

# Metsätieteen aikakauskirja

1B/2000

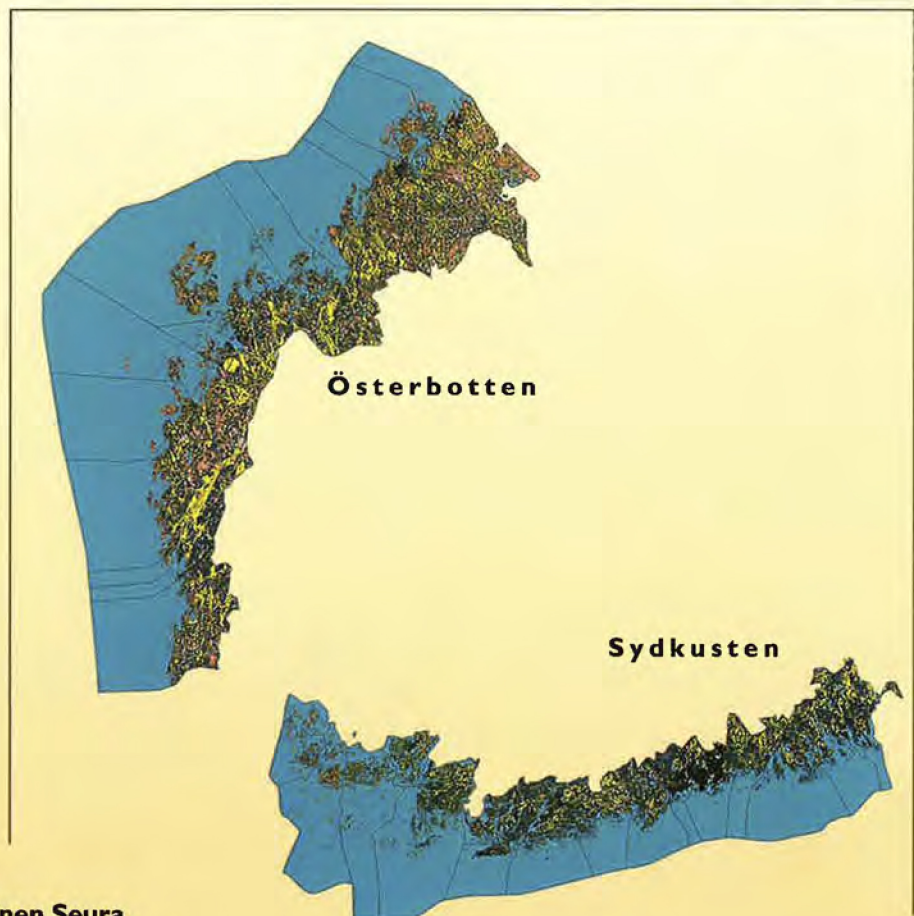
Metsävarat

## *Kustens skogscentral*



*skogarna 1965–98*

*hakkuumahdollisuudet 1997–2027*



Hannu Hirvelä

## Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella

**Hirvelä, H.** 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2000: 233–253.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Rannikon metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 1997–2027. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin koeala- ja puutiedoista muodostettuja laskelma-aineistoja.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsitteilysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittää hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella Rannikon metsäkeskuksen alueella yhteensä 5,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa: Etelärannikon alueella 2,9 ja Pohjanmaan alueella 2,7 miljoonaa kuutiometriä. Tämä kertymätaso on Etelärannikon alueella 2,5-kertainen ja Pohjanmaan alueella 2,2-kertainen vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna (1,1 ja 1,3 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen kuitenkin pienentää puuntuotantoon käytettävissä olevan metsä- ja kitumaan puuvarantoa vuosikymmenessä Etelärannikon alueella 21 ja Pohjanmaan alueella 24 prosenttia nykyisestä. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuumahto on vastaavasti 2,1 ja 1,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos hakkuuta halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on Etelärannikon alueella 2,2 ja Pohjanmaan alueella 1,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Laskelmissa ei otettu huomioon mm. metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa tai käyttöpisteisiin, eikä näiden tekijöiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä metsänomistajien omien ja yhteiskunnan asettamien tavoitteiden kanssa saattavat kuitenkin ratkaista sen, väheneekö puuntuotannossa olevien metsien määrä, jäävätkö nuoret metsät hoitamatta, korjataan puuta ensiharvenuskohteilta ja kohdentuvatko hakkuut hakkuukypsimpiin puustoihin.

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

Yhteystiedot: Metla, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki

Sähköposti hannu.hirvela@metla.fi

Hyväksytty 6.3. 2000

## I Johdanto

Valtakunnan metsien 8. inventointiin (VMI8) saakka Helsingin ja Pohjanmaan (Vaasan) metsälautakuntien alueiden metsiä koskevat VMI-metsävaratiedot raportoitiin erikseen metsälautakuntajaon mukaisesti. Vuonna 1996 tehdyn metsäkeskusjaon yhteydessä nämä kaksi aluetta yhdistettiin Rannikon metsäkeskukseksi. Helsingin alueesta käytetään tässä nimitystä Etelärannikon alue ja Pohjanmaan alueesta Pohjanmaan alue.

Valtakunnan metsien 5. inventoinnin (VMI5) yhteydessä julkaistun hakkuusuunnitteen käyttöpuumäärä oli Helsingin piirimetsälautakunnan alueelle 1,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 1), josta 0,2 miljoonaa kuutiometriä oli polttopuiksi rinnastettavaa havuohutpuuta ja lehtipuhalkoa (Kuusela 1967). Vastaava käyttöpuumäärä Vaasan piirimetsälautakunnan alueelle oli 1,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 2), josta 0,2 miljoonaa kuutiometriä oli havuohutpuuta ja lehtipuhalkoa (Kuusela ja Salovaara 1969). Laskentamenetelmä perustui, kuten myös VMI6:n ja VMI7:n yhteydessä, tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyysönen 1962) soveltamiseen.

VMI6:n tulosten yhteydessä esitetty suurin kestävä hakkuusuunnite oli Helsingin piirimetsälautakunnan alueelle 1,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta tukki- ja kuitupuuta oli 1,7 miljoonaa ja hukkapuuta 0,1 miljoonaa kuutiometriä (Kuusela ja Salovaara 1974). Hakkuusuunnitteen laadinnan yhteydessä arvioitiin lisäksi suojeluvähennys, joka oli 0,06 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Vaasan piirimetsälautakunnan alueelle suurin kestävä hakkuusuunnite oli 1,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Kuusela ja Salminen 1976). Tukki- ja kuitupuun määrä oli 1,3 miljoonaa, hukkapuun määrä 0,2 miljoonaa ja suojeluvähennys 0,02 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

VMI7:n tulosten yhteydessä esitettiin suurin kestävä poistumasuunnite, joka oli Helsingin piirimetsälautakunnan alueelle 1,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Kuusela ja Salminen 1980). Poistumasuunnite jaettiin hakkuusuunnitteeseen, luonnonpoistumaan ja suojeluvähennykseen. Hakkuusuunnite sisälsi tukki- ja kuitupuun kertymäsuunnitteen (1,5 miljoonaa kuutiometriä) ja metsätähteen (0,1

**Taulukko 1.** Helsingin piirimetsälautakunnan (VMI5–VMI7) ja metsälautakunnan (VMI8) alueen metsä- ja kitumaan pinta-alat, puuston määrät ja hakkuumäärän arviot eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen. Suurimman kestävä hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 <sup>1)</sup> (1965)	VMI6 <sup>2)</sup> (1971)	VMI7 <sup>3)</sup> (1977–78)	VMI8 <sup>4)</sup> (1986)
Pinta-ala, 1000 ha				
metsämaa	352	352	348	378
metsä- ja kitumaa yht.	412	419	402	427
Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>				
metsämaa	40,3 <sup>5)</sup>	41,1	39,0	52,6
metsä- ja kitumaa yht.	42,1 <sup>5)</sup>	43,3	40,1	53,9
Hakkuusuunnitteen käyttö- puosa, milj. m <sup>3</sup> /v				
metsä- ja kitumaa yht.	1,7 <sup>5)</sup>	1,7	1,5	–
Suurimman kestävä hakkuu- kertymän arvio, milj. m <sup>3</sup> /v				
metsä- ja kitumaa yht.	–	–	–	1,9 <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).

miljoonaa kuutiometriä). Vastaava suurin kestävä poistumasuunnite oli Vaasan piirimetsälautakunnan alueelle 1,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta tukki- ja kuitupuun kertymäsuunnite oli 1,6 miljoonaa kuutiometriä (Kuusela ja Salminen 1983).

VMI8:n tulosten yhteydessä hakkuumahdollisuuksia havainnollistettiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehdyllä kahdella hakkuulaskelmalla (Salminen ja Salminen 1998). MELA-ohjelmisto perustuu käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointiin ja lineaariseen optimointiin. Tarkastelualueen hakkuumäärät, puuston kehitys ja esimerkiksi keskimääräiset korjuukustannukset määräytyvät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella valitun tuotanto-ohjelman mukaisesti. Laskelmissa metsävarat, puuston kasvu ja hakkuut ovat aina ehdollisia edeltävien kausien metsävarojen, puuston kasvun ja toimenpiteiden suhteen.

**Taulukko 2.** Vaasan piirimetsälautakunnan (VMI5–VMI7) ja Pohjanmaan metsälautakunnan (VMI8) alueen metsä- ja kitumaan pinta-alat, puuston määrät ja hakkuumäärän arviot eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 <sup>1)</sup> (1968)	VMI6 <sup>2)</sup> (1974)	VMI7 <sup>3)</sup> (1981)	VMI8 <sup>4)</sup> (1991)
Pinta-ala, 1000 ha				
metsämaa	420	445	459	476
metsä- ja kitumaa yht.	460	485	483	500
Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>				
metsämaa	39,3 <sup>5)</sup>	37,3	43,0	47,9
metsä- ja kitumaa yht.	39,8 <sup>5)</sup>	37,9	43,3	48,4
Hakkuusuunnitteen käyttö- puuosa, milj. m <sup>3</sup> /v				
metsä- ja kitumaa yht.	1,5 <sup>5)</sup>	1,3	1,6	–
Suurimman kestävän hakkuu- kertymän arvio, milj. m <sup>3</sup> /v				
metsä- ja kitumaa yht.	–	–	–	1,7

<sup>1)</sup> Kuusela ja Salovaara (1969).

<sup>2)</sup> Kuusela ja Salminen (1976).

<sup>3)</sup> Kuusela ja Salminen (1983).

<sup>4)</sup> Salminen ja Salminen (1998).

<sup>5)</sup> Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiometriin on tehty 3 prosentin korotus (Kuusela 1978).

VMI8:a seuraavalla kymmenvuotiskaudella hakkuumahto eli metsänhoitosuosituksen mukaan ilman kestävyysrajoitteita hakattavissa olevan käyttöpuun määrän arvio oli Helsingin metsälautakunnan alueelle 2,9 miljoonaa ja Pohjanmaan metsälautakunnan alueelle 3,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Salminen ja Salminen 1998). Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuun määrän arvio oli vastaaville alueille 1,9 ja 1,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Suojelualueet oli rajattu laskelmien ulkopuolelle. Hakkuulaskelmat olivat arvioita metsien tuotantomahdollisuuksista ja niiden kehityksestä erilaisilla hakkuutasoilla – eivät hakkuusuunnitteita eivätkä toteutuvan tulevaisuuden ennusteita.

VMI9:n maastomittaukset tehtiin Rannikon metsäkeskuksen alueella vuosina 1997–1998 (Tomppo ym. 2000). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Rannikon metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2007 sekä niitä vastaavien hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys

kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle. Hakkuumahdollisuuksia tarkastellaan hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuukertymän avulla erikseen Etelärannikon ja Pohjanmaan alueilla. Nämä hakkuulaskelmat eivät ole toteuttamisohjelmaksi tarkoitettuja. Tuloksia verrataan vuosien 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuusiin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumalle ellei toisin mainita.

VMI9-aineistoon perustuvia ja MELA-ohjelmiston avulla tehtyjä hakkuumahdollisuusarvioita on aikaisemmin esitetty Kymen (Hirvelä 1999), Etelä-Pohjanmaan (Hirvelä ym. 1998), Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten (Hirvelä ym. 1999) sekä Ahvenanmaan maakunnan alueelle (Hirvelä ja Härkönen 1999).

## 2 Aineisto

Laskelmissa käytettiin VMI9:n vuonna 1997 mitatuista Pohjanmaan alueen ja vuonna 1998 mitatuista Etelärannikon alueen koeala- ja puutiedoista (Valtakunnan metsien ... 1997, Valtakunnan metsien ... 1998) muodostettuja laskelma-aineistoja. Rannikon metsäkeskuksen alueen (kuva 1) laskelma-aineistot sisälsivät metsä- ja kitumaan koealat puutomia sivukuvioita lukuunottamatta: Etelärannikon alueella 1713 ja Pohjanmaan alueella 1912 koealaa.



**Kuva 1.** Rannikon metsäkeskuksen alue (metsäkeskuskoko 1.3.1996).

VM19:n koalatiedot täydennettiin MELA-koalatiiedoiksi sekä luku- ja koepuutiedot MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263).

Koska koalan pieni koko saattaa vaikuttaa metsikön puuston määrän arvioinnin ja metsikön käsittelytarpeen päättelyn luotettavuuteen, laskelma-aineistoja tehtäessä jokaisesta koalasta muodostettiin metsikkökuviota vastaava laskentakuvio, johon yhdistettiin koalan lisäksi kahdesta viiteen puusto- ja kasvupaikkatunnusiltaan vastaavaa koalaa. Koalojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnukset olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi, puuston pohjapinta-ala, kehitysluokka, puuston keskiläpimita, vallitseva puulaji, puuston biologinen ikä, kasvupaikan päätyyppi (alaryhmä) ja vallitsevan puulajin osuus. Yhdisteltävät koalat valittiin koalatunnusten sijasta VMI:ssä arvioitua koko metsikkökuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koalat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Laskentakuviot jaettiin alkuperäisten VM19-koalojen perusteella kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennus-, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto. Rajoitetussa puuntuotannossa olevilla alueilla metsätalouden harjoittamiseen vaikuttivat esimerkiksi suojelliset, maisemalliset tai virkistyskäyttöön liittyvät tekijät. Näillä alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuut ja luontainen uudistaminen. Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. kansallis- ja luonnonpuistot sekä luonnonsojelualuein nojalla rauhoitetut alueet. Näillä alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

Laskentakuvion käsittelyluokka määriteltiin maaluokan, maaluokan tarkennuksen, puuntuotannon rajoituksen tarkennuksen ja osin myös puuntuotannon rajoituksen avulla (taulukko 3). Kitumaat luokiteltiin maaluokan perusteella rajoitettuun puuntuotantoon kuuluviin alueisiin. Käsittelyluokan tärkein määrittelijä oli puuntuotannon rajoituksen tarkennus, joka ilmaisi suoraan sallitut tai suositeltavat toimenpiteet ilman varsinaista rajoituksen syytä (Valtakunnan metsien ... 1998). Avainbiotoopeiksi luokiteltiin vain kohteet, jotka maastossa arvioiden täyttivät metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elinympäristön

**Taulukko 3.** Valtakunnan metsien 9. inventoinnin muuttujien avulla muodostetut laskelma-aineiston käsittelyluokat (1 = ensisijaisesti puuntuotannossa olevat, 2 = rajoitetussa puuntuotannossa olevat ja 3 = puuntuotannon ulkopuolella olevat).

VM19-muuttujat <sup>1)</sup>	Laskelma-aineiston käsittelyluokka		
	1	2	3
<b>Maaluokka</b>			
1 metsämaa	x		
2 kitumaa		x	
<b>Maaluokan tarkennus</b>			
0 ei tarkennusta	x		
1 pieni metsätalousmaan kuvio muun kuin metsätalousmaan keskellä		x	
3 saari, jossa metsätalousmaata korkeintaan 1 ha			x
4 saari, jossa metsätalousmaata 1–100 ha		x	
<b>Puuntuotannon rajoituksen tarkennus</b>			
– ei moninaiskäytöstä johtuvia puuntuotannon rajoituksia	x		
1 kaikki toimenpiteet kielletty			x
2 hakkuut sallittu alueen luonteen säilyttämiseksi, esim. hakkuut lehtojensuojelueella			x
3 vain varovaiset hakkuut sallitaan		x	
4 määräaikainen toimenpidekielto			x
5 hakkuut luvanvaraisia, esim. osa kaava-alueista			x
6 vain varovaiset hakkuut suositeltavia <sup>2)</sup>		x	
6 kuviota tai sen osaa käsitellään tavanomaista voimakkaammin <sup>3)</sup>	x		
7 hakkuut sallittu, mutta alueen vesitalous on säilytettävä ennallaan	x		
8 alueella rajoitus, joka ei vaikuta metsätalouden harjoittamiseen	x		
<b>Puuntuotannon rajoitukset</b>			
103 soidensuojelualue		x	x <sup>4)</sup>
303 ojitusrauhoidusalue		x	x <sup>5)</sup>
307 kaupunkien ja kuntien lähivirkistysalueet		x	
308 puolustusvoimien harjoitusalueet		x	
402 soidensuojeluohjelma		x	x <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Valtakunnan metsien ... 1997, Valtakunnan metsien ... 1998.

<sup>2)</sup> Valtakunnan metsien ... 1997.

<sup>3)</sup> Valtakunnan metsien ... 1998.

<sup>4)</sup> Valtion hallinnassa olevat maat sekä muiden kuin valtion hallinnassa olevat turvemaat.

<sup>5)</sup> Turvemaat (Metsähallituksen ohjekirje 1982, Jarmo Leskinen (Metsähallitus) suull. 19.11.1997).

**Taulukko 4.** VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskenta-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Etelärannikon alueella.

Käsittelyluokka <sup>1)</sup>	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, 1000 ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	277,8	– <sup>2)</sup>	277,8	69,2
Rajoitettu puuntuotanto	57,4	29,4	86,8	21,6
Puuntuotannon ulkopuolella	17,1	19,6	36,7	9,1
Yhteensä	352,3	49,0	401,3	100,0
		Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>		
Ensisijaisesti puuntuotanto	41,0	– <sup>2)</sup>	41,0	73,2
Rajoitettu puuntuotanto	9,4	1,4	10,8	19,4
Puuntuotannon ulkopuolella	3,3	0,9	4,2	7,4
Yhteensä	53,7	2,3	56,0	100,0

<sup>1)</sup> Käsittelyluokka, ks. taulukko 3.

<sup>2)</sup> Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

**Taulukko 5.** VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskenta-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Pohjanmaan alueella.

Käsittelyluokka <sup>1)</sup>	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, 1000 ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	443,7	– <sup>2)</sup>	443,7	89,6
Rajoitettu puuntuotanto	19,5	18,6	38,1	7,7
Puuntuotannon ulkopuolella	7,9	5,7	13,6	2,7
Yhteensä	471,1	24,3	495,4	100,0
		Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>		
Ensisijaisesti puuntuotanto	46,6	– <sup>2)</sup>	46,6	92,4
Rajoitettu puuntuotanto	2,4	0,4	2,8	5,5
Puuntuotannon ulkopuolella	0,8	0,2	1,0	2,1
Yhteensä	49,8	0,6	50,4	100,0

<sup>1)</sup> Käsittelyluokka, ks. taulukko 3.

<sup>2)</sup> Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

vaatimukset yleisyysarviointia lukuunottamatta (ks. Valtakunnan metsien ... 1998). Jos avainbiotooppi esiintymä käsitti vain osan kuviosta, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnista käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta (ks. Valtakunnan metsien ... 1998).

Käsittelyluokitusta tarkennettiin lisäksi soiden-suojelualueiden, ojitusrauhousalueiden, soiden-suojeluohjelmien, kaupunkien ja kuntien lähivirkistysalueiden sekä puolustusvoimien harjoitusalueiden osalta puuntuotannon rajoituksen perusteella, joka ilmaisi rajoituksen syyn. Jos alkuperäisellä VMI9-

koelalla oli useita samanaikaisia käyttörajoituksia, laskentakuvion lopullinen käsittelyluokka määräytyi vahvimman käyttörajoituksen perusteella.

VMI9-metsävaratulosten mukaan Etelärannikon alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 401 300 hehtaaria, puuston tilavuus 56,0 miljoonaa kuutiometriä ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 2,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Tomppo ym. 2000). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella 36 700 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 4,2 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 4). Vastaavasti Pohjan-

maan alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 495 400 hehtaaria, puuston tilavuus 50,4 miljoonaa kuutiometriä ja puuston kasvu 2,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Tomppo ym. 2000). Metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli puuntuotannon ulkopuolella 13 600 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 1,1 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 5).

## 3 Menetelmät

### 3.1 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen perusteet

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996, Nuutinen ym. 1998) 50 vuoden laskelma-ajalle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa. Hakkuulaskelmien laadinnassa oli kaksi vaihtoa: vaihtoehtoisten käsittely- ja kehityssarjojen simulointi laskentakuvioille ja simuloituista vaihtoehtoisista käsittely- ja kehityssarjoista aluetason tehokkaiden tuotanto-ohjelmien hakeminen lineaarisella optimoinnilla.

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

Käsittelyt perustuivat Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion metsänkäsittelysuositukseen vuodelta 1994 (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto.

Uudistushakkuissa hehtaariohittaisesta hakkuukertymästä vähennettiin viisi kuutiometriä, joka vastasi keskimäärin avohakkuualoille ns. säästöpuu-

**Taulukko 6.** Vuosina 1986–1995 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 1995 hintatasolla lasketut keskiarvot (mk/m<sup>3</sup>) puutavaralajeittain. Etelä-Suomi käsittää metsäkeskukset 0–11. (Metsätilastollinen vuosikirja 1996)

	Tukkipuu	Kuitupuu
Mänty	270	172
Kuusi	223	196
Koivu	271	166

na jätettävää puustoa (Metsäluonnon hoito ... 1997).

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

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet päätettiin koko laskentakuvion keskimääräisten tietojen perusteella, 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 laskentakuvion koealalla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koealoja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Tomppo ym. 2000) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvarsihintoihin. Nettotulot saatiin vähentämällä tienvarsihintaisista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1986–1995 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen (Metsätilastollinen vuosikirja 1996) vuoden 1995 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 6).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmene-kin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 7) tulona. Ajanmenekit perustuivat työtutkimuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman korjuuvaihtoehdon (metsurihakuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden

**Taulukko 7.** Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

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

**Taulukko 8.** Metsänhoitotöiden vuosina 1986–1995 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 1995 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 1996)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus	mk/ha	373
Maanmuokkaus	“	850
Männyn kylvö	“	1 015
Männyn istutus	mk/100 tainta	180
Kuusen istutus	“	200
Koivun istutus	“	230
Männyn täydennysistutus	“	200
Kuusen täydennysistutus	“	220
Koivun täydennysistutus	“	260
Ruuhous	mk/ha	530
Taimikon perkaus	“	835
Kunnostusojitus	mk/ha	750

kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1986–1995 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 1995 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 8) tulona.

Puutavaralajit laskettiin Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Mäntytukin kuorellisena minimiläpimittana käytettiin 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm. Kuitupuun kuorellinen minimiläpimitta oli männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituutena käytettiin 2,0 m. Minimimitat eivät täysin vastanneet niitä mittoja, joiden perusteella VMI9:ssä pystyvuusto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 1998). Koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä, tukkipuun määrää korjattiin erillisellä tukkivähennysmallilla VMI7:n pystyyn apteerattujen koepuiden tasolle (Ojansuu ym. 1991). Erotus siirtyi kuitupuuksi.

Tukkivähennysmallin selittävinä muuttujina olivat puun puulaji, rinnankorkeusikä ja läpimitta rinnankorkeudelta.

VMI9-metsävaratulosten mukaan tukkipuun osuus puuston runkotilavuudesta metsä- ja kitumaalla oli Etelärannikon alueella keskimäärin 33 ja Pohjanmaan alueella 24 prosenttia (Tomppo ym. 2000). Tukkipuun määritysmenetelmästä ja erilaisista apteerausohjeista johtuen vastaavat tukkiosuudet MELA-laskelmissa olivat VMI7:ään perustuvan tukkivähennyksen jälkeen keskimäärin yliarvioita (tukkiosuudet 46 ja 36 prosenttia). Siksi VMI7:n tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun kokonaismäärää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuketkellä VMI9:ssä arvioituja tukkiosuuksia puulajeittain. Etelärannikon alueella männyn tukkiosuus oli 31, kuusen 43, koivun 23 ja muiden lehtipuiden 17 prosenttia tilavuudesta (Tomppo ym. 2000). Vastaavasti Pohjanmaan alueella männyn tukkiosuus oli 24, kuusen 32, koivun 7 ja muiden lehtipuiden 8 prosenttia (Tomppo ym. 2000).

### 3.2 Hakkuulaskelmavaihtoehdot

Aluetason tuotanto-ohjelmat haettiin lineaariseen optimointiin perustuvalla JLP-ohjelmistolla (Lappi 1992). Lineaarisen optimoinnin tavoitefunktiona oli nettotulojen nykyarvon maksimointi. Optimointitehtävän tavoitefunktio määritteli näin puuntuotannon taloudelliseksi toiminnaksi. Toiminnan kannattavuusvaatimus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena.

Hakkuulaskelmavaihtoehdot olivat

- I hakkuumahto,
- II suurimman kestävän hakkuukertymän toteuttava laskelma ja
- III vuosien 1987–1996 keskimääräiset hakkuut jatkossakin toteuttava laskelma.

Hakkuumahto (vaihtoehto I) laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsän-



käsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumahto oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa oleva puumäärä jaettuna kymmenellä.

Suurimman kestäväen eli suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa (vaihtoehto II) otettiin huomioon myös puuntuotannon kestävyys. Laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Puuntuotannon kestävyys laskelma-ajan kuluessa varmistettiin siten, että kokonaihakkuukertymät 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.

Myös vaihtoehdossa III (vuosien 1987–1996 keskimääräinen kertymätaaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteena vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 1999). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi puulajista riippumatta 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982).

## 4 Tulokset

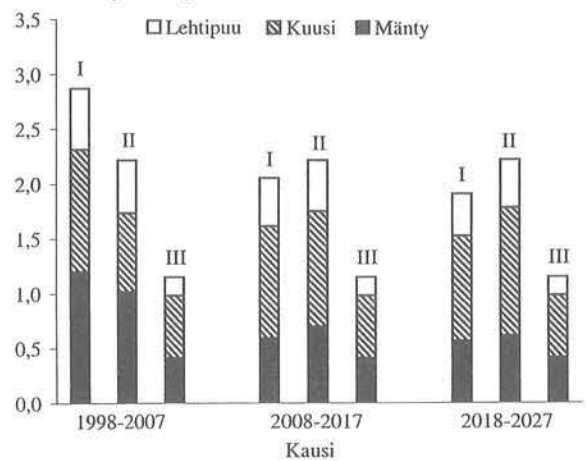
### 4.1 Etelärannikon alue

Vuosien 1987–1996 keskimääräinen hakkuukertymä

Etelärannikon alueen metsistä hakattiin vuosina 1987–1996 keskimäärin runsas 1,1 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa (Metinfo 1999). Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1987–1996 hakkuukertymästä oli mäntyä 35, kuusta 50 ja lehtipuuta 15 prosenttia.

Jos hakkuut ovat jatkossakin vuosien 1987–1996

Hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v



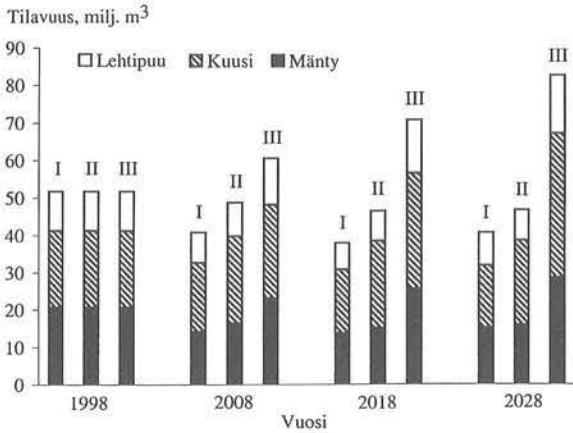
Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 1998–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

keskimääräisellä tasolla (kuva 2, vaihtoehto III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 1,0 miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 3). Puuvarannon suureneminen johtuu pääosin kuusivarannon lisäyksestä. Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoidaan nousevan 2,7 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

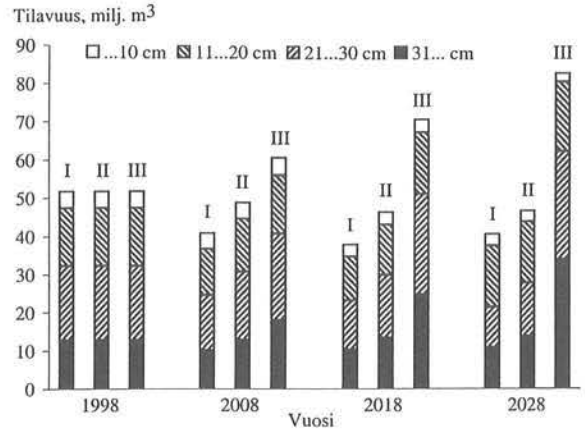
### Hakkuumahto

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittää hakattavaksi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, vaihtoehto I). Kertymästä on mäntyä 42, kuusta 39 ja lehtipuuta vajaa 20 prosenttia.

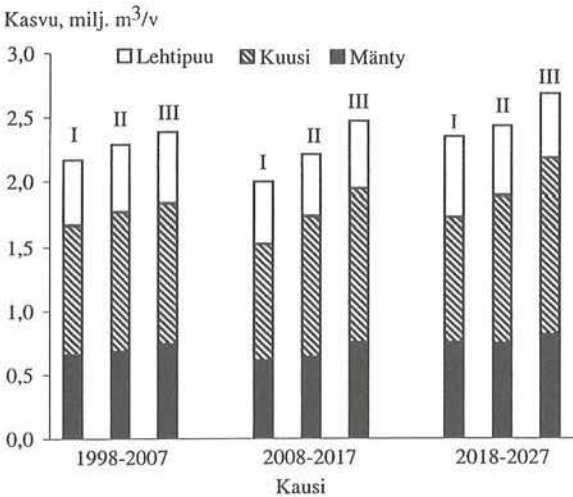
Hakkuumahdon mukaiset hakkuut kuitenkin pienentävät puuvarantoa ja tulevia hakkuumahdollisuuksia. Puuntuotantoon käytettävissä olevalla met-



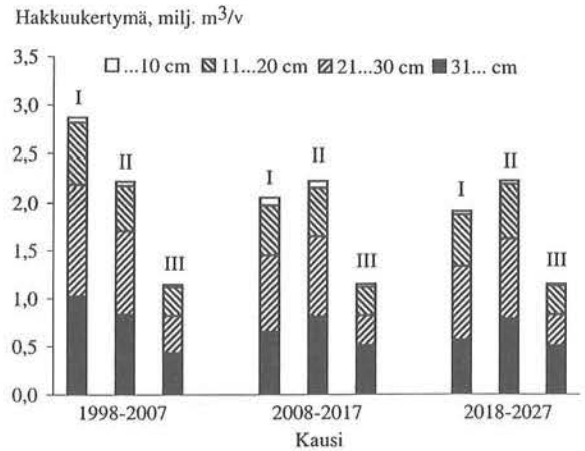
**Kuva 3.** Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1998–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.



**Kuva 5.** Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1998–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.



**Kuva 4.** Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1998–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

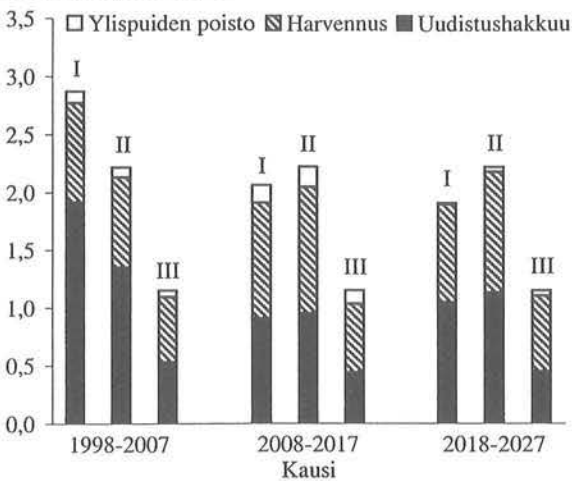


**Kuva 6.** Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 1998–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

sä- ja kitumaalla puuvaranto pienenee vuosikymmenessä 21 prosenttia nykyisestä (kuva 3). Toisella kymmenvuotiskaudella (vuosina 2008–2017) vuotuinen hakkuumahto on 2,1 miljoonaa kuutiometriä ja puuston kasvu puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 2,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) pienenee 24 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 34 prosenttia ensimmäisen kymmenvuo-

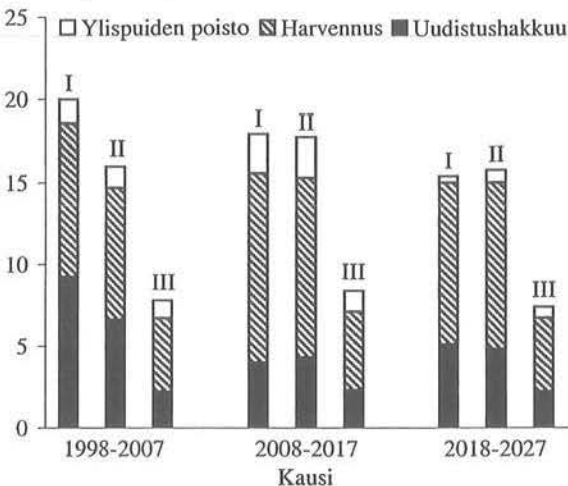
tiskauden aikana. Puuvaranto on pienimmillään kahdenkymmenen vuoden kuluttua, jonka jälkeen puuvarannon ennakoitaan lisääntyvän.

Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harvennushakkuiden osuus kertymästä vuosina 1998–2007 on 30 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 40 prosenttia (kuva 7). Kokonaishakkuuala on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 20 000 hehtaaria (kuva 8).

Hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v

Kuva 7. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 1998–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

Hakkuupinta-ala, 1000 ha/v



Kuva 8. Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 1998–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

### 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 arvio on koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelu-

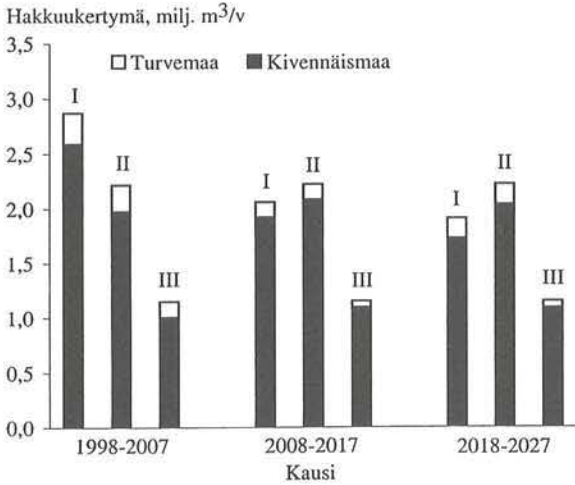
**Taulukko 9.** Poistuman rakenne (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1998–2007 Etelärannikon alueella. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla. Tukkkipuun määrä on kalibroitu vastaamaan VMI9:ssä arvioitua tukkipuun määrää (ks. luku Käsitteily- ja kehitysvaihtoehtojen perusteet).

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Kokonaispoistuma	3,21	2,54	1,50
Mänty	1,28	1,09	0,50
Kuusi	1,19	0,79	0,63
Koivu	0,52	0,46	0,25
Muu lehtipuu	0,22	0,20	0,12
Hakkuupoistuma	2,97	2,30	1,20
Hakkuukertymä	2,87	2,22	1,15
Tukkikertymä	1,19	0,89	0,46
mäntytukki	0,44	0,38	0,15
kuusitukki	0,60	0,38	0,27
koivutukki	0,12	0,10	0,03
muu lehtipuutukki	0,04	0,03	0,00
Kuitupuukertymä	1,68	1,32	0,69
mäntykuitu	0,76	0,63	0,26
kuusikuitu	0,51	0,34	0,29
koivukuitu	0,30	0,25	0,10
muu lehtipuukuitu	0,10	0,10	0,04
Hakkuutähde	0,10	0,08	0,05
Luonnonpoistuma	0,24	0,25	0,29

jaksolle 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, vaihtoehto II).

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävä hakkuukertymän arviosta on mäntyä 46, kuusta 33 ja lehtipuuta vajaa 22 prosenttia. Laskelmissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä. Kuusen osuuden arvioidaan nousevan selvästi kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävä hakkuukertymän arviosta on mäntyä keskimäärin 35, kuusta 44 ja lehtipuuta 21 prosenttia.

Suurimman kestävä hakkuukertymän arviota vastaava kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 9). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tuk-



**Kuva 9.** Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaidella vuosina 1998–2027 vaihtoehtoisissa I, II ja III Etelärannikon alueella.

ki- ja kuitupuun, hakkuiden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkopuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkopuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuuta vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 2,4 ja kasvun 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 2,4 ja 2,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa puuvaranto pienenee puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 6 prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenen aikana. Vastaava puuvarannon pieneminen koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana on 10 prosenttia (kuva 3). Männyn ja lehtipuiden kokonaistilavuus pienenee vajaan neljänneksen kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusen tilavuus lisääntyy 10 prosenttia. Rinnankorkeusläpimitaltaan 21–30 cm:n puuvaranto pienenee runsaan neljänneksen samalla ajanjaksolla (kuva 5). Kolmenkymmenen vuoden kuluttua tukkipuun kokonaistilavuuden ennakoitaan olevan 5, mäntytukkipuun tilavuuden 45 ja lehti-

**Taulukko 10.** Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla Etelärannikon alueella.

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	5,9	6,3	6,5
Korjuukustannus, mk/m <sup>3</sup>	50	49	50
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	143	138	145

puutukin 39 prosenttia pienempi kuin laskelmakauden alussa. Kuusitukin tilavuus on 32 prosenttia suurempi kuin laskelmakauden alussa. Kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson jälkeen puuvarannon ennakoitaan lisääntyvän ja olevan 50 vuoden kuluttua jo 3 prosenttia nykyistä puuvarantoa suurempi. Vastaavana ajankohtana puuvarannon ennakoitaan olevan koko metsä- ja kitumaan alalla 10 prosenttia nykyistä puuvarantoa suurempi.

Tukkipuukertymän arvioidaan olevan 0,9–1,0 miljoonan kuutiometrin vuositasolla koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajan. Suurimman kestävän hakkuukertymän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on kuusitukkia, keskimäärin 59 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusikuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 34 prosenttia. Mäntytukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 28 ja 40 prosenttia.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 35 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden aikana keskimäärin 44 prosenttia (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuuala on 16 000 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on noin puolet (kuva 8). Uudistushakkuiden osuus kokonaishakkuualasta on runsas 40 prosenttia. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin 49 mk/m<sup>3</sup> (taulukko 10). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 45 mk/m<sup>3</sup> sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 57 mk/m<sup>3</sup>.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on vuosina 1998–2027 keskimäärin 9 prosenttia (kuva 9). Harvennushakkuiden osuus turvemaiden hakkuumahdollisuuksista on samalla ajanjaksolla keskimäärin 37 prosenttia. Turvemaiden

osuus on männyn hakkuukertymästä keskimäärin 8, kuusen 8, koivun 12 ja muiden lehtipuiden 8 prosenttia.

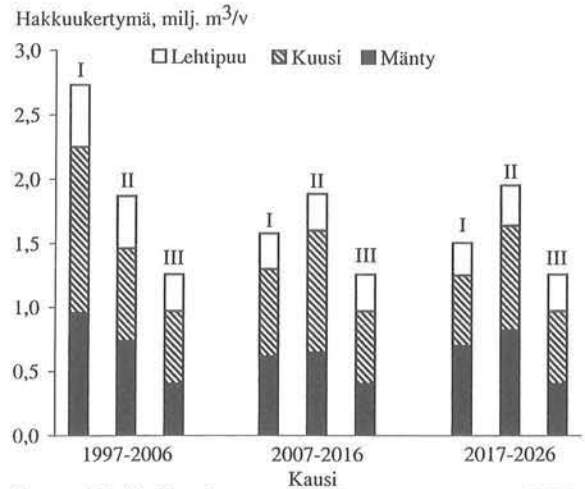
Puuntuotannon rajoitusten – kuten erityisten luontokohteiden huomioon ottamisen – vaikutuksia tarkasteltiin tekemällä laskelmat, joissa oletettiin rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden kuuluvan ensisijaisesti puuntuotannon piiriin. Ainoastaan maaluokan perusteella tehty käyttörajoitus oli voimassa (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotannossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisää suurimman kestävän hakkuukertymän arviota ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 13 prosenttia ja hakkuumahtoa 24 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen ennakoidaan olevan suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa keskimäärin 13 ja hakkuumahdon arviossa 12 prosenttia.

## 4.2 Pohjanmaan alue

Vuosien 1987–1996 keskimääräinen hakkuukertymä

Pohjanmaan alueen metsistä hakattiin vuosina 1987–1996 keskimäärin 1,3 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi myös teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1987–1996 kertymästä oli mäntyä 31, kuusta 46 ja lehtipuuta 23 prosenttia.

Jos hakkuut säilyvät vuosien 1987–1996 keskimääräisellä tasolla (kuva 10, vaihtoehto III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 0,7 miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 11). Suurin osa puuvarannon lisäyksestä on mäntyä. Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 12) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoidaan nousevan 2,4 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Myös koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.



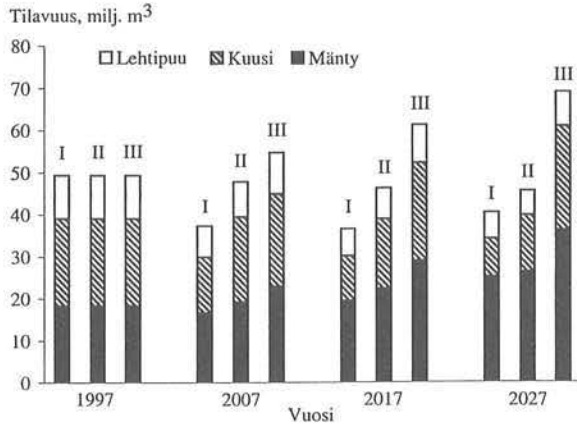
Kuva 10. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdossa I, II ja III Pohjanmaan alueella.

## Hakkuumahto

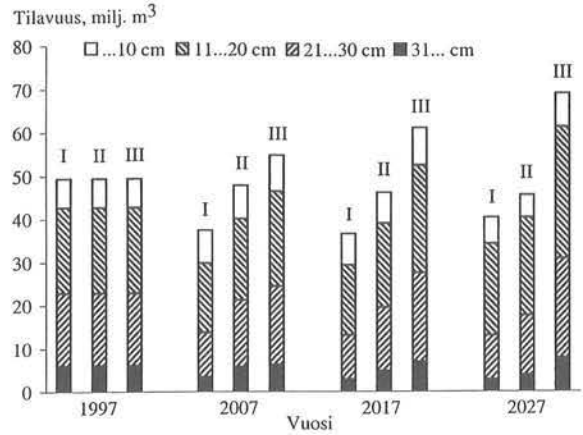
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittää hakattavaksi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 10, vaihtoehto I). Kertymästä on mäntyä 35, kuusta 47 ja lehtipuuta 18 prosenttia.

Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen kuitenkin pienentää puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosikymmenessä 24 prosenttia nykyisestä (kuva 11). Toisella kymmenvuotiskaudella vuotuinen hakkuumahto on 1,6 miljoonaa kuutiometriä ja puuston kasvu puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 1,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 12). Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 13) pienenee 40 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 14) 52 prosenttia ensimmäisen kymmenvuotiskauden aikana. Puuvaranto on pienimmillään kahdenkymmenen vuoden kuluttua, jonka jälkeen puuvarannon ennakoidaan lisääntyvän.

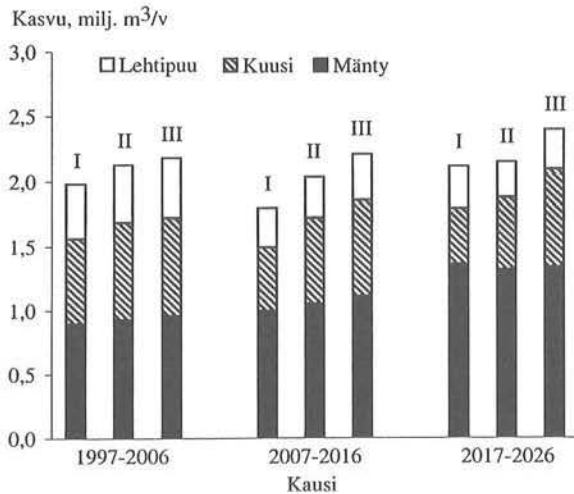
Harvennushakkuuiden osuus hakkuukertymästä vuosina 1997–2006 on 24 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 36 prosenttia (kuva 15). Kokonaishakkuu-ala on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 21 600 hehtaaria (kuva 16).



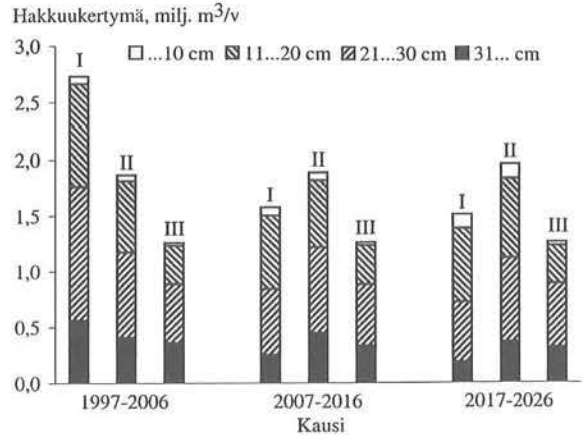
**Kuva 11.** Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.



**Kuva 13.** Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.



**Kuva 12.** Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.



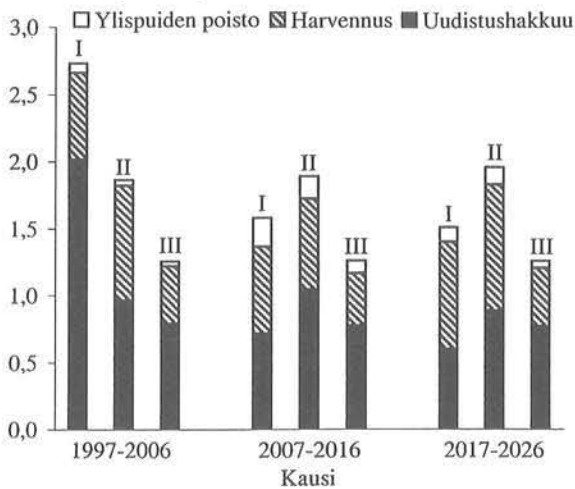
**Kuva 14.** Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.

### Suurin kestävä hakkuukertymä

Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 1,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitaan nousevan 2,0 miljoonaa kuutiometriin vuodessa kolmannella kymmenvuotiskaudella (kuva 10, vaihtoehto II). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävästi hakattavissa olevan

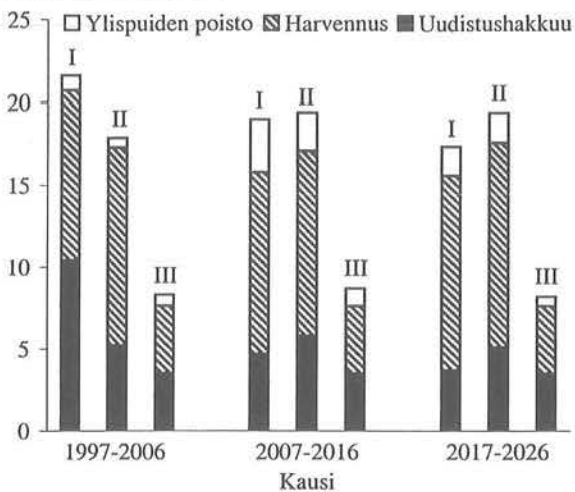
män arviosta on mäntyä ja kuusta 39 prosenttia sekä lehtipuuta 22 prosenttia. Laskelmissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä ja kuusen osuuden arvioidaan nousevan kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävästi hakattavissa olevan hakkuukertymän arviosta on mäntyä keskimäärin 39, kuusta 44 ja lehtipuuta vajaa 18 prosenttia.

Suurinta kestävästi hakattavissa olevaa

Hakkuukertymä, milj. m<sup>3</sup>/v

**Kuva 15.** Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.

Hakkuupinta-ala, 1000 ha/v



**Kuva 16.** Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.

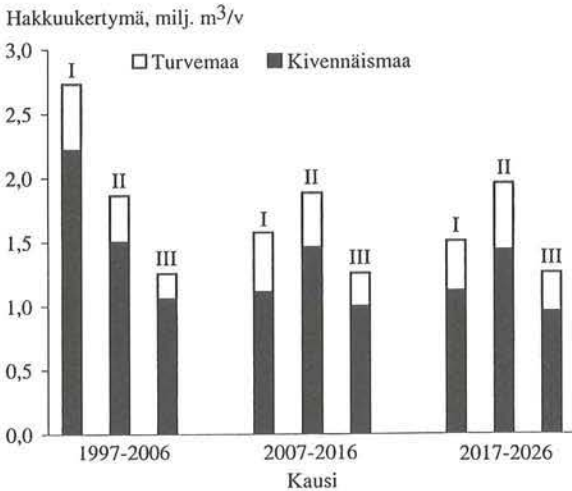
kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 11). Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 12). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuuta vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 2,2

**Taulukko 11.** Poistuman rakenne (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2006 Pohjanmaan alueella. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla. Tukkipuun määrä on kalibroitu vastaamaan VMI9:ssä arvioitua tukkipuun määrää (ks. luku Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen perusteet).

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Kokonaispoistuma	3,12	2,24	1,61
Mänty	1,05	0,82	0,49
Kuusi	1,38	0,79	0,63
Koivu	0,58	0,51	0,40
Muu lehtipuu	0,12	0,11	0,09
Hakkuupoistuma	2,89	1,99	1,34
Hakkuukertymä	2,73	1,87	1,26
Tukkikertymä	0,90	0,58	0,44
mäntytukki	0,33	0,26	0,16
kuusitukki	0,51	0,27	0,24
koivutukki	0,05	0,04	0,03
muu lehtipuutukki	0,01	0,01	0,01
Kuitupuukertymä	1,83	1,29	0,82
mäntykuitu	0,62	0,48	0,24
kuusikuitu	0,78	0,45	0,33
koivukuitu	0,35	0,29	0,20
muu lehtipuukuitu	0,08	0,07	0,05
Hakkuutähde	0,16	0,13	0,08
Luonnonpoistuma	0,24	0,24	0,27

ja kasvun 2,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 2,2 ja 2,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 2,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa puuvaranto pienenee puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 3 prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenen aikana. Vastaava puuvarannon pieneminen kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson aikana on 8 prosenttia (kuva 11). Männyn kokonaistilavuus lisääntyy 43 prosenttia kolmenkymmenen vuoden aikana. Kuusen tilavuus pienenee 35 ja koivun 40 prosenttia. Järeän (rinnan- korkeusläpimitta yli 20 cm) puun varanto supistuu 23 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 13). Kolmenkymmenen vuoden kuluttua tukkipuun kokonaistilavuuden ennakoitua olevan 22, kuusi-



**Kuva 17.** Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaidella vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III Pohjanmaan alueella.

tukkipuun tilavuuden 35 ja lehtipuutukin tilavuuden 50 prosenttia pienempi kuin laskelmakauden alussa. Mäntytukin tilavuus on 2 prosenttia suurempi kuin laskelmakauden alussa. Kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson jälkeen puuvaranto lisääntyy, mutta sen ennakoidaan olevan vielä 50 vuoden kuluttua nykyistä puuvarantoa pienempi.

Tukkipuukertymän arvioidaan olevan keskimäärin 0,6 miljoonan kuutiometrin vuositasolla. Järeimmän (rinnankorkeusläpimitta yli 30 cm) puun osuus hakkuumahdollisuuksista vähenee kuitenkin hieman kolmannella kymmenvuotiskaudella (kuva 14). Suurimman kestävän hakkuukertymän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on kuusitukkia, keskimäärin 57 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusikuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 37 prosenttia. Mäntytukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 36 ja 40 prosenttia.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 46 prosenttia ja kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 43 prosenttia (kuva 15). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuualue on 17 900 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on kaksi kolmasosaa (kuva 16). Uudistushakkuiden osuus kokonaishakkuualueesta on vajaa 30 prosenttia. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimää-

**Taulukko 12.** Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnusia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla Pohjanmaan alueella.

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	4,1	4,4	4,5
Korjuukustannus, mk/m <sup>3</sup>	55	57	52
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	126	104	152

rin 57 mk/m<sup>3</sup> (taulukko 12). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 49 mk/m<sup>3</sup> sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 66 mk/m<sup>3</sup>.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 20 prosenttia, josta se nousee kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 27 prosenttiin (kuva 17). Harvennushakkuiden osuus turvemaiden hakkuumahdollisuuksista on kolmenkymmenen vuoden aikana keskimäärin 34 prosenttia. Turvemaiden osuus on männyn hakkuukertymästä keskimäärin 25, kuusen 18, koivun 36 ja muiden lehtipuiden 10 prosenttia.

Puuntuotannon rajoitusten – kuten erityisten luontokohteiden huomioon ottamisen – vaikutuksia tarkasteltiin tekemällä laskelmat, joissa oletettiin rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden kuuluvan ensisijaisesti puuntuotannon piiriin. Vain maaluokan perusteella tehty käyttörajoitus oli voimassa (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotannossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisää suurimman kestävän hakkuukertymän arviota ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 3 prosenttia ja hakkuumahtoa 6 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen ennakoidaan olevan suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa keskimäärin 3 ja hakkuumahdon arviossa 4 prosenttia.



## 5 Tulosten tarkastelu

### 5.1 Menetelmään liittyvät varaukset

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletuksiin, että puuntuotantoon käytettävissä oleva metsäala sekä puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu. Muutokset kasvuun vaikuttavissa tekijöissä ja puiden reagoinnissa kasvutekijöihin saattavat vaikuttaa puuston tulevan kasvun ennusteisiin ja sitä kautta hakkuumahdollisuusarvioihin.

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

Aineiston käsittelyluokan määrittelyssä otettiin avainbiotoopeista huomioon vain kohteet, jotka maastossa arvioiden täyttivät metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elinympäristön vaatimukset. VMI:n yhteydessä esitetyt arviot voivat kuitenkin olla yliarvioita todellisten lakikohteiden määrästä, koska VMI:ssä ei maastotöiden kuluessa oteta huomioon alueellisia tekijöitä, esim. avainbiotooppiluokkien tai avainbiotooppien piirteiden yleisyyttä lakikohdetta määrittäessä. Siten lakikohteisiin on luettu kaikki määritelmän täyttävät alueet (Tomppo ym. 2000).

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 turvemaista tai ensiharvennuspustoista todellisuudessa puuntuotannon ulkopuolelle.

Laskelmissa ei ole otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio ei siis ole hakkuusuunnite, joka perustuu taloudenharjoittajan omiin tavoitteisiin. Esitetyt hakkuumah-

dollisuusarviot eivät myöskään ole puun tarjonnan ennusteita. Todellisuudessa metsänomistajat yhdessä puun ostajien kanssa ratkaisevat markkinoille tulevan puumäärän ja metsien hoidon.

Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos esim. puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee, nuoret metsät jäävät hoitamatta, puuta ei korjata turvemailta tai jos hakkuut eivät kohdistu hakkuukypsimpien metsien puustoihin.

### 5.2 Päätelmät

Hakkuumahto (vaihtoehto I) kuvaa metsänhoitosuosituksen mukaan hakattavissa olevan puuston määrää. Määritelmän mukaisesti hakkuumahdon laskennassa ei tavoiteltu puuntuotannon kestävyttä. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto on lyhyen aikavälin puuntarjonnan ehdoton yläraja eli se puumäärä, joka markkinoille voi lakeja ja suosituksia rikkomatta tulla. Tämä kuitenkin edellyttää, että kaikelle markkinoille tulevalle puulle on kysyntää ja että metsänomistajat myyvät puuta ja hakkaavat metsiään metsikkökohtaisten suositusten ja viiden prosentin tuottovaatimuksen mukaisesti. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (vaihtoehto II) on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana. Vuosien 1987–1996 keskimääräisten hakkuiden mukainen laskelma (vaihtoehto III) havainnollistaa, miten metsävarat kehittyvät hakkuiden jäädessä huomattavasti alemmalle tasolle kuin metsävarojen käytön kannalta on mahdollista.

Rannikon metsäkeskuksen alueella hakkuumahdon arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on yhteensä 5,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, joka on 2,3-kertainen vuosina 1987–1996 ja 2,4-kertainen vuosina 1993–1997 keskimäärin toteutuneisiin hakkuihin verrattuna. Hakkuumahdon arvio on Etelärannikon alueella 2,5-kertainen ja Pohjanmaan alueella 2,2-kertainen vuosien 1987–1996 keskimääräisiin hakkuihin verrattuna. Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen kuitenkin pienentää puuvarantoa ja tulevia hakkuumahdollisuuksia. Puuvarannon ennakoidaan lisääntyvän kummallakin alueella kolmannella vuosikymmenellä, mutta hakkuumahdollisuuksiin puuvarannon lisäys ei vielä

kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla ehdi vaikuttaa. Hakkuumahdon mukaiset hakkuumahdollisuudet ovat pienentymisestä huolimatta kuitenkin koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajan suuremmat kuin vuosien 1987–1996 keskimääräiset hakkuut.

Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on Rannikon metsäkeskuksen alueella yhteensä 4,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, joka on 1,7-kertainen sekä vuosina 1987–1996 että 1993–1997 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Etelärannikon alueella suurimman kestävän hakkuukertymän arvio on vajaa neljänneksen pienempi kuin metsänkäsitelysuositusten mukainen hakkuumahto ja lähes kaksinkertainen vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Pohjanmaan alueella suurimman kestävän hakkuukertymän arvio on vastaavasti noin kolmanneksen pienempi kuin hakkuumahto ja vajaa 50 prosenttia suurempi kuin vuosien 1987–1996 hakkuut.

Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on Etelärannikon alueella 15 ja Pohjanmaan alueella 13 prosenttia suurempi kuin VMI8:n suurimman kestävän hakkuukertymän arvio. Hakkuukertymän arvio on nousut, vaikka esim. Etelärannikon alueella VMI9:n metsä- ja kitumaan pinta-alan arvio on 6 prosenttia pienempi kuin vastaava VMI8:n arvio (Tomppo ym. 2000). Vastaava kokonaispoistuman hehtaarikohtainen arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on noussut VMI8:n yhteydessä arvioidusta 5,4 m<sup>3</sup>/ha/v tässä esitettyjen tulosten mukaiseen 7,0 m<sup>3</sup>/ha/v (kuva 18). Vastaavasti myös VMI9:n hehtaarikohtaisen kokonaistilavuuden arvio metsä- ja kitumaalla on selvästi suurempi kuin VMI8:n tilavuuden arvio (kuva 19). Pohjanmaan alueella suurimman kestävän hakkuukertymän arviota vastaava kokonaispoistuma on noussut VMI8:n arvioidusta 4,0 m<sup>3</sup>/ha/v tämän tutkimuksen mukaiseen 4,7 m<sup>3</sup>/ha/v (kuva 20). Hehtaarikohtainen keskitilavuus metsä- ja kitumaalla on nousut 5 prosenttia VMI8:n ja VMI9:n välisenä aikana (kuva 21).

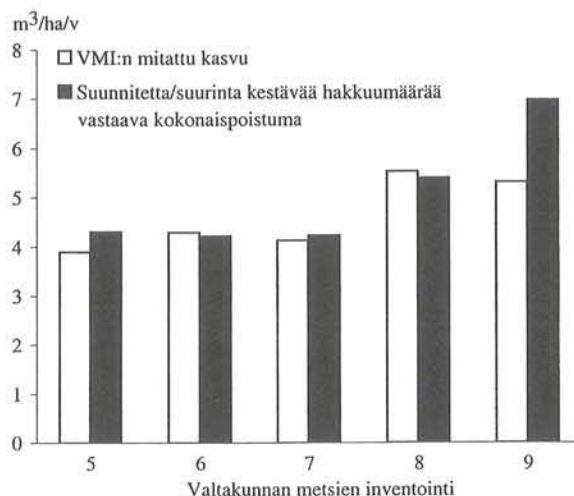
Suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa harvennuspuun osuus hakkuukertymästä kohoaa vuoteen 2026 mennessä Etelärannikon alueella 36 prosentista 47 prosenttiin. Pohjanmaan alueella har-

vennushakkuiden osuus vastaavalla ajanjaksolla on keskimäärin 43 prosenttia. Turvemailta saatavan puun osuus on Etelärannikon alueella keskimäärin 9 ja Pohjanmaan alueella 23 prosenttia. Turvemaiden puustojen kasvuun ja hakkuumahdollisuuksiin saattaa vaikuttaa esimerkiksi metsäojien kunnan muuttuminen.

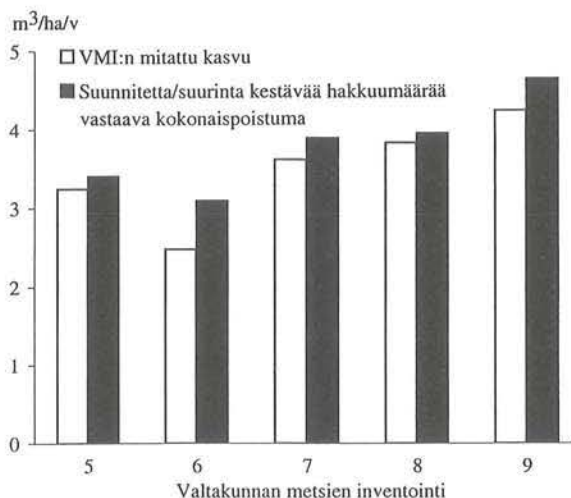
Etelärannikon ja Pohjanmaan alueilla puuntuotannon rajoitusten hakkuumahdollisuuksia pienentävät vaikutukset ovat puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden määrästä johtuen erilaiset. Puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden pinta-ala on Etelärannikon alueella 9 ja Pohjanmaan alueella vajaa 3 prosenttia metsä- ja kitumaan alasta. Kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla Etelärannikon alueella suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa vaikutus on keskimäärin 13 ja hakkuumahdon arviossa 12 prosenttia. Vastaavat osuudet Pohjanmaan alueella ovat 3 ja 4 prosenttia.

Hakkuumahdossa puuntuotannon rajoitusten vaikutukset painottuvat ensimmäiseen kauteen, jolloin hakataan kaikki alkutilanteen hakkuukypsät ja ensimmäisellä kaudella hakkuukypsiksi tulevat metsät. Puuntuotannon rajoitusten vaikutuksia kokonaishakkuukertymään ei voi tulkita VMI6:n ja VMI7:n yhteydessä esitettyksi, lähinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustuvaksi suojeluvähennykseksi. Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien rakenne muuttuu, optimoinnilla haetuissa tehokkaissa tuotantohjelmissä hakkuut saattavat kohdentua myös rakenteellisesti eri tavalla ja siten suojelun kokonaisvaikutuksia ei välttämättä voida luotettavasti arvioida pelkästään pinta-alan, puuvarannon tai puuston kasvun perusteella.

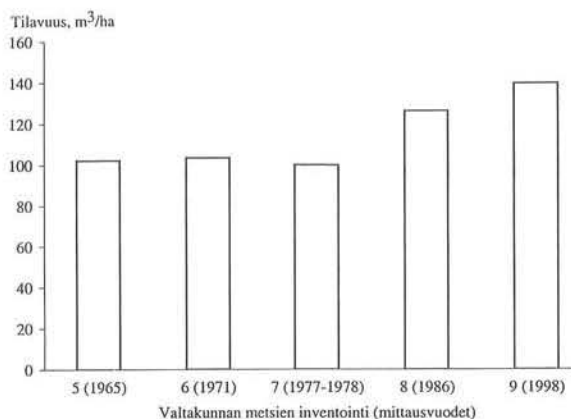
Sekä Etelärannikon että Pohjanmaan alueella suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa männyn osuus ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on suurempi ja kuusen pienempi kuin hakkuumahdon perusteella voisi olettaa. Etelärannikon alueella tähän saattaa olla syynä se, että yli 100-vuotiaista metsistä runsas 70 prosenttia oli mäntyvaltaisia. Kuusi-valtaisten metsien osuus oli suurimmillaan 41–80-vuotiaisissa metsistä (Tomppo ym. 2000). Suurimman kestävän hakkuukertymän arviossa ei edellytetä puulajikohtaista kestävyyttä, mikä mahdollistaa hakkuiden kohdentumisen uudistuskypsyihin männeihin ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella ja



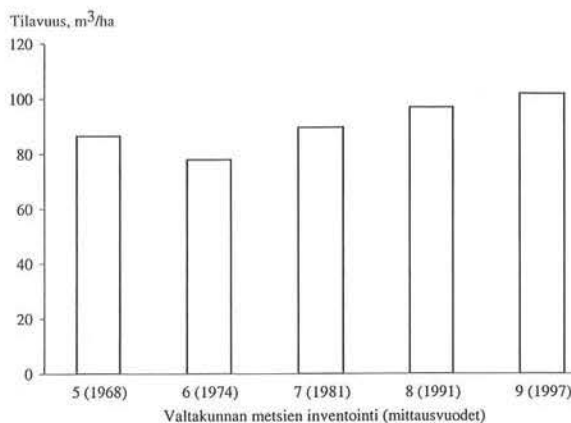
**Kuva 18.** Puuston mitattu kasvu ( $m^3/ha/v$ ) sekä hakkuusuunnitetta (VMI5–VMI7) ja inventointia seuraavan kymmenvuotiskauden suurimman kestävä hakuu-määrän arviota (VMI8–VMI9) vastaava kokonaispoistuma ( $m^3/ha/v$ ) eri inventoinneissa. Alueena Helsingin metsälautakunta (VMI5–VMI8) ja Rannikon metsäkeskuksen Etelärannikon alue (VMI9). (Kuusela 1967, Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1980, Kuusela ja Salovaara 1974, Salminen 1993, Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 2000)



**Kuva 20.** Puuston mitattu kasvu ( $m^3/ha/v$ ) sekä hakkuusuunnitetta (VMI5–VMI7) ja inventointia seuraavan kymmenvuotiskauden suurimman kestävä hakuu-määrän arviota (VMI8–VMI9) vastaava kokonaispoistuma ( $m^3/ha/v$ ) eri inventoinneissa. Alueena Vaasan piirimetsälautakunta (VMI5–VMI7), Pohjanmaan metsälautakunta (VMI8) ja Rannikon metsäkeskuksen Pohjanmaan alue (VMI9). (Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1976, Kuusela ja Salminen 1983, Kuusela ja Salovaara 1969, Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 2000)



**Kuva 19.** Puuston tilavuus ( $m^3/ha$ ) metsä- ja kitumaalla Helsingin metsälautakunnan (VMI5–VMI8) ja Rannikon metsäkeskuksen Etelärannikon (VMI9) alueella. (Kuusela 1967, Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1980, Kuusela ja Salovaara 1974, Salminen 1993, Tomppo ym. 2000)



**Kuva 21.** Puuston tilavuus ( $m^3/ha$ ) metsä- ja kitumaalla Vaasan piirimetsälautakunnan (VMI5–VMI7), Pohjanmaan metsälautakunnan (VMI8) ja Rannikon metsäkeskuksen Pohjanmaan (VMI9) alueella. (Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1976, Kuusela ja Salminen 1983, Kuusela ja Salovaara 1969, Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 2000)

kuusen hakkuiden lisäämisen vasta toisella ja kolmannella kymmenvuotiskaudella. Varttuneiden kuusikoiden osuus puuvarannosta lisääntyy tarkastelujakson aikana, mihin liittyviä riskejä (esimerkiksi tyvilahoa) ei laskelmissa kuitenkaan otettu huomioon.

Pohjanmaan alueella mäntyvaltaisista metsistä on alle 40-vuotiaita lähes 60 prosenttia ja yli 100-vuotiaita 15 prosenttia. Kuusivaltaisissa metsistä yli 100-vuotiaita on 30 prosenttia. Uudistuskypsiä ja uudistuskypsyyttä lähellä olevia kuusikoita säästetään tukkipuun saannon turvaamiseksi pidemmälle aikavälille. Kuusitukin säästämiseen ensimmäisen kymmenvuotiskauden aikana liittyvän tyvilahoriskin lisäksi tukkikertymän tasaisuusvaatimukseen liittyy riskejä pidemmällä aikavälillä myös istutusmänniköiden laadun suhteen.

Tukkikertymän tasoon ja puulajikohtaisiin tukkikertymiin vaikuttaa se, että mm. muuttuneista apteerausohjeista (ks. Tomppo ym. 2000) johtuen Etelärannikon alueella männyn tukkipuun osuus tilavuudesta on pienentynyt VMI8:ssa arvioidusta 48 prosentista (Salminen 1993) VMI9:ssa arvioituun 31 prosenttiin (Tomppo ym. 2000). Kuusen tukkipuun osuus on pienentynyt 47 prosentista 43 prosenttiin. Pohjanmaan alueella vastaavat muutokset ovat männyllä 38 prosentista 24 prosenttiin ja kuusella 39 prosentista 32 prosenttiin (Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 2000).

Laskelmissa tukkipuun määrä saatiin korjaamalla rungon mittoihin perustuvan apteerauksen mukaista tukkipuun määrää erillisellä tukkivähennysmallilla VMI7:n pystyyn apteeratujen koepuiden tasolle. Näin laskettua tukkipuun määrää kalibroitiin lisäksi puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuketkellä VMI9:ssä arvioituja puulajeittaisia tukkiosuuksia. Suurimman kestävän hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa tukkipuun määrä on näillä oletuksilla Etelärannikon alueella 0,9–1,0 ja Pohjanmaan alueella 0,6 miljoonan kuutiometrin vuositasolla. Jos tukkipuun määrä olisi määritetty vain VMI7:n koepuihin perustuvan tukkivähennysmallin avulla ilman VMI9:ään perustuvaa puulajikohtaista kalibrointia, tukkipuun osuus olisi ollut Etelärannikon alueella männyllä 54 ja kuusella 52 prosenttia. Vastaavasti suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa tukkipuun määrä olisi ollut 1,2–1,3 miljoonan kuutiometrin vuositasolla.

Pohjanmaan alueella pelkän VMI7:ään perustuvan tukkivähennysmallin avulla tukkipuun osuus olisi ollut männyllä 38 ja kuusella 46 prosenttia. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa tukkipuun määrä olisi ollut vastaavasti 0,9–1,0 miljoonan kuutiometrin vuositasolla.

## Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. VTT Juha Lappi ja MH Markku Siitonen ovat esittäneet käsikirjoitukseen huomionarvoisia kommentteja. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

## Kirjallisuus

- Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarvot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/1999: 587–601.
- & 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 hakkuumahdollisuusarvot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1998: 279–291.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarvot 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. & Mäkelä, P. (toim.), MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 18–29.
- , Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Haapala, P., Härkönen, K., & Repola, J. 1999. Models for predic-

- ting stand development – Version for 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.
- 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. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 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. 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.
- & 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. 1969. Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. Folia Forestalia 62. 42 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 Institutii Forestalis Fenniae 108. 74 s.
- Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosittukset. Metsäkeskus Tapiion julkaisu 6/1994. 2. painos. Helsinki. 72 s.
- Metinfo. 1999. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. WWW-sovellus (<http://www.metla.fi>).
- Metsähallituksen ohjekirje 1981. 1981. Metsähallitus. Metsäluonnon hoito hakkuissa ja metsän uudistamisessa. 1997. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 12 s. + liitteet.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1996. 1996. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 352 s.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Salminen, O., Siitonen, M. & Teuri, M. 1998. MELA vuonna 1998. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (toim.), MELA98 ja tietojärjestelmälaajennukset. MELA-käyttäjäpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 7–17.
- 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 maataloilla. 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 Keskeisessä 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.
- Tomppo, E., Korhonen, K. T., Ihalainen, A., Tonteri, T., Heikkinen, J. & Henttonen, H. 2000. Skogstillgångarna inom Kustens skogscentral och deras utveckling 1965–98. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2000: 83–232.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1997. Maastotyön ohjeet 1997. Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa (eteläosa) ja Rannikko (länsiosa). *Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. Moniste.* 154 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1998. Maastotyön ohjeet 1998. Etelä-Suomi. *Metsäntutkimuslaitos. Moniste.* 150 s.

### 37 viitettä