

NÄKÖKOHTIA METSIKKÖEKOLOGISTEN YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN MITTAAMISESTA

MATTI LEIKOLA

SUMMARY:

MEASURING ENVIRONMENTAL FACTORS IN A FOREST ECOSYSTEM

Saapunut toimitukselle 1976-04-21

Artikkelissa tarkastellaan metsikköekosysteemissä vaikuttavien fysikaalisten ympäristötekijöiden mittaauksessa huomioon otettavia seikkoja: mittarien sijoittamista, lukumäärää ja eri virhelähteitä. Erityistä huomiota kiinnitetään metsikköekosysteemin ns. toimivan pinnan oikeaan määrittämiseen, aikatekijän huomioon ottamiseen mittaustoiminnassa sekä eri ympäristötekijöiden välisiin korrelaatio-suhteisiin. Toimintaa tarkastellaan myös tulosten analyysin kannalta, mutta itse mittaustuloksiin ja niiden rakenteeseen esityksessä ei puututa.

1. JOHDANTO

Kun metsikköekosysteemin ympäristötekijöiden esiintymistä, voimakkuutta ja vaihtelua ryhdytään tutkimaan, yksinkertaisinta ja selvintä on purkaa ympäristövoimien toisiinsa kietoutunut vyyhti yksittäisiksi tekijöiksi, jonka jälkeen kunkin osuus jälleen kootaan ekosysteemin kokonaisuksi tai sen toimintaa selvittäväksi yhdistelmäksi.

Seuraavassa keskitytään yksinomaan ekosysteemissä vaikuttavien ns. fysikaalisten ympäristötekijöiden; säteilyn, lämpötilan, sateen, kosteuden, tuulen jne. mittaamisessa huomioon otettaviin seikkoihin. Kemiallinen ja biologinen analyysi sivuutetaan tässä yhteydessä, vaikka monet esiteltävät yleiset näkökannat on syytä ottaa huomioon kaikessa mittaustyössä. Ei myöskään ole tarkoitus puuttua mittareihin, niiden rakenteeseen ja toimintaan, koska tästä on saatavilla

hyviä selostuksia ja katsauksia (esim. Säähavainto-opas 1951, PLATT ja GRIFFITHS 1964, BARNER 1965, MONTEITH 1972).

Tutkimuksen kohteeksi kulloinkin valittujen alueiden maantieteellisen sijainnin, mereisyyden, topografian, yms. tekijöiden huomioon ottaminen on niinkään pakko sivuuttaa tässä yhteydessä vain maininnalla (vrt. mm. HEINO 1973).

Työn pohjana on esitelmä, joka pidettiin Oulun yliopiston metsäseminaarissa 12.2.1976. Metsätekniikko Pekka Suolahti ja rva Aino Lukkala ovat avustaneet esityksen saattamisessa painokuntoon. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Paavo Yli-Vakkuri ja maat. metsät. lis. Pentti K. Räsänen. Englanninkielisen tiivistelmän on tarkastanut John Derome, B. Sc.

2. METSIKKÖEKOSYSTEEMI KOLMIULOTTEISENA TILANA

2.1. Yleistä

Yksinkertaisin terrestrinen ekosysteemi on rajattu kappale maan pintaa vailla mitään häiriötekijöitä, kuten maaston epätasaisuutta tms. On vain yksi ns. toimiva pinta, jonka ulkopuolelta tulevat fysikaaliset ympäristövoimat kohtaavat. Tämä on meteorologian perusasetelma, josta sellainen kasvinyhdyskunta kuin metsikkö poikkeaa hyvin huomattavasti. Toimiva pinta on metsikössä kohonnut puiden latvukseen ja muutunut kaksikulotteisesta tasosta kolmiulotteiseksi, usein aukkoiseksi avaruustilaksi, jonka sisällä ja alapuolella vallitsevat olosuhteet ovat tutkijan kiinnostuksen kohteena. Kasvillisuuden ja humuksen peittämä maanpinta muodostaa vielä toisen toimivan pinnan, joka osaltaan täydentää latvuskoroksen vaikutusta. Metsässä tutkija liikkuu oikeastaan toimivan tilan sisällä.

Ensimmäinen kaikessa ekologisessa mitaustoitinnassa eteen tuleva vaikeus onkin ekosysteemin vertikaalinen stratifiointi eli »viipalointi». Toimenpide on pakko suorittaa, sillä metsikössä kaikki ympäristötekijät vaihtelevat vertikaalisuunnassa siinä määrin, että ilman selvää stratifiointia ekosysteemiä kuvaavat mittaukset sanovat hyvin vähän (kuva 1). Stratifiointitasojen luku kasvaa varsinkin maanpinnan lähellä helposti suureksi, ja onkin houkuttelevaa sivuuttaa tämä kysymys häiritsevänä pikkuseikkana ja käyttää johdonmukaisesti vain yhtä korkeutta (latvustaso, 2 m, tms.).

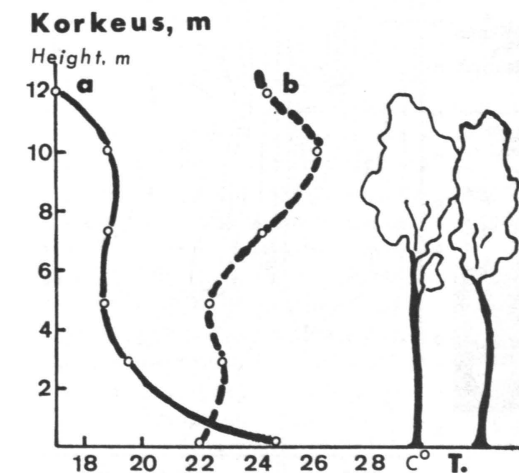
2.2. Metsikköekosysteemin projisointi tasoksi

Metsikköekosysteemi voidaan yksinkertaistaa ja ikäänkuin palauttaa kaksikulotteiseksi projisoimalla se tasoksi. Metsiköstä piirretään puiden latvusprojektiot ja määrätään tämän perusteella mittarien sijainti, jne. Näin menetellään usein esim. metsikkösadannan mittaauksessa. Tulee kuitenkin pitää mielessä, että projektiot ei tällöin saisi olla kohtisuora. Luonnossa ei ole mitään ideaalisadetta joka putoaa aivan pystysuoraan, vaan pisarat lankeavat joskus kovan-

kin tuulen saattamina vinossa kulmassa maahan. Auringon säteilyä mitatessamme tiedämme, tai ainakin voimme yrittää laskea, missä kulmassa ja mistä päin auringon säteet kulloinkin tulevat, mutta esim. sateen ollessa kyseessä tämä on jokseenkin mahdollonta.

Sateitahan on maassamme kahdenlaisia: tulosuunnaltaan säännöttömiä ukkossateita ja ns. matalan ja korkean rintaman aiheuttamia sadevyöhykkeitä. Viimeksimainitut tulevat etupäässä Atlantilta Etelä-Ruotsin yli maahamme, mutta ei tämäkään mikään poikkeukseton sääntö ole. Sen verran säännöllisyyttä sateen tulosuunnalla on, että toisaalta ei voi aivan hyvällä syyllä olettaa sateen tulokulmaa ja -suuntaa täysin satunnaiskaksikaan ja sivuuttaa kysymystä latvusprojektiosta sateen lankeamisen satunnaisuuteen vedoten. — Esim. Etelä-Venäjältä ja Euroasian mantereelta päin tulee sadetta maahamme perin harvoin.

Sateen vinosta tulokulmasta johtuu mm., että esim. männikössä latvusten alle kertyy



Kuva 1. Ilman maksimilämpötila eri korkeuksilla eräässä nuorena tammimetsikössä a) ennen kuin puut ovat lehdessä ja b) kun puut ovat täydessä lehdessä CHROUSTIN (1968) mukaan.

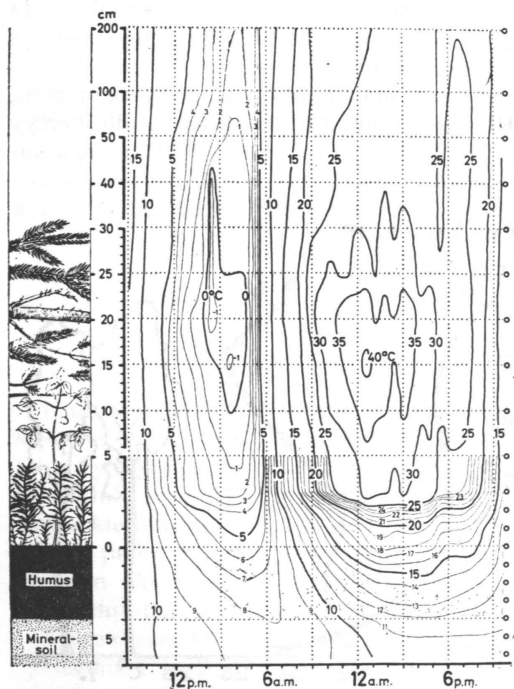
Fig. 1. Maximum air temperature at various heights in a young oak stand a) before bud break, and b) in full leaf. After CHROUST (1968).

sadetta enemmän kuin aukealla (LEIKOLA 1971). Suorat, pitkänomaiset latvukset pi-dättävät vettä, joka valuu runkoja myöten tai tippuu oksistoista suurina pisaroina. Tien-tenkin puulajitkin eroavat tässä suhteessa toisistaan ratkaisevasti. Kuusikossa on oksiston alla kuivempaa kuin aukealla (mm. PÄIVÄNEN 1966).

2.3. Mittauksen perus- eli nollatason valinta

Horisontaalinen projisointi harvoin osuu oikeaan, kun on kysymys ympäristötekijöiden mittauksesta. Lähes yhtä vaikea on kysymys vertikaalisen perus- eli nollatason valinnasta.

Tässä yhteydessä sivuutetaan kokonaan kysymys latvusten muodostaman epätasai-



Kuva 2. Ilman lämpötilan vaihtelu eräänä aurinkoisena kesäpäivänä risujen peittämän metsämaan läheisissä ilma- ja maakerroksissa BJÖRIN (1972) mukaan.

Fig. 2. Daily march of air temperature during a sunny summer day in twig covered forest soil surface layer. After BJÖRIN (1972).

sen ja epäsäännöllisen tilan perustasosta, koska se ei kerta kaikkiaan ole taso, ja esitetään muutama ajatus helpommasta ja konkreettisemmasta tilanteesta, joka usein tulee eteen varsinkin maanpinnan läheisen ilmakerroksen ja maan pintaosien ympäristötekijöiden mittaustoiminnassa. Toimiva pinta onkin juuri täällä hyvin tärkeä käsite ja esim. lämpömittarien asettelussa muutama kymmenen sentin virhe voi merkitä noin 20° C virhettä mittaustuloksiin (kuva 2).

Kun kysymyksessä on paljas, tasainen, humuksesta ja kasvillisuudesta vapaa pinta, kuten lähes aina meteorologisissa tutkimuksissa on laita, epäselvyyttä ei juuri synny. Tavallisessa metsämaassa on kuitenkin aina tarjolla kolme eri lähtökohtaa (FRANSSILA 1960, LEIKOLA 1974):

1. Humuskerroksen ja kivennäismaan rajaa pidetään usein mittaustoiminnan perustasona maatihteessä yleisen käytännön mukaisesti. Tämä rajahan on melko selvä ja paikallaan pysyvä. Jos kuitenkin metsikön humuskerroksen paksuus vaihtelee, tämä synnyttää suurta hajontaa, puhumattakaan vaikeuksista verrattaessa erilaisia metsiköitä toisiinsa. Kuten paksukuntaisemmille maille siirrytään, sitä keinotekoisemmaksi em. raja tulee. Suontutkijoita ajatellen se on täysin epämieliekäs.

2. Energeettisesti ainoa perusteltavissa oleva perustaso on sammal- ja varpukerroksen muodostama epätasainen pinta, johon auringon säteily osuu. Jälleen ollaan 10–20 cm korkeassa avaruustilassa, jossa ekologisten tekijöiden vaihtelu on niin suurta, että se usein vaatii omat erikoistutkimuksensa.

3. Koska biologeille tietyn maa- tai ilmakerroksen lämpötila on usein vain keino kuvata ekosysteemin tietyn (biologisen) kohteen elinympäristöä, mittausten perustasoksi voidaan valita ns. suurimman mielenkiinnon taso. Metsäpuiden juuristojen tutkijat voivat ottaa sellaiseksi aktiivisten juuriston osien esiintymisen painopistekerroksen; punkkien tai sienien tutkijoilla on oma kerroksensa, johon heidän mielenkiintonsa suuntautuu jne. Tällöin tulisi mittausten perustason kuitenkin vaihdella alueen maantieteellisen sijainnin, vuodenajan, puulajin ja metsikön iän mukaan, mikä voi tuoda joskus arvaamattomia vaikeuksia mukanaan (vrt. KALELA 1955 ym.).

3. MITTAUSTARKKUUDEN PARANTAMINEN

3.1. Yleistä

Mittaustarkkuuden parantamista voisi kääntäen luonnehtia mittaustulosten pienentämiseksi, tai edes niiden suuruusluokan tuntemiseksi.

Mittaustulokset jaetaan yleisen käytännön mukaan kahteen ryhmään: satunnaisiin virheisiin (otantavirheisiin) ja systemaattisiin virheisiin (mittari- tai lukuvirheet). Ryhmien kriteerinä on, voidaanko todennäköisyyslaskentaa käyttää apuna mahdollisten virheiden suuruutta arvioitaessa. (Mittaustuloksista katso tarkemmin esim. HUOVILA 1958).

3.2. Satunnaisten virheiden minimointi

Tiettyä tavoitetta varten vaadittava mittarien lukumäärä määritetään ekologisessakin tutkimustyössä yleistä havaintopisteiden lukumäärän osoittamismenettelyä käyttäen: estimoidaan mittaustulosten lukemien standardipoikkeama ennakkokokein, asetetaan tietty mittaustarkkuus (esim. 5 %, 2° C jne.) ja sijoitetaan saadut (tai annetut) arvot keskiarvon keskiarvon kaavaan $s_{\bar{x}} = s/\sqrt{n}$. Ratkaistaessa yhtälö saadaan havaintopisteiden lukumäärä (n). Muutamia tällaisia havaintotarjoja on Suomessakin julkaistu, ja esim. maan lämpötilan mittaauksessa noin 2° C luotettavuusvaatimus on edellyttänyt 15–25 mittarin (anturin) sijoittamista maastoon (vrt. FRANSSILA 1960, HEIKURAINEN ja SEPPÄLÄ 1963).

Edellä kuvattua yleistä menettelyä hankaloittaa juuri maan lämpötilan mittaauksessa muutama erikoispiirre. Tiedetään, että rinnakkaisista mittaustuloksista saatujen havaintojen standardipoikkeama on systemaattisesti riippuvainen sääsuhteiden ja vuodenajan vaihteluista (mm. FRANSSILA 1962). Esim. kosteus lisää maan lämmönjohtokykyä huomattavasti, ja näin ollen kuivan ja kostean maan lämpötilahavainnot edustavat eri syvyyksillä aivan eri tavoin käyttäytyviä havaintopopulaatioita (mm. GEIGER 1965).

Kun myös tiedetään, että pintakasvillisuuden ryhmittäminen tai metsikön puiden

asema tilakoordinaatistossa ei normaalisti noudata täysin satunnaista mallia, vaan että esim. kasvien välinen kilpailu tuo niiden esiintymiseen voimakasta systemaattisuutta (mm. CAIN ja CASTRO 1959), on syytä todeta, että mittaustulosten moitteeton määrittäminen maan lämpötilan mittaauksissa on sinänsä erikoistutkimuksen aihe.

3.3. Systemaattisten virheiden minimointi

Systemaattiset mittaustulokset ovat kaikkein ikävimpiä virheitä, koska niitä ei aina kyetä millään keinoin saamaan selville tai korjaamaan. Yleensä kaikki mittareista johtuvat virheet ovat luonteeltaan systemaattisia, vaikka mielellään käyttäydytään ikäänkuin ne olisivat satunnaisia; ts. jos mitataan kahdella tai kolmella mittarilla, käytetään niiden keskiarvoa »oikeana» arvona jne. Erittäin paha on, että useat mittarit »ryömyvät», ts. niiden virhe ei pysy samana, vaan se vaihtelee ajan tai mitattavan ympäristötekijän voimakkuuden mukaan. Samanlainen vaikeus on ns. hysteresis-ilmiö, jolloin mittari osoittaa poikkeavia arvoja mittaustulosten muutoksen suunnan mukaan. Mittarien kalibroinnilla nämä virheet pyritään korjaamaan, ja näin onkin meneteltävä aina milloin se suinkin on mahdollista. Kalibrointi on kuitenkin suoritettava sekä ennen että jälkeen mittaustulosten, ja se on ulotettava koko a.o. mittarin havaintoalueelle. Jos esim. mitataan ilman lämpötilaa termografilla ja käydään kalibroimassa se esim. kaksi kertaa päivässä tarkkuuslämpömittarilla, kalibroinnissa jää yöllä kosteuden vuoksi tapahtuva piirturipaperin laajeneminen kokonaan huomioonottamatta. Tämä virhe, joka saattaa olla pahimmillaan 2–3° C, on ehtinyt korjautua, kun tullaan paikalle 3–4 tuntia auringon nousun jälkeen.

Inhimilliset ns. lukemavirheetkin ovat osaksi systemaattisia; ainakin ne ovat osoittautuneet sellaisiksi kaikissa niissä tapauksissa, joissa asiaa on tutkittu. Kannattaa aina selvittää, onko havaintojen tekijä havaintoja liioitteleva tai supisteleva, ääriarvoja tai keskimääräislukuja suosiva luonne.

4. AIKATEKIJÄ METSIKKÖEKOLOGISESSA MITTAUSTOIMINNASSA

4.1. Yleistä

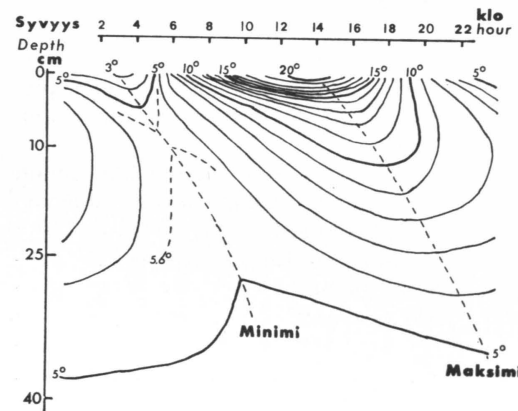
Edellä on käsitelty metsikköä kolmiulotteisena systeeminä. Aikatekijä edustaa uutta, toisista poikkeavaa tarkastelukulmaa. Tietenkin voidaan laatia ekosysteemistä ns. momentaanikuvia, mutta näiden yleistäminen on aina hieman kyseenalaista. Onko klo 8 aamulla tehty tarkastelu pätevä vielä klo 14 tai klo 20? Entä huhtikuun tilanne; miten se eroaa syys- tai lokakuussa tehdystä selvityksestä? Vasta aika-aspektista ekosysteemiä saa eloa ja selitysvoimaa.

4.2. Aikatekijä ekologisessa mittaustoinnassa

Luonnossa on kaksi suurta toistuvaa sykliä, vuosi ja vuorokausi; ehkä ns. luonnollinen kuukausi kolmantena. Muita ei ole, ei ainakaan muinaisilta babylonialaisilta periytyvää seitsemänpäiväistä viikkoa, joka kuitenkin säätelee työelämää ja ajankäyttöä mitä moninaisimmalla tavalla.

Kaikki ympäristötekijät vaihtelevat systemaattisesti edellä esitettyjen kahden syklin puitteissa. Vaihtelun kulku on yleisesti ottaen sinikäyrän kaltaista, mutta joskus siinä esiintyy eräänlaista jättäytymistä, joka tekee sen epäsymmetriseksi. Yleisenä periaatteena kaikessa mittaustoinnassa tulisi pitää, että koko sykli mitataan, ei vain sen osia. Alkukohdaksi on aina paras ottaa se vaihe, jolloin ko. ympäristötekijä on minimissään: esim. yö mitattaessa päivittäistä säteilyä, kesä mitattaessa lumipeitettä jne.

Jotta koko sykli saataisiin määritettyä, tarvitaan useita havaintoja, useimmiten ainakin 5–10 kpl. Joskus on pyritty »oikaisemaan» ja mittaamaan vain ko. ympäristötekijän minimi- ja maksimit, syklin äärikohtat. Tällöin on pidettävä huolta siitä, että todella mitataan ääriarvoja eikä jotain muuta. Tämä on tärkeää, jos esim. maan lämpötilaa mitataan usealta eri syvyydeltä. Jo HOMÉNIN (1897) ajoista tiedämme, että lämpötilan ääriarvot jättäytyvät maassa selvästi siirryttäessä syvemmälle, ja että jättäytymisnopeus riippuu maan laadusta, sen ominaislämmöstä ja lämmönjohtokyvystä, aivan ratkaisevasti (kuva 3).



Kuva 3. Minimi- ja maksimilämpötilan jättäytymisen kasvipeitteettömässä hiekkamaassa Sodankylässä eräänä aurinkoisena kesäpäivänä KERÄSEN (1920) mukaan.

Fig. 3. Time lag of the minimum and maximum temperatures in bare sandy soil at Sodankylä, North-Finland, during a sunny summer day. After KERÄSEN (1920).

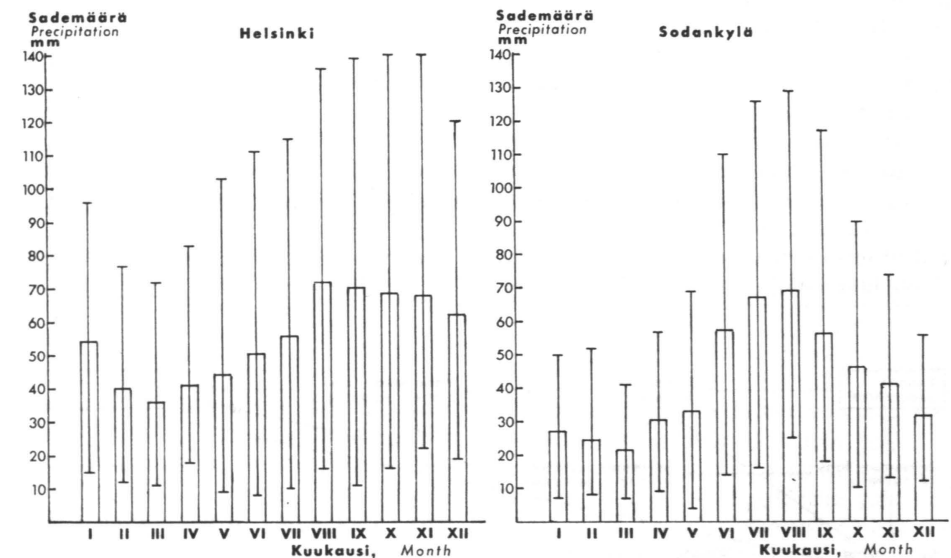
Aikatekijän osuutta metsikköekologisessa mittaustoinnassa ei voi kyllin painottaa. Keväällä mittaustoiminta olisi aloitettava jo maaliskuun alussa, ellei sitä voida järjestää ympärivuotiseksi, ja mittausta tulisi jatkaa aina lokakuun loppuun saakka. Esim. puiden lehtien ja neulasten määrän vuotuiset vaihtelut aiheuttavat suurta vaihtelua myös metsikön sisällä vaikuttaviin ekologisiin ympäristötekijöihin (mm. kuva 1). Ympäristötekijöiden yhdistelmät ovat aina alkukesällä toiset kuin loppukesällä, jne.

4.3. Aikatekijä aineiston analyysissä

Aikasarja on houkutteleva, mutta vaarallinen joukko havaintotuloksia. On muistettava, että se ei ole satunnaisella otannalla koottu populaatio, ja että sitä ei voi sellaisenaan käyttää tilastollisiin testeihin tms., jotka vaativat toisistaan riippumattomia alkioita. Aikasarjassa jokainen päivä (tai vuosi) vaikuttaa tilastollisessa mielessä ainakin läheisiin päiviin (vuosiin), vaikka todellista kausaalista vaikutusta ei olisi.

Ilmiö tunnetaan autokorrelaationa. Jos esim. eilen oli +25°C lämmintä, tänään on todennäköisesti lämpimämpää kuin jos eilen olisi ollut -25°C pakkasta. Jos aurinko nousi eilen klo 6.50, tiedämme, mihin aikaan se tänään nousee, jne. Vuorokausista koostuvissa sarjoissa tämä vaikutus on usein aivan selvä, vuosista koostuvissa sarjoissa se on heikompi ja epämääräisempi. Näissä taas tulevat häiriötekijöinä esiin useat jaksottaisuudet, jotka voivat muuttaa esim. vuotuisen lämpösomman jopa yli 50% (mm. SIRÉN 1961).

Säätyypit vaihtelevat tavallaan satunnaisesti, mutta toisaalta ei esim. korkeapaineen ja matalapaineen esiintymisiä voi olettaa täysin sattumanvaraiseksi, jos esim. tarkasteltavana aikayksikkönä on vuorokausi. Eri ympäristötekijöiden kohdalla on selvää intensiteetin vuodenaikaista vaihtelua. Näin on paitsi auringon säteilyn ja lämpötilan, myös sademäärän kohdalla (kuva 4). Metsikköekologisen analyysin ympäristötekijöiden aikasarjat johtuvat kliemattisista ilmiöistä, joissa systemaattinen ja vaikeasti ennustettava satunnainen komponentti yhdistyvät (mm. KOLKKI 1969, HEINO 1973).



Kuva 4. Kuukausikohtaiset keskimääräiset sademäärät (pylväät) sekä 90%:n todennäköiset esiintymisrajat (janat) Helsingissä ja Sodankylässä vv. 1901–1960 HUOVILAN (1966) mukaan.

Fig. 4. The monthly mean precipitation (columns) and 90 per cent probability limits (lines) at Helsinki and Sodankylä during period 1901–1960. After HUOVILA (1966).

5. YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN VÄLISET YHTEYDET

5.1. Yleistä

Kaikki ympäristötekijät ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa, ja luonnossa myös aina vallitsee jokin säteilyn tai vastasäteilyn tila, joku lämpötila, tuuli, kosteus jne. Toisaalta analyttinen lähestymistapa, siis periaate että eri ympäristötekijöitä ylimalkaan ero-

tetaan toisistaan edellyttää, että muut tekijät eivät aiheuta kulloinkin tarkasteltavaan ympäristötekijään ainakaan sellaisia virheitä, joiden suuruudesta ei oltaisi selvillä. Periaate on sama riippumatta siitä, millaisia mittauslaitteita käytetään, yksinkertaisia tai monimutkaisia.

5.2. Ympäristötekijöiden väliset yhteydet mittaustoiminnassa

Klassillisen esimerkin siitä, miten yhden ympäristötekijän eristäminen muiden mittauksesta voi olla hankalaa, tarjoaa ilman lämpötilan mittaus. Tuleeko käyttää säteilysuojusta vai ei? Geofysikon vastaus on selvä, tietenkin täytyy: lämpötila «auringossa» on jotain muuta kuin ilman todellinen lämpötila (esim. FRANSILA 1949). Se on anturin lämpötila säteilyn vaikuttaessa siihen. Niinpä lämpötilan mittausturrit yleensä suojataan tavalla tai toisella. Voidaan sanoa, että tällä alalla kukkii kokonainen flora alkaen vanhan teelusikan pesästä tehdyistä buding-suojuksista aina normaaleissa ilmatieteellisissä mittauksissa käytettyihin säköjuihin tai mekaanisesti tuuletettuihin kammioiden saakka (esim. BJÖR 1967). Jos kuitenkin ajattelemme säteilyltä täysin suojattua anturia, sen lämpötilaan vaikuttaa vain välittömässä läheisyydessä olevien ilmamolekyylien sisältämä kineettinen energia. Näin esim. haluttaessa verrata aukean alan ja metsikön ilman lämpöoloja, ne muodostuvat lähes

samoiksi jo *a priori*, koskapa säteilyltä suojatun anturin kannalta on samantekevää, onko sen yläpuolella yksi vai mahdollisesti kaksi suojusta ja tuuli kuljettaa ilmaa kevyesti paikasta toiseen. Näin selittyy mm. usein julkaistu tutkimustulos, että erilaisen metsiköiden lämpöolot olisivat likimain samat, vaikka biologiset todisteet usein viittaavat siihen, että niissä olisi eroa (esim. BAUMGARTNER 1956, GÖHRE ja LÜTZKE 1956, LEIKOLA 1975).

Koska biologit ovat ensisijaisesti kiinnostuneita ekosysteemin biokenoosi-osasta, ainoa riidaton mahdollisuus on mitata lämpötilaa niiden solukoiden sisältä, jotka kulloinkin ovat mielenkiinnon kohteena. Miten sitten sijoitetaan anturit niin, että solukot eivät vahingoitu, on oma ongelmansa, johon tässä yhteydessä ei ole mahdollista syventyä.

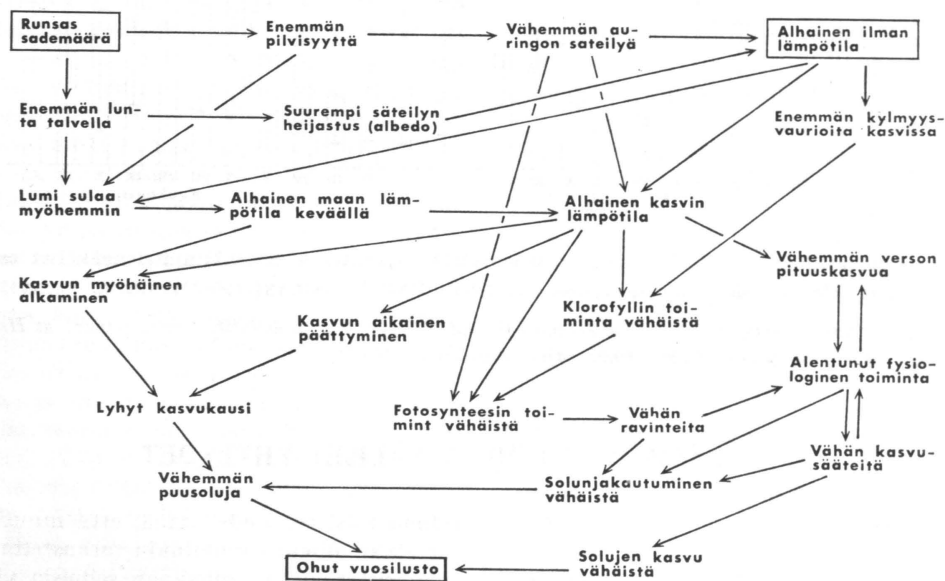
5.3. Ympäristötekijöiden yhteydet aineiston analyysissä

Luonnossa vallitsee eri ympäristötekijöiden välillä korrelaatioita, mutta tämä-

Taulukko 1. Päivittäisten ympäristötekijöiden keskinäiset korrelaatio-suhteet eräässä männikössä Pohjois-Hämeessä kesäkauden (toukok. 20—eloku. 20) aikana vuonna 1964 (LEIKOLA 1969).

Table 1. The mutual correlations between the daily environmental factors in a Scots pine stand in southern Finland during the summer period (May 20.—August 20.) in 1964 (LEIKOLA 1969).

Ympäristötekijä Environmental factor	no nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ilman maksimilämpötila Max. air temperature	1	1.00							
Ilman minimilämpötila Min. air temperature	2	.63***	1.00						
Lämpösumma, > +5° C Degr. hours, > +5° C	3	.93***	.78***	1.00					
Ilman suht. kosteus Air humidity	4	-.44***	.04	-.34***	1.00				
Tuulen nopeus Wind velocity	5	-.02	.11	.03	-.03	1.00			
Auringon säteily Solar radiation	6	.39***	-.06	.32**	-.77***	.16	1.00		
Maan lämpötila Soil temperature	7	.62***	.69***	.64***	.01	-.11	.01	1.00	
Sademäärä Precipitation	8	-.26*	.09	-.20	.18	.10	-.31**	-.34***	1.00



Kuva 5. Runsaan sademäärän ja ilman alhaisen lämpötilan vaikutus puun vuosiluston leveyteen FRITTSIN (1971) mukaan.

Fig. 5. The influence of high precipitation and low air temperature on the width of annual tree rings. After FRITTS (1971).

kään toteamus ei pidä aivan kaikilta osin paikkaansa (taulukko 1). Ajatus kiinteästä korrelaatio-suhteiden verkosta varmistuu seläisillä havainnoilla kuin että aurinkoisella säällä sataa keskimäärin vähemmän kuin pilvisellä, tai että ilman kosteus on sateen sattuessa useimmiten korkeampi kuin aurinkoisella säällä. Tilanne on jossakin määrin verrattavissa sekavaan lankakasaan, jossa jokainen langanpätkä on sidottu toisiinsa. Kun jostakin päästä vetää, muiden ympäristötekijöiden vyyhti seuraa automaattisesti hyvin heikkoja johtopäätösten tueksi: maan

lämpötilan perusteella on vaikeata suoraan päätellä tuulen voimakkuutta jne.

Olemme kehittymässä hyvää vauhtia sen vaiheen ohi, jolloin tyydyttiin vain kuvailemaan, mitä metsikköekosysteemeissä vaikuttavat ympäristötekijät ovat ja kuinka suurina ne kulloinkin esiintyvät. On korostettava, että mielekkäiden johtopäätösten tekeminen mittaustulosten perusteella on koko ekologisen tutkimustoiminnan ydin. Tällöin on varauduttava monivaiheisiin vaikutusmekanismeihin, joiden puitteissa eri ympäristötekijät voivat kukin vuorollaan vaikuttaa erilaisiin biologisiin prosesseihin eri tavoin (kuva 5).

6. KIRJALLISUUS

BARNER, J. 1965. Experimentelle Ökologie des Kulturpflanzenanbaus. Paul Parey, Berlin—Hamburg, 231 s.

BAUMGARTNER, A. Über die Unterschiede in den klimatischen Wuchsbedingungen einer freien und einer überstellten Wiederaufforstungsfläche. Forstw. Cbl. 75: 223—242.

BJÖR, K. 1967. Radiation shelters made of

- foam plastic for air temperature measurement. Medd. Norske Skogforsøksv. 85: 223–232.
- » — 1972. Micro-temperature profiles in the vegetation and soil surface layers on uncovered and twig-covered plots. Medd. Norske Skogforsøksv. 30: 203–218.
- CAIN, S. A. & G. M. DE OLIVEIRA CASTRO. 1959. Manual of Vegetation Analysis. Harper & Br. Publ., New York, 322 s.
- CHROUST, L. 1968. Das Temperaturregime in verschieden durchforsteten Eichen-Stangenhölzern. Allg. Forst-u. Jagtz. 139: 163–173.
- FRANSSILA, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava, Helsinki, 257 s.
- » — 1960. On the measurement of soil temperature in forests and swamps. Ilmat. keskusl. toimit. 52.
- » — 1962. On the temperature conditions in a large aapa bog area in Finnish Lapland. Ilmat. keskusl. toimit. 53.
- FRITTS, H. C. 1971. Dendroclimatology and dendroecology. Quatern. Res. 1: 419–449.
- GEIGER, R. 1965. The Climate near the Ground. (Käänn. 4. saksank. lait. 1961). Harvard Univ. Press, Cambr., Mass., 611 s.
- GÖHRE, K. & R. LÜTZKE. 1956. Die Einfluss von Bestandendichte und -struktur auf das Kleinklima im Walde. Arch. f. Forstw. 5: 487–572.
- HEIKURAINEN, L. & K. SEPPÄLÄ. 1963. Kuiva-
tuksen tehokkuus ja turpeen lämpöalous. Summary: The effect of drainage degree on temperature conditions of peat. Acta Forest. Fenn. 76.4.
- HEINO, R. 1973. Lämpötilan vuorokausivaihtelusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Ilmat. laitos, tutk. seloste 46.
- HOMÉN, T. 1897. Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Acta Soc. Scient. Fenn. 23.3.
- HUOVILA, S. 1958. On the measurement of temperature, humidity and wind velocity very near the ground. Geophysica 6: 243–274.
- » — 1966. Lämpötilan ja sademäärän kuu-
kausi- ja vuosikeskiarvojen todennäköisyy-
- destä Suomessa. Ilmat. keskuslait. tiedon-
ant. 11.
- KALELA, E. K. 1955. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. Acta Forest. Fenn. 65.1.
- KERÄNEN, J. 1920. Über die Temperatur des Bodens und die Schneedecke in Sodankylä nach Beobachtungen mit Thermoelementen. Ann. Acad. Sci. Fenn. A-13.7.
- KOLKKI, O. 1969. Katsaus Suomen ilmastoon. Ilmat. lait. tiedonant. 18.
- LEIKOLA, M. 1969. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Auxanometric study. Acta Forest. Fenn. 92.
- » — 1971. Metsikkösadannan määrä eräässä hoidetussa männikkössä. Summary: Throughfall in a managed Scots pine stand in southern Finland. Silva Fenn. 5: 129–144.
- » — 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84.2.
- » — 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.
- MONTEITH, J. L. 1972. Survey of Instruments for Micrometeorology. IBP Handbook 22. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 263 s.
- PLATT, R. B. & J. GRIFFITHS. 1964. Environmental Measurement and Interpretation. Reinhold Publ. Inc., New York, 235 s.
- PÄIVÄNEN, J. 1966. Sateen jakaantuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. Silva Fenn. 119.3.
- SIRÉN, G. 1961. Skogsgränställen som indikator för klimafluktuationserna i norra Fenoskandien under historiska tid. Summary in Engl. Commun. Inst. For. Fenn. 54.2.
- Säähavainto-opas. 1951. Julk.: Ilmatieteellinen keskuslaitos. Helsinki, 122 s.

SUMMARY:

MEASURING ENVIRONMENTAL FACTORS IN A FOREST ECOSYSTEM

In the article some aspects concerning the measurement of environmental factors are discussed. Among others, positioning and the number of measuring sensors and various sources of error are treated on the basis of experience gained mainly in the Nordic Countries. Special attention is given to the following questions: The correct way

of determining the active surface in a forest ecosystem, the time factor in measurement processes, and the mutual correlative relationships between the environmental factors. Analysis of the data is also taken into consideration. However, measurement devices or their construction are not dealt with in this paper.

WUOLIJOKI, ERKKI

O.D.C. 302

1976. Ergonomical effects of jolting of forest machines. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 7 p. Helsinki.

The paper deals mainly with the effects of jolting of forest tractors and processors on the health and working capacity of the driver. In the literature surveyed there are especially the following points of interest. Jolting of the machines may hamper the focusing of the eyes and mastery of the controls. Long-term exposure to jolting may result in reduced sympathetic nervous activity at rest, and may impair an already existing bak disease. In workers exposed to vibration, gastric changes and changes in reproductive functions are more frequent than normal. Jolting, as also the other negative physical factors of working environment, must be minimized as early as possible during the designing of the machines.

Author's address: Work Efficiency Association, Melkonkatu 16 A, SF-00210 Helsinki 21, Finland.

KÄRKKÄINEN, MATTI

O.D.C. 811.161:174.7 *Pinus silvestris*

1976. Height and width of rays in pine stems. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 5 p. Helsinki.

In this study the width and height of 1588 uniseriate and 454 fusiform rays were measured from tangential sections. The samples originated from four pine trunks and represented various height levels and distances from the pith. The average width of the uniseriate rays was 19,7 μm and that of the fusiform rays, 51,9 μm . The average height of the uniseriate rays was 215,7 μm and that of the fusiform rays, 406,2 μm . Due to this difference in height, it may be possible to develop an automatic system for distinguishing between uniseriate and fusiform rays on the basis of their height.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

HARI, PERTTI, SAIMINEN, RAIMO, PELKONEN, PAAVO,
HUHTAMAA, MIKKO & POHJONEN, VELI

O.D.C. 111. 211:161.32—015.21

1976. A new approach for measuring light inside the canopy in photosynthesis studies. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 9 p. Helsinki.

Light intensity inside the canopy varies considerably both in space and time. A new apparatus is developed which is disturbed as little as possible by the above-mentioned variation. The construction is based on the linear relationship between light intensity and photosynthesis. This procedure permits linear operations (summing and integration) to be carried out on the output of the diodes without any loss of accuracy.

Author's (Hari) address: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

HANNELLIUS, SIMO

O.D.C. 92

1976. Forest ownership changes and forestry. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 17 p. Helsinki.

This paper examines the changes in forest ownership and the farm properties for sale from a business economics standpoint. The changes in forest ownership are examined on the basis of statistics and literature. The empirical data both for farms for sale and farms sold are based on the purchases made by the National Board of Forestry in 1972.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Kornehtitie 8, SF-00380 Helsinki 38, Finland.

KIRJOITUSTEN LAATIMISOHJEET

Silva Fennica-sarjassa julkaistaan lyhyitä metsätieteellisiä tutkimuksia ja kirjoituksia kotimaisilla kielillä tai jollakin suurella tieteellisellä kielellä. Julkaistavaksi tarkoitettu käsikirjoitus on jätettävä Seuran sihteerille painatuskelpoisessa asussa. Seuran hallitus ratkaisee asiantuntijoita kuultuaan, hyväksytäänkö kirjoitus painettavaksi.

Kirjoitusten laadinnassa noudatetaan Silva Fennican numerossa Vol. 4, 1970, N:o 3 painettuja kansainvälisiä ohjeita. Suureissa, yksiköissä sekä symbolien ja kaavojen merkinnoissa noudatetaan ohjeita, jotka ovat suomalaisissa standardeissa SFS 2300, 3100 ja 3101. Oikoluvussa noudatetaan standardia SFS 2324.

Kirjoituksen alkuun tulee julkaisun kielellä lyhyt yhdistelmä tutkimuksen tuloksista. Samoin laaditaan tutkimuksen yhteyteen lyhyt englanninkielinen tiivistelmä, jonka lisäksi kunkin Silvan numeron loppuun painetaan irti leikattavan kortin muotoon kustakin tutkimuksesta englanninkielinen esittely. Sisällysluettelo ei käytetä. Mahdolliset kiitokset esitetään lyhyesti johdannon lopussa ja merkitään painettavaksi petiitillä.

Kuvien ja piirrosten viivapaksuudet ja tekstikoko on valittava siten, että ne sallivat painatuksen vaatiman pienennyksen. Kuvien ja piirrosten painatuskoosta on syytä neuvotella etukäteen toimittajan kanssa, sillä tarpeettomia kustannuksia aiheuttavaa painatuskoko ei sallita. Valokuvien tulee olla teknisesti moitteettomia ja kiiltävälle valkealle paperille suunnitettuja. Värikuvia ei yleensä hyväksytä painettavaksi. Kuvat ja taulukot numeroidaan kummatkin erikseen juoksevasti, ja niiden otsikoista laaditaan erillinen luettelo kirjapainoa varten.

Jos vieraskielisessä lyhennelmässä viitataan tiettyihin kuviin ja taulukoihin, on nämä varustettava vieraskielisin otsikoin ja selityksin. Muut kuvat ja taulukot voivat olla yksikielisiä.

Lähdeviitauksissa tekijännimet sijapäätteineen kirjoitetaan isoin kirjaimin mikäli tekijännimen vartalo on muuttunut. Muutoin taiputus pääte kirjoitetaan pienaakkosin. Esi-merkkejä: KOSKISEN (1972) tutkimus . . . , YLI-VAKKURIN (1972) tutkimus . . . Milloin tekijöitä on kolme tai useampia, mainitaan tekstissä vain ensimmäinen (esim. HEIKURAINEN ym. 1961). Vieraskielisessä tekstissä ym. korvataan merkinnällä et al. Jos julkaisulla on kaksi tekijää viitteessä, pannaan tekijöiden nimien väliin ja-sana painatuskielellä. Esimerkki: KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ (1973, s. 222) osoittivat . . .

Viitekirjallisuus luetteloidaan tekijännimien (kirjoitetaan isoin kirjaimin) mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Jos tekijöitä on useampia, nimet erotetaan pilkulla, paitsi kaksi viimeistä, jotka erotetaan &-merkillä. Tekijän etunimistä suositellaan käytettäväksi vain alkukirjaimia. Tutkimusten nimet kirjoitetaan lyhentämättä. Julkaisusarjoista käytetään nirtä lyhenteitä, jotka on painettu Silva Fennican numerossa Vol. 5, 1971, N:o 2. Täydellisempi luettelo on nähtävissä Seuran toimistossa. Kirjoituksen löytämisen helpottamiseksi mainitaan aikakauslehdistä myös sivunumerot. Suomenkielisistä tutkimuksista otetaan mukaan vieraskielisen lyhennelmän nimi. Volyymi merkitään julkaisusarjan nimen jälkeen. Jos kyseessä on aikakauslehti tai vastaava, numero merkitään volyymin jälkeen suluisa. Sivunumerot erotetaan kaksoispisteellä volyymistä tai suluisa olevasta numerosta. Jos samalla kertaa ilmestynyt volyymi sisältää useita tutkimuksia, merkinnässä sovelletaan ko. julkaisussa noudatettua tapaa. Esimerkkejä:

ILVESSALO, Y. 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the relation between growth and removal in forest stands. — Commun. Inst. For. Fenn. 40.1.

WILCOX, W. W., PONG, W. Y. & PARMETER, J. R. 1973. Effects of mistletoe and other defects on lumber quality in white fir. Wood & Fiber 4 (4): 272—277.

Englanninkielisen lyhennelmän ja mahdollisten kuva- ja taulukkok tekstien käännettävyydestä ja pätevän kieliasiantuntijan tekemästä tarkastamisesta huolehtii kirjoittaja. Seura voi maksaa kustannukset valtiovarainministeriön antamien ohjeiden mukaan. Jos kääntäjän lasku on ohjeiden edellyttämää tasoa korkeampi, kirjoittaja vastaa ylittävistä osuudesta. Lähempiä tietoja antaa Seuran julkaisujen toimittaja.

PELKONEN, PAAVO & SMOLANDER, HEIKKI O.D.C. 181.8: 161.14/16

1976. Increase in gas exchange rate in Scots pine by terminating the winter rest period. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 8 p. Helsinki.

The activation of CO₂ exchange was monitored in two Scots pine seedlings transferred from the field to the laboratory in December. Gas exchange was monitored by an URAS I infrared gas analyzer in a so-called open IRGA-system with trap type chambers. Transpiration was also measured at the same time by weighing the potted seedlings twice a day. The measuring period lasted eleven days. During the period, the level of both transpiration and net photosynthesis increased about ten times. Furthermore, it was found that the level of photosynthesis at high temperatures was relatively lower at the beginning than at the end of the measuring period.

Authors' address: Department of Silviculture, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

JAAITTINEN, ESKO & SAASTAMOINEN, OLLI O.D.C. 907—01

1976. Multiple use of forests: basic research tasks. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 7 p. Helsinki.

The article is a summary of a long-term research programme which has been prepared at the Finnish Forest Research Institute. The objective of the programme is to define and subdivide the field of multiple use research to be done at the institute and so improve both the research planning and the coordination of the work in this field between the different research departments.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

KELLOMÄKI, SEPPÖ & POHJAPELTO, PIRKKO O.D.C. 111.772

1976. The distribution of throughfall in a virgin spruce stand. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 8 p. Helsinki.

The aim of the paper is to study the amount and distribution of rainfall in a virgin spruce stand. Special attention has been paid to the dependence of throughfall on the characteristics of the precipitation falling on an open area and the stand.

The throughfall was 62 % of the precipitation in the open. The best independent variable as regards the throughfall was the amount of precipitation falling in the open. The heaviness of precipitation in the open gave no meaningful correlation. Horizontal layout of the stand was found to have some effect on the throughfall. The throughfall was also influenced by the tree species composition of the stand. Only 52 % of the total variance of the amount of water caught by the rain gauges could be predicted with the characteristics of the precipitation in the open and the stand.

Authors' address: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B F-00170 Helsinki 17, Finland.

LEIKOLA, MATTI O.D.C. 111.0+114.1+181.2

1976. Measuring environmental factors in a forest ecosystem. — SILVA FENNICA Vol. 10, No. 2, 9 p. Helsinki.

In the article some aspects concerning the measurement of environmental factors are discussed. Special attention is given to the following questions: The correct way of determining the active surface in a forest ecosystem, the time factor in measurement processes, and the mutual correlative relationships between the environmental factors. Analysis of the data is also taken into consideration.

Author's address: Department of Silviculture, The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

KANNATAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA
SUNILA OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB
OY KAUKAS AB
KEMIRA OY
G. A. SERLACHIUS OY
KYMI KYMMENE
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO
KOIVUKESKUS
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS
OY TAMPELLA AB
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ
KEMI OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
OY HACKMAN AB
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ
RAUMA-REPOLA OY
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS
JAAKKO PÖYRY & Co
THOMESTO OY