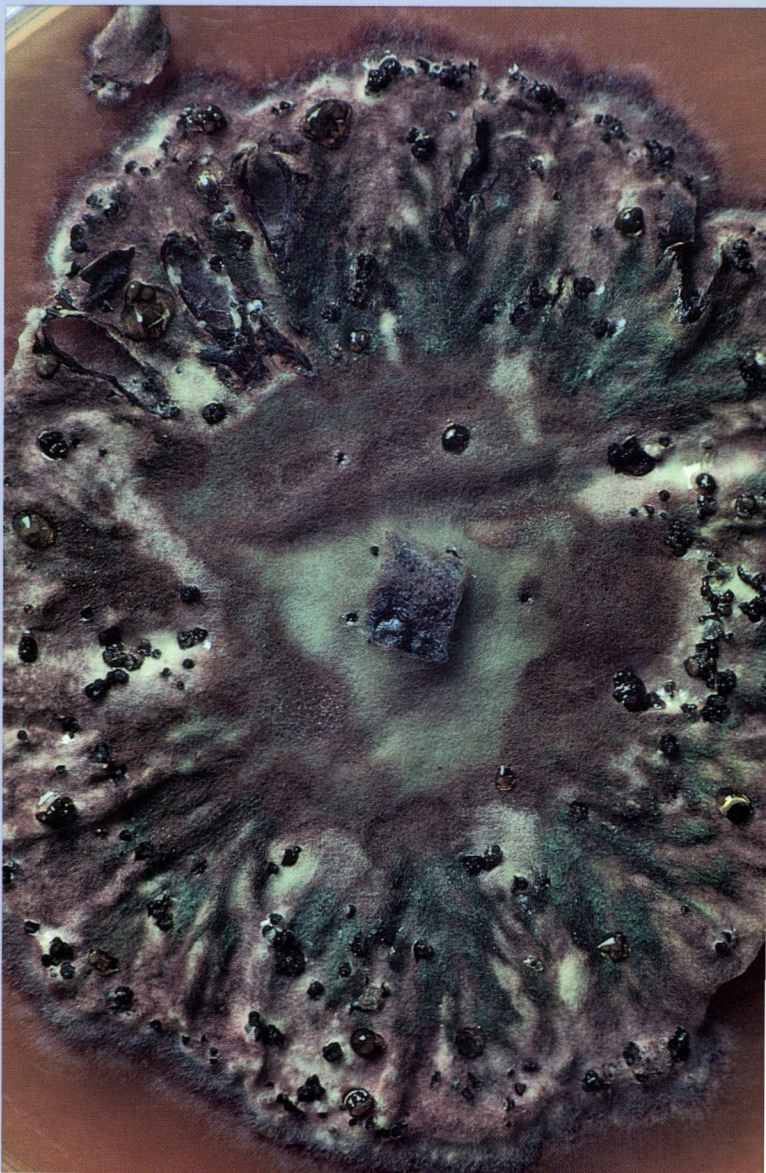


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 460  
Metsäekologian tutkimusosasto

## METSÄNSUOJELUTUTKIMUKSEN TULOKSIA

Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 9.12.1992

Toimittaneet **Timo Kurkela** ja **Katriina Lipponen**





# **METSÄNSUOJELUTUTKIMUKSEN TULOKSIA**

Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 9.12.1992

Toimittaneet **Timo Kurkela** ja **Katriina Lipponen**

Metsäntutkimuslaitos  
Metsäekologian tutkimusosasto

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 460

Vantaa 1993

Kurkela, T. ja Lipponen, K. (toim.), 1993. Metsänsuojelututkimuksen tuloksia.  
Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 9.12. 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 460, 81 s.

ISBN 951-40-1285-2, ISSN 0358-4283

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos. Hyväksynyt painettavaksi: Eero Paavilainen,  
tutkimusjohtaja 20.4.1993.

Toimittajien yhteystiedot: *Timo Kurkela / Katriina Lipponen*: Metsäntutkimuslaitos,  
metsäekologian tutkimusosasto, PL 18, 01301 VANTAA.  
Puhelin 90-85705410 / 90-85705487, fax 90-8572575

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, metsäekologian tutkimusosasto, PL 18, 01301 VANTAA.  
Puhelin 90-857051, fax 90-8572575

## SISÄLLYS

Lukijalle	4
<b>Arja Lilja, Ari Hietala ja Robin Sen:</b> Havupuiden lahojuuri- ja koivun versolaikkutauti	5
<b>Heikki Henttonen:</b> Myyrätorjunnan nykynäkymiä	13
<b>Risto Heikkilä:</b> Taimikon kunto ja hirvituhot	19
<b>Heikki Nuorteva:</b> Neulasmenetyksen vaikutus neulasten ravinneanalyysien tulkintaan	21
<b>Erkki Annila, Martti Varama, Bo Långström ja Pekka Niemelä:</b> Pilkkumäntypistiäistuhojen vaikutus männyn elinvoimaisuuteen	27
<b>Päivi Lyytikäinen, Pekka Niemelä, Erkki Annila ja Martti Varama:</b> Lannoituksen vaikutus männyn toipumiseen mäntypistiäistuhosta	35
<b>Antti Pouttu:</b> Puutavarapinot ja ytimennävertäjät	47
<b>Kari Korhonen:</b> Juurikäävän torjunta	53
<b>Kari Heliövaara ja Rauno Väisänen:</b> Biodiversiteetti ja metsänkäsittely: säilyykö luonnonmetsien hyönteislajisto talousmetsissä?	61
<b>Timo Kurkela:</b> Sieni-itiöiden leviäminen	65
<b>Michael Müller ja Rauni Kantola:</b> Surmakan monimuotoisuus Suomessa	71
<b>Katriina Lipponen:</b> Metsiemme terveydentila ja tuhonaiheuttajat - mielipidekyselyn tuloksia	77

## Lukijalle

Metsäekologian tutkimusosaston ensimmäinen metsäntutkimuspäivä pidettiin Vantaalla Tiedekeskus Heurekassa 9. päivänä joulukuuta 1992. Päivän aiheena oli metsäekologian tutkimusosaston metsänsuojelututkimukset. Metsäpatologian ja metsäeläintieteen tutkijat vastasivat päivän aikana pidetyistä esitelmistä.

Tähän julkaisuun on koottu kirjoitukset päivän aiheista. Useimmat niistä ovat sisältöään laajempia kuin päivän aikana pidetyt esitelmät. Kiitämme lämpimästi kaikkia päivän onnistumiseen vaikuttaneita ja tämän julkaisun laatimisisessa mukana olleita henkilöitä. Kiitämme myös yleisöä ja toivomme runsasta osanottoa metsäekologian tutkimusosaston tulevillekin tutkimuspäiville.

Vantaalla 22. päivänä maaliskuuta 1993

Timo Kurkela

Katriina Lipponen

## Havupuiden lahojuuri- ja koivun versolaikkutauti

Arja Lilja, Ari Hietala ja Robin Sen

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Viime vuosina metsäpuiden taimitarhoilla on esiintynyt kuusella (*Picea abies* (L.) Karst.) ja männyllä (*Pinus sylvestris* L.) lahojuurisuutta ja raudus- ja hieskoivuilla (*Betula pendula* Roth ja *B. pubescens* Ehrh.) versolaikkutautia. Näiden tautien taimentuottajille aiheuttamat tappiot vaihtelevat tarhoittain. Pahimmassa tapauksessa yksittäisellä taimitarhalla on tuotetuista männyn paakkutaimista ollut lahojuuritautisia n. 40 %. Keväällä 1992 erällä taimitarhoilla myyntiin menevistä koivun taimista jouduttiin karsimaan noin 10 % versolaikkujen takia.

### Sienet lahojuurisuuden aiheuttajana

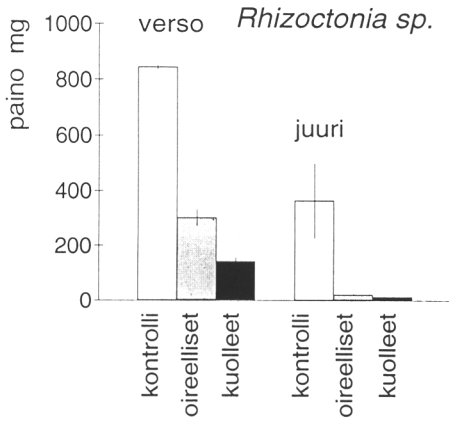
Myös muista pohjoismaista (Venn 1985, Børja ja Austara 1992, Beyer-Ericsson ym. 1991) on viime vuosilta havaintoja lahojuuritaudista, jonka oireita ovat neulasten kellastuminen, kasvun taantuminen ja juuriston kuoleminen osittain tai kokonaan. Juurten kuoleminen alkaa usein pääjuuresta ja vielä vihreillä elossa olevilla taimilla on saattanut syntyä korvaavia juuria lähelle maanpintaa. Tyypillistä on myös sivujuurien haaurautumattomuus varsinkin pienillä taimilla. Oireisten taimien laikuttainen esiintyminen tukee oletusta sienten aiheuttamasta taudista. Ensimmäinen Suomessa kirjattu havainto taudista on vuodelta 1985 (Jalkanen 1985).

Meillä (Lilja ym. 1988, 1992) kuten Norjassa (Galaaen ja Venn 1979), lahojuuritaudin tutkimus aloitettiin vertaamalla sienilajistoa terveiden ja sairaiden taimien juurissa. Norjassa yleisin lahojuuritautisista taimista eristetty sieni oli leväsieni *Pythium sylvaticum* Campbell & Hendrix. Sikäläisissä taimitarhakokeissa kuusen kennotaimien saastutus leväsienillä aiheutti taimipoltetta, mutta sen sijaan saastutus *Rhizoctonia* sp. sienellä johti tyypilliseen juurilahoon (Venn ym. 1986).

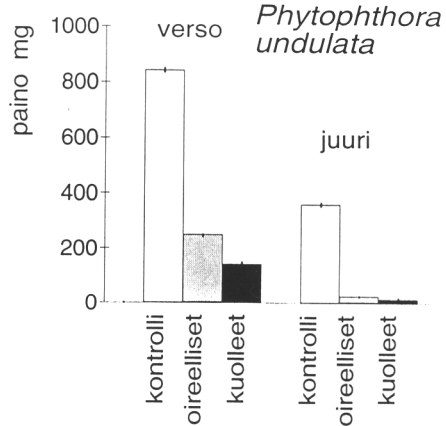
Suomessa 14 eri taimitarhalta lähetetyistä tuhonäytteistä, joissa taimet olivat sairastuneet lahojuuritautiin eristettiin sairaista taimista *Rhizoctonia* spp. ja leväsieniä (Lilja ym. 1992). Eristetyistä sienistä taudinaiheuttajia olivat laboratoriokokeissa steriiliolosuhteissa *Rhizoctonia* sp. kannat, joiden rihmasto oli pääosin yksitumaista, eräät leväsienet, sekä *Fusarium oxysporum* Schl. f.sp. *pini* (Hartig) Snyder & Hansen. Patogeenisin leväsienilaji oli *Phytophthora undulata* (H. E. Petersen) M. W. Dick (Lilja ym. 1992).

Kokeissa, joissa steriilit männyn taimet koulittiin turvealustaan, joka oli saastutettu yksitumaisella *Rhizoctonia* sp. sienellä, neljän viikon ikäisistä taimista kuoli 90 % neljän viikon kuluttua koulinnasta. *P. undulata* sienellä saastutetussa alustassa 82 % taimista kuoli. Vastaavassa kokeessa, jossa taimet olivat koulintahetkellä viisi-toistaviikkoisia, 37 % taimista jäi eloon *Rhizoctonia* sp. sienellä saastutetussa alustassa ja 53 % *P. undulata* sienellä saastutetussa alustassa. Eloönjääneiden tainten juuri- ja versomassat olivat kuitenkin pienempiä kuin terveillä kontrollitaimilla, jotka oli istutettu saastuttamattomaan maahan (kuvat 1 ja 2). Vanhemmilla, yksi- ja kaksivuotiailla taimilla

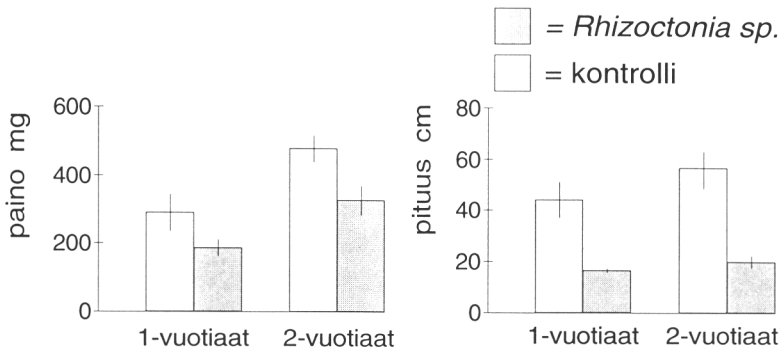
vain *Rhizoctonia* sp. aiheutti oireita, vaikka taimet eivät kuoleet, niiden juuriston määrä pieneni sienen vaikutuksesta (kuva 3).



Kuva 1. Männyn taimien juurten ja version kuivapainot neljän viikon kuluttua siitä, kun taimet oli istutettu yksitumaisella *Rhizoctonia* sp. sienellä saastutettuun alustaan. N= 32. Viivat pylväiden päässä kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.



Kuva 2. Männyn taimien juurten ja version kuivapainot neljän viikon kuluttua siitä, kun taimet oli istutettu *Phytophthora undulata* sienellä saastutettuun alustaan. N= 32. Viivat pylväiden päässä kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

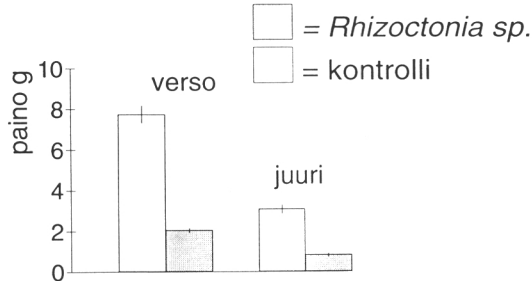


Kuva 3. 1- ja 2-vuotiaiden männyn taimien juurten kuivapaino ja pituus seitsemän kuukauden kuluttua siitä, kun taimet koulittiin kasvualustaan, johon samalla lisättiin yksitumaisen *Rhizoctonia* sp. sienin rihmastoja. N= 20. Viivat pylväiden päässä kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

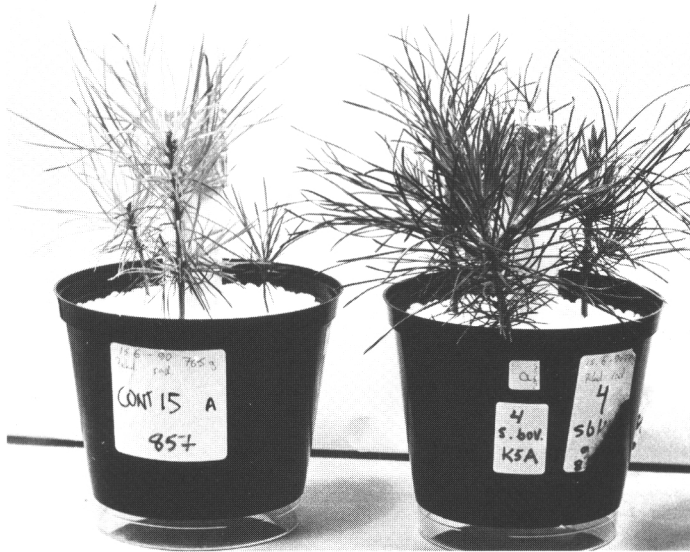
Oireisten taimien kehitystä seurattiin myös kokeella, jossa taimitarhalla kerättiin keväällä vuoden ikäisiä männyn kennontaimia, joiden kasvu oli taantunut sekä normaalisti kasvaneita taimia, ja näiden kasvua seurattiin seuraavan kesän ajan. Oireellisista taimista pystyttiin eristämään yksitumaista *Rhizoctonia* sp. sientä sekä kokeen alussa että sen lo-



pusa. Juurista tehdyissä leikkeissä nähtiin sienelle tyypillistä rihmastoja juurisolujen sisällä. Koe osoitti elävien oireellisten taimien toipumisen jäävän heikoksi, kasvu oli taantunut myös seuraavana kasvukautena verrattuna terveeseen lähtömateriaaliin (kuva 4).



Kuva 4. Viiden männyn juurten ja verson kuivapainojen keskiarvot loppukesällä. Tummenetun pylvään taimet olivat keväällä lahojuuritautisia, valkeat pylvääet edustavat terveitä kontrolli taimia. N = 50. Viivat pylvääiden päässä kuvaavat keskiarvon keskivirhettä.

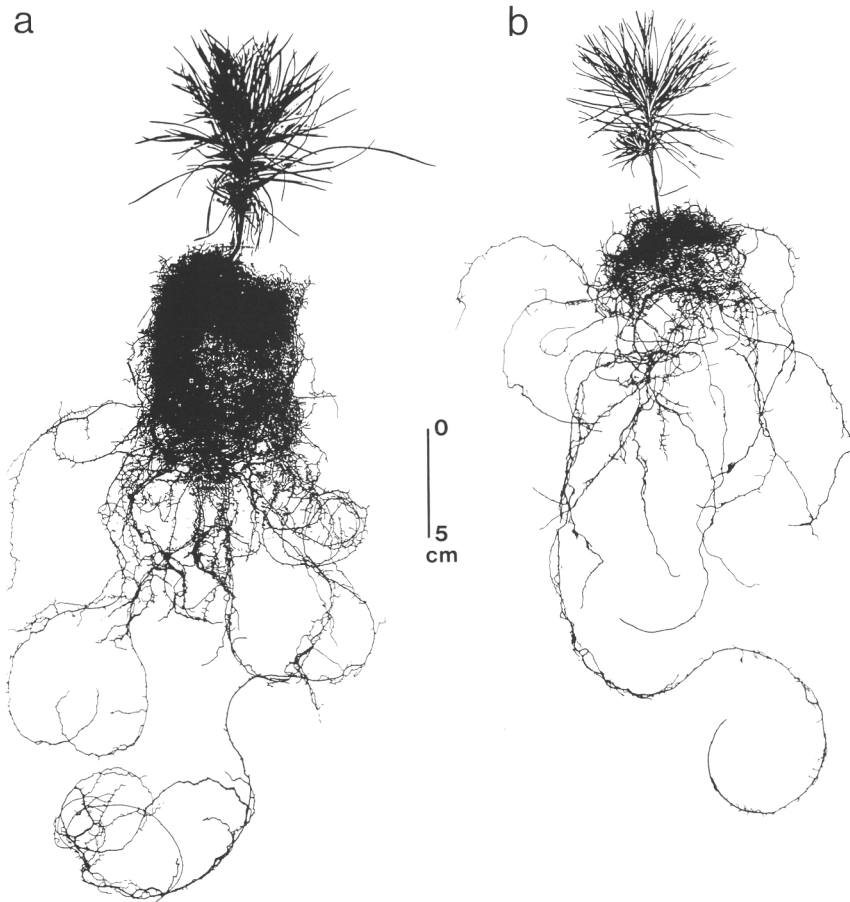


Kuva 5. Kasvihuoneessa taimitarhalta kerätyssä säteilyttämällä steriloidussa kivennäismaassa kasvaneita 4-kuukauden ikäisiä männyn taimia. Taimet ruukussa vasemmalla ovat kontrolleja, joiden kasvualustaan ei ole lisätty mitään. Taimien neulaset ovat kellertäviä ja kaksi tainta on kasvanut kolmatta huonommin. Nummitatin rihmastoja (*Suillus bovinus*) lisätty oikeapuoleisen ruukun kasvualustaan, jonka seurauksena kaikki taimet ovat vihreitä ja jokainen taimi ruukussa on kasvanut hyvin.

Edellä kuvatut saastutus kokeet osoittavat yksitumaisen *Rhizoctonia* sp. sienien heikentävän juuriston kasvua siten, että pienet taimet kuolevat, mutta vanhemmat saattavat jäädä henkiin, vaikkakin taimien kasvu taantuu juuriston kunnan heiketessä.

*Rhizoctonia* sp. sienen vähentäessä juurten määrää taimet eivät pysty käyttämään kaikkea vettä, jota niille kastelussa annetaan. Näin infektoituneiden taimien ympäristön vesipitoisuus nousee ja syntyy suotuisat olosuhteet leväsienten kasvuille ja leviämiselle. Eri taimierien juuristoiden leväsienilajisto poikkesi toisistaan, eikä näiden sienien joukosta löytenyt yhteistä lajia, joka olisi ollut saastutuskokeissa patogeeninen ja siten selittänyt taudin syntyä. Päin vastoin samankin leväsienilajin eri isolaattien patogeenisuus vaihteli tehdyissä kokeissa. Todennäköistä onkin, että lahojuuritautin primääri aiheuttaja, joka infektoi taimien juuret ensin, on yksitumainen *Rhizoctonia* sp. sieni.

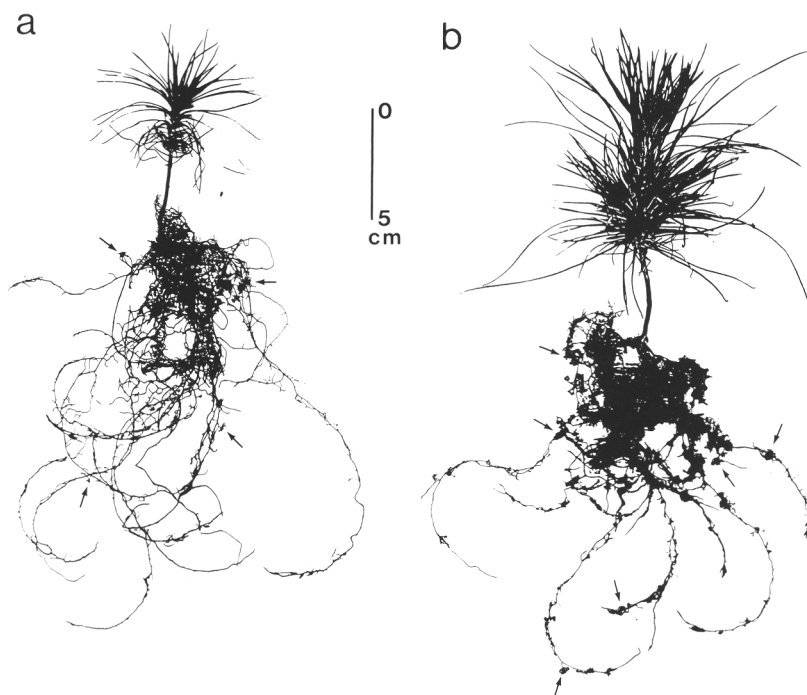
Tämä *Rhizoctonia* sp. sieni, jonka rihmastosta suurin osa n. 80 % on yksitumaista, lienee ennen kuvaamaton ja Hietala (1992) on työssään osoittanut sen samaksi sienilajiksi kuin Norjassa kuusen paakuttamilla juurilahoja aiheuttava *Rhizoctonia* sp.



Kuva 6. Kasvihuoneessa taimitarhalta kerätystä säteilyttämällä steriloidussa kivennäismaassa kasvaneita 9-kuukauden ikäisiä männyn taimia. Taimet ruukussa (a) ovat kontrolleja, joiden kasvualustaan ei ole lisätty mitään. Taimien juuristo on suurempi kuin taimilla (b), joiden kasvualustaan on lisätty yksitumaisen *Rhizoctonia* sp. sienin rihmastoa kuusi kuukautta aikaisemmin. *Rhizoctonia* sp. on vähentänyt juuriston määrää merkittävästi. Sieni on eristetty samassa taimitarhamaassa kasvaneen lahojuuritautisen männyn juurista.

## Mykorrhitsasienten käyttö taimien elinvoiman parantajana

Lahojuuritautaudin torjuntaa mykorrhitsasienten avulla on tutkinut Robin Sen. Kokeissa on ollut sienä, jotka muodostavat männylle välttämättömän mykorrhitsan metsässä, kuten tatteja (*Suillus* spp.) ja pulkkosieni (*Paxillus involutus* (Batsch.) Fr.). Nämä muodostivat männyn taimien juuriin mykorritsoja kahdessa kuukaudessa, sekä turpeessa (Satoturve B6) että taimitarhan avomaakentän kivennäismaassa. Mykorrhitsasienten rihmasto levisi myös kasvualustaan ja 4-6 kuukauden kuluttua mykorritsoittuneet taimet kasvoivat sekä turpeessa että kivennäismaassa, joita ei lannoitettu kokeen aikana, paremmin kuin kontrollitaimet, johtuen mykorrhitsasienten kyvystä käyttää maassa olevia ravinteita. Mykorritsoittuneet taimet olivat vihreitä ja hyväkuntoisia kuin taas kloroottisissa kontrollitaimissa (kuva 5) oli selvä ravinnepuutostila. Mykorrhitsottuneiden ja mykorrhitsattomien taimien vertailussa käytettiin myös juuristo/verso-suhdetta käyttäen sekä tuore-että kuivapainoa. Kontrollitaimilla tämä suhde oli  $> 1$  ja mykorritsoittuneilla taimilla 1 (vertaa kuva 6a ja 7a). Useimmilla samanikäisillä runsaasti lannoitetuilla taimitarhataimilla tämä suhde oli reilusti alle yhden.



Kuva 7. Kasvihuoneessa taimitarhalta kerätyssä säteilyttämällä steriloidussa kivennäismaassa kasvaneita 9-kuukauden ikäisiä männyn taimia. Taimien kasvualustaan lisätty kahdesan kuukautta aiemmin pulkkosienen (*Paxillus involutus*) (a) ja nummitatin (*Suillus bovinus*) (b) rihmastoja sekä kuusi kuukautta aiemmin yksitumaisen *Rhizoctonia* sp. sienien rihmastoja. Nummitatti ei näytä suojanneen tainta patogeeneilta, juurten ja verson kasvu näyttää taantuneelta verrattuna taimen kasvua nummitatilla inokuloituihin taimiin, jonka juuri/verso-suhde näyttää ihanteelliselta. Nuolet osoittavat kohtia, joissa mykorritsoittuminen näkyy selvästi.

Mykorritsojen mahdollista suojavaikutusta testattiin lisäämällä kasvualustaan lahojuurisuutta aiheuttavan yksitumaisen *Rhizoctonia* sp. sienen rihmastoja siinä vaiheessa, kun taimet olivat mykorritsoituneet. Säteilyssteriloidussa kivennäismaassa kasvavat taimet inokuloitiin mykorritsasienellä kuukauden ikäisinä. Maa oli kerätty taimitarhalta ja kaksi kuukautta myöhemmin kasvualustaan lisätty patogeeni oli eristetty samassa maassa kasvaneesta lahojuurisesta taimesta.

Lupaavimmat tulokset saatiin nummitatilla (*S. bovinus* (Fr.) O. Kunze). Kun koe purettiin kuuden kuukauden kuluttua patogeenin ympäryksestä, pelkästään *Rhizoctonia* sp. sienellä saastutettujen taimien verso oli samankokoinen kuin kontrollitaimien (kuva 6a ja 6b), mutta juuriston määrä oli pienentynyt patogeenin vaikutuksesta.

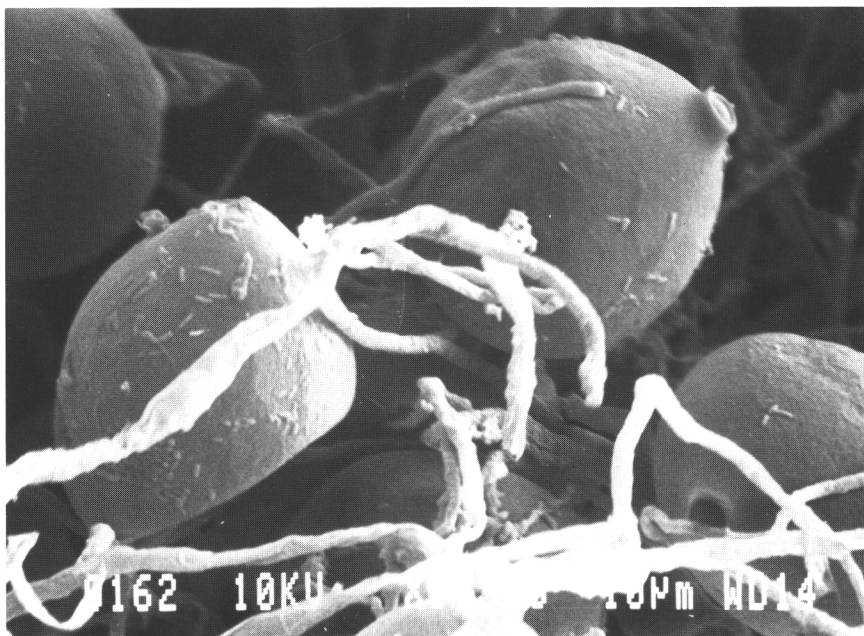


Kuva 8. *Phytophthora cactorum* -sienin aiheuttama versolaikku koivun taimessa.

Mykorritsasienenä kokeiltiin edellä mainittujen tattiin ja pulkkosienin lisäksi luonnostaan taimitarhoilla esiintyvää *Wilcoxina mikolae* (Yang & Wilcox) Yang & Korf. var. *mikolae* sientä. Pulkkosieni- ja *Wilcoxina*-mykorritsat eivät lisänneet taimien kasvua kontrolliin verrattuna eivätkä ne suojanneet taimia *Rhizoctonia* sp. sieneltä (kuva 7a). Sen sijaan taimet, joiden kasvualustaan oli lisätty vain nummitattia tai nummitattia ja patogeenia (kuva 7b) olivat huomattavasti kookkaampia kuin kontrollitaimet, vaikka *Rhizoctonia* sp. sientä saatiin eristettyä juuristosta niistä taimista, joiden kasvualustaan sitä oli lisätty. Tosin nummitatilla mykorritsottuneiden taimien juurista patogeenia eristettiin vain muutamasta juuren kärjestä kun taas muiden taimien juurista sitä saatiin miltei kaikista eristyspaloista.

Aikaisimmissa laboratorioskokeissa osoitettiin, etteivät testaamamme mykorritsasienet muodosta petrimaljalla kasvualustaan antibioottisia aineita (Kope ja Fortin 1989), joilla estäisivät *Rhizoctonia* sp. sienin kasvua. Nyt patogeenisuuskokeessa saatu tulos, jossa *Rhizoctonia* sp. sieni ei pystynyt vahingoittamaan taimien juuristoa, voi selittyä sillä, että nummitatti parantaa taimien elinvoimaisuutta ja sitä kautta estää patogeenin leviämisen juuristossa vahingoittavalle tasolle.

Yhdysvalloissa ja Ranskassa mykorrhitsientien käyttö taimitarhoilla taimien laadun parantajana on yleistä (Castellano ja Molina 1990). Ympäriä voidaan käyttää itiöitä tai rihmastoja tai maata, jossa sientä on kasvatettu. Ruotsissa valmistuneessa tutkimuksessa (Stenström ja Ek 1990) männyn taimet mykorrhitsoituivat hyvin taimitarhalla metsäsienilajeilla, jotka ovat tyypillisiä mykorrhitsojen muodostajia metsässä. Kokeessa näillä metsäsienilajeilla ympätyt taimet olivat taimitarhalla lähtiessä pienempiä kuin ympäpäämättömät taimet, mutta metsään istutuksen jälkeen ympätyt taimet kasvoivat paremmin ja olivat kolmen vuoden kuluttua istutuksesta 50 % suurempia kuin muut samaan aikaan istutetut taimet.



Kuva 9. *Phytophthora cactorum* -sienen sporangioita maauteviljelmässä kuvattuna pyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

### Koivun versolaikku

Koivun taimien taimitarhakasvatuksessa ja pellolle istutuksissa, koivun rungoissa on esiintynyt versolaikkuja. Aiemmin tunnettuja versolaikkuja aiheuttavia sieniä ovat mm. *Godronia multisporea* Groves ja useat taimipolteen aiheuttajat kuten *Fusarium*- ja *Alternaria*-lajit sekä harmaahomeen aiheuttaja *Botrytis cinerea* Pers. ex Nocca & Balb.

Kesällä 1991 metsäntutkimuslaitokselle tuli kolmelta eri taimitarhalla ensimmäiset versolaikkuiset näytetaimet, joista laikun kohdalta eristettiin *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) Schroer -sieni. Tämä leväsieni tunnetaan ennestään omenapuilla kuorimädän aiheuttajana (Tahvonen 1976). Mansikalla sen on Suomessa ensikerran todettu aiheuttaneen tyvi- ja nahkamätää kesällä 1990 (Parikka 1991).

Koivulla *P. cactorum* sienen aiheuttamat ruskeat versolaikut ovat tyypillisesti verson alaosassa ja usein laikkuja saattaa olla maan rajassa. Joillain taimilla sieni oli aiheuttanut laikkuja myös juuriin. Sientä on esiintynyt sekä raudus- että hieskoivulla.

Alustavissa patogeneisuskokeissa, joissa sientä on ympätty yksi-vuotiaitten rauduskoivun taimien runkoon eri ajankohtina, loppukesällä suoritettut ympäykset ovat aiheuttaneet nopeimmin leviävän infektion. Saastutuksia on tehty sekä kuorenrikkoihin että vahingoittumattomaan verson pintaan. Sieni näyttää loppukesällä voivan tunkeutua koivun solukoihin myös rikkoutumattoman pinnan kautta.

Taimitarhalla versolaikkuiset taimet ovat myyntikelvottomia. *P. cactorum* infektion merkityksestä taimien jatkekehitykselle ei ole toistaiseksi olemassa riittävästi tietoa. Yksittäisissä koetaimissa laikku oli levinnyt rungon ympäri aiheuttaen taimen katkeamisen (kuva 8).

### Kirjallisuus

- Beyer- Ericsson, L., Damm, E. & Unestam, T. 1991. An overview of root dieback and its causes in Swedish forest nurseries. *European Journal of Forest Pathology* 21: 339-443.
- Børja, D. & Austara, Ø. 1992. Diseases and insects in Norwegian forest nurseries. In: Proceedings of the first meeting of IUFRO Working Party S2.07-09. ss. 91-95. Toim. J. R. Sutherland & S. G. Glover. Forestry Canada Pacific and Yukon Region, Pacific Forestry Centre. BC-X-331.
- Castellano, M. A. and Molina, R. 1990. Mycorrhizae. In. The container tree nursery manual. 5. The biological component: Nursery pests and Mycorrhizae. US Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674: 101-167. Toim. T.D. Landis, R.W. Tinus, S. E. McDonald ja J.P. Barnett. USDA Forest Service, Washington DC.
- Galaen, R. & Venn, K. 1979. *Pythium sylvaticum* Campbell & Hendrix and other fungi associated with root dieback of 2-0 seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. in Norway. *Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning* 34: 266-280.
- Hietala, A. 1992. Taimitarhalta männyn juurista eristettyjen *Rhizoctonia*-sienten karakterisointi. Helsingin Yliopisto. Metsäpatologian pro-gradu tutkielma. 54 s.
- Jalkanen, R. 1985. Uusi tauti taimitarhalla. *Metsälehti* 1985(11): 20.
- Lilja, A., Lilja, S. & Poteri, M. 1988. Root dieback in forest nurseries. *Karstenia* 28: 64.
- Lilja, A. Lilja, S., Poteri, M. & Ziren, L. 1992. Conifer seedling root fungi and root dieback in Finnish nurseries. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7:547-556.
- Kope, H., H. & Fortin, J., A. 1989. Inhibition of phytopathogenic fungi *in vitro* by cell free culture media of ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist* 113: 57-63.
- Parikka, P. 1991. Mikä on mansikan nahkamätä? *Kasvinsuojelulehti* 24: 17-20.
- Stenström, E. & Ek, M. 1990. Field growth of *Pinus sylvestris* following nursery inoculations with mycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 914-918.
- Tahvonen, R. 1976. Uusi omenapuun tauti aiheuttanut tuhoja Suomessa. *Koetointi ja Käytäntö* 33,3: 11.
- Venn, K. 1985. Rotavdoing hos bartreplanter i skogplanteskoler. Summary: Root dieback of coniferous seedlings in forest nurseries. *Rapport Norsk institutt for skogforskning* 3/85: 1-11.
- Venn, K., Sandvik, M. & Langerud, B. 1986. Nursery routines, growth media and pathogens affect growth and root dieback in Norway spruce seedlings. *Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning* 39: 314-328.

## Myyrätorjunnan nykynäkymiä

Heikki Henttonen

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Myyräkannat vaihtelevat Suomessa ajallisesti ja paikallisesti. Eteläisessä ja keskisessä Suomessa jakson pituus on ollut kolme vuotta, pohjoisessa pitempi. Alueellisesti myyräkannat ovat vaihdelleet niin, että valtaosa Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomea on ollut huipussa samanaikaisesti. Savossa on ollut huippu vuotta em. aluetta myöhemmin, samoin kuin rajoittuneella laikulla Lammin - Padasjoen seutuilla. Pohjois-Karjala, Kainuu ja Lappi on noudattaneet kukin omaa rytmiään. Viimeisen vuosikymmenen myyrähuiput ovat olleet Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomessa sekä Savossa pahoja tuhovuotia. Myyräkantojen vaihtelusta raportoidaan säännöllisesti pari kertaa vuodessa Metsälehdessä palstoilla (mm. Kaikusalo & Henttonen 1992a,b). Lisäksi säännöllisesti alkuvuodesta lehdistölle jaettavassa Myyräraportissa pyritään ennakoimaan kannanvaihtelun näkymiä hieman pitemmällä tähtäimellä.

Yleinen mielipide metsäammattilaisten piirissä on, että myyrätuhot ovat viimeisten kannanvaihtelujaksojen aikana pahentuneet. Osin tämä voi johtua pellonmetsitysten suurten myyrätuhojen antamasta kuvasta, mutta eräissä pitkissä seurantasarjoissa Länsi- ja Etelä-Suomessa on kyllä havaittavissa myös myyrähuippujen voimistumista. Johtuuko tämä ympäristömuutoksista, kuten esimerkiksi lisääntyneestä peltojen paketoinnista tai typpilaskeutuman rehevöittävästä vaikutuksesta, ei ole yksiseitteisesti selvillä.

### Perinteisistä torjuntamenetelmistä

Myyrätuhot ovat pellonmetsityksen alkuvaiheen riskeistä suurimpia. Metsien uudistamisessa tuhoriski riippuu alueen yleisestä rehevyydestä. Joka tapauksessa myyrätuhon riski pellonmetsityksessä on moninkertainen metsämaan uudistamiseen verrattuna.

Olenneisinta myyrätuhojen torjunnassa on ymmärtää, että viljelyketjun eri vaiheissa voi suorittaa useitakin toimenpiteitä, jotka vähentävät myyrätuhoja. Eri toimenpiteiden kustannukset vaihtelevat, joten kustannustietous ja uudistamisvarmuus ovat huomioon otettavia tekijöitä. Halvin ei aina ole varminta eikä välttämättä edullisinta pitemmällä aikavälillä.

Myyrätuhojen estäminen pellon metsityksessä perinteisin menetelmin edellyttää kunnollista maanmuokkausta ja kemiallista heinäntorjuntaa. Nykyisin meillä suositellaan tankkiseosta, jossa on sekä lehti- (glyfosaatti) että maavaikutteinen (terbutylatsiini) torjunta-aine. Maanmuokkaus, täyskyntö tai mätästys, tehdään kesällä ja heinäntorjunta myöhemmin syksyllä. Huomattakoon, että vähänkin savikkoisilla mailla on syytä harkita myös äestystä, mikäli kynnös ei ole kevääksi murentunut. Taimikuoppien kaivaminen saviseen sementtiin on tuskaa, jos siinä muutenkaan on järkeä. Kemiallinen heinäntorjunta vähentää selvästi myyrätuhoja, koska myyrien ravintokasvit ja suoja vähenevät. Lisäksi taimien alkukasvu on parempi, koska juuristokilpailu heinikon kanssa olennaisista ravinteista vähenee.

Tämä perinteinen tie on kuitenkin muutosten kourissa. Yleiseurooppalainen suuntaus vie kohti niukempaa torjunta-aineiden käyttöä, ja tämän hetkisten trendien mukaan voi käydä niin, että ainostaan lehtivaikutteiset (glyfosaatti: esim. Roundup, Rodeo), jos

nekään, jäävät sallituiksi. Metsähallitushan jo luopui torjunta-aineiden käytöstä. Lisäksi pelkästään glyfosaattia käytettäessä on aina ongelmana maassa oleva siemenpankki, josta uusi kasvusto puhkeaa vuodessa parissa komeasti esiin; tosin kasvilajisto muuttuu myyrien kannalta huonommaksi. Kun kemiallinen torjunta siirtynee muistoihin, on harkittava muita niin vanhoja kuin uusia vaihtoehtoja.

On selvää, että erityisesti metsissä luontainen uudistaminen lisää suosiotaan; tätä suuntausta kantohintakehitys, veromuutos ja metsänomistajakunnan rakennemuutos vauhdittavat. Tiheässä luonnontaimikossa tuhoriski yksityistä taimea kohti pienenee, jolloin kasvatuskelpoisia taimia pitäisi jäädä tarpeeksi. Myös taimiston heinikkoa varjostava vaikutus voi alentaa myyräkantoja. Olennaista on kuitenkin, että hakkuun ja uudistamisen edellyttämät muut toimenpiteet tehdään oikeana ajankohtana. Jos uudistaminen ei heti luonnostaan onnistu, alue heinittyy ja tuhoriskit kasvavat rajusti. Jos uudessa verotuksessa kantohintaheilahtelut alkavat vaivata, ei uudistamista ehkä aina suunnitella luonnon oman vaihtelun, esimerkiksi siemenvuosien perusteella, vaan äkkipäätökset tehdään markkinatilanteen perusteella, ja näin ollen huonosti suunnitellut uudistamisketjut voivat johtaa ongelmiin.

Luontainen uudistuminen rauduksella pellonmetsityksessä ei ole antautu hyviä tuloksia. Luontaiseen uudistamiseen voi myös lukea muokatun pellon kylvön koivun siemenellä. Tällä menetelmällä jotkut väittävät myyrätuhojen jäävän historiaan. Suurena riskinä tutkimusten mukaan kuitenkin on, että taimia paljon nopeammin kasvava heinikko pian tukahduttaa pienet taimet. Varsinkin jos kemiallinen torjunta olennaisesti vähenee, on varsinkin rehevillä mailla kylvön onnistuminen melkoisen epävarmaa. Jos luontainen uudistuminen onnistuisi paremmin, niin myyrätuhotkin jäisivät pienimmiksi.

## Karkotteet

Istuttamisen jälkeen voi käyttää karkotteita, jotka tehoavat pahalla hajullaan ja maullaan. Viimeisimmissä tutkimuksissamme on kuitenkin havaittu, että teho vaihtelee riippuu sääolosuhteista. Jos sade huuhtoo taimia heti käsittelyn jälkeen tai jos karkote levitetään kostealle pinnalle, tulos ei ole hyvä. Todettakoon vielä varmuuden vuoksi, että mitään myrkyjä myyriä vastaan ei ole enää markkinoilla, eikä rotanmyrkyjen levittäminen luontoon ole sallittua.

## Uusia vaihtoehtoja

Taimisuojen käyttö tarjoaa yhden uuden vaihtoehdon erityisesti pellonmetsityksessä, ja tätä vaihtoehtoa kannattaa pohtia monestakin syystä. Edellä jo mainitsin kemiallisen heinäntorjunnan kapenevista näkymistä. Lisäksi yhä useammin metsitettävät pellot kuuluvat kaupunkilaismetsätillallisille, joiden suhtautuminen kemialliseen heinäntorjuntaan on kielteisempi kuin perinteisellä maaseutuväestöllä. Metsänhoitoyhdistysten on pystyttävä tarjoamaan tälle runsastuvalle asiakaskunnalle vaihtoehtoja niin tuhotorjunnassa kuin puulajivalikoimassa. Esimerkiksi tammen suosio on kasvussa, mutta valitettavasti se ja monet vieraat puulajit ovat herkkiä nisäkkäiden aiheuttamille tuhoille.

Eräiden arvioiden mukaan keskiarvo myyrien tuhoamista taimista on pellonmetsityksessä 30 %, ja monessa yhdistyksessä 50-80 %:n tuhot myyrävuosina ovat normaalia elämää. Pahimmillaan vanhoja tuhoja ei keritä paikkaamaan kun uudet tuhot jo iskevät. Lisäksi lievistä vaurioista leviävät sieni-infektiot eivät aina ole mukana em. luvuissa. Olen viime vuosina tehnyt kokeita pelloilla, joilla on kolmas tai neljäs taimikko isännän



toimesta alullaan. Kaikki edelliset ovat myyrät tuhonneet. Tällaisen toiminnan taloudellisuudesta ei liene epäselvyyksiä.

Jos peltujen metsitysvarmuus olennaisesti paranisi esimerkiksi taimisuojiin avulla, voitaisiin tinkiä muista kustannuksista, kuten kemiallisesta torjunnasta. Uusissa pellonmetsitystä koskevissa ohjeissa tälle vuodelle (1993) on omaksuttu entistä joustavampi asenne; pellonmetsitystä ei ehdeta yhteen muottiin, vaan paikallisten olosuhteiden, kokemuksen ja asiantuntemuksen sekä metsittäjän omien mielipiteiden mukaan voidaan kulloinkin valita sopivin vaihtoehto - tietenkin yleisten ohjeiden asettamien taloudellisten rajojen puitteissa, mikä isäntälinjalla on 5000 mk/ha ja teetettynä 9000 mk/ha. Taimisuojat sisältyvät yhtenä vaihtoehtona hyväksytyihin menetelmiin. Jos verrataan pahan myyrätuhon ja uusintaviljelyn kustannuksia peltohehtaarilla siihen, että taimista olisi heti esim. 70 % suojattu, niin suojaus olisi kannattanut.

Tässä yhteydessä on myös keskusteltu siitä, että jos metsitysvarmuus olennaisesti paranee taimisuojiin avulla, niin taimitiheyttä voitaisiin alentaa, ja myös näin säästää kustannuksista. Ongelmaksi vain voi tulla koivuntaimilla luonnollisen karsiutumisen hidastuminen, mikä taasen on koivulle olennainen laatuksymys. Jos kaikki taimet esim. 1200 tiheydessä kasvaisivat hyvin, karsiutuminen saattaisi vielä luonnistua. Mutta vikaa voi viljelyketjussa olla monessa kohtaa, alkaen taimista, istuttajista jne. johtaen siihen, että taimitiheys jää liian harvaksi. Niinpä useat asiantuntijat eivät mielellään laskisi rauduskoivun nykyistä istutustiheyttä (1600/ha) pellonmetsityksessä, jotta karsiutuminen onnistuisi kunnolla.

Kannattaa muistaa myös se, että myyrät yleensä aiheuttavat lievempää vikuutusta ainakin yhtä suurena taimimäärässä kuin mitä suoraan tuhoavat. Lievästi kalutut taimet saattavat kasvaa hyvin vuosia, mutta usein niihin heti tuhoa seuraavana vuonna iskee jonkin asteinen sieni-infektio, joka aikanaan ensiharvennuksissa voi ikävällä tavalla paljastua lahona. Taimisuojat voivat suojata myös ruohakaskailta. Näiden hyönteisten munintareijistä leviää kuoren alle helposti sieni-infektio, ja tämä laikkutauti on hyvin usein koivuntaimien riesana, joko tuhoten ne, tai hidastaen kasvua ja heikentäen tulevaa laatua. On mielenkiintoista selvittää, missä määrin ensiharvennuksissa esiin tulevat lahokoivikot ovat seurausta taimivaiheen myyrätuhoista, tai ruohokaskaiden munintareijistä levinneestä laikkutaudista jne.

Kunnon taimisuoja metsätalouteen, ennen kaikkea pellonmetsitykseen, markkinoivia yrityksiä on Suomessa kaksi. Englantilainen Tubex Ltd:llä on Suomessa ollut edustaja jo pari vuotta. Tuore kotimainen kilpailija on Oy Agrame Ab, joka pitää kotipaikkanaan Valkeakoskea.

Metsänomistajia ja metsäammattilaisia tarjonnan monipuolistuminen ja kilpailun lisääntyminen varmasti hyödyttää. Jo tälle vuodelle malleja on tullut lisää ja hinnat ovat laskeneet. Ratkaiseva kysymys taimisuojiin käytön yleistymiselle on tietenkin niiden hinta, joka ainakin vielä rajoittaa laajempaa käyttöä.

Taimisuojiin ja niiden ominaisuuksista on juuri ollut kattava artikkelimme (Henttonen ja Niemimaa 1993) Metsälehdessä (no 4/93). Tiivistän seuraavassa eräitä pääkohtia. Korostan, että suoja on eri pituisia ja paksuisia moneen lähtöön riippuen mm. lumen syvyydestä ja maaperän laadusta. Kannattaa myös muistaa, että ylivoimaisesti halvimmat taimisuojat saa tekemällä ne itse esimerkiksi LVI-putkesta leikkaamalla. Vaivana tosin on myöhemmin suojiin kerääminen pois, mutta toisaalta ne kestävät monta käyttöä. Kaupalliset suojat hajoavat itsestään 5 -7 vuodessa.

Olemme METLAssa tehneet laajoja kentäkokeita uusilla taimisuojiin. Taimisuojan suurin etu on sen antama erinomainen suoja myyriä vastaan ylipäättään. Lisäksi Tubexin pitemmissä malleissa on eräänlainen kasvihuoneilmasto, joka edistää taimen kasvua,

mikäli taimen pituus on putkea lyhyempi. Viime alkukesän kuivuudessa putkissa vallitseva korkeampi suhteellinen kosteus näytti myös hyödyttävän taimia. Kokeissamme pienet koivuntaimet (30-40cm) kasvoivat selvästi paremmin kuin suojaamattomat. Sen sijaan kookkailla, putken mittaisilla taimilla (55-65 cm) kasvua edistävää vaikutusta ei enää esiintynyt. Todennäköistä on, että lyhyemmissä malleissa kasvuaikutus jää olemattomaksi. Pitkässä Tubexissa (120 cm) kookkaatkin koivuntaimet puolestaan kasvoivat paremmin kuin suojaamattomat.

Olli Uusvaara on kokeillut pitkää Tubexia (120 cm) tammen kasvatuksessa, ja on todennut että taimet (15-20 cm) kasvoivat putkessa ensimmäisenä kasvukautenaan 80 % paremmin kuin putkettomat. Agramen kumpikaan malli todennäköisesti ei vaikuta kasvuun pienemmän kokonsa ja tuuletuksensa vuoksi.

Suurin ongelma tietyille malleille on routa. Erityisesti savikkomailla kevätrousta (tai pintarouta eli rouste) liikuttelee viistokärkistä Tubex Quill-mallia (ei tukikeppiä). Kokeissamme savikkomaiden putkista melkoinen osa oli vinossa tai kaatunut kevätroudan vaikutuksesta. Tilannetta pahentaa, jos samaan aikaan tulee lujaa. Isännän on käytävä tarkistamassa putkensa useaan kertaan. Myös mennyt alkutalvi on ollut jäätymisinen ja sulamisinen Quill-mallille vaikea. Niinpä savikkomaille suosittelen tasapohjaisia malleja, joissa eräissä on myös tukikeppi.. Sen sijaan hiekkaisemmillä multamailla tai moreeni-mailla kaatumisongelmaa ei ole vastaavassa määrin esiintynyt.

Talvi 1991-92 oli tutkimusalueillamme runsasluminen, mutta lumesta ei ollut mitään ongelmaa.

## Taimimateriaalin laatu

Edellä olen käsitellyt toimenpiteitä, joita yksittäinen metsänomistaja voi tehdä taimistoisiaan. Niiden lisäksi on huomioitava toinen lähestymistapa: mitä voidaan tehdä taimimateriaalin yleisen kestävyuden parantamiseksi. Taimissa luontaisesti olevien, syöntiä estävien haitta-aineiden määriä voidaan lisätä sekä resistenssijalostuksella että sopivilla taimitarha-aikaisilla kasvatusmenetelmillä. Itse asiassa viimeksi mainitussa on kyse sekä haitta-aineiden lisäämisestä että myyrien kannalta herkullisten aineiden vähentämisestä.

Monien haitta-aineiden määrillä kasviyksilössä on perinnöllinen tausta, ja tästä johdun eri alkuperää olevat taimet voivat maistua nisäkkäille aivan eri tavoin (Rousi ym. 1989, 1990). Yksinkertaisimmillaan, analysoimalla tuhoja jo tehdyissä laajoissa jälkeläiskentäkokeissa voidaan tuhoherkimpiä linjoja poistaa viljelymateriaalista. Toisaalta, todennäköisesti jo lähivuosina yritetään geenisiirroilla saada lisää pahaa makua esimerkiksi koivuun.

Taimitarha-aikaisilla kasvatusolosuhteilla on suuri merkitys taimen myöhemmälle kestävyydelle maastossa. Mitä enemmän tai pitempään kesällä taimitarhassa koivuntaimi saa tyypeä, sen herkemmin sitä myöhemmin syövät niin myyrät kuin jänikset Rousi ym. 1993, omat uudet tulokset). Myös PK:n lisäys lisäsi myyränsyöntiä (omat uudet tulokset). Varjostus herkisti koivuntaimen latvan jäniksenyönnille (Rousi ym. 1993). Tällä kaikella on selvä kemiallinen tausta.

Tyven vaikutuksesta taimen tyven kuoren fenolipitoisuus laskee, jolloin tuholaiset syövät taimea herkemmin. Myös nilan sokeripitoisuus voi nousta. Taimien tarha-aikaisella tyypilannoituksella voi olla merkitystä myös maastosta tulevan laikkutaudin esiintymiselle, koska kuoren fenolit ovat suoja myös sieni-infektioita vastaan. Mielenkiintoista kokeissamme oli, että lyhyemmän aikaa tyypeä saaneet taimet, eli myyrien vähiten syömät, olivat istuttaessa pienimpiä, mutta ensimmäisen kasvukauden aikana niiden suhteellinen kasvu oli parempaa kuin alunperin isompien, enemmän tyypeä saaneiden taimien

kasvu. Myös niiden tanakkuus oli parempi. Taimimateriaalin laatua arvioitaessa lienee syytä omaksua mennyttä monipuolisempi, taimimateriaalin perusbiologian ja fysiologian paremmin ymmärtävä näkökulma. Onko hieman pitemmästä taimesta loppujen lopuksi vastaavaa hyötyä, jos se on selvästi herkempi tuhoille ja verso/juurisuhde on epäedullinen.

Olen keskittynyt tässä kirjoituksessa eräisiin myyrätuhotutkimuksen uusimpiin näkyymiin. Myyrätuhoista ja niiden torjunnasta olen äskettäin kirjoittanut useampia laajakoja yleisartikkeleita (mm. Henttonen 1991a,b,c, 1992a,b), ja siksi en ole tässä toistanut kaikkea sitä perustietoutta, mikä em. artikkeleissa on esimerkiksi myyrälajeista, myyrien kannanvaihteluista, tuhotyypeistä jne. Kehoitin lukijaa kertaamaan em. tarinat, mikäli perustiedoissa on aukkoja.

### Kirjallisuus

- Henttonen, H. 1991a. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Julkaisussa: Peltojen metsitysmenetelmät (toim. Ferm, A. & Polet, K.), Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 92-99.
- Henttonen, H. 1991b. Varo myyrää. *Saroilta* 7: 38-39.
- Henttonen, H. 1991c. Heinätorjunnalla myyräkannat kuriin. *Metsälehti* 1991(7): 5.
- Henttonen, H. 1992a. Myyrätuhojen nykynäkymiä. *Metsä ja Puu* 1992(6): 36-38.
- Henttonen, H. 1992b. Metsämyyrän merkki: kärkisilmun tuhosta jää mäntyyn laatuviika. *Metsälehti* 7: 11
- Henttonen, H. & Niemimaa, J. 1993. Karkottaa myyrät ja hajoaa luontoon: uudet taimisuoijat Metlan testissä. *Metsälehti* 1993(4): 24.
- Kaikusalo, A. & Henttonen, H. 1992a. Myyräkannat romahtaneet Etelä- ja Keski-Suomessa. *Metsälehti* 1992(13): 15.
- Kaikusalo, A. & Henttonen, H. 1992b. Runsaasti myyriä Savossa ja Länsi-Lapissa. *Metsälehti* 1992(22): 16.
- Rousi, M., Tahvanainen, J. & Uotila, I. 1989. Inter- and intraspecific variation in the resistance of winter-dormant birch (*Betula* spp.) against browsing by the mountain hare. *Holarct. Ecol.* 12: 187-192.
- Rousi, M., Henttonen, H. & Kaikusalo, A. 1990. Resistance of birch (*Betula pendula* and *B. platyphylla*) seedlots to vole (*Microtus agrestis*) damage. *Scand. J. Forest Res.* 5: 427-436.
- Rousi, M., Tahvanainen, J., Henttonen, H. & Uotila, I. 1993. The effect of shading and fertilization on the resistance of winter-dormant white birch (*Betula pendula*) to vole and hare feeding. *Ecology* 74: 30-38.



## Taimikon kunto ja hirvituhot

**Risto Heikkilä**

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Taimikon metsänhoidollinen tila voi vaihdella huomattavasti. Ravintokohteen ominaisuudet puolestaan vaikuttavat hirven ravinnonkäyttöön ja tuhojen voimakkuuteen. Taimikon tiheys, puulajisuhteet ja eri puulajien kasvurytmit muokkaavat hirven saatavissa olevan ravinnon ominaisuuksia. Taimikonhoito tehdään kasvatettavan puulajin hyväksi, jolloin hirven käytettävissä olevan ravinnon määrään ja laatuun vaikutetaan.

Hirvi käyttää useita lehtipuita kautta vuoden. Ne ovat merkityksellisiä sekä ravinnon määrän että laidunalueiden muodostumisen suhteen. Mänty on talvella pääravinto hyvän saatavuuden vuoksi. Männyn- ja taimikoiden tuhot ovat merkittäviä etenkin hirvien talvehtimiskeskuksissa. Taimikon tiheys voi jäädä verrattain alhaiseksi esim. alkuvaiheen taimituhojen vuoksi. Tällöin hirvituho johtaa helposti vajaapuustoisuuteen. Tiheässä taimikossa hirvi kuluttaa enemmän biomassaa ja taittaa useampia latvoja kuin harvassa taimikossa. Jäljelle jäävien terveiden taimien määrä/ha on kuitenkin tiheässä suurempi. Kasvatettavan puulajin tiheyttä nostamalla voidaan tuhon vaikutusta siten vähentää. Tiheyden noustessa taimikohtainen oksabiomassa pienenee. Männyn toipumiskyky on kuitenkin verrattain hyvä.

Hirvi suosii puulajeja, joista energian saanti on helppoa. Haavan ja pihlajan runsas käyttö johtaa niiden nopeaan kulumiseen myös siksi, että ne ovat harvaoksaisia. Saatavilla olevien lehtipuiden määrä vaikuttaa taimikoiden suosintaan etenkin valintatilanteessa. Selvimmin lehtipuut lisäävät kuitenkin männyn tuhoriskiä silloin, kun mänty kärsii ylitiheästä tai etukasvuisesta lehtipuustosta. Koivu on suhteellisen voimakas kasvutilakilpailija. Voimakkaan kilpailun puuttuessa lehtipuusekoitus ei kuitenkaan välttämättä johda tuhoriskin suurenemiseen.



# Neulasmenetyksen vaikutus neulasten ravinneanalyysien tulkintaan

Heikki Nuorteva

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

## Neulasanalyysin käsite

Käsitteellä *neulasanalyysi* voidaan laajasti ymmärrettynä tarkoittaa kaikkea havupuiden neulasten fysiologisiin tai morfologisiin ominaisuuksiin perustuvaa analyttistä tarkastelua. Tämän päivän suomalaisessa metsäntutkimuksessa *neulasanalyysi*-termi on kuitenkin melko yleisesti vakiintunut tarkoittamaan neulasista tehtäviä kemiallisia analyyssejä ja tässäkin lähinnä yksittäisten ravinteiden tai muiden alkuaineiden pitoisuuksien määrittämistä neulasista. Neulasten koosta sekä ulkoisesta ja sisäisestä rakenteesta tehtyjä morfologisia havaintoja käytetään usein kemiallisen neulasanalyysin tukena.

Neulasten ravinneanalyysi (jäljempänä lyh. *neulasanalyysi*) perustuu siihen pääajatukseen, että maaperän ravinteisuus, eri ympäristötekijät ja puun fysiologinen tila heijastuvat suoraan tai välillisesti neulasten ravinnepitoisuuksiin. Toisin sanoen neulasanalyysissä voidaan yhdellä tutkimusmenetelmällä saada teoriassa tietoa useasta eri ilmiöstä.

## Neulasanalyysin tulkintaan vaikuttavat monet tekijät

Vaikka neulasanalyysin potentiaalinen käyttöalue on laaja, heikentää analyysin käytökelpoisuutta pääasiassa tulosten vaikea tulkittavuus. Neulasanalyysi olisikin erinomainen tutkimuksen apuväline, jos puiden kunto, maaperän ravinteet tai ilmasta tulevat alkuaineet selviäisivät suoraan ja helposti tarkastelemalla neulasten alkuainepitoisuuksia. Neulasanalyysin tulkintaa vaikeuttavat kuitenkin monet eri tekijät, jotka aiheuttavat vaihtelua neulasten alkuainekoostumuksessa. Näistä tekijöistä yleisesti huomioituja ja jokseenkin tunnettuja ovat mm. 1) maaperän fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, 2) vuodenaika, ilmasto-olosuhteet ja ilman epäpuhtaudet, 3) puulaji, puun ikä ja geneettinen perimä sekä 4) neulasten ikä ja sijainti latvuksessa. Lisäksi on useita muita neulasanalyysin tulkintaa vaikeuttavia tunnettuja tai todennäköisesti edelleen tuntemattomia tekijöitä.

## Neulasanalyysi ja elävän latvuston kunto

Puuston terveydentilan selvittämisessä tai arvioinnissa on neulasanalyysin käytökelpoisuus toistaiseksi melko heikosti tunnettu voimakkaita ravinnepuutos- tai myrkytystiloja lukuunottamatta. Neulasanalyysituloksiin perustuen on toisaalta esitetty runsaasti erilaisia teorioita ja hypoteeseja puuston terveydentilan ja neulasten alkuainepitoisuuksien välisistä yhteyksistä, mutta tutkimustulokset ovat olleet keskenään

verrattain ristiriitaisia tai niiden tulkinta on voinut olla tarkoitushakuista ilman tieteellisesti kestäväää kritiikkiä. Esimerkiksi huonokuntoisten puiden neulasten lievästikin poikkeavilla alkuainepitoisuuksilla on saatettu selittää puuston sairastumista tai joutumista tuhon kohteeksi.

Harvemmin neulasanalyysin tulkinnessa otetaan huomioon mahdollisuutta, että neulasten poikkeuksellisen korkeat tai alhaiset pitoisuudet voisivat olla puiden terveydentilan heikkenemisen seurausta eikä syy. Näin siitä huolimatta, että eri havupuulajeilla on havaittu äkillisen neulasmenetyksen jälkeen muutoksia jäljellejäävien ja myöhemmin kehittyvien neulasten ravinnepitoisuuksissa. Muutoksien on arveltu aiheutuneen mm. hyönteistoukkien neulassyönnin (Piene 1980, Piene & Percy 1984), ytimennävertäjien (Ericsson ym. 1985) tai hirven aiheuttaman kasvainsyönnin (Löyttyniemi 1981, 1985), pystykarsinnan (Oksbjerg 1962) tai keinotekoisien defoliaation (ts. ihmisen poistaessa kasvaimia tai neulasia luontaisia tuhonaiheuttajia simuloiden) seurauksena (Ericsson ym. 1985, Wagner 1986, 1988, Långström ym. 1990). Myös neulasvuosikertojen määrän (Raitio 1987) ja niiden vähenemisen vaikutuksesta on esitetty havaintoja (Tikkanen & Raitio 1990).

Metsäntutkimuslaitoksen metsäekologian tutkimusosastossa tehtyjen tutkimusten mukaan versosurmataudin (*Gremmeniella abietina*) ja pystykarsinnan aiheuttama neulasmenetyks vaikuttaa männynneulasten ravinnepitoisuuksiin (Nuorteva 1990a, 1990b, Nuorteva & Kurkela 1993). Neulasnäytteet kerättiin kuudesta 15-30 vuotiaasta männiköstä 2-10 vuotta neulasmenetyksen jälkeen yhteensä 120 koepuusta (60 neulasmenetykspuuta ja 60 "normaalilatuksista" kontrollipuuta). Tulosten mukaan osa neulasten ravinnepitoisuuksista oli merkittävästi noussut (mm. *typpi*, *rikki*, *boori*, *kalsium* ja *mangaani*) ja osa laskenut (mm. *rauta* ja *magnesium*) puiden menetettyä äkillisesti osan neulasistaan versosurmaepidemian seurauksena. Saman suuntaisia muutoksia mitattiin myös elävän latvuksen supistuttua pystykarsinnassa.

### Missä ravinteissa muutoksia?

Suhteellisen yleisenä ilmiönä neulasmenetyksen jälkeen näyttää olevan nuorimpien neulasten tyyppipitoisuuden nousu tai korkeat arvot (Piene & Percy 1984, Löyttyniemi 1985, Ericsson ym. 1985, Långström ym. 1990, Nuorteva & Kurkela 1993). Muiden ravinteiden kohdalla boori- (Löyttyniemi 1985, Nuorteva & Kurkela 1993), kalsium- (Oksbjerg 1962, Löyttyniemi 1981, Nuorteva & Kurkela 1993), mangaani- (Nuorteva & Kurkela 1993), magnesium- (Piene 1980), fosfori- ja kaliumpitoisuudet (Oksbjerg 1962, Piene 1980, Piene ja Percy 1984) sekä rikkipitoisuudet (Nuorteva & Kurkela 1993) ovat olleet korkeampia neulasia menettäneissä puissa kuin vertailupuissa.

Ravinnepitoisuuksien laskua tai alhaisia pitoisuuksia neulasmenetyksestä kärsineissä puissa on havaittu mm. magnesiumin (Forschner & Wild 1988, Nihlgård 1989, Nuorteva & Kurkela 1993), raudan (Nuorteva & Kurkela 1993) sekä typen (Wagner 1986, 1988) osalta.

Neulasmenetyksen aiheuttamat ravinnemuutosten voimakkuudet neulasissa ovat vaihdelleet tutkimusolosuhteista riippuen; aina muutoksia ei ole mitattu ja toisinaan taas pitoisuudet ovat esim. lähes kaksinkertaistuneet (mm. pystykarsinnan vaikutus neulasten booripitoisuuksiin; Nuorteva & Kurkela 1993).

Tutkimukset, jotka koskevat havupuiden neulasmenetyksen aiheuttamia neulasravinnemuutoksia, ovat tulosten ja tutkimusmetodien suhteen varsin heterogeenisia. Ko.



tutkimusten neulasanalyysit on tehty osittain eri puulajeilla, vuodenaikoina ja eri neulasvuosikerroista. Samoin käytetyt neulasmenetyksiä kuvaavat mittarit ovat olleet tutkimuksesta riippuen hyvinkin erilaisia, subjektiivisia tai vaikeasti mitattavia, eikä itse puun vaurioitumisen osuutta (oksien ja kasvainten poiston seurauksena) ole yleensä arvioitu. Vaikka erot eri puulajien fysiologiassa, neulasanalyysien mittaussajankohdissa ja defoliaatioasteissa tekevätkin osan tutkimuksista keskenään jopa täysin vertailukelvottomiksi, ovat muutokset neulasten ravinnekoostumuksessa äkillisen neulaskadon jälkeen kuitenkin todellisia ja tietyissä tapauksissa huomattavan suuria.

## **Neulasmenetyksen vaikutus suhteessa voimakkuus- ja aikatekijöihin**

Tutkimuksesta ja neulasmenetyksen arviointitavasta riippuen, neulasten ravinnepitoisuusmuutoksia on mitattu 20-100 %:n neulasmenetyksen jälkeen. Pienen ja Percyn (1984) seuraamat puut olivat kärsineet lähes 100 %:n, Nuortevan ja Kurkelan (1993) taas arviolta vähintään 50 %:n neulasmenetyksestä. Wagner (1986) mittasi muutoksia tyyppipitoisuudessa 50 ja 75 %:n defoliaation jälkeen. Ericsson ym. (1985) mittasivat neulasmenetyksiä poistettujen versojen määrällä, mutta arvioivat voimakkaimman kasvainten poistamisasteen vastanneen noin 25-30 %:a puiden neulasmassasta. Långström ym. (1990) poistivat noin 20 % neulasmassasta, kun taas Oksbjergin (1962) ja Löyttyniemen (1981, 1985) kokeissa neulasmassaan suhteutettua defoliaatioastetta ei oltu kvantitatiivisesti mitattu.

Neulasmenetyksen seurauksissa on merkitystä myös sillä, kuinka pitkä aika defoliaatiosta on kulunut neulasnäytteiden keruuseen ja toisaalta mihin vuodenaikaan elävä latvus on supistunut. Aikatekijä on tärkeä mm. siinä mielessä, että eri fysiologiset prosessit vaativat eri pituisen ajanjakson, ennenkuin mahdollisia muutoksia neulasissa voidaan havaita. Näin ollen lyhyen ajan päästä mitatut muutokset saattavat olla täysin eri fysiologisten ilmiöiden aiheuttamia kuin pitkän ajan päästä havaituissa muutoksissa. Kun esimerkiksi Wagner (1986, 1988) mittasi ponderosamännyn neulasten tyyppipitoisuuden alenemista kahden viikon sisällä defolioinnista, ei kyseisiä tuloksia voida varauksetta verrata niihin tuloksiin, joissa tyyppipitoisuus oli päinvastoin noussut 1-3 vuotta defolioinnin jälkeen (Piene 1980, Piene ja Percy 1983, Ericsson ym. 1985).

Mahdollista myös on, että neulasmenetyksen ajankohta vuodenaikojen suhteen vaikuttaa kemiallisten seurauksien laatuun ja määrään. Koska tiedetään, että neulasten ravinnepitoisuusvaihtelut eri vuodenaikoina voivat olla varsin suuria (mm. Helmisaari 1990), luulisi teoriassa olevan merkitystä yksistään jo sillä, kuinka suuren määrän ravinteita puu neulasmenetyksen yhteydessä menettää.

Ravinnemuutosten kesto aika ei myöskään ole stabiili, vaan se vaihtelee ravinteesta ja olosuhteista riippuen. Oksbjergin (1962) kuusen karsintakokeessa karsittujen puiden neulasten tyyppipitoisuudet olivat kahden kuukauden päästä karsinnasta korkeammat, mutta yhdeksän kuukauden kuluttua alhaisemmat, kuin karsimattomien vertailupuiden pitoisuudet. Pienen ja Percyn (1984) 5-vuotisessa kokeessa, hyönteistoukkien neulassyönti aiheutti ravinnepitoisuusmuutoksia ensimmäisten kolmen vuoden aikana, jonka jälkeen defolioituneet puut eivät enää poikenneet kontrollipuista. Nuortevan ja Kurkelan (1993) kokeessa pystykarsittujen puiden neulasten alkuaikojen pitoisuudet olivat erisuuruisia kuin kontrollipuiden noin 2 vuoden ja versosurmapuissa vielä yli 5 vuoden

päästä neulasmenetyksestä. Yleensä defoliaation kemiallisia vaikutuksia on seurattu muutamasta viikosta 1-2 vuoteen.



Kuva 1. Pahasti versosurman runtelema "metsikköä hyvin kuvaava vallitsevan latvuserroksen puu", jossa on vielä riittävästi vihreitä neulasia näytteenottoa varten. Antaako tästä männystä tehty neulasanalyysi virheettömän ja luotettavan kuvan puun ympäristöolosuhteista? (Kuva H. Nuorteva).

## Neulasanalyysin tulkinta äkillisen neulasmenetyksen jälkeen

Tällä hetkellä ei Suomessa käytännössä juuri huomioida neulasmenetyksen aiheuttamia vaikutuksia neulasanalyysitulosten tulkinnassa. Osittain tämä johtuu siitä, että laajemmin yleistämiskelpoista tarkkaa tietoa neulasmenetyksen vaikutuksista neulasanalyysituloksiin ei ole toistaiseksi ollut käytettävissä. Tämä näkyy selvästi myös neulasnäytteiden ottoa koskevilla ohjeilla, joissa ei suoraan mainita elävän latvuksen kunnon huomioimista näytepuita valittaessa. Esimerkiksi Metsäntutkimuslaitoksen ja Viljavuuspalvelu Oy:n ohjeiden mukaan metsikköä tai koealaa kohden tulisi valita 5-10 vallitsevaan latvuserrokseen kuuluvaa, puustoa hyvin kuvaavaa näytepuuta (Kukkola ja Veijalainen 1987, Metsänterveysopas 1988). Varsinaista mainintaa siitä, tulisiko näytteet ottaa latvukseltaan hyvä- tai huonokuntoisista puista ei em. ohjeissa ole. Toisaalta esimerkiksi

'Metsänterveysoppaassa' neuvotaan, että "latvakatopuista neulasnäyte otetaan ohituskasvaimista tai ylimpien elävien oksien uusimmista vuosikasvaimista", mutta tulosten tulkintaohjeiden viimeisenä kohtana mainitaan, että "neulasanalyysin tulkinta todennäköisesti johtaa virheelliseen lannoitussuositukseen", jos "näyte on otettu puista, jotka kärsivät sieni- tai hyönteistuhosta" (Metsänterveysopas 1988). Ohjeissa ts. neuvotaan miten ottaa näytteitä huonokuntoisista puista (jos ne ovat "hyvin puustoa kuvaavia"), vaikka näytteen tulkinta-arvo asetetaan sieni- ja hyönteistuhojen osalta kyseenalaiseksi.

Käytännössä samasta metsiköstä on kuitenkin mahdollista saada neulasanalyysillä erilainen tulos riippuen siitä, minkä kuntoisista puista näytteet otetaan. Tämä asettaa tietyt vaatimukset näytteenoton ja neulasanalyysin tulkinnan suhteen, joilla molemmilla voidaan siis vaikuttaa siihen, minkätyyppisiä tuloksia saadaan. Arvioitaessa esimerkiksi pelkän neulasanalyysin perusteella puuston ja ympäristön tilaa (esim. puiden sairastumisen syytä, typpi- ja rikkilaskeumien vaikutuksia, happaman sateen aiheuttamaa magnesium-puutosta yms.), saattaa analyysi antaa harhaanjohtavan kuvan, jos näytteet kerätään terveiden puiden sijasta voimakkaasta neulasmenetyksestä kärsineistä puista (ks. kuva 1), eikä sitä tulkinnassa huomioida.

Useat eri bioottiset ja abioottiset häiriötekijät voivat aiheuttaa voimakasta neulasmenetystä puissa. Vasta tuntemalla ja osaamalla eliminoida näiden häiriötekijöiden vaikutusmahdollisuudet neulasten "luonnollisista" ravinne- ja alkuainepitoisuuksien vaihtelurajoista, voidaan neulasanalytiikan tulkintavalmiutta ja -tarkkuutta neulastuhon kohteeksi joutuneissa puissa parantaa nykyiseen tilanteeseen verrattuna.

### Kirjallisuus

- Ericsson, A., Hellkvist, C., Långström, B., Larsson, S. & Tenow, O. 1985. Effects on growth of simulated and induced shoot pruning by *Tomicus piniperda* as related to carbohydrate and nitrogen dynamics in Scots pine. *Journal Applied Ecology* 22: 105-124.
- Forschner, W. & Wild, A. 1988. Comparative investigation on the nutrient composition of healthy and injured spruces of different locations. In: Mathy, P. (ed.). *Air pollution and ecosystems. Proceedings of an International Symposium held in Grenoble, France, 18-22 May 1987*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht. ss. 604-608.
- Helmisaari, H-S. 1990. Temporal variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 177-193.
- Kukkola, M. & Veijalainen, H. 1987. Neulas- ja lehtianalyysin maastotyöt. Julkaisussa: *Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257: 137-144*.
- Långström, B., Tenow, O., Ericsson, A., Hellqvist, C. & Larsson, S. 1990. Effects of shoot pruning on stem growth, needle biomass, and dynamics of carbohydrates and nitrogen in Scots pine as related to season and tree age. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 514-523.
- Löyttyniemi, K. 1981. Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven talviravinnon valintaan. Summary: Nitrogen fertilization and nutrient contents in Scots pine in relation to the browsing preference by moose (*Alces alces*). *Folia Forestalia* 487, 14 s.
- Löyttyniemi, K. 1985. On repeated browsing of Scots pine saplings by moose (*Alces alces*). Seloste: *Männyn- taimien toistuvasta hirtvivoituksesta. Silva Fennica* 19: 387-391.
- Metsänterveysopas. 1988. *Metsätuhot ja niiden torjunta*. Jukka, L. (toim.). Samerka Oy, Helsinki. Vaasa. 168 s.
- Nihlgård, B. 1989. Nutrients and structural dynamics of conifer needles in South Sweden 1985-1987. Utdrag: *Mark- och barrkemiska, samt barrstrukturella egenskaper hos gran och tall i Södra Sverige 1985-1987. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 42(1): 157-165.
- Nuorteva, H. 1990a. Sairaalan metsän ravinneanalyysi. Julkaisussa: *Varmola, M. & Palviainen, P. (toim.). Lapin metsien terveys. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 347: 127-130*.

- Nuorteva, H. 1990b. Elävän latvuksen supistumisen vaikutus neulasten alkuainepitoisuuksiin verosyöpäisissä ja pystykarsituissa männikoissä. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 104 s.
- Nuorteva, H. & Kurkela, T. 1993. Effects of crown reduction on the nutrient status of needles of Scleroderris canker diseased and green pruned Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research* 23: (painossa).
- Oksbjerg, E.B. 1962. Some phenomena associated with pruning. *Forestry* 35: 77-80.
- Piene, H. 1980. Effects of insect defoliation on growth and foliar nutrients of young balsam fir. *Forest Science* 26: 665-673.
- Piene, H. & Percy, K.E. 1984. Changes in needle morphology, anatomy, and mineral content during the recovery of protected balsam fir trees initially defoliated by the spruce budworm. *Canadian Journal of Forest Research* 14: 238-245.
- Raitio, H. 1987. Neulasvuosikertojen merkitys neulasanalyysin tulkinnessa. Abstract: The significance of the number of needle year classes in interpreting needle analysis results. *Silva Fennica* 21: 11-16.
- Tikkanen, E. & Raitio, H. 1990. Ilmastostressi ja ilmansaasteet - kesän 1987 neulaskadon syytä. Julkaisussa: Varmola, M. & Palviainen, P. (toim.). Lapin metsien terveys. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 347: 34-42.
- Wagner, M.R. 1986. Influence of moisture stress and induced resistance in ponderosa pine, *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws, on the pine sawfly, *Neodiprion autumnalis* Smith. *Forest Ecology and Management* 15: 43-53.
- Wagner, M.R. 1988. Induced defences in ponderosa pine against defoliating insects. In: Mattson, W.J., Levieux, J. & Bernard-Dagan, C. (eds.). Mechanisms of woody plant defenses against insects: Search for pattern. Springer Verlag, New York-Berlin-Heidelberg. ss. 141-155.

## **Pilkkumäntypistiäistuhojen vaikutus männyn elinvoimaisuuteen**

**Erkki Annila<sup>1)</sup>, Martti Varama<sup>1)</sup>, Bo Långström<sup>2)</sup> & Pekka Niemelä<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Metsäntutkimuslaitos, Pl 18, 01301 Vantaa

<sup>2)</sup> Sveriges Lantbruksuniversitet, S-770 73 Garpenberg, Sverige

### **Johdanto**

Maassamme sattuu keskimäärin 5-10 vuoden välein sellaisia hyönteisten aiheuttamia männyn neulastuhoja, joiden jälkeen puusto saattaa altistua runkoon iskeytyville hyönteisille (Juutinen ja Varama 1986). Useimmiten neulastuhon aiheuttajana on ruskomäntypistiäinen, jolloin seuraustuhojen vaara ei ole erityisen suuri. Sen sijaan pilkkumäntypistiäinen ja mäntymittari voivat syödä mäntymetsiä paljaaksi aiheuttaen ilmeisen seuraustuhojen riskin.

Tuhoja esiintyy usein samassa metsikössä kahtena perättäisenä vuotena. Tällöin nousee esiin kysymys, kuinka suuren neulasmenetyksen puut kestävät. Pysyvätkö ne elossa vai pitäisikö heikkokuntoisimmat puut kaataa, etteivät seuraustuholaiset pääsisi niissä lisääntymään ja samalla vähentämään puiden arvoa puutavarana?

Neulasmenetysten vaikutusten tutkimiseen tarjoutui tilaisuus, kun pilkkumäntypistiäisen toukat söivät männiköitä paljaaksi Kauhajoella, Isojoella ja Honkajoella kesällä 1990 ja 1991. Myös mäntymittarikanta oli metsiköissä selvästi normaalia korkeampi.

Kauhajoella tuhoja esiintyi Lauhanvuoren maastossa, jossa paljaaksisyönnin kohteeksi joutui sekä talousmetsiä että alueella sijaitsevan kansallispuiston rauhoitettuja metsiä. Kun kotelokoppatutkimukset ensimmäisen tuhovuoden jälkeen syksyllä 1990 ja keväällä 1991 osoittivat, että pistiäiskanta oli edelleen korkea, päättivät alueen yksityismetsänomistajat estää tuhon jatkumisen ja ruiskuttaa uhanalaiset metsät diflubentsuronilla. Kansallispuiston metsät jätettiin luonnollisesti käsittelemättä. Näin oli käytettävissä toisaalta sellaisia metsiä, joissa puut olivat menettäneet neulasiston vain yhtenä kesänä, toisaalta sellaisia, jotka olivat kärsineet tuhosta kahtena perättäisenä kesänä.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, kuinka alttiita erilaisen neulastuhon kohteeksi joutuneet männyt ovat kaarnakuoriaisten, lähinnä ytimennävertäjien iskeytymiselle ja kuinka hyvin ne kykenevät torjumaan hyönteisten lisääntymisen. Tässä esitettävät tulokset on saatu ensimmäisen tutkimusvuoden jälkeen, joten tulokset ovat alustavia.

### **Aineisto ja menetelmät**

Tutkimus tehtiin Kauhajoella Lauhanvuoren kansallispuistossa ja sitä ympäröivissä talousmetsissä. Huhtikuussa 1992 valittiin tutkimusta varten koepuita, jotka luokiteltiin neulastuhon perusteella neljään tuholuokkaan seuraavasti: luokka 0 = ei neulastuho (kontrolli, neulasvuosikertoja 3-4), luokka 1 = neulastuho 70 % (diflubentsuronilla kesällä 1991 ruiskutetut puut, neulasvuosikertoja yksi), luokka 2 = neulastuho 90 % (puissa vähäisiä eläviä neulastupsuja), luokka 3 = neulastuho 100 %. Kahteen ensimmäiseen

mäiseen luokkaan kuuluvat puut olivat talousmetsässä ja kahteen jälkimmäiseen luokkaan kuuluvat kansallispuistossa. Puun iän ja koon merkityksen selvittämiseksi otettiin kaikkiin luokkiin koepuiksi 10 tukkipuuta ja 10 riukuasteen puuta. Varsinaisten koepuiden ohella valittiin kansallispuiston puolella tuholuokkiin 2 ja 3 vertailupuuta, joita ei käsitelty.

Huhtikuun lopulla, ennen ytimennävertäjien parveilua, sidottiin jokaisen koepuun tyvelle kaksi tuoretta mäntyhalkoa, jotta pihkan haju houkuttelisi ytimennävertäjät iskeytymään puuhun. Samanaikaisesti koepuihin ympätettiin rinnankorkeudelle neljään eri kohtaan agarissa kasvatettua sinistäjäsienen (*Ophiostoma minus* (Hedgc)) rihmastoa korkkiporalla (läpimitta 5 mm). Tämä sieni tulee yleisesti ytimennävertäjien mukana puuhun (Solheim ja Långström 1991).

Kesäkuun 16-17 päivänä mitattiin isojen koepuiden pihkanerityskyky. Läpimitaltaan 25 mm korkkiporalla tehtiin rinnakorkeudelle rungon vastakkaisille puolille kolot mantopuuhun saakka. Kolon alapuolelle kiinnitettiin koeputki valuvan pihkan keräämiseksi. Putket kerättiin 24 tunnin kuluttua ja niissä oleva pihka punnittiin.

Elokuun lopulla tutkittiin hyönteisten iskeytyminen ja lisääntyminen koe- ja vertailupuissa. Lisäksi arvioitiin koepuiden neulasmassa ja kuolleisuus. Kunkin puun rungosta otettiin näyte 0,5 metrin, 1,5 metrin, 2,5 metrin ja 3,5 metrin korkeudelta. Näyteala oli 10 cm x 25 cm ja siltä laskettiin ytimennävertäjien emokäytävien lukumäärä ja kuoriutumisreiät sekä merkittiin muistiin muiden kuoren alla lisääntyvien lajien esiintyminen. Ytimennävertäjien iskeytyminen katsottiin onnistuneeksi silloin, kun emokäytävän pituus ylitti 10 mm, ja lisääntyminen silloin, kun kuorinäytteessä oli kuoriutumisreikiä. Sinistäjäsienen leviäminen mitattiin ympäyskohdasta ylös- ja alaspäin.

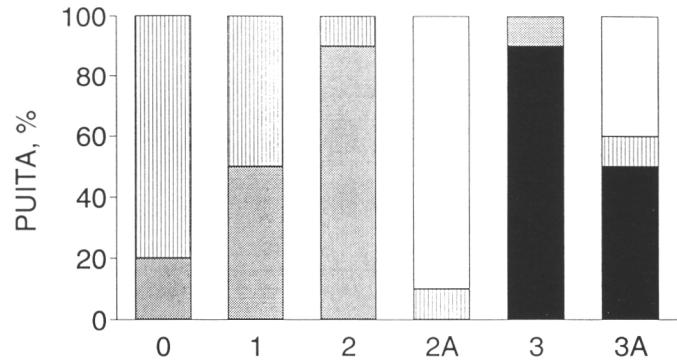
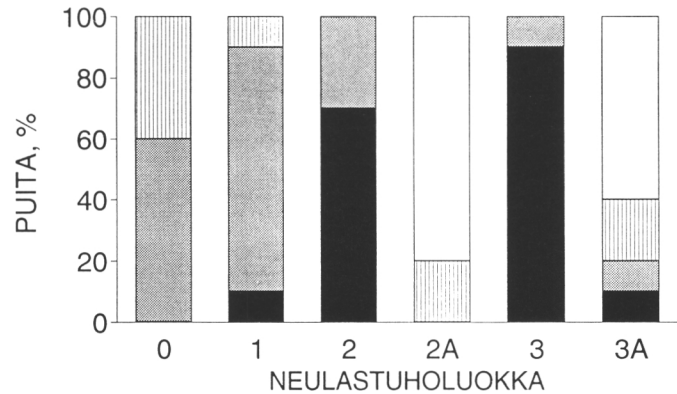
## Tulokset

### Neulasmassa

Terveissä puissa (neulastuholuokka 0) neulasvuosikertojen lukumäärä vaihteli syksyllä 1992 kolmesta neljään. Diflubentsuronilla käsitellyissä puissa oli kaksi neulasvuosikertaa (vuodet 1991 ja 1992). Niissä puissa, joissa edellisiltä vuosilta oli säilynyt noin 10 % neulasista (neulastuholuokka 2), elävät versot tuottivat lyhyen uuden vuosikasvaimen ja neulasvuosikertoja oli koko puuta kohti arvioituna keskimäärin yksi tai sitäkin vähemmän. Ne puut, jotka pistiäistoukat olivat syöneet kokonaan paljaiksi edellisinä vuosina (neulastuholuokka 3), eivät kyenneet tuottamaan neulasia kesällä 1992.

### Kuolleisuus

Kaikki ne puut, joissa ytimennävertäjien lisääntyminen oli onnistunut (kuva 1, pylvään musta osa), voidaan laskea kuolleiksi, vaikka joissakin puissa olikin vielä vihreitä neulasia. Kymmenestä paljaaksi syödystä tukkipuusta todettiin syksyllä 1992 kuolleiksi kahdeksan. Vielä elossa olleista toinen oli ytimennävertäjien valtaama, joten sekin tulee

**TUKKIPUUT****RIUKUPUUT**

□ EI ISKEYMIÄ

▨ ISKEYTYMINEN EPÄONNISTUNUT

▩ ISKEYTYMINEN ONNISTUNUT, LISÄÄNTYMINEN EPÄONNISTUNUT

■ LISÄÄNTYMINEN ONNISTUNUT

**NEULASTUHO**

0 = 0 % (KONTROLLI)

1 = 70 % (DIFLUBENTSURONI -91)

2 = 90 %

2A = 90 % (EI HOUKUTUSPÖLKKYJÄ)

3 = 100 %

3A = 100 % (EI HOUKUTUSPÖLKKYJÄ)

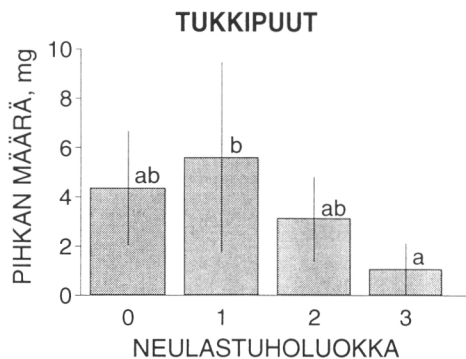
Kuva 1. Ytimennävertäjien iskeytymisen (puukohtainen) ja lisääntymisen (näytealakohtainen) riippuvuus neulastuhosta.

kuolemaan kesällä 1993. Ainoastaan yksi paljaaksi syöty tukkipuu oli kyennyt torjumaan ytimennävertäjien lisääntymisen. Muissa neulastuholuokissa kaikki tukkipuut olivat elossa. Paljaaksi syödyistä riukupuista kuoli 90 % ja niistäkin, joissa oli vielä keväällä 1992 jonkin verran vihreitä neulasia, 60 %. Diflubentsuronilla ruiskutetuista riukupuista kuoli yksi.

### Ytimennävertäjien iskeytyminen ja lisääntyminen

Ytimennävertäjien todettiin iskeytyneen kaikkiin niihin puihin, joihin oli sidottu tuoreet mäntyhalot. Tämä havaittiin jo toukokuun lopulla kaarnarakosissa olevasta purusta. Sen sijaan ytimennävertäjät eivät olleet iskeytyneet kaikkiin vertailupuihin, ei siinäkään tapauksessa, että ne olivat menettäneet kaikki neulasensa (kuva 1). Tämä saattoi johtua ainakin osittain siitä, että vertailupuut olivat koepuiden välittömässä läheisyydessä ja tuoreet mäntyhalot vetivät parveilevat ytimennävertäjät koepuihin. Vähän etäämmällä koepuista ytimennävertäjät olivat iskeytyneet runsaasti sellaisiin puihin, jotka olivat menettäneet kaikki neulasensa. Iskeytymistiheys oli sitä korkeampi mitä enemmän puu oli menettänyt neulasiaan.

Lisääntyminen oli onnistunut tukkipuissa vain silloin, kun puu oli menettänyt kokonaan neulasensa (neulastuholuokka 3) (kuva 1). Muissa puissa emokäytävät olivat vaihtelevan pituisia mutta toukkakäytävät puuttuivat. Riukupuissa lisääntyminen oli onnistunut myös niissä puissa, joissa osa neulasista oli jäljellä, jopa eräessä diflubentsuronilla ruiskutetussa puussa. Lisääntyminen laskettuna kuoripinta-alaa kohti oli tukkipuissa keskimäärin (514 reikää/m<sup>2</sup>) selvästi korkeampi kuin riukupuissa (204 reikää/m<sup>2</sup>).

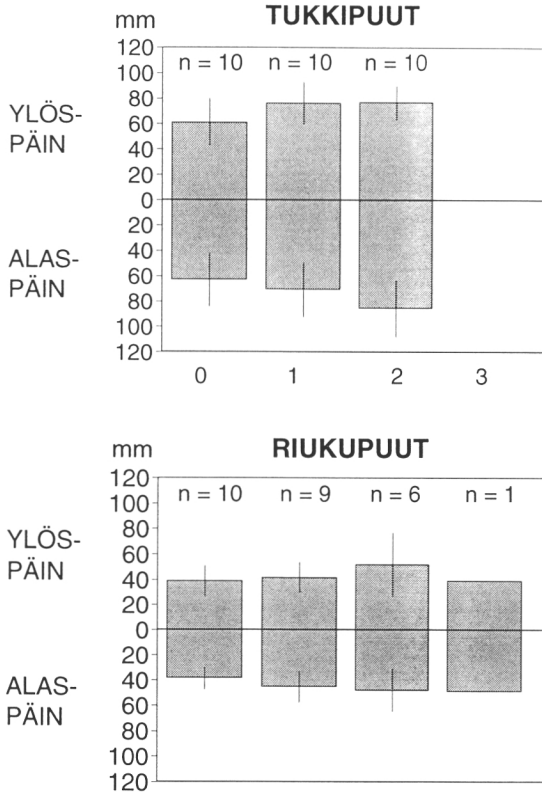


#### NEULASTUHUO

- 0 = 0 % (KONTROLLI)
- 1 = 70 % (DIFLUBENTSURONI -91)
- 2 = 90 %
- 3 = 100 %

Kuva 2. Vuorokauden (16-17.6.1992) kuluessa valuneen pihkan määrän riippuvuus neulastuhosta. Jana = keskihajonta. N = 10/neulastuholuokka. Samalla kirjaimella merkittyjen välillä ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (variassianalyysi, F = 6,18, Df = 3, p = 0,0017, parittaiset vertailut Tukeyn testillä).





Kuva 3. Sinistäjäsiemen (*Ophiostoma minus*) leviäminen ympäryskohdasta ylös- ja alaspäin eri neulastuholuokissa. Jana = keskijajonta. Neulastuholuokkien väliset erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (variانسianalyysi: ylöspäin  $F = 2,86$ ,  $Df = 2$ ,  $p = 0,0750$ ; alaspäin  $F = 2,82$ ,  $Df = 2$ ,  $p = 0,0772$ ).

### Muut hyönteiset

Ytimennävertäjien valtaamissa rungoissa tavattiin muitakin kuoren alla lisääntyviä hyönteisiä. Rungon tyviosassa kaarnan alueella esiintyi runsaana sarvijaakko (*Acanthocinus aedilis*), jonka toukat olivat syöneet suurimman osan nilasta vähentäen näin ytimennävertäjän lisääntymistä. Sileän kaarnan alueella esiintyi jonkin verran pikikärsäkkäiden (*Pissodes*) toukkia. Kolmessa tukkipuussa ja neljässä riukupuussa tavattiin havutikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum*) reikiä. Tämä osoittaa, että tällaiset puut olivat todennäköisesti kuolleet jo syksyllä 1991.

### Pihkanerityskyky

Pihkanerityksessä oli puiden välillä samassakin neulastuholuokassa suuria eroja, joten kolmen ensimmäisen luokan väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Keskimäärin eniten pihkaa valui diflubentsuronilla ruiskutetuista puista (neulastuholuokka 1) (kuva 2). Tämä saattaa johtua siitä, että tietynasteinen neulasmenetyks saa puun tuottamaan normaalia enemmän pihkaa puolustautuakseen runkoon iskeytyviä hyönteisiä vastaan (Lorio et al. 1990). Puut, jotka olivat menettäneet kokonaan neulasensa, tuottivat hyvin vähän tai ei ollenkaan pihkaa.

## Sinistäjäsienen kasvu

Mittauksia sinistäjäsienen leviämisestä mantopuussa ei voitu tehdä niissä tukkipuissa, jotka pistiäistoukat olivat syöneet täysin paljaaksi. Tämä johtui siitä, että ytimennävertäjien vallatessa puun sinistäjäsienet olivat levinneet kauttaaltaan runkoon.

Sinistäjäsienen leviämisen ja neulastuholuokan välillä vallitsi lievä positiivinen korrelaatio. Sienirihmasto oli levinnyt sitä laajemmalle mitä enemmän puu oli menettänyt neulasistaan (kuva 3).

## Tulosten tarkastelu

Tulokset osoittavat, että kahtena perättäisenä kesänä pilkkumäntypistiäisen paljaaksi syömät männyt ovat alttiita ytimennävertäjien iskeytymiselle. Puut eivät kykene estämään ytimennävertäjien lisääntymistä, josta on seurauksena puun kuoleminen (kuva 1). Puiden heikkoa vastustuskykyä osoittaa myös se, että ne kykenivät tuottamaan hyvin vähän pihkaa. Runsaalla pihkanerityksellä on tärkeä merkitys runkoon iskeytyvien hyönteisten torjunnassa.

Kaarnakuoriaisten mukanaan kuljettamilla sinistäjäsieneillä on merkittävä osuus puun kuolemisen (Solheim 1988). Kokeissa ei saatu selvää näyttöä siitä, voidaanko sinistäjäsienen leviämisestä mantopuussa tehdä päätelmiä puun kunnosta ja vastustuskyvystä. Tämä johtui siitä, että ytimennävertäjät valtasivat lähes kaikki paljaaksi syödyt puut. Muista puuryhmistä saadut tulokset osoittivat kuitenkin, että sienien leviäminen oli ainakin jossain määrin riippuvainen neulasmassan määrästä.

Osa paljaaksi syödyistä puista saattaa kuolla jo toisen neulastuhovuoden syksyllä. Tästä oli osoituksena tikaskuoriaisen esiintyminen joissakin puissa. Tikaskuoriainen iskeytyy pääasiassa syksyllä kaadettuun puutavaraan tai syksyllä kuolleisiin puihin (Annala 1975). Tikaskuoriaisen hakeutumiselle lisääntymismateriaaliin on välttämätöntä etanoli, jota muodostuu riittävästi vain äskettäin kuolleessa puussa. Ytimennävertäjät voivat lisääntyä tällaisissa puissa seuraavana kesänä, mutta puun kuolemisen niillä ei ole enää merkitystä.

Mikäli tukkipuuhun jää kaksivuotisen pilkkumäntypistiäistuhon jälkeen jonkin verran neulasia jäljelle, näyttää puu pysyvän elossa ainakin yhden vuoden neulastuhon jälkeen. Tutkimusalueella on runsaasti täysin paljaaksi syötyjä puita, joten ytimennävertäjät iskeytyvät pääasiassa niihin. Viime kesänä ytimennävertäjien määrä nousi voimakkaasti, mistä oli osoituksena maahan karisseitten versojen suuri määrä. On todennäköistä, että keväällä 1993 ytimennävertäjät iskeytyvät myös sellaisiin puihin, joissa on jonkin verran neulasia jäljellä. Vasta jatkotutkimukset osoittavat, kuinka suuri on puuston lopullinen kuolleisuus neulastuhon seurauksena.

Ytimennävertäjien iskeytymiseen ja koepuitten kuolemiseen vaikutti luonnollisesti jonkin verran se, että ytimennävertäjät houkuteltiin tuoreilla mäntyhaloilla iskeytymään puihin. Samalla koejärjestely todennäköisesti vähensi iskeytymistä lähellä sijainneisiin vertailupuihin. Kokeiden varsinaisena tarkoituksena oli kuitenkin selvittää puun vastustuskykyä silloin, kun se joutuu ytimennävertäjien iskeytymisen kohteeksi. Ytimennävertäjät tappoivat osan myös paljaaksi syödyistä vertailupuista ja muualla metsikössä todettiin ytimennävertäjien yleisesti iskeytyneen tällaisiin puihin. Seuraavina vuosina tehtävillä puustoinventoinneilla voidaan saada tarkempaa tietoa ytimennävertäjien iskeytymisen riippuvuudesta neulastuhosta.

Puiden vastustuskyky näyttää olevan jonkin verran riippuvainen myös puun koosta, sillä riukuasteen puista kuoli paljaaksi syötyjen puiden lisäksi myös huomattava osa selaisista puista, joissa oli jonkin verran neulasia jäljellä.

Diflubentsunonilla ruiskutetut tukkipuut kykenivät torjumaan ytimennävertäjät. Melko runsaasta iskeytymisestä huolimatta ytimennävertäjät eivät kyenneet valtaamaan puita. Pihkan erityys oli näistä puista runsaampaa kuin terveistä puista. Ilmeisesti normaalia suurempi osa yhteyttämistuotteista ohjautui kasvun sijasta pihkan tuottoon (Lorio et al. 1990). Tulokset osoittavat, että mänty sietää jokseenkin täydellisen neulasmenetyksen yhtenä kesänä, sillä pilkkumäntypistiäisen toukat söivät nämä puut paljaaksi kesällä 1990. On ilmeistä, että ainakin tukkipuissa on edelliseltä kasvukaudelta niin paljon energiavaroja, että ne pystyvät niiden avulla selviytymään yhden kasvukauden. Tätä oletusta tukee se, että puiden kasvun on todettu olevan riippuvainen huomattavassa määrin edellisen kasvukauden sääoloista.

### Metsänhoidolliset johtopäätökset

Tuloksista voidaan tehdä joitain päätelmiä myös siitä, miten pilkkumäntypistiäisen tuhon kohteeksi joutuneita metsiköitä tulisi käytännössä käsitellä. Ensimmäisen neulastuhovuoden jälkeen ei ole syytä hakkuisiin, ei edes pahiten syötyjen puitten kaatamiseen, sillä hakkuutähteistä ja kannoista lähtevä pihkanhaju houkuttelee paikalle ytimennävertäjiä. Lisäksi, jos neulastuhoja on odotettavissa vielä seuraavanakin vuonna, tuhot kohdistuvat entistä ankarammin jäljelle jääneisiin puihin. Siinäkin tapauksessa, ettei neulastuholaisia torjuta toisena tuhokesänä, päätökset metsikön käsittelystä (harvennushakkuu, siemenpuuhakkuu tai paljaaksihakkuu) kannattaa tehdä vasta toisen kesän jälkeen. Mikäli ytimennävertäjät kuitenkin iskeytyvät puihin jo ensimmäisen neulastuhovuoden jälkeen, voidaan tällaiset puut kaataa parveilun jälkeen keväällä ja kuljettaa pois metsästä alkukesällä. Näin voidaan vähentää ytimennävertäjäkantaa ja hakkuutähteet ehtivät kuivua seuraavaan kesään mennessä.

### Kirjallisuus

- Annala, E. 1975. Effect of felling date of trees on the attack density and flight activity of *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae). *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(6), 17 s.
- Juutinen, P. & Varama, M. 1986. Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa 1966-83. Summary: Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966-1983. *Folia Forestalia* 662, 39 s.
- Lorio, P., Sommers, R., Blanche, C. Hodges, J. & Nebeker E. 1990. Modeling pine resistance to bark beetles based on growth and differentiation balance principles. In: Dixon, R.K., R. S. Meldahl, G. A. Ruark & W. G. Warren, eds. *Process modeling of forest growth responses to environmental stress*. Timber Press, Portland, OR, U.S.A. ss. 402-409.
- Solheim, H. 1988. Pathogenicity of some *Ips typographus*-associated blue-stain fungi to Norway spruce. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 40(14): 1-11.
- Solheim, H & Långström, B. 1991. Blue-stain fungi associated with *Tomicus piniperda* in Sweden and preliminary observations on their pathogenicity. *Ann. Sci. For* 48: 149-156.



# Lannoituksen vaikutus männyn toipumiseen mäntypistiäis- tuhosta

Päivi Lyytikäinen, Pekka Niemelä, Erkki Annila & Martti Varama

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

## Johdanto

Monet pohjoisella pallonpuoliskolla esiintyvistä Diprionidae-heimon sahapistiäisistä aiheuttavat laaja-alaisia tuhoja havupuille (Schwenke, 1982). Suomessa ruskomäntypistiäinen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) ja pilkkumäntypistiäinen (*Diprion pini* L.) ovat metsätalouden kannalta haitallisimmat lajit, joiden joukkoesiintymät voivat olla tuhansien hehtaarien laajuisia. Pahimmat paljaaksisyönnit on havaittu yleisimmin Järvi-Suomessa ja ne ovat kohdistuneet etupäässä kuiville ja karuille kangasmaille, järvenrantametsiin tai rämeille (Juutinen ja Varama, 1986; Hanski, 1987).

Joukkoesiintymiin liittyvistä ankarista ja usean vuoden kestävästä paljaaksisyönneistä voi aiheutua puuston kuolemaa. Pilkkumäntypistiäisen toukat ovat haitallisimmat, sillä ne syövät sekä vanhoja että uusia neulasia (Viitasaari ja Varama, 1987). Tämä loppukeksällä tapahtuva neulasten kulutus heikentää myös puun mahdollisuuksia toipua tuhosta saman kasvukauden aikana. Puiden kuivumisen lisäksi seuraustuhojen (esim. kaarnakuoriaiset) uhka on suuri pilkkumäntypistiäisen tuhoalueella. Muiden mäntypistiäislajien aiheuttamasta syönnistä puusto elpyy nopeammin, sillä niiden toukat syövät etupäässä vanhoja neulasia.

Pistiäistuhojen on myös havaittu rajoittavan puiden kasvua ja kilpailukykyä. Ruskomäntypistiäisen joukkoesiintymän jälkeen on mitattu männyn 20 %:n paksuus- kasvutappiot (Tiihonen, 1970) ja 33 %:n tilavuuskasvutappiot (Austarå ym., 1987). Tästä syystä puuston tilan parantaminen mäntypistiäistuhon jälkeen olisi erittäin tärkeää. Eräs näistä keinoista on lannoitus, joka lisää toipumisessa tarvittavia resursseja muuttamalla kasvupaikan ravinnetilaa. Lannoitus voi myös vaikuttaa puun vastustuskykyyn eli resistenssiin hyönteis- ja sienituhoille (Larsson ja Tenow, 1984).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on testata eri lannoituskäsittelyjen vaikutusta männyn toipumiseen mäntypistiäisten aiheuttamasta neulastuhosta. Tutkimuksen toteuttaminen osoittautui mahdolliseksi Harjavallassa vuoden 1989 pilkkumäntypistiäisen joukkoesiintymän jälkeen, jolloin osa puista syötiin lähes neulasettomiksi. Tässä työssä erityisesti mielenkiinnon kohteena on tarkastella neulastuhon voimakkuuden merkitystä toipumisprosessissa ja lannoituksen vaikutusta männyn kasvinsyöjä- eli herbivorire-sistenssiin.

## Aineisto ja menetelmät

### Koealue ja koepuut

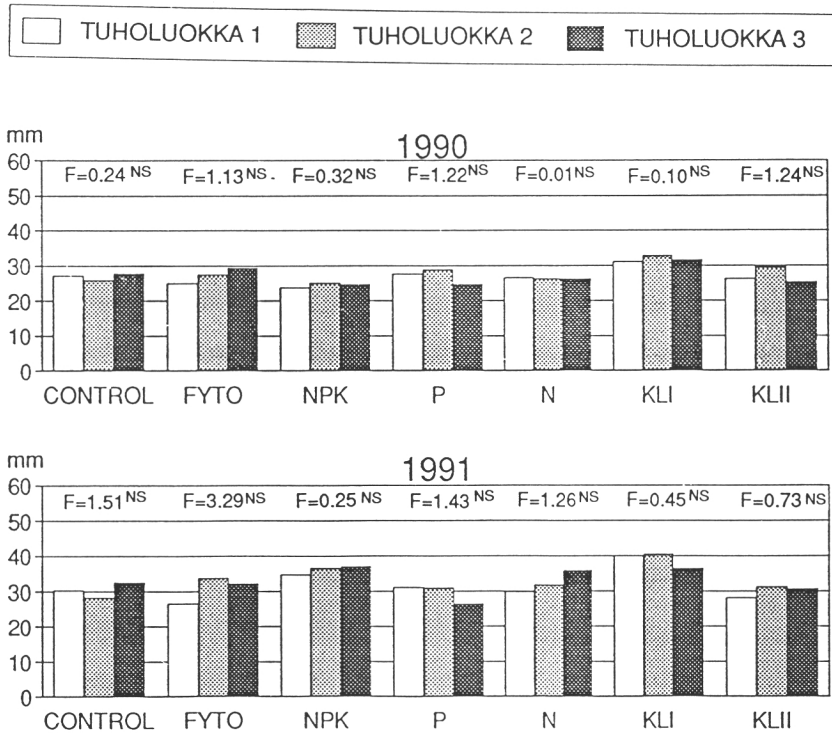
Tutkimus toteutettiin Harjavallassa (61°20' N, 22°10' E) vuosien 1990-1992 aikana. Koealue sijaitsee ns. Urheilupuistossa, jonka kenttäkerroksessa on vallitsevana kuivan kankaan kasvilajisto (esim. kanerva, juolukka, puolukka ja jäkälät) ja puusto on varttunutta männikköä. Tuhoalueelta valittiin keväällä 1990 210 koepuuta, jotka sijaitsevat noin 5-10 m:n etäisyydellä toisistaan. Puut edustivat kolmea tuholuokkaa pistiäisten kulluttaman neulasbiomassan perusteella: 1) vaurioitumattomat, 2) noin 50 %:n neulasvaurio ja 3) voimakas neulasvaurio. Koepuut muodostivat kolmen läheisen puun ryhmiiä, joissa kukin puu kuului eri tuholuokkaan. Tämän jälkeen nämä ryhmät arvottiin seitsemään eri lannoitekäsittelyyn, jolloin kussakin erillisessä käsittelyryhmässä oli 10 mäntyä. Lannoituskäsittelyt, jotka tehtiin puukohtaisesti kolmen puun ryhmille touko-kuussa 1990, olivat seuraavat: 1) lannoittamaton, 2) typpi, 3) fosfori, 4) NPK, 5) Fyto-2H, 6) kunnostuslannoitus I ja 7) kunnostuslannoitus II. Fyto-2H on Biofutura Oy:n kehittämä lääkitelannoite, jolla pyritään torjumaan mm. hapansateiden ja ravinnetilahiiriöiden puustolle aiheuttamia vaurioita. Kunnostuslannoite I ja II ovat Kemira Oy:n tuotteita, joiden hidasaikuteisilla ravinteilla pyritään vähentämään metsämaan happamuutta pitkän ajan kuluessa. Kunnostuslannoite I sisältää typpeä, mikä puuttuu kunnostuslannoite II:sta.

Puiden toipumista on seurattu vuosien 1990-1992 aikana loppukesällä haettujen oksanäytteiden avulla. Kunkin koepuun uusimpien vuosikasvainten pääversoista mitattiin satunnaisesti 20:n verson ja neulasen pituus sekä määritettiin 20:n neulasen kuivapaino. Uusimmasta neulasvuosikerrasta analysoitiin ravinteet (C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Mo ja Ni) Halosen ym. (1983) esikäsittelyohjeiden mukaan ja pitoisuudet määritettiin ICP-plasmaemissiospektrometrillä sekä CHN-analysaattorilla. Neulasten tärkkelyspitoisuus on mitattu spektrofotometrisesti ja liukoiset sokerit HPLC-analysaattorilla. Tuloksista esitetään versojen ja neulasten pituus, neulasten hiili/typpi -suhde ja hiili- ja tärkkelyspitoisuus, jotka testattiin 1-suuntaisella varianssianalyysillä.

### Hyönteismateriaali

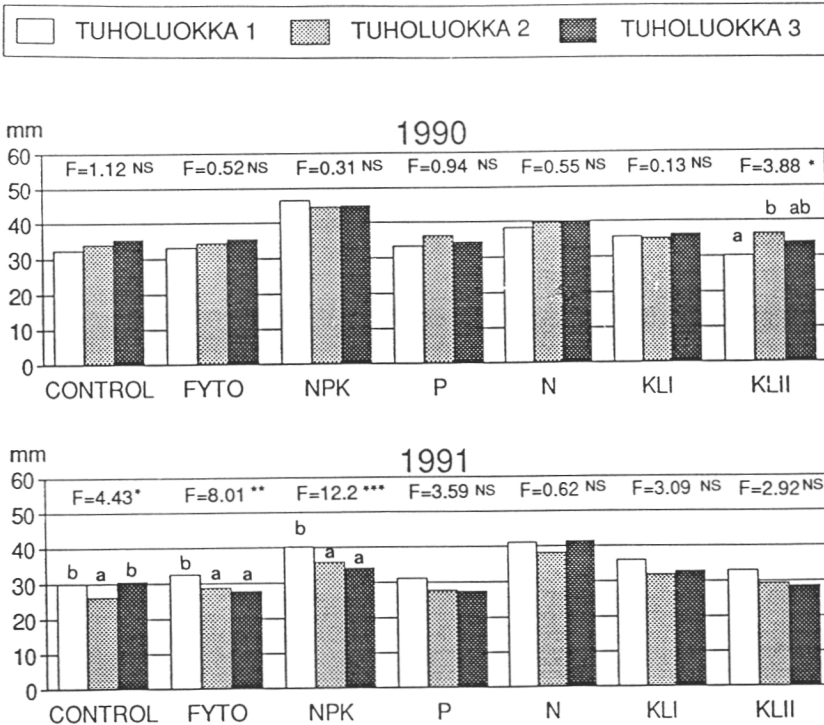
Lannoituksen vaikutusta puiden herbivori-resistenssiin selvitettiin vuonna 1992 kasvatamalla kolmen mäntypistiäislajin (Hymenoptera, Diprionidae) (rusko-, pilkku- ja kalvasmäntypistiäinen (*Gilpinia pallida* Klug)) toukkia sekä munittamalla kahta lajia (rusko- ja pilkkumäntypistiäinen) koepuista haetuilla oksilla. Toukkamateriaali kerättiin maastosta Etelä-Suomesta aikaisempina vuosina ja kasvatettiin laboratoriossa.

Kasvatuskokeisiin arvottiin puolet (N=105) kaikista koepuista, jolloin kutakin käsittelyryhmää edusti viisi puuta. Jokaista puuta kohti kasvatettiin yksi toukkaryhmä (N=10). Kokeet aloitettiin vastakuoriutuneilla toukilla, jotka kasvatettiin kustakin koepuusta viikoittain haetuilla oksilla. Koetoukat punnittiin kasvatuksen alussa ryhmänä ja kahden viikon kuluttua yksilöittäin, jolloin suhteellinen kasvunopeus voitiin määrittää alku- ja loppupunnitusten avulla. Lisäksi laskettiin kunkin ryhmän kuolleisuus. Tulokset testattiin 1-suuntaisella varianssianalyysillä.



Kuva 1. Mäntyjen uusimpien versojen pituuksien keskiarvot (N=10) eri lannoituskäsittelyissä ja tuholuokissa. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50 %:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. F = varianssianalyysin F-arvo, NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

Muninta-aktiiviteettikokeisiin arvottiin seitsemän koepuuta (N=42) kolmesta eri lannoituskäsittelystä (kontrolli, tyyppi ja kunnostuslannoitus I), sekä kahdesta tuholuokasta (vaurioitumaton ja voimakas vaurio). Harjavallasta viikoittain haetut oksat asetettiin muovilaatikoihin satunnaiseen järjestykseen. Kokeet aloitettiin päivän valoisimpana aikana vastakuoriutuneilla naarailla, jotka sijoitettiin yksittäin kuhunkin koelaatikkoon. Jokaisella 49 naaraalla oli valittavana kuusi vaihtoehtoa (kolme lannoituskäsittelyä kahdessa eri tuholuokassa). Jokainen valintatesti kesti kymmenen vuorokautta. Naaraan munimispreferenssiä tarkasteltiin lannoituskäsittelyn, tuholuokan, neulasvuosikerran, munamäärien/oksa, munamäärien/neulanen ja munimatta jääneiden munien/naaras pohjalta. Esitettävät tulokset lannoituskäsittelyjen ja tuholuokkien puiden valinnoista testattiin Kruskal-Wallis testillä.



Kuva 2. Mäntyjen uusimman neulasvuosikerran neulasten pituuksien keskiarvot (N=10) eri lannoituskäsittelyissä ja tuholuokissa. Keskiarvot ilman kirjaimia tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) toisistaan; Student-Newman-Keuls -testi. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50 %:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. F = varianssianalyysin F-arvo, \*\*\*= $p < 0.001$ , \*\*= $p < 0.01$ , \*= $p < 0.05$ , NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

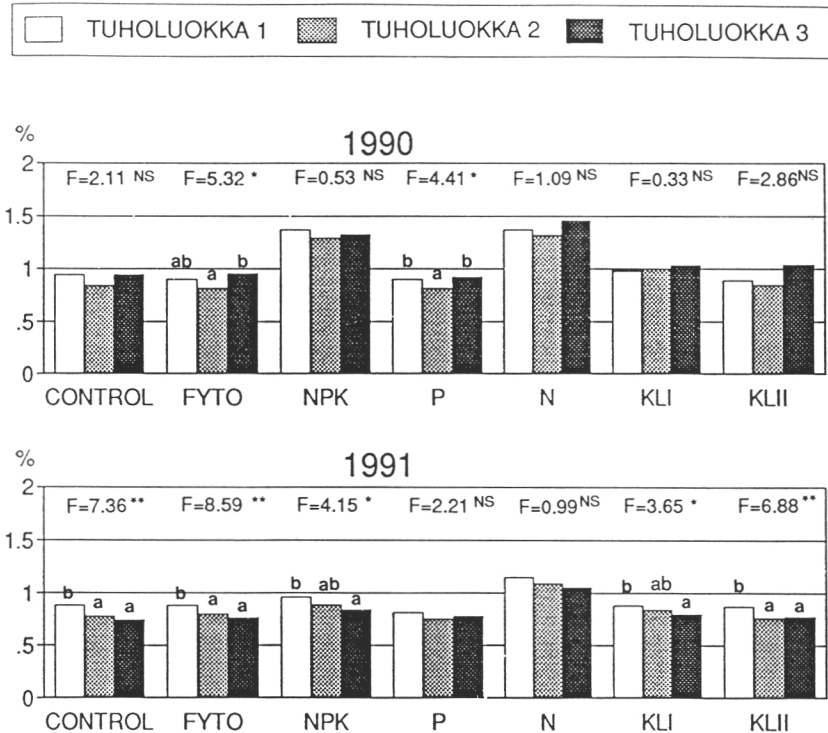
## Tulokset

### Muutokset koepuissa

Lannoituskäsittelyt lisäsivät verson pituuskasvua vuonna 1991, mutta ei lannoitusvuonna 1990 (kuva 1). Versojen pituudet erosivat merkitsevästi eri lannoituskäsittelyissä (1990:  $F=3.25$ ,  $p < 0.01$ ; 1991:  $F=6.71$ ,  $p < 0.001$ ). Lannoituskäsittelyjen tuholuokkien välillä ei kuitenkaan esiintynyt tilastollisesti merkitseviä eroja vauriota seuranneina vuosina. Lannoituskäsittelyt vaikuttivat myös neulasten pituuskasvua lisäävästi (kuva 2) heti lannoitusvuonna 1990, mutta vuonna 1991 pituuskasvu oli pienempi. Neulasten pituudet erosivat merkitsevästi eri lannoituskäsittelyissä (1990:  $F=20.93$ ,  $p < 0.001$ ; 1991  $F=33.67$ ,



$p < 0.001$ ). Voimakkain vaikutus sekä neulasten että versojen kasvuun oli N- ja NPK-lannoitteella sekä kunnostuslannoitus I:llä. Neulasten pituudet tuholuokittain erosivat vuoden 1990 neulaskerrassa toisistaan vain kunnostuslannoitus II:lla käsitellyissä puissa, jolloin tuholuokan 2 puille kasvoivat kookkaimmat neulaset. Sitä vastoin, vuoden 1991 neulasten pituuskasvu oli suurin vaurioitumattomilla männillä.

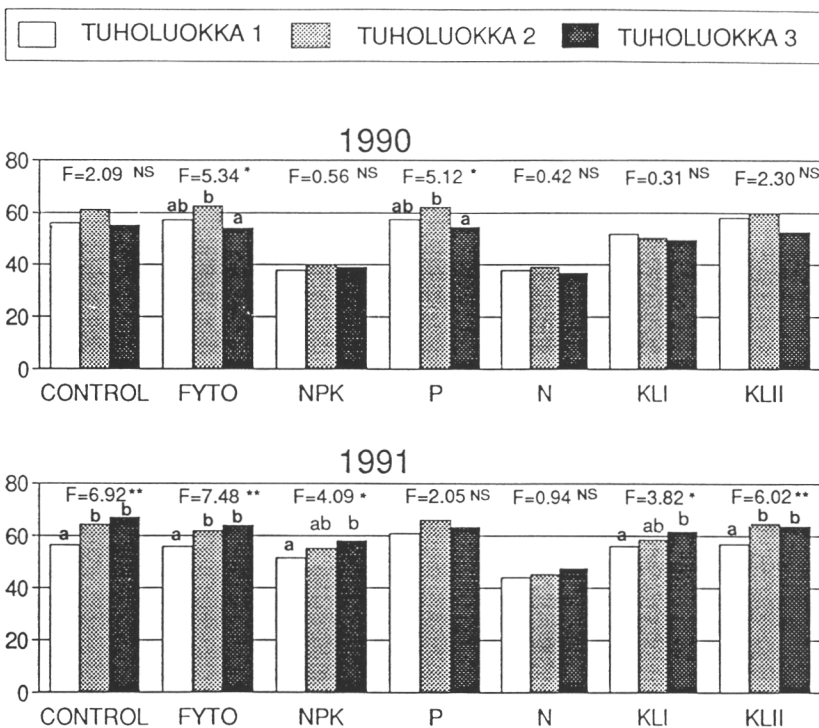


Kuva 3. Mäntyjen uusimman neulasvuosikerran typpipitoisuuksien keskiarvot (N=10) eri lannoituskäsittelyissä ja tuholuokissa. Keskiarvot ilman kirjainta tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) toisistaan; Student-Newman-Keuls -testi. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50%:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. F = varianssianalyysin F-arvo, \*\*\*= $p < 0.001$ , \*\*= $p < 0.01$ , \*= $p < 0.05$ , NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

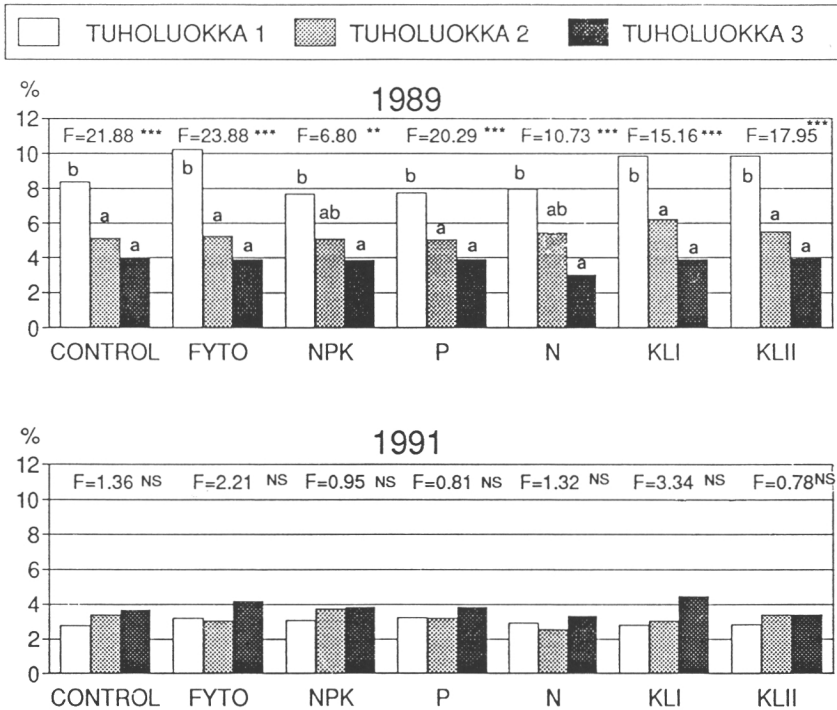
Neulasten typpipitoisuudet (kuva 3) olivat korkeimmat molempina vuosina N- ja NPK-lannoitekäsittelyissä. Typpipitoisuudet poikkesivat merkitsevästi eri lannoituskäsittelyjen välillä (1990:  $F = 62.24$ ,  $p < 0.001$ ; 1991:  $F = 43.95$ ,  $p < 0.001$ ). Vuonna 1990 tuholuokat erosivat vain Fyto-2H- ja fosforikäsittelyissä, jolloin typpipitoisuus oli alhaisin noin 50 %:n neulasvauriossa. Vuonna 1991 vaurioituneiden mäntyjen neulasten tyypin määrät laskivat merkitsevästi alhaisemmiksi kuin kontrollipuiden pitoisuudet. Neulasten hiili/typpi- suhde (kuva 4) oli käänteinen neulasten typpipitoisuudelle. Korkeimmiksi hiili/typpi- suhteet nousivat Fyto-2H-, fosfori- ja kunnostuslannoitus II:n käsittelyissä

sekä kontrollissa (1990:  $F=65.54$ ,  $p<0.001$ ; 1991:  $F=38.51$ ,  $p<0.001$ ). Ainoat tuholuokkien väliset erot vuonna 1990 esiintyivät Fyto-2H- ja fosforilannoitekäsittelyissä, jolloin voimakkaasti vaurioituneilla puilla suhde oli alhaisin. Vuoden 1991 neulasissa suhde oli merkittävästi suurempi vaurioituneilla puilla.

Neulasvaurio alensi merkittävästi tärkkelyksen määrää (kuva 5) vuoden 1989 neulasvuosikerrassa ( $F=102.93$ ,  $p<0.001$ ). Vuonna 1991 tuholuokkien väliset erot eivät näkyneet eri lannoitusryhmissä, mutta tuholuokittain tarkasteltuna (käsittelyt yhdistettyinä) pitoisuudet olivat merkittävästi korkeammat voimakkaasti vaurioituneilla puilla ( $F=8.13$ ,  $p<0.001$ ). Vuoden 1990 neulasvuosikerran pitoisuudet puuttuvat myöhäisen näytteenottoajankohdan vuoksi.



Kuva 4. Mäntyjen uusimman neulasvuosikerran hiilipitoisuuden suhde typpipitoisuuteen keskiarvoina ilmaistuna ( $N=10$ ) eri lannoituskäsittelyissä ja vaurioluokissa. Keskiarvot ilman kirjaimia tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkittävästi ( $p<0.05$ ) toisistaan; Student-Newman-Keuls -testi. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50 %:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. F = varianssianalyysin F-arvo, \*\*= $p<0.01$ , \*= $p<0.05$ , NS = ei tilastollista merkittävyyttä.



Kuva 5. Mäntyjen uusimman neulasvuosikerran tärkkelyspitoisuuksien keskiarvot (N=10) eri lannoituskäsittelyissä ja tuholuokissa. Keskiarvot ilman kirjaimia tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) toisistaan; Student-Newman-Keuls -testi. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50 %:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. F = varianssianalyysin F-arvo, \*\*\*= $p < 0.001$ , \*\*= $p < 0.01$ , NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

## Biotestit

Rusko- ja kalvasmäntypistiäisen toukkien kasvatuksissa ei esiintynyt merkitseviä eroja lannoituskäsittelyjen eikä tuholuokkien välillä. Pilkkumäntypistiäisen suhteellinen kasvunopeus saavutti suurimmat arvonsa N- lannoitetuilla männyillä, kun taas kontrollipuilla kasvunopeus jäi alhaisimmaksi (Taulukko 1). Erot kaksiviikkoisten toukkien painoissa olivat samansuuntaiset kuin suhteellisissa kasvunopeuksissa, mutta tilastollisesti erot jäivät juuri merkitsevän riskitason alapuolelle. Pistiäistoukkien kuolleisuus osoittautui lievästi suuremmaksi N- ja P- lannoitteilla ja kunnostuslannoitus I:llä käsitellyillä puilla. Toukkien menestyminen oli heikointa voimakkaimman neulasmenetyksen kokeneilla puilla.

Pilkkumäntypistiäisen naaraat munivat selvästi eniten pelkällä tyypellä lannoitetuista männyistä otettuihin oksiin (Taulukko 2), mutta myös kunnostuslannoitus I:n valintojen määrät poikkesivat kontrollista. Ruskomäntypistiäisellä valintojen määrien erot eivät

olleet niin suuret. Pilkkumäntypistiäisen naaraat munivat hiukan enemmän voimakkaan neulastuhon kohteeksi joutuneiden puiden oksiin, mutta ruskomäntypistiäinen vältti voimakasta neulastuhoa tilastollisesti merkitsevästi. Kummallakaan lajilla munaryhmien koot eivät poikenneet eri käsittelyjen välillä.

Taulukko 1. Pilkkumäntypistiäiskasvatusten muuttujien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet vuonna 1992 eri lannoituskäsittelyissä (N=15) ja tuholuokissa (N=35). Keskiarvot ilman kirjaimia tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) toisistaan; Student-Newman-Keuls -testi. KL I = kunnostuslannoitus I, KL II = kunnostuslannoitus II. Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 2) noin 50 %:n neulasvaurio, 3) voimakas neulasvaurio. F = varianssianalyysin F-arvo, \*= $p < 0.05$ , NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

Käsittely	Toukkipaino (mg)		Suhteellinen kasvunopeus (mg/(mg*d))		Kuolleisuus (%)	
	x	SE	x	SE	x	SE
Lannoitus						
Kontrolli	57.50	3.84	0.197 <sup>a</sup>	0.002	4.67	1.65
N	74.66	3.01	0.214 <sup>b</sup>	0.004	14.00	2.55
P	60.34	3.04	0.205 <sup>ab</sup>	0.003	12.67	2.67
NPK	66.83	4.29	0.205 <sup>ab</sup>	0.003	9.33	3.31
Fyto-2H	65.64	4.62	0.203 <sup>ab</sup>	0.003	6.67	2.11
KL I	64.26	4.23	0.205 <sup>ab</sup>	0.004	11.33	2.74
KL II	60.08	3.82	0.205 <sup>ab</sup>	0.004	7.33	1.53
F		2.16 NS	2.57*		1.96 NS	
Vaurio						
Tuholuokka 1	69.01 <sup>b</sup>	2.49	0.208	0.002	9.43	1.64
Tuholuokka 2	63.56 <sup>ab</sup>	2.65	0.202	0.002	9.71	1.76
Tuholuokka 3	59.99 <sup>a</sup>	2.58	0.205	0.002	9.14	1.55
F		3.11*	1.43 NS		0.03 NS	

## Tulosten tarkastelu

Loppukesän neulastuhon ja varsinkin uusimman neulasvuosikerran menetyksen on havaittu olevan haitallista männyn kasvuille (Ericsson ym., 1980a,b), koska fotosynteesin tuotanto alenee menetetyneen neulaspinna-alkan vuoksi. Harjavallan koepuiden versojen kasvu ei taantunut neulastuhon jälkeen, vaan lievää kasvun lisäystä esiintyi vaurioituneissa puissa. Versojen ja neulasten pituudet lisääntyivät tyypeä sisältäneiden lannoitteiden käsittelyissä (NPK, N ja kunnostuslannoitus I), mikä tukee aikaisempia havaintoja. Havupuille on edullista kasvattaa heti neulastuhon jälkeen uutta fotosynteesisolukkoa kanavoimalla vähäisiä resursseja neulasten kasvuun, jolloin toipuminen nopeutuu (Ericsson ym., 1980b; Piene ja Percy, 1984).

Havupuiden ravinnepitoisuuksien, varsinkin typen, on havaittu kohonneen neulastuhon jälkeen syntyneissä neulasissa lannoituksesta riippumatta (Piene, 1980; Piene ja Percy, 1984). Lisääntynyt ravinnepitoisuus voi johtua parantuneesta juuri/verso- suhteesta, jos neulasvaurio ei heti vaikuta juurten ravinteidenottoon. Ravinnepitoisuuden ko-

hoamisen on todettu olevan suoraan verrannollinen menetettyjen neulasten määrään (Cook ym., 1978), mikä piti paikkansa typen osalta myös Harjavallan neulasnäytteissä. Vaikutus tosin oli lyhytaikainen, sillä vuoden 1991 neulasten tyyppipitoisuudet laskivat vaurioituneissa puissa.

Taulukko 2. Mäntypistiäisnaaraiden munimispreferenssin keskiarvot, keskiarvon keskivirheet ja järjestyslukusummat eri lannoituskäsittelyissä (N=7) ja tuholuokissa (N=7). Keskiarvot ilman kirjaimia tai saman kirjaimen kanssa eivät eroa merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) toisistaan; ei-parametrinen Tukey-tyyppinen monivertailu. KL I = kunnostuslannoitus I, Tuholuokat: 1) vaurioitumaton, 3) voimakas neulasvaurio. H = Kruskal-Wallis -testin H-arvo, \*\*\*= $p < 0.001$ , \*\*= $p < 0.01$ , NS = ei tilastollista merkitsevyyttä.

Käsittely		Pilkumäntypistiäinen Valintojen määrä			Ruskomäntypistiäinen Valintojen määrä		
		x	SE	Järjestysluku- summat	x	SE	Järjestysluku- summat
Lannoitus	Kontrolli	1.00	0.22	29.0 <sup>a</sup>	3.14	0.67	87.0
	N	5.43	0.69	114.0 <sup>b</sup>	3.14	0.71	86.5
	KL	3.57	0.48	88.0 <sup>b</sup>	2.00	0.76	57.5
	H			14.66 <sup>***</sup>			2.17 NS
Vaurio	Tuholuokka 1	4.43	0.75	45.0	6.00	0.87	72.5 <sup>b</sup>
	Tuholuokka 3	5.57	0.87	60.0	2.57	0.61	32.5 <sup>a</sup>
	H			0.95 NS			6.62 <sup>**</sup>

Neulasten hiili/typpi- suhde oli käänteinen tyyppipitoisuuteen nähden, osoittaen hiilipitoisuuden nousua vaurioituneiden puiden neulasissa kaksi vuotta neulastuhon jälkeen. Hiilen määrä oli korkein lannoitekäsittelyissä, joissa typen osuus lannoitekoostumuksesta oli alhainen (esim. Fyto-2H, P ja kunnostuslannoitus II). Hiili/ravinne -tasapainoteorian (Bryant ym., 1983) mukaan kasvupaikan hyvä ravinnetila (esim. lannoituksen kautta) johtaa runsaaseen kasvuun, mutta toisaalta alentuneisiin hiilihydraattivarastoihin. Käytettävissä oleva hiili ohjautuu kasvuun, mikä vähentää hiiltä sisältävien puolustusyhdisteiden tuotantoa. Ilmeisesti neulasten voimakas pituuskasvu vuonna 1990 ilmensi kasvun osuutta puun kokonaisresurssien käytöstä. Toisaalta ei voida olla varmoja, mikä osa hiilihydraattien kokonaismäärästä kuvastaa hiilipohjaisia sekundaariyhdisteitä ja mikä taas hyönteisille edullisia hiiliyhdisteitä, kuten esim. sokereita.

Tärgkelys on havupuilla hiilihydraattien päävarasto (Little, 1970) ja sen pitoisuuden on osoitettu kuvaavan hyvin puiden energiatilannetta (Webb, 1981). Neulasten tärgkelyspitoisuus alenee varsinkin loppukesällä tapahtuneen neulasmenetyksen seurauksena (Ericsson ym., 1980a,b; Piene ja Percy, 1984), mikä näkyi erittäin selvästi vuoden 1989 neulasvuosikerrassa välittömästi neulasvaurion jälkeen. Vuoden 1991 neulasissa ei ollut eroja lannoituskäsittelyjen välillä, mutta kaikkien koepuiden vertailu osoitti vaurioituneiden puiden sisältävän merkitsevästi korkeammat tärgkelyspitoisuudet. Nämä pitoisuudet saattavat johtua lisääntyneestä fotosynteesistä neulastuhon jälkeen, jolloin puut yrittävät kompensoida vaurion vaikutuksen.

Kasvinsyöjähyönteisten menestymisen on havaittu usein olevan riippuvainen korkeasta typpi-, fosfori- ja vesipitoisuudesta (Leather ym., 1987; Mattson ym., 1991). Har-

javallan kokeissa pilkkumäntypistiäisen toukat kasvoivat merkittävästi nopeammin tyypellä lannoitetuilla puilla, mikä tukee aikaisempia havaintoja (Shaw ym., 1978; Popp ym., 1986). Neulasvaurio alensi toukkapainoja, mikä johtunee neulasten alentuneesta tyypipitoisuudesta ja/tai vaurion seurauksena kohonneista ns. puolustusyhdisteistä, kuten esim. terpeeneistä. Kasvin hiilipohjaisten resistenssiyhdisteiden on ajateltu olevan suoraan riippuvia kasvin hiili/ravinne -tasapainosta (Bryant ym., 1983; Tuomi ym., 1988), mihin viittaisivat koepuiden kohonneet hiili/typpi -suhteet. Toukkien kuolleisuus oli hieman suurempaa tyypellä, fosforilla ja kunnostuslannoitus I:llä lannoitetuilla puilla, vaikka myös kasvu oli paras näiden ryhmien toukilla. Ilmeisesti ravinnon laadulle herkät nuoret toukat kokivat suurempaa kuolleisuutta aivan kasvatusten alussa näissä käsittelyissä, mutta tietyn kriittisen vaiheen ohitettuaan kykenivät paremmin hyödyntämään ravintoaan. Lannoituskäsittelyillä onkin arveltu olevan vähän merkitystä puun tuholaisresistenssin muutosissa, sillä positiivisesti vaikuttavan tyypin ja negatiivisesti vaikuttavien hartsihappojen pitoisuuksien on havaittu nousevan yhdenmukaisesti käsittelyjen jälkeen (Björkman ym., 1991).

Kolmesta mäntypistiäislajista vain yksi reagoi ravintonsa laatuun. Ilmeisesti jokin tekijä neulasten kemiallisissa tai morfologisissa ominaisuuksissa muuttui kasvukauden aikana siinä määrin, että loppukesällä vaikutus näkyi pilkkumäntypistiäisen menestymisessä (kts. Niemelä ym., 1982). Lajien välillä voi lisäksi esiintyä luontaisia herkkyseroja ravintonsa laatuun nähden (Hanski, 1987).

Kasvinsyöjähyönteisten naaraiden munintapaikan valinta voi olla erittäin tärkeä jälkeläisten menestymisen kannalta. Neulasten muoto ja koko voivat vaikuttaa isäntäkasvin valintaan, sitkeys ja karkeus taas munimistaapahtuman onnistumiseen (Olofsson, 1989). Neulasten morfologisten ominaisuuksien lisäksi myös kemiallinen koostumus saattaa houkuttaa naaraita (Leather ym., 1987). Pilkkumäntypistiäisen munituskokeet osoittivat, että naaraat kykenivät valitsemaan optimaalisesti jälkeläistensä kannalta. Lajin naaraat munivat eniten tyypellä lannoitettujen puiden oksiin, joissa toukkien kasvu oli parasta. Kunnostuslannoitus I:n puiden valinta poikkesi myös merkittävästi kontrollista, ilmeisesti sisältämänsä tyypin vuoksi. Lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet ruskomäntypistiäisen valintaan, mutta laji vältti voimakkaasti vaurioituneita puita. Samansuuntaista käyttäytymistä on havaittu aikaisemmin esim. kontortamännyn (*Pinus contorta* D.) neulasia syöväällä mänty-yökkösellä (*Panolis flammea* D. & S.) monoterpeenipitoisuuksien muutosten johdosta (Leather ym., 1987).

## Lopuksi

Harjavallan lannoituskokeiden perusteella voidaan päätellä, että puusto toipui mäntypistiäistuhosta nopeammin tiettyjen lannoitekäsittelyjen jälkeen (esim. N, NPK ja kunnostuslannoitus I), jotka parhaiten vaikuttivat tuhonjälkeiseen kasvunlisäykseen. Lannoituskäsittelyt eivät ratkaisevasti muuttaneet alttiutta uusille neulastuhoille, sillä vain yhden lajin toukat menestyivät hieman paremmin lannoitetuilla puilla. Tyypilannoitus oli ainoa käsittely, jolla sekä pistiäisten kasvunopeus että munimispreferenssi olivat merkittävästi suurempia kuin kontrollipuilla.

## Kirjallisuus

- Austarå, Ö., Orlund, A., Svendsrud, A. & Veidahl, A. 1987. Growth loss and economic consequences following two years defoliation of *Pinus sylvestris* by the pine sawfly *Neodiprion sertifer* in West-Norway. *Scand. J. For. Res.* 2: 111-119.
- Björkman, C., Larsson, S. & Gref, R. 1991. Effects of nitrogen fertilization on pine needle chemistry and sawfly performance. *Oecologia* 86: 202-209.
- Bryant, J. P., Chapin, F.S., III & Klein, D.R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357-368.
- Cook, J.L., Housewearth, M.W., Kulman, H.M. & Thompson, L.C. 1978. Foliar mineral differences related to sawfly defoliation of white spruce. *Environ. Entomol.* 7: 780-781.
- Ericsson, A., Hellkvist, J., Hillerdal-Hagströmer, K., Larsson, S., Mattson-Djos, E. & Tenow, O. 1980a. Consumption and pine growth - hypotheses on effects on growth processes by needle-eating insects. In: *Structure and Function of Northern Coniferous Forests. An Ecosystem Study.* (ed. T. Persson). *Ecol. Bull.* 32: 537-545.
- Ericsson, A., Larsson, S. & Tenow, O. 1980b. Effects of early and late season defoliation on growth and carbohydrate dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *J. Appl. Ecol.* 17: 747-769.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121: 1-28.
- Hanski, I. 1987. Pine sawfly population dynamics: patterns, processes, problems. *Oikos* 50: 327-335.
- Juutinen, P. & Varama, M. 1986. Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966-83. Summary: Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966-83. *Folia Forestalia* 662, 39 s.
- Larsson, S. & Tenow, O. 1984. Areal distribution of a *Neodiprion sertifer* (Hym., Diprionidae) outbreak on a Scots pine as related to stand condition. *Holarct. Ecol.* 7: 81-90.
- Leather, S.R., Watt, A.D. & Forrest, G.I. 1987. Insect-induced changes in young lodgepole pine (*Pinus contorta*): the effect of previous defoliation on oviposition, growth and survival of the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Ecol. Entomol.* 12: 275-281.
- Little, C.H.A. 1970. Seasonal changes in carbohydrate and moisture content in needles of balsam fir (*Abies balsamea*). *Can. J. Bot.* 48: 2021-2028.
- Mattson, W.J., Haack, R.A., Lawrence, R.K. & Slocum, S.S. 1991. Considering the nutritional ecology of the spruce budworm in its management. *For. Ecol. Manag.* 39: 183-210.
- Niemelä, P., Mannila, R. & Mäntsälä, P. 1982. Deterrent in Scots pine, *Pinus sylvestris*, influencing feeding behaviour of the larvae of *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera, Diprionidae). *Ann. Rev. Fenn.* 48: 57-59.
- Olofsson, E. 1989. Oviposition behaviour and host selection in *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Hym., Diprionidae). *J. Appl. Ent.* 107: 357-364.
- Piene, H. 1980. Effects of insect defoliation on growth and foliar nutrients of young balsam fir. *For. Sci.* 26: 665-673.
- Piene, H. & Percy, E. 1984. Changes in needle morphology, anatomy, and mineral content during the recovery of protected balsam fir trees initially defoliated by the spruce budworm. *Can. J. For. Res.* 14: 238-245.
- Popp, M.P., Kulman, H.M. & White, E.H. 1986. The effect of nitrogen fertilization of white spruce (*Picea clauca*) on the yellow-headed spruce sawfly (*Piconema alaskensis*). *Can. J. For. Res.* 16: 832-835.
- Schwenke, W. (ed.) 1982. *Die Forstschädlinge Europas. Bd. 4: Hautflügler und Zweiflügler.* Parey, Hamburg, Berlin.
- Shaw, G.G., Little, C.H.A. & Durzan, D.J. 1978. Effect of fertilization of balsam fir trees on spruce budworm nutrition and development. *Can. J. For. Res.* 8: 364-374.
- Tiihonen, P. 1970. Über die Einwirkung des Schadfrassess der Roten Kiefernbuschhornblattwespe auf den Zuwachs der Kiefernbestände im südlichen Pohjanmaa, im nördlichen Satakunta und im westlichen Uusimaa in den Jahren 1960-67. *Commun. Inst. For. Fenn.* 71, 21 s.
- Tuomi, J., Niemelä, P., Chapin, F.S., Bryant, J.P. & Siren, S. 1988. Defensive responses of trees in relation to their carbon/nutrient balance. In: *Mechanism of Woody Plant Defenses against Insects: Search for Pattern.* (eds. W.J. Mattson, J. Lewieux and C. Bernard-Dagan), ss. 57-72. Springer Verlag, New York.

- Viitasaari, M. & Varama, M. 1987. Sahapistiäiset 4. Havupistiäiset (Diprionidae). Summary: Sawflies 4. Conifer sawflies (Diprionidae). University of Helsinki. Department of Agricultural and Forest Zoology. Reports 10, 79 s.
- Webb, W.L. 1981. Relation of starch content to conifer mortality and growth loss after defoliation by the Douglas-fir tussock moth. *For. Sci.* 27: 224-232.



## Puutavarapinot ja ytimennävertäjät

**Antti Pouttu**

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Laki metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta (263/91) on ollut voimassa toista vuotta. Lailla pyritään vähentämään metsätaloudellisten toimien ja luonnontuhojen kasvavalle metsälle aiheuttamia vahinkoja. Tärkeimpänä määräyksenä on puutavaran omistajan velvollisuus huolehtia, että tuore havupuutavara kuljetetaan metsästä ennen siinä sikiävien tuholaisten aikuistumista tai estetään muulla tavoin hyönteisten leviäminen. Maa- ja metsätalousministeriö on antanut määräyksiä (1397/91), joissa tarkennetaan poiskuljettamisen sijasta tehtäviä torjuntatoimia.

Mäntypuutavarassa lisääntyvät mm. ytimennävertäjä-nimiset kaarnakuoriaiset (*Tomicus piniperda*, *T. minor*), jotka aiheuttavat lisääntymispaikkansa lähistön männyille kasvatappioita. Kuusessa lisääntyvistä tuholaisista pystypuille vaarallisimmat ovat kirjainpajajat (*Ips* spp.) ja kuusentähtikirjaaja (*Pityogenes chalcographus*), jotka voivat tappaa elinvoimaisiakin puita.

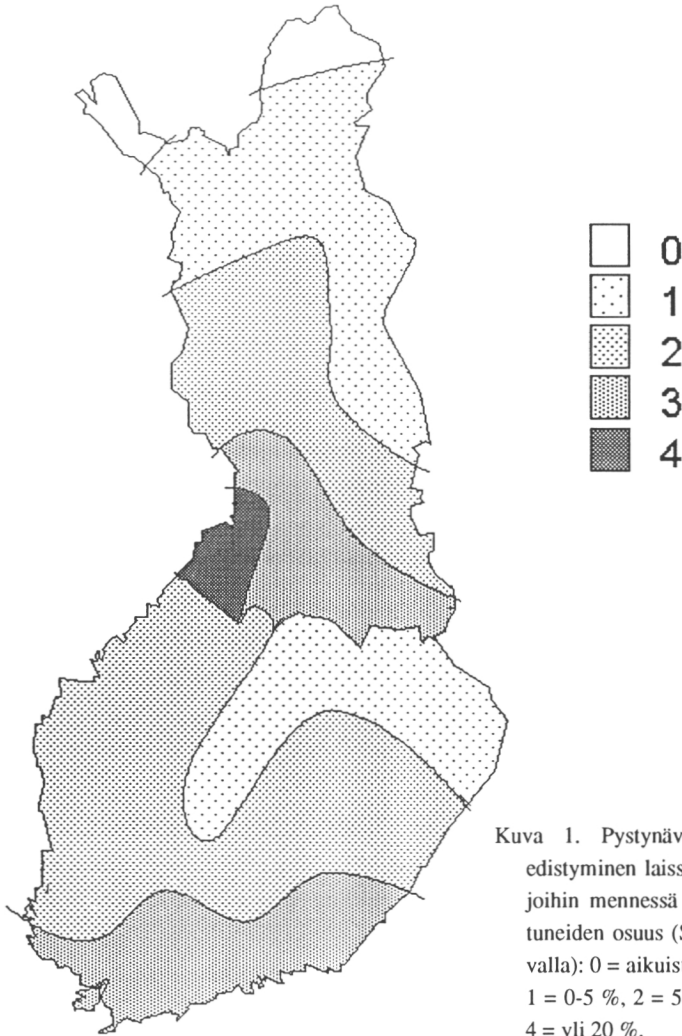
### Päivämäärät onnistuneita kompromisseja

Puutavarassa elävien hyönteisten biologia ja erityisesti fenologia on pyritty ottamaan huomioon määräyksiä laadittaessa. Tuholaisien kehitys on riipuvainen säästä, ja biologiselta kannalta olisikin edullista, jos määräyksissä rajat voitaisi antaa esimerkiksi tehoisan lämpösumman mukaan. Puunkuljetuksen järjestelyn kannalta tällaiset muuttuvat aikarajat ovat hankalia. Laissa onkin päädytty kiinteisiin päivämääriin: Etelä-Suomessa mäntypuutavara pitää olla kuljetettuna metsästä viimeistään heinäkuun ja kuusipuutavara elokuun ensimmäisenä päivänä. Oulun ja Lapin lääneissä takarajat ovat kaksi viikkoa myöhemmin.

Näiden kiinteiden päivämäärien sopivuutta ytimennävertäjien aikuistumisajankohtaan voidaan tarkastella vertaamalla lämpösumman kertymistä kylmänä ja lämpimänä kesänä. Vuonna 1991 alkukesä oli kylmä ja heinäkuun alussa lämpösumman kertyminen ja tuholaisien kehitys oli noin viikon jäljessä normaalista. Sen sijaan vuonna 1992 oltiin liki kaksi viikkoa edellä normaalista.

Pystynävertäjän kehityksestä puutavarassa on olemassa tehoisan lämpösummaan perustuva malli (Saarenmaa 1985, Z. ang. Ent. 99, s.233), jota käyttäen voidaan arvioida, että lämpimänä kesänä 1992 uusien aikuisten kuoriutuminen pinoista oli alkanut laajalti jo kesäkuun puolivälissä. Pystynävertäjistä ehti kuoriutua eteläisimmässä Suomessa ja Oulun läänin etelä- ja länsiosissa yli 10 % ennen takarajaa (kuva 1). Suurin osa puutavarasta pitäisi olla tuolloin kuitenkin jo kuljetettuna, joten suurta riskiä ei synny. Kylmänä kesänä 1991 ainoastaan kaakkoisimmassa Suomessa ehti nävertäjiä aikuistua ennen heinäkuun alkua.

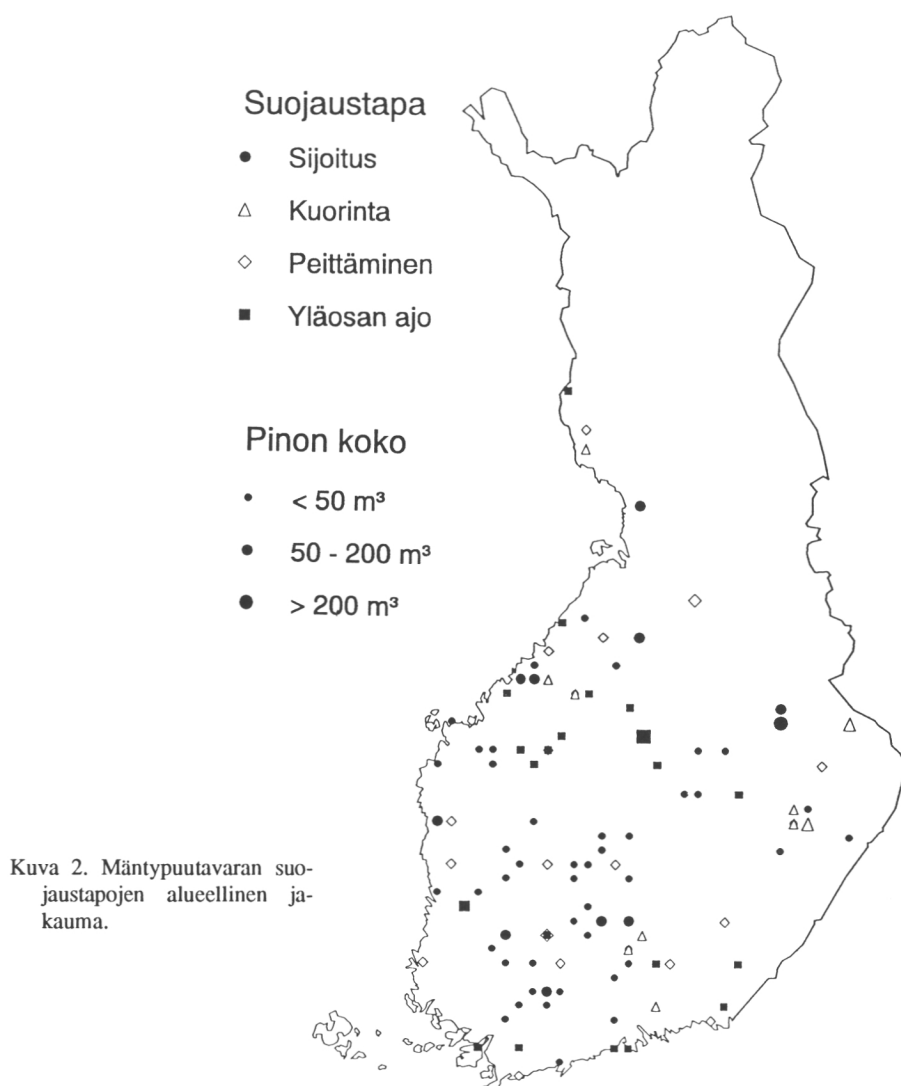
Puunkuljetuksen määräaikojen muuttamiseen ei siis ole tarvetta biologisin perustein suuntaan eikä toiseen, lukuun ottamatta ehkä Oulun läänin lounaisosaa, missä ennen takarajaa ehti aikuistua yli 20 % pystynävertäjistä.



Kuva 1. Pystynävertäjän aikuistumisen edistyminen laissa määrättyihin takarajoihin mennessä kesällä 1992. Aikuis-tuneiden osuus (Saarenmaan 1985 kaa-valla): 0 = aikuistuminen ei ole alkanut, 1 = 0-5 %, 2 = 5-10 %, 3 = 10-20 % ja 4 = yli 20 %.

### Puutavaran määrä metsässä

Metsäntutkimuslaitos, Metsäkeskus Tapio, Skogscentralen Skogskultur ja metsälau-takunnat tekivät kesällä 1992 selvityksen havupuutavaran välivarastoinnista teiden var-silla. Inventointi tehtiin kesäkuun lopulla systemaattisella otannalla siten, että sivultaan 2,5 km ruudut tarkastettiin Etelä-Suomessa 15 kilometrin ja pohjoisessa 20 kilometrin välein. Pohjois-Suomessa tarkastettiin vain yksityismaat. Tarkastettavaa aluetta oli yli 6.000 km<sup>2</sup>.



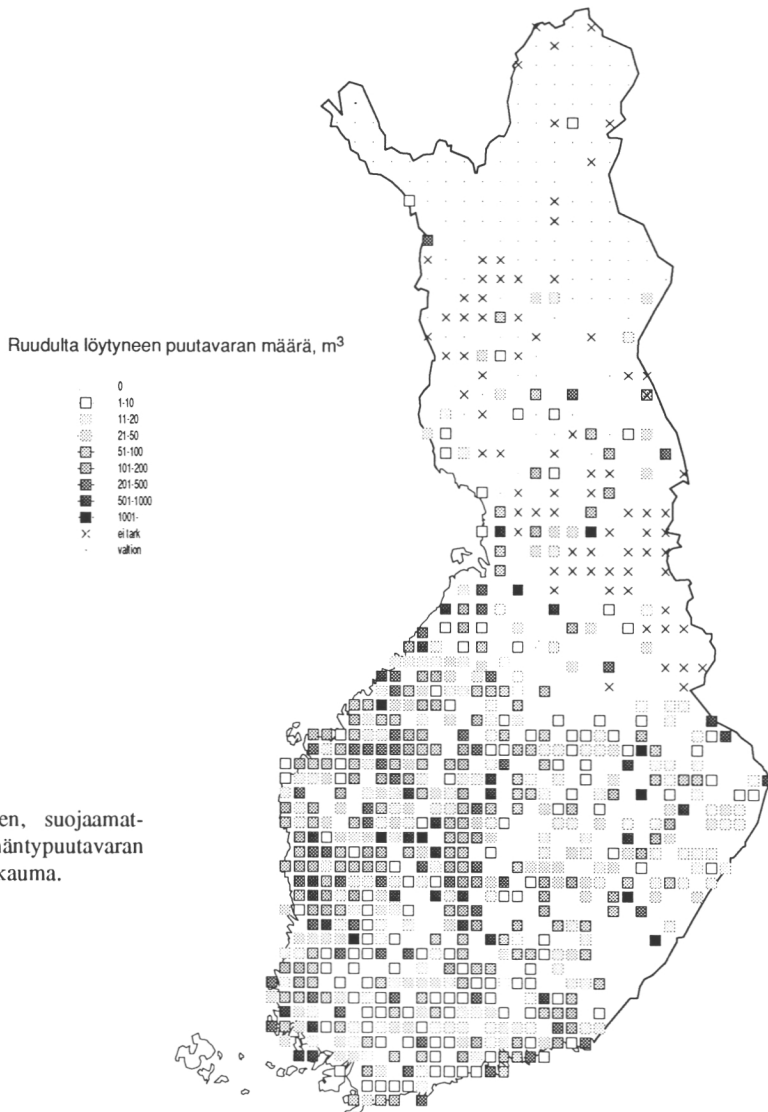
Kuva 2. Mäntyputavaran suojaustapojen alueellinen jakauma.

Selvityksen mukaan kesäkuun lopulla oli Etelä-Suomen metsissä havupuutavaraa 2,1 milj. m<sup>3</sup> ja Pohjois-Suomessa yksityismailla vastaavasti 0,8 milj. m<sup>3</sup>. Kuudennes Etelä-Suomen havupuutavarapinoista oli suojattu pääasiassa sijoittamalla pinot ministeriön määräysten edellyttämälle etäisyydelle kasvavasta saman lajisesta metsästä. Muita paikallisesti merkittäviä suojaustapoja olivat pinojen kuoriminen, peittäminen ja niiden yläosan kuljetus (kuva 2). Inventoinneissa löydettiin vain yksi kuusipino, joka oli suojattu torjunta-aineilla.

Lain mukaan pois kuljetettavaa tuoretta, suojaamatonta mäntyputavaraa oli metsissä Etelä-Suomessa 812.000 m<sup>3</sup> ja Pohjois-Suomen yksityismailla 346.000 m<sup>3</sup> (kuva 3). Inventoinnin jälkeen omistajille jäi aikaa etelässä keskimäärin seitsemän ja pohjoisessa 20 päivää kuljetuksiin, ennen kuin mäntyputavara olisi ollut lainvastaisesti varastoituna.

Vastaavasti kuusipuutavaran kuljetuksiin jäi Etelä-Suomessa runsas kuukausi ja Pohjois-Suomessa lähes kaksi kuukautta.

Puutavaraa on ollut kesällä metsässä varastoituna edelleen kohtalaisen paljon. Kehityksen suunta ja nopeus on kuitenkin ollut hyvä. Vastaavien selvitysten mukaan metsässä varastoidun mäntypinotavaran osuus hakkuista väheni vuodesta 1985 vuoteen 1988 yhdeksällä prosenttiyksiköllä ja siitä edelleen vuoteen 1992 viidellätoista prosenttiyksiköllä eli puolella (taulukko). Metsiin jäänyttä suojaamatonta mäntypuutavaraa kaudella 1991/92 hakatun puun määrästä oli Etelä-Suomessa 15 % ja Pohjois-Suomessa 30 %.



Kuva 3. Tuoreen, suojaamatoman mäntypuutavaran alueellinen jakauma.

Pinojen keskikoko on ollut melko pieni (24 m<sup>3</sup>) ja lukumääräisesti eniten metsiin oli jäänyt kahden kuutiometrin pinoja. Ytimennävertäjien lisääntyminen kuutiometriä kohti on tehokkainta pienissä pinoissa. Hyvin pienistä pinoista leviää ympäristöön niin vähän tuholaisia, että kasvatappiot peittyvät vuotuisen kasvunvaihtelun alle tai männyt pystyvät kompensoimaan ne. Isojen pinojen suojaaminen on kannattavampaa, sillä suojaamattomina ne keskittävät tuhot.

### **Hyvä suunnittelu avainasemassa**

Puutavaran metsävarastointi kaikkine ongelmineen voidaan parhaiten ratkaista optimoimalla puunhankinta. Jos puutavaran tarve, hakkuut, kuljetukset ja vaihtoehtoiset suojelutoimet sovitetaan yhteen, ei metsiin jää tuhovaaraa lisäävää puutavaraa, puutavaran laatu säilyy hyvänä eikä raha seiso pinoissa. Tämä edellyttää hyvää suhdan-nevainua, tiiviimpää suunnitteluyhteistyötä puun myyjien ja ostajien välillä, lisää tietoa tuholaisista, niiden aiheuttamista tuhoista ja torjunnasta sekä kaiken tarvittavan tiedon käsittelyyn ja hallintaan kehitettyjä välineitä.

Taulukko. Suojaamattomien mätntypinotavarapinojen määrät ja koko vuosina 1985, 1988 ja 1992. Pohjois-Suomessa on tarkistettu vain yksityismaat.

	Suojaamatonta mätntypinotavaraa			Suojaamattomat mätntypinot			keskikoko, m <sup>3</sup>					
	1000 m <sup>3</sup>			% hakkuista			kpl					
	1985	1988	1992	1985	1988	1992	1985	1988	1992			
1 Helsingfors	105	58	24	48	21	12	4100	2400	1800	26	24	13
2 Lounais-Suomi	119	169	34	47	58	19	4200	4400	1400	28	39	24
3 Satakunta		69	77		21	44		4400	2600		16	30
4 Uusimaa-Häme	28	40	17	15	16	8	1700	1700	997	17	24	17
5 Pirikka-Häme	84	93	48	27	29	16	4300	4400	2800	19	21	17
6 Iitä-Häme		46	24		17	9		2800	1200		17	20
7 Etelä-Savo	168	96	12	42	20	2	7100	4300	800	24	22	15
8 Etelä-Karjala		97	27		23	6		5200	1600		19	17
9 Iitä-Savo		152	46		44	12		4100	1000		37	44
10 Pohjois-Karjala	214	228	103	38	35	13	11300	7400	2600	19	31	40
11 Pohjois-Savo		142	46		31	10		5800	1200		29	40
12 Keski-Suomi	269	203	124	52	38	23	9400	7400	4700	21	27	26
13 Etelä-Pohjanmaa	150	96	122	32	22	29	7300	5200	5300		19	23
14 Österbotten		62	29		27	16		3000	1800		21	17
15 Keski-Pohjanmaa		178	47		47	17		4800	2600		37	18
1-15 Etelä-Suomi		1729	780		30	15		67300	32300		26	24
Vuoden 1985 tutkimusalue	1137	983	484	39			49400	37200	20500	23	26	24
16 Kainuu			45			21			1500			30
17 Pohjois-Pohjanmaa			206			45			3500			59
18 Koillis-Suomi			21			11			550			38
19 Lappi			65			23			800			80
16-19 Pohjois-Suomi			337			30			6400			53

## Juurikäävän torjunta

Kari Korhonen

Metsäntutkimuslaitos, Pl 18, 01301 Vantaa

### Juurikäpä

Artikkelin otsikko on oikeastaan hiukan yksinkertaistettu, tarkkaan ottaen sen pitäisi olla "Juurikäpien torjunta". Juurikäpää eli maannousemasientä ei nimittäin enää pidetä yhtenä sienilajina. Se on äskettäin pilkottu pienempiin osiin, joskaan näitä ei vielä ole kuvattu taksonomisina lajeina.

Euroopasta on löytynyt kolme geneettisesti erillistä juurikäpäryhmää. Ne ovat siinä määrin lähisukulaisia, että niiden luotettava määrittäminen edellyttää yleensä puhdasviljelmien eristämistä. Torjunnan kannalta on kuitenkin hyödyllistä tuntea ne, mm. siksi että ryhmillä on erilainen levinneisyys ja erilaiset vaatimukset isäntäkasvien suhteen. Tärkeimmän isäntäkasvin mukaan ryhmistä käytetään nimityksiä männynjuurikäpä, kuusenjuurikäpä ja pihdanjuurikäpä.

Männynjuurikäävällä on laajin valikoima isäntäkasveja. Tämä sieni esiintyy pääasiassa mäntymetsissä, joissa se aiheuttaa tyvitervastaudin. Mäntyjen ohella se tappaa sekapuuna kasvavia koivuja ja katajia. Mutta se voi esiintyä myös kuusikossa aiheuttaen kuusen tyvilahoa. Männynjuurikäävän levinneisyys käsittää koko Euroopan lukuunottamatta pohjoisimpia osia. Suomessa sitä tavataan jokseenkin kaikkialla maan eteläosissa. Esiintymisen selvä painopiste on kuitenkin Kaakkois-Suomessa, ja levinneisyyden tunnettu pohjoisraja on Pohjois-Savossa (kuva 1).

Kuusenjuurikäpä on erikoistunut kuusen lahottajaksi. Pientä tuhoa se pystyy aiheuttamaan myös männulle tappamalla nuoria taimia lahojen kuusenkantojen ympärillä. Vartuneet männyt ovat vastustuskykyisiä tämän juurikäpätyypin suhteen. Kuusenjuurikäpä näyttää esiintyvän kaikkialla kuusen luontaisella levinneisyysalueella. Meillä se on hyvin yleinen Etelä- ja Länsi-Suomen kuusikoissa (kuva 2). Tällä alueella keskimäärin joka seitsemäs tai kahdeksas päätehakkuikäinen kuusi on juurikäävän infektoima. Tästä n. 90 % on kuusenjuurikäpää ja n. 10 % männynjuurikäpää. Yhdessä nämä kaksi sientä aiheuttavat valtaosan kuusen tyvilahosta ja karkeasti arvioiden 100-300 miljoonan markan taloudelliset tappiot vuosittain (Korhonen 1978, Piri ym. 1990, Tamminen 1985).

Pihdanjuurikäpä on eteläeurooppalainen juurikäpätyyppi. Se on erikoistunut saksanpihdalle, *Abies alba*.

### Tartuntatiet

Juurikäävän tärkeimmät tartuntatiet ovat 1) juuristovauriot, 2) kantojen tuoret kaatopinnot ja 3) puusta puuhun siirtyminen juurten kosketuskohtien välityksellä. Arviot eri tartuntateiden suhteellisesta osuudesta kokonaisinfektiossa valitettavasti vaihtelevat. Nykyistä parempi tietämys tästä asiasta olisi kuitenkin erittäin hyödyllinen erilaisten torjuntamenetelmien merkitystä arvioitaessa. Yksittäistä hyvää juurikäävän torjuntakeinoa ei nimittäin ole olemassa. Tuhojen pitämiseksi kurissa joudutaan

käyttämään useita keinoja sillä kaikki tartuntatiet olisi pyrittävä tukkimaan niin hyvin kuin käytännössä mahdollista.

Juurikäpää kuuluu niihin eliöihin, jotka hyötyvät voimakkaasti ihmisen toiminnasta metsässä. Paikalleen lahoavissa luonnontilaisissa metsissä juurikäpää ei, yllättävää kyllä, ole kovinkaan runsaslukuinen. Monet muut lahottajat - ihmisen kannalta suhteellisen harmittomat - ovat yleisempiä. Talousmetsissä juurikäpää on sen sijaan vallannut hallitsevan aseman lahottajasiementen joukossa. Syynä ovat metsänkäsittelyssä syntyvät vauriot ja kannot, jotka avaavat tälle taudinaiheuttajalle pääsyn kasvaviin puihin.

Metsäammattimiehet tiedostavat puiden vaurioitumisongelman varsin hyvin. Hyviä keinoja vain puuttuu, varsinkin koneellistetuissa kesähakkuissa. Harvennuksessa syntynyt juurivaurio on sitä vaarallisempi mitä suurempi ja syvempi se on. Runkovauriot ovat vähemmän vaarallisia juurikäpätartunnan kannalta. Niistä lähtevän lahovian aiheuttavat yleensä muut sienet, eikä lahovika tällöin leviä ympärillä kasvaviin puihin (Isomäki & Kallio 1974, Solheim & Selås 1986).

## Männynjuurikäpää

isäntäkasvit



mänty kuusi kataja koivu



Kuva 1. Männynjuurikäävän levinneisyys ja tärkeimmät isäntäkasvit Suomessa. Levinneisyyskartta on alustava.



Luonnonmetsissä ei ole terveiden puiden kantoja. Kannot lienevätkin tärkein syy juurikäävän yleisyyteen talousmetsissä. Tuoreet kannot tarjoavat hyvän kasvualustan sienien itiöille sekä helpon pääsyn juuristoon ja sitä tietä ympärillä oleviin puihin.

Juurikäävän itiöitä esiintyy ilmassa yleisesti vuorokautisen keskilämpötilan ollessa noin viiden asteen yläpuolella. Lämpötilan ollessa pakkasen puolella kannot ovat lähes täysin turvassa juurikääpäinfektiolta. Lämpimänä vuodenaikana hakatut kannot infektoituvat vaihtelevassa määrin, joskus eivät ollenkaan, joskus 80-prosenttisesti, säätyypistä ja itiölähteen runsaudesta riippuen. Äskettäin Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan infektiota on suurimmillaan lämpimän, heikkotuulisen ja vähäsateisen säätyypin vallitessa. Valtaosa infektiosta tulee öisin lähellä sijaitsevista lahovikaisista metsistä (Kallio 1970, Stenlid ym. 1992).

## Kuusenjuurikääpä

isäntäkasvit



kuusi'



mänty  
(vain taimet)



Kuva 2. Kuusenjuurikäävän levinneisyys ja tärkeimmät isäntäkasvit Suomessa. Levinneisyyskartta on alustava.

## Kantotartunnan torjunta

Koska työskentely metsässä aiheuttaa aina tartuntavaaran, olisi harvennusten lukumäärä pidettävä niin pienenä kuin mahdollista.

Kantojen kaatopintojen kautta tulevaa tartuntaa voidaan torjua käsittelemällä tuoreet kaatopinnat kemikaalilla tai biologisella torjuntavalmisteella. Lukuisia kemikaaleja on kokeiltu. Laajamittaiseen käyttöön on otettu niistä kaksi: booraksi ja urea.

Kiinteää booraksia on käytetty lähinnä USA:ssa. Euroopassa booraksia on viroksettua sen lievän myrkyllisyyden takia; sen sijaan on käytetty 20-prosenttista urealiuosta. Pohjoismaissa äskettäin tehdyissä kokeissa tämä väkevyys on kuitenkin todettu jossakin määrin epävarmaksi. Varmempia tuloksia on saatu vahvemmalla, 30-prosenttisellä liuoksella. Se antaa keskimäärin n. 90-prosenttisen suojan kaatopinnan kautta tulevaa tartuntaa vastaan (Lipponen 1991, Biologiska... 1992, Stenlid ym. 1992).

Urean tehon vaihtelun syyt eivät ole tarkkaan tiedossa. Joka tapauksessa on ilmeistä, että urean määrä kannon pinnalla on tehon kannalta varsin kriittinen: Torjuntavaikutus heikkenee jyrkästi urean määrän vähetessä. Tuoreeseen kaatopintaan on levitettävä urealiuosta hiukan enemmän kuin puu pystyy ottamaan vastaan, niin että neste alkaa jo valua kannon reunojen yli. Tällöin on käytetty suunnilleen 2 mm paksua nestekerrosta vastaava määrä (2 l/m<sup>2</sup>).

Myöskään urean vaikutusmekanismi ei ole täysin tunnettu. Osittain se perustuu vapautuvan ammoniakkin myrkyvaikutukseen, osittain siihen, että urea suosii eräiden heikon lahotuskyvyn omaavien sienten tunkeutumista kantoon. Urealla käsitellyn kannon pintaosat säilyvät suhteellisen kauan kovana.

Kantoinfektion torjuntaan on olemassa myös vanha biologinen menetelmä. Siinä kaatopinta käsitellään harmaaorvakka-sienen itiöillä. (Harmaaorvakan nykyinen tieteellinen nimi on *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jül., aikaisemmin käytettyjä nimiä ovat *Phlebia gigantea* ja *Peniophora gigantea*). Tämä sieni on juurikääppää vahvempi kilpailija kuolleessa havupuussa, erikoisesti männynssä, mutta ei tunkeudu elävään puuhun. Kuten juurikääppä, sekin on laajalle levinnyt pohjoisen pallonpuoliskon havumetsissä ja hyötyy talousmetsien käsittelystä. Harmaaorvakka on hyvin yleinen sieni Etelä- ja Keski-Suomen metsissä - itse asiassa kaikkein yleisin lahottajasieni männyn kannoissa ja yleinen myös kuusen kannoissa. Huonosti varastoidun havupuutavaran pahimpiin lahottajiin se kuuluu myös. Sienen itiöitä onkin runsaasti ilmassa lämpimänä vuodenaikana (Kallio 1971).

Harmaaorvakkaa on jo 30 vuoden ajan käytetty Englannissa ja eräissä muissa maissa juurikäävän torjuntaan männyn kannoissa (Greig 1984). Kuusi on osoittautunut ongelmalliseksi: Harmaaorvakka ei ole kuusen kannoissa yhtä tehokas kuin männyn kannoissa. Sen vuoksi kuusen kantojen käsittelyyn on Keski-Euroopassa käytetty ureaa tai muita kemikaaleja siellä missä käsittelyä on ylipäänsä tehty (Schönhar 1988 a ja b).

Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyissä kokeissa, jotka aloitettiin 1970-luvulla prof. Tauno Kallion toimesta ja joita on myöhemmin jatkettu, harmaaorvakka on kuitenkin meidän oloissamme todettu kuusen kannoissa yhtä tehokkaaksi kuin urea (Kallio & Hallaksela 1979). Yksinkertainen harmaaorvakkavalmiste oli myynnissäkin jonkin aikaa 70- ja 80-lukujen vaihteessa, mutta metsänomistajien kiinnostus kantojen käsittelyä kohtaan oli tuolloin laimeaa ja valmisteen myynti jäi vähäiseksi. Kun kiinnostus kantojen käsittelyyn on lisääntyneiden kesähakkuiden myötä viime vuosina kasvanut, on Metsäntutkimuslaitos yhteistyössä Kemiran, Enso-Gutzeitin ja Ponsse OY:n kanssa kanssa kehitellyt uuden harmaaorvakkavalmisteen (Rotstop), joka on jauhemaisessa muodossa ja

sekoitetaan veteen ennen käyttöä. Tarkoituksena on tarjota biologinen vaihtoehto kemiallisen käsittelyn rinnalle.

Tähän mennessä tehdyissä kokeissa valmiste on osoittautunut sekä kuusen että männyn kannoissa vähintään yhtä tehokkaaksi kuin urea antaen yli 90-prosenttisen suojan kantopinnan kautta tulevaa juurikäpää vastaan (taulukko 1).

Taulukko 1. Urean ja harmaaorvakkavalmisteen (Rotstop) teho luontaista juurikäpäinfektiota vastaan kuusen kannoissa. Kokeet tehtiin 7 metsikössä 7 eri ajankohtana touko-kesäkuussa 1992 Uudellamaalla. Hakkuut olivat sekä harvennuksia että päätehakkuita. Kantojen käsittely tehtiin käsin 1/2 - 3 t kaadon jälkeen. Kannot tutkittiin lokakuussa 1992. Tuloksissa on ilmoitettu juurikäävän infektoimien kantojen lukumäärä, kannoista löytyneet erilliset infektiot sekä infektoituneen puun yhteyteen pinta-ala kannosta sahatun kiekon pinnalla. Yhdistetyt tulokset.

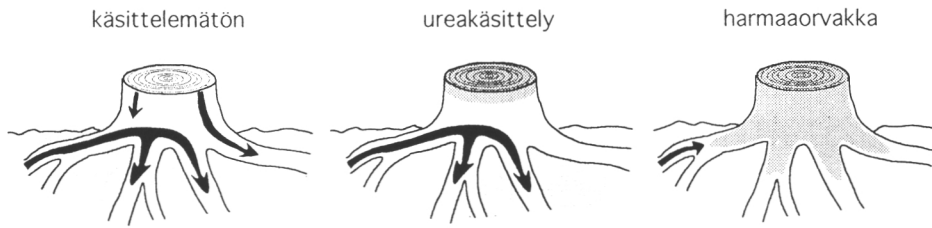
	Tutkittu ineisto		Juurikäävän infektiot			Käsittelyn teho		
	kantoja	p-ala	kantoja	pesäk- keitä	p-ala	kannot	pesäk- keet	p-ala
Käsittely	kpl	dm <sup>2</sup>	kpl	kpl	dm <sup>2</sup>	%		
ei käsittelyä	150	848,4	49	113	11,28	-	-	-
urea, 30 %	154	847,8	8	10	0,47	83,7	91,2	95,8
Rotstop 1 g/l	157	802,3	1	1	0,03	98,0	99,1	99,7
Rotstop 5 g/l	172	1029,7	3	6	0,18	93,9	94,7	98,4

Valmisteella käsitellyt männyn ja kuusen kannot harmaaorvakka valtasi tehokkaasti. Tästä johtuikin eräs harmaaorvakkakäsittelyn etu ureaan verrattuna (kuva 3). Urea torjuu juurikäävän vain kannon pintaosissa, mutta jättää muun osan kannosta vapaaksi esim. juuriston tai ruhjoutumien kautta tulevalle infektiolle. Sen sijaan harmaaorvakka kasvaa sisään kantaan ja valtaa juurenniskan ennen kuin juurikäpä ehtii tehdä sen. Valtaamansa puun harmaaorvakka pitää hallussaan. Näin se pystyy rajoittamaan juurikäävän leviämistä myös juuristossa. Harmaaorvakkavalmisteen haittapuoliin on luettava se, että valmisteen säilyvyys on rajallinen ja uusi käsittelyliuos on tehtävä joka päivä. Torjuntateho näyttää myös laskevan jonkin verran alhaisissa lämpötiloissa (alle 8 °C).

### Kantojen käsittely käytännössä

Laajamittainen kantojen käsittely on parhaiten tehtävissä hakkuukoneeseen liitettyllä levityslaitteella. Tähän asti parhaiten toimiviksi osoittautuneissa laitteissa käsittelyliuos suihkuu sahan laipassa olevista reijistä kannolle sahauksen yhteydessä. Käsittely voidaan tehdä myös käsin esim. pensselillä tai litran muovipullolla, jonka korkkiin on tehty muutamia reikiä. Käsittely on tehtävä kolmen tunnin kuluessa kaadosta, mieluummin kuitenkin heti kaadon jälkeen.

Käsittelykustannuksiksi on Suomessa saatu konellisessa käsittelyssä 2 - 2,50 mk/m<sup>3</sup>, Ruotsissa ja Tanskassa noin kaksi kertaa enemmän (Keränen 1992, Frohm 1992). Käsin suoritettuna käsittely on lähes viisi kertaa kallimpaa.



Kuva 3. Ureakäsittelyn ja harmaaorvakkakäsittelyn vaikutus kannossa. Käsitlemätön kanto on avoin sekä ilmasta että juuristosta tulevalle juurikäpätartunnalle. Urea torjuu ilmasta tulevan tartunnan, mutta vaikutus rajoittuu kannon pintaosiin. Harmaaorvakka valtaa kannosta myös juurenniskan sekä osan juuristoa heikentäen juurikäävän etenemismahdollisuuksia myös juuristosysteemissä.

Kantokäsittelyn taloudellinen kannattavuus on vielä osittain avoin kysymys. Sitä kuvaavissa yhtälöissä on liikaa tuntemattomia tekijöitä. Kannattavuus riippuu paljon laskelmissa käytetystä korkokannasta. Nykyisen käsityksen mukaan käsittely antaa ainakin tietyissä kohteissa siihen sijoitetun rahan kohtalaisen koron kanssa takaisin (Frohm 1992, Stenlid ym. 1992). Tällaisia kohteita ovat ennen kaikkea pelloille perustetut kuusi- ja mäntyviljelmät. Mutta myös vanhoilla metsämailla käsittelyä suositellaan touko-lokakuun (äidin- ja isänpäivän) välisenä aikana Etelä- ja Länsi-Suomessa terveiden kuusi- ja mäntymetsien harvennuksissa sekä päätehakkuissa, jos puulajia ei vaihdeta. Tarkemmat ohjeet löytyvät Metsäkeskus Tapion julkaisemista metsien käsittelyohjeista sekä kantojen torjuntakäsittelyyn tarkoitettujen valmisteiden käyttöohjeista.

Kantojen käsittelyasiassa on ehkä kuitenkin syytä lähteä liikkeelle suhteellisen varovasti, kokeilumielessä, ja kehitellä laitteet toimintavarmiksi sekä tarkentaa kannattavat käsittelykohteet ennen kuin laajamittaiseen toimintaan mennään. Mainittakoon, että läheskään kaikkialla Keski-Euroopassa kantojen käsittelyä ei tehdä. Esim. Saksassa käsitykset sen kannattavuudesta vaihtelevat (Dimitri 1986, Schönhar 1988 a ja b) ja Skotlannissa, jossa käsittelyä urealla on tehty jo kauan sitkankuusiviljelmissä, sen kannattavuus on parhailtaan uudelleen harkittavana (D.B. Redfern, suullinen tieto). Toisaalta Tanskasta on olemassa varsin hyviä kokemuksia kuusen kantojen ureakäsittelystä (Thomsen 1991).

Kantoinfektion torjunnassa myös metsähygieniä on tärkeä, koska valtaosa ilmassa olevista itiöistä on peräisin lähimetsistä. Tuulen kaatamien lahojuuristen puiden osittain ylös nousseet juurakat ovat pahoja itiölähteitä. Kääpiä saattaa kehittyä myös metsään jätettyjen lahojen tyveysten alle.

## Sairastuneiden metsien käsittely

Jos juurikäpä on päässyt pureutumaan metsikköön, ei puusta puuhun siirtymisen estämiseksi ole paljoa tehtävissä. Sekapuusto vähentää siirtymistä, mutta sen vaikutus esim.

kuusen tyvilahon runsauteen ei näytä olevan kovin suuri. Pahoin saastuneissa metsissä kiertoajan lyhentäminen on tarpeen.

Sairastunut metsä voidaan tervehdyttää metsän uudistamisen yhteydessä vaihtamalla puulaji. Suomessa on jo varsin kauan uudistettu lahoja kuusikoita männylle. Me tutkijat olemme varoitelleet tästä, koska myös mänty on juurikäävälle hyvin altis puulaji. Metsänuudistajat ovat kuitenkin uskoneet enemmän silmiään kuin tutkijoita, sillä kokemus on osoittanut, että Etelä- ja Länsi-Suomen kuusimetsissä mänty sairastuu harvoin tyvitervastautiin. Asia on sittemmin selvinnyt tutkijoillekin: näillä alueilla vallitseva juurikääpytppi, kuusenjuurikäpä, ei ole männylle vaarallinen. Lahojen kuusikoiden tilalle voidaan siis yleensä saada terve männikkö - eri asia sitten onko kasvupaikka muuten männyn kasvatukseen sopiva.

Koivu on hyvä puulaji juurikäpäinfektion puhdistamiseksi kasvupaikalta. Kuusenjuurikäävän suhteen koivu on täysin kestävä. Männynjuurikäpä on ongelmallisempi: koivu sairastuu varsin usein kasvaessaan sekapuuna tyvitervastaudin vaivaamassa männikössä. Mutta puhtaissa koivikoissa tuhoja ei ole esiintynyt, joten näyttää siltä että männynjuurikäpä pystyy tunkeutumaan koivuun vain mäntyä tukikohtanaan käyttäen.

Ulkolaiset puulajit, lähinnä lehtikuusi ja kontortamänty tuskin ovat olennaisesti parempia kuin meikäläisetkään puulajit juurikäpien kestävyys suhteen.

Tyvitervastaudin vaivamia männiköitä uudistettaessa mänty on usein käytännössä ainoa vaihtoehto. Tällöin voidaan vain yrittää rajoittaa lahon siirtymistä seuraavaan puusukupolveen. Kulutus ilmeisesti vähentää sitä. Tehokkaampi mutta yleensä liian kallis keino on kantojen poisto. Luontainen uudistaminen tai kylvö ovat parempia uudistamiskeinoja kuin istutus.

Onneksi näyttää siltä, että juurikäpäkään ei ole kuolematon vaan sekin vanheneen ajan myötä. Jos uusien infektioiden syntyminen voidaan estää, tauti luultavasti hiipuu vähitellen. Valtaosa uusista infektiosta tulee ilmeisesti kantojen kautta kesäaikaisissa hakkuissa. Kantojen käsittely - varsinkin harmaaorvakalla - saattaisi näin ollen olla harkinnan arvoisen toimenpiden myös sairastuneita männiköitä hakattaessa.

## Tiivistelmä

Terveissä metsissä tärkeimmät juurikäävän torjuntakeinot ovat

- juuristovaurioiden välttäminen,
- kantojen käsittely urealla tai harmaaorvakalla kesäaikaisissa kuusikon ja männikön harvennuksissa sekä päätehakuissa, jos puulajia ei vaihdeta.

Sairastuneissa metsissä

- puulajin vaihto: laho kuusikko koivikoksi tai männiköksi ja tyvitervastautinen männikkö koivikoksi jos kasvupaikka sen sallii,
- karummilla mailla, joilla männikkö on ainoa vaihtoehto, sairastuneet puut korjataan pois; äärimmäisenä keinona kantojen poisto
- kiertoajan lyhentäminen, metsähygieniat, tyveykset pois metsästä, kulutus, luontainen uudistaminen tai kylvö.

## Kirjallisuus

Biologiska... 1992: Biologiska, tekniska och ekonomiska förutsättningar för bekämpning av rottröteangrepp i gran- och tallbestånd med stubb-behandling. Slutrapport, Samarbetsnämnden för nordisk skogsforskning, 7 s.

- Dimitri, L. 1986: Biologie der Stammfäulen, ihre Bedeutung für den Waldbau und die Möglichkeiten ihrer Verhütung. Schweiz. Z. Forstwes. 137: 377-388.
- Frohm, S. 1992: Rotrötan kan förebyggas. Skog & Forskning 1992(3): 10-15.
- Greig, B.J.W. 1984: Management of East England pine plantations affected by *Heterobasidion annosum* root rot. Eur. J. For. Path. 14: 392-397.
- Isomäki, A. & Kallio, T. 1974: Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Acta For. Fenn. 136, 25 s.
- Kallio, T. 1970: Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. Acta For. Fenn. 107, 55 s.
- Kallio, T. 1971: Aerial distribution of some wood-inhabiting fungi in Finland. Acta For. Fenn. 115, 17 s.
- Kallio, T., & Hallaksela, A-M. 1979: Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (*Fomes annosus*) in Finland. Eur. J. For. Path. 9: 298-308.
- Keränen, R. 1992: Juurikäävän torjunta koneellisen hakkuun yhteydessä. Metsähallitus kehittämissaasto, Tiedote 2/1992, 3 s.
- Korhonen, K. 1978: Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. Commun. Inst. For. Fenn. 94(6), 25 s.
- Lipponen, K. 1991: Juurikäävän kantotartunta ja sen torjunta ensiharvennusemetsäkoissa. Folia For. 770, 12 s.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. 1990: Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. Scand J. For. Res. 5: 113-125.
- Schönhar, S. 1988a: Zur Ausbreitung von *Heterobasidion annosum* in Fichtenbeständen. Forst und Holz 43: 156-158.
- Schönhar, S. 1988b: Zur Bekämpfung von *Heterobasidion annosum* in Fichten-Erstaufforstungen. Forst und Holz 43: 209-210.
- Solheim, H. & Selås, P. 1986: Discoloration and microflora in wood of *Picea abies* (L.) Karst. after wounding. I. Spread after 2 years. Norwegian Forest Res. Inst., Research Paper 7/86, 16 s.
- Stenlid, J., Bendz, M. & Swedjemark, G. 1992: Rotröta sprids på många sätt. Skogen 1992(2): 42-45.
- Tamminen, P. 1985: Butt rot in Norway spruce in Southern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 127, 52 s.
- Thomsen, I.M. 1991: Rodfordaerveren (*Heterobasidion annosum*) i skovbruget. Med hovedvaegt på nyere forskningsresultater. Institut for Plantebiologi. Den kgl. Veterinaer- og Landbohøjskole. Copenhagen 1991. 81 s.

# **Biodiversiteetti ja metsänkäsittely: säilykö luonnonmetsien hyönteislajisto talousmetsissä?**

**Kari Heliövaara**

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

**Rauno Väisänen**

Vesien- ja ympäristöntutkimuslaitos  
luonnonsuojelututkimusyksikkö  
PL 250, 00101 Helsinki

## **1. Johdanto**

Luonnon monimuotoisuuden vähenemistä pidetään yhtenä keskeisenä ihmiskunnan uhkatekijänä. Lajistollinen monimuotoisuus köyhtyy koko ajan varsinkin tropiikissa, mutta myös muualla voimakkaan maa- ja metsätalouden alueilla. Luonnonsuojelun yhtenä tavoitteena on monimuotoisuuden ja toimivien, terveiden ekosysteemien säilyttäminen. Biodiversiteetillä ymmärretään kaikkea luonnossa tavattavaa vaihtelua. Se käsittää kaikkien maapallolla tavattavien eläin-, kasvi- ja pieneliölajien erilaisuuden ja muuntelun. Biodiversiteetti jaetaan usein kolmen eri tason monimuotoisuudeksi: elinympäristöjen monimuotoisuus, lajistollinen monimuotoisuus ja geneettinen monimuotoisuus eli lajin-säisenä muuntelu.

Ihmisen aiheuttamat nopeat ympäristömuutokset ovat olleet monille lajeille niin rajuja, että niillä ei ole ollut riittävästi aikaa sopeutua uusiin oloihin. Suomessa erityisesti metsänkäsittelyllä on suuri vaikutus monimuotoisuuteen, sillä lähes puolet maassamme esiintyvistä uhanalaisista lajeista elää metsissä (Rassi et al. 1985). Metsä on monimutkainen ekosysteemi, jossa puiden kasvu ja hyvinvointi perustuu mm. hajottajien, juurisienten, mikrobien ja muiden heikosti tunnettujen ryhmien toimintaan. Hyönteisillä on luonnon monimuotoisuudessa ja ekosysteemien toiminnassa keskeinen merkitys mm. tuholaisina, tuholaisien loisina ja petoina, hajottajina ja pölyttäjinä. Lasketaan, että yli puolet maalla elävistä eliölajeista on hyönteisiä.

Metsänkäsittely, esimerkiksi avohakkuu tai kulutus, vaikuttaa paikalliseen eliöstöön dramaattisesti. Vaikutukset ovat kuitenkin yleensä ohimeneviä, mikäli käsiteltävät alueet ovat pieniä ja käsittely toistuu harvoin. Monet nykyaikaisen metsätalouden toimet vaikuttavat eliöstöön epäsuorasti muuttuneen puuston ikärakenteen, puulajisuhteiden tai metsäympäristön pirstoutumisen kautta. Vaikka metsänkäsittelyn paikalliset vaikutukset ovat yleensä ohimeneviä (Heliövaara & Väisänen 1984), saattavat laajamittaisen metsänkäsittelyn vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen olla huomattavia. Vähenevien aarniometsien maatuovissa puunrungoissa elävän lajiston harvinaistuminen tai jopa katoaminen jää helposti vähälle huomiolle. Metsänkäsittelyn vaikutusmekanismeja hyönteislajistoon voidaan tutkia esimerkiksi vertailemalla luonnonmetsän ja sitä ympäröivien talousmetsien lajistoa toisiinsa.

## 2. Aarniometsän ja talousmetsän kovakuoriaisten vertailu

Tutkimusalueeksi valittiin Saarijärven kunnassa sijaitseva Pyhä-Häkin kansallispuisto (62°50'N, 25°29'E) ympäröivine talousmetsineen (Väisänen et al. 1993). Koko tutkimusalueita voidaan pitää alunperin yhtenäisenä metsäalueena, josta suurin osa on vähitellen joutunut normaalin metsätalouden piiriin. Pyhä-Häkin kansallispuisto on merkittävin Suomen eteläpuoliskon aarniometsistä. Mäntyjen keski-ikä on yli 250 vuotta ja kuusetkin ovat usein 200-vuotiaita. Yksittäiset puut ovat vieläkin vanhempia. Ihmis-toiminta nykyisen kansallispuiston alueella on aina ollut vähäistä, mutta metsäpalot ovat raivonneet alueella vuosina 1855 ja 1900. Puistoa ympäröivät talousmetsät edustavat tyypillisiä suomalaisia talousmetsiä, joita käsitellään hakkuin, harvennuksin ja lan-noituksin.

Kovakuoriaisnäytteitä kerättiin veistä, pinsettejä ja sivellintä käyttäen kuolleilta havupuilta kuoren alta sekä kansallispuistosta että sitä ympäröivistä talousmetsistä. Hyönteiset säilöttiin alkoholiin laboratoriossa tapahtuvaa määritystä varten. Kullakin tutkimuspaikalla kirjattiin mm. metsätyyppi, puulaji ja lahoavan puun määrä, sekä mitattiin rungon tyviläpimitta, lahoamisaste, kaarnan määrä ja irtonaisuus sekä tutkittu näytepinta-ala. Lisäksi laskettiin puun lahoamisastetta kuvaavien nilviäisten, juoksujalkaisten ja muurahaisten yksilömäärät. Tutkimus käsitti kaikkiaan 15 näytealaa ja 187 runkoa puiston sisältä sekä 19 näytealaa ja 206 runkoa talousmetsistä.

Puuston suhteen tutkittu ikimetsä poikkesi ympäröivästä talousmetsästä selvästi. Ikimetsässä runkojen läpimitta oli suurempi ja rungot olivat pidemmälle maatumia kuin talousmetsissä. Sen sijaan eroja ei havaittu kuoren määrässä, puulajisuhteessa, tai metsä-tyyppien osuuksissa.

## 3. Talousmetsien muuttunut kovakuoriaislajisto

Tutkimukset paljastivat aarniometsän ja talousmetsien kovakuoriaislajiston varsin erilaisiksi. Sekä kovakuoriaisten lajimäärä (78) että yksilömäärä (1302) olivat suurempia talousmetsissä kuin ikimetsässä (55 ja 512), mutta harvinaisten lajien osuus oli selvästi suurempi aarniometsässä (12 %) kuin talousmetsissä (1 %). Läheskään kaikki havaitut lajit eivät olleet suoranaisesti riippuvaisia havupuista, vaan ne olivat petoja tai nauttivat ravinnokseen sieniä tai orgaanista jätettä. Vaikka alueet poikkesivat kovakuoriaislajis-tooltaan suuresti toisistaan, havaittiin lajistossa myös yhteneviä piirteitä. Näytealaa kohti todettu lajimäärä oli aarniometsässä yhtä suuri (10.6) kuin talousmetsässä (10.5), ja tutkittua runkoa kohti havaittu lajimäärä oli kummassakin yhtä suuri. Ikimetsässä rungon asento ja nilviäisten määrä selitti parhaiten lajiston esiintymistä, kun taas talousmetsissä rungon läpimitalla oli eniten merkitystä. Löydetyistä yhteensä 107 kovakuoriaislajista vain 26 lajia tavattiin sekä talousmetsästä että kansallispuistosta. Vaikka monet lajit kykenivät elämään sekä aarnio- että talousmetsissä, vain laakakolva (*Pytho depressus*) kuului kymmenen runsaimman lajin joukkoon kummassakin metsätyypissä. Ikimetsän yleisin kovakuoriaainen oli liekohärö (*Dendrophagus crenatus*), joka talousmetsissä oli 12:nneksi yleisin.

Pyhä-Häkin kansallispuistossa aiemmin tehdyt tutkimukset ovat jo osoittaneet, että ikimetsien eläimistö ei välttämättä ole runsaampi ja monipuolisempi kuin talousmetsien lajisto. Erityisesti monet maaperän ja aluskasvillisuuden selkärangattomat eläimet ovat



kansallispuiston alueella paljon vähälukuisempia kuin ympäröivissä talousmetsissä (Biström ja Väisänen 1988). Lahopuussa elävien kovakuoriaisten nyt havaittu melko alhainen tiheys (runkoa kohden) kansallispuistossa on kuitenkin yllättävää. Toisaalta kansallispuistossa lahopuuta on moninkertainen määrä talousmetsiin verrattuna. Ikimetsien maatuvaan puun määrästä on tietoa niukalti saatavilla. Saksassa aarniometsissä on laskeutu olevan 50-200 m<sup>3</sup> hehtaarilla, kun talousmetsissä maatuvaa puuta on vain 1-5 m<sup>3</sup> hehtaarilla (Albrecht 1991). Kotisten, Vesijaon, Vaskijärven ja Seitsemisen vanhoissa luonnonmetsissä kuolleiden runkojen lukumäärä, lehtipuut mukaanlukien, vaihteli 256:sta 1505:een runkoa hehtaarilla (Lindholm et al. 1986). Pyhä-Häkissä maatuvien puurunkojen määrä oli ainakin 540 runkoa hehtaarilla, mutta ympäröivissä talousmetsissä niitä tavattiin vain yksittäin.

Ikimetsissä maatuvaa puuta on hyönteisille ylenmäärin tarjolla, mutta talousmetsistä kuolleet puut korjataan pääosin pois. Jäljelle jääneet kuolleet rungot toimivat erityisesti kaarnakuoriaisten isäntäpuina. Tutkimukset osoittivat, että kaarnakuoriaisten osuus näytteissä oli ikimetsässä vain 5 % mutta talousmetsissä yli 50 %. Myrsky- ja lumituhot lisäävät aarniometsissä kuolleiden puiden määrää, mutta kosteissa ja varjoisissa oloissa tuholaisinakin tunnetut kaarnakuoriaiset eivät lisäänty eivätkä aiheuta vaaraa aarniometsälle tai sitä ympäröiville talousmetsille. Toisaalta harvinaiset ja uhanalaiset aarniometsän hyönteiset eivät muutamaa poikkeusta lukuunottamatta näytä viihtyvän talousmetsissä. Tähän saattaa olla syynä yksinkertaisesti lahoavan puun vähyys talousmetsissä. Ikimetsien hyönteiset ovat ilmeisesti heikkoja lentäjiä eivätkä kykene löytämään yksittäisiä lahopuita talousmetsistä. Todennäköisesti tärkeämpi syy on kuitenkin talousmetsien muuttuneissa olosuhteissa, sillä aarniometsän hyönteiset eivät ilmeisesti kykene lisääntymään liian nopeasti kuivuvassa puussa, joka on alttiina suoralle auringonpaisteelle ja jäätymiselle. Monet ikimetsän hyönteiset käyttävät lisäksi ravinnokseen kosteassa puussa eläviä sieniä, jotka eivät menesty nopeasti kuivuvassa puussa (Ehnström ja Waldén 1986).

#### 4. Harvinaisten hyönteisten suojeleminen

Metsien käsittely muuttaa väistämättä kovakuoriaislajistoa. Viimeaikaiset selvitykset ovat osoittaneet, että monet Suomessa harvinaiset tai uhanalaiset hyönteislajit elävät runsaina Karjalan koskemattomissa metsissä (Siitonen ja Martikainen, suull. tieto). Pienet, eristyneet luonnonsuojelualueet eivät yksinään takaa lajiston säilymistä (Simberloff 1988, Burkey 1989). Metsäpaloja jäljittelevällä kulottamisella, runkojen kaulaamisella tai lahoavan puun siirtämisellä voitaisiin mahdollisesti turvata eräiden hyönteisten lisääntymispaikkojen jatkuvuus luonnonsuojelualueilla. Riittävän suurikokoiset rauhoitetut luonnonsuojelualueet ovat välttämättömiä, mutta harvinaisten lajien elinoloja tulee kaikin tavoin vaalia myös talousmetsissä. Tutkimusten vähyyden vuoksi toistaiseksi ei tiedetä, onko ikimetsän hyönteislajiston säilyttäminen talousmetsissä ylipäätään mahdollista. Varovaiset hakkuut tai hakkuista pidättäytyminen ekologisesti herkillä alueilla (puronvarret, lehdot, rotkot) saattavat turvata monen harvinaisen hyönteisen säilymisen. Vähäarvoisia puita, pötkelöitä ja maatuvaa puuta ei kannata poistaa hakkuiden yhteydessä. Lahoavaa puuta voi kokeilumielessä päinvastoin tuoda talousmetsään hyönteisille lisääntymismateriaaliksi; ainakaan tuholaisongelmia näin ei synny. Metsähallituksen uudet ohjeet metsän käsittelyssä ennustavat - käytäntöön sovellettuna - myönteistä kehitystä luonnon monimuotoisuuden säilyttämisessä.

## Kirjallisuus

- Albrecht, L. 1991. Die Bedeutung des toten Holzes in Wald. Forstwiss. Centralbl. 110: 106-113.
- Biström, O & Väisänen, R. 1988. Ancient-forest invertebrates of the Pyhän-Häkki national park in Central Finland. Acta Zool. Fennica 185, 69 s.
- Burkey, T. V. 1989. Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. Oikos 55: 75-81.
- Ehnström, B. & Waldén, H. W. 1986. Faunavård i skogsbruket. Del 2 - Den lägre faunan. Jönköping, Skogsstyrelsen
- Heliövaara, K. & Väisänen, R. 1984. Effects of modern forestry on northwestern European forest invertebrates: a synthesis. Acta Forest. Fennica 189, 32 s.
- Lindholm, T., Tuominen, S., Mäkelä, K. & Airaksinen, O. 1986. Näkökohtia aarnimetsien ekologiaan Etelä-Suomen luonnonsuojelualueilla. Tutkimusraportti vuodelta 1985, Suomen Akatemia, Helsinki.
- Rassi, P., Alanen, A., Kemppainen, E., Vickholm, M. & Väisänen, R. 1985. Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1985: 43.
- Simberloff, D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. Ann. Rev. Ecol. Syst. 19: 473-511.
- Väisänen, R., Biström, O. & Heliövaara, K. 1993. Sub-cortical Coleoptera in dead pines and spruces: is primeval species composition maintained in managed forests? Biodiversity and Conservation (painossa).

# Sieni-itiöiden leviäminen

Timo Kurkela

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

## Johdanto

Sienet ovat oleellinen osa metsäekosysteemiä. Mykoritsasienet auttavat puita kasvamaan. Vanhenevat puut usein kuolevat sienten vaikutuksesta ja lopulta sienet ovat päätekijöinä kuolleen puuaineksen sekä kaiken muun maahan varisseen kasvimateriaalin hajottamisessa. Näin sienet osallistuvat monella tasolla metsän ravinnekiertoon. Hyödyllisten sienten lisäksi on suuri joukko puissa tauteja aiheuttavia sieniä, jotka vähentävät puiden kasvua, alentavat teknistä laatua tai suorastaan tappavat parhaassa kasvuvaiheessa olevaa puustoa. Metsäekosysteemin ymmärtäminen edellyttää siten ehdottomasti myös metsän sienistön kaikinpuolista tuntemista.

Sienirihmaston kasvu sekä itiöemien ja itiöiden kehittyminen vaativat runsaasti ulkopuolista kosteutta tai riittävän kostean kasvualustan. Useimpien taudinaiheuttajien kehityskierto on sopeutunut isäntäpuunsa kehitysrytmiin kasvukauden aikana. Kukin sienilaji on sopeutunut tuottamaan itiöitään silloin, kun tartunnalle altista kasvualustaa on runsaimmin tarjolla. Taudinaiheuttajien itiöiden levintä ja siihen vaikuttavat ulkoiset tekijät selittävätkin valtaosan epidemisten tautien esiintymisen vaihtelusta.

## Sienten leviäminen

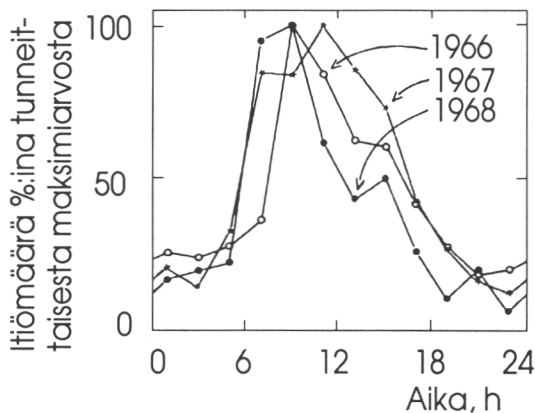
Sienet voivat vallata lisää elintilaa kasvattamalla rihmastoa lähiympäristöönsä kuten homeet vanhalla leivänpalalla. Kokonaan uusia kasvupaikkoja sienet saavat pääasiassa vain itiöidensä avulla leviämällä. Muutamien sieniryhmien väryskarvallisia, aktiivisesti vedessä liikkuvia itiöitä lukuunottamatta sieni-itiöt ovat kulkemistensa suhteen ulkopuolisten voimien varassa.

Suuria määriä itiöitä kulkeutuu joko sellaisenaan kaikenlaisiin metsän eläimiin takertuneena, tai eläinten siirrellessä ravinnokseen käyttämiä kasvinosia tai sieniä. Valtaosa sienistä on sopeutunut itiöiden ilmaitse tapahtuvaan leviämiseen. Tällainen levinnytäpa, ainakin yhtenä vaihtoehtona, on kaikilla meillä tunnetuilla puissa tauteja aiheuttavilla sienillä. Tässä esityksessä selostetaan lähemmin ilmaitse tapahtuvaa leviämistä. Esimerkkeinä erilaisista tapauksista esitetään piirteitä muutamien puiden taudinaiheuttajasienten itiöiden leviämisestä.

Itiöiden liikkumisesta ilmassa kiinnostuttiin jo 1800-luvulla, kun opittiin tuntemaan mikrobien taudinaiheuttajaluonne sekä eläin- että kasvukunnassa. Itiöiden vapautuminen ilmaan sekä ilmassa tapahtuva lento selvitettiin periaatteellisesti 1950- ja 1960-luvuilla, kun saatiin kehitetyksi jatkuvatoimisia rekisteröiviä itiöpyydyksiä (Hirst 1952). Itiöt jaettiin kahteen päätyyppiin; kuivalla säällä leviäviin kuivaitiöihin ja kostealla leviäviin märkäitiöihin (esim. Gregory 1973). Ryhmät eivät kuitenkaan erotu jyrkästi toisistaan, vaan kaikenlaisia välimuotojakin esiintyy.

## Itiöiden leviäminen kuivalla säällä

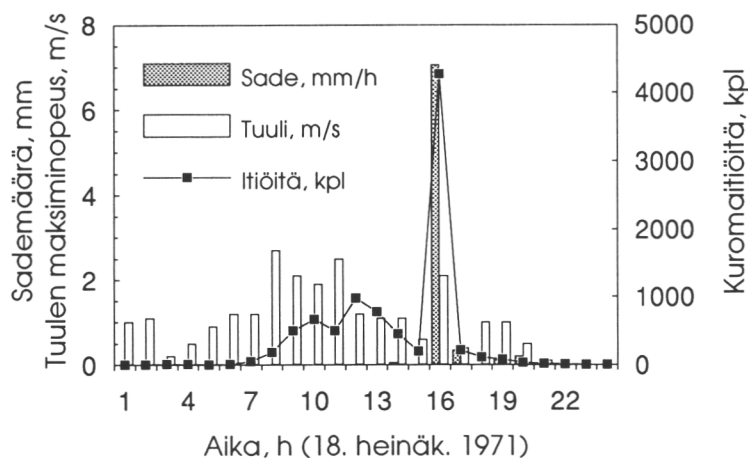
Kuivalla säällä leviäviä ovat ruostesienten helmi- ja kesäitiöt. Männynversooste tuottaa männyn versoissa helmi-itiöitä ja leviää niiden avulla haapaan, missä lisääntyminen jatkuu kesäitiöiden avulla (Kurkela 1973). Myös harmaahomeen itiöt taimitarhassa ovat kuivana leviäviä, samoin kuolleessa kasvimateriaalissa kesällä ehkä yleisimpänä esiintyvä *Cladosporium*-sieni. Tämä sieni voi levitä varastoidusta heinästä ja aiheuttaa allergiaa. Sieni kasvaa runsaana sateen kastelemassa kaadetussa heinässä tai taimikonraivausalalla kaadettujen lehtipuiden lehdillä. Kuivaitiöiden leviäminen noudattaa sateettomina päivinä selvää vuorokautista rytmiä ilman suhteellisen kosteuden vaihtelun mukaan (kuva 1). Useimmiten kyseessä on yökasteen kuivuminen aamupäiväntunteina, minkä jälkeen itiöiden irrotusmekanismi voi toimia. Kuivaitiöiden irtoamismekanismi voi olla vaihteleva eri sienilajeilla. Monien sienilajien itiöt ovat sopeutuneet irtoamaan jonkun ulkoisen voiman vaikutuksesta. Säatekijöissä tällaisia voimia edustavat tuuli ja sadekuurojen ensimmäisten pisaroiden aiheuttama värähtely (Hirst & Stedman 1963). Itiöitä irrottava värähtely voi johtua myös nestepaineen muutoksista kuivuvassa rihmastossa. Suurimmat itiöhuiput syntyvät kuitenkin lämpimän tyynen sään jälkeen tulevan lyhytaikaisen sadekuuron vaikutuksesta eivätkä noudata tarkkaan vuorokautista jaksoa (kuva 2). Isot sadepisarot ravistelevat irti sellaisetkin itiöt, joita tuuli ei vielä pysty irrottamaan.



Kuva 1. Männynversoosteiden helmi-itiöiden levinnän vuorokautinen jaksoisuus kolmena peräkkäisenä vuotena (Kurkela 1973).

Kuivalla säällä leviävät itiöt ovat usein hyvin kestäviä kuivumista ja auringonsäteilyä vastaan. Ne voivat olla vahvasti pigmentoituneita ja usein palvelevatkin sienten lähi- että kaukolevintää. Ilmalentonsa päätteeksi itiöt laskeutuvat sattumanvaraisesti erilaisille alustoille. Monilla kuivaitiöillä on staattinen sähkövaraus, mikä auttaa niitä takertumaan vaikkapa puiden lehtiin, esim. koivunruoste ja lukuisat *Melampsora*-ruosteet haavalla ja pajuilla. Alustalleen takerruttuaan kuivaitiöt jäävät odottamaan itiämiselle sopivan kosteita olosuhteita. Kuivalla säällä turbulenssien ylempiin ilmakerroksiin kuljettamat itiöt laskeutuvat ilmasta usein vasta sadepisaroiden mukana, jolloin itiäminen

voi alkaa välittömästi kostealla alustalla. Sateen mukana laskeutuneet itiöt tosin huuhtoutuvat todennäköisimmin maahan saakka.

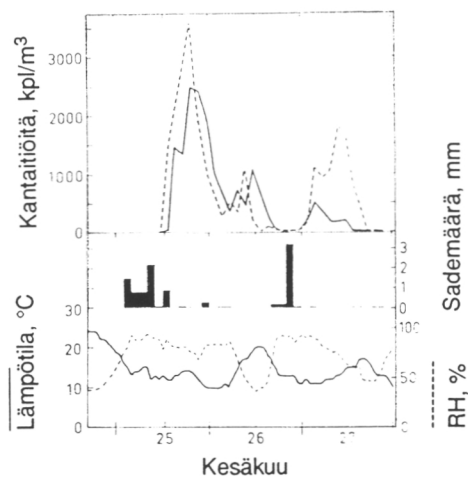


Kuva 2. Sade, tuulenpuuskien maksimiarvot ja *Cladosporium*-sienen kuromaitiöiden määrät tunneittain yhden vuorokauden aikana.

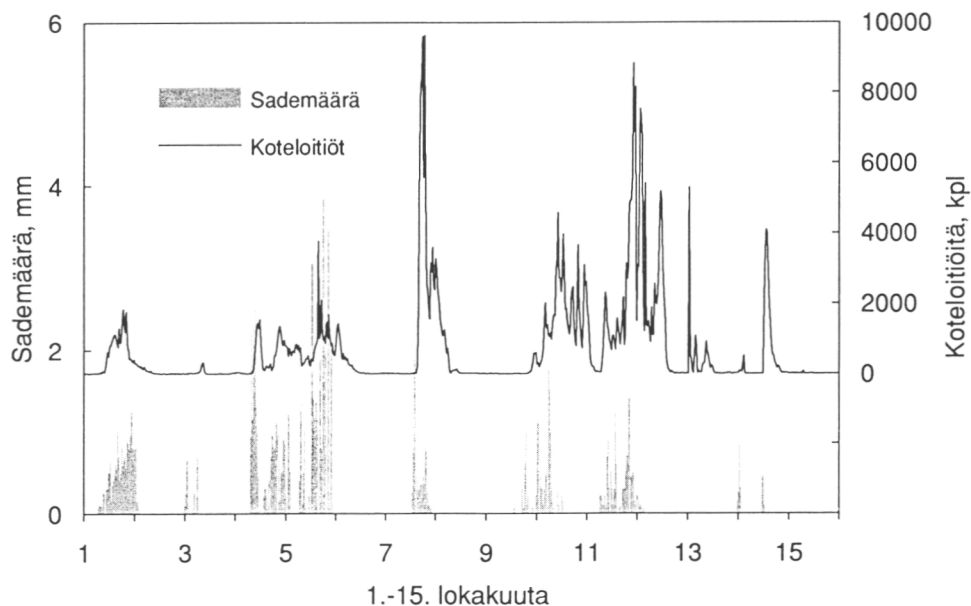
### Itiöiden leviäminen kostealla säällä

Tyypilliset märkäitiöt muodostuvat tai kypsyvät lopulliseen irtoamisvalmiuteensa vasta saatuaan sateen tuomaa vettä. Itiöiden vapautuminen alkaa tavallisesti vasta muutaman tunnin kuluttua sateen alkamisesta ja saavuttaa huippunsa pian tämän jälkeen (Ingold 1966). Enimmillään näitä itiöitä on ilmassa muutaman tunnin mittaisen sateen päätyttyä, kun sadepisarat eivät enää huuhtelee itiöitä ilmasta pois. Ilman kosteuden vähetessä itiöiden vapautuminen lakkaa pian. Märkäitiöt ovat tavallisesti lyhytikäisiä. Ne saattavat aloittaa itämisen jo ilmalennon aikana ja käyttävät hyväkseen sateen antaman kosteuden myös uudelle kasvualustalle asettumisessa. Tyypillisiä märkäitiöitä ovat versoruosteen kantaitiöt, jotka sieni muodostaa keväällä talvehdittuaan haavan lehdillä. Lyhyehkön lennon jälkeen kasvaville versoille osuneet itiöt aiheuttavat välittömästi tartunnan, jos kosteutta on edelleen riittävästi.

Monet tärkeät metsän taudinaiheuttajat ovat kotelosieniä, joiden itiöt leviävät märkäitiömallin mukaan. Tavallisesti itiökotelo tulee valmistuessaan hygrospooppiseksi. Sisään kerääntyneen veden paine repäisee lopulta auki itiökotelon kärjen ja sisältö itiöineen ruiskahtaa ympäröivään ilmatilaan. Keski-Euroopassa ja Amerikassa on tutkittu esim. männynkaristeen (*Lophodermium seditiosum*) ja versosurmakan (*Gremmeniella abietina*) itiöiden levintää. Suomessa on tehty havaintoja mm. männyntalvihomeen (*Phacidium infestans*) itiöiden leviämisestä. Sienen itiöt vapautuvat kostealla säällä syys-joulukuussa, tai kunnes lumi peittää edellisenä talvena sienen tappamissa neulasissa olevat itiöemät.



Kuva 3. Männynversoruosteeseen (*Melampsora pinitorqua*) kantaitiöiden leviäminen talvehtineista haavan lehdistä sateisella säällä (Kurkela 1973).



Kuva 4. Männynlumikaristeen (*Phacidium infestans*) koteloitiöiden vapautuminen ilmaan sateen kastelemista neulasista lokakuun alkupuoliskolla.

Suurikokoisia itiöemiä muodostavat sienet tai laajamassaisen kasvualustan sisään kehittyvät itiömät eivät ole suoraan riippuvaisia sateen antamasta kosteudesta. Ne käyttävät itiöiden lopulliseen kypsyttämiseen itiöemään tai kasvualustaan varastoitunutta vettä. Itiöiden vapautuminen rytmittyy ympäröivän ilman kosteuden vaihteluiden mukaan. Yöllä itiöitä vapautuu eniten ja minimi on keskipäivän jälkeen, kun ilma on

kuivinta. Näin toimivat monet puuainesta lahottavat kantasienet kuten lattakääpä ja juurikääpä (Haard & Kramer 1970, Kallio 1970).

## Uuden tiedon tarve

1970-luvun alusta lähtien palkkaukseen käytettävissä olevan rahoituksen reaalin supistuminen ja monien akuuttien ongelmien esiintulo 1980-luvun aikana ovat pakotta- neet luopumaan itiöiden levintää koskevista tutkimuksista. Taudinaiheuttajien itiöiden levintä on tietenkin vain osa ekologista palapeliä, ja monet yksittäisten palojen ominaisuudet voidaan määrittää viereisten palojen avulla. Taudinaiheuttajien levinnän ekstrapolointi antaa kuitenkin liiaksi virheitä sisältävän muuttujan, kun tavoitteena ovat tautien kokonaiskuvan ymmärtäminen, tuhojen ennustamismahdollisuuksien ja torjunnan kehittäminen. On siis tärkeää kohdistaa tutkimus suoraan itse asiaan. Nykyisin tarjolla olevilla välineillä ja menetelmillä itiöiden levintää ja siihen liittyvää muuttuvien ympäristötekijäin havainnointia voidaan tehdä aiempaa huomattavasti vähäisemmin palkkakustannuksin. Säätekijäin mittaus voidaan automatisoida lähes täydellisesti ja aiemmin työlään itiöiden mikroskopoinnin automatisointiin on myös mahdollisuuksia kuva-analyysilaitteiden avulla.

## Kirjallisuus

- Gregory, P.H. 1973. The microbiology of the atmosphere. 2nd ed. Leonard Hill Books. Plymouth. 377 s.
- Haard, R.T. & Kramer, C.L. 1970. Periodicity of spore discharge in the Hymenomycetes. *Mycologia* 62: 1145-1169.
- Hirst, J.M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Ann. appl. Biol.* 39: 257-265.
- Hirst, J.M. & Stedman, O.J. 1963. Dry liberation of fungus spores by raindrops. *J. gen. Microbiol.* 33: 335-344.
- Ingold, C.T. 1966. Aspects of spore liberation: violent discharge. Julkaisussa: Madelin, M.F. (toim.), *The Fungus Spore*. Butterworths, London. Colston Papers 18: 113-133.
- Kallio, T. 1970. Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta For. Fenn.* 107, 55 s.
- Kurkela, T. 1973. Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and aspen (*Populus tremula* L.). *Seloste: Männyn versoruosteen ja haavanruosteen epifytologia. Commun. Inst. For. Fenn.* 79(4), 68 s.





# Surmakan monimuotoisuus Suomessa

Michael Müller ja Rauni Kantola

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

## Johdanto

Surmakka (*Gremmeniella abietina*, (Lagerb.) Morelet) on kotelosieni, joka aiheuttaa mm. männyllä versosurma-nimistä tautia (aikaisemmin männynversosypä). Surmakka on Suomessa tyvitervastaudin ohella merkittävin taudin aiheuttaja männyllä. Versosurman aiheuttamia tuhoja on tavattu useimmissa Euroopan maissa ja mm. Siperiassa, Japanissa ja Pohjois-Amerikassa. Surmakan tiedetään voivan infektoida ainakin 47 eri havupuulajia (Stephan and Schulze 1987). Suomessa se vahingoittaa lähinnä mäntyjä ja vähemmässä määrin kuusia. Lisäksi se on aiheuttanut pahoja tuhoja mm. Pohjois-Amerikan itäosissa ja Ruotsin kontortamänniköissä. Surmakkaa on löydetty myös oireettomien mäntyjen oksista (Hellgren ja Barklund 1992; Petrini ym. 1990) ja on mahdollista, että tämä sieni kuuluu ainakin paikka paikoin männyn normaalimikrobistoon.

Versosurman esiintymiseen vaikuttavat ennenkaikkea sääolosuhteet, puuston ikä ja tiheys sekä maaston muoto. Viileä sateinen kasvukausi on sienien itiöimiselle ja itiölevinnälle edullista. Erityisen alttiita ovat varjoisat tiheät metsät alavilla alueilla. Tautia aiheuttavan mikrobin virulenssin merkityksestä taudin puhkeamiseen ja tuhon laajuuteen on hyvin vähän tietoa.

Suomessa esiintyvät surmakat kuulunevat pääasiassa alalajiin *G. abietina* v. *abietina*. Proteiinikoostumuksen ja immunologisten ominaisuuksiensa perusteella on voitu erottaa tästä alalajista eurooppalainen, aasialainen ja amerikkalainen rotu (Dorworth ja Krywienczyk 1975; Petrini ym. 1989). Suomessa on kuvattu kaksi morfologialtaan poikkeavaa surmakkatyyppiä A ja B, jotka aiheuttavat jonkin verran erilaisen taudinkuvan männysssä (Uotila 1993). Lisäksi tyyppin B surmakkakannat tuottavat huomattavasti enemmän koteloitioita kuin tyyppin A kannat (Uotila 1992). Pohjois-Suomessa esiintyy pääasiassa tyyppiä B, joka tarttuu vain männyn taimiin ja Etelä-Suomessa esiintyy runsaammin tyyppiä A. Tyyppi A pystyy aiheuttamaan tautia varttuneissakin männysissä. Surmakan esiintymisen ymmärtämiseksi on oleellista tuntea taudinaiheuttajan monimuotoisuus, ja missä määrin eri muotojen infektiivisyys ja pahanlaatuisuus vaihtelee. Jotta taudin torjuntamahdollisuuksia voidaan arvioida, täytyy kyetä tunnistamaan pahanlaatuisimmat surmakkakannat ja tuntea niiden erityispiirteet. Vertailun vuoksi viittaamme juurikkääppään kohdistuneeseen perustutkimukseen (Korhonen 1993). Suomesta on löydetty tähän mennessä kaksi selvästi toisistaan poikkeavaa juurikkääppää, joita torjutaan eri tavalla.

Metsäntutkimuslaitoksessa on kehitetty uusi menetelmä sienien tunnistukseen niiden rihmastokasvustoista (Müller, Kantola ja Kitunen 1993). Menetelmä on muunnos bakteereille käytetystä ns. rasvahappotunnistusmenetelmästä, ja se perustuu keinoalustalla kasvatettujen sienirihmastojen rasvahappo- ja sterolipitoisuuksien vaihteluun. Monien aikaisemmin vaikeasti tunnistettavien sienien tutkimuksen oletetaan nyt helpottuvan oleellisesti tämän menetelmän myötä. Tässä raportissa esitetään Suomesta

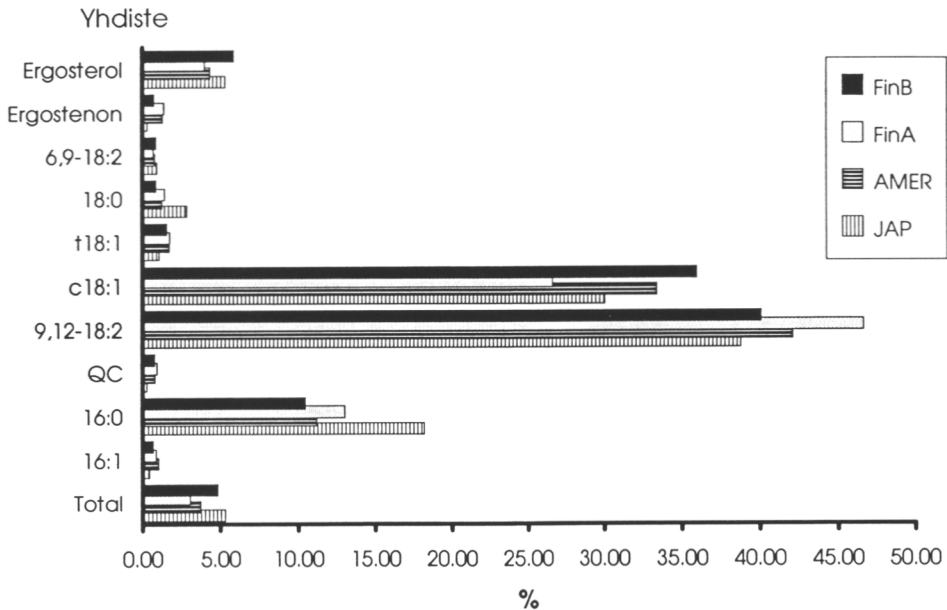
eristettyjen surmakkakantojen rasvahappo- ja steroliprofiileja (=FAST-profiileja) ja verrataan niitä eräitten ulkomaisten surmakkakantojen vastaaviin. Aikaisempaa julkaistua tietoa surmakan rasvahappokoostumuksesta ei ole.

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa käytettiin 69 surmakkakantaa, joista viisi lukeutuvat aasialaiseen, kuusi pohjois-amerikkalaiseen ja 57 eurooppalaiseen rotuun. Aasialaisen rodun edustajat ovat peräisin Japanista Hokkaidon saarelta. Pohjois-amerikkalaiset ovat peräisin USA:sta ja Kanadasta. Kuusi eurooppalaisen rodun edustajaa ovat peräisin Pohjois-Amerikasta. Suomalaisia kantoja tutkittiin 49, joista 11 oli määritetty tyypiksi A ja 16 tyypiksi B.

Sieniä kasvatettiin petrimaljoilla  $21 \pm 1$  °C:ssa pimeässä 36 vrk kahdella eri kasvualustalla: appelsiini- mallasuuteagar ja peruna-tomaattiuuteagar. Ennen siirrostusta peitettiin agar sellofaanikalvolla kasvuston talteenoton helpottamiseksi. Kukin kanta kasvatettiin 2-3 kertaa ja kasvatuksien jälkeen maljat valokuvattiin ja niistä otettiin 1,5 g:n näytteet rasvahappouuttoa varten.

Ennen uuttoa näytteet jäädytettiin nestemäisellä tyypellä ja homogenisoitiin kuumamylyllä (Dismembrator II, Braun, Saksa). Tämän jälkeen näytteet kylmäkuivattiin. Uuttoa varten punnittiin 40 mg kylmäkuivattua sienimassaa uuttoputkiin. Näytteet uutettiin ja metyloitiin Millerin ja Bergerin (1985) menetelmän muunnosta käyttäen (Müller, Kantola ja Kitunen 1993). Rasvahappojen metyyliesterit ja sterolit (=FAST-profiilit) määritettiin kaasukromatografilla (Hewlett-Packard, 5980).

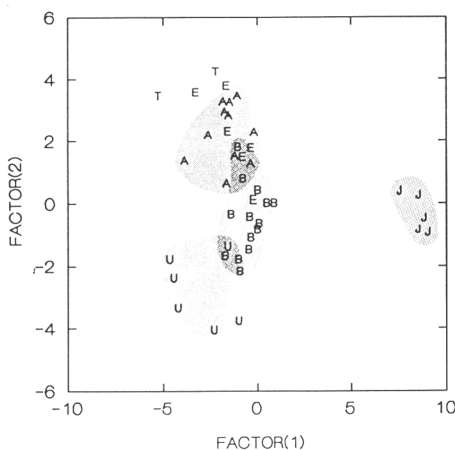


Kuva 1. Neljän versosurmakkaryhmän rasvahappo- ja steroliprofiilit peruna-tomaattiuuteagarilla. FinA = Suomi, tyyppi A, AMER = Pohjois-Amerikka, amerikkalainen rotu, FinB = Suomi, tyyppi B, JAP= Japani, aasialainen rotu. Yhdisteet on merkitty %:na niiden kokonaismäärästä. Kuvaan on merkitty vain ne yhdisteet, joiden keskimääräinen pitoisuus on ollut vähintään (=total) 1 %. Lisäksi kuvassa näkyy rasvahappojen ja sterolien yhteismäärä %:na sieninäytteen kuivapainosta.

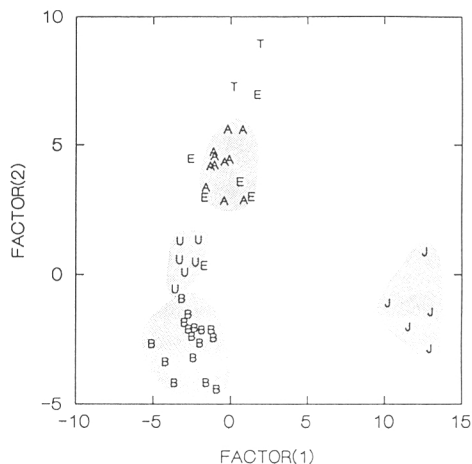
Tuloksia tutkittiin käyttämällä monimuuttujaerotteluanalyysiä (Systat, versio 5.1, Systat Inc., Evanston, Illinois, USA). Ne yhdisteet huomioitiin, joiden määrä oli yhdelläkin kannalla toistettavasti vähintään 1 % havaittujen sterolien ja rasvahappojen kokonaismäärästä. Analyysissä olivat japanilaiset, amerikkalaiset sekä suomalaiset A- ja B-tyypin kannat *a priori* -ryhminä.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkituista surmakkakannoista löydettiin 13 erilaista rasvahappoa ja viisi eri sterolia. Näiden yhdisteiden kokonaismäärä (=Total) vaihteli välillä 1,1 ja 12,8 % kuivapainosta. Eniten näytteissä oli linoli-happoa (9,12-18:2), oleiinihapon cis-isomeeriä (c18:1) sekä palmitiinihappoa (16:0) (Kuva 1). Yhtä rasvahappoa (QC) ei pystytty tunnistamaan. Kuvassa 1 esitetyn neljän sieniryhmän väliset erot useimpien rasvahappo- ja sterolipitoisuuksien (Ergosterol, Ergostenon, 18:0, c18:1, T18:1, 9,12-18:2, QC, 16:0) sekä ko. yhdisteiden kokonaismäärien (=Total) osalta olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $p < 0.001$ ).



Kuva 2. Erotteluanalyysi appelsiini-mallasuuteagarilla kasvatettujen versosurmakkakantojen rasvahappo- ja steroliprofiileille. A = Suomi, tyyppi A; U = Pohjois-Amerikka, amerikkalainen rotu. B = Suomi, tyyppi B; J = Japani, aasialainen rotu, T = Italia, E = Pohjois-Amerikka, eurooppalainen rotu, *A priori* -ryhmät (A, B, U ja J) on varjostettu.



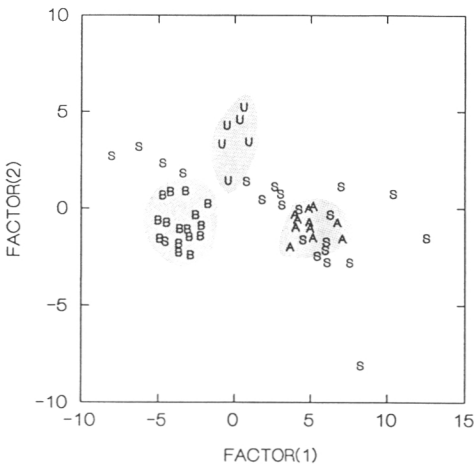
Kuva 3. Erotteluanalyysi tomaatti-perunauuteagarilla kasvatettujen versosurmakkakantojen rasvahappo- ja steroliprofiileille. Merkit ovat samat kuin kuvassa 2.

Errotteluanalyysin mukaan japanilaiset kannat poikkeavat eurooppalaisista ja amerikkalaisista selvästi riippumatta käytetystä kasvualustasta (Kuvat 2 ja 3). Perunatomaattiuuteagarilla kasvatetut tyyppin A ja B kannat eroavat toisistaan omina ryhminään mutta appelsiini-mallasuuteagarilla kasvatetut eivät täysin erotu toisistaan. Saadut tulokset vahvistavat aikaisempia havaintoja, joiden mukaan Suomessa esiintyy vähintään kah-

dentyypistä surmakkaa. Amerikkalaisen rodun edustajien FAST-profiilit ovat lähinnä suomalaisten tyyppin B kantojen kaltaisia. Surmakan amerikkalainen rotu sekä suomalainen tyyppi B aiheuttavat versosurman oireita lähinnä männyn taimikoissa ja vain satunnaisesti varttuneiden mäntyjen alaoksissa. Näin kahden surmakkaryhmän FAST-profiilien samankaltaisuus vastaa myös samankaltaisuutta niiden aiheuttamassa taudinkuvassa.

Amerikasta eristetyistä kuudesta eurooppalaisen rodun edustajasta viisi ryhmittyi molemmissa aineistoissa (kuvat 2 ja 3) tyyppin A kantojen tuntumaan. Yksi ryhmittyi kuvassa 2 tyyppin B kantojen joukkoon ja kuvassa 3 amerikkalaisen rodun kantojen joukkoon.

Tyyppin A esiintyminen painottuu Suomessa Keski- ja Etelä-Suomeen ja tyyppin B esiintyminen Pohjois-Suomeen (Uotila 1993). Aiemmin kuromaitiöiden soluluvun mukaisessa jaossa A-tyyppiä on esiintynyt Keski-Euroopassa lähinnä alavilla alueilla ja B-tyyppiä erityisesti Alpeilla (Ettlinger 1945). Tutkimuksessa olleiden kahden italialaisen kannan FAST-profiilit muistuttavat eniten tyyppin A, eli Suomessa etelään painottuvan tyyppin vastaavia profiileja



Kuva 4. Kuvan 3 erotteluanalyysi uudestaan ilman japanilaisia kantoja. Merkit ovat samat kuin kuvassa 2, lisäksi: S = Suomesta eristettyjä tarkemmin määrittämättömiä kantoja.

Suomessa esiintyy mahdollisesti muitakin surmakkatyyppisiä kuin mainitut A ja B. Kuvan 4 erotteluanalyysissä oli mukana 22 Suomesta eristettyä *G. abietina* kantaa, jotka on määritetty vain lajin tarkkuudella. Näistä monet sijoittuvat ryhmien A ja B tuntumaan, mutta varsin monien FAST-profiilit poikkeavat selvästi A:n ja B:n profiileista. Vaikka tämä aineisto on suppea, voidaan tuloksien mukaan ounastella Suomessa esiintyvän muitakin surmakkatyyppisiä kuin A ja B, jotka mahdollisesti poikkeavat toisistaan myös infektiovaltaan.

Tutkimusta jatketaan mm. vertaamalla männynssä elävien ei-patogeenisten kantojen ominaisuuksia oireita aiheuttavien kantojen ominaisuuksiin. Surmakan monimuotoisuuden, eri muotojen diagnostiikan sekä niiden ominaisuuksien tutkiminen on edellytys tämän taudin esiintymisen ymmärtämiselle.

Kiitämme MMK Raija-Liisa Petäistöä ja MMT Antti Uotilaa surmakkakantojen luovuttamisesta käyttöömme. Prof. Timo Kurkela, MMT Antti Uotila, MML Anna-Majja Hallaksela ja MMK Heikki Nuorteva tutustuivat käsikirjoitukseen ja tekivät arvokkaita korjausehdotuksista.

## Kirjallisuus

- Dorworth C.E. & Krywiencyk, J. 1975. Comparisons among isolates of *Gremmeniella abietina* by means of growth rate, conidia measurement, and immunogenic reaction. *Can. J. Bot.* 53: 2506-2525.
- Ettlinger, L. 1945. Über die Gattung *Crumenula* sensu Rehm mit besonderer Berücksichtigung des *Crumenula*-Triebsterbens der Pinus-Arten. *Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz* 10 (1): 75 s.
- Hellgren M. & Barklund, P. 1992. Studies of the life cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots pine in southern Sweden. *Eur. J. For. Path.* 22: 300-311.
- Korhonen K. 1993 Juurikäävän torjunta. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja no. 460: 53-60.
- Miller L. & Berger T. 1982. Bacteria identification by gas chromatography of whole cell fatty acids. Hewlett-Packard Application Note 228-41, Hewlett-Packard, Avondale, PA. 8 s.
- Müller M.M., Kantola, R. & Kitunen, V. 1993. Combining sterol and fatty acid profiles for the characterization of fungi. Käsikirjoitus toimitettu julkaistavaksi lehteen *Mycological Research*.
- Petrini O., Petrini, L.E., Laflamme, G. & Ouellette, G.B. 1989. Taxonomic position of *Gremmeniella abietina* and related species: a reappraisal. *Can. J. Bot.* 67: 2805-2814.
- Petrini O., Toti, L., Petrini, L.E. & Heiniger, U. 1990. *Gremmeniella abietina* and *G. laricina* in Europe: characterization and identification of isolates and laboratory strains by soluble protein electrophoresis. *Can. J. Bot.* 68: 2629-2635.
- Stephan B.R. & Schulze, I. 1987. Scleroderris canker disease of conifers. Bibliography of the disease and its pathogen during the last 100 years (1883-1986). IUFRO Working Party, S 2.06.02 Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Grosshansdorf, Federal Republic of Germany.
- Uotila A. 1992. Mating system and apothecia production in *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 22: 410-417.
- Uotila A. 1993. Genetic variation of *Gremmeniella abietina* in Finland. Julkaisussa: Jalkanen R., T. Aalto & M.-L. Lahti (toim.) *Forest Pathological Research in Northern Forests with a Special Reference to Abiotic Stress Factors*. Extended SNS Meeting in Forest Pathology in Lapland, Finland, 3-7. August 1992.. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja no. 451: 119-122.



# Metsiemme terveydentila ja tuhonaiheuttajat - mielipidekyselyn tuloksia

**Katriina Lipponen**

Metsäntutkimuslaitos, Pl 18, 01301 Vantaa

## Johdanto

Metsäntutkimuslaitos on antanut tarvittaessa asiantuntija-apua erilaisissa metsätuhoihin liittyvissä kysymyksissä koko toimintansa ajan. Metsäntutkimuslaitoksen tehtäviin on myös pitkään kuulunut äkillisten metsätuhojen tarkkailu ja niistä raportointi. Metsäntutkimuslaitoksen metsätuhoihin liittyvää palvelutoimintaa on pyritty hoitamaan vuoden 1992 alusta lähtien keskitetysti metsätuho palvelun kautta. Palvelu vastaa metsätuhoja koskeviin tiedusteluihin, tutkii laitokselle lähetetyt tuhonäytteet ja tekee tarvittaessa maastokäyntejä. Palvelu toimii keskusyksikössä ja tutkimusasemilla olevan yhdysmiesverkoston avulla.

Metsätuho palvelu teki toimintansa kehittämiseksi kesällä 1992 mielipidekyselyn. Kyselyllä tiedusteltiin vastaajien kokemuksia Metsäntutkimuslaitoksen aikaisemmasta metsätuhoihin liittyvästä palvelutoiminnasta sekä kartoitettiin vastaajien hyvälle palvelulle asettamia toiveita ja odotuksia. Lisäksi tiedusteltiin vastaajien mielipidettä mm. metsien terveydentilasta sekä metsätuhoonaiheuttajista.

Mielipidekysely kohdistettiin Pääkaupunkiseudun Metsänomistajat ry:n jäsenille, kaikkiin metsänhoitoyhdistyksiin sekä metsälautakuntiin. Lähetetyistä lomakkeista (858 kpl) palautettiin täytettyinä 58,5 %. Metsäammattilaiset vastasivat kyselyyn yksityismetsänomistajia useammin, sillä metsäammattilaisten vastausprosentti oli 68,9 % ja Metsänomistajat ry:n vastaajien 45,1 %.

Tässä esitetään tuloksia vastaajia, metsien terveydentilaa ja tuhonaiheuttajia käsittelevien kysymysten osalta. Aineisto koostuu kaikkiaan 502 henkilön vastauksista ja kysely kattaa noin 7 milj. hehtaarin metsäpinta-alan. Tulokset ovat ennakkotuloksia.

## Taustatietoja vastaajista

Kahdeksan vastaajaa kymmenestä oli miehiä. Naisia vastaajien joukossa oli 16,3 %. Naiset jakaantuivat epätasaisesti eri vastaajaryhmiin. Metsänomistajat ry:n vastaajista neljä kymmenestä oli naisia ja metsäammattilaisista vain noin joka kahdeskymmenes.

Kyselyyn vastanneet Metsänomistajat ry:n jäsenet olivat selvästi vanhempia kuin metsäammattilaiset. Alle 35 -vuotiaita vastaajia oli Metsänomistajat ry:n joukossa vain 6,5 % ja noin joka neljännen vastaajan ikä oli yli 65 vuotta. Metsäammattilaisista alle 35 -vuotiaita oli yli kolmannes, eikä yksikään vastaaja ilmoittanut iäkseen yli 65 vuotta. Metsänomistajat ry:n jäsenet olivat omistaneet metsää keskimäärin 21,5 vuotta ja metsäammattilaiset toimineet metsälalla 18,1 vuotta.

Vastaajista kaksi kolmannesta oli metsäammattilaisia. Näistä neljällä kymmenestä oli myös omaa metsää. Metsänomistus oli metsänhoitoyhdistyksissä toimivien metsäm-

mattilaisten joukossa jonkin verran yleisempää kuin metsälautakunnissa. Metsäammattilaismetsänomistajat omistivat metsää keskimäärin 51 hehtaaria ja Metsänomistajat ry:n jäsenet 68,7 hehtaaria. Jälkimmäinen luku sisältää joitakin perikuntia, joten omistuspinta-alojen ero oli todellisuudessa pienempi.

Valtaosa (80,2 %) metsänhoitoyhdistyksiin ja metsälautakuntiin lähetettyihin kysymyslomakkeisiin vastanneista oli koulutukseltaan metsätalousinsinööriä. Metsänhoitajia oli joukossa 7,2 % ja metsätalousteknikoita 4,2 %. Lopuilla oli jokin muu metsäalan koulutus tai koulutusta koskevaan kysymykseen ei vastattu.

## Vastaajat huolestuneita metsien terveydentilasta ja metsätuhoista

Vastaajat jaettiin tuloksia laskettaessa kolmeen vastaajaryhmään, joista ensimmäisen muodostivat Pääkaupunkiseudun Metsänomistajat ry:n jäsenet ( $n = 169$ ), toisen metsäammattilaismetsänomistajat ( $n = 130$ ) ja kolmannen ne metsäammattilaiset ( $n = 203$ ), jotka eivät omistaneet metsää.

Keskimäärin 97 vastaajaa sadasta oli huolissaan Suomen metsien terveydentilasta. Huolestuneita oli suhteellisesti eniten metsäammattilaisten joukossa, sillä lähes kaikki tämän ryhmän vastaajat (99,0 %) ilmoittivat olevansa ainakin vähän huolissaan asiasta. Metsänomistajat ry:n vastaajien huolestuneisuus oli vähäisempää, mutta asteeltaan voimakkaampaa kuin metsäammattilaismetsänomistajien tai metsäammattilaisten huolestuneisuus. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmässä oli eniten myös niitä, jotka eivät olleet lainkaan huolissaan Suomen metsien terveydentilasta.

Omasta tai vastuulla olevan metsän terveydentilasta huolestuneisuus oli sekä yksityismetsänomistajien että metsäammattilaisten keskuudessa jonkin verran vähäisempää kuin kuin huolestuneisuus yleisesti koko Suomen metsien terveydentilasta. Keskimäärin 93 vastaajaa sadasta ilmaisi huolestuneisuutensa oman tai vastuualueensa metsän terveydestä. Vastaajaryhmien välillä ei ollut eroa huolestuneisuutensa ilmaisseiden vastaajien kokonaismäärässä, mutta huolestuneisuuden asteet poikkesivat. Metsänomistajat ry:n vastaajien joukossa joka neljäs ja metsäammattilaisista joka viides vastaaja oli paljon huolissaan metsänsä terveydestä. Vähiten "paljon" ja eniten "ei" oman tai vastuullaan olevan metsän terveydestä huolestuneita vastaajia oli metsäammattilaismetsänomistajien joukossa.

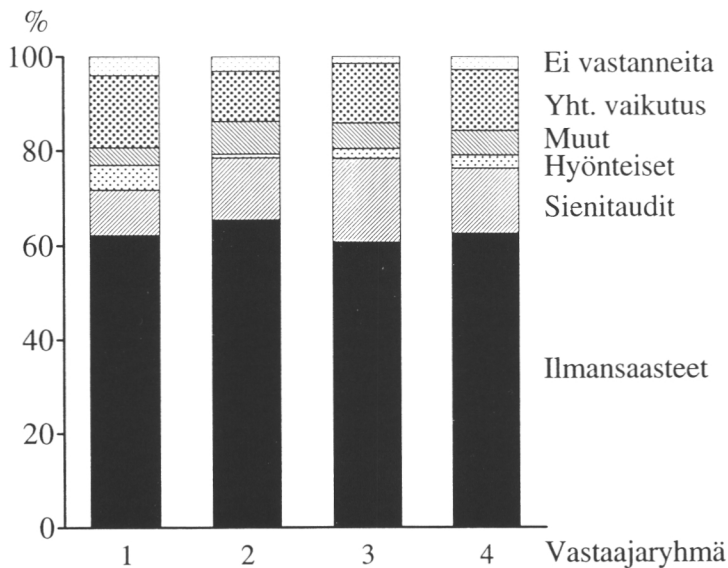
Kolme neljäsosaa mielipidekyselyyn vastanneista oli sitä mieltä, että metsätuhot ovat lisääntyneet Suomessa ainakin "vähän" viiden viimeisen vuoden aikana. Vastaajaryhmien välillä ei ollut eroa, jos vastaajien mielipidettä tuhojen lisääntymisen asteesta ei oteta huomioon. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmä piti tilannetta kuitenkin synkempänä kuin muut, kun tuhojen lisääntymisen aste otetaan huomioon. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmässä 11 henkilöä sadasta ilmoitti metsätuhojen lisääntyneen "paljon" viimeisen viisivuotiskauden aikana. Metsäammattilaismetsänomistajien ja metsäammattilaisien ryhmissä samaa mieltä oli vain viisi vastaajaa sadasta.

Metsäammattilaismetsänomistajista 19,2 % ja metsäammattilaisista 16,7 % oli sitä mieltä, etteivät metsätuhot ole lisääntyneet Suomessa viiden viimeisen vuoden aikana. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmässä tätä mieltä oli vain 8,9 %:a vastaajista. Toisaalta Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmässä oli eniten niitä, jotka eivät osanneet sanoa, ovatko metsätuhot lisääntyneet viime vuosina. Metsänomistajat ry:n jäsenistä 19,5 %, mutta metsäammattilaisista 6,7 % ja metsäammattilaismetsänomistajista vain 2,3 %, vastasi kysymykseen metsätuhojen lisääntymisestä "en osaa sanoa".



## Metsätuhonaiheuttajat

Ilmansaasteet ovat tämän mielipidekyselyn perusteella pahin uhka Suomen metsien terveydelle, sillä 62 vastaajaa sadasta nimesi ilmansaasteet pahimmaksi tuhonaiheuttajaryhmäksi (kuva 1). Kaikki vastaajaryhmät olivat asiasta lähes samaa mieltä. Keskimäärin 14 vastaajaa sadasta piti sienitauteja pahimpana tuhonaiheuttajaryhmänä metsissä. Metsäammattilaiset ja metsäammattilaismetsänomistajat merkitsivät vastauksissaan sienitaudit useammin pahimmaksi tuhonaiheuttajaryhmäksi kuin Metsänomistajat ry:n jäsenet.



Kuva 1. Tuhonaiheuttajaryhmien suhteelliset osuudet vastaajaryhmittäin. Kysymyksessä vastaajaa pyydettiin nimeämään pahin tuhonaiheuttajaryhmä Suomen metsissä Vastaajaryhmät: 1 = Pääkaupunkiseudun Metsänomistajat ry, 2 = Metsäammattilaismetsänomistajat, 3 = Metsäammattilaiset, 4 = kaikki vastaajat yhteensä (n = 502).

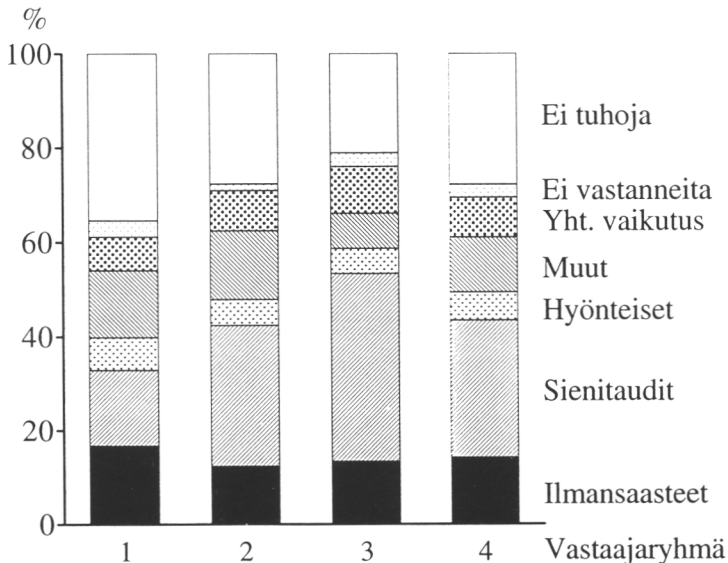
Keskimäärin 13 vastaajaa sadasta oli sitä mieltä, että pahimmaksi metsätuhojen aiheuttajaksi ei voida nimetä yhtä tuhonaiheuttajaryhmää, vaan Suomen metsien terveydentilan heikkeneminen on eri tuhonaiheuttajaryhmien yhteisvaikutusta. Näitä vastauksia varten muodostettiin tuloksia laskettaessa tuhonaiheuttajaryhmä "yhteisvaikutus". Vastausten perusteella tapahtumaketju on useimmiten seuraavanlainen: Puiden vastustuskyky heikkenee ensin ilmansaasteiden vaikutuksesta, minkä jälkeen sienitaudit tai joissakin tapauksissa myös hyönteiset pääsevät täydentämään tuhotapahtuman. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmä oli muita ryhmiä useammin sitä mieltä, että pahimmat metsätuhot ovat seuraus "yhteisvaikutuksesta" (kuva 1).

Hyönteisten kohdalla vastaajaryhmien mielipiteet erosivat selvästi toisistaan. Metsänomistajat ry:n vastaajaryhmä merkitsi hyönteistuhot pahimmaksi tuhonaiheuttajaryhmäksi selvästi useammin kuin metsäammattilaiset tai metsäammattilaismetsänomistajat (kuva 1). Hyönteistuhojen merkitys tuhonaiheuttajaryhmänä oli tämän mielipidekyselyn perusteella pieni, sillä vain 2,8 % vastaajista merkitsi hyönteistuhot pahimmaksi tuhonaiheuttajaryhmäksi.

Tuhonaiheuttajaryhmä "muut" sisälsi mm. hirvi- ja myyrätuhot. Vastaajat kirjasivat tähän tuhonaiheuttajaryhmään myös erilaisia metsänhoitoon tai -käsittelyyn liittyviä syitä

esim. metsien yli-ikäistyminen ja hakkaamattomuus, liika männyn suosiminen ja "lehtipuuviha" sekä elottomia ympäristötekijöitä kuten pakkasen, lumi ja myrskyt. Keskimäärin vain joka kahdennenkymmenen vastaajan mielestä tämä ryhmä aiheutti pahimmat tuhot metsissämme.

Ilmansaasteet koettiin uhkaksi lähinnä valtakunnanlaajuisesti, koko Suomen metsiä ajatellen. Omassa metsässä tai vastuualueella ilmansaasteita piti pahimpana tuhonaiheuttajaryhmänä enää 14 vastaajaa sadasta. Vastaajaryhmien välillä ei ollut suuria eroja. Metsänomistajat ry:n jäsenet olivat kuitenkin jonkin verran useammin kuin metsäammattilaisten vastaajaryhmät sitä mieltä, että ilmansaasteet oli pahin tuhonaiheuttajaryhmä myös heidän omassa metsässään (kuva 2).



Kuva 2. Tuhonaiheuttajaryhmien suhteelliset osuudet vastaajaryhmittäin. Kysymyksessä vastaajaa pyydettiin nimeämään pahin tuhonaiheuttajaryhmä vastaajan omassa metsässä tai vastuualueella. Vastaajaryhmät: 1 = Pääkaupunkiseudun Metsänomistajat ry, 2 = Metsäammattilaismetsänomistajat, 3 = Metsäammattilaiset, 4 = kaikki vastaajat yhteensä (n = 502)

Sienitaudit olivat tämän mielipidekyselyn perusteella pahin tuhonaiheuttajaryhmä vastaajien omassa metsässä tai vastuualueella, sillä keskimäärin 30 vastaajaa sadasta piti sienitauteja pahimpana tuhonaiheuttajaryhmänä näillä alueilla (kuva 2). Sienitautien kohdalla vastaajaryhmien mielipiteet poikkesivat selvästi toisistaan. Metsäammattilaisista 40, metsäammattilaismetsänomistajista 30, mutta Metsänomistajat ry:n jäsenistä vain 16 henkilöä sadasta oli sitä mieltä, että sienitaudit aiheuttivat pahimmat tuhot heidän omassa metsässään tai vastuualueellaan.

Tuhonaiheuttajaryhmät "muut" ja "hyönteiset" esiintyivät pahimpana tuhonaiheuttajaryhmänä vastaajien omassa metsässä tai vastuualueella kaksi kertaa niin usein kuin koko valtakunnan metsissä (kuvat 1 ja 2). Tuhonaiheuttajaryhmän "yhteisvaikutus" merkitystä taas pidettiin näillä alueilla merkityksettömämpänä kuin valtakunnanlaajuisesti, sillä vain 8 vastaajaa sadasta oli sitä mieltä, että heidän omaan metsäänsä tai vastuualueelleen kohdistuvat tuhot olivat eri tuhonaiheuttajaryhmien yhteisvaikutuksen seurausta.

## Metsätuhonaiheuttajien alueellinen jakaantuminen

Vastaajia pyydettiin nimeämään pahin metsätuhonaiheuttaja sekä Suomessa että omassa metsässä tai vastuualueella. Vastauksista voitiin selvästi havaita, että kuusentyvilahoa esiintyy erityisesti Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uusimaa-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen ja Etelä-Karjalan metsälautakuntien metsissä. Männyntyvitervasalue keskittyy tämän mielipidekyselyn perusteella Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon ja Pohjois-Karjalan metsälautakuntien alueille ja männyntversosurma pääasiassa maamme länsi- ja keskiosiin Lounais-Suomen, Satakunnan, Pirkka-Hämeen, Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan metsälautakuntiin sekä lisäksi Koillis-Suomeen ja Lappiin. Männyntversoruoste on ongelma varsinkin Pohjanmaan lautakuntien metsissä sekä Lapissa.

Vastauksista voitiin selvästi tunnistaa kesän 1992 männyntneulaskariste-epidemia Uusimaa-Hämeen ja Itä-Hämeen metsälautakuntien alueilla. Muita nimeltä mainittuja alueellisesti rajoittuneempia sienitauteja olivat koivunlaikkutauti Pirkka-Hämeessä, kuusensuopursuruoste Satakunnassa, kuusentuomiruoste Etelä-Karjalassa sekä männyntlumihome Etelä-Pohjanmaalla. Tervasrosaa pidettiin tuhoisana varsinkin Helsingin metsälautakunnan alueella.

Ruskomäntypistiäisen toukat ovat tämän mielipidekyselyn perusteella aiheuttaneet viime vuosina männyllä pahoja tuhoja varsinkin Lounais-Suomessa, Satakunnassa, Etelä- ja Itä-Savossa sekä Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Etelä-Pohjanmaalla on esiintynyt myös pilkkumäntypistiäistä. Muista hyönteisistä nimeltä mainittiin vain tukkimiehentäi männynt taimikoissa Etelä- ja Pohjois-Savossa sekä Keski-Suomessa.

Hirvi- ja myyrätuhoja esiintyy vastausten perusteella tasaisesti koko maassa. Vuoden 1992 runsas myyräkanta näkyi selvästi Itä-Hämeen ja Itä-Savon vastauksista. Alueilla, joilla tämän mielipidekyselyn perusteella esiintyy vain vähän tuhoja, kuten esim. Pohjois-Savo, hirvet mainittiin usein pahimmiksi tuhonaiheuttajiksi. Jäniksillä oli merkitystä tuhonaiheuttajina Etelä-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Joidenkin metsälautakuntien alueilla esiintyi tuhonaiheuttajia, joista ei ole haittaa muualla. Tälläisiä tuhonaiheuttajia ovat metsäkanalinnut Etelä-Pohjanmaalla, majavat Pohjois-Karjalassa ja peurat Lounais-Suomessa.









Kansikuva: Surmakan (*Gremmeniella abietina*) kasvusto keinoalustalla.  
Valok. Michael Müller.

ISBN 951-40-1285-2  
ISSN 0358-4283