

Tuula Nuutinen ja Hannu Hirvelä

## Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella

**Nuutinen, T. & Hirvelä, H.** 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 741–757.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 1999–2028. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsitteilysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella 6,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,7-kertaisesti vuosina 1994–98 keskimäärin toteutuneisiin hakkuihin verrattuna (noin 3,9 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen kuitenkin pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vajaalla viidenneksellä vuosikymmenen aikana. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuumahto olisi 5,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos hakkuuta halutaan nykyisestäään lisätä hakkuumahdollisuuksien vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan vuosittaisen käyttöpuumäärän arvio laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla siten, että kokonaishakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymät pysyivät koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla. Arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Tukkipuun tienvarsihinnan järeyskorjauksen, laskentakorkokannan, tuottoarvorajoituksen ja puuntuotannon rajoitusten vaikutusta tuloksiin tarkasteltiin erikseen. Tuloksia verrattiin VMI9-hakkuuehdotusten perusteella simuloituihin hakkuumahdollisuuksiin.

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Puun kysyntä yhdessä metsänomistajien omien ja yhteiskunnan asettamien tavoitteiden kanssa ratkaisevat sen, väheneekö puuntuotannossa olevien metsien määrä, jäävätkö nuoret metsät hoitamatta, korjataanko puuta ensiharvennuskohteilta ja kohdentuvatko hakkuut hakkuukypsimpiin puustoihin.

Asiasanat: hakkuumahdollisuusarvio, suurin kestävä hakkuumäärä, hakkuumahto, MELA-ohjelmisto, valtakunnan metsien 9. inventointi, Pirkanmaan metsäkeskus

Yhteystiedot: Metla, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu

Sähköposti [tuula.nuutinen@metla.fi](mailto:tuula.nuutinen@metla.fi), [hannu.hirvela@metla.fi](mailto:hannu.hirvela@metla.fi)

Hyväksytty 28.11.2000

## I Johdanto

Valtakunnan metsien 5. (VMI5, Kuusela 1967) inventoinnin yhteydessä Pohjois-Hämeen sekä 6. (VMI6, Kuusela ja Salovaara 1974) ja 7. (VMI7, Kuusela ja Salminen 1980) inventoinnin yhteydessä Pirkka-Hämeen piirimetsälautakunnan alueelle esitetyt hakkuusuunnitteet (taulukko 1) perustuivat tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyyssönen 1962) soveltamiseen. VMI6:n ja VMI7:n hakkuusuunnitteen yhteydessä esitettiin lisäksi suojeluvähennys.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin tulosten yhteydessä Pirkka-Hämeen metsälautakunnan hakkuumahdollisuuksia havainnollistettiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehdyllä kahdella hakkuulaskelmalla (Salminen ja Salminen 1998). Suojelualueet oli rajattu laskelmien ulkopuolelle. Hakkuulaskelmat olivat arvioita metsien tuotantomahdollisuuksista ja niiden kehityksestä erilaisilla hakkuutasoilla – eivät hakkuusuunnitteita eivätkä

**Taulukko 1.** Pohjois-Hämeen (VMI5) ja Pirkka-Hämeen (VMI6–VMI8) metsälautakunnan alueen metsävaratietoja ja hakkuumäärän arvioita eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 <sup>1)</sup> (1965)	VMI6 <sup>2)</sup> (1971–72)	VMI7 <sup>3)</sup> (1978)	VMI8 <sup>4)</sup> (1987)
Metsämaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	771	782	790	777
Metsä- ja kitumaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	802	812	808	794
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	97,9 <sup>5)</sup>	102,2	113,0	125,1
Kasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	4,4 <sup>5)</sup>	4,5	5,2	5,4
Hakkuusuunnitteen käyttöpuuosa, milj. m <sup>3</sup> /v	3,4 <sup>5)</sup>	3,3	3,6	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m <sup>3</sup> /v	–	–	–	3,9 <sup>6)</sup>
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	4,4 <sup>5)</sup>	4,4	4,9	5,7 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Kuusela (1967).

<sup>2)</sup> Kuusela ja Salovaara (1974).

<sup>3)</sup> Kuusela ja Salminen (1980).

<sup>4)</sup> Salminen (1993).

<sup>5)</sup> Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiomääriin on tehty

3 prosentin korotus (Kuusela 1978).

<sup>6)</sup> Salminen ja Salminen (1998).

toteutuvan tulevaisuuden ennusteita.

Vuonna 1996 tehdyn metsäkeskusjaon yhteydessä Pirkka-Hämeen metsälautakunta ja osia Satakunnan metsälautakunnasta yhdistettiin Pirkanmaan metsäkeskukseksi (Korhonen ym. 2000).

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin maastomittaukset tehtiin Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella vuonna 1999 (Korhonen ym. 2000). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2008 sekä niitä vastaava hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle. Hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuumäärän avulla. Nämä hakkuulaskelmat eivät olleet toteuttamisohjelmaksi tarkoitettuja. Tuloksia verrattiin vuosien 1994–1998 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen sekä VMI-hakkuuehdotusten perusteella inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle simuloituihin hakkuumahdollisuuksiin. Lisäksi tarkasteltiin tukkipuun tienvarsihinnan järeyskorjauksen, puuntuotannon rajoitusten sekä laskelmissa sovelletun korkokannan ja lopputilarajoitteen vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita.

VMI9-aineistoon perustuvia ja MELA-ohjelmiston avulla tehtyjä hakkuumahdollisuusarvioita on aikaisemmin esitetty Etelä-Pohjanmaan (Hirvelä ym. 1998), Keski-Suomen ja Pohjois-Savon (Hirvelä ym. 1999), Kymen (Hirvelä 1999), Rannikon (Hirvelä 2000), Lounais-Suomen (Nuutinen ja Hirvelä 2000a) ja Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen (Nuutinen ja Hirvelä 2000b) sekä Ahvenanmaan maakunnan (Hirvelä ja Härkönen 1999) alueelle.

## 2 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin vuonna 1999 mitattuja Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen VMI9:n koeala- ja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 1999). VMI9-koeala oli ympyrä, jonka säde määräytyi metsä- tai kitumaalta relaskoopilla (kertoimella 2) luetun suurimman puun läpimitan perusteella. Säde oli kuitenkin korkeintaan 12,52 m (Valtakunnan

**Taulukko 2.** VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, 1000 ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	884,8	– <sup>1)</sup>	884,8	94,2
Rajoitettu puuntuotanto	11,4	13,6	25,0	2,7
Puuntuotannon ulkopuolella	27,5	2,2	29,7	3,2
Yhteensä	923,7	15,8	939,5	100,0
		Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>		
Ensisijaisesti puuntuotanto	120,0	– <sup>1)</sup>	120,0	94,6
Rajoitettu puuntuotanto	1,8	0,4	2,2	1,7
Puuntuotannon ulkopuolella	4,6	0,1	4,7	3,7
Yhteensä	126,4	0,4	126,9	100,0

<sup>1)</sup> Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

metsien ... 1999). Jos koealaympyrä ei mahtunut kokonaan samalle kuviolle, koeala jaettiin osiin. Kuviota, jolle koealan keskipiste osui, nimitettiin keskipistekuvioksi ja muita kuvioita sivukuvioksi. Tutkimukseen valittiin metsä- ja kitumaan koealat puuttomia sivukuviota lukuun ottamatta (yhteensä 3 823 koealakuvioita).

VMI9-metsävaratulosten mukaan Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 0,94 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 126,9 miljoonaa kuutiometriä (135 m<sup>3</sup>/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 5,3 miljoonaa kuutiometriä (5,7 m<sup>3</sup>/ha) vuodessa (Korhonen ym. 2000). Kuusen rinnankorkeuslämpimitan kasvuideksit olivat 9. inventoinnin kasvunlaskentajaksolla n. 15 prosenttia ja männyn n. 10 prosenttia pitkän ajan (1965–1999) keskiarvotason alapuolella (Korhonen ym. 2000). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta (taulukko 2) oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 3) 29 700 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 4,7 miljoonaa kuutiometriä.

## 3 Menetelmät

### 3.1 Laskelmakehikko

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 1999 julkistusversiolla, jossa metsikkösimulaattorin metsänhoidon ja puunkorjuun ajanmenekki- ja kustannusmallit sekä osa turvemaiden luonnonprosessi- ja käsittelymalleista oli uudistettu (Siitonen ym. 1999, Nuutinen ym. 2000).

Laskelmissa oli neljä vaihetta (kuva 1):

1. laskelma-aineiston muodostus,
2. vaihtoehtoisten käsittely- ja kehityssarjojen simulointi laskentakuvioille,
3. simuloituista vaihtoehtoisista käsittely- ja kehityssarjoista aluetason tehokkaiden tuotanto-ohjelmien hakeminen lineaariseen optimointiin perustuvalla JLP-ohjelmistolla (Lappi 1992) ja
4. herkkyyksianalyysi.

Tarkastelun alueen hakkuumäärät, puuston kehitys ja esimerkiksi keskimääräiset korjuukustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä koko alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella.

Laskelmat tehtiin 50 vuoden jaksolle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa.

### 3.2 Laskelma-aineiston muodostus

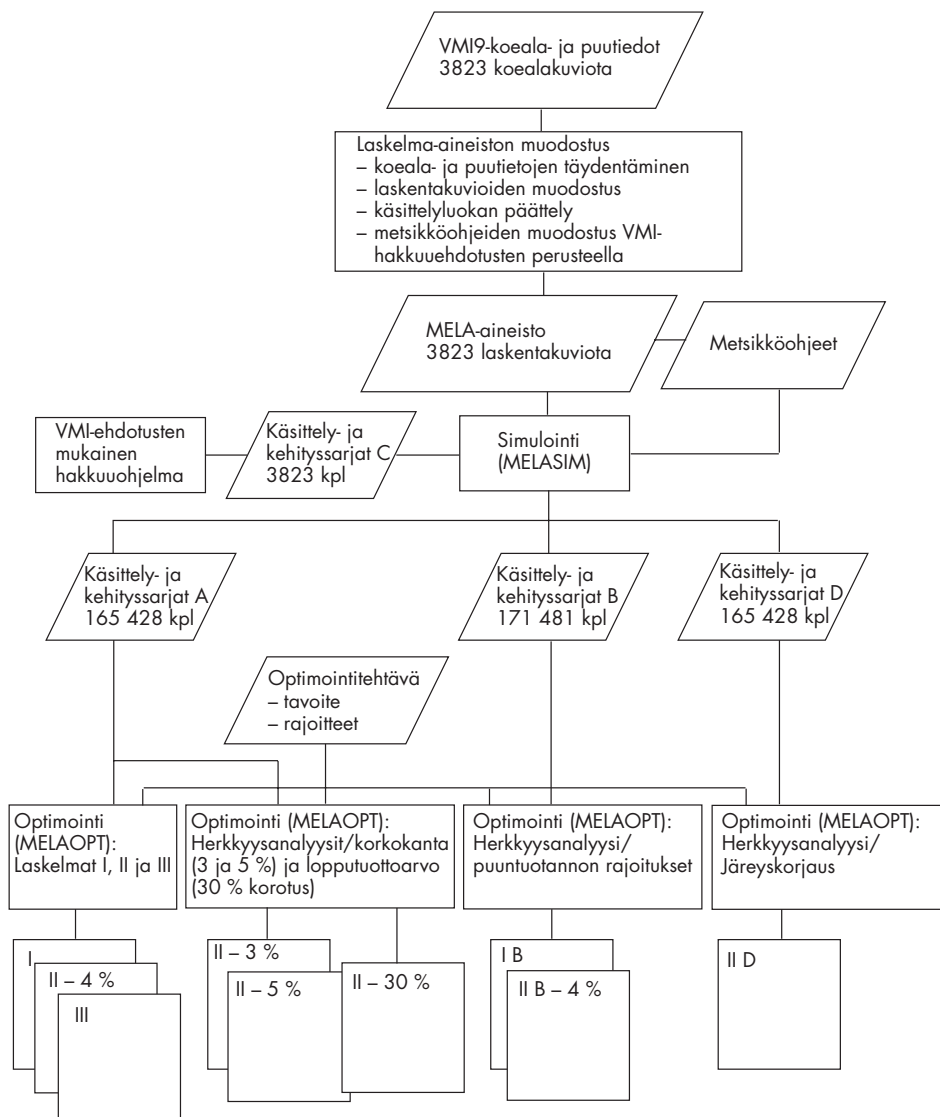
Laskelma-aineiston muodostuksen vaiheet olivat:

1. VMI9:n koealatietojen täydentäminen MELA-koealatiiedoiksi sekä luku- ja koepututietojen MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263),
2. VMI9-koealojen yhdistäminen laskentakuvioiksi,
3. käsittelyluokan päättely VMI9-kuviotietojen perusteella ja
4. metsikköohjeiden muodostus VMI:n maastotöiden

yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten simuloimiseksi laskentakuvioille.

Ensimmäisessä vaiheessa VMI9-lukupuille ennustettiin puuttuvat MELA-kuvauspuutiedot puukohdaintaisten mallien avulla.

Toisessa vaiheessa tavoitteena oli muodostaa jokaiselle koealalle metsikkökuviota vastaava laskentakuvio, joka olisi riittävän suuri kuvaamaan metsikön sisäistä vaihtelua, ja siten parantaa metsikkökuvion puuston määrän arvioinnin ja käsittely-



Kuva 1. Laskennan vaiheet.

tarpeen päättelyn luotettavuutta. Kuhunkin laskentakuviioon yhdistettiin koealan lisäksi kahdesta viiteen puusto- ja kasvupaikkatunnuksiltaan vastaavaa koealaa Pirkanmaan metsäkeskuksen alueelta. Koealojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnuksot olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi, puuston pohjapinta-ala, kehitysluokka, puuston keskiläpimitta, vallitseva puulaji, puuston biologinen ikä, kasvupaikan päätyyppi (alaryhmä) ja vallitsevan puulajin osuus. Yhdisteltävät koealat valittiin koealatunnusten sijasta VMI:ssä arvioitua koko metsikkökuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Kolmannessa vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuviolle luonnonsuojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuviot jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. Jako perustui Suojelupinta-alaprojektin tekemään suojelupinta-alaluokittukseen (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja se tehtiin VMI9-koealatiетоjen perusteella. Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. luonnon- ja kansallispuistot sekä luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet (taulukko 3). Luokitusta täydennettiin rajaamalla puuntuotannon ulkopuolelle ne avainbiotooppikohteet, jotka VMI:n maastotöiden yhteydessä oli arvioitu täyttävän metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elinympäristön vaatimukset ja joilla oli maastossa arvioitu kaikkien toimenpiteiden olevan kiellettyjä (ks. Valtakunnan metsien ... 1999). Avainbiotooppikohteiden alueellista yleisyyttä ei arvioitu maastossa. Jos avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuvioista, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnista käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta. Jos laskentakuviolla ei ollut muita käsittelyrajoituksia, metsämaan laskentakuvioluokiteltiin maaluokan perusteella ensisijaisesti puuntuotantoon ja kitumaan laskentakuvioluokiteltiin puuntuotantoon.

Neljännessä vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuviolle metsikkösimulaattoria varten metsikköohjeet, joiden perusteella VMI:n maastoehdotusten mukaiset hakkuut voitiin simuloida. Jokaiselle laskentakuviolle määriteltiin jokin hakkuu-

**Taulukko 3.** Laskenta-aineiston käsittelyluokat (1 = ensisijaisesti puuntuotannossa olevat, 2 = rajoitetussa puuntuotannossa olevat ja 3 = puuntuotannon ulkopuolella olevat).

Suojelupinta-alaluokitus <sup>1)</sup>	Laskelma-aineiston käsittelyluokka		
	1	2	3
Luonnonpuistot			x
Kansallispuistot			x
Suojeluohjelmiin kuuluvat alueet lukuunottamatta rantojen-, harjujen- ja lintuvesien suojeluohjelmia			
– suojeluohjelmiin kuuluvat valtion maat			x
– suojeluohjelmiin kuuluvat yksityismaat			x
Yksityismaiden lakisääteiset luonnonsojelualueet, joilla hakkuut on kielletty			x
Metsähallituksen soidensuojelualueet			x
Valtiolle luonnonsuojelutarkoituksiin hankitut alueet			x
Erämaa-alueet			
– erämaa-alueiden suojellut osat			x
– erämaa-alueiden luonnonmukaisesti hoidettavat alueet			x
Metsähallituksen suojelumetsät (entiset aarnialueet)			x
Metsäntutkimuslaitoksen omilla päätöksillään perustamat suojelualueet			x
Rantojensuojeluohjelmaan kuuluvat alueet		x	
Muun omistajan kuin valtion metsätalouden käytön ulkopuolella olevat alueet		x	
Seutukaavan suojeluun varatut alueet			
– valtion mailla		x	
Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt		x	x
Luonnonsuojelulain perusteella suojellut luontotyypit			x
Valtion retkeilyalueet			x
Metsähallituksen ja kuntien virkistysmetsät			x
Metsähallituksen			
– ojitusrauhoidusalueet			x
– tutkimussopimusmetsät			x
– luonnonhoitometsät			x
– maisema-alueet			x
– korkeat alueet			x
Muut alueet			
– metsämaa		x	
– kitumaa			x

<sup>1)</sup> Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Metsien suojelupinta-alat (1999).

tapahtuma (pohjapinta-ala- tai runkolukuharvennus, avo-, siemenpuu- tai suojuspuuhakkuu, ylispuiden poisto, taimikonhoito) tai lepo, jos vastaavalle metsikkökuvioille ei oltu maastossa tehty hakkuuehdotusta.

### 3.3 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hynynen 1998, Siitonen ym. 1999). MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina (Hynynen ym. 2000) käytettiin Ojansuun ym. (1991) metsien uudistamiseen ja puuston kehitykseen, Ojansuun (1996) kasvupaikan kuvaukseen, Hynynen (1996) puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan sekä Hökän (1996, 1997) suometsien kasvuun liittyvien mallien uusimpia versioita (Hökkä ym. 1997, Hökkä ym. 2000). Mallien ennustama kasvu oli korjattu vastaamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa viimeisen 30 vuoden aikana (Hynynen ym. 2000). Tasokorjaus oli tehty kasvuindeksien avulla.

Käsittelyt perustuivat Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion metsänkäsittelysuosituksiin vuodelta 1994 (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuut, siemenpuuhakkuut (mänty- ja koivuvaltaiset), suojuspuuhakkuut (kuusivaltaiset) ja ylispuiden poisto.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin ns. kahden käyrän mallilla (Nuutinen ja Hirvelä 2000b) noudattaen MELA99-version puulajeittaisia ja kasvupaikkaluokittaisia oletusarvoja. Koska simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausten puolivälissä, harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla, jotta harvennettavaksi tulisivat myös kohteet, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta 10-vuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

Uudistushakkuissa hehtaarikohtaisesta hakkuukertymästä vähennettiin viisi kuutiometriä, joka vastasi keskimäärin avohakkuualoille ns. säästöpuina jätettävää puustoa (Metsäluonnon hoito ... 1997).

Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi metsänuudistamiseen liittyvä raiwaus, maanpinnan käsittely ja viljely sekä taimikonhoito. Ojitetuilla turvemaidella harvennushakkuiden yhteydessä tehtiin kunnostusojitus. Lannoitus, uudisojitus ja pystypuiden karsinta eivät olleet mukana käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa.

Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harven-

nus-, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto. Rajoitetussa puuntuotannossa olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuut ja luontainen uudistaminen. Puuntuotannon ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet pääteltiin koko laskentakuvion keskimääräisistä tiedoista, jotka määritettiin laskentakuvioon kuuluvien koealojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erikseen laskentakuvion jokaisella koealalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä maastokoealoilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuvioilla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koealoja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Korhonen ym. 2000) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvarsihintoihin. Tukkipuiden tienvarsihintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreyserkorjaus (Siitonen ym. 1996, s. 218–219, Laasasenaho ja Sevola 1971), jota on käytetty myös aikaisemmissa VMI9-aineistoon perustuvissa hakkuulaskelmissa (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000a, Nuutinen ja Hirvelä 2000b). Nettotulot saatiin vähentämällä tienvarsihintaisista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheuttamat erot nettotuloihin. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1989–1998 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen (Metsätalastollinen vuosikirja 1999) vuoden 1998 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 4).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 5) tulona. Ajanmenekit perustuivat työtutkimuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman (kustannuksiltaan halvimmän) korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1989–1998 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 1998 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 6) tulona.

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta

**Taulukko 4.** Vuosina 1989–1998 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 1998 hintatasolla lasketut keskiarvot (mk/m<sup>3</sup>) puutavaralajeittain. (Metsätilastollinen vuosikirja 1999)

	Tukkipuu	Kuitupuun
Mänty	267	162
Kuusi	223	186
Koivu	265	165

**Taulukko 5.** Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

Työlaji	Yksikköhinta, mk/h
Metsäkuljetus	280
Hakkuu monitoimikoneella	420
Metsurihakkuu	120

taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus oli laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa oli käytetty mäntytukin kuorellisena minimiläpimittana 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituutena oli käytetty 2,0 m. Minimimitat eivät täysin vastanneet niitä mittoja, joiden perusteella VMI9:ssä pysty puusto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 1999). Koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä, tukkipuun määrää korjattiin metsikkösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla VMI7:n pystyyn apteerattujen koepuiden tasolle (Ojansuu ym. 1991). Erotus siirtyi kuitupuuksi.

VMI9-metsävaratulosten mukaan tukkipuun osuus puuston runkotilavuudesta metsä- ja kitumaalalla oli keskimäärin 37 prosenttia (Korhonen ym. 2000). Koska tukkipuun määritysmenelmästä ja erilaisista apteerausohjeista johtuen vastaava tukki-osuus MELA-laskelmissa olisi ollut VMI7:ään perustuvan korjauksen jälkeen keskimäärin yliarvio

**Taulukko 6.** Metsänhoitotöiden vuosina 1989–1998 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 1998 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 1999)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus	mk/ha	380
Äestys	“	730
Auraus/mätästys	“	1050
Männyn kylvö	“	985
Männyn taimi	mk/taimi	0,50
Kuusen taimi	“	0,85
Koivun taimi	“	1,15
Männyn täydennystaimi	“	0,85
Kuusen täydennystaimi	“	0,95
Koivun täydennystaimi	“	1,50
Ruohous	mk/ha	525
Taimikon perkaus	“	1050
Kunnostusojitus	mk/100 m	210
Metsänhoitotyö	mk/h	90
Hakkuutyö	mk/h	120

(tukki-osuus 42 prosenttia), VMI7:n tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun kokonaismäärää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuketkellä VMI9:ssä arvioituja tukki-osuuksia puulajeittain. Männyn tukki-osuus oli 39, kuusen 45, koivun 12 ja muiden lehtipuiden 14 prosenttia tilavuudesta (Korhonen ym. 2000).

### 3.4 Optimointi

Hakkuulaskelmien tavoitteena oli havainnollistaa Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuuksia ja verrata niitä viime vuosina keskimäärin toteutuneisiin hakkuuksiin.

Kaikissa laskelmissa valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioiksi nettotulojen nykyarvon maksimointi, jolloin toiminnan kannattavuusvaatimus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena. Laskentakorokannoiksi valittiin kolme, neljä ja viisi prosenttia (Nuutinen ja Hirvelä 2000a).

Ensimmäisellä laskelmalla kuvattiin metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevan puuston määrää. Hakkuumahto (hakkuulaskelma I) las-

kettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Hakattavissa olevan puuston selvittämiseen valittiin laskentakorkokannaksi korkein eli viisi prosenttia. Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumahto oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa oleva puumäärä jaettuna kymmenellä.

Toisen laskelman tavoitteena oli määrittää suurin jatkuvasti hakattavissa oleva hakkuukertymä. Suurimman kestävän hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa (hakkuulaskelma II) otettiin siis huomioon myös puuntuotannon kestävyysvaatimukset. Laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Puuntuotannon kestävyys laskelma-ajan kuluessa varmistettiin siten, että kokonaisuuden hakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymät pysyivät koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla.

Kolmannessa laskelmassa tavoitteena oli havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakkuut jatkuvat viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös hakkuulaskelmassa III (vuosien 1994–1998 keskimääräinen kertymätaaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteena vuosina 1994–1998 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 1999). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982). Laskelmissa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

### 3.5 Herkkyysanalyysit

Hakkuulaskelman II herkkyyttä tarkasteltiin kolmen ja viiden prosentin korkokannan sekä puuston lopputuottoarvoa koskevan rajoitteen suhteen. Jälkimmäisessä tehtiin laskelma, jossa neljän prosentin korolla lasketun puuston tuottoarvon laskelma-kauden lopussa tuli olla vähintään 30 prosenttia korkeampi kuin tuottoarvon laskelmakauden alussa.

Puuntuotannon rajoitusten vaikutusta hakkuulaskelmiin tarkasteltiin simuloimalla Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen laskentakuvioille toinen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat B), jossa rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella olevat laskentakuviot oletettiin kuuluvan ensisijaisesti puuntuotannossa olevaan alueeseen lukuun ottamatta maaluokan perusteella tehtyä käyttörajoitusta (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotannossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Tälle käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukolle laskettiin hakkuumahtoa (laskelma I) ja suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (laskelma II) vastaavat tuotanto-ohjelmat.

Hakkuulaskelmatulosten vertailemiseksi VMI:n hakkuuehdotusten mukaisten hakkuiden kanssa laskentakuvioille simuloitiin maastossa metsikkökuvioille tehtyjen hakkuuehdotusten mukainen käsittely (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat C). Yhden kymmenvuotiskauden käsittävässä simuloinnissa noudatettiin samoja metsänkäsittelysuosituksia kuin ensimmäisessä simuloinnissa lukuun ottamatta harvennusta, jossa minimikertymätaaso alennettiin harvennusten simuloinnin varmistamiseksi. Simuloinnissa VMI:n ehdotetut hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskauden puolivälissä riippumatta ehdotetun hakkuun arvioidusta ajankohdasta (toimenpide jo viivästynyt, ensimmäinen viisivuotiskausi tai jälkimmäinen viisivuotiskausi).

Tukkipuun tienvarsihinnan järeyskorjauksen vaikutusta tarkasteltiin simuloimalla laskentakuvioille kolmas käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat D), jossa tienvarsihinnan järeyskorjausta ei tehty. Tälle käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukolle laskettiin suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (laskelma II) vastaava tuotanto-ohjelma.



## 4 Tulokset

### 4.1 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä

Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1994–1998 keskimäärin 3,9 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1994–1998 kertymästä oli mäntyä 31, kuusta 60 ja lehtipuuta vajaa 10 prosenttia. Tukkipuukertymä vuosina 1995–1998 oli keskimäärin 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta kuusen osuus oli lähes 68 prosenttia.

Jos hakkuut säilyisivät vuosien 1994–1998 keskimääräisellä tasolla (kuva 2, hakkuulaskelma III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 1,2 miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 3). Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitaan nousevan 6,3 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella lähes 6,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

### 4.2 Hakkuumahto

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsitteilysuositusten (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi 6,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, hakkuulaskelma I) eli 1,7-kertaisesti vuosina 1994–1998 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Kertymästä olisi mäntyä 33, kuusta 51 ja lehtipuuta 16 prosenttia.

Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen kuitenkin pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosikymmenessä 17 prosenttia nykyisestä (kuva 3). Toisella kymmenvuotisjaksolla (vuosina 2009–2018) vuo-

tuinen hakkuumahto olisi 5,1 miljoonaa kuutiometriä eli yhtä suuri kuin puuston kasvu puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla (kuva 4). Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) supistuisi 31 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 37 prosenttia ensimmäiseen kymmenvuotisjaksoon verrattuna.

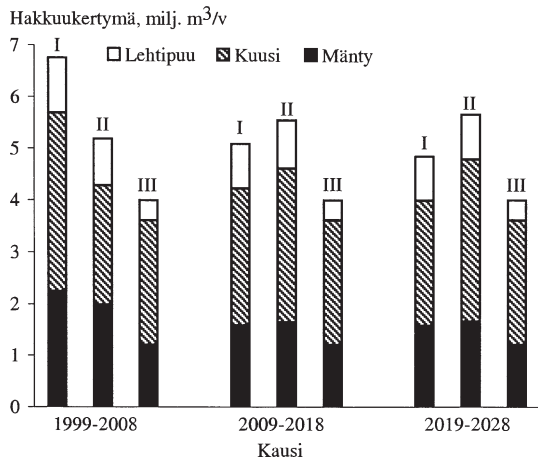
Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harvennushakkuiden osuus kertymästä vuosina 1999–2008 olisi 18 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 33 prosenttia (kuva 7). Kokonaihakkuuala olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 42 200 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 50 mk/m<sup>3</sup> (taulukko 7).

### 4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

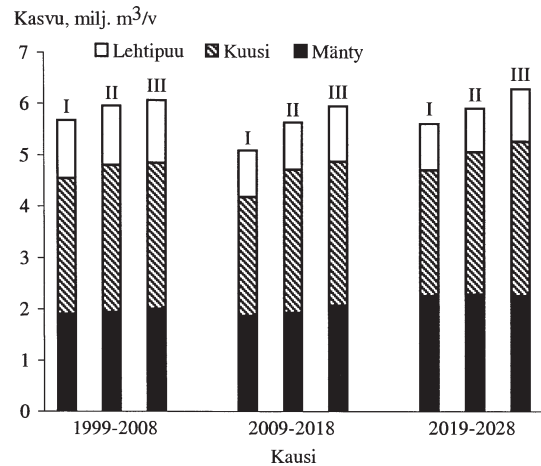
Jos hakkuuta halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien kuitenkin vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän ar-

**Taulukko 7.** Hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla.

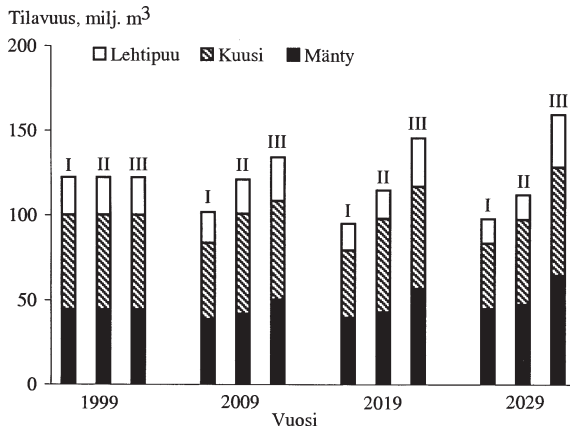
Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
1999–2008			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	6,2	6,5	6,7
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	8,3	6,6	5,3
Korjuukustannus, mk/m <sup>3</sup>	50	51	47
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	160	144	157
2009–2018			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	5,6	6,2	6,5
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	6,3	6,8	5,2
Korjuukustannus, mk/m <sup>3</sup>	58	54	47
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	118	127	150
2019–2028			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	6,2	6,5	6,9
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	5,8	6,7	5,3
Korjuukustannus, mk/m <sup>3</sup>	58	54	46
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	129	145	171



**Kuva 2.** Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 1999–2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.



**Kuva 4.** Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.



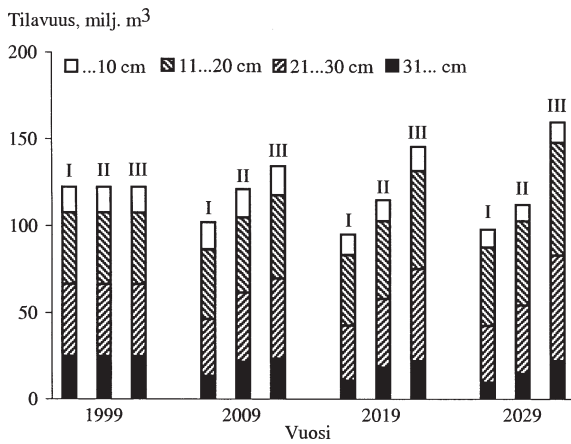
**Kuva 3.** Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2029 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.

vio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se lähestyy 5,6 miljoonan kuutiometrin tasoa kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana (kuva 2, hakkuulaskelma II).

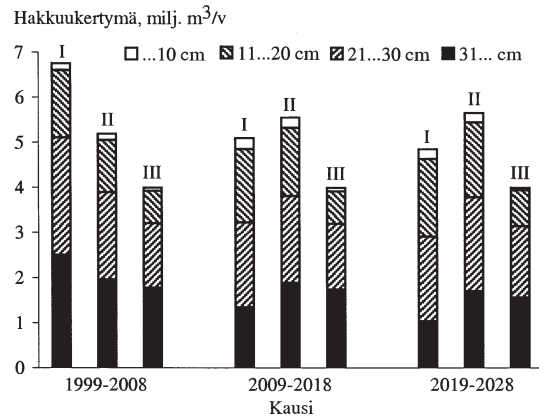
Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä 38, kuusta 44 ja lehtipuuta 18 prosenttia. Laskelmissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä. Kuusen

osuuden arvioidaan nousevan kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 32, kuusta 51 ja lehtipuuta 17 prosenttia.

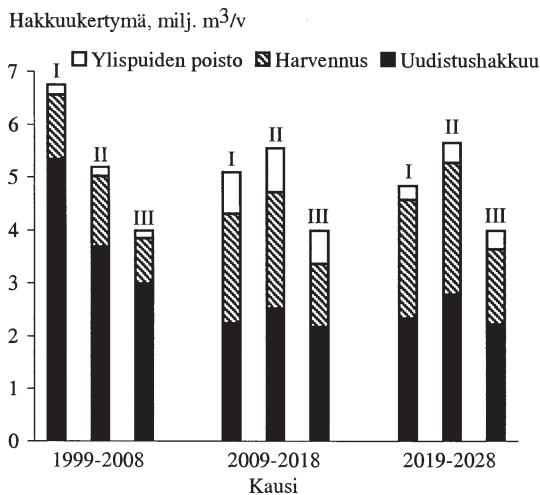
Suurimman kestävän hakkuumäärän arviota vastaava kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 8). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tukki- ja kuitupuun, hakkuuden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkokuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkokuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella vajaa 6,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuuta vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 6,2 ja kasvun 5,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 6,1 ja 5,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kokonaispoistuma on siis koko kolmenkymmenen vuoden jakson ajan suurempi kuin kasvu. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.



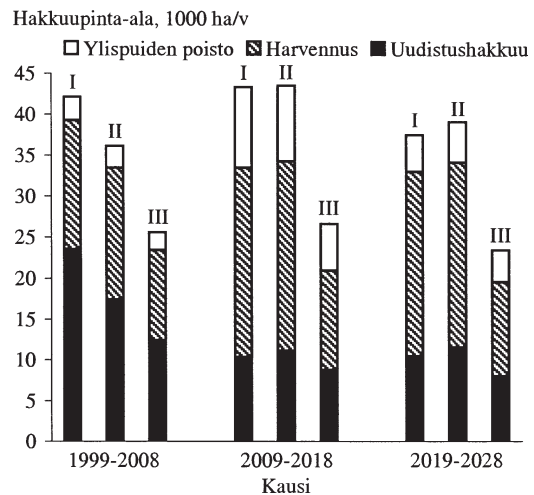
**Kuva 5.** Puuston tilavuus läpimittaluokittain puun-  
tuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaal-  
lasina 1999–2029 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsä-  
keskuksen alueella.



**Kuva 6.** Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina  
1999–2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkes-  
kuksen alueella.



**Kuva 7.** Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 1999–  
2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkeskuksen  
alueella.



**Kuva 8.** Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina  
1999–2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkes-  
kuksen alueella.

Jos hakkuut noudattaisivat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvaranto pienenesi puun-  
tuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaal-  
la prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenessä ja  
8 prosenttia koko kolmen vuosikymmenen tarkas-  
telujakson aikana (kuva 3). Järeän (rinnankorkeus-  
läpimitta yli 20 cm) puun varanto pienenesi vajaal-  
la viidenneksellä kolmen vuosikymmenen aikana

(kuva 5). Laskelman mukainen hakkuuohjelma joh-  
taisi keskitilavuuden alenemiseen 11 m³/ha kolmen  
vuosikymmenen kuluessa.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa tuk-  
kipuukertymän arvioidaan olevan 2,6 miljoonan  
kuutiometrin vuositasolla kolmenkymmenen vuo-  
den tarkastelujakson aikana. Järeimmän (rinnankor-  
keusläpimitta yli 30 cm) puun osuus hakkuumah-

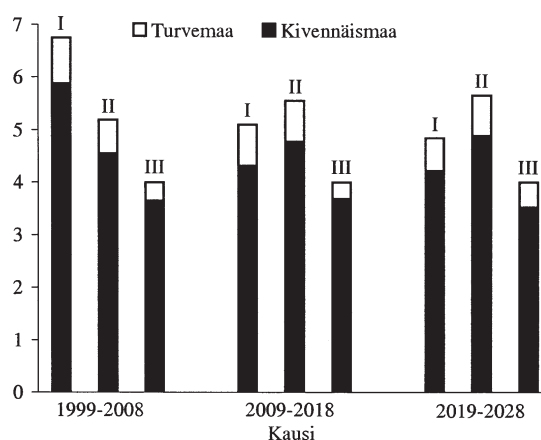
**Taulukko 8.** Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2008. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla. Tukkipuun määrä on kalibroitu vastaamaan VMI9:ssä arvioitua tukkipuun määrää (ks. luku Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi).

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Kokonaispoistuma	7,56	5,97	4,79
Mänty	2,40	2,13	1,36
Kuusi	3,66	2,50	2,59
Koivu	1,20	1,08	0,68
Muu lehtipuu	0,30	0,27	0,15
Hakkuupoistuma	7,03	5,43	4,17
Hakkuukertymä	6,75	5,18	3,99
Tukkikertymä	3,50	2,63	2,24
mäntytukki	1,23	1,11	0,67
kuusitukki	2,06	1,35	1,51
koivutukki	0,16	0,14	0,06
muu lehtipuutukki	0,04	0,03	0,00
Kuitupuukertymä	3,25	2,55	1,75
mäntykuitu	1,01	0,87	0,54
kuusikuitu	1,38	0,94	0,89
koivukuitu	0,69	0,60	0,26
muu lehtipuukuitu	0,17	0,14	0,06
Hakkuutähde	0,28	0,24	0,18
Luonnonpoistuma	0,53	0,55	0,61
Kasvu	5,67	5,95	6,06
Mänty	1,90	1,93	2,00
Kuusi	2,64	2,86	2,83
Koivu	0,99	1,01	1,06
Muu lehtipuu	0,14	0,15	0,16

dollisuuksista laskee hieman koko kolmenkymmenen vuoden ajan (kuva 6). Suurimman kestävän hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on kuusitukkia, keskimäärin 62 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusikuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 41 prosenttia. Mäntytukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 32 ja 33 prosenttia.

Harvennushakkuuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 26 prosenttia, josta se nousee kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 44 prosenttiin (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuu-

Hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v



**Kuva 9.** Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaiilla vuosina 1999–2028 laskelmissa I, II ja III Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.

ala on 36 000 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 16 000 hehtaaria (kuva 8). Uudistushakkuuiden osuus kokonaishakkuualasta on 48 prosenttia. Uudistamishakkuualasta yli puolet on luontaista uudistamista, lähinnä siemenpuuhakkuita. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin 51 mk/m<sup>3</sup> (taulukko 7). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 45 mk/m<sup>3</sup> sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 65 mk/m<sup>3</sup>.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on vuosina 1999–2028 keskimäärin 14 prosenttia (kuva 9). Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion mukaan toimittaessa turvemaiilla on vuosina 1999–2028 männyn hakkuukertymästä keskimäärin 19, kuusen 8, koivun 22 ja muiden lehtipuiden 6 prosenttia.

#### 4.4 Herkkyysanalyysit

Hakkuulaskelma II oli herkkä korkokannan muutokselle. Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio on kolmen vuosikymmenen aikana 3,3 prosenttia korkeampi kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus alenee 20 m<sup>3</sup>/ha. Kolmen prosentin korkokannalla laskettu vuotuisen hakkuumäärän arvio jää kolmen

vuosikymmenen aikana 8,5 prosenttia alemmalle tasolle kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus kohoaa 12 m<sup>3</sup>/ha.

Lopputuottoarvorajoite hakkuulaskelmassa II ei ole sitova: tuottoarvo laskelmakauden lopussa on 16 prosenttia korkeampi kuin alussa. Kun hakkuulaskelman II lopputuottoarvorajoitetta nostetaan 30 prosentilla, hakkuukertymä jää 4 prosenttia alemmalle tasolle kuin alkuperäisessä laskelmassa ja puuston keskitilavuus kohoaa 28 m<sup>3</sup>/ha viiden vuosikymmenen kuluessa.

Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arviota 4,2 ja hakkuumahdottoa 5,5 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen ennakoidaan olevan suurimman kestävän hakkuumäärän arviossa 3,9 ja hakkuumahdossa 3,8 prosenttia.

Inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle VMI:n maastotöiden yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu hakkuukertymä oli 6,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta harvennusten osuus oli 43 prosenttia. Hakkuukertymästä oli mäntyä 33, kuusta 48 ja lehtipuuta 19 prosenttia. Tukkipuukertymä oli 2,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta kuusen osuus oli 57 prosenttia. Kokonaishakkuuala oli 43 300 hehtaaria vuodessa, josta harvennuksia oli 25 300 hehtaaria.

Tukkipuun tienvarsihinnan järeyskorjauksen poistaminen lisäsi suurimman kestävän hakkuumäärän arviota ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 0,7 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla 1,9 prosenttia. Tarkastelujaksolla lisäys oli suurin kuusitukin hakkuukertymässä.

## 5 Tulosten tarkastelu

Laskelmissa sovellettu käsittelyluokitus ei täysin vastaa Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) luokitusta (Nuutinen ja Hirvelä 2000a).

Puuntuotannon rajoitusten vaikutuksia kokonaishakkuukertymään ei voi tulkita VMI6:n ja VMI7:n yhteydessä esitettyksi, lähinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustavaksi suojeluvähennykseksi. Optimoinnilla haetuisa tehokkaissa tuotanto-ohjelmissä hakkuumahdol-

lisuudet riippuvat aina puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien rakenteesta. Jos puuntuotannon metsien rakenne muuttuu, saattavat hakkuut – ja suojelun vaikutus – kohdentua määrällisesti ja rakenteellisesti eri tavalla.

Pirkanmaan metsätalouden alueellisessa tavoiteohjelmassa (Metsätalouden alueellinen...1998) todetaan, että lakisääteisesti suojeltu alue on monimuotoisuuden kannalta vähäinen. Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee laskelmissa oletetusta, metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä.

Hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletuksiin, että sekä puuston kasvuun vaikuttavat tekijät että puiden reagointi niihin eivät muutu. Laskelmissa oletettiin puiden kasvun säilyvän viimeisen 30 vuoden keskimääräisellä kasvuntasolla. Muutokset kasvuun vaikuttavissa tekijöissä ja puiden reagoinnissa kasvutekijöihin saattavat vaikuttaa puuston tulevan kasvun ennusteisiin ja sitä kautta hakkuumahdollisuusarvioihin.

Laskelmissa ei otettu huomioon metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa, metsiköiden sijaintia suhteessa puun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä saattavat ratkaista sen, jääkö esimerkiksi osa ensiharvennuspuustoista todellisuudessa puuntuotannon ulkopuolelle. Laskelmissa I ja II harvennusten määrä oli huomattavasti pienempi kuin VMI:n maastossa tehtyihin hakkuuehdotuksiin perustuvassa laskelmassa. Osa metsänhoidon kannalta tarpeelliseksi todetuista ensiharvennuksista voi jäädä tekemättä, mikäli toiminnan kannattavuus ratkaisee hakkuiden kohdentumisen.

Laskelmissa ei otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio ei siis ole hakkuusuunnite, joka perustuu taloudenharjoittajan omiin tavoitteisiin. Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät myöskään ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Todellisuudessa metsänomistajat yhdessä puun ostajien kanssa ratkaisevat markkinoille tulevan puumäärän ja metsien hoidon.

Kaikissa laskelmissa oletettiin, että päätehakkuiden jälkeen metsänuudistamisessa – luontaisesti, kylvään tai istuttaen – ei viivytellä. Myös taimikonhoitotyöt oletetaan tehtävän suositusten mukaisesti.

Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos metsänhoitotöissä viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta. Pirkanmaan metsätalouden alueellisessa tavoiteohjelmassa (Metsätalouden alueellinen...1998) todetaan, että kuusen luontainen uudistaminen ei ole aina onnistunut rehevillä metsämailla. Epäonnistumisen riskiä ei ole täysimääräisesti otettu huomioon suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa, jossa kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla uudistusalasta lähes puolet on luontaista uudistamista ja siitä vajaa kolmannes kuusen suojuspuuhakkuuta.

Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahdoton on lyhyen aikavälin puuntarjonnan ehdoton yläraja eli se puumäärä, joka markkinoille voisi lakeja ja suosituksia rikkomatta tulla edellyttäen, että kaikelle markkinoille tulevalle puulle olisi kysyntää ja että metsänomistajat myisivät puuta ja hakkaisivat metsiään metsikkökohtaisten suositusten ja viiden prosentin tuottovaatimuksen mukaisesti.

Hakkuumahdon (hakkuulaskelma I) mukainen hakkuukertymä oli 0,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin VMI:n maastossa tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu, vaikka hakkuumahdossa kokonaishakkuuala oli 1 100 hehtaaria pienempi. Laskelmassa I avohakkuuala oli 13 700 hehtaaria eli 4 400 hehtaaria enemmän kuin VMI-ehdotusten perusteella simuloitu. Sen sijaan laskelmassa I tehtiin harvennuksia 9 600 hehtaaria vähemmän kuin VMI-ehdotuksien mukaisessa simuloinnissa. Avohakkuiden määriin vaikuttaa mm. uudistamiskriteerien soveltaminen. VMI:ssä uudistushakkuuehdotus määritetään iän perusteella. MELA-laskelmissa uudistushakkuu voidaan simuloida, kun puusto saavuttaa joko uudistamiskriteeriksi määritetyn iän tai keskiläpimitan, minkä seurauksena uudistushakkuuta voidaan tehdä keskimäärin aikaisemmin kuin VMI-ehdotuksissa.

Hakkuumäärien eroon laskelman I ja VMI-ehdotusten välillä voi olla syynä myös hakkuiden ajoitus. VMI:ssä toimenpide-ehdotukset ryhmitellään jo myöhässä oleviin, lähimmällä 5-vuotiskaudella tehtäviin ja toisella 5-vuotiskaudella tehtäviin. MELA-laskelmissa hakkuut simuloitiin 10-vuotisjakson puolivälissä. Tällöin osa toisella 5-vuotiskaudella tehtäväksi ehdotetuista hakkuista ei vielä toteutannettu käsittelysuositusta.

Kaikkia VMI-ehdotusten mukaisia toimenpiteitä,

erityisesti harvennushakkuuta, ei voitu simuloida. VMI-ehdotukset on tehty maastossa koko metsikkökuvioille, mutta MELA-laskelmassa toimenpiteet simuloidaan koealoittain. Jos koealan puusto jää harvennusrajan alapuolelle, toimenpidettä ei simuloida.

Vuosien 1994–1998 keskimääräisten hakkuiden mukainen laskelma (hakkuulaskelma III) havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät hakkuiden jäädessä huomattavasti alemmalle tasolle kuin metsävarojen käytön kannalta olisi mahdollista. Toteutuneet hakkuut ovat olleet selvästi kuusipainotteisempia kuin VMI:n maastossa tehtyjen ehdotusten mukainen laskelma, hakkuumahto (hakkuulaskelma I) tai suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (hakkuulaskelma II).

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (laskelma II) on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana. Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arvio on lähes neljänneksen pienempi kuin metsänkäsittelysuositusten mukainen hakkuumahto ja 1,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin vuosina 1994–1998 keskimääräiset hakkuut.

Hakkuukertymää vastaava hehtaariohtainen kokonaispoistuman arvio (taulukko 8) on noussut VMI8:n yhteydessä (Salminen ja Salminen 1998) esitetyistä. Luonnonpoistuman osuus ensimmäisellä 10-vuotiskaudella on laskelmissa 9 prosenttia kokonaispoistumasta. Poistuma on vain hieman kasvua suurempi. Poistuman ja kasvun pieni ero selittyy metsien tasaisella ikärakenteella. Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos hakkuut eivät kohdistu hakkuukypsimpien metsien puustoihin.

Hakkuulaskelmat tehtiin 50 vuoden laskelmakaudelle. Laskelmakauden jälkeinen puuntuotannon kestävyys sisältyi laskelmiin lopputuottoarvoa koskevana rajoitteena kuten aikaisemmissakin VMI9-aineistoon perustuvissa hakkuumahdollisuusarvioissa (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä ja Härkönen 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000a, Nuutinen ja Hirvelä 2000b). Alkutuottoarvon suhteen määritellyllä rajoitteella on pyritty yhteismitallisuuteen eri alueilla. Suurimman kestävän hakkuumäärän laskelmasa lopputuottoarvorajoite ei ole sitova. Sen sijaan tukkikertymärajoite on sitova koko ajan.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa männyn osuus ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on suurempi ja kuusen pienempi kuin hakkuumahdon perusteella voisi olettaa. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä, mikä mahdollisti hakkuuiden kohdentumisen uudistuskypsiin männiköihin ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella ja kuusen hakkuuiden lisääntymisen vasta toisella ja kolmannella kymmenvuotiskaudella. Uudistuskypsiä ja uudistuskypsyttä lähellä olevia kuusikoita säästetään tukkipuun saannon turvaamiseksi pidemmälle aikavälille. Kuusitukin säästämistapoihin liittyy kuitenkin riskejä (esimerkiksi tyvilaho), joita näissä laskelmissa ei otettu huomioon. Tukkipuun tasaisuusvaatimukseen liittyy riskejä pidemmällä aikavälillä myös istutusmänniköiden laadun suhteen. VMI7-aineistoon perustuva tukkivähennysmalli ei riitä kuvaamaan puun laadun kehitystä.

MELA-ohjelmistossa tukin laatu voidaan ottaa huomioon lähinnä tienvarsihinnan järeyskorjauksen kautta. Tukkipuun tienvarsihinnan järeyskorjauksen poistaminen muuttaa hieman hakkuukertymän puulajirakennetta, koska mäntytukin ja kuusitukin välinen hintaero pienee. Järeyskorjauksen käyttäminen lienee laadun huomioon ottamiseksi perusteltua, mutta 1960-luvun lopun tilanteeseen perustuva järeyskorjaus ei välttämättä kuvaa nykyistä markkinatilannetta.

Kilkki (1987) korostaa metsävarojen nykytilan merkitystä korkokannan valinnassa. Korkokannan suhteen tehty herkkyysanalyysi havainnollistaa erilaisten tuottovaatimusten ja aikapreferenssien seurausvaikutuksia hakkuuohjelmista ja puuvarannon kehityksenä, kun lähtökohtana ovat nykyiset metsävarat, niiden kasvu ja kasvuodotukset sekä puun hinta ja puunhankinnan kustannukset. Korkokannan nostaminen vaikutti Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella lähes samalla tavalla kuin Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella (Nuutinen ja Hirvelä 2000b), mutta korkokannan alentamisella oli voimakkaampi vaikutus.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmia tehdään. Jokaisesta kymmenvuotiskautta koskevat arviot ovat aina ehdollisia tehdyille oletuksille (esimerkiksi hinta- ja kustannusrakenteelle, hinta- ja kustannustasolle

sekä käytettävissä olevalle korjuuteknologialle) ja aikaisempien kymmenvuotiskausien arvioille. Laskelmissa metsävarat, puuston kasvu ja hakkuut ovat aina ehdollisia edeltävien kausien metsävarojen, puuston kasvun ja toimenpiteiden suhteen.

Tuloksiin liittyvän epävarmuuden vuoksi tuloksia ei voi pitää toteutuvan kehityksen ennusteina, vaan olemassa olevan tiedon ja tehtyjen oletusten varassa laskettuina arvioina.

## Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Pirkanmaan metsäkeskuksen johtaja Kaarlo Ouni ja metsänhoitopäällikkö Antti Peltonen ovat kommentoineet käsikirjoitusta. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistamiseen myötävaikuttaneille.

## Kirjallisuus

- Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/1999: 587–601.
- 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2000: 233–253.
- & Härkönen, K. 1999. Uppskattningar av avverkningsmöjligheterna inom landskapet Åland åren 1997–2026. Metsätieteen aikakauskirja 4B/1999: 769–783.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1998: 279–291.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1996–2025 Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alueilla. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1999: 289–307.
- Hynynen, J. 1996. Puuston kehityksen ennustaminen MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 21–37.

- 1998. Mitä käyttäjän tulisi tietää MELAn kasvumalleista. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (toim.). MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 18–29.
- , Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J. & Haapala, P. 2000. Models for predicting the stand development – description of biological processes in MELA System. Metsäntutkimuslaitos. Käsikirjoitus.
- Hökkä, H. 1996. Suometsien uudet kasvu- ja pituusmallit. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 57–68.
- 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 + 53 p.
- , Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161–178.
- , Alenius, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suo* 51(1):1–10.
- Kilkki, P. 1987. Timber management planning. *Silva Carelica* 5. University of Joensuu. 2. painos. 159 s. ISBN 951-696-528-8.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2000. Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1965–1999. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 661–739.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. *Metsätehon tiedotus* 410. 38 s. + liitteet.
- Kuusela, K. 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest permanent allowable cut and a method for its calculation. *Acta Forestalia Fennica* 71(1). 39 s.
- 1964. Increment-drain forecast for a large forest area. Seloste: Kasvun ja poistuman ennuste suurelle metsäalueelle. *Acta Forestalia Fennica* 77(5). 79 s.
- 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964–65. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964–65. *Folia Forestalia* 27. 56 s.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 93(6). 107 s.
- & Nyysönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 1980. Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977–1979. Summary: Forest resources in the province of Ahvenanmaa and the nine southernmost forestry board districts in Finland 1977–1979. *Folia Forestalia* 446. 90 s.
- & Salovaara, A. 1974. Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971–72. Summary: Forest resources in the district of Ahvenanmaa, and the forestry board district of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo ja Etelä-Karjala in 1971–72. *Folia Forestalia* 191. 64 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- & Sevola, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Summary: Timber assortment relationships and stumpage value of Scots pine and Norway spruce. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 74(3). 87 s.
- Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosituksat. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 2. painos. Helsinki. 72 s.
- Metinfo. 1999. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. WWW-sovellus (<http://www.metla.fi/metinfo/>).
- Metsien suojelupinta-alat. Suojelupinta-alaprojektin raportti. 1999. Suomen ympäristö 300. Ympäristöministeriö. Oy Edita Ab, Helsinki. 44 s. ISBN 951-37-2869-2.
- Metsäluonnon hoito hakkuissa ja metsän uudistamisessa. 1997. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 12 s. + liitteet.
- Metsätalouden alueellinen tavoiteohjelma. 1998. Pirkanmaan metsäkeskus. Moniste. 32 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1999. 1999. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 352 s.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1998–2027 Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2000: 413–428.
- & Hirvelä, H. 2000b. Valtakunnan metsien 9. inven-



- tointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2000: 567–583.
- , Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 39–56.
- , Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000-versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. Puuntuotoksen tutkimussuunta. 59 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 2.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maatiloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehoseuran julkaisuja 241.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- & Salminen, O. 1998. Metsävarat Keskisessä Suomessa 1988–1992 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–1992. Summary: Forest Resources in Middle Finland, 1988–92, and in South Finland, 1986–92. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 710. 137 s.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook – 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- , Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (toim.) 1999. MELA Handbook, 1999 Edition. Metsäntutkimuslaitos. 492 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1999. Maastotyön ohjeet 1999. Häme-Uusimaa, Pirkanmaa ja Etelä-Savo. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 145 s.

#### 43 viitettä