

Anna Saarsalmi ja Mikko Kukkola

## Tuhkalannoituksen vaikutus maaperään ja puuston kasvuun

t e e m a

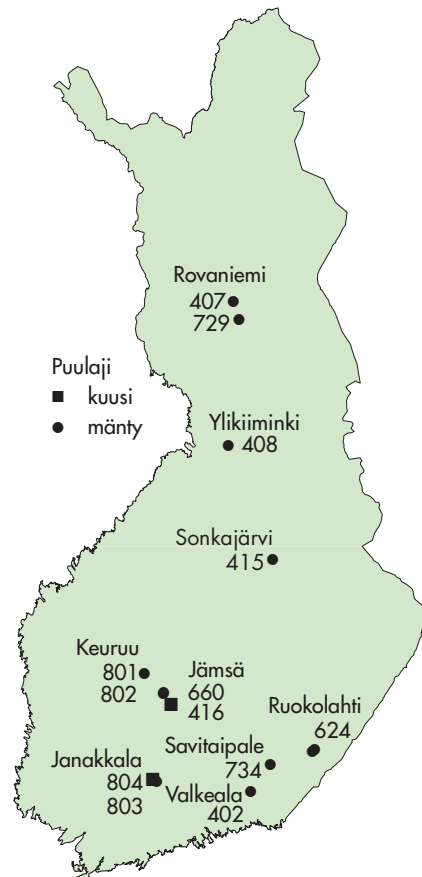
### Johdanto

**P**uuta polttavissa energialaitoksissa syntyy vuosittain 150 000–200 000 tonnia puutuhkaa. Puunjalostustehtaiden yhteydessä toimivien voimalaitosten polttoaineita ovat olleet lähinnä puun kuori ja puru. Viime vuosina on poltossa alettu käyttää yhä enemmän myös hakkuutähteitä, pienpuuta ja kantoja. Jos puupolttoaineiden käyttö lisääntyy suunnitellusti, puutuhkaa tuotetaan lähes kaksinkertainen määrä lähitulevaisuudessa.

Puutuhka sisältää tyypeä lukuun ottamatta muita ravinteita likimain samoissa suhteissa kuin niitä sitoutuu puuston biomassaan. Monipuolisen ravinnesisältönsä lisäksi tuhkalla on voimakas kalkitusvaikutus eli se neutraloi maaperää. Palauttamalla energiatuotannossa puusta syntyvä tuhka metsämaalle korvataan puunkorjuussa ja ravinteiden huuhtoutumisessa syntyvää ravinnepuutosta ja estetään maan happamoitumista. Näin saadaan tuhka hyötykäyttöön ja vähennetään jäteongelmia.

### Tuhkalannoituskokeet

Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimuksen piirissä on vuosien mittaan perustettu ja ylläpidetty kangasmaiden tuhkalannoituskokeita tai puutuhkaa on käytetty yhtenä koejäsenenä muissa lannoituskokeissa (kuva 1 ja taulukko 1). Kokeet olivat keski-ikäisiä kasvatusmetsiä tai nuoria taimikoita tuoreilla (MT),



**Kuva 1.** Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimuksen tuhkalannoituskokeita kangasmailla.

**Taulukko I.** Kangasmetsien tuhkalannoituskokeita.

Koe	Sijainti	Tuhka levitetty vuonna	Tuhka ja typpi (N), kg/ha	Metsätyyppi	Puulaji	Puuston ikä
402	Valkeala	1990	3 000	CT	Mänty	64
407	Rovajärvi	1990	3 000 + 120 N	CIT	Mänty	75
408	Ylikiminki	1991	3 000	ECT	Mänty	69
415	Sonkajärvi	1993	3 000 + 150 N	VT	Mänty	31
416	Jämsä	1993	3 000 + 150 N	MT	Kuusi	45
557	Muhos	1978	1 000 + 185 N, 2 500 + 185 N 5 000 + 185 N	CT	Mänty	60
624	Ruokolahti	1990	2 500, 5 000	VT	Mänty	0
660	Kuorevesi	1990	1 000, 2 500, 5 000	VT	Mänty	100
729	Kivalo	1994	3 000	EVT	Mänty	63
734	Savitaipale	1996	3 000	VT	Mänty	44
801	Keuruu	1982	3 000	VT	Mänty	6
802	Keuruu	1982	3 000	CT	Mänty	5
803	Janakkala	1982	3 000	MT	Mänty	6
804	Janakkala	1982	3 000	MT	Kuusi	5

<sup>1</sup> Puuston ikä tuhkan levityshetkellä.

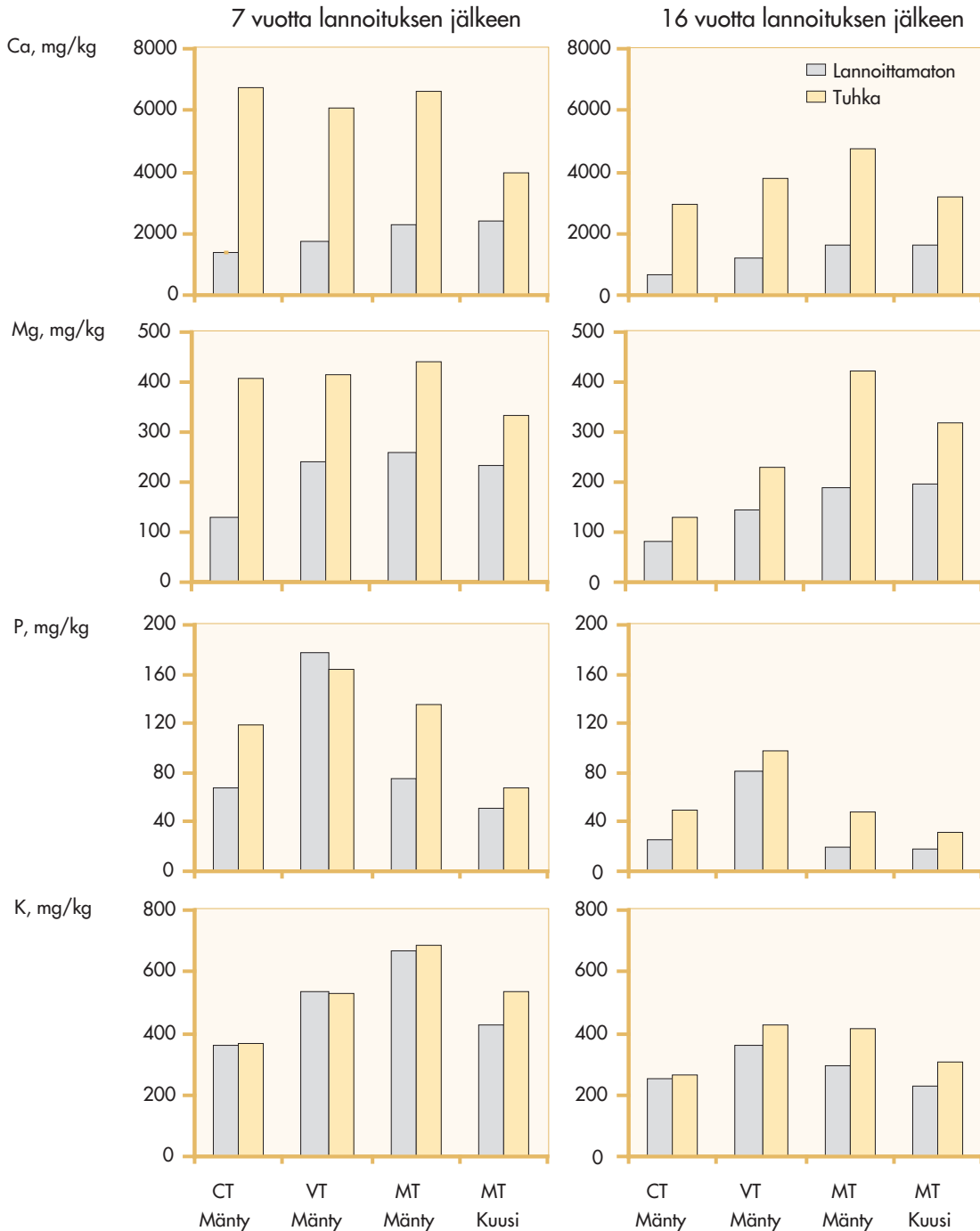
kuivahkoilla (VT, EVT), kuivilla (CT, ECT) ja karukokankailla (CIT). Kokeissa on seurattu tuhkalannoituksen vaikutuksia maan kemiallisiin ominaisuuksiin, puuston kasvuun ja neulasten ravinnepitoisuuksiin. Joillakin kokeilla on tuhkan ohella annettu typpeä. Lisäksi yhdellä mäntykokeella on tutkittu puutuhkan vaikutusta ravinteiden huuhtoutumiseen, pintakasvillisuuteen, puolukkasatoihin ja puolukan alkuaine- sekä cesiumpitoisuuksiin.

### Maaperävaikutukset

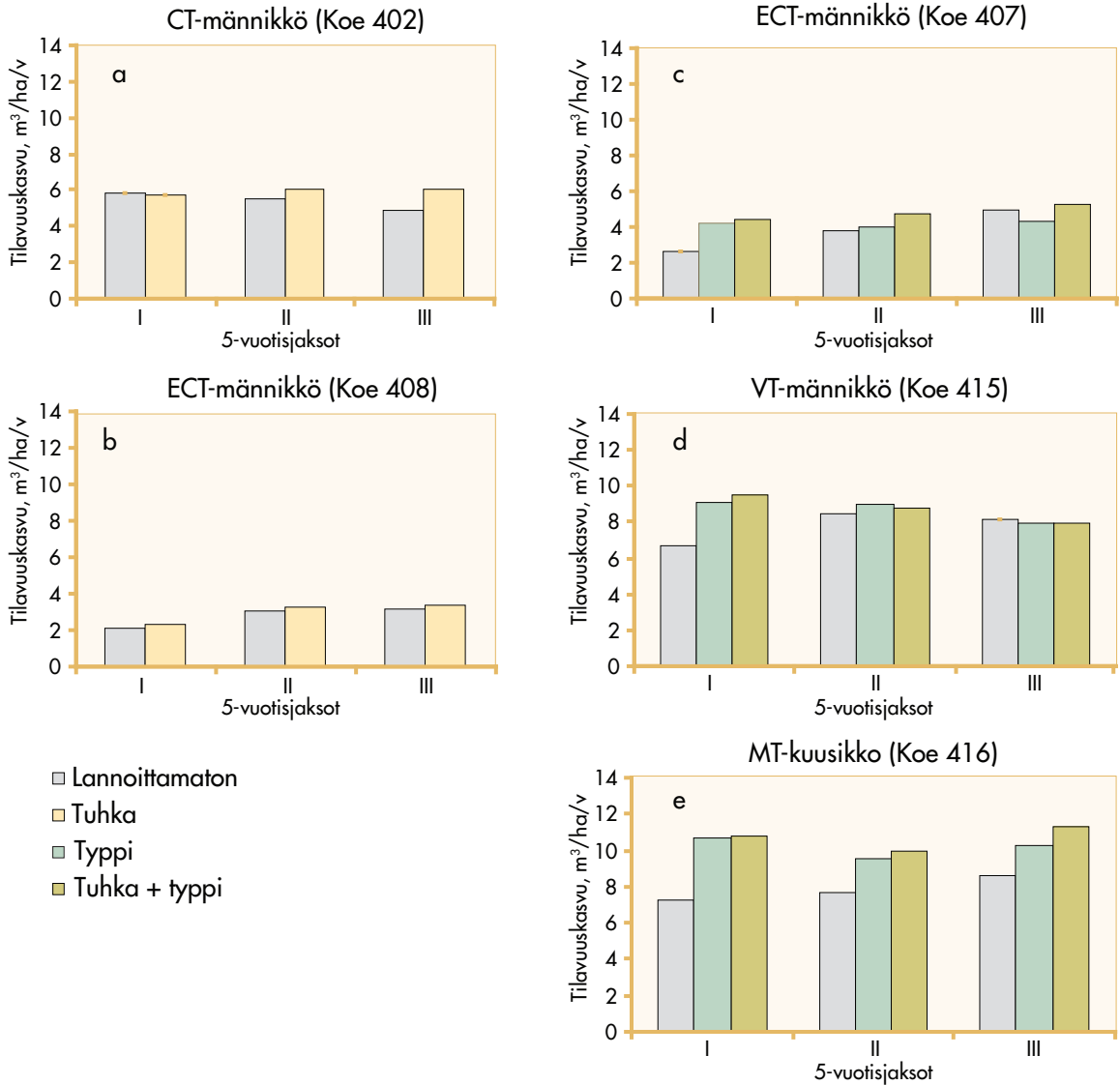
Kangasmailla puun tuhka vähentää tehokkaasti happamuutta ja parantaa maan ravinnetilaa pitkäaikaisesti. Kun kangasmetsien erilaisilla kasvupaikoilla käytettiin 3 000 kg puutuhkaa hehtaarille, niin humuskerroksen pH oli 7 vuoden kuluttua tuhkalisäyksestä 1,1–1,5 pH-yksikköä ja 16 vuoden kuluttua 0,6–1,0 pH-yksikköä korkeampi kuin vertailualueilla. Kivennäismaakerroksessa 0–10 cm tämä tuhkaannos ei nostanut merkittävästi pH-arvoja. Maan pH:n muutoksen suuruus riippuu annetusta tuhka-

määrästä. Siten kokeessa, jossa käytettiin puutuhkaa 1 000, 2 500 ja 5 000 kg hehtaarille, humuskerroksen pH oli 23 vuoden kuluttua vastaavasti 0,1, 0,3 ja 0,9 pH-yksikköä korkeampi kuin vertailualueilla. Äkilliset ja voimakkaat pH:n muutokset voivat olla haitallisia maan biologiselle toiminnalle. Jotta tuhkan levityksen jälkeen shokkivaikutuksilta vältyttäisiin, kangasmetsissä puutuhkan kerta-annokseksi on suositeltu enintään 3 000 kg hehtaarille. Rakeistettu tai pelletöity tuhka liukenee hitaammin, jolloin mahdolliset haittavaikutukset lievenevät irtotuhkan verrattuina.

Kun kangasmetsien erilaisilla kasvupaikoilla käytettiin 3 000 kg puutuhkaa hehtaarille, humuskerroksen vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet nousivat voimakkaasti (kuva 2). Karuimmalla kasvupaikalla, jolla tuhkan vaikutus oli suurin, humuskerroksen kalsiumin pitoisuus oli edelleen nelinkertainen lannoittamattomaan käsittelyyn verrattuna, kun tuhkalisäyksestä oli kulunut 16 vuotta. Tuhkalannoitus lisäsi jonkin verran myös humuskerroksen fosfori- ja kaliumpitoisuuksia. Lisäys oli suhteellisesti suurin tuoreen kankaan männikössä.



**Kuva 2.** Tuhkalannoituksen (3 000 kg/ha) vaikutus humuskerroksen vaihtuvien ravinteiden pitoisuuksiin eri metsätyypeillä 7 (1989) ja 16 (1998) vuotta lannoituksen jälkeen. Koemetsiköt (kokeet 801, 802, 803 ja 804) olivat lannoitettaessa 5–6-vuotisia taimikoita. Kuva: Saarsalmi ym. 2001.



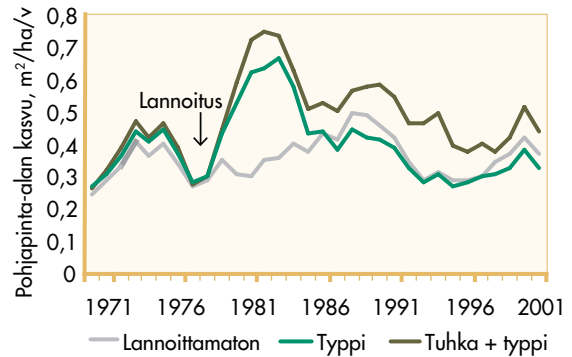
**Kuva 3.** Tuhka- ja typpilannoituksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun kolmen viisivuotisjakson aikana neljässä männikössä ja yhdessä kuusikossa. Kaikille kokeille on annettu kokeita perustettaessa puutuhkaa 3 000 kg/ha. Kolmella kokeella on annettu tuhkan ohella typpeä: 120 kg N/ha (koe 407) tai 150 kg N/ha (kokeet 415 ja 416) oulunsalpietarina. Näillä kolmella kokeella on lisäksi käsittely, jossa on annettu pelkkää typpeä: 120 kg N/ha (koe 407), 150 kg N/ha (koe 415) tai 180 kg N/ha (koe 416). Kahden ensimmäisen viisivuotisjakson tulokset on julkaistu (Saarsalmi ym. 2004).

## Vaikutus puuston kasvuun

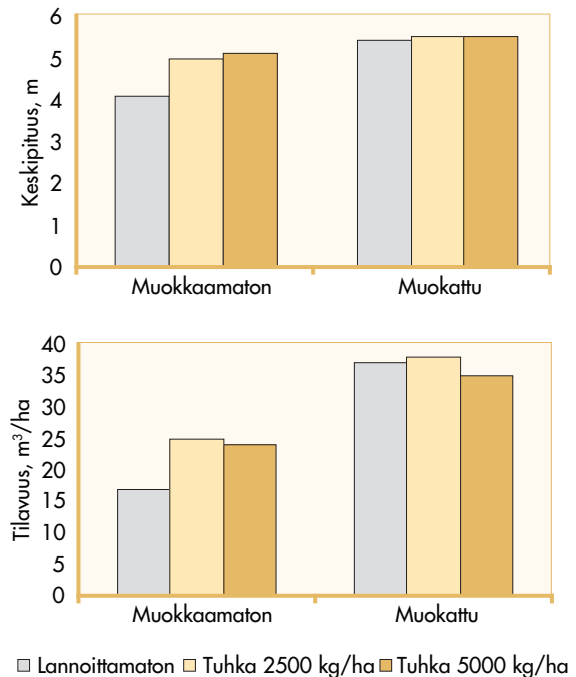
Koska tuhka ei sisällä typpeä, sen ei ole arvioitu lisäävän puun tuotosta kasvupaikoilla, joilla kasvua rajoittaa eniten typen puute. Siksi tuhkaa ei ole perinteisesti suositeltu kangasmailla tai hyvin niukkatyppisiin suometsiin, vaan lähinnä sellaisiin suometsiin, joissa on niukkuutta erityisesti fosforista ja kaliumista. Puiden kasvureaktiot ovatkin jääneet karuilla, vähätyppisillä kangasmailla yleensä vähäisiksi (kuva 3 a ja b). Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan tuhkalannoituksen vaikutus puuston kasvuun kangasmailla riippui kasvupaikan viljavuudesta. Kaikkein viljavimmilla kasvupaikoilla tuhkalannoitus lisäsi puuston kasvua 4–10 % 5–11 vuoden tutkimusjakson aikana, kaikkein karuimmilla kasvupaikoilla kasvu jopa hieman aleni lannoittamattomaan käsitteelyyn verrattuna.

Tuhkalannoituksella voi karuillakin kangasmilla olla ravinnekiertoa vilkastuttava ja puiden kasvua lisäävä vaikutus, jos tuhkan ohella on annettu typpeä. Tuhkan ja typpilannoitteen yhteisvaikutus voi kestää kauemmin kuin pelkän typpilannoitteen vaikutus. Kun kuivan kankaan männikköä lannoitettiin pelkästään typpellä sekä typpellä ja tuhkalla, niin typen välitön kasvua lisäävä vaikutus loppui alle 10 vuodessa, mutta yhdistetty typpi-tuhkalannoitus paransi mäntyjen kasvua huomattavasti pidempään (kuva 4). Toisena esimerkkinä on kolmen kokeen sarja, jossa niin ikään tuhkan ohella on annettu typpeä (kuva 3 c, d ja e). Puuston tilavuuskasvussa ei näillä kokeilla ollut oleellista eroa kolmen ensimmäisen viisivuotisjakson aikana, oli typpi annettu sitten tuhkan kanssa tai yksinään.

Pitkän ajan kuluessa tuhkalannoituksen aiheuttamaan hajotustoiminnan vilkastuminen voi parantaa kasvua myös niukkatyppisillä kangasmilla. Tästä on esimerkkinä kuivan kankaan männikkö (koe 402) Valkealassa (kuva 3 a). Tällä kokeella tuhkalannoitus paransi tilavuuskasvua, mutta vasta kun tuhkalannoituksesta oli kulunut 10 vuotta. Myös männyn muokkaamattomilla uudistusaloilla, niukkatyppisellä kasvupaikalla, puut olivat 15 vuoden kuluttua tuhkalisäyksestä pidempiä kuin lannoittamattomilla vertailukoaloilla (kuva 5). Muokatuilla koaloilla ei eroja käsittelyjen välillä sitä vastoin ollut.



**Kuva 4.** Puuston pohjapinta-alan kasvu kuivan kankaan männikkössä (koe 557), kun lannoitteena on annettu pelkkää typpeä tai typpeä ja puutuhkaa (urea: 185 kg N/ha syksyllä 1978, puutuhka 2 500 kg/ha keväällä 1979). Kuva: Saarsalmi ym. 2006.



**Kuva 5.** Puiden keskimääräinen pituus ja tilavuus 15 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta männyn muokkaamattomilla ja muokatuilla uudistusaloilla (koe 624). Kuva: Saarsalmi ja Levula 2007.

Puiden ravinnetilassa tuhkalannoitus kuvastuu kangasmailla usein selvimmin neulasten booripitoisuuden kohoamisena ja mangaanipitoisuuden vähenemisenä. Tuhkalla voisi olla merkitystä boorin puutoksesta aiheutuvien kuusikoiden kasvuhäiriöiden torjunnassa. Kuusen kasvuhäiriöt ovat yleisimpiä viljavimmilla, typpirikkailla kangasmailla, jotka ovat entisiä kaski- ja laidunmaita.

### Muita ympäristövaikutuksia

Puuta poltettaessa sen sisältämät kivennäisaineet ja raskasmetallit rikastuvat tuhkaan. Puutuhkan sisältämistä raskasmetalleista pidetään haitallisimpana kadmiumia. Lannoitevalmisteista annettun asetuksen (12/2007) mukaan metsätaloudessa käytettävässä puutuhkassa saa olla kadmiumia enintään 17,5 mg kuiva-ainekilogrammaa kohti ja enimmäiskuormitus saa olla 40 vuoden aikana 60 g hehtaarille. Tutkimuksissa tuhkan ei ole havaittu aiheuttaneen merkittäviä muutoksia sienien ja marjojen raskasmetallipitoisuuksissa. Puolukan marjoissa radioaktiivisen cesiumin pitoisuus on puolestaan alentunut tuhkalannoituksen seurauksena.

### Johtopäätelmiä

Kangasmailla tuhkalannoituksen vaikutuksia tulee tarkastella enemmän maanparannuksen ja maaperän biologisen aktiivisuuden kuin puiden kasvunlisäyksen näkökulmasta. Kangasmetsissä kasvunlisäyksen aikaansaaminen näyttäisi edellyttävän tuhkan ohella myös typpilisäystä. Puutuhkan laajamittainen hyväksikäyttö maanparannusaineena kangasmailla edellyttää vielä monipuolista tutkimus- ja kehitystyötä.

### Kirjallisuutta

- Helmisaari, H.-S., Saarsalmi, A. & Kukkola, M. 2009. Effect of wood ash and nitrogen fertilization on fine root biomass and soil and foliage nutrients in a Norway spruce stand in Finland. *Plant and Soil* 314: 121–132.
- Jacobson, S. 2003. Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils – effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37: 437–450.
- Levula, T., Saarsalmi, A. & Rantavaara, A. 2000. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and <sup>137</sup>Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management* 126: 269–277.
- Saarsalmi A. & Levula T. 2007. Wood ash application and liming: effects on soil chemical properties and growth of Scots pine transplants. *Baltic Forestry* 13 (2): 149–157.
- , Mälkönen, E. & Piirainen, S. 2001. Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. *Silva Fennica* 35: 355–368.
- , Mälkönen, E. & Kukkola, M. 2004. Effects of wood ash fertilization on soil chemical properties and stand nutrient status and growth of some coniferous stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 217–233.
- , Derome, J. & Levula, T. 2005. Effect of wood ash fertilization on stand growth, soil water and needle chemistry, and berry yields of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in a Scots pine stand in Finland. *Metsäanduslikud uurimused/Forestry Studies* 42: 13–33.
- , Kukkola, M., Moilanen, M. & Arola, M. 2006. Long-term effects of ash and N fertilization on stand growth, tree nutrient status and soil chemistry in a Scots pine stand. *Forest Ecology and Management* 235: 116–128.

■ FT Anna Saarsalmi ja MH Mikko Kukkola, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö.  
Sähköposti [anna.saarsalmi@metla.fi](mailto:anna.saarsalmi@metla.fi)