

## HAVAINTOJA ERÄÄN HOIDETUN MÄNNIKÖN TUULISUHTEISTA

MATTI LEIKOLA

### SUMMARY:

OBSERVATIONS ON WIND CONDITIONS IN A MANAGED SCOTS PINE STAND

Hyväksytty 24. 4. 1967

An explorative study on the wind conditions in a well-managed Scots pine stand was made in southern Finland. The wind velocity was recorded continually with two cup anemometers from April to August, 1964. The two levels used were 2 m and 9 m. The wind velocity was lower at 2 than at 9 meters. The dependence of the difference on the absolute wind velocity at 9 meters was logarithmic. The wind velocity did affect the difference between the daily minimum temperatures at the two levels; the difference in the maximum temperatures was affected only in May and August.

### 1. Johdanto

Ilman turbulenttinen virtaus, tuuli, on metsikköilmastoa muovaavista voimista tärkeimpiä. Paitsi suoraan säätelemällä yleisiä haihduntaedellytyksiä, se vaikuttaa epäsuorasti puiden menestymiseen mm. metsikön lämpö- ja kosteusolojen kautta. Tuulisuhteet viime kädessä ratkaisevat, säilyykö metsikön saama säteilyenergia vai siirtyykö se metsikön ulkopuolelle (GEIGER 1961 ym).

Metsiköiden tuuliolojen selvittelyssä on ensi sijassa keskitytty etsimään ratkaisua kahteen kysymykseen: puuston asemaan ja arvoon tuulensuojavyöhykkeenä, sekä myrskyn aiheuttamiin tuhoihin ja näiden torjumiseen (esim. DAUBENMIRE 1959). Varsinaisiin talousmetsiin kohdistuvia tuulitutkimuksia on julkaistu kohtalaisen niukasti.

Kuitenkin jo tämän vuosisadan ensimmäisistä vuosikymmenistä lähtien on Keski-Euroopassa suoritettu useita perusteellisia selvityksiä, joihin tuulisuhteiden valaisu on usein kuulunut olennaisena osana (esim. GEIGER 1925, 1926, BAUMGARTNER 1952, KERN 1966). Pohjoismaista sen sijaan vastaavia tutkimuk-

sia on tarjolla vain muutama: SIRÉN (1955) on vertaillut monipuolisesti vanhan kuusikon ja nuoren koivikon välisiä ekologisia eroja kosketellen muiden tekijäin ohella myös tuulisuhteita, ja TIREN (1924) on suorittanut tuulen nopeuden mitauksia eri ikäisissä ja eri sulkeutumisasteita edustavissa kuusikoissa.

Tämän tutkielman tarkoituksena on ensi sijassa ollut suomalaisen hoidetun männikön tuulisuhteiden kartoittaminen. Myös on haluttu etsiä vastausta kysymykseen, miten tuulisuhteet vaikuttavat männikön sisäisiin lämpöoloihin, ja millaisia näkökohtia joudutaan mahdollisesti ottamaan huomioon yritettäessä kuvata metsikön latvuserroksessa vallitsevia oloja kahden metrin korkeudella suoritettujen mittausten avulla.

## 2. Tutkimusaineisto

Aineisto kerättiin osana suurempaa tutkimusohjelmaa, jonka tarkoituksena oli selvittää kysymystä ympäristötekijäin vaikutuksesta puiden paksuuskasvuun. Tämän vuoksi ei tutkimusalue ollut sijainniltaan aivan niin edustava, kuin yksinomaan tuulitutkimuksia varten olisi voinut toivoa. Kaikki havainnot tehtiin noin 60 vuotta vanhassa, säännöllisin hakkuin käsitellyssä puolukkatyy-



Kuva 1. Yleiskuva koealalta ennen mittaustoiminnan alkua. Valok. M. Leikola 15. 3. 1964.  
Figure 1. General view of the study stand, taken before starting the measurements. Photo: M. Leikola, March 15, 1964.

pin männikössä, joka sijaitsi Oriveden pitäjässä, Metsähallinnon Korkeakosken hoitoalueen Metsä-Saramäen palstalla. Tutkimusalue oli valittu suoalueen halki kulkevan selänteen tasaisesta keskiosasta. Kahdella sivulla alue jatkui noin 600—800 metriä leveänä yhtenäisenä männikkönä; kahdella sivulla reunavyöhykkeen vahvuus oli vain noin 200 metriä.

Metsikön tärkeimmät taksatoriset tunnuksat ovat seuraavat:

Runkoluku 618 kpl/ha  
Keskilämpömitta 19.2 cm  
Pohjapinta-ala 18.5 m<sup>2</sup>/ha  
Valtapiisuus 13.6 m  
Keskikipuus 11.0 m  
Latvuksen alaraja, keskim. 6.5 m  
Latvuspeittävyys (Cajanuksen putkella) 43 %  
Keskikuutiomäärä 105 k-m<sup>3</sup>/ha, kuoretta

Metsikköön erotettu koeala (kuva 1) paalutettiin ja aidattiin syksyllä 1963, ja tuulen mittaus aloitettiin 25. 4. 1964. Mittaustoiminta lopetettiin tutkielman osalta 31. 8. 1964, joten tutkimusaineistoa oli tähän mennessä kertynyt yhteensä 129 vrk. ajalta.

## 3. Tuulen mittaus koealalla

Kuten metsäekologisessa tutkimustoiminnassa yleisesti on tapana (esim. GEIGER 1961), myös tässä tutkielmassa keskityttiin yksinomaan tuulen nopeuden mittaamiseen kiinnittämättä sen enempää huomiota tuulen suuntaan. Tarjolla olevista erilaisista mittareista valittiin tarkoitukseen sopivimpana kuppianemometri m/Casella W 1208. Laitteessa on kolme pyörivään akseliin kiinnitettyä kartiomaisen kupin muotoista siipeä, jotka ilman virtaus panee liikkeeseen. Pyörähdyskertojen lukumäärä rekisteröityy kierros-laskijaan, joten lukemalla mittari säännöllisesti voidaan vaivatta päästä tiettyjen ajanjaksojen keskimääräisiin tuulen nopeuksiin.

Kuppianemometri on metsämeterologisiin tuulen mittauksiin verraten sopiva laite: kohtalaisen tarkka ja vapaa häiriöistä. Lisäksi tulokset ovat riippumattomia ilman virtauksen suunnan vähäisistä muutoksista. Laitteella on kuitenkin eräitä kielteisiäkin ominaisuuksia, jotka on syytä mainita tässä yhteydessä (katso esim. DEACON 1953, SCRASE ja SHEPPARD 1944). Anemometri vaatii pyöriäkseen tietyn vähimmäisilmavirran (käytetyissä laitteissa alaraja oli noin 0.2 m/sek.), ja hyvin heikoilla tuulen nopeuksilla (0.4 m/sek.) mittaustarkkuus on huono. Puuskittainen tuuli tulee usein rekisteröityä liian kovaksi, koska anemometrin siipien liike kiihtyy suhteellisesti herkemmin kuin vaimentuu.

Metsikkökoelalle sijoitettiin kaksi anemometriä, toinen 7 m korkean tutkimustornin huippuun pystytettyyn 2 m korkeaan mastoon, ja toinen 2 m korkeudelle maan pinnasta. Mittarit luettiin tarkastelukauden aikana säännöllisesti kolme kertaa vuorokaudessa (klo 8.00; 14.00 ja 20.00). Mittareiden lukemia verrattiin toisiinsa ennen mittauskauten alkua ja uudelleen mittauskauten loputtua, ja tarpeelliset laskennalliset korjaukset tehtiin kenttätuloksiin. Koska ns. objektiivista kalibrointia esim. tuulitunnelissa ei voitu suorittaa, esitettävät luvut ovat vertailukelpoisia ainoastaan keskenään.

On huomattava, että toisin kuin useimmat metsämeterologiset tuulitutkimukset, joissa mittauksia on tehty vain joinakin tarkoitukseen soveliaiksi kat-

sottuina päivinä tai tunteina (esim. FOHNS 1940, REIFSNYDER 1955), tässä tutkimuksessa metsikön tuulisuhteita on seurattu jatkuvasti 6 ja 12 tunnin jaksoissa.

Täysin perustellusti voidaan väittää, että luonteeltaan niin vaihtelevan fysi-kaalisen voiman kuin tuulen nopeuden mittaaminen on suoritettava oloissa, jotka edustavat muihin ympäristötekijöihin nähden eräänlaista vakiomallia (esim. GEIGER 1961). Kun tässä tutkimuksessa on valittu jatkuva havaintojen teko aineiston koostamisperusteeksi, on mielessä ollut kaksi seikkaa: — Juuri säännöttömän vaihtelevuutensa vuoksi tuulen nopeuden mittaaminen metsikköoloissa vaatii riittävän pitkien aikavälien tasoitettuja keskiarvoja. — Voitaneen edellyttää, että kerätty aineisto antaa aiheen johtopäätöksiin, jotka ovat suuremmalla varmuudella yleistettävissä ns. normaalisti vallitseviin, yleensä jatkuvasti

Taulukko 1. Tuulen keskimääräinen nopeus yöllä (klo 20.00—8.00), aamupäivällä (klo 8.00—14.00) ja iltapäivällä (klo 14.00—20.00). Kuukausittaiset keskiarvot. Luotettavuusraja 95 %.  
Table 1. The average wind velocity at night (20.00—8.00), in the morning (8.00—14.00), and in the afternoon (14.00—20.00). The monthly averages. Confidence limit of the mean 95 %.

Kuukausi Month	Klo Time	2 m korkeus 2 m level	9 m korkeus 9 m level
Tuulen nopeus, m/sek. Wind velocity, m/sec.			
Toukokuu May	20—8	0.173 ± .093	0.361 ± .114
	8—14	0.667 ± .132	0.913 ± .131
	14—20	0.567 ± .168	0.845 ± .142
	20—20	0.435 ± .105	0.632 ± .097
Kesäkuu June	20—8	0.349 ± .121	0.609 ± .131
	8—14	0.992 ± .154	1.236 ± .147
	14—20	0.942 ± .178	1.202 ± .158
	20—20	0.635 ± .109	0.913 ± .105
Heinäkuu July	20—8	0.112 ± .055	0.305 ± .097
	8—14	0.706 ± .139	0.903 ± .105
	14—20	0.602 ± .138	0.849 ± .117
	20—20	0.382 ± .084	0.582 ± .097
Elokuu August	20—8	0.150 ± .088	0.299 ± .086
	8—14	0.615 ± .173	0.859 ± .144
	14—20	0.483 ± .166	0.721 ± .156
	20—20	0.345 ± .110	0.525 ± .122
Koko aika, keskim. Average	20—8	0.194 ± .047	0.390 ± .058
	8—14	0.739 ± .076	0.973 ± .066
	14—20	0.642 ± .080	0.900 ± .075
	20—20	0.447 ± .053	0.657 ± .058

vaihteleviin olosuhteisiin. Menettelyn heikkoutena on ennen kaikkea mainittava, että sitä käytettäessä on vaarana tuulen nopeuden mallia kuvaavien tulosten häilyminen suuriin, keskenään ehkä vastakkaisia tendenssejä sisältäviin keskiarvotuloksiin.

#### 4. Tutkimustulokset

##### 41. TUULEN NOPEUDEN VUOROKAUTINEN KULKU

Taulukossa 1 on esitetty tuulen keskimääräinen nopeus koealalla yöllä (klo 20.00—8.00), aamupäivällä (klo 8.00—14.00) ja iltapäivällä (klo 14.00—20.00) kuukausittaisina keskiarvoina. Selvänä näkyy ensiksikin tuulen nopeuden vuorokautisen kulun yleinen malli: ilman virtaus on määrältään vähäisintä yöllä, sen nopeus kasvaa auringon noustua, saavuttaa huippuarvonsa keskipäivällä ja heikkenee jälleen illalla. Tässä suhteessa voidaan vain varmistaa jo Hellmannin vuonna 1912 esittämä, maan läheisille ilmakerroksille tyypillinen ilmiö (esim. FRANKENBERG 1955, GEIGER 1925, SCULTETUS 1959, SIRÉN 1955).

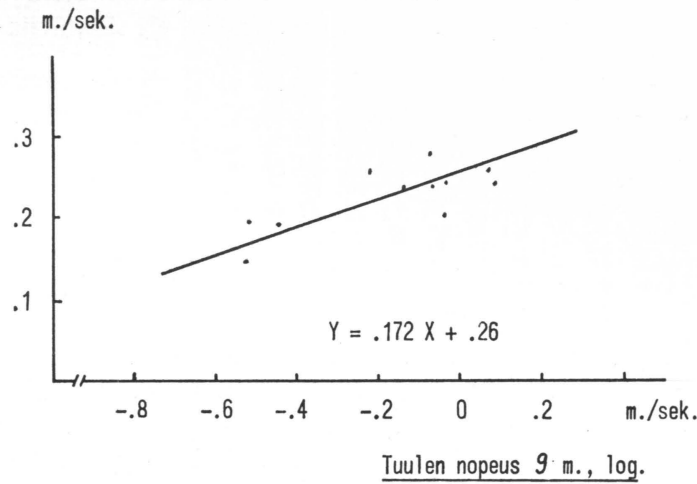
Taulukosta havaitaan niin ikään selvästi, että tuulen keskimääräinen nopeus on niin päivällä kuin yöllä ollut latvuserroksessa suurempi kuin oksattomien runkojen muodostamassa avoimemmassa vyöhykkeessä. Toisin kuin on laita tiheissä tammi-, pyökki- ja jalokuusimetsissä, joissa latvusto ja maan pinta muodostavat kumpikin oman selvän tuulta hidastavan kerroksensa (esim. GEIGER 1925, 1926, GEIGER ja AMANN 1931), tuulen nopeus tuntuu männikössä hidastuvan tasaisesti korkeuden vähetessä. On merkille pantavaa, että myös SIRÉN (1955) ilmoittaa tuulen nopeuden vähenevän pohjois-suomalaisessa koivikossa siirryttäessä latvuksesta alaspäin. Että asian laita on näin myös tiheissä kuusikoissa, joissa puiden latvukset ulottuvat usein maahan saakka, tai alikasvoksia käsittävissä monijakoisissa metsiköissä, on luonnollinen seuraus alaspäin siirryttäessä yhä tiehenevästä lehvästökerroksesta (esim. GEIGER 1926, KERN 1966, TIREN 1924).

Eri korkeuksilta mitattujen tuulen nopeuksien keskinäisen eron riippuvuutta tuulen absoluuttisesta nopeudesta tutkittiin erikseen kuukausittaisten keskiarvojen pohjalla. Tulokset on esitetty kuvassa 2. Osoittautui, että regressiosuhteen toteutti parhaiten muodoltaan logaritminen yhtälömalli. Tuulen nopeuden ollessa vähäisen, huomattava osa siitä jäi tunteumatta lainkaan runkojen välisessä tilassa, mutta mitä suuremmaksi tuulen nopeus nousi, sitä pienemmäksi jäi suhteellinen ero latvuksessa ja rungostossa vallitsevien tuulisuhteiden välillä.

##### 42. TUULEN NOPEUDEN VAIKUTUS METSIKÖN LÄMPÖLOIHIIN

Koska tuulella tunnetusti on merkittävä vaikutus myös lämpötilan vertikaaliseen jakaantumiseen (esim. FRANKENBERG 1955, GEIGER 1961, SCULTETUS 1959), päätettiin myös tämä kysymys ottaa tarkastelun kohteeksi. Lämpötilan mittaaminen tapahtui kahdella termografilla m/Lambrecht, jotka kalibroitiin kerran

Tuulen nopeuksien ero



Kuva 2. 9 ja 2 metrin tasalla mitattujen tuulen nopeuksien eron riippuvuus tuulen nopeudesta 9 metrin tasalla. Yöllä (klo 20.00—8.00), aamupäivällä (klo 8.00—14.00) ja iltapäivällä (klo 14.00—20.00) suoritettujen mittausten kuukausikohtaiset keskimääräiset erot. Tuulen nopeuden asteikko logaritminen.

Figure 2. The dependence of the difference between the wind velocity recorded at 2 and 9 meter levels, on the wind velocity at 9 meters. The dots represent the average monthly differences of the night (20.00—8.00), morning (8.00—14. ), and afternoon (14.00—20.00) values. Vertical axis = the difference of the wind velocity at the two levels; horizontal axis = wind velocity at 9 meters, logarithmic scale.

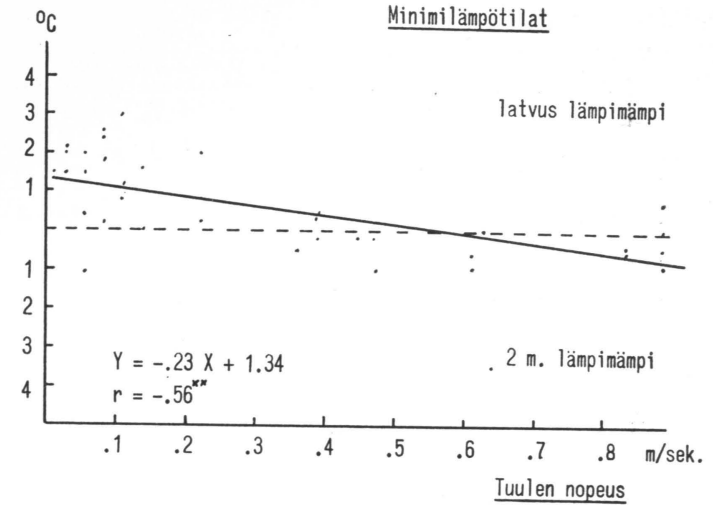
vuorokaudessa elohopea-tarkkuuslämpömittarilla ja kaksi kertaa kuussa Ass-MANN' in aspiraatiopsykometrillä. Termografit ja lämpömittarit oli säteilyvirheen poistamiseksi sijoitettu puisiin sääkojuihin, joista toinen oli 2 ja toinen 8 metrin korkeudella.

Jatkokäsittelyyn valittiin vuorokautiset minimi- ja maksimilämpötilat, jotka esitetään seuraavassa asetelmassa kuukausittaisina keskiarvoina.

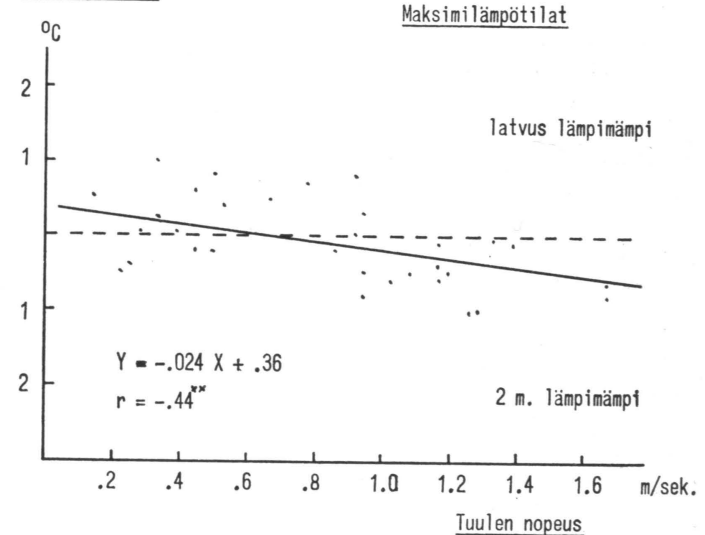
Kuukausi	Lämpötila C°		
	8 m korkeus	2 m korkeus	ero
<b>Minimi:</b> toukokuu ....	1.1	0.6	0.52
kesäkuu .....	6.2	4.9	1.28
heinäkuu .....	7.5	5.8	1.65
elokuu .....	8.1	7.0	1.13
<b>Maksimi:</b> toukokuu ....	12.8	12.9	-0.11
kesäkuu .....	17.8	17.6	-0.22
heinäkuu .....	20.7	20.8	-0.05
elokuu .....	17.2	17.2	0.00

Selvänä näkyy, että öiseen aikaan (noin klo 3.00—6.00) männikön latvus-

Lämpötilan ero



Lämpötilan ero

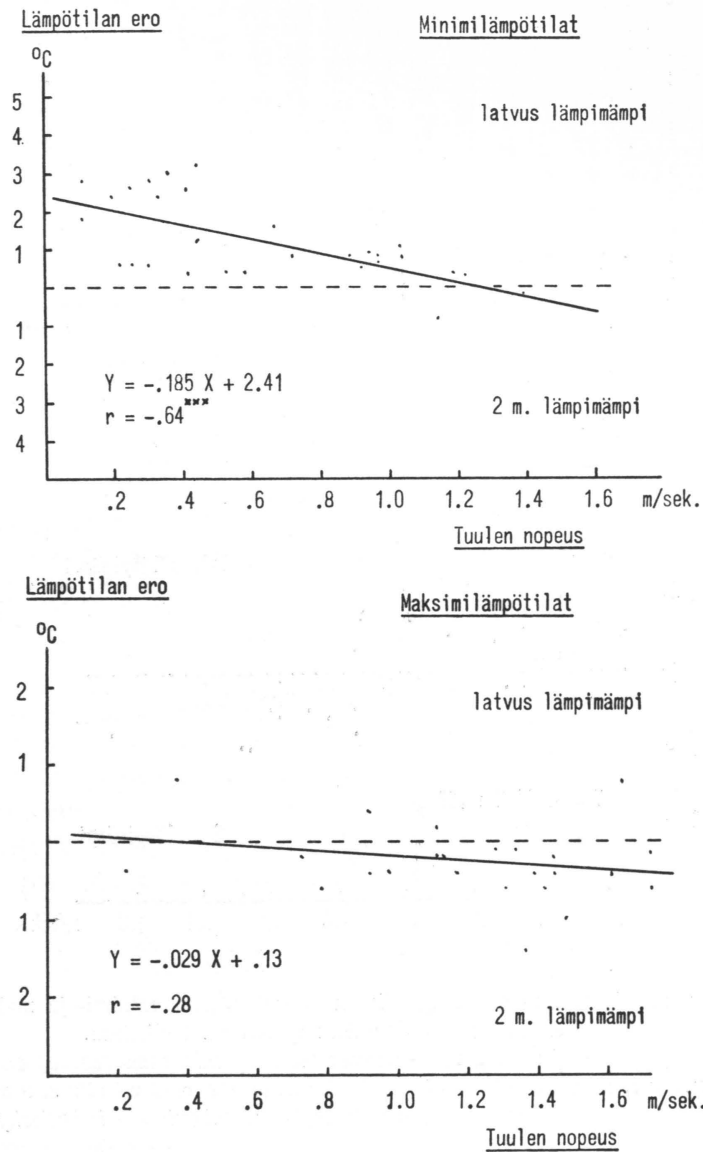


Kuva 3. 8 ja 2 metrin tasalta mitattujen ilman vuorokautisten minimi- ja maksimilämpötilojen eron riippuvuus tuulen nopeudesta. Toukokuu.

Figure 3. The dependence of the difference between the daily minimum (above) and maximum (below) temperatures, measured at 8 and 2 meter levels, on the wind velocity at 9 meters. May. Vertical axis = the difference between the temperatures, horizontal axis = wind velocity at 9 meters.

kerros on ollut keskimäärin lämpimämpi kuin rungostokerros, mutta päivisin (noin klo 13.00—15.00) lämpötilan vertikaalinen jakaantuminen on ollut metsikössä likimain tasaista. Maan pintaa lähempänä oleva mittauserros on ollut hieman lämpimämpi, mutta ero ei todellakaan ole ollut varsin suuri.

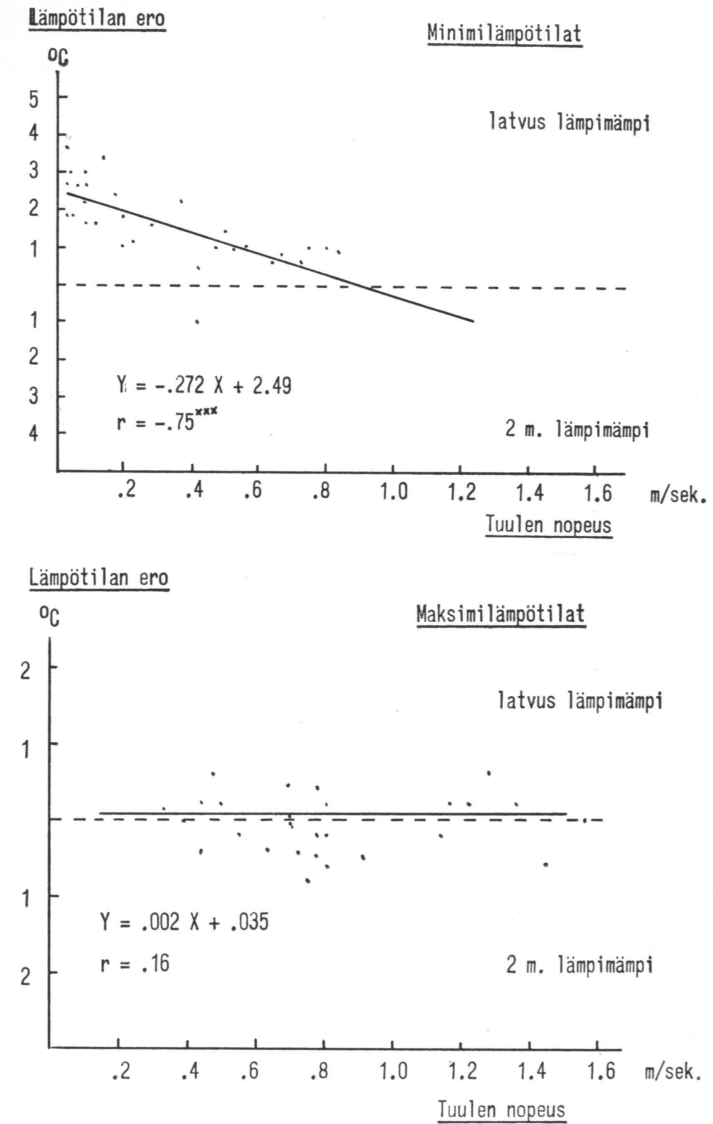
Tuulen nopeuden vaikutus metsikön ääriämpötiloihin on esitetty kuvissa 3, 4, 5 ja 6 kuukausikohtaisesti. Havaitaan, että kaikki minimilämpötilat noudattavat pääpiirtein samanlaista vuorokautista mallia. Tuulen nopeuden ollessa vähäisen, latvuserroksen ja rungoston välille pyrkii muodostumaan selvä läm-



Kuva 4. 8 ja 2 metrin tasalta mitattujen ilman vuorokautisten minimi- ja maksimilämpötilojen eron riippuvuus tuulen nopeudesta. Kesäkuu.

Figure 4. The dependence of the difference between the daily minimum (above) and maximum (below) temperatures, measured at 8 and 2 meter levels, on the wind velocity at 9 meters. June. Vertical axis = the difference between the temperatures, horizontal axis = wind velocity at 9 meters.

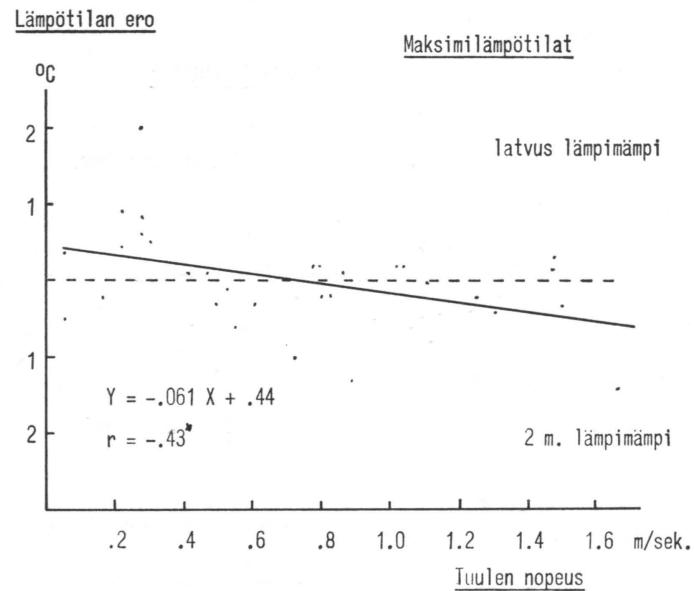
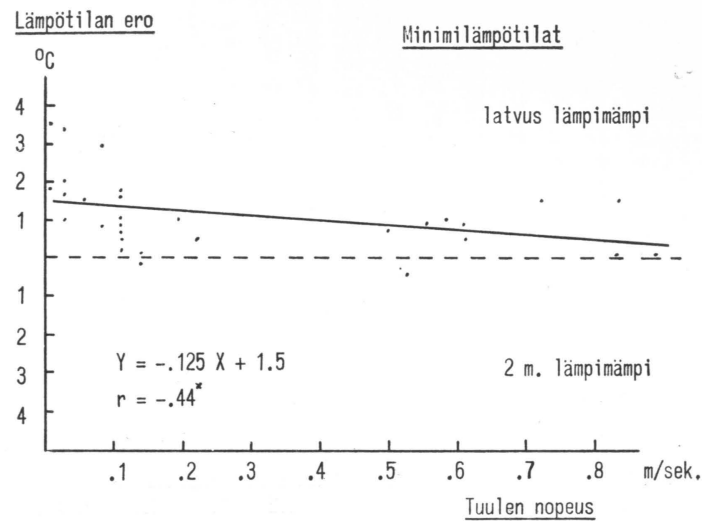
pötilan ero, joka tyynellä säällä saattaa nousta 3—4 asteeseen. Mitä nopeammin tuuli puhaltaa, sitä tehokkaammin se sekoittaa ilmaa ja sitä pienemmiksi lämpötilan erot muodostuvat. Tuulisina öinä saattaa tilanne jopa kääntyä päinvastaiseksi ja latvus edustaa silloin rungostoon nähden kylmää kerrosta.



Kuva 5. 8 ja 2 metrin tasalta mitattujen ilman vuorokautisten minimi- ja maksimilämpötilojen eron riippuvuus tuulen nopeudesta. Heinäkuu.

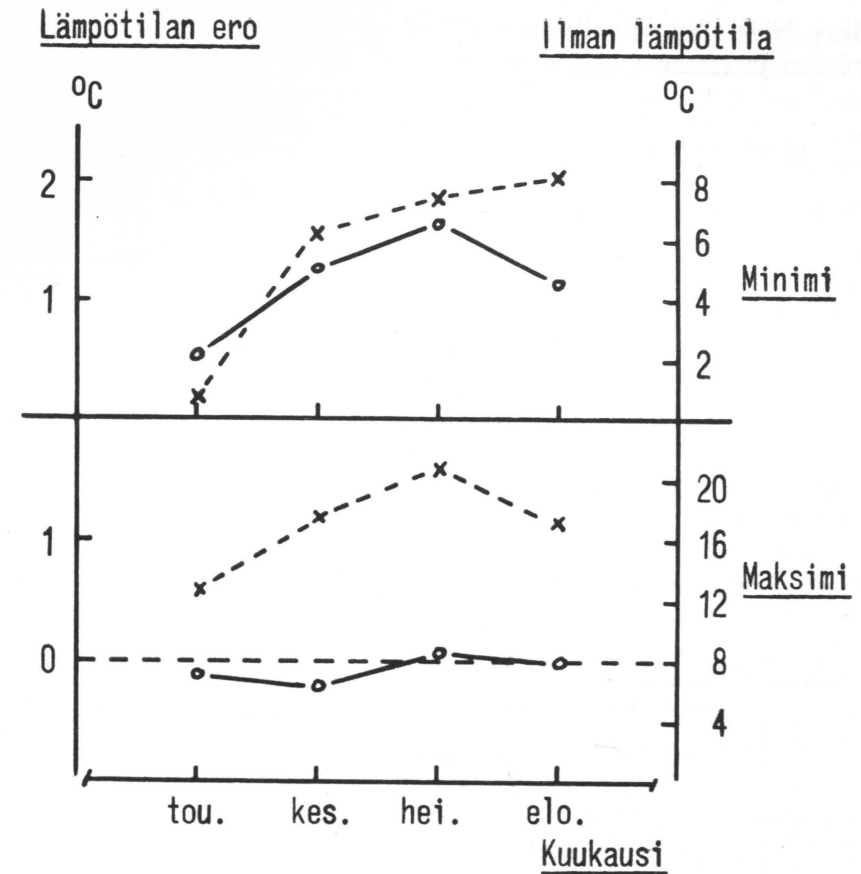
Figure 5. The dependence of the difference between the daily minimum (above) and maximum (below) temperatures, measured at 8 and 2 meter levels, on the wind velocity at 9 meters. July. Vertical axis = the difference between the temperatures, horizontal axis = wind velocity at 9 meters.

Päivittäisten maksimilämpötilojen osalta riippuvuus tuulen nopeudesta on selvästi heikompi. Vain toukokuussa ja elokuussa yleissuuntaus on samanlainen kuin minimilämpötilojen kohdalla. Keskipäivällä tuulen vaikutus on erittäin vähäinen, heinäkuussa lähes olematon.



Kuva 6. 8 ja 2 metrin tasalta mitattujen ilman vuorokautisten minimi- ja maksimilämpötilojen eron riippuvuus tuulen nopeudesta. Elokuu.

Figure 6. The dependence of the difference between the daily minimum (above) and maximum (below) temperatures, measured at 8 and 2 meter levels, on the wind velocity at 9 meters. August. Vertical axis = the difference between the temperatures, horizontal axis = wind velocity at 9 meters.



Kuva 7. 8 ja 2 metrin tasalla mitattujen ilman vuorokautisten minimi- ja maksimilämpötilojen eron riippuvuus ilman ääriämpötilojen kuukausikohtaisista keskiarvoista 9 metrin tasalla. Yhtenäinen viiva = ilman lämpötilan ero (8 m — 2 m); katkoviiva = ilman lämpötila (8 m).

Figure 7. The dependence of the average differences of the daily minima and maxima, measured at 8 and 2 meter levels, on the monthly means of the daily minima and maxima at 9 meters. Solid line = the temperature differences (8 m — 2 m); dotted line = the monthly average of the daily minima/maxima at 8 m. Vertical axis, left = the temperature difference; right = air temperature (min/max). Horizontal line = month.

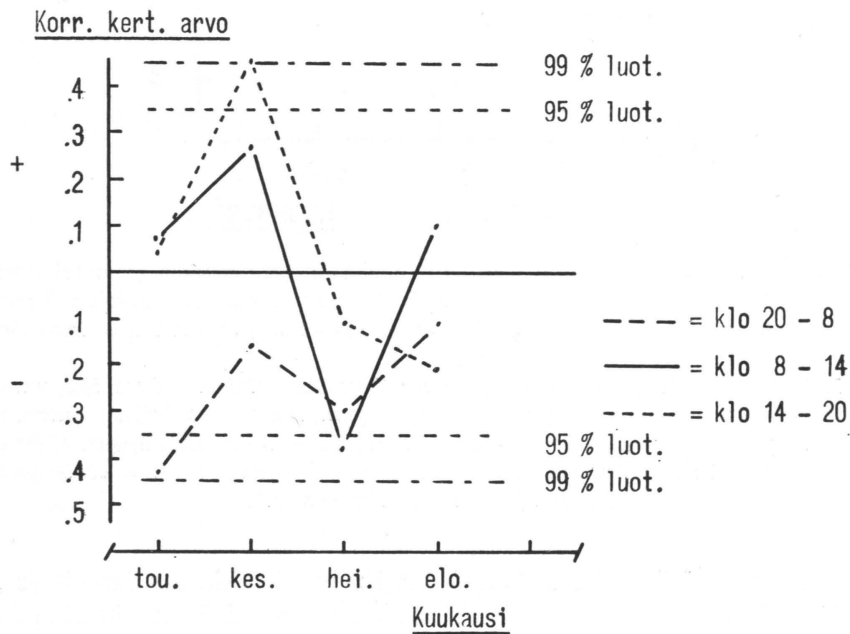
Verrattaessa toisiinsa ilman lämpötilan kuukausittaisia keskiarvoja ja päivittäisiä ääriämpötiloja (kuva 7), käy ilmi, että männikön minimilämpötilan vertikaalieron suuruus riippuu myös ilman absoluuttisesta lämpötilasta. Toukokuussa, kun lämpötila keskimäärin on vielä alhainen, myös lämpötilan erot ovat vaatimattomia, mutta kesä- ja heinäkuussa lämpötilan erot kasvavat rinnan öiden lämpiämisen kanssa. Elokuussa lämpötilan ero taas pienenee, vaikka minimilämpötilat keskimäärin ovat olleet kesän korkeimpia. — Kuten jo edellä todettiin, päivittäiset maksimilämpötilan erot eri korkeuksien välillä ovat erittäin

vähäiset. Näin ollen on vaikeata vetää minkäänlaista yhteyttä ilman maksimilämpötilan ja tämän vertikaaliprofiilin välille.

#### 43. TUULEN NOPEUDEN KORRELAATIO LÄMPÖTILAN KANSSA

Edellä selostetut havainnot herättivät pyrkimyksen selvittää tarkemmin tuulen nopeuden ja eräiden muiden ilmastotekijäin välistä yhteyttä. On kuitenkin muistettava, että tällaiset vertailut edellyttävät hyvin pitkälle meneviä varauksia. Maamme yleisiä sääoloja leimaa ennen kaikkea kylmien ja lämpimien ilmassojen jatkuva vaihtelu ja sen mukanaan tuoma jatkuva epävakaisuus. Itäisiä ja kaakkoisia ilmavirtauksia seuraa kesäaikana yleensä lämmintä ja kaunista säätä, mutta tuulen suunnan ollessa läntisen sää on usein sateinen ja lämpötila laskee keskimääräisistä arvoista (PALMEN 1958). Lisäksi on muistettava, että paikalliset maastotekijät vaikuttavat erittäin paljon sekä lämpö-, mutta ennen kaikkea tuulioloihin.

Kuvassa 8 on esitetty päivittäisten tuulen nopeuksien ja lämpötilan väliset kuukausikohtaiset korrelaatiokertoimet. Yleisenä piirteenä on, että eri vuoro-



Kuva 8. Päivittäisten tuulen keskinopeuksien ja keskimääräisten lämpötilojen välisen korrelaation kehitys kuukausikohtaisesti kolmen eri vuorokauden ajan keskiarvojen valossa. Mittaukset 8—9 m tasalla.

Figure 8. Changes in the correlation between the average monthly wind velocities and the average monthly temperatures. The three day and night periods are shown separately. All measurements were made at 8—9 meters.

kauden osien (yö, aamupäivä ja iltapäivä) keskilämpötilan ja tuulen keskimääräisen nopeuden välillä vallitsee kuukaudesta toiseen edettäessä saman suuntaista vaihtelua. Öiseen aikaan on korrelaatio säännöllisesti ollut negatiivinen, mutta päivällä se on alkukesällä ollut positiivinen, loppukesällä jälleen negatiivinen. Kuten saattaa helposti olettaa, mitään selvää yleistä riippuvuutta ei näiden kahden tekijän välillä voitu tämän tutkielman perusteella sanoa vallitsevan.

#### 5. Tulosten tarkastelua

On selvää, että metsä, kuten muutkin erilaiset kasvillisuuskerrokset heikentävät huomattavasti tuulen nopeutta. Mutta myös tuulen luonne muuttuu metsikössä. Karkeasti ottaen melko tasaisetkin ilman virtaukset panevat metsikköön saavuttuaan puiden latvukset liikkeeseen, jolloin tuuli muuttuu puuskaiseksi ja suunnaltaan vaihtelevaksi. Tämä metsikön jatkuva aaltoileva liike tekee tuulen mittauksen epävarmemmaksi kuin aukealla.

Metsikön tiheysaste ja latvuksen muoto vaikuttavat ratkaisevasti tuulen nopeuteen, kuten jo aikaisemmin todettiin. Mutta myös tämän tutkielman tulokset lämpötilan vertikaalisesta jakaantumisesta voidaan ainakin osaksi selittää hoidetun männikön latvuserroksen suhteellisen harvuuden perusteella. GÖHRE ja LÜTZKE (1965) totesivat perusteellisessa, erilaisten männiköiden ja mäntyseskametsien lämpö- ja kosteusoloja selvittävässä tutkimuksessaan, että vaikka päivittäiset maksimilämpötilat tiheimmissä metsiköissä (tiheysaste 1.0—0.9) esiintyvätkin latvuserroksessa, jo tiheysastetta 0.8—0.7 edustavissa männiköissä ilman päivittäinen maksimilämpötila oli likimain sama kaikilla korkeuksilla. Aukkoiset ja harvat metsiköt (tiheysaste 0.5—0.3) alkoivat tässä suhteessa läheta aukeita maita: lämpötila oli päivällä korkeinta maan pinnan lähikerroksessa ja väheni tasaisesti siirryttäessä kohden latvuserrosta (vrt. FRANSSILA 1949, ym). Yöllä taas tiheimpien metsiköiden latvuserrokset olivat kylmimmät, mutta jo tiheysastetta 0.8 edustavissa männiköissä lämpötilan vertikaalinen jakaantuminen kääntyi päinvastaiseksi: maan pintakerrokset olivat vuorostaan kylmimmät ja lämpötila nousi tasaisesti latvuksen yläreunan korkeutta kohden siirryttäessä. Aukeissa ja harvoissa metsiköissä tämä yleissuunta voimistui.

On mielenkiintoista toisaalta verrata männikön sisäisen lämpötilan jakaantumisen riippuvuutta tuulen nopeudesta aukean alan vastaaviin oloihin. FRANKENBERG (1955) sai kirkkaina kesäöinä aukealla 13 ja 2 metrin korkeudessa vallitsevan lämpötilan eron tyynellä säällä 3.1 °C:ksi, mutta tuulen voimistuessa lämpötilan ero heikkeni tasaisesti, kunnes ero 5.5 m/sek. tuulen nopeuden vallitessa oli vain 0.15 °C. On merkitsevä pantavaa, että aurinkoisten kesäpäivien maksimilämpötilojen välinen ero (noin 0.7—1.0 °C) ei aukeallakaan muuttunut sanottavasti tuulen nopeuden kasvaessa. Samanlaiseen tulokseen on myös FRANSSILA (1945) tullut suorittaessaan lämpötilan mittauksia maan pinnan läheisessä (alle 240 cm) ilmakerroksessa Lapissa.

Tutkielman tulosten perusteella tuntuu oikeutetulta sallia 2 m korkeudessa mitattujen maksimi lämpötila-arvojen muuntaminen latvuserroksen oloja vastaaviksi välittämättä mittausajanjakson tuulen nopeudesta, milloin on kysymys kuukausikohtaisista keskiarvoista. Sen sijaan seurattaessa männikön minimilämpötilojen vaihtelua, tuulen nopeutta ei voida jättää huomioon ottamatta vertikaalisissa lämpötilaekstrapolaatioissa. Sama pätee myös, milloin kysymyksessä on maksimilämpötilojen päiväkohtainen muuntaminen.

### Tiivistelmä

Tutkielman tarkoituksena oli kartoittaa etelä-suomalaisen hoidetun männikön tuulisuhteita. Myös haluttiin tutkia tuulen nopeuden vaikutusta männikön lämpötilan vertikaaliseen jakaantumiseen.

Tutkielma suoritettiin kesän 1964 aikana. Havaintomateriaalia kerättiin 25. 4—31. 8 välisenä aikana yhteensä 129 vrk aikana. Tuulen mittaus suoritettiin kahdella korkeudella (2 m ja 9 m) kuppianometreillä. Lämpötilan mittaukseen käytettiin sääkojuihin sijoitettuja termografeja.

Suoritettut tutkimukset antoivat aihetta seuraaviin johtopäätöksiin:

— Tuulen nopeuden vuorokautinen kulku noudatti kirjallisuudessa jo aikaisemmin esitettyä mallia.

— Tuulen nopeus oli hoidetun männikön rungostokerroksessa (2 m) keskimäärin heikompi kuin latvustossa (9 m). Eri korkeuksilla mitattujen tuulen nopeuksien eron riippuvuus tuulen absoluuttisesta nopeudesta noudatti logaritmista mallia.

— Tuulen nopeus vaikutti eri korkeuksilta mitattujen vuorokautisten minimilämpötilojen väliseen eroon siten, että tuulen nopeuden kasvaessa lämpötilan vertikaalinen ero pieneni. Ilman maksimilämpötilan vertikaaliseen jakaantumiseen tuulen nopeus vaikutti vain touko- ja elokuussa.

— Yöllä tuulen nopeuden ja ilman minimilämpötilan kuukausikohtaisten keskiarvojen välillä vallitsi negatiivinen korrelaatio. Päivällä korrelaationsuhde vaihteli positiivisesta negatiiviseen.

— Tutkielman tulosten perusteella tuntuu oikeutetulta sallia 2 metrin korkeudessa mitattujen maksimilämpötila-arvojen muuntaminen latvuserroksen oloja vastaaviksi välittämättä mittausajankohdan tuulen nopeudesta, milloin on kysymys kuukausikohtaisista keskiarvoista. Sen sijaan seurattaessa männikön minimilämpötilojen vaihtelua tuulen nopeutta ei voida jättää huomioon ottamatta vertikaalisissa lämpötilaekstrapolaatioissa. Sama pätee myös, milloin halutaan muuntaa maksimilämpötiloja yksityisten päiväkohtaisten arvojen perusteella.

### Kirjallisuusluettelo

- BAUMGARTNER, A. 1952. Die Strahlungsbilanz in einer Fichtendickung. Forstw. Cbl. 71: 337—349.
- DAUBENMIRE, R. F. 1959. Plants and environment. A textbook of plant autecology. 2 lait. John Wiley & Sons Inc.
- DEACON, E. L. 1953. Vertical profiles of mean wind in the surface layers of the atmosphere. Geophys. Mem. 91.
- FONS, W. L. 1940. Influence of forest cover on wind velocity. Journ. Forestry 38: 481—486.
- FRANKENBERG, E. 1955. Über vertikale Temperatur-, Feuchte- und Windgradienten in den untersten 7 Dekametern der Atmosphäre, den Vertikalaustausch und den Wärmehaushalt an Wieseboden bei Quickborn/Holstein 1953/1954. Ber. Deutschen Wetterdienstes 20.
- FRANSILA, M. 1945. Mikroklimatische Temperaturmessungen in Sodankylä. Ilmat. Keskuslait. Toimit. 26.
- 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava.
- GEIGER, R. 1925, 1926. Untersuchungen über das Bestandsklima. Forstw. Cbl. 47: 628—644, 848—854; 48: 337—349, 495—505, 523—532, 749—758.
- 1961. Das Klima der bodenahen Luftschicht. 5. lait.
- ja AMANN, H. 1931, 1932. Forstmeterologische Messungen in einem Eichenbestand. Forstw. Cbl. 53: 237—250, 341—351, 705—714, 809—819; 54: 371—383.
- GÖHRE, K. ja LÜTZKE, R. 1965. Die Einfluss von Bestandesdichte und -struktur auf das Klein-klima im Walde. Arch. für Forstw. 5: 487—575.
- KERN, K. G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlang- und Plenterwald. Schriftenr. der Forstl. Abteil. Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg 5.
- PALMEN, E. 1958. Sää ja sääennustus Suomessa. Kirjassa: Oma Maa III: 234—249. WSOY.
- REIFSNYDER, W. E. 1955. Wind profiles in a small isolated forest stand. For. Science 1: 289—297.
- SCRASE, F. J. ja SHEPPARD, P. A. 1944. The errors of cup anemometers in fluctuating winds. Journ. Scient. Instrum. 21: 160—161.
- SCULTETUS, H. R. 1959. Bewindung eines Geländes und vertikaler Temperaturgradient. Meterol. Rundschau 12: 1—10.
- SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta For. Fenn. 62.4.
- TIREN, L. 1924. Om en undersökning av vindhastighet i skogsbestånd. Sv. skogsvårdsför. tidskr. 22: 21—31.

### SUMMARY:

#### OBSERVATIONS ON WIND CONDITIONS IN A MANAGED SCOTS PINE STAND

The purpose of the study was to make an explorative survey on the wind conditions in a well-managed Scots pine stand. The influence of the wind velocity on the vertical temperature differences in the pine stand was also studied.

The study was carried out in southern Finland near the Field Station of the University of Helsinki. The pine stand grew in the middle part of a low ridge, running from north to south in a greater, mainly swampy, level area. The principal mensurational data of the stand are: number of stems per ha: 618; mean diameter, cm: 19.2; basal area, sq.m per ha: 18.5; mean height, m: 11; lower level of



the green canopy, m: 6.5; volume, cu.m per ha (without bark): 105. The stand continued in two directions to a considerable distance, but on the two other sides the stand extended uniform for only 200 meters.

The wind velocity was recorded continually with two cup anemometers from April 25 to August 31, 1964. The anemometers were placed at two levels (2 m and 9 m). The temperature was measured at the same levels with two recording thermometers in wooden weather screens.

The study gave the following results and conclusions:

— The daily march of the wind velocity agrees well with the pattern, first presented by Hellmann in 1912.

— On the average, the wind velocity was less at 2 than at 9 meters. The dependence of the difference on the absolute wind velocity at 9 meters was logarithmic.

— The wind velocity did affect the difference between the daily minimum temperatures at the two levels; the difference in the minimum temperatures decreased as the wind velocity increased. The difference in the maximum temperatures was affected only in May and August.

— During the night there was a negative correlation between the monthly average minimum temperatures and the wind velocities. During the day, the correlation varied seemingly irregularly from positive to negative.

— According to the results of the study the conversion of the monthly maximum temperatures, measured at the level of 2 meters, to temperatures at the canopy level seems justified, regardless of the prevailing wind velocity. However, in the minimum temperatures and the independent daily maxima, the wind velocity must be considered.

#### Uutisia — News

BIBLIOGRAPHIA UNIVERSALIS SILVICULTURAE. SUOMI—FINLANDIA, USQUE AD ANNUM MCMXXXIII. Pars I. Systematica. Ediderunt: Eino Saari & Arvo Sepälä. [Julk.] Suomen Metsätieteellinen Seura. [Hrsg.] Forstwissenschaftliche Gesellschaft in Finnland. Helsinki 1967. (841 sivua — pages.)

Yllä olevalla nimellä on ilmestynyt huomattava bibliografiateos, Suomen vanhan metsäkirjallisuuden bibliografia vuoteen 1933. Teos on vaatinut suurimittaisen toimitustyön, joka on ollut käynnissä prof. Eino Saaren johdolla aina 1930-luvulta lähtien. Nyt ilmestynyt I osa käsittää aineenmukaisesti jaotellun hakemiston. — Teosta on saatavissa suoraan Suomen Metsätieteellisen Seuran kirjastosta, Unioninkatu 40 B, Hki 17, hintaan mk 26,— (vain nidotussa asussa) tai kirjakauppojen välityksellä.

A remarkable bibliography has appeared under the above title. This book comprises bibliographic references to all old Finnish forestry literature until the year 1933. The large compilation work was directed by Professor Eino Saari. The first part, now published, includes the subject index classified in accordance with the Oxford System for Forestry. — On sale: The Academic Bookstore, Keskuskatu 2, Helsinki 10. Price: Finnish Marks 26,— (paper bound only).

#### Uutta kirjallisuutta

##### PUUN KORJUJU

A. E. WACKERMAN — W. D. HAGENSTEIN — A. S. MITCHELL. *Harvesting Timber Crops*. McGraw — Hill Book Company. 1966. 540 sivua, hinta 60.50 markkaa.

Metsäteknologiassa korkeampia arvosanoja suorittaneille metsänhoitajille tuttu Wackermanin oppikirja on ilmestynyt uudistettuna laitoksena. Alkuperäisen kirjoittajan rinnalle tekijäluetteloon on tullut kaksi uutta nimeä. Näistä edellinen edustaa Yhdysvaltain metsäteollisuutta ja jälkimmäinen Kanadan metsäopetusta. Kolmen kirjoittajan merkitys tulee esille näkemyksen avartumisena, ja varsinkin pohjoismaista lukijaa ilahduttaa Kanadan itäosissa käytettävien puun korjuumenetelmien entistä laajempi esittely.

Kirja on lähinnä tarkoitettu suomalaista metsätutkintoa vastaavaa oppiarvoa tavoittelevien opiskelijoiden ensimmäiseksi metsäteknologian oppikirjaksi, mutta myös varttuneempien ammattimiesten toivotaan siitä hyötyvän. Teoksessa pyritään antamaan yleiskuva puun korjuusta ja siinä käytettävistä menetelmistä. Eri menetelmien kustannukset ja yksityiskohtaiset kone-esittelyt on tarkoituksellisesti jätetty pois, mikä luonnollisesti vähentää teoksen arvoa käsikirjana. Toisaalta runsaan ja huolellisesti valitun kuvituksen ansiosta lukija saa melko selvän käsityksen esimerkiksi käytetyistä konetyypeistä.

Verrattaessa teoksen sisällysluetteloa v. 1949 ilmestyneeseen laitokseen voidaan todeta, että tässä suhteessa ei ole tapahtunut sanottavia muutoksia. Puun korjuumenetelmät ovat tänä aikana kuitenkin muuttuneet niin paljon, että teos on jouduttu kirjoittamaan uudestaan miltei kokonaan, ja tämän takia voidaankin puhua uudesta kirjasta.

Kirjan ensimmäinen osa, jonka tarkoituksena on luoda yleiskatsaus puun korjuuseen ja sen historiaan, sisältää myös tärkeän luvun hankinnan suunnittelusta. Sen käsittelyssä on kuitenkin keskitytty enemmän tavoitteisiin ja yleisiin periaatteisiin kuin itse suunnittelumenetelmiin. Varsinaista hakkuuta a hakuuutyökaluja käsittelevä osa ei myöskään tarjoa sanottavasti uutta suomalaiselle l k jalle.

Mielenkiintoisimmat osat Wackermanin kirjassa ovat epäilemättä sen maasto- ja tiekuljetusta esittelevät luvut. Näistä käy erittäin hyvin ilmi, kuinka erilaisiin ratkaisuihin kuljetusongelmassa voidaan päätyä. Vaikka meillä eivät olosuhteet olekaan suotuisia monille esitetyistä menetelmistä (esim. telaketjutraktori- ja köysiratakuljetukset), kuuluu näiden menetelmien tunteminen puun korjuun alalla työskentelevän metsämiehen yleissivistykseen.

Puun korjuun organisaatiota ja toiminnan tarkkailua käsitellään kirjan viimeisessä osassa. Lukuisat esimerkit erilaisissa olosuhteissa toimivien yhtiöiden hankintaorganisaatioista, varsinaisten työryhmien kokoonpanoista sekä käytetyistä työmenetelmistä antavat kuvan siitä, miten puun korjuu Pohjois-Amerikassa todellisuudessa tapahtuu. Toiminnan valvontaan ja suunnitteluun liittyvien kustannusanalyysien sisällyttäminen teokseen on epäilemättä aiheellinen toimenpide. Vaikka niitä käsitelläänkin varsin suppeasti, valaisevat ne kuitenkin tämän alan tarjoamia mahdollisuuksia.