

Hannu Suopellonmäki

**Energiapuun kertymä nuoren metsän hoitokohteilla**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ähtäri

Metsätalouden koulutusohjelma

Metsätaloustuotanto



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ähtäri

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Metsätaloustuotanto

Tekijä: Hannu Suopellonmäki

Työn nimi: Energiapuun kertymä nuoren metsän hoitokohteilla

Ohjaaja: Ossi Vuori

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä:

---

Energiapuun kysyntä on lisääntynyt viime vuosina ja useilta tahoilta tulee painetta sen käytön lisäämiselle. Kansallisessa metsäohjelmassa onkin laitettu tavoitteeksi nostaa metsähakkeen käyttöä. Nuoren metsän hoitokohteet ovat merkittävässä asemassa tavoitteen toteutumiseksi. Energiapuun korjuuseen tarkoitettujen kalustojen kehitys on lisääntynyt paljon ja valmistajia on useita.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty, millainen energiapuun kertymä on ollut nuoren metsän hoitokohteilla. Tutkimusaineisto on kerätty kevään ja kesän 2009 aikana. Kohteet sijaitsivat Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomen alueella. Tutkituilla kohteilla energiapuun korjuuseen käytettiin Moipu 400ES –hakkuupäätä, joka oli liitetty ajokoneeseen.

Tutkituilta kohteilta korjattiin energiapuuta yhteensä 1056,7 m<sup>3</sup>. Keskimäärin kohteelta kertyi energiapuuta 66 m<sup>3</sup>/hehtaari. Lähtöpuusto kohteilla oli keskimäärin 94 m<sup>3</sup>/hehtaari. Energiapuun kertymä kasvoi puuston runkotilavuuden kasvaessa. Energiapuun kertymä oli keskimäärin kaksi kolmasosaa runkotilavuudesta. Runkotilavuus ei kuitenkaan ota huomioon pientä puustoa, josta kertyy energiapuuta. Energiapuun kertymä kasvaa myös rungon keskikoon kasvaessa. Runkoluvulla muutos on samansuuntainen, mutta vaikutus ei ole yhtä voimakas. Tutkituilla kohteilla rungon keskikoko olikin merkittävämpi tekijä energiapuun kertymään kuin runkoluku.

Avainsanat: Energiapuu, korjuu, kertymä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry, Ähtäri

Degree programme: Forestry

Specialisation: Forestry Production

Author/s: Hannu Suopellonmäki

Title of thesis: Energy wood obtained from harvested young stands

Supervisor(s): Ossi Vuori

Year: 2010

Number of pages: 33

Number of appendices:

---

The need for energy wood has increased because we are trying to reduce the use of fossil fuels. The increased use of energy wood is one objective in The National Forest Programme of Finland. One way to obtain energy wood is from the thinning of young stands.

The aim of the thesis was to examine how much energy wood is obtained from harvested young stands. The material was gathered in the spring and summer of 2009. The work sites were in the north of central Finland and harvesting was made with a Moipu 400ES harvester head which was attached to a forwarder. The field measurements were made before harvesting. By comparing the field measurements and the energy wood obtained it was possible to examine how different forest cover affects to the energy wood obtained.

1056.7m<sup>3</sup> of energy wood was harvested and an average of 66m<sup>3</sup> per hectare was obtained. When the stem volume of the stands increased, energy wood obtained increased. The energy wood obtained was quite large compared to the stem volume of the stands. The work sites contained a lot of smaller trees which weren't counted in the stem volume. Energy wood was also obtained from these smaller trees. It was also noticed that when the stem sizes were larger, the energy wood obtained increased as well. It appears that the stem size affects the energy wood obtained more than the number of the stems harvested.

Keywords: Energy wood, harvest

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO .....	5
2 ENERGIAPUUN KORJUU .....	6
2.1 Energiapuun merkitys.....	6
2.2 Tukimahdollisuudet .....	7
2.3 Hakkuulaite energiapuun korjuseen .....	8
2.4 Metsänhoitoyhdistykset .....	9
2.5 Mittaustekniikka.....	10
3 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	12
3.1 Tutkimuksen tavoite .....	12
3.2 Aineisto.....	12
3.3 Tutkimusmenetelmät .....	13
4 TULOKSET .....	14
4.1 Tutkitut kohteet.....	14
4.2 Puuston runkotilavuuden vaikutus.....	14
4.3 Rungon keskikoko ja energiapuu .....	16
4.4 Energiapuun kertymä suhteessa runkolukuun.....	17
5 TULOSTEN TARKASTELU .....	19
5.1 Runkotilavuuden ongelmana pieniläpimittainen puusto.....	19
5.2 Rungon keskikoon vaikutus.....	22
5.3 Runkoluku ongelmallinen .....	26
6 LOPUKSI.....	28
LÄHTEET .....	31

## 1 JOHDANTO

Suomessa pyritään vähentämään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä energiantuotannossa. Yhtenä mahdollisena korvaajana voidaan pitää puuta. Suomi on perinteisesti tunnettu metsäteollisuudestaan ja Suomessa onkin paljon käytetty puuta teollisuuden raaka-aineena. Uudistushakkuiden yhteydessä kerätään nykyään usein myös hakkuutähteet. Nykyään myös kantojen keräys kuusikoista on yleistynyt. Suomessa on paljon 2. kehitysluokan nuoren metsän hoitokohteita joilla taimikonhoito on jäänyt tekemättä. Näissä kohteissa olisi tärkeä tehdä harvennusta, mutta ainespuuta ei kerry niin paljon, että korjuu olisi kannattavaa. Näiden kohteiden hoito saadaan kannattavammaksi silloin, kun niiltä kerätään myös energiapuuta. Energiapuun korjuu onkin yleistynyt tällaisten kohteiden hoidossa. Korjuukalustoa on kehitetty jo usean vuoden ajan ja kehitystäkin on alkanut tapahtua. Tekniikka on usein keskittynyt siihen, että kohteelta kerätään vain yhtä tavaralajia. Käytännössä tämä on tarkoittanut sitä, että on korjattu vain ainespuuta tai energiapuuta. Uutena ideana on keksitty, että korjattavilta kohteilta kerätään ainespuun lisäksi myös energiapuu.

Tässä työssä selvitettiin energiapuun kertymää nuoren metsän hoitokohteilla ja miten erilainen lähtöpuusto vaikuttaa siihen. Korjuu suoritettiin kahdella kalustolla. Molemmat oli varustettu Moipu 400ES hakkuulaitteella. Koneet olivat yhdistelmä-koneita, joilla tehtiin sekä hakkuu että lähikuljetus.

## 2 ENERGIAPUUN KORJUU

Energiapuuna on perinteisesti kerätty uudistushakkuualoilta hakkuutähteet ja kannot. Pienpuu on mennyt usein yksityisten käyttöön mm. polttopuuksi. Energiapuuta kerätään myös nuorista metsistä. Energiapuulle löytyy kysyntää etenkin, jos pyritään vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Energiapuun käyttöä lisäämällä myös parannetaan käytetyn energian kotimaisuutta.

### 2.1 Energiapuun merkitys

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikassa on asetettu korkeita tavoitteita uusiutuvien energialähteiden lisäämiseksi. Suomi on tässä saanut uusiutuvan energian käytön tavoitteekseen 38 % vuoteen 2020. (EU:n energiayhteistyö 2010.) Vuonna 2008 uusiutuvan energian käyttö kasvoi Suomessa jo 28 prosenttiin energian kokonaiskulutuksesta (Energian kokonaiskulutus 2009). Kansallisessa metsäohjelmassa on asetettu tavoitteeksi nostaa metsähakkeen kokonaiskäyttö 8–12 miljoonaan kuutiometriin vuodessa (Kansallinen metsäohjelma 2015, 19). Energiapuun käyttöä on esitetty lisättäväksi myös Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa, Puuenergian teknologiaohjelmassa sekä kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa (Koistinen & Äijälä 2005, 4). Näiden ohjelmien pohjalta onkin hyvä alkaa kehittämään energiapuun korjuuta tehokkaammaksi. Puupohjaisia polttoaineita käyttämällä voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Käyttämällä 1,6 irtom<sup>3</sup> polttohaketta voidaan korvata 179 kg kivihiiltä (Koistinen & Äijälä 2005, 5). Suurin mahdollisuus lisätä metsähakkeen käyttöä on erikokoisissa lämpölaitoksissa.

Pienkiinteistöissä poltetaan polttopuuta n. 5–6 miljoonaa kuutiometriä vuosittain. Vuonna 2006 metsähaketta käytettiin 3,4 miljoonaa kuutiometriä. (Kansallinen metsäohjelma 2015, 19–20.) Vuonna 2008 metsähakkeen käyttö oli 4,6 miljoonaa kuutiometriä (Ylitalo 2008, 1). Metsähakkeen käytössä on ollut kasvua, mutta kansallisen metsäohjelman tavoitteisiin on vielä matkaa. Tällä hetkellä suurin osa

metsähakkeesta saadaan hakkuutähteistä (Oikari, M. Kärhä, K. Palander, T. Pajujoja, H. & Ovaskainen, H. 2008). Hakkuutähteiden korjuu on kuitenkin nykyään enemmän sääntö kuin poikkeus, joten sitä ei voi mahdottomia lisätä. Tällöin tärkeään asemaan tulee pienpuuhakkeen käytön lisääminen.

## 2.2 Tukimahdollisuudet

Energiapuun korjuulle voidaan myöntää tukea taimikonhoidon ja nuoren kasvatusenergian hakkuun yhteydessä kaadetun ja energiakäyttöön luovutetun puun kassaukseen ja metsäkuljetukseen (L 12.12.1996/1094). Edellytyksenä tuen saannille on, että luovutettavan puumäärän tulee olla vähintään 20 m<sup>3</sup> ja metsäkeskukselle tulee toimittaa selvitys energiapuun luovutuksesta. Tukea korjuuseen voidaan myöntää vain kerran kohteelle kiertoajan kuluessa. Myös korjatun energiapuun haketukseseen on mahdollista saada tukea, jos se on kohteesta, jolle on myönnetty tukea energiapuun korjuuseen tai, jos se on korjattu nuoren metsän hoitotyön yhteydessä. (L 11.5.2007/544.)

Tukea energiapuun korjuuseen voi saada 7 euroa/kiintokuutiometri. Haketukseseen voi saada 1,7 euroa/haketettu irtokuutiometri. Haketukseseen voidaan myöntää tukea hakemuksesta yksityiselle maanomistajalle, lämpöyrittäjälle, haketusurakoitsijalle, metsänhoitoyhdistykselle tai muulle riittävän ammattitaidon omaavalle yhteisölle tai ammatinharjoittajalle. Tukea haketukseseen voi hakea sen jälkeen, kun käyttäjä on vastaanottanut hakkeen. (Kemera-opas 2008, 20–21.)

Lisäksi nuoren metsän hoitoon voi saada tukea. Nuoren metsän hoidolle voidaan myöntää tukea taimikon hoitoon tai 2. kehitysluokan metsän harvennukseen ja sen yhteydessä poistettavan puunkorjuuta haittaavan pieniläpimittaisen puuston poistoon (Kemera-opas 2008, 17). Energiapuuta korjattaessa ollaan yleensä 2. kehitysluokan metsässä. Tällöin tuen saannille on seuraavia lisäehtoja:

- Tuettavan hankkeen minimiala on yksi hehtaari
- Käsittelyn jälkeen puuston valtapituus ei saa olla havumetsikössä yli 14 metriä ja lehtimetsikössä yli 15 metriä
- Käsittelyn jälkeen rinnankorkeudelta mitatun pohjapinta-alalla punnitun keskiläpimitan tulee olla alle 16 cm
- Lisäksi yli 4 cm paksujen runkojen poistuman tulee olla yli 1 000 runkoa hehtaarilta
- Työn jälkeen ei saa jäädä välitöntä harvennustarvetta.

Tuen suuruus vaihtelee tukivyöhykkeittäin. Nuoren metsän hoitoon voidaan käyttää valtion varoja vain kerran puuston kiertoajan kuluessa. (Kemera-opas 2008, 17–18.)

### **2.3 Hakkuulaite energiapuun korjuuseen**

Korjatuilla kohteilla käytettiin Moipu 400ES –hakkuulaitetta, joka oli liitetty ajokoneeseen (kuvio 1.). Molemmat käytössä olleet alustakoneet olivat Ponssen valmistamia. Laite on suunniteltu siten, että sillä voidaan korjata sekä aines- että energiapuuta. Erillistä mittalaitetta hakkuulaitteessa ei ole, vaan korjatun puun määrä mitataan käyttäen kuormainvaakaa.

Moipu 400ES on Moisio Forest Oy:n valmistama hakkuulaite, jolla voidaan tehdä kaikki työvaiheet. Laitteella on painoa 650 kg ja sen maksimi katkaisu- ja karsintaläpimitta on 30 cm. Katkaisu tapahtuu giljotiinimekanismilla käyttäen saksiteriä. Laitteessa on keräilyominaisuus, joten joukkokäsittely on mahdollista. Laite on varustettu leveillä syöttörullilla ja tämän vuoksi sillä voi tarvittaessa syöttää useita puita samanaikaisesti. Laitteessa on kuormausominaisuus, jolloin lastaus ja purku onnistuvat samalla laitteella. Tällöin ei välttämättä tarvita erillistä ajokonetta tai kouraa. (Moipu 400ES, [viitattu 10.2.2009].) Moipu hakkuulaite mahdollistaa aines- ja energiapuun integroidun korjuun.





Kuvio 1. Moipu hakkuulaitteella varustettu ajokone purkamassa kuormaa.

## 2.4 Metsänhoitoyhdistykset

Suomessa on 113 metsänhoitoyhdistystä ja ne kattavat koko maan. Näillä yhdistyksillä on noin 300 toimipaikkaa ja noin 1000 toimihenkilöä. Metsänhoitoyhdistykset tarjoavat puukauppaan ja metsänhoitoon liittyviä palveluita. Lisäksi niillä on suunnittelu- ja arviointipalvelu ja ne myös järjestävät koulutusta ja neuvontaa. Metsänhoitoyhdistysten jäseniä ovat kaikki, jotka maksavat metsänhoitomaksua. (Tyytyväisiä metsänomistajia koko maassa – joka kylässä, [viitattu 19.3.2009].) Metsänhoitomaksua kerätään kaikilta yli neljä hehtaaria omistavilta metsänomistajilta. Metsänhoitomaksu koostuu perusmaksusta ja yhdistyskohtaisesta hehtaari-maksusta. (Metsänhoitomaksu ja metsänhoitoyhdistyksen jäsenyys, [viitattu 19.3.2009].)

Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi on aloittanut toimintansa vuoden 2004 alussa. Tällöin fuusioituvat Pihtiputaan, Viitasaaren, Kivijärvenseudun ja Ääneseudun metsänhoitoyhdistykset. Yksityismetsien pinta-ala alueella on 250 000 hehtaaria ja

metsänomistajia on noin 6300. Yhdistys työllistää 33 toimihenkilöä ja lisäksi noin 50 metsuria ja 30 koneyrittäjää. Puuston vuotuinen kasvu on yhdistyksen alueella noin 1,3 miljoonaa kuutiometriä ja keskimääräinen hakkuukertymä noin miljoona kuutiometriä. (Yleistietoa metsänhoitoyhdistys Keski-Suomesta, [viitattu 22.10.2009].)

Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi on vahva toimija alueella. Vuonna 2006 se leimasi 77 % kaikesta yksityismetsistä hakatusta puusta. Valtakirjalla yhdistys hoiti 50 % kaikista puukaupoista. (Toiminta ja talous, [viitattu 19.3.2009].) Energiapuun korjuu on lisääntynyt yhdistyksen alueella merkittävästi ja vähän aikaa sitten on palkattu erityinen energiapuuvastaava. Energiapuupalvelut metsähoitoyhdistys Keski-Suomessa ovat kantojen nosto, hakkuutähteen korjuu, nuoren metsän kunnostuspuun korjuu koneellisesti ja energiapuun osto hankintana (Energiapuun korjuu, [viitattu 19.3.2009]). Yhdistyksen alueella korjattiin energiapuuta 2009 kaikkiaan noin 70 000 m<sup>3</sup> (Pentinpuro 2010).

## 2.5 Mittaustekniikka

Energiapuun mittauksessa ei ole sovellettu puutavaran mittaustekniikkaa ja mittaukselle ei myöskään ole säädösperustaa. Energiapuun mittauksen järjestämisestä on kuitenkin tehty sopimus eri osapuolten kesken. (Energiapuun mittaus, [viitattu 3.2.2010].) Sopimuksessa eri mittausmenetelmiksi on hyväksytty massan, metsähakkeen, murskeen mittaus, pinomittaus ja energiasisällön määrittäminen käyttöpäikällä (Linblad, Äijälä & Koistinen 2008 ).

Energiapuun korjuussa käytetään nykyään paljon kuormainvaakamittausta. Kuormainvaakamittaus on maa- ja metsätalousministeriön asetuksella vahvistettu puutavaran mittauksessa käytettäväksi mittausmenetelmäksi (A 2.12.2008 2593/01/2008). Menetelmällä määritetään puutavaran tuoremassa ja kuorellinen tilavuus. Kuormainvaakamittausta voidaan käyttää luovutusmittauksessa, ja sen hyväksyttävä tarkkuus on  $\pm 4$  %. (A 2.12.2008 2593/01/2008, liite 1.)

Punnitus suoritetaan siihen soveltuvilla mittausvälineillä, joko kuormatessa tai purttaessa. Mittauserän massa tulee ilmoittaa yhden kilogramman tarkkuudella. Mahdollisen lumen ja jään painoa ei vähennetä mittaustuloksesta. Punnituksen jälkeen määritetään tuoretiheys. Tuoretiheysluku voidaan määrittää maa- ja metsätalousministeriön vahvistamien tuoretiheystaulukoiden mukaan tai näyte-erien mukaan määritetyn alueellisen puutavaran tuoretiheysluvun avulla. Tuoretiheysluvun määrittämisen jälkeen voidaan laskea mittauserän tilavuus jakamalla massa tuoretiheysluvulla. Puutavaran Laatu määritetään silmämääräisesti. (A 2.12.2008 2593/01/2008, liite 1.)

## **3 AINEISTO JA MENETELMÄT**

### **3.1 Tutkimuksen tavoite**

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää energiapuukertymä erilaisissa kohteissa metsänhoitoyhdistys Keski-Suomen alueella. Samalla selvitettiin, miten energiapuun kertymää nuoren metsän hoitokohteilta voitaisiin ennustaa etukäteen. Selvitettiin, miten eri lähtötilanteet vaikuttavat energiapuun kertymään. Tutkimuksen avulla voidaan myös päätellä, mikä olisi paras keino kertymän arvioimiseen.

### **3.2 Aineisto**

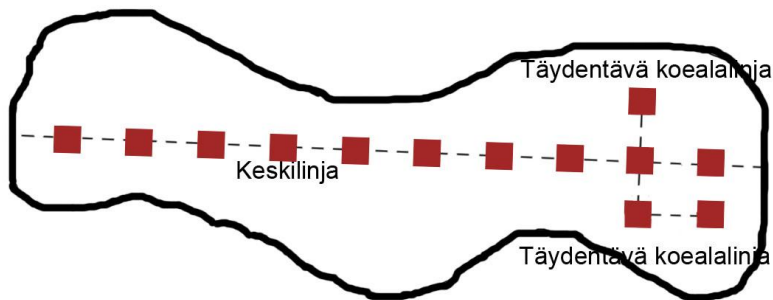
Aineiston kerääminen on aloitettu maaliskuussa 2009. Ensimmäiseksi korjuuseen tulevilta kohteilta kerättiin puustotiedot. Kohteet valittiin satunnaisesti kaikista metsänhoitoyhdistys Keski-Suomen korjuuseen tulevista hakkuista, joilla tultaisiin käyttämään Moipun kouralla varustettua hakkuukonetta. Kohteet olivat mäntyvaltaisia, koska korjuu ajoittui kesälle. Puustotietojen keräys ajoittui keväälle ja alkukesälle. Kohteet sijoituivat laajalle alueelle, joten yhden päivän aikana ei ehtinyt käydä usealla kohteella.

Puustotietojen keräämisen jälkeen kohteille menivät hakkuukoneet. Kaikki kohteilta korjattu puuainees meni energiapuuksi. Tähän vaikutti korjuuajankohdan kuitupuun tarve. Kohteilta korjatun energiapuun määrä mitattiin lähikuljetuksen yhteydessä kuormainvaakamittauksella. Korjuu ajoittui kesälle ja syksylle 2009.

### 3.3 Tutkimusmenetelmät

Aineiston keräys aloitettiin keräämällä kohteilta puustotiedot. Kohteilta kerättiin tiedot pituudesta, läpimitasta, runkoluvusta, pohjapinta-alasta ja puulajisuhteesta. Näiden lisäksi tarkasteltiin, oliko ennakkoraivausta suoritettu ja aiheuttiko maasto erityistä haastetta korjuulle.

Aineiston keräämissä käytettiin systemaattista otantaa. Mittaus aloitettiin määrittämällä kuviolle pisimmän lävistäjän muodostama keskilinja (kuvio 2.). Koealaväli määritettiin siten, että jokaiselle kuviolle tuli vähintään 10 koealaa. Ensimmäinen koeala mitattiin puolen koealavälin päähän lähtöpisteestä. Mittaukset suoritettiin keskilinjalta ja tarvittaessa tehtiin lisäkoealoja. Lisäkoealoja saattoi joutua tekemään esimerkiksi kuvion muodon takia.



Kuvio 2. Koealalinjojen ja koealojen asettelu.

Runkoluku luettiin käyttäen 3,99 metrin ympyräkoealaa, jolloin käytettäväksi ker-toimeksi tuli 200. Runkolukuun ei otettu mukaan puita joiden läpimitta oli alle 4 senttimetriä. Pohjapinta-ala mitattiin relaskoopilla ja pituus määritettiin hypsometrillä. Läpimitan määrittämisessä käytettiin tallmeteriä. Ennakkoraivauksessa tarkastettiin vain onko se tehty. Maasto määriteltiin joko normaaliksi, normaalia vaikeamaksi tai erittäin vaikeaksi. Määrittämiseen vaikuttavat maastotekijät olivat kaltevuus, kivisyys, aluskasvillisuus ja upottavuus.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Tutkitut kohteet

Kohteet sijaitsivat ympäri metsänhoitoyhdistys Keski-Suomen aluetta. Suurin osa kuvioista oli mäntyvaltaisia alueita, koska korjuu ajoittui kesälle. Korjuuajankohdan vuoksi kuviot myös sijaitsivat kivennäismaalla. Kuvioiden koossa oli hieman vaihtelua. Korjatuista kuvioista pinta-alaltaan pienin oli 0,4 hehtaaria, kun taas suurin oli 4,7 hehtaaria. Puustotietoja kerätessä yhtäkään kuvioista ei ollut ennakkoraivattu. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Koealakuvioiden tiedot.

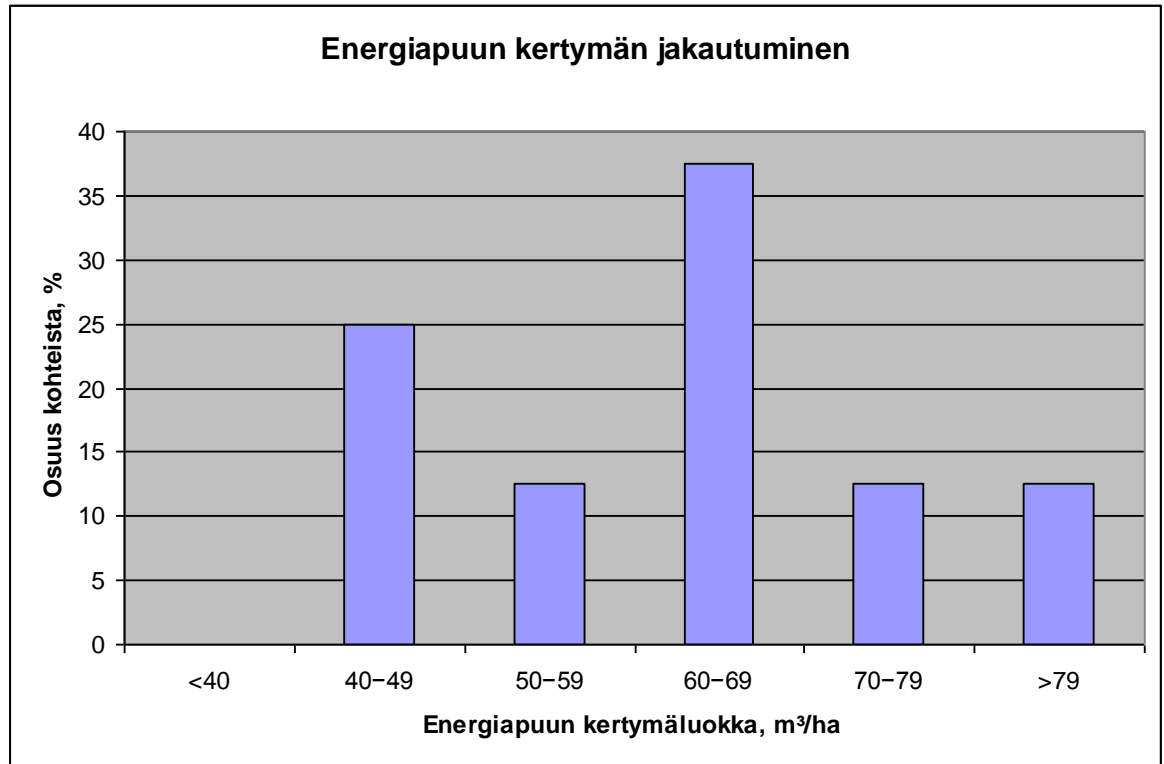
Kuvio	Pinta-ala	Pääpuulaji	Ennakkoraivaus
1	4.3	Mänty	Ei
2	0.6	Koivu	Ei
3	2.3	Mänty	Ei
4	2.7	Mänty	Ei
5	0.4	Mänty	Ei
6	0.9	Mänty	Ei
7	1.0	Mänty	Ei
8	4.7	Mänty	Ei
9	1.9	Mänty	Ei
10	1.3	Koivu	Ei

Puuston pituus oli kuvioilla tasaisempi ja vaihteli 9 ja 13 metrin välillä. Kuvioilla pienin keskiläpimitta oli 10 cm ja suurin 17 cm. Kuviot olivat jokainen maaston puolesta hyvin korjattavissa ja jokainen voitiin luokitella normaaliksi. Kohteista yksi ei ollut enää luettavissa nuoreksi metsäksi, mutta siltä hakattu puusto kerättiin kuitenkin energiapuuksi.

### 4.2 Puuston runkotilavuuden vaikutus

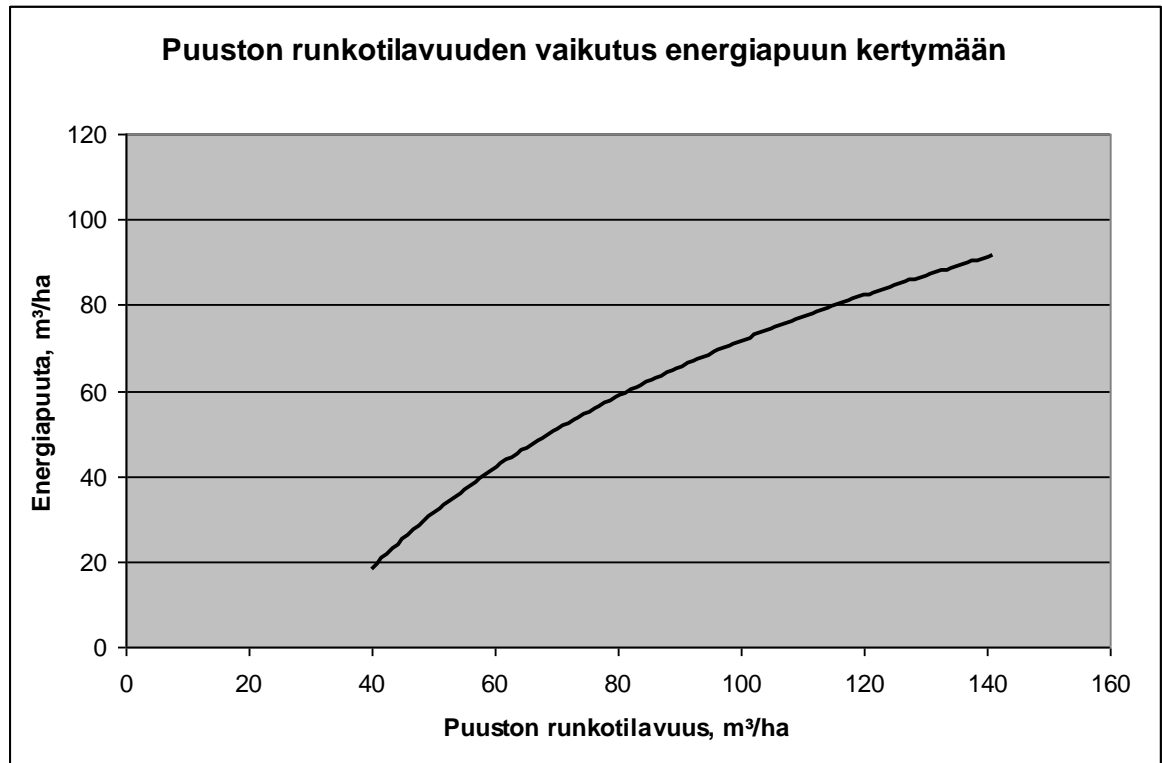
Tutkimuksessa mukana olevilla kuvioilla oli keskimäärin puuta 94 m<sup>3</sup>/hehtaari. Näiltä kuvioilta kerättiin energiapuuta keskimäärin 66 m<sup>3</sup>/hehtaari. Kuvioilla oli myös pienempää puuta, josta on tullut energiapuuta, mutta joka ei näy pohjapinta-

alan mukaan lasketussa kokonaispuumäärässä. Energiapuuta korjattiin yhteensä 1056,7 m<sup>3</sup>. Suurimmalta osasta kohteista kerättiin energiapuuta 60–69 kuutiometriä/ha (kuvio 3). Energiapuun kertymä kuitenkin jakautui melko tasaisesti 40 m<sup>3</sup>:stä 80 m<sup>3</sup>/ha. Tarkka energiapuun kertymän jakauma oli 43–107 m<sup>3</sup>/ha.



Kuvio 3. Energiapuun kertymän jakautuminen kohteilla.

Puuston runkotilavuuden kasvaessa myös energiapuun kertymä kasvaa. Kuvioilta saatujen tietojen perusteella laaditun kaavion perusteella saadaan selville, että kun lähtöpuustoa on 60 m<sup>3</sup>/hehtaari saadaan energiapuuta 40 m<sup>3</sup>/hehtaari. Kertymän kehitys nousee siten, että lähtöpuustoa ollessa 120 m<sup>3</sup> hehtaarilla, energiapuuta tulee 80 m<sup>3</sup>/hehtaari. Energiapuun kertymä jää alle 30 m<sup>3</sup>/hehtaari puuston runkotilavuuden ollessa alle 50 m<sup>3</sup>/ha. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Puuston runkotilavuuden vaikutus energiapuukertymään nuoren metsän hoitokohteella.

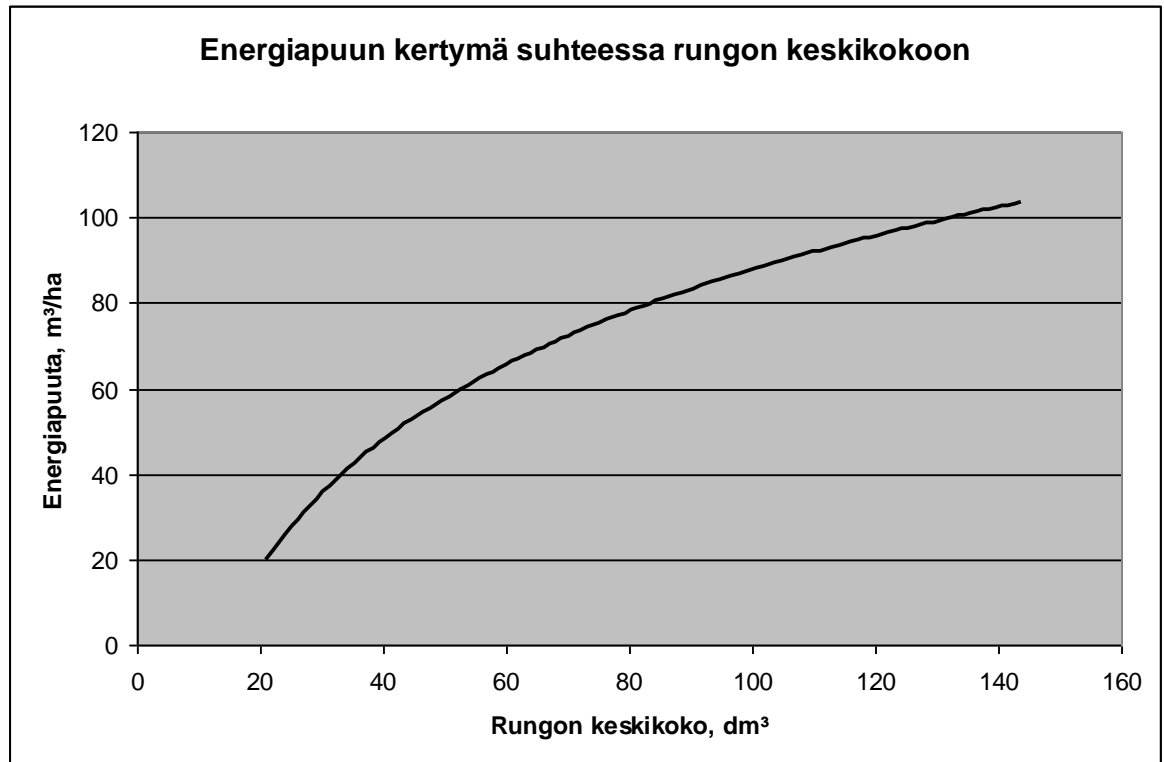
Suhde puuston runkotilavuuden ja kertyneen energiapuun välillä säilyy melko tasanaisena riippumatta lähtöpuustosta. Korjatuilla kohteilla kertyi energiapuuta kaksi kolmasosaa puuston runkotilavuudesta. Tämä ei kuitenkaan ole tarkka suhde, vaan eri runkotilavuuksilla on hieman erilainen suhde energiapuun kertymään.

### 4.3 Rungon keskikoko ja energiapuu

Korjatuilla nuoren metsän hoitokohteilla rungon keskikoko oli keskimäärin 66 dm<sup>3</sup>. Vaihtelua keskikokoissa oli paljon, pienin rungon keskikoko oli 41 dm<sup>3</sup> ja suurin 144 kuutiodesimetriä. Kohteilta kertyi energiapuuta keskimäärin 66 m<sup>3</sup>/hehtaari. Rungon keskikoko ja energiapuun kertymä eivät kuitenkaan muutu samassa suhteessa. Piirretyn kuvion mukaan energiapuun kertymän ollessa 66 m<sup>3</sup>/hehtaari rungon keskikoko on 60 dm<sup>3</sup>. Rungon keskikoon ollessa 80 dm<sup>3</sup> kertymä on ollut 78 kuutiometriä/hehtaari ja keskikoon ollessa 40 dm<sup>3</sup> kertymä on ollut 48 kuutiometriä hehtaarilta. Pienemmillä rungoilla energiapuun kertymä suhteessa rungon kokoon



on suurempaa kuin isommilla rungoilla. Energiapuun kertymä kuitenkin kasvaa rungon keskikoon kasvaessa. Rungon keskikoon tippuessa alle 30 dm<sup>3</sup>:iin energiapuun kertymä jää alle 30 m<sup>3</sup>:iin hehtaaria kohden. (kuvio 5.)



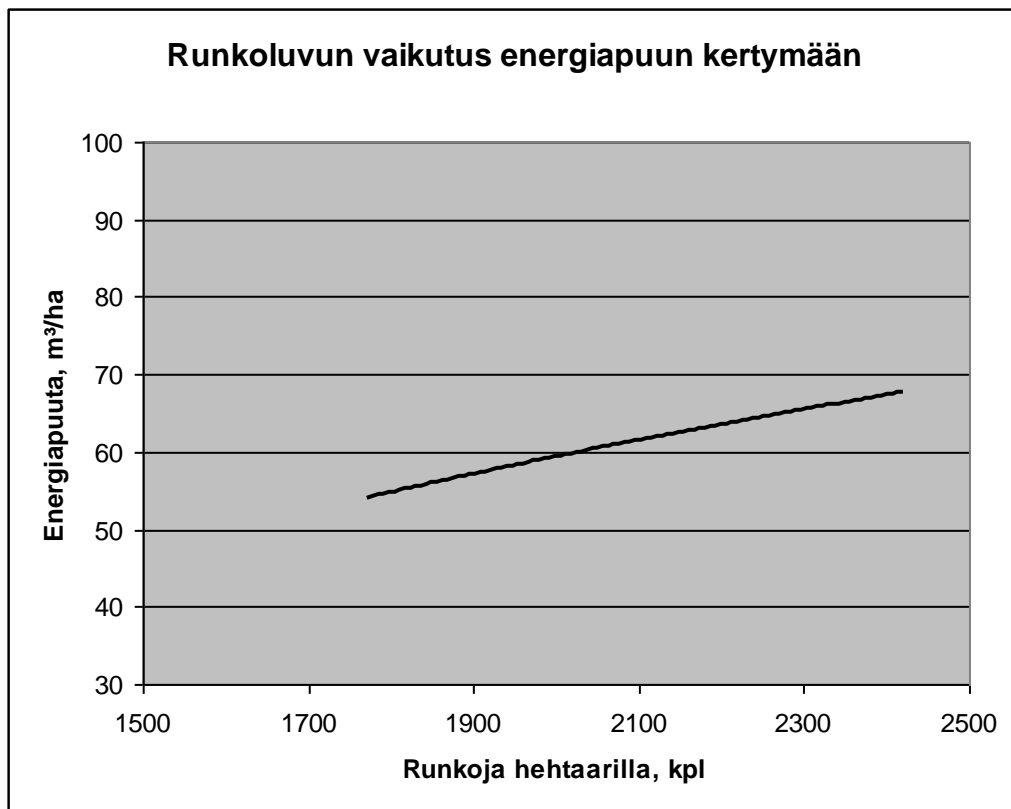
Kuvio 5. Rungon keskikoon vaikutus energiapuun kertymään.

#### 4.4 Energiapuun kertymä suhteessa runkolukuun

Runkoluvun kasvaessa energiapuuta kertyy enemmän. Runkoluvun perusteella on vaikea arvioida, milloin energiapuun kertymä jää niin pieneksi, että korjuu ei koineellisesti enää kannata. Energiapuun kertymä on noin 55 m<sup>3</sup>/hehtaari silloin, kun runkoluku on 1800 kappaletta hehtaarilla. Energiapuun kertymä kehittyy tästä siten, että se on noin 65 m<sup>3</sup>/hehtaari runkoluvun ollessa 2300 kappaletta hehtaarilla. Kertymän kehitys jatkuu samanlaisena runkoluvun kasvaessa. (Kuvio 6.) Runkoluvun vaikutusta määriteltäessä yksi koealakuviosta piti jättää pois aineistosta ja tämän vuoksi mukana olevien kuvioiden puuston keskikoko oli 55 kuutiodesimetriä. Runkoluvussa ei ollut suuria eroja tutkituilla kohteilla. Runkoluvultaan suurimman ja pienimmän ero oli noin 1000 runkoa hehtaarilla. Näistä kuitenkin runkolu-

vultaan pienin jouduttiin jättämään pois verrattaessa runkoluvun ja energiapuun kertymän suhdetta. Tällöin runkoluvultaan pienimmän ja suurimman kohteen eroksi tuli noin 700 runkoa hehtaarilla.

Piirrettäessä kuviota runkoluvun vaikutuksesta energiapuun kertymään yksi kuviosta aiheutti vääristymän suhteessa muihin tietoihin. Tällä kuviolla puusto oli selkeästi järeämpää ja runkoluku reilusti pienempi. Kuviolta kuitenkin lähti puuston järeyden takia paljon energiapuuta ja aiheutti suuren kertymäpiikin pienelle runkoluvulle. Tämän takia piirrettäessä kuviota runkoluvun vaikutuksesta energiapuun kertymään yksi kuvio on jätetty pois.



Kuvio 6. Energiapuun kertymä suhteessa runkolukuun.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Runkotilavuuden ongelmana pieniläpimittainen puusto

Tutkittujen kohteiden perusteella voidaan päätellä, että nuoren metsän hoitokohteilla energiapuuta kertyy kaksi kolmasosaa puuston runkotilavuudesta. Tällainen yleistys on tietysti karkea, sillä pientä vaihtelua löytyy näidenkin suhteesta. Vääritymää aiheuttaa kuitenkin se, että runkotilavuus on mitattu käyttäen puuston pohjapinta-alaa ja kokonaispuumäärästä on tällöin jäänyt pois pieniläpimittainen puusto, josta kertyy energiapuuta. Kyseessä oli kuitenkin nuoren metsän hoitokohteet, joten voidaan olettaa, että niillä on aina jonkin verran pieniläpimittaista puustoa, joka ei tule mukaan pohjapinta-alan mittaukseen. Aivan pienellä aluskasvillisuudella ei luultavasti ole suurempaa merkitystä energiapuun kertymään. Ongelmana arvioitaessa puuston runkotilavuuden perusteella saatavaa energiapuun kertymää on, kuinka arvioida pieniläpimittaisen puuston vaikutus. Pääosa energiapuun kertymästä kuitenkin tulee puustosta, joka otetaan huomioon pohjapinta-alassa.

Pieniläpimittaisen puuston vaikutus voi tulla selkeimmin esille erilaisten ennakkoraivausten yhteydessä. Suurin vaikutus on todennäköisesti silloin, kun ennakkoraivaus on tehty voimakkaasti ja raivatessa risuja ei ole kasattu ja ne jäävät metsään. Tämä aiheuttaa sen, että energiapuun kertymä voi jäädä reilusti pienemmäksi, kuin runkotilavuuden perusteella olisi voinut päätellä. Pieniläpimittaisen puuston määrä voikin vaikuttaa suuresti runkotilavuudeltaan samankaltaisten kohteiden energiapuun kertymään.

Hyvän metsän hoidon suosituksissa nuoren kasvatusmetsän harvennuksessa tulisi jäävän puuston runkoluku olla männyllä Väli-Suomessa 900–1200 runkoa hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006). Suurilla runkolukumäärillä voidaan päästä siihen, että poistuma olisi yli puolet. Tällöin kuitenkin leimikolle jäävät parhaat puut, jotka usein ovat suurimmasta päästä. Tämä aiheuttaa sen, että poistuma ei ole niin suuri verrattuna lähtöpuustoon. Metsänhoitosuosituksiin verrattaessa vaikuttaa, että energiapuunkorjuu on tehty liian voimakkaasti, mutta juuri pie-

niläpimittainen puusto aiheuttaa vääristymää. Tämän lisäksi on voitu raivata esimerkiksi tien reunaa samalla kertaa ja siitä kertynyt energiapuun merkitty kuvioilta kerätyksi. Lisäksi arvio jääneestä puustosta pitää muodostaa vain kertyneen energiapuun perusteella. Tarkkaa vertailua metsänhoitosuosituksiin ei voida tehdä, koska kuvioilta ei ole kerätty tietoja korjuun jälkeen.

Tutkittaessa korjuuvaihtoehtojen kannattavuutta metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla, energiapuun korjuussa kokopuukertymäksi oli saatu 27–149 m<sup>3</sup>/hehtaari (Tanttu, Ahtikoski, Sirén 2004, 13). Näillä kohteilla on energiapuun kertymä ollut samankaltainen kuin tässä tutkimuksessa. Tantun, Ahtikosken ja Sirénin tutkimuksessa (2004, 4) yhdellä metsiköistä kertymä oli 27 kuutiometriä/ha ja muiden metsiköiden kertymä oli yli 50 m<sup>3</sup>/ha. Suurimmassa osassa heidän tutkimistaan kohteista kertymä oli yli 80 m<sup>3</sup>/ha. Heidän tutkimuksensa metsiköissä puuston koko oli hieman suurempi kuin tässä tutkimuksessa. Tantun, Ahtikosken ja Sirénin tutkimuksen (2004, 4) metsiköissä valtapituus oli 13,2 m ja rinnankorkeusläpimitta 14,3 cm. Tässä tutkimuksessa keskipituus oli 10 m ja keskiläpimitta 12,2 cm. Vähän suurempi puusto selittääkin hieman suuremman kertymän.

Selvittäessään menetelmiä ylitieheiden nuorten metsien harvennukseseen Metsäteho mittasi kahdelta mäntyvaltaiselta kohteelta maastoaineiston. Kohteiden valtapituus oli ollut 10 m ja lähtöpuusto kohteilla oli ollut 135 ja 139 m<sup>3</sup>/ha. Poistumaksi oli tullut 51 ja 57 m<sup>3</sup>/ha. Poistetuista rungoista 80 % oli ollut rinnankorkeusläpimitaltaan alle 9 cm. (Hämäläinen, Poikela ja Rieppo 2001, 8–9.) Verrattaessa Hämäläisen, Poikelan ja Rieppon tutkimuksen poistumaa tämän tutkimuksen poistumaan huomataan, että se on reilusti pienempi, kuin mitä tämän tutkimuksen avulla voisi olettaa. Tulee kuitenkin huomata, että heidän tutkimillaan kohteilta lähtöpuustoon on laskettu mukaan myös pieni puusto. Tällöin kokonaiskertymää tulisi verrata hieman pienempään runkotilavuuteen, jolloin ero ei olekaan niin suuri. Tämä osoittaa hyvin ongelman, kun runkotilavuus on laskettu pohjapinta-alan mukaan eikä se huomioi pientä puustoa. Energiapuun kertymä voi tällöin olla liian suuri verrattaessa kaikkeen lähtöpuustoon. Kuviota voidaan kuitenkin käyttää suuntaa antavana mallina silloin, kun puuston runkotilavuus arvioidaan käyttäen pohjapinta-alaa.

Pohjapinta-alan mukaan lasketussa runkotilavuudessa ongelman aiheuttaa pieni puusto, joka ei tule mukaan pohjapinta-alaan. Tällöin runkotilavuus on kohteilla ollut todellisuudessa hieman korkeampi. Pelkästään ainespuuta korjattaessa tällaisella ei ole merkitystä, koska tästä pienestä puustosta ei kerry sitä. Energiapuun korjuussa kuitenkin tämä pieni puusto voidaan kerätä energiapuuksi ja siksi sen puuttuminen laskelmasta aiheuttaa kasvua kertymään. Kokonaispuumäärään verrattaessa energiapuun kertymät voivatkin olla liian suuria. Tärkein tekijä energiapuun kertymään on kuitenkin tämä suurempi puusto. Malli on kuitenkin käyttökelpoinen silloin, kun oletetaan pientä puustoa olevan aina nuoren metsän hoitokohteilla ja sen vaihtelu kohteittain ei ole todella suurta. Tällöin energiapuun kertymää voidaan arvioida pohjapinta-alan mukaan arvioidulla runkotilavuudella. Ennakkoraivaus voi aiheuttaa kuitenkin eroa kohteiden välillä. Tämäkin voidaan kuitenkin välttää tekemällä energiapuukohteilla kevyt raivaus, jossa poistetaan ainoastaan aivan pienet korjuuta haittaavat rungot. Tällöin energiapuuksi kelpaavaa puustoa ei poisteta ennakkoraivauksessa. Näin saadaan pohjapinta-alan mukaan arvioitu runkotilavuus käyttökelpoiseksi työkaluksi energiapuun kertymää arvioitaessa.

Tuloksista voidaan myös päätellä, että todellinen biomassa kohteilla on reilusti suurempi kuin relaskoopilla saatava puuston runkotilavuus. Tämä voidaan todeta siten, että kohteella, jossa on ollut runkotilavuus  $90 \text{ m}^3/\text{ha}$ , on lähtenyt energiapuuta noin  $60 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Tällöin kohteelle olisi jäänyt vain  $30 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Jäävä runkoluku on kuitenkin noin 1000 runkoa/hehtaari ja jääneiden runkojen keskikoko on ollut noin  $70 \text{ dm}^3$ . Tällöin kohteilla tulisi olla  $70 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Tämän perusteella voidaan olettaa, että relaskoopilla arvioiduista puuston runkotilavuuksista jää paljon energiapuuksi kelpaavaa biomassaa pois. Tällöin voidaankin arvioida, kuinka alueelliset arviot korjattavissa olevista energiapuuvaroista pitävät paikkansa. Tällaisilla tiedoilla on kuitenkin merkittävä painoarvo arvioitaessa esimerkiksi suurten jalostamoiden sijoituspaikkoja.

Aiempien laskelmien mukaan voidaan myös arvioida energiapuun korjuun kannattavuutta metsänomistajan kannalta. Mäntykuidun hankintahinta oli Keski-Suomessa noin  $26 \text{ €/m}^3$  ja energiapuusta maksettiin noin  $20 \text{ €/m}^3$  (Energiapuun hinta 2009; Kurki 2009). Mäntykuidun hakkuukertymä on noin  $30 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja energiapuun noin  $60 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Perinteisen korjuun arvo olisi  $780 \text{ €/ha}$  ja energiapuun kor-

juun 1200 €/ha. Tällaisessa tilanteessa energiapuun korjuu on metsänomistajalle kannattavampaa. Tämä ei kuitenkaan ota huomioon mahdollisia kasvutappioita.

Puuston runkotilavuuden avulla voidaan kuitenkin arvioida mahdollista energiapuun kertymää. Runkotilavuuden pohjalta voidaan myös päätellä, milloin kertymä on tarpeeksi suuri koneellisen korjuun kannalta. Puuston runkotilavuus onkin käytökelpoinen tähän tarkoitukseen. Ongelman aiheuttaa ainoastaan pienen puuston mahdollinen vaihtelu.

## 5.2 Rungon keskikoon vaikutus

Rungon keskikoko on merkittävä tekijä energiapuun kertymän kannalta. Se ei kuitenkaan ainoana muuttujana välttämättä kerro tarkkaa kertymää. Energiapuun kertymään vaikuttaa rungokoon lisäksi se, kuinka monta runkoa on hehtaarilla. Usein nuoren metsän hoitokohteilla on kuitenkin taimikon hoito jäänyt tekemättä tai se on tehty vajavaisesti. Tällöin runkoluvut voivat olla korkeita ja kohteet ovat usein melko yhteneväisiä runkoluvun suhteen. Myös tuen myöntämisen vaatimukset aiheuttavat sen, että kohteilla on runkoja vähintään tietty määrä. Tuen saamiseksi kohteilla tulee olla vähintään 1 000 poistuvaa runkoa hehtaarilla. Tämä oletus ei kuitenkaan sovellu rungokooltaan aivan pienimmille kohteille, joissa kasvavat rungot eivät ole vielä vähentyneet elintilasta kilpaillessaan. Tällaiset kohteet ovat kuitenkin usein enemmän taimikonhoitokohteita, kuin 2. kehitysluokan harvennuksia. Tästä syystä rungokoko voi antaa melko hyvän käsityksen energiapuun kertymästä.

Rungon keskikoolla oli selkeä yhteys energiapuun kertymään. Energiapuuta kertyi enemmän rungokoon kasvaessa. Rungon keskikoon kasvaessa 20 dm<sup>3</sup> energiapuun kertymä kasvaa noin 10 m<sup>3</sup>/ha. Pienemmillä rungoilla kasvu on nopeampaa kuin suurilla. Rungon keskikoko voidaankin tämän vuoksi katsoa olevan merkittävä tekijä energiapuun kertymälle nuoren metsän hoitokohteilla.

Kerätyssä aineistossa yksi kuvioista oli puuston keskikokonsa puolesta erillään muista. Tällä kuviolla rungon keskikoko oli reilusti suurempi kuin muilla. Kyseinen kuvio on ainoa lähde suurempien puiden energiapuun kertymään. Tämän takia rungon keskikoon ja energiapuun kertymän suhteessa voi olla pientä virheellisyyttä suurilla rungoilla, koska kertymän vaihtelua ei ole voitu ottaa huomioon. Muiden kohteiden rungon keskikoko vaihteli 40 dm<sup>3</sup>:in ja 70 dm<sup>3</sup>:in välillä. Tällä alueella kuvion pitäisi pitää paremmin paikkansa ja suurten runkojen ongelman ei pitäisi vaikuttaa siihen suuresti.

Metsätehon tekemässä tutkimuksessa käytettäessä kokopuukorjuuta männikön ensiharvennuksella Etelä-Suomessa kertymäksi tuli ainespuulle hieman vajaa 90 kuutiometriä/ha ja energiapuuta 35 m<sup>3</sup>/ha. Pohjanmaalla puusto oli ollut pienempää ja kertymät olivat ainespuulle 43 m<sup>3</sup>/ha ja energiapuulle 27 m<sup>3</sup>/ha. (Hämäläinen & Korpilahti 1998, 20–21.) Voidaan arvella, että pohjanmaalaisella ensiharvennuksella puuston koko on lähempänä nuoren metsän hoitokohtetta. Ensiharvennuksen kokonaiskertymä pohjanmaalla oli 70 m<sup>3</sup>/ha. Hoidetulla ensiharvennuksella rungon keskikoko on kuitenkin todennäköisesti suurempi kuin nuoren metsän hoitokohteella. Nuoren metsän hoitokohteilla on kuitenkin enemmän pientä puustoa, josta kertyy energiapuuta. Tällöin kokonaiskertymä voi olla hyvinkin lähellä ensiharvennuksen kertymää.

Kemera kelpoisten harvennusmetsiköiden poistettavasta puustosta on kerätty yhteenveto eri lähteistä Metsätehon tutkimukseen Energiapuun hankinta nuorista metsistä. Esimerkiksi kasvatettavan puuston valtapituuden ollessa 10–12 metriä ja rungon keskikoon ollessa 34,3 dm<sup>3</sup> kivennäismaan männikössä poistettavaa puustoa on 57 m<sup>3</sup>/ha. Rungon keskikoon ollessa 10 dm<sup>3</sup> poistettavaa puustoa on 37 kuutiometriä/ha. (Korpilahti & Örn 2002, 11.) Näiden tietojen pohjalta voidaan päätellä, että tutkimuksessa esitetyssä kaaviossa on kertyvän energiapuun ennakoitu vähenevän liian nopeasti. Näillä kohteilla runkoluku on tosin korkeampi kuin tässä tutkimuksessa olleilla kohteilla. Kohteilla, joilla on pieni rungon keskikoko, on usein runkoluku korkeampi kuin kohteilla, joilla keskikoko on suurempi. Tieto kuitenkin kertoo sen, että kaavio ei ole luotettavin kohteille joissa rungon keskikoko on alle 40 dm<sup>3</sup>.

Metsätehon tekemässä tutkimuksessa kokopuun korjuu nuorista metsistä (Kärhä, Keskinen, Liikanen & Lindroos 2006, 30) on aikatutkimuksessa tehty vertailu poistuneen rungon koon ja energiapuun kertymän välillä. Tämän vuoksi vertailu tutkimusten välillä ei ole selkeää. Heidän tutkimuksessaan rungon keskikoko on poistuneiden runkojen mukaan, kun taas tässä tutkimuksessa kaikkien runkojen mukaan. Olettaessa kaikkien kohteella olevien runkojen olevan samankokoisia voidaan vertailua kuitenkin tehdä. Eroja aiheuttaa kuitenkin se, että yleensä jäävät rungot ovat hieman poistettavia suurempia.

Metsätehon tutkimuksessa (Kärhä ym. 2006, 30) energiapuun kertymä on ollut suurempi suhteessa rungon kokoon. Järeämmillä rungoilla ero tutkimusten välillä on pienempi eikä eroa energiapuun kertymien välillä ole paljon. Rungon keskikoon ollessa pienempi eroa tutkimusten välille kuitenkin syntyy enemmän. Metsätehon tutkimuksessa on pienemmillä rungoilla saatu jopa 20 – 30 m<sup>3</sup>/ha suurempia energiapuun kertymiä. Ero on suurin rungon koon ollessa alle 40 dm<sup>3</sup> ja se pienenee mentäessä suurempiin runkoihin. Erosta osan selittää jäävien puiden koko ja siksi tarkastelu pitäisikin tehdä ehkä siten, että siinä saatuja kertymiä verrataan hieman suurempien puiden kertymään. Tällaisen siirron määrittäminen on kuitenkin hankalaa ja tämän takia se ei käytännössä onnistu.

Kärhän, Keskinen, Liikasen ja Lindroosin tutkimuksessa keskimääräinen kertymä oli 57,6 kuutiometriä/ha ja se oli vaihdellut 26–97 m<sup>3</sup>/ha (Kärhä ym. 2006, 29). Tässä tutkimuksessa kertymä oli keskimäärin 66 m<sup>3</sup>/ha, sen vaihdellessa 43–107 m<sup>3</sup>/ha. Tarkastellessa Metsätehon tutkimuksessa olevaa kuvaa (Kärhä ym. 2006, 30) huomataan, että suurin osa kohteista on ollut sellaisia, joilla poistettavien runkojen keskikoko on ollut alle 40 dm<sup>3</sup>. Tässä tutkimuksessa puolestaan pienin rungon keskikoko oli 41 dm<sup>3</sup>. Metsätehon käyttämät rungon keskikoot ovat kuitenkin poistuman keskikokoja. Metsätehon aineisto kattaakin paremmin pienet rungot ja tästä syystä se voi antaa tarkemman kuvan kohteista, joilla rungon keskikoko on alle 40 kuutiodesimetriä. Rungon keskikokojen painopiste selittääkin eron keskimääräisessä energiapuun kertymässä.

Runkoluvulla on kuitenkin merkitystä kertymään, varsinkin pienemmillä rungoilla. Metsätehon tutkimuksessa (Kärhä ym. 2006, 30) on myös päädytty energiapuun



kertymän suureen pienenemiseen vasta rungon keskikoon ollessa alle 10 dm<sup>3</sup>. Samanlaiseen johtopäätökseen olivat päätyneet myös Korpilahti ja Örn tutkimuksessaan. Tässä tutkimuksessa alle 40 dm<sup>3</sup> olevien runkojen energiapuun kertymään vaikuttaa se, ettei aineistossa ollut kohteita, joilla rungon keskikoko olisi ollut niin pieni. Tässä tutkimuksessa myös hieman yli 40 dm<sup>3</sup> oleville rungoille saatiin hieman pienempiä energiapuun kertymiä.

Muihin tutkimuksiin verrattaessa huomataan, että suurin ero syntyy alle 40 dm<sup>3</sup> olevien runkojen energiapuun kertymässä. Tämän aiheuttavat ainakin tällaisten kohteiden puuttuminen tämän tutkimuksen aineistosta ja runkoluvun suuri merkitys kertymään pienillä rungoilla. Usein rungon kooltaan pienillä kohteilla runkoluku on korkea ja tästä syystä energiapuun kertymä ei romahda nopeasti. Tämä käy hyvin ilmi Kärhän, Keskisen, Liikasen ja Lindroosin tutkimuksessa (Kärhä ym. 2006, 30), josta nähdään kuinka poistuma kasvaa nopeasti rungon keskikoon tippuessa alle 20 dm<sup>3</sup>:iin. Siitä nähdään myös, kuinka poistuman pieneneminen tasoittuu rungon keskikoon kasvaessa yli 30 dm<sup>3</sup>:iin. Tämän perusteella voidaankin arvioida, että rungon keskikoon ollessa yli 30 dm<sup>3</sup> keskikoolla on suurempi merkitys energiapuun kertymään kuin runkoluvulla.

Tämän tutkimuksen aineiston perusteella energiapuun kertymä suhteessa rungon kokoon romahtaa liian aikaisin nolnaan. Aineistoon ei osunutkaan yhtään kohdetta, joilla puuston koko olisi ollut alle 40 kuutiodesimetriä. Tästä syystä yhdelläkään kohteella runkoluku ei noussut todella suureksi. Poistuman merkitys energiapuun kertymään rungon keskikoon ollessa pieni selittää myös osaltaan tässä tutkimuksessa ilmennyttä heittoa. Aineistossa olleiden kohteiden rungon keskikoko oli niin iso, että runkoluku ei vielä vaikuttanut energiapuun kertymään yhtä merkittävästi kuin keskikoko. Tällöin näillä runkoluvuilla pääteltynä energiapuun kertymä pienikokoisilla rungoilla pienenee nopeammin kuin kohteilla mahdollisesti olevilla suurilla runkoluvuilla. Pienillä rungoilla korjuun kannattavuus ei kuitenkaan ole hyvä, ja tällaisten kohteiden korjuu onkin tällaisella kalustolla vähäisempää. Keskimääräinen energiapuun kertymä on kuitenkin eri tutkimuksissa melko lähellä toisiaan.

Rungon keskikoon käyttö energiapuun kertymän arvioimiseen on käyttökelpoisin kohteilla, joilla se on yli 40 dm<sup>3</sup>. Runkokooltaan pienemmillä kohteilla runkoluvun

vaikutus energiapuun kertymään on suurempi. Kannattavat nuoren metsän hoitokohteet ovatkin usein sellaisia, joilla rungon koko on lähellä tuen myöntämisen enimmäisrajoja. Tällöin rungon keskikoko on yli 40 dm<sup>3</sup> ja tällöin malli on käyttökelpoinen.

### 5.3 Runkoluku ongelmallinen

Runkoluvun käyttökelpoisuus arvioitaessa energiapuun kertymää on ongelmallinen. Runkoluvussa tapahtuva suuri muutos ei vielä aiheuta energiapuun kertymässä isoa heilahdusta. Lisäksi vaikuttaa siltä, että runkoluvun laskiessa tarpeeksi pieneksi kuvaajan suunta voi muuttua. Tämä johtuisi rungon keskikoon kasvusta. Samoin voisi käydä myös todella suurilla runkoluvuilla, jolloin rungon keskikoko jää reilusti pienemmäksi. Pelkkä runkoluku ei välttämättä kerro saatavan energiapuun määrää. Moni muu tekijä on energiapuun kertymän kannalta merkittävämpi, kuten runkojen koko. Runkolukua käytettäessä pitäisikin tietää lisäksi ainakin keskimääräinen rungon koko. Tästä voitaisiin saada käyttökelpoinen työkalu energiapuun kertymän arvioimiseen, jos tiedot koottaisiin taulukoksi. Tämä kuitenkin vaatisi suuren aineiston, jotta erilaisten yhdistelmien vaikutukset saataisiin selvitettyä.

Runkoluvun käyttö energiapuun kertymän määrittämiseen soveltuu parhaiten silloin, kun hakattavat kohteet ovat puuston koon suhteen samankaltaisia. Suuret poikkeamat aiheuttavat sen, että runkoluku ei kuvaa oikein energiapuun kertymän kehitystä. Runkoluvun ollessa riittävän suuri voidaan olettaa, että puuston järeyden vaihtelu ei ole todella suurta. Tällöin runkolukua voitaisiin joissain tapauksissa käyttää kertymän määrittämiseen. Tutkimusaineistossa oli yksi kohde, jossa puusto oli selvästi isompaa kuin muilla kohteilla. Tällä kohteella runkoluku oli selvästi pienempi kuin muilla kohteilla, mutta energiapuun kertymä oli kuitenkin hyvä. Tämä aiheutti vääristymän kuviota muodostettaessa, ja tämän vuoksi se on jätetty pois runkoluvun vaikutusta kuvaavasta aineistosta.

Usein vastaavat selvitykset ovat olleet osa laajempaa tutkimusta ja kertymää on selvitetty esimerkiksi mallileimauksien avulla. Tällöin on voitu selvittää poistuvien

runkojen määrä, ja tätä onkin käytetty enemmän määritettäessä energiapuun kertymää. Usein poistuma on suurempi rungon keskikoon ollessa pienempi. Kärhän, Keskinen, Liikasen ja Lindroosin tutkimuksessa (Kärhä ym. 2006, 30) onkin selvitetty myös rungon keskikoon ja poistuman välistä yhteyttä. Siinä selviää hyvin, miten poistuma kasvaa nopeasti rungon keskikoon laskiessa alle 20 dm<sup>3</sup>. Siinä on esitetty, kuinka poistuma kasvaa nopeasti 3 000 rungosta 10 000 runkoon. Tästä saadaankin hyvin selville se, että runkoluvun merkitys on suurempi rungon keskikoon ollessa pieni alle 30 dm<sup>3</sup>. Tällöin yhden rungon vaikutus on pienempi ja suurella runkojen määrällä on tärkein vaikutus energiapuun kertymään.

Runkoluku soveltuu parhaiten energiapuun kertymää arvioitaessa kohteille, joilla rungon keskikoko on pieni, alle 30 dm<sup>3</sup>. Tässä selvityksessä mukana olleiden kohteiden kaltaisissa kohteissa runkoluku ei yksinään anna varmaa tietoa energiapuun kertymään. Runkoluvulla on merkitystä kertymään, mutta suuremmilla rungoilla se ei ole tärkein tekijä. Suurempi runkoisissa nuoren metsän hoitokohteissa muut tekijät vaikuttavatkin olevan merkittävämpiä kuin runkoluku.

## 6 LOPUKSI

Energiapuun korjuu on lisääntynyt viime vuosina paljon ja kohteet, joilta puuta kerätään energiaksi, ovat monipuolistuneet. Tämä kehitys on selvä ja järkevä pyrittäessä vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Energian kulutusta ei voida kuitenkaan vähentää loputtomiin, joten tuotantoa on siirrettävä uusiutuvien energialähteiden varaan. Puu on uusiutuvana luonnonvarana Suomelle järkevä ratkaisu sillä kotimaisena raaka-aineena se vähentää riippuvuutta muista maista. Energia on nykyään niin merkittävässä asemassa yhteiskunnassa, että sen saaminen on ehto myös kriisitilanteissa.

Tähän mennessä lämpölaitoksille hankittu energiapuu on tullut lähinnä uudistushakkuualueilta kerätyistä risuista ja kannoista. Nuorista metsistä on kerätty puuta lähinnä vain polttopuiksi. Nyt jo useamman vuoden ajan nuoren metsän hoitokohteilta on kerätty energiapuuta ja korjuukaluston tuotekehitys on ollut nopeaa. Markkinoille on tullut paljon erilaisia välineitä energiapuun korjuuseen. Moisio Forest Oy:n Moipu 400ES -hakkuulaite on suunniteltu siten, että sillä voidaan tehdä aines- ja energiapuun integroitua korjuuta. Energiapuun määrän mittaukseen on yleistymässä kuormainvaakamittaus ja se on maa- ja metsätalousministeriön asetuksella hyväksytty puutavaran mittauksessa käytettäväksi mittausmenetelmäksi. Tässä menetelmässä puutavaran määrä määritetään painon mukaan. Punnitus voidaan suorittaa esimerkiksi lähikuljetuksen yhteydessä purettaessa kuormaa varastopaikalle.

Kansallisessa metsäohjelmassa on asetettu tavoitteeksi nostaa metsähakkeen käyttöksi 8–12 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Vuonna 2006 metsähakkeen käyttö oli 4,6 miljoonaa kuutiometriä ja suurin osa oli tuotettu uudistushakkuualueilta kerätyistä risuista ja kannoista. Uudistushakkuualueilla ei tulevaisuudessa kasva joten hakkeen hankinnan kasvu pitää saada muualta. Tämän vuoksi nuoren metsän hoitokohteilta lisätään varmasti energiapuun korjuuta.

Myös metsänhoitoyhdistys Keski-Suomen alueella on energiapuun korjuu lisääntynyt. Lisääntyneen energiapuun hyödyntämisen vuoksi oli tarvetta selvittää, mil-

lainen energiapuun kertymä on ollut nuoren metsän hoitokohteilla. Tutkimusaineiston kerääminen aloitettiin keväällä 2009 puuston pohjatietojen keräyksellä. Puustotietojen keräämisen jälkeen kohteille tehtiin nuoren metsän harvennus kesällä ja syksyllä 2009. Kaikki kohteilta korjattu puuaines kerättiin energiapuuksi.

Kohteet olivat mäntyvaltaisia, koska korjuu ajoittui kesälle. Tarkastuksia tehdessä yhtäkään kuvioista ei ollut ennakkoraivattu. Kaikilla kohteilla korjuuolosuhteet olivat maaston puolesta yhteneväiset. Kuvioiden pinta-alat vaihtelivat alle puolesta hehtaarista vajaaseen viiteen hehtaariin.

Tutkituilla kuvioilla puuston keskimääräinen runkotilavuus oli 94 m<sup>3</sup>/hehtaari. Näiltä kuvioilta kerättiin energiapuuta keskimäärin 66 m<sup>3</sup>/hehtaari. Puuston runkotilavuuden vaikutus energiapuun kertymään on selkeä. Runkotilavuuden kasvaessa myös energiapuun kertymä kasvaa. Tutkituilla kohteilla energiapuun kertymä oli karkeasti kaksi kolmasosaa puuston runkotilavuudesta. Huomioitavaa kuitenkin on se, että puuston runkotilavuus on laskettu pohjapinta-alojen mukaan. Tämä ei ole ottanut huomioon kuvioilla olevaa pieniläpimittaista puustoa. Tällöin kuvioilla on ollut todellisuudessa puustoa hieman enemmän. Hyvän metsänhoidon suositukseen verrattaessa voi vaikuttaa, että kohteilla on harvennus suoritettu liian voimakkaana. Tulee kuitenkin muistaa, että kuvioilta ei ole kerätty tietoja jääneestä puustosta ja arvio siitä on täytynyt tehdä ainoastaan kertyneen energiapuun mukaan. Pohjapinta-alan mukaan lasketussa puuston runkotilavuuden ja energiapuun kertymän suhteessa ongelmana on kohteella oleva pieni puusto, joka ei tule mukaan pohjapinta-alaan. Tämä käy hyvin ilmi, kun verrataan kaavion mukaan jäänyttä puuston määrää suositusten mukaan harvennetuun puustoon. Mallia voidaan kuitenkin käyttää nuoren metsän hoitokohteilla, joilla on usein taimikon hoito jäänyt pois tai vajaaksi. Tällaisilla kohteilla on usein pientä puustoa, ja siitä saadaan osa energiapuun kertymästä. Pääosa energiapuun kertymästä kuitenkin saadaan puustosta, joka otetaan huomioon pohjapinta-alassa. Jos pienen puuston määrässä ei ole suurta vaihtelua, esimerkiksi ennakkoraivauksen takia, niin malli on käyttökelpoinen. Relaskoopin avulla laskettu puuston runkotilavuus ei annakaan todellista biomassan määrää, koska pieni puusto jää pois. Energiapuun kertymä onkin korkeampi kuin puuston pohjapinta-alan mukaan perinteisesti on arvioitu.

Kuvioilla rungon keskikoko oli  $66 \text{ dm}^3$ . Rungon keskikoon noustessa myös energiapuun kertymä kasvoi. Pelkän rungon keskikoon avulla ei voida varmasti sanoa kertyvän energiapuun määrää. Kertymään vaikuttaa myös kohteella olevien runkojen määrä. Usein nuoren metsän hoitokohteet kuitenkin ovat alueita, joilla taimikon hoito on jäänyt tekemättä ja siitä syystä niillä on runkoluku niin korkea, että rungon keskikoko antaa hyvän arvion energiapuun kertymästä. Energiapuun kertymässä oli pientä eroavaisuutta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. Varsinkin jos runkojen keskikoot olivat pieniä löytyi eroa aiempiin tutkimuksiin. Ero keskittyi pääasiassa alle  $40 \text{ dm}^3$ :in runkoihin, joka osin selittyy tähän osuneiden kohteiden avulla, sillä kaikilla tutkituilla kohteilla rungon keskikoko oli yli tämän. Juuri samasta syystä energiapuun kertymä menee nolnaan liian aikaisin. Muissa tutkimuksissa rungon keskikoon ollessa pieni oli myös runkoluku ollut reilusti suurempi mitä tämän tutkimuksen kohteilla. Runkoluku on käyttökelpoinen silloin, kun vertaillaan puustoltaan samanlaisia kohteita. Runkoluvun käyttö energiapuun kertymän määrittämiseen vaatii sen, että verrattavilla kohteilla olisi hyvin samanlainen rungon keskikoko. Runkoluvulla onkin suurempi merkitys silloin, kun rungon keskikoko on alle 30 kuutiodesimetriä. Tällöin energiapuun kertymä muodostuu pienistä rungoista ja yhden rungon merkitys on pieni. Runkoluvun merkitys energiapuun kertymään kohteilla, joissa rungon keskikoko on alle  $30 \text{ dm}^3$  selittääkin työssä ilmennyttä ongelmaa silloin, kun rungon keskikoko on pieni.

Runkoluvun ja rungon keskikoon mukaan tehty taulukko voisi antaa hyvän kuvan energiapuun kertymästä. Tällaisen taulukon laatiminen vaatisi kuitenkin laajan aineiston, jotta se ottaisi huomioon hyvin erilaiset lähtöpuustot. Tässä tutkimuksessa käytetyistä vaihtoehdoista parhaiten energiapuun kertymää kuvaa puuston runkotilavuus. Runkotilavuus ottaa huomioon eniten erilaisia muuttujia. Siinäkin on ongelmansa kuten pienimpien puiden määrä, joka ei tule mukaan pohjapinta-alaa arvioitaessa. Myös rungon keskikoolla on suuri merkitys energiapuun kertymään ja tämä tulee selkeimmin esille silloin, kun runkoluvun vaihtelut ovat pieniä. Rungon keskikoko soveltuu parhaiten käytettäväksi silloin, kun koko on yli  $40 \text{ dm}^3$ .

## LÄHTEET

A 2.12.2008 2593/01/2008. Maa- ja metsätalousministeriön asetus kuormainvaa’an käytöstä puutavaran mittauksessa ja erien erillään pidosta

Energiapuun hinta noussut yli 20 euroon. 2009. Metsälehti makasiini 77 (7), 20.

Energian kokonaiskulutus laski 4 prosenttia vuonna 2008. 14.12.2009. [Verkkosivu]. Helsinki. Tilastokeskus. [4.2.2010). Saatavana:

[http://www.stat.fi/til/ekul/2008/ekul\\_2008\\_2009-12-14\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ekul/2008/ekul_2008_2009-12-14_tie_001_fi.html)

Energiapuun korjuu. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. [19.3.2009]. Saatavana:

[http://www.mhy.fi/keskisuomi/puumarkkinat/fi\\_FI/energiapuun/](http://www.mhy.fi/keskisuomi/puumarkkinat/fi_FI/energiapuun/)

Energiapuun mittaus. Ei Päiväystä. [Verkkosivu]. Metsäntutkimuslaitos. [3.2.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/mittaus-energiapuun.htm>

EU:n energiayhteistyö. 29.1.2010. [Verkkosivu]. Työ- ja elinkeinoministeriö. [3.2.2010]. Saatavana: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=1553>

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Hämäläinen, J & Korpilahti, A.1998. Energiapuun hankinta taimikon harvennuksen ja ensiharvennuksen yhteydessä. [Verkkosivu]. Helsinki: Metsäteho Oy. Metsätehon raportti 58. [Viitattu 30.13.2009]. Saatavana:

<http://www.metsateho.fi/uploads/75oww.pdf>

Hämäläinen, J. Poikela, A. Rieppo, K. 2001. Menetelmä ylitiheiden nuorten metsien harvennukseen. [Verkkosivu]. Helsinki: Metsäteho Oy. Metsätehon raportti 108. [Viitattu 30.10.2009]. Saatavana:

<http://www.metsateho.fi/uploads/u5l1k4cxclqv.pdf>

Kansallinen metsäohjelma 2015. 2008. [Verkkosivu]. Vammala: Maa- ja metsätalousministeriö. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3/2008. [Viitattu 9.2.2009]. Saatavana:

[http://www.mmm.fi/attachments/5fLUy9oi5/5ywg0T9jr/Files/CurrentFile/3\\_2008FINetti.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/5fLUy9oi5/5ywg0T9jr/Files/CurrentFile/3_2008FINetti.pdf)

Kemera-opas. 2008. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja metsäkeskus Pirkanmaa. [Viitattu 14.8.2009]. Saatavana:

[http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/amm\\_kemerai.pdf](http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/amm_kemerai.pdf)

Koistinen, A. & Äijälä, O. 2005. Energiapuun korjuu. Vammala: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Korpilahti, A. Örn, J. 2002. Energiapuun hankinta nuorista metsistä. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Metsäteho Oy. Metsätehon raportti 141. [Viitattu 30.10.2009]. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/uploads/nkh23ipzg.pdf>

Kurki, E. 2009. Raakapuun hintatilastot. Metsälehti 17.12.2009, 8.

Kärhä, K. Keskinen, S. Liikkanen, R. Lindroos, J. 2006. Kokopuun korjuu nuorista metsistä. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Metsäteho Oy. Metsätehon raportti 193. [Viitattu 30.10.2009]. Saatavana: [http://www.metsateho.fi/uploads/Raportti\\_193\\_KK\\_ym.pdf](http://www.metsateho.fi/uploads/Raportti_193_KK_ym.pdf)

L 12.12.1996/1094. Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta

L 11.5.2007/544. Kestävän metsätalouden rahoituslaki

Linblad, J. Äijälä, O. Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittaaminen. [Verkkójulkaisu]. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 3.2.2010]. Saatavana: <http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/aineistoja/energiapuun-mittausopas-2008.pdf>

Metsänhoitomaksu ja metsänhoitoyhdistyksen jäsenyys. Ei päiväystä. [Verkkosivu]: Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. [19.3.2009]. Saatavana: [http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi\\_FI/metsanhoitomaksu/](http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi_FI/metsanhoitomaksu/)

Moipu 400ES. [Verkkosivu]. Moisio Forest Oy. [Viitattu 10.2.2009]. Saatavana: <http://www.moisioforest.com/index.aspx>

Oikari, M. Kärhä, K. Palander, T. Pajujoja, H. & Ovaskainen, H. 2008. Aines- ja energiapuun korjuun tehostaminen nuorissa metsissä – keinot ja niiden priorisointi. [Tuloskalvosarja]. Helsinki: Metsäteho Oy. [Viitattu 9.2.2009]. Saatavana: <http://www.metsateho.fi/asp/system/empty.asp?P=2425&VID=default&SID=538647020687276&A=open:page:detail:2883,title:Alasivu&S=1&C=40628>

Pentinpuro, I. 2010. Toiminnanjohtaja. Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. Keskustelu 2.2.2010.

Tanttu, V. Ahtikoski, A. Sirén, M. 2004. Korjuuvaihtoehtojen kannattavuus metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla. [Verkkójulkaisu]. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004, 509–525. [Viitattu 30.10.2009]. Saatavana: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff04/ff044509.pdf>

Toiminta ja talous. Ei päiväystä. [Verkkosivu]: Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. [19.3.2009]. Saatavana: [http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi\\_FI/toiminta/](http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi_FI/toiminta/)

Tyytyväisiä metsänomistajia koko maassa – joka kylässä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]: Metsänhoitoyhdistys. [19.3.2009]. Saatavana: [http://www.mhy.fi/mhy/metsanomistajanasiolla/fi\\_FI/index/](http://www.mhy.fi/mhy/metsanomistajanasiolla/fi_FI/index/)



Yleistietoa metsänhoitoyhdistys Keski-Suomesta. Ei päiväystä. [Verkkosivu]: Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. [22.10.2009]. Saatavana: [http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi\\_FI/index/](http://www.mhy.fi/keskisuomi/esittely/fi_FI/index/)

Ylitalo, E. 2009. Metsätilastotiedote 15/2009: Puun energiakäyttö 2008. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.