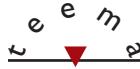


Seppo Nevalainen ja Ulla Mattila

## Mitkä tekijät lisäävät männynversosurmaa Etelä-Suomessa?



### Taustaa

**M**ännynversosurma on valtakunnan metsien inventoinnin mukaan yleisin männyn sienitauti Etelä-Suomessa. Sitä esiintyy 10–11 %:ssa männiköitä. Metsikön laatua alentavia tuhoja tavataan puolestaan n. 3 %:ssa männiköitä.

Laaja-alaisia epidemioita on Suomessa viimeksi havaittu vuosina 1982 ja 1988. Kesällä 2001 versosurma aiheutti laajalti männyn alaluvusten rusketumista maan eteläosissa (kuva 1) sekä taimituhoja pohjoisessa. Myös Etelä-Ruotsissa versosurmaa tavattiin erittäin runsaasti.

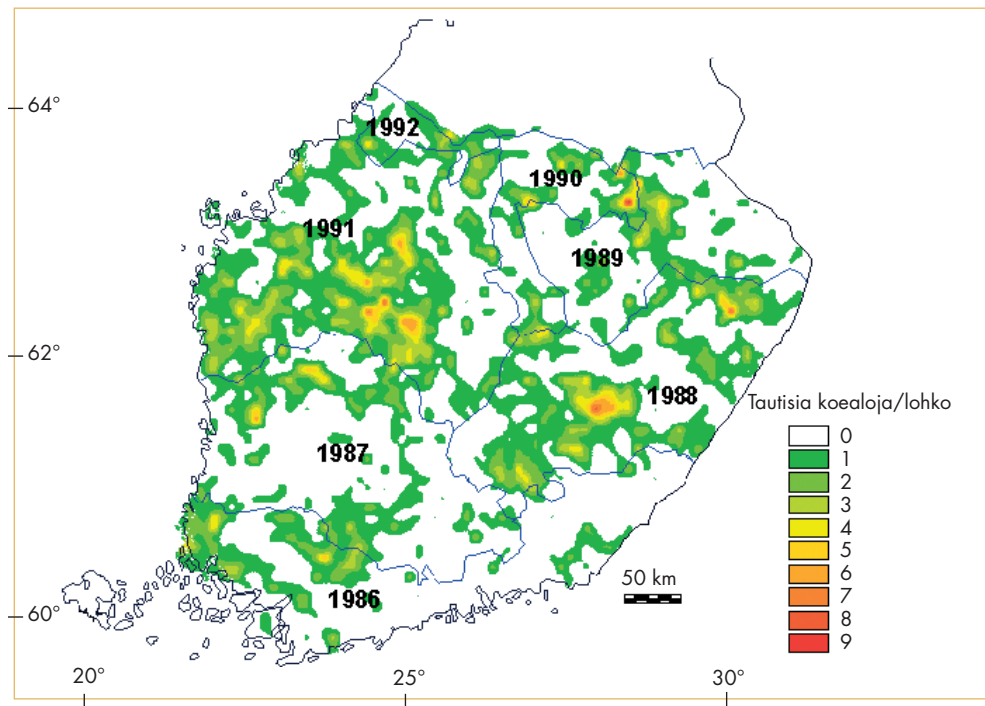
Taudin aiheuttaa *Gremmeniella abietina* -niminen kotelosieni. Siitä tunnetaan useita eri rotuja. Taudinaiheuttaja leviää kuromaitiöillä keväällä tai koteloitiöillä keskikesän aikana. Kuromaitiöt levittävät tautia sateen mukana lähiympäristön puihin, koteloitiöt puolestaan ovat taudin kaukolevittäjiä.

Useat ympäristötekijät voivat lisätä metsiköiden alttiutta *Gremmeniella abietina* -infektioille. Tauti runsastuu selvästi viileiden ja sateisten kasvukausien jälkeen. Kasvupaikalle sopimattomien alkupeurien viljely lienee tärkein altistava tekijä (kolme viitettä). Kun puut ovat sopivaa alkuperää, epidemioiden syntyä määräävät säätekijöiden ohella kasvupaikkatekijät. Pohjoisrinteet, jyrkät laaksot ja muut maaston syvänteet ovat aikaisempien tutkimusten mukaan riskialteimpia paikkoja. Myös metsikön tiheys tai varjostus lisää tautia. Ilman epäpuhtauksien vaikutusta ei ole voitu vahvistaa kokeissa tai maastohavainnoin ainakaan pohjoismaissa.



**Kuva 1.** Versosurman aiheuttamaa männyn latvuksen rusketumista.

Suurin osa metsiköiden taudinalttiutta koskevasta tiedostamme on peräisin pienimuotoisista maasto-inventoinneista tai järjestetyistä kokeista. Maastohavainnot on yleensä tehty taudin riskialueilla ja tä-



**Kuva 2.** Versosurman esiintyminen Etelä-Suomessa 8.VMI:n mukaan 1986–1992. Inventointivuodet on merkitty kuvaan. Alkuperäiset lohkohavainnot (1–21 koealaa/lohko) on interpoloitu 1 x 1 km:n rasteriksi ja keskiarvosuodatettu.

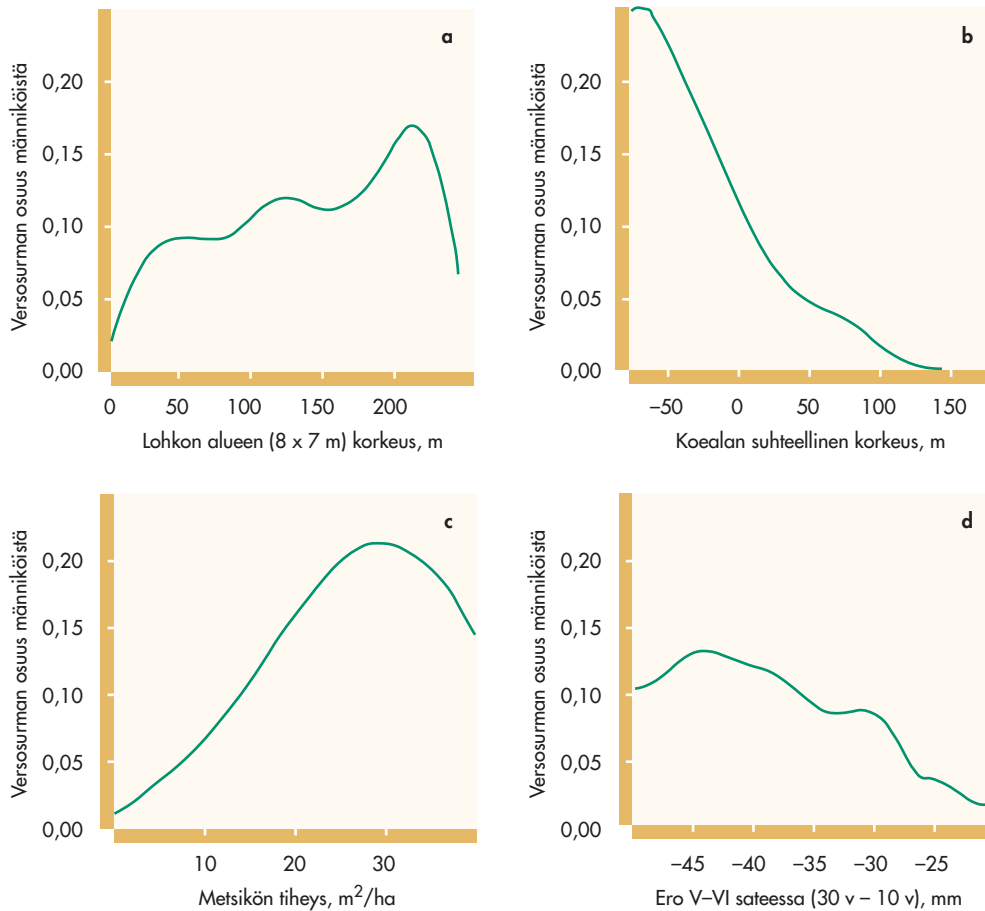
mä voi johtaa joidenkin tekijöiden ylikorostumiseen aineistossa. Kokeissa toisaalta voidaan testata vain yhtä tai kahta hypoteesia kerrallaan. On hyvin vähän tutkimuksia, joissa taudin esiintymistä olisi selvitetty laajojen, tilastollisesti luotettavien maastoaineistojen perusteella.

Tämän kirjoituksen tarkoituksena on esitellä niitä tekijöitä, jotka mahdollisesti vaikuttavat versosurman esiintymiseen, käyttäen hyväksi valtakunnan metsien inventoinnissa (8.VMI) kerättyä tuhoaineistoa. Lähestymistapa mahdollistaa useiden taudin esiintymisen vaikuttavien tekijöiden merkityksen selvittämisen samanaikaisesti, ja tarjoaa myös raaka-aineistoa mallitarkasteluihin. Lisäksi maastotietoon voidaan yhdistää esimerkiksi mallitettuja ilman epäpuhtauslaskeumia, korkeusmalleja ja säätekijöitä.

### Metsikkö- ja kasvupaikkatekijät

8.VMI:n mukaan tauti oli Etelä-Suomessa paljon yleisempi soilla kuin kivennäismailla (osuudet 16,6 % ja 8,4 %). Kivennäismailla tauti oli yleisempi rehevillä metsätyypeillä, ja toisaalta soistuneilla kasvupaikoilla. Turvemailla suon kuivatusaste vaikutti merkittävästi taudin yleisyyteen: luonnontilaisten soiden ja kivennäismaiden välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa taudin esiintymisessä, mutta sen sijaan jo turvekankaiksi luokitelluilla soilla tauti oli erittäin yleinen (21,4 %).

Metsikön tiheys (pohjapinta-ala) oli kuitenkin kaikista selvimmin yhteydessä taudin esiintymiseen, ja taudin osuus lisääntyi lähes lineaarisesti noin tiheyteen 28 m<sup>2</sup>/ha saakka (kuva 3c). Tautia esiintyi myös yllättävän vanhoissa metsissä, kivennäismaalla sitä oli eniten 65–70-vuotiaissa metsiköissä, ja turvemailla vieläkin vanhemmissa. Osittain tämä tulos johtunee vain puiden alalatuksiin kohdistuneiden



**Kuva 3.** Periaatteellinen esitys versosurman esiintymistä suhteessa joihinkin tärkeimpiin selittäviin muuttujiin.

lievien tuhojen yleisyydestä. Hiukan yllättävästi tautia esiintyi enemmän luonnontilaisissa kuin viljelyssä metsiköissä. Ero eri perustamistapojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä sekä kivennäis- että turvemaiilla (mutta vain rehevimmillä kasvupaikoilla). Tämäkin tulos johtunee osittain lievien tuhojen suuresta osuudesta luontaisesti uudistuneissa metsiköissä.

### Maaston korkeussuhteet

Digitaalisen korkeusmallin perusteella tehdyn tarkastelun mukaan versosurmatuhot lisääntyivät hiukan maaston absoluuttisen korkeuden lisääntyessä

kivennäismailla. Lohkon alueen korkeuden lisääntyessä lisääntyi sairaiden koealojen määrä selvästi (kuva 3a). Suhteellinen korkeus (metsikön korkeus – lohkon alueen korkeus) oli kuitenkin huomattavasti tärkeämpi kuin absoluuttinen korkeus. Tauti oli yleisempi sellaisilla koealoilla, jotka sijaitsivat suhteellisen korkealla, mutta alempana kuin alueen keskimääräinen korkeus (kuva 3b).

Maaston korkeuden vaikutus oli erilainen eri osissa Etelä-Suomea. Tauti keskittyi selvästi korkeille vedenjakaja-alueille Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalan pohjoisosissa, kun taas esim. Etelä-Savossa ja aivan länsirannikolla tautia esiintyi runsaasti myös alavilla alueilla.

Rinteen jyrkkyys korreloi negatiivisesti taudin eri

asteiden esiintymisen kanssa. Tauti ei ollut yleisin pohjoisrinteillä, vaan pikemminkin etelärinteillä, vaikka erot eri rinnesuuntien välillä eivät olleetkaan tilastollisesti merkitseviä. Mikrotopografia kunkin metsikön ympärillä ei näyttänyt juurikaan vaikuttavan taudin esiintymiseen.

### Säätekijät ja epäpuhtauslaskelmat

Mallitettujen rikin ja typen kokonaislaskeumien ja taudin esiintymisen välillä ei havaittu yhteyttä tässä aineistossa. Sen sijaan pohjamaan mallitettu emäskationipitoisuus korreloi (lievästi) positiivisesti taudin esiintymisen kanssa. Näitten havaintojen perusteella happamoittavilla laskeumilla ei näyttäisi olevan vaikutusta taudin esiintymiseen.

Kuukausittaisista, jokaiselle koelalle 10 vuotta ennen inventointihetkeä lasketuista säätekijöistä ainoastaan kesäkuukausien sademäärä korreloi erittäin merkitsevästi (ja positiivisesti) taudin esiintymisen kanssa. Näissä säätekijöissä on kuitenkin laskentatekniikasta johtuen mukana myös maaston korkeuden vaikutusta. Laskemalla 30-vuoden ns. normaalikauden ja edellä mainittujen säätekijöiden erotus, voidaan tästä korkeusvaikutuksesta päästä eroon. Näin lasketuista säätekijöistä (30 vuotta–10 vuotta) tärkeimmät olivat kevään sademäärän ja lämpötilan erotus. Molemmista tapauksissa tautia oli enemmän, jos kyseisellä alueella keväällä oli satanut runsaammin kuin normaalikautena keskimäärin (kuva 3d), tai, yllättävästi, jos kevät olivat olleet keskimääräistä lämpimämpiä. Myös syksyn vähäsateisuus sekä syksyn ja talven lämpimyyden näyttivät olevan yhteydessä taudin esiintymiseen.

### Metsikkötason tautiriskin mallitus

Männiköiden tautialttiutta metsikkötasolla tutkittiin aluksi ns. luokittelu- ja regressiopuomallin avulla, ja menetelmän avulla pystyttiin sängen tehokkaasti valitsemaan parhaita selittäviä muuttujia myöhempiin analyyseihin. Jo tässä vaiheessa oli mahdollista erottaa aineistosta ryhmiä joissa tautia oli poikkeuksellisen paljon tai poikkeuksellisen vähän.

Varsinainen riskimalli laadittiin monitasoisen hierarkkisen logit-mallin avulla. Mallilla saatiin hyvin

**Taulukko 1.** Monitasoisen hierarkkisen logit-mallin muuttujien kertoimet, keskivirheet ja vedonlyöntisuhde (odds ratio).

Muuttuja	Regressio-kerroin (β)	Keskivirhe	Vedonlyöntisuhde exp (β)
Suhteellinen korkeus	-0,014	0,002	0,98 (1 m)
Touko-kesäkuun sateiden ero (30 v – 10 v)	-0,020	0,006	0,98 (1 mm)
Pohjapinta-ala	0,068	0,004	1,07 (1 m <sup>2</sup> /ha)
Ojikko	0,813	0,174	2,25 (0/1)
Muuttuma	0,927	0,070	2,53 (0/1)
Turvekangas	0,834	0,099	2,30 (0/1)
Lehtomainen tai parempi kasvupaikka	0,393	0,131	1,48 (0/1)
Tuore kasvupaikka	0,431	0,103	1,54 (0/1)
Kuivahko kasvupaikka	0,301	0,091	1,35 (0/1)
Metsikön ikä	0,006	0,001	1,01 (1 vuosi)
Viljelty lehtomainen tai tuore kasvupaikka	-0,240	0,117	0,78 (0/1)
Vakio	-5,068	0,299	

samankaltaisia tuloksia kuin aiemmissakin tarkasteluissa. Kuitenkaan mm. metsikön absoluuttinen korkeus ei ollut lopullisessa mallissa enää mukana (taulukko 1). Esimerkki taulukon tulkinna: tautisten koalojen osuus verrattuna terveiden koalojen osuuteen on 1,97 kertaa suurempi, kun metsikön pohjapinta-ala kasvaa 10 yksiköllä [ $\exp(0,068 * 10) = 1,97$ ].

Mallin mukaan taudin todennäköisyys on suurempi

- tiheissä metsissä
- metsiköissä, jotka sijaitsevat alempana kuin tutkimusalueen keskimääräinen korkeus
- alueilla, joissa kevät kautena on satanut paljon verrattuna pitkänaajan keskiarvoon
- ojitetuilla turvemaidilla verrattuna kivennäismaihin ja ojittamattomiin turvemaihin
- lehtomaisilla tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla verrattuna tätä karumpiin kasvupaikkoihin
- luontaisesti uudistuneissa metsiköissä rehevillä metsätyypeillä.

Tilastollisesti merkitsevää selittämätöntä ns. jäänövaihtelua esiintyi VMI-lohkon (77 % jäänövaihtelusta) ja mittausryhmän tasolla. Tulos osoittaa paitsi aineiston alueellista keskittymistä, myös sitä,

ettei mittausryhmän vaikutusta tulokseen voida kokonaan sulkea pois.

### Tarkastelua

VMI on kattavin metsätuhoja koskeva tietoaisteisto Suomessa. Siinä on myös eräitä haittapuolia. Inventointi käsittää vain osan maata tietynä vuotena, ja tämä on erittäin haitallista epideemisten tautien, kuten versosurman, tutkimisen kannalta. Inventoinnissa havainnoidaan ainoastaan yksi tuho metsikköä kohti, mikä johtaa esim. versosurman osalta aliarviointiin. Taloudellisesti tärkeimmät versosurmatuhot tulivat kuitenkin luotettavasti arvioituiksi.

Useat pienimuotoiset selvitykset ovat tuoneet esille kaikkien riskialtteimpia paikkoja, joista epidemiat saavat usein alkunsa. Kuitenkin epidemioille suosuisina vuosina hyvin monenlaiset kasvupaikat ovat taudille alttiina. Tässä esitellyn tutkimuksen merkitys on siinä, että pystytään laskemaan erityyppisille metsiköille niiden todennäköisyys saada versosurmainfektio. Tulevaisuudessa tuhoriskimallit tulisi voida liittää osaksi normaalia metsäsunnittelua.

### Kirjallisuutta

- Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985. Gremmeniella disease and site factors affecting the condition and growth of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 126. 28 s.
- Kallio, T., Häkkinen, R. & Heinonen, J. 1985. An outbreak of Gremmeniella abietina in central Finland. *European Journal of Forest Pathology* 15: 216–223.
- Nevalainen, S. 1999. Gremmeniella abietina in Finnish Scots pine stands 1986–1992 – a study based on National Forest Inventory. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 111–120.
- Sairanen, A. 1990. Site characteristics of Scots pine stands infected by Gremmeniella abietina in Central Finland. I. Mineral soil sites. *Acta Forestalia Fennica* 216. 27 s.

■ MMM Seppo Nevalainen, MML Ulla Mattila, Metla, Joensuun tutkimuskeskus. Sähköposti [seppo.nevalainen@metla.fi](mailto:seppo.nevalainen@metla.fi)