

FOLIA FORESTALIA 632

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

YRJÖ NOROKORPI & SIRPA KÄRKKÄINEN

MAASTON KORKEUDEN VAIKUTUS PUUSTO-
JA KASVUPAIKKATUNNUKSIIN SEKÄ
TYKKYTUHOIHIN KUUSAMOSSA

THE EFFECT OF ALTITUDE ON STAND
AND SITE CHARACTERISTICS AND CROWN
SNOW-LOAD DAMAGES IN KUUSAMO IN
NORTHERN FINLAND



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 Nyssönen
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine 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 632

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Yrjö Norokorpi & Sirpa Kärkkäinen

MAASTON KORKEUDEN VAIKUTUS PUUSTO- JA KASVU- PAIKKATUNNUKSIIN SEKÄ TYKKYTUHOIHIN KUUSAMOSSA

The effect of altitude on stand and site characteristics and
crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland

Approved on 26.7.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	5
3. TULOKSET	6
31. Maaston korkeuden vaikutus puustotunnuksiin	6
311. Pohjapinta-ala ja puulajisuhteet	6
312. Valtapituus	8
313. Puuston tilavuus	9
32. Maaston korkeuden vaikutus kasvupaikkatunnuksiin	9
321. Kasvupaikkaluokat	9
322. Pituusboniteetti	10
323. Kunttaisuus, soistuneisuus ja kivisyys	11
324. Lämpösummahaitta	12
33. Tykkytuhot	14
331. Vaurioiden määrään vaikuttavat tekijät	14
332. Tykkyhaitan vaikutus veroluokkaan	17
333. Tykkyhaitan vaikutus pituusboniteettiin	20
4. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	21
5. TIIVISTELMÄ	23
KIRJALLISUUS — REFERENCES	24
SUMMARY	25

NOROKORPI, Y. & KÄRKKÄINEN, S. 1985. Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa. Summary: The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland. *Folia For.* 632 : 1—26.

Tutkimuksessa selvitetiin maaston topografian ja puustotunnusten sekä metsäveroluokituksessa käytettävien kasvupaikkatunnusten välisiä suhteita Kuusamon vaara-alueilla. Erityistä huomiota kiinnitettiin tykkytuhojen merkitykseen ja niiden esiintymiseen vaikuttaviin tekijöihin. Aineisto kerättiin suunnilleen luonnontilaisista metsistä 58 vaaralta, joiden korkeus oli vähintään 325 metriä. Kuusamon keskikorkeus on 275 metriä.

Maaston korkeus oli topografisista tekijöistä selvästi parhain puustotunnusten vaihtelua selvittävä tekijä. Puuston pohjapinta-ala pysyi saman suuruisena korkeusvyöhykkeessä 280—350 metriä ja pieneni jyrkästi siitä ylöspäin. Valtapituus lyheni suoraviivaisesti korkeuden lisääntyessä. Puuston tilavuus pieneni voimakkaasti 330 metristä ylöspäin. Puuston tilavuus oli 22 % suurempi etelän ja lounaan puoleisilla rinteillä kuin vastakkaisella suunnalla. Ero oli pienempi pituuden ja pohjapinta-alan osalta. Rinteen kaltevuus ei selittänyt puustotunnusten vaihtelua.

Tuoreiden kankaiden, kunntauisuuden ja soistuneisuuden osuus väheni korkeusvyöhykkeeltä 290—320 metriä sekä alas- että ylöspäin. Kivisyys lisääntyi jonkin verran maaston korkeuden noustessa. Tykkytuhojen määrä riippui suoraviivaisesti maaston korkeudesta. Mäntyvaltaiset metsiköt olivat selvästi alttiimpia tuhoille kuin kuusivaltaiset. Tykkytuhojen vaikutuksesta männyn osuus pieneni ja kuusen suureni voimakkaasti tykkyrajalle eli 300 metrin korkeudelle asti, josta ylöspäin niiden osuudet vakiintuivat varsinaisella lumitahoalueella. Eri-ikäisrakenteiset, kuusivaltaiset sekametsiköt olivat kestävimpiä tykkytuhoja vastaan.

Tykkyraja sijaitsi keskimäärin samalla korkeustasolla eri osissa Kuusamoa. Rinteen suunnalla ja kaltevuudella sekä maaston muodoilla ei ollut olennaista vaikutusta tykkytuhojen määrään.

Tykytuhojen vaikutuksesta pituusboniteetti aleni kuusella voimakkaammin kuin männällä, minkä vuoksi tykkyhaittaluokkien kynnykorkeudet metsäveroluokituksessa voitiin asettaa samalle korkeudelle sekä mänty- että kuusivaltaisissa metsiköissä.

The relationships between the site parameters used in forest taxation classification and site topography and stand characteristics were examined in the Kuusamo upland area in northern Finland. Special attention was paid to the factors affecting the occurrence and extent of crown snow-load damage. The material was collected in stands in a fairly natural condition growing on 58 hills with an elevation of at least 325 m. The mean altitude at Kuusamo is 275 m.

Site elevation was clearly the best topographical factor explaining the variation in the stand characteristics. The basal area of the stand remained fairly constant over the altitude range 280—350 m, but then decreased sharply on moving to higher altitudes. The volume of the stand decreased strongly above an altitude of 330 m. The stand volume was 22 % greater on southern and southwestern-facing slopes than on those facing in other directions. The difference was smaller as regards stand height and basal area.

The proportion of dry sites and sites which were paludified or covered with raw humus decreased on moving both above and below the altitude zone 290—320 m. The degree of stoniness increased to some extent along with an increase in altitude. The amount of crown snow-load damage was linearly dependent on the elevation of the site. Pine-dominated stands were clearly more susceptible to damage than spruce-dominated ones. As a result of crown snow-load damage, the proportion of pine decreased and that of spruce increased strongly up to the crown snow-load limit (330 m). Above this altitude the proportion of pine and spruce remained fairly constant in the snow damage zone proper. Uneven-aged, spruce-dominated stands were most resistant to crown snow-load damage.

The crown snow-load limit remained at approximately the same altitude throughout the Kuusamo area. The direction and gradient of the slopes and the ground relief had no apparent effect on the amount of crown snow-load damage.

Since the crown snow-load decreased the site index of spruce more strongly than that of pine, similar elevations could be used for the threshold elevations of the crown snow-load classes in the forest taxation norms for both pine-dominated and spruce-dominated stands.

ODC 113.2 + 111.78 + 423.4 + 547 + 568
ISBN 951-40-0715-8
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Suomi on topografialtaan varsin matalaa aluetta, jonka keskikorkeus on vain 152 metriä. Euroopan keskikorkeus on 330 metriä. Pääosa Suomesta on alankoa, kun alangon ja ylängön rajana pidetään 200 metrin korkeutta merenpinnasta (Aartolahti 1979). Maaston absoluuttinen korkeus kasvaa Suomessa sekä lännestä itään että etelästä pohjoiseen ja luoteeseen. Tämän tutkimuksen kohteena oleva Kuusamon kunnan alue kuuluu ylänköalueisiin: Sen keskikorkeus on 275 metriä. Relatiivisen korkeuden mukaan Kuusamo luokitellaan ylhiömaihin, koska siellä on vallitsevana yli 200 metrin relatiivinen korkeusluokka (Aartolahti 1979).

Maaston lisääntyvä korkeus vaikuttaa kasvupaikkatekijöihin ja sitä kautta puustoon osin samoin kuin siirtyminen etelästä pohjoiseen. Poson ja Kujalan (1973) mukaan puuston tilavuudessa 100 kilometrin siirtymä etelä-pohjoissuunnassa vastaa 100 metrin siirtymää korkeussuunnassa.

Pohjois-Suomessa metsien kasvua rajoittavat eniten kasvukauden lyhyys ja alhainen keskilämpötila. Lämpöolot vaikuttavat myös muihin kasvutekijöihin. Haihdunnan pieneessä kosteus lisääntyy niin ilmassa kuin maassa. Ilmaston humidisuuden suureneminen parantaa kasvuoloja kuivanpuoleisilla kasvupaikoilla. Toisaalta vettä huonosti läpäisevillä mailla tulee helposti ongelmia liiasta kosteudesta, mikä edistää puuston kasvulle ja uudistumiselle haitallista kuntaantumista ja soistumista (Lähde 1984). Lämpöenergian vähetessä ravinteiden vapautuminen kasvillisuuden ja puuston käyttöön hidastuu ja kasvupaikka muuttuu karummaksi. Ilmaston heikkenemisessä on elävien organismien kannalta varsin haitallista myös äärevöityminen (Norokorpi 1982).

Kasvukauden ilmasto-olojen lisäksi talvillä tekijöillä on merkitystä. Lumen syvyys lisääntyy vaaran rinteillä ylöspäin (Solantie 1974). Runsaslumisuus viivyyttää kasvukauden alkamista, ja sulaminen sitoo tuntuvasti lämpöä. Sulamisvedet pitävät maan kosteana pitkälle kesään, ja myös kosteuden haihtuminen sitoo lämpöä.

Suomessa metsänraja määräytyy kasvukauden lämpöolojen mukaisesti lähinnä vain suojametsäalueella. Sen eteläpuolella (67°30') metsänraja laskee etelään päin ja riippuu lumituhojen ankaruudesta (Norokorpi 1980, 1981). Varsinaisia lumituhoalueita ovat Lapin läänin eteläosien ja Oulun läänin itäosien vaara-alueet, joilla tykyn aiheuttamat vauriot ovat niin yleisiä ja usein toistuvia, että metsien laatu, kehitys ja arvo sekä hoito ja käyttö riippuvat paljon niistä (Heikinheimo



Kuva 1. Tykkyä vaarakuusikossa (kuva Yrjö Norokorpi).

Fig. 1. A spruce stand covered by accumulated snow, ice and hoarfrost (Photo: Yrjö Norokorpi).



Kuva 2. Tykkyraja erottuu hyvin, kun irtolumi on karissut pois alempana sijaitsevasta puustosta (kuva Hannu Hautala).

Fig. 2. The crown snow-load limit is clearly visible when the loose snow is shaken off a stand lying lower down the hillside (Photo: Hannu Hautala).

1920b). Tykky tarkoittaa puihin kasautunutta lunta, jäätä ja huurretta (kuvat 1 ja 2). Koillismaa ja Kuusamo ovat Suomen pahinta lumituhoaluetta (Cajander 1916, 1917, Heikinheimo 1920b).

Tykyen muodostuminen puihin riippuu maaston topografiasta ja alueella vallitsevista erityisistä ilmasto-oloista. Huurteen muodostumisen lisäksi lumi- ja jäätävillä tihkusateilla on keskeinen merkitys. Huurretta kertyy puihin, kun alijäähtyneet sade- ja sumupisarat koskettavat niitä (Heikinheimo 1920a, b, Solantie 1968, 1974).

Tykyen muodostuminen on runsaimmillaan alkutalvesta, jolloin kosteat länsi- ja lounaisuulet vallitsevat. Pitkään avoimena pysyvä Perämeri kohottaa ilman absoluuttisen kosteuden suureksi. Kyllästymistilassa olevat ilmamassat joutuvat nousuliikkeeseen kohdattaessaan vaarajonoja ja jäähtyvät. Tällöin kosteus tiivistyy ja syntyy sadetta sekä huurretta (Solantie 1974). Tykkyraja nousee sitä mukaa kuin tiivistyminen vähentää ilman kosteutta ja maaston korkeus sekä etäisyys Perämerestä kasvavat.

Solantie (1974) laati Heikinheimon (1920b) havaintojen perusteella ne korkeuden tasarvokäyrät, joiden yläpuolella tykkyä esiin-

tyy vuosittain (kuva 3). Norokorven (1980, 1981) mukaan tällä ns. tykkyrajalla noin 30 %:ssa varttuneen, luonnontilaisen havumetsikön puista on lumituhoja. Suomessa ei ole kuitenkaan tarkemmin tutkittu tykkytuhojen määrää eikä siihen vaikuttavia tekijöitä.

Paikan korkeus on huomattavin metsikkötunnuksiin vaikuttava topografinen tekijä. Myös maaston muodoilla on jonkin verran merkitystä. Poson ja Kujalan (1973) mukaan Pohjois-Lapissa puuston tilavuus oli lännenpuoleisilla rinteillä 35 % suurempi kuin idänpuoleisilla rinteillä. Roiko-Jokela (1980) totesi, että rinteen suunnan merkitys pieneni vähäiseksi Pohjois-Suomen pohjoisosista eteläosiin.

Paremmiin kuin maaston kaltevuusaste puustotunnusten vaihtelua selitti metsikön asema; notkelma, rinne ja laki. Kasvupaikan hyvyttä kuvaavista tunnuksista pituusboniteetti sekä maaperän kivisyys- ja soistuneisuusluokitus täydensivät parhaimmin topografisia tunnuksia. Lämpösumma oli alueittain tarkasteltuna hyvä puuston muutosten selittäjä.

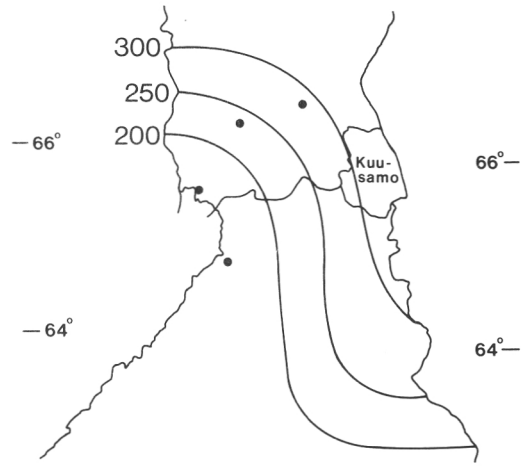
Metsämaiden luokitus on sidottu kasvupaikan puuntuotoskykyyn. Määritelmän mukaisen kiertoajan keskikasvun tarkka selvit-

täminen on kuitenkin vaikeaa ja suuritöistä etenkin korkeilla mailla, missä puuston kasvu asettuu lähelle metsä- ja kitumaan rajaa. Siksi on perusteltua käyttää myös muita tekijöitä luokitustyön tarkentamiseksi (Roiko-Jokela 1980). Tietoja näistä tarvitaan paitsi metsätalouden suunnittelussa myös veroluokituksessa.

Maatilatalouden tuloveroasetuksessa säädetty metsäveroluvut ja verokuutiometrin rakenteet määritetään kunnittain. Niiden perusteissa otetaan huomioon kunnan keskimääräiset ilmasto-olot ja niiden vaikutus puuntuotoksen määrään ja laatuun. Tilakohteisessa veroluokituksessa huomioidaan lisäksi erityiset metsänkasvua haittaavat tekijät. Pohjois-Suomen korkeilla mailla näitä ovat muuallakin tavanomaisten kivisyyden ja soistuneisuuden lisäksi tykky-, kunnta- ja lämpösunnmahaitta. Viimeksi mainittu luokitetaan silloin, kun kunnan sisäisiä keskimääräistä olennaisesti heikompia ilmasto-oloja ei voida ottaa verotuksessa huomioon kantohinta-aluejaolla (Maatilojen veroluokitusohjeet 1982).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää puustotunnusten ja maaston topografian välisiä suhteita Kuusamon vaara-alueilla. Erityistä huomiota kiinnitettiin tykkytuhojen esiintymiseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Lisäksi tutkittiin, miten korkeiden maiden kasvupaikkatekijät voidaan ottaa huomioon metsäveroluokituksessa.

Tutkimus kuuluu osana seuraaviin Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla tehtäviin metsänhoidon tutkimusprojekteihin: Lumenviipymäalueet — metsänhoidon ongelma-alueet Pohjois-Suomessa sekä Pohjois-Suomen kasvupaikkojen kuvaus- ja luokitusjärjestelmä. Työ tehtiin verohallituksen aloitteesta ja käytännön toteutuksessa oli mukana myös Kuusamon maanmittauspiiri, jota edusti maanmittausinsinööri



Kuva 3. Säännöllisesti esiintyvän tykyn alaraja eli ns. tykkyraja, m mpy. (Solantie 1974) ja Kuusamon kunnan sijainti.

Fig. 3. The lower limit of the regularly occurring crown snow-load, i.e. the so-called crown snow-load limit, m above sea level (Solantie 1974), and the location of Kuusamo.

Heikki Seppänen. Kuusamon kunnan nimeämä seurantaryhmä osallistui työn maastotarkastuksiin.

Työn suunnitteluun osallistuivat kirjoittajien lisäksi ylitarkastaja Lasse Lovén verohallituksesta. Mmyö Sirpa Kärkkäinen huolehti aineiston keruusta LuK Olli Näyhän ja LuK Katriina Kaikkosen avustamana. Aineiston käsittelyn teki Sirpa Kärkkäinen osittain LuK Pirjo Kailan avustamana Norokorven ohjauksessa. Käsikirjoitus valmistui molempien tekijöiden yhteistyönä. Toimistoapulainen Ilkka Taponen piirsi kuvat. Englanninkielisen tekstiosan käänsivät MH Erkki Pekinen ja MMK John Derome. Käsikirjoituksen lukivat professori Erkki Lähde ja MML Jukka Valtanen. Esitämme parhaimmat kiitoksemme kaikille tutkimuksen toteuttamiseen myötävaikuttaneille.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

Aineisto kerättiin Kuusamossa kesällä 1982. Otannan perusjoukon muodostivat ne vaarat, joiden laki oli vähintään 50 metriä ylempänä kuin Kuusamon kunnan keskikorkeus eli 275 metriä. Keskikorkeus estimoitiin tasavälistä otantaa käyttäen kartalta niin, että mittauspisteiden väli vastasi 4 kilometriä maastossa. Keskimääräiseksi lämpösunnmaksiksi estimoitiin samoilta pisteiltä 803 d.d..

Kunnan alue jaettiin ylänköalueiden perusteella viiteen osa-alueeseen, joiden mukaan vaarat ryhmiteltiin (kuva 20). Arpomalla oli tarkoitus saada tutkimuskoh-

teiksi yhteensä 60 vaaraa, joilla edellytettiin olevan mahdollisimman luonnontilaisia metsiköitä. Hakuut saivat olla vain ennen isojakoa tehtyjä vähäisiä poimintahakkuita. Lisäksi edellytettiin, että puusto oli havupuuvaltaista ja sen rinnankorkeusikä oli vähintään 50 vuotta. Vaarojen kelpoisuus selvitettiin ilmakuvilta. Tarkistuksia tehtiin myös ilmatähystyksellä. Arvottuja vaaroja jouduttiin korvaamaan jossain määrin toisilla ja suunniteltuja mittauslinjojen paikkoja muuttamaan tarkistuksen perusteella. Tutkimuksen kohteiksi tulivat käytännöllisesti katsoen kaikki vaatimukset täyttävät

vaarat. Aineisto kerättiin yhteensä 58 vaaralta ja 667 koealalta, joiden sijaintikorkeuden vaihteluväli oli 230–440 metriä. Vaaran rinteille sijoitettiin erisuuntaisia linjoja, jotka ulottuivat laelta alas tasamaalle asti. Linjoilta mitattiin relaskooppikoealoja 10 metrin korkeusvälein. Loivilla rinteillä, joilla samassa korkeudessa ilmeni muutoksia puustossa tai kasvupaikassa, otettiin lisäkoealoja.

Relaskooppikoealoilta (kerroin 1) mitattiin puuston valtapituus kahden paksuimman puun keskipituutena ja pohjapinta-ala puulajeittain. Keskipituus arvioitiin valtapituuden avulla. Puuston tilavuus määritettiin relaskooppitaulukosta. Kuusivaltaisilla koealoilla taulukkoarvoon tehtiin 10 %:n vähennys. Ikä saatiin laskemalla valtapuiden aritmeettinen keski-ikä. Puulajisuhteet määritettiin pohjapinta-alan prosentuaalisina osuuksina.

Koealoilta määritettiin pituusboniteetti (H_{100}) eli valtapituuden indeksiluku 100 vuoden iällä. Se saatiin valtapuiden piteuden ja rinnankorkeusiän perusteella käyttäen apuna Vuokilan (1980) laatimia bonitointikäyriä, joiden kolmen metrin luokkaväli muutettiin metriksi. Niitä jatkettiin alkuperäistä muotoa noudattaen kuusen osalta 250 vuoteen ja männyn osalta 220 vuoteen asti.

Koealoilta määritettiin myös metsikön kehitysluokka, puuston laatu, edellisestä hakkuusta kulunut aika ja pääpuulaji. Tykkytuho arvioitiin vaurioprocentina, joka tarkoittaa vioittuneiden puiden prosentuaalista osuutta pohjapinta-alasta puulajeittain. Vaurioksi katsottiin moni- ja poikkilatvaisuus, rungon haaraisuus ja mutkaisuus.

Tykkytuhon toistuvuuden arvioinnissa käytettiin kahta rinnakkaista luokitusta: 1. ei tuhoa, tuho harvinainen, tuho melko usein toistuva ja tuho usein toistu-

va; 2. ei tuhoa, tuho sattuu kerran 10, 5 tai 3 vuodessa ja joka vuosi.

Topografisista tekijöistä mitattiin maaston korkeus sekä rinteiden suunta ja kaltevuus. Maaston muoto luokiteltiin laaksoksi, rinteeksi tai laeksi. Koealoilta määritettiin kivisyysluokka painelemalla teräksisellä mitta-putkolla (Viro 1952). Koealan humuksen paksuus määritettiin viiden mittauksen keskiarvona. Suunnilleen joka neljänneltä koealalta tehtiin maa- ja kasvupeiteanalyysi.

Koealametsikön veroluokituksessa käytettiin Maatilojen veroluokitusohjeita (1982). Erityistä huomiota kiinnitettiin haittaluokitukseen. Haittaluokalla tarkoitetaan jostain tekijästä johtuvaa metsikön puuntuotannon alenemista veroluokan verran. Luokitusta voidaan alentaa enintään kahdella luokalla yhden haittatekijän vuoksi. Koealoilta määritettiin kuntaisuus-, kivisyys-, soistuneisuus-, lämpösomma- ja tykkyhaitta. Viimeksi mainittu arvioitiin vaurioprocentin ja tuhon toistuvuuden perusteella.

Lämpösommahaitan luokittelu perustuu siihen, että ao. kunnan keskitasoa selvästi korkeammilla alueilla vallitseva alempi lämpösomma heikentää puuston kasvua. Se voidaan todeta valtapituuden, tiheyden ja pohjapinta-alan selvänä alenemisena haitta-alueella. Esim. kunnan keskikorkeudella lämpösomma on 803 d.d., kun taas 400 metrin korkeudessa lämpösomma on vain 725 d.d.

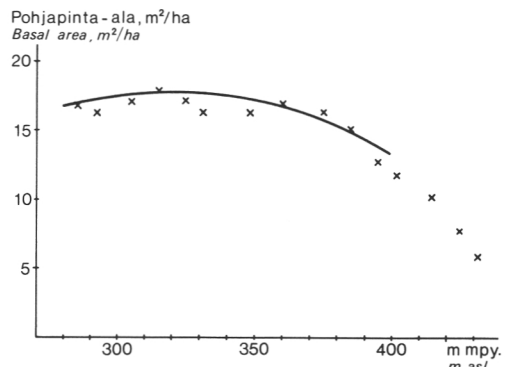
Lämpösomma määritettiin Heikuraisen (1973) julkaisemien kartakkeiden perusteella merenpinnan tasoon redukoiduista arvoista. Lämpösommahaittaluokkien korkeustasoja ei laskettu etukäteen. Jokaisella koealalla veroluokka määriteltiin maastossa ensin kasvupaikka- luokan perusteella, ja sitä alennettiin eri haittaluokkien yhteisvaikutuksen summalla.

3. TULOKSET

31. Maaston korkeuden vaikutus puustotunnuksiin

311. Pohjapinta-ala ja puulajisuhteet

Puuston keskimääräinen pohjapinta-ala pysyi miltei yhtä suurena alarinteiltä 350 metrin korkeudelle asti. Siitä ylöspäin se laskee jyrkästi (kuva 4). Pohjapinta-alan ja korkeuden välinen korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($-0,16^{***}$). Korkeus selitti pohjapinta-alan vaihtelua parhaiten kiuvaikoilla kankailla. Korrelaatio oli erittäin merkitsevä ($-0,44^{***}$), kun se tuoreilla kankailla oli jokseenkin merkitsevä ($-0,10^*$). Kuusella pohjapinta-alan riippuvuus maaston korkeudesta oli hieman voimakkaampi kuin männyllä.



Kuva 4. Puuston pohjapinta-alan riippuvuus maaston korkeudesta.

Fig. 4. The dependence of stand basal-area on the altitude.

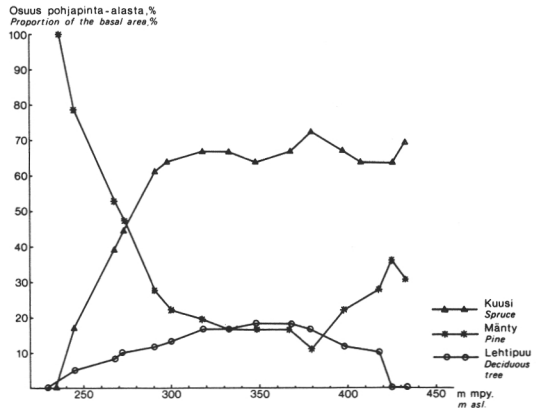
Taulukko 1. Keskimääräinen puuston pohjapinta-ala erisuuntaisilla rinteillä.
 Table 1. The mean basal area of the stand on slopes with different exposures.

Rinteen suunta Exposure	Koealoja, kpl Sample plots, n	Maaston korkeus Altitude $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, m	Pohjapinta-ala Basal area $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, m ² /ha	Suhteellinen arvo Relative value
Etelä-luonas (1) S-SW	149	314 ± 3	18,7 ± 0,5	100
Länsi-luode (2) W-NW	159	306 ± 3	17,5 ± 0,5	94
Pohj.-koill. (3) N-NW	185	320 ± 3	14,9 ± 0,4	80
Itä-kaakko (4) E-SE	174	317 ± 2	15,9 ± 0,4	85
Erojen merkitsevyyt Significant differences		**1—3, **1—4, **2—3, *2—4		

Etelä-lounaisrinteillä keskimääräinen pohjapinta-ala oli suurin ja pohjois-koillisrinteillä pienin (taulukko 1). Ero oli suuruudeltaan 20 % ja tilastollisesti merkitsevä. Ainoastaan länsi-luoteisrinteiden pohjapinta-alan poikkeaminen pohjois-koillisrinteiden keskiarvosta saattoi osittain johtua koealojen hieman erilaisesta sijaintikorkeudesta. Maaston kaltevuuden ja pohjapinta-alan välillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.

Alimpana sijaitsevilla koealoilla kivennäismaat olivat pääosin männiköitä. Maaston kohotessa kuusen osuus lisääntyi ja männyn aleni jyrkästi. Ne olivat yhtä suuret 270 metrin korkeudella. Selvä taitekohta oli 300 metrin korkeudella, josta ylöspäin kuusen osuus vakiintui noin 65 %:n tasolle männyn osuuden ollessa noin 20 % (kuva 5). Korkeiden alueiden koealoilla yli yleistä, että kuusikossa kasvoi yksi tai kaksi vanhaa mäntyä, mikä aiheutti männyn osuuden nousemisen mainitun suuruisiksi. Lehtipuiden osuus lisääntyi hieman ylöspäin lähelle 380 metrin korkeutta, jossa se oli 18 %. On kuitenkin otettava huomioon, että koealat sijoitettiin pelkästään havupuuvaltaisiin metsiköihin.

Laet olivat yleensä harvoja, tykyn painamia ja runteleimia kuusikoita. Sekapuuna oli pientä koivua. Poikkeuksellisesti joidenkin vaarojen laella oli männiköitä, jotka olivat luultavasti syntyneet metsäpalon jälkeen suotuisan lämpökauden aikana. Tästä selvänä esimerkkinä oli Naatikkavaara, jonka laella oli noin kolmimetrinen, lähes tasarakenteinen männikkö. Se oli siementynyt 1930-lu-

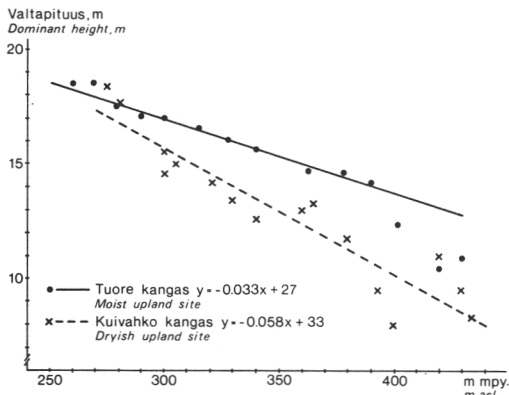


Kuva 5. Puuston pohjapinta-alaan perustuvien puulajisuhteiden riippuvuus maaston korkeudesta.

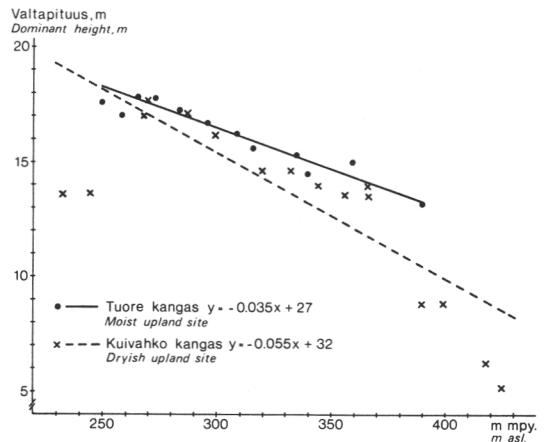
Fig. 5. The dependence of the tree species composition, determined according to the basal-area of the stand, on the altitude.

vulla, jolloin oli monta keskimääräistä lämpimämpää kesää.

Kuusen osuuden ja maaston korkeuden välinen lineaarinen korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä sekä lehtomaisilla (0,62***), tuoreilla (0,23***) että kuivahkoilla kankailla (0,49***). Männyn osuuden vastavat korrelaatiot olivat -0,52***, -0,34*** ja -0,49***. Kuusen osuudessa ei todettu merkitseviä eroja erisuuntaisilla rinteillä. Tilanne oli sama männynkin osalta, joten puulajisuhteet olivat keskimäärin yhtäläiset vaarojen rinteillä kaltevuussuunnasta riippumatta.



Kuva 6. Valtapituuden riippuvuus maaston korkeudesta kuusivaltaisissa metsiköissä.
 Fig. 6. The dependence of dominant height on the altitude in spruce-dominated stands.



Kuva 7. Valtapituuden riippuvuus maaston korkeudesta mäntyvaltaisissa metsiköissä.
 Fig. 7. The dependence of dominant height on the altitude in pine-dominated stands.

312. Valtapituus

Kuusen valtapiisuuden vaihteluväli oli tuoreilla kankailla 9—26 metriä ja kuivahkoilla kankailla 6—20 metriä. Männyn vastaavat vaihteluvälit olivat 12—22 metriä ja 3—22 metriä. Kuusen ja männyn valtapiisuudet pienivät suoraviivaisesti ja lähes yhtä jyrkästi maaston korkeuden noustessa (kuvat 6 ja 7). Tuoreilla kankailla molempien puulajien valtapiisuus oli suurempi kuin kuivahkoilla kankailla. Ero kasvoi korkeuden lisääntyessä.

Maaston korkeus selitti yksin kuusivaltaisten metsiköiden valtapiisuuden vaihtelusta tuoreilla kankailla 15 % ja kuivahkoilla kankailla 56 %. Keskimäärin selitysaste oli hieinan suurempi mäntyvaltaisissa metsiköissä (taulukko 2). Kun valtapiisuuden tarkastelu rajattiin koskemaan vain metsämaan kivet-

tömiä ja soistumattomia tuoreita ja kuivahkoja kankaita, joilla valtapiuiden ikä oli vähintään 150 vuotta, kutistui aineisto kovin pieneksi. Tulokset olivat kuitenkin samansuuntaisia kuin koko aineistoa koskevat.

Lämpösumma ei ollut yhtä hyvä valtapiisuuden vaihtelun selittäjä kuin maaston korkeus (taulukko 3). Jälkimmäiselle koko aineistosta laskettu korrelaatio oli $-0,44^{***}$ ja edelliselle $-0,36^{***}$.

Pienin valtapiisuus oli pohjois-koillisrinteillä ja suurin länsi-luoteis- sekä etelä-lounaisrinteillä, joilla se oli suunnilleen sama (taulukko 4). Ero oli tilastollisesti merkitsevä isoimman ja pienimmän arvon välillä ja suuruudeltaan 8 %. Rinteen kaltevuusaste ei lisännyt valtapiisuuden vaihtelun selitysastetta.

Taulukko 2. Valtapiisuuden riippuvuus maaston korkeudesta.

Table 2. The dependence of the dominant height on the altitude.

Kasvupaikkaluokka Site class	Kuusivaltaiset metsiköt Spruce-dominated stands		Mäntyvaltaiset metsiköt Pine-dominated stands	
	r	r ² , %	r	r ² , %
Tuore kangas Moist upland site	-0,38***	15	-0,39***	15
Kuivahko kangas Dryish upland site	-0,75***	56	-0,68***	47
Koko aineisto Total	-0,46***	22	-0,63***	39

Taulukko 3. Valtapiisuuden riippuvuus lämpösummasta.
 Table 3. The dependence of the dominant height on the altitude.

Kasvupaikkaluokka Site class	Kuusivaltaiset metsiköt Spruce-dominated stands		Mäntyvaltaiset metsiköt Pine-dominated stands	
	r	r ² , %	r	r ² , %
Tuore kangas Moist upland site	0,30***	9	0,26***	7
Kuivahko kangas Dryish upland site	0,70***	49	0,66***	44
Koko aineisto Total	0,38***	14	0,57***	32

Taulukko 4. Keskimääräinen puuston valtapituus erisuuntaisilla rinteillä.

Table 4. The mean dominant height of the stand on slopes with different exposures.

Rinteen suunta Exposure	Valtapituus Dominant height $\bar{x} \pm S\bar{x}$, m	Suhteellinen arvo Relative value
Etelä-luonas (1) S-SW	16,7 ± 0,3	100
Länsi-luode (2) W-NW	16,9 ± 0,3	101
Pohj.-koill. (3) N-NE	15,6 ± 0,3	93
Itä-kaakko (4) E-SE	16,0 ± 0,2	96
Erojen merkitsevyys Significant differences	*1—3, **2—3	

Taulukko 5. Keskimääräinen puuston tilavuus erisuuntaisilla rinteillä.

Table 5. The mean volume of the stand on slopes with different exposures.

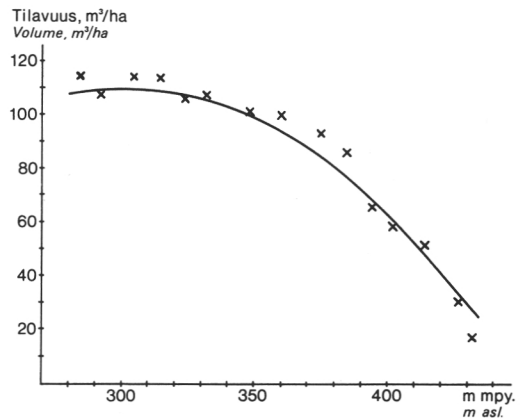
Rinteen suunta Exposure	Puuston tilavuus Volume $\bar{x} \pm S\bar{x}$, m ³ /ha	Suhteellinen arvo Relative value
Etelä-luonas (1) S-SW	122 ± 4	100
Länsi-luode (2) W-NW	116 ± 4	95
Pohj.-koill. (3) N-NE	95 ± 3	78
Itä-kaakko (4) E-SE	101 ± 3	83
Erojen merkitsevyys Significant differences	*1—3, **1—4, **2—3, *2—4	

313. Puuston tilavuus

Puuston tilavuus pysyi suunnilleen yhtä suurena 330 metrin korkeudelle asti, josta ylöspäin se alkoi melko jyrkästi pienetä (kuva 8). Epälineaarinen korrelaatio oli erittäin merkitsevä ($-0,26^{***}$). Korkeus selitti tilavuuden vaihtelua parhaiten kuivahkoilla kankailla. Korrelaatio oli erittäin merkitsevä ($-0,55^{***}$). Se oli erittäin merkitsevä myös tuoreilla kankailla, mutta pienempi ($-0,23^{***}$). Kuusella tilavuuden riippuvuus maaston korkeudesta oli suurempi kuin männyllä.

Etelä-lounaisrinteillä keskimääräinen puuston tilavuus oli suurin ja pohjois-koillisrinteillä pienin (taulukko 5). Ero oli suuruudeltaan 22 % ja tilastollisesti merkitsevä. Rinteensuuntien väliset erot olivat tilavuuden osalta suhteellisesti hieman suuremmat kuin pohjapinta-alan osalta. Rinteen kaltevuus ei selittänyt tilavuuden vaihtelua.

Puuston pohjapinta-alan ja tilavuuden riippuvuutta maaston korkeudesta tarkasteltiin myös eliminoimalla kasvupaikasta ja puuston iästä mahdollisesti aiheutuva vaihtelu tekemällä korrelaatio- ja regressioanalyysit erikseen kunkin kasvupaikkaluokan vähintään 150-vuotiaalle puustolle. Lisäksi analyysit tehtiin erikseen metsä- ja kitumaalle. Tarkastelu ei tuonut olennaista lisätietoa edellä esitettyihin tuloksiin. Hajonta oli suurta, ja lisäksi ryhmittelyjen ja rajoitusten seurauksena luokkakohtaisia havaintoja oli vähän. Siten koko aineistosta saadut tulokset toivat parhaiten esille ilmiöiden luonteen.



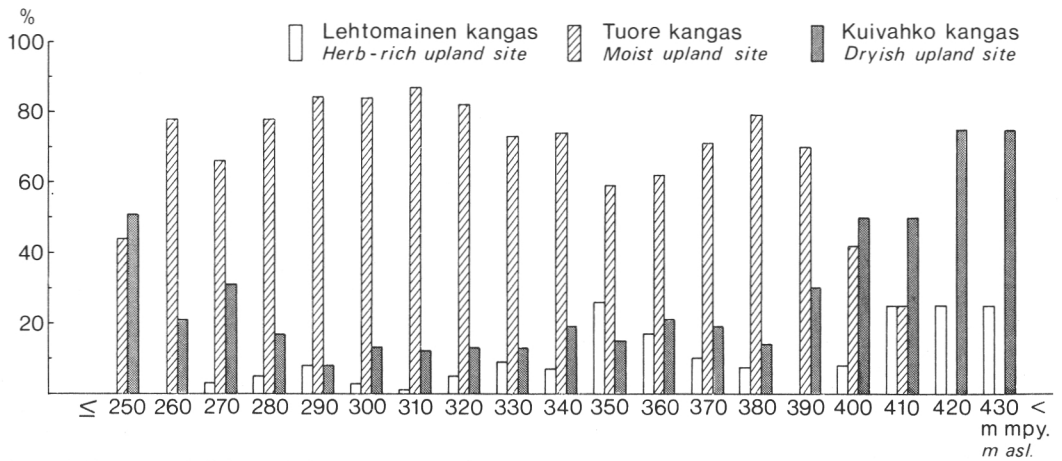
Kuva 8. Puuston tilavuuden riippuvuus maaston korkeudesta.

Fig. 8. The dependence of stand volume on the altitude.

32. Maaston korkeuden vaikutus kasvupaikkatunnuksiin

321. Kasvupaikkaluokat

Koaloista 6 % sijaitsi lehtomaisilla, 75 % tuoreilla ja 19 % kuivahkoilla kankailla. Viimeksi mainittujen osuus oli pienimmillään 290—300 metrin korkeudella, josta se lisääntyi nopeasti alaspäin sekä hyvin hitaasti ylöspäin aina 380 metriin asti. Siitä korkeammalle kuivahkot kankaat yleistyivät taas voimakkaasti ja olivat enemmistönä yli 400 metrin korkeudella (kuva 9). Tuoreiden kankaiden osuus pysyi yli 60 %:na korkeusvälillä



Kuva 9. Kasvupaikkaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.
Fig. 9. The distribution of site type classes according to the altitude.

260—390 metriä ja väheni tältä vyöhykkeeltä selvästi sekä ylös- että alaspäin. Lehtomaisien kankaiden osuus oli suurimmillaan 350 metrin korkeudella noin 25 %, josta se pieneni molempiin suuntiin. Poikkeuksen muodostivat muutamat erittäin viljavat vaarat kuten Naatikka- ja Kuntivaara, joilla esiintyi vielä yli 400 metrin korkeudella lehtomaisia kankaita.

322. Pituusboniteetti

Pituusboniteetti aleni suoraviivaisesti maaston korkeuden lisääntyessä ja lämpösunnan pienentyessä ilmentäen kasvupaikan heikkenemistä. Korkeuden ja pituusboniteetin välinen korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Se oli suurin kuivahkoilla kankailla (taulukko 6). Pituusboniteetin ja korkeuden välinen riippuvuus ei ollut täysin lineaarinen mäntyvaltaisilla kuivahkoilla kankailla, mutta toisenasteen termin lisäys ei parantanut mainittavasti yhtälön selityssastetta.

Pituusboniteetin ja korkeuden väliset riippuvuudet olivat metsämaan kivettömillä ja soistumattomilla tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla suunnilleen samansuuruiset kuin kokonaisuaineistossa.

Keskimääräinen pituusboniteetti oli suurin lännenpuoleisilla rinteillä (13,9 m) ja pienin idänpuoleisilla rinteillä (11,8 m). Edellinen keskiarvo oli siten 15 % suurempi kuin jälkimmäinen. Mäntyvaltaisilla tuoreilla kan-

Taulukko 6. Pituusboniteetin (H_{100}) riippuvuus maaston korkeudesta.

Table 6. The dependence of the site index (H_{100}) on the altitude.

Kasvupaikkaluokka Site class	Kuusivaltaiset metsiköt Spruce-dominated stands		Mäntyvaltaiset metsiköt Pine-dominated stands	
	r	r ² , %	r	r ² , %
Tuore kangas Moist upland site	-0,44***	19	-0,48***	24
Kuivahko kangas Dryish upland site	-0,71***	50	-0,71***	50
Koko aineisto Total	-0,50***	25	-0,66***	43

kailla pituusboniteetti oli keskimäärin 14,8 metriä ja kuivahkoilla kankailla 13,6 metriä kaikilla rinteensuunnilla. Kuusivaltaisilla tuoreilla kankailla se oli etelä-luonaisrinteillä 12,6 metriä, länsi-luoteisrinteillä 13,0 metriä, pohjois-koillisrinteillä 11,4 metriä ja itä-kaakkoisrinteillä 11,4 metriä. Kuusivaltaisilla kuivahkoilla kankailla pituusboniteetti oli 9,6 metriä kaikilla rinteensuunnilla.

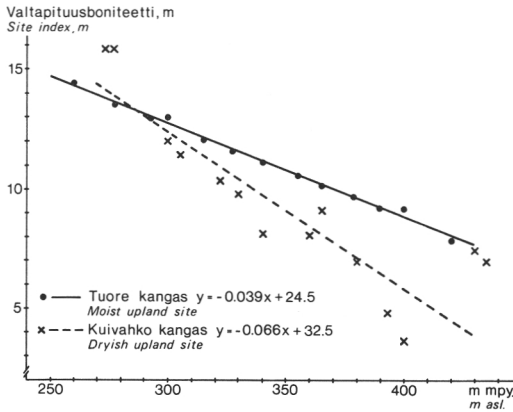
Pituusboniteetin riippuvuus lämpösunnasta oli hieman heikompi kuin maaston korkeudesta (taulukko 7). Rinteen kaltevuus ei selittänyt millään kasvupaikalla pituusboniteetin vaihtelusta enempää kuin 5 %.

Metsä- ja kitumaan rajan pituusboniteettiindeksi on Roiko-Jokelan (1980) mukaan Kuusamon leveysasteilla 12 metriä. Tämä indeksiarvo asetui kuusivaltaisilla tuoreilla

Taulukko 7. Pituusboniteetin (H_{100}) riippuvuus lämpösummasta.

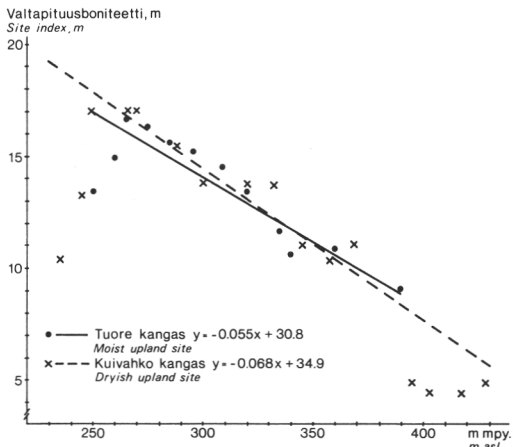
Table 7. The dependence of the site index (H_{100}) on the temperature sum.

Kasvupaikkaluokka Site class	Kuusivaltaiset metsiköt Spruce-dominated stands		Mäntyvaltaiset metsiköt Pine-dominated stands	
	r	r ² , %	r	r ² , %
Tuore kangas Moist upland site	0,39***	16	0,44***	19
Kuivahko kangas Dryish upland site	0,55***	31	0,70***	49
Koko aineisto Total	0,44***	19	0,64***	41



Kuva 10. Pituusboniteetin (H_{100}) riippuvuus maaston korkeudesta kuusivaltaisissa metsiköissä.

Fig. 10. The dependence of the site index (H_{100}) on the altitude in spruce-dominated stands.



Kuva 11. Pituusboniteetin (H_{100}) riippuvuus maaston korkeudesta mäntyvaltaisissa metsiköissä.

Fig. 11. The dependence of the site index (H_{100}) on the altitude in pine-dominated stands.

kankailla keskimäärin 310 metrin korkeudelle ja kuivahkoilla kankailla 10 metriä ylempiä (ks. kuva 10). Mäntyvaltaisissa metsiköissä se oli sekä tuoreilla että kuivahkoilla kankailla keskimäärin 330 metrin korkeudella (ks. kuva 11). Koko aineiston perusteella tämä rajakohta sijaitti 310 metrin korkeudella.

Metsä- ja kitumaan rajan sijaintikorkeus vaihteli koaloilla laajasti: alimmillaan se oli 280 metriä ja ylimmillään 400 metriä. Keskiarvo oli vähän alle 320 metriä.

323. Kunttaisuus, soistuneisuus ja kivisyys

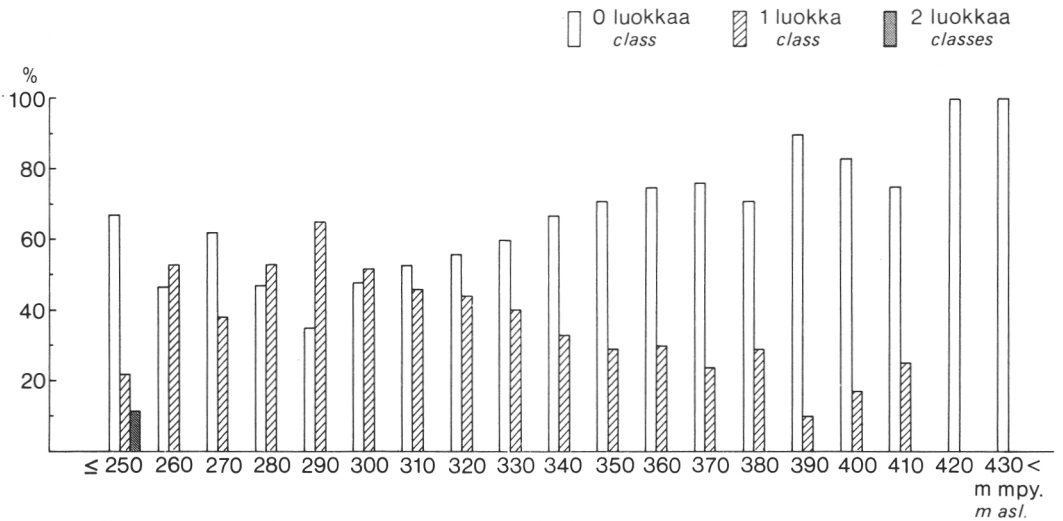
Humuskerroksen keskipaksuus oli 8,2 cm. Suurin mitattu arvo oli 32 cm. Tuoreilla kankailla humuskerros oli laaksoissa ($x = 10,1$ cm) jokseenkin merkittävästi paksuampi kuin rinteillä ($x = 8,6$ cm) ja laeilla ($x = 8,2$ cm). Maaston korkeuden ja humuskerroksen paksuuden välinen korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkittävä. Paksuin humuskerros oli itärinteillä ($x = 9,8$ cm) ja ohuin lounaisrinteillä ($x = 7,0$ cm). Ero oli tilastollisesti merkittävä.

Veroluokkaa alennettiin yhdellä kunttahaittaluokalla, jos humuskerros oli 8—12 cm paksu ja kahdella luokalla, jos se oli yli 12 cm paksu. Veroluokkaa alennettiin yhdellä luokalla kunttahaitan vuoksi jopa 65 %:lla koaloista 290 metrin korkeudella, mistä ylöspäin haittaluokan osuus pieneni vähitellen (kuva 12). Runsaalla puolella koaloista tehtiin yhden tai kahden luokan alennus kunttaisuuden vuoksi 250—300 metrin korkeusvyöhykkeellä.

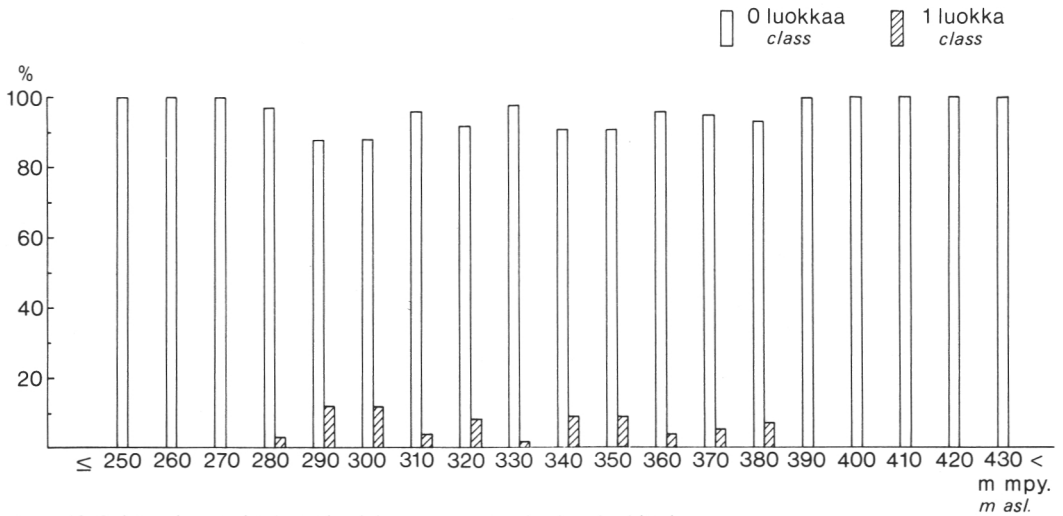
Soistuneisuus laski veroluokkaa yhteensä 11 %:lla koaloista. Eniten soistuneita kasvupaikkoja oli 290—300 metrin korkeudella, missä 12 %:lla koaloista veroluokkaa alennettiin sen vuoksi (kuva 13). Soistuneisuutta esiintyi melko tasaisesti lähes kaikilla korkeustasoilla. Tämä ilmenee Kuusamossa myös tyyppillisten rinesoiden esiintymisenä.

Kivisyys lisääntyi maaston korkeuden noustessa (kuva 14). Vaarojen yläosissa ei kuitenkaan esiintynyt kivirakkaa, joka on yleensä tyyppillistä tuntureille ja vaaroille. Noin 40 %:lla koaloista veroluokkaa alennettiin kivisyyden vuoksi.

Kunttaisuuden, soistuneisuuden ja kivisyyden riippuvuutta maaston korkeudesta tarkasteltiin myös kasvupaikkaluokittain. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin kokonaisaineistosta saadut.



Kuva 12. Kunttahaittaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.
 Fig. 12. The distribution of the tax class depreciation due to raw humus on the altitude.



Kuva 13. Soistuneisuushaittaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.
 Fig. 13. The distribution of the tax class depreciation due to paludification according to the altitude.

324. Lämpösummahaitta

Koelat jakautuivat lämpösummavyöhykkeittäin seuraavasti:

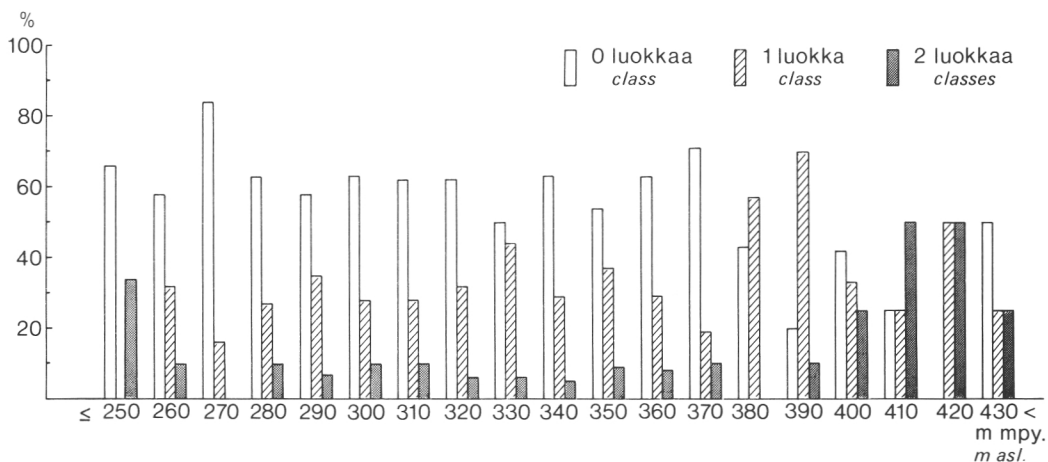
d.d.	700	725	750	775	800	825	850
%	3	8	17	30	31	10	1

Alimmillaan lämpösummahaittavähennys tehtiin 290 metrin korkeudella (kuva 15). Ylin koeala, missä sitä ei vielä tarvittu, sijait-

si 350 metrin korkeudella. Tässä korkeudessa tehtiin kuitenkin myös kahden luokan alennus.

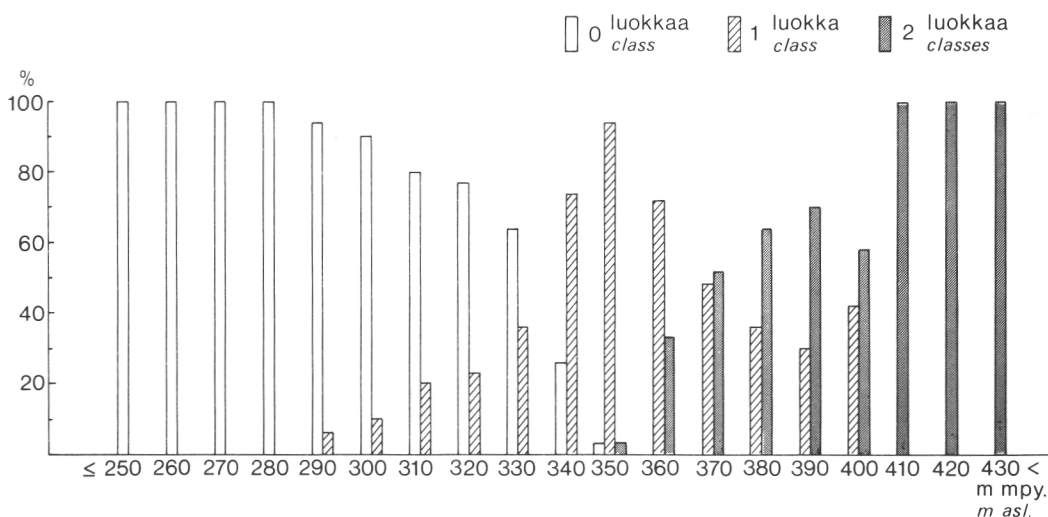
Eri haittaluokat todettiin seuraavissa lämpösummarajoissa:

	Vaihteluväli	\bar{x}
0 luokka (ei haittaa)	750—850	794
1 luokka	725—775	754
2 luokkaa	700—750	718



Kuva 14. Kivisyyshaittaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.

Fig. 14. The distribution on the tax class depreciation due to stoniness according to the altitude.



Kuva 15. Lämpösummahaittaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.

Fig. 15. The distribution of the tax class depreciation due to temperature sum according to the altitude.

Yhden haittaluokan vaihteluvälin keski-kohta oli 750 d.d., joka oli noin 50 d.d. pienempi kuin Kuusamon keskikorkeutta vastaava lämpösomma ja samalla alin arvo, jolla haitta ei vielä todettu. Toisaalta se oli myös korkein arvo, jolla oli tarpeen alentaa kaksi veroluokkaa. Haittaluokat menivät siten puolittain eli 25 d.d. päällekkäin. Tämä johtui ennenkaikkea erisuuntaisten rinteiden

kasvuolojen eroista. Keskimääräistä lämpösommaa käytettäessä ei oteta huomioon kaltevuussuuntien todellisia lämpötilaeroja.

33. Tykkytuhot

331. Vaurioiden vääriään vaikuttavat tekijät

Tykkyvaurioprocenttia laskettaessa otettiin huomioon ne koelat, joilla ko. puulajin osuus puuston pohjapinta-alasta oli vähintään 20 %. Sekä kuusen että männyn vaurioprocentti suureni voimakkaasti maaston korkeuden noustessa. Riippuvuus oli lineaarinen ja korrelaatiokertoimet olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä (taulukko 8). Maaston korkeus osoittautui selvästi parhaaksi vaurioprocentin vaihtelua selittäväksi tekijäksi. Kuusen osalta selityssaste oli 47 % ja männyn osalta 55 %. Arcsin-muunnokset eivät parantaneet selityssastetta.

Männyllä keskimääräinen vaurioprocentti oli kaikilla maaston korkeustasoilla suurempi kuin kuusella (kuva 16). Jälkimmäinen saavutti yhtä suuren vaurioprocentin kuin edellinen 20—25 metriä ylempänä vaarojen alarinteillä. Ero kasvoi ylöspäin niin, että sadan prosentin vauriotasolla se oli 50 metriä. Metsänrajan voidaan katsoa asettuvan siihen, missä kaikki puut ovat pahoin tykyn runteleimia. Laskennallisesti kuusen metsänraja sijaitsee Kuusamossa noin 445 metriä ja männyn metsäraja noin 395 metriä merenpinnan yläpuolella (kuva 16).

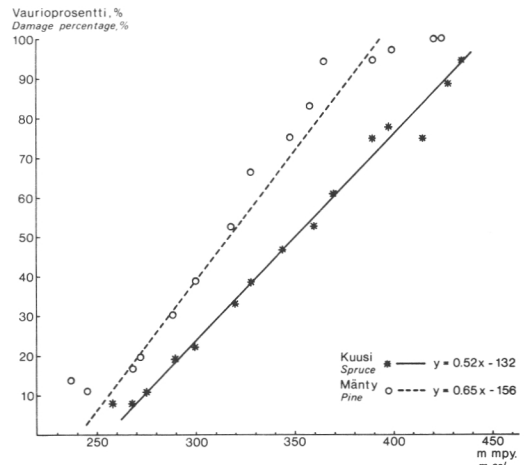
Solantie (1974) mukaan tykkyraja sijaitsee Kuusamon länsiosissa 300 metrin korkeudella. Tykkyrajalla noin 30 % luonnontilaisen havupuuvaltaisen metsikön puusta on vaurioitunut (Norokorpi 1980, 1981). Rajan sijaintikorkeutta Kuusamon eri osa-alueilla tutkittiin vertailemalla puulajeittain vaurioprocentin ja korkeuden välisiä riippuvuuksia. Regressiokertoimien välillä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja. Näin voitiin päätellä, että tykky sijaitsee koko kunnan alueella keskimäärin suunnilleen samalla korkeudella. Kuusista oli 300 metrin korkeudella vaurioitunut 24 % ja männystä 39 % (kuva 16). Keskimääräinen havupuiden vaurioprocentti oli siten noin 30.

Laskettaessa osa-alueittain kuusen ja männyn 30-prosenttisen vaurioitumisen keskimääräinen sijaintikorkeus voitiin sen todeta olevan Pohjois-Kuusamossa (osa-alueet 1—3) noin 10 metriä korkeammalla kuin Etelä-Kuusamossa (osa-alueet 4 ja 5) sekä kuusella että männyllä (vrt. kuvat 20 ja 21). Vaurioprocentin kasvaessa korkeusero suureni. Suurehkon hajonnan vuoksi erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 8. Tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta.

Table 8. The dependence of the crown snow-load damage percentage on the altitude.

	Kuusi — r	Spruce — r ² , %	Mänty — r	Pine — r ² , %
Kuusivaltaiset metsiköt <i>Spruce-dominated stands</i>	0,66***	44	—	—
Mäntyvaltaiset metsiköt <i>Pine-dominated stands</i>	—	—	0,71***	50
Metsämaa <i>Forest land</i>	0,59***	35	0,64***	41
Koko aineisto <i>Total</i>	0,70***	48	0,74***	55



Kuva 16. Kuusen ja männyn tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta.

Fig. 16. The dependence of the crown snow-load damage percentage for spruce and pine on the altitude.

Maaston suhteellisella korkeudella eli vaaran laen ja rinteän alkukohdan välisellä korkeuserolla ei todettu olevan mitään johdonmukaista vaikutusta tykkyrajan sijaintiin. Se ei parantanut yhdessä absoluuttisen korkeuden kanssa käytettynä regressioyhtälön selityssastetta. Tykkyrajan sijainti ei riippunut myöskään vaaran alkukorkeudesta.

Maaston muodot

Maaston korkeuden ollessa alle 285 metriä laaksot näyttivät olevan hieman alttiimpia

Taulukko 9. Kuusen tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta vaaran laella, rinteellä ja laaksossa.

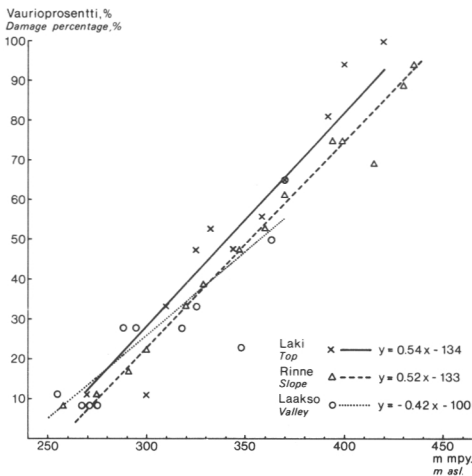
Table 9. The dependence of the crown snow-load damage percentage for spruce on the altitude in stands on the top and side of hills and in the valleys.

	Vaurio-% Damage-% $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	r	r ² , %
Laakso Valley	21 ± 4	0,50***	25
Rinne Slope	34 ± 2	0,70***	49
Laki Top	54 ± 6	0,60***	36
Koko aineisto Total	34 ± 1	0,70***	48

Taulukko 10. Männyn tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta vaaran laella, rinteellä ja laaksossa.

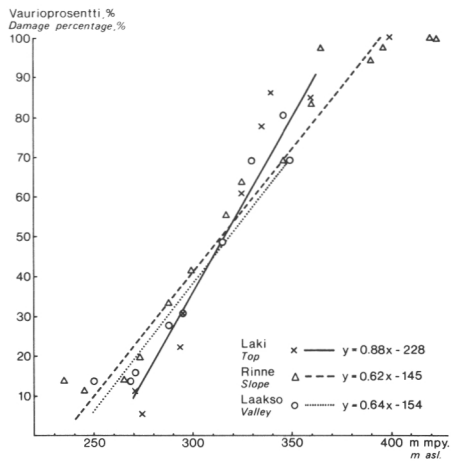
Table 10. The dependence of the crown snow-load damage percentage for pine on the altitude in stands on the top and side of hills and in the valleys.

	Vaurio-% Damage-% $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	r	r ² , %
Laakso Valley	22 ± 4	0,51***	26
Rinne Slope	47 ± 3	0,73***	54
Laki Top	59 ± 1	0,78***	61
Koko aineisto Total	43 ± 2	0,74***	55



Kuva 17. Kuusen tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta vaaran laella, rinteellä ja laaksossa.

Fig. 17. The dependence of the crown snow-load damage percentage for spruce on the altitude in stands on the top and the side of hills and in the valleys.



Kuva 18. Männyn tykkyvaurioprocentin riippuvuus maaston korkeudesta vaaran laella, rinteellä ja laaksossa.

Fig. 18. The dependence of the crown snow-load damage percentage for pine on the altitude in stands on the top and the side of hills and in the valleys.

kuusen vaurioitumiselle kuin vaaran rinteet ja laet. Laaksot olivat edelleen rinteitä alttiimpia lumituhoille aine 330 metrin korkeudelle asti (kuva 17). Siitä ylöspäin vauriot olivat yleisimpiä laella ja vähäisimpiä laaksossa.

Männyllä oli eniten tykkyvaurioita laella ja vähiten laaksossa 320 metrin yläpuolella. Siitä alaspäin rinne oli eniten ja laki vähiten alttiina tuhoille (kuva 18). Korkeus selitti kuusen vaurioprocentin vaihtelua parhaiten rinteellä ja huonoimmin laaksossa (taulukko 9). Myös männyllä laakso sai pienimmän se-

litysasteen, mutta laki suurimman (taulukko 10).

Korkeusluokittain testattuna männyn vaurioprocentit eivät kuitenkaan poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan laella, rinteellä ja laaksossa. Kuusellakin vain korkeusluokassa 310–320 metriä rinteiden ja laaksojen vaurioprocentit poikkesivat toisistaan jokseenkin merkitsevästi. Erot vaurioprocenteissa maaston muotojen välillä selittyivät siten pääasiassa erilaisten sijaintikorkeuksien perusteella.

Rinteiden kaltevuus ei myöskään vaikutta-

nut vaurioprocenttiin. Jyrkillä rinteillä tykkyraja tosin näkyi yleensä selvemmin kuin loivilla rinteillä.

Rinteen suunta

Kuusen keskimääräinen vaurioprocentti 27 länsi-luoteisrinteillä poikkesi tilastollisesti merkitsevästi pohjois-koillisrinteiden vaurioprocentista 42 (taulukko 11). Keskimääräisten sijaintikorkeuksien erotus oli kuitenkin 22 metriä. Laskettaessa erisuuntaisilla rinteillä olevien koealojen keskikorkeutta vastaava vaurioprocentti laaditulla regressioyhtälöllä (ks. kuva 16) saatiin esitettyjen keskiarvojen kanssa samaa suuruusluokkaa olevat arvot. Myöskään männyn vaurioprocenttien välillä ei ollut eroja samoin perustein (taulukko 12). Siten rinteen suunnalla ei ollut vaikutusta tykkytuhojen suuruuteen.

Puuston rakenne

Puuston rakenteen vaikutusta tykkytuhojen voimakkuuteen analysoitiin laskemalla kuusen ja männyn vaurioprocentin sekä puulajiosuuksien, keski- ja valtapituuden ja valtapuiden iän, puuston pohjapinta-alan ja tilavuuden väliset korrelaatiot. Mahdollinen korkeuden vaikutus korrelaatiokertoimiin poistettiin laskemalla osittaiskorrelaatiokertoimet (taulukko 13). Männyn puustotunnuksista vain valta- ja keskipituus pienenevät tilastollisesti merkitsevästi tykkyvaurioiden lisääntyessä. Kuusen puustotunnuksien ja lumituhojen välinen riippuvuus oli selvempi. Keskipituuden, pohjapinta-alan ja tilavuuden osittaiskorrelaatiot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Männyllä tykkyvauriot näyttivät olevan riippumattomia valtapuiden iästä, kun taas kuusella tuhot suurenevät puuston vanhetessa.

Sekametsän vähäisempiin tykkytuhoihin viittasi se, että männyn tai kuusen puustosuuden noustessa myös saman puulajin vaurioprocentti suureni. Puulajisuhteiden muutokset näyttivät ilmenevän voimakkaimmin männyn tuhoissa. Samansuuntaisia tuloksia saatiin vertailtaessa puulajiosuuksien mukaan tykkyvaurioprocentin ja maaston korkeuden välisiä riippuvuuksia. Jos männyn osuus oli yli 50 % puuston pohjapinta-alasta, oli regressioyhtälön ensimmäisen asteen termin kerroin eli suoran kulmakerroin suurempi kuin, jos männyn osuus oli 20—50 %.

Taulukko 11. Kuusen keskimääräinen tykkyvaurioprocentti erisuuntaisilla rinteillä.

Table 11. The mean crown snow-load damage percentage of spruce on slopes with different exposure.

Rinteen suunta Exposure	Vaurio-% Damage-% $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Koealojen sijainti, m mpy Altitude of the sample plots, m \bar{x}	Vaihteluväli Range
Etelä-lounas S-SW	34 ± 3	316	250—420
Länsi-luode W-NW	27 ± 3	309	250—420
Pohj.-koill. N-NE	42 ± 3	331	250—440
Itä-kaakko E-SE	34 ± 3	322	260—430
Keskimäärin Mean	34 ± 1	320	250—440

Taulukko 12. Männyn keskimääräinen tykkyvaurioprocentti erisuuntaisilla rinteillä.

Table 12. The mean crown snow-load damage percentage of pine on slopes with different exposure.

Rinteen suunta Exposure	Vaurio-% Damage-% $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Koealojen sijainti, m mpy Altitude of the sample plots, m \bar{x}	Vaihteluväli Range
Etelä-lounas S-SW	45 ± 5	311	250—420
Länsi-luode W-NW	39 ± 5	293	230—370
Pohj.-koill. N-NE	42 ± 5	307	250—430
Itä-kaakko E-SE	49 ± 6	308	260—430
Keskimäärin Mean	43 ± 2	304	230—430

Toisin sanoen männyn tuhot lisääntyivät mäntyvaltaisissa metsiköissä jyrkemmin maaston korkeuden noustessa kuin metsiköissä, joissa mänty ei ollut pääpuulaji. Myös korrelaatiokerroin oli edellisessä tapauksessa (0,84***) suurempi kuin jälkimmäisessä (0,65***). Mäntyvaltaisissa metsiköissä maaston korkeus selitti 71 % männyn tykkyvaurioprocentin vaihtelusta. Vastaava selitysaste oli 42 % männynsekaisissa metsiköissä. Kuusen osuuden muutokset eivät aiheuttaneet mainittavia muutoksia regressio- ja korrelaatiokertoimissa tai selitysasteissa (vrt. kuva 16 ja taulukko 8).

Taulukko 13. Kuusen ja männyn tykkyvaurioprocentin ja puustotunnusten väliset korrelaatio- (r) ja osittaiskorrelaatiokertoimet (rp). Osittaiskorrelaatioissa on korkeuden vaikutus poistettu.

Table 13. The correlation coefficients (r) and the partial correlation coefficients (rp) between stand parameters and the crown snow-load damage percentage of spruce and pine. The effect of altitude has been removed in the partial correlations.

Puustotunnus Stand parameter	Kuusen vaurio-% Damage-% of spruce		Männyn vaurio-% Damage-% of pine	
	r	rp	r	rp
Valtappituus Dominant height	-0,40***	-0,08	-0,23***	-0,14**
Keskipituus Mean height	-0,45***	-0,17***	-0,23***	-0,13**
Pohjapinta-ala Basal area	-0,29***	-0,18***	-0,07	-0,02
Valtapuiden ikä Age of the dominant trees	0,38***	0,35***	0,04	-0,01
Tilavuus Volume	-0,40***	-0,23***	-0,12**	-0,04
Kuusen osuus puustosta Proportion of spruce	0,27***	0,13**	-0,22***	-0,30***
Männyn osuus puustosta Proportion of pine	-0,26***	-0,09*	0,21***	0,30***
Lehtipuiden osuus puustosta Proportion of deciduous trees	0,05	-0,05	-0,03	-0,07

Korkeus osoittautui myös monimuuttuja-analyysissä selvästi parhaimmaksi selittäjäksi. Männyn ja kuusen vaurioprocentin vaihtelusta se selitti yksin 47 %. Pituusboniteetti lisäsi selitysasetta seitsemän prosenttiyksikköä. Korkeus, pituusboniteetti ja valtapuiden ikä selittivät yhdessä 57 % ja korkeus, keskipituus ja ikä 58 % kuusen vaurioprocentin vaihtelusta. Korkeus selitti yksin 55 % männyn vaurioprocentin vaihtelusta. Ikä ja männyn osuus lisäsivät selitysasetta vain kolme prosenttiyksikköä.

332. Tykkyhaitan vaikutus veroluokkaan

Tykkytuhon toistuvuuden ja vaurioprocentin vaikutus tykkyhaitana

Mitä tiheämmin tykkytuhot toistuivat sitä suuremmaksi vaurioprocentti nousi. Kun tuhoa esiintyi keskimäärin kerran kymmenessä vuodessa, kuusen vaurioprocentti oli 14 ja männyn 23 (taulukot 14 ja 15). Tuhojen toistuessa kerran viidessä vuodessa prosenttiluvut olivat vastaavasti 45 ja 58. Jokavuotinen tuho merkitsi sitä, että käytännöllisesti katsoen kaikki puut olivat tykyn vaurioittamia.

Toistuvuusluokan keskimääräistä vaurioprocenttia vastaava maaston korkeus laskettiin laadittujen regressioyhtälöiden avulla (ks. kuva 16). Sekä kuusen että männyn osalta saatiin varsin yhtenäiset tulokset.

Selvästi havaittavien tykkytuhojen keskimääräinen toistumistiheys oli korkeusvyöhykkeittäin seuraava:

Toistumistiheys	Korkeusvyöhyke
Kerran 10 vuodessa	270—280 m
Kerran 5 vuodessa	330—340 m
Kerran 3 vuodessa	380—385 m
Joka vuosi	yli 390 m

Tykkyrajalla 300 metrin korkeudella merkittäviä tuhoja sattui keskimäärin kerran kahdeksassa vuodessa.

Tykkytuhojen eri katsottu haittaavan puuntuotantoa siinä määrin, että veroluokkaa olisi tarvinnut alentaa tykkyhaitain vuoksi yleensä silloin, kun puustosta oli vaurioitunut alle 40 % tai tuho oli toistunut harvemmin kuin kerran 10 vuodessa (taulukot 14 ja 15). Veroluokkaa alennettiin yhdellä luokalla silloin, kun vaurioprocentti oli 40—60 % tai tuho oli toistunut 5—10 vuoden välein. Kahden veroluokan alennus tehtiin sil-

Taulukko 14. Tykkytuhon toistuvuus ja kuusen vaurioprocentti tykkyhaittaluokittain pääpuulajina kuusi.

Table 14. The frequency of crown snow-load damage and the spruce damage percentage in different crown snow-load depreciation classes with spruce as the main tree species.

Haittaluokka Tax class depreciation	Tuhon toistuvuus — Frequency of damage					Yhteensä Total
	Ei vaurioita No damage	Kerran 10 v:ssa Every 10 years	Kerran 5 v:ssa Every 5 years	Kerran 3 v:ssa Every 3 years	Joka vuosi Every year	
Keskimääräinen vaurio-% ja koealojen lukumäärä (n) Mean damage-% and number of sample plots (n)						
0 lk 0 class	0 % n=39	14 % n=166	10 % n=1	—	—	11 % n=206
1 lk 1 class	—	27 % n=3	40 % n=170	40 % n=10	—	39 % n=183
2 lk 2 classes	—	—	66 % n=47	74 % n=40	100 % n=2	70 % n=89
Yhteensä Total	0 % n=39	14 % n=169	45 % n=218	67 % n=50	100 % n=2	33 % n=478

Taulukko 15. Tykkytuhon toistuvuus ja männyn vaurioprocentti tykkyhaittaluokittain pääpuulajina mänty.

Table 15. The frequency of crown snow-load damage and the pine damage percentage in different crown snow-load depreciation classes with pine as the main tree species.

Haittaluokka Tax class depreciation	Tuhon toistuvuus — Frequency of damage					Yhteensä Total
	Ei vaurioita No damage	Kerran 10 v:ssa Every 10 years	Kerran 5 v:ssa Every 5 years	Kerran 3 v:ssa Every 3 years	Joka vuosi Every year	
Keskimääräinen vaurio-% ja koealojen lukumäärä (n) Mean damage-% and number of sample plots (n)						
0 lk 0 class	0 % n=22	22 % n=56	20 % n=1	—	—	11 % n=79
1 lk 1 class	—	33 % n=3	55 % n=46	—	—	54 % n=49
2 lk 2 classes	—	—	71 % n=14	95 % n=11	80 % n=2	81 % n=27
Yhteensä Total	0 % n=22	23 % n=59	58 % n=61	95 % n=11	80 % n=2	39 % n=155

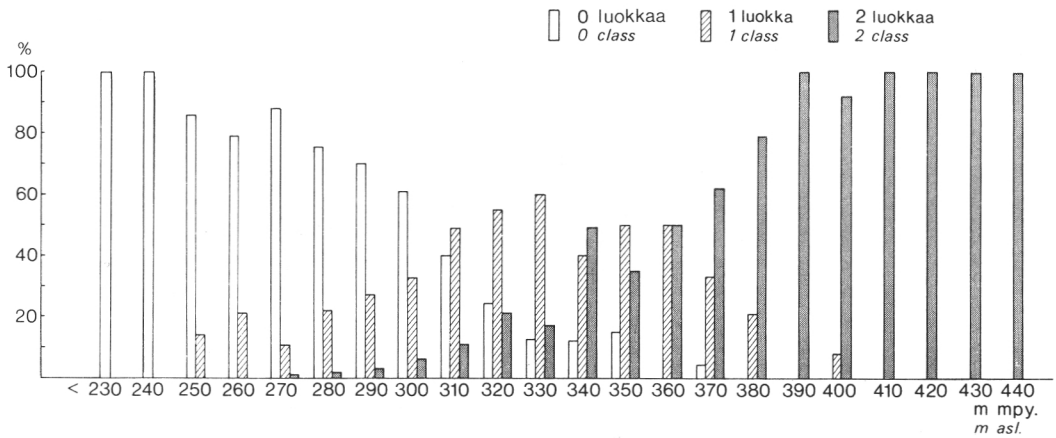
loin, kun vaurioprocentti oli yli 60 tai tuho oli toistunut kerran 5 vuodessa tai useammin.

Alin korkeus, missä veroluokkaan tehtiin tykkyhaitan vuoksi yhden luokan alennus, oli 250 metriä. Kahden luokan alennustarve todettiin alimmillaan 270 metrin korkeudella. Toisaalta ylimmät koealat, joilla ei ilmennyt tykkyhaittaa, sijaitsivat 370 metrin korkeudella (kuva 19).

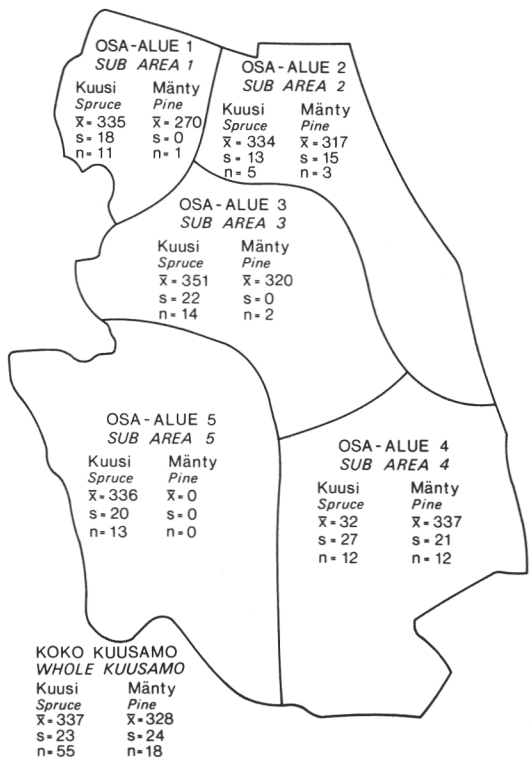
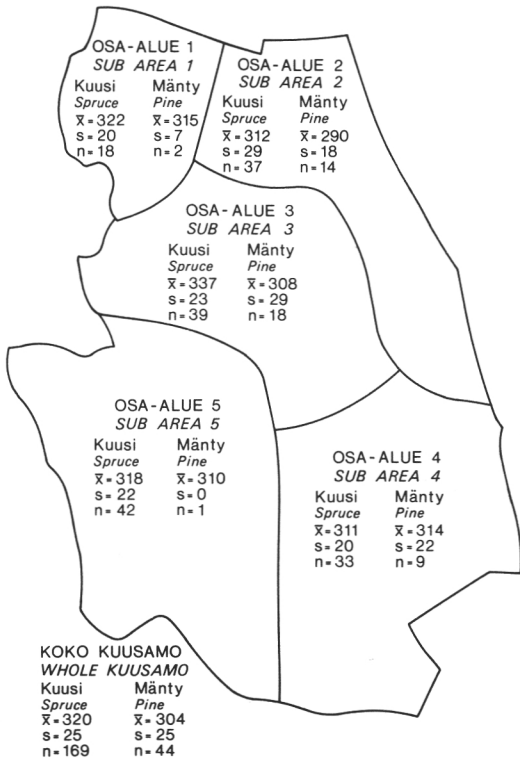
Mäntyvaltaisissa metsiköissä kasvupaikan veroluokkaa jouduttiin alentamaan yhdellä luokalla tykkyhaitan vuoksi keskimäärin 304 metrin korkeudelta ylöspäin. Kuusivaltaisissa metsiköissä vastaava keskimääräinen kyn-

nyskorkeus oli 320 metrin korkeudella (kuva 20). Kuusi- ja mäntyvaltaisten metsiköiden haittakynnykset poikkesivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkittävästi. Kahdella luokalla veroluokkaa alennettiin mäntyvaltaisissa metsiköissä keskimäärin 328 metrin korkeudelta ylöspäin. Vastaava korkeus oli kuusivaltaisissa metsiköissä 337 metriä (kuva 21). Nämä haittakynnykset poikkesivat toisistaan tilastollisesti jokseenkin merkittävästi.

Mäntyvaltaisissa metsiköissä veroluokkaa alennettiin yhdellä luokalla Kuusamon kaikilla osa-alueilla keskimäärin samalla maaston korkeustasolla. Sen sijaan kuusivaltaisissa metsiköissä osa-alueen 3 haittakynny-



Kuva 19. Tykkyhaittaluokkien jakauma maaston korkeusluokittain.
 Fig. 19. The distribution of the tax class depreciation due to crown snow-load damage according to the altitude.



Kuva 20. Keskimääräiset maaston kynnskorkeudet, joilla veroluokkaa alennettiin yhdellä luokalla tykkyhaitan vuoksi kuusi- ja mäntyvaltaisissa metsiköissä Kuusamon osa-alueittain.

Fig. 20. The mean threshold altitudes where the tax class depreciates by one class owing to the crown snow-load damage in spruce- and pine-dominated stands in the different parts of Kuusamo.

Kuva 21. Keskimääräiset maaston kynnskorkeudet, joilla veroluokkaa alennettiin kahdella luokalla tykkyhaitan vuoksi kuusi- ja mäntyvaltaisissa metsiköissä Kuusamon osa-alueittain.

Fig. 21. The mean threshold altitudes where the tax class depreciates by two classes owing to the crown snow-load damage in spruce- and pine-dominated stands in the subareas of Kuusamo.

Taulukko 16. Tykkyhaittaluokkien keskimääräinen esiintymiskorkeus erisuuntaisilla rinteillä.

Table 16. The mean occurrence altitude of the crown snow-load depreciation classes on slopes of different exposure.

Rinteen suunta Exposure	1 luokka — 1 class		2 luokkaa — 2 classes	
	Kuusivalt. metsiköt <i>Spruce-dominated stands</i>	Mäntyvalt. metsiköt <i>Pine-dominated stands</i>	Kuusivalt. metsiköt <i>Spruce-dominated stands</i>	Mäntyvalt. metsiköt <i>Pine-dominated stands</i>
	Maaston korkeus, m mpy — <i>Altitude, m</i>			
Etelä-luonas <i>S-SW</i>	314	316	354	336
Länsi-luode <i>W-NW</i>	322	312	345	336
Pohj.-koill. <i>N-NE</i>	319	293	367	372
Itä-kaakko <i>E-SE</i>	330	305	347	334
Keskimäärin <i>Mean</i>	322	306	355	352

poikkesi tilastollisesti erittäin merkitsevästi osa-alueiden 2 ja 4 haittakynnysten tasosta sekä merkitsevästi osa-alueen 5 tasosta. Tykkyvauriot olivat mäntyvaltaisissa metsiköissä erisuuntaisilla rinteillä samalla korkeustasolla suunnilleen yhtä suuria (taulukko 16). Siten erikseen yhden ja kahden tykkyhaittaluokan keskimääräisissä esiintymiskorkeuksissa erisuuntaisilla rinteillä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja. Kuusivaltaisissa metsiköissä tehtiin yhden veroluokan alennus tykkyhaitan vuoksi etelä-luonaisrinteillä hieman alempana kuin itä-kaakkoisrinteillä (taulukko 16). Ero oli tilastollisesti jokseenkin merkitsevä. Kahden veroluokan alennus tehtiin myös kuusivaltaisissa metsiköissä erisuuntaisilla rinteillä keskimäärin samalla korkeustasolla (taulukko 16).

333. Tykkyhaitan vaikutus pituusboniteettiin

Kuusamon kunnan peruskorkeustasolle, 230—280 metriä määritettiin veroluokkia IB, II ja III vastaavat keskimääräiset pituusboniteetit. Veroluokista IA ja IV ei ollut havaintoja. Veroluokkaa IB vastaavaa keskimääräistä pituusboniteettia laskettaessa otettiin huomioon kaikki puhtaiden tuoreiden kankaiden koealat. Veroluokassa II olivat puhtaat kuivahkot ja kunttaiset tuoret kankaat sekä veroluokassa III yhdellä veroluokalla alennetut kuivahkojen kankaiden koealat (taulukot 17 ja 18).

Taulukko 17. Pituusboniteetti (H_{100}) veroluokittain pääpuulajina kuusi.

Table 17. The site index (H_{100}) in different tax classes with spruce as the main tree species.

Veroluokka Tax class	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Pituusboniteetti Site index		kpl n
		Vaihteluväli Range		
IB	16,7 ± 1,0	18,2 — 15,5	11	
II	14,7 ± 0,5	15,5 — 13,0	24	
III	11,0 ± 0,9	13,0 — 10,2	8	

Taulukko 18. Pituusboniteetti (H_{100}) veroluokittain pääpuulajina mänty.

Table 18. The site index (H_{100}) in different tax classes with pine as the main tree species.

Veroluokka Tax class	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Pituusboniteetti Site index		kpl n
		Vaihteluväli Range		
IB	18,3 ± 0,8	19,2 — 17,5	7	
II	16,8 ± 0,4	17,5 — 15,0	27	
III	13,0 ± 0,7	15,0 — 12,0	6	

Veroluokkia vastaavat pituusboniteettikäyrät piirrettiin Vuokilan (1980) käyrien muotoa noudattaen. Laaditut käyrät todettiin loogisiksi ja tarkoitustaan vastaaviksi. Niiden luotettavuutta tosin vähensi suuri hajonta luokkien sisällä ja aineiston pienuus.

Taulukko 19. Kuusen ja männyn pituusboniteetit (H_{100}) tykkyhaittaluokittain.

Table 19. The site indices (H_{100}) of spruce and pine in different crown snow-load depreciation classes.

Haittaluokka Class depreciation	Kuusi — Spruce	Mänty — Pine
	Tuore kangas Moist upland site	Kuivahko kangas Dryish upland site
	Pituusboniteetti — Site index	
0 lk 0 class	15,8	17,5
1 lk 1 class	13,7	15,4
2 lk 2 classes	12,2	13,7

Jos mitään veroluokkaa alentavaa haitta-tekijää ei esiintynyt eikä myöskään tykkyhaittaa, pituusboniteetti oli kuusivaltaisilla tuoreilla kankailla keskimäärin 15,8 metriä (taulukko 19), joka kuului mallissa veroluokan IB vaihteluvälille (taulukko 17). Kun ve-

roluokkaa IB pudotettiin yhdellä luokalla tykkyhaitan vuoksi veroluokkaan II, pituusboniteetti oli keskimäärin 13,7 metriä, joka kuului mallin mukaan veroluokan II pituusboniteettiluokan vaihteluvälille. Kun veroluokka IB pudotettiin kahdella luokalla luokkaan III tykkyhaitan vuoksi, pituusboniteetti oli keskimäärin 12,2 metriä, joka kuului mallin mukaan veroluokan III vaihteluvälille.

Kuusella tykkyhaitta ilmeni valtapituuden vähenemisenä kaikilla korkeuksilla. Keskimääräinen pituusboniteetti oli 2,1 metriä pienempi sellaisissa metsiköissä, joissa todettiin yksi tykkyhaitta, kuin metsiköissä, joissa tykkyhaittaa ei todettu. Männyllä ilmeni samoin 2,1 metrin aleneminen pituusboniteetissa, mutta molemmat arvot kuuluivat mallissa veroluokan II pituusboniteetin vaihteluvälille. Vasta kahden tykkyhaitan vaikutuksesta pituusboniteetti pieneni niin paljon, että se kuului mallin mukaan veroluokan III vaihteluvälille (taulukot 18 ja 19).

4. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Maaston korkeus osoittautui selvästi tärkeimmäksi puustoon vaikuttavaksi topografiseksi tekijäksi kuten aiemminkin on todettu (Poso ja Kujala 1973, Roiko-Jokela 1980, 1982). Puustotunnuksista pohjapinta-ala muuttui hitaimmin maaston korkeuden noustessa. Se pysyi saman suuruisena korkeusvyöhykkeessä 280—350 metriä ja pieneni jyrkästi vasta siitä ylöspäin. Myös Roiko-Jokelan (1980) mukaan kuusikot kasvavat tykkyalueilla melko tiheinä ja metsikkömäisinä lähelle metsänrajaa. Sen sijaan valtapituus pieneni suoraviivaisesti korkeuden lisääntyessä ilmentäen siten kasvuolojen heikkenemistä. Roiko-Jokelan (1982) aineistossa valtapituuden ja korkeuden välinen riippuvuus oli sen sijaan käyräviivainen.

Puustotunnusten vaihtelu oli vähäisempää kuivahkoilla kankailla kuin tuoreilla kankailla. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että tuoreilla kankailla ilmeni enemmän vaihtelua myös kasvupaikan ominaisuuksissa etenkin soistuneisuudessa, kunnaisuudessa ja maan lajitekoostumuksessa.

Rinteen kaltevuudella ei todettu olevan mainittavaa merkitystä puuston kannalta, mikä on yhdenmukaista Roiko-Jokelan (1980) tulosten kanssa. Sen sijaan rinteen suunnalla oli selvä vaikutus puustotunnuksiin. Sekä tilavuus, pohjapinta-ala että valtapituus olivat merkitsevästi suurempia eteläluonais- kuin pohjois-koillisrinteillä. Ero oli suurin tilavuuden osalta, 22 % ja pienin valtapituuden osalta, 8 %. Poson ja Kujalan (1973) mukaan Pohjois-Lapissa puuston tilavuus on lännenpuoleisilla rinteillä 35 % suurempi kuin vastakkaisella suunnalla. Ilmeisesti rinteen suunnan merkitys vähenee Suomessa pohjoisesta etelään päin, koska Roiko-Jokelan (1980) mukaan sillä oli vähäinen merkitys jo Pohjois-Suomen eteläosissa. Ero johtunee pääasiassa lämpötekijästä. Kun sen merkitys kasvun minimitekijänä vähenee etelään päin, niin mahdollisesti myös rinteen suunnan vaikutus pienenee samalla. Lisäksi yleisellä maaston korkeuden alenemisella etelään päin lienee merkitystä tässä suhteessa. Kuusamossa sama puustotilavuus oli keski-

määrin 30 metriä alempana pohjois-koillis- kuin etelä-lounaisrinteillä. Kuusella ero oli pienempi kuin männyllä.

Roiko-Jokelan (1980) mukaan Kuusamon leveysasteilla metsä- ja kitumaan rajan pituusboniteetti-indeksi $H_{100} = 12$ metriä olisi 320 metrin korkeudella. Tässä aineistossa mainittu indeksi asettui kuusivaltaisissa metsiköissä keskimäärin 310—320 metrin korkeudelle ja mäntyvaltaisissa 330 metrin korkeudelle. Koealojen perusteella laskettu keskikorkeus oli hieman alle 320 metriä, mutta vaihteluväli oli suhteellisen laaja.

Kuusamon vaara-alueilla tuoreiden kankaiden osuus oli tämän tutkimuksen mukaan 75 %. Niiden osuus oli suurimmillaan korkeusvyöhykkeessä 290—320 metriä, jossa myös kuntaisuutta ja soistuneisuutta oli eniten. Tämä johtunee rinteiden keskimääräistä pienemmästä kaltevuudesta mainitulla korkeusvyöhykkeellä, joloin ylempää valuvat vedet lisäävät tuntuvasti maan kosteutta. Tästä alas- ja ylöspäin sekä kuntaisuus että tuoreiden kankaiden osuus pienenevät. Etenkin Kuusamon keskikorkeutta alempana sijaitseville kivennäismaille on tyypillistä kiihkeiden mäntykankaiden yleisyys.

Topografisista tekijöistä maaston korkeus selitti parhaiten tykkytuhojen vaihtelua. Vaurioprocentti suureni suoraviivaisen jyrkästi korkeuden lisääntyessä. Mäntyvaltaiset metsiköt olivat selvästi alttiimpia tuhoille kuin kuusikot, mikä on todettu useissa aiemmissa tutkimuksissa (esim. Bühler 1886, Cajander 1917, Heikinheimo 1920b, Kangas 1959, Norokorpi 1980, 1981). Tämän on selitetty johtuvan puiden latvusmuodon ja oksakulman eroavuuksista. Toisin kuin männyllä tykky-alueiden kuusen latvus on kapea ja symmetrinen, oksat ovat alaviistoon suuntautuneet ja niitä on yleensä alas asti rungolla. Tällöin lumen paino keskittyy tasaisesti lähelle rungon pituusakselia ja tykky pääsee ulottumaan maahan asti sokeritoppamaisesti, joloin osa sen painosta tukeutuu maahan.

Tyky vaikutus ilmeni selvästi puulajisuhteiden muutoksena maaston korkeuden lisääntyessä. Männyn osuus pieneni ja kuusen suuren voimakkaasti tykkyrajalle eli 300 metrin korkeudelle. Siitä ylöspäin eli varsinaisella lumituhoalueella edellisen osuus vakiintui noin 20 %:n ja jälkimmäisen 65 %:n tasolle loppuosan ollessa pääasiassa hieskoi-vua. Kuusamon keskikorkeudella kuusen ja männyn osuudet olivat yhtä suuret.

Metsikkörakenteeltaan kestävimmiiksi tyk-

kytuhoja vastaan osoittautuivat eri-ikäisra-kenteiset, kuusivaltaiset sekametsät kuten jo Heikinheimo (1920b) aikoinaan totesi. Hänen mukaansa pahiten tuhoja esiintyy puhtaissa männiköissä ja haavikoissa. Tykkytu-hokestävyuden perusteella on pääteltävissä, miksi kuusi muodostaa yleensä alpiinisen metsänrajan lähes Saariselän tasalle asti (Heikinheimo 1920b, Norokorpi 1981). Koska tykkytuhot vaikuttavat olennaisesti puula-jiin, puuston rakenteeseen ja kehitykseen sekä uudistamismahdollisuuksiin, pitäisi nämä näkökohdat ottaa tarkasti huomioon tykky-tuhoalueilla.

Solantien (1974) mukaan tykkyraja sijait-see Kuusamon länsiosissa 300 metrin kor-keudella. Tässä tutkimuksessa todettiin, että raja ei siirry enää ylemmäksi itään päin, vaan se on koko kunnan alueella pääpiirtein sa-malla korkeustasolla. Tämä johtunee siitä, että Kuusamo sijaitsee korkealla vedenjaka-jaseudulla suunnilleen yhtä kaukana sekä Pe-rämerestä että Vienan merestä. Pohjois-Kuu-samossa oli havaittavissa hienoista tykkyra-jan nousua verrattuna kunnan eteläosiin. Todellinen ero saattoi olla noin 10 metriä, mutta vaaroittaisen hajonnan vuoksi erot eri osa-alueiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tämä selittyisi sillä, että Poh-jois-Kuusamoon Perämeren suunnasta tule-vat ilmavirtaukset menettäisivät suhteellisen paljon kosteuttaan jo kohdatessaan ensin Taivalkosken korkeat vaarat. Norokorven (1980) mukaan havupuiden keskimääräinen vaurioprocentti on noin 30 tykkyrajalla. Kuusamon aineisto vahvisti tätä oletusta.

Tässä tutkimuksessa ei todettu mitään yh-denmukaista eroavuutta lumituhojen määris-sä erisuuntaisilla rinteillä. Heikinheimon (1920b) tulokset antoivat viitteitä siitä, että niitä esiintyisi kaikkein alimpana etelä-länsi-rinteillä kosteiden läntisten ja lounaisten il-mavirtausten vuoksi. Toisaalta hän piti myös mahdollisena, että tykkytuhoja voi toisinaan esiintyä alimpana pohjoisrinteillä, koska sillä suunnalla tykky säilyy kauimmin ja tuhoille mahdollinen aika on siten pisin. Paikallista vaihtelua tuhojen määrässä aiheutuu myös kyseisen rintein ja vaaran sijainnista muihin korkeisiin vaaroihin nähden. Edessä oleva vaara voi nostaa ilmavirtauksen niin korkeal-le, että siitä ehtii tiivistyä olennaisesti kos-teutta ennen seuraavan vaaran kohtaamista.

Lisäksi maaston muodot voivat vaikuttaa tykkytuhoalittiuteen vaihtelevasti kuten tässä tutkimuksessa todettiin. Heikinheimon

(1920b) mukaan joissakin tapauksissa notkelmat ja laaksot ovat tuhoille erittäin alttiita, koska niihin kasautuu runsaasti lunta, joka säilyy pitempään kuin rinteillä tai tasamaalla. Jos taas tykkyvauriot syntyvät tuulisella säällä, viimeksi mainitut maaston muodot ovat tuhoille alttiimpia kuin suojaiset notkelmat ja laaksot. Kuitenkin keskimääräinen tykkyvaurioprosentti osoittautui yhtä suureksi samalla korkeustasolla maaston muodoista riippumatta.

Myöskään rinteen kaltevuudella ei näyttänyt olevan vaikutusta tykkyvaurioiden määrään. Heikinheimon (1920b) mukaan jyrkällä rinteellä kasvaviin puihin voi tyynellä säällä tarttua lunta ja huurretta suhteellisesti enemmän kuin loivalla rinteellä, mutta toisaalta tuuli karistaa helpommin lunta pois edellisessä tapauksessa.

Pituusboniteettien vertailu osoitti, että tykyn vaikutuksesta kuusen pituus aleni voimakkaammin kuin männyn. Näin ollen tykkyhaittaluokkien kynnykorkeudet metsäveroluokituksessa voitiin asettaa samalle korkeudelle sekä männyllä että kuusella, vaikka edellisellä varsinaiset tykkyvauriot ilmenivät selvästi alempana kuin jälkimmäisellä.

Piileviin tai vaikeasti arvioitaviin tykyn haittavaikutuksiin kuuluu myös vaurioista alkava haavalaho, jolle etenkin kuusi on varsin altis. Sen määrää ja leviämistä ei ole selvitetty Kuusamossa. Norokorpi (1979) on tutkinut kuusten lahoisuutta siihen rajoittuvissa

kunnissa, Taivalkoskella ja Sallassa sekä suunnilleen vastaavissa oloissa Rovaniemen mlk:n Kivalossa. Näillä alueilla latvan katkeamasta alkava latvalaho oli keskimäärin 280—360 cm pitkä metsiköittäin sekä rungon vauriosta alkava, ylös- ja alaspäin leviävä runkolaho keskimäärin 320—520 cm pitkä.

Tutkimustulosten perusteella Kuusamossa voitaisiin noudattaa metsäveroluokituksessa koko kunnan alueella ja kaikilla rinteiden suunnilla seuraavia ohjeita: sekä mänty- että kuusivaltaisten metsiköiden veroluokkaa alennetaan yhdellä luokalla tykkyhaitan vuoksi sillä maaston keskimääräisellä korkeustasolla, jonka yläpuolella 50 %:lla tapauksista todettiin yksi tykkyhaitta. Tämä korkeus on 300 metriä. Sekä mänty- että kuusivaltaisten metsiköiden veroluokkaa alennetaan kahdella luokalla tykkyhaitan vuoksi sillä keskimääräisellä korkeustasolla, jonka yläpuolella 50 %:lla tapauksista todettiin kaksi tykkyhaittaa. Tämä korkeustaso on 325 metriä.

Jos alue sijaitsee alle 300 m mpy, tykkyhaitta arvioidaan maastossa tuhoprosentin, tuhon toistuvuuden ja valtapituusboniteetin avulla. Alhaisesta lämpösummasta aiheutuva puuntuotannollinen haitta alentaa veroluokkaa yhdellä luokalla alueilla, joiden lämpösomma on korkeintaan 750 d.d. ja kahdella luokalla alueilla, joiden lämpösomma on korkeintaan 725 d.d..

5. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää puustotunnusten ja maaston topografian välisiä suhteita Kuusamon vaara-alueilla. Eriyistä huomiota kiinnitettiin tykkytuhojen esiintymiseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Lisäksi tutkittiin, miten korkeiden maiden kasvupaikkatekijät voidaan ottaa huomioon metsäveroluokituksessa. Tutkimusaineisto kerättiin eri puolilta Kuusamoa 58 vaaralta, joiden korkeus oli vähintään 325 metriä ja joilla kasvoi suurinpiirtein luonnontilaista metsää.

Maaston korkeus osoittautui tärkeimmäksi puustoon vaikuttavaksi topografiseksi teki-

jäksi. Puuston pohjapinta-ala muuttui hitaimmin maaston korkeuden noustessa. Se pysyi saman suuruisena korkeusvyöhykkeessä 280—350 metriä ja pieneni jyrkästi siitä ylöspäin. Valtapituus lyheni suoraviivaisesti korkeuden lisääntyessä. Puuston tilavuus pieneni jyrkästi 330 metristä ylöspäin. Rinteen suunnalla oli selvä vaikutus puustotunnuksiin. Pohjapinta-ala, valtapituus ja tilavuus olivat merkittävästi suurempia etelälounais- kuin pohjois-koillisrinteillä. Ero oli suurin tilavuuden osalta, 22 % ja pienin valtapituuden osalta, 8 %. Rinteen kaltevuus ei vaikuttanut puustotunnuksiin.

Tuoreiden kankaiden osuus oli suurimmillaan korkeusvyöhykkeessä 290—320 metriä, jossa myös kuntaisuutta ja soistuneisuutta oli eniten. Kivisyys lisääntyi jonkin verran maaston korkeuden kasvaessa. Tykkytuhot lisääntyivät suoraviivaisesti maaston korkeuden noustessa. Mäntyvaltaiset metsiköt olivat selvästi alttiimpia tuhoille kuin kuusivaltaiset. Jälkimmäisissä metsiköissä yhtä suuri vaurioprocentti todettiin 20—25 metriä ylempänä kuin edellisissä vaa-rojen alarinteillä. Ero suureni ylöspäin niin, että sadan prosentin vauriotasolla se oli 50 metriä. Tykkytuhojen vaikutuksesta männyn osuus pieneni ja kuusen suureni voimakkaasti tykkyrajalle eli 300 metrin korkeudelle asti. Siitä ylöspäin eli

varsinaisella lumituhoalueella niiden osuudessa ei ilmentynyt olennaisia muutoksia. Eri-ikäisrakenteiset, kuusivaltaiset metsiköt olivat kestävimpiä tykkytuhoja vastaan.

Tykkyraja sijaitsi keskimäärin samalla korkeustasolla eri osissa Kuusamoaa. Rinteen suunnalla ja kaltevuudella sekä maaston muodoilla ei todettu olevan olennaista vaikutusta tykkytuhojen määrään.

Tyky-n vaikutuksesta pituusboniteetti aleni kuusella voimakkaammin kuin männyllä, minkä vuoksi tykkyhaittaluokkien kynnyskorkeudet metsäveroluokituksessa voitiin asettaa samalle korkeudelle sekä mänty- että kuusivaltaisissa metsiköissä.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Aartolahti, T. 1979. Suomen geomorfologia. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita 12: 1—150.
- Bühler, A. 1886. Untersuchungen über Schneebruchschaden. Forstwissenschaftliches Centralblatt. 485 s.
- Cajander, A. K. 1916. Lumenmurroista Pohjois-Suomen kuusimetsissä. Metsätaloudellinen Aikakauskirja 12: 349—352.
- 1917. Metsänhoidon perusteet II. Suomen dendrologian pääpiirteet. Porvoo. 652 s.
- Heikinheimo, O. 1920a. Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. Referat: Vorkommen, Umfang und Holzvorräte der Fichtenwälder in Nord-Finland. Commun. Inst. Quaest. For. Finl. 3: 1—170.
- 1920b. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Referat: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre wälder. Commun. Inst. Quaest. For. Finl. 3: 1—134.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. Acta For. Fenn. 131.
- Kangas, E. 1959. Lumenmurrot ja metsänhoito. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1.
- Lähde, E. 1984. Pohjois-Suomen kasvupaikkojen erityispiirteistä ja luokituksen kehittamisestä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 38—46.
- Maatilojen veroluokitusohjeet. 1982. Verohallituksen julkaisu 219. 53 s.
- Norokorpi, Y. 1979. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay-causing microbes in northern Finland. Seloste: Peräpohjolan vanhat kuusikot, niiden lahoisuus ja lahottajat. Commun. Inst. For. Fenn. 97(6): 1—77.
- 1980. Ehdotus Pohjois-Suomen lakimetsien käsitte-lyohjeeksi. Liite Lapin metsätaloustoimikunnan maa- ja metsätalousministeriölle jättämään selvitykseen. 9 s.
- 1981. Lakimetsien rajaamisen perusteita. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 24: 59—65.
- 1982. Ekologiset erityispiirteet Pohjois-Lapin metsien uudistamisessa ja käsittelyssä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 77: 14—23.
- Poso, S. & Kujala, M. 1973. The effect of topography on the volume of forest growing stock. Seloste: Topografian vaikutus puuston määrään. Commun. Inst. For. Fenn. 78(2): 1—29.
- Roiko-Jokela, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. Folia For. 452: 1—21.
- 1982. Metsänkäsittelyn toimenpiderajan määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 58: 29—34.
- Solantie, R. 1968. The influence of the Baltic Sea and the Gulf of Bothnia on weather and climate of Northern Europe, especially Finland in autumn and winter. Ilmatieteen laitoksen toimituksia 70: 1—28.
- 1974. Pohjois-Suomen lumipeitteestä. Summary: On snow cover in northern Finland. Lapin ilmastokirja, Climate of Lapland. Lapin Tutkimusseura. Rovaniemi. s. 74—89.
- Viro, P. J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stoniness. Commun. Inst. For. Fenn. 40(3): 1—23.
- Vuokila, Y. 1980. Metsän kasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Porvoo. 256 s.

Total of 21 references

SUMMARY

The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland

1. Introduction

The short growing season and low mean temperature are generally the main factors limiting forest growth in northern Finland. The effective temperature sum (threshold value +5°C) diminishes as one moves northwards or the higher altitudes. Temperature affects other growth factors, too; the climate as a whole and the soil properties. As evaporation decreases, both the air humidity and the soil moisture content increase. This results in the build-up of raw humus and paludification. Nutrient mobilization slows down and the fertility of the site becomes lower. Another aspect which is harmful from the point of view of living organisms is that the conditions become more and more extreme.

In addition to the climatic conditions prevailing during the growing season, the type of winter also has a significant effect on trees. In Finland the temperature conditions during the growing season in part determine the coniferous forest limit. However, this is mainly only the case within the protection forest zone. South of this line (67°30'), the forest limit recedes and is dependent on the severity of snow damage (Norokorpi 1981).

The nearer to the Gulf of Bothnia a site is, the lower is the altitude of the crown snow-load limit. The formation of a crown snow-load (i.e. accumulation of frost, ice, and snow on tree crowns) is an annual occurrence above this limit (Figs. 1 and 2). At the crown snow-load limit approximately 30 % of the trees of nature virgin coniferous stands are damaged by snow. This limit varies between an altitude of 200–300 metres above sea level (Fig. 3). The forest limit for spruce lies at about 150 metres above the crown snow-load limit. Beyond the forest limit the snow damage is so severe that it makes growth and regeneration impossible (Norokorpi 1981).

The formation of a crown snow-load increases on moving up hill-sides since air cools as it rises and the moisture in the air condenses to form freezing rain, snow and hoar frost. The Gulf of Bothnia enhances the formation of a crown snow-load since it is a source of moist air, particularly early in the winter, which is blown inland by the prevailing westerly and south-westerly winds. Research into the relationship between snow damage and topography has been very limited in Finland (Heikinheimo 1920b, Roiko-Jokela 1980, Norokorpi 1981).

Forests are good site-quality indicators. The classification of forest land in Finland is, in fact, generally linked to the timber productivity of the site. Determining the mean growth for the rotation period is, however, a difficult and laborious task particularly in

the case of uplands. For this reason, indirect factors are needed for improving the accuracy of site classification. Earlier research has shown altitude to be the most significant variable. It is complemented by the site index (H_{100} , dominant height of a stand at an age of 100 years) and soil stoniness and degree of paludification (Roiko-Jokela 1980, 1982).

Forest land is divided on the basis of timber productivity into five classes for taxation purposes. The annual timber productivity per hectare is expressed in the form of forest tax values for each tax class. As laid out in the statute concerning income tax in agriculture, the forest tax values and the structure of the tax cubic metre are calculated separately for each commune in the country. Provision is made in these calculations for climatic variation and its effect on timber productivity and quality. Furthermore, the tax classification for individual forest holdings takes into consideration certain other factors limiting forest growth. In the uplands of northern Finland this includes (in addition to the fairly common parameters stoniness and paludification) snow damage and the loss in productivity caused by the build-up of raw humus and an insufficient effective temperature sum. The effective temperature sum is categorised in cases where the subdivision of the stumpage price is insufficient as a means of making allowances for significantly below-average climatic conditions within the area bounded by a particular commune.

The aim of this study was to examine the relationships between stand characteristics and topography in the hill region of Kuusamo (Fig. 3). Particular attention was paid to the occurrence of snow damage and to the factors leading to it. In addition, consideration was also given to the question of how the provisions for upland growth factors could be included in forest taxation.

2. Material and methods

The material for the study was collected from 58 upland locations, each being situated at a height of more than 50 metres above the mean altitude of 275 metres for Kuusamo. Stand characteristics were measured on sample plots determined by relascope (relascope factor = 1). The difference in elevation between consecutive plots was 10 metres. The plots were located on hill-sides with a varying exposure and in forests more or less untouched by man. All in all, the plots numbered 667 at altitudes ranging from 230 to 440 metres above sea level. Curves presented by

Vuokila (1980) were used in determining site quality according to stand height. The effective temperature sum was calculated from charts published by Heikurainen (1973) the values having been converted to sea level.

3. Results

The dependence of stand characteristics on the altitude

The basal area of the stands was almost constant at altitudes between 280 to 350 metres. At higher altitudes however, the basal area figures fell sharply (Fig. 4). Stand height characteristics and altitude showed a strong linear intercorrelation. The dominant heights for pine and spruce fell at almost the same rate with increasing altitude; for pine, dominant height diminished at the rate of 5,2 m/100 m and for spruce, 4,0 m/100 m (Figs. 6 and 7). Stand volume began to drop fairly rapidly at altitudes in excess of 320–330 metres (Fig. 8).

The values for stand characteristics were greater, to a highly significant degree, on hill-sides facing south and west in comparison to those facing north and east. The differences were in the order of 20 % for basal area and volume, and 10 % for height characteristics. Slope gradient had no significant effect on the stand characteristics.

The effect of altitude on the proportion of pine and spruce was very clear. The proportion of pine diminished rapidly up to the crown snow-load limit (i.e. altitude of 300 metres, above the limit evening out to about 20 %. The proportion of spruce increased, reaching a maximum of about 65 % above the crown snow-load limit (Fig. 5). At the mean altitude for Kuusamo (275 m a.s.l.) the proportions of spruce and pine were more or less equal. A sprinkling of old pines in spruce-dominated stands on the hill-tops was typical of the region. The proportion of deciduous species grew somewhat with a rise in altitude. This applied particularly to *Betula pubescens*.

The dependence of site quality characteristics on the altitude

The proportion of fertile sites decreased and that of infertile sites increased with increasing altitude. The average thickness of the raw humus layer was 8,2 cm; 32 cm at its thickest. Accumulation of raw humus and

paludification were most common at altitudes ranging from 290 to 300 metres; at this height, accumulation of raw humus was noted on 65 % of the sample plots and paludification in a similar sense on 12 % of the sample plots (Figs. 12 and 13). The wide distribution of these problematic site characteristics at this altitude was apparently due to water flowing down from further up the slope, as well as to the humid climate. At greater altitudes, the thickness of the raw humus layer decreased with increasing altitude.

Stoniness increased along with increasing altitude (Fig. 14). Fields of boulders and large stones, however, which are common on tops of hills and fells, were not found at Kuusamo.

The dependence between site index and altitude was highly significant in the Kuusamo material (Figs. 10 and 11). The effective temperature sum was not nearly as well correlated with the site index.

The dependence of crown snow-load damage on the altitude

In the Kuusamo region crown snow-load limit remained more or less at the same altitude throughout the commune, and did not rise on moving eastwards or northwards. This phenomenon may be explained by the fact that Kuusamo lies on a watershed at about equal distance from both the Gulf of Bothnia and the White Sea.

The severity of snow damage was not dependent on the exposure of the hill-side nor on the gradient of the slope. Some local variation in this respect was, however, evident. The damage percentage for spruce was equal to the average for pine on sites some 20–30 metres lower down. Difference became apparent further up the hill-side. The forest limit for spruce at Kuusamo was calculated to be at an altitude of 445 metres, which is a little over 50 metres higher than that for pine (Fig. 16). Unevenaged, spruce-dominated mixed stands were found to be more resistant to damage caused by the accumulation of snow, ice and hoar-frost in tree tops.

The frequency of this crown snow-load damage increased with increasing altitude. Crown snow-load damage occurs annually at altitudes exceeding 390 metres.

The harmful effect of crown snow-load damage was clearly evident as a decrease in the dominant height for spruce at all altitudes. This was also the case for pine although in terms of tax classification it was not as evident as that for spruce growing on moist mineral soils.

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 jalostuskoasema

Punkaharju Tree Breeding Station

Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland

Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koasema

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:* Valtakatu 18

69100 Kannus, Finland

Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema

Ruotsinkylä Tree Breeding Station

Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland

Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 612 Långström, Bo: Tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteispohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset.
Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu.
Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos.
Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla.
Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951—1983.
Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla.
Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykoikeista turvemilla.
Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätalastollinen vuosikirja 1984.
Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa.
Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntyyylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista.
Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, löv-timmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusikoiden lannoituksesta.
The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti.
The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löytyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirvivahinkoalttuteen.
The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakuttamien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella.
Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä.
Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus.
The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.
- No 631 Pohtila, Eljas & Valkonen, Sauli: Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä.
Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland.
- No 632 Norokorpi, Yrjö & Kärkkäinen, Sirpa: Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa.
The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita 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) 17341