

Tuula Nuutinen ja Hannu Hirvelä

Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000–2029 Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella

Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2001. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000–2029 Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2001: 577–594.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 2000–2029. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,4-kertaisesti vuosina 1995–1999 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna (noin 4,7 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vajaat kaksi prosenttia vuosikymmenen aikana. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuumahto olisi 5,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos hakkuita 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 5,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Laskentakorkokannan, erilaisten hinta-oletusten 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, Pohjois-Karjalan metsäkeskus
Yhteystiedot: Metla, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti tuula.nuutinen@metla.fi, hannu.hirvela@metla.fi
Hyväksytty 10.9.2001

I Johdanto

Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueelle (taulukko 1) valtakunnan metsien 5. (VMI5, Kuusela ja Salovaara 1968), 6. (VMI6, Kuusela ja Salminen 1976) ja 7. (VMI7, Kuusela ja Salminen 1983) inventoinnin yhteydessä esitetyt hakkuusuunnitteet perustuivat tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyssönen 1962) soveltamiseen. VMI6:n ja VMI7:n hakkuusuunnitteen yhteydessä esitettiin lisäksi suojeluvähennys.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin tulosten yhteydessä 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 toteutuvan tulevaisuuden ennusteita.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin maastomittaukset tehtiin Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen

Taulukko 1. Pohjois-Karjalan 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 ¹⁾ (1967)	VMI6 ²⁾ (1973– 1974)	VMI7 ³⁾ (1979– 1980)	VMI8 ⁴⁾ (1988– 1989)
Metsämaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	1289	1368	1402	1369
Metsä- ja kitumaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	1414	1483	1476	1452
Tilavuus, m ³ /ha	80,7 ⁵⁾	77,3	81,2	90,2
Kasvu, m ³ /ha/v	3,2 ⁵⁾	3,0	3,5	4,2
Hakkuusuunnitteen käyttöpuosa, milj. m ³ /v	4,5 ⁵⁾	4,2	4,2	-
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m ³ /v	-	-	-	5,0
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	3,4 ⁵⁾	3,2	3,3	4,1

¹⁾ Kuusela ja Salovaara (1968)

²⁾ Kuusela ja Salminen (1976)

³⁾ Kuusela ja Salminen (1983)

⁴⁾ Salminen ja Salminen (1998)

⁵⁾ Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiometriin on tehty

3 prosentin korotus (Kuusela 1978).

alueella vuonna 2000 (Korhonen ym. 2001). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000–2009 sekä niitä vastaava hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle.

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), Hämeen-Uudenmaan (Nuutinen ja Hirvelä 2000b), Pirkanmaan (Nuutinen ja Hirvelä 2000c) ja Etelä-Savon (Nuutinen ja Hirvelä 2001) metsäkeskusten sekä Ahvenanmaan maakunnan (Hirvelä ja Härkönen 1999) alueelle.

MELA-laskelmat ja niiden tulokset ovat aina ehdollisia käytetylle hinta- ja kustannusrakenteelle. Aiemmin esitetyissä hakkuumahdollisuusarvioissa tienvarsihinnan estimaatteina on käytetty edeltävien 10 vuoden toteutuneiden hankintahintojen jakson viimeisen vuoden hintatasolla laskettuja keskiarvoja.

Tässä tutkimuksessa hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuumäärän avulla. Nämä hakkuulaskelmat eivät olleet toteuttamisohjelmaksi tarkoitettuja. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita. Tuloksia verrattiin vuosien 1995–1999 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen sekä VMI-hakkuuehdotusten perusteella inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle simuloituihin hakkuumahdollisuuksiin. Lisäksi tarkasteltiin puuntuotannon rajoitusten sekä laskelmissa sovelletun korkokannan ja hintaoletusten vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin.

2 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin vuonna 2000 mitattuja Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen VMI9:n koeala- ja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 2000). VMI9-koeala oli ympyrä, jonka säde määräytyi met-

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

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
Pinta-ala, 1 000 ha				
Ensisijaisesti puuntuotanto	1427,8	- ¹⁾	1427,8	92,9
Rajoitettu puuntuotanto	30,0	39,1	69,1	4,5
Puuntuotannon ulkopuolella	33,1	6,9	40,0	2,6
Yhteensä	1490,9	46,0	1536,9	100,0
Tilavuus, milj. m ³				
Ensisijaisesti puuntuotanto	147,9	- ¹⁾	147,9	94,4
Rajoitettu puuntuotanto	3,5	0,7	4,1	2,6
Puuntuotannon ulkopuolella	4,6	0,2	4,7	3,0
Yhteensä	155,9	0,8	156,7	100,0

¹⁾ Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

sä- tai kitumaalta relaskoopilla (kertoimella 2) luetun suurimman puun läpimitan perusteella. Säde oli kuitenkin korkeintaan 12,52 m (Valtakunnan metsien ... 2000). 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 6 055 koealakuvioita).

VMI9-metsävaratulosten mukaan Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 1,54 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 156,7 miljoonaa kuutiometriä (102,0 m³/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 7,2 miljoonaa kuutiometriä (4,7 m³/ha) vuodessa (Korhonen ym. 2001). Männyn kasvuindeksit olivat 9. inventoinnin kasvunlaskentajaksolla n. 10–15 % ja kuusen noin 15 % vuosien 1971–2000 keskiarvotason alapuolella (Korhonen ym. 2001). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta (taulukko 2) oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 3) 40 000 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 4,7 miljoonaa kuutiometriä.

3 Menetelmät

3.1 Laskelmakehikko

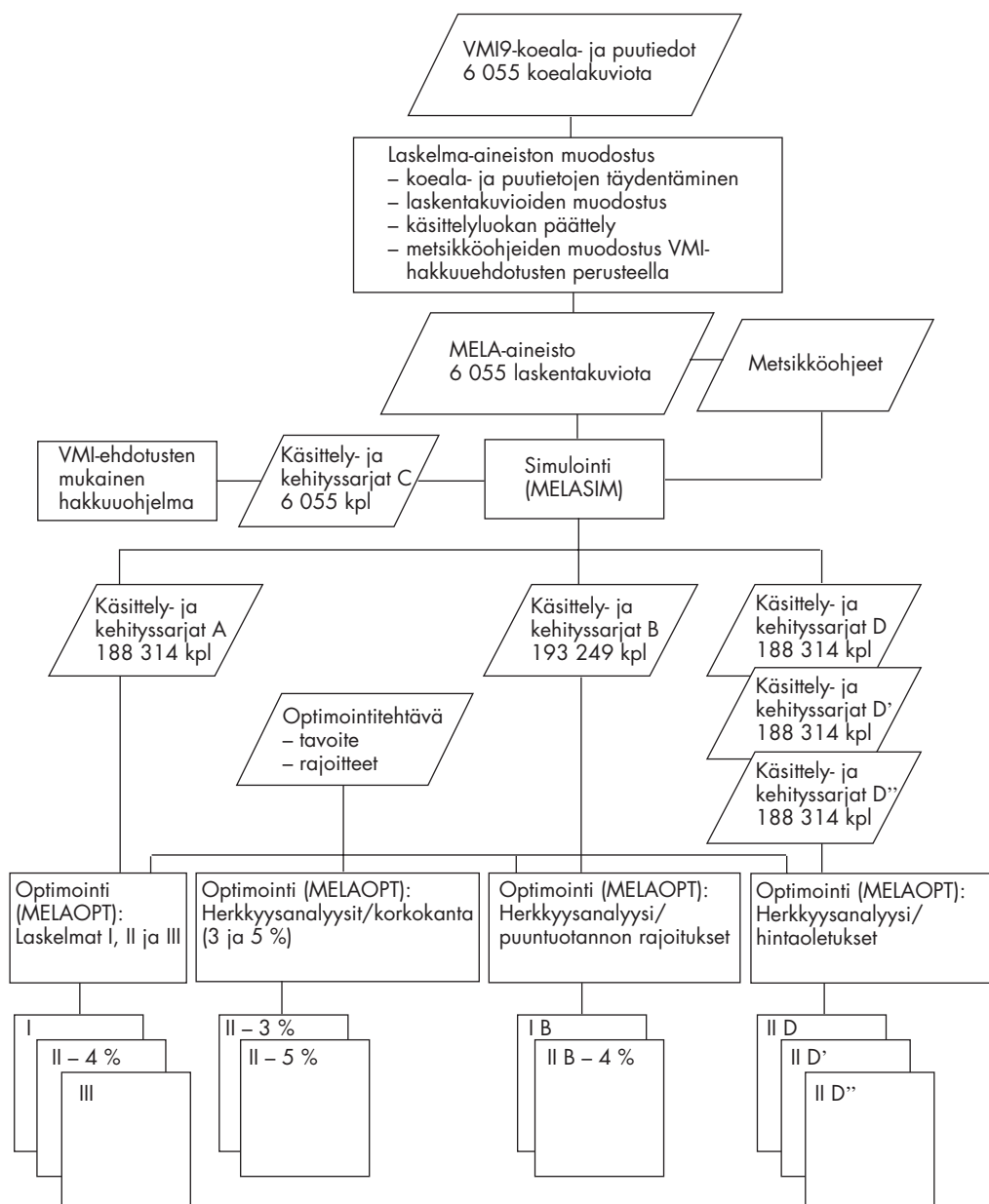
Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 2000 julkistusversiolla (Nuutinen 2001), jota varten luonnonprosessimalleihin oli tehty tekninen korjaus säästöpuiden simulointia varten (Härkönen 2001). Hakkuulaskelmia varten ohjelmistoon oli liisätty tukkitilavuuden puulajikohtainen kalibrointi.

Laskelmissa oli neljä vaihetta (kuva 1):

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

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.



Kuva I. Laskennan vaiheet.

3.2 Laskelma-aineiston muodostus

Laskelma-aineiston muodostuksen vaiheet olivat:

- 1) VMI9:n koealatiotojen täydentäminen MELA-koealatiotoiksi sekä luku- ja koeputietojen MELA-kuvapuu-tiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263)

- 2) VMI9-koealojen yhdistäminen laskentakuvioksi
- 3) käsittelyluokan päättely VMI9-kuviotietojen perusteella ja
- 4) metsikköohjeiden muodostus VMI:n maastotöiden yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten simuloimiseksi laskentakuviolle.

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

Suojelupinta-alaluokitus ¹⁾	Laskenta-aineiston käsittelyluokka		
	1	2	3
Luonnonpuistot			x
Kansallispuistot			x
Suojeluohjelmiin kuuluvat alueet lukuun ottamatta rantojen-, harjujen- ja lintuvesien suojeluohjelmia			
– suojeluohjelmiin kuuluvat valtion maat			x
– suojeluohjelmiin kuuluvat yksityismaat			x
Yksityismaiden lakisääteiset luonnonsuojelualueet, 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 metsätalouksen 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 virkistymetsät		x	
Metsähallituksen			
– ojitusrauhottamisalueet		x	
– tutkimussopimusmetsät		x	
– luonnonhoitometsät		x	
– maisema-alueet		x	
– korkeat alueet		x	
Muut alueet			
– metsämaa	x		
– kitumaa		x	

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

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

Toisessa vaiheessa tavoitteena oli muodostaa jokaiselle koealalle metsikkökuvia vastaava laskentakuvio, joka olisi riittävän suuri kuvaamaan metsikön sisäistä vaihtelua, ja siten parantaa metsikkökuvion puuston määrän arvioinnin ja käsittelytarpeen päättelyn luotettavuutta. Kuhunkin laskentakuvioon yhdistettiin koealan lisäksi kahdesta viiteen puusto- ja kasvupaikkatunnusilta vastaavaa koealaa Pohjois-Karjalan 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 metsikkökuvia koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Kolmannessa vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuvioille luonnonsuojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuvioit jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. Jako perustui Suojelupinta-alaprojektin tekemään suojelupinta-alaluokitukseen (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja se tehtiin VMI9-koealatielien 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 ... 2000). Avainbiotooppikohteiden alueellista yleisyyttä ei arvioitu maastossa. Jos avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuviosta, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnista käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta. Jos laskentakuvioilla ei ollut muita käsittelyrajoituksia, metsämaan laskentakuvio luoki-

teltiin maaluokan perusteella ensisijaisesti puuntuotantoon ja kitumaan laskentakuvio rajoitettuun puuntuotantoon.

Neljännessä vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuvioille metsikkösimulaattoria varten metsikköohjeet, joiden perusteella VMI:n maastoehdotusten mukaiset hakkuut voitiin simuloida. Jokaiselle laskentakuvioille määriteltiin jokin hakkuutapah-tuma (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. 2001, Nuutinen 2001).

MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina (Hynynen ym. 2000) käytettiin Ojansuun ym. (1991) metsien uudistamiseen ja puuston kehitykseen, Ojansuun (1996) kasvupaikan kuvaukseen, Hynysen (1996) puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan sekä Hökkän (1996, 1997) suometsien kasvuun liittyvien mallien uusimpia versioita (Hökkä ym. 1997, Hökkä ym. 2000, Nuutinen ym. 2000).

Kivennäismaiden luonnonprosessimalleissa (Hynynen ym. 2000) taimikoiden vastemuuttujien laskennassa otetaan huomioon valtapuut, joita voivat olla mm. mahdolliset uudistusaloille jätetyt säästöpuut. Hynysen (1998) mukaan on todennäköistä, että säästöpuiden vaikutus taimikon kehitykseen kuvautuu loogisesti ja oikean suuntaisena. Sen sijaan säästöpuiden vaikutuksen suuruudesta ei ole tutkimustietoa, koska säästöpuut puuttuvat mallien laadinta-aineistosta. MELA2000-versiossa vastemuuttajat lasketaan erikseen taimikolle, jos uudistusalalla on taimikkoa isompi säästöpuujakso (Härkönen 2001).

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 metsänkäsittelysuositukseen vuodelta

1994 (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuut, siemenpuuhakkuut (mänty- ja koivuvaltaiset), suojuspuuhakkuut (kuusivaltaiset) sekä ylispuiden poisto.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin ns. kahden käyrän mallilla (Nuutinen ja Hirvelä 2000b) noudattaen MELA-ohjelmiston vuoden 1999 julkistusversiossa käyttöön otettuja puulajeittaisia ja kasvupaikkaluokittaisia oletusarvoja. Koska simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausien puolivälissä, harvennuksissa pohjapinta-alaan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla, jotta harvennettavaksi tulisivat myös kohteet, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta 10-vuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi säästöpuiden jättäminen uudistusaloille, metsänuudistamiseen liittyvä raivaus, maanpinnan käsittely ja viljely sekä taimikonhoito. Tavoiteltava säästöpuiden määrä oli viisi kuutiometriä hehtaarilla (ks. Kotiharju ja Niemelä 2000). Säästöpuut oletettiin jätetyksi tasaisesti koko uudistus-alalle. Ojitetuilla turvemaille harvennushakkuiden yhteydessä tehtiin kunnostusojitus. Lannoitus, uudisojitus ja pystypuiden karsinta eivät olleet mukana käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa.

Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennus-, 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 koalojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erikseen laskentakuvion jokaisella koelalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä maastokoeloilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuvioilla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koaloja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Korhonen ym. 2001) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvar-

Taulukko 4. Laskelmissa sovelletut hinta oletukset.

	Peruslaskelmat ¹⁾	Hintaskenaario 1 ²⁾	Hintaskenaario 2 ³⁾	Hintaskenaario 3 ⁴⁾
Mäntytukki	262	280	262	262
Kuusitukki	222	263	201	222
Koivutukki	259	294	259	259
Mäntykuitu	155	149	155	155
Kuusikuitu	180	178	201	180
Koivukuitu	163	151	163	100

¹⁾ Vuosina 1990–1999 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 1999 hintatasolla lasketut keskiarvot (mk/m³) puutavaralajeittain (Metsätilastollinen vuosikirja 2000)

²⁾ Vuoden 2001 huhtikuun hinnat (Metinfo 2001)

³⁾ Kuusitukin ja -kuidun hinta sama

⁴⁾ Koivukuidun hinta alennettu

Taulukko 5. Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

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

sihintoihin. Tukkipuiden tienvarsihintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreysskorjaus (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, Nuutinen ja Hirvelä 2000c, Nuutinen ja Hirvelä 2001). Nettotulot saatiin vähentämällä tienvarsihintaista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheuttamat erot nettotuloihin. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1990–1999 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen (Metsätilastollinen vuosikirja 2000) vuoden 1999 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 mo-

Taulukko 6. Metsänhoitotöiden vuosina 1990–1999 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 1999 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 2000)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus	mk/ha	395
Äestys	mk/ha	760
Auraus/mätästys	mk/ha	1090
Männyn kylvö	mk/ha	1005
Männyn taimi	mk/taimi	0,75
Kuusen taimi	mk/taimi	1,05
Koivun taimi	mk/taimi	1,55
Männyn täydennystaimi	mk/taimi	1,05
Kuusen täydennystaimi	mk/taimi	1,35
Koivun täydennystaimi	mk/taimi	1,95
Ruohous	mk/ha	525
Taimikon perkaus	mk/ha	1085
Kunnostusojitus	mk/100 m	225
Metsänhoitotyö	mk/h	95
Hakkuutyö	mk/h	125

nitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1990–1999 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 1999 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 6) tulona.

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus oli laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa oli käytetty mäntytkin kuorellisena minimiläpimittana 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana männnyllä 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 pystyvuosto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 2000). 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 kitumaalilla oli keskimäärin 31 prosenttia (Korhonen ym. 2001). Koska tukkipuun määrittämisestä ja erilaisista apteerausohjeista johtuen vastaava tukki-osuus MELA-laskelmissa olisi ollut VMI7:ään perustuvan korjauksen jälkeen keskimäärin yliarvio (tukki-osuus 36 prosenttia), VMI7:n tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun kokonaismäärää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuketkellä VMI9:ssä arvioituja tukki-osuuksia puulajeittain. Männyn tukki-osuus oli 32, kuusen 43, koivun 10 ja muiden lehtipuiden 2 prosenttia tilavuudesta (Korhonen ym. 2001).

3.4 Optimointi

Hakkuulaskelmien tavoitteena oli havainnollistaa Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuuksia ja verrata niitä viime vuosina keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin.

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

Ensimmäisellä laskelmalla kuvattiin metsänkäsitelysuositusten mukaan hakattavissa olevan puuston määrää. Hakkuumahto (hakkuulaskelma I) laskettiin 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 metsänkäsitelysuositusten 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 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 alkuketken tasolla.

Kolmannessa laskelmassa tavoitteena oli havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakkuut jatkuvat viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös hakkuulaskelmassa III (vuosien 1995–1999 keskimääräinen kertymätaaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteena vuosina 1995–1999 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 2001). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi 30 prosenttia (ks. Ryynänen ja Tuomi 1982). Laskelmissa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

3.5 Herkkyyksianalyysit

Hakkuulaskelman II herkkyyttä tarkasteltiin kolmen ja viiden prosentin korkokannan suhteen.

Puuntuotannon rajoitusten vaikutusta hakkuulaskelmiin tarkasteltiin simuloimalla Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen laskentakuvion toinen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat B), jossa rajoitetus-

sa 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 joukolla laskettiin hakkuumahtoa (laskelma I) ja suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (laskelma II) vastaavat tuotanto-ohjelmat.

Hakkuulaskelmatulosten vertailemiseksi VMI:n hakkuuehdotusten mukaisten hakkuuiden kanssa laskentakuvioille simuloitiin maastossa metsikkökuvioille tehtyjen hakkuuehdotusten mukainen käsittely (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat C). Yhden kymmenvuotiskauden käsittävissä simuloinnissa VMI:n ehdotetut hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskauden puolivälissä riippumatta ehdotetun hakkuun arvioidusta ajankohdasta (toimenpide jo viivästynyt, ensimmäinen viisivuotiskausi tai jälkimmäinen viisivuotiskausi).

Hintaoletusten (taulukko 4) vaikutusta tarkasteltiin simuloimalla laskentakuvioille kolme uutta käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukkoa (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat D, D' ja D''). Ensimmäisessä (hintaskenaario 1) tienvarsihintojen estimaatteina käytettiin vuoden 2001 toteutuneita hankintahintoja. Toisessa (hintaskenaario 2) kuusitukilla ja -kuidulla oli sama hinta. Kolmannessa (hintaskenaario 3) koivukuidun tienvarsihintaa alennettiin. Kaikille käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukoille laskettiin suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (laskelma II) vastaava tuotanto-ohjelma.

4 Tulokset

4.1 Toteutuneiden hakkuuiden mukainen hakkuukertymä

Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1995–1999 keskimäärin 4,7 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1995–1999 kertymästä oli mäntyä 43, kuusta 43 ja lehtipuuta 14

prosenttia. Tukkipuukertymä vuosina 1995–1999 oli keskimäärin 2,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta kuusen osuus oli lähes puolet.

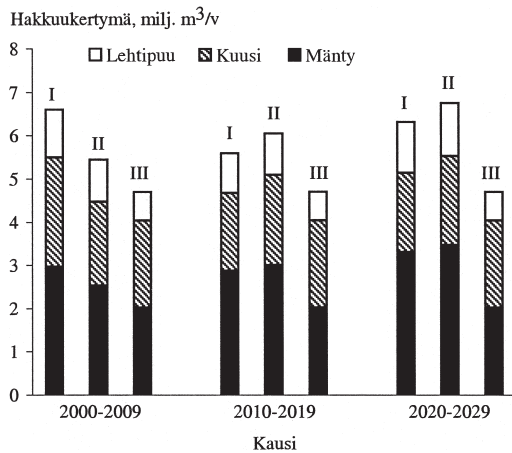
Jos hakkuut säilyisivät vuosien 1995–1999 keskimääräisellä tasolla (kuva 2, hakkuulaskelma III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 2,1 miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 3). Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoidaan nousevan 8,2 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

4.2 Hakkuumahto

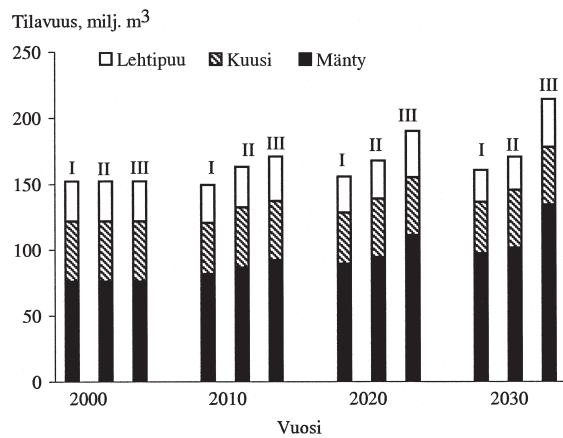
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, hakkuulaskelma I) eli 1,4-kertaisesti vuosina 1995–1999 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Kertymästä olisi mäntyä 45, kuusta 38 ja lehtipuuta 17 prosenttia.

Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosikymmenessä vajaat kaksi prosenttia nykyisestä (kuva 3). Toisella kymmenvuotisjaksolla (vuosina 2010–2019) vuotuinen hakkuumahto olisi 5,6 miljoonaa kuutiometriä. Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) supistuisi 15 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 31 prosenttia ensimmäiseen kymmenvuotisjaksoon verrattuna.

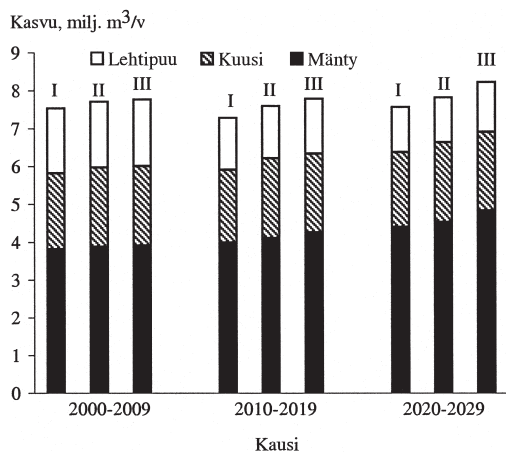
Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harvennushakkuuiden osuus kertymästä vuosina 2000–2009 olisi 20 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 37 prosenttia (kuva 7). Kokonaishakkuuala olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 50 700 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 54 mk/m³ (taulukko 7).



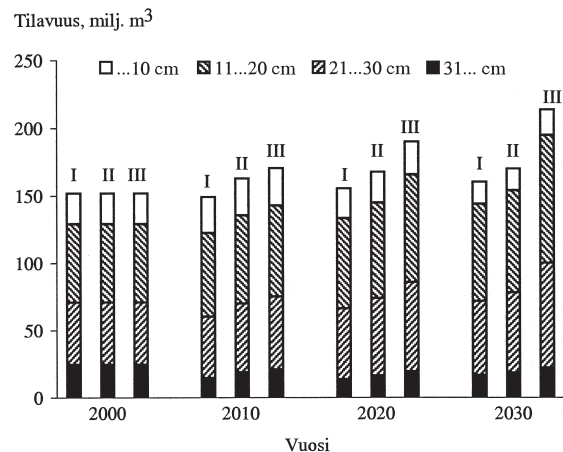
Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (I = nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II = suurin kestävä hakkuukertymä ja III = vuosina 1995–1999 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä).



Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2000–2030 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 4. Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

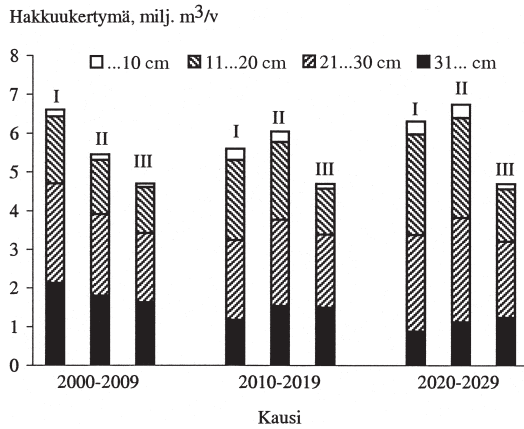


Kuva 5. Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2000–2030 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

Jos hakkuita halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien kuitenkin vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurim-

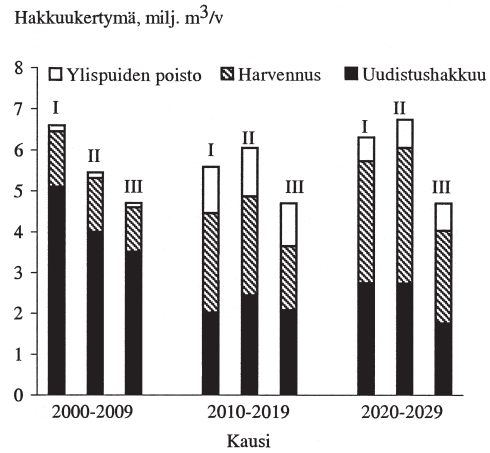
man jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se lähestyy 6,7 miljoonan kuutiometrin tasoa kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana (kuva 2, hakkuulaskelma II).



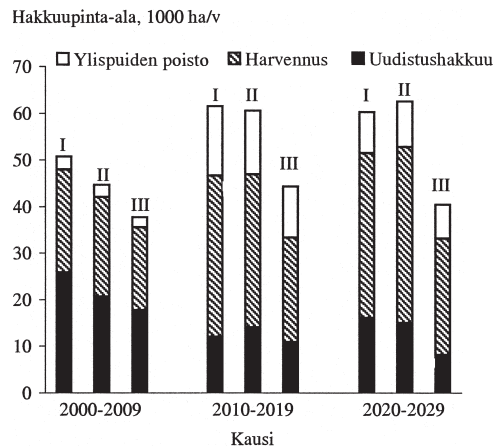
Kuva 6. Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä 46, kuusta 36 ja lehtipuuta 18 prosenttia. Laskelmissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä. Männyksen osuuden arvioidaan hieman nousevan kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 49, kuusta 33 ja lehtipuuta 17 prosenttia.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arviota vastaava kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 8). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tukki- ja kuitupuun, hakkuuiden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkopuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkopuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuuta vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 7,1 ja kasvun 7,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 7,6 ja 7,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kokonais-



Kuva 7. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 8. Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

poistuma on siis koko kolmenkymmenen vuoden jakson ajan pienempi kuin kasvu. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Jos hakkuut noudattaisivat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvaranto kasvaisi puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 7 prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenes-

Taulukko 7. Hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla (laskelmat, ks. kuva 2).

Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
2000–2009			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	5,0	5,1	5,2
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	5,2	4,4	3,9
Korjuukustannus, mk/m ³	54	54	53
Hakkuukertymä, m ³ /ha	130	122	125
2010–2019			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	4,8	5,1	5,2
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	4,4	4,7	3,9
Korjuukustannus, mk/m ³	62	59	53
Hakkuukertymä, m ³ /ha	91	100	106
2020–2029			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	5,0	5,2	5,5
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	4,7	5,0	3,9
Korjuukustannus, mk/m ³	63	61	54
Hakkuukertymä, m ³ /ha	105	108	116

sä ja 12 prosenttia koko kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson aikana (kuva 3). Järeän (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) puun varanto kasvaisi 10 prosentilla kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 5). Laskelman mukainen hakkuuohjelma johtaisi keskitilavuuden kohoamiseen 12 m³/ha kolmen vuosikymmenen kuluessa.

Lopputuottoarvorajoite hakkuulaskelmassa II ei ole sitova: tuottoarvo laskelmakauden lopussa on 13 prosenttia korkeampi kuin alussa.

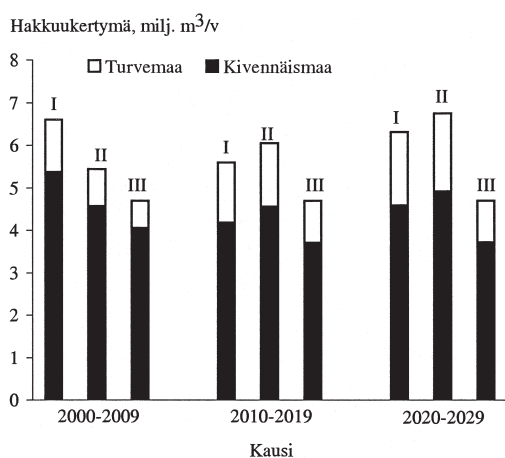
Suurimman kestäväen hakkuumäärän arvioissa tukkipuukertymän arvioidaan olevan 2,5 miljoonan kuutiometrin vuositasolla kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Järeimmän (rinnankorkeusläpimitta yli 30 cm) puun osuus hakkuumahdollisuuksista laskee selvästi koko kolmenkymmenen vuoden ajan (kuva 6). Suurimman kestäväen hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on mäntytukkia, keskimäärin 50 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Mäntykuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 49 prosenttia. Kuusitukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 43 ja 26 prosenttia.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuu-

Taulukko 8. Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2000–2009. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla (laskelmat, ks. kuva 2). Tukkipuun määrä on kalibroitu vastaamaan VMI9:ssä arvioitua tukkipuun määrää (ks. luku Käsitteily- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi).

Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
Kokonaispoistuma	7,81	6,62	5,90
Mänty	3,26	2,81	2,30
Kuusi	2,69	2,09	2,17
Koivu	1,45	1,33	1,11
Muu lehtipuu	0,40	0,39	0,31
Hakkuupoistuma	6,96	5,75	4,97
Hakkuukertymä	6,60	5,44	4,70
Tukkikertymä	3,10	2,54	2,26
mäntytukki	1,47	1,27	1,00
kuusitukki	1,44	1,11	1,11
koivutukki	0,17	0,16	0,14
muu lehtipuutukki	0,01	0,01	0,01
Kuitupuukertymä	3,50	2,90	2,44
mäntykuitu	1,49	1,25	1,01
kuusikuitu	1,08	0,83	0,91
koivukuitu	0,78	0,67	0,46
muu lehtipuukuitu	0,16	0,14	0,06
Hakkuutähde	0,36	0,31	0,28
Luonnonpoistuma	0,85	0,87	0,92
Kasvu	7,53	7,71	7,76
Mänty	3,81	3,87	3,91
Kuusi	2,01	2,10	2,08
Koivu	1,36	1,38	1,40
Muu lehtipuu	0,35	0,36	0,36

mahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 24 prosenttia, josta se nousee kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 49 prosenttiin (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuuala on 44 500 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 21 400 hehtaaria (kuva 8). Uudistushakkuiden osuus kokonaishakkuualasta on 46 prosenttia. Uudistushakkuualasta runsas 60 prosenttia on luontaisista uudistamista, lähinnä siemenpuuhakkuita. Ylispuiden poistoa on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2 600 hehtaaria ja toisella kymmenvuotiskaudella 13 700 hehtaaria. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin 54 mk/m³ (taulukko 7). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistus-



Kuva 9. Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaiden vuosina 2000–2029 laskelmissa I, II ja III Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

hakkuissa 47 mk/m³ sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 73 mk/m³.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on vuosina 2000–2029 keskimäärin 23 prosenttia (kuva 9). Suurimman kestävästä hakkuumäärän arvion mukaan toimittaessa turvemaiden osuus vuosina 2000–2029 männyn hakkuukertymästä keskimäärin 25, kuusen 19, koivun 28 ja muiden lehtipuiden 13 prosenttia.

4.4 Herkkyysanalyysit

Hakkuulaskelma II oli herkkä korkokannan muutokselle. Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio on kolmen vuosikymmenen aikana lähes viisi prosenttia korkeampi kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus nousee vajaat kolme m³/ha. Kolmen prosentin korkokannalla laskettu vuotuisen hakkuumäärän arvio jää kolmen vuosikymmenen aikana 11 prosenttia alemmalle tasolle kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus kohoaa 33 m³/ha.

Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävästä hakkuumäärän arviota 3,9 ja hakkuumahdotta 4,7 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden

tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen ennakoidaan olevan suurimman kestävästä hakkuumäärän arvioissa 3,0 ja hakkuumahdotta 2,9 prosenttia.

Inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle VMI:n maastotöiden yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu hakkuukertymä oli 7,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta harvennusten osuus oli 40 prosenttia. Hakkuukertymästä oli mäntyä 43, kuusta 38 ja lehtipuuta 19 prosenttia. Tukkipuukertymä oli 3,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta kuusen osuus oli 47 prosenttia. Hakkuukertymää vastaava hakkuuala oli 57 900 hehtaaria vuodessa, josta harvennuksia oli 35 200 hehtaaria.

Hintaskenaarion 1 oletushinnoilla laskettu hakkuumahdollisuusarvio ei juuri poikkea laskelmasta II. Hintaskenaarion 2 oletushinnoilla laskettu ensimmäisen kymmenvuotiskauden (2000–2009) ja kolmenkymmenen vuoden keskimääräinen hakkuukertymä ovat 0,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suuremmat kuin laskelmassa II. Vastaavasti puuvaranto ja kuusen osuus puuvarannosta on kolmenkymmenen vuoden kuluttua pienempi kuin laskelmassa II. Hintaskenaarion 3 oletushinnoilla laskettu ensimmäisen kymmenvuotiskauden (2000–2009) hakkuukertymä on 0,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienempi ja kolmenkymmenen vuoden keskimääräinen hakkuukertymä 0,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienempi kuin laskelmassa II.

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 perustuvaksi suojeluvähennykseksi. Optimoinnilla haetuisa tehokkaissa tuotanto-ohjelmissa hakkuumahdollisuudet riippuvat aina puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien rakenteesta. Siten puuntuotannon rajoitusten kohteena olevien metsien rakenne heijastuu rajoitusten vaikutuksiin. Pohjois-Karjalan met-

säkeskuksen alueella puuntuotannon rajoitusten välitön vaikutus suurimman kestävän hakkuumäärän arvioon ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on suurempi kuin kolmenkymmenen vuoden laskelmakaudella keskimäärin. Tämä viittaa siihen, että suojeltujen metsien rakenne on toisenlainen kuin esimerkiksi Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella (Nuutinen ja Hirvelä 2001), jossa välitön vaikutus on pienempi.

Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee laskelmissa oletetusta, metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä. Jos puuntuotannon metsien rakenne muuttuu, saattavat hakkuut – ja suojelun vaikutus – kohdentua määrällisesti ja rakenteellisesti eri tavalla.

Hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletuksiin, että puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja 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 osuus kertymästä oli huomattavasti pienempi kuin VMI:n maastossa tehtyihin hakkuuehdotuksiin perustuvassa laskelmassa. Osa metsänhoidon kannalta tarpeellisiksi todetuista ensiharvennuksista voi jäädä tekemättä, mikäli toiminnan kannattavuus ratkaisee hakkuuiden kohdentumisen.

Laskelmissa I ja II keskimääräisten korjuukustannusten ennakoitaan nousevan ja keskimääräisen hehtaarikohtaisen hakkuukertymän laskevan tulevina vuosikymmeninä. Kummassakin laskelmassa keskimääräisen hakkuukertymän huomattava notkahdus alaspäin toisella kymmenvuotiskaudella johtuu osittain ensimmäisen kymmenvuotiskauden luontaisen uudistamisen hakkuita toisella kaudella seuraavista ylispuuhakkuista, joiden määrä nousee ensimmäisestä kymmenvuotiskaudesta yli viisinkertaiseksi.

Kaikissa laskelmissa oletettiin, että päätehakkuiden jälkeen metsänuudistamisessa – luontaisesti, kylvään tai istuttaen – ei viivytellä. Taimikonhoitotyöt oletetaan tehtävän suositusten mukaisesti. Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos metsänhoitotoissa viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta.

Uudistamiseen liittyvät riskit eivät ole laskelmissa mukana. Esimerkiksi taimettumisen kannalta epävarma kuusen suojuspuuhakkuu saattaa laskelmien mukaan olla avohakkuuta ja kuusen viljelyä edullisempi uudistamistapa, koska viljelystä aiheutuvat välittömät kustannukset ovat suuremmat.

Koska säästöpuiden vaikutuksesta ympäröivän taimikon kasvuun ei ole tutkimustietoa, vastemuuttajien laskennan teknisen korjauksen avulla tehdyt herkkyyksianalyysit ovat vain oletuksiin perustuvia arvioita (Härkönen 2001). Vaikutuksen suunta on todennäköisesti oikea, mutta vaikutuksen suuruuden tutkiminen edellyttää luonnonprosessimallien uudistamista. Malleihin liittyvistä varauksista johtuen MELA-ohjelmistoa ei voi käyttää säästöpuiden optimaalisen sijoittamisen, määrän tai valinnan ratkaisemiseen. Säästöpuiden vaikutus olisi pienempi, jos säästöpuut olisi jätetty uudistusaloille ryhminä, jolloin niiden ylispuuvaikutus kasvavaan taimikkoon olisi vähentynyt (Valkonen 2000).

Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto 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.

Ensimmäisen vuosikymmenen hakkuumahto ja sen toteutuksen välittömät vaikutukset ovat aiemmista laskelmakierroksista pienentyneet (vrt. Siitonen 1990).

VMI:n maastossa tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu hakkuukertymä oli 0,5 miljoonaa kuutiometriä ja hakkuuala 7 200 hehtaaria vuodessa suurempi kuin hakkuulaskelmassa I. Laskelmassa I uudistushakkuukertymä oli 5,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,1 miljoonaa kuutiometriä enemmän kuin VMI-hakkuuehdotusten perusteella simuloitu. Sen sijaan laskelmassa I harvennushakkuukertymä oli 1,5 miljoonaa kuutiometriä pienem-

pi kuin VMI-hakkuuehdotusten mukaisessa simuloinnissa.

Uudistushakkuiden 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-hakkuuehdotuksissa.

Laskelman I, VMI-hakkuuehdotuksiin perustuvan laskelman ja VMI:n maastossa tehtyjen hakkuuehdotusten välisiin eroihin hakkuukertymässä ja -pinta-aloissa voi olla syynä myös hakkuuiden ajoitus. VMI:ssä toimenpide-ehdotukset ryhmitellään jo myöhässä oleviin, lähimmällä 5-vuotiskaudella tehtäviin ja toisella 5-vuotiskaudella tehtäviin. MELA-laskelmissa hakkuut simuloitiin 10-vuotiskauden puolivälissä. Tällöin osa toisella 5-vuotiskaudella tehtäväksi ehdotetuista hakkuista ei vielä toteutettu käsitelystä.

Lisäksi erojen syynä voi olla se, että VMI-hakkuuehdotukset on tehty maastossa koko metsikkökuvialle, mutta MELA-laskelmassa toimenpiteet simuloidaan koealoittain. Jos koealan puusto jäi simuloinnissa harvennusmallin hakkuun jälkeen kasvatettavan puuston määrän alapuolelle, toimenpidettä ei toteutettu.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (laskelma II) on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana. Kestävyys on määritelty hakkuukertymien, nettotulojen ja tuottoarvon avulla. Laskelmassa ei ole rajoitettu kasvun ja poistuman suhdetta eikä metsien ikäluokkarakennetta.

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arvio on vajaan viidenneksen pienempi kuin metsänkäsittelysuositusten mukainen hakkuumahto ja 0,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin vuosina 1995–1999 keskimääräiset hakkuut.

Vuosien 1995–1999 toteutuneet hakkuut ovat olleet hieman kuusipainotteisempia kuin VMI:n maastossa tehtyjen ehdotusten mukainen laskelma, hakkuumahto (hakkuulaskelma I) tai suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (hakkuulaskelma II).

Hakkuukertymää vastaava hehtaariohtainen kokonaispoistuman arvio (taulukko 8) on noussut vain

hieman VMI8:n yhteydessä (Salminen ja Salminen 1998) esitetystä.

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 puuntajien kanssa ratkaisevat markkinoille tulevan puumäärän ja metsien hoidon.

Hakkuulaskelmat tehtiin 50 vuoden laskelma-kaudelle. Laskelma-kauden 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, Nuutinen ja Hirvelä 2000c, Nuutinen ja Hirvelä 2001). Alkutuottoarvon suhteen määritellyllä rajoitteella on pyritty yhteismitallisuuteen eri alueilla. Suurimman kestävän hakkuumäärän laskelmassa lopputuottoarvorajoite ei kuitenkaan tällä alueella ole sitova.

Tukkikertymän tasaisuusvaatimukseen liittyy riskiä pidemmällä aikavälillä esimerkiksi istutusmänniköiden laadun suhteen. VMI7-aineistoon perustuva tukkivähennysmalli ei riitä kuvaamaan puun laadun kehitystä. MELA-ohjelmistossa tukin laatu voidaan ottaa huomioon lähinnä tienvarsihinnan järeyskorjauksen kautta. 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 herkkyyssanalyysi havainnollistaa erilaisten tuottovaatimusten ja aikapreferenssien seurauksia hakkuuohjelmien ja puuvarannon kehityksenä, kun lähtökohtana ovat nykyiset metsävarat, niiden kasvu ja kasvuodotukset sekä puun hinta ja puunhankinnan kustannukset.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmia tehdään. Jokaista

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 perusteella laskettuina arvioina.

Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Ari Ratilainen Pohjois-Karjalan metsäkeskuksesta on kommentoinut käsikirjoitusta. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen 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. s. 21–37.
- 1998. Mitä käyttäjän tulisi tietää MELAn kasvumalleista. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (toim.). MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjäpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713. s. 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.
- Härkönen, K. 2001. Säästöpuut ja MELA2000. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA2000 ja muuttuva metsänkäsittely. MELA-käyttäjäpäivät 21.11.2000 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814. s. 19–29.
- 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. s. 57–68.
- 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 + 53 s.
- , 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. 2001. Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1966–2000. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2001: 495–576.
- Kotiharju, S. & Niemelä, H. 2000. Talousmetsien luonnonhoidon laadun arviointi. Seurantaraaportti. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. 19 s. + liitteet.
- 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.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 93(6). 107 s.
- & Nyssönen, A. 1962. Tavoitehakuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 1976. Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973–74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Pohjois-Karjala in 1973–74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975. *Folia Forestalia* 274. 43 s.
- & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977–1982. Summary: Forest resources in the six northernmost forestry board districts of South Finland, 1979–1982, and in the whole of South Finland, 1977–1982. *Folia Forestalia* 568. 79 s.
- & Salovaara, A. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966–67. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966–67. *Folia Forestalia* 42. 54 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communications Institutii 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. *Communications Institutii 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. 2001. 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.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2000. 2000. *Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus*. 366 s.
- Nuutinen, T. 2001. MELA2000. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA2000 ja muuttuva metsänkäsitteily. MELA-käyttäjäpäivä 21.11.2000 Joensuu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 814. s. 7–18.
- & 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. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2000: 567–583.
- & Hirvelä, H. 2000c. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 741–757.
- & Hirvelä, H. 2001. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2001: 389–406.
- , 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. s. 39–56.
- , Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000-versio. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 385. 59 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospainneessa. 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. & Salminen, O. 1998. Metsävarat Keski-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. 1990. Pohjois-Karjalan metsien kehitys-

- vaihtoehdot. Julkaisussa: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (toim.). Metsätalouden suunnittelu. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 357. s. 45–63.
- , Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook – 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- , Anola-Pukkila, A., Haara, A., Härkönen, K., Redsvén, V., Salminen, O. & Suokas, A. (toim.). 2001. MELA Handbook 2000 Edition. Metsäntutkimuslaitos. 498 s.
- Valkonen, S. 2000. Effect of retained Scots pine trees on regeneration, growth, form, and yield of forest stands. Efecto de la retención de pies de Pino silvestre sobre la regeneración, crecimiento, forma y producción. In: Mason, W., Alia, R., Forrest, G., Olsthoorn, A. & Sjöberg, K. (eds.). *Silviculture and biodiversity of Scots pine forests in Europe*. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales 2000(1): 121–145.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 2000. Maastotyön ohjeet 2000. Pohjois-Karjala. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 144 s.

47 viitettä