

Lehtipuiden kantojen vesominen lannoituksen jälkeen

Abstract: Stump sprouting in an *Alnus-Betula-Salix* stand following fertilization

Pekka Rossi & Risto Rikala

Lehtipuiden kantojen vesominen lannoituksen jälkeen

Abstract: Stump sprouting in an *Alnus-Betula-Salix* stand following fertilization

Pekka Rossi & Risto Rikala

Metsäntutkimuslaitos
Metsänkasvatuksen tutkimusosasto/Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki 1992

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 425

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 425. 22 s. ISBN 951-40-1241-0, ISSN 0358-4283.

Lannoituksen ja kannon läpimitan, korkeuden ja kaatopinnan eheyden vaikutusta lepän, koivun ja pajun kantojen vesomiseen tutkittiin mustikka- ja käenkaali-mustikkatyypin kasvupaikoilla. Lehtipuusto kaadettiin ja koealat lannoitettiin syys-lokakuussa. Vesomistulos inventoitiin kahden kasvukauden kuluttua hakkuusta ja lannoituksesta. Lannoitteiden suuri kokonaismäärä ilmeisesti alensi vesoneiden kantojen osuutta. Lannoitus lisäsi hieman pajun vesojen kasvua, mutta ei vaikuttanut lepän ja koivun vesojen kasvuun. Koivun vesominen voimistui 7 cm:n kantoläpimitaan saakka, jota kookkaampia kantoja oli aineistossa kovin vähän; vesoja oli eniten matalissa kannoissa, joissa vesat olivat myös pisimpiä. Pajun vesominen voimistui 3 cm:n kantoläpimitään kannon korkeuden lisäessä vesojen kasvua. Käenkaali-mustikkatyypin kasvupaikalla suuri kantoläpimitä edisti lepän vesomista; mustikkatyypillä läpimitä ei vaikuttanut vesomistulokseen. Matalimmat lepän kannot vesoivat heikoimmin. Ehjä kaatopinta edisti lievästi vesomista.

Avainsanat: leppä, koivu, paju, kannot, vesominen, lannoitus

The effect of fertilization and diameter, height and the evenness of the cut surface of stumps on sprouting of alder, birch and willow was studied on two sites: *Myrtillus* Type and more fertile *Oxalis-Myrtillus* Type. The trees were cut in September and fertilizers (1. unfertilized, 2. N 193 kg/ha + P 87 kg/ha + K 174 kg/ha + micronutrients, 3. as treatment 2 but without N) broadcast in the plots in October. The sprouting was recorded after two growing seasons. The high total amount of fertilizers probably reduced the proportion of sprouted stumps. Fertilization slightly increased the growth of willow sprouts but did not influence the growth of alder and birch sprouts. The sprouting of birch increased with the stump diameter at least up to 7 cm. Low stumps produced the highest numbers of sprouts which were the tallest, too. The sprouting of willow increased with the stump diameter up to 3 cm; the tallest sprouts were found on the highest stumps. Large stump diameter promoted the sprouting of alder on *Oxalis-Myrtillus* Type; on *Myrtillus* Type the influence of diameter was nil. The lowest alder stumps produced the fewest sprouts. An even cut surface promoted sprouting slightly.

Key words: *Alnus*, *Betula*, *Salix*, coppicing, stumps, sprouting, fertilization

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki. Puhelin 979-513811. Fax 979-513068.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; hanke 3043. Hyväksynyt: tutkimusjohtaja Jari Parviainen.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki. Puhelin 979-513811. Fax 979-513068.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	5
	2.1 Koealue ja lannoituskäsittely	5
	2.2 Mittaukset ja aineiston käsittely	6
	2.3 Maan ominaisuudet	7
	2.4 Kannot ja pintakasvillisuus	8
3	TULOKSET	9
	3.1 Vesomisprosentti	9
	3.2 Vesojen lukumäärä ja korkeus	11
4	TULOSTEN TARKASTELU	16
	4.1 Kasvillisuuden, kasvualustan ja lannoituksen vaikutus vesomiseen	16
	4.2 Kantotunnusten vaikutus vesomiseen	17
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	19
	KIRJALLISUUS	20

1 JOHDANTO

Lehtipuiden kantojen vesomista on Suomessa pidetty metsänhoidon kannalta yleensä haitallisena ilmiönä. Useimpien kotimaisten selvitysten tarkoituksena onkin ollut löytää keinoja vesomisen estämiseksi (esim. Etholén 1974). Ilvessalo (1930) ja Kalela (1961) ovat antaneet neuvoja vesomista vähentävään lehtipuiden käsittelyyn. Päinvastaisia ohjeita, joiden tarkoitus on ollut edistää kantojen vesatuotantoa, on esittänyt mm. Barth (1949). Lehtipuiden vesomiskykyä on käytetty hyväksi vesametsän kasvatuksessa (vrt. Heikinheimo 1915 ja 1948, Mikola 1942) ja pajunvesojen tuottamisessa korinpunontaa varten (Nordberg 1930). Soille on jopa suositettu vesauudistamiseen perustuvaa koivunkasvatusta hieskoivun (*Betula pubescens* Ehrh.) voimakkaan vesomisen vuoksi (Borg 1926).

Eri puulajien vesomista on maassamme selvittänyt mm. Heikinheimo (1915). Myöhemmin julkaistut tutkimukset ovat koskeneet enimmäkseen koivujen vesomista (esim. Mikola 1942, Ferm & Kauppi 1990). Opinnäytetöissä on selvitelty koivun (Leikola & Mustanoja 1961) lisäksi sekä lepän (Aarnio & Lipsanen 1963) että muidenkin lehtipuiden kantojen vesomista (Kaitainen & Kilkki 1960). Kiinnostus puiden lyhytkiertoviljelyä kohtaan on aiheuttanut sen, että esim. Kansainvälisen Energiajärjestön (IEA) aloitteesta puiden vesomisen biologiaa on selvitetty melko paljon (Blake & Raitanen 1981, Blake 1983, Ferm & Kauppi 1990).

Puun tyvellä sijaitsevat uinuvat silmut pysyttelevät välittömästi kuoren alla puun paksuuskasvusta huolimatta. Kasvaessaan näin pituutta silmut voivat samalla haarautua, minkä seurauksena paksuihin kantoihin ilmestyy aluksi runsaasti vesoja (Kramer & Kozlowski 1960). Hieskoivun on meillä todettu muodostavan tällaisia silmuryhmiä (Kauppi ym. 1987). Kuitenkin koivujen (Mikola 1942, Leikola & Mustanoja 1961, Ferm ym. 1985) kuten myös lepän (Kaitainen & Kilkki 1960) vesomistulos on heikentynyt kannon läpimitan ylitettyä 10–12 cm. Puiden kaatamisen mahdollisimman alhaalta on sanottu edistävän kantojen vesomista (esim. Barth 1949). Vesomisen estämiseksi on puolestaan suositettu pitkien kantojen jättämistä (esim. Ilvessalo 1930, Kalela 1961), mutta päinvastaisiakin tuloksia on saatu (Aarnio & Lipsanen 1963, Johansson 1987).

Lannoituksen ei ole todettu vaikuttavan kantovesojen lukumäärään, ja sen vaikutus vesojen kasvuun on vaihdellut puulajeittain kasvupaikan mukaan (Mroz ym. 1985). Suomessa ei ole julkaistu tuloksia lannoituksen merkityksestä luontaisesti syntyneiden lehtipuiden kasvullisessa uudistumisessa.

Tässä tutkimuksessa mielenkiinnon kohteena on, voidaanko voimakkaalla ravinnelisäyksellä edistää nuoren, luontaisesti syntyneen lehtipuuston kasvullista uudistumista hakkuun jälkeen ja mikä on kantotunnusten vaikutus harmaalepän (*Alnus incana* (L.) Moench), pajun (*Salix* L.) ja koivun (*Betula* L.) kantojen vesomiseen.

Kokeen lannoitukset suunnitteli ja toteutti Kemira Oy. Maastotyöt tehtiin Kemira Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä. Maastomittauksista vastasi mtt Hannu Koivunen. MMT Ari Ferm ja MMT Heikki Smolander tutustuivat käsikirjoitukseen ja esittivät rakentavaa kritiikkiä. Ph.D. Tarja Lehto tarkasti abstractin kieliasun. Heille parhaat kiitoksemme.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Koealue ja lannoituskäsittelyt

Koealue sijaitsi Siilinjärvellä Kemira Oy:n omistamalla Kuuslahti-nimisellä tilalla (27° 45' 09" E, 63° 08' 13" N, 140 m mpy) kivisellä metsämaalla, jolla aiemmin on kasvanut harvahkoa kuusikkoa. Kuusikon hakkuun jälkeen alueen olivat vallanneet leppä, koivu ja paju, jotka kaadettiin raivaussahalla ja haketettiin syys-lokakuussa. Tämä kaatoajankohta on todettu edulliseksi mainittujen puulajien kantojen vesomiselle (Heikinheimo 1930, Ferm & Issakainen 1981, Hytönen 1985).

Aluelle muodostettiin kaksi erillistä lohkoa, jotka edustivat kuivahkoa mustikkatyypin, MT (lohko A) ja kosteahkoa käenkaali-mustikatyyppin, OMT (lohko B) kasvupaikkaa. Kumpaankin lohkoon paalutettiin 15 koealaa, suuruudeltaan 15 m x 15 m, joten kokeeseen kuului yhteensä 30 koealaa. Kolme lannoituskäsittelyä toistettiin molemmissa lohkoissa satunnaisesti arvottuina viisi kertaa. Lannoitteet levitettiin hakkuun ja koealojen paalutuksen jälkeen syksyllä. Lannoituskäsittelyt olivat seuraavat:

1. Kontrolli, lannoittamaton
2. Oulunsalpietari (N 27,5 %) 700 kg/ha
Superfosfaatti (P 8,7 %) 1000 kg/ha
Kalisuola (K 49,8 %) 350 kg/ha
Hivenseos (B 1,1 %; Cu 12,8 %; Mn 5,5 %;
Fe 9,8 %; Zn 5,5 %; Mo 1,4 %; Na 0,7 %) 200 kg/ha
3. Kuten käsittely 2, mutta ilman oulunsalpietaria

2.2 Mittaukset ja aineiston käsittely

Kannot luettiin seuraavana keväänä ennen kasvukauden alkamista jokaiselta koealalta läpimittaluokittain 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen tasavälein sijoitetuilta 3 m leveiltä kaistoilta, joiden yhteispinta-ala oli puolet koealan pinta-alasta. Tuolloin määritettiin kahdeksasta kunkin läpimittaluokan satunnaisesti valitusta kannosta puun ikä.

Syksyllä kahden vuoden kuluttua hakkuusta inventoitiin koealoilta kaikki vesat puulajeittain. Kantovesoiksi luokiteltiin tyvi- ja kantovesat (Mikola 1942). Muiden kuin kantovesojen syntytapaa ei määritetty tarkemmin, mutta niitä kutsutaan tässä tutkimuksessa juurivesoiksi. Rehevän pintakasvillisuuden vuoksi lepän siementaimia oli todennäköisesti vähän. Kotimaisissa tutkimuksissa ei ole tavattu koivun juurivesoja (Mikola 1942), eivätkä eurooppalaiset pajutkaan muodosta niitä (Chmelar & Meusel 1976). Jotta vältettäisiin siemensyntyisten koivun ja pajun taimien joutuminen aineistoon, otettiin näistä puulajeista huomioon vain selvästi kannosta lähtevät vesat. Kaikista vesoneista kannoista mitattiin puulajeittain kantojen korkeus (cm) ja läpimitta (cm) sekä arvioitiin kannon kaatopinnan eheys eli sileän pinnan osuus (%) koko kaatopinnasta. Kannoittain laskettiin vesojen lukumäärä (kpl) ja määritettiin silmävaraisesti vesojen keskikorkeus, joka mitattiin dm:n tarkkuudella. Tästä käytetään nimitystä tuppaan korkeus. Juurivesoiksi luokiteltujen yksittäisten lepän vesojen pituus (dm) mitattiin.

Pintakasvillisuus arvioitiin silmävaraisesti elokuun puolivälissä. Tuolloin määritettiin koealoittain kolme peittäväntä kasvisukua ja arvioitiin niiden kasvustojen korkeus (cm) ja peittävyys (%).

Hakkuun jälkeen, ennen lannoitusta, otettiin kaikista koealoista maanäytteet 20 cm:n syvyyteen. Kukin näyte koostui viidestä systemaattisesti koealan eri osista otetusta osanäytteestä. Näytteitä otettaessa erotettiin humuskerros ja kivennäismaa toisistaan. Niistä analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä maalaji, happamuus, johtoluku, kokonaistyppi, vaihtuvassa muodossa olevat kalsium, kalium, magnesium ja mangaani, helppoliukoinen fosfori, vesiliukoinen boori ja happoliukoinen kupari (Kurki 1982).

Lannoituskäsittelyjen vaikutuksien tutkimista varten vesa-aineisto yhdistettiin koealoittain keskiarvoiksi. Myös maaperän ravinnepitoisuuksien ja vesomisen välistä riippuvuutta laskettaessa käytettiin näitä keskiarvoja.

Lannoituskäsittelyjen vaikutusten erojen testaamisessa käytettiin joko yksisuuntaista (käsittelyt) tai kaksisuuntaista (käsittelyt ja lohkot) varianssianalyysiä. Keskiarvojen

pareittainen vertailu perustui Tukeyn testiin. Vesomisprosentista käytettiin testissä arcsinmuunnoksella saatuja arvoja. Keskiarvojen erojen merkitsevyys lohkojen välillä testattiin t-testillä. Pajua ei ollut lohkon A kaikilla koealoilla, joten lannoituskäsittelyjen väliset varianssianalyysit laskettiin yksisuuntaisina lohkon B sisällä. Selvitettäessä kantotunnusten vaikutusta vesomiseen aineistoa ryhmiteltiin kannon läpimitan, korkeuden ja kaatopinnan eheyden mukaan yhdysvaikutusten minimoimiseksi. Ryhmittelyt on selitetty kunkin tapauksen yhteydessä. Riippuvuuksien laskennassa käytettiin lineaarista korrelaatio- ja regressioanalyysiä. Tilastolliset analyysit tehtiin SYSTAT-ohjelmapaketilla (Wilkinson 1989).

2.3 Maan ominaisuudet

Humuskerroksen maalaji oli yleensä joko hiekkaista multamaata tai hiesu- ja hietamoreenia, jonka humuspitoisuus oli 10–20 %. Kivennäismaa oli hiesu-hietamoreenia ja hiesua, jonka humuspitoisuus oli 3–6 %.

Ennen lannoitusta A-lohko vastasi happamuudeltaan keskimääräistä mustikkatyyppeä ja B-lohko käenkaali-mustikkatyyppeä (Urvas & Erviö 1974) (taulukko 1). Sekä humuskerroksen että kivennäismaan kalsiumpitoisuudet olivat molemmilla lohkoilla kuitenkin vain puolet ja kaliumpitoisuudet 20–40 % MT:n ja OMT:n keskimääräisistä pitoisuuksista vastaten lähinnä kanervatyypin (CT) arvoja (Urvas & Erviö 1974). Koealue sijaitsee Siilinjärven laajan apatiittiesiintymän läheisyydessä (Aurola 1964). Fosforipitoisuudet olivatkin humuskerroksessa lähes kaksinkertaiset ja kivennäismaassa lähes kymmenkertaiset keskimääräisiin MT:n ja OMT:n pitoisuuksiin verrattuina (Urvas & Erviö 1974). Koelohkojen kalium- ja kalsiumpitoisuudet poikkesivat kuitenkin vain vähän Tammisen (1991) mittaamista MT:n ja OMT:n kivennäismaan pitoisuuksista, mutta fosforipitoisuudet olivat moninkertaiset myös Tammisen (1991) mittaamiin pitoisuuksiin nähden. Kupari- ja booripitoisuudet olivat noin puolet vastaavan happamuusluokan peltomaiden keskimääräisistä arvoista, ja mangaanipitoisuus vastasi peltomaiden arvoja (Kurki 1982). B-lohkoilla humuskerroksen vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin ja kivennäismaakerroksen vaihtuvan kaliumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat merkitsevästi korkeampia kuin A-lohkoilla (taulukko 1).

Eri tavoin lannoitettaviksi arvottujen koealojen väliset, lannoitusta edeltävät ravinneerot testattiin varianssianalyysillä. Vain kivennäismaakerroksen mangaanipitoisuudessa todettiin käsittelyjen välillä tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$).

Taulukko 1. Maaperän happamuus ja ravinnepitoisuudet lohkoittain sekä lohkojen välisten erojen todennäköisyys (p) t-testillä testattuna.

Tunnus	Humuskerros			Kivennäismaa		
	Lohko		p	Lohko		p
	A	B		A	B	
pH	4,3	4,6	0,080	4,8	4,9	0,250
Kokonais-N, %	0,55	0,60	0,512	0,14	0,16	0,535
Helppoliukoinen P, mg/l	22,7	29,1	0,135	15,9	14,6	0,512
Vaihtuva K, mg/l	44,3	56,3	0,156	21,7	33,1	0,005
Vaihtuva Ca, mg/l	335	517	0,035	59	154	0,100
Vaihtuva Mg, mg/l	57,7	89,3	0,004	35,3	53,3	0,034
Happoliukoinen Mn, mg/l	23,0	27,8	0,326	7,5	5,9	0,136
Vesiliukoinen B, mg/l	0,20	0,20	0,804	0,16	0,15	0,052
Happoliukoinen Cu, mg/l	23,4	26,7	0,233	20,0	20,1	0,961

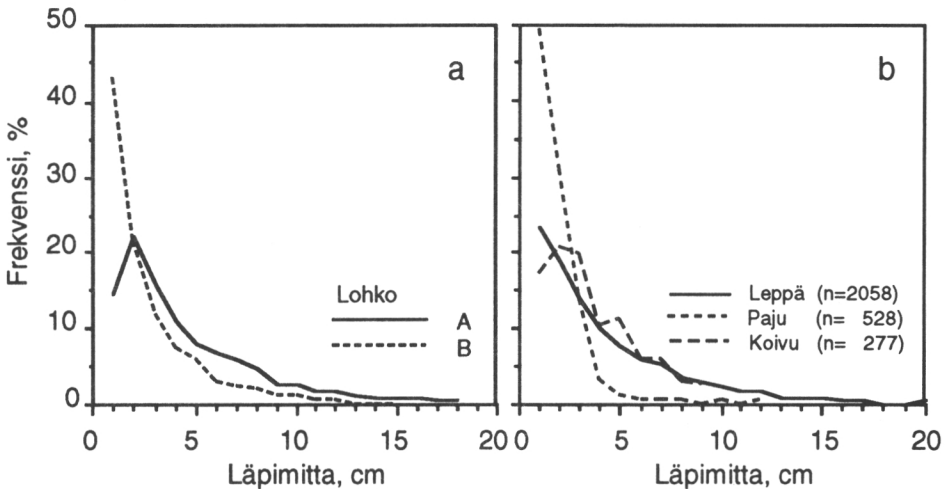
2.4 Puulajit ja pintakasvillisuus

Kantomittauksessa, jossa puulajeja ei eritelty, laskettiin kantojen määräksi A-lohkolla 15 760 kantoa/ha ja B-lohkolla 10 960 kantoa/ha. A-lohkolla n. 15 % kannoista kuului 1 cm:n läpimittaluokkaan keskiläpimitan ollessa 4,7 cm (kuva 1a). Läpimittaluokittain kantoluvulla painotettu keski-ikä oli 12 vuotta. B-lohkolla 1 cm:n läpimittaluokan osuus kannoista oli yli 40 %. Lohkon kantojen keskiläpimitta oli vain 2,6 cm ja puuston keski-ikä 9 vuotta. Kantojen läpimittajakaumat eivät poikenneet eri lannoituskäsittelyihin arvottujen koalojen välillä.

Vesoneiden kantojen puulajijakauma kahden kasvukauden kuluttua hakkuusta oli seuraava:

	lohko A	lohko B
leppä	77 %	73 %
paju	6 %	19 %
koivu	17 %	8 %
yhteensä	100 %	100 %

Vesoneet pajun kannot painottuivat pienimpiin läpimittaluokkiin; lepän sekä koivun kannot olivat likimain samanlaisia läpimittajakaumaltaan (kuva 1b).



Kuva 1. Koko aineiston kantojen läpimittajakaumat lohkoittain hakkuuta seuraavana keväänä (a) ja vesoneiden kantojen läpimittajakaumat puulajeittain kahden kasvukauden kuluttua hakkuusta (b).

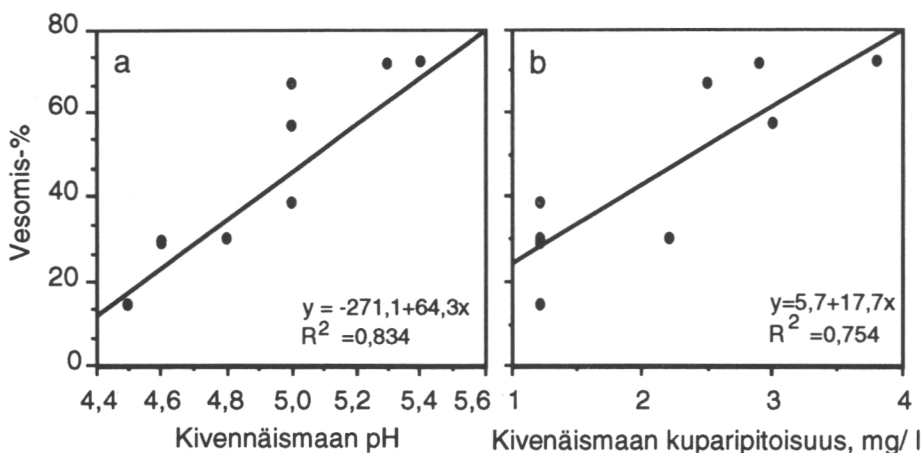
Pintakasvillisuuden valtalajeina olivat kummallakin loholla vadelma, lauhat ja röllit. Viljavammalla ja kosteammalla B-lohkokolla oli myös kastikoita ja mesiangervoa. Kasvustojen keskikorkeuden ja peittävyuden erot eivät poikenneet lohkojen välillä tilastollisesti merkitsevästi.

3 TULOKSET

3.1 Vesomisprosentti

Kantojen vesomisprosentti laskettiin koelohkoittain jakamalla vesoneiden kantojen lukumäärä ennen ensimmäistä kasvukautta laskettujen kantojen määrällä. Puulajeja ei voitu erotella laskennassa, koska alun kantoinventoinnissa kantoja ei luettu puulajeittain. Alueen kannoista vesoi 33 %.

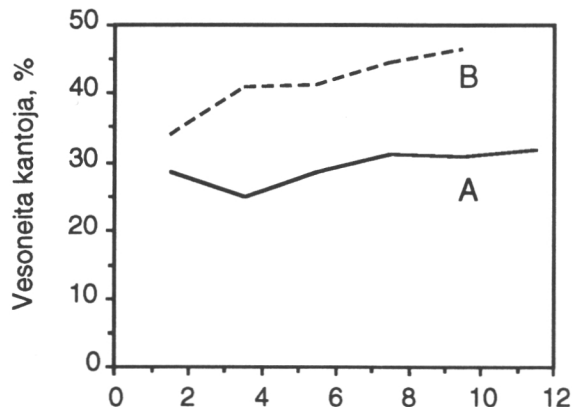
Koska maaperän ravinnetilanne analysoitiin ennen lannoitusta, voidaan maan ravinnepitoisuuksien vaikutusta kantojen vesomiseen tarkastella vain lannoittamattomien koelohkojen (10 kpl) perusteella. Kivennäismaan happamuudella (kuva 2a) ja kuparipitoisuudella (kuva 2b) oli voimakkain korrelaatio kantojen vesomisprosentin kanssa. Kivennäismaan pH:n ja kuparipitoisuuden välinen keskinäinen korrelaatio myös korkea ($r=0,853$). Hienolajitteisilla koelohkoilla vesominen oli keskimäärin voimakkaampaa kuin karkeampilajitteisilla. Kuitenkaan maalajilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta vesomisprosenttiin tai vesojen kasvuun.



Kuva 2. Lannoittamattomien koealojen kantojen vesomisprosentin riippuvuus kivennäismaan happamuudesta (a) ja kuparipitoisuudesta (b).

Lannoitus vaikutti vesomisprosenttiin merkitsevästi ($p=0,007$): lannoittamattomien koealojen (käsittely 1) kannoista 45 % tuotti vesoja, mikä oli merkitsevästi ($p<0,01$) korkeampi tulos kuin käsittelyn 2 (N+P+K+hivenet) kantojen vesominen (18 %). Ero käsittelyn 3 (P+K+hivenet) kantojen vesomiseen (29 %) ei ollut merkitsevä.

Kantoläpimitan vaikutusta vesomisprosenttiin voitiin tarkastella vain puulajeja erittelemättä. Kannoista oli leppää eniten, joten tarkastelu kuvaa lähinnä leppän vesomisen riippuvuutta kantoläpimitasta, ja suurimmissa läpimittaluokissa leppän osuus vielä korostuu (kuva 1b). Parempaa kasvupaikkaa edustaneella, ravinteikkaammalla ja kosteammalla B-lohkolla, jolla lähtöpuusto oli ollut nuorempaa ja pienempää, kannoista vesoi suurempi osa kuin A-lohkolla (kuva 3). Vesomisprosentti kasvoi kantoläpimitan myötä B-lohkolla selvemmin kuin A-lohkolla.



Kuva 3. Lohkojen A ja B kantojen vesomisprosentin riippuvuus kantoläpimitasta.

3.2 Vesojen lukumäärä ja korkeus

Lepän ja pajun kantovesat olivat kasvaneet parhaiten käsittelyn 3 ja heikoimmin käsittelyn 1 (lannoittamaton) koelohjoilla (taulukko 2). Koivun kantovesat kasvoivat pisimmiksi lannoittamattomissa ruuduissa. Vesojen keskipituuksien tai lukumäärien erot lannoituskäsittelyjen välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Sen sijaan A-lohkolla sekä lepän että koivun vesojen keskipituus oli merkitsevästi suurempi kuin B-lohkolla. Vesojen lukumäärät kantoa kohti eivät poikenneet merkitsevästi lohkojen välillä. Lannoitus vaikutti samansuuntaisesti sekä lepän kanto- että juurivesojen pituuteen, mutta erot lannoituskäsittelyjen välillä eivät tässäkään olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3).

Taulukko 2. Lepän, pajun ja koivun kantovesojen keskipituus ja lukumäärä tuppaassa puulajeittain ja lohkoittain (A ja B). Käsittelyjen ja lohkojen välisten erojen todennäköisyydet (p) testattu varianssianalyysillä.

Lannoitus- käsittely	Leppä		Paju		Koivu		Leppä		Paju		Koivu	
	A	B	B	A	B	A	B	B	A	B		
	Keskipituus, cm						Vesojen määrä, kpl/tupas					
1	107	90	128	139	100	5,1	4,4	7,9	6,0	7,0		
2	117	90	165	120	95	3,4	3,8	5,8	6,6	5,6		
3	120	93	187	136	94	4,7	4,0	8,6	6,6	4,5		
P käs	0,518		0,124		0,544		0,219		0,303		0,783	
P lohko	<0,001		<0,001		0,534		0,520					
P käs x lohko	0,747		0,703		0,654		0,370					

Taulukko 3. Lepän juurivesojen keskipituus lannoituskäsittelyittäin ja lohkoittain. Käsittelyjen ja lohkojen välisten erojen todennäköisyydet (p) testattu varianssianalyysillä.

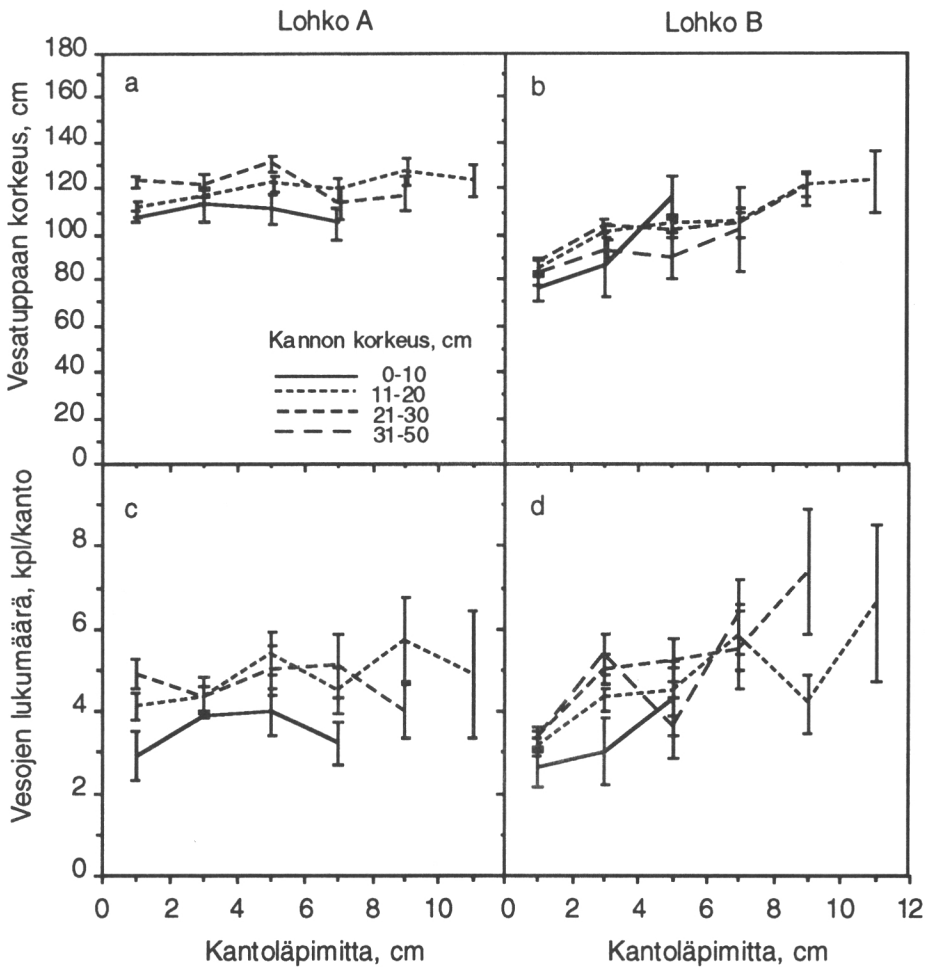
Lannoituskäsittely	Keskipituus, cm	
	A	B
1	77	80
2	102	92
3	99	96
P käs	0,264	
P lohko	0,917	
P käs x lohko	0,914	

Kantotunnusten – läpimitta, korkeus ja kaatopinnan eheys – välillä havaittiin yhteys: suuriläpimittaiset puut oli kaadettu alemmaa ja niiden kaatopinta oli eheämpi kuin pieniläpimittaisten. Tunnusten yhdysvaikutusten eliminoimiseksi ryhmiteltiin aineisto tarkastelua varten 10 cm:n korkeusluokkiin ja mukaan otettiin vain kannot, joiden kaatopinnan eheys oli vähintään 50 %. Tarkasteltaessa kantotunnusten, erityisesti kannon korkeuden, vaikutusta vesomiseen on muistettava, että kantojen läpimitan kasvaessa niiden lukumäärä läpimittaluokkaa kohti väheni jyrkästi (kuva 1). Luotettavuus on siten paras pienissä läpimittaluokissa, joiden kohdalla keskiarvon keskivirhe on pieni. Kuhunkin luokkakeskiaarvoon kuuluu vähintään 10 havaintoa, joten suurimmat kantoläpimitat eivät ole mukana tarkastelussa. Kantotunnusten vaikutukset lepän vesomiseen poikkesivat lohkojen välillä, joten tunnuksia tarkasteltiin lohkoittain. Koivuhavaintoja kertyi riittävästi vain A-lohkolta ja pajuhavaintoja vain B-lohkolta.

Kannon läpimitta ei vaikuttanut lepän vesomiseen heikompaa kasvupaikkaa edustaneella A-lohkolla, mutta rehevämällä B-lohkolla vesatuppaan korkeus ja vesojen lukumäärä tuppaassa lisääntyivät kannon läpimitan kasvaessa tarkastelun suurimpana läpimittaluokkana olleeseen 11 cm:iin asti (kuvat 4a ja 4b). Kannon korkeuden vaikutus oli epämääräisempi, vaikka molemmilla lohkoilla matalat kannot vesoivat heikommin kuin korkeat erojen ollessa selvemmät A-lohkolla (kuvat 4c ja 4d).

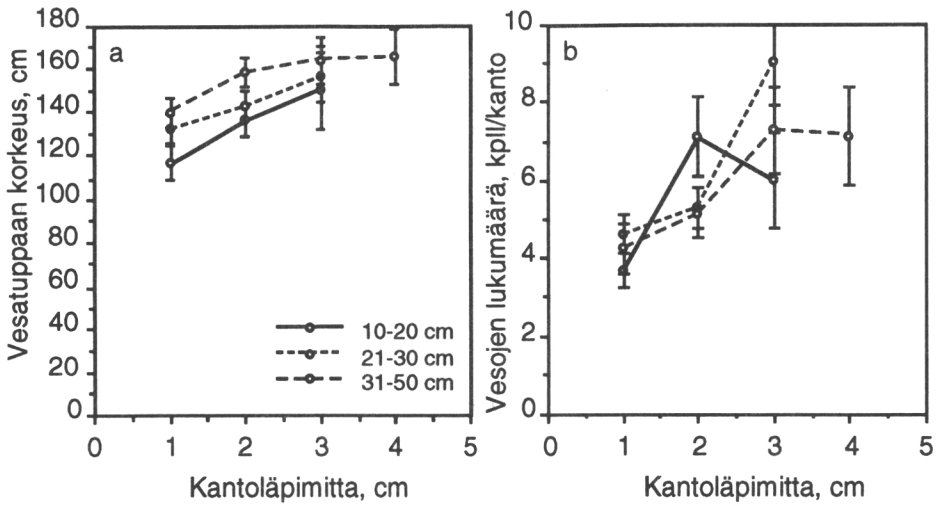
Pajun kannot tuottivat sitä enemmän vesoja, mitä suurempi oli niiden läpimitta, joskin läpimittaluokkien sisäinen vaihtelu oli suurta (kuvat 5a ja 5b). Vesojen kasvu parani kannon läpimitan kasvaessa – ainakin 3 cm:n läpimittaluokkaan saakka. Korkeimpien kantojen vesat olivat pisimpiä kaikissa läpimittaluokissa.

Koivun vesojen kasvu parani kantoläpimitan kasvaessa; matalien (0–10 cm) kantojen vesatuppaat kasvoivat hieman korkeammiksi kuin korkeiden (11–20 cm) kantojen vesat (kuva 6a). Vesojen lukumäärä kantoa kohti kasvoi 4–6 cm:n läpimittaluokkaan saakka; kaikissa läpimittaluokissa matalien kantojen vesatuppaat kasvoivat korkeammiksi kuin korkeiden kantojen, joskin hajonta oli erittäin suurta (kuva 6b).

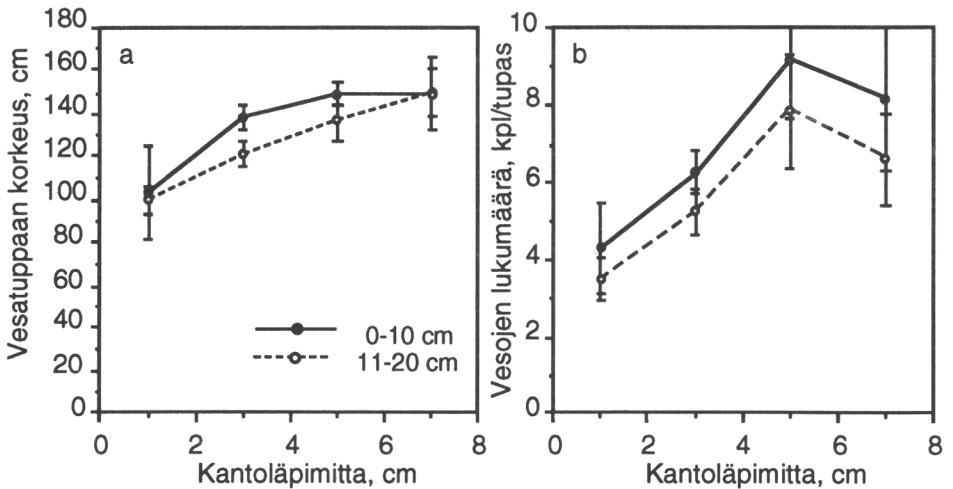


Kuva 4. Kantoläpimitan vaikutus lohkojen A ja B lepän kantovesojen korkeuteen (a ja b) ja lukumäärään (c ja d). Aineisto on ryhmitelty luokkiin kannon korkeuden mukaan. Mukaan hyväksyttiin vain kannot, joiden kaatopinnan eheys oli yli 50 %. Jokaista luokkaa-keskiarvoa kohti on vähintään 10 havaintoa. Keskiarvon keskivirhe on merkitty janalla.

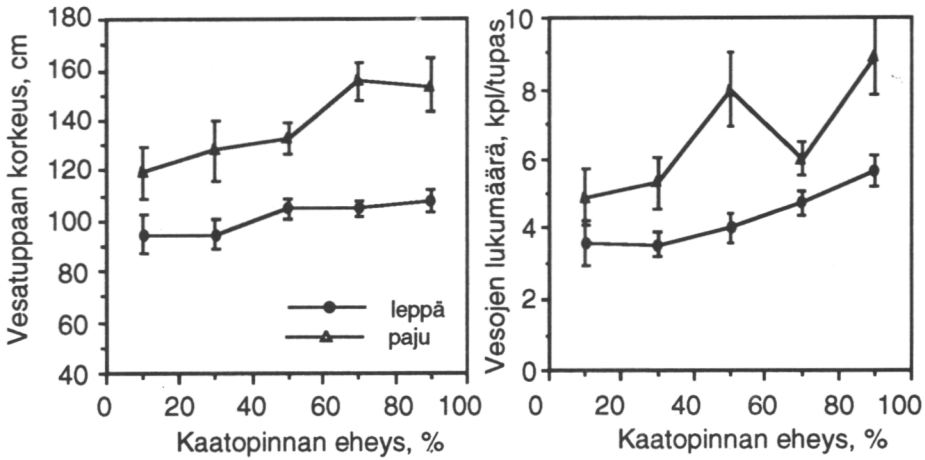
Kaatopinnan eheyden vaikutusten tarkastelua varten rajattiin kunkin puulajin aineistosta osa, jossa kannon läpimitta ja korkeus vaihtelivat mahdollisimman vähän. Kaatopinnan eheys lisäsi lepän ja pajun vesojen pituutta ja lukumäärää, joskin vaikutus oli varsin lievä (kuva 7). Koivuaineisto oli liian pieni eheystarkasteluun. Vesatuppaan korkeus kasvoi tuppaan vesojen lukumäärän lisääntyessä (kuva 8). Poikkeuksen muodosti leppä, jonka kannon vesojen korkeuden ja lukumäärän välinen riippuvuus oli B-lohkolla selvästi heikompi kuin A-lohkolla.



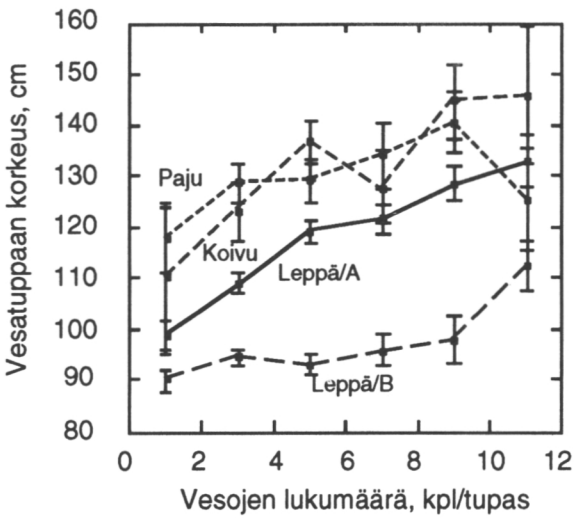
Kuva 5. Kantoläpimitan vaikutus pajun kantovesojen korkeuteen (a) ja lukumäärään (b). Aineisto on ryhmitelty luokkiin kannon korkeuden mukaan. Mukaan hyväksyttiin vain kannot, joiden kaatopinnan eheys oli yli 50 %. Jokaista luokkakeskisarvoa kohti on vähintään 10 havaintoa. Keskiarvon keskivirhe on merkitty janalla.



Kuva 6. Koivun kantoläpimitan vaikutus vesatuppaan korkeuteen (a) ja vesojen lukumäärään (b) lohkolle A. Aineisto on ryhmitelty luokkiin kannon korkeuden mukaan. Mukaan hyväksyttiin vain kannot, joiden kaatopinnan eheys oli vähintään 50 %. Havaintoja on vähintään 10 kpl jokaista luokkakeskisarvoa kohti. Keskiarvon keskivirhe on merkitty janalla.



Kuva 7. Lepän ja pajun vesatuppaan korkeuden (a) ja vesojen lukumäärän (b) riippuvuus kaatopinnan eheydestä. Aineisto on rajattu siten, että leppän kantojen läpimitta on 3 – 4 cm ja korkeus 20 – 40 cm ja pajun kantojen läpimitta on 2 – 3 cm ja korkeus 15 – 30 cm. Luokkakeskiarvon keskivirhe on merkitty janalla.



Kuva 8. Lepän (lohkot A ja B), pajun (lohko B) ja koivun (lohko A) kantojen vesatuppaan korkeuden ja vesojen lukumäärän välinen riippuvuus. Kaikissa luokissa on vähintään 20 havaintoa. Keskiarvon keskivirhe on merkitty janalla.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kasvillisuuden, kasvualustan ja lannoituksen vaikutus vesomiseen

Kantojen vesomisprosentti oli parempaa kasvupaikkaa edustaneella lohkolla korkeampi kuin heikommalla. Useimmiten kannot vesovatkin hyvällä maalla voimakkaammin kuin heikolla (Stoeckeler 1947). Ero johtunee viljavan kasvupaikan kantojen paremmasta vesija ravinnetilasta (Kramer & Kozlowski 1960), jolloin kasvupaikan kosteus saattaa olla ravinteisuutta merkittävämpi tekijä (Mikola 1942). Myös päinvastainen tulos on saatu: kosteammalla kasvupaikalla hieksen kantojen vesomisprosentti oli alhaisempi, vesojen lukumäärä kantoa kohti pienempi ja kasvu heikompaa kuin kuivemmalla paikalla – ilmeisesti soistuneen kasvupaikan rahkasammalen vaikeutettua vesojen kehittymistä tyvisilmuista (Johansson 1987). Suurin osa koivun tyvisilmuista näet sijaitsee maanpinnan alapuolella (Kauppi ym. 1988).

Vesojen pituuskasvu jäi paremmalla kasvupaikalla heikommaksi. Hyvin ruohoiset kasvupaikat onkin meillä todettu epäedullisiksi vesauudistumiselle, sillä reheville kasvupaikoille hakkuun jälkeen kehittyvä runsas kasvillisuus saattaa lahottaa kantoja ja muutenkin haitata vesojen kehittymistä (Kaitainen & Kilkki 1960, Ferm ym. 1985). Kasvillisuuserot kokeen lohkojen välillä olivat melko vähäisiä, mutta erityisesti angervo, jota kasvoi rehevämällä lohkolla, saattoi haitata vesojen kehitystä (vrt. Kalela 1961). Pintakasvillisuuden varjostuksen on todettu alentavan myös amerikanrauduskoivun (*B. populifolia* Marsh.) kantovesojen kasvua (Kays & Canham 1991). Rauduksen vesojen lukumäärä ja kasvu ovat korreloineet positiivisesti juuriston tärkkelyspitoisuuden kanssa, joka puolestaan on laskenut valon intensiteetin laskiessa (Johansson 1986).

Ruukkukasvatuksessa ei rahkaturpeeseen sekoitetun kalkin määrän tai happamuuden ole todettu vaikuttavan koivun (Ericsson & Lindsjö 1981, Rikala & Jozefek 1990) eikä lepän (Ericsson & Lindsjö 1981) taimien kasvuun. Sen sijaan koripajun, *Salix viminalis* L., kasvu osoitti voimakasta riippuvuutta kasvualustan happamuudesta taimien kasvaessa parhaiten n. pH 6:ssa (Ericsson & Lindsjö 1981). Tässä tutkimuksessa kivennäismaan pH:n ja kantojen vesomisprosentin välillä havaittu positiivinen riippuvuus on todennäköisesti välillinen, sillä happamuus vaikuttaa maan ravinteiden liukoisuuteen ja käyttökelpoisuuteen kasvien kannalta (Lucas & Davies 1961). Kuparin käyttökelpoisuus lisääntyy runsaasti orgaanista ainesta sisältävässä maassa juuri pH-alueella 4,0–5,5. Pajuviljelmillä kuparin puute on heikentänyt vesomista, ja kuparilannoituksella on saatu suuria kasvunlisäyksiä (Kannenbergh 1959). Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida osoittaa, että juuri kuparipitoisuuden kasvu olisi parantanut vesomista.

Lannoittamattomilla ruuduilla vesomisprosentti oli korkeampi kuin kummassakaan lannoituskäsittelyssä. Lannoituksen negatiivinen vaikutus vesomiseen johtunee varsin suurista lannoitteiden kokonaismääristä, jotka ehkä nostivat maaperän suolapitoisuuden juurten vedenottoa haittaavaksi. Tähän viittaa ensimmäisenä kesänä tehty havainto vesojen kuihtumisesta 5–10 cm:n mittaisina. Olettamusta vahvistaa myös se, että runsaimmin lannoitteita sisältäneen käsittelyn kannot vesoiivat heikoiten ja niiden vesat jäivät yleensä lyhyemmiksi kuin käsittelyn, jossa lannoitteiden kokonaismäärä oli pienempi. Mrozin ym. (1985) tutkimuksessa kasvupaikan viljavuus tai lannoitus ei vaikuttanut kantovesojen lukumäärään, mutta viljavalla kasvupaikalla vesat kasvoivat paremmin kuin heikommalla.

Lannoituksen on todettu vaikuttavan eri puulajien kantovesojen tuotokseen eri tavoin kasvupaikan luontaisesta viljavuudesta ja kosteudesta riippuen (Mroz ym. 1985). Tässä tutkimuksessa lannoitus lisäsi eniten pajun pituuskasvua, mutta siinäkin erot eri käsittelyjen välillä eivät olleet merkitseviä ($p < 0,05$). Saarsalmen ym. (1991) mukaan fosfori on lisännyt lepän kantovesojen pituuskasvua, vaikka onkin pienentänyt vesojen lukumäärää kantoa kohti. Tässä kokeessa fosforilannoitus ei vaikuttanut vesomistunnuksiin. Maaperän fosforipitoisuudet olivat ennen lannoitusta 2–5 -kertaiset verrattuina Saarsalmen ym. (1991) tutkimuksen lannoitettuihin koealoihin. Lannoituksen osalta tulos kuvastaakin paremmin ehkä puulajien reagoitua ylisuuriin lannoitemääriin.

4.2 Kantotunnusten vaikutus vesomiseen

Kantoläpimitan ja vesomisprosentin välillä oli vain viljavamman kasvupaikan loholla positiivinen riippuvuus. Kaitaisen ja Kilkin (1960) tutkimuksessa lepän vesomisprosentti aleni kantojen läpimitan ylitettyä 10 cm ja koivun vesomisprosentti aleni jyrkästi jo läpimitan ylitettyä 5 cm. Tässä tutkimuksessa lepän vesojen lukumäärä ja tuppaan korkeus kasvoivat kannon läpimitan kasvaessa 11 cm:iin saakka – erityisesti viljavammalla loholla. Pajun vesominen parani 3 cm:n läpimitaan saakka. Tosin osa 1–2 cm:n läpimittaisista pajuista saattoi olla kuolleita jo ennen hakkuuta. Myös koivun vesojen lukumäärä ja tuppaan korkeus näyttivät hieman paranevan kantojen läpimitan suuressa; epäselvimmäksi tulos jäi vesojen lukumäärän osalta suuren hajonnan vuoksi.

Puun läpimitan kasvaessa myös kuori paksunee, ja lopulta kannon paksu kuori on mekaanisena esteenä uinuvien silmujen kehittymiselle vesoiksi (Kramer & Kozlowski 1960). Koivujen järetyessä on rauduksen vesomiskyvyn havaittu heikkenevän jyrkemmin kuin hieksen (Leikola & Mustanoja 1961), mikä johtunee juuri rauduksen paksumasta kuoresta (Heikinheimo 1915). Paksujen kantojen silmuryhmistä syntyneissä

tiheissä vesatuppaissa osa vesoista jää vallituun asemaan ja on siten altis lahoutumiselle (Ferm 1990).

Sekä vesojen lukumäärä että vesatuppaan korkeus lisääntyivät kannon paksutessa. Kookkaan kannon laajan juuriston onkin esitetty turvaavan vesojen veden ja ravinteiden saannin (Wenger 1953), minkä vesomistulosta edistävä vaikutus tulee esille erityisesti nuorten puiden kannoissa (Kays & Canham 1991). Kannon koko selittäneeikin siten myös vesojen lukumäärän ja tuppaan korkeuden välisen riippuvuuden, jota esim. Kaitainen & Kilkki (1960) ja Mroz ym. (1985) eivät havainneet.

Vesomisprosentin, vesojen lukumäärän ja tuppaan korkeuden riippuvuus kantoläpimitasta oli voimakkaampi viljavammalla lohkolla, mikä voi johtua paksumpien kantojen vesojen paremmasta mahdollisuudesta selviytyä kilpailusta muun kasvillisuuden kanssa. Kantojen pienempi läpimita selittää myös lepän ja koivun vesojen heikomman pituuskasvun kokeen viljavammalla lohkolla, jolla kantojen keskiläpimita oli selvästi pienempi kuin karummalla lohkolla.

Kannon korkeuden vaikutus lepän vesomiseen oli ristiriidassa vanhojen suosituksien kanssa. Matalien (<10 cm) kantojen heikko vesomistulos oli vähintään yhtä selvä heikommalla kuin paremmalla kasvupaikalla, joten tulosta ei voi selittää matalien kantojen joutumisella rehevämmän kasvillisuuden varjostamiksi. Matalat (5 cm) lepän kannot tuottivat vähiten ja lyhyimpiä kantovesoja myös Aarnion & Lipsasen (1963) tutkimuksessa korkeiden (35 cm) kantojen vesoessa voimakkaimmin.

Matalat (<10 cm) koivun kannot vesoivat parhaiten, mikä puolestaan tukee vanhoja ohjeita. Johanssonin (1987) kokeessa hieskoivun 10 cm korkeat kannot tuottivat enemmän ja pitempiä vesoja kuin maan tasalta katkaistut. Kokeessa, jossa seurattiin 10–60 cm korkeita rauduksen kantoja, vesoneiden kantojen osuus ja vesojen lukumäärä kantoa kohti kasvoivat kannon korkeuden myötä kaatoa seuranneen ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Korkeimpien kantojen vesat olivat kuitenkin keskimäärin pieniä, ja suurin osa niistä kuoli alkuvuosina (Kvaalen 1989). Kuuden kasvukauden jälkeen kannon korkeudella ei enää havaittu olevan vaikutusta vesomistunnuksiin. Samansuuntaisen tuloksen on saanut myös Hytönen (1985) vesipajulla. Myös tässä kokeessa pajun korkeimpien kantojen vesat kasvoivat parhaiten, mutta niiden kehitystä ei seurattu kahta vuotta pitempään.

Vesametsätalouden harjoittajia neuvotaan tekemään kaatopinnasta mahdollisimman sileää (esim. Barth 1949). Iso ja rosainen kaatopinta puolestaan heikentää vesojen muodostumista (esim. Ilvessalo 1930, Kalela 1961) sekä nopeuttaa kannon lahoamista (Mikola

1942). Raivaussahan jäljiltä koivun kannot ovat vesoneet parhaiten, mutta kantojen murskaaminenkaan ei ole heikentänyt vesomista merkittävästi (Ferm & Issakainen 1981). Murskattujen pajun kantojen vesat ovat kasvaneet hieman heikommin kuin normaalisti kaadettujen (Hytönen 1985). Kaatovälineestä johtuvia merkittäviä eroja ei kuitenkaan ole havaittu (Mikola 1942, Leikola & Mustanoja 1961, Ferm & Issakainen 1981, Hytönen 1985). Kaikki tämän kokeen puut kaadettiin samalla työvälineellä, joten erot kantojen eheydessä koskivat vain raivaussahan tasaisen jäljen osuutta kaatopinnassa. Tulos tukee vanhoja ohjeita, sillä kaatopinnan eheyden ja vesatuppaiden korkeuden sekä vesojen lukumäärän välillä oli positiivinen riippuvuus. Suositukset kaataa rungot terävällä vesurilla tai kirveellä yläviistoon lyömällä (Cotta 1856) tai siloittaa sahan jälki kirveellä (Wahlgren 1922) ovat silti mitä ilmeisimmin liioittelua – jo työläytensä vuoksi.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeessa käytetty suuri lannoitteiden kokonaismäärä ilmeisesti alensi vesoneiden kantojen osuutta. Lepän ja koivun vesojen kasvuun lannoituksella ei ollut vaikutusta, mutta se lisäsi jonkin verran pajun vesojen kasvua.

Rehevämmällä lohkolla lepän vesominen voimistui kannon läpimitan kasvaessa suurimman tarkastelussa olleeseen luokkaan (10 – 12 cm) saakka. Pajun kannoista parhaan tuloksen antoi 3 cm:n luokka. Koivun vesominen parani ainakin 4 – 6 cm:n luokkaan saakka. Vesametsänä kasvatettavaksi aiottua metsikköä ei kannata kaataa aivan nuorena, sillä optimiläpimitaan järeytyneistä kannoista vesoo tiheämpi vesakko seuraavan kiertoajan kasvatukseen.

Jo korjattavan puumäärään vuoksi koivu ja leppä kannattanee kaataa matalaan, korkeintaan 10 cm:n kantoon. Vaikka pajun vesominen voimistui kannon korkeuden kasvaessa, on kaatokorkeutta päätettäessä otettava myös huomioon kannoista nousevan seuraavan vesasukupolven ongelmat.

Kaatojäljen suhteen vanhat ohjeet kannattaa pitää edelleenkin mielessä: jos tarkoituksena on edistää vesomista, kantoa repiviä kaatomenetelmiä on syytä välttää, sillä ehjä kaatopinta ei ainakaan haittaa kantovesojen kehitystä.

Kantojen alhaisempi vesomisprosentti heikommalla kasvupaikalla ja vesomisen paraneminen kantoläpimitan myötä viljavammalla kasvupaikallalla antavat viitteitä kantotunnusten ja kilpailevan kasvillisuuden mahdollisesta yhdysvaikutuksesta vesomisen suhteen.

KIRJALLISUUS

Aarnio, O. & Lipsanen, P. 1963. Kannonkorkeuden vaikutus harmaalepän tyvi- ja kylkivesojen muodostumiseen. Laudaturtyö metsätutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 42 s.

Aurola, E. 1964. Teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet. Teoksessa: Rankama, K. (toim.). Suomen geologia. Kirjayhtymä, Helsinki. s. 189–237.

Barth, A. 1949. Bjørka. Dens rasjonelle behandling og økonomiske betydning i vårt skogbruk. Det Norske Skogselskap, Oslo. 104 s.

Blake, T.J. 1983. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: The influence of cultural, seasonal and plant factors. Australian Forest Research 13(3/4): 279–291. ISSN 0004-914X.

– & Raitanen, W.E. 1981. A summary of factors influencing coppicing. IEA Report NE 22. Published by National Swedish Board for Energy Source Development. 14 s.

Borg, A. 1926. Koivu ja sen merkitys nykyhetken metsätaloudessa. Yksityismetsänhoitajayhdistys, Helsinki. 40 s.

Chmelar, J. & Meusel, W. 1976. Die Weiden Europas. Die Neue Brehm-Bücherei 494. A. Ziemsen Verlag. 143 s.

Cotta, H. 1856. Anweisung zum Waldbau. 8. Aufl. Arnoldische Buchhandlung, Leipzig. 399 s.

Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. Abstract: The influence of pH on growth and nutrition of some energy forest tree species. Sveriges Lantbruksuniversitet, Projekt energiskogsodling, Teknisk rapport 11. 7 s. ISBN 91-576-0752-4, ISSN 0348-3967.

Etholén, K. 1974. Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of fellingtime on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in Northern Finland. Folia Forestalia 213. 16 s. ISBN 951-40-0127-3.

Ferm, A. 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla. Summary: Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland. Folia Forestalia 744. 17 s. ISBN 951-40-1085-X, ISSN 0015-5543.

– & Issakainen, J. 1981. Kaatoajankohdan ja kaatotavan vaikutus hieskoivun vesomiseen turvemaalla. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 33. 13 s. + liitt. ISSN 0358-4283.

– & Kauppi, A. 1990. Coppicing as a means for increasing hardwood biomass production. Biomass 22: 107–121. ISSN 0144-4565.

– , Kauppi, A., Rinne, P., Tela, H.-L. & Saarsalmi, A. 1985. Energiapuun tuottaminen luonnonvesakoissa. Teoksessa: Hakkila, P. (toim.). Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. Summary: The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project. Folia Forestalia 624: 29–41. ISBN 951-40-0704-2, ISSN 0015-5543.

Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. Acta Forestalia Fennica 4.2. 264 s. + 59 s. + liitt.

– 1948. Metsien luontainen uudistaminen. 3. painos. Keskusmetsäseura Tapio. 96 s.

Hytönen, J. 1985. Kaatoajankohdan, kaatotavan ja kannonkorkeuden vaikutus viljeltyjen ja luonnonpajujen sekä hieskoivun vesomiseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 40–57. ISBN 951-40-0902-9, ISSN 0358-4283.

Ilvessalo, L. 1930. Metsikön kasvatus. Maa ja metsä IV: 403–428. WSOY, Porvoo.

Johansson, T. 1986. Development of suckers by two-year-old birch (*Betula pendula* Roth) at different temperatures and light intensities. Scandinavian Journal of Forest Research 1(1): 17–26. ISSN 0282-7581.

– 1987. Development of stump suckers by *Betula pubescens* at different light intensities. Scandinavian Journal of Forest Research 2(1): 77–83. ISSN 0282-7581.

Kaitainen, V. & Kilkki, P. 1960. Poistetun verhopuuston vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä istutuskuusikoissa. Laudaturtyö metsätutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 54 s.

Kalela, E.K. 1961. Metsät ja metsien hoito. 2. painos. WSOY, Porvoo – Helsinki. 367 s.

Kannenbergh, H. 1959. Korbweiden leiden unter Kupfermangel. Die Holzzucht 13: 10–11.

Kauppi, A., Rinne, P. & Ferm, A. 1987. Initiation, structure and sprouting of dormant basal buds in *Betula pubescens*. Flora 179: 55–83.

– , Rinne, P. & Ferm, A. 1988. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on *Betula pubescens* Ehrh. stumps. Scandinavian Journal of Forest Research 3(3): 343–354. ISSN 0282-7581.

Kays, J.S. & Canham, C.D. 1991. Effects of time and frequency of cutting on hardwood root reserves and sprout growth. Forest Science 37(2): 524–539. ISSN 0015-749X.

Kramer, P.J. & Kozlowski, T.T. 1960. Physiology of trees. McGraw-Hill Book Company, New York – Toronto – London. 642 s. ISBN 07-035351-4.

Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in years 1955–80. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 181 s. ISBN 951-99399-0-3.

Kvaalen, H. 1989. Virkning av forskjellig stubbehøyde på skuddskyting, stubbeoverlevelse og vekst av stubbeskudd etter hogst av seks år gammel hengebjørk (*Betula pendula* Roth.). Summary: The effect of different stump heights on sprouting, stump survival and sprout growth, after cutting of six year old White birch (*Betula pendula* Roth.). Norwegian Forest Research Institute, Research Paper 5/89. 11 s.

Leikola, M. & Mustanoja, K. 1961. Koivun kantojen vesominen. Laudaturtyö metsätutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 78 s.

Lucas, R.E. & Davies, J.F. 1961. Relationship between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. Soil Science 92: 177–182.

Mikola, P. 1942. Koivun vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Deutsches Referat: Über die Ausschlagbildung der Birke und ihre forstliche Bedeutung. Acta Forestalia Fennica 50.3. 102 s.

Mroz, G.D., Frederick, D.J. & Jurgensen, M.F. 1985. Site and fertilizer effects on northern hardwood stump sprouting. Canadian Journal of Forest Research 15(3): 535–543. ISSN 0045-5067.

Nordberg, S. 1930. Pajun viljelys. Maa ja metsä. IV: 526–539. WSOY, Porvoo.

Rikala, R. & Jozefek, H.J. 1990. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. Tiivistelmä: Dolomiittikalkin ja puun tuhkan vaikutus kasvuturpeeseen ja taimien kehittymiseen. Silva Fennica 24(4): 323–334. ISSN 0037-5330.

Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1991. Harmaalepän vesojen biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient consumption of the sprouts of *Alnus incana*. Folia For. 768. 25 s. ISBN 951-40-1143-0, ISSN 0015-5543.

Stoeckeler, J.H. 1947. When is plantation release most effective? Journal of Forestry 45: 265–271.

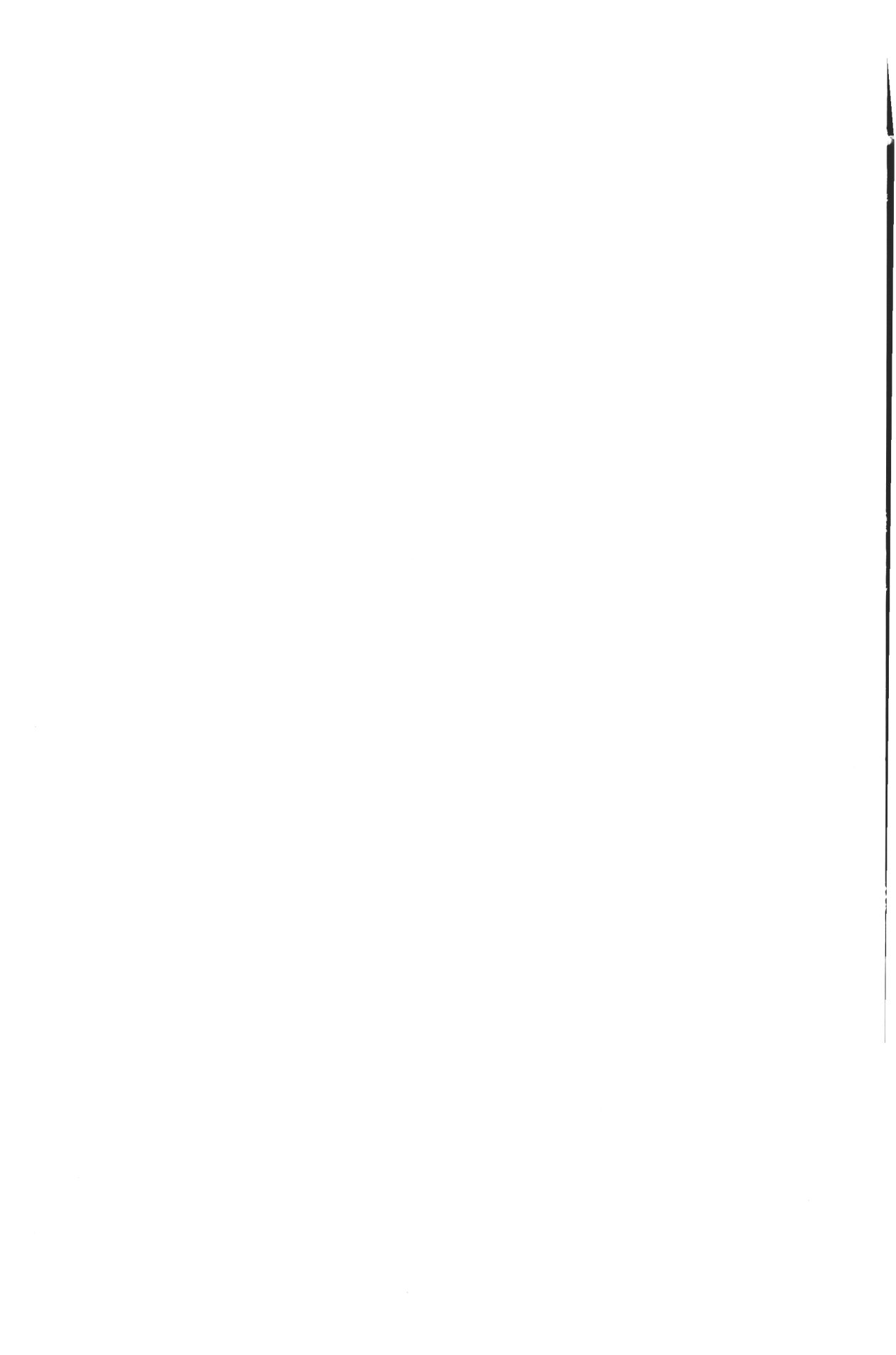
Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. Folia Forestalia 777. 28 s. + liitt. ISBN 951-40-1170-8, ISSN 0015-5543.

Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyyppin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 46: 307–319.

Wahlgren, A. 1922. Skogsskötsel. Handledning vid uppdragande, vård och förnygring av skog. 2 p. Stockholm. 732 s.

Wenger, K.F. 1953. The sprouting of sweetgum in relation to season of cutting and carbohydrate content. Plant Physiology 28: 35–49.

Wilkinson, L. 1989. SYSTAT: The Systems for statistics. Systat Inc. Evanston, ILL. 638 s. ISBN 0-928789-11-X.



ISBN 951-40-1241-0
ISSN 0358-4283
Suonenjoen Kirjapaino Ky
Suonenjoki 1992