



Juho Rantala



Veli-Matti Saarinen

Juho Rantala ja Veli-Matti Saarinen

Istutuskoneinvestointi alueyrittäjän näkökulmasta

Rantala, J. & Saarinen, V-M. 2006. Istutuskoneinvestointi alueyrittäjän näkökulmasta. Metsätieteen aikakauskirja 3/2006: 343–352.

Koneellisen metsänistuttamisen yleistymisen näyttää tällä hetkellä aiempaa todennäköisemmältä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kannattavan istutuskoneinvestoinnin edellytykset, arvioida koneellisen metsänistuttamisen soveltuvuutta osaksi alueyrittäjyyteen perustuvaa metsätöiden organisointimallia ja arvioida tulevaisuuden istutuskoneistarvetta. Tutkimusaineisto muodostettiin metsäkeskuksiin tehtyjen taimikon perustamisilmoitusten perusteella paikkatietojärjestelmää apuna käyttäen. Istutuskoneinvestoinnin kannattavuutta tarkasteltiin annuiteettimenetelmällä ja katetuottolaskennalla. Taloudellisesti kannattava istutuskoneinvestointi edellytti lähes koneen vuosikapasiteettia vastaavan uudistuspinta-alan istuttamista. Toimintasäteen perusteella koneellinen istutus näyttäisi soveltuvan hyvin osaksi puunkorjuuseen perustuvaa alueurakointia.

Asiasanat: alueyrittäjyys, Bracke, koneellistaminen, koneistutus, koneyritys, metsänviljely
Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö, Juntantie 154, 77600 Suonenjoki.
Sähköposti juho.rantala@metla.fi
Hyväksytty 1.9.2006

I Johdanto

I.1 Taustaa

Suomessa metsien vuotuinen istutuspinna-ala on 2000-luvun alkuvuosina ollut keskimäärin 87 000 ha (Peltola 2005). Koneellisesti istutettujen taimien osuus kokonaisistutusmäärästä on kuitenkin ollut vain muutaman prosentin luokkaa (Vartiamäki 2003, Kaila 2005). Näin siitä huolimatta, että erilaisia istutuskonetyyppejä on kehitelty ja kokeiltu

pohjoismaisissa metsissä 1960-luvulta lähtien. Vuonna 2004 istutustöissä oli Suomessa arviolta 20 istutuskonetta (Kaila 2005). Vuoden 2006 alkuun mennessä määrä on noussut arviolta 25 istutuskoneeseen (Timo Räikkönen, TTS Forest Oy, suullinen tiedonanto). Koneellisen metsänistuttamisen yleistymisen näyttää tällä hetkellä kuitenkin aiempaa todennäköisemmältä kesäistutuksesta saatujen hyvien kokemusten, työvoimapulan realisoitumisen, metsänomistajien omatoimisuuden vähenemisen, hakkuutähteiden energiakäytön lisääntymisen ja

koneyrittäjakeskeisen alueurakoinnin yleistymisen myötä.

Rummukaisen ym. (2002) ja Åhlundin (1995) mukaan istutuskoneiden pääomakustannusten osuus on 25–35 % istutustyön kustannuksista, joten kannattava investointi edellyttää korkeata kapasiteetin käyttöastetta (vrt. Mäkinen 1997). Tämä edellyttää istutuskauden pidentämistä perinteisestä kevät- ja syysistutuksesta myös kasvukauden aikana tapahtuvaan istutukseen. Biologisesti tälle ei näyttäisi olevan estettä. Viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että kuusen paakutaimia voidaan istuttaa touku-kuusta syyskuun loppuun ilman taimien elävyyden tai kasvun heikkenemistä (Luoranen ym. 2005, Luoranen ym. 2006). Lisäksi taimet näyttävät selviävän hyvin niihin kasvukauden aikana kohdistuvasta mekaanisesta rasituksesta (Helenius 2002a). Myös kuivuuden aiheuttama istutuksen jälkeinen kuolleisuus on Suomen olosuhteissa harvinaista (Helenius ym. 2005), kunhan taimet ovat istutushetkellä hyvin kasteltuja (Rikala 2002, Helenius ym. 2002b).

Viime vuosiin asti työvoimaa on ollut saatavana istutustöihin riittävästi, eikä koneistutus ole ollut kustannuksiltaan kilpailukykyistä verrattuna metsuri-istutukseen (Rummukainen ym. 2002). Lähitulevaisuudessa oletettavissa oleva pula ammattitaitoisista metsätyöntekijöistä on kuitenkin yksi koneellisen istutuksen yleistymistä vauhdittavista tekijöistä (Niskanen 2005). Ammatikseen metsänhoitotöitä tekevien keski-ikä on korkea ja alalle hakeutuvien nuorten määrä on selvästi vähentynyt (Perkiö-Mäkelä 2001). Metsänhoitotöitä tekevien työntekijöiden lukumäärä on jo nyt pudonnut viidenneksellä 1990-luvun alkuvuosista (Aarne 2005). Toisaalta metsänomistajien omatoimisen työn osuus on istutustyössä ollut suuri. Metsänomistajat tekivät vuosina 1994–1998 lähes kaksi kolmasosaa istutuksen kokonaistyömäärästä (Koho ym. 2004). Omatoimisuusasteen voidaan olettaa laskevan verrattain nopeasti metsänomistajakunnan kaupunkilaistumisen, ikääntymisen ja naisistumisen seurauksena.

Koneistutustyön organisointi on ollut haasteellista. Koneistutuskohteita on ollut suhteellisen harvassa, joten resursseja on kulunut pitkiin siirtomatkoihin ja koneiden käyttämiseen tarkoitukseen sopimattomilla istutuskohteilla. Tilanne on kuitenkin muuttumassa. Koneistutuskohteiden määrän lisääntymiseen vaikuttavan työvoimapulan lisäksi tilannetta muut-

taa hakkuutähteiden energiakäytön lisääntyminen (Uusiutuvan energian... 2003, Hakkila 2004). Istutuskoneiden tuottavuuden on todettu nousevan jopa viidenneksellä kohteilla, joilta hakkuutähteet on kerätty (Saarinen 2004). Kun lisäksi koneistutuksessa peruskoneena käytetylle kaivinkoneelle löydetään muuta työtä istutuskauden ulkopuolella, näyttää koneistutus olevan kustannuksiltaan kilpailukykyinen vaihtoehto jo nykytekniikalla (Kaila 2005).

Yksi koneistutuksen yleistymiseen vaikuttava tekijä on yhä laajempia kokonaisuuksia sisältävien urakointimallien yleistymisen metsätöiden organisoimisessa. Mallien nimi vaihtelee alueurakoinnista avainyrittäjyyteen ja laajavastuiseen urakointiin. Käytännössä kyse on siitä, että yrittäjä vastaa tietyllä maantieteellisellä alueella kaikkien urakointisopimukseen sisältyvien työläjien ja -tehtävien toteuttamisesta (Jaakkola 2003, Högnäs ja Vuorenpää 2004). Käytännössä aluevastuullinen urakointi on lähtenyt liikkeelle puunkorjuusta. Yhdeksi puunkorjuuseen integroitavissa olevaksi työläjäksi on esitetty metsänviljelyä (Jaakkola 2003, Ala-Fossi ym. 2005).

Istutustyön koneellistamisessa, kuten koneellistamisessa yleensäkin, yhtenä tärkeänä kehitysaskeleena on pidetty eri työvaiheiden yhdistämistä (Harstela 2000 ja 2004). Koneistutuksessa tämä on tarkoittanut maanmuokkauksen liittämistä istutustyön yhteyteen. Koska konetyössä kannattavuuden edellytyksenä on korkea kapasiteetin käyttöaste (Mäkinen 1997), on istutuskoneen käyttämisen maanmuokkausmenetelmän sovelluttava useimmille istutuskohteille. Metsänistutuksessa kuusen osuus on lisääntynyt voimakkaasti ja on tällä hetkellä jo yli 60 % (Peltola 2005). Laikkumätästys on todettu hyväksi maanmuokkausmenetelmäksi etenkin kuusen istutuskohteilla (Saksa ym. 2005). Laikkumätästysten etu on muun muassa mättään päälle syntyvän kivennäismaakerroksen suojavaikutus tukkimiehen-täin aiheuttamia tuhoja vastaan (Örlander ym. 1990, Heiskanen ja Viiri 2005). Lisäksi laikkumätästässä pintakasvillisuuden aiheuttama haitta taimelle on vähäisempää kuin äestys- tai laikutusjäljessä (Harstela 2004, Luoranen ja Kiljunen 2006).

Tällä hetkellä markkinoilla olevista istutuskonetyypeistä ainoastaan Bracke Groupin Bracke P11.a Planter -konetyyppi (Bracke... 2006) käyttää maanmuokkausmenetelmänä laikkumätästystä.

Bracke P11.a Planter onkin tällä hetkellä yleisin koneyyppi n. 70 % osuudella Suomen istutuskonekannasta. Bracke-istutuskoneista joka neljäs on asennettu hakkuukoneeseen ja kolmessa neljäsosassa on peruskoneena kaivinkone (Timo Räikkönen, TTS Forest Oy, suullinen tiedonanto). Saarisen (2004) tutkimuksessa Bracke oli myös kustannustehokkuudeltaan paras istutuskoneketju. Edellä mainituista syistä tämän tutkimuksen laskelmissa käytetään Bracken tuotos- ja kustannuslukuja.

Istutuskoneiden teknis-taloudellinen tutkimus on keskittynyt aikasidonnaisten tuottavuuslukujen, yksikkökustannusten ja työjäljen laadun tarkasteluun erityyppisillä istutuskohteilla ja -koneilla (Hofsten 1993, Arnkil ja Hämäläinen 1995, Arnkil 1997, Rummukainen ym. 2002). Rummukainen ym. (2002), Aulin (2002) ja Luoranen ja Saarinen (2004) esittävät tuloksia myös koneistutuskohteiden hehtaarikohtaisista taimitiheyksistä ja taimien maastomenestymisestä istutuksen jälkeisinä vuosina. Rummukainen ym. (2002) tutkivat myös yksittäisen istutuskohteen pinta-alan vaikutusta koneellisen istutuksen yksikkökustannuksiin. Rummukainen ym. (2002) ja Kaila (2005) analysoivat työn tuottavuuden ja koneistutuksessa käytettävällä peruskoneella tehdyn muun työn vaikutuksia koneistutuksen yksikkökustannuksiin.

1.2 Tavoitteet

Tässä tutkimuksessa selvitetään taloudellisesti kannattavan istutuskoneinvestoinnin edellyttämä vuotuinen istutus-pinta-ala erilaisissa toimintaympäristöissä. Toimintaympäristöön vaikuttavista tekijöistä mukana tarkasteluissa ovat koneistutuksen osuus kokonaisistutusmäärästä, istutustyön osuus peruskoneen käytöstä, istutustaksa, istutuskoneinvestoinnille asetettu katetuottovaatimus ja hehtaarikohtainen istutustiheys. Koneistutuksen soveltuvuutta osaksi alueurakointimallia tarkastellaan istutuskoneinvestoinnin edellyttämän maantieteellisen toimintasäteen näkökulmasta. Tulevaisuuden istutuskonetarvetta tarkastellaan koneellisesti istutettavien kohteiden osuuden ja yksittäisen istutuskoneen vuosikapasiteetin perusteella. Lisäksi lasketaan istutuskonetarve Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueille sekä arvio koko Suomeen.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten Mas-to-tietokantoihin tallennettuja vuoden 2004 taimikon perustamisilmoituksia. Tietokannoista haettiin vuonna 2004 istutetut metsäkuviot, joista lopulliseen aineistoon valittiin kaikki yli 0,75 hehtaarin kuviot (yht. 14 106 kpl). Kohteiden keskimääräinen pinta-ala oli 1,77 ha.

Valitut kuviot sijoitettiin satunnaisesti metsäkeskusten alueille ArcView -paikkatietojärjestelmässä RandomPointGenerator v. 1.3 -työkalulla (Jeness 2005). Seuraavaksi ratkaistiin reitin optimointiin tarkoitettulla ohjelmistolla (ArcView Network... 1996) lyhin reitti kiertää kaikki istutuskohteet Autoilijan tiekartan (Autoilijan tiekartta 2006) aineistosta muodostettua vektoritietoa pitkin. Laskennan tuloksena saatiin istutuskohteiden väliset etäisyydet ko. tieverkolla. Istutuskohteiden väliset siirtomatkat laskettiin lisäämällä em. etäisyyksiin kohteiden etäisyydet tieverkosta NearestFeatures v. 3.8a -työkalulla (Jeness 2004).

Koneistutustyössä tarvittavan peruskoneen kustannukset laskettiin keskiraskaan telakaivinkoneen kustannusten mukaan. Peruskoneen verottomaksi hankintahinnaksi oletettiin 135 000 euroa ja käyttöiäksi 12 000 tuntia. Jäännösarvon laskennassa poistomenetelmänä käytettiin 25 % menojäännös-poistoa. Tällöin peruskoneen laskennalliseksi jäännösarvoksi jäi 32 % hankintahinnasta. Koneistutuslaitteen verottomaksi hankintahinnaksi oletettiin 44 000 euroa ja käyttöiäksi 7 500 tuntia. Polttoaineen veroton kustannus oli 0,53 euroa/litra ja kuljettajan tuntipalkka 10 euroa. Istutuskoneen siirtokustannuksiksi oletettiin 1,00 euro/km + 19,00 euroa/siirto. Siirtoihin oletettiin kuluvan keskimäärin 10 % istutustyöhön käytetystä kokonaistyöajasta (vrt. Salo ja Uusitalo 2001).

Istutuskoneen tehotuntituottavuutena käytettiin 215 taimea, jonka arvioitiin vastaavan 195 taimen käyttötuntituottavuutta. Tuottavuusluku perustuu normaalikivisillä ja hakkuutähteet sisältävillä istutuskohteilla tehtyihin työntutkimuksiin (Saarinen 2004). Työn tuottavuuden oletettiin pysyvän samansuuruisena käytetyillä istutustiheyksillä. Investointilaskelmissa sijoitetun kokonaispääoman minimituottovaatimukseksi asetettiin 10 %. Se vastaa likimain Kärhän (2004), Saviahon (2006) ja

Turkulaisen (2006) havaintoja metsäkone- ja maanrakennusyritysten sijoitetun kokonaispääoman mediaanituotoista.

Investointilaskennan tavoitteena oli löytää istutuskoneen edellyttämät vuotuiset minimityömäärät erilaisissa toimintaolosuhteissa. Laskentamenetelmänä käytettiin annuiteettimenetelmää, jossa investoinnin hankintameno jaetaan pitoaikaa vastaaville vuosille yhtä suuriksi koron ja pääoman kuoletuksen sisältäviksi vuosieriksi eli annuiteeteiksi (Neilimo ja Uusi-Rauva 2002). Tässä tutkimuksessa investointi koostui peruskoneen ja koneistutuslaitteen hankinnasta. Kaikki muut istutustyöstä sekä koneiden käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvat kustannukset luokiteltiin muuttuviin kustannuksiin. Investointi täyttää sille asetetun laskentakorkokannan mukaisen minimituottovaatimuksen, jos vuotuiset nettotuotot ovat vähintään annuiteetin suuruiset (Neilimo ja Uusi-Rauva 2002). Taimikohtaisella istutustaksalla urakoitaessa vuotuiset nettotuotot kertyvät istutetun taimimäärän mukaan. Tuloksissa esitettyjä vuotuisia istutuspinta-aloja suuremmilla istutusmäärillä investoinnin kannattavuus paranee.

Istutuskoneinvestoinnin kannattavuuden edellytyksiä (nettotuottoja) tarkasteltiin katetuottolaskennalla. Katetuotto saadaan, kun istutustaksasta vähennetään istutustyön muuttuvat kustannukset (kaava 1). Katetuotto-% kertoo katetuoton osuuden istutustaksasta. Katetuotolla on pystyttävä katamaan yrityksen kiinteät kustannukset (kaava 2).

$$\text{Myyntituotot} - \text{Muuttuvat kustannukset} = \text{Katetuotto (nettotuotto)} \quad (1)$$

$$\text{Katetuotto} - \text{Kiinteät kustannukset (annuiteetti)} = \text{Tulos} \quad (2)$$

Tutkimuksessa oletettiin, että peruskoneella tehdään töitä ympäri vuoden. Tällöin istutustyölle kohdistetut peruskoneen pääomakustannukset ovat suoraan verrannolliset istutustyön osuuteen vuotuisesta työajasta. *Peruslaskelmana (lihavoidut solut taulukoissa 3–6) esitetään tulokset, joissa istutustyölle on kohdistettu 40 % peruskoneen pääomakustannuksista. Peruslaskelmassa koneistutuksen osuus kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista oli 5 % ja keskimääräinen istutustiheys 1 800 taimea/hehtaari. Lisäksi selvitettiin herkkyyksianalyysillä istutustyölle kohdistettujen*

peruskoneen pääomakustannusten, keskimääräisen istutustiheyden, istutustaksan, istutustyölle asetetun katetuottovaatimuksen ja koneistutuksen osuuden vaikutukset taloudellisesti kannattavan koneistutusinvestoinnin edellyttämään vuotuisen istutuspinta-alan. Istutuskoneen minimitoimintasäde laskettiin vuosittain vaadittavan istutuspinta-alan ja istutuskohteiden maantieteellisen tiheyden perusteella. Istutuskoneen tarve laskettiin istutuskoneen vuosikapasiteetin ja alueittaisten istutuspinta-alojen perusteella.

3 Tulokset

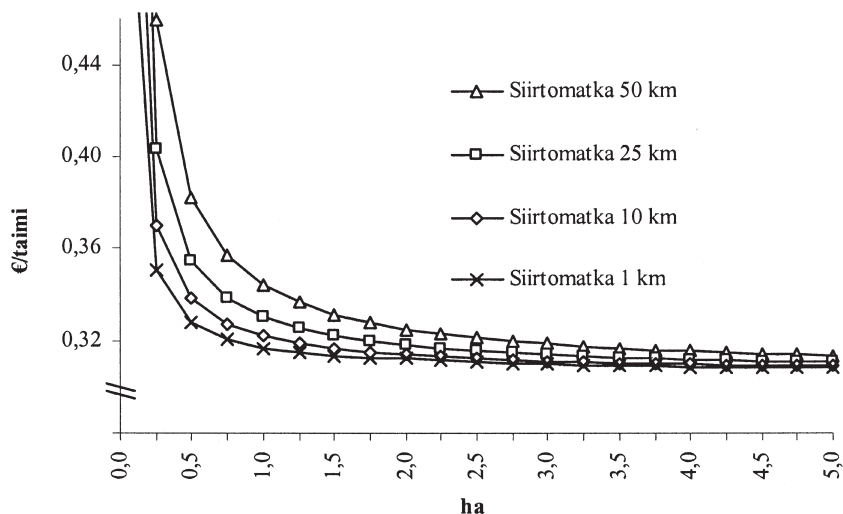
Koneistutuskohteiden osuuden kasvaminen pienensi kohteiden välistä keskimääräistä etäisyyttä (taulukko 1). Kun 90 % kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista tehtiin istutuskoneella, keskimääräinen siirtomatka oli 9,9 km lyhyempi kuin tilanteessa, jossa vain 5 % istutuskohteista istutettiin koneellisesti.

Istutuskoneen käyttötuntikustannukseksi laskettiin 58,30 euroa, kun 40 % peruskoneen käytöstä kohdistettiin istutustyölle. Ilman peruskoneen pääomakustannuksia käyttötuntikustannus oli 47,10 euroa. Koneistutuksen yksikkökustannukset yksittäisellä istutuskohteella nousivat siirtomatkan pidentyessä ja istutuspinta-alan pienentyessä. Siirtomatkan pitenemisen aiheuttama kustannusten nousu korostui istutuskohteen pinta-alan pienentyessä. Esimerkiksi 2,0 ha:n istutuskohteella siirtomatkan piteneminen 1 km:stä 50 km:iin nosti koneistutuksen yksikkökustannuksia 4,4 % kun vastaava nousu 1 ha:n istutuskohteella oli 8,6 % (kuva 1).

Peruslaskelmassa istutuskoneen vuosikapasiteettiä laskettiin 234 000 taimea perustuen 1 197 käyttötuntiin vuodessa. Tämä vastaa 130 ha:n istutuspinta-alaa istutustiheyden ollessa 1 800 taimea/ha.

Taulukko 1. Koneistutuskohteiden osuuden vaikutus kohteiden väliseen keskimääräiseen etäisyyteen.

	Koneistutuskohteiden osuus yli 0,75 ha:n istutuskohteista				
	90 %	50 %	25 %	10 %	5 %
Koneistutuskohteiden etäisyys toisistaan, km	4,6	5,6	7,3	10,9	14,5



Kuva 1. Yksittäisen istutuskohteen pinta-alan ja siirtomatkan vaikutus koneistutuksen verottomiin yksikkökustannuksiin. Kustannuksiin sisältyy 40 % peruskoneen pääomakustannuksista ja istutustiheys on 1 800 taimea/ha.

Taulukko 2. Istutuskoneen vuosikapasiteetti (ha/vuosi) eri istutustiheyksillä ja istutuskoneen erisuuruisilla osuuksilla peruskoneen vuosikäytöstä. Peruslaskelman luku on lihavoitu.

Istutustyön osuus peruskoneen käytöstä, %	Istutustiheys, taimea/ha		
	1600	1800	2000
20	73	65	58
30	110	97	88
40	146	130	117
50	183	162	146

Taulukon lukujen yksikkö on ha/vuosi.

Istutuskoneen kapasiteetin mukaiset vuotuiset maksimi-istutuspinta-alat on esitetty taulukossa 2.

Istutuskoneinvestoinnin edellyttämä vuotuinen istutuspinta-ala oli kääntäen verrannollinen keskimääräiseen istutustiheyteen. Istutustiheyden laskeminen 2 000 taimesta 1 800 taimeen hehtaarilla nosti pinta-alavaatimusta 11,1 % ja 1 600 taimeen 25,0 %. Peruslaskelmassa hehtaarikohtaisen istutustiheyden nostaminen 2 000 taimeen laski vuotuista pinta-alavaatimusta 12 ha, kun taimikohtainen istutustaksa oli 0,32 euroa (taulukko 3). Istutustaksalla oli suuri

Taulukko 3. Istutustaksan, istutustyölle kohdistettujen peruskoneen pääomakustannusten ja keskimääräisen istutustiheyden vaikutukset istutuskoneinvestointiin edellyttämiin vuotuisiin istutuspinta-aloihin. Laskennassa on oletettu, että 5 % kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista istutetaan koneellisesti. Peruslaskelman tulokset on lihavoitu. Harmaiden solujen hehtaarimäärät ovat istutuskoneen vuosikapasiteettia (ks. taulukko 2) pienemmät, ja siten mahdollista saavuttaa.

Istutustyön osuus peruskoneen käytöstä, %	Taksa, €/taimi (ei sis. alv:a)			
	0,28	0,30	0,32	0,34
Istutustiheys 1600 taimea/ha				
20	137	103	82	68
30	188	140	112	93
40	236	176	141	117
50	282	211	168	140
Istutustiheys 1800 taimea/ha				
20	122	91	73	60
30	167	125	99	83
40	210	157	125	104
50	251	187	149	124
Istutustiheys 2000 taimea/ha				
20	110	82	65	54
30	150	112	90	74
40	189	141	113	94
50	226	169	134	112

Taulukon lukujen yksikkö on ha/vuosi.

Taulukko 4. Istutustaksan ja koneistutuskohteiden osuuden (%) vaikutukset taloudellisesti kannattavan istutuskoneinvestoinnin edellyttämiin vuotuisiin istutuspinnoihin. Laskennassa peruskoneen pääomakustannuksista on kohdistettu istutustyölle 40 % ja keskimääräiseksi istutustiheydeksi oletettu 1 800 taimea/ha. Peruslaskelman tulokset on lihavoitu. Harmaiden solujen hehtaarinmäärät ovat istutuskoneen vuosikapasiteettia (ks. taulukko 2) pienemmät.

Koneistutuskohteiden osuus kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista ^{a)}	Taksa, €/taimi (ei sis. alv:a)			
	0,28	0,30	0,32	0,34
5 %	210	157	125	104
10 %	206	155	124	103
25 %	202	152	122	102
50 %	201	151	122	102
90 %	200	151	121	101

Taulukon lukujen yksikkö on ha/vuosi.

^{a)} Jos kaikki (100 %) yli 0,75 ha:n istutuskohteet tehtäisiin koneella, sarakkeen luku kuvaisi koneistuttajan markkinaosuutta ko. alueella.

vaikutus vuosittaiseen istutuspinnoittamiseen etenkin matalammilla taksatasoilla. Esimerkiksi taksan lasku 0,32 eurosta/taimi 0,30 euroon/taimi nosti vuotuista pinta-alavaatimusta 25,6 % (taulukko 3). Kun istutustyön osuus peruskoneen käytöstä kasvoi, nousi vuosittain vaadittu istutuspinnoittamisen alakin. Istutustyön osuuden nousu 40 %:sta 50 %:iin peruskoneen vuotuisesta käytöstä nosti vuotuista istutuspinnoittamisen alavaatimusta 19,4 % (taulukko 3).

Koneistutuskohteiden osuudella ei ollut suurta vaikutusta istutuskoneinvestoinnin edellyttämään vuotuiseseen istutusmäärään (taulukko 4). Esimerkiksi taksan ollessa 0,32 euroa/taimi, koneellisen istutuksen osuuden nousu 5 %:sta 90 %:iin laski istutuskoneinvestoinnin edellyttämää vuotuista istutuspinnoittamisen alaa vain 3,2 %.

Peruslaskelmassa kannattava istutuskoneinvestointi edellytti vähintään 30,1 % katetuottovaatimusta. Katetuotto-%:n nousu vähensi kannattavan investoinnin edellyttämää vuotuista istutuspinnoittamisen alaa (taulukko 5). Esimerkiksi katetuotto-%:n nousu 25:sta 35:een laski vuosittain edellytettävää istutuspinnoittamisen alaa 38,1 % riippumatta istutustiheydestä tai istutustyön osuudesta peruskoneen vuosikäytössä (taulukko 5).

Erisuuruisista vuotuisista istutuspinnoittamisesta las-

Taulukko 5. Katetuotto-%:n, istutustiheyden ja istutustyölle kohdistettujen peruskoneen pääomakustannusten vaikutukset istutuskoneinvestoinnin edellyttämiin vuosittaisiin minimi-istutuspinnoittamiseen. Peruslaskelman tulokset on lihavoitu. Harmaiden solujen hehtaarinmäärät ovat istutuskoneen vuosikapasiteettia (ks. taulukko 2) pienemmät.

Istutustyön osuus peruskoneen käytöstä, %	Katetuotto-%		
	25	30	35
	Istutustiheys 1600 taimea/ha		
20	110	85	68
30	150	117	93
40	188	147	117
50	225	175	139
	Istutustiheys 1800 taimea/ha		
20	97	76	60
30	133	104	83
40	168	130	104
50	200	156	124
	Istutustiheys 2000 taimea/ha		
20	88	68	54
30	120	93	74
40	151	117	93
50	180	140	111

Taulukon lukujen yksikkö on ha/vuosi.

Taulukko 6. Vuosittain istutettavan istutuspinnoittamisen istutuskoneelta edellyttämä toimintasäde. Toimintasäde kuvaa sen ympyränmuotoisen alueen sädettä, minkä sisältä vaadittavat koneistutushehtaarit löytyivät.

Toimintasäde, km	Istutuspinnoittamisen ala, ha/vuosi					
	50	75	100	125	150	175
28	34	39	44	48	52	

kettiin istutuskoneelle teoreettiset toimintasäteet ympyränmuotoiselle toiminta-alueelle (taulukko 6). Peruslaskelmassa istutuskoneen vuosikapasiteetin mukainen 130 hehtaarin istutuspinnoittamisen ala edellytti 45 km toimintasädettä.

Tulevaisuuden istutuskoneen tarve arvioitiin kolmen metsäkeskuksen alueella istutuskoneen kapasiteetin ja vuoden 2004 istutuspinnoittamisen alojen perusteella. Kun puolet kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista oletettiin koneistutuskohteiksi, vaihteli istutuskoneen tarve

Taulukko 7. Arvio istutuskoneiden tarpeesta (kpl) metsäkeskusalueittain eri koneistutusosuuksilla. Laskennassa istutustiheys oli 1 800 taimea/hehtaari.

Koneistutuskohteiden osuus kaikista yli 0,75 ha:n istutuskohteista	P-Karjala	P-Savo	E-Savo
5 %	3	4	3
10 %	5	7	5
25 %	11	17	13
50 %	21	33	25
90 %	37	59	45

Taulukon kappalemäärät on laskettu istutuskoneen maksimikapasiteetin (162 ha/vuosi) mukaan, joten ne kertovat alueittaisen istutuskonetarpeen alarajan.

Pohjois-Karjalan 21 kappaleesta Pohjois-Savon 33 kappaleeseen (taulukko 7). Samoilla laskentaperiaatteilla koko Suomen istutuskonetarve olisi 225 istutuskonetta.

4 Tulosten tarkastelu

Tutkimusaineistossa istutuksen osuus metsänuudistamisen kokonaismäärästä vastasi hyvin Kinnusen (1993) esittämää kasvupaikkaluokitukseen perustuvaa istutuksen tavoiteosuutta. Kun uudistamistavan valinnan oletetaan jatkossakin perustuvan pääasiassa kasvupaikkaluokitukseen, on oletettavaa, että tulevaisuudessa suurimmat muutokset istutusmäärissä ja siten myös istutuskonetarpeessa aiheutuvat muutoksista metsänuudistamisen kokonaismäärässä.

Investointilaskentaan on olemassa useita eri menetelmiä, jotka tarkastelevat investointia eri näkökulmista (Honko 1979, Neilimo ja Uusi-Rauva 2002, Bright 2004). Tässä tutkimuksessa investointipäättökseen tekemistä lähestyttiin vuosittain vaadittavien vakiosuuruisten nettotuottojen näkökulmasta. Käytetty annuiteettimenetelmä soveltuu hyvin tämän kaltaisiin investointilaskelmiin, joissa vuotuisten nettotuottojen vaihtelu on vähäistä tai sitä ei ole. Menetelmävalinnan lisäksi investointilaskennan lopputulokseen vaikuttavat laskentaparametrien, kuten pääomakustannusten ja muuttuvien kustannusten, määrittämistekniikat (Price 1989, Bright 2004). Esimerkiksi peruskoneen hallinto- ja vakuutus kustannukset voidaan tulkita joko kiinteiksi tai muuttaviksi

kustannuksiksi, mikä on otettava huomioon mm. katetuottolaskelmien tulkinnessa. Myös kustannusten ja tuottojen jaksottamisessa käytetty aikajänne voi vaikuttaa investointilaskelman lopputulokseen (Bright 2004).

Peruskoneen kustannusten kohdistamisella on yleensä suuri vaikutus tämänkaltaisten investointilaskelmien lopputulokseen. Koneistutuslaiteinvestointia suunnittelevalla yrityksellä saattaa olla peruskone jo ennestään, jolloin ei yleensä ole perusteltua käyttää investointilaskelmissa uuden peruskoneen mukaisia pääomakustannuksia. Kustannuseroa uuden ja käytetyn peruskoneen välillä kuitenkin tasapainottaa se, että koneiden muuttuvat kustannukset yleensä nousevat iän myötä, kun taas pääomakustannukset ovat vanhalla koneella vastaavaa uutta konetta pienemmät (Bright 2004). Tämän tutkimuksen tuloksia sovellettaessa on syytä kiinnittää huomiota taulukoissa esitettyjen absoluuttisten hehtaari- ja euromäärien lisäksi niiden suhteellisiin muutoksiin olosuhdetekijöiden muuttuessa. Edellä esitetystä investointilaskennan problematiikasta johtuen tuloksia ei pidä tulkita taksa- tai työmääräsuosituksiksi.

Tässä tutkimuksessa yksikkökustannusten laskennan perusteena käytetty 195 taimen käyttötuntituottavuus oli suurempi kuin Arnkilin (1997) ja Rummukaisen ym. (2002) tutkimuksissa. Näiden tutkimusten työn tuottavuudet parhaiten koneistutukseen soveltuvilla kohteilla ja parhailla konekuseilla olivat kuitenkin varsin lähellä tässä tutkimuksessa käytettyä tuottavuuslukua. Korkeamman työn tuottavuuden käyttöä voidaan perustella myös hakkuutähtien korjuun yleistymisellä. Hakkuutähtien korjuun on todettu nostavan esimerkiksi Bracken työn tuottavuutta lähes 20 % (Saarinen 2004). Toisaalta Hofsten (1993) raportoi selvästi tässä tutkimuksessa käytettyä suuremmista työn tuottavuuksista. Yhtenä selityksenä tuottavuuden vaihtelulle on pidetty eroja käytetyssä istutustiheydessä. Asiasta ei kuitenkaan ole tutkimusnäyttöä tässä tutkimuksessa käytetyillä metsänviljelytiheyksillä. Jos istutustiheyden nousu parantaa tuottavuutta, laskee se kannattavan istutuskoneinvestoinnin edellyttämää istutus-pinta-alaa hieman tässä esitettyä enemmän.

Istutuskohteiden keskimääräisen pinta-alan kasvaminen vähentää siirtojen määrää ja lisää siten varsinaisen istutustyön osuutta kokonaistyöajasta. Tässä tutkimuksessa käytetty 1,77 hehtaarin keski-

määräinen istutuskohteen pinta-ala on tyypillinen suomalaisissa yksityismetsissä. Suuremmilla istutuskohteilla vastaava kustannustaso saavutetaan matalammalla työn tuottavuudella. Istutuskohteen keskimääräisen pinta-alan kasvaessa istutuskoneinvestoinnin edellyttämä vuotuinen istutuspinta-ala on vastaavasti hieman tässä tutkimuksessa esitettyä pienempi. Tutkimuksessa esitetyt siirtomatkat perustuivat alueyrittäjyyspohjaiseen toimintamalliin, jossa istutuskohteen ketjutus oli organisoitu siirtomatkojen kannalta optimaalisesti. Käytännössä siirtomatkat ovat tässä esitetyjä pidempiä, koska istutuskohteen optimaalinen ketjutus ei yleensä ole mahdollista istutusajankohtaan liittyvistä rajoitteista johtuen. Lisäksi poikkeamaa optimaalisista siirtokustannuksista aiheuttaa se, että käytännössä koneyrittäjän markkinaosuus tietyllä maantieteellisellä alueella on vain harvoin 100 %. Siirtokustannusten osuus koneistutuksen yksikkökustannuksista oli peruslaskelmassa kuitenkin keskimäärin vain 6,1 %, joten pienet muutokset siirtokustannuksissa eivät muuta tutkimuksen tuloksia merkittävästi.

Istutuskoneinvestoinnin taloudellisen onnistumisen edellytyksenä on, tässä tutkimuksessa esitettyjen istutuspinta-alojen ja katetuottoprosenttien lisäksi, että istutustyössä tarvittavalle peruskoneelle löytyy muuta taloudellista hyötykäyttöä istutuskauden ulkopuolella. Yksi ratkaisu voisi olla saman peruskoneen käyttö kesäaikaan koneistutuksessa ja talviaikana suometsien puunkorjuussa. Eräiden skenaarioiden mukaan Suomen suometsistä korjattava puumäärä voi kaksinkertaistua nykyisestä alle 10 miljoonasta kuutiometristä seuraavien 15 vuoden aikana (Penttilä ym. 2000). Jos tästä 10 miljoonan kuutiometrin lisäyksestä puolet hakattaisiin kaivinkonealustaisilla hakkuukoneilla talviaikaan, tarvittaisiin siihen arviolta 280 kaivinkonetta (vrt. Niemi ym. 2002). Jotta kaivinkonealustainen hakkuukone olisi kilpailukykyinen, vaatii se lisätyötä talvelle ajoittuvan hakkuukauden ulkopuolella (Väätäinen ym. 2004). Tällöin saman peruskoneen hyödyntäminen sekä koneellisessa istutuksessa että suometsien puunkorjuussa voisi tarjota mahdollisuuden molempien investointien kannattavuuden parantamiseen. Vastaavalla kaivinkonemäärällä voitaisiin kesäaikaan istuttaa arviolta 60 % Suomen yli 0,75 ha:n istutuskohteen pinta-alasta.

Alueurakointiin perustuvan metsätöiden organi-

sointimallin suunnittelussa yhtenä taustatekijänä oleva hakkuukoneen toimintasäde on hieman istutuskoneelta edellytettävää optimaalista toimintasädettä suurempi (vrt. Mäkinen 1997, Niemi ym. 2002). Käytännössä istutuskone vaatinee tässä tutkimuksessa esitettyä laajemman toimintasäteen, koska samalla maantieteellisellä alueella voi toimia useita eri istutuskoneita. Maantieteellisesti tarkasteltuna koneellinen istutus näyttäisi joka tapauksessa soveltuvan hyvin osaksi puunkorjuuseen perustuvaa alueurakointimallia, jossa aluevastuullinen yrittäjä vastaisi myös tietyllä alueella tapahtuvan istutustyön organisoinnista.

Kirjallisuus

- Aarne, M. 2005. Metsäsektorin työvoima. Julkaisussa: Peltola, A. (toim.). Metsätalastollinen vuosikirja 2005. s. 221–248.
- Ala-Fossi, A., Sikanen, L. & Asikainen, A. 2005. Yrittäjien asenteet ja valmiudet alueyrittäjyyteen. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). Kehittyvä puuhuolto 2005 -seminaarijulkaisu. s. 60–65.
- Arctview network analyst: optimum routing, closest facility and service area analysis. 1996. ESRI Oy. 74 s.
- Arnkil, R. 1997. Bräcke Planter- ja Ilves-istutuskoneiden tuottavuus ja työjälki metsänistutuksessa. Metsäteknologian pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. 51 s.
- & Hämäläinen, J. 1995. Bräcke Planter- ja Ilves-istutuskoneiden tuottavuus ja työjälki. Metsätehon katsaus 1. 9 s.
- Aulin, K. 2002. Koneellinen istutus läpi kasvukauden: kuusen taimien maastomenestyminen ja istutustyön laatu. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusyksikkö. 54 s.
- Autoilijan tiekartta. 2006. [Verkkodokumentti]. AffectoGenimap. Saatavissa: <http://www.affectogenimap.fi/AffectoGenimap/index.jsp?folder=1&subfolder=3&subsubfolder=11&document=83>. [Viitattu 6.6.2006].
- Bracke P11.a planter. 2006. [Verkkodokumentti]. Bracke Group. Saatavissa: <http://www.brackegroup.se/app/projects/bracke/images/P11sv.pdf>. [Viitattu 6.6.2006].
- Bright, G. 2004. Calculating costs and charges for forest machinery use. *Forestry* 77(2): 75–84.

- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Tekesin teknologiaohjelmaraaportti 5. 134 s.
- Harstela, P. 2000. Eteneekö istutuksen koneellistaminen? *Koneyrittäjä* 8: 30–31.
- 2004. Kustannustehokas metsänhoito. Gravita Ky. 126 s.
- Heiskanen, J. & Viiri, H. 2005. Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22: 154–161.
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2002a. Kesällä istutettavien, kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys ja maastomenestyminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 547–558.
- , Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. 2002b. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 218–224.
- , Luoranen, J. & Rikala, R. 2005. Physiological and morphological responses of dormant and growing Norway spruce container seedlings to drought after planting. *Annals of Forest Science* 62: 201–207.
- von Hofsten, H. 1993. Hög kvalitet även på högkvaliteten med Öje-Planter. *Skogforsk, Resultat* 3. 4 s.
- Honko, J. 1979. Investointien suunnittelu ja tarkkailu. *WSOY*. 263 s.
- Högnäs, T. & Vuorenpää, T. 2004. Laajavastuinen urakointi – tietotekniikan kehittämisen haaste? *Metsäteho* 2: 3–5.
- Jaakkola, S. 2003. Alueyrittäjyyden uhat ja mahdollisuudet. *Koneyrittäjä* 8: 15–16.
- Jeness, J. 2004. Nearest features. [Verkkodokumentti]. Jenness Enterprises. Saatavissa: http://www.jenessent.com/arcview/nearest_features.htm. [Viitattu 6.6.2006].
- 2005. Random points. [Verkkodokumentti]. Jenness Enterprises. Saatavissa: http://www.jenessent.com/arcview/random_points.htm. [Viitattu 6.6.2006].
- Kaila, S. 2005. Metsänhoitotöiden koneellistamisedytykset. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). *Kehittyvä puuhuolto 2005 -seminarijulkaisu*. s. 41–48.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvä ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- Koho, R., Hänninen, H., Karppinen, H. & Ovaskainen, V. 2004. Omatoimisuus metsätaloudessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 912. 41 s.
- Kärhä, K. 2004. Metsäkoneyritysten kannattavuus 1999–2002. *Metsätehon katsaus* 5. 4 s.
- Luoranen, J. & Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. *Metsäntutkimuslaitos*. 108 s.
- & Saarinen, V-M. 2004. Koneellinen istutus ja sen onnistuminen. *Taimiuutiset* 2: 17–21.
- , Rikala, R., Konttinen, K. & Smolander, H. 2005. Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedlings to early summer. *Silva Fennica* 39(4): 481–496.
- , Rikala, R., Konttinen, K. & Smolander, H. 2006. Summer planting of *Picea abies* container-grown seedlings: effects of planting date on survival, height growth and root egress. *Käsikirjoitus*.
- Mäkinen, P. 1997. Success factors for forest machine entrepreneurs. *Journal of Forest Engineering* 8(2): 27–35.
- Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2002. *Johdon laskentatoimi*. 4. painos. Edita Prima Oy. 312 s.
- Niemi, S., Finér, L., Laukkanen, H., Nousiainen, M., Siikanen, L. & Väättäin, K. (toim.). 2002. *Suometsät – tulevaisuuden tukkipuustot*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 830. 73 s.
- Niskanen, A. (toim.). 2005. *Menestyvä metsäala ja tulevaisuuden haasteet*. *Metsäalan tulevaisuusfoorumi*. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 118 s.
- Peltola, A. *Metsien hoito*. Julkaisussa: Peltola, A. (toim.). *Metsätalastollinen vuosikirja 2005*. *Metsäntutkimuslaitos*. s. 103–151.
- Penttilä, T., Hökkä, H., Laiho, R. 2000. Harvennusten ekologiset perusteet ja tuotosvaikutukset ojitetuilla rämeillä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000: 292–296.
- Perkiö-Mäkelä, M., Rytönen, H., Laulainen, S., Peurala, M. & Penttinen, J. 2001. Metsurien ja metsäkoneenkuljettajien ammatissa pysymiseen vaikuttavat tekijät. *LEL työeläkekassan julkaisuja* 38. 77 s.
- Price, C. 1989. *The theory and application of forest economics*. Basil Blackwell Oy. 402 s.
- Rikala, R. 2002. *Metsätaimiopas – taimien valinta ja käsittely tarhalta uudistusalalle*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 881. 107 s.
- Rummukainen, A., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. *Ilves- ja Bräcke-istutuskoneet – tuottavuus, työnjälki ja kustannukset*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 857. 75 s.
- Saarinen, V-M. 2004. Productivity and quality of work with Bräcke and Ecoplanter planting machines. Julkaisussa: Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen,

- H. (toim.). NSR Conference on forest operations 2004 -konferenssijulkaisu. *Silva Carelica* 45. s. 57–63.
- Saksa, T., Heiskanen, J., Miina, J., Tuomola, J. & Kolström, T. 2005. Multilevel modelling of height growth in young Norway spruce plantations in southern Finland. *Silva Fennica* 39(1): 143–153.
- Salo, T. & Uusitalo, U. 2001. Ensiharvennuskannan tehdashinnan kustannusrakenne. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja 127. 53 s.
- Saviaho, A. 2006. Puunkorjuun toimialatilasto vuodelta 2004: liikevaihdot nousivat – kannattavuus heikkeni hieman. *Koneyrittäjä* 1: 46–48.
- Turkulainen, P. 2006. Maanrakennuksen toimialatilasto 2004: yritykset kasvussa – kannattavuus hyvä. *Koneyrittäjä* 1: 50–52.
- Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003–2006. 2003. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 5. 56 s.
- Vartiamaäki, T. 2003. Koneellinen metsänistutus vuonna 2003. *Metsätehon raportti* 154. 14 s.
- Väättäinen, K., Sikanen, L. & Asikainen, A. 2004. Feasibility of excavator-based harvester in thinnings of peatland forests. *International Journal of Forest Engineering* 15 (2): 103–111.
- Åhnlund, J. 1995. Mekaniserad plantering med ECO-Planter 2000 – en prestationstudie samt systemjämförelse med *Silva Nova* och manuell plantering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Studentuppsatser 29. 49 s.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. 1990. Site preparation: a Swedish overview. Canada – BC Forest Resource Development Agreement (FRDA) Report 105. 61 s.

50 viitettä