

FOLIA FORESTALIA 559

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

MATTI LEIKOLA JA RISTO RIKALA

VERHOPUUSTON VAIKUTUS
METSİKÖN LÄMPÖLOIHIN JA KUUSEN
TAIMIEN MENESTYMISEEN

THE INFLUENCE OF THE NURSE CROP
ON STAND TEMPERATURE CONDITIONS
AND THE DEVELOPMENT OF NORWAY
SPRUCE SEEDLINGS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista 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 559

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Matti Leikola ja Risto Rikala

VERHOPUUSTON VAIKUTUS METSIKÖN LÄMPÖOLOIHIN JA KUUSEN TAIMIEN MENESTYMISEEN

The influence of the nurse crop on stand temperature conditions
and the development of Norway spruce seedlings

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSALUE	4
3. YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN MITTAUS	7
4. ISTUTUSKOKKEEN PERUSTAMINEN JA MITTAUS	10
5. AINEISTON KÄSITTELY	13
6. TULOKSET	13
61. Ympäristötekijät	13
611. Lämpötila	13
612. Lumipeite	16
62. Taimien alkukehitys	17
621. Elossaolo	17
622. Pituuskehitys	17
623. Taimien tyviläpimitta, neulasten pituus ja silmun koko	18
624. Neulasten väri ja ravinnepitoisuus	19
625. Taimien kuivapaino ja juuriston morfologia	21
626. Hallavauriot	21
627. Taimien pituuskasvurytmi	24
628. Taimien myöhempi kehitys	25
7. TULOSTEN TARKASTELU	28
71. Verhopuusto hallantorjuna	28
71. Verhopuuston vaikutus sen alle istutettujen taimien kasvuun	28
73. Verhopuuston käyttö kuusen viljelyssä	29
8. TIIVISTELMÄ	30
KIRJALLISUUS	31
SUMMARY	33

LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1983. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crops on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia For.* 559:1—33.

Tutkimuksessa seurattiin kolmena vuonna neljän erilaisen leppäverhoppuuston lämpö- ja lumiolosuhteita Suonenjoella (62°41'P; 26°57'I, 102 m mpy). Puolet koealoille istutetuista taimista nostettiin ja mitattiin neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta. Koealoille jääneiden taimien kehitystä seurattiin kaikkiaan kahdeksan vuoden ajan.

Ilman minimilämpötilojen erot eri verhoppuustokoealoilla olivat pienet. Lämpötilan laskiessa alle 0°C puustoiset alat olivat kuitenkin yleensä muutaman asteen lämpimämpiä kuin aukea ala. Myös maan lämpöolot olivat aukealla alalla äärevämmät kuin puustoisilla koealoilla.

Taimet kasvoivat parhaiten alaharvennetulla ja heikoiten luonnontilaisella, täystiheällä koealalla. Kahdeksan kasvukauden kuluttua istutuksesta määrämittaan hakatun ja alaharvennetun koealan verhoppuusto haittasi taimien kasvua niin että aukean alan taimet saavuttivat niiden pituuden. Puiden juuristokilpailun eliminoiminen paransi yleensä taimien kasvua.

Verhoppuuston hallavaurioita torjuva vaikutus tehostui latvuspeittävyuden lisääntyessä. Tulosten mukaan verhoppuustoa on syytä käyttää kuusen viljelyssä viljavilla, mutta hallanaroilla kasvupaikoilla. Taimikko tulee vapauttaa 5—10 vuoden kuluttua istutuksesta, kun taimet ovat 1,5—2 m:n mittaisia.

The temperature and snow conditions under four different alder nurse crops were followed in Suonenjoki (62°41'N; 26°57'E, 102 m a.s.l.) during a period of three years. After four growing seasons after planting out half of the spruce seedlings planted on the sample plots were lifted and measured. The development of the seedlings remaining on the sample plots was followed for a total of eight years.

The temperature conditions in the open area were more extreme than in the sample plot with a tree cover. The differences between the minimum air temperatures were small, but when the temperature fell below freezing point the air temperatures in the tree covered plots were generally a few degrees warmer than in the open area. The soil temperature conditions were also more extreme in the open than in the tree-covered plots.

The seedlings grew best on the sample plots which were selectively cut or thinned from below, and worst on the fully-stocked sample plot in a natural state. The nurse crop on the selctively cut and thinned sample plots had started to affect the development of the seedlings by the time eight growing season had elapsed after planting out and the seedlings growing on the open sample plot had caught up with them. Elimination of root competition by trees in general improved the height growth of the seedlings.

The effect of the nurse crop in reducing frost damage became stronger with an increase in the crown coverage. The results indicate that a nurse crop should be used when cultivating spruce on fertile, yet frostprone sites. However, it is very important to free the young stand by removing the nurse crop within 5—10 years after planting out.

ODC 235.1 + 236.3 + 181.65 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0624-0
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Verhopuustolla ymmärretään uudistusalalle jätettyä, tavallisesti lehtipuiden muodostamaa metsää, jonka tehtävänä on suojata kasvatettavaa havupuiden taimikkoa ilmastollisia ym. vaaroja vastaan ja lieventää pintakasvillisuuden aiheuttamaa kilpailua. Suomessa on verhopuustoa käytetty tavallisesti kuusen taimikon suojana, mutta varsinkin Pohjois-Suomessa myös mäntyä on viljelty verhopuuston alle. Kun verhopuuston käyttö oli aiemmin kuusen viljelyssä lähes sääntönä, menetelmän suosio väheni 1960-luvulla selvästi. 1970-luvulla esiintyi useana vuonna ankaria kevähallvoja, jotka vikuuttivat lukuisia kuusen viljelyaloja. Näin jouduttiin taas toteamaan, että kuusen uudistaminen ilman verhopuuston suojaa ei ole riskitöntä, vaikka verhopuuston käytöllä on silkin omat haittansa.

Rikalan ja Tervon (1979) tekemän tiedustelun mukaan Itä-Suomessa, missä sijaitsevat (Ahvenanmaata lukuunottamatta) maamme runsaimmat lehtipuumetsiköt (Metsätilastollinen ... 1980), noin 40 % kuusen taimista istutettiin 1970-luvun loppupuolella verhopuuston alle. Verhopuustoista 70 % oli lepikoita ja 30 % koivikoita. Kinnusen ja Linnimäen (1977) mukaan Pohjois-Karjalan pml:n alueella jopa 75 % kuusen viljelytaimikoista oli perustettu verhopuuston alle. Määrään on kuitenkin suhtauduttava varauksella, koska inventointitutkimuksissa verhopuustoksi tulkitaan helposti uudistamisvaiheessa syntynyt etukasvuinen vesakko, joka nopeasti kasvaa pääpuulajia kookkaammaksi.

Verhopuuston vaikutusta metsikköilmastoon ja taimien menestymiseen on tutkittu runsaasti. Vanhimmat selvitykset ovat Keski-Euroopasta (katsaus esim. Fiedler 1962), missä kevähallvojen tuhot ovat yleisempiä kuin Pohjoismaissa. Erityisesti koivuverhopuustolla on todettu olevan runsaasti myönteisiä vaikutuksia, kuten suotuisa vaikutus metsäilmastoon (hallansuoja, ääriämpötilojen tasaantuminen, kosteus) (esim. Amann 1930, Heger 1953, Baumgartner 1956, Lindner 1956), myrsky- ja hyönteistuhojen vä-

hentyminen sekä maaperän mikrobitoiminnan lisääntyminen (Heger 1953). Myös ilman hiilidioksidipitoisuuden lisääntymisen suotuisaan vaikutukseen fotosynteesiin ja respiraatioon sekä pintakasvillisuuden kilpailun vähentymiseen on kiinnitetty huomiota (Lindner 1956). Tutkijat eivät kuitenkaan ole olleet yksimielisiä eri vaikutuksista ja esim. Leibundgut ja Kreutzer (1958) varoittavat verhopuuston voimakkaasta juuristokilpailusta. Viime vuosina Keski-Euroopassa on tutkittu myös sekametsien perustamista istuttamalla kuusta ja lehtipuuta vuororivein. Kokeista on saatu myönteisiä tuloksia ja todettu, että näin saavutetaan verhopuuston käytön edut, mutta vältetään kuusen taimien pituuskasvun jälkeenyttäminen (esim. Schebaz 1977).

Myös Suomessa verhopuuston vaikutuksia on tutkittu runsaasti. Kuusenviljelyä käsittelevissä selvityksissä on säännön mukaan puututtu myös verhopuuston käyttöön (esim. Cajander (Kalela) 1933, Kalela 1936, Multamäki 1939, Heikinheimo 1941, Lukkala 1946). Multamäki (1942) on tutkinut erityisesti kuusen kasvainten paleltumista ja verhopuuston hallaa torjuvaa vaikutusta soilla. Mikroilmastollisia tutkimuksia verhopuuston lämpö- (Leikola ja Pylkkö 1969, Leikola 1975), säteily- (Raulo 1973, Leikola 1976), ja sadeolosuhteista (Päivänen 1966) on myös tehty. Pohtila (1977) on selvittänyt verhopuuston vaikutusta metsänviljelyn onnistumiseen Pohjois-Suomessa. Aiheen keskeisyyttä kuvaavat myös lukuisat oppinäytetyöt, jotka käsittelevät verhopuuston vaikutusta sen alle istutettujen taimien menestymiseen (mm. M. Antikainen ja Hämäläinen 1952, U. Antikainen ja Linkosalo 1959, Järveläinen ja Lilja 1961, Liikanen 1975, Vasiljeff 1979).

Ruotsissa on 1970-luvulla selvitetty verhopuuston kuusentaimia suojaavaa vaikutusta (Sirén ym. 1974a). Erityisesti Ruotsissa on kiinnitetty huomiota verhopuuston vaikutukseen metsänuudistamiseen korkealla sijaitsevilla mailla (Sirén ym. 1974b). Myös verhopuustoiksi kehittyneiden, viljelyn jäl-

keen syntyneiden etukasvuisten vesakoiden ekologisia vaikutuksia on tutkittu (Karlsson 1978, Folkesson ja Barring 1982).

Vaikka verhopuustotutkimuksia on tehty runsaasti, tulokset ovat usein ristiriitaisia ja kuva verhopuuston hyötyjen ja haittojen kokonaisvaikutuksista on jäänyt jonkin verran epämääräiseksi. Tähän on luonnollisesti osasyynä se, että tutkimukset on tehty erilaisissa olosuhteissa ja eri puulajeilla. Selvitykset ovat myös yleensä kohdistuneet joko pelkääntään verhopuuston ilmastovaikutuksiin tai puuston alle istutettujen taimien menestymiseen, jota on selvitetty kertainventoinnein.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää eri tavoin käsitellyn leppäverhopuuston lämpöoloja aukeaan alaan verrattuna. Samanaikaisesti on seurattu varjostuksen ja juuristokilpailun vaikutusta verhopuuston alle istutettujen kuusten taimien menestymiseen. Tuloksia on esitetty aiemmin koaloilla tehtyjen säteilymittausten osalta Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja -sarjassa (Leikola 1976) sekä hallavaurioiden ja taimien kasvun osalta kansantajuudessa lehtiartikkelissa (Rikala ja Tervo 1979).

Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosastolla perustettiin silloisen eri-

koistutkija Matti Leikolan johdolla 1970-luvun alussa verhopuuston vaikutuksia selvittäviä kokeita.

Verhopuuston vaikutusten tutkiminen jaettiin kolmeen pääryhmään: — verhopuuston vaikutus metsikön sätielyolosuhteisiin — verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin sekä — verhopuuston aiheuttama juuristokilpailu. Samalla selvitettiin suppeammin eräitä muitakin verhopuuston käyttöön liittyviä kysymyksiä. Pääosa kenttäkokeista suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon ja Suonenjoen kokeilualueissa (Leikola 1975, 1976).

Suonenjoen kenttäkoealat perusti ja mittaustoiminnasta vuosina 1970—73 huolehti mt. Pekka Suolahti apulaisineen Leikolan johdolla. Tämän jälkeen Rikala johti koalojen seurantaan kenttämestari Hannu Koivusen ja tutkimusapulainen Ritva Pitkäsén avustamana. FK Juha Lappi on neuvonut aineiston tilastollisessa käsittelyssä. Työ on saatettu loppuun metsänhoidon tutkimusosaston taimien elinympäristötutkimuksien osana. Rikala on laatinut tutkimuksen alustavan käsikirjoituksen, jonka perusteella molemmat tekijät ovat yhdessä muokanneet työn lopulliseen asuunsa. Työn ovat lukee neet prof. Erkki Lähde ja dos. Jyrki Raulo. John Derome, M.Sc., on kääntänyt englanninkielisen tekstin, arkkit.yo. Leena Nygren piirtänyt kuvat ja apul.kanslisti Ritva Molkänen puhtaaksikirjoittanut käsikirjoituksen.

2. TUTKIMUSALUE

Tutkimusalueeksi valittiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen kokeilualan Haudanlahden tilalla (62°41'P, 26°57' I, 102 m mpy) kasvava harmaalepikko (kuva 1). Alue oli aikaisemmin ollut peltoa ja sitä oli käytetty viljanviljelyyn. Sittemmin se oli jäänyt hakamaaksi ja metsittynyt luontaisesti tiheän lepikon peittoon. Tutkimusalueen metsätyyppi määritettiin Oxalis-Myrtillus-tyypiksi. Alue ei kärsinyt liiallisesta maan vesipitoisuudesta.

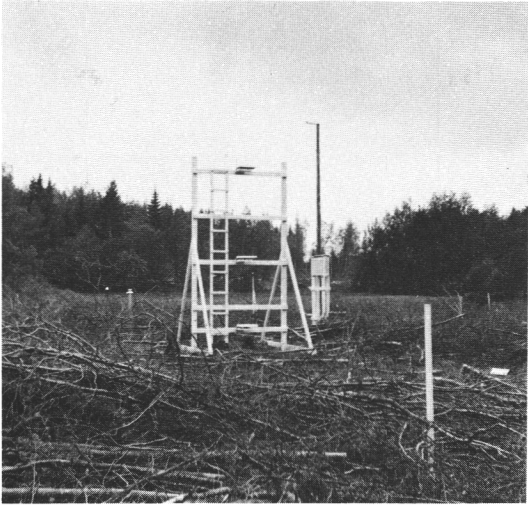
Syksyllä 1970 erotettiin lepikkoon neljä koealaa, joiden puustoa käsiteltiin eri tavoin seuraavasti:

- Ensimmäinen koeala (käsittely 1: aukea koeala) hakattiin paljaaksi niin, että aukea ala ulottui metsikön viereiselle pellolle saakka.

- Toiselta koealalta (käsittely 2: määrämittaan hakkuu) hakattiin kaikki ainespuuksi kelpaavat rungot määrämittaan.
- Kolmas koeala (käsittely 3: alaharvennus) hakattiin kaavamaisesti alaharvennaen.
- Neljäs koeala (käsittely 4: luonnontilainen) jätettiin käsittelemättä.

Kaadettujen leppien kannot käsiteltiin keväällä 1971 herbisidillä (Vesakontuho Special) vesojen kasvun eliminoimiseksi. Käsitely uusittiin keväällä 1972. Aukean koalan suuruus oli 50 m × 80 m, alaharvennetun ja määrämittaan hakatun koalan 50 m × 50 m ja käsittelemättömän (luonnontilaisen) 50 m × 30 m. Kunkin metsikkökoalan ympärille jätettiin vähintään 10 metrin vaippa. Luonnontilaisen koalan sivuilla se oli leveydeltään 20—40 m.

a



b



c

d

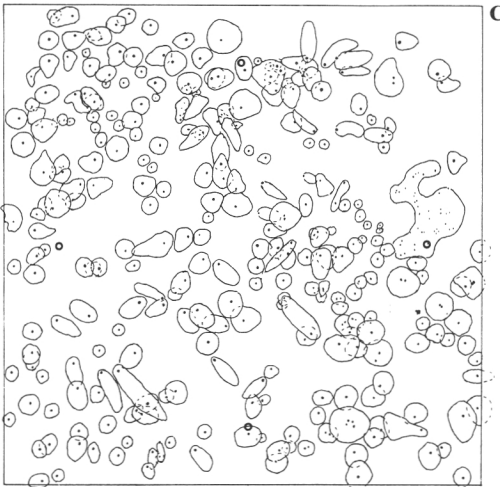
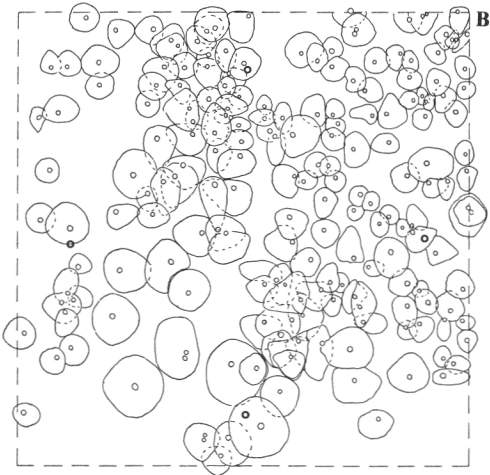
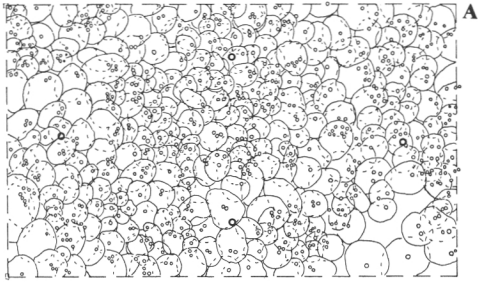
Kuva 1. Aukea (a), määrämittaan hakattu (b), alaharvennettu (c) ja luonnontilainen (d) koeala (valokuvannut Pekka Suolahti).

Fig. 1. The open sample plot (a), the sample plot subjected to selection cutting (b), the thinned sample plot (c) and the sample plot in a natural state (d). (Photo: Pekka Suolahti).

Metsikköilmastollisissa tutkimuksissa, varsinkin erilaisten alueiden lämpöolojen vertailussa, on alueen tasaisuuteen, erityisesti maanpinnan topografiaan kiinnitettävä erityistä huomiota (esim. Ångström 1936). Vaikka koealue oli verrattaen tasaista, alaharvennettu koeala (no. 3) ja aukea ala (no. 1) olivat kuitenkin hieman muita korkeammalla siten, että maa laski sekä luonnontilaisen (no. 4) että määrämittaan hakatun koealan (no. 2) suuntaan. Koealat olivat verra-

ten pieniä. Vaikka aukea ala liittyikin laajempaan usean hehtaarin aukkoon, ja täyttää näin kokonsa puolesta mm. Geigerin (1941) antamat ohjearvot, sijaitsi varsinainen koeala aukon kulmauksessa. Tämä on saattanut vaikuttaa tasoittavasti aukealta mitattuihin lämpötiloihin.

Hakkuun jälkeen koealojen puustot poikkesivat toisistaan selvästi (taulukko 1). Määrämittaan hakatun koealan puuston runkoluku oli noin kolme kertaa suurempi kuin



0 5 10 15 20 m

Kuva 2. metsikkökoalojen latvusprofiilit. A = luonnontilainen, B = alaharvennettu, C = määrämittaan hakattu koala.

Fig. 2. The crown profiles of the sample plots with a tree cover. A = in a natural state, B = thinned, C = selection cutting.

Taulukko 1. Metsikkökoalojen tärkeimmät taksatoriset tunnuksat. Mittaus marraskuussa 1970. Latvuspeittävyys mitattu kesäkuussa 1971.

Table 1. The main taxatorical characteristics of the sample plots. Measured in November 1970. Crown coverage measured in June 1971.

Puuston tunnus Stand characteristic	Luonnontilainen Plot in natural state	Alaharvennettu koala Thinned plot	Määrämittaan hakattu koala Selectively cut plot
Runkoluku, kpl/ha Number of stems/ha	4386	808	2316
Kuutiomäärä, m ³ /ha Volume, m ³ /ha	131,5	48,5	11,8
Rungon keskikuutio, m ³ Mean stem volume, m ³	0,05	0,06	0,005
Keskipituus, m Mean height	9,1	11,4	4,1
Valtapiisuus, m Dominant height, m	13,6	14,9	12,1
Keskiläpimitta rinnankork., cm Mean diameter at breast height, cm	7,6	12,1	2,9
Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, m ² /ha	22,9	9,9	2,8
Latvuspeittävyys, % Crown coverage, %	99	80	55

alaharvennetun koalan, mutta puuston kuutiomäärä oli alaharvennetulla koalalla lähes neljä kertaa suurempi kuin määrämittaan hakatulla alalla. Luonnontilaisen koalan puuston kuutiomäärä oli lähes kymmenen kertaa suurempi kuin määrämittaan hakatun koalan. Luonnontilaisen koalan puuston runkoluku oli kuitenkin vain noin kaksi kertaa suurempi kuin määrämittaan hakatun. Kaikkien koalojen puuston valtapituus oli samaa suuruusluokkaa, mutta keskipituudessa oli selviä eroja. Alaharvennus nosti jäävän puuston keskipituutta ja keskiläpimittaa, kun taas määrämittahakkuu pienensi näitä selvästi.

Kesällä 1971 kaikki metsikkökoalat kartoitettiin ja jokaisen yli 1,3 m pituisen puun latvusprofiili kuvattiin latvuskartalle (kuva 2). Puiden latvuksen muoto hahmoteltiin käyttäen apuna neljää rungosta kohtisuoraan toisiaan vastaan tehtyä mittausta (tarkuus 10 cm). Myös metsikön latvuspeittävyys mitattiin tuolloin Cajanuksen putkella käyttäen 200 mittauspistettä koalaa kohti (menetelmästä katso esim. Sarvas 1953).

Keväällä 1978 hakattiin puustoisten koalojen pohjoispuoli paljaaksi taimien vapauttamisen jälkeisen elpymisen selvittämiseksi.

3. YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN MITTAUS

Ilman lämpötilaa mitattiin termoelementin ja termografein (taulukko 2). Termoelementtejä varten pystytettiin aluksi seitsemän 8 metrin mittaista mittausmastoa. Mastoista yksi sijoitettiin aukealle ja kullekin verhopuustokoealalle tuli kaksi mastoa. Vuonna 1972 lisättiin vielä yksi mittausmasto jokaiselle verhopuustokoealalle (kuvat 3, 4).

Termoelementianturit kiinnitettiin 0,5 m:n, 2,0 m:n ja 8 m:n korkeuteen. Tuulen suunnan vaikutuksen (mm. Multamäki 1942) eliminoimiseksi kiinnitettiin kunkin mittauskorkeuden anturit eri suuntiin osoittavien 50 cm:n pituisten vaakasuorien ansasten päähän. Antureiden suojaksi suoraa säteilyä vastaan (esim. Franssila 1961) kiinnitettiin alumiinipeltiset, avoimet putket, joiden halkaisija oli 4 cm ja pituus 10 cm. Saman vuoden elokuun alussa suojat vaihdettiin Ilmatieteen laitoksen suosituksesta 5 cm halkaisijaltaan oleviin 20 cm pituisiin alumiiniputkiin, jotka oli maalattu päältä hopeanvärisiksi ja sisältä mustiksi. Putkien ulommainen pää oli sahattu viistoksi, ettei ilta-aurinko pääsisi paistamaan putken sisään. Vuonna 1973 vaihdettiin säteily suojaat vielä kerran Ilmatieteen laitoksen suosituksesta. Käytettyjen alumiiniputkien seinät sorvattiin 0,5 mm:n vahvuiseksi ja ”käännettiin auki” 10 cm × 10 cm kokoisiksi kuperiksi levyiksi, joiden yläpinta maalattiin hopeanvärillä ja alapinta mattamustalla.

Aluksi termoelementianturit tehtiin juottamalla kupari-konstantanijohtimet yhteen n. 2 cm:n hopeajuoksella. Myöhemmin, vuonna 1973, anturit tehtiin ohu-

emmasta kupari-konstantanijohtimesta, joka liitettiin varsinaiseen mittauskaapeliin.

Termoelementtimittauksessa käytettiin vv. 1971—1972 käsikäyttöistä Rubicon Instruments Inc., malli 2715 (mittaustarkkuus 15 uV; lämpötilassa +23°C) potentiometriä ja kaapelina Honeywell Oy:n toimittamaa muovipäällysteistä kupari-konstantanijohtoa (1W2 P4). Potentiometrin lukemisen tarkentamiseksi käytettiin apuna suurennuslasia. Vuonna 1972 käytettiin mittauskanavien vaihtoon Croydon Precision Instruments'in valintakytkintä (malli SP2/P/MB). Vuonna 1973 mitaus automatisoitiin Honeywell Oy:n valmistamalla 60-kanavaisella dataloggerilla ja siihen liitetyllä Kienzlen rivi-kiirjoittimella.

Lämpötilamittaukset tehtiin kahden tunnin välein vuorokauden parillisina tunteina viitenä päivänä viikossa. Mittauksen automatisoinnin jälkeen mitaus muutettiin ympärivuorokautiseksi v. 1973. Dataloggerin toiminnassa esiintyi kuitenkin häiriöitä, joiden vuoksi osa mittausjakson havainnoista jäi käyttökelvottomiksi.

Ilman lämpötilaa seurattiin lisäksi termografimittauksin sekä maksimi- ja minimilämpömittarein. Näitä mittauksia varten kullekin verhopuustokoealalle rakennettiin mittaukselineet, joihin sijoitettiin 2 metrin korkeuteen sääkojuihin Fuessin termografit (no. 103—2) sekä 0,5 m:n, 2,0 m:n ja 4,0 m:n korkeuteen styroksisten säteily suojiin alle minimi- ja maksimilämpötilamittarit (kuva 3b). Lisäksi alaharvennuskoealan keskelle pystytetystä 16,5 m:n korkuisesta säähavaintomastosta mitattiin termografilla latvuserroksen yläpuolisen ilman lämpötila. Mastossa oleva sääkoju oli noin 1,5 m vallitsevan latvuserroksen yläpuolella.

Taulukko 2. Lämpötilamittauksien mittausjaksot eri vuosina.

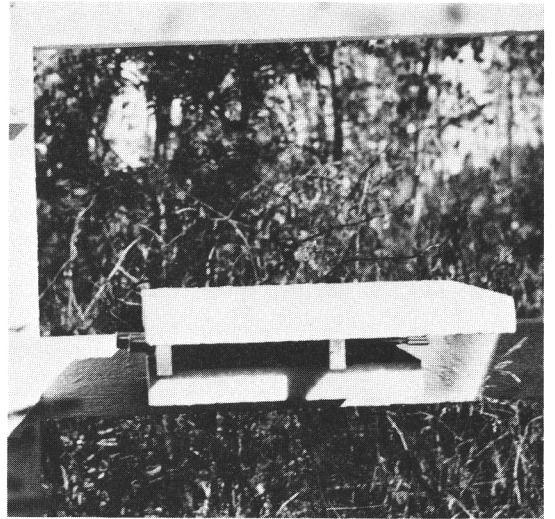
Table 2. Duration of temperature measurement periods in different years.

Mittaustapa Method	1971	Mittausvuosi - Year 1972	1973
Termoelementtimittaus <i>Thermocouple</i>			
Ilma <i>Air</i>	14.6 — 30.9	2.5 — 30.9	11.5 — 30.11
Maa <i>Ground</i>		9.6 — 30.9	11.5 — 30.11
Termografimittaus <i>Thermograph</i>	11.5 — 30.9	21.4 — 30.9	18.4 — 28.9
Maksimi- ja minimi- lämpömittarit <i>Maximum/minimum thermometer</i>			
Ilma <i>Air</i>	1.6 — 30.9	25.4 — 29.9	7.5 — 28.9
Maa <i>Ground</i>	1.6 — 30.9	3.5 — 29.9	7.5 — 28.9

a



b



Kuva 3. Mittausmasto, sadepiirturi, termografikoju aukealla koelalla (a) ja ääriämpötilojen mittausteline (b) (valokuvannut Pekka Suolahti).

Fig. 3. The measuring mast, rain gauge and weather chamber on the open sample plot (a) and the stand used for measuring temperature extremes (b). (Photo: Pekka Suolahti).

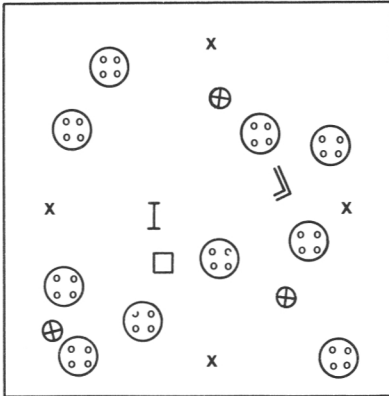
Termografihavaintoja tehtäessä luettiin samalla sääkopissa olleesta tarkkuuslämpömittarista lukema, jonka perusteella saatiin laskettua korjauskerroin termografihavainnolle. Minimi- ja maksimilämpötilamittarit luettiin aamuisin klo. 6.00—7.00 välisenä aikana. Vuonna 1972 mittareiden luku siirrettiin klo 19.00—20.00 väliseksi ajaksi.

Maan lämpötilaa seurattiin minimi- ja maksimilämpömittarein. Kullakin koelalla oli minimi- ja maksimimittarit, joiden mittapää oli 5 cm:n syvyydessä ja jotka oli suojattu V-muotoisilla alassuin käännettyillä alumiinipelleillä.

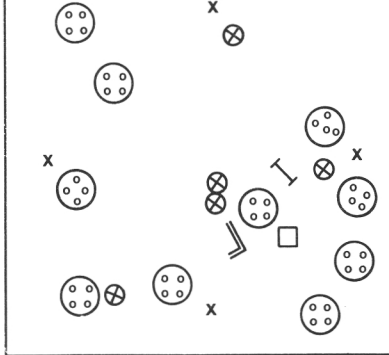
Tuulen nopeutta mitattiin Fuessin tuulimittareilla (EP 215,6-92b), joka oli kiinnitetty aukealla alalla olevaan termoelementtimastoon 8 metrin korkeuteen. Mittari luettiin kolmasti päivässä (klo 7, 13 ja 19). Tuulimittauksia tehtiin vain vuonna 1973.

Lumipeitteen vahvuutta seurattiin kaikkina kolmena seurantavuonna 15. päivästä maaliskuuta alkaen siihen saakka kunnes lumi oli täysin sulanut. Lumipeitteen muodostumista seurattiin talvikautena 1973/74 loka-kuun alusta tammikuun puoleenväliin. Lumihavaintopisteitä oli kullakin koelalla 25 kpl lukuunottamatta luonnontilaista ruutua, missä niitä oli 15 kpl.

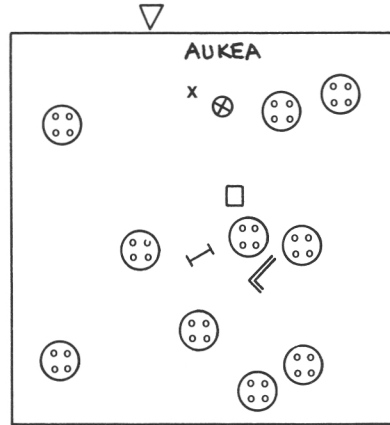
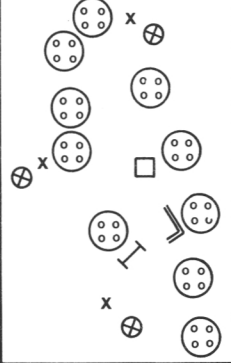
Määräm. hakattu



Alaharvennettu

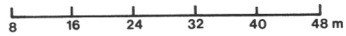


LUONNONTILAINEN



Merkkien selitykset:

- Termoelementtimasto
- Maks.- ja min. lämpömittariteline
- Termografikoju
- Bellani
- Maks.- ja min. maalämpömittari
- Koetaimet verhopuustoaueella
- Lämpötilanmittausmasto, 16 m
- Sadepiirturi



Kuva 4. Mittauslaitteiden ja koetaimien sijoitus koealueelle.

Fig. 4. Lay-out of the measuring equipment and sample seedlings on the sample plots.

4. ISTUTUSKOKEEN PERUSTAMINEN JA MITTAUS

Koealueelle istutettiin 4.—6.6.1971 Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla kasvatettuja 50—60 cm mittaisia 1M+2A-kuusen taimia. Kullekin koealalle istutettiin 80 tainta 8 taimen ryhmissä (kuva 4). Kukin ryhmä jaettiin edelleen neljään eri käsittelyyn, joiden avulla pyrittiin selvittämään verhopuuston ja pintakasvillisuuden juuristokilpailun vaikutusta taimien menestymiseen. Käsittelyt olivat seuraavat (kuva 5):

1. Vapaa juuristokilpailu:

Taimet istutettiin ilman laikkua normaalisti kuopan keskelle.

2. Puiden juuristokilpailu estetty:

Istutuskohta rajoitettiin maahan kohtisuoraan neliön muotoon työnnettäällä 100 cm × 20 cm galvanoiduilla peltilevyillä joka puolelta siten, että peltien keskelle muodostui 1 m²:n suuruinen puiden juuristokilpailulta eliminoitu alue. Ruudun muuta kasvillisuutta varottiin vahingoittamasta. Näin muodostuneeseen ruutuun istutettiin kaksi tainta kuten käsittelyssä 1.

3. Kaiken kasvillisuuden juuristokilpailu estetty:

Ruutu muodostettiin kuten käsittelyssä 2, mutta lisäksi ruudulta kitkettiin pois kaikki pintakasvillisuus ja maan pinta ruudussa muokattiin kuohkeaksi. Nämä ruudut pidettiin pintakasvillisuudesta vapaana kahden ensimmäisen seurantakesän ajan (vv. 1971—1972).

4. Taimitarhamaalaatikoihin istutetut taimet:

”Taimitarhamullalla” (maatunut turve-hiekkaseos) täytetyt, pohjasta reijitetyt muovilaatikat (Sarvis: 28 × 37 × 19 cm) upotettiin maahan. Kuhunkin laatikkoon istutettiin kaksi tainta. Laatikoihin kasvanut pintakasvillisuus kitkettiin kuten käsittelyssä 2.

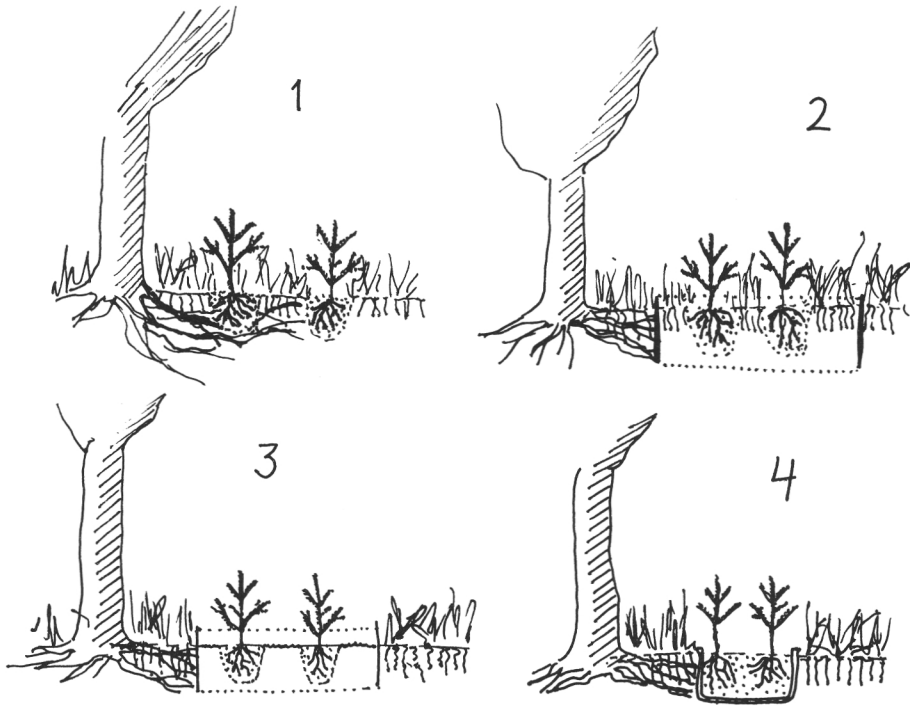
Pian istutuksen jälkeen (9.6.1971) halla tuhosi suuren osan taimista ja koeruuduille jouduttiin istuttamaan uudet taimet. Koetaimet merkittiin oksanhankaan kiinnitettyillä numeroiduilla metallilaatoilla. Vielä keväällä 1972 istutettiin kuolleiden taimien tilalle uudet taimet. Tämän jälkeen koeistutuksia ei täydennetty.

Koetaimet mitattiin vuosina 1971—1974 syksyllä ja lisäksi keväällä 1972. Taimista mitattiin verson kokonaispituus ja viimeisen kasvaimen pituus sekä tyviläpimitta 1 cm:n korkeudelta maan pinnasta. Lisäksi taimien kunto luokiteltiin silmävaraisesti käyttäen Yli-Vakkurin ym. (1968) esittämää luokitusta: 0 = kuollut, 1 = huono, 2 = normaali ja 3 = hyvä. Vuonna 1973 määritettiin taimien neulasten väri kesällä (11.—13.7.) ja syksyllä (7.—11.9.). Värimääritykset tehtiin Munsell Color Charts (1968)-värikartastoa käyttäen Luukkasen ym. (1971) kuvaamalla menetelmällä.

Syksyllä (24.9.) 1974 arvottiin kultakin juuristokäsittelyruudulta toinen kahdesta koetaimesta ja nostettiin tarkempaa mittausta varten (taulukko 3). Noston yhteydessä havaittiin, että juurten kasvun eliminoimiseksi asetetut peltilevyt eivät olleet täydellisesti estäneet lepän ja vadelman juuria kasvavasta ruutuihin. Joissakin ruuduissa oli runsaastikin juuria. Muovilaatikoihin istutettujen koetaimien (käsittely 4) juuret olivat kasvaneet osittain ulos laatikoissa olleista rei’istä. Näytetäimä nostettaessa laatikoista ulos kasvaneet juuret katkeilivat.

Vuosina 1976 ja 1978 mitattiin syksyllä kaikki koealoille jääneet kuusen taimet. Vuonna 1976 mitattiin taimista seuraavat tunnuksat: taimien kokonaispituus, pituuskasvut taannehtivasti vv. 1971—76, juureniskan läpimitta, neulasten pituus ja väri sekä hallavauriot. Lisäksi kunkin taimen ympäriltä arvioitiin 0,5 metrin säteeltä kolmen taimelle haitallisemmaksi arvioidun kasvilaajan peittävyys (%) ja valtapituus (cm). Edelleen mitattiin etäisyys kustakin taimesta kolmeen lähimpään puuhun sekä näiden puiden rinnankorkeusläpimitta. Syksyllä 1978 mitattiin taimien kokonaispituus ja vuosien 1977 ja 1978 pituuskasvut.

Hallojen taimille aiheuttamia vaurioita arvioitiin vuosina 1975, 1976 ja 1978. Vuonna 1975 luokiteltiin hallavauriot silmävaraisesti kolmeen luokkaan: — ei vaurioita, — lievä vaurio ja — voimakas vaurio. Vuosina 1976 ja 1978 käytettiin luokitusta:



Kuva 5. Kaaviokuva juuristokilpailukäsittelyistä, 1 = vapaa juuristokilpailu, 2 = puiden juuristokilpailu estetty, 3 = kaikki juuristokilpailu estetty, 4 = istutus taimitarhamaalla täytettyyn laatikkoon.

Fig. 5. Schematic diagrammes of the root competition treatments. 1 = Free root competition, 2 = Competition by tree roots eliminated, 3 = All forms of root competition eliminated, 4 = Box filled with nursery soil.

- *Ei vaurioita:* Taimissa ei havaittu näkyviä vaurioita
- *Lievä vaurio:* Viimeisen vuoden kasvaimet osittain tuhoutuneet (ruskettuneet tai "lurpahtaneet"), mutta pääverso tai -silmut vaurioitumattomia
- *Kohtalainen vaurio:* Suuri osa sivuversoista ja osa latvakerkistä tai -silmuista tuhoutunut
- *Voimakas vaurio:* Pää- ja sivuversot tai -silmut tuhoutuneet

Kesällä 1977 seurattiin koetaimien ja verhopuiden pituuskasvurytmiä sekä ilman lämpösumman kehitystä. Pituuskasvun mittaus-

ta varten pistettiin mitattavien puiden edellisen vuoden kasvaimen (kuusen taimilla latvakasvaimen ja lepillä noin 1,5 metrin korkeudella olevaan oksaan) ohut hyönteisneula, jota käytettiin mittauksen peruspisteenä. Pituuskasvua mitattiin 10.5.—15.7. välisenä aikana aluksi kaksi kertaa ja myöhemmin kerran viikossa. Ilman lämpösumman kehitystä seurattiin kahdella termografilla, joista toinen oli sijoitettu aukealle ja toinen luonnontilaiselle ruudulle sääkojuun yhden metrin korkeuteen. Lämpösumma laskettiin d.d-periaatteella $+5^{\circ}\text{C}$ lämpökynnystä käyttäen (Sarvas 1966).

Taulukko 3. Näytetaimista mitatut tunnuksset ja niiden mittaustapa.

Table 3. Characteristics measured on the sample seedlings and the methods used.

Tunnus Characteristic	Mittausten menetelmä Method	Tunnus Characteristic	Mittausten menetelmä Method
Verson pituus <i>Shoot length</i>	1 cm ylimmän juuren haaran yläpuolelta päätesilmun tyveen 1 cm:n tarkkuudella. <i>Distance between the point 1 cm above the uppermost root fork to the base of the terminal bud. Accuracy 1 cm.</i>	Pisimmän juuren pituus <i>Length of longest root</i>	Suuraksi vedetyn pisimmän juuren pituus juurenniskasta sen jälkeen 1 cm:n tarkkuudella. <i>Distance between root collar and tip of longest root with root extended. Accuracy of 1 cm.</i>
Pituuskasvu <i>Height growth</i>	Vuosien 1971—1974 pituuskasvut mitattiin taannehtivasti vuosikasvainten välisenä etäisyytenä 1 cm:n tarkkuudella. <i>Height growth during the period 1971—1974 measured retrospectively as the distance between successive whorls on the main shoot. Accuracy of 1 cm.</i>	Juuriston mykorrhitsaisuus <i>Presence of mycorrhizae on roots</i>	Silmävarainen 2-luokkainen luokittelu (on/ei ole). <i>Determined by eye using a two-class system (yes/no).</i>
Tyviläpimita <i>Butt diameter</i>	Työntötulkilla 1 mm:n tarkkuudella 5 cm ylimmän juurensaaren yläpuolelta. <i>Measured using a sliding gauge at a height of 5 cm above the uppermost root fork. Accuracy of 1 mm.</i>	Neulasten, rangan ja juuriston kuivapaino <i>Dry-weight of needles, stem and roots</i>	Näytteet kuivattiin aluksi 24 h +60°C:ssa kuivauskaapissa ja sitten 12 h 105°C:ssa lämpökaapissa, jonka jälkeen ne punnittiin 0,01 g:n tarkkuudella. <i>Samples initially dried at 60°C for 24 hrs and then at 105°C for 12 hrs. Weighed to an accuracy of 0.01 g.</i>
Päätesilmun pituus <i>Length of terminal bud</i>	Silmua ympäröivät neulaset nypittiin varovaisesti pois ja mitattiin silmun pituus tyvestä huippuun 1 mm:n tarkkuudella. <i>Needles carefully removed from around the bud, and the distance between the base of the bud and the tip measured. Accuracy of 1 mm.</i>	Juuriston muoto <i>Shape of root system</i>	Kaikki juuristot valokuvattiin kahdelta puolelta. Kuvien perusteella laadittiin juuristojen ulottuvuuskartat käsitteilyttään. <i>All root systems were photographed from two sides. The outlines of the roots in each treatment group were then drawn.</i>
Neulasten pituus <i>Needle length</i>	Viimeisen vuosikasvaimen puolivälistä mitattujen neljän eri puolella versoa kasvaneen neulasen pituuden keskiarvo. <i>The mean length of four needles growing on different sides of the shoot at a point midway along the previous year's annual shoot.</i>	Neulasten ravinnepitoisuus <i>Nutrient content of needles</i>	Neulasnäytteet koostettiin siten, että jokaisesta juuristokilpailukäsittelystä yhdistettiin toistot koealoittain yhdeksi näytteeksi. Näytteistä määritettiin Metsäntutkimuslaitoksen yhteislaboratoriossa (Halonen ja Tulkki 1981) typpi-, fosfori-, kalium- ja kalsium-pitoisuus. <i>Needle samples from the replications for each root competition treatment were combined to give one sample per sample plot. The N, P, K, and calcium contents of the samples were determined in the Joint Laboratory of the Finnish Forest Research Institute (Halonen & Tulkki 1981).</i>
Neulasten väri <i>Needle colour</i>	Määritettiin neulasten värin sävy, vaaleus ja kylläisyys Munsell Color Charts-väri -värikartaston avulla Luukkanen ym. (1971) kuvaamalla menetelmällä. <i>Shade, paleness and intensity of needle colour determined using Munsell Color Charts according to the method described by Luukkanen et al. (1971).</i>		

5. AINEISTON KÄSITTELY

Koejärjestelyinä oli ns. "split-plot" koe, jossa pääkäsittelyinä olivat verhopuustokäsittelyt ja alakäsittelyinä juuristokilpailukäsittelyt. Testaukseen käytettiin kiinteää, lineaarista, additiivista varianssianalysimallia (esim. Mattila 1973). Verhopuustokoealojen vaikutusten välisiä eroja testattaessa käytettiin toistoina juuristokilpailukäsittelyitä. Ts. oletettiin, että koealue oli niin maaperällisesti kuin mikrometeorologisesti siinä määrin homogeeninen ja että koealojen väliset erot olisivat analyysissä verhopuustokäsittelyjen

aiheuttamia. Koska oletus ei kaikin osin pidä paikkaansa, on varianssianalysillä testattuihin verhopuustokoealojen välisiin eroihin suhtauduttava varauksella. Juuristokilpailukäsittelyjen aiheuttamien erojen testauksessa toimivat verhopuustokoealat lohkoina, joten em. harhaisuustekijää ei ole.

Aineisto käsiteltiin PDP-11 tietokoneella. Varianssianalyysi suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen VA-ohjelmalla ja muu laskenta AKTA-ohjelmistolla (Lappi ja Smolander 1981).

6. TULOKSET

61. Ympäristötekijät

611. Lämpötila

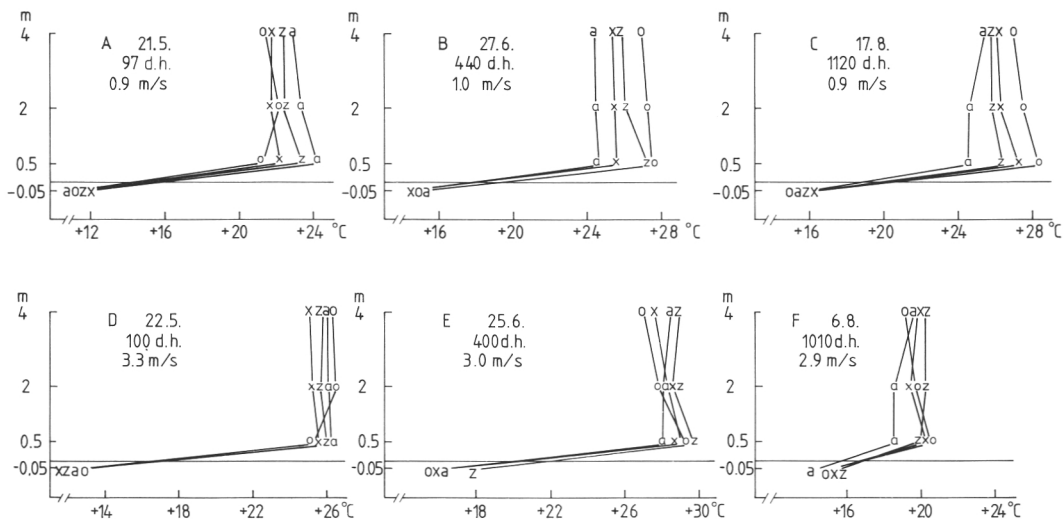
Alkukesällä ilman minimi- ja maksimilämpötilojen erot eri verhopuustokäsittelyjen välillä olivat pieniä ja ne suurenevät loppukesää kohti. Tuulen ilmamassoja sekoittava ja lämpötilan eroja tasoittava vaikutus ilmeni myös selvänä verrattaessa tuulisia ja tyyniä vuorokausia keskenään (kuva 6) (esim. Mitscherlich 1971, Geiger 1965).

Ilman maksimilämpötila oli lähellä maanpintaa 1...2°C korkeampi kuin 2 m:n ja 4 m:n tasolla. Minimilämpötilat 0,5 m:n korkeudessa olivat puolestaan 2...4°C matalammat kuin 4 m:n korkeudessa.

Koska lämpöolot olivat äärevämpiä maanläheisessä ilmakerroksissa, on verhopuuston kuusen taimia halloilta suojaavaa ja toisaalta vuorokautisia lämpöhuippuja tasoittavaa vaikutusta syytä tarkastella 0,5 m:n korkeudessa. Alkukesällä ennenkuin leppä puhkesi lehteen, lämpötilaerot eri käsittelyjen välillä olivat verraten pienet (vrt. esim. Lütze 1961). Kuitenkin lämpötilan laskiessa aukealla alle +0°C oli verhopuuston alla yleensä asteen verran lämpimämpää kuin aukealla (kuva

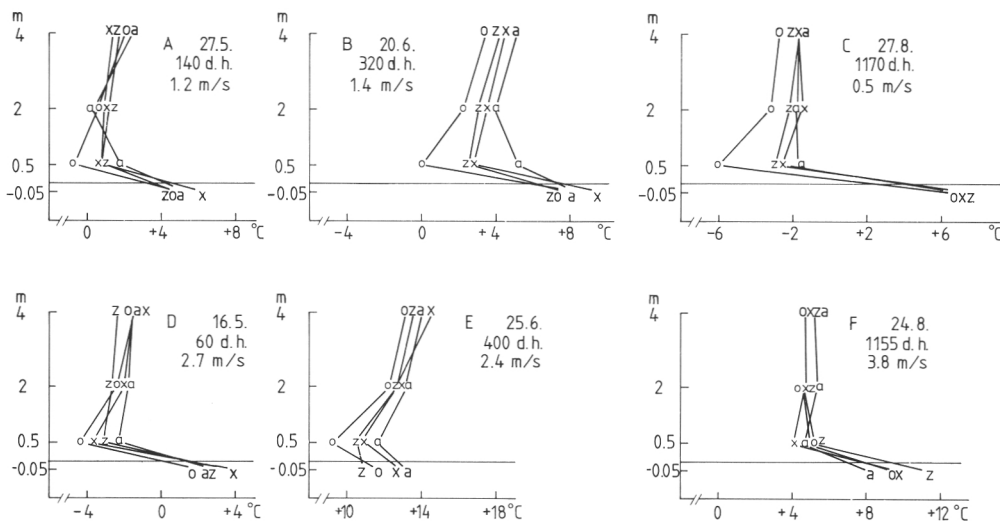
7). Leppien lehteen puhkeamisen jälkeen kesäkuussa kasvoivat aukean ja verhopuuston väliset minimilämpötilan erot. Myös ilman maksimilämpötilat olivat alkukesällä verhopuuston alla korkeampia kuin aukealla alalla. Mitä alhaisempi aukean alan maksimilämpötila oli, sitä suurempi oli lämpötilan ero verhopuuston maksimilämpötilaan nähden. Vuonna 1972 aukean alan maksimilämpötilat olivat keski- ja loppukesällä yleensä korkeampia kuin luonnontilaisessa verhopuustossa, mutta matalampia kuin määrämittaamalla hakatulla ja alaharvennetulla koealalla. Sen sijaan vuonna 1973 aukean alan maksimilämpötilat olivat lämpimän sään vallitessa 2...5°C luonnontilaisen koealan ja 1...3°C määrämittaamalla hakatun ja alaharvennetun koealan maksimilämpötiloja korkeampia. Lämpötilan ollessa alhaisempi myös koealojen väliset erot olivat pienempiä. Loppukesällä erot olivat +20°C lämpötilan vallitessa samansuuruiset kuin alkukesällä +30°C lämpötilassa.

Ilman päivittäisiä äärilämpötiloja tarkasteltaessa on muistettava, että taimien lämpötila saattaa poiketa ympäröivän ilman lämpötilasta paljon (esim. Raschke 1960). Mm. Leikolan ja Pylkön (1969) mukaan kuusen



Kuva 6. (A—F). Esimerkkejä vuorokautisista maksimilämpötiloista eri koealoilla 4 m, 2 m ja 0,5 m korkeudella maan pinnasta sekä 5 cm syvyydellä maassa kasvukauden eri vaiheissa tyyninä (A, B, C) ja tuulisina (D, E, F) päivinä kesällä 1973. o = aukea, z = määrämittaantaa hakattu, x = aloharvennettu ja a = luonnontilainen.

Fig. 6. (A—F). Examples of the daily maximum temperatures on the different sample plots at heights of 4 m, 2 m and 0,5 m above the ground and a depth of 5 cm in the soil, on calm (A, B, C) and windy (D, E, F) days at different times during the growing season in summer 1973. o — opening, z = selection cutting, x = thinned and a = natural state.



Kuva 7. (A—F). Esimerkkejä vuorokautisista minimilämpötiloista eri koealoilla 4 m, 2 m ja 0,5 m korkeudella maasta ja 5 cm syvyydellä maassa kasvukauden eri vaiheissa tyyninä (A, B, C) ja tuulisina (D, E, F) päivinä kesällä 1973. Merkkien selitykset kuten kuvassa 6.

Fig. 7. (A—F). Examples of the daily minimum temperatures on the different sample plots at heights of 4 m, 2 m and 0,5 m above the ground and at depth of 5 cm in the soil, on calm (A, B, C) and windy (D, E, F) days at different times during the growing season in summer 1973. See Fig. 6 for explanation to letters.

Taulukko 4. Kuukausittaiset lämpösummat (d.d., termografimittaus) eri koealoilla 2 m korkeudella sekä harvennetuilla koealalla 16 m korkeudella vuosina 1971—71.

Table 4. Monthly temperature sums (d.d., measured by thermographs) at a height of 2 m in all the sample plots, and at a height of 16 m in the thinned sample plot, during 1971—73.

Kuukausi Month	Verhoppuukasitely — Nurse crop treatment										Keskimäärin — Mean			16 m:n masto — 16 m mast		
	1971			1972			1973				1971	1972	1973	Keski- määrin Mean		
	Aukea Opening	Määrämittaan hakattu Selection cutting	Alaharvennettu Thinning	Luonnontilainen Natural state	Aukea Opening	Määrämittaan hakattu Selection cutting	Alaharvennettu Thinning	Luonnontilainen Natural state	Aukea Opening	Määrämittaan hakattu Selection cutting	Alaharvennettu Thinning	Luonnontilainen Natural state	1971	1972	1973	Keski- määrin Mean
Huhti April	1) 1)	1) 1)	1) 1)	1) 1)	12	8	2	10	12	8	2	10	2)			
Touko May	105	95	97	102	142	139	142	149	150	153	147	150	129	136	144	114
Kesä June	245	247	230	231	347	337	339	338	324	316	323	319	300	359	329	311
Henä July	318	315	309	309	463	450	437	440	426	417	422	414	394	472	449	419
Elo August	280	267	276	268	334	325	321	318	267	255	267	255	282	340	280	305
Syys September	91	93	88	84	134	121	127	128	66	66	57	59	93	129	60	95
Yht. Total	1039	1017	999	994	1420	1373	1386	1374	1245	1213	1218	1207	1198	1436	1262	1245

1) 11.—31.5.1971

2) 21.—31.5.1971

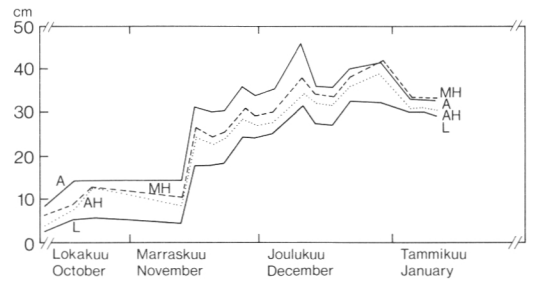
latvakasvaimen lämpötila on yöllä 1...2°C ilman lämpötilaa alhaisempi, kun ilman lämpötila on +5...+8°C. Franssilan (1949) mukaan ero voi olla suurempikin. Sen sijaan aurinkoisina päivinä, varsinkin jos taimet joutuvat alttiiksi suoralle säteilylle, niiden lämpötila saattaa nousta haitallisen korkeaksi.

Toukokuussa, kun puissa ei ollut vielä lehtiä aukean alan lämpösummakertymä oli hieinan alhaisempi kuin luonnontilaisen koealan, mutta korkeampi kuin määrämittaan hakatun ja alaharvennetun koealan (taulukko 4). Erot olivat kuitenkin varsin pieniä. Kesäkuun lämpösumma noudatteli puuston latvuspeittävyttä siten, että aukealla alalla kertymä oli suurin ja luonnontilaisella koealalla pienin. Ero oli heinäkuussa suurimmillaan ja se pieneni loppukesää kohti. Koko kasvukauden aikainen lämpösumma oli aukealla alalla noin 40 d.d.-yksikköä suurempi kuin luonnontilaisella koealalla.

Termoelementtimittaus antoi korkeamat lämpösumma-arvot kuin termografimittaus. Erot olivat v. 1971 keskimäärin 13,5 % ja vuonna 1972 keskimäärin 4,9 %.

Verhopuuston vaikutus ilman lämpösummaan oli verrattain pieni. Ero ääritapaustenkin, aukean ja luonnontilaisen koealan välillä oli vain n. 4 %. Samaan tulokseen puuston vaikutuksesta ilman lämpötiloihin ovat päätyneet useat muut tutkijat (esim. Baumgartner 1956, Odin 1964, 1974 ja Leikola 1975). Puuston vaikutus latvuserroksen alla mitattuihin ilman ääriämpötiloihin on selvempää.

Toukokuun aikana aukealla alalla vallitsivat maassa äärevimmät ja luonnontilaisella alalla vähiten äärevät lämpöolot. Kesä—syyskuun välisenä aikana maan lämpöolot olivat määrämittaan hakatulla koealalla vuorostaan äärevimmät. Vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilojen erotus saattoi olla 5°C, kun se luonnontilaisella koealalla oli samanaikaisesti vain 1°C. Määrämittaan hakatulla koealalla maan maksimilämpötilat olivat keskikesällä 2...4°C korkeammat ja minimilämpötilat keskimäärin yhtä korkeat kuin aukealla alalla. Loppukesällä aukean alan minimilämpötilat olivat korkeammat kuin määrämittaan hakatulla koealalla, mutta matalammat kuin harvennetulla ja luonnontilaisella koealalla. Loppukesällä ilman lämpötilan laskiessa myös maan ääriämpötilojen käsittelyjen sisäiset ja väliset erot pienivät.



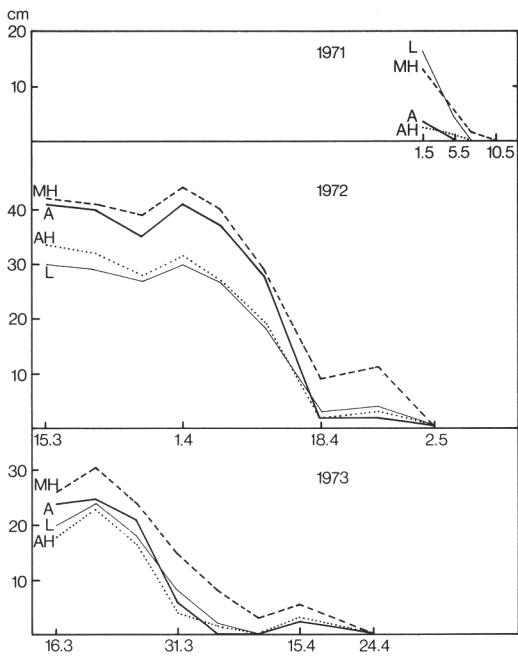
Kuva 8. Lumipeitteen muodostuminen talvikauden 1973/74 aikana. A = aukea, MH = määrämittaan hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen koeala.

Fig. 8. Development of snow depth during winter 1973/74. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state.

612. Lumipeite

Lumipeitteen muodostumista seurattiin talvikauden 1973/74 aikana (kuva 8). Nopeimmin lumipeite vahveni määrämittaan hakatulla ja hitaimmin luonnontilaisella koealalla. Erot olivat suurimmillaan loka—joulukuun aikana. Tammikuussa erot tasoittuivat siten, että erot eri koealojen lumipeitteessä olivat tuolloin vain 15 % kun ne syysalvella olivat suurimmillaan olleet jopa 75 %.

Lumen sulamista eri koealoilla seurattiin kolmena keväänä (kuva 9). Kaikkina havaintovuosina lumi suli nopeimmin aukealta alalta. Tosin maaliskuuhuhtikuun lumisateet aiheuttivat usein sen, että lumi lopullisesti hävisi kaikilta koealoilta lähes samanaikaisesti. Paksuin lumipeite, joka mitattiin maaliskuun puolivälissä, oli määrämittaan hakatulla koealalla ja toiseksi paksuin aukealla alalla. Näiden kahden käsittelyn välinen ero oli kuitenkin pieni. Samoin alaharvennetun ja luonnontilaisen koealan lumivaipan paksuuden ero oli varsin pieni. Määrämittaan hakatun ja aukean koealan lumipeite oli keskimäärin 10 cm vahvempi kuin harvennetun ja luonnontilaisen koealan lumipeite. Tulokset ovat samansuuntaiset kuin mm. Yli-Vakkurin (1960) esittämät. Yli-Vakkurin havainto, että aukealla lumipeite on ohuempi kuin koivikossa tai nuoressa havumetsässä on puolestaan päinvastainen kuin tässä tutkimuksessa saatu. Tämä saattaa johtua paitsi puulajista, myös koealojen erilaisesta sijainnista ympäröiviin metsä- ja peltokuvioihin nähden.



Kuva 9. Lumen sulaminen eri koealoilla vuosina 1971—73. A = aukea, MH = määrämittaan hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen.

Fig. 9. Melting of the snow cover on the different sample plots during 1971—73. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state.

62. Taimien alkukehitys

621. Eloassaolo

Ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä vuonna kuusen taimien kuolleisuus oli alhaisin (5 %) luonnontilaisella ja korkein määrämittaan hakatulla ja alaharvennetulla koealalla (15 %). Aukealla alalla kuoli 9 % taimista. Kuolleiden taimien tilalle istutettiin uudet taimet. Seuraavien kolmen vuoden aikana parhaiten menestyivät aukealle ja luonnontilaiselle koealalle istutetut taimet. Näillä koealoilla taimien kuolleisuus oli n. 5 %. Määrämittaan hakatulla ja alaharvennetulla koealalla taimien kuolleisuus oli n. 10 %.

Juuristokilpailun vaikutus taimien kuolleisuuseroihin näytti sattumanvaraiselta. Ensimmäisen istutuksen jälkeisen vuoden aikana parhaiten menestyivät taimitarhamaahan (käsittely 4) istutetut taimet, joiden kuolleisuus oli n. 5 %. Heikoimmin menestyivät vapaan juuristokilpailun ruutuihin istutetut tai-

met, joiden kuolleisuus oli 13 %. Neljän vuoden kuluttua istutuksesta tilanne oli kuitenkin muuttunut niin, että pienin taimikuolleisuus oli vapaan juuristokilpailun ruuduissa ja suurin ruuduissa, joissa kaikki juuristokilpailu oli pyritty estämään.

622. Pituuskehitys

Neljän ensimmäisen vuoden maastomittauksien tulosten mukaan kuusen taimien juuret kasvoivat parhaiten alaharvennetulla ja heikoimmin luonnontilaisella koealalla (taulukot 5 ja 6). Myös juuristokilpailu vaikutti taimien pituuskasvuun. Ruuduissa, joissa puiden juuristokilpailu oli pyritty estämään, taimet kasvoivat parhaiten. Heikointa taimien kasvu oli ruuduissa, joissa kaikki juuristokilpailu oli pyritty estämään.

Verhoppuustokoealojen ja juuristokilpailukäsittelyjen yhteisvaikutuksista olennaisimpia havaintoja oli, että alaharvennetulla ja

Taulukko 5. Taimien pituuskasvu vv. 1972—1974 koealoittain ja juuristokilpailukäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5).

Table 5. Height growth of seedlings during 1972—74 by sample plot and by root competition treatment (numbered as in Fig. 5).

Koeala Sample plot	Pituuskasvu - Height growth		
	1972	1973	1974
	cm		
Aukea Opening	1,9	9,4	10,7
Määrämittaan hakattu Selection cutting	2,6	10,7	11,6
Harvennettu Thinning	2,8	10,8	13,5
Luonnontilainen Natural state	2,6	6,9	9,0
F-arvo (3;9) F-value	3,56	5,31*	1,01
Juuristokilpailukäsittely Root competition treatment			
1	1,9	8,7	13,1
2	2,5	11,3	14,3
3	2,7	8,5	7,4
4	2,9	9,2	9,9
F-arvo (3;9) F-value	4,72*	2,62	2,65

Taulukko 6. Taimien pituus v. 1974 koaloittain ja juuristokäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5).

Table 6. Height of seedlings in 1974 by sample plot and by root competition treatment (numbered as in Fig. 5).

Koala Sample plot	Juuristokilpailukäsittely Root competition treatment				Keskiarvo Mean
	1	2	3	4	
	cm				
Aukea Opening	78	83	60	76	74
Määrämittaam hakattu Selection cutting	90	75	70	70	76
Harvennettu Thinning	68	86	74	85	78
Luonnontilainen Natural state	64	77	72	68	70
Keskiarvo Mean	75	80	69	75	75

F-arvo verhopuustokäsittelyillä (3;9) = 1,24
F-value in case of nurse crop treatment (3;9)

F-arvo juuristokilpailun käsittelyillä (3;9) = 0,71
F-value in case of root competition treatment (3;9)

erityisesti luonnontilaisella koalalla vapaalle juuristokilpailulle alttiina olleet taimet olivat kasvaneet suhteellisesti vähemmän kuin muilla koaloilla.

Halla-, hyönteis- yms. vaurioiden aiheuttamien ranganvaihtojen vuoksi eri vuosina maastossa mitattujen kuusen taimien pituuskasvujen summat lisätynä taimien alkupituudella eivät täsmänneet v. 1974 mitattujen taimien verson pituuksien kanssa. Vuotuiset pituuskasvut ja verson pituudet eivät myöskään täsmänneet syksyllä 1974 nostettujen näytetaimien vastaavien tunnusten kanssa. Tämä johtuu paitsi em. ranganvaihtoista myös siitä, että näytetaimet edustivat vain osaa koko alkuperäisestä taimipopulaatiosta.

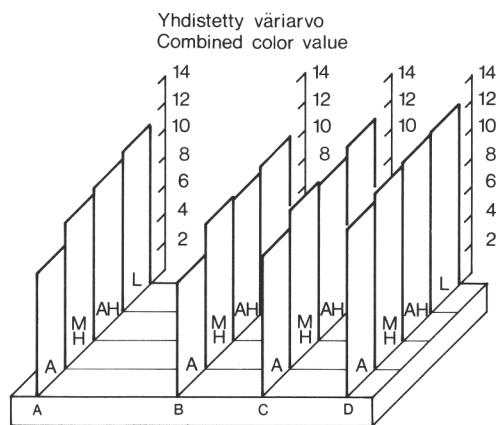
Neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta nostetuista näytetaimista pisimmät olivat 120 cm:n mittaisia. Keskimäärin taimien pituus oli 75 cm. Näytteeksi nostetuista ja myös koalalle jääneistä taimista pisimmät kasvoivat alaharvennetulla ja lyhyimmät luonnontilaisella koalalla (taulukko 7). Taimien pituserot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

623. Taimien tyviläpimitta, neulasten pituus ja silmun koko

Verhopuuston vaikutus kuusen taimien tyviläpimittaan oli erittäin voimakas. Mitä tiheämpi verhopuusto oli, sitä pienempi oli taimien läpimitta. Juuristokilpailun muutoksilla ei ollut taimien läpimittaan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta (taulukko 8).

Aukealla alalla taimien neulaset olivat lyhyimmät. Pituusero oli tilastollisesti merkitsevä. Juuristokilpailun voimakkuus näytti korreloivan negatiivisesti neulasten pituuden kanssa. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taimien päätesilmut olivat kooltaan sitä suurempia, mitä harvempi verhopuusto oli. Suurimmat silmut olivat aukealla alalla kasvavilla taimilla. Toisaalta päätesilmun pituus ja läpimitta korreloivat taimien verson pituuden ($r = 0,46$ ja $0,48$) kanssa.



Kuva 10. Kuusen taimien neulasten yhdistetty väriarvo eri ajankohtina verhopuustokoaloittain. A = aukea, MH = määrämittaam hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen. Havaintoajankohdat: A = 11.—13.7.1973, B = 23.8.1976, C = 7.—11.9.1973, D = 24.9.1974.

Fig. 10. Combined colour value of the needles of the spruce seedlings at different times in the nurse crop sample plots. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state. Measurement dates: A = 11.—13.7.1973, B = 23.8.1976, C = 7.—11.9.1973, D = 24.9.1974.

Taulukko 7. Neljä kasvukautta maastossa kasvaneiden näytetaimien morfologisia tunnuksia verhopuustokoealoittain.

Table 7. The morphological characteristics of sample seedlings grown for four growing seasons in the field. By nurse crop treatment sample plots.

Tunnus Characteristic	Koeala — Sample plot				
	Aukea Opening	Määrämittaan hakattu Selection cutting	Harven- nettu Thinning	Luonnon- tilainen Natural state	F-arvo (3;141) F-value
Verson pituus, cm <i>Shoot length, cm</i>	79.8	81.2	83.4	76.7	2.00
Pituuskasvu -74, cm <i>Height growth in 1974, cm</i>	12.4	16.2	15.1	12.4	3.07*
Läpimitta, mm <i>Butt diameter, mm</i>	16.0	13.8	14.2	12.4	10.35***
Päätesilmun läpimitta, mm <i>Diameter of terminal bud, mm</i>	5.7	5.5	5.4	4.1	8.98***
pituus, mm <i>Length of terminal bud, mm</i>	8.8	7.2	7.8	5.7	18.30***
Neulasen pituus, mm <i>Needle length, mm</i>	10.2	9.1	10.2	10.9	0.88
Pisin juuri, cm <i>Longest root, cm</i>	44.6 38.2		34.9	3.34*	
Kuivapaino, g <i>Dry-weight, g</i>					
neulaset <i>needles</i>	303	124	280	211	8.38***
ranka <i>stem</i>	762	525	551	380	12.71***
juuristo <i>roots</i>	304	206	257	156	7.09***

624. Neulasten väri ja ravinnepitöisyys

Neulasten väri mitattiin neljä eri kertaa: kahdesti vuonna 1973 ja kerran vuosina 1974 ja 1976. Neulasten värin eri komponenttien (sävy, vaaleus, kylläisyys) arvot yhdistettiin laskennassa yhdeksi arvoksi (Luukkanen ym. 1971). Verhopuustokoealoilla kuusen neulaset olivat sitä tummempia mitä peittävämpi oli latvusto (kuva 10). Syksyä kohden neulasten väri tummui kaikilla koealoilla ja myös tummuuserot eri koealojen taimien neulasten välillä pienenevät. Vuosien 1973 ja 1976 tasoerot neulasten värissä saattoivat aiheuttaa mittaaajista ja erilaisista mittaolosuhteista.

Neulasten väriin vaikuttavat ennen muuta niiden klorofyllipitoisuus ja sen muutokset (Viro 1959, 1965). Verhopuuston alla kasva-

vat kuusen taimet edustavat pääasiassa ns. varjolehtisiä puita, joiden neulasten klorofyllipitoisuus on korkeampi kuin aukealla kasvaneiden puiden neulasten (esim. Magnussen ja Peschl 1981). Bernerin (1949) mukaan 40 %:n valon vähennys lisää kuusen neulasten klorofyllipitoisuutta peräti 80 %. Myös neulasten värin tummeneminen kasvukauden myötä selittynee klorofyllipitoisuuden muutoksilla. Kuusen neulasten klorofyllipitoisuus on Lindnerin (1972) mukaan alhaisimmillaan keväällä lumen sulamisen jälkeen ja korkeimmillaan loppukesällä. Myöhemmin syksyllä neulasten klorofyllipitoisuus laskee uudelleen päivien lyhenemisen (Wettstein-Westerhelm ja Grüll 1954) ja lämpötilan laskun (Gerold 1959) seurauksena. Vanhoilla kuusilla neulasten klorofyllipitoisuus puolestaan vaihtelee vain vähän ja vaih-

Taulukko 8. Neljä kasvukautta maastossa kasvaneiden näytetaimien morfologisia tunnuksia juuristokilpailukäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5).

Table 8. The morphological characteristics of sample seedlings grown for four growing seasons in the field. By root competition treatments (numbered as in Fig. 5).

Tunnus Characteristic	Juuristokilpailukäsittely Root competition treatment				F-arvo F-value (3;141)
	1	2	3	4	
Verson pituus, cm Shoot length, cm	79.2	82.3	76.2	83.2	0.88
Pituuskasvu -74, cm Height growth in 1974, cm	14.8	16.1	11.9	13.0	2.9*
Läpimitta, mm Butt diameter, mm	13.6	14.6	14.7	13.8	1.59
Päätesilmun läpimitta, mm Diameter of terminal bud, mm	5.2	5.8	4.6	5.2	3.43*
pitäisyys, mm Length of terminal bud, mm	7.4	7.9	7.1	7.0	1.70
Neulasen pituus, mm Needle length, mm	11.2	10.7	10.1	10.0	2.96*
Pisin juuri, cm Longest root, cm	34.8	32.2	46.3	45.6	10.46***
Kuivapaino, g Dry-weight, g					
neulasen needles	197	224	302	201	2.96*
ranka stem	515	580	589	540	0.66
juuristo roots	195	245	284	202	3.03*

telu johtuu neulasten kuiva-ainepitoisuuden muutoksista (Horntvedt 1983).

Koetaimien neulasten ravinnepitoisuudet analysoitiin vuonna 1974 nostetuista näytetaimista neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta. Neulasnäytteiden typpipitoisuudet vaihtelivat välillä 1,16 %—1,68 % (taulukko 9). Pitoisuudet olivat alhaisimmat luonnontilaisella ja korkeimmat alaharvennetulla koealalla kasvaneiden taimien neulasissa. Ero oli varianssianalyysillä testattuna tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskillä. Lepän lehtikarikkeet eivät tämän mukaan lisänneet selvästi kuusen neulasten typpipitoisuutta. Esim. koivuverhokuuston alla kasvaneiden kuusen taimien neulasten typpipitoisuus on vaihdellut välillä 1,24—1,42 % (Silfverberg 1982).

Eri juuristokilpailukäsittelyistä muovilaitikoihin taimitarhamaahan istutettujen taimien neulasten typpipitoisuus oli keskimää-

rin alhaisin. Varianssianalyysi osoitti kuitenkin eri käsittelyjen välisten erojen olevan merkitseviä vain alle 10 % riskillä.

Neulasten fosforipitoisuus vaihteli 0,20—0,30 %:n välillä. Luonnontilaisella koealalla kasvaneilla taimilla arvot olivat alhaisimmat ja alaharvennetulla alalla korkeimmat. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Myöskään neulasten kaliumpitoisuuksien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kaliumpitoisuudet vaihtelivat 0,36—0,50 %:n välillä.

Korkein kalsiumpitoisuus (vaihteluväli 0,49—0,71 %), kuten typpi- ja fosforipitoisuuskin oli alaharvennetulla alalla ja alhaisin luonnontilaisella ruudulla kasvaneilla taimilla. Tästä huolimatta ravinteiden pitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot olivat alhaiset. Voimakkain oli typen ja kaliumin välinen riippuvuus ($r = 0,50$).

Taulukko 9. Neulasten ravinnepitoisuudet eri koealoilla juuristokilpailukäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5). F-arvo testattu varianssianalyysillä. Hakanen osoittaa Tukeyn testillä todetun keskiarvojen välisen merkitsevän eron 5 %:n erehtymisriskillä.

Table 9. Nutrient contents of needles from different sample plots by root competition treatment (numbered as in Fig. 5). The F-value tested using analysis of variance. The bracket indicates a significant difference (at the 5 % risk level) between means according to the Tukey test.

Verhopuusto koeala <i>Nurse crop sample plot</i>	Typpi <i>Nitrogen</i>	Fosfori % <i>Phosphorus</i>	Kalium <i>Potassium</i>	Kalsium <i>Calcium</i>
Aukea <i>Opening</i>	1,44	0,27	0,45	0,53
Määrämittaan hakattu <i>Selection cutting</i>	1,37	0,27	0,42	0,58
Alaharvennettu <i>Thinning</i>	1,51	0,28	0,45	0,59
Luonnontilainen <i>Natural state</i>	1,27	0,24	0,45	0,49
F-arvo (3;9) <i>F-value</i>	6,28	2,63	0,43	3,29
Juuristokilpailu- käsittelyt <i>Root competition treatment</i>				
1	1,47	0,26	0,43	0,53
2	1,41	0,28	0,43	0,53
3	1,42	0,24	0,45	0,57
4	1,30	0,28	0,45	0,56
F-arvo <i>F-value</i>	3,13	3,38	0,10	0,44

625. Taimien kuivapaino ja juuriston morfologia

Aukealla alalla kasvaneiden taimien kokonaiskuivapaino oli lähes kaksinkertainen luonnontilaisella koealalla kasvaneiden taimien kokonaiskuivapainoon verrattuna (taulukko 7). Taimien kuivapaino pieneni verhopuuston runkoluvun kasvaessa. Verhopuuston tiheydellä ei sensijaan ollut vaikutusta kuusen taimien eri osien kuivapainojen keskinäisiin suhteisiin.

Puiden ja pintakasvillisuuden juuristokilpailu vähensi taimien kuivapainoa. Käsittelyjen välinen ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Myös taimien juuri/rankasuhde pieneni juuristokilpailun lisääntyessä.

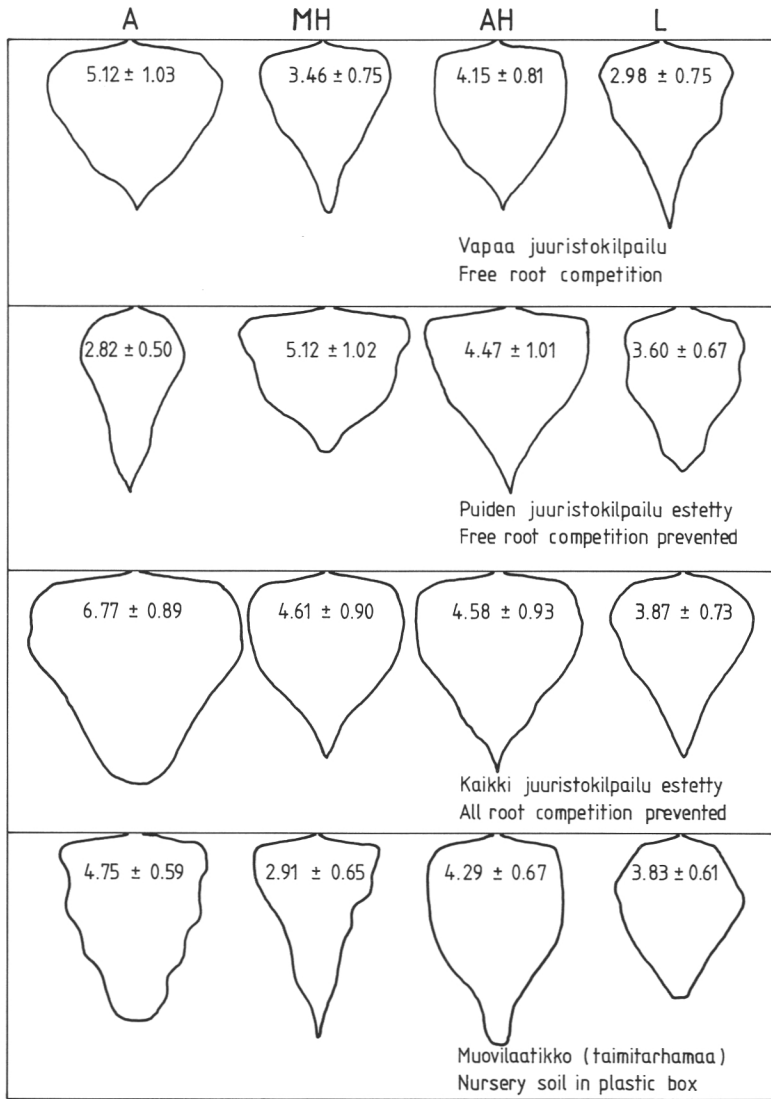
Taimien juuriston ulottuvuutta ja muotoa selvitettiin valokuvaamalla jokaisen näyteen taimen juuristo ruudutettua pahlia vasten ja laskemalla kuvista juuriston ”silhuettipinta-ala”(kuva 11). Näin laskettu juuriston pinta-ala korreloi merkitsevästi juuriston kuiva-

painon kanssa. Ruuduilla, joissa kaikki juuristokilpailu oli estetty, taimien juuriston ulottuvuuden pinta-ala oli suurin. Näillä taimilla olivat myös pisimmät juuret (taulukko 8). Koealoittain tarkastellen aukealla istutettujen taimien juuriston pinta-ala oli suurin.

626. Hallavauriot

Kesinä 1975, 1976 ja 1978 tarkastettiin keväthallojen kuusen taimille aiheuttamat vauriot. Kyseisinä vuosina koealoilla ei seurattu ilman lämpötilaa, mutta Suonenjoen koeaseman sääaseman mittauksia voitiin käyttää apuna pääteltäessä mihin aikaan kasvukautta hallat ajoittuivat (taulukko 10). Mainittu sääasema sijaitsee 7,5 km koealueesta kaakkoon 140 metriä mpy.

Halla vaurioitti alavilla mailla runsaasti kuusitaimikoita Pohjois-Savossa kahteen otteeseen vuonna 1975 ja kerran vuosina 1976



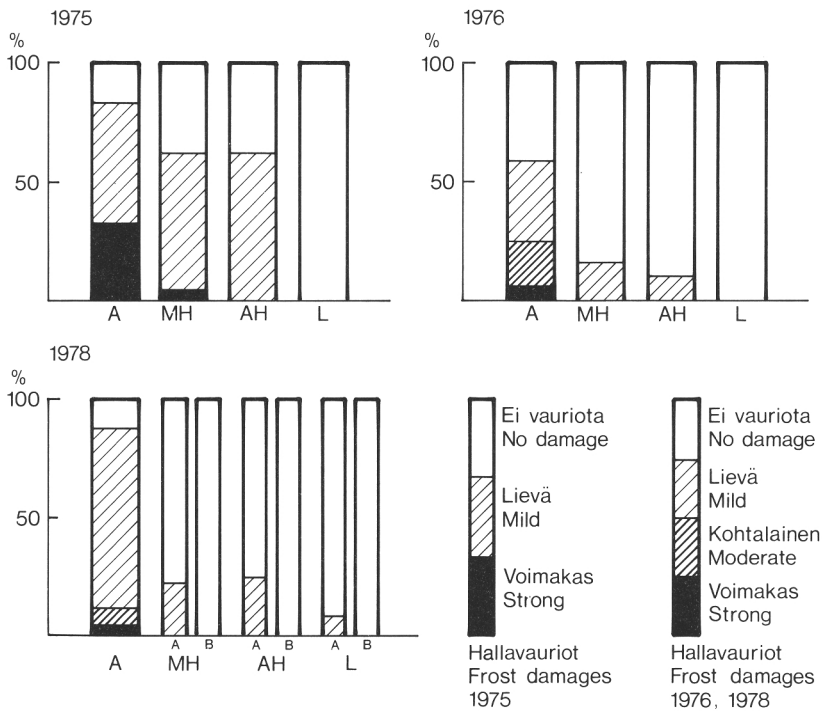
Kuva 11. Näytetaimien juuristojen keskimääräinen muoto koealoittain ja juuristokilpailukäsittelyittäin. Silhuettikuvion pinta-ala ja sen keskiarvon keskivirhe on merkitty kuvioon. A = aukea, MH = määrämittaan hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen.

Fig. 11. The average shape of the roots of the sample seedlings by sample plot and root competition treatment. The surface area and the mean standard error are marked on the outlines. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state.

ja 1978. Koeasemalla mitatut lämpötilat eivät sääsaman korkeamman sijainnin vuoksi olleet yhtä alhaisia kuin Haudanlahden koealueella mitatut. Vuosien 1972 ja 1973 säähavaintojen perusteella tehtyjen vertailujen mukaan koealueen minimilämpötilat olivat hallaöinä 2,0...4,0°C alhaisempia kuin Suonenjoen koeasemalla mitatut lämpöti-

lat. Sen sijaan lämpösomma karttui koealueella vuonna 1972 hieman nopeammin ja vuonna 1973 yhtä nopeasti kuin koeasemalla.

Vuonna 1975 kuusen taimet olivat hallan sattuessa ennättäneet kasvaa lämpösoman perusteella laskien runsaat 20 % pituuskasvustaan. Vuonna 1976 vastaava luku oli 16



Kuva 12. Hallavauriot eri koaloilla v. 1975, 1976 ja 1978. A = aukea, MH = määrämintaan hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen. Vuoden 1978 pylväiden jako A = hakattu, B = hakkaamaton.

Fig. 12. Frost damage in the different sample plots in 1975, 1976 and 1978. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state. The sub-division of the pillars in the histogramme for 1978 A = cutting, B = no cutting.

Taulukko 10. Suonenjoen koaseman sääasemalla mitatut kylmien öiden minimilämpötilat (2 m:n korkeudessa) sekä vastaavien ajankohtien lämpösomma hallavaurioiden havaintovuosina.

Table 10. Minimum temperatures (at a height of 2 m) of cold nights measured at Suonenjoki Research Station and the temperature sum for corresponding periods during years when frost damage was observed.

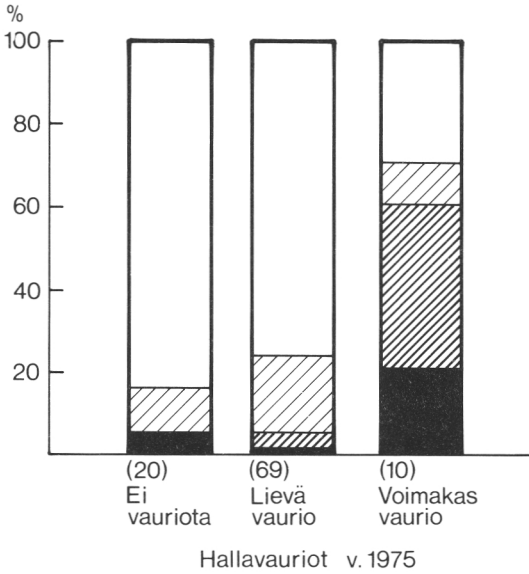
Vuosi Year	Pvm Date	Minimilämpötila Minimum temperature	Lämpösomma Temperature sum
1975	29.5	-0.2 °C	193 d.d.
	30.5	-1.0 "	193 "
1976	2.6	-0.3 "	167 "
1978	18.6	+1.8 "	316 "

% ja vuonna 1978 peräti 70 %. Vuonna 1975 halla oli koaseman säähavaintojen mukaan voimakkain, arviolta -3...-5°C, havaintovuosien halla-oloista. Vaikka taimien vaurioluokitusasteikko ei ollutkaan kaikkina vuosina aivan sama, näyttää siltä että myös vauriot olivat vuonna 1975 pahimmat (kuva 12). Taimet olivat tuolloin vielä pieniä ja näin ollen

myös latvakerkkä oli alttiimpi paleltumaan kuin myöhemminä vuosina.

Verhopuuston suojassa kasvaneissa taimissa oli kaikkina havaintovuosina huomattavasti vähemmän vaurioita kuin aukealla kasvaneissa taimissa. Mitä tiheämpi verhopuusto oli, sitä vähemmän vaurioita syntyi. Luonnontilaisella koalalla ei yksikään taimi vaurioitunut havaintovuosina. Kuvassa 12 vuotta 1978 osoittavat pylväät on jaettu kahteen osaan. Näistä ensimmäinen kuvaa keväällä 1978 aukeaksi hakattua osaa koalasta. Syy siihen miksi vaurioiden määrä ei ole koalojen hakatulla puoliskolla yhtä suuri kuin aukealla alalla johtunee siitä, että koalalle jäljelle jääneellä verhopuustolla on ollut jonkin verran suojaavaa reunavaikutusta. Luonnontilaisella koalalla tämä reunavaikutus oli huomattavin. Eri juuristikilpailukäsittelyjen välillä ei taimien hallavaurioiden esiintymisessä ollut eroja.

Kun eri vuosien aineistoja verrattiin keskenään, havaittiin että samat taimet kärsivät



Kuva 13. Vuoden 1975 hallavaurioluokituksen (kuva 12) luokkiin 1—3 luokiteltujen taimien jakautuminen vuoden 1976 hallavaurioluokkiin. Sulkeissa havaintojen lukumäärä.

Fig. 13. Distribution of seedlings, classified according to the 1975 frost damage classification into classes 1—3 (see Fig. 12) in the 1976 frost damage classes. Number of observation in brackets. Ei vaurioita = none, lievä vaurio = slight damage, voimakas vaurio = severe damage.

toistuvasti hallavaurioista (kuva 13). Tämä voi johtua taimien sijainnista koealalla, ilmastollisesta mikrovaihtelusta tai taimien geneettisistä ominaisuuksista (esim. Dietrichson 1961). Vuonna 1977 tehdyt pituuskasvumittaukset (luku 627.) antavat viitteitä siitä, että taimien pituuskasvurytmi on yhteydessä hallavaurioiden määrään. Hallavaurioiden aiheuttama taimikuolleisuus kuitenkin vaikeutti tämän ilmiön tarkastelua.

627. Taimien pituuskasvurytmi

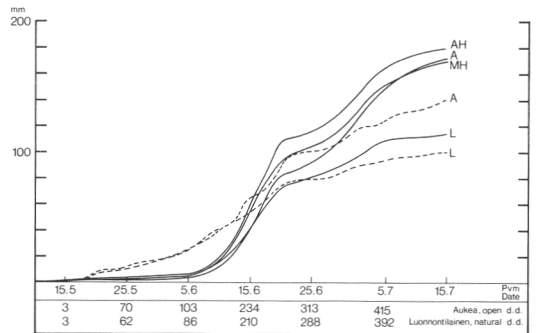
Verhopuuston hallavaurioita vähentävä vaikutus voi aiheutua kahdesta tekijästä: verhopuusto lieventää lämpötilan laskua hallanaroissa solukoissa tai se hidastaa kuusen taimien kasvuunlähtöä yli ”hallaherkän ajanjakson”. Tämän vuoksi verhopuuston vaikutusta kuusen latvakasvaimen päätesilmujen kasvuunlähtöön seurattiin keväällä 1977 (kuva 14).

Taimet aloittivat kasvunsa sekä verhopuuston alla että aukealla alalla likimain samanaikaisesti lämpösunnan ollessa 60—70 d.d. Pituuskasvu oli 20 mm:n luokkaa (15 % ke-sän pituuskasvusta), kun lämpösukka saavutti 150 d.d.:n rajan. Lämpötilamittauksen päätyttyä lämpösukka oli aukealla alalla 475 d.d. ja luonnontilaisella koealalla 451 d.d. Tuolloin 60 % taimista oli lopettanut pituuskasvunsa.

Kasvun alkamisajankohdan lämpösukka oli sama kuin Raulon ja Leikolan (1974) Punkaharjulla kuusen pituuskasvun alkamisajankohtana mittaama, mutta 50 % pituuskasvusta oli saavutettu 50—70 % d.d.:tä pienemmällä lämpösukalla kuin Raulon ja Leikolan tutkimuksessa. Ero johtunee pääasiassa tässä tutkimuksessa käytetystä epätarkemmasta mittaamenetelmästä.

Mittaustulosten mukaan verhopuusto ei viivästyttänyt taimien pituuskasvun alkamisajankohtaa. Sen sijaan verhopuuston alla kuusen taimien pituuskasvu näyttäisi päättyvän aikaisemmin kuin aukealla alalla. Kookkaiksi kasvaneiden taimien pituuskasvu jatkuu yleensäkin pitempään kuin pienten taimien (Kozłowski 1971).

Lepän pituuskasvu alkoi selvästi kuusta aikaisemmin, kun lämpösukka oli 20—30 d.d. Lepän pituuskasvu oli hitaampaa kuin



Kuva 14. Kuusen taimien (yhtenäinen viiva) ja lepän oksien (katkoviiva) pituuskasvun ajoittuminen keväällä 1977. X-akselilla päivämäärä sekä ilman lämpösunnat aukealla ja luonnontilaisella koealalla. Kuusen pituuskasvut: A = aukea, MH = määrämittaamattomasti, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen koeala.

Fig. 14. The course of height growth in the spruce seedlings (solid line) and alder branches (dotted line) in spring 1977. The dates and the air temperature sums in the open and natural sample plot are on the horizontal axis. Height growth of spruce: A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state.

kuusen ja se myös jatkui pitempään. Metsikön keskellä ja laidassa sijaitsevat lepät kasvoivat 10.6. saakka yhtä nopeasti, mutta tämän jälkeen lepän kasvu metsikön reunassa oli selvästi nopeampaa. Kasvunopeuden muuttuminen johtui kaikesta päättäen lämpöolojen muuttumisesta.

628. Taimien myöhempi kehitys

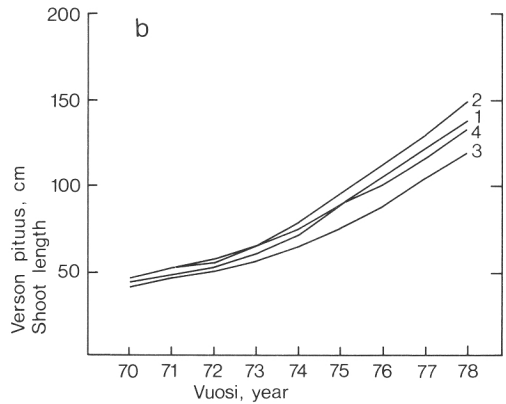
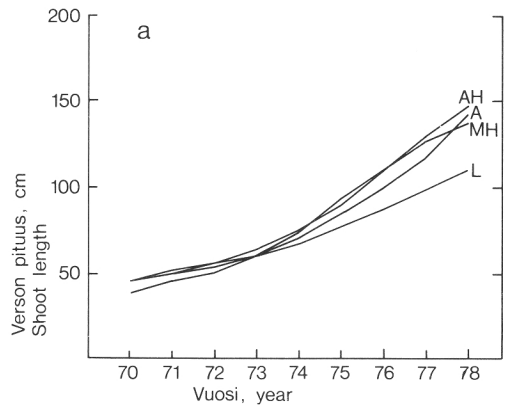
Vuoden 1974 mittauksen ja näytetaimien noston jälkeen aukealta alalta oli kuollut kaksi kuusen tainta ja määrämittaan hakattulta koealalta yksi taimi (taulukko 11). Kuolleet taimet olivat erittäin pahasti halla-vaurioiden vikuuttamia. Taimen pituuskehitys jatkui samanlaisena kuin jo v. 1974 mitaukset osoittivat (kuva 15).

Eri koealoilla kasvaneiden taimien tyviläpimitat erosivat huomattavasti jo v. 1974 mitaustuloksissa. Taimien myöhemmässä kehityksessä ero korostuu vieläkin enemmän, kun taimen pituus jaetaan tyviläpimitalla. Myös juuristokilpailu vaikutti taimien solakkuuteen. Ruuduissa, joissa kaikki juuristokilpailu oli alkuvuosina pyritty estämään, taimet olivat tanakampia kuin muissa käsittelyissä. Eri koealoilla kasvaneiden taimien välinen ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ja myös eri juuristokilpailun voimakkuuskäsittelyjen välinen ero oli merkittävä (taulukko 12).

Taulukko 11. Näytetaimien noston jälkeen koealoille jääneiden taimien lukumäärä juuristokilpailukäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5).

Table 11. Number of seedlings remaining on the sample plots after removal of the sample seedlings. By root competition treatment (numbered as in Fig. 5).

Verhoppausto- koealat Nurse crop sample plots	Juuristokilpailukäsittelyt Root competition treatments				Yht. Total
	1	2	3	4	
Aukea	8	8	8	9	33
Opening					
Määrämittaan hakattu	7	7	8	9	31
Selection cutting					
Alaharvennettu	10	9	9	6	34
Thinning					
Luonnontilainen	9	9	9	9	36
Natural state					
Yhteensä Total	34	33	34	33	134



Kuva 15. Kuusen taimien pituuskehitys vuosina 1970—78. Koealat: A = aukea, MH = määrämittaan hakattu, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen. Juuristokilpailut: 1 = vapaa juuristokilpailu, 2 = puiden juuristokilpailu estetty, 3 = kaikki juuristokilpailu estetty, 4 = muovilaatikko.

Fig. 15. Height development of the spruce seedlings during 1970—78. Sample plots: A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state. Root competition treatments: 1 = Free root competition, 2 = Competition by tree roots eliminated, 3 = All forms of root competition eliminated, 4 = Box filled with nursery soil.

Vuonna 1976 kartoitettiin taimien lähiympäristön pintakasvillisuus ja puusto. Kunkin taimen ympäriltä mitattiin kolmen taimelle haitallisimmaksi arvioitun kasvilajin valtapituus ja peittävyys. Laskennassa pintakasvillisuuden runsautta kuvattiin kertomalla sen valtapituus peittävyysarvolla. Eri juuristokilpailun voimakkuuskäsittelyjen välillä ei enää kuuden vuoden jälkeen kokeen perustamisesta ollut havaittavissa eroja. Sen sijaan eri verhoppaustokoealojen väliset erot varianssianalyysi osoitti merkitseviksi. Alaharvennetulla alalla kasvillisuus oli runsainta.

Taulukko 12. Taimien solakkuus (10 × pituus/läpimitta) koaloittain ja juuristokilpailukäsittelyittäin (numerointi kuten kuvassa 5) 6 kasvukautta istutuksen jälkeen.

Table 12. Slenderness (10 × height/diameter) of seedlings after six growing seasons after planting out. By sample plot and by root competition treatment (numbered as in Fig. 5).

Koeala Sample plot	Juuristokilpailukäsittelyt Root competition treatment				Keski- määrin Mean
	1	2	3	4	
Aukea Opening	41	45	35	52	44
Määrämittaan hakattu Selection cutting	59	56	47	55	54
Alaharvennettu Thinning	63	56	46	55	56
Luonnontilainen Natural state	54	61	52	54	56
Keskimäärin Mean	54	55	45	54	52

Koalojen välinen F-arvo (3;9) 9.81

F-value between sample plots (3;9) =

Juuristokilpailukäsittelyjen välinen F-arvo (3;9) 5.94

F-value between root competition treatments (3;9) =

Vadelma (*Rubus idaeus*) oli selvästi runsaimmaksi luokiteltu kasvilaji. Se oli 66 %:lla ruuduista haitallisin laji. Eniten sitä esiintyi luonnontilaisella ruudulla. Muita haitallisiksi luokiteltuja olivat lauhat (*Deschampsia spp.*) ja röllit (*Agrostis spp.*) sekä aukealla alalla kastikat (*Calamagrostis spp.*) ja luonnontilaisella alalla runsaana esiintyneet saniaiset (*Polyodiaceae*). Aalaharvennetulla alalla oli haitallisimmiksi luokiteltujen kasvilajien valtapituus suurin (79 cm) ja aukealla pienin (49 cm). Myös haitallisimman kasvilajin peittävyys oli suurin (58 %) aalaharvennetulla alalla ja pienin (33 %) luonnontilaisella alalla.

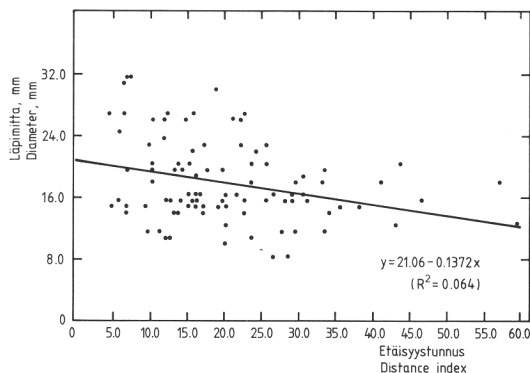
Mittausten perusteella laskettiin kolmen kutakin tainta lähinnä olevan puun keskimääräinen etäisyys taimesta sekä näiden puiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta (taulukko 13).

Kolmen tainta lähinnä olevan puun etäisyydellä ja niiden läpimitoilla ei erillisinä selittäjinä ollut selvää vaikutusta kuusen taimien menestymiseen. Tämän vuoksi puiden etäisyys- ja läpimitta-arvot yhdistettiin laskennallisesti eräänlaiseksi indeksiksi jakamalla kunkin puun rinnankorkeusläpimitta puun ja taimen välisellä etäisyydellä ja laskeamalla yhteen nämä arvot kolmen tainta lähinnä olevan puun osalta. Näin muodostetulla tunnuksella pyrittiin selittämään taimi-

Taulukko 13. Kuusen taimien keskietäisyydet lähimmistä verhopuista sekä näiden verhopuiden keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat koaloittain.

Table 13. Mean distance of the spruce seedlings from the nearest nurse trees and the mean diameter at breast height of the same trees by sample plots.

Tunnus Parameter	Määrämittaan hakattu Selection cutting	Harvennettu Thinning	Luonnontilainen Natural state
Etäisyys I	2.0 m	2.1 m	1.0 m
Etäisyys II	2.5 "	2.5 "	1.3 "
Etäisyys III	2.6 "	3.3 "	1.6 "
Puu I, D1.3	9 cm	17 cm	10 cm
Puu II, D1.3	8 "	15 "	11 "
Puu III, D1.3	6 "	15 "	9 "

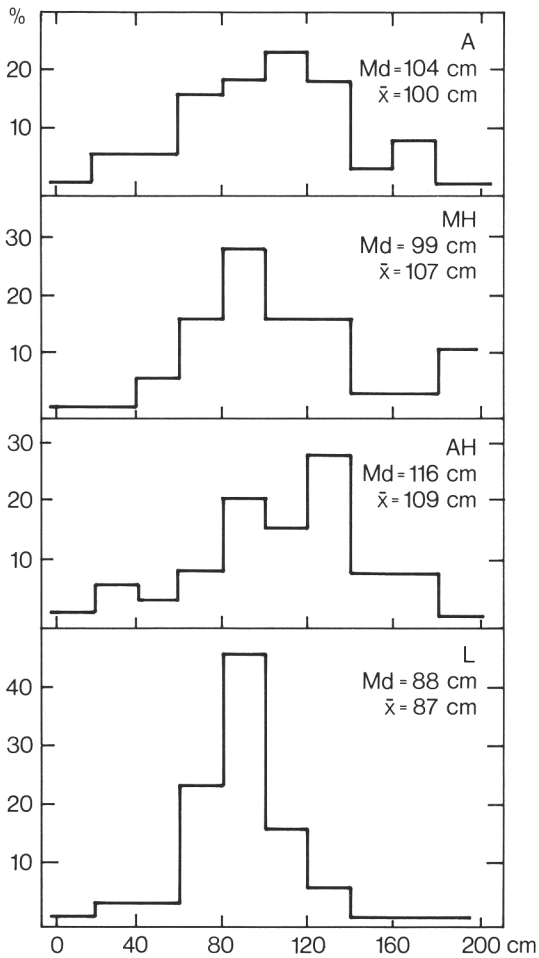


Kuva 16. Kolmen kutakin kuusen tainta lähimmän puun läpimitasta ja etäisyydestä muodostetun tunnuksen ja taimen läpimitan välinen riippuvuus.

Fig. 16. The dependence between seedling diameter and the parameter formed from the diameter and distance of the three nearest nurse trees to each spruce seedling.

en pituuskasvua ja läpimittaa. Taimien kasvuun ei em. tunnuksella näyttänyt olevan selvää vaikutusta. Sen sijaan taimien läpimitta pieneni em. tunnuksen arvon kasvaessa. Mitä suurempia verhopuut olivat ja mitä lähempänä ne kasvoivat, sitä pienempi oli taimen läpimitta (kuva 16).

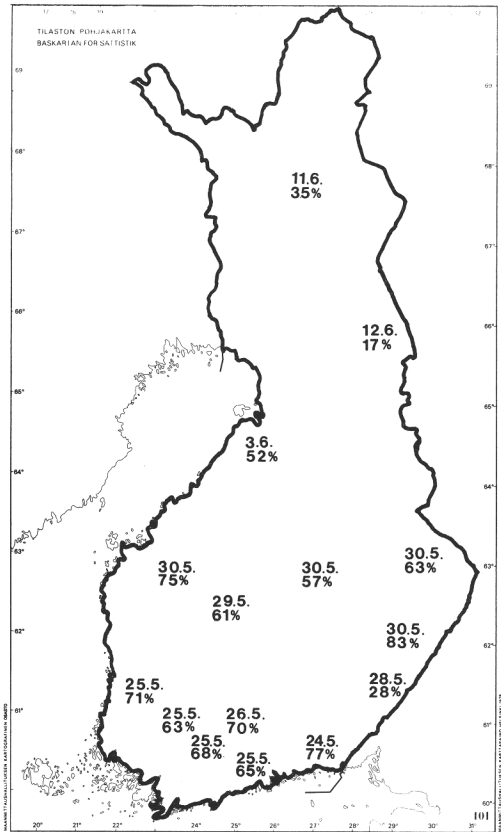
Vuonna 1978 tehdyn viimeisen taimimitauksen perusteella arvioiden taimien kasvu noudatti pääpiirteissään alkuvuosien kehitystä. Keskimäärin pienimpiä taimet olivat



Kuva 17. Kuusen taimien pituusjakautumat, keskimääräiset pituudet (\bar{X}) ja mediaanipituudet Md eri koaloilla syksyllä 1978 kuuden kasvukauden kuluttua istutuksesta. A = aukea, MH = määrämittaam hakatun, AH = alaharvennettu, L = luonnontilainen.

Fig. 17. Height distribution, mean height (\bar{X}) and median height (Md) of the spruce seedlings on the different sample plots in autumn 1978, six growing seasons after planting out. A = opening, MH = selection cutting, AH = thinning, L = natural state.

määrämittaam hakatulla koalalla. Erot alaharvennetulla ja aukealla koalalla kasvaviin taimiin olivat kuitenkin pienet. Sen sijaan luonnontilaisella koalalla kasvavien taimien pituuskehitys oli selvästi jäänyt muista jäl-



Kuva 18. Päivämäärä, jolloin keskimäärin saavutetaan 100 d.d.:n lämpösusma (ylempänä) ja hallan esiintymistodennäköisyys (alempänä) Suomen eri puolilla (Rikalan ja Tervon (1979) mukaan).

Fig. 18. Date when the cumulative heat sum of 100 d.d. is attained (above) and the probability of late frosts (below) in Finland (according to Rikala and Tervo (1979)).

keen. Alaharvennetun koalan taimet olivat kasvaneet parhaiten ja aukean alan taimetkin olivat pitempiä kuin määrämittaam hakatun koalan taimet (kuva 17). Huomiota kiinnittää erityisesti luonnontilaisen koalan kuusen taimien pituusjakautuman huipukkuus muihin koaloihin verrattuna.

Pituuskasvumittaukset osoittivat, että alunperin harvakin verhopuusto alkoi tässä vaiheessa haitata sen alle istutettujen taimien pituuskehitystä.

7. TULOSTEN TARKASTELU

71. Verhopuusto hallantorjuna

Laboratoriomittausten mukaan kuusen silmuja ja nuorten kasvainten hallankestävyysraja on herkimmissä vaiheissa $-3...-4^{\circ}\text{C}$ (Vaartaja 1954, Schnelle 1963). Luonnonoloissa paleltumislämpötilaksi on mitattu $-2,8...-3,5^{\circ}\text{C}$ (Multamäki 1942). Leikola ja Pylkkö (1969) olettavat, että koska kuusen kasvaimet ovat hallaöinä $1...2^{\circ}\text{C}$ kylmemmät kuin ympäröivä ilma, on syytä katsoa kaikki sellaiset maat, joilla esiintyy pakkasasteita kasvukauden aikana, kuusen viljelyä ajatellen hallanvaarallisiksi.

Kuusen kasvuunlähtö- ja paleltumistietojen perusteella on Ilmatieteen laitoksella laskettu todennäköisyydet kuusen paleltumiselle eri säähavaintoasemilla (Rikala ja Tervo 1979). Paleltumisen lämpösummakynnyksenä pidettiin laskelmassa 100 d.d. Laskelman perusteella laaditusta kartasta (kuva 18) havaitaan, että hallariski on Pohjois-Suomessa vähäisempi kuin Etelä-Suomessa. Hallaa sattuisi tämän mukaan keskimäärin vähintään joka toinen vuosi kuusen kasvuunlähdön jälkeen. On kuitenkin ilmeistä, että keväthalla ei joka kerta sattuessaan ole riittävän voimakas voittamaan kuusen silmuja ja kasvaimia.

Kattavia tutkimuksia hallan kuusen taimikoille aiheuttamien vaurioiden yleisyydestä ei Suomessa ole tehty. Cajander (Kalela) (1933) katsoo, että hallan aiheuttamat vauriot ovat kuusissa erittäin yleisiä ja että paikat, missä on hiukankaan hallan edellytyksiä, on ilman suojustametsää mahdotonta metsittää kuuselle. Samantapaiseen johtopäätökseen päätyy Multamäki (1942) suomensien osalta. Juutisen (1962) selvityksen mukaan kuusen taimikoissa oli hallan voittamia puita keskimäärin 4,5 %. Aineistoa ei kuitenkaan oltu mitenkään luokiteltu taimikoiden sijainnin halla-alttiuden mukaan.

Tämän tutkimuksen koalueella verhopuusto harvennettunakin (latvuspeittävyys 55 %) suoja si kuusen taimia vakavilla hallavaurioilta. Lievätkin vauriot vähenivät latvuspeittävyuden kasvaessa. Luonnontilainen

lepikko, missä latvuspeittävyys oli lähes 100 %, antoi täydellisen suojan hallatuhoja vastaan. Vaikka verhopuusto ja aukean alan väliset minimilämpötilan erot olivat varsin pieniä, verhopuustolla oli silti merkitystä suojana hallaa vastaan. Saatu tulos johtunee ainakin osaksi ilman lämpötilan mittaustavasta. Jos lämpötila mitataan säteilysuojan sisältä sekä aukealla että metsässä erot väistämättä jäivät hyvin pieniksi (Leikola 1975).

Leikolan ja Pylkön (1969) mukaan verhopuuston tulisi olla latvuspeittävyydeltään vähintään 60—70 % voidakseen suojella taimikkoa riittävän tehokkaasti hallaa vastaan. Sirén ym. (1974b) ovat mitanneet kuusen taimien etäisyydet lähimmästä verhopuukovusta ja luokitelleet vauriot eri etäisyyksillä. Vakavasti vaurioituneita, pensottuneita taimia oli vain 4 %, jos em. etäisyys oli alle 125 cm ja yli 59 %, jos etäisyys ylitti 375 cm. Karlsson (1978) puolestaan on luokitellut aineistonsa kuusen taimien ja etukasvuisen lehtipuuston oksakontaktien perusteella ja todennut, että hallavauriot vähenivät oksakontaktien lisääntyessä. Oksakontaktiluokkia hän ei kuitenkaan määritellyt tarkemmin.

Koska ilman minimilämpötilan erot aukean ja verhopuuston välillä ovat yleensä pienet, on oletettu, että mahdollinen kuusen taimien myöhäisempi kasvuunlähtö verhopuuston alla vähentäisi hallavaurioita. Tämän tutkimuksen pituuskasvurytmin mittaukset kuitenkin osoittivat, ettei kuusen taimien kasvuunlähdössä aukealla ja verhopuuston alla ollut niin suurta eroa, että se voisi merkittävästi vähentää hallavaurioita.

72. Verhopuuston vaikutus sen alle istutettujen taimien kasvuun

Verhopuustolla on sen antaman hallasuojan lisäksi useita sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia sen alle istutettuihin kuusen taimiin. Haudanlahden koalueella lumi suli puustoisilta aloilta hieman hitaammin kuin

aukealta. Lehtipuustolla on tässä suhteessa huomattavasti heikompi vaikutus kuin havupuilla (Yli-Vakkuri 1960). Koska lumivaipan syntymisessä ei havaittu eri käsittelyjen välillä suurta eroa, eivät verhopuuston ja aukean alan routasuhteetkaan suuresti poikenne toisistaan.

Selvimmät verhopuuston aiheuttamat meteorologiset erot ovat säteily- ja lämpöoloissa. Leikola (1976) arvioi Haudanlahden luonnontilaisen koealan saaneen vain n. 25 % aukean alan saamasta, yhteyttämiseen käytävissä olevasta säteilyenergiasta. Alaharvennetulla ja määrämittaan hakatulla koealalla vastaavat osuudet olivat noin 75 % ja 50 %. Eri koealojen säteilyolot näkyivät myös taimien neulasten värieroina. Huolimatta siitä, että varjoneulaset yhteyttävät vähäisessä valossa suhteellisesti enemmän kuin valoneulaset (mm. Stålfelt 1924), verhopuusto haittasi selvästi taimien kasvua jo ensimmäisinä istutuksen jälkeisinä vuosina ennen kaikkea tiheimmällä, luonnontilaisella koealalla. Viiden vuoden kuluttua istutuksesta haitta oli selvästi näkyvissä alaharvennetulla ja määrämittaan hakatullakin koealalla.

Taimien kasvun kannalta eri verhopuustokäsittelyjen väliset erot olivat silti suhteellisen pieniä. Parhaiten taimet kasvoivat alaharvennetulla ja määrämittaan hakatulla koealalla. Merkittävin syy taimien heikompaan kasvuun luonnontilaisella koealalla lieinee ollut valon puute. Harvennetuille koealoille ja aukealle istutettujen taimien kasvueroihin vaikuttivat hallan aiheuttamat vioitukset. Tätä käsitystä tukevat myös aukean alan taimien tanakkuus ja suuri kuivapaino. Taimet ovat saattaneet menettää useamman vuoden pituuskasvun, mutta neulasto ja taimien läpimitta ovat kasvaneet voimakkaasti.

Puiden juuristokilpailun estämisellä on lievästi taimien kasvua lisäävä, mutta toisaalta sekä puiden että pintakasvillisuuden juuristokilpailun eliminoimisella tätä vähentävä vaikutus. Juuristokilpailu vähensi taimien kuivapainoa, mutta lisäsi juuri/ranka-suhdetta.

Verhopuuston juuristokilpailun vaikutus ja mahdollinen juuristo/valokilpailun yhdysvaikutus jäivät taimien vähyyden ja tulosten suuren hajonnan vuoksi tarkemmin selvittämättä. Vaikuttaa kuitenkin ilmeiseltä, että verhopuiden aiheuttama juuristokilpailu on voimakkaampaa kuin verhopuustossa olevan pintakasvillisuuden aiheuttama juuristokil-

pailu. Hertz (1933) toteaaakin, että kasvillisuuden vaikutus taimien ensi vuosien pituuskasvuun vaihtelee suhteellisen vähän eri metsätyypeillä ja erilaisissa metsissä, aukealla ja hakkuualoilla. Myös Laitakari (1927) mainitsee, että kuta tiheämmässä on harmaalepän juuria kuusen juurien ympärillä, sitä huonompi on kuusen kehitys. Kalelan (1936) mukaan leppä ei karta kuusen juuria, vaan näyttää siltä kuin lepän juuret suorastaan pyrkisivät vaikeuttamaan kuusten kehitystä suuntautumalla kohti kuusten tyviä ja haittaamalla niiden kasvua. Kuusen ja lepän juuristot ottavat ravinteita ja vettä jokseenkin samoista maakerroksista. Vaikka leppä alkuvaiheessa haittaakin kuusen kasvua, niin ilmeisesti myöhemmin kuusella vuorostaan on lepän juuriston kehitystä heikentävä vaikutus. Koivikkoja käytetään lepikkojen ohella varsin paljon verhopuustoina. Huolimatta heikommasta pintakasvillisuudesta, on koivikko sekä taimien säilymisen että kasvun kannalta kuitenkin todettu lepikkoa epäedullisemmäksi (Heikinheimo 1941).

73. Verhopuuston käyttö kuusen viljelyssä

Verhopuuston kuusen taimille hallantorjuna tuottaman hyödyn ja toisaalta taimien kasvun vähenemisenä aiheuttaman haitan vertailu muodostaa monitahoisen ongelman.

Tämän tutkimuksen perusteella harvahkon verhopuusto lieventää pahoja hallatuhoja. Toisaalta verhopuuston alla kasvaneet kuusen taimet eivät niille hallanaran jakson aikana saaneet merkittävää etumatkaa aukean alan taimiin nähden. Kahdeksan kasvukautta istutuksen jälkeen aukean alan taimet saavuttivat määrämittaan hakatulle ja alaharvennetulle koealalle istutettujen taimien pituuden. Tässä vaiheessa taimet olivat keskimäärin vajaan puolentoista metrin mittaisia. Toisaalta tähän mennessä myös verhopuuston, jota ei kokoen aikana käsitelty, peittävyys ja koko olivat lisääntyneet huomattavasti kaikissa käsittelyissä. Tällä alueella olisikin edullisin vaihtoehto ollut harventaa verhopuustoa vähitellen tai poistaa se kokonaan 5—7 vuoden kuluttua istutuksesta.

Verhopuuston poiston ajoittaminen muodostuu erääksi keskeisimmistä kysymyksistä verhopuuston käyttöä ja sen kannattavuutta

ajateltaessa. Mikäli asiaa tarkastellaan vain kuusen taimien menestymisen kannalta, olisi lepikon vähittäinen poistaminen biologisesti edullisin ratkaisu (esim. Kalela 1936). Oikea hakkuuajankohta poistettaessa verhopuusto yhdellä kertaa lienee 5—10 vuotta istutuksesta, kasvupaikasta ja verhopuuston koosta riippuen (esim. Kalela 1936, Heikinheimo 1941). Käytännön metsänviljelyn inventoinneissa on usein havaittu, että verhopuuston poiston myöhästymisestä koituva vahinko on ollut suurempi kuin verhopuustolla saavutettu hyöty (esim. Kinnunen ja Linnimäki 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980).

Verhopuuston käytön kannattavuuteen vaikuttavat paitsi biologiset tekijät myös verhopuuston poiston teknologia ja ekonomia. Verhopuuston korjuuseen on kehitetty useita edullisuudeltaan tasavertaisia menetelmiä. Verhopuuston korjuussa on arvioitu 10 %

kuusen taimista vaurioituvan (Rikala ja Tervo 1979). Tervon (1979) mukaan tämän tutkimuksen koalojen verhopuuston korjuussa parhailla menetelmillä vaurioitui vain 2—3 % taimista. Vaurioiden määrä luonnollisesti riippuu verhopuuston ja kuusen taimien koosta sekä tiheydestä, korjuuolosuhteista ja -ajankohdasta. Esim. Raulon (1977) mukaan järeän koivikon korjuussa alle istutetuista kuusen taimista vaurioitui peräti 30...35 %.

Jos verhopuuston polttoarvo otetaan huomioon ja jos korjuukustannukset pysyvät kohtuullisina, verhopuustomenetelmän käyttö kuusenviljelyssä viljavilla, mutta hallanaroilla alueilla on järkevä toimenpide. On kuitenkin muistettava käyttää riittävän tiheää päällyspuustoa ja poistaa se riittävän ajoissa, kun taimet ovat noin 1,5 m mittaisia. Toimenpiteen laiminlyöminen saattaa vaarantaa koko viljelyn onnitumisen.

8. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa seurattiin kolmena vuonna neljän erilaisen (—aukea, —määrämitta hakatulla, —alaharvennettu ja —luonnontilainen) leppäverhopuuston lämpö- ja lumiolosuhteita. Kokeen perustamisen yhteydessä koaloille istutettiin kuusen taimia siten, että verhopuustokäsittelyt olivat pääkäsittelyinä ja juuristokilpailukäsittelyt (—vapaa juuristokilpailu, —puiden juuristokilpailu estetty, —sekä puiden että pintakasvillisuuden juuristokilpailu estetty ja —istutus taimitarhamullalla täytettyihin, maahan upotettuihin muovilaatikoihin) alakäsittelyinä. Puolet taimista nostettiin ja mitattiin (morfologiset tunnukset, kuivapainot, neulasten väri- ja ravinnepitoisuus) neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta. Koaloille jääneiden taimien pituuskehitystä ja hallavaurioita seurattiin kaikkiaan kahdeksan vuoden ajan.

Aukean alan lämpöolot olivat äärevämmät kuin puustoitsten koalojen. Erot olivat alkukesällä pienet ja ne kasvoivat loppukesää kohti. Ilman maksimilämpötilat olivat aukealla alalla korkeampia kuin puustoisilla aloilla. Minimilämpötilojen erot aukean ja puustoitsten alojen välillä olivat pienet. Lämpötilan laskiessa alla 0°C puustoiset alat oli-

vat kuitenkin yleensä muutaman asteen lämpimämpiä kuin aukea. Aukealla alalla ilman lämpösumma oli keskimäärin vain 40 d.d. (3 %) korkeampi kuin puustoisilla aloilla. Myös maan lämpöolot olivat aukealla alalla äärevämmät kuin puustoisilla koaloilla. Lumipeite muodostui nopeimmin määrämitta hakatulle ja hitaimmin luonnontilaiselle koéalalle. Lumi sulii eri koaloilla jokseenkin yhtäaikaan, joskin lumipeite oheni nopeimmin aukealla alalla.

Taimien elossaolo oli luonnontilaisella koéalalla paras, joskaan eri verhopuustokäsittelyillä ei ollut selvää ja johdonmukaista vaikutusta taimien eloonjäämiseen. Taimet kasvoivat parhaiten alaharvennetulla ja määrämitta hakatulla ja heikoiten luonnontilaisella täystiheällä koéalalla. Kahdeksan kasvukauden kuluttua istutuksesta määrämitta hakatun ja alaharvennetun koéalan verhopuusto haittasi taimien kasvua niin että aukealla kasvavat taimet saavuttivat näiden pituuden. Puiden juuristokilpailun eliminointi paransi yleensä taimien pituuskasvua. Taimien tanakkuus lisääntyi verhopuuston runkoluvun vähetessä.

Kuusen taimien neulaset olivat sitä tum-

mempia, mitä tiheämpi verhopuusto oli. Luonnontilaisella koealalla, missä neulaset olivat tummimmat, niiden tyyppipitoisuus oli alhaisin. Korkein neulasten tyyppipitoisuus oli alaharvennetulla koealalla.

Verhopuuston hallavaurioita torjuva vaikutus tehostui latvuspeittävyuden lisääntymisessä. Luonnontilaisella koealalla kuusen taimet eivät vaurioituneet lainkaan ja alaharvennetulla ja määrämittaan hakatulla koe-

alalla vauriot olivat yleensä lieviä. Kuusen taimien pituuskasvu alkoi luonnontilaisella verhopuustokoealalla ja aukealla samaan aikaan.

Tulosten perusteella verhopuustoa tulee käyttää kuusen viljelyssä viljavilla, mutta hallanaroilla kasvupaikoilla. Erittäin tärkeätä on kuitenkin taimikoiden oikea-aikainen vapauttaminen 5—10 vuoden kuluttua istutuksesta.

KIRJALLISUUS

- AMANN, H. 1930. Birkenwald als Schutz gegen Spätfröste. Forstw. Cbl. 52:493—502, 581—592.
- ANTIKAINEN, M. & HÄMÄLÄINEN, J. 1952. Lepikon alle istutettujen kuusen taimien viihtymisestä. Laudaturtyö. Hgin yliop. metsänhoitot. lait.
- ANTIKAINEN, U. & LINKOSALO, P. 1959. Verhopuuston vaikutus istutettujen kuusentaimiston pituuskasvuun. Laudaturtyö. Hgin yliop. metsänhoitot. lait.
- BAUMGARTNER, A. 1956. Über die Unterschiede in den klimatischen Wuchsbedingungen einer freier und einer birkenüberstellten Wiedesaufforstungsfläche. Forstw. Cbl. 75:223—242.
- BERNER, E. Jr. 1949. Chlorophyll production by young coniferous plants at different light intensities. Univ. Bergen, Årsbok 1949, Naturv. rekke 6:1—32.
- CAJANDER, E.K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 19(3):1—101.
- DIETRICHSON, J. 1961. Breeding for frost resistance. Silvae Genet. 10: 172—179.
- FIEDLER, F. 1962. Die Entwicklung des Vorwaldgedankens unter besonderer Berücksichtigung der Birke. Archiv für Forstwesen, 11(2):174—190.
- FOLKESSON, B. & BÄRRING, U. 1982. Exempel på en riklig björkförekomst inverkan på utvecklingen av unga tall- och granbestånd i norra Sverige. Summary: Some examples of the influence of an abundant occurrence of birch on the development of young Norway spruce and Scots pine stands in North Sweden. Sver. Lantbruksuniv. Avd. f. Skogl. herbologi. Rapp. 1:1—64.
- FRANSSILA, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava, Helsinki. 275 s.
- 1961. Radiation shield for micrometeorological measuring of temperature. Geophysica 8:85—88.
- GEIGER, R. 1941. Das Standortsklima in Altholznahe. Mitt. H. Göring-Akad. d. Deutschen Forstwiss. 1:148—172.
- 1965. The climate near the ground. 4. laitos. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. 611 s.
- GEROLD, H.D. 1959. Seasonal discoloration of Scotch pine in relation to microclimatic factors. Forest Sci. 5:333—343.
- HALONEN, O. & TULKKI, H. 1981. Ravinneanalyysien työöhjeet. Metsäntutkimusl. tiedonant. 36: 1—23.
- HEGER, A. 1953. Die Begründung von Mischwäldern auf Grosskahlfächen unter besonderer Berücksichtigung des Vorwaldgedankens. Radelbeul u. Neumann-Verlag, Berlin 645.
- HEIKINHEIMO, O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzmethoden. Commun. Inst. For. Fenn. 29(4):1—63.
- HERTZ, M. 1933. Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Referat: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf Südfinnischen Weideböden. Commun. Inst. For. Fenn. 17(4):1—206.
- HORNTVEDT, R. 1983. Seasonal variations in dry weight, chlorophyll and soluble carbohydrate content of Norway spruce needles (*Picea abies* (L.) Karst.). Medd. Nor. inst. skogforsk. 38(2):1—14.
- JUUTINEN, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern und Fichtenkulturen Südfinnlands. Commun. Inst. For. Fenn. 54(5):1—80.
- JÄRVELÄINEN, V-P. & LILJA, S. 1961. Havaintoja istutuskuusikoiden kehittymisestä erilaisten verhopuustojen suojassa. Laudaturtyö. Hgin yliop. metsänhoitot. lait.
- KALELA, E.K. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusiharmaaleppä-sekametsikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Fichten-Weisserlen-Mischbestände in Ostfinnland. Acta For. Fenn. 44(2):1—198.
- KARLSSON, L. 1978. Studie över lövvegetationens inverkan på granplanteringar i södra Sverige. Summary: A study of the influence of broad-leaved thicket on plantations of spruce in southern Sweden. Skoghögsk. Inst. f skogsförnygr. Rapp. o upps. nr. 102:1—54.
- KINNUNEN, K. & LINNIMÄKI, J. 1977. Metsänuodistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in Northern Karelia. Folia For. 329:1—32.
- KOZŁOWSKI, T.T. 1971. Growth and development of trees I. Seed germination, ontogeny, and shoot growth. Acad. Press. New York & London, 443 s.
- LAITAKARI, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine (*Pinus silvestris*). A morphological investigation. Acta For.

- Fenn. 33:1—306.
- LAPPI, J. & SMOLANDER, H. 1981. AKTA. Aineistojen kuvallisen ja tilastollisen analyysin ohjelma. Käsikirj. Metsäntutkimusl. Suomenjoen tutkimusas. 40 s.
- LEIBUNDGUT, H. & KREUTZER. 1958. Untersuchungen über die Wurzelkonkurrenz. Mitteilungen über den Vorwald. Mitt. d. Schweiz. Anst.f.d. Forstl. Versuchsw. 34(5):361—398.
- LEIKOLA, M. 1975. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 85(7):1—33.
- 1976. Verhoppuuston tiheyden vaikutus metsikön säteilyoloihin. Summary: Effect of the density of the nurse crop on solar radiation inside the stand. Commun. Inst. For. Fenn. 90(1):1—33.
- & PYLKKÖ, P. 1969. Verhoppuuston tiheyden vaikutus metsikön minimilämpötiloihin hallaöinä. Summary: On the influence of stand density on the minimum temperatures during frost nights. Silva Fenn. 3(1):20—32.
- LIIKANEN, E. 1975. Varjostuksen vaikutus männyn ja kuusen kokonaisnettofotosynteesiin kasvukauden aikana. Pro gradu-työ. Hgin yliop. metsänhoitot. lait.
- LINDER, S. 1972. Seasonal variations of pigments in needles. A study Scots pine and Norway spruce seedlings grown under different nursery conditions. Studia For. Suec. 100:1—37.
- LINDNER, A. 1956. Günstige Auswirkung des Birkenschirmes auf das Wachstum gleichzeitig eingebrachtes Kulturen. Forstw. Centralbl vol. 75(7/8): 239—242.
- LUKKALA, O.J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. Commun. Inst. For. Fenn. 34(8):1—150.
- LUUKKANEN, O., RÄSÄNEN, P.K. & YLI-VAKKURI, P. 1971. Neulasten väri myöhemmän kasvun ja lannoitusvaikutuksen ilmaisijana. Summary: The use of needle colour in predicting growth and response to fertilization. Silva Fenn. 5(4):297—313.
- LÜTZKE, R. 1961. Das Temperaturklima von Waldbeständen und -lichtung im Vergleich zur offenen Feldflur. Summary: The temperature climate within forest stands and clearings compared to that in the open field. Arch. f. Forstw. 10:17—83.
- MAGNUSSEN, S. & PESCHL, A. 1981. Einwirkung verschiedener Beschattungsgrade auf die Photosynthese und die Transpiration junger Weiss- und Kustentannen. Allg. Frost. -u. J. -Ztg. 152(5):82—93.
- MATTILA, S. 1973. Tilastotiede II. Helsinki. Gaudeamus. 174 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja. 1980. Suomen virallinen tilasto XVII A:12. Folia For. 460:1—205.
- MITSCHERLICH, G. 1971. Wald, Wachstum und Umwelt. II Waldklima und Wasserhaushalt. J.D. Sauerländer's Verl. Frankfurt a.M. 365 s.
- MULTAMÄKI, S.E. 1939. Kuusen kylvöstä ja istutuksesta metsitettävillä soilla. Referat: Über Fichtensaat und -pflanzung auf zu bewaldeten Moore. Acta For. Fenn. 47(3):1—106.
- 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittämiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. Acta For. Fenn. 51(1):1—352.
- Munsell Color Charts for Plant Tissues. 1968. Baltimore Maryland. Munsell Color Co., Unc.
- ODIN, H. 1964. Skogsmeteorologiska undersökningar i höjdlägen. Summary: Investigation of forest meteorology in upland terrains. Kungl. Skogs, o. Lantbruksakad. Tidskr. 103:198—226.
- 1974. Några meteorologiska förändringar vid hyggesupptagning. Summary: Some meteorological effects of clear felling. Sveriges Skogsvärdssförb. Tidskr. 72:60—65.
- POHTILA, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. Commun. Inst. For. Fenn. 91(4): 1—100.
- PÄIVÄNEN, J. 1966. Sateen jakautuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. Silva Fenn. 119(3):1—37.
- RASCHKE, K. 1960. Heat transfer between the plant and environment. Ann. Rev. Pl. Phys. 11:111—126.
- RAULO, J. 1973. Auringon säteilyn määrä eri tiheysastetta edustavissa rauduskoivikoissa Enossa. Käsikirj. Metsäntutkimusl.
- 1977. Ennakkotuloksia järeän koivuverhoppuuston käytöstä kuusen ja rauduskoivun viljelyssä. Moniste. Metsäntutkimusl. Metsänhoidon tutkimusos. 4 s.
- & LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. Comm. Inst. For. Fenn. 81(2)1—19.
- RAUTIAINEN, O. & RÄSÄNEN, P.K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—76. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—76. Folia For. 426:1—24.
- RIKALA, R. & TERVO, L. 1979. Verhoppuuston käyttö ja korjuu. Käytännön maamies 4:110—112.
- SARVAS, R. 1953. Measurement of the crown closure of a stand. Seloste: Puuston latvustiheyden mittaaminen. Commun. Inst. For. Fenn. 41(5):1—13.
- 1966. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomal. Tiedeakad., Esit. ja pöytäk. 1965:239—259.
- SCHEBAZ, K. 1977. Zur Mischkultur Fichte/Roterle. Allgem. Forstzeitschr. 32:239.
- SCHNELLE, F. 1963. Frostschutz in Pflanzenbau. I Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadensverhütung. BLV. Verl., München ym. 488 s.
- SILFVERBERG, K. 1982. Näringsanalys i två spårämnes gjödslade granplanteringar. Summary: Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients. Folia For. 526:1—12.
- SIRÉN, G., SINKO, M. & BERGGREN, C. 1974a. Resultat av orienterande trädslagsförsök under skärm i högläge. Skogshögsk., Inst. för Skogsförnygr. Rapp. Upps. 59:1—77.
- & SINKO, M. & NILSSON, J.-E. 1974b. Observationer angående lågskärmens skyddseffekt på granplanter i frostlänta lägen. Rapport från projektet "Björk och gran i svårt klimat". Intern. Rapport, Skogshögsk., Inst. f. Skogsförnygr., 12 s.
- STÄLFELT, M.G. 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. Zusammenf.: Untersuchungen zur Ökologie der Kohlen-saureassimilation der Nadelbäume. Medd. Statens

- Skogsförs.anst. 21:181—258.
- TERVO, L. 1979. Havaintoja verhopuuston kasauksesta. Metsäntutkimusl. Metsänvilj. koeas. tiedonant. 29:1—17.
- VAARTAJA, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Selostus: Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. Acta For. Fenn. 62(3):1—31.
- VASILJEFF, A. 1979. Verhopuuston vaikutus männyn ja kuusen taimien menestymiseen Lapissa. Lauda-turtyö. Hgin yliop. metsänhoitot. lait. 72 s.
- VIRO, P.J. 1959. Estimation of the effect of fertilization from needle colour. Oikos 10(2):183—189.
- 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Selostus: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Commun. Inst. For. Fenn. 59(3):1—42.
- WETTSTEIN-WESTERHEIM, W. & GRÜLL, H. 1954. Das photoperiodische Verhalten von Kiefernherkunften (*Pinus silvestris* L.). 8-eme. Congr. Intern. Bot., Sec. 13:17—19.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions on the forest. Acta For. Fenn. 71(5):1—48.
- RÄSÄNEN, P. & HILLI, A. 1968. Taimien talvivarastoinnista ja sen vaikutuksesta männyn taimien istutuskelppoisuuteen. Summary: Overwinter cold-storage and its effects on the field survival and growth on planted Scots pine. Acta For. Fenn. 88:1—40.
- ÅNGSTRÖM, A. 1936. Jordtemperatur i bestånd av olika täthet. Summary: Soil temperature in stands of different densities. Medd. Statens Skogsförs. anst. 29:187—218.

Total of 71 references

SUMMARY

The temperature and snow conditions in four different alder nurse crops (open, selectively cut according to a minimum diameter, thinned from below, and in a natural state) were followed in the study for a period of three years. Spruce seedlings were planted on the sample plots when the experiment was established. The main treatments were the nurse crop treatments, and the subtreatments the root competition treatments (free root competition, elimination of root competition by trees, elimination of root competition by trees and the ground vegetation, planting the seedlings in plastic boxes filled with nursery soil which were then embedded in the ground). Half of the seedlings were lifted and measured (morphological characteristics, dry-weight, nutrient contents of needles) after four growing seasons after planting out. The height development and possible frost damage to the seedlings remaining on the sample plots were followed during a period lasting for eight years.

The temperature conditions in the open sample plot were more extreme than those in the sample plots with a tree cover. The differences were small during early summer, but increased towards the end of summer. The maximum air temperatures in the open sample plot were 1...5°C higher than in the tree-covered plots. However, when the temperature fell below 0°C, the tree-covered plots were usually a few degrees warmer than the open one. The temperature sum of the air in the open plot was, on the average, only 40 d.d (3 %) higher than the values for the tree-covered plots. The soil temperature conditions were also more extreme in the open plot than in the tree-covered plots. The snow cover developed fastest on the selectively cut sample plot and slowest on the plot in a natural state. The snow cover started to thaw at approximately the same time on all the plots, although the thickness of the snow cover on the plot de-

creased at the fastest rate.

The survival rate was best on the sample plot in a natural state, although there was no clear difference between the nurse crop treatments and no consistent effect on the survival of the seedlings. The seedlings grew the best on the selectively cut and thinned sample plots, and worst on the fully-stocked plot in a natural state. The nurse crop on the selectively cut and thinned sample plots had started to affect the development of the seedlings by the time eight growing seasons had elapsed after planting out, and the seedlings growing on the open sample plot had caught up with them. Elimination of root competition by the trees in general improved the height growth of the seedlings. The sturdiness of the seedlings increased with a decrease in the stem number of the nurse crop.

The needles of the spruce seedlings were the darker, the denser was the nurse crop. The needles of the seedlings on the sample plot in a natural state, where they were the darkest colour, had the lowest nitrogen content. The highest nitrogen content was in the needles from the thinned sample plot.

The effect of the nurse crop in reducing frost damage became stronger with an increase in the crown coverage. The seedlings on the sample plot in a natural state did not suffer any frost damage at all, and the damage on the thinned and selectively cut sample plots was usually only slight. Height growth of the spruce seedlings started at the same time on the nurse crop sample plot in a natural state and on the open sample plot.

The results indicate that a nurse crop should be used when growing spruce on fertile, yet frost-prone sites. However, it is very important to free the young stand by removing the nurse crop within 5—10 years after planting out.

ODC 235.1 + 236.3 + 181.65 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0624-0
ISSN 0015-5543

LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1983. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpötiloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia For.* 559:1—33.

The temperature and snow conditions under four different alder nurse crops were followed during a period of three years in the study. The development of the seedlings remaining on the sample plots was followed for a total of eight years. The effect of the nurse crop in preventing frost damage improved with an increase in crown closure. The results indicate that a nurse crop is advisable on those fertile sites which are susceptible to frost damage when spruce is to be grown. The nurse crop should be removed within 5—10 years after planting out.

Authors' address: *Leikola*: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland. *Rikala*: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

ODC 235.1 + 236.3 + 181.65 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0624-0
ISSN 0015-5543

LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1983. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpötiloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia For.* 559:1—33.

The temperature and snow conditions under four different alder nurse crops were followed during a period of three years in the study. The development of the seedlings remaining on the sample plots was followed for a total of eight years. The effect of the nurse crop in preventing frost damage improved with an increase in crown closure. The results indicate that a nurse crop is advisable on those fertile sites which are susceptible to frost damage when spruce is to be grown. The nurse crop should be removed within 5—10 years after planting out.

Authors' address: *Leikola*: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland. *Rikala*: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



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:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

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

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

1982

- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa.
Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.
- No 535 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forest of western Finland.
- No 536 Raitio, Hannu: Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä.
Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field.
- No 537 Leikola, Matti, Raulo, Jyrki & Pukkala, Timo: Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen.
Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce.
- No 538 Takalo, Sauli & Väyrynen, Seppo: Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa.
Terri light crawler in timber transport.
- No 539 Appelroth, Sven-Eric: Rekommendationer för materialinsamling och resultatpresentation vid tidsstudier av skogsvårdsarbeten.
Recommendations for collecting data and presenting results of time studies on silvicultural operations.
- No 540 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1980—82.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1980—82.
- No 541 Saksa, Timo & Lähde, Erkki: Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä.
Number of seeds in shelter sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch.

1983

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia.
Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntyttukkien koesahaustuloksia.
On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Rajja-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla.
Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 546 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Istutustaimikoiden tila 11—12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of plantations 11—12 years after planting in some private forests in western Finland.
- No 547 Rousi, Matti: Pohjois-Suomen siemenviljelysjälkeläistöjen menestymisestä Kittilässä.
The thriving of the seed orchard progenies of northern Finland at Kittilä.
- No 548 Imponen, Vesa & Sirén, Matti: Kaatotavan vaikutus kuormainprossessorin tuottavuuteen.
The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor.
- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi.
A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätilastollinen vuosikirja 1982.
Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa.
Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.
- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka.
The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löyttyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsä-lautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit.
Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1982.
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit.
Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koelapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla.
The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla.
Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen.
The effect of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomisteita 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.