

# FOLIA FORESTALIA 696

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

---

---

HANNU SAARENMAA

TUHOHYÖNTEISTEN JA SINISTYMÄN  
ESIINTYMINEN MYRSKYN KAATAMISSA  
PUISSA LAPISSA 1983—86

INSECT ATTACK AND  
BLUE STAIN IN WINDTHROWN  
TREES IN LAPLAND 1983-86

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

FOLIA FORESTALIA 696

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Hannu Saarenmaa

TUHOHYÖNTEISTEN JA SINISTYMÄN ESIINTYMINEN  
MYRSKYN KAATAMISSA PUISSA  
LAPISSA 1983—86

Insect attack and blue stain  
in windthrown trees in Lapland in 1983—86

*Approved on 17.7.1987*

SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
21. Aineisto .....	4
22. Menetelmät .....	4
3. TULOKSET .....	4
31. Yleisiä havaintoja .....	4
32. Hyönteisten iskeytyminen .....	6
33. Hyönteisten lisääntyminen .....	9
34. Sinistyminen .....	13
4. TARKASTELU .....	15
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	16
SUMMARY .....	17

SAARENMAA, H. 1987. Tuhohyönteisten ja sinistymän esiintyminen myrskyn kaatamissa puissa Lapissa 1983—86. Summary: Insect attack and blue stain in windthrown trees in Lapland 1983—86. *Folia Forestalia* 696. 18 p.

Tutkimuksessa selvitettiin kaarnakuoriaisten iskeytymistä ja lisääntymistä vuosien 1982 ja 1985 syysmyrskyjen kaatamissa puissa sekä puiden sinistymistä. Aineisto käsitti yhteensä 357 kaatunutta mäntyä Rovaniemellä, Sodankylässä, Inarissa ja Kittilän Pallasjärvelä. Puista otettiin 2 koepölkkyä, toinen tukkiosan alapäästä ja toinen yläpäästä. Koepölkkyistä laskettiin kaarnakuoriaisten käytävät ja kuoriutumisreiät sekä arvioitiin sinistymän osuus pinnasta ja poikkileikkauskiekkosta.

Puissa tavattiin 13 nilaa syövää hyönteislajia, mutta vain pystynävertäjä (*Tomicus piniperda*) esiintyi runsaana. Sen onnistuneita iskeytyksiä oli 1983 hyvin vähän, keskimäärin 10 emokäytävää /m<sup>2</sup> kaarnapinta-alaa. Epäonnistuneita iskeytyksiä, joista vielä elinvoimaisten puiden pihka oli tappanut kuoriaiset oli keskimäärin 15 kpl/m<sup>2</sup>. Vuonna 1984 pystynävertäjien määrä oli kasvanut ja onnistuneiden iskeytymien tiheys oli keskimäärin 40 kpl/m<sup>2</sup> ja pihkaan tuhoutuneiden keskimäärin 20 kpl/m<sup>2</sup>. Vuonna 1986 iskeytymistiheys oli suuri Laanilassa, missä oli edellisen myrskyn jäljiltä suuri kaarnakuoriaiskanta, mutta Pallasjärvellä mihin vuoden 1982 myrskyn vaikutus ei ollut ulottunut, iskeytymistiheys oli alhainen. Pystynävertäjän lisääntyminen oli ylisummaan vähäistä kylmien kesien ja iskeytymisen huonon onnistumisen vuoksi.

Vuonna 1983 sinistyneiden osuus kaikkien koalojen kaikista pölkkyistä oli korkeimmillaan 20 %. Keskimäärin sinistymää tavattiin alle 5 % pölkkyistä. Vuonna 1984 sinistymä peitti nilan pinnasta keskimäärin noin kolmasosan ja poikkileikkauksesta kymmenesosan. Pölkkyjä, jotka olivat säästyneet sinistymältä, oli 20...75 % paikasta riippuen. Vuoden 1986 aineistossa Pallasjärven koalalla oli sinistymää yhtä vähän kuin ensimmäisenä kesänä muilla koaloilla, mutta Laanilassa 30 % pölkkyistä oli sinistyneitä.

Yhteenvetona tuloksista voidaan esittää seuraavat säännöt: syysmyrskyn kaatamasta mäntysahapuusta, jota ei Lapissa myrskyn jälkeen korjata pois menetettään laatutappiona ensimmäisen vuoden aikana noin 10 % ja toisena jo noin 60 %. Monet seikat voivat kuitenkin muuttaa kuitenkin esitettyjä lukuja. Jos kesät ovat lämpimiä ja kuivia, menetykset ovat 10—20 %-yksikköä suurempia. Samoin käy, jos kaarnakuoriaiskannat ovat korkeita aikaisempien myrskyjen tai hakkuiden seurauksena. Pilaantumisnopeus on suurempi Lapin eteläosissa kuin pohjoisosissa.

Keywords: storm-damage, bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Pissodes*, staining, Lapland  
ODC 453 443+421.1 + 145.7 × 19.92 *Tomicus piniperda*

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi, Finland. Tel +358-60-15721. BITNET: SAARENMAA@FINFUN.

ISBN 951-40-0788-3  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

# 1. JOHDANTO

Syyskuun 22. päivänä 1982 kaatoi poikkeuksellisen voimakas syysmyrsky, joka tunnetaan Mauri-nimisenä, noin 3 milj. m<sup>3</sup> puuta Lapin ja Peräpohjolan metsissä. Pahiten kärsi Rovaniemen ympäristö. Myös Ruotsin Norrbottenissa kaatui arviolta 0,5 milj. m<sup>3</sup> (Lapin Myrskytuhotyöryhmä 1982, Mattila 1983). Kaatuneesta puustosta oli seuraavaan kesään mennessä korjattu pois noin 80 %.

Vaikka edellisestä suuresta myrskystä Lapissa oli kulunut noin sata vuotta, seurasi Mauria useita, tosin vähemmän tuhoisia myrskyjä jo muutaman vuoden sisällä. Jeremias-myrsky 25.6.1984 kaatoi noin 400 000 m<sup>3</sup> puuta pääosin Itä-Lapissa. Sirkka-myrsky 16.10.1985 kaatoi muutamia satoja tuhansia kuutiometrejä lähinnä Inarin alueella ja Urho Kekkosen kansallispuistossa sekä Manta-myrsky 26.10.1985 noin 700 000 m<sup>3</sup> erityisesti Länsi- ja Pohjois-Lapissa (Manta hurjemp... 1985).

Kaikissa näissä myrskyissä kaatunut ja metsään jäänyt puusto oli valtaosaltaan mäntyä. Pahiten kärsivät siemenpuustot ja parhaat hoidetut metsät (Lapin Myrskytuhotyöryhmä 1982).

Korjuuvaikeuksien lisäksi myrskyn kaatama metsään jäänyt puusto muodostaa kaksitahoisien ongelmien metsätaloudelle: (i) puutavara alkaa pilaantua ja (ii) puissa lisääntyvät kaarnakuoriaiset, männyllä erityisesti ytimennävertäjät, voivat aiheuttaa vahinkoa kasvavalle metsälle.

Valmistetun puutavaran pilaantumista on viime vuosina tutkittu perusteellisesti (Löytyniemi ja Uusvaara 1977, Uusvaara ja Löytyniemi 1977). Myrskyn kaatamissa puissa tapahtuvat biologiset prosessit eroavat kuitenkin eräissä suhteissa valmiissa puutavarassa tapahtuvista. Juurineen kaatuneissa myrskypuissa ei ole juuri lainkaan kuoren rikkoutumia, joista sinistäjäsienet pääsisivät iskeytymään. Puiden elinvoima ja pihkan paine säilyvät jonkin aikaa, joten ne pystyvät torjumaan iskeytyviä kaarnakuoriaisia.

Kaarnakuoriaisten lisääntymistä myrskypuissa on tutkittu monen myrskytuhoon yhteydessä Pohjoismaissa (esim. Trägårdh ja Butovitsch 1935, Lekander 1955, Butovitsch 1971, Annila ja Petäistö 1978, Långström 1983, 1984). Nämä ovat kuitenkin sattuneet

huomattavasti etelämpänä kuin Lapin myrskytuhot joten on selvää, että niistä saatujen tietojen soveltaminen päätöksentekoon puiden korjuun kiireellisyydestä ja tärkeydestä Lapin oloissa sisältää epävarmuustekijöitä. Lähin vastaava tutkimus on tehty Ruotsissa Jokkmokkin kunnassa (Butovitsch ja Ringselle 1968), mutta siinäkin keskityttiin vain torjuntatoimien kuvaamiseen. Lapissa kylmä ilmasto, puiden juurien pinnallisuus ja hyönteislajiston koostumus antavat kaarnakuoriaisten lisääntymistapahtumaan omat erityispiirteensä, joiden voi olettaa ratkaisevasti vaikuttavan myrskyn kaatamissa puissa tapahtuvaan kehitykseen ja pilaantumisnopeuteen. Sen vuoksi päätettiin Mauri-myrskyn seuraustuhoista tehdä oma tutkimuksensa.

Manta- ja Sirkka-myrskyjen kaatamissa puissa tapahtuva kehitys poikkesi kolme vuotta aiemmin havaitusta, sillä monin paikoin puut sinistyi nopeammin. Tämän oletettiin johtuvan suuremmasta sinistäjäsieniä kuljettavien hyönteisten määrästä, koska useiden peräkkäisten myrskyjen jälkeen metsähygieninen tila Lapissa oli ja on edelleen heikentynyt. Kesä 1986 oli keskimääräistä lämpimämpi, mikä sekin edisti hyönteisten iskeytymistä ja nopeutti pilaantumista. Sen vuoksi päätettiin jo valmiin Mauri-myrskyaineiston julkaisemista siirtää ja liittää siihen vielä aineistoa Sirkka- ja Manta-myrskyn seuraustuhoista. Tutkimuksia Sirkka-myrskyn tuhoista Urho Kekkosen kansallispuistossa on tehnyt Espo (1987), jonka tulokset tarjoavat mielenkiintoisen vertailukohtaan. Alustavia tuloksia ensimmäisenä kesänä tapahtuneesta kehityksestä on esitetty jo aiemmin (Saarenmaa 1984b). Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa esitetään perusteellisempi tilastollinen tarkastelu, dokumentoidaan myöhempi kehitys ja tarkastellaan 1984 tehtyjen ennusteiden toteutumista.

Myrskykoealojen valinnassa auttoivat Olavi Haapaporas, Hannu Jokinen, Jouko Kyrö, Erkki Leppänen ja Toivo Saunavaara. Aineiston keruuseen osallistuivat Anne Immonen, Ari Nikula, Risto Ollikainen, Hannu Räisänen, Helmi Saunavaara ja Pentti Vitikka. Käsikirjoitukseen ovat parannusehdotuksia tehneet Erkki Annila, Kari Heliövaara ja Timo Kurkela. Esitän parhaat kiitokseni kaikille tämän tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Aineisto

Tutkimus rajattiin koskemaan mäntyä. Mauri-myrskyn jälkeen koaloja varattiin Rovaniemen mlk Kivalosta, Sodankylän Tähtelästä ja Inarin Laanilasta kaksi koalaa kustakin paikasta. Kultakin koalalta merkittiin lokakuussa 1982 40—80 kpl kaatuneita runkoja. Jokaisella paikalla toinen koala käsitti yhteen rytöön kaatuneita auringon paahteelle altiina olevia puita ja toinen laajemmalla alueella hajallaan olevia yksittäisiä puita.

Kesällä 1983 Kivalossa näytteitä otettiin toukokuun lopusta syyskuun puoliväliin joka toinen viikko satunnaisesti valituista 3...6 puusta kummallakin koalalalalla. Siten samaa aineistoa voitiin käyttää kaarnakuoriaisten kehityksen seuraamiseen (Saarenmaa 1985b). Sodankylässä ja Laanilassa tutkittiin 15 satunnaisesti valittua puuta koalaa kohti sekä 27—30.7.1983 että 6—9.9.1983 (Taulukko 1, ylin rivi).

Syyskuussa 1984 tutkittiin jokaiselta koalalta jäljelle jääneet 10-30 puuta kuten edellisenä kesänäkin. Kivalossakin otettiin näytteet vain kerran eikä läpi koko kesän kuten edellisenä kesänä.

Sirkka- ja Manta-myrskyjen jälkeen syyskuussa 1986 tutkittiin 20 puuta sekä Pallasjärven että Laanilan tutkimusalueessa kuten aiemmin. Näillä koaloilla oli hajalleen kaatuneita yksittäisiä puita.

### 22. Menetelmät

Rungoista otettiin kaksi 0,4—0,5 m pituista koepölkkyä: toinen tyvitukin tyvestä ja toinen tukkiosan yläpäästä. Laskennassa tyvi- ja latvapölkky käsiteltiin erikseen, koska kaarnan paksuus vaikuttaa ratkaisevasti hyönteislajistoon ja puiden pilaantumiseen.

Koepölkkyistä mitattiin läpimitat ja kaarnan paksuudet kummastakin päästä, arvioitiin sinistymän prosentuaaliset peittävyudet vaipasta ja kummastakin katkaisupinnasta sekä laskettiin eri hyönteislajien iskeytymien ja kuoriutumisreikien lukumäärät ja syömäkuvioiden peittävyudet. Erityistä huomiota kiinnitettiin iskeytymien onnistumiseen ja iskeytymisvuoteen. Laskettaessa keskimääräisiä iskeytymistiheyksiä pölkkyistä, joissa oli kahden kesän iskeytymiä, jälkimmäisen vuoden iskeytymistiheyteen summattiin edellisen vuoden onnistuneet iskeytymät, mutta ei epäonnistuneita. Laskennassa luokiteltiin lieviin sinistymiin ne, jotka peittävät 1—10 % ja voimakkaisiin ne, jotka peittävät yli 10 % pinta-alasta.

Aineisto talletettiin BBDB tietokantaan, joka sisältää myös kaiken muista kaarnakuoriaistutkimuksista Rovaniemen tutkimusasemalla kertyneen materiaalin (Saarenmaa 1984a, 1985b). Tietokannan koko on 66 megatavua ja sitä käsitellään TUTKA tiedonhallintajärjestelmällä (Kaila ja Taipale 1984). Tietokantaan tehdyllä haulilla muodostettiin havaintomatriisi laskentaa varten. Laskennassa käytettiin sitä varten kirjoitettua FORTRAN ohjelmaa ISKEY5, REKO regressioanalysohjelmaa (Timonen 1983) ja BMDP ohjelmistoa.

## 3. TULOKSET

### 31. Yleisiä havaintoja

Taulukossa 1 on esitetty tutkittujen puiden ja niistä otettujen näytepölkkyjen lukumäärät ja keskimääräiset ominaisuudet 1) paikoittain, 2) vuosittain, 3) koaloittain ja 4) sen mukaan, sijaitsiko näytepölkky tukin tyvässä vai latvassa. Taulukossa 2 on esitetty e.m. neljän luokittelutekijän tilastollinen merkitsevyys varianssianalysissa. Vaihtelu muissa tekijöissä oli odotettua, mutta huomiota herättää, että tukin pituus ja sen mukana latvapölkkyjen läpimitta vaihteli vuosittain — ilmeisesti mittaushenkilökunnan muutosten takia. Sillä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä, koska latvapölkkyissä hyönteisten määrä oli pieni.

Puiden keskimääräinen pituus vaihteli 13,2—18,4 m ja tukkiosan pituus 3,2—6,1 m. Kaatuneet puut kasvoivat pituutta ensimmäisenä kesänä myrskyn jälkeen keskimäärin 10—37 mm. Toisenakin kesänä muut kuin eteläisimmän Kivalon puut kasvoivat vielä keskimäärin 1—6 mm.

Latvapölkkyjen kaarnan paksuus (taulukko 1) oli yleensä ottaen liian pieni pystynävertäjälle (*Tomicus piniperda*), joka tarvitsee lisääntymiseen yli 4 mm paksuista kaarnaa (Långström 1979, Saarenmaa 1983). Tyvipölkkyt sen sijaan olivat lajille erittäin soveliaita. Silmämääräisten havaintojen mukaan pystynävertäjän tiheys saavutti huipun hieinan tyvipölkyn yläpuolella. Toisaalta Långströmin (1984) mittausten mukaan pystynä-

Taulukko 1. Koalojen puista ja näytepölkystä mitattujen tunnusten keskiarvot. A = rytökoela, B = hajakoela.  
 Table 1. Averages of the attributes measured from the trees and sample bolts in the plots. A = entangled heap plot,  
 B = scattered plot.

	Rovaniemi				Sodankylä				Inari				Pallas	
	1983		1984		1983		1984		1983		1984		1986	1986
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	—	—
<b>PUUT — TREES</b>														
N	52	50	30	10	30	30	15	10	30	30	20	20	20	20
Pituus — Length dm	150	144	150	147	146	154	136	144	151	132	139	139	153	184
Pituuskasvu — Length growth mm	23	30	0	0	28	37	4	2	17	10	6	1	17	30
Tukin pituus — Sawwood length dm	40	43	32	41	40	42	32	38	54	52	42	48	59	61
<b>LATVAPÖLKYT — TOP BOLTS</b>														
Läpimitta — Diameter mm	154	157	149	169	157	176	151	153	201	191	184	189	225	247
Kaarnan paksuus — Bark thickness mm × 10	9	8	24	37	16	29	37	29	16	20	31	27	25	16
Sinistymä pinnasta — Stain of phloem %	0	0	19	53	0	0	9	3	0	4	8	7	5	0
Sinistymä kiekosta — Stain of disk %	0	0	11	11	0	0	3	1	0	2	2	3	3	0
<i>Tomicus piniperda</i> : Onnistuneita iskeymiä— Successful attacks/m <sup>2</sup>	1	0	5	31	0	0	9	16	0	0	2	6	17	1
Pihkaisia iskeymiä — Resin killed attacks/m <sup>2</sup>	3	0	2	1	0	0	0	2	0	0	1	0	8	1
Peittävyys — Gallery coverage %	0	0	5	33	0	0	9	5	0	0	3	6	6	0
Kuoriutumisreikiä — Exit holes /m <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	16	3	0	0	5	0	32	0
<b>TYVIPÖLKYT — BUTT BOLTS</b>														
Läpimitta — Diameter mm	198	213	186	215	218	234	193	203	281	267	246	252	313	344
Kaarnan paksuus — Bark thickness mm × 10	78	85	110	114	140	149	113	145	144	132	148	142	165	168
Sinistymä pinnasta — Stain of cover %	0	0	32	37	2	0	19	14	0	1	18	35	9	1
Sinistymä kiekosta — Stain of disk %	0	0	6	12	1	0	6	4	0	1	2	14	1	0
<i>Tomicus piniperda</i> : Onnistuneita iskeymiä— Successful attacks/m <sup>2</sup>	13	16	41	93	4	0	26	55	10	19	23	52	73	17
Pihkaisia iskeymiä— Resin killed attacks/m <sup>2</sup>	18	18	42	15	7	4	35	14	17	6	29	4	37	16
Peittävyys — Gallery coverage %	3	2	31	49	8	3	27	33	8	19	20	39	44	13
Kuoriutumisreikiä — Exit holes /m <sup>2</sup>	0	1	114	0	81	3	61	105	115	160	135	0	328	50

vertäjätiheys on suurin tyvessä. Joka tapauksessa absoluuttisia puista kuoriutuvia pystynävertäjämääriä ei näytteenottometodin vuoksi voitu laskea.

Taulukossa 1 on keskiarvotiedot sinistymisestä ja pystynävertäjän esiintymisestä. Sinistymässä eroja oli paikkojen ja vuosien välillä, mutta ei mainittavasti koalojen ja saman tukin kahden näytepölkyn välillä (taulukko 2). Pystynävertäjän iskeytymisessä tilanne oli päinvastainen. Latvapölkkyissä pystynävertäjän tiheys oli noin viidesosa siitä

mitä tyvipölkkyissä ja hajakoaloilla hieman suurempi kuin rytökoaloilla. Pystynävertäjän tiheydet kasvoivat vuodesta 1983 seuraavaan kesään mennessä karkeasti yleistäen noin kolminkertaisiksi. Pystynävertäjän iskeytyminen onnistui paremmin hajakoaloilla, joilla tiheys oli suurempi. Vielä kesällä 1984 esiintyi epäonnistuneita iskeytymisyrittäviä, vaikka puut olivat pahoin heikentyneitä. Manta-myrskykoalalla Inarissa 1986 iskeytymistiheys oli kaikkein suurin, mutta Pallasjärvellä, jossa ei ollut Mauri-myrskyn

kaatamia puita, se oli samalla tasolla kuin ensimmäisenä vuotena Mauri-myrskyn jälkeen. Taulukon 2 mukaan paikkojen väliset erot pystynävertäjän iskeytymisessä ovat vain melkein tai eivät lainkaan merkitseviä. Sinistyminen oli suurimmaksi osaksi seurausta hyönteisten iskeytymisestä, mutta siinä oli erittäin merkitseviä eroja paikkojen välillä. Kattavinta sinistyminen oli eteläisimmällä Rovaniemen koealalla.

### 32. Hyönteisten iskeytyminen

Taulukossa 3 on esitetty hyönteisten esiintyminen eri koealoilla vuosittain. Kaikkiaan tavattiin 13 nilaa syövää hyönteislajia. Niistä kaikki muut paitsi pystynävertäjä ja pikikärsäkkäät esiintyivät vain yksitellen, ilman että niillä olisi ollut merkitystä puiden pilaantumisen tai metsän terveyden kannalta. Huomiota herättää kahden pahan sinistymää leviävän kaarnakuoriaisen, vaakanävertäjän (*Tomicus minor*) ja tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum*) täydellinen puuttuminen aineistosta. Myös muut nopeasti leviäviä sinistäjiä kuljettavat kaarnakuoriaiset, kuten pikakirjoittaja (*Ips sexdentatus*) ja okakaarnakuoriainen (*Ips acuminatus*) olivat harvinaisia. Pystynävertäjästä ja pikikärsäkkäistä saatiin riittävä materiaali, jotta niiden esiintymistä voidaan tarkastella lähemmin.

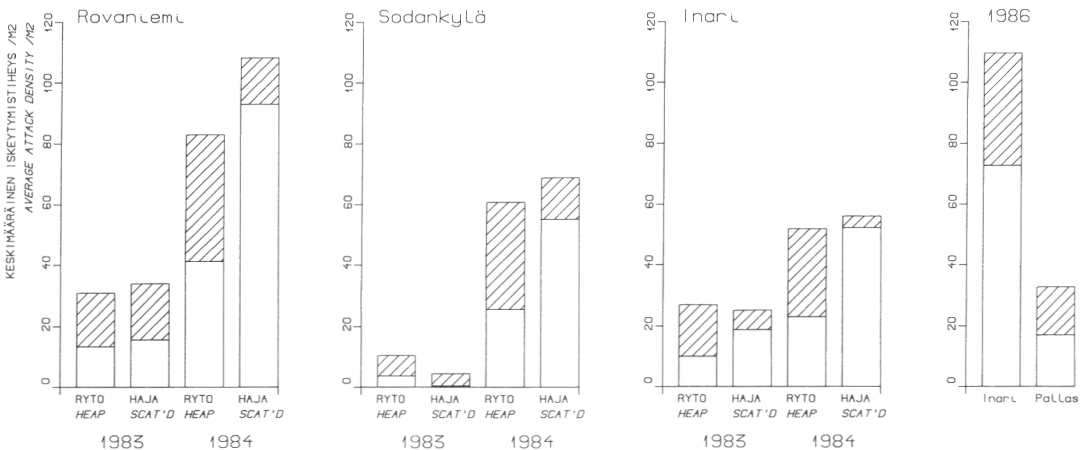
Taulukko 2. Taulukon 1 luokittelutekijöiden tilastollinen merkitsevyys eri tunnuksissa varianssianalyysin mukaan vuosien 1983 ja 1984 aineistossa.

Table 2. Statistical significance of the different grouping factors of Table 1 in the materials of 1983 and 1984 according to ANOVA.

ns =  $p > 0,05$ , \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ .

	Paikka Site (3)	Vuosi Year (2)	Koeala Plot (2)	Sijainti tukissa Position in sawwood (2)
Pituus Length	***	*	ns	—
Pituuskasvu Length growth	**	***	**	—
Tukin pituus Sawwood length	***	***	***	—
Läpimitta Diameter	***	***	*	***
Kaarnan paksuus Bark thickness	***	***	ns	***
Sinistymä pinnasta Blue stain of cover	***	***	ns	*
Sinistymä kiekosta Blue stain of disk	***	***	ns	ns
<i>Tomicus piniperda</i> :				
Onnistuneet iskeymät Successful attacks	*	***	***	***
Epäonnistuneet iskeymät Failed attacks	ns	*	**	***
Syömäkuvioiden peittävyys Gallery coverage	ns	***	ns	***
Kuoriutumisreiät Exit holes	*	ns	ns	***

Note of punctuation: the comma denotes decimal point according to the Finnish standard.



Kuva 1. Pystynävertäjän keskimääräinen iskeytymistiheys tyvipölyissä. Viivoitettu alue on epäonnistuneiden tiheys.

Fig 1. Average density /m<sup>2</sup> of bark area of *Tomicus piniperda* attacks in the butt bolts. Shaded area is failed due to resinosis.



Taulukko 3. Hyönteislajien esiintyminen eri koaloilla vuosittain (% kaikista näytepölkkyistä).

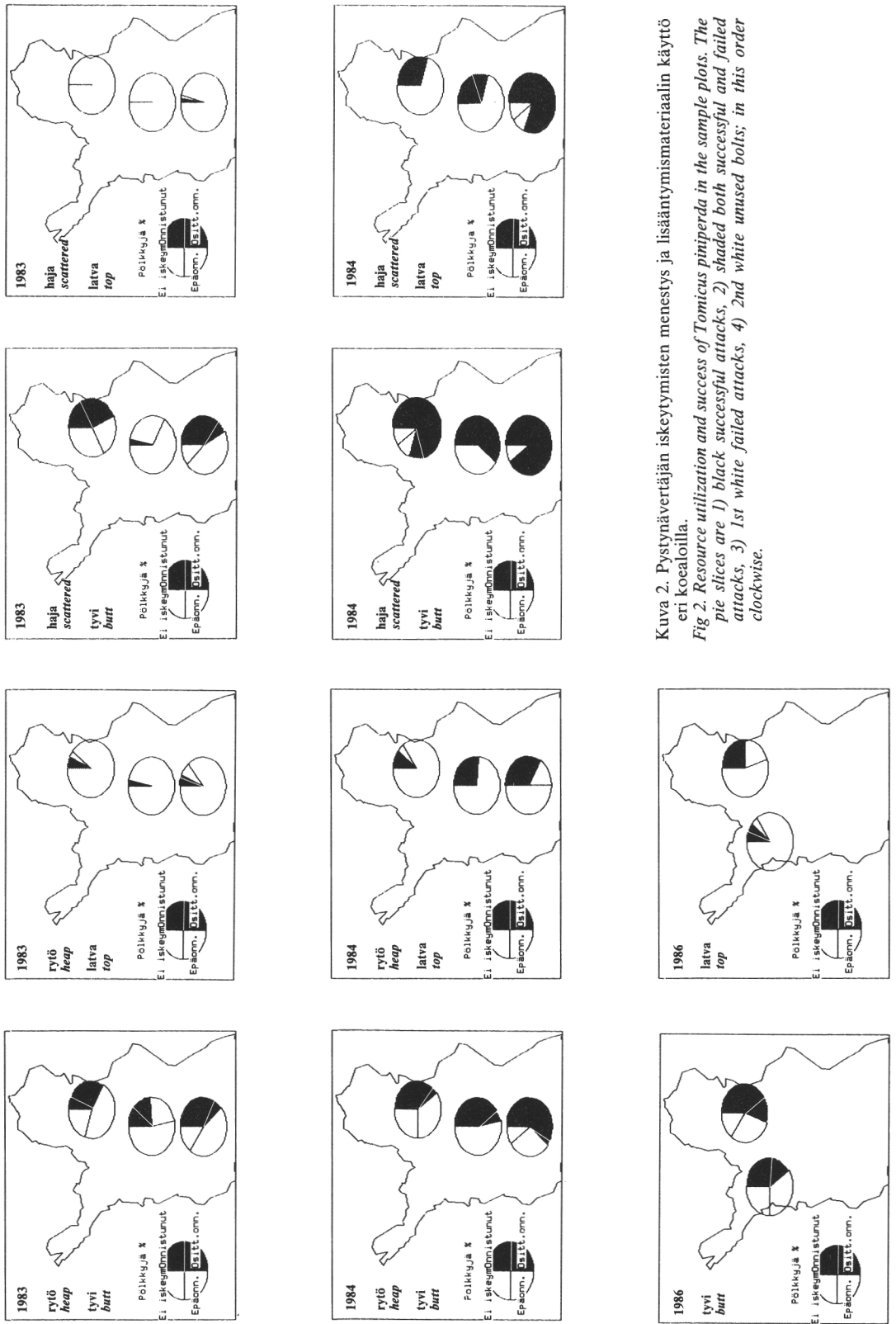
Table 3. Frequencies of insect occurrence in the sample plots by year (% of all sample bolts).

	Rovaniemi		Sodankylä		Inari			Pallas
	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1986	1986
Sarvijaakko <i>Acanthocinus aedilis</i>	1,9	30,0	0,0	18,3	0,8	13,7	15,0	5,0
Havupuun kantojäärä <i>Rhagium inquisitor</i>	0,0	34,1	0,0	8,3	0,0	16,2	2,5	3,7
Pikikärsäkkäät <i>Pissodes</i> spp.	22,1	83,3	15,0	74,1	16,6	68,7	32,5	27,5
Laakakolva <i>Pytho depressus</i>	0,0	7,5	0,0	1,6	0,0	7,5	0,0	0,0
Pystynävertäjä <i>Tomicus piniperda</i>	47,5	82,5	20,8	64,1	39,1	52,5	32,5	22,5
Kaljuniluri <i>Hylurgops glabratus</i>	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Männyn niluri <i>Hylastes brunneus</i>	0,5	10,8	0,0	1,6	2,5	17,5	0,0	0,0
Kuusen tähtikirjaaja <i>Pityogenes chalcographus</i>	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nelihampainen tähtikirjaaja <i>Pityogenes quadridens</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
Kaksihampainen tähtikirjaaja <i>Pityogenes bidentatus</i>	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
Pikakirjoittaja <i>Ips sexdentatus</i>	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Okakaarnakuoriainen <i>Ips acuminatus</i>	0,5	0,3	0,0	1,6	0,8	1,2	1,2	0,0
Nyhäkaarnakuoriainen <i>Orthotomicus proximus</i>	1,4	5,8	0,0	2,5	0,0	2,5	1,2	0,0
Muu laji <i>Other</i>	0,5	1,6	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0

Pystynävertäjän iskeytyksiä tavattiin eri paikoissa 21...83 % näytepölkkyistä (taulukko 3). Pääsääntöisesti iskeytymistiheys oli hajakoaloilla hieman suurempi kuin rytökoaloilla (kuva 1). Sen voi olettaa johtuvan siitä, että rytökoalalle saapuvat pystynävertäjät jakautuvat suurempaan puumäärään. Ensimmäisenä kesänä tiheys oli keskimäärin noin 30 syömäkuviota neliometriä kaarnapinta-alaa kohti. Iskeytymisistä kuitenkin noin puolet oli epäonnistunut puiden voimakkaan pihkanerityksen takia. Toisena kesänä iskeytymistiheys oli 2—4 kertaistunut. Onnistuneiden iskeytymien osuus oli noussut, mutta pihkaan kuolleiden osuus oli edelleen huomattavan suuri. Hajakoaloilla suurempi iskeytymistiheys ilmeni myös alhaisempana pihkakuolleisuutena — hyönteiset mursivat vieläkin elävien puiden vastustuskyvyn joukkovoimalla.

Kuvassa 2 näkyy pystynävertäjän iskeytymisen laajuuden ja onnistumisen vaihtelu. Ensimmäisenä kesänä latvapölkkyistä oli vain noin 5 %:iin yritetty iskeytyä, kun paksukaarnaisista tyvipölkkyistä noin 75 % joutui hyökkäyksen kohteeksi. Iskeytymisyrityksistä vain alle puolet onnistui. Korkein iskeytymisten määrä havaittiin Inarissa 1986, jossa aikaisempina kesinä lisääntyneet hyönteiskannat löysivät uutta sopivaa lisääntymismateriaalia. Toisena kesänä onnistuneita iskeytyksiä oli noin 60 % tyvipölkkyistä ja 30 % latvapölkkyistä. Edelleen 10—30 % puista jäi ilman iskeytymisen yrityksiäkin.

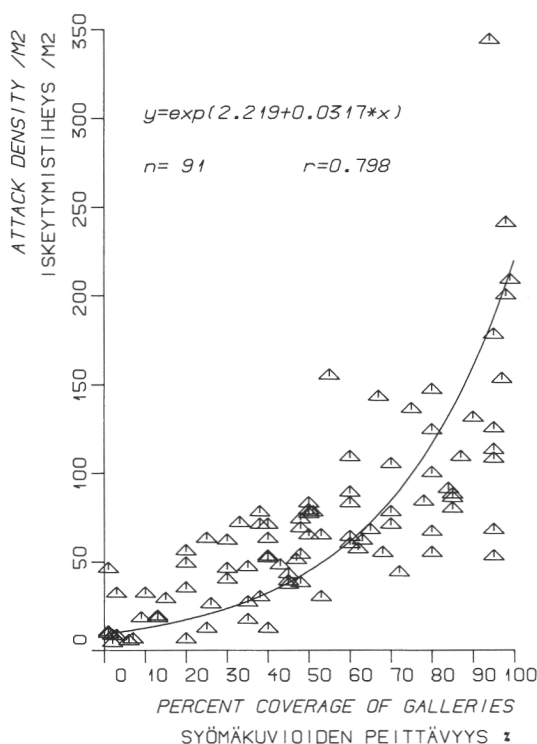
Aineisto tarjoaa mahdollisuuden tarkastella myös pystynävertäjän iskeytymispuun valintaa. Jos pystynävertäjät iskeytyvät puihin satunnaisesti (ns. random landing teoria, Raffa & Berryman 1983), niin iskeytymistiheyden — onnistuneet ja epäonnistuneet yh-



Kuva 2. Pystynävertäjän iskeytymisten menestys ja lisääntymismateriaalin käyttö eri koealoilla.  
 Fig 2. Resource utilization and success of *Tomiticus piniperda* in the sample plots. The pie slices are 1) black successful attacks, 2) shaded both successful and failed attacks, 3) 1st white failed attacks, 4) 2nd white unused bolus; in this order clockwise.

teensä — tulisi noudattaa Poisson jakaumaa. Kuvasta 4 näkyvät iskeytymistiheyden jakaumat tyvipölkyyistä kerätystä aineistoista sekä vastaavat Poisson-todennäköisyydet. Poisson-todennäköisyyksien laskeminen iskeytymistiheysluokasta 0 perustuu oletukseen, että tämä on muiden luokkien kanssa samanarvoinen (1—40, 41—80, ...), joskin tässä aineistossa se on siirtynyt 20:llä suurempaan päin (luokkakakesukset ovat 0, 20, 60, 100, jne). Nähdään, että tiheydet ovat hyvin lähellä hypoteesin oletusarvoja varsinkin vuoden 1984 aineistoissa. Ryhmittäisyys tiettyihin puuyksilöihin näkyisi nollaluokan ja suurten tiheyksien ylisuurena osuutena, mutta sellaista ei ole havaittavissa. Suurikaan tiheys ei takaa onnistunutta iskeytymistä.

Pystynävertäjän syömäkuvioista arvioitiin niiden prosentuaalinen peittävyys nilapinta-alasta. Kuva 3 näyttää, kuinka sillä voidaan selittää iskeytymistiheyttä. Koska riippuvuuden jäännöshajonta on verraten pieni, tätä



Kuva 3. Pystynävertäjän onnistuneiden käytävien tiheys syömäkuvioiden peittävyysprosentin funktiona.  
Fig.3 Density of successful *Tomcus piniperda* egg galleries as a function of the percent coverage of galleries of phloem.

tietoa voidaan käyttää muissa yhteyksissä pystynävertäjän iskeytymistiheyden nopeaan arviointiin. Yli 100 syömäkuvioiden tiheyksissä /m<sup>2</sup> lähes kaikki nilapinta-ala on käytetty.

Pikikärsäkkäiden iskeytymien menestys oli pystynävertäjää parempi, sillä ne olivat lähes poikkeuksetta onnistuneet (kuva 5). Ero johtunee siitä, että pikikärsäkkäät parveilevat myöhemmin kesällä ja iskeytyvät pystynävertäjän heikentämiin puihin. Tyvipikikärsäkas, josta lienee pääosin kyse, ei todennäköisesti pysty pystynävertäjää paremmin iskeytymään terveeseen puuhun.

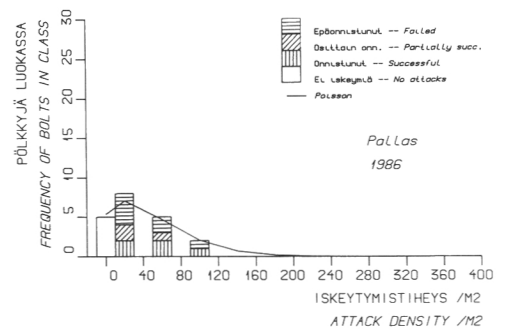
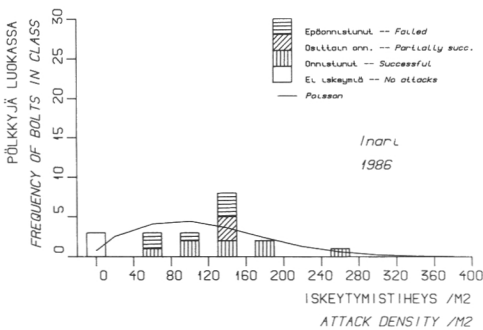
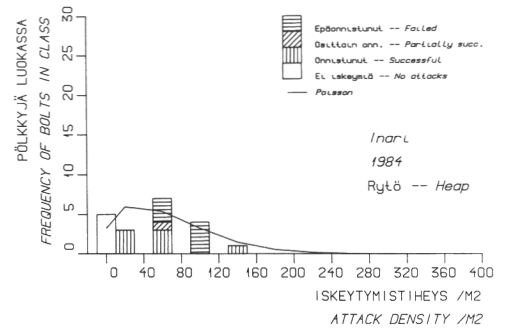
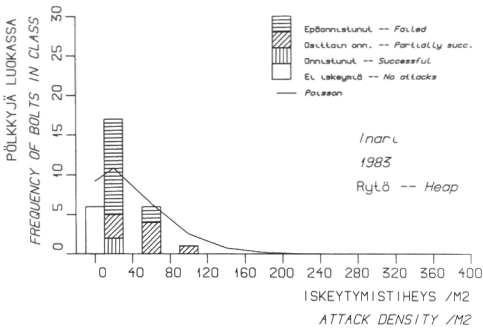
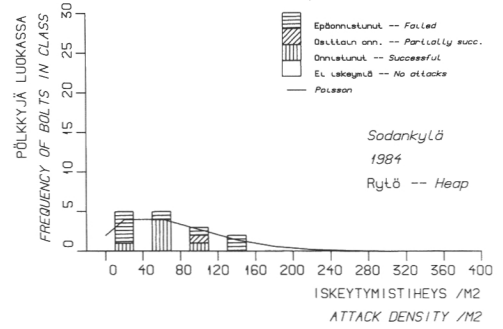
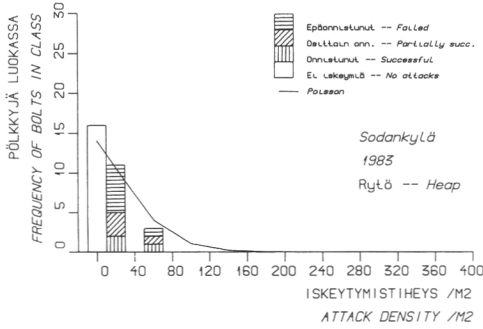
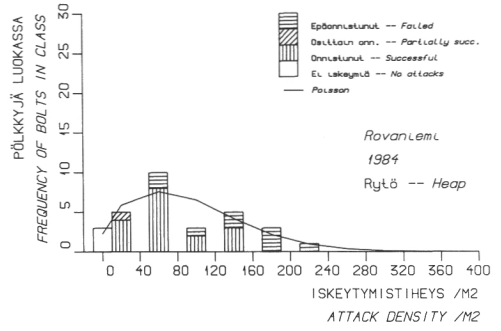
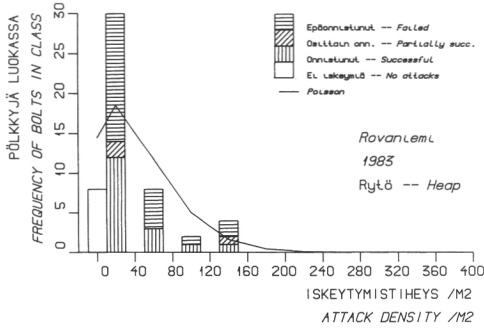
Edellisten lisäksi ainoastaan jäärien (*Acanthocinus aedilis* ja *Rhagium inquisitor*) esiintyminen oli säännöllisempää. Niiden kappalemääräiset tiheydet tyvipölkyyissä ilmenevät kuvasta 6. Tiheydet olivat niin suuria, että syömällä pystynävertäjien toukia ne vaikuttivat jo tämän lisääntymiseen.

### 33. Hyönteisten lisääntyminen

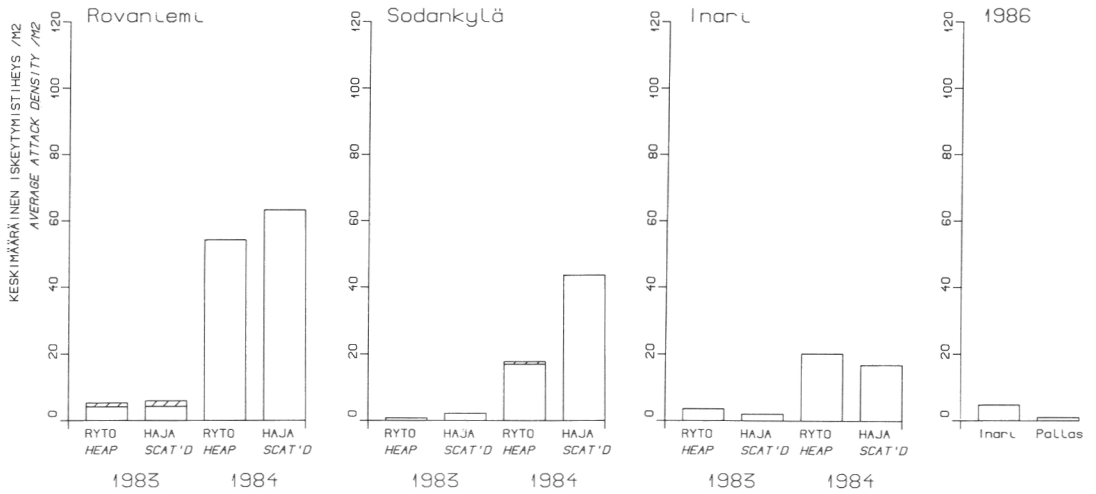
Hyönteisten lisääntymisestä saatiin vain niukasti materiaalia, koska otanta oli täydellisesti satunnaistettu ja hyönteisten iskeytyminen oli onnistunut huonosti. Lapin kesien kylmyydestä johtuen pystynävertäjän toukkien kehitys oli usein kesken vielä syyskuussa tutkimuksia suoritettaessa. Tällaiset jälkeläistöt kuolevat poikkeuksetta talven tultua (Saarenmaa 1985a, 1985b). Taulukossa 1 on kuoriutumisreikien määrien keskiarvot ja taulukossa 4 lisääntymiskertoimen keskiarvot ja vaihtelu.

Pystynävertäjän lisääntymiskerroin oli keskimäärin suurimmillaan 4,3, mutta yleensä vain noin 1—2. Kuvassa 7 on esitetty lisääntymiskertoimen riippuvuus iskeytymistiheydestä. Alhaisissa tiheyksissä lisääntymiskerroin oli pieni, saavuttaa nopeasti huipun ja pienenee jälleen.

Pystynävertäjän jälkeläistuotos kaarnapinta-alaa kohti onnistuneiden iskeytymien funktiona tyvipölkyyissä on esitetty kuvassa 8. Nollaviivan yläpuolelta on laskettavissa vain noin 50 havaintoa, mikä merkitsee sitä, että suurimmassa osassa pölkyyistä toukat ovat onnistuneenkin iskeytymän jälkeen menehtyneet.

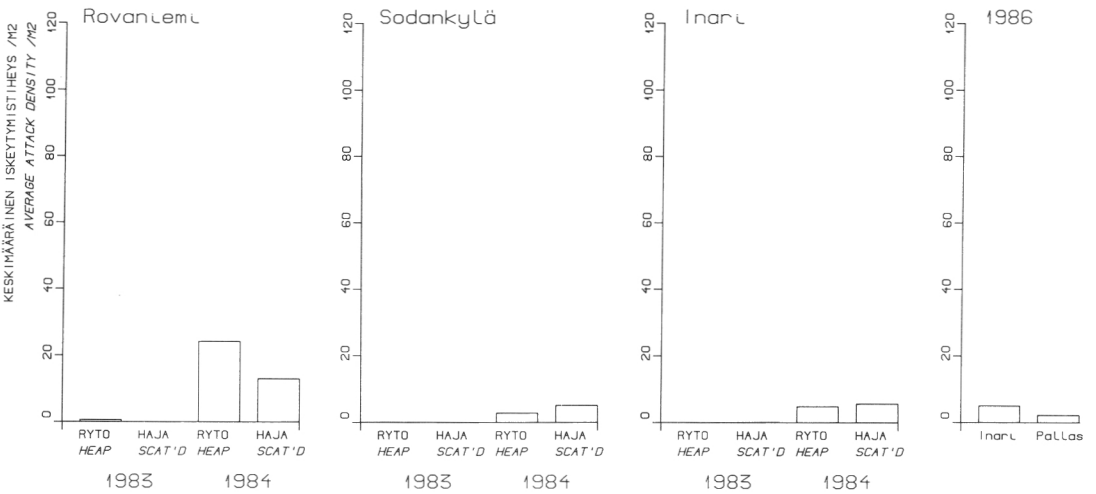






Kuva 5. Pikikarsäkkäiden keskimääräiset toukkatiheydet sekä tyvi- että latvapölkkyissä. Viivoitettu on epäonnistuneiden osuus.

Fig 5. Average densities of *Pissodes* spp. larvae in both butt and top bolts. Shaded area is failure due to resinosis.



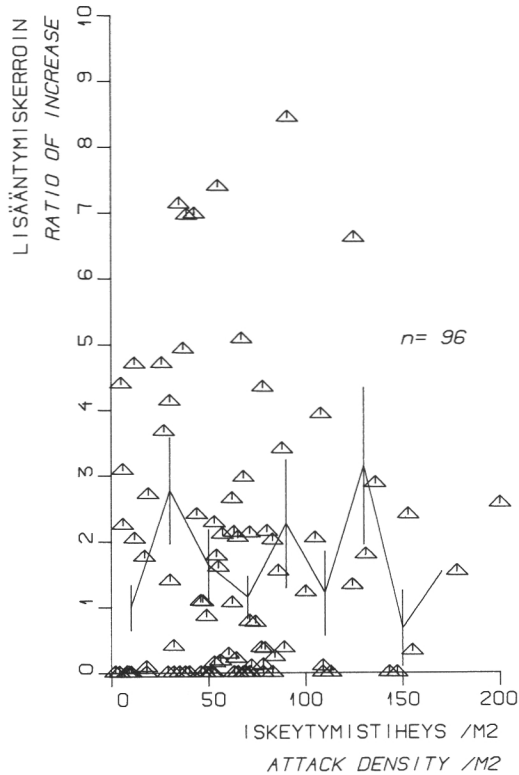
Kuva 6. Jäärien keskimääräiset toukkatiheydet tyvipölkkyissä.

Fig 6. Average densities of longhorn beetle larvae in the butt bolts.

Taulukko 4. Pystynävertäjän lisääntymiskerroin (kuoriutumisreikien määrä / (2 × emokäytävien määrä)) tyvipölkkyissä. A = rytökoeala, B = hajakoeala.

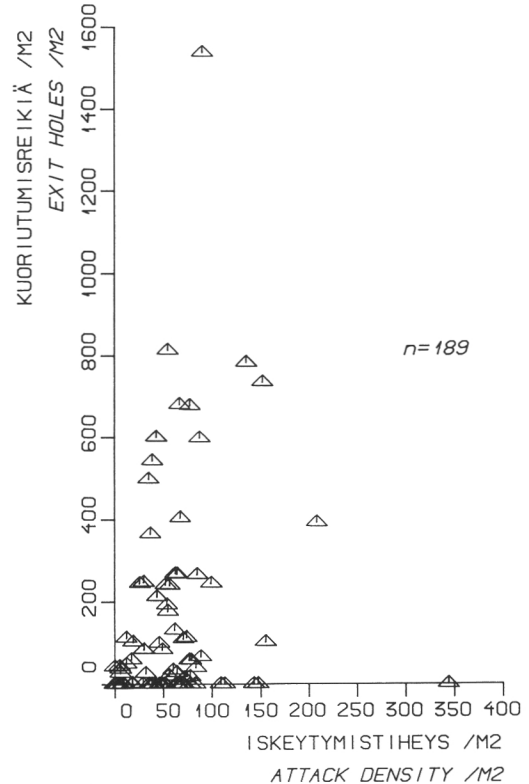
Table 4. Ratio of increase (number of exit holes / (2 × number of egg galleries)) of *Tomicus piniperda* in butt bolts. A = entangled heap plot, B = scattered plot.

	Rovaniemi				Sodankylä				Inari		1986	Pallas 1986		
	1983		1984		1983		1984		1983	1984				
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B				
N	20	21	18	9	5	1	7	6	5	6	8	8	11	
Keskiarvo — Mean	0,00	0,03	1,79	0,00	1,48	2,04	1,43	1,02	2,40	4,33	3,01	0,00	1,13	2,36
Hajonta — S.d.	0,00	0,11	1,93	0,00	3,31	—	0,77	0,98	3,61	1,77	2,41	0,00	1,37	1,71



Kuva 7. Pystynävertäjän lisääntymiskerroin onnistuneiden iskeytmisten tiheyden funktiona. Murtoviiva kuvaa luokittaisia (0—19, 20—39, ...) keskiarvoja ja pystyviivat kaksinkertaisia keskiarvon keskivirheitä.

Fig 7. Ratio of increase of *Tomicus piniperda* as a function of the density of successful attacks. The line represents classwise (0—19, 20—39, ...) means with double standard errors.



Kuva 8. Pystynävertäjän jälkeläistuotos /m<sup>2</sup> kaarnapinta-alaa iskeytmistiheyden funktiona.

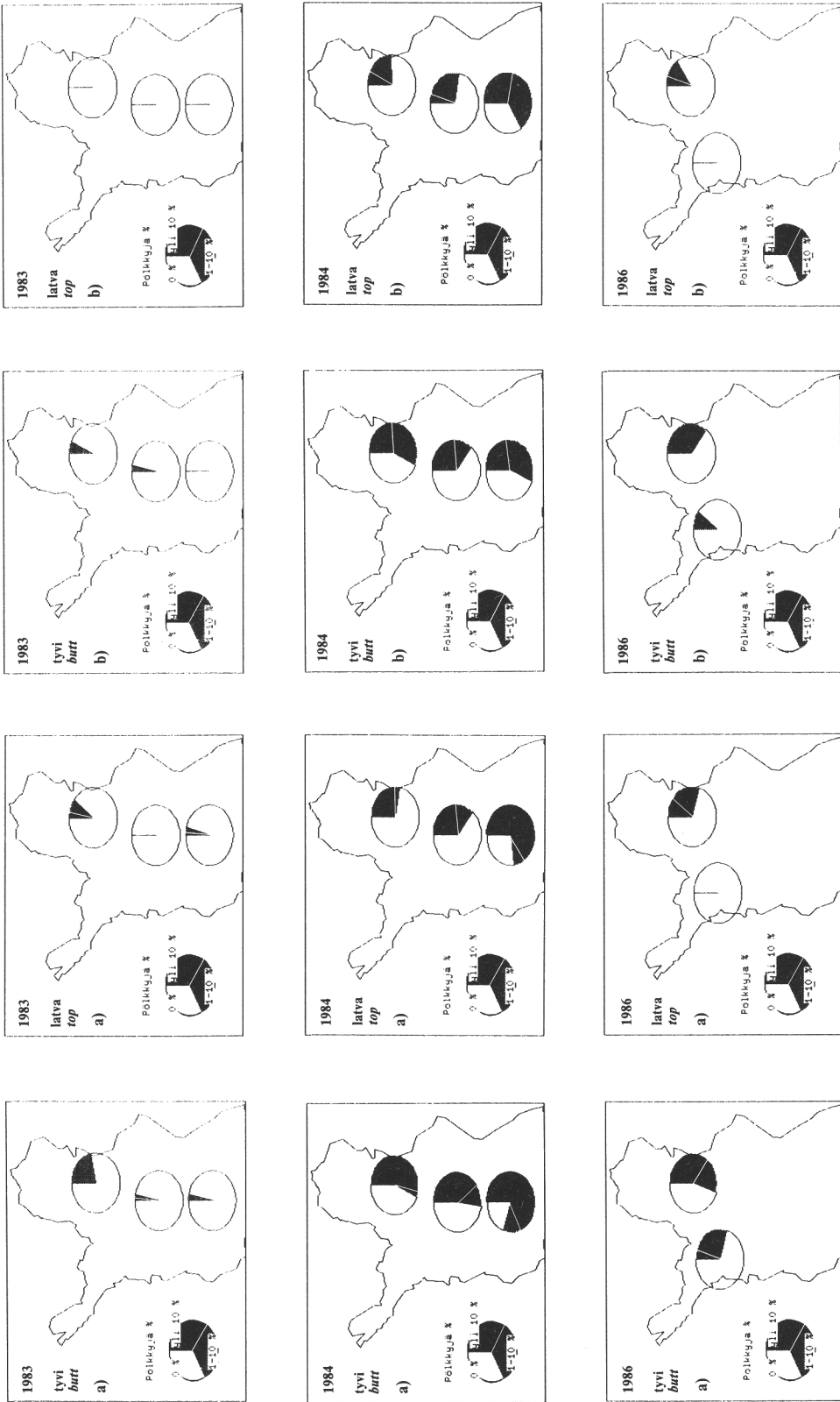
Fig 8. Production of offspring/m<sup>2</sup> of bark area of *Tomicus piniperda* as a function of attack density.

### 34. Sinistyminen

Myrskyt kaatoivat puut lähes yksinomaan juurineen. Sen vuoksi niihin ei syntynyt mainittavasti kuoren vaurioita, joista ilmalevintäiset sinistäjäsienet olisivat päässeet tunkeutumaan puuhun. Sinistäjäsienen kulkeutuminen puihin oli siis hyönteisten varassa. Kaikki kaarnakuoriaiset levittävät sinistäjäsieniä, mutta erityisesti vaakänävertäjän, tikaskuoriaisen, okakaarnakuoriaisen ja pikakirjoittajan levittämät ovat nopeita sahapuun pilaaajia. Näitä lajeja ei kuitenkaan tavattu myrskypuissa kuin satunnaisesti. Sen vuoksi sinistymän eteneminen oli kaikkiaan hyvin hidasta (taulukko 1, kuva 9). Sinistymässä havaittiin taulukon 2 mukaan suuria eroja

paikkojen ja vuosien välillä, mutta pienempiä tyvi- ja latvapölkkyjen välillä, eikä lainkaan haja- ja rytökoalan välillä.

Vuonna 1983 kaikista pölkkyistä oli sinistynyt enintään 20 % ja niissäkin sinistymisen oli suurimmaksi osaksi lievää. Keskimäärin sinistymää tavattiin vain alle 5 % pölkkyistä. Vuonna 1984 vahva sinistymä peitti nilan pinnasta jo keskimäärin noin kolmasosan ja poikkileikkauksesta kymmenesosan. Pölkkyjä, jotka olivat säästyneet sinistymältä, oli 20...75 % paikasta riippuen (kuva 9). Vuoden 1986 aineistossa Pallasjärven koelalla oli sinistymää yhtä vähän kuin ensimmäisenä kesänä muilla koelaloilla, mutta Laanilassa 15...60 % pölkkyistä oli sinistynyt.



Kuva 9. Sinistymä puun a) poikkileikkauksesta ja b) pinnasta.  
 Fig 9. Extent of blue stain in the a) cut disk and b) cover. Percent coverage more than 10 % (black), 1-10 % (shaded), and 0 % (white).



## 4. TARKASTELU

Mauri-myrskyn vaikutukset olivat ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kesänä huomattavasti lievempiä verrattuna joulukuun 1975 myrskyn seuraustuhoihin Länsi-Suomessa. Kun hyönteisiltä jäi em. tuhossa ensimmäisenä kesänä iskeytymättä 10...43 % puista eri paikoilla (Annala ja Petäistö 1978), Mauri-myrskyn kaatamista puista tutkituissa näytepölkkyissä ei suurimmassa osassa ollut lainkaan hyönteisiä vuonna 1983. Vasta toisena myrskyn jälkeisenä kesänä 1984 kehitys oli Lapissa edennyt yhtä pitkälle. Iskeytyminen Sirkka-myrskyn kaatamiin puihin vuonna 1986 oli nopeaa Inarissa, missä Mauri-myrskyn jäljiltä hyönteiskannat olivat korkeita. Sen sijaan Pallasjärvellä ei vanhaa myrskytuhoa ollut ja iskeytyminen oli samanlaista kuin muualla 1983.

Espoon (1987) Urho Kekkosen kansallispuistossa tekemät tutkimukset on tehty samalla menetelmällä kuin tämä tutkimus, joten ne tarjoavat oivaa lisämateriaalia tarkasteluun. Iskeytynyt hyönteislajisto oli hyvin samanlainen kuin tässäkin tutkimuksessa. Pystynävertäjä oli vallitseva laji, jota tavattiin 83 prosentissa tyvipölkkyistä. Se oli hieinan enemmän kuin tämän tutkimuksen koealoilla (kuva 2). Iskeytyminen oli onnistunut vain 35 prosentissa yrityksistä, mikä vastaa tämän tutkimuksen tuloksia.

Keski-Ruotsista on raportoitu hyönteisten iskeytymiä kolmen myrskytuon jälkeen. Iskeytymättömien puiden osuus on ensimmäisen kesän jälkeen ollut niissä 51 % (Trägårdh ja Butovitsch 1935), 65 % (Lekander 1955) ja 6 % (Långström 1984). Nyt tehdyt havainnot sopivat hyvin Ruotsin Norrbottenissa 1964 joulukuun myrskystä saatuihin kokemuksiin. Siinä 20...40 % puista joutui ensimmäisenä kesänä pystynävertäjän valtaamiksi (Butovitsch ja Ringselle 1968). Ylisummaan iskeytyminen on vaihdellut myrskytuhoissa hyvin paljon. Myös pystynävertäjän iskeytymien onnistuminen oli heikompaa kuin Etelä-Suomessa (Annala ja Petäistö 1978) tai Keski-Ruotsissa (Långström 1984), vaikka puut olivat kaikissa näissä tuhoissa kaatuneet pääosin juurineen.

Mahdollisia syitä seuraustuhojen vähäisyy-

teen Mauri-myrskyn jälkeen on ainakin kaksi: Ensinnäkin kesät 1981 ja 1982 olivat Lapissa keskimääräistä kylmempiä ja hyönteiskannat tämän johdosta alhaisia. Yleensäkin tuohyönteisten lisääntymismahdollisuudet ovat pohjoisissa oloissa huonommat kuin etelässä. Kylmyyden johdosta myös pystynävertäjän jälkeläistuotos jäi alhaiseksi. Esimerkiksi Keski-Ruotsissa pystynävertäjän lisääntyminen myrskyn kaatamista puissa on huomattavasti runsaampaa (Långström 1984). Tulokset sopivat hyvin myös Franzin (1948) havaintoihin Lapissa sodan aikana tehtyjen taktisten myrskytuhoa muistuttavien hakkuiden seurauksista. Silloin ei seuraustuhoja ilmennyt, vaikka Franz, joka oli tutkinut kirjanpainajatuhoja Keski-Euroopassa, niitä odotti. Syy oli kylmissä kesissä.

Toinen syy iskeytymistiheyden alhaisuuteen ja erityisesti iskeytymisen epäonnistumisen tavallisuuteen on puiden pihkapitoisuus, joka Lapissa on suurempi kuin etelässä (Hakkila 1968).

Pihkaisuuteen liittyy myös pystynävertäjän kohteenvaivaa. Laji hakeutuu sopiviin puuyksilöihin niiden erittämien terpeenituoksu- ja etanolin avulla (Byers ym. 1985, Vité ym. 1986). Pystynävertäjältä ei ole todettu olevan feromoneja. Luonnossa voidaan kuitenkin usein havaita, kuinka jokin puu on täysin pystynävertäjien kansoittama, kun taas viereinen on aivan koskematon. Sen on arveltu johtuvan eroista puun haihtuvissa terpeeneissä. Jotta satunnaisiskeytyminen olisi pätevä strategia, siihen täytyy liittyä feromoneja tai puun tuoksuissa tapahtuvien muutosten aiheuttamaa kasautumista, tai muutoin pioneeri-iskeytyjät tuhoutuvat (ks. Raffa ja Berryman 1983). Kaikissa tapauksissa satunnaisena alkanut iskeytyminen muuttuu ryhmittyneeksi kun feromonien erityisalkaa. Iskeytymisen edetessä ylikansoituksen asteelle, kaarnakuoriaisten tilajärjestys muuttuu uudelleen satunnaiseksi ja sen jälkeen taiseksi, kun ne pyrkivät pitämään riittävän välimatkan naapureihin (Raffa & Berryman 1983, Saarenmaa 1983).

Nyt saatu tulos osoittaa iskeytymisten noudattavan yllättävästi lähes satunnaisja-

kaumaa. Myrskyn kaatamat puut ovat yhtenä sekavana rytönä, jolloin koko alueelta tulee runsaasti pystynävertäjää houkuttelevaa pihkantuoksua. Lähietäisyydeltä ne kuitenkin suunnistautuvat visuaalisesti, ja satunnaisjakauma syntyy. Toisaalta hajakoealoilla ei kuitenkaan havaittu vähemmän satunnaisista iskeytymistä. Pystynävertäjä on hyvin sekundaarinen eikä se tässä tilanteessa pysty erottamaan voimakasta puuta heikosta ja kärsii siksi suuria menetyksiä myrskytuhoalueella, missä on sekä heikkoja että vahvoja puita sekaisin. Kysymyksessä ei siis ole aggressiivisilla kaarnakuoriaisilla kuten kirjainajalla esiintyvä ilmiö, jossa ensimmäisenä parveilevat ns. pioneeriyksilöt iskeytyvät puihin satunnaisesti.

Kuvassa 7 havaittu keskiarvoviiva sopii malliin pienten saalistajien yhteistoiminnasta suuren saaliin voittamisessa ja hyödyntämisessä (Raffa ja Berryman 1983, Berryman ym. 1985). Kaarnakuoriaisille sovellettuna sen mukaan alhaisissa tiheyksissä pihka tappaa jälkeläistöjä. Keskitiheyksissä kuoriaisten yhteistoiminta vaikuttaa puun vastustuskykyä heikentävästi ja lisääntymistulos paranee. Suurissa tiheyksissä kilpailu ravinnosta alkaa taas pienentää tuotosta. Tämä on ensimmäinen kerta, kun em. teorian osoitettu toimivan pystynävertäjällä.

Sinistymisen vähäisyys johtui hyönteisten iskeytymisten huonosta menestyksestä. Vastaavia havaintoja on pohjoisissa oloissa tehty aiemminkin (Butovitsch ja Ringselle 1968). Sirkka-myrskyn tuhojen jälkeen Urho Kekosen kansallispuiston kaatuneista puista oli 10 %:ssa sinistymää ensimmäisenä kesänä (Espo 1987).

Yllättävää oli pikakirjoittajan lähes täydellinen puuttuminen koealoilta. Laji oli Salosen (1966) havaintojen mukaan pystynävertäjän jälkeen runsain kaarnakuoriainen Inarissa ja merkittävä valmistetun puutavaran sinistäjä. Laji on taantunut viime vuosina etelästä alkaen (Löyttyniemi 1975) ja mahdollisesti tuo kehitys on nyt ulottumassa Lappiin asti. Okakaarnakuoriaisen osalta näyteenotomenetelmä ei ollut täysin edustava, ja siksi sen osalta johtopäätöksiä ei voida tehdä.

Yhteenvedona tuloksista voidaan esittää seuraavat säännöt: syysmyrskyn kaatamasta mäntysahapuusta, jota ei Lapissa myrskyn jälkeen korjata pois menetetään ensimmäisen kesän loppuun mennessä noin 10 % ja toisen kesän loppuun mennessä yhteensä noin 60 %. Monet seikat aiheuttavat kuitenkin vaihtelua. Jos kesät ovat lämpimiä ja kuivia, menetykset ovat 10—20 %-yksikköä suurempia. Samoin tapahtuu, jos kaarnakuoriaiskannat ovat korkeita aikaisempien myrskyjen tai hakkuiden seurauksena. Edelleen Lapin eteläosissa pilaantumisnopeus on suurempi ja pohjoisosissa pienempi. Myrskyn kaatamista puista valmistetun puutavaran sinistymisen on koealojen ulkopuolella tehtyjen havaintojen mukaan ollut nopeaa. Jos siis myrskyn kaatamia puita ei ehditä korjata pois, ne on paras jättää katkomatta.

Keväällä 1984 tehdyn ennusteen mukaan (Saarenmaa 1984b) kaikki kaatuneet puut, joihin hyönteiset eivät iskeytyneet vuonna 1983, olisivat joutuneet iskeytymisen kohteeksi kesällä 1984 ja sinistyneet. Näin ei kuitenkaan käynyt. Tämä on hyvä osoitus siitä, kuinka huonosti etelämpänä saadut kokemukset ovat sovellettavissa Lapin oloihin.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Annala, E. & Petäistö, R.-L. 1978. Insect attack on windthrown trees after the December 1975 storm in western Finland. *Seloste: Hyönteisten lisääntyminen tuulen kaatamissa puissa Länsi-Suomessa vuoden 1975 joulukuun myrskyn jälkeen*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94(2): 1—24.
- Berryman, A.A., Dennis, B., Raffa, K.F. & Stenseth, N.C. 1985. Evolution of optimal group attack, with particular reference to bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Ecology* 66: 898—903.
- Butovitsch, V. 1971. Undersökningar över skadeinsekternas uppträdande i de stormhärjade skogarna i mellersta Norrlands kustland åren 1967—69. *Skogshögskolan, Inst. Skogszool., Rapp. Upps.* 8: 1—204.
- & Ringselle, S. 1968. Kampanjen för insektsbekämpning efter 1964 års novemberstorm i Jokkmokks socken. *Skogshögskolan, Inst. Skogszool., Rapp. Upps.* 5: 1—60.
- Byers, J.A., Lanne, B.S., Löfqvist, J., Schlyter, F. & Bergström, G. 1985. Olfactory recognition of host-

- tree susceptibility by pine shoot beetles. *Naturwissenschaften* 72: 324—326.
- Espo, J. 1987. Jaurujen tuolenkaatoalueen metsätuho-yönteisten runsaudesta kesällä 1986. Käsikirj. 21 ss. Ympäristöministeriö.
- Franz, J. 1948. Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. *Forstwiss. Centralblatt* 67: 38—48.
- Hakkila, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. *Seloste: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 66(8): 1—60.
- Kaila, E. & Taipale, M. 1984. TUTKA tiedonhallintaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 157: 1—113, liitt.
- Lapin myrskytuho-yöryhmä 1982. Mauri-myrskyn metsille aiheuttamat tuhot ja toimenpide-ehdotukset niiden johdosta. 32 s., liitt. Rovaniemi.
- Lekander, B. 1955. Skadeinsekternas uppträdande i de av januaristormen 1954 drabbade skogarna. *Medd. Stat. Skogsforskningsinst.* 45(3): 1—35.
- Långström, B. 1979. Märgborrarnas förökning i röjningsavfall av tall och kronskadegörelse på kvarstående träd. *Sveriges Lantbruksuniv., Avd Skogsentomologi, Rapp.* 1: 1—52.
- 1983. Within-tree development of *Tomicus minor* (Hart.) (Col., Scolytidae) in wind-thrown Scots pine. *Acta Entomol. Fenn.* 42: 42—46.
- 1984. Windthrown Scots pines as brood material for *Tomicus piniperda* and *T. minor*. *Silva Fenn.* 18: 187—198.
- Löyttyniemi, K. On the occurrence of *Ips sexdentatus* (Börner) (Col., Scolytidae) in South Finland. *Ann. Entomol. Fenn.* 4: 134—135.
- & Uusvaara, O. 1977. Insect attack on pine and spruce sawlogs felled during the growing season. *Seloste: Hyönteisten merkitys kasvukauden aikana valmistettujen mänty- ja kuusisahatukkeen pilaantumisessa*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 89(6): 1—48.
- Manta hurjempi kuin Mauri. 1985. *Metsälehti* 53(21): 8—9.
- Mattila, E. 1983. Pohjois-Suomessa suoritettavat inventointitutkimukset. ss. 116—136. Teos: *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 1—152.
- Raffa, K.F. & Berryman, A.A. 1983. The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Ecol. Monogr.* 53: 27—49.
- Saarenmaa, H. 1983. Modeling the spatial pattern and intraspecific competition in *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae). *Commun. Inst. For. Fenn.* 118: 1—40.
- 1984a. BBDB - Bark Beetle Data Base. METKA-projektin tiedonantoja 15. 7 s., liitt.
- 1984b. Mauri-myrskyn seuraustuhot: ennakkotuloksia. Teos: Sepponen, P., Pitkänen, V. & Poikajarvi, H. (toim.) *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 148: 178—188.
- 1985a. The role of temperature in the population dynamics of *Tomicus piniperda* in northern conditions. *Zeitschr. angew. Entomol.* 99: 224—236.
- 1985b. Within-tree population dynamics models for integrated management of *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae). *Seloste: Pystynävertäjän lisääntymiskauden populaatiodynamiikkamallit tuhojen integroitua hallintaa varten*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 128: 1—56.
- Salonen, K. 1966. Observations on *Ips sexdentatus* (Boern.) (Col., Scolytidae) as a bluer of timber at Inari (Inl) in the summer of 1965. *Ann. Entomol. Fenn.* 32: 88—96.
- Timonen, M. 1983. REKO — regressio- ja korrelaatioanalyysiohjelma. 68 pp. *Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema*.
- Trägårdh, I. & Butovitsch, V. 1935. Redogörelse för barkborrekampanjen efter stormhärjningarna 1931—1932. *Medd. Stat. Skogsförsöksanst.* 28(1): 1—268.
- Uusvaara, O. & Löyttyniemi, K. 1977. Sahapuun kesävarastoinnista aiheutuvien varastovikojen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon. *Metsäntutkimuslaitos, Metsäteknologian tutk.os.* 52 s., liitt.
- Vité, J.P., Volz, H.A., Paiva, M.R. & Bakke, A. 1986. Semiochemicals in host selection and colonization of pine trees by the pine shoot beetle *Tomicus piniperda*. *Naturwissenschaften* 73: 39—40.

*Total of 29 references*

## SUMMARY

### Insect attack and blue stain in windthrown trees in Lapland 1983—86

#### Introduction

On September 22nd, 1982, an exceptionally severe storm felled about 3 million m<sup>3</sup> timber in Lapland. This amount equals about 70 % of the annual timber cut in the area. In October of 1985, two other storms felled again about 700 000 m<sup>3</sup> partially in the same areas. In all these storms, Scots pine (*Pinus sylvestris*) was the most heavily struck tree species.

Besides harvesting difficulties, windthrown timber means two kinds of problems for forestry: the fallen trees begin to deteriorate, and bark beetles invade the remaining stands. For pine, pine shoot beetles (*Tomicus* spp.) are the most formidable threat in Scandinavia.

Windthrown trees form a special type of brood material for bark beetles and blue stain fungi. When uprooted, there are usually no wounds in trunks which airborne fungi could attack. Oleoresin attraction of bark beetles comes from the broken roots. Resistance of the trees is quite high in the beginning, so that attacking bark beetles that are the only carriers of fungi, are often repelled and their reproduction fails. In this study, the success of bark beetle attacks, their reproduction, and the rate of blue staining were studied. The cold climate of Lapland was supposed to cause special features on these processes preventing the use of results from earlier studies in more southern areas for decision making.

## Material and methods

Sample plots were established at three locations (Rovaniemi, Sodankylä, Inari) after the 1982 storm. At each location, two plots with uprooted Scots pine were selected. The other plot consisted of a heap of entangled trees where the stand had been destroyed completely. In near vicinity, the other plot comprised scattered trees on a larger area. After the 1985 storms, sample plots were established on two locations (Inari, Pallasjärvi), but this time only with scattered trees.

Trees felled by the 1982 storm were studied in September of 1983 and 1984, and trees from the 1985 storms in September 1986. A total of 357 trees were examined. From each tree, two 0.5 m long sample bolts were taken: one from the base, and the other from the top of the sawwood section. Failed attacks, successful bark beetle galleries, and exit holes were counted from the sample bolts. Coverages of bark beetle galleries on the phloem area were estimated by eye as were the coverages of blue stain in phloem and dissections. The data were stored in the BBDB data base, which now contains 66 megabytes of bark beetle related material from Lapland.

## Results and discussion

Table 1 shows an overview of the material and Table 2 statistical significances of the different classifiers. Average length of the trees varied from 13.2 to 18.4 m and length of the sawwood section from 3.2 to 6.1 m. It was remarkable how the windthrown trees grew length even in the second summer after the storm.

A total of 13 insect species were found in the windthrown trees (Table 3). *Tomicus piniperda* was the only bark beetle species that occurred in significant numbers. *Pissodes* spp. and Cerambycids were also common, but of less importance as pests. The frequency and success of *T. piniperda* attacks is shown in Table 1 and in Figs 1 and 2. In 1983, 30–80 % of the butt bolts with thick bark were attacked, but less than half of the attacks were successful. Bark in the top bolts was usually too thin so that attack density there was only one fifth of that observed in the base bolts. In 1984, almost all trees were attacked, but still they had enough resistance so that in 10–50 % of them no successful egg galleries were found. There was a marked difference between scattered and heap plots in the success of attacks: although attack densities were almost the same, attacks failed more often in the heap plots (Fig 1).

*Tomicus piniperda* is known to orientate to its host using terpenoids and ethanol as cues. No pheromones have been isolated from the species. Hence, a highly aggregated attack pattern to volatilizing tree specimen could be assumed. A random attack strategy is useful only with pheromone communication that can trigger rapid aggregation. However, in this study a landing pattern close to random was observed in *T. piniperda* (Fig 4). This was probably because the swarming beetles orientate visually after being attracted by host odors to the entangled heap of trees. On the other hand, no difference in attack patterns between the heap and scattered plots could be observed.

Reproduction of *T. piniperda* was poor due to the cold summers and poor success of attacks. In most bolts there were little or no exit holes although there were successful attacks (Fig 8). In the graph of the ratio of increase (Fig 7), the co-operative increasing part at low densities and the decreasing competitive part can be seen. The dependency of attack density on the coverage of the egg and larval galleries (phloem consumption) can be seen in Fig 3. Of course, the causal dependence is reversed, but the result here can be used in quick visual estimation of the number of egg galleries.

Blue stain could be observed in less than 20 % of sample bolts in 1983. On the average, only 5 % of bolts were stained. In the fall of 1984, blue stain covered already one third of phloem, and one tenth of dissection. The proportion of bolts that were not stained varied from 20 to 75 % in 1984. In 1986, there was hardly any blue stain at localities with low insect population, but where previous storms had visited, 30 % of sample bolts were stained.

These basic rules were derived of the results: of windthrown trees that are not harvested after an autumn storm 10 % is lost by the end of the first summer. After two summers, 60 % is lost as sawwood. These basic rules are modified by a number of factors, however. If the summers are warm and dry, the losses are 10–20 % larger. Furthermore, if bark beetle populations are high due to poor forest hygiene, losses also increase. In southern Lapland the rate of staining is higher than in the north.

Both the density of bark beetle attacks and the rate of staining of timber were lower than in previous storms reported from middle and central Scandinavia. This was attributed to the cold climate that slows down the deteriorating processes as well as suppresses the bark beetle populations. In 1985, attack densities were higher at localities where there were high bark beetle populations after the storm of 1982. The rate of staining was connected to bark beetle numbers.





# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.  
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapökkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta.  
Skogsforskningsinstitutet beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolymtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen.  
Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.  
Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla.  
Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.
- 1987
- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.  
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassan vitamiinipitoisuus.  
Vitamin content of tree biomass.
- No 683 Uusvaara, Olli & Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia.  
Solid content and other technical properties of forest chips.
- No 684 Rikkonen, Pentti: Havutukkien kuorelliseen latvaläpimittaan perustuva tilavuuden määrittäminen.  
Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark.
- No 685 Huuri, Olavi, Lähde, Erkki & Huuri, Leena: Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen.  
Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations.
- No 686 Valtanen, Jukka & Engberg, Mikael: Vuosina 1970—72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.  
The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72.
- No 687 Nurmi, Juha: Polttohakkeen kuivatus traktorikonteissa.  
Drying of fuel chips and chunks in wooden bins.
- No 688 Juntunen, Marja-Liisa (red.): Arbetssäkerhet och belastning vid självverksamma skogsägares drivningsarbete — NSR slutrapport.  
Work safety and strain of self-employed forest owners during logging.  
Työturvallisuus ja kuormittuminen omatoimisten metsänomistajien puunkorjuussa.
- No 689 Nöjd, Pekka, Mälkönen, Eino & Kukkola, Mikko: Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia.  
Growth response of *Larix* to fertilization.
- No 690 Metsätalastollinen vuosikirja 1986.  
Yearbook of Forest Statistics 1986.
- No 691 Ritari, Aulis: Lumipeitteen sulamisen riippuvuus eräistä metsikkö- ja kasvupaikkatunnuksista Kivalon tutkimusalueella.  
Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland.
- No 692 Sirén, Matti, Ala-Ilomäki, Jari & Högnäs, Tore: Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus.  
Mobility of forwarding vehicles used in thinnings.
- No 693 Löfström, Irja (toim.): Taajamametsien hoito.  
Urban forestry.
- No 694 Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen kosteuden ja kuivamassan mittaus kuormaotantamenetelmillä.  
Measurement of moisture content and dry weight of forest chips by load sampling methods.
- No 695 Poteri, Marja, Heikkilä, Risto & Yuan-Yi, Liu: Peltoluteen aiheuttaman kasvuhäiriön kehittyminen yksivuotiailla männyntaimilla.  
Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings.
- No 696 Saarenmaa, Hannu: Tuhohyönteisten ja sinistymän esiintyminen myrskyn kaatamissa puissa Lapissa 1983—86.  
Insect attack and blue stain in windthrown trees in Lapland 1983—86.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoneista koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

*Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.*

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341