



■ Pekka Tamminen

Pekka Tamminen

## Typpi- ja tuhkalannoitus punalatkan vaivaamassa männikössä

**Tamminen, P.** 1998. Typpi- ja tuhkalannoitus punalatkan vaivaamassa männikössä. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/1998: 411–420.

Tuhka- ja typpilannoituksen vaikutuksia tutkittiin kahdessa Salpauselälle perustetussa männyn-taimikossa Valkealassa. Tuhkalannoituksena annettiin kuusen kuorituhkaa 3000 kg/ha ja typpilannoituksena 150 kg typpeä oulunsalpietarina (kalsiumammoniumnitraatti). Varttuneessa, pitkään punalattikatuhosta kärsineessä taimikossa terveiden mäntyjen osuus kasvoi seuranta-aikana käsittelystä riippumatta. Typpilannoitus lisäsi mäntyjen pituuskasvua melko vähän ja vain kolmena vuonna.

Nuoressa taimikossa eivät yksittäiset käsittelyt vaikuttaneet taimien kuntojakaumaan, mutta lievästi sairaita taimia oli keskimäärin vähemmän tuhkaa tai/ta typpeä saaneilla koelajoilla ( $n = 6$ ) kuin käsittelemättömillä tai insektisidillä käsitellyillä koelajoilla ( $n = 4$ ). Typpilannoitus lisäsi pituuskasvua nuoressa taimikossa viiden vuoden ajan. Typpilannoitus ei lisännyt selvästi sairaiden taimien pituuskasvua vanhassa eikä nuoressa taimikossa. Tuhkalannoitus näytti hiukan lisänneen mäntyjen pituuskasvua erityisesti nuoressa taimikossa.

Typpilannoitus ei vaikuttanut maa-analyysitunnuksiin, mutta sen sijaan tuhkalannoitus vaikutti humuskerroksen ominaisuuksiin. Tuhkalannoitus nosti erityisesti humuskerroksen boorin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, fosforin ja sinkin kokonaispitoisuuksia ja ammoniumasetaatilla uuttuvia kalsium-, magnesium- ja mangaanipitoisuuksia. Humuskerroksen pH nousi keskimäärin 3,8:sta 5,3:een. Tuhkalannoitus nosti myös kivennäismaan vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia ja pH:ta keskimäärin 4,6:sta 4,8:aan.

Typpi- ja tuhkalannoitusta voi kokeiden perusteella suosittelä mieluummin nuoren ja terveen tai enintään lievästi punalatkan vaivaaman männyntaimikon hoitoon kuin varttuneen, pahoin vaurioituneen taimikon elvyttämiseen.

Avainsanat: mänty, *Aradus cinnamomeus*, punalattikka, pituuskasvu, lannoitus, ravinteisuus  
Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa. Faksi (09) 857 2575, sähköposti pekka.tamminen@metla.fi  
Hyväksytty 14.8.1998

## 1 Johdanto

Männnyntaimikoita monin paikoin Etelä-Suomessa, erityisesti Salpausselällä vaivaavan punalatikan (*Aradus cinnamomeus* Panzer) katsotaan hyötyneen tasaikäisiä ja harvahkoja taimikoita suosivasta metsänhoidosta ja toisaalta ilmansaasteista (Brammanis 1975, Heliövaara ja Väisänen 1985, 1986, Hokkanen ym. 1987). Punalatikan vaivaamia mäntyjä näkee valtateiden viereisissä taimikoissa, mutta punalattikkaa esiintyy erityisesti kuivilla kangkailla ja karuilla rämeillä (Hokkanen ym. 1987). Punalatikan optimialue on Suomea etelämpänä, ja meillä sen tuhot ovat olleet melko vähäisiä, joskin mm. Vehkalahdella on taimikkoa jouduttu hakkaamaan punalatikan aiheuttamien tuhojen vuoksi (Laine 1971).

Punalatikan vaivaamien taimien latvukset ovat yläosaltaan kellertäviä, viimeiset kasvaimet ovat normaalia lyhyempiä ja osasta taimia latva on kuollut. Vaurioituneiden taimien alkuperäiset latvakasvaimet eivät näytä yleensä toipuvan, vaan latva kasvaa hyvin hitaasti ja lopulta kuivuu (Heliövaara 1982, Tamminen 1989, Raitio 1991), mutta oksista kehittynyt latvakasvain voi ohittaa kuolleen latvan ja kasvaa likimain normaalisti. Raitio (1991) havaitsi latikkainfektion alentaneen viimeisen neulasvuosikerran kalsium-, magnesium-, mangaani- ja rikkipitoisuuksia ja viimeistä edellisen neulasvuosikerran typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium-, rikki-, kupari- ja mangaanipitoisuuksia.

Laine (1971) ja Hokkanen ym. (1987) arvioivat karuille kasvupaikoille avohakkuun jälkeen syntyneiden tai perustettujen männnyntaimikoiden, jotka on perattu lehtipuista ja harvennettu voimakkaasti, olevan erityisen otollisia punalatikoiden iskeytymiselle. Torjuntaan on esitetty insektisidejä (Heliövaara ym. 1983), mäntyjen pituuskasvua lisäävää lannoitusta (Heliövaara ym. 1983) ja tiheiden, rauduskoivua sisältävien taimikoiden perustamista (Laine 1971, Hokkanen ym. 1987). Typpilannoituksen vaikutuksesta punalatikoiden määrä näyttää lisääntyvän (Heliövaara ym. 1983), mutta samalla pituuskasvu yleensä paranee (Heliövaara ym. 1983, Tamminen 1989).

Valkealan Uttiin perustettiin vuosina 1980 ja 1981 valtatie 12:n molemmin puolin lannoituskokeet punalattikkaisiin taimikoihin, jotka olivat pituudel-

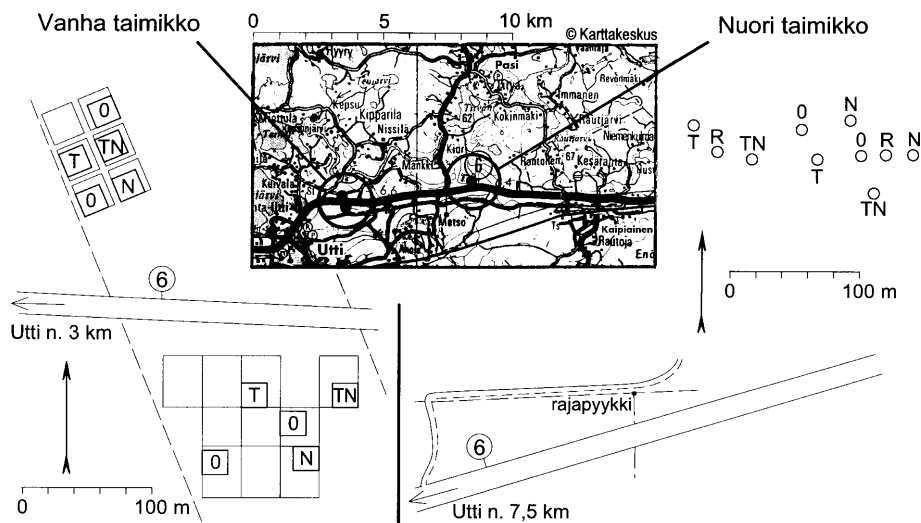
taan keskimäärin 2...4 m (Tamminen 1989). Kokeet analysoitiin 1989, jolloin lannoitetuilla koealoilla puusto oli hiukan tiheämpää ja terveempää kuin lannoittamattomilla. Typpilannoitus lisäsi terveiden puiden kasvua. Muut ravinteet eivät vaikuttaneet kasvuun, eivätkä sairaan näköiset puut reagoineet lannoitukseen.

Lannoituskokeiden tulosten innoittamana päätettiin perustaa uudet lannoituskokeet vanhojen päälle isojen, punalatikan vaivaamien taimien toipumisen selvittämiseksi. Lisäksi perustettiin uusi lannoituskoe toistaiseksi terveeseen nuoreen taimikkoon lannoituksen ehkäisyvaikutuksen selvittämiseksi. Lisäksi oli tarkoitus arvioida, vaikuttavatko maan ominaisuudet taimien kuntoon ja kasvuun ja kuinka tuhka- ja typpilannoitus vaikuttavat maan kemiallisiin ominaisuuksiin.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Vanhojen lannoituskokeiden päälle – kanerva-puolukkatyyppin 14–26-vuotisiin ja 4–5-metrisiin taimikoihin – perustettiin uusi lannoituskoe keväällä 1989. Entisten koealojen sisään rajoitettiin 20 × 20 m:n koealat, jotka lannoitettiin seuraavasti: 1. ei käsittelyä, 2. puun tuhkaa noin 3000 kg/ha, 3. tyyppiä oulunsalpietarina (kalsiumammoniumnitraatti) 150 kg/ha ja 4. tyyppiä ja tuhkaa em. annokset. Käsitteletyt toistettiin vain kahdesti, jolloin molemmille vanhoille kokeille, ts. valtatie kummallekin puolelle, tuli yksi sarja käsittelyjä. Lisäksi rajoitettiin ylimääräiset käsittelemättömät koealat siten, että kummallekin kokeen puoliskolle tuli yksi alkupeuräisten kokeiden (1980–81) lannoittamaton ja yksi lannoitettu nollakoeala (kuva 1). Käsitteletyt ulotettiin myös viisi metriä leveälle vaipalle.

Nuorempaan taimikkoon, 5 km itään vanhoista kokeista ja noin 150 m valtatie 12:sta pohjoiseen perustettiin toinen lannoituskoe. Kanerva-puolukkatyyppin taimikko oli täystiheä, iältään 8–15 vuotta ja pituudeltaan 0,6...2,1 m. Puusto mitattiin perustettaessa 200 m<sup>2</sup>:n ympyräkoaloilta, jotka sijoitettiin mahdollisimman tasaisesti kohtiin taimikkoa. Käsitteleyala oli 300 m<sup>2</sup>, jolloin vaipan leveys oli 2 m. Syksyllä 1994 puusto mitattiin vain 150 m<sup>2</sup>:n alalta taimikon suuren tiheyden takia. Nuoressa taimikossa käsitteletyt – kaksi toistoa/käsittely – olivat



**Kuva 1.** Vanhaan ja nuoreen männyntaimikkoon perustettujen kokeiden koalojen sijainti ja käsittelyt: O = ei käsitellyä, T = tuhkaa 3000 kg/ha, N = typpeä 150 kg/ha, R = yli 1 metrin pituisten taimien ruiskutus Roxionilla (dimetooattia 400 g/l) ohjeväkevyydellä.

**Taulukko 1.** Taimikoiden puustotunnuksia käsittelyittäin syksyllä 1994.

| Tunnus <sup>1)</sup>  | Ei käsit. | Tuhka | Typpi | Tuhka+typpi | Roxion | Keskim. |
|-----------------------|-----------|-------|-------|-------------|--------|---------|
| <b>Vanha taimikko</b> |           |       |       |             |        |         |
| Dg, mm                | 105       | 101   | 106   | 111         |        | 105     |
| H, cm                 | 584       | 621   | 544   | 579         |        | 582     |
| N, kpl/ha             | 2160      | 2390  | 2080  | 2490        |        | 2260    |
| G, m <sup>2</sup> /ha | 13,1      | 16,1  | 15,0  | 16,0        |        | 14,6    |
| V, m <sup>3</sup> /ha | 50,3      | 63,7  | 55,3  | 63,4        |        | 56,6    |
| <b>Nuori taimikko</b> |           |       |       |             |        |         |
| Dg, mm                | 42        | 44    | 49    | 47          | 44     | 45      |
| H, cm                 | 285       | 283   | 320   | 304         | 289    | 296     |
| N, kpl/ha             | 2460      | 2580  | 2330  | 2810        | 2330   | 2500    |
| G, m <sup>2</sup> /ha | 2,2       | 2,3   | 3,1   | 3,2         | 2,3    | 2,6     |
| V, m <sup>3</sup> /ha | 5,9       | 6,1   | 8,3   | 8,5         | 6,0    | 6,9     |

<sup>1)</sup> Dg: Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta (mm), H: mäntyjen keskipituus (cm), N: mäntyjen runkoluku (kpl/ha), G: mäntyjen pohjapinta-ala (m<sup>2</sup>/ha) ja V: mäntyjen runkotilavuus (m<sup>3</sup>/ha).

muuten samat kuin vanhassa taimikossa, mutta mukaan otettiin vielä vähintään 1 m:n pituisten taimien ruiskutus Roxionilla (dimetooattia 400 g/l) ohjeväkevyydellä. (kuva 1).

Taulukossa 1 esitetään taimikoita kuvaavia puustotunnuksia syksyltä 1994, jolloin vanha taimikko oli iältään 28 (20–32) vuotta ja nuori taimikko 17 (11–26) vuotta.

Koalat lannoitettiin 14.6.1989. Tuhka – pääosin kuusen kuorituhkaa – saatiin Kalso Teollisuudelta Valkealan Vuohijärveltä. Metsään levitetty seulo-maton tuhka oli ilmakuivaa. Levitystä varten tuhkan irtotiheys arvioitiin punnitsemalla muutaman, satunnaisesti poimitun ämpärillisen massa. Tuhkan alkuaineet analysoitiin seuraavasti. Punnittiin 0,5 g hienoksi jauhettua tuhkaa dekanterilasiin. Lisättiin

varovasti 40 ml kuningasvettä, sekoitettiin ja haihdutettiin kuivaksi. Jäähdytettiin ja lisättiin 10 ml suolahappoa ja haihdutettiin uudelleen kuivaksi. Jäähdytettiin uudelleen ja lisättiin 10 ml suolahappoa ja 30 ml vettä. Seosta keitettiin hetki ja jäähdytettiin. Liuos suodatettiin ja laimennettiin 100 ml:ksi. Alkuainepitoisuudet määritettiin ICP-laitteella.

Kuivan tuhkan alkuainepitoisuudet laskettiin neljän näyte-erän perusteella (taulukko 2). Koealoille levitettiin kalsiumia noin 690 kg, kaliumia 77 kg, magnesiumia 46 ja fosforia 30 kg.

Koealojen puusto mitattiin perustettaessa ja samalla otettiin näytteet humuskerroksesta ja kivennäismaakerroksista 0–10 ja 10–30 cm. Kokeet mitattiin uudestaan syksyllä 1994, kun oli kulunut hiukan vajeat kuusi kasvukautta käsittelyistä. Tällöin kaikki puut luettiin, 8...15 systemaattisesti poimitusta (vanhassa taimikossa joka 5., nuoressa joka 10. luettu puu) koepuusta mitattiin rungon mitat, vuotuiset pituuskasvut (1989–94), ikä ja kunto. Kuntoluokitus oli: 1 = terve, 2 = lievästi sairas, 3 = sairas, elävä latva, 4 = sairas, kuollut latva, 5 = kuollut.

Humuskerroksen näyte koostui 16:sta sylinterillä (d = 58 mm) otetusta osanäytteestä ja kivennäismaanäyte (0–10 cm) neljästä lapiolla otetusta osanäytteestä. Näytteet kuivattiin noin 40 °C:ssa ilmakuiviksi, kivennäismaat seulottiin 2 mm:n seulalla ja orgaaniset näytteet jauhettiin myllyllä. Näytteistä määritettiin pH vesilietoksessa (15 ml näytettä: 25 ml vettä), neutraaliin ammoniumasetattiin uuttuvat ravinnepitoisuudet (Ca, K, Mg, Na, P, S) ja kokonaishappamuus, hiili- ja typpipitoisuudet sekä humuskerroksesta lisäksi alkuaineiden kokonaispitoisuudet (Tamminen ja Starr 1994). Raekoostumus määritettiin 10–30 cm:n kerroksesta otetusta näytteestä pesuseulonnalla (Heiskanen ja Tamminen 1992).

Vanhan taimikon koealojen kivennäismaa oli so-  
raa (8 koealaa) tai karkeaa hiekkaa (2 koealaa), nuoren taimikon karkeaa (8) tai hienoa hiekkaa (2).

## 3 Tulokset

### 3.1 Käsittelyjen vaikutus männyntaimien kuntoon

Vanhassa taimikossa terveiden taimien osuus kasvoi kokeen aikana keskimäärin 20 %-yksikköä (taulukko 3). Taimikko näytti siis toipuneen jossain määrin sitä vaivanneesta punalattikkatuhosta. Käsittelyjen suurilta näyttäneet erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, vaikka alkuperäisten lannoituskokeiden perusteella sellaista olisi saattanut odottaa (Tamminen 1989). Kovarianssianalyyssinkään perusteella – kovariaattina oli terveiden mäntyjen osuus koealalla v. 1988 – käsittelyjen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Varttuneessa taimikossa tuhka- ja typpilannoitukset eivät siis näyttäneet lisänneen terveiden taimien osuutta käsittelemättömiin koealoihin verrattuna. Maaperätunnuksista, jotka oli määritetty v. 1994, korreloi terveiden taimien osuuden lisääntymisen kanssa vain humuskerroksen hiili- ja typpipitoisuudet siten, että mitä pienempiä pitoisuudet olivat, sitä suu-  
rempaa oli tervehtyminen.

Nuoressa taimikossa kaikki taimet luokiteltiin koetta perustettaessa terveiksi. Siksi käsittelyjen vaikutusta taimien terveyteen arvioitiin vuoden 1994 kuntojakauksen perusteella (taulukko 4). Punalattikan vaivamia mäntyjä oli erittäin vähän, joten käsittelyjen vaikutusta taimien kuntoon on vaikea arvioida. Kuntojakauksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyittäin (taulukko 4). Lievästi sairaita oli kontrolli- ja insektisidokoealoilla (n = 4) keskimäärin enemmän (p = 0,031), 8,4 %, kuin tuhka- ja typpikoealoilla (n = 6), 2,8 %. Vuoden 1994 maaperätunnukset eivät korreloineet terveiden taimien osuuden kanssa.

**Taulukko 2.** Tuhkan alkuainepitoisuudet keskimäärin (g/kg tai \* mg/kg).

| Al   | B*  | Ca  | Cd* | Cu* | Fe   | K    | Mg   | Mn   | Na   | P    | S    | Zn* |
|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 8,48 | 138 | 231 | 1,9 | 130 | 7,90 | 25,6 | 15,4 | 10,0 | 3,86 | 10,0 | 2,07 | 626 |

**Taulukko 3.** Taimien suhteellinen frekvenssi ja sen muutos kuntoluokittain ja käsittelyittäin vanhassa taimikossa. Muutosten yhtäsuuruus testattiin varianssianalyysillä <sup>1)</sup>.

| Käsittely                        | Vuosi | Terve | Lievästi<br>sairas | Kuntoluokka            |                        | Kuollut | Yhteensä |
|----------------------------------|-------|-------|--------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|
|                                  |       |       |                    | Sairas,<br>elävä latva | Sairas,<br>kuiva latva |         |          |
| Ei käsittely                     | 1988  | 35,2  | 20,1               | 17,1                   | 27,0                   | 0,6     | 100,0    |
|                                  | 1994  | 53,3  | 14,5               | 6,7                    | 25,2                   | 0,3     | 100,0    |
|                                  | 94–88 | +18,2 | -5,7               | -10,4                  | -1,7                   | -0,3    |          |
| Tuhka (T)                        | 1988  | 44,6  | 18,0               | 18,3                   | 18,1                   | 1,0     | 100,0    |
|                                  | 1994  | 67,0  | 13,7               | 4,8                    | 14,0                   | 0,5     | 100,0    |
|                                  | 94–88 | +22,4 | -4,3               | -13,5                  | -4,2                   | -0,5    |          |
| Typpi (N)                        | 1988  | 32,4  | 17,8               | 16,3                   | 32,9                   | 0,6     | 100,0    |
|                                  | 1994  | 44,1  | 15,2               | 9,0                    | 31,7                   | 0,0     | 100,0    |
|                                  | 94–88 | +11,6 | -2,6               | -7,3                   | -1,2                   | -0,5    |          |
| T + N                            | 1988  | 33,1  | 22,8               | 11,3                   | 32,8                   | 0,0     | 100,0    |
|                                  | 1994  | 63,9  | 9,2                | 4,4                    | 22,5                   | 0,0     | 100,0    |
|                                  | 94–88 | +30,8 | -13,6              | -7,0                   | -10,3                  | 0,0     |          |
| Keskim.                          | 1988  | 36,1  | 19,7               | 16,0                   | 27,6                   | 0,6     | 100,0    |
|                                  | 1994  | 56,3  | 13,4               | 6,3                    | 23,8                   | 0,2     | 100,0    |
|                                  | 94–88 | 20,2  | -6,4               | -9,7                   | -3,8                   | -0,3    |          |
| F <sub>94-88</sub> <sup>1)</sup> |       | 0,34  | 0,36               | 0,15                   | 3,20                   | 0,14    |          |
| p <sub>94-88</sub>               |       | 0,80  | 0,78               | 0,93                   | 0,10                   | 0,93    |          |

**Taulukko 4.** Taimien suhteellinen frekvenssi kuntoluokittain ja käsittelyittäin nuoressa taimikossa v. 1994. Kuntoluokkien osuuksien yhtäsuuruus testattiin varianssianalyysillä <sup>1)</sup>.

| Käsittely       | Terve | Lievästi<br>sairas | Kuntoluokka            |                        | Kuollut | Yhteensä |
|-----------------|-------|--------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|
|                 |       |                    | Sairas,<br>elävä latva | Sairas,<br>kuiva latva |         |          |
| Ei käsittely    | 87,2  | 10,2               | 1,6                    | 1,0                    | 0       | 100,0    |
| Tuhka (T)       | 94,6  | 2,6                | 1,1                    | 1,7                    | 0       | 100,0    |
| Typpi (N)       | 95,2  | 2,7                | 0,5                    | 1,6                    | 0       | 100,0    |
| T + N           | 92,2  | 3,2                | 2,8                    | 1,8                    | 0       | 100,0    |
| Roxion          | 92,9  | 6,6                | 0,0                    | 0,5                    | 0       | 100,0    |
| Keskim.         | 92,4  | 5,1                | 1,2                    | 1,3                    | 0       | 100,0    |
| F <sup>1)</sup> | 0,46  | 1,45               | 0,49                   | 0,24                   | –       |          |
| p               | 0,76  | 0,34               | 0,75                   | 0,90                   | –       |          |

### 3.2 Käsittelyjen vaikutus taimien pituuskasvuun

Vanhassa taimikossa typpilannoitus lisäsi pituuskasvua 2., 3. ja 4. vuonna ja keskimäärin vuosina 1990–94 (taulukko 5). Nuoressa taimikossa typpilannoitus lisäsi vuotuista pituuskasvua 3.–6. vuonna ja

keskimäärin vuosina 1990–94. Tuhkalannoitus lisäsi mahdollisesti mäntyjen pituuskasvua vanhassa taimikossa 3. vuonna tuhalla ja typpellä lannoitetuilla koelajoilla ja nuoressa taimikossa 3.–6. vuonna ja keskimäärin vuosina 1990–94 (taulukko 5). Koska tuhkalannoituksella ei ole saatu aiemmin kangasmaalla positiivisia kasvureaktioita, nyt teh-

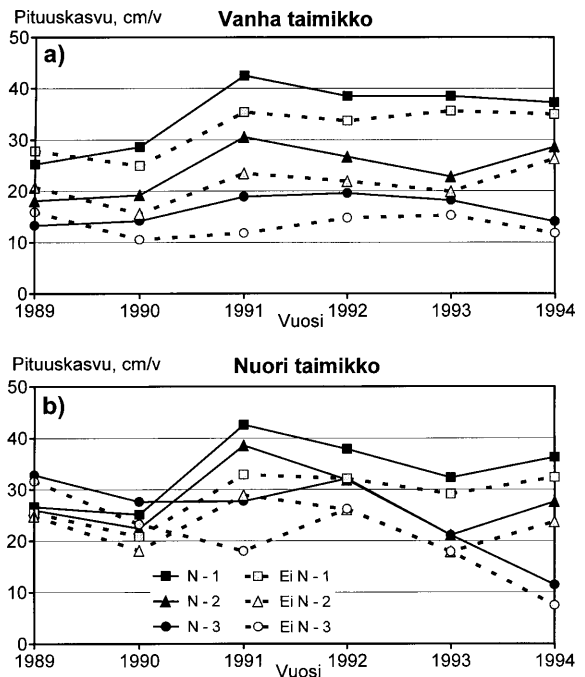
**Taulukko 5.** Kuntoluokkien 1 ja 2 mäntyjen vuotuinen pituuskasvu (cm/a) käsittelyittäin vanhassa ja nuoressa taimikossa. Käsittelyjen erot testattiin varianssianalyysillä ja parittaisilla t-testeillä, paitsi vanhassa taimikossa vuosien 1990–94 kasvujen erot testattiin kovarianssianalyysillä. Tällöin kovariaattina <sup>1)</sup> oli vuoden 1989 pituuskasvu. Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

|       | Vuosi   | Ei käsit | Tuhka (T) | Käsittely |      | Roxion | Keskim. | Käsittelyt |       | Kovariaatti <sup>1)</sup> |       |
|-------|---------|----------|-----------|-----------|------|--------|---------|------------|-------|---------------------------|-------|
|       |         |          |           | Typpi (N) | T+N  |        |         | F          | p     | t                         | p     |
| Vanha | 1989    | 24a      | 29a       | 25a       | 24a  | –      | 25      | 0,43       | 0,737 | –                         | –     |
|       | 1990    | 21a      | 24ab      | 29c       | 28bc | –      | 25      | 9,20       | 0,018 | 3,14                      | 0,026 |
|       | 1991    | 31a      | 33a       | 36a       | 45b  | –      | 35      | 8,93       | 0,019 | 2,86                      | 0,035 |
|       | 1992    | 29a      | 33ab      | 34ab      | 39b  | –      | 33      | 6,31       | 0,038 | 1,80                      | 0,132 |
|       | 1993    | 31a      | 32a       | 34a       | 39a  | –      | 33      | 1,28       | 0,376 | 2,44                      | 0,059 |
|       | 1994    | 33a      | 32a       | 36a       | 38a  | –      | 34      | 1,71       | 0,279 | 3,50                      | 0,017 |
|       | 1990–94 | 29a      | 31a       | 34b       | 38b  |        | 32      | 8,06       | 0,023 | 4,01                      | 0,010 |
| Nuori | 1989    | 25a      | 25a       | 30a       | 25a  | 25a    | 26      | 0,70       | 0,623 |                           |       |
|       | 1990    | 19a      | 20a       | 27b       | 25ab | 20a    | 22      | 3,42       | 0,105 |                           |       |
|       | 1991    | 30a      | 35b       | 44d       | 41d  | 32ab   | 36      | 21,5       | 0,002 |                           |       |
|       | 1992    | 29a      | 34c       | 37d       | 39e  | 31b    | 34      | 123,9      | 0,000 |                           |       |
|       | 1993    | 23a      | 32b       | 30b       | 32b  | 29ab   | 29      | 4,33       | 0,070 |                           |       |
|       | 1994    | 29a      | 33bc      | 34bc      | 36c  | 32b    | 33      | 9,38       | 0,015 |                           |       |
|       | 1990–94 | 26a      | 31c       | 35d       | 34d  | 29b    | 31      | 55,4       | 0,000 |                           |       |

tyihin havaintoihin on suhtauduttava varauksella (vrt. esim. Levula 1991). Insektisidillä ruiskutettujen koalojen taimien pituuskasvu oli suurempi kuin käsittelemättömien koalojen 4. ja 6. vuonna sekä jakson 1990–94 aikana, mikä tuntuu epäuskottavalta mm. kasvureaktion ja käsittelyn välisen pitkäähkön ajan ja aiemman tiedon perusteella (Heliövaara ym. 1983).

Taimien pituuskasvu riippui selvästi niiden kunnosta (kuva 2). Selvästi sairaat taimet – kuntoluokka 3 – kasvoivat vanhassa taimikossa vain noin puolet terveiden kasvusta. Nuoressa taimikossa alkava infektoituminen näkyi selvästi sairaiden tainten – luokka 3 – osalta voimakkaasti laskevana pituuskasvuna kahtena viimeisenä vuonna. Sairaat taimet reagoivat heikosti typpilannoitukseen, erityisesti kauan latikkatuhoista kärsineessä vanhassa taimikossa (kuva 2). Koska latikoiden vaikutus ilmeni vain pituuskasvussa, muiden puustotunnusten kehitystä ei esitetä.

Terveiden ja lievästi sairaiden männyntaimien pituuskasvua selittivät paitsi typpilannoitus ja taimien kunto myös taimien pituus ennen lannoitusta vuonna 1988 (taulukko 6). Vanhassa taimikossa lannoitusjakson (1990–94) pituuskasvun kanssa näytti



**Kuva 2.** Typpilannoituksen vaikutus vuotuisen pituuskasvuun kuntoluokittain (1–3) (ks. Aineisto ja menetelmät) a) vanhassa ja b) nuoressa taimikossa.

**Taulukko 6.** Kuntoluokkien 1 ja 2 mäntyjen pituuskasvun riippuvuus maaperä- ja puustotunnuksista ja lannoituksesta ennen (v. 1989) ja jälkeen (v. 1990–94) lannoituksen. Regressioyhtälöt laskettiin puittain. Yhtälöistä on esitetty standardoidut regressiokertoimet, muuttujien F-arvot ja mallin selitysaste.

| Pituuskasvu ennen lannoitusta = $ih_{89}$ , cm/a  |   |      |      |           | $R^2$ |
|---|---|------|------|-----------|-------|
| Vanha   | $ih_{89} = 0,261 * P_h + 0,230 * h_{88}$  |      |      |           | 0,144 |
|   | F =   | 7,21 | 5,61 |           |       |
| Nuori   | $ih_{89} = 0,605 * h_{88} + 0,232 * \text{Humpak} + 0,201 * S_k$                                |      |      |           | 0,432 |
|   | F =   | 55,6 | 7,89 | 5,87      |       |
| Lannoitusjakson pituuskasvu = $ih_{90-94}$ , cm/a |   |      |      |           | $R^2$ |
| Vanha   | $ih_{90-94} = -0,413 * \text{Kunto2} - 0,258 * C/N_k + 0,267 * h_{88} + 0,249 * N\text{-lann.}$ |      |      |           | 0,509 |
|   | F =   | 26,8 | 12,2 | 11,5 11,3 |       |
| Nuori   | $ih_{90-94} = 0,514 * N\text{-lann.} + 0,361 * \text{Kunto1} + 0,277 * h_{88}$                  |      |      |           | 0,446 |
|   | F =   | 41,4 | 20,4 | 12,0      |       |

- 1) Kunto1/Kunto2: Muuttuja saa arvon 1, kun kuntoluokka on 1 tai vastaavasti 2, muuten arvon 0;  $h_{88}$ : Taimen pituus syksyllä 1988 (cm); N-lann.: Muuttuja saa arvon 1, kun koeala on lannoitettu typpellä, muuten arvon 0; Alaindeksi "h" viittaa humuskerrokseen ja "k" kivennäismaahan. P ja S: neutraaliin ammoniumasetattiin uuttuva fosfori- ja vastaavasti rikkipitoisuus; C ja N: hiilen ja vastaavasti typen kokonaispitoisuus. Humpak: Humuskerroksen paksuus koealalla (mm).

**Taulukko 7.** Tuhkalannoituksen vaikutus maaperämuuttujiin. Mukana ne muuttujat, joilla käsittelyjen välillä oli tilastollinen ero vähintään toisessa kokeessa.

| Muuttuja <sup>1)</sup><br>mg/kg   | Vanha taimikko<br>Tuhkaa, t/ha |       |         | Nuori taimikko<br>Tuhkaa, t/ha |       |         |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------|---------|--------------------------------|-------|---------|
|                                   | 0                              | 3     | t-arvo  | 0                              | 3     | t-arvo  |
| <b>Humuskerros</b>                |                                |       |         |                                |       |         |
| n                                 | 4                              | 6     |         | 4                              | 6     |         |
| $B_{tot}$                         | 1,3                            | 6,6   | 4,60**  | 1,7                            | 5,6   | 9,14*** |
| $Ca_{tot}$                        | 1480                           | 14422 | 4,62**  | 2561                           | 11025 | 12,5*** |
| $Cd_{tot}$                        | 0,23                           | 0,45  | 2,51*   | 0,43                           | 0,63  | 2,95*   |
| $Cu_{tot}$                        | 6,88                           | 28,8  | 2,45*   | 7,4                            | 16,0  | 2,70*   |
| $K_{tot}$                         | 612                            | 1208  | 3,49*   | 569                            | 935   | 3,18*   |
| $Mg_{tot}$                        | 315                            | 904   | 4,99**  | 309                            | 698   | 20,1*** |
| $Mn_{tot}$                        | 77                             | 884   | 5,41*** | 23                             | 104   | 12,1*** |
| $P_{tot}$                         | 583                            | 1114  | 4,00**  | 707                            | 947   | 5,82*** |
| $Zn_{tot}$                        | 38,5                           | 78,3  | 5,40*** | 46,0                           | 82,8  | 6,99*** |
| pH                                | 3,85                           | 5,63  | 6,62*** | 3,81                           | 4,98  | 15,1*** |
| $Ca_{aset}$                       | 940                            | 7333  | 4,60**  | 1593                           | 5786  | 13,4*** |
| $K_{aset}$                        | 376                            | 497   | 2,61*   | 468                            | 491   | 0,26    |
| $Mg_{aset}$                       | 109                            | 371   | 6,33*** | 146                            | 348   | 14,9*** |
| $Mn_{aset}$                       | 29                             | 247   | 7,61*** | 51                             | 224   | 11,9*** |
| $P_{aset}$                        | 44                             | 97    | 2,44*   | 101                            | 116   | 1,01    |
| <b>Kivennäismaakerros 0–10 cm</b> |                                |       |         |                                |       |         |
| pH                                | 4,59                           | 4,73  | 1,86°   | 4,61                           | 4,78  | 3,47**  |
| $Ca_{aset}$                       | 29,5                           | 91,9  | 2,73*   | 30,4                           | 85,7  | 3,64**  |
| $Mg_{aset}$                       | 5,5                            | 9,9   | 2,37*   | 4,5                            | 9,1   | 3,63**  |

<sup>1)</sup> Alaindeksi tot viittaa kokonaispitoisuuteen ja alaindeksi aset ammoniumasetattipitoisuuteen.

lisäksi korreloivan syksyn 1988 kivennäismaan hiilitypillisuus: mitä matalampi C/N-suhde – ts. mitä parempi typpitilanne, sitä paremmin männyt kasvoivat pituutta (taulukko 6). Sen sijaan kesän 1989 pituuskasvun eli ns. luontaisen pituuskasvun kanssa korreloivat positiivisesti vain taimen pituus v. 1988 ja humuskerroksen fosforipitoisuus (vrt. Tamminen 1993). Nuorena taimikossa jakson 1990–94 pituuskasvua selittivät vain typpilannoitus, taimen kunto v. 1994 ja pituus v. 1988. Sen sijaan ns. luontaista kasvua näytti selittävän lähtöpituuden lisäksi humuskerroksen paksuus (+) ja kivennäismaan rikkipitoisuus (+). Typpilannoitus vaikutti voimakkaammin nuorena kuin vanhassa taimikossa (taulukko 6).

### 3.3 Lannoituskäsittelyjen vaikutus maa-analyysitunnuksiin

Typpilannoitus vaikutti eniten puustoon ja tuhkalannoitus maahan. Tuhkalannoitus näkyi lähinnä humuskerroksen ominaisuuksissa (taulukko 7). Seuraavien muuttujien pienimmät arvot tuhkakoealoilla olivat suurempia kuin niiden suurimmat arvot muilla koealoilla: humuskerroksen alkuaineiden B, Ca, Mg, Mn, Na, P ja Zn kokonaispitoisuudet,

humuskerroksen neutraaliin ammoniumasetaattiin uuttuvat Ca-, Mg- ja Mn-pitoisuudet ja vesi-pH. Toisin sanoen nämä muuttujat erottelivat 100 %:sti tuhkaa saaneet alat muista. Tuhkalannoitus nosti eniten humuskerroksen mangaani- ja kalsiumpitoisuuksia (taulukko 7), mikä vastasi hyvin aikaisempia tuloksia (Bramryd ja Fransman 1995, Silfverberg 1996). Toisaalta lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet esim. humuskerroksen hiili- ja typpipitoisuuksiin, jotka vanhassa taimikossa korreloivat terveiden taimien osuuden lisääntymisen kanssa – Spearman-järjestyskorrelaatiokertoimet  $-0,93^{***}$  ja  $-0,92^{***}$ .

Tuhkakoealoilla kadmiumpitoisuudet olivat 1,5...2,0 kertaa korkeampia kuin muilla koealoilla, mutta vielä normaalin vaihtelun sisällä (Tamminen ja Starr 1990). Sen sijaan tärkeän hivenaineen, boorin kokonaispitoisuuden tuhka nosti 3...5-kertaiseksi (taulukko 7).

Kivennäismaan tunnuksiin tuhkalannoitus vaikutti hyvin vähän. Vaihtuvan kalsiumin pitoisuus nousi keskimäärin kolmin- ja magnesiumin 1,9-kertaiseksi, ja pH nousi keskimäärin vain 4,60:sta 4,76:een (taulukko 7).

## 4 Tulosten tarkastelu

Kauan punalatikan vaivaaman, varttuneen männyn-taimikon lannoitus ei parantanut mäntyjen kuntojakaumaa, mutta lisäsi kylläkin jonkin verran pituuskasvua. Nuorena, koetta perustettaessa täysin terveessä taimikossa lievästi sairaiden taimien osuus oli keskimäärin alhaisempi tuhalla ja typpellä lannoitetuilla koealoilla ( $n = 6$ ) kuin käsittelemättömillä ja insektisidillä käsitellyillä koealoilla ( $n = 4$ ). Käsitteilyttään (kussakin kaksi toistoa) testaten nuoren taimikon kuntojakauksissa ei ollut eroja (taulukko 4). Johtopäätöksiä vaikeuttaa vähäinen punalatikan iskeytyminen kokeen kuluessa. Typpilannoitus paransi myös nuoren taimikon pituuskasvua. Kummassakin taimikossa typpilannoituksen vaikutus pituuskasvuun oli melko lyhytaikainen, 3–5 vuotta.

Vaikka tuhkalannoitus näytti lisänneen taimien pituuskasvua, on tuloksiin tältä osin suhtauduttava varauksella, koska kangasmaalla tuhkalannoituksen ei ole aiemmin havaittu lisänneen puiden kasvua

(Levula 1991). Vielä suurempi epävarmuus koskee insektisidikäsittelyn mahdollisesti pituuskasvua lisäävää vaikutusta (Heliövaara ym. 1983).

Maaperätunnukset korreloivat heikosti taimien kuntoluokkajakaumien, niiden muutoksen sekä taimien pituuskasvun kanssa. Lisäksi lannoituskäsittelyt tuntuivat sellaisissa maaperätunnuksissa, jotka eivät korreloineet puustotunnusten kanssa. Maan kemiallisiin tunnuksiin vaikutti vain tuhkalannoitus, ja sekin lähinnä vain humuskerroksen ominaisuuksiin. Tuhka vähensi happamuutta ja lisäsi emäskationien määriä maassa. Raskasmetallien pitoisuudet lisääntyivät melko vähän. Yhdistetty tuhka- ja typpilannoitus lisää tasapainoisesti puiden ravinteiden saantia. Voidaanko näin myös lisätä puiden resistenssiä punalatikkaa vastaan, jäi avoimeksi. On huomattava, että kasvupaikoilla, joilla punalatikka vaivaa eniten mäntyjä, vallitsee usein myös vedenpuute (Hokkanen ym. 1987).

Pitkään punalatikasta kärsineen, varttuneen männyn-taimikon lannoitus ei todennäköisesti kannata, kun asiaa tarkastellaan puuston taloudellisen tuotoksen kannalta (Tamminen 1989). Teknisesti huonolaatuisen puuston typpilannoitusreaktio oli varsin pieni ja kohdistui suureksi osaksi huonomuotoisiin ja osaksi jopa latvansa menettäneisiin mäntyihin. Puusto näyttää toipuvan varttuessaan ainakin jossain määrin ilman mitään toimenpiteitä. Toisaalta terveiden puiden lannoitusreaktio ei voi kompensoida sairaiden ja kuivalatvaisten puiden aiheuttamaa kasvun ja tuotoksen vähenemistä. Punalatikan vaivaamat männyt kärsivät mm. kalsiumin, magnesiumin ja typen puutteesta, joka on sekundääristä eikä johdu kasvupaikkojen ravinteisuuseroista (Raitio 1991) vaan punalatikan vioituksista. Selvästi vioituneiden puiden lannoitukseen ei ilmeisesti voi parantaa puiden latvuksen yläosan ravinteiden saantia ja samalla pituuskasvua.

Nuoren, infektoitumattoman taimikon tuhka- ja typpilannoituksen merkitys jäi epäselväksi, vaikkakin taimien pituuskasvu parani ja lievästi sairaiden taimien osuus pysyi pienempänä kuin lannoittamattomilla koealoilla. Mutta punalatikan vähäisen iskeytymisen takia sekä lannoitus- että insektisidikäsittelyjen ennalta ehkäisevästä kyvystä ei ehkä saatu oikeaa käsitystä.

Saadut tulokset koskevat vain kahta taimikkoa, joten tulosten yleistämisessä on oltava varovainen.



Tämän tutkimuksen ja aiemman tietämyksen perusteella (Laine 1971, Brammanis 1975, Heliövaara ja Terho 1981, Heliövaara ym. 1983, Hokkanen ym. 1987, Tamminen 1989, Raitio 1991) punalätikan tuhoja voitaneen ehkäistä parhaiten ennakolta perustamalla riittävän tiheitä taimikoita, joissa on lehtipuusekoitusta. Taimikoiden lannoitus ei vaikuta taloudellisesti kannattavalta, mutta voi silti olla edullisempi vaihtoehto kuin lannoittamatta jättäminen, silloin kun taimikko on enintään lievästi vaurioitunut ja kun taimien infektoituminen pysyy kohtuullisena. Lannoitusta on jatkettava siihen asti, kunnes taimikko on ohittanut latikkatuhoille altteimman vaiheen (Heliövaara 1982). Latikkatuhoille alttiissa taimikoissa maa on yleensä karkeaa, hiekkaa tai soraa, jolloin ravinteiden huuhtoutumisen ehkäisemiseksi lannoitteiden on oltava hidastuukoisia.

Voimakkaasti vaurioituneessa taimikossa osa taimista pysyy terveinä, mutta osa kuolee tai menettää latvansa eikä toivuttuaankaan kelpaa sahapuuksi. Tällaisen taimikon lannoitus näyttäisi puuston reagoinnin kannalta arvioiden turhalta. Jos taas punalätikan pahoin vaurioittama, vajaatuottoinen taimikko uudistetaan, saattaa uudenkin taimikon kohtalona olla sairastuminen. Punalätikan pahoin vaurioittaman, varttuneen männyntaimikon kasvataminen lienee kuitenkin useimmiten kannattavampaa kuin uuden taimikon perustaminen.

Insektisidien käyttö tulee kyseeseen vain harvoin Suomen oloissa. Isojen alojen käsittelyä ei ole meillä tutkittu, ja yksittäisten tainten reppuruiskutus on hidasta, kallista ja työntekijää altistavaa.

## Kiitokset

Kokeet voitiin perustaa Puolustusvoimien ja yksityisten metsänomistajien maille, josta kiitos maanomistajille ja yksityismaiden osalta erityisesti Valkealan metsänhoitoyhdistyksen toiminnanjohtajalle Jari Ursinille. Tuhka saatiin Kalso Teollisuudelta ja typpilannoite Kemira Oy:ltä. Kenttätöön toteuttivat MMT Pekka Tamminen, metsätaloudeninsinööri Arto Ursin, MMM Eero Kemppe, laboratorioteknikko Pauli Karppinen ja Toni Viera. Näytteet esikäsiteltiin ja analysoitiin Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa Vantaalla. Sari Elomaa ja Anne Siika piirsivät kuvat.

## Kirjallisuus

- Brammanis, L. 1975. *Aradus cinnamomeus*, its ecology and significance to forestry. *Studia Forestalia Suecica* 123. 81 s.
- Bramryd, T. & Fransman, B. 1995. Silvicultural use of wood ashes – Effects on the nutrient and heavy metal balance in a pine (*Pinus sylvestris* L) forest soil. *Water, Air, and Soil Pollution* 85: 1039–1044.
- Heliövaara, K. 1982. The pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) and the height growth rate of young Scots pines. *Seloste: Punalätikka, Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) ja männyntaimien pituuskasvu. *Silva Fennica* 16(4): 357–361.
- & Terho, E. 1981. Effect of undergrowth on the occurrence of the pine bark-bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). *Annales Entomologici Fennica* 47: 11–16.
- Terho, E. & Annala, E. 1983. Effect of nitrogen fertilization and insecticides on the population density of pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). *Seloste: Typpilannoituksen ja eräiden hyönteismyrkköjen vaikutus punalätikan esiintymisrunsautteen*. *Silva Fennica* 17(4): 351–357.
- & Väisänen, R. 1985. Effects of modern forestry on Northwestern European forest invertebrates: a synthesis. *Seloste: Nykyaikaisen metsänkäsittelyn vaikutukset luoteiseurooppalaisen metsän selkärangattomiin: synteesi*. *Acta Forestalia Fennica* 189. 32 s.
- 1986. Industrial air pollution and the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* Panz. (Het., Aradidae). *Journal of Applied Entomology* 101: 469–478.
- Heiskanen, J. & Tamminen, P. 1992. Maan fyysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 424. 32 s.
- Hokkanen, T., Heliövaara, K. & Väisänen, R. 1987. Control of *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) with special reference to pine stand condition. *Seloste: Punalätikan torjunta erityisesti metsänhoidollisin menetelmin*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 142. 27 s.
- Laine, L. 1971. Punalätikka aiheuttaa tuhoja nuorissa männiköissä. *Metsä ja Puu* 1971(4): 30–32.
- Levula, T. 1991. Tuhkalannoitus kangasmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 394: 49–59.
- Raitio, H. 1991. Nutritional disturbances of young Scots pines caused by pine bark bugs in a dry heath forest. *Plant and Soil* 131: 251–259.
- Silfverberg, K. 1996. Nutrient status and development of tree stands and vegetation on ash-fertilized drained peatlands in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 588. 142 s.

- Tamminen, P. 1989. Punalatikan tuhoista kärsivän männyntaimikon lannoitus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 334. 18 s.
- 1993. Pituusboniteetin ennustaminen kasvupaikan ominaisuuksien avulla Etelä-Suomen kangasmetsissä. Summary: Estimation of site index for Scots pine and Norway spruce stands in South Finland using site properties. *Folia Forestalia* 819. 26 s.
- & Starr, M. 1990. A survey of forest soil properties related to soil acidification in southern Finland. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). *Acidification in Finland*. Springer Verlag: 235–251.
- & Starr, M. 1994. Metsämaiden viljavuus ja happamoituminen. Teoksessa: Mälkönen, E. & Sivula, H. (toim.). *Suomen metsien kunto*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 525: 85–97.

## 17 viitettä