. Artiklan 3.4 lisätoimista ei ole vielä sovittu. Teo-riassa olisi mahdollista, että metsä tuotteet kokonaisuudessaan tulisivat hiilikirjanpidon piiriin, ovathan ne ainakin yksiselitteisesti ihmistoiminnan aikaansaamia ("*human indu-ced activities*"). JI- ja CDM-hankkeisiin voitaisiin vuorostaan liittää metsä tuotteet, jos ne olisivat jo muualla Kioto n pöytäkirjassa (artiklat 3.3 ja 3.4) hyväksytyt. Jos metsä-tuotteet tulevat mukaan Kioto n pöytäkirjaan, riippuvat vaikutukset Suomen metsä talo-uteen ja -teollisuuteen (metsä sektori) siitä (i) missä laajuudessa ne otettaisiin mukaan (esimerkiksi vuodesta 1990 perustetut vai kaikki metsät) sekä (ii) mitä laskentatapaa käytetään hiilikirjanpidossa.

Jos metsä tuotteet tulevat mukaan vain artiklan 3.3 laajuudessa, ei hiilikirjanpidossa so-vellettavalla menetelmällä ole juuri suoranaista merkitystä Suomen hiilitaseen kannalta aina-kaan lyhyellä aikavälillä. Tällaisessa tilanteessa vaikutukset metsä tuotteiden kansainväliseen kauppaan voivat kuitenkin olla arvaamattomia. Tilanne luonnollisesti muuttuu, jos kaiken-tyyppisten metsien käytöstä saadut metsä tuotteet ovat mukana. Erityisesti Suomelle ja sen vientisuuntautuneelle metsäteollisuudelle on tärkeä kysymys, miten metsä tuotteet otetaan mukaan Kioto n pöytäkirjan edellyttämiin hiilitaselaskelmiin.

Ilmastopesimuksen edellyttämässä raportoinnissa maat voivat ilmoittaa metsä tuot-teisiin sitoutuneen hiilimäärän ja sen muutokset. IPCC:n nykyisissä kasvihuonekaasujen raportointiohjeissa hakkuiden kautta poistunut metsien biomassa lasketaan kokonai-suudessaan hakkuuvuoden päästöiksi eli seurannan kohteena on vain metsän biomassan

hiilivarannon muutos. Näin metsätuotteita ei tulkita hiilivarastoksi, jonka varastonmuutoksia seurattaisiin. IPCC:llä on kuitenkin valmisteilla kolme yksityiskohtaisempaa laskentaperiaatetta, joista ei vielä ole päästy yksimielisyyteen (Brown et al. 1998). Syksyllä 1999 pidetty ilmastokokous päätti, että mailta pyydetään näkemyksiä aiheesta maaliskuuhun 2001 mennessä. On vielä huomattava, että ilmastosopimuksen mukainen raportointi ja siinä käytettävät laskentatavat on eri asia kuin ne laskentatavat, joita tullaan käyttämään Kioton pöytäkirjan edellyttämässä hiilikirjanpidossa.

4.2.2 Metsätuotteiden hiililaskentaperiaatteet

Valmisteilla olevat metsätuotteenielujen laskentaperiaatteet ovat varastonmuutosperiaate (*stock-change approach*), virtaperiaate (*atmospheric-flow approach*) sekä tuotantoperiaate (*production approach*).

Taulukko 17. Metsätuotteiden hiilinielun laskentaperiaatteet.

Varastonmuutosperiaatteessa tarkastellaan metsätuotteiden hiilivarastoja ja varastonmuutoksia kansallisesti. Kun hiilivarastossa (hakkuutähteet, tuotteet käytössä tai jätteinä) tapahtuu kasvua, lasketaan se nieluksi ja vastaavasti varaston pieneneminen lasketaan päästökksi.

Metsätuotteiden valmistajamaa tarkastelee vain hiilivarastoja, joita sen omien rajojen sisäpuolella karttuu/purkautuu ja laskee ne nieluksi/lähteeksi. Vaikka osa metsätuotteista olisi valmistettu tuontipuusta, ei erottelua kotimaisen ja tuodun välillä tarvitse tehdä, koska tarkastellaan koko kotimaassa olevaa metsätuotteiden varastoa. Samoin tekee metsätuotteiden tuoja omien rajojensa sisäpuolella. Kun metsätuotteita tuodaan maahan eikä niitä samantien päästetä ilmakehään, tuoja saa osakseen hiilinielun kasatusta metsätuotevarastosta.

Virtaperiaatteessa (tai kulutusperiaatteessa) tarkastellaan hiilivirtoja ilmakehästä metsätuotteisiin ja päinvastoin eikä siinä kiinnitetä huomiota hiilivarastojen muutoksiin eri maissa. Ollaan kiinnostuneita vain siitä, missä hiili sidotaan puunkasvun muodossa ja missä päästö ilmakehään tapahtuu eli missä metsätuote lopullisesti hajoaa ja muuttuu hiilidioksidiksi. Tarkastelun kohteena on siten rajapinta ilmakehän suhteen.

Virtaperiaatteen mukaan tuoja ottaa tavallaan vastatakseen kaikesta siitä hiilestä, joka metsätuotteiden tuontivirtaan sisältyy. Kun maahan tuodaan hiiltä metsätuotteiden (raakapuu, sahatavara, paperi jne.) muodossa ei tästä aiheutunutta metsätuotevaraston kasvua lasketa nieluksi. Sen sijaan siinä vaiheessa, kun tuote hajoaa ja palautuu hiilen kiertokulussa ilmakehään, ko. hiilivirta laskeaan päästökksi.

Tuotantoperiaatteessa metsätuotteen tuottajamaa (eli maa, jonka metsissä raakapuu on kasvanut) ottaa vastuulleen metsätuotteen koko elinkaaren hiilitaseen riippumatta siitä onko tuote käytössä omassa maassa vai vientimarkkinoilla.

Tuotantoperiaate on samantapainen kuin varastonmuutosperiaate, paitsi että nyt kukin maa seuraa hiilikirjanpidossaan metsätuotteita, jotka on valmistettu omassa maassa kasvaneesta puusta. Varastonmuutoksia ajatellaan seurattavaksi läpi tuotantoketjun ja läpi kansainvälisen kaupan ja kuluksen. Metsätuotteiden nettovarastonmuutos, tapahtui se sitten kotimaassa tai vientimarkkinoilla, luetaan puun kasvattajamaan taseeseen.

Massataseiden mielessä virtaperiaate = varastonmuutosperiaate lisättyä tuonti hiilen päästönä ja vienti hiilen nieluna. Sekä virta- että varastonmuutosperiaatetta soveltamalla päädytään maailmanlaajuisesti samaan hiilitaseeseen ilmakehän suhteen, koska tuonti miinus vienti koko maapallon yli laskettuna = 0. Myös tuotantoperiaatteen soveltaminen johtaa hiilitaseeseen kannalta samaan lopputulokseen. Laskentatavat kohtelevat kuitenkin eri maita eri tavoin ja tarjoavat erilaisia kannustimia metsätuotteiden käytölle ja maailmankaupalle.

Menetelmistä virtaperiaate näyttää edulliselta maalle, joka on puuperäisen hiilen nettoviejä (kuten Suomi), koska viejä saa ulos menevästä metsätuotevirrasta itselleen pysyvän lisänielun. Valmistessaan/tuottaessaan vientituotteita viejä sitoo omien rajojensa sisäpuolella hiiltä tuotteisiin, jonka voi laskea nieluksi/päästönvähennykseksi vaikkeivät sen omat (maan rajojen sisällä olevat) varastot kasvaisi lainkaan. Tärkeämpää kuitenkin on, että virtaperiaate voi aiheuttaa vakavia esteitä puuperäisten tuotteiden maailmankaupalle.

Tuojamaan kannalta metsätuotteiden tuontivirta on virtaperiaatetta käytettäessä potentiaalinen päästö, joka realisoituu silloin kun metsätuotteet hajoavat. Laskentaperuste on itse asiassa sama, jota sovelletaan fossiilisiin polttoaineisiin nykyisin. Päästöt lasketaan polttoainetta kuluttaville maille, eikä öljyn-, maakaasun- ja hiilentuottajille, jotka pienentävät rajojensa sisäpuolella olevia fossiilisia hiilivarantojaan. Virtaperiaate tekisi ensinnäkin biopolttoaineiden tuonnin ja käytön epäedullisemmaksi kuin fossiilisten polttoaineiden, koska biopolttoaineiden hiilipäästöt tuotettua energiayksikköä kohti ovat suuremmat. Kuitenkin biopolttoaineet ovat uusiutuvia energialähteitä, joiden käyttöä pitäisi edistää fossiilisten kustannuksella, ja laskentaperiaatteen tulisi huomioida tämä. Myös muut metsätuotteet hajoavat aikanaan lukuunottamatta ehkä kaatopaikoilla anaerobisessa tilassa olevia puujätteitä, joten lähes jokaisesta metsätuotteena tuodusta hiilitonnista saataisiin tulevaisuudessa päästö.

Virtaperiaate tavallaan keinotekoisesti unohtaa puun uusiutuvana luonnonvarana, jonka tarkoituksena on olla osa biosfäärin hiilikiertoa. Kiertoon kuuluu olennaisena osana sekä sitominen ja myöhemmässä vaiheessa palautuminen ilmakehään. Kierron turha rajoittaminen maanrajojen yli (seurauksena valitusta laskentaperiaatteesta) tuskin palvelee kestävä metsätaloutta.

Varastonmuutosperiaatteessa asiat ovat toisin: tuodessaan metsätuotteita tuova maa samalla kasvattaa rajojensa sisäpuolella olevaa hiilivarastoa, joka lasketaan ko. periaatteessa hiilen nieluksi. Kun varasto vuorostaan pienenee, lasketaan tämä päästökseksi. Kokonaisuudessaan, metsätuotteen koko elinkaaren yli tarkasteltuna varastonmuutosperiaate on neutraali hiilen viennin/tuonnin suhteen, koska tuonnin kautta kasvatettu hiilivarasto luokitellaan samalla lailla nieluksi kuin tuottajamaassa tapahtuva varaston kasvattaminen. Varastonmuutosperiaate kannustaa sekä varastojen kasvattamiseen että metsätuotteiden suosimiseen niin metsätaloutta harjoittavissa kuin pelkästään metsätuotteita tuovissa maissa. Periaate on analoginen metsien hiilitaseen raportoinnin kanssa.

Tuotantoperiaatteen peruspuutteena on sen käytännön soveltamisen vaikutus, koska laskelmissa metsätuotteet tulisi erotella kotimaisista ja tuontiraaka-aineista valmistettuihin. Samoin metsätuotevaraston muutosten arviointi vientimarkkinoilla on hyvin epäkäytännöllistä. Luonnollisempaa lienee, että kukin valtio raportoi omien rajojensa sisäpuolella olevista hiilivarastoista, joiden seuranta voisi olla käytännössä mahdollista. Periaate ei myöskään kannusta metsätuotteiden pitkäaikaiseen käyttöön tuontimaissa, jotka eivät saa siitä mitään etua. Toisaalta myöskään puutuotteiden viejämailla ei ole juuri mahdollisuuksia ohjata tuotteidensa käyttöä vientimarkkinoilla.

4.2.3 Laskentaperiaatteet ja Suomen metsäsektori

Eri laskentaperiaatteita Suomen metsäsektorin tapauksessa on havainnollistettu taulukossa 18. Siinä on esitetty arvio eri laskentaperiaatteiden vaikutuksesta laskennalliseen hiilitaseeseen Suomessa, vientimarkkinoilla ja N-liitossa/Venäjäällä (raakapuun tuojamaa) suhteessa nykyiseen raportointiperiaatteeseen, jossa tarkastellaan vain metsien hiilitasetta. Tarkastelun kohteena on raakapuu ja sen elinkaari. Metsäjättepuun tasetta ei yksinkertaisuuden ja tietojen puutteen vuoksi tarkastella tässä esimerkklaskelmassa. Fossiilisen hiilen päästöt metsäsektorilta eivät ole mukana, koska ne raportoidaan toisaalla.

Kuvassa 3 käsitellään puun arvioituja hiilivirtoja ja varastonmuutoksia Suomen metsäsektorilla vuonna 1990. Se perustuu artikkeliin (Pingoud et al. 1996), joka käsittelee Suomen metsäsektorin hiilitasetta vuonna 1990. Tarkastelussa ei ole mukana metsäjättepuun hiilitasetta. On huomattava, että esimerkiksi arviot kaatopaikkojen taseista perustuvat epävarmoihin mallilaskelmiin.

Virtakaavion perusteella on taulukkoon 18 koottu varastonmuutos- ja virtaperiaatteiden mukaiset laskelmat. Niistä havaitaan, että kummatkin antavat ilmakehän kannalta saman tuloksen eli Suomessa valmistetut metsätuotteet muodostivat vuonna 1990 arvion mukaan 3,38 miljoonan hiilitonnin eli 12 miljoonan hiilidioksiditonin globaalin nielun. Tuotantoperiaatteen mukaisissa laskelmissa ei taas oteta mukaan tuontipuuta, joten tuotevaraston kasvusta aiheutunut globaali nielu on hieman pienempi, 3,08 milj. tn C/v.

Maakohtaiset hiilitaseet ovat aivan erilaisia eri laskentatavoilla. Varastonmuutosperiaatteella laskettuna Suomessa olevien metsätuotteiden ja näiden kaatopaikkajätteen varasto kasvaa 0,8 milj. tn C/v ja vientimaissa eli suomalaisten metsätuotteiden tuojilla vastaavasti 2,6 milj. tn C/v, ja kummatkin saavat itselleen laskennallisen nielun. Virtaperiaatteella laskettaessa tilanne muuttuu vientimaiden kannalta päinvastaiseksi. Nyt kaikki näissä maissa hajoavat metsätuotteet lasketaan lähteeksi, -2,2 milj. tn C/v, ja vastaavasti Suomelle hiilen metsätuotteisiin sitomisesta tulee huomattava nielu, 4,5 milj. tn C/v. Lisäksi koko metsätuotteiden muodossa Suomesta viety hiilimäärä on vientimaille eli tuojille potentiaalinen lähde, kun loput metsätuotteista tulevaisuudessa hajoavat, eikä laskentaperiaate siten kannusta ainakaan metsätuotteiden tuontiin. Taulukosta havaitaan myös, että virtaperiaatteen nielu (Suomelle) 4,45 milj. tn C/v = varastonmuutosperiaatteen varastonmuutos 0,81 milj. tn C/v + vienti 4,79 milj. tn C/v - tuonti 1,15 milj. tn C/v.

Taulukko 18. Metsätuotteiden eri laskentaperiaatteet ja Suomen metsäsektori vuonna 1990 (luvut laskettu viitteen Pingoud et al. 1996 perusteella). (Positiivinen luku = nielu, sitoo hiiltä; negatiivinen luku = lähde, vapauttaa hiiltä; milj. tn C/v = miljoonaa tonnia hiiltä vuodessa = 3,67 milj. tn CO₂/v).

VARASTONMUUTOSPERIAATE	Suomessa milj. tn C/v	Vienti- markkinoilla milj. tn C/v	N-liitossa/ Venäjällä milj. tn C/v
Käytössä olevien metsätuotteiden varastonmuutos	0,25	0,38*	0,00
Kaatopaikoilla olevien metsätuotteiden ja -jätteiden varastonmuutos	0,56*	2,19*	0,00
YHTEENSÄ	0,81	2,57	0,00
C pois ilmakehästä = kokonaisvarastonmuutos = globaali kokonaisnielu	3,38		

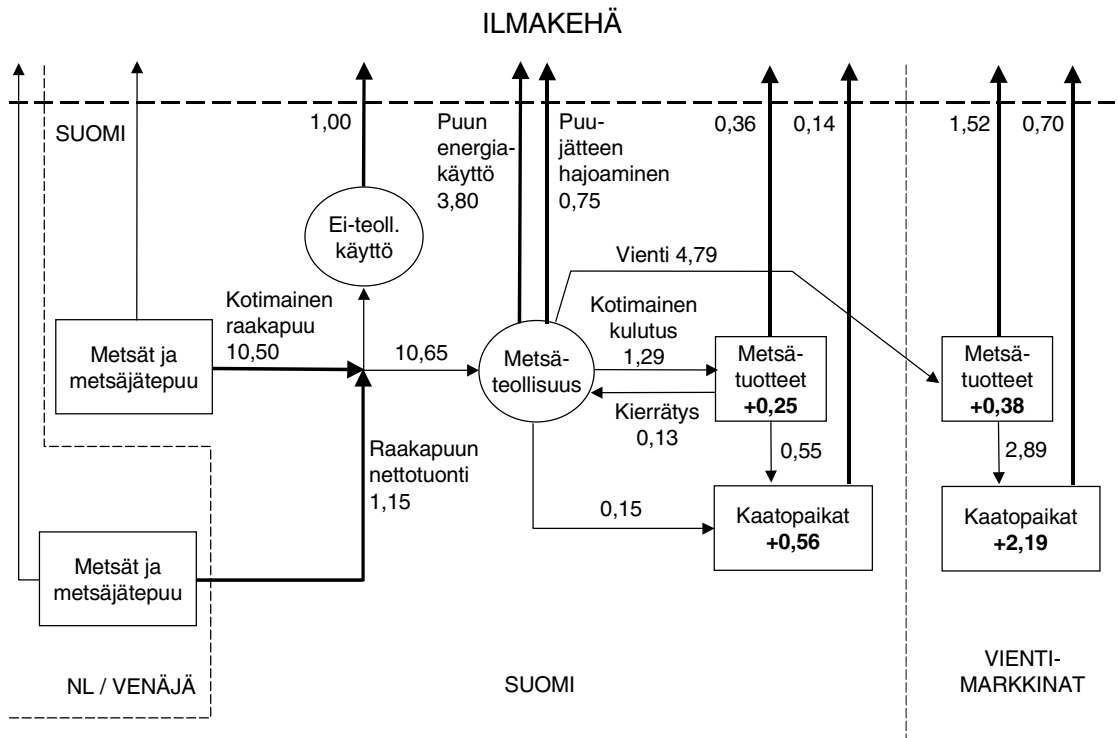
VIRTAPERIAATE	Suomessa milj. tn C/v	Vienti- markkinoilla milj. tn C/v	N-liitossa/ Venäjällä milj. tn C/v
Nielu ilmakehästä: Hiilen sitoutuminen kaadettuun raakapuuhun	10,50		1,15
Päästöt ilmakehään: Polttopuun ei-teollinen käyttö	-1,00		
Puun energiakäyttö teollisuudessa	-3,80		
Teoll. puujätteiden hajoaminen	-0,75*		
Metsätuotteiden hajoaminen	-0,36*	-1,52*	
Puujätteiden ja metsätuotteiden hajoaminen kaatopaikoilla (metaani ei mukana)	-0,14*	-0,70*	
YHTEENSÄ	4,45	-2,22	1,15
C pois ilmakehästä = kokonaisvirta pois = globaali kokonaisnielu	3,38		

TUOTANTOPERIAATE (eli Suomessa kaadetun puun elinkaaritarkastelu)	Kaikki Suomen kiintiössä
Suomessa käytössä olevien metsätuotteiden varastonmuutos	0,25
Vientimarkkinoilla käytössä olevien metsätuotteiden varastonmuutos	0,38*
Suomen kaatopaikoilla olevien metsätuotteiden ja puujätteiden varastonmuutos	0,53*
Vientimarkkinoiden kaatopaikoilla olevien metsätuotteiden varastonmuutos	1,92*
YHTEENSÄ	3,08
C pois ilmakehästä = Suomessa kaadetun puuaineen varastonmuutos = globaali kokonaisnielu	3,08

* epävarma arvio

HUOM. PUUN JA METSÄTUOTTEIDEN TUONTI- JA VIENTIMÄÄRÄT VUONNA 1990:

- raakapuun nettotuonti (pääasiassa N-liitosta/Venäjältä) 1,15 milj.tn C/v (noin 5,4 milj.m³)
- metsätuotteiden nettovienti 4,79 milj.tn C/v
- kotimaisen raakapuun käyttö 10,50 milj.tn C/v (noin 49 milj.m³)



Kuva 3. Puun arvioidut hiilivirrat ja varastonmuutokset Suomen metsäsektorilla vuonna 1990. Luvut laskettu artikkelin (Pingoud et al. 1996) perusteella.

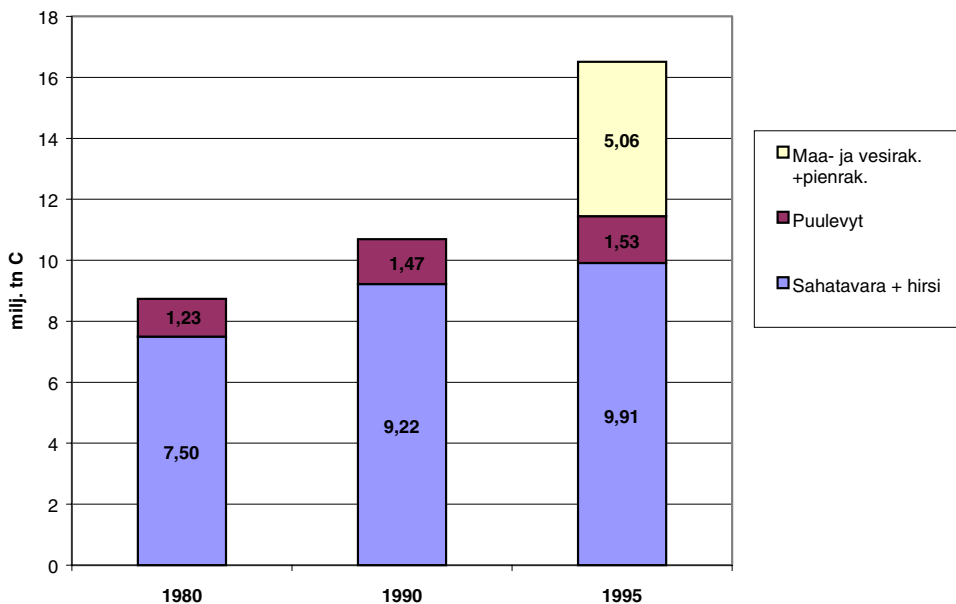
4.2.4 Vaikeudet laskentaperiaatteiden soveltamisessa

Laskentaperiaatteiden todellinen soveltaminen ilmastopöytäkirjan edellyttämiin tarkoituksiin tulee olemaan hankalaa. Eri laskentaperiaatteille perustuvia laskentamenetelmiä arvioitaessa on erityistä huomiota kiinnitettävä niiden käytännöllisyyteen ja luotettavuuteen sekä tiedon saatavuuteen. Useimmissa maissa tilastot eivät anna riittävää tukea metsätuotteita koskeville inventoinneille, jolloin joudutaan tyytymään epäsuoriin, pelkästään metsätuotteiden tuotanto- ja kauppamääriin perustuviin mallilaskelmiin. Koska metsätuotteiden käytöstä poistumisesta ja hajoamisesta ei toistaiseksi ole käytettävissä mitään luotettavaa tilastointia, ovat kyseiset mallilaskelmat varsin epäluotettavia. Esimerkiksi Winjum et al. (1998) ovat esittäneet virtaperiaatteelle pohjautuvan laskentamenetelmän, mutta se perustuu suurelta osin hypoteettisiin laskentaparametreihin, joten sitä on vaikea kuvitella käytettävän ainakaan kansainvälisesti sitovien päästövähennyssopimusten (esimerkiksi Kioton pöytäkirja) edellyttämässä inventaariolaskelmissa. Rytkösen ja Simulan (1999) tekemissä mallilaskelmissa on vertailtu laskentaperiaatteiden vaikutuksia eri EU-maiden sekä Kanadan, USA:n ja Japanin hiilitaseeseen, kun hakkuutähteiden ja metsätuotteiden oletetaan noudattavan tiettyjä teoreettisia hajoamislakeja.

Metsätuotteiden arviointiin liittyy useita epävarmuustekijöitä. Taulukkoon 18 on tähdellä merkitty Suomen metsäsektorin tapauksessa epävarmoihin laskentamalleihin perustuvat arviot, joiden varmuusväliäkään ei ole pystytty arvioimaan. Esimerkiksi virtaperiaatetta sovellettaessa raakapuun käyttövirrat, metsätuotteiden vienti- ja tuontivirrat samoin kuin puun käyttö polttoaineena ovat suhteellisen tarkasti tilastoitu. Sen sijaan puutuotteiden ja -jätteiden hajoaminen on hyvin heikosti tiedossa.

Suorat varastoinventaariot voisivat periaatteessa täyttää vaadittavat luotettavuuskriteerit. Ainakin suomalaisten rakennustilastojen ja täällä ylläpidettävien rakennustietokantojen perusteella näyttää olevan mahdollista suorittaa suhteellisen luotettavia varastonmuutosperiaatteen mukaisia metsätuoteinventaarioita (Pingoud et al. 2000, Pingoud ja Perälä 2000), ja inventointimenetelmä saattaisi olla kansainvälisestäikin soveltamiskelpoinen.

Sahatavaran ja puulevytuotteiden inventaariotulokset vuosilta 1980, 1990 ja 1995 on esitetty kuvassa 4. On kuitenkin huomattava, että käytännössä lienee mahdollista inventoida ainoastaan merkittävimpiä käytössä olevien metsätuotteiden varastoja (esimerkiksi talonrakennuksen puutuotteet) ja toistuvien inventointien perusteella varastojen muutoksia. Suh-



Kuva 4. Metsätuotteiden hiilivarasto Suomen rakennuskannassa vuosien 1980, 1990 ja 1995 inventointien mukaan (Pingoud ja Perälä 2000, Pingoud et al. 2000). Inventaariosta puuttuvat pylväät sekä huonekalut. Talonrakentamisen metsätuotevaraston kasvusta aiheutunut nieluvaikutus oli 1980-luvulla noin 1,3 % ja vuosina 1990-1995 noin 0,8 % fossiilisten polttoaineiden hiilipäästöistä Suomessa. Metsätuotteiden hiilivarasto vuoden 1995 koko rakennuskannassa merkitsee noin 3,3 tonnia hiiltä jokaista suomalaista kohti ja varasto on noin 2,4 % Suomen metsien biomassan hiilivarastosta. Jos vientituotteidenkin hiilivarastot laskettaisiin mukaan, voisi käytössä olevien metsätuotteiden varasto olla jopa 7 % metsien hiilivarastosta.

teessa Suomen kokonaispäästöihin talonrakennuksen puutuotteisiin sitoutuva hiilimäärä on tosin varsin vaatimaton. Sen sijaan esimerkiksi kaatopaikkojen varastonmuutokset, jotka kuvassa 3 esitetyn arvion mukaan ovat paljon suurempia, eivät toistaiseksi ole luotettavasti arvioitavissa. Sama pätee metsäjätöpuun hiilivaraston taseeseen.

On kuitenkin huomattava, että puutuotteiden käytön lisäämisellä voi olla merkittävämpiä välillisiä vaikutuksia kasvihuonekaasujen päästöihin. Erimerkiksi kun puu korvaa rakentamisessa muita tuotteita (kuten metalleja ja kiviperäisiä tuotteita), joiden valmistus aiheuttaa huomattavia fossiilisia hiilidioksidipäästöjä, rakentamisen kokonaispäästöt vähenevät. Tämä välillinen vaikutus fossiilisiin hiilidioksidipäästöihin voi olla paljon suurempi kuin nielu, joka aiheutuu itse puutuotevaraston kasvusta (Pingoud ja Perälä 2000).

4.3 BIOENERGIA

4.3.1 Bioenergian käyttö

Biomassat ovat eloperäisiä, yhteyttämisen eli fotosynteesin kautta syntyneitä kasvimassoja, joista tuotettuja polttoaineita kutsutaan biopolttoaineiksi. Biomassoiksi lasketaan myös yhdyskuntien ja teollisuuden energiantuotantoon soveltuvat jätevirrat, jotka ovat suurimmalta osaltaan orgaanista alkuperää. Biopolttoaineista tuotettua energiaa kutsutaan bioenergiaksi. Biopolttoaineiden ikä vaihtelee: lyhytikäisimpiä ovat peltobiomassat, kun taas energiaturpeen ikä on tyypillisesti satoja tai tuhansia vuosia. Energiaturpeen luokituksesta joko bioenergiaksi tai fossiiliseksi käydäänkin jatkuvaa keskustelua. Esimerkiksi IPCC:n mukaisissa inventaariolaskuissa turve rinnastetaan fossiilisiin polttoaineisiin. Tämä johtuu siitä, että kasvavaa turvetta varastoituu käytännössä pysyvästi vähähappisiin suokerroksiin. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmämietinnössä vuodelta 1999 "Uusiutuvien energialähteiden edistämisohjelma" turpeen luokituksesta on todettu seuraavaa: "*Turve on useissa yhteyksissä Suomessa luokiteltu biopolttoaineisiin, vaikkakaan se ei Suomessa ole useimmissa yhteyksissä tähän saakka tilastoitu tai luokiteltu uusiutuvaksi energialähteeksi.*"

Biopolttoaineita voidaan jalostaa helpokäyttöisempään muotoon tai korvaamaan fossiilisia nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita. Kiinteitä jalosteita ovat esimerkiksi puupöly, puuhiili, pelletit ja briketit ja nestemäisiä pyrolyysiöljy, etanoli, metanoli, rypsidiesel ja bensiinin lisäaineet (Helynen et al. 1999). Seuraavassa keskitytään tarkastelemaan puubiomassasta tuotettua bioenergiaa ja sen käytön lisäysmahdollisuuksia Suomessa.

Puupolttoaineilla tuotettu bioenergia on periaatteessa uusiutuva energiamuoto, jonka edistämisestä vallitsee laaja yksimielisyys. Uusiutuvalla bioenergialla voidaan korvata fossiilisia energialähteitä, jolloin niistä aiheutuneet päästöt voidaan välttää ja näin helpottaa Kioton pöytäkirjan päästövelvoitteiden täyttämistä. Kioton pöytäkirjan artikkelissa 2 mainitaan yhtenä suosituksenomaisena politiikkatoimena uusiutuvien energiamuotojen tutkimuksen ja käytön edistämistä. Yhteisten politiikkatoimien tarkempi soveltaminen on vielä kansainvälisesti sopimatta.

Kioton pöytäkirjassa Annex I -maat sitoutuvat omien hiilidioksidipäästöjensä rajoittamiseen, jotka aiheutuvat fossiilisista polttoaineista. Kioton pöytäkirja tulkitsee puubiomassasta tuotetun bioenergian kasvihuonevaikutuksiltaan pääsääntöisesti neutraaliksi, koska siitä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt eivät ole rajoitusten piirissä, ja antaa täten selkeän kannusteen bioenergian hyödyntämiseen. Neutraalisuusoletus vastaa todellisuudessa tilannetta, jossa biopolttoaineiden tuotanto on kestäväällä pohjalla eli hyödynnettävän metsäbiomassan kasvu ja hyödyntäminen ovat tasapainossa ainakin pidemmällä aikavälillä.

Selvänä poikkeuksena edellisestä ovat kuitenkin alueet, joihin sovelletaan artiklaa 3.3 ja jotka ovat siten hiilikirjanpidon piirissä. Jos biomassaa kulutetaan (tuotteina tai bioenergiana (enemmän kuin sen kasvu on, näkyy tämä negatiivisena hiilitaseena eli päästönä. Bioenergia on vaikutukseltaan neutraalia silloin kun biomassan kasvu = biomassan kulutus tai poistuma, ja vastaavasti se on nielu biomassan kulutuksen ollessa kasvua pienempi.

Kioton pöytäkirjan hiilikirjanpito voi olla puolinen koskien ainoastaan rajattuja toimenpiteitä. Tällöin järjestelmä ei välttämättä tarjoa suotuisaa kannustevaikutusta (Pingoud et al. 1999). Metsäalueilla, jotka ovat artiklojen 3.3 ja mahdollisesti 3.4 toimenpiteiden ulkopuolella, voitaisiin teoriassa siirtyä reilusti kasvun ylittäviin hakkuumääriin, kun vain huolehditaan siitä ettei niillä tapahdu Kioton pöytäkirjan tarkoittama maankäytön muutosta. Näin saataisiin bioenergian (ja muiden metsätuotteiden) käyttöä lisättyä ilman että se haittaisi pöytäkirjan päästönrajoitusvelvoitteiden täyttämistä. Vaikka ilmastopöytäkirja itsessään edellyttää nielu- ja hiilen kokonaisvaraston suojelua ja vahvistamista pitkällä tähtäimellä, voi käydä niin ettei artiklojen 3.3 ja mahdollisesti 3.4 ulkopuolisilla alueilla hiilen kokonaisvarastojen vähenemisestä ei seuraa mitään sanktioita. Näin se voisi teoreettisesti kannustaa voimallisiin hakkuuihin. Riippuen metsien ikäluokkarakenteesta voimakkaat hakkuut voivat olla hyvin perusteltuja, jos tarkastelunäkökulma on riittävän pitkä esimerkiksi 50-100 vuotta tai jos arvioidaan metsätuotteen käyttöä koko elinkaaren mukaisesti.

4.3.2 Bioenergian käyttö ja sen lisäämismahdollisuudet Suomessa

Polttopuun käyttö on perinteisesti ollut pienkäyttöä ja se vähentyi Suomessa 1970-luvun puoliväliin saakka. Siitä eteenpäin tapahtunut puun käytön lisäys on perustunut metsäteollisuuden tuotannon kasvuun, ja sen puutähteiden ja jätteiden entistä suurempaan energiakäyttöön. Puupolttoaineiden nykyinen käyttö Suomessa sekä arvioita sen lisäämismahdollisuuksista on esitetty taulukossa 19.

Metsähaketta käytettiin vuonna 1997 yhteensä noin 0,04 Mtoe ja ennuste vuodelle 1998 oli 0,08 Mtoe. Vuonna 1997 käytettiin lisäksi 0,17 Mtoe rakennuspuujätettä, 0,02 Mtoe biokaasua sekä 0,02 Mtoe muita jätteitä. Puun osuus kokonaisenergian tuotannosta on Suomessa teollisuusmaiden korkein, 19 % vuonna 1997. Sähköä tuotettiin lähes 10 % puulla teollisuuden ja yhdyskuntien vastapainelaitoksissa.

Taulukko 19. Puun energiakäyttö Suomessa vuosina 1990, 1995 ja 1997, tekniset käyttömahdollisuudet nykytekniikalla vuonna 2010 sekä Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa tavoitteeksi asetettu käyttö vuodelle 2010 (1 Mtoe = 41,868 PJ) (KTM 1999, Tilastokeskus 1997, Helynen et al. 1999).

Puupolttoaineen primaarienergia yksikössä Mtoe	1990	1995	1997	Käyttömahdollisuudet nykytekniikalla vuonna 2010	Tavoite 2010	Lisäys-% suhteessa vuoteen 1995
Teollisuus yhteensä	2,74	3,72	4,31	3,5—6,4	5,2	40 %
Mustalipeä	1,94	2,60	3,07	2,2—3,6		
Kiinteät puutähteet	0,80	1,10	1,20	0,9—1,7		
Muut biomassat	0,02	0,02	0,04	0,4—1,1		
Kaukolämmitys yhteensä	0,09	0,19	0,28	0,4—1,2	1,0	420 %
Kierrätyspolttoaine	0,03	0,03	0,01	osuus 10—30%		
Teollisuuden puutähteet	0,07	0,16	0,27	osuus 50—95%		
Metsähake	pieni	pieni	pieni	osuus 50—95%		
Pienkäyttö	0,79	1,07	1,12	1,6	1,6	47 %
YHTEENSÄ	3,62	4,98	5,71	5,5—9,2	7,8	56 %

Teollisuus eli lähinnä metsäteollisuus käyttää 75 % puupolttoaineesta. Sellutehtaat ja sahat ovat tuotannossa syntyvän puuaineen suhteen yliomavaraisia, jos niihin ei ole integroitu tuotteiden jalostusta tai suurta sähköntuotantokapasiteettia. Esimerkiksi sahoilta myydään suuria määriä puupolttoaineita. Suomessa hyödynnetäänkin lähes kaikki teollisuuden puutähteet. Teollisuus voi lisätä puupolttoaineiden käyttöä tuotannon kasvaessa, lisätessään sähkön tuotantoa tai korvata fossiilisia polttoaineita. Taulukon 19 arviot biopolttoaineiden käytön lisäämismahdollisuuksista perustuvat VTT Energian selvitykseen. Vaihteluväli kuvaa mustalipeän ja puutähteiden osalta tuotannon kasvua ja kapasiteetin käyttöasteen vaihteluita (Helynen et al. 1999).

Kaukolämmön tapauksessa puupolttoaineiden käyttöä voidaan lisätä kaukolämmön tarpeen kasvaessa, mutta lisäksi myös korvaamalla fossiilisia polttoaineita ja turvetta sekä siirtymällä yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon.

Puun käyttöä olisi mahdollista lisätä pienkäytössä nykyiselläkin laitekannalla muun muassa, jos polttoaineiden saatavuus ja kilpailukyky paranisi. Puupolttoainejalosteiden markkinoille tulo saattaa lisätä huomattavasti bioenergian käyttöä pienessä kokoluokassa. Lisäkäyttökohteita ovat puukeskuslämmitteiset omakotitalot, puun käyttö tulisijoissa lisälämmön lähteenä ja suurempien kiinteistöjen hakelämmitysjärjestelmät.

4.3.3 Biopolttoaineiden saatavuus

Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on kestävä metsätalouden puitteissa nostaa metsäteollisuuden vuosittaisen kotimaisen raaka-aineen käyttöä 55 miljoonasta m³:stä edelleen 5-10 miljoonaa m³ vuoteen 2010 mennessä (MMM 1999). Pelkästä tuotannonlisäyksestä voisi aiheutua jäteliemien ja puutähteiden energiakäyttöön 10-20 % lisäys,

jos tuotantorakenne säilyy entisenä. Jos metsäteollisuuden sivutuotteina syntyviä polttoaineita käytetään metsäteollisuuden ulkopuolella, on käyttökohteissa varauduttava tuotannon suhdannevaihteluista aiheutuviin polttoaineen saatavuuden vaihteluihin. Myös puun suoranaista energiakäyttöä pyritään lisäämään.

Bioenergian hyödyntämismahdollisuuksien suhteen metsäteollisuus on avainasemassa, koska sillä on käytössään puunkorjuu- ja kuljetuslogistiikka ainespuun hankintaan. Metsäteollisuuden raaka-ainekäyttö on myös puun ensisijainen käyttökohde. Tämän lisäksi on kuitenkin tarjolla suuri määrä hukkarunkopuuta, latvumassaa ja pieniläpimittaista kokopuuta, jolla ei ole kysyntää metsäteollisuuden kasvunkaan kautta.

Puupolttoaineiden tuotannon kannalta suurimman potentiaalin muodostavat uudistushakkuualueiden tähteet (1,6 Mtoe/a), ensiharvennuksista korjattava energiapuu (0,8 Mtoe/a), sekä taimikonhoidosta (0,2 Mtoe/a) ja vajaatuottoisista metsistä saatava kokopuuhaake (0,1 Mtoe/a) (Hakkila ja Fredriksson 1996). Metsähakkeiden saatavuuteen liittyy olennaisesti niiden paikallisuus, koska jalostamattomina niiden maksimikuljetusmatkat ovat alle 150 km. Metsäpolttoaineiden teknistaloudellisia tuotantomahdollisuuksia kahdella eri tuotantokustannustasolla on arvioitu Helysen et al. raportissa (1999). Korkeammalla kustannustasolla (75 mk/MWh) arvioidut tuotantomahdollisuudet vuoteen 2010 ovat uudistushakkuiden tähteille 0,9 Mtoe/a, ensiharvennuksille 0,6 Mtoe/a sekä taimikonhoidolle ja vajaatuottoisille metsille yhteensä 0,2 Mtoe/a (1 toe = 11,63 MWh).

Muita, merkitykseltään metsäpolttoaineita vähäisempiä bioenergiälähteitä ovat peltohiomassat ja jätteet. Lisäksi kehitteillä on useita, vasta tulevaisuudessa kaupallistuvia biopolttonesteiden tuotantoratkaisuja.

4.3.4 Bioenergia ja fossiilisten hiilidioksidipäästöjen vähennykset

Kioton pöytäkirja antaa selvän kannusteen energiantuotantoon, jossa bioenergiaa voidaan hyödyntää ja fossiilisiin polttoaineisiin perustuvia panoksia pienentää. Kaukolämmityksessä ja talojen lämmityksessä yleensä pöytäkirja kannustaa bioenergian käytön lisäämiseen. Metsäsektorilla massa- ja paperiteollisuudessa se suosii kemiallisen massan valmistusta mekaanisen massan asemasta. Suhteessa lopputuotemäärään kemiallisessa massanvalmistuksessa kulutetaan paljon raakapuuta, mutta se voidaan hyödyntää bioenergiana massanvalmistusprosessissa. Sen sijaan mekaanisen massan (erityisesti hierteen) valmistuksessa tarvitaan runsaasti ulkopuolista ostosähköä, jonka tuottamisessa käytetään nykyisellään huomattavia fossiilisia panoksia.

Eri asia on, miten valtiollisen tason kannusteet todellisuudessa tulevat vaikuttamaan esimerkiksi Suomen metsäsektorilla yritystasolla. Metsäteollisuuden tämänhetkinen erikoistuminen ja vahva maailmanmarkkina-asema puupitoisissa papereissa luonnollisesti vaikuttavat muutosta hidastavasti, samoin sellunvalmistuksen edellyttämät suuret pääomapanokset. Puun saatavuus ja kotimaiset puumarkkinat muodostavat

omat reunaehdonsa samoin kuin raakapuun tuonti. Kioton pöytäkirja antaa myös kannusteen lyhyellä tähtämellä energiaintensiivisen tuotannon sijoittumiseen Annex I -maiden ulkopuolelle. Voidaan sanoa, että kun pöytäkirja kannustaa tuotannon energiain-
tensiivisyyden vähentämiseen, se metsäsektorilla merkitsisi tuotannon painopisteen siirtämistä mekaaniseen metsäteollisuuteen sekä erityisesti sahatavaran tuotantoon ja sen jatkojalostukseen.

Taulukossa 20 on esitetty arvio hiilidioksidin laskennallisista päästönvähennyksistä, joita bioenergian käytönlisäyksellä vuoteen 2010 voitaisiin saavuttaa (Tuhkanen ja Piipatti 1999 sekä Helynen et al. 1999). Päästönvähennysten arvioiminen on melko tulkin-
nanvaraista, koska bioenergian lisääntynyt käyttö ei suinkaan aina merkitse, että bioenergia korvaisi fossiilisia polttoaineita ja näiden käyttö vähenisi. Esimerkiksi jos metsäteollisuuden tuotanto kasvaa tuotantorakenteen ja -tekniikan pysyessä samana, seuraa tästä bioenergian käytön lisäys, mutta samalla kasvavat myös fossiiliset hiilidioksidipäästöt. Jos sen sijaan bioenergian lisäkäyttöön metsäteollisuudessa yhdistyy tuotantorakenteen tai -teknologian muutos, jossa fossiilisten polttoaineiden käyttö vähenee, voidaan puhua bioenergialla korvaamisesta. Vastaavasti esimerkiksi kaatopaikoilla biokaasun talteenotto ja energiakäyttö vähentää metaanipäästöjä. Tämän välillisen tekijän vaikutus päästöihin on huomattava.

Taulukko 20. Laskennalliset fossiilisten polttoaineiden päästönvähennykset arvioidulla bioenergian käytön lisäyksellä vuoteen 2010 (Helynen et al. 1999).

	Bioenergian käytön lisäys vuodesta 1995 vuoteen 2010 Mtoe	Saavutettava fossiilisten CO₂- päästöjen vähennys Mt CO₂-ekv.
Mustalipeä*	1	(2,5—3,8)*
Teollisuuden puutähteet*	0,3	(0,8—1,1)*
Metsähakkeet	0,5	1,3—1,9
Kiinteistöjen polttopuu	0,2	0,5—0,6
Puujalosteet	0,2	0,6
Peltobiomassat	0—0,1	0—0,4
Kierrätyspolttoaineet	0,5	2,7—3,3
Biokaasu	0,08	1
Yhteensä	2,8—2,9	(9,4—12,7)*
Yhteensä ilman metsä-teollisuuden tuotannonlisäystä	1,5—1,6	6,1—7,8

* Mustalipeän ja teollisuuden puutähteiden käytön lisäys perustuu arvioituun tuotannon kasvuun eivätkä nämä todellisuudessa korvaa fossiilisia polttoaineita, ellei tuotantorakenteessa tai -tekniikassa tapahdu muutoksia

4.4 TURVEMAAT

4.4.1 Turvemaat ilmastopimuksen inventaarioissa

Suomessa suurimmat hiilivarastot ovat maaperässä, erityisesti soiden turpeessa. Puuston hiilivaraston arvioidaan olevan karkeasti vain noin kymmenesosa maan hiilivarastosta. Soiden hiilivarastot ovat yli 5 miljardia tonnia hiiltä ja määrältään viisi kertaa suuremmat kuin kangasmetsien maaperän hiilivarastot. Turvevarojen hoidolla, käytöllä ja suojelulla sekä niihin liittyvillä hiilidioksidin lähteillä ja nieluilla on merkitystä Suomen kasvihuonekaasutaseille.

Ilmastopimuksen edellyttämässä päästölaskennassa ei soille kokonaisuutena lasketa erillistä, omaa tasetta vaan suoalueiden aiheuttamat päästöt jakautuvat nykyisellään useaan eri luokkaan. Soiden puuston tase lasketaan luokassa 'maankäytön muutos ja metsätalous' ja suopeltojen päästöt joko luokassa 'maatalous' tai 'maankäytön muutokset'. Turpeen energiankäytöstä aiheutuvat ja niiden turvekenttien päästöt sisällytetään energiantuotannon päästöihin, jälkimmäiset luokkaan 'karkauspäästöt'.

Kioton pöytäkirjan näkökulmasta metsäojitettujen alueiden maaperän hiilen sisällyttäminen laskentaan riippuu ennen muuta siitä, ulotetaanko metsien hiilivarojen muutosten tarkastelu kattamaan maaperä. Arvioitaessa maaperän hiilivarastojen mukaan ottamista Kioton pöytäkirjan mukaiseen hiilinielulaskentaan on kuitenkin pidettävä mielessä maaperän hiilivarastojen mittaamisen edellyttämä suuri työmäärä. Nykyiset maaperän ja turvevarojen hiilinieluja ja -varastoja koskevat arviot ovat epätarkkoja eikä kattavia seurantajärjestelmiä ole vielä olemassa.

4.4.2 Metsäojitetut suot ja niiden hiilitasevaikutus

Suomessa laajamittainen soiden ojitus käynnistettiin 1950-luvulla ja noin 53 % Suomen soista on ojitettu, pääosin metsätalouden tarpeisiin. Tiedot Suomen metsäojitetuista soista ja niiden nykytilasta ja käytöstä vaihtelevat lähteestä riippuen. Metsätaloukseen määrää Suomessa on vuosien 1986-1997 Valtakunnallisen metsien inventoinnin mukaan noin 26 milj. ha ja siitä noin 8,9 milj. ha eli 34 % sijaitsee soilla. Viime vuosina uudistusojitusten vuotuinen määrä on vähentynyt alle 10 000 hehtaariin. Samaan aikaan täydennys- ja kunnostusojitusten vuotuinen määrä on ollut noin 70 000-80 000 hehtaaria.

Metsätalouteen käytetty suopinta-ala Suomessa on noin 5,7 milj. ha ja metsäojitetuja soita on 4,7 milj. ha.

Luonnontilaisella suolla on kahteen suuntaan ilmenevä kasvihuonevaikutus. Turvekerroksen kasvusto sitoo ilman hiilidioksidia. Samalla soista vapautuu metaania, joka on hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu. Keskimäärin luonnontilaiset suot ovat kuitenkin kasvihuonekaasujen nielu. Luonnontilaisten soiden hiilinielun arvioidaan olevan Suomessa noin 1 miljoonaa tonnia hiiltä (noin 3,7 miljoonaa tonnia CO²).

Ojitus muuttaa suon vesitaloutta. Ojituksen jälkeen suon happea sisältävä pintakerros ulottuu syvemmälle ja mahdollistaa tehokkaan, aerobisen hajotustoiminnan entistä syvem-

Taulukko 21. Soiden ojitustilanne Suomessa

	Ojittamattomat	Ojikut ⁴	Muuttumat ⁵	Turvekankaat ⁶		Nykytila	
	1000 ha	1000 ha	1000 ha	1000 ha	Yht. 1000 ha	ojitettuja soita, %	ohuttur- peisia soita, %
Yht. koko maa	4 199	986	2 761	986	8 932	53,0	22,5

mällä. Tehokas ojitus lisää huomattavasti hiilidioksidipäästöjä turpeesta ilmakehään. Toisaalta tasetarkastelussa on päästöjen lisäksi otettava huomioon samanaikainen orgaanisen aineen sitoutuminen turvetta muodostaviin kasveihin. Suomen oloissa turpeeseen ja puustoon kertyvä hiili kompensoi ojituksen vuoksi lisääntyneitä hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi tarkastelussa on otettava huomioon se, että metaanipäästöt vähenevät ojituksen jälkeen.

Silmu-tutkimuksessa todettiin, että Suomen metsäojitetut suot ovat hiilinieluja ja arvioitu nielu on 1,9-4,5 miljoonaa hiilitonnia vuodessa, mikä vastaa 7-16 miljoonan tonnin hiilidioksidinielua. Tämänhetkinen arvio on 9,4 milj. tonnia hiilidioksidia. Samanaikaisesti kaikista soista vapautuu noin 0,15 miljoonaa tonnia metaania ja 0,001 miljoonaa tonnia typpioksiduulia. Nämä päästöt vastaavat yhteensä noin 3,3 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Suopuustojen biomassojen vuotuisiksi hiilinieluiksi arvioidaan 3 miljoonaa tonnia hiiltä (11 miljoonaa tonnia hiilidioksidia). Kun soiden kasvihuonevaikutuslaskelmissa otetaan huomioon myös pienentyneet metaanipäästöt, tuloksena on ojituksen jälkeen pienentynyt säteilypakote, joka näyttää kestävän ainakin muutamia satoja vuosia.

Suomessa ojituksen keskimääräisvaikutusta turpeen hiilivarastoon on kartoitettu varsin hyvin kansainvälisestikin arvioituna. EU-maiden välillä on turpeen hiilensidonassa ja etenkin orgaanisen aineen hajoamisessa selviä eroja, sillä Suomessa kasvukausi on vain 3-4 kuukautta, kun se kun se erällä alueilla läntisessä Euroopassa voi olla jopa 12 kuukautta. Sen sijaan ei tiedetä tarkasti, kuinka suometsissä tehtävät toimenpiteet, kuten hakkuut ja kunnostusojitus ja lannoitus, vaikuttavat hiilidioksidinieluihin.

4.4.3 Suopellot ja niiden hiilitasevaikutus

Soita on raivattu viljelytarkoituksiin noin 0,7 milj. ha eli noin seitsemän prosenttia toisen maailmansodan jälkeisestä Suomen suopinta-alasta. Viime aikoina suopeltojen ala on merkittävästi vähentynyt maatalouden rakenteellisen muutoksen vuoksi. Tämä johtuu myös sii-

⁴ Ojikko on hiljattain ojitettu eikä puustossa tai pintakasvillisuudessa voida vielä havaita kuivatuksen vaikutuksia.

⁵ Muuttumalla suokasvit ovat vielä vallitsevia, mutta kuivatuksen puuston kasvua elvyttävä vaikutus on nähtävissä.

⁶ Turvekankailla kuivatuksen vaikutus on jo niin pitkällä, että pintakasvillisuudessa kangasmaan lajit ovat vallitsevia. Puusto on kasvupaikaltaan rinnastettavissa vastaavan kankaan kasvupaikan puustoon.

tä, että varsinkin ohutturpeisilla soilla turvekerroksen kuluessa ja painuessa pohjamaata on tullut kyntökerrokseen yhä enemmän ja alueet ovat nyt luokiteltavissa kivennäismaaksi. Vastaavanlaista maaluokan muuntumista tapahtuu myös metsäojitetuilla soilla.

Kun suot kuivataan pelloiksi, ne muuttuvat hiilen sitojasta hiilidioksidilähteeksi. On arvioitu, että hiilidioksidia vapautuu jopa yli 15 tn/ha vuodessa. Merkittävimmät päästöt suopelloista syntyvät viljelyssä tai kesannolla olevista suopelloista. Tällä perusteella laskettuna viljelykäytössä ja kesannolla olevien suopeltojen aiheuttama hiilidioksidipäästö on yli 3 milj. tonnia hiilidioksidia vuodessa. Suomen kansallisessa kasvihuonekaasupäästöinventoinnin raportissa on esitetty, että osa näistä suopelloista on suunniteltu tai varattu turvetuotannon käyttöön.

Osa alkuperäisistä suopelloista on siirtynyt muuhun käyttöön kuten rakennusmaaksi tai se on metsitetty. Jäljellä olevien suopeltojen käyttövaihtoehdot ovat:

- viljelyn jatkaminen
- metsittäminen/metsittyminen (artiklan 3.3 toimenpide)
- niissä olevan turpeen käyttäminen energiantuotantoon.

Suopeltoja on metsitetty Suomessa 84 000 ha. Muuttumat ja luonnostaan metsittyneet turvekankaat edustavat merkittävää pinta-alaa. Koska näiden alueiden vesitalous on muuttunut, turvekerros tai osa siitä on ojituksen vuoksi hapellisessa tilassa ja turvekerroksen orgaanista ainetta hajoaa hiilidioksidiksi. Osa näistäkin alueista on jo metsittynt.

4.4.4 Turpeen energiakäyttö

Turvetuotantoon valmisteltuja alueita on Suomessa yli 60 000 ha, joista tuotantopinta-ala on noin 38 000 ha, mutta määrä vaihtelee vuosittain. Turvetuotantoon soveltuvia, luontaisesti kuivatettavia turvevaroja Suomessa on Geologian tutkimuskeskuksen laskelmien mukaan noin 622 000 hehtaarin alueella. Tällä hetkellä turvetuottajat hyödyntävät noin kymmenesosaa kaikista teollisesti hyödyntämiskelpoisista Suomen turvevaroista. Turvevaroja on ojittamattomilla soilla, ojitetuilla metsätalouskäytössä olevilla soilla sekä myös ojitetuilla suopelloilla. Näistä turvevaroista on kuitenkin vain pieni osa mahdollista ottaa turvetuotannon piiriin.

Suopeltojen laajempi käyttäminen turvetuotannossa on ongelmallista mm. esimerkiksi maatilojen pienestä koosta, asutuksen läheisyyden ja suopeltojen laatutekijöiden, kuten esimerkiksi suuren alkuaine- ja tuhkapitoisuuden vuoksi. Osa suopelloista on todennäköisesti ojitukseltaan sellaisessa kunnossa, että maaperässä tapahtuu hajotusta, ja on arvioitu, että turvetuotantoon soveltuvien suopeltoreservien hiilidioksidipäästö on yli 1,0 milj. tonnia hiilidioksidia vuodessa. Osa tästä päästöstä olisi mahdollista ottaa hallittuun käyttöön eli hyödyntää turvevarat energiantuotannossa. Turpeen energiakäytöstä syntyy kuitenkin myös muita hiukkaspäästöjä.

Turvetuotannosta vapautuvista suopohjista voidaan muodostaa hiilidioksidinieluja. Turvetuotannosta vapautuvat suopohjat muuttuvat hiilidioksidinieluiksi joko suopohjia metsittämällä, suopohjien soistamisella tai niiden kasvittumisella. Soistamisen yhteydessä alkaa

muodostua metaanipäästöjä. Vuoden 1998 loppuun mennessä arvioitiin, että noin 10 000 ha on poistunut turvetuotantoalueilta. Näihin mahdollisesti perustettavia kasvittuneita suopohjia voidaan Kioton pöytäkirjan mukaisesti pitää hiilen nieluina (maankäyttömuodon muutos), ainakin mikäli alueille muodostuu puuvartisista kasveista kasvava metsä. Pääasialliset suopohjan hiilinielut syntyvät metsätaloustoimenpiteiden, soistamisen, kosteikkojen ja erikoisviljelyn (esimerkiksi ruokohelpi) kautta. Arvioidaan, että suurimmat hiilinielut syntyisivät suopeltojen moninaiskäytön avulla. Vuoteen 2010 mennessä arvioidaan turvetuotannosta 40 000-45 000 ha vapautuneen muuhun käyttöön.

Turpeen ja puun energiakäyttöä tarkastellessa on hyvä mieltää, että niiden käyttö voi olla toisiaan tukevaa. Laajamittainen ja merkittävä puun polton lisääminen Suomessa on mahdollista mikäli tukipolttoaineen saanti on turvattu esimerkiksi turpeen käytöllä.

4.5 YHTYMÄKOHDAT MAATALOUTEEN JA MUIHIN MAANKÄYTTÖMUOTOIHIN

4.5.1 Taustaa

Maatalouden ja maankäytön suhteen hiilinielut liittyvät lähinnä maaperän hiilivarojen hallintaan. Maaperän hiilivarastojen muutosten mukaan ottaminen Kioton sopimuksen mukaiseen laskentaan ja sen hiilinieluja lisäävien toimien hyväksyminen sopimuksen mukaisiksi toimiksi on vielä sopimatta kansainvälisesti. On mahdollista, että maatalousmaan hiilivaraston muutokset sisällytetään Kioton pöytäkirjan artiklan 3.4 mukaisiksi lisätoimiksi. Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) arvion mukaan hiilen sitominen maaperään on yksi tärkeimmistä mahdollisuuksista ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden rajoittamiseksi. Maailman maaperän hiilivarat 1580 Pg ovat suuret verrattuna esimerkiksi ilmakehän 750 Pg ja kasvillisuuden 610 Pg varoihin (Schimel 1995). Suomessa peltojen osuus kokonaispinta-alasta on kuitenkin vain 8 % eli noin 2,2 miljoonaa hehtaaria, joten maatalousmaa ei ole kovin merkittävä tekijä hiilen nielujen kannalta. Turvemaiden osuus peltopinta-alasta on kuitenkin kansainvälisesti katsottuna melko suuri, noin 10 %, joten niiden merkitys hiilen varastona on sektorin sisällä merkittävä. Kansallisen tason maaperän hiilivarastolaskelmia ei Suomen maatalousmaista, kuten ei monessa muussakaan maassa, ole vielä käytettävissä lähinnä maaperä- ja pinta-alatietojen epävarmuuksien vuoksi (Kulmala ja Esala 2000).

4.5.2 Maatalousmaan hiilivaraston muutoksiin vaikuttavat tekijät

Hiiltä sitoutuu maahan, kun maaperään sitoutuu enemmän hiiltä kuin sieltä poistuu, ja näin maan orgaanisen aineksen pitoisuus lisääntyy. Hiiltä muodostuu maahan kasvinjätteinä (maanpäällisen kasvinjätteet, juuret), elävän juuriston eritteinä, karjanlantana tai jätevesilietteenä (Nabuurs et al. 1999). Orgaanisen aineksen hajaantumista voidaan vähentää yleensä vähentämällä muokkauksen voimakkuutta. Eri viljelymenetelmien soveltuvuus hiilinielun lisäämiseen riippuu maaperän ominaisuuksista ja ilmastosta. Siksi maaperän hiilen dynamiikan tunteminen on ensiarvoisen tärkeitä toimenpiteiden suun-

nittelussa. Lisäksi hiilinieluja lisäävillä toimenpiteillä saattaa olla kielteisiä vaikutuksia, esimerkiksi muiden kasvihuonekaasujen, metaanin ja dityppioksidin, päästöjen lisääntyminen. Suomesta on maatalousmaista melko vähän tutkimuksia ja arviot toimenpiteiden vaikutuksesta perustuvat pääasiassa ulkomaiseen kirjallisuuteen.

Voimakkaimmin maaperä voi toimia hiilen nieluna, kun viljelyssä ollut pelto metsitetään tai jätetään viljelemättä pysyväksi nurmeksi. Erityisen suuri vaikutus on turvepeltojen poistamisella viljelystä, sillä niiden viljely vapauttaa runsaasti hiiltä. Myös nurmen osuuden lisääminen viljelykierrossa lisää hiilen sitoutumista maaperään. Nurmien voimakas lannoitus kuitenkin lisää dityppioksidin päästöjä. Muuttunut maan käsittely johtaa hiilen sitoutumiseen maaperään. Hiilen sitoutuminen kestää yleensä muutamia vuosikymmeniä, kunnes maaperän hiilivarat ovat saavuttaneet uuden tasapainotilan, jolloin hiilen sitoutuminen ja vapautuminen ovat tasapainossa. Vastaavasti, jos metsä raivataan pelloksi, tuotannosta poistettu maa otetaan uudelleen viljelyyn tai muokkaukseen muutetaan intensiivisemmäksi, alkaa hiiltä jälleen vapautua maaperästä. Peltoja metsitettiin Suomessa vuosina 1990-1996 keskimäärin 11 000 ha vuodessa (Metsätilastollinen vuosikirja 1997). Turvemaiden osuus vuosina 1970-1997 metsitettyjen peltojen alasta on ollut noin 40 %, kun se koko peltoalasta on noin 10 %, joten metsitys on painottunut turvemaille (Selin et al. 1999). Pellonmetsityspalkkion poistuttua arvioidaan pellonmetsityksen vähenevän lähivuosina 3000-4000 hehtaariin vuodessa.

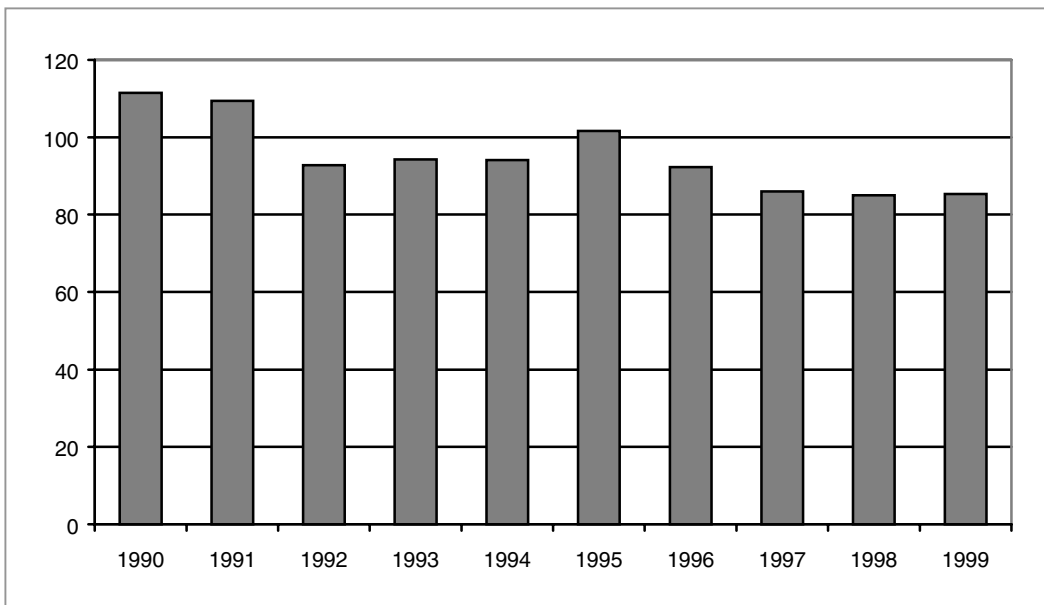
Maan muokkauksen keventäminen ja oljen muokkaaminen maahan lisää maan orgaanisen hiilen pitoisuutta erityisesti aivan maan pintakerroksessa noin 0-10 cm syvyydellä (Nabuurs et al. 1999). Syvemmällä muutokset ovat vähäisiä. Muokkauksen keventäminen ei sovellu kaikille maalajeille ja kaikkiin olosuhteisiin, joten sen soveltaminen on rajoitettua. Myös sen vaikutuksesta ja käyttökelpoisuudesta maan orgaanisen hiilen pitoisuuden lisäämiseen ei ole täyttä yksimielisyyttä. Kevennetyn muokkauksen myönteisenä vaikutuksena pidetään myös eroosion vähentymistä, sillä lisääntynyt orgaaninen aines stabiloi pintamaan muruja. Suomessa jo nyt 80 % oljesta muokataan maahan ja valtaosa korjatusta oljesta palautuu maahan karjanlannan mukana (Wilkinson 1998), joten maaperän hiilinielun lisäämiseen tällä toimenpiteellä ei ole juuri enää mahdollisuuksia.

Avokesannoinnin aikana maahan ei tule kasvinjätettä ja hiilen vapautuminen maasta on voimakkaammasta muokkauksesta ja suuremmasta kosteudesta johtuen runsaampaa, joten se kuluttaa maan orgaanisen hiilen varoja. Lisäksi avokesannoiti lisää eroosiota. Vastaavasti viherkesannoiti lisää maan orgaanisen hiilen varoja, joten tuotannon rajoitustoimenpiteiden vuoksi viljelystä poistettava peltoala olisi viherkesannoitava. Vuonna 1998 kesantoala oli noin 170 000 ha (7,7 % peltoalasta). Avokesannon osuus on nykyisin melko vähäinen. Myös aluskasvien ja välikasvien viljely lisää hiilen sitoutumista maaperään.

Pohjaveden pinnan nostaminen pysyvästi tai osaksi vuotta esimerkiksi nurmilla vähentää maaperän orgaanisen hiilen hajaantumista. Menetelmää on esitetty erityisesti

turvemaille. Sen kokonaisvaikutus kasvihuonekaasujen vähentämiseen on kyseenalainen, sillä se lisää metaanin ja dityppioksidin emissioita.

Viljelyn laajaperäistäminen ja nurmiviljelyyn ja palkokasvien viljelyyn perustuva kotieläintuotanto lisää maan orgaanisen hiilen pitoisuutta. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä vähennettäessä on kuitenkin kiinnitettävä huomio päästöjen määrään suhteessa tuotettujen tuotteiden määrään. Siten viljelyn voimaperäisyyden laskun ja laajaperäisyyden lisäämisen välillä on tehtävä tietty kompromissi, sillä alennettaessa voimaperäisyyttä lisätään vastaavaan tuotantoon tarvittavaa viljelyalaa ja eläinmäärää, mikä puolestaan lisää päästöjä. Typpilannoitteiden käyttö on vähentynyt Suomessa 1990-luvulla jo noin 25 %, mikä on vähentänyt dityppioksidipäästöjä huomattavasti.



Kuva 5. Typpilannoitteiden käyttö (kg/ha) Suomessa vuosina 1988-1999 (Maataloustilastollinen vuosikirja 1999).

4.5.3 Bioenergian tuotanto pellolla

Pellolla tuotetulla biopolttoaineilla voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Biopolttoaineiden tuotantoa voidaan lisätä erityisesti ylituotannon vuoksi tuotannosta poistetulla peltoalalla. Jos esimerkiksi ruokohelven ja oljen käyttö olisi Suomessa 0,2 Mtoe vuodessa, vähenisivät hiilidioksidipäästöt 0,6-0,8 Mt (Tuhkanen ja Pipatti 1999). Biomassaenergian tuotannon hiilen kiertoa voidaan pitää periaatteessa suljettuna kiertona, jossa nettopäästöä tapahtuu ainoastaan biomassan kasvatukseen ja energian jalostusprosessissa käytettävien koneiden valmistuksessa.

Peltobiomassan tuotanto on Suomessa tällä hetkellä vielä lähinnä kokeiluluontoista. Realistinen energiapotentiaali on 0,4-0,5 Mtoe, joka vastaa 170 000-220 000 heh-

taarin viljelyä (Järvenpää ja Maunu 1994). Suurin mielenkiinto kohdistuu ruokohelven viljelyyn. Biopolttoaineiden tuotantoon viljellyt kasvit lisäävät monivuotisina yleensä myös hiilen sitoutumista maaperään.

4.5.4 Maatalousmaan hiilivarastomuutosten laskenta IPCC-ohjeiden mukaan

Tässä kappaleessa kuvataan maatalousmaan hiilivaraston muutosten laskentaa vuonna 1997 julkaistujen Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPPC) kasvihuonekaasujen inventointi- ja raportointiohjeiden mukaisesti ('Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories', IPCC 1997).

Nykyinen IPCC-menetelmä perustuu tärkeimpien maankäyttö/käsittelyluokkien pinta-alan ja hiilivarastojen seurantaan. Menetelmän taustalla on periaate, että maan hiilitase pyrkii tasapainotilaan, kun tiettyä maankäyttöä on harjoitettu usean vuoden ajan. Inventointi perustuu kahdeksaan ilmastoalueeseen ja kuuteen maatyyppiin, koska ilmasto ja maatyypit ovat tärkeimmät maan käsittelytavan valintaan vaikuttavat tekijät. Nämä tekijät vaikuttavat lisäksi potentiaalisen hiilivaraston kokoon ja siihen, miten varastot reagoivat maan käsittelyyn. Suomi kuuluu kylmään (vuoden keskilämpötila alle +10 °C) ja kosteaan (sadanta vähintään yhtä suurta kuin haihdunta) lauhkeaan vyöhykkeeseen, jolle on tyypillistä lyhyt kasvukausi sekä kevätiljojen, juurikasvien ja monivuotisten rehukasvien viljely. Lisäksi sademäärä on niin suuri, että viljely on mahdollista joka vuosi, kesäkesannointia ei tarvita kuivuuden takia ja kastelua käytetään pääasiassa erikoiskasveille.

Neljä maatyyppiä on muodostettu maan lajitekoostumuksen ja savimineraalityyppien perusteella, sillä nämä tekijät vaikuttavat maan orgaanisen aineksen pitoisuuteen. Ensimmäinen ryhmä on mineraalimaat, joissa on korkea saviaktiivisuus. Nämä maat sisältävät huomattavasti korkea-aktiivisia savimineraaleja kuten 2:1-mineraaleja, esimerkiksi montmorilloniittia. Toisen ryhmän muodostavat alhaisen saviaktiivisuuden mineraalimaat. Hiekkamaat, joiden savipitoisuus on alle 8 % ja hiekkapitoisuus yli 70%, muodostavat kolmannen ryhmän. Neljäs ryhmä koostuu vulkaanisista maista. Loput kaksi maatyyppiä muodostuvat maan kuivatus- ja vesitilanteen mukaan. Märät maat (Aquic soils) ovat mineraalimaita, jotka ovat kehittyneet huonosti kuivatetussa ympäristössä, jossa hajotustoiminta on hidastunut. Tällöin maan orgaanisen aineksen pitoisuus nousee korkeaksi. Viimeisen ryhmän muodostavat orgaaniset maat, jotka ovat kehittyneet veden kyllästyneissä oloissa, joissa orgaanisen aineen hajoaminen on hyvin hidasta.

Hiilidioksidivirtojen arviointi perustuu tietyllä ilmastoalueella vallitsevien maankäyttötapojen pinta-alojen ja hiilivarastojen inventointiin. Maankäsittelytavat määritellään siten, että maan jakautuminen erilaisten käsittelytapojen kesken on muuttunut viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana ja että systeemit eroavat merkittävästi hiilivarastojen koon suhteen. IPCC-ohjeissa annetaan esimerkki kylmälle ja kostealle lauhkealle vyöhykkeelle sopivasta ryhmittelystä, josta voidaan lähteä liikkeelle maakohtaista ryhmittelyä tehtäessä. Esimerkissä maankäyttösystemit ovat seuraavat: metsä, viljojen

monokulttuuri, vilja/juurikasvi/monivuotinen rehukasvi-viljelykierto, pysyvät laitumet sekä viljelystä pois otettu alue (set-aside), joka metsitetty/nurmetettu.

Kivennäismaiden hiilivarastojen muutokset

Nettohiilivirrat lasketaan maan hiilivarastossa 20 vuoden aikana tapahtuneiden muutosten avulla. Tällöin esimerkiksi vuoden 1990 inventaaria varten tarvitaan pinta-alat ilmasto/maatyypin/maankäyttöluokittain sekä vuodelta 1970 että 1990. Mineraalimailla tarkastellaan vain ylintä 30 cm:ä, koska ylimmässä kerroksessa hiilikonsentraatio on tavallisesti korkein ja maankäytössä sekä käsittelyssä tapahtuneiden muutosten vaikutus on suurin. Valittu tarkastelujakson pituus on eräänlainen kompromissi, sillä useat tekijät vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti systeemi reagoi maan käsittelyssä tapahtuneeseen muutokseen. Esimerkiksi troppiikissa maan hiilivarastot saavuttavat uuden tasapainotilanteen nopeammin kuin lauhkealla vyöhykkeellä. Tasapainotilanteen saavuttaminen on myös nopeampaa hiilimäärien vähetessä kuin niiden kasvaessa. Yleensä nopein muutos maan hiiltilassa tapahtuu ensimmäisen 10-20 vuoden kuluessa merkittävästä muutoksesta maankäytössä tai käsittelyssä. Pitkällä inventointiajalla on myös haittapuolensa. Vanhoja maankäyttötietoja voi olla vaikea saada, ja saatujen tietojen tarkkuus ei välttämättä ole kovin hyvä. Lisäksi tasapainolähestymistapaan liittyy ehdoton oletus siitä, että maankäytön ja käsittelyn muutoksen määrä on vakio koko ajanjakson. Jos muutos ei ole lineaarinen ajan suhteen, arviointitulokset on sitä vinoutuneempi mitä pidempi arviointijakso on. Jotta pidemmän vasteajan vaativat toimet tulisivat otettua huomioon, suositellaan, että määritetään hiilivarastoiltaan eroavia ajallisesti peräkkäisiä systeemejä. Lauhkealla vyöhykkeellä tällaisia voisivat olla esimerkiksi 'maa ollut poissa viljelystä alle 20 vuotta' ja 'viljelemättä yli 20 vuotta'.

Hiilivaraston määrään luetaan kuuluviksi orgaanisen hiilen kokonaismäärä 30 cm syvyyteen asti sekä pinnalla olevan karikkeen hiili (nurmet, laitumet). Tuoreen kasvijätteen hiiltä ei lueta mukaan. Viljelytavoissa, joissa ei käytetä muokkausta (no-till), pienin mahdollinen vuoden aikana pinnalle jäävä kasvijättemäärä luetaan mukaan orgaanisen hiilen varastoon.

Laskelmien tuloksena voi olla joko negatiivinen tai positiivinen luku eli maan hiilivaranto on pienentynyt tai maahan on kertynyt hiiltä. Vuotuinen nettoemissio saadaan jakamalla laskun tulos 20:llä. Pinta-alana tulisi käyttää vähintään sitä alaa, jolla on tapahtunut merkittäviä maankäytön ja/tai käsittelyn muutoksia. Lisäksi inventoinnissa mukana oleva kokonaisuus tulee olla sama kumpanakin tarkasteluvuotena ja kunkin maatyyppin alan tulee olla vakio tarkastelujakson ajan.

Aluksi tulee määrittellä maankäyttö- ja käsittelyjärjestelmät. Sen jälkeen kuhunkin järjestelmään kuuluva kokonaispinta-ala jaetaan molempina tarkasteluvuosina eri maatyyppien kesken. Seuraavaksi tarvitaan maan hiilivarastojen koko. Mikäli maakohtaista tietoa ei ole saatavissa, voidaan käyttää ohjeissa annettuja arvioita luontaisen kasvillisuuden peittämille alueille. Esimerkiksi kylmällä ja kostealla lauhkean vyöhykkeen alueella maan orgaa-

nisen hiilen määräksi alhaisen ja korkean saviaktiivisuuden maassa oletetaan 80 000 kg C/ha (0-30 cm), hiekkamailla 20 000 kg/ha ja märillä mailla 180 000 kg/ha.

Alueilla, joilla maatalous vaikuttaa, voidaan maan hiilimäärää arvioida kaavalla 1. Kerroimille on saatavissa oletusarvoja, joita voidaan käyttää, ellei maakohtaista tietoa ole saatavissa. Peruskerroin kuvaa muutoksia maan orgaanisessa aineessa, kun siirrytään luontaisesta kasvillisuudesta maatalouskäyttöön. Muokkaus- ja panoskerroimet kuvaavat maankäsittelyn vaikutuksia. Esimerkiksi pitkään viljellyssä korkean saviaktiivisuuden maassa, jota on muokattu intensiivisesti ja johon on jäänyt vähän hiiltä olkien poiston seurauksena, arvioidaan hiilipitoisuuden olevan 63 % ($0,7 \times 1 \times 0,9$) siitä, mitä se on luonnontilaisessa maassa. Samanlaisessa maassa, jota on viljelty muokkaamatta ja johon jäänyt paljon kasvijätettä peittokasvien viljelystä johtuen, hiilitason arvioidaan olevan 85 % ($0,7 \times 1,1 \times 1,1$) luonnontilaisen maan hiilitasosta. Kun hehtaariohaiset hiilimäärät (Mg C/ha) saadaan arvioidua, kerrotaan ne pinta-alalla, jolloin saadaan koko maan hiilivarastot (Tg) laskettua. Seuraavaksi lasketaan 20 vuoden aikana tapahtunut nettomuutos maan hiilivarastoissa. Tämä muutetaan edelleen vuotuiseksi muutokseksi ja hiilidioksidin nettoemissioksi.

$$\text{Maan hiili}_{\text{managed}} = \text{Maan hiili}_{\text{native}} \times \text{peruskerroin} \times \text{muokkauskerroin} \times \text{panoskerroimet} \quad (1)$$

Eloperäisten maiden viljely

Kun eloperäinen maa esimerkiksi turvepelto otetaan viljelykäyttöön, alkaa maan orgaaninen aines hapettua ja maa painua (IPCC 1997). Hiilen vapautumiseen vaikuttaa ilmasto, orgaanisen aineksen koostumus, pellon kuivatustila sekä muut toimet kuten lannoitus ja kalkitus. Eloperäisiltä mailta tapahtuva hiilen häviö voi jatkua hyvin pitkään eli periaatteessa siihen asti kunnes koko orgaaninen kerros on hävinnyt. Hajotuksen edetessä maahan kertyy yhä kestävämpiä orgaanisen aineksen fraktioita, jolloin myös hiilidioksidipäästöt voivat alentua. Samanaikaisesti maata kuitenkin muokataan, jolloin vähemmän hajaantunutta orgaanista ainesta nousee maan pintaosiin, jossa se hajoaa, ja samalla maa painuu edelleen. Tämän seurauksena hiilidioksidipäästöt voivat pysyä korkeana kunnes suuri osa orgaanisesta aineesta on hajonnut. Jos orgaanisilla mailla viljellään esimerkiksi viljoja ja vihanneksia, ovat hiilihäviöt suuremmat kuin nurmea viljeltäessä.

Laskelmissa tarvitaan intensiivisessä käytössä olevan orgaanisen maan kokonaisala ilmastoalueittain sekä maankäyttötyypeittäin. Lisäksi tarvitaan tietoa vuotuisesta hiilen häviöstä. Mikäli kansallista tietoa ei ole saatavissa, voidaan käyttää oletusarvoa. Suomi kuuluu viileään lauhkeaan vyöhykkeeseen, jossa laidunmaiden hiilihäviöksi oletetaan 0,25 Mg C/ha/vuosi ja muiden viljelymaiden 1,0 Mg C/ha/vuosi. Näiden tietojen perusteella lasketaan edelleen vuotuinen hiilen nettohäviö.

Peltojen raivaus ja viljelemättä jättäminen

IPCC-menetelmässä annetaan myös ohjeet metsien ja luonnontilaisten nurmien raivauksesta viljelykäyttöön aiheutuvien kasvillisuuden muutoksiin liittyvien nettohiilidioksidie-

sioiden laskemiseksi (IPCC 1997). Aluksi määritellään kasvillisuustyypeittäin vuosittain raivattu ala ja biomassan määrä ennen ja jälkeen raivauksen. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea vuotuinen biomassan häviö. Biomassan määrällekin annetaan oletusarvoja, joi- ta voi käyttää tarkemman tiedon puuttuessa. Boreaalisen alueen metsissä, joissa kasvaa se- kaisin lehti- ja havupuita, arvioidaan hehtaarilla olevan biomassaa 40-87 tonnia kuiva-ai- netta. Havumetsissä määrä olisi 22-113 ja metsäisellä tundralla 8-20 tonnia. Raivauksen jälkeiseen biomassaan luetaan uusi kasvillisuus kuten viljat sekä entisestä kasvillisuudesta mahdollisesti jäljelle jääneet kasvit. Biomassan oletusarvona viljoille ja laitumelle voi käyttää 10 tn/ha. Jos luonnontilainen nurmi otetaan viljelykäyttöön tai laitumeksi, on oletuksena, että maanpäällisen biomassan määrä ei muutu.

Raivattu biomassa saatetaan polttaa paikallaan tai se kuljetetaan muualle polttoaineena tai muina tuotteina käytettäväksi. Osa biomassasta jää lahoamaan maahan sellaisenaan. En- simmäiseksi arvioidaan poltettavan biomassan osuus, jonka avulla lasketaan poltetun bio- massan määrä. Seuraavaksi arvioidaan, mikä osuus poltetusta biomassasta hapettuu ja mikä osa jää puuhiilenä maahan. Tämän jälkeen täytyy tietää vielä biomassan hiilipitoisuus (ole- tusarvo 0,5), jotta hapettuneen biomassan määrä voidaan muuttaa vapautuneen hiilen mää- räksi ja edelleen hiilidioksidiksi. Seuraavaksi lasketaan samalla periaatteella alueelta poiskul- jetetun biomassan poltosta emittoituvan hiilidioksidin määrä.

Paikalle jääneen biomassan lahoamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen lasken- nassa käytetään oletusarvoisesti kymmenen vuoden ajanjaksoa. Aluksi määritetään kes- kimääräinen raivausala ja biomassan määrän nettomuutos. Sen jälkeen tarvitaan lahoa- maan jätetyn biomassan osuus ja biomassan hiilipitoisuus. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea hiilen ja edelleen hiilidioksidin vapautuminen.

Jos viljelykäytössä ollut maa jätetään pois käytöstä, saattaa alueelle kertyä hiiltä uudelleen. Tässä yhteydessä käsitellään vain kasvillisuuteen sitoutunutta hiiltä. Menetel- mässä viljelemättä jätetyt pellot jaetaan kahteen osaan: (1) pellot, joiden kasvukunto on niin heikko, että hiilen kertyminen alueella ei lähde käyntiin tai orgaanisen aineksen ha- joaminen jatkuu ja (2) pellot, joihin kertyy luonnostaan hiiltä. Peruslaskelmissa otetaan huomioon vain jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat maat. Laskelmissa käytetään kahta ajanjaksoa. Ensimmäisenä jaksena voi olla 0-20 vuotta viljelemättä ja toisena voisi olla esimerkiksi 20-100/150 vuotta viljelemättä. Ensimmäiseksi tulee määritellä ala, joka on jätetty viljelemättä inventointivuotta edeltäneiden 20 vuoden aikana sekä arvioida maanpäällisen biomassan vuotuinen kasvunopeus. Ohjeissa annetaan joitain oletusarvo- ja: boreaalinen havumetsä 0,5-1,9, lehti- ja sekametsä 0,7-2,0 sekä metsäinen tundra 0,2-0,5 tonnia kuiva-ainetta/ha. Jos alue on nurmettumassa, biomassan määrässä ei ta- pahdu oletusarvoisesti muutoksia. Kun biomassan kokonaismäärä saadaan selville, las- ketaan siihen sitoutuneen hiilen määrä. Seuraavaksi lasketaan biomassaan sitoutuneen hiilen määrä maalla, joka ollut viljelemättä yli 20 vuotta. Laskemalla saadut tulokset yhteen voidaan laskea edelleen sitoutuneen hiilidioksidin kokonaismäärä.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET

Ilmastopimuksen edellyttämät velvoitteet

Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastomuutosta koskevan puitesopimuksen mukaan teollisuus- ja siirtymätalousmaiden tulee ryhtyä toimenpiteisiin kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseksi sekä suojella ja lisätä näiden kaasujen nieluja ja varastoja. Nielu on prosessi, joka sitoo ja varastoi kasvihuonekaasut kasvillisuuteen ja maaperään.

Metsät puustoineen ja maaperineen ovat merkittävä hiilidioksidin sitoja ja hiilen varasto muun biomassan sekä merien ja muiden vesistöjen lisäksi. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kehitykseen voidaan metsäsektorin toimenpitein vaikuttaa periaatteessa kolmella eri tavalla: (i) suojelemalla ja lisäämällä olemassa olevia hiilivarastoja ja nieluja, (ii) perustamalla uusia hiilivarastoja ja nieluja sekä (iii) korvaamalla fossiilista energiaa, raaka-aineita ja tuotteita uusiutuvalla biomassalla. Metsien nielujen käyttö hiilidioksidipitoisuuden säätelyn välineenä on kuitenkin jossain määrin ongelmallista, sillä esimerkiksi eräät lyhyellä aikavälillä nieluja vahvistavat toimenpiteet voivat myöhemmin johtaa nielujen heikkenemiseen.

Maassamme suurimmat hiilivarastot ovat maaperässä, erityisesti soiden turpeessa. Puustoon sitoutunut hiilivarasto on viime vuosikymmeninä kasvanut, koska puuston kasvu on ollut kokonaispoistumaa (hakkuut ja luonnonpoistuma) suurempi. Puuston hiilivarasto on huomattavasti pienempi kuin maaperän hiilivarastot, mutta puuston hiilivaraston muutokset tapahtuvat maaperän hiilivarastoja nopeammin. Ihmistoiminnan vaikutus kohdistuu välittömimmin puuston hiilivaraston muutoksiin.

Fossiilisten hiilivarojen käytön korvaaminen uusiutuvien hiilivarojen käytöllä hidastaa hiilidioksidipitoisuuden kohoamista pitkällä aikavälillä. Ilmastopimus kannustaa käyttämään biopolttoaineita, koska biopolttoaineiden, kuten puun, käytön hiilidioksidipäästöjä ei lasketa valtioiden päästömääriin. Vuonna 1997 puun osuus kokonaisenergian tuotannosta oli maassamme suurempi kuin missään muussa teollisuusmaassa eli 19 %. Metsäteollisuus käyttää lähes 75 % maamme puupolttoaineesta. Kaiken kaikkiaan meillä on biopolttoaineiden lisäkäyttöön hyvät mahdollisuudet.

Työryhmän mielestä

oleellisin keino ilmastomuutoksen hillitsemiseksi on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Metsien hiilivarastojen tarkastelu on täydentävä osa ilmastopoliittista valmistelua.

Nielukysymyksiä tulee käsitellä tasapainoisesti osana metsä-, maankäyttö-, ympäristö- ja kestävä kehityksen politiikkaa. Erilaisten nielutarkasteluiden arviointi tulee tehdä kokonaisvaltaisesti ottaen huomioon myös ekologiset, sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset.

Ilmastopolitiikan tulisi metsien osalta olla kokonaisvaltaista siten, että se käsittelee tasapainoisesti metsien olemassa olevia ja uusia nieluja sekä varastoja. Edellytyksiä puun ja muun biomassan käytön lisäämiselle sekä energiatuotannossa että korvaamaan uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä tulee edelleen parantaa.

Maamme kasvihuonekaasupäästöt vuonna 1990 olivat ilmastopimuksen sihteeristölle tehdyn raportin mukaan 75,3 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaava määrä. Maatalouden päästöt olivat tästä määrästä noin 10 %. Maankäyttöluokan muutosten ja metsätalouden toimenpiteiden johdosta nettonielun, jota ei ole laskettu edellä olevaan kasvihuonekaasupäästömääriin, arvioitiin olleen aikaisemmissa raporteissa vuonna 1990 30,4 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaava määrä. Metsäntutkimuslaitoksen suorittamien tarkennuslaskelmien perusteella vuoden 1990 laskennallinen päästölähde (puuston poistuma) oli 72,1 miljoonaa hiilidioksiditonnia ja laskennallinen nielu (puuston kasvu) 95,9 miljoonaa hiilidioksiditonnia, eli nettonielu vuonna 1990 oli 23,8 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Vuosina 1990-1998 puuston laskennallinen kasvu on vuosittain ollut lähes saman suuruinen, mutta vuosittaisten hakkuiden vaihtelun seurauksena laskennallinen vuosittainen nettonielu on vaihdellut 9,7 ja 38,2 miljoonan hiilidioksiditonin välillä. Todellisuudessa puuston kasvu on kuitenkin vaihdellut vuosittain lähinnä sääolosuhteista johtuen jopa +/- 10 % laskennalliseen keskikasvuun verrattuna.

Kansallinen metsäohjelma 2010:n tavoitteena on metsien vuotuisen hakkuukertymän nostaminen 63-68 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2010 mennessä huolehtimalla samalla metsänhoidon ja metsätalouden ympäristöhoidon korkeasta tasosta. Hakkuukertymää vastaava puuston kokonaispoistuma olisi tällöin 70-75 miljoonaa kuutiometriä. Puuston kasvun arvioidaan nousevan 75 miljoonasta kuutiometristä 77 miljoonaan kuutiometriin. Vuotuinen puuston lisäys vuonna 2010 olisi noin 2-8 miljoonaa kuutiometriä eli 3-10 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaava vuosittainen nettonielu. Kansallisessa metsäohjelmassa esitettyjen hakkuutavoitteiden ja puuston kasvuennusteiden toteutuminen merkitsisi vuotuisen nettonielun pienentymistä 1990-lukuun verrattuna. Puuston vuotuisten hakkuiden jäädessä vuoden 2010 jälkeen 70 miljoonan kuutiometrin tasolle, puuston vuotuinen kasvu nousisi noin 90 miljoonaan kuutiometriin ja puuston tilavuus lisääntyisi.

Työryhmän mielestä

tavoitteena tulee olla, että inventointi- ja raportointikäytännössä ja nielulaskennan lähtökohtana pidetään puuston suuren vuotuisen kasvun vaihtelun ja hakkuiden vuotuisten vaihteluiden vuoksi vähintään viiden vuoden tarkasteluja. Nielun kehitystä ei tule verrata suoraan vuoden 1990 lukuarvoon.

Maamme on ratifioinut ilmastopimuksen vuonna 1994. Tämä edellyttää, että ilmastopimuksen sihteeristölle tulee toimittaa vuosittain tiedot maamme kasvihuonekaasutilanteesta. Maankäyttöluokan muutosten vaikutusten arviointi kasvihuonekaasu-

taseeseen ja yleensäkin metsätalouden kasvihuonekaasutaseiden selvittäminen on osoittautunut käytettävissä olevilla laskentamenetelmillä toistaiseksi ongelmalliseksi etenkin tulosten todennettavuuden vuoksi. Nielujen arviointi on tällä hetkellä selvästi epävarmempaa kuin vaikkapa fossiilisten polttoaineiden päästöjen arviointi.

Useat maat, muun muassa Suomi, eivät ole vielä raportoineet ilmastopimuksen sihteeristölle maaperän kasvihuonekaasutasetietoja. Ilmastopimuksen raportoinnissa olevat metsien puuvaraston muutoksia ja näistä edelleen johdettujen puuston hiilivaraston muutoksia määrittävät laskentamenetelmät tarjoavat hyvän lähtökohdan myös jatkotyölle.

Työryhmän mielestä

on välttämätöntä, että ilmastopimuksessa edellytettyä maankäyttöluokan muutoksen ja maa- ja metsätalouden toimenpiteiden aiheuttamien kasvihuonekaasutaseiden laskentamenetelmiä tulee kehittää nykyisestään sekä kansainvälisesti että Suomessa.

Yksittäisten tutkimusten lisäksi tarvitaan maa- ja metsätalouden kasvihuonekaasutaseiden tutkimuskokonaisuuden koostamista sekä koko valtion kattavan inventointijärjestelmän kehittämistä. Maatalousmaan, metsätalousmaan sekä soiden kasvihuonekaasutaseita koskevaa tutkimusta on vahvistettava. Näiden lisäksi tarvitaan liike- ja kansantaloudellisia vaikutuksia selvittävää tutkimusta. Metsäntutkimuslaitoksen, Maatalouden tutkimuskeskuksen sekä muiden tutkimuslaitosten jo olemassa olevia voimavaroja tulee kohdentaa uudelleen ja tarvittaessa rekrytoida uutta erityisasiantuntemusta sekä lisätä tutkimusyhteistyötä. Metsien hiilitasekirjanpito tulee sisällyttää osaksi metsien vuosittaista tilastointijärjestelmää.

Maassamme olevaa metsien arviointiin ja metsätietojärjestelmien kehittämiseen liittyvää asiantuntemusta tulee hyödyntää aktiivisesti kansainvälisten inventointi- ja raportointijärjestelmien kehittämiseen liittyvissä tehtävissä.

Kioton pöytäkirjan nielulaskennan edelleen kehittäminen

Kioton pöytäkirjan mukaan teollisuus- ja siirtymätalousmaat vähentävät ja rajoittavat kasvihuonekaasupäästöjään yhteensä noin viisi prosenttia vuoden 1990 tasosta. Kioton pöytäkirjassa määritelty nielulaskentatapa poikkeaa ilmastopimuksessa edellytetystä nielujen inventoinnista ja raportoinnista, mutta laskentatavasta ei ole vielä sovittu kansainvälisesti.

Työryhmän mielestä

nielulaskennan kehittämisessä tulee pyrkiä jatkuvaan luotettavuuden, tarkkuuden ja todennettavuuden parantamiseen. Kioton pöytäkirjaan sisältyvää nielulaskentaa tulee kehittää siten, että laskenta on sopuosinnussa kestävän metsätalouden ja kestävän maatalouden harjoittamisen kanssa.

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukaan nielut otetaan huomioon ensimmäisen 20 vuoden aikana siten, että vuodesta 1990 lähtien tehdyn metsittämisen (afforestation ja reforestation) ja metsänhävittämisen (deforestation), sekä mahdollisesti myös metsänuudistamisen (reforestation) vaikutukset määrittävät vuosien 2008-2012 aikana tapahtuvan, metsissä olevan hiilivaraston muutoksen. Näiden toimenpiteiden määrittelyistä eikä niiden laskentatavoista ole vielä sovittu kansainvälisesti.

Kioton pöytäkirjaan sisältyvien, edellä lueteltujen määritelmien erilaisten tulkintojen mukaan maamme metsät voivat muodostua joko laskennalliseksi päästölähteeksi, koska metsämaan pinta-ala pienenee pääasiassa yhdyskuntarakentamisen seurauksena, tai laskennalliseksi nieluksi, mikäli päätehakkuun jälkeen tehtävä metsänuudistaminen sisällytetään tarkasteluun.

Metsäntutkimuslaitoksessa on laadittu arvio Kioton pöytäkirjaan sisältyvän nielulaskennan mahdollisista vaikutuksista maaillemme. Arvion mukaan Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) määritelmää (hyvitetään vain paljaan maan metsitys, ei päätehakkuun jälkeen tehtävää metsänuudistamista) sovellettaessa maaillemme voi aiheutua noin 1,3 miljoonan hiilidioksiditonnin suuruinen vuosittainen nettopäästö ensimmäisenä sitoumuskautena vuosina 2008-2012. Jos päätehakkuun jälkeen tehtävä metsän uudistaminen otetaan huomioon (FAO:n määritelmä), niin maamme voisi saada hyväkseen jopa 7,6 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaavan vuosittaisen nettonielun vuosina 2008-2012. Metsänuudistamisen sisällyttäminen tarkasteluun sisältää kuitenkin useita epävarmuustekijöitä, laskenta voi esimerkiksi merkitä maaillemme noin 30 miljoonan hiilidioksiditonnin vuosittaista päästölähdettä, jos päätehakkuiden hakkuukertymä otetaan huomioon.

Metsäntutkimuslaitoksessa tehty arvio on alustava eikä siihen sisälly esimerkiksi maaperän hiilivarastojen muutoksia, päätehakkuiden hakkuukertymää, hakkuutähteiden hajoamisen vaikutuksia eikä erilaisten metsätalouden toimenpiteiden tarkastelua koko puun elinajan ja puutuotteen elinkaaren aikana. Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloutta koskevan erikoisraportin ja maakohtaisten tietojen odotetaan selkiinnyttävän eri määritelmien ja laskentatapojen vaikutuksia eri valtioille.

Työryhmän mielestä

nielulaskentaa tulee kehittää siten, että hyvitetäväksi laskettavien nielujen määrä heijastaa tasapainoisesti metsien kokonaishiilivarastossa tapahtuvia muutoksia. Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 toimenpiteiden määritelmistä ja laskentatavoista tulisi-kin päättää yhdessä artiklan 3.4 mukaisista lisätoimista päätettäessä.

Ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan nieluja koskevien asiakohtien soveltamisessa metsää koskevien käsitteiden tulee olla sopuoinnussa metsätaloudessa yleisesti käytettävien käsitteiden kanssa, jotta olemassa olevia metsätalouteen liittyviä kansallisia ja kansainvälisiä seurantajärjestelmiä, kuten maailman metsävarojen arviointijärjestelmiä, voidaan hyödyntää hiilinielujen arvioinnissa.

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.3 mukaisen hiilivarastotarkastelun ulkopuolelle jää merkittäviä hiilinieluja, kuten ennen vuotta 1990 metsitetyt alueet, metsien puuvarannon kasvu sekä metsätuotteisiin sitoutunut hiilivarasto. Kioton pöytäkirjan artikla 3.4 antaa sopimusosapuolille mahdollisuuden sopia muistakin kuin artiklan 3.3 mukaisten, ihmisen toiminnasta syntyneiden toimenpiteiden sisällyttämisestä nielulaskentaan. Näin voidaan laskennan piiriin ottaa olemassa olevien metsien hiilivarastoja. Artiklan 3.4 mukaan uusista toimenpiteistä tulee selvittää se, miten suuria epävarmuustekijöitä sisältyy uusien nielujen määrittämiseen, ovatko tiedot saatavilla tai hankittavissa, ovatko ne riittävän luotettavia, ja miten niihin soveltuvat ne yleiset periaatteet, jotka liittyvät tietojen ilmoittamismenettelyihin. Kukin valtio voi halutessaan soveltaa artiklassa 3.4 tarkoitettuja toimenpiteitä myös ensimmäisen sitoumuskauden aikana, jolloin niiden vaikutukset otetaan huomioon vuosien 2008-2012 hiilinielussa.

Artiklaan 3.4 sisällytettävien toimenpiteiden laajuus on yksi keskeisimmistä sopimusosapuolten päätettävistä asioista. Laaja toimenpide voisi olla esimerkiksi metsien hoito, käyttö ja suojelu kun taas lannoitus ja ojitus voisivat olla esimerkkejä yksittäisistä toimenpiteistä. Mikäli hiilinielujen seuranta kohdistuu yksittäisiin metsätaloudellisiin toimenpitein aikaansaatuihin hiilinieluihin, perustuvat laskelmat yksittäisten kokeiden perusteella tehtäviin yleistyksiin. Tällä hetkellä ei ole käytettävissä kattavaa ja yksiselitteistä tietoa siitä, mikä yksittäisen metsätalouden toimenpiteen mahdollinen hiilitasevaikutus voisi olla erilaisissa olosuhteissa ja pitkällä aikavälillä. Käytettäessä laajempia toimenpiteitä voidaan hiilivaraston muutos määrittää inventaariotyyppisin mittauksin jakson alussa ja lopussa. Hyvitettävän nielun osuudesta päätettäessä joudutaan sitten punnitsemaan muun muassa mittauksien epävarmuudet ja ihmistoiminnan vaikutus.

Ihmistoiminnan vaikutuksen erottaminen kasvun lisäyksestä näyttää niin puuston kokonaismäärän muutoksiin kuin yksityiskohtaisiin metsätalouden toimenpiteisiinkin perustuvassa hiilinielulaskennassa olevan vaikeaa. Metsien nielujen ja hiilivaraston muutoksiin vaikuttavat ensisijaisesti metsien hoito, käyttö ja suojelu, ilmastotekijät sekä epäsuorat tekijät, kuten ilman epäpuhtauksien vaikutus. Kioton pöytäkirja ei lähde luontaisen vaihtelun hyvittämisestä. Ihmistoiminnan vaikutus joudutaan puutteellisten tietojen vuoksi kuitenkin ehkä määrittämään karkean arvion pohjalta.

Laaja-alainen laskenta merkitsisi hyvitettävän nielun määrän kasvua. Koska Kioton tavoitteissa pääpaino pyritään pitämään päästövähennyksissä, laaja-alaista nielulaskennan lähestymistapaa on syytä rajoittaa ainakin ensimmäisen sitoumuskauden aikana vuosina 2008-2012, jotta jo sovitut kasvihuonekaasujen päästörajoitustavoitteet toteutuisivat. Muita syitä nielun säätelyyn ovat epävarmuudet ja pyrkimys hyvittää ihmisen toiminnasta aiheutunut hiilivaraston muutos. Esimerkiksi poliittisesti sovittu muunto-kerroin voisi olla käyttökelpoinen.

Puuston kokonaismäärän muutoksiin perustuvan nielulaskennan eräänä käytännön lähtökohtana voisi olla se, että tulevaisuudessa tarkasteluun sisällytetään Hallitustenvä-

lisen ilmastopanelin (IPCC) mukaisia lisätoimenpiteitä kuten metsien hiilivaraston muutos sitoumuskauden aikana. Toisena vaihtoehtona voisi olla mahdollista määrittää nielutarkastelun toimenpiteeksi metsien hoito, käyttö ja suojele. Näiden perusteella meillä tarkastelun piiriin voisivat laajimmillaan tulla metsiemme kokonaishiilivarastossa tapahtuneet muutokset. Se osuus, mikä tästä muutoksesta hyvitetäisiin, tulisi päättää erikseen. Lähtökohta olisi kuitenkin oikeansuuntainen ja yhdenmukainen kestävän metsätalouden periaatteiden kanssa.

Jos hyvitetävän nielun määrä kasvaa tulevilla sitoumuskausilla, ongelmaksi saattaa muodostua se, miten maille määritellään päästövähennystavoitteet. Jos on tiedossa, että tietyllä maalla on odotettavissa hiilivaraston kasvua, johtanee tämä odotukseen tiukasta kokonaispäästörajoituksesta. Tulevan vuosikymmenen netto-nielun arviointi on kuitenkin vaikeaa.

Kioton pöytäkirjassa edellytetyn todennettavuuskriteerin takia laajat, ihmisen taloudellisen toiminnan ulottumattomissa olevat metsävarat voitaisiin joutua sulkemaan hiilinielutarkastelun ulkopuolelle. Mukaan otettavien hiilivarastojen mittausten takia tarkastelu täytyneeikin ensi vaiheessa rajata koskemaan vain runkopuuta tai puubiomasaa eikä vielä maaperässä tapahtuvia hiilivaraston muutoksia. Vastaavasti laaja-alaisten metsätuhojen vaikutus jouduttaneen myös sulkemaan tarkastelun ulkopuolelle.

Maatalousmaan sisällyttämiseen mahdolliseksi artiklassa 3.4 tarkoitetuksi hiilinielujen lisätoimenpiteeksi liittyy vielä useita avoimia kysymyksiä. Viljely- ja laidunmaahan kohdistuvilla toimilla arvioidaan saatavan maailmanlaajuisesti melko suuria hiilivaraston lisäyksiä. Mahdollisia toimenpiteitä maatalousmaiden hiilen nielun lisäämiseksi Suomessa ovat peltojen, varsinkin turvepeltojen, poistaminen viljelystä ja metsittäminen tai muuttaminen luonnonnurmiksi tai energiapelloiksi. Hiilen nieluja voitaneen lisätä viljelytapoja muuttamalla, mutta käytännössä nämä mahdollisuudet ovat vähäiset.

Kioton pöytäkirjan artikla 3.7 antaa eräille valtioille (ei Suomelle) mahdollisuuden sisällyttää vuonna 1990 tehtyjen maankäytön muutosten aiheuttamat kasvihuonekaasujen nettopäästöt vuoden 1990 lähtötasoon. Artiklan 3.7 mahdollistamaa lähtötason muuttamista teollisuusmaissa olisi mahdollista rajoittaa puuston määrän muutoksiin perustuvassa nielulaskennassa.

Työryhmän mielestä

Kioton pöytäkirjan artiklan 3.4 mukaisten lisätoimenpiteiden nielulaskentaa tulee kehittää laaja-alaisten toimenpideluokkien suuntaan yksittäisten toimenpiteiden aiheuttamien laskenta- ja todennettavuusvaikeuksien vuoksi. Laaja-alainen, hiilivaraston muutoksia seuraava metsien hiilinielulaskenta johtaa tämän hetkisen tietämyksen mukaan luotettavampaan kuvaan todellisista hiilivaraston muutoksista kuin yksittäisiin toimenpiteisiin perustuva tarkastelu.

Metsätuotteet

Metsätuotteisiin ja näiden kaatopaikkajätteisiin on sitoutunut merkittävä hiilivarasto. Maassamme käytössä olevien metsätuotteiden varaston arvioidaan kasvaneen vuonna 1990 niin paljon, että se vastaa vajaata 1 miljoonan hiilidioksiditonnin sitomista ilmakehästä. Lisäksi puutuotteiden käytöllä korvataan muita materiaaleja, joiden valmistus aiheuttaa huomattavia fossiilisia hiilidioksidipäästöjä. Näin metsätuotteiden käytöllä voidaan saavuttaa jopa välitöntä metsätuotteen nieluvaikutusta suurempi välillinen vaikutus kasvihuonekaasutaseeseen.

Kansainvälisesti valmisteilla olevat metsätuotteiden inventointiperiaatteet ovat (i) varastomuutosperiaate, (ii) virtaperiaate, ja (iii) tuotantoperiaate. Erilaiset inventaariomenetelmät eroavat toisistaan siten, että ne kohdentavat hiilivaraston muutoksen tai laskennallisen päästön eri valtioille eri tavoin. Vaikka metsätuotteiden sisällyttäminen Kioton pöytäkirjaan ei ole varmaa, on maamme kaltaiselle metsätuotteita vievälle valtiolle ensiarvoista, miten mahdollisia metsätuotteiden inventointiperiaatteita sovelletaan. Metsätuotteiden inventaario-ohjeita ryhdytään käsittelemään ilmastososopimuksen elimissä vuoden 2001 alkupuolella.

Työryhmän näkemyksen mukaan

metsätuotteiden sisällyttämistä kasvihuonekaasujen inventaarioihin tulee selvittää edelleen kansainvälisesti ja Suomessa. Metsätuotteiden sisällyttämistä Kioton pöytäkirjan nielulaskentaan tulee harkita siten, että nielulaskenta koskisi tasapuolisesti kaikentyyppisistä metsistä peräisin olevia tuotteiden hiilivarastoja. Metsätuotteiden varastomuutostarkastelu kohtelisi metsätuotteiden viejä- ja tuojamaita tasapuolisesti. Varastomuutostarkastelu tarjoaisi myös parhaan kannusteen uusiutuvien luonnonvarojen, erityisesti metsätuotteiden käyttöön.

Kioton mekanismit ja nielut

Kioton pöytäkirjaan sisältyy kolme joustomekanismia: (i) hankekohtainen yhteistoteutus (Joint Implementation, JI), (ii) puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism, CDM), ja (iii) päästökauppa (Emission Trading, ET). Näiden ns. Kioton mekanismien kehittämiseen liittyy useita vielä avoinna olevia kysymyksiä. Hankekohtainen yhteistoteutus tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa nieluhankkeita teollisuus- ja siirtymätalousmaiden kesken, mutta näiden hankkeiden soveltamissäännöt ovat vielä sopimatta kansainvälisesti. On myös sopimatta, onko nieluhankkeet mahdollista sisällyttää osaksi kehitysmaihin kohdistuvaa puhtaan kehityksen mekanismia. Maailman metsiä koskeva keskeinen ongelma on metsäalan väheneminen ja metsien tilan heikkeneminen. Päästökaupan osalta on puolestaan epäselvää, kuinka hiilinielut on mahdollista suhteuttaa valtioiden väliseen päästökauppaan.

Mikäli hiilinielut sisällytetään Kioton mekanismeihin, se tulee työryhmän mielestä tehdä siten, että mekanismit ovat sopuinnossa kestävän metsätalouden harjoittamisen kanssa ja että järjestelmä kohtelee valtioita tasapuolisesti. Mikäli nielut sisällytetään osaksi hankekohtaista yhteistoteutusta (JI), tulee noudattaa vastaavanlaisia nielulaskentaperiaatteita kuin näitä maita koskevassa nielulaskennassa yleensäkin. Mikäli nielut sisällytetään osaksi puhtaan kehityksen mekanismeja (CDM) tulee laskentasääntöjä kehitettäessä kiinnittää huomiota kehitysmaolosuhteiden erityispiirteisiin kuten kestävän kehityksen näkökohtiin, hiilivaraston pysyvyyteen ja mahdollisiin hiilivuoto-ongelmiin. Puuston kokonaishiilivaraston muutosta seuraava järjestelmä voisi myös olla soveltamiskelpoinen kehitysmaissa. Lisäksi on selvitettävä, miten nielut yleensäkin voidaan sisällyttää päästökauppaan (ET). Samalla on tarpeen myös arvioida, voivatko olemassa olevat metsäsertifiointijärjestelmät luoda edellytykset hiilinielujen koskevan sertifiointijärjestelmän kehittämiseksi.

Kansallisten valmiuksien lisääminen

Kioton pöytäkirjan sisältyvien määrittelyjen tarkentamiseksi käydään vuoden 2000 aikana kansainvälisiä neuvotteluja usealla eri foorumilla. Metsien hiilivarastoihin ja nieluihin liittyvät määrittelyt sekä niiden laskenta- ja menettelytavat ovat vielä kansainvälisesti sopimatta. Ilmastopöytäkirjan seuraavassa osapuolikokouksessa, joka pidetään Hollannin Haagissa vuoden 2000 marraskuussa on tarkoitus sopia hiilinielujen koskevista keskeisistä tekijöistä.

Työryhmä katsoo, että

maamme tulee edelleen aktiivisesti vaikuttaa nielujen koskeviin kansainvälisiin neuvotteluihin.

Metsien hiilinielujen koskevat määrittelyt ja laskentatapojen kehittäminen tulevat jatkossakin olemaan osa ilmastopöytäkirjan edelleen kehittämistä ja Kioton pöytäkirjan täytäntöönpanoa. Nieluihin liittyvä edelleen merkittävä määrä erilliskysymysten ja jatkoselvittelyn tarvetta. Tämän vuoksi metsien hiilinieluihin liittyvien monimutkaisten tekijöiden selvittämiseksi ja Suomen kannanottojen valmistelun tueksi tarvitaan edelleen hallinnon, sidosryhmien ja tutkijoiden välistä yhteistyöfoorumia. Asiantuntijaryhmä voi tukea osaltaan kansallisen ilmasto-ohjelman valmistelua ja sen toimeenpanoa.

Työryhmä esittää, että

maa- ja metsätalousministeriö asettaa metsien hiilivarastoja ja nielujen edelleen käsittelevän työryhmän Kioton pöytäkirjan nielujen koskevien kansainvälisten neuvotteluvaihtokorkeuksien vahvistamiseksi sekä arvioimaan nielupäätösten vaikutuksia Suomelle.

LIITE A KÄSITTEITÄ JA LYHENTEET

AIJ	<i>Activities Implemented Jointly</i> Ilmastopöytäkirjan alainen yhteistoteutuksen koevaihe
CDM	<i>Clean Development Mechanism</i> Kioton pöytäkirjan alainen puhtaan kehityksen mekanismi
COP	<i>Conference of the Parties</i> Ilmastopöytäkirjan osapuolikokous
ECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i> YK:n Euroopan talouskomissio
EIA	<i>Environmental Impact Assessment</i> Ympäristövaikutusten arviointi
ET	<i>Emission Trading</i> Kioton pöytäkirjan alainen päästökauppa
EU	<i>European Union</i> Euroopan unioni
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö
GWP 100	<i>Global Warming Potentials over 100 years</i> Globaali lämmityspotentiaali (100 vuoden jaksolle laskettuna)
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> Hallitustenvälinen ilmastopaneli
JI	<i>Joint Implementation</i> Kioton pöytäkirjan alainen hankekohtainen yhteistoteutus
	<i>Montreal Protocol</i> Montrealin pöytäkirja
MOP	<i>Meeting of the Parties</i> Kioton pöytäkirjan sopijaosapuolikokous
SBI	<i>Subsidiary Body for Implementation</i> Ilmastopöytäkirjan osapuolikokouksen alaelin
SBSTA	<i>Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice</i> Ilmastopöytäkirjan osapuolikokouksen alaelin

SILMU	Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i> YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> YK:n ympäristöohjelma
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> Ilmastonmuutosta koskeva Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimus
VMI8	Valtakunnan metsien kahdeksas inventointi
VMI8+	Valtakunnan metsien kahdeksas inventointi ml. sen päivitysmittaukset vuonna 1994 eteläisimmässä Suomessa
WMO	<i>World Meteorological Organization</i> Maailman ilmatieteen järjestö

Mittayksiköiden etuliitteitä:

M mega	= 10^6
G giga	= 10^9
T tera	= 10^{12}
P peta	= 10^{15}

Eräitä muunnoksia:

1 Mg megagramma	= tonni
1 Gg gigagramma	= tuhat tonnia
1 Tg teragramma	= miljoona tonnia
1 Pg petagramma	= miljardi tonnia

hiilimäärä (g C) * 3,67 = hiilidioksidimäärä (g CO₂)

LIITE B KIRJALLISUUS

- Brown, S., Lim, B. ja Schlamadinger, B. 1998. Evaluating approaches for estimating net emissions of carbon dioxide from forest harvesting and wood products. Meeting report. Dakar, Senegal, 5-7 May 1998. IPCC/OECD/IEA Programme on National Greenhouse Gas Inventories.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. & Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
- FAO 1990. The forest resources of the temperate zones. The UN-ECE/FAO 1990, Forest resource assessment. Volume 1. United Nations Publications
- FAO, 1999. State of the World's forests. <http://www.fao.org/forestry>.
- FAO, 2000. Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries), UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000, Main Report, United Nations, New York and Geneva. (in press) <http://www.unece.org/trade/timber/fra/teaser2.htm>
- Hakkila, P. ja Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s.
- Helynen, S., Holttinen, H., Lund, P., Sipilä, K., Wolff, J. ja Alakangas, E. 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämisohjelman taustaraportti. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 24/1999. KTM, Energiaosasto. 112 s.
- IPCC 1996. Intergovernmental Panel for Climate Change. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 1. Reporting Instructions.
- IPCC 1997. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 950 p. (<http://www.iea.org/ipcc.htm>).
- Järvenpää, M. & Maunu, T. 1994. Biomassan tuotannon talous maataloilla. In: Järvenpää, M., Sankari, H., Tuunanen, L. & Maunu, T. Bioenergian tuotanto elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla. Työtehoseuran julkaisuja 333: 66- 94.
- Kankaanhuhta, V. ja Tomppo E. 2000. OSA I: Ilmastosopimuksen (UNFCCC:n) edellyttämä inventointi- ja raportointikäytäntö "Maankäytön muutos ja metsätalous" kategorian osalta sekä inventoinnin ja raportoinnin kehittäminen OSA II: Metsätalouden toimenpiteiden hiilinieluvaiikutukset. Maa- ja metsätalousministeriön tilaama selvitys.

Kansallinen metsäohjelma. Maa- ja metsätalousministeriö 1999. Valtioneuvoston periaatepäätös 14.3.1999.

Karjalainen, T. & Kellomäki, S. 1996. Greenhouse gas inventory for land use changes and forestry in Finland based on international guidelines. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Climate 1: 51-71.

Karjalainen, T., Kellomäki, S., Pussinen, A. 1996. GHG Inventory for Forestry (for Finland's Second National Communication). Unpublished Report. Faculty of Forestry, University of Joensuu.

Kauppi, P., Tomppo, E. ja Ferm, A. 1995. C and N storage in living trees within Finland since 1950s. *Plant and Soil* 168-169: 633-638.

Kauppi, P. 1997. Metsien hiilitalous ja kestävyuden periaate. MMM:n julkaisuja 10/1997. Maa- ja metsätalousministeriö.

Kauppi, P., Posch, M., Hänninen, P., Henttonen, H., Ihalainen, A., Lappalainen, E., Starr, M. & Tamminen, P. 1997. Carbon reservoirs in peatlands and forests in the boreal regions of Finland. *Silva Fenn.* 31: 13-25.

Kioton mekanismit ja Suomi, soveltamisen lähtökohtia. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 4/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriö.

KTM, 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämisohjelma. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/1999, 36 s.

Kulmala, A. & Esala, M. 2000. Maatalous ja kasvihuonekaasupäästöt. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A. (painossa)

Kuusisto, E., Kauppi, L. & Heikinheimo, P. 1996. Ilmastonmuutos ja Suomi. Helsinki University Press, Helsinki, pp 265.

Laine, J., Minkkinen, K., Tolonen, K., Turunen, J., Martikainen, P., Nykänen, H., Sinisalo, J. & Savolainen, I. 1996. Greenhouse impact of Finnish peatlands 1900-2100. In: Laiho R., Laine J. & Vasander H. (eds) Northern peatlands in global climatic change., vol 96. Academy of Finland, Helsinki, pp 230-235.

Liski J. & Westman, C.,J. 1995b. Carbon storage in forest soil of Finland. *Biogeochemistry* 36: 239-260.

Liski, J. & Kauppi, P. 2000. Carbon cycle and biomass. Teoksessa: FAO. Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries), UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000, Main Report, United Nations, New York and Geneva. s. 147-163 (in press).

Liski, J. & Westman, C.J. 1995a. Density of organic carbon in soil at coniferous forest sites in southern Finland. *Biogeochemistry* 29: 183-197.

Liski, J. 1997. Carbon storage of forest soils in Finland. Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 16.

Liski, J., Karjalainen, T., Pussinen, A., Nabuus, G-J. & Kauppi, P. 2000. Trees as carbon sinks and sources in the European Union. *Environmental Science and Policy* (in press).

Maatalous ja kasvihuonekaasupäästöt. Maatalouden tutkimuskeskus, MTT/Kulmala - Esala (Käsikirjoitus)

Maatilatilastollinen vuosikirja 1999. SVT. Maa- ja metsä- ja kalatalous 1999:12. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 262 p.

Matérn, B. 1960. Spatial variation. Meddel. från Statens Skogsforskningsinstitut 49 (5). 144 s.

METINFO. 1999. Metsätilastollinen tietopalvelu. Metsäntutkimuslaitos. <http://www.metla.metinfo>.

Metsätilastollinen vuosikirja 1997. SVT, Maa- ja metsätalous 1997:4. Helsinki, Metsäntutkimuslaitos. 348 p.

Metsätilastollinen vuosikirja, 1998. Metsäntutkimuslaitos.

Metsätilastolliset vuosikirjat 1967-1998. Metsäntutkimuslaitos.

Mäkipää, R. & Tomppo, E. 1998. Suomen metsät ovat hiilinielu - vaikka Kioton sopimuksen mukaan muulta näyttää. *Folia Forestalia* 2/1998: 268-274.

Mäkipää, R. 1995. Effect of nitrogen input on carbon accumulation of boreal forest soils and ground vegetation. *Forest Ecology and Management* 79: 217-226.

Mäkipää, R., Karjalainen, T., Pussinen, A. & Kellomäki, S. 1999. Effect of climate change and nitrogen deposition on the carbon sequestration of a forest ecosystem in the boreal zone. *Can. J. For. Res.* 29: 1490-1501.

Nabuurs, G., Dolman, A., Verkaik, E., Whitmore, A., Daamen, W., Oenema, O., Kabat, P., & Mohren, G. 1999. Resolving issues on terrestrial biospheric sinks in the Kyoto Protocol. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change. NRP report. Wageningen 1999. 97 p.

Pingoud, K. ja Perälä, A.-L. 2000. Arvioita puurakentamisen kasvihuonevaikutuksesta. 1. Skenaariotarkastelu potentiaalisesta puunkäytöstä ja sen kasvihuonevaikutuksesta vuosien 1990 ja 1994 uudisrakentamisessa. 2. Rakennuskannan puutuotteiden hiilivaranto Suomessa: inventaariot vuosilta 1980, 1990 ja 1995, VTT Tutkimuksia - 840 (tulossa).

Pingoud, K., Lehtilä, A. ja Savolainen, I. 1999: Bioenergy and the forest industry in Finland after the adoption of the Kyoto protocol. *Environmental Science & Policy*, Vol.2, No. 2, pp. 153-164, 1999.

Pingoud, K., Perälä, A.-L., ja Pussinen, A. 2000. Inventorying and modelling of carbon dynamics in wood products. Proceedings of the IEA Bioenergy Task 25 workshop "Bioenergy for mitigation of CO2 emissions: the power, transportation, and industrial sectors", 27-30 September 1999, Gatlinburg, Tennessee, USA. K.A. Robertson and B. Schlamadinger (eds). Graz, January 2000, ss.125-140

Pingoud, K., Savolainen, I. ja Seppälä, H. 1996. Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products and waste management. *Ambio*, Vol.25, No. 5, pp 318-326, August 1996.

Pussinen, A., Karjalainen, T., Kellomäki, S. & Mäkipää, R. 1998. Potential contribution of the forest sector to carbon sequestration in Finland. *Biomass and Bioenergy* 13: 377-387.

Rytkönen, A. ja Simula, M. 1999. Puuperäisten tuotteiden huomioonottaminen ilmastosopimuksen ja Kioton pöytäkirjan inventaariossa, INDUFOR Oy

Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.

Salminen, S. ja Salminen, O. 1998. Metsävarat Keskisessä Suomessa 1988-92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986-92. Summary: Forest resources in Middle Finland, 1988-92, and the whole South Finland, 1986-92. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 710. 137 s. ISBN 951-40-1655-6, ISSN 0358-4823.

Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biol.* 1: 77-91.

Selin, P. 1999. Turvevarojen teollinen käyttö ja suopohjien hyödyntäminen Suomessa. Jyväskylä Studies in Biological and Environment Science. Research Series. The University of Jyväskylä 1999.

Selin, P., Klemetti, V., Käyhkö, V., Lehtovaara, J., Rinttilä, R., Nyrönen, T. & Sänkiaho, S. 1999. Turpeen käyttö ja ilmaston muutos. Yhteenvedo suopeltojen ja metsäojitettujen alueiden merkityksestä hiilitaseen kannalta. Vapo Oy. 32 p.

Seppälä, H. 1999. Metsämaan puuvarannon kasvun aikaansaama hiilinielu Kansallisen metsäohjelman mukaisissa hakkuissa vuonna 2010. Muistio 14.1.1999. Metsäntutkimuslaitos.

Suomen tilastollinen vuosikirja, 1995. Tilastokeskus.

Tilastokeskus, 1997. Energiatilastot 1996. SVT Energia 1997:1, 130 s.

Tomppo, E. & Henttonen, H. 1996. Suomen metsävarat 1989-1994 ja niiden muutokset vuodesta 1951 lähtien. Metsätilastotiedote 354. 18 s.

Tomppo, E. & Mäkipää, R. 1998, Ilmastopimuksen Kioton pöytäkirjan nielukysymysten taustaselvitys. Metsäntutkimuslaitos.

Tomppo, E. 1999. Peatland forests of Finland in 1951-1994. *International Peat Journal*. 9:38-44.

Tomppo, E. Carbon sequestration and releases by trees of Finnish forests in 1995, 1996, 1997 and 1998. 1999. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos.

Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A. Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968–97. *Folia Forestalia* 2B/1998: 293-374.

Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Ihalainen, A., Heikkinen, J., & Tuomainen, T. 1999a. Keski-Suomen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1967–96. *Metsätieteen aikakauskirja*. 2B/1999: 309-387.

Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., & Tuomainen, T. 1999b. Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1967–96. *Metsätieteen aikakauskirja*. 2B/1999: 389-462.

Tomppo, E., Korhonen, K.T., Henttonen, Ihalainen, A., Tonteri, T. & Heikkinen, J. 1999c. Kymen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1966–98. *Metsätieteen aikakauskirja*. 3B/1999: 603-681.

Tomppo, E., Korhonen, K.T., Ihalainen, A. Tonteri, T., Heikinen, J. och Henttonen, H., Antti Ihalainen & Tiina Tonteri. 1999d. Ålands skogar och deras utveckling 1963-1997. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/1999: 785-849.

Tuhkanen, S. ja Pipatti, R. 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman ympäristövaikutusten arviointi. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 23/1999. KTM, Energiaosasto. 83 s.

Turunen, J., Tomppo, E., Tolonen, K. and Reinikainen, A. 1999. Estimating carbon accumulation rates of undrained mires in Finland - application to boreal and subarctic regions. Submitted.

UNFCCC 1998. United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://www.unfccc.de>

Watson, R.T., Zinyowera, M.C. & Moss, R.H. 1996. Climate Change 1995, Impacts, adaptations and mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Cambridge University Press. Cambridge.

Wilkinson, J.M. 1998. Straw in Europe. A survey of 29 countries. Lincoln, UK, Chalcombe Publications. 41 p.

Winjum, J.K., Brown, S., ja Schlamadinger, B.: 1998, 'Forest harvests and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide', *Forest Science* 44(2): 272-284.