

HUOMIOITA MÄNNYN JA KUUSEN
PITUUSKEHITYKSEN »VUOTUISESTA»
JA VUOROKAUTISESTA JAKSOSTA

MARTTI HERTZ

METSÄNHOITAJA, M. M. KAND.
METSÄTIETEELLINEN TUTKIMUSLAITOS,
HELSINKI

*BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE »JÄHRLICHEN»
UND TÄGLICHEN PERIODEN IM LÄNGENWACHSTUM
DER KIEFER UND FICHTE*

1. KASVIEN PITUUSKEHITYKSEN JAKSOISTA YLEENSÄ

Säännöllisesti kehittyvän kasvin pituuskasvu on alussa hidas, muuttuu vähitellen ripeämmäksi, saavuttaa nopeusmaksiminsa, hidastuu ja lopulta taukoaa. Yksivuotisten kasvien pituuskasvu kestää muutamasta vuorokaudesta useaan kuukauteen; puukasveilla sitä riittää vuosikymmeniksi.

Jos kasvin pituuskehitys kestää useampia vuosia, todetaan siinä vuosittain toistuva kasvu- ja lepoajan vuorottelu. Vuotuista pituuskasvua nimitämme tässä tapauksessa pituuskehityksen »vuotuiseksi» jaksoksi. Tälle jaksolle on samaten kuin pituuskehitykselle kokonaisuudessaan ominaista alussa hidas, vähitellen nopeammaksi käyvä pituuden lisääntyminen, kasvunopeuden maksimi ja senjälkeen tapahtuva hidastuminen sekä taukoaminen kasvukauden lopussa.

Kolmatta pituuskehityksen jaksoa nimitämme tässä vuorokautiseksi. Sekin on aaltomainen: kasvunopeuden minimi sattuu yleensä päivällä, maksimi illalla. Ilmiö johtuu ulkoisista vuorokausittain vaihtuvista tekijöistä, lähinnä valosta ja lämpötilasta. Kun valonpuute yleensä edistää kasvin pituuskasvua, vaikuttaa yö tässä suhteessa kiihoittavasti pituuskehitykseen. Se että kasvi siitä huolimatta usein kasvaa yöllä keskimäärin vähemmän kuin päivällä, johtuu siitä, että toinen vuorokautiseen jaksoon vaikuttava päätekijä, lämpötila, on yöllä yleensä alhaisempi kuin päivällä. Niinpä heinäk. 8—13 p:nä 1925 20:stä ruusupavusta (*Phaseolus multiflorus*) mittaamani keskimääräinen pituuskasvu päivän (klo 10—22) ja yön (klo 22—10) aikana oli seuraava (alleviivatut luvut esittävät yökasvu-arvoja): 6.6—5.2—4.3—3.1—3.2—2.7—3.4—2.7—3.7—2.8 cm. eli koko ajalta keskimääräinen päiväkasvu 4.2 cm., yökasvu 3.3 cm. Kun sitävastoin

SACHS¹ kehitti koekasviaan likipitään muuttumattomassa lämmössä ja kosteudessa, hän päätyi pituuskasvua tarkatessaan tuloksiin, jotka todistivat valon ratkaisevaa merkitystä sille: kasvunopeus kohosi maksimiinsa aamulla heti auringon nousun jälkeen, hidastui siitä lähtien iltaan asti alkaakseen uudelleen, usei jo ennen auringon laskua, kohota. — Kasvunopeusmittarilla, auxanometrilla, on lisäksi todettu, että valon puutteen vaikutus näyttäytyy pituuskasvussa »myöhästyneenä»: rukiinkorren pituuskasvun nopeusmaksimi esim. sattuu useita tunteja vuorokauden pimeimmän hetken ja minimi saman verran vuorokauden valoisimman ajan jälkeen.²

2. MÄNNYN JA KUUSEN PITUUSKEHITYKSEN JAKSOJEN TUTKIMISTA VARTEN TEHDYT MITTAUKSET

Aineistoa kerätessäni vuosina 1925—1928 kiinnitin päähuomioni mäntyyn. Aineisto jäi aukkoiseksi lähinnä siitä johtuen, että olin muiden tehtävieni takia pakoitettu milloin lyhyemmiksi milloin pitemmiksi ajoiksi poistumaan havaintopaikalta. Tämä koskee varsinkin pituuskasvun vuorokautista jaksoa selvittävää aineistoa, jonka saaminen täydelliseksi ilman auxanometrin käyttöä oli suorastaan mahdotonta. Aineisto on aukkoisuudestaan huolimatta nähdäkseni kuitenkin riittävä pohjaksi tuonnempana esitettävälle johtopäätöksille.

Kesällä 1925 seurattiin viiden 5—8 vuotisen 40—100 cm. korkean männyn pituuskehitystä. Havaintopaikka sijaitsee puolukkatyyppisen mäntymetsän aukossa yliopiston metsänharjoittelu- asemalla Korkeakoskella (61° 50¹/₂'). Kukin koetimi sidottiin millimetrijaotuksella varustettuun tukikeppiin ja pituusarvot luettiin siten, että kasvaimen huipun tasalta tarkastettiin takana sijaitsevaa mittaa. Menettely oli siis periaatteeltaan sama kuin lämpötilan mittaaminen tavallisella lämpömittarilla. Pituusarvot määrättiin ¹/₂ mm. tarkkuudella. Pituuskasvuhavainnot ja samanaikaiset

¹ Vrt. JOST (1908) siv. 416.

² Vrt. ELFVING (1921).

säätilamerkinnot tehtiin 19/V—10/VII välisenä aikana, 50 vuorokautena, tavallisesti kahdesti vuorokaudessa, klo 8 ja 22.

Kesällä 1926 seurattiin kahdeksan 1.7—2.1 m. korkean 12-vuotisen männyn pituuskehitystä. Havaintopaikka sijaitsee käenkaali-mustikkatyyppin luontoisella mutta kuivahkolla etelärinteellä metsän aukossa Evon metsäkoulun alueella (61° 15'). Havaintojen teko suoritettiin samalla tavalla kuin edellisenä kesänä. Mittauksia tehtiin 15/V—1/VII välisenä aikana, 41 vuorokautena. Sen johdosta että useimpina vuorokausina suoritettiin monta mittausta, toisinaan 2-tuntisin väliajoin, mittausten kokonaislukumäärä yksistään puheena olevana kesänä nousi verraten suureksi — 1424:ksi. Yksi koetaimista varattiin erilaisiin tuonnempana selostettaviin kokeiluihin. — Samalta havaintopaikalta valittiin 7 1.3—1.8 m. korkeata n. 20 vuotista kuusta koepuiksi. Mittaukset suoritettiin niistä samalla tavalla kuin männnyistä.

Kasvukausina 1925 ja 1926 tehdyt lämpötilahavainnot eivät puutteellisuutensa ja suureksi osaksi sopimattoman sijoituksensa vuoksi sovellu vuorokautisten keskilämpötilojen määräämisen pohjaksi. Kun näillä luvuilla käsillä olevan tutkimuksen kannalta kuitenkin on merkitystä, hankittiin Meteorologiselta keskuslaitokselta osastonjohtaja tri J. Keräsen suosiollisella myötävaikutuksella havaintopaikkoja lähinnä sijaitsevien meteorologisten asemien havaintoihin perustuvat vuorokautiset keskilämpötila-arvot. Kesän 1925 lämpötila-arvot on siten saatu Oriveden meteorologiselta havainto-asemalta, joka sijaitsee 18 km. etelään Korkeakosken havainto-paikasta. Kesän 1926 keskilämpötila-arvot taas saatiin Hattulan Pekolan havainto-asemalta, joka sijaitsee 40 km. lounaaseen Evon havaintopaikasta.

Kesällä 1927 ei käsillä olevaa tutkimusta varten kerätty aineistoa.

Kesällä 1928 suoritettiin tuonnempana selostettavat mittaukset männyn kääpiöversojen lukumäärän ja kasvaimen pituuden välisen suhteen selvittämiseksi.

Tilan säästämiseksi jätetään julkaisematta aineisto, joka v:n 1928 mittauksista kertynyttä osaa lukuunottamatta käsittää tulokset n. 2600:sta eri mittauksesta sekä melkoisen joukon säätilamerkinnot.

3. MÄNNYN PITUUSKEHITYKSEN »VUOTUINEN» JAKSO

Kun tarkataan männyn pituuskehitystä vuotuisen kasvukauden eri aikoina, havaitaan siinä kasvujaksolle ominainen aaltomainen luonne selvästi: ollen alussa hidas pituuskasvu ajan mittaan käy nopeammaksi hidastuakseen jälleen maksiminopeuden tultua saavutetuksi, ja lopulta tauotakseen. Korkeakoskella (1925) tehtyjen mittausten mukaan 4-vuorokautisten jaksojen keskimääräiset pituuskasvutulokset olivat seuraavat:

15	—19/V	0.0 mm.	12	—16/VI	17.0 mm.
19	—23/V	4.4 »	16	—20/VI	15.4 »
23	—27/V	7.0 »	20	—24/VI	10.4 »
27	—31/V	16.0 »	24	—28/VI	5.6 »
31/V—4/VI	20.4 »		28/VI—2/VII	2.0 »	
4	—8/VI	23.0 »	2	—6/VII	1.4 »
8	—12/VI	27.0 »	6	—10/VII	1.4 »

Evolla (1926) tehtyjen mittausten mukaan olivat 8-vuorokautisten jaksojen keskimääräiset pituuskasvutulokset seuraavat:

9	—17/V	2.0 mm.	2—10/VI	109.8 mm.
17	—25/V	15.4 »	10—18/VI	66.0 »
25/V—2/VI	33.4 »		18—26/VI	48.5 »

Edelleen havaittiin Evolla, että pituuskasvu

27	—31/V	oli	11.6 mm.
31/V—4/VI			29.2 »
4	—8/VI		73.2 »
6	—10/VI		67.0 »

Nämä lukusarjat osottavat, että v. 1925 tehtyjen havaintojen mukaan nopein pituuskasvu tapahtui kesäkuun 8—12 p:nä ja v. 1926 havaintojen mukaan kesäkuun 4—8 p:nä. Tutkimusaineistosta huomataan edelleen, että pituuskasvu ensimmäisellä koetaimella alkoi edellisenä kesänä toukokuun 19 p:nä klo 12—16, vii-

meisellä taimella, 20/V alkaneen kylmäkauden päätyttyä, toukokuun 25 p:nä. Pituuskasvu päättyi viimeeksi kasvunsa alottaneella yksilöllä ensimmäiseksi, kesäkuun 27 p:nä; muista yksilöistä lopetti yksi pituuskasvunsa heinäkuun 3 p:nä ja toinen heinäk. 8 p:nä. Näillä kolmella yksilöllä oli pituuskehityksen »vuotuisen» jakson pituus 33—50 vrk. Kaksi jäljelläolevaa jatkoi heikosti kasvuaan vielä havainnonteon päättyessä heinäk. 10 p:nä. — V. 1926 tehtyjen havaintojen mukaan pituuskasvu alkoi kolmella taimella toukok. 15—16 p:n välisenä yönä, kolmella seuraavalla seuraavaan iltaan mennessä ja kahdella viimeisellä 16—17 p:n välisenä yönä. Pituuskasvua oli havainnonteon päättyessä heinäk. 1 p:nä klo 4 kaikilla koetaimilla vielä huomattavissa, joten »vuotuisen» kasvukauden pituudesta ei tässä tapauksessa voida esittää lukuja. Se oli kaikilla taimilla joka tapauksessa pitempi kuin 44 vrk.

Käytännössä joutuu, kasvuprosentin laskemisen yhteydessä, ratkaistavaksi kysymys siitä, milloin männyn latvakasvain on saavuttanut täyden mittansa. Edellä esitetyt havainnot eivät tietenkään riitä vastauksen antajiksi tähän kysymykseen, joskin ne jossain määrin sitä valaisevat. Ruotsissa alkaa ROMELLIN (1926) laatiman yhteenvedon mukaan männyn pituuskasvu maan eteläosissa keskimäärin (4:stä vuodesta laskettuna) 8/V ja pohjoisosissa n. 22 päivää myöhemmin. BURGERIN (1926) havaintojen mukaan tasankomänty Adlisbergin kokeilupueistossa Sveitsissä alottaa pituuskasvunsa jo 29—31/III. Edelleen ROMELLIN mukaan männyn pituuskasvukausi vaihtelee Ruotsissa keskimäärin 37—61 vrk. ja päättyy maan eteläosassa keskimäärin 26/VI—3/VII, keski- ja pohjoisosissa 1—24/VII.

LAITAKARIN (1920) y.m. tutkimuksista käy selville, että männyn pituuskasvun suhteellinen määrä läheisesti riippuu edellisen kesän jälkiosan lämpötilasta. Mitä korkeampi se on, sitä suurempi on seuraavana kesänä pituuskehityksen kokonaistulos. Tämän ilmiön ymmärtämiseksi on otettava huomioon, että kesän kuluessa kehittyvä kasvainaihe jo syksyllä on kaikkine kääpiöversoaiheineen valmis (CIESLAR 1907.) Kun lisäksi, kuten jalempänä selostettavat havaintoni osottavat, kääpiöversoitiheys on eri vuosina muodostu-

neissa latvakasvaimissa keskimäärin sama, on ilmeistä, että sen kesän sääsuhteet, jona kasvainaihe muodostuu, säätävät sekä seuraavana kesänä täyteen mittaansa kehittyvän latvakasvaimen kääpiöversojen luvun että myös sen pituuden. Vertaamalla latvakasvainaiheen ja edellisen kasvaimen kääpiöversojen lukuja toisiinsa ja huomioonottaen jälkimmäisen pituus voidaan likipitään arvioida, kuinka pitkäksi seuraavan kesän kasvain olisi kehittynyt.

Valaistakseni, missä määrin saman mänty-yksilön eri vuosina muodostuneissa kasvaimissa kääpiöversojen tiheys todella pysyy muuttumattomana, keräsin Evon valtionpuistosta kolme pientä havaintosarjaa. Sarja n:o 1 käsitti 30—40 vuotisia mäntyjä CT-kankaalla, n:o 2 15 vuotisia mäntyjä ojitetulla suolla ja n:o 3 samalla paikalla ja saman ikäisiä mutta jonkin verran kookkaampia mänty-yksilöitä kuin n:o 1. Molemmissa edellisissä havainnonteko kohdistui 10:n männyn vuosikasvaimiin 1926 ja 1927, sarjassa n:o 3 9:n männyn vuosikasvaimiin 1927 ja 1928. Kääpiöversojen keskimääräinen tiheys määrättiin siten, että kasvaimen keskiosasta leikattiin 80—100 mm. pituinen kappale ja sen pituus jaettiin kääpiöversojen lukumäärällä. — Havainnot osottivat, että kääpiöversojen tiheys yksityistapauksissa jonkun verran vaihtelee saman mänty-yksilön eri vuosikasvaimissa, mutta että useista yksilöistä lasketut eri vuosikasvaimien keskimääräiset kääpiöversotiheydet ovat jotenkin tarkkaan samat. Siten oli kääpiöversojen keskimääräinen tiheys havaintosarjassa n:o 1) v. 1926 1.10 mm. ja v. 1927 samoin 1.10 mm.; havaintosarjassa n:o 2) v. 1926 1.58 mm. ja v. 1927 1.51 mm.; havaintosarjassa n:o 3) v. 1927 1.30 mm. ja v. 1928 1.36 mm.

Edellä on valaistu sitä tosiasiaa, että männyn pituuskasvun kokonaistulos kuvastaa edellisen kesän lämpötilaa. Diagrammeista 1 ja 2 näkyy ilmeistä yhdenmukaisuutta saman kesän lämpötila-kehityksen ja männyn pituuskehityksen rytmin välillä: lämmön kohoaminen edistää, sen lasku ehkäisee pituuskasvua.

4. MÄNNYN PITUUSKEHITYKSEN VUOROKAUTINEN JAKSO

Sensijaan että männyn koko pituuskasvukausi on terveen puun elinikää lyhyempi ja puun »vuotuinen» pituuskehitysjakso todellisuudessa kestää ainoastaan parin kuukauden tai sitäkin lyhyemmän ajan, vuorokautinen jakso käsittää koko vuorokauden. Kuitenkin lämpötilan laskiessa kyllin alas pituuskasvua voidaan todeta ainoastaan osalla vuorokautta.

Myöskin vuorokautisen pituuskehitysjakson luonne on aaltomainen. Tämä näkyy selvästi diagrammasta 3 ja seuraavasta taulukosta, joka esittää kuutena vuorokautena 1926 Evolla etupäässä 2 tunnin väliajoin tehtyjen mittausten tuloksia.

7:n männyn keskimääräinen pituuskasvusumma tunnissa: mm.

Vuorokausi	Klo							
	22—8	8—10	10—12	12—14	14—16	16—18	18—20	20—22
31/V—1/VI....	1.0	1.7	1.7	1.5	3.0	4.3	4.0	4.0
4—5/VI....	4.0	4.3	3.3	3.5	5.5	5.5	6.5	5.0
6—7/VI....	4.9	6.3	4.5	4.8	8.3	8.3	10.5	9.8
7—8/VI....	5.8	4.5	5.8	4.8	9.0	9.3	6.8	7.3
8—9/VI....	2.6	1.5	0.3	0.8	1.8	2.0	3.5	2.0
30/VI—1/VII..	0.5	0.0	0.0	0.5	3.0	4.8	3.3	1.7
Keskiarvo	3.1	3.0	2.6	2.7	5.1	5.7	5.8	5.0

Tähän liittyvät vielä seuraavat mittaustulokset:

4—5/VI klo 22—4: 4.4 — klo 4—6: 4.0 — klo 6—8: 2.5
 7—8/VI » 22—3: 5.8 — » 3—8: 5.9
 29—30/VI » 22—4: 1.4 — » 4—6: 1.5 — » 6—8: 0.8

2 tunnin väliajoin tehtyjen havaintojen vähälukuisuuden vuoksi tulkoot vielä mainituiksi seuraavat huomiot: 23 vuorokautena 15/V—25/VI 1926 tehdyistä mittauksista saadaan eri vuorokauden ajoille seuraavat keskimääräiset tuntikasvuvarvot:

Klo	8—13:	1.53	mm.
»	13—20:	2.73	»
»	20—8:	1.76	»

Edellä esitetyt luvut osottavat, että mäntyjen pituuskasvu oli nopein iltapäivällä, ja että yökasvun keskim. suuruus ylittää aamupäiväkasvun määrän. Taulukossa olevat ja välittömästi siihen liittyvät lukusarjat kuvaavat vasta mainittua kasvunopeuden vaihtelua yksityiskohtaisemmin: pituuskasvunopeuden minimi näyttää yleensä sijoittuvan aikaan klo 6—8. Senjälkeen kasvunopeus lisääntyy pudotukseen uudelleen: toinen minimi sattuu klo 10—14. Tämän jälkeen alkanut kasvunopeuden lisääntyminen jatkuu aikaan klo 18—20 asti, jolloin pituuskasvun vuorokautinen jakso saavuttaa huippunsa. Maksimikohdan sivuutettuaan kasvunopeus läpi yön verkalleen vähenee.

Yksityisten mäntyjen kasvutuloksista mainittakoon tässä ainoastaan, että suurin vuorokautinen pituuskasvu oli 35 mm (7—8/VI 1926). Ripein 2:n tunnin pituuskasvu todettiin samalla männyllä, jolta edellinen ennätys mitattiin, 7/VI 1926 klo 16—18: 5 mm.

Selvitettäessä tehtyjen havaintojen nojalla syitä männyn pituuskasvun vuorokautiseen jaksottaisuuteen tarkastettaviksi on otettava luonnollisesti vain sellaisia tekijöitä, jotka noudattavat samaa vuorokautista jaksottaisuutta. Sellaisia ovat lähinnä valon ja lämmön vaihtelut. Sensijaan en kosteussuhteilla todennut tässä suhteessa olleen merkitystä. »Näennäisenä» tekijänä on otettava huomioon kasvaimen nestejännitys, se kun runsaan haihdutuksen johdosta vähenee aiheuttaen kasvaimessa tilapäisen kutistumisen ja siten estäen kasvutulosten todellista suuruutta näkymästä. Nestejännityksen vaikutus lisää näennäisesti kasvaimen pituutta haihdutuksen ollessa pieni, siis illasta seuraavaan aamuun, ja vähentää sitä näennäisesti varsinkin keskipäivän jälkeen, jolloin haihdutus tavallisesti on suurin. Kun todellisuudessa pituuskasvu päinvastoin juuri keskipäivän jälkeen muuttuu nopeammaksi ja illasta lähtien taas hidastuu aamuun asti, ei nestejännityksellä näytä olevan osuutta vuorokautisen jakson pääsuuntaan, jota edellä selostettiin, jollei sel-

laisena mahdollisesti ole pidettävä kasvunopeuden toista, klo 10—14 sattuvaa minimiä. Sitähän voisi ehkä ajatella suhteellisen alhaisen aamun lämpötilan ja äkkiä alkaneen haihdutuksen yhteistulokseksi.

Aikaisemmin on jo osotettu lämpötilan läheinen vaikutus vuorokautisiin kokonaiskasvutuloksiin. Koettaessani seuraavassa selittää, mikä osuus toisaalta lämpö- toisaalta valotekijällä on vuorokautisen pituuskasvujakson rakenteeseen, viittaa ensiksi edellä esitettyihin lukuihin, jotka osottavat pituuskasvun keskimääriä vuorokauden eri aikoina. Niistä näkyy selvästi, että päivän aikana tapahtuva pituuskasvu on paljon suurempi kuin yöllä tapahtuva. Samaa osottivat v. 1925 tehdyt havainnot: 34 vuorokautena oli päivän (klo 8—20) aikana tapahtunut pituuskasvu keskim. tuntia kohti 0.20 mm., yön (klo 20—8) kasvu ainoastaan 0.10 mm. — Asian jatkuvaksi selvittämiseksi vertaamme toisiinsa keskimääräistä päivä- ja yökasvua kasvukauden eri aikoina:

1925	12—17/VI	päiväk.	0.22	mm.	yök.	0.10	mm.
	18—25/VI	»	0.13	»	»	0.10	»
1926	15—31/V	»	0.11	»	»	0.06	»
	4—10/VI	»	0.65	»	»	0.61	»
	22—27/VI	»	0.26	»	»	0.33	»

Nämä luvut samoin kuin diagrammat 4 ja 5 osottavat, että yökasvu päiväkasvuun verrattuna enenee kasvukauden kuluessa, saatapa sen lopussa olla päiväkasvua suurempi. Yökasvun suhteellinen osuus lisääntyy siis samanaikaisesti kuin pituuskasvua lisäävä valonpuute vähenee. Olettaen että valon lisääntyminen tässäkin tapauksessa jarruttaa pituuskasvun nopeutta on todettavissa, että toisen merkitsevemmän tekijän vaikutus on päinvastainen. Tämä tekijä, yön lämpötila, onkin kuten tunnettua puheenaolevan kasvukauden lopussa paljon tuntuvampi kuin sen alkupuolella. Havaintoni osottavat, että yön aikana tapahtuva pituuskasvu ylittää päiväkasvun kasvukauden alkupuolellakin, jos vain yön lämpötila on päivän lämpötilaa korkeampi. Niinpä lämpötila toukok. 17 p:nä 1926 oli klo 8 + 7.0° C, klo 13 + 10.5°, klo 20 samoin + 10.5° ja seuraavana, 18 p:nä klo 8 + 17.0°. Yön keskilämpö oli siis ilmeisesti korkeampi

kuin edellisen päivän. Tämän mukaisesti myös yökasvu 17—18 p:nä todella oli paljon suurempi kuin 17 p:nä. (Kts. diagr. 5.)

Lämpötekijän ollessa näin ratkaisevan kysytään, voidaanko valon vaikutusta männyn pituuskasvuun lainkaan todeta. Tähän antaisivat parhaan vastauksen sellaiset tapaukset, joissa päivän ja yön sääsuhteet olisivat olleet samallaiset ja joissa siis lämpötekijän vaikutus eliminoituisi. Tällaisten havaintotapausten puutteessa sopivat osviitoiksi sellaisetkin, joissa päivän lämpötila on vain vähän korkeampi kuin viereisen yön. Näin oli asianlaita todella useinakin vuorokausina kasvukauden lopulla 1926. Että tällaisissakin tapauksissa yön kasvutulos ylittää päivän kasvutuloksen, saanee selityksensä juuri valonpuutteen pituuskasvua kiihoittavasta vaikutuksesta.

Tämän jälkeen olisi selvitettävä, kuinka pian lämpötilan vaikutus kuvastuu männyn pituuskasvussa. Edellä olleesta taulukosta ja siihen liittyvistä luvuista huomattiin, että pituuskehityksen vuorokautisessa jaksossa voidaan todeta kaksi minimikohtaa. Näistä 10—14 sattuvan otaksuttiin olevan osaksi »näennäisen», nestejännityksen herpaantumisen johtuvan osaksi verraten alhaisen aamu-lämpötilan aiheuttaman. Sensijaan aikaisempi, klo 6—8 sattuva minimi juontuu ilmeisesti vuorokauden minimilämpötilasta, joka kyseenä olevana aikana sijoittuu klo 3:n tienoille. Lämpötilan vaikutus »myöhästyisi» siis tässä tapauksessa n. 4 tuntia. Kasvunopeuden maksimi taas sattuu klo 18—20 aikaan ja lämpömaksimi klo 14—15 aikaan. Tässäkin on vaikutusaika suunnilleen 4 tuntia.

Vasta selitetystä »säännöstä» totesin selvän poikkeuksen 8/VI 1926. Lämpötilan ja pituuskasvun kehitys oli silloin seuraava:

Klo	Mitattu lämpötila ° C	Mitattu keskim. pituus- kasvusumma tunnissa: mm.
3	15.0	5.8
8	22.0	5.8
10	25.0	4.5
12	27.5	5.8
14	28.0	4.8
16	28.0	9.0

17.50	24.0	—
18	18.0	9.3
20	20.5	6.8
22	18.0	7.3

Jyrkän lämpötilan laskun juuri ennen klo 18 aiheutti äkillinen ukkos-raesade: maanpinta peittyi rakeilla, joiden määrä sulatettuna vastasi n. 2 mm. vesipylvästä. Merkille pantava on heti sen jälkeen pituuskasvussa todettu lasku, joka on sitäkin silmiinpistävämpi, kun sen tilalla tavallisesti on merkitty vuorokautisen pituuskasvun maksimi. Edelleen klo 20 — rajuilman päätyttyä — todetaan uusi lämpötilan nousu ja klo 22 havaitaan samansuuntainen muutos myöskin pituuskasvun kehityksessä. (Vrt. myös diagr. 3.)

Asian jatkuvaksi valaisemiseksi selostan eräitä tähän asti huomiota vaille jääneellä männyllä n:o 8 suoritettuja kokeita. Tallettuani kokeilutarkoitusta varten melkoisen määrän lunta peitin 22/V klo 21 maanpinnan puheena olevan nuoren taimen tyven ympärillä, metrin säteen etäisyydellä siitä, lumella, joka sulamisen estämiseksi suojattiin lehtikarikkeilla. 24/V klo 9 mittasin maan lämpötilan lumipeitteen alta 5 cm syvyydeltä ja sain tulokseksi + 3° C. Viereisen koetaimen kohdalla maan lämpötila samanaikaisesti oli + 12° C. Lunta pidettiin männyn n:o 8 tyven ympärillä yhtäjaksoisesti 29/V loppuun. Viimemainitun päivän iltana ympäröin myöskin latvakasvaimen yön ajaksi lumella jättämällä sen kärjen kuitenkin vapaaksi.

Diagramma 6 esittää puheenaolevan männyn pituuskasvua kokeiden aikana. Vertauksen vuoksi esitetään katkoviivalla 7:stä muusta koemännystä laskettu keskimääräinen pituuskehitys. Verrattaessa molempia viivoja keskenään ei voida huomata sellaista eroa, joka viittäisi lumen sen paremmin männyn tyven kuin kasvaimen ympärillä hidastuttaneen pituuskasvua. — 23—24/VI klo 23—3 pidettiin kasvaimen ympärillä palavaa lantaa. Täten aikaansaatu ulkoilmaa melkoisesti korkeampi lämpö ei liioin aiheuttanut näkyvää pituuskasvun paranemista.

Kesällä 1925 tekemieni havaintojen mukaan männyn pituuskasvu on varsin heikko tai kokonaan taukoaa, kun ilman lämpö useampien

tuntien ajaksi laskee $+ 10^{\circ} \text{C}$ alapuolelle. Selostamani kokeet taas viittaavat siihen, että männyn tyveä ympäröivän maan samoin kuin kasvavaa kasvainta ympäröivän ilman lämpötila voi laskea melkoista alemmaksikin, ilman että pituuskasvu sen johdosta hidastuu. Näyttää siis siltä, että ilman lämpötila ei välittömästi vaikuttaisi männyn pituuskasvuun, vaan ainoastaan sikäli kuin auringon säteily ensin saa aikaan muutoksia maan lämpötilassa ja nimenomaan siinä osassa maata, johon varsinainen toimiva juuristo leviää. Sitä mukaa kuin insolatio aiheuttaa muutoksia puheena olevien maakerrostumien lämpötilassa, vastaavia muutoksia tapahtuisi myös pituuskehityksen rytmissä. Tässä kenties piilee selitys edellä mainittuun ilman lämpövaikutuksen »myöhästymiseen». Т. Н. Ромэнin (1897) elokuun 10—16 p:nä 1893 Kirkkonummella tekemien mittausten mukaan ilman lämpötilan maksimit sattuivat keskimäärin klo 14.26 ja hiekkamaan lämpötilan maksimit 20 cm. syvyydessä keskim. klo 18.51. Vastaavat minimi sattuivat keskimäärin klo 4.17 ja 8.43. Molempien maksimi arvojen ja molempien minimi arvojen ero on tässä tapauksessa jotenkin täsmälleen yhtä suuri kuin ilman lämpötilaekstreemien ja männyn pituuskasvuekstreemien välinen aika. Näyttää siis siltä, että pituuskasvussa todetut vaihtelut ovat samanaikaisia kuin maan lämpötilavaihtelut niissä maakerroksissa, joihin havaintomäntyjen toimivat juuret lähinnä leviävät, ja että siten vuorokautisen pituuskasvujakson rakenne, pituuskasvun rytmi, kuvastaa samanaikaisia maassa tapahtuvia lämpötilavaihteluita. — Mistä vihdoin johtui, että ennen mainittu raesade aiheutti miltei heti todettavan laskun pituuskehityksessä? Luonnollinen selitys on se, että sulavat rakeet sitoivat nopeasti lämpöä aiheuttaen maan lämpötilassa äkillisen laskun. Pituuskasvun nopea elpyminen raesateen jälkeen taas saanee selityksensä siitä, että syvemmissä maakerroksissa säilynyt lämpö nopeasti joutui kostean maan välityksellä jäähtyneisiin pintakerroksiin.

Samalla kun myönnetään, että edellä esitetty oletamus maaperän lämpötilan äkillisestä vaikutuksesta pituuskasvuun tuntuu jossain määrin yllättävältä, on syytä korostaa, etteivät vähälukuiset kokeeni riitä takaamaan, että se olisi oikea.

5. HAVAINTOJA KUUSEN PITUUSKEHITYKSESTÄ

Havaintojen teon kohteiksi valitut kuuset alottivat pituuskasvunsa toukokuun 23—30 p:n välisenä aikana eli keskimäärin 9 vuorokautta myöhemmin kuin männyt. Milloin niiden pituuskasvu taukosi, jää — havainnonteen keskeytymisen vuoksi — vastausta vaille. Mainittakoon tässä yhteydessä, että ROMELLIN (1926) laatiman yhteenvedon mukaan kuusen pituuskasvu alkaa Etelä-Ruotsissa vasta toukokuun lopulla tai kesäkuun alussa (29/V—21/VI) ja pohjoisosissa 5/VI—21/VI. BURGERIN (1926) havaintojen mukaan kuusi alottaa Adlisbergin kokeilupuitossa Sveitsissä pituuskasvunsa toukokuun keskivaiheilla tai lopussa. Edelleen ROMELL mainitsee kuusen pituuskasvukauden vaihtelevan Ruotsissa keskimäärin 36—50 vrk. ja päättyvän maan etelä- ja pohjoisosissa aivan samoina aikoina: 11/VII—30/VII.

Evolla 1926 suoritetuista mittauksista saadaan seuraavat 8-vuorokautiset pituuskasvutulokset:

9—17/V	0.0 mm.	2—10/VI	44.3 mm.
17—25/V	0.4 »	10—18/VI	44.1 »
25/V—2/VI	8.4 »	18—26/VI	37.6 »

Kuusen pituuskasvunopeuden maksimi näyttää siis sattuneen samoille päiville kuin männyn. Kasvunopeus ei kuitenkaan vähene läheskään niin jyrkästi kuin männyllä.

Pituuskehityksen vuorokautisen jakson kuvaamiseksi tehtiin seuraavassa selostettavat mittaukset:

Kuusien pituuskasvusumma keskim. tuntia kohden.

23—24/VI	klo	8—13: 1.3 mm.	klo	10—12: 0.5 mm.
		13—18: 0.6 »		12—14: 1.7 »
		18—20: 3.0 »		14—16: 2.0 »
		20—22: 1.3 »		16—18: 5.0 »
		22—3: 1.8 »		18—20: 2.8 »
		3—10: 0.4 »		20—22: 3.8 »

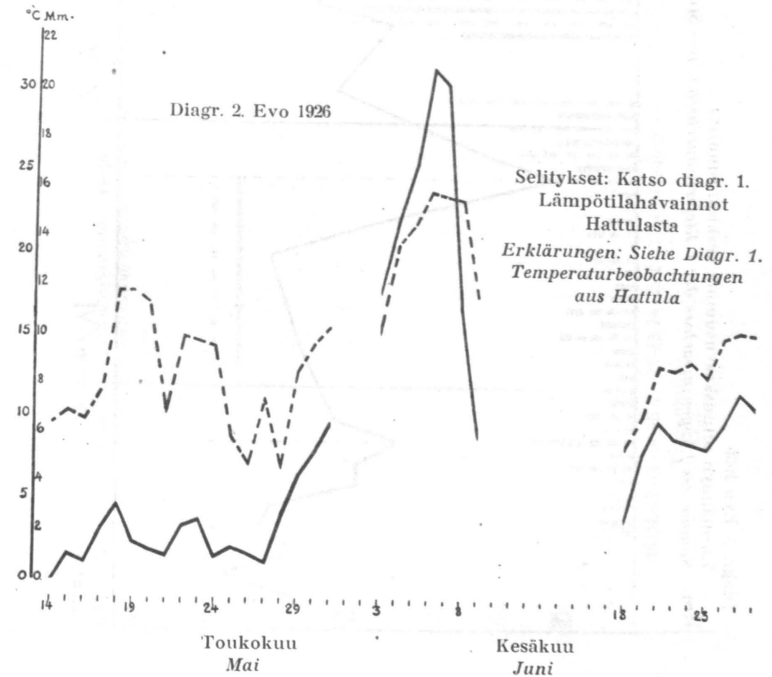
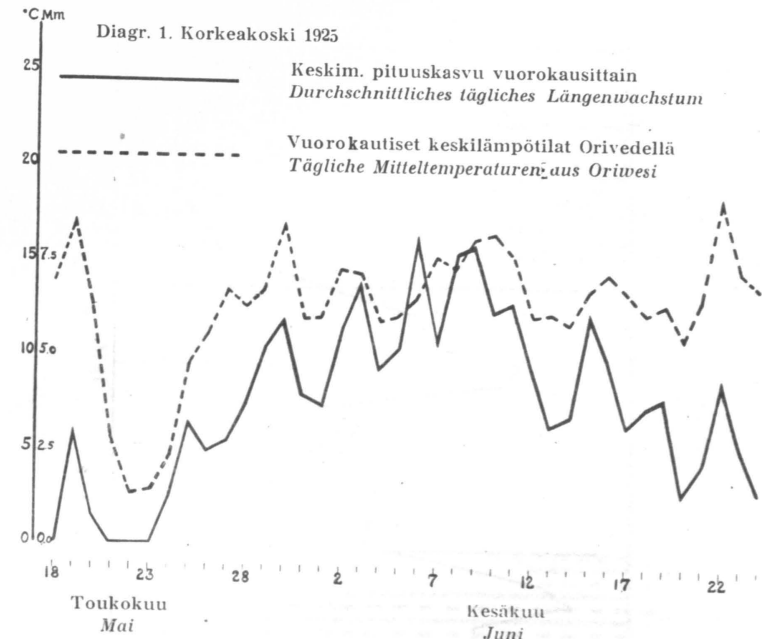
29—30/VI—1/VII klo 6—8: 0.8 mm.	klo 6—8: 0.0 mm.
8—10: 0.0 »	8—10: 0.0 »
10—12: 0.0 »	10—14: 1.6 »
12—14: 1.0 »	14—16: 2.5 »
14—16: 1.3 »	16—18: 7.0 »
16—18: 3.8 »	18—20: 5.3 »
18—22: 4.3 »	20—22: 2.8 »
22—4: 2.1 »	22—4: 2.9 »
4—6: 1.8 »	

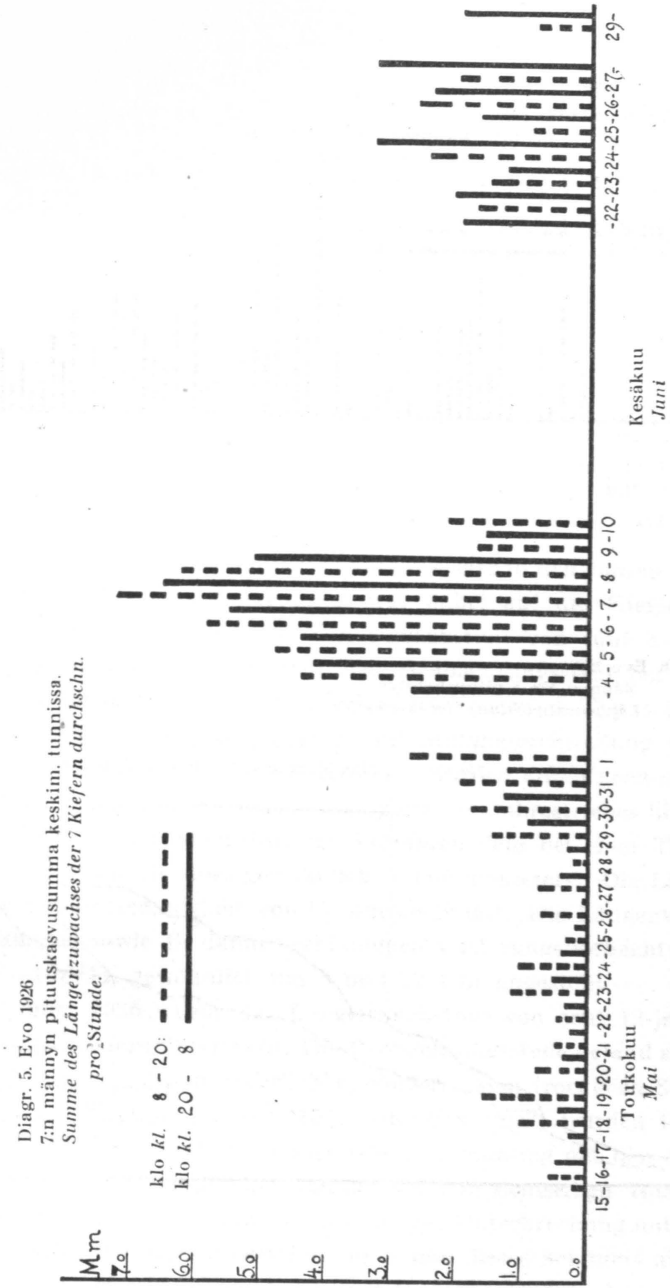
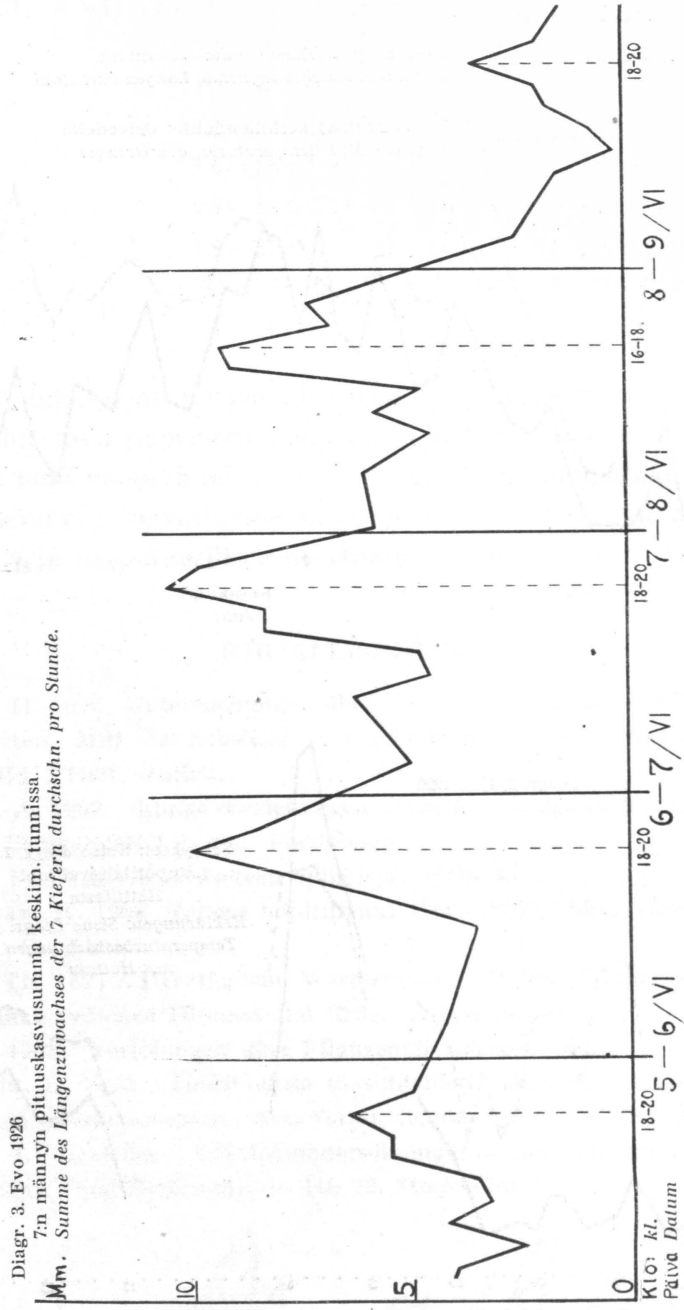
Nämä lukusarjat viittaavat siihen, että kuusen vuorokautisen pituuskehityksen nopeuden maksimi sijoittuu suunnilleen samoille tunneille kuin männyn eli klo 16—20. Edelleen huomataan yhtäläisyyttä mäntyyn verrattaessa siinäkin, että pituuskasvu aamu- ja keskipäivällä on suhteellisen vähäinen.

KIRJALLISUUTTA.

- BURGER, H. 1926. Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt. der Schweiz. Centralanstalt f.d. forstl. Versuchswesen. XIV Bd. 1 Heft. Zürich.
- GIESLAR, A. 1907. Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. Centralblatt f.d. ges. Forstwesen.
- ELFVING FR. 1921. Kasvitieteen oppikirja. Helsinki.
- HESSELMAN, H. 1904. Tallens höjdtillväxt 1900—1903. Skogsvårdsför. Tidsskrift. Stockholm.
- HOMÉN, TH. 1897. Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmeabstrahlung zwischen Himmel und Erde. Helsingfors.
- JOST, L. 1908. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena.
- LAITAKARI, E. 1920. Tutkimuksia sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituus- ja paksuuskasvuun. Acta forest. fennica. 17. Helsinki.
- ROMELL, L—G. 1926. Växttpidsundersökningar å tall och gran. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanstalt. Hf. 22. Stockholm.

Martti Hertz

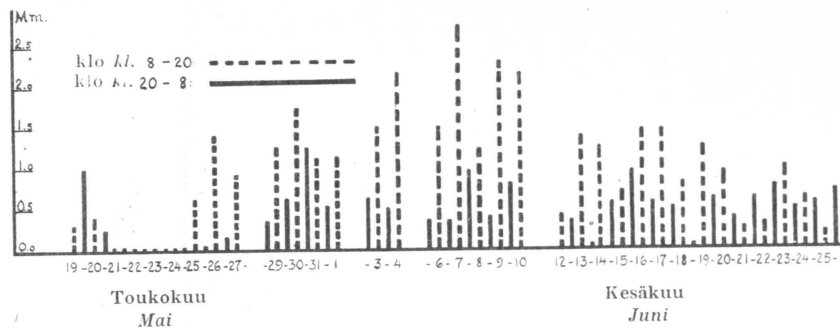




Diagr. 4 seuraavalla sivulla.
Diagr. 4 auf folgender Seite.

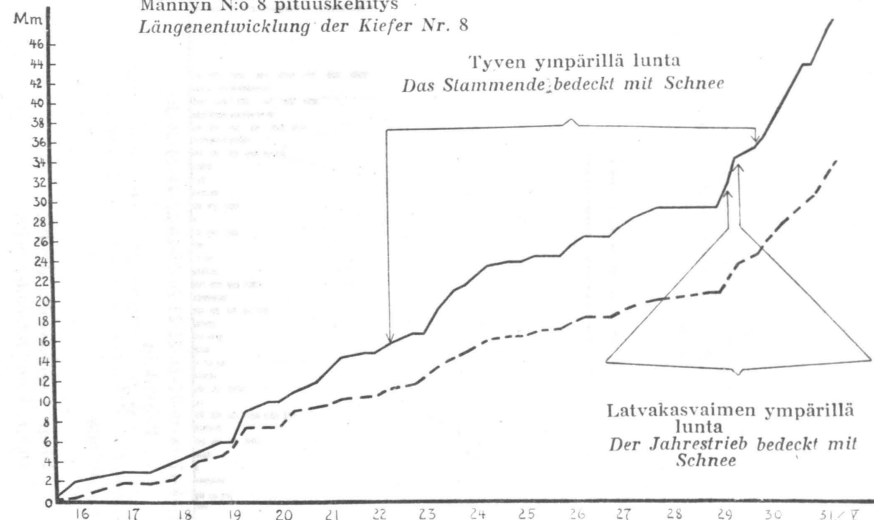
Diagr. 4. Korkeakoski 1925

5:n männyn pituuskasvusuomma keskim. tunnissa
Summe des Längenzuwachses der 5 Kiefern durchschn. pro Stunde



Diagr. 6. Evo 1926.

Männyn No 8 pituuskehitys
Längenentwicklung der Kiefer Nr. 8



BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE »JÄHRLICHEN« UND TÄGLICHEN PERIODEN IM LÄNGENWACHSTUM DER KIEFER UND FICHTE.

VON

MARTTI HERTZ

Oberförster, Agrik.- und Forstkandidat,
[Forstwissenschaftliche Forschungsanstalt, Helsinki.

REFERAT.

1. EINSAMMLUNG DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS.

Das Untersuchungsmaterial wurde vorzugsweise in den Jahren 1925—1926 eingesammelt. Das Hauptaugenmerk war dabei auf die Kiefer gerichtet.

Im Sommer 1925 wurde das Längenwachstum von fünf 5—8-jährigen 6.4—1.0 m hohen Kiefern untersucht. Die Beobachtungsstelle lag in Korkeakoski, in der Lichtung eines Kiefernwaldes im Vaccinium-Typus ($61^{\circ} 50' 1/2$). Die Probestämme waren je an einen, mit Millimetereinteilung versehenen Stützstab angebunden und die Längenwerte wurden durch genauen Vermerk der Stelle des Masses, bis an welche die Spitze des Jahrestriebes heranreichte, bestimmt. Im Prinzip glich also das Verfahren dem bei einer Temperaturbestimmung mittels eines gewöhnlichen Thermometers. Die Längenwerte wurden mit einer Genauigkeit von $1/2$ mm bestimmt. Die Längenwachstumsuntersuchungen sowie die damit verbundenen Witterungsbeobachtungen wurden 19/V—10/VII, gewöhnlich um 8 und 22 Uhr angestellt.

Im Sommer 1926 wurde das Längenwachstum von acht 12-jährigen, 1.7—2.1 m hohen Kiefern untersucht. Die Beobachtungsstelle befand sich in Evo, in einer Lichtung an einem natürlichen, einigermaßen trockenen Südabhange vom Oxalis-Myrtillus-Typus ($61^{\circ} 15'$). Die Messungen wurden in der Zeit zwischen 15/V—1/VII und in genauer Übereinstimmung mit den des vorausgegangenen Sommers ausgeführt. Da an ein und demselben Tage oft zahlreiche Messungen, bisweilen mit nur 2-stündiger Unterbrechung unternommen wurden, so stieg die Anzahl derselben im Laufe dieses Sommers auf eine ansehnliche Höhe. Eine Probestämme wurde für später vorzunehmende Sonderexperimente abgeschieden. Schliesslich wurden auf der Probestämme auch noch

sieben 1.3—1.8 m hohe, etwa 20 Jahr alte Fichten als Probeexemplare ausgewählt. An diesen wurden dann gleichartige Messungen wie an den Kiefern ausgeführt.

Ausser den, 1925 und 1926 an Ort und Stelle gemachten Temperaturbeobachtungen wurden durch Vermittlung der meteorologischen Zentralanstalt erhaltene, sich auf Beobachtungen der benachbarten meteorologischen Stationen stützende Mitteltemperaturwerte benutzt. Infolgedessen verfügte ich für den Sommer 1925 über Mitteltemperaturwerte aus Orivesi, 18 km südlich von der Beobachtungsstelle in Korkeakoski, sowie über die Mitteltemperatur des Sommers 1926 aus Hattula, 40 km südwestl. vom Beobachtungsort Evo.

Zwecks Raumersparnis soll das, die Resultate der 1925 und 1926 angestellten, c. 2 600 verschiedene Messungen nebst einer grossen Menge Witterungsbeobachtungen enthaltende Material hier nicht abgedruckt werden.

2. DIE »JÄHRLICHE« PERIODE IM LÄNGENZUWACHS DER KIEFER.

Anfangs geht der Längenzuwachs in der Streckungsperiode nur langsam vor sich, nimmt dann allmählich rasch zu, um sich nach erreichter Maximalgeschwindigkeit wieder zu verlangsamen, bis er zuletzt ganz aufhört. Auf S. 6 (finn.) befinden sich die durchschnittlichen Längenzuwachsergebnisse der 4- und 8-tägigen Perioden aus Korkeakoski und Evo. Der *schnellste* Zuwachs fällt in die Zeit vom 8—12:ten Juni 1925 und 4—8:ten Juni 1926. Im J. 1925 begann der Längenzuwachs am 19—25:ten Mai, im J. 1926 am 15—17:ten Mai. Die *Dauer* der jährlichen Streckungsperiode war im J. 1925 bei drei Probeexemplaren 33—50 Tage, die übrigen setzten ihr Wachstum noch ein Weile nach Abschluss der Beobachtungen am 10:ten Juli, weiter fort. Im J. 1926 hatte das Wachstum bei sämtlichen Probeindividuen nach Beendigung der Untersuchung noch nicht aufgehört.

Aus den Untersuchungen von LAITAKARI (1920) u.a. geht hervor, dass die durchschnittliche Zunahme im Längenwachstum der Kiefer im hohem Grade von der, in der zweiten Hälfte des voraufgehenden Sommers herrschenden Temperatur abhängig ist: Je höher diese war, um so grösser wird sich das *Gesamtergebnis* des Längenzuwachses im folgenden Sommer gestalten. Demnach wäre also das jährliche *Gesamtergebnis* des Längenzuwachses bei der Kiefer ein Ausdruck für die Temperatur des *voraufgegangenen* Sommers. Aus Diagramm 1 und 2 wiederum geht die offensichtliche Übereinstimmung zwischen dem *Rhythmus* der Temperaturentwicklung des *laufenden* Sommers und der Längenentwicklung der Kiefer hervor. Eine Temperatursteigerung beschleunigt, ein Temperaturfall verzögert das Längenwachstum.

3. DIE TÄGLICHE PERIODE IM LÄNGENZUWACHS DER KIEFER.

Während die Gesamtzuwachsperiode für die Kiefer bei einem gesunden Exemplar kürzer als die Lebensdauer und die »jährliche« Zuwachsperiode desselben faktisch nur auf zwei Monate oder noch kürzere Zeit beschränkt ist, dehnt sich dagegen die tägliche Periode über den ganzen Tag aus. Bei sehr niedriger Temperatur kann jedoch ein Längenzuwachs nur während eines Teil des Tages wahrgenommen werden.

Ihrem Charakter nach ist die tägliche Längenwachstumsperiode eine wellenförmige. Man kann dies deutlich aus Diagr. 3 sowie aus der auf S. 9 (finn.) befindlichen Tabelle erkennen, wo die im J. 1926, meist mit 2-stündigen Intervallen ausgeführten Messungen aus Evo enthalten sind. Die Zahlen geben die durchschnittlichen Wachstumssummen von 7 Kiefern pro Stunde und zu verschiedenen Tageszeiten an. (Vuorokausi = Tag, klo = Uhr, keskiarvo = Mittelwert). Die Tabelle wird ausserdem auch noch durch einige, sich unterhalb derselben befindlichen Zahlen ergänzt. Im Anfang von Seite 10 (finn.) stehen auch noch die am 15/V—25/VI 1926 berechneten Werte der durchschnittlichen stündlichen Längenzunahme morgens, mittags und abends.

Aus den vorliegenden Zahlenreihen ist ersichtlich, dass der Längenzuwachs der Kiefern am Abend am grössten war. Das Minimum der Wachstumsgeschwindigkeit dürfte zwischen 6—8 Uhr liegen. Dann nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit wieder zu, um zwischen 10 und 14 Uhr auf's neue zu sinken. Die nun wieder einsetzende Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit hält bis 18—20 Uhr an, wo die tägliche Periode des Längenwachstums ihr Maximum erreicht hat. Von hier ab ebbt die Wachstumsgeschwindigkeit wieder langsam ab.

Will man an der Hand der angestellten Beobachtungen hinter die Ursache der täglichen Periodizität im Längenwachstum der Kiefer kommen, so darf man selbstverständlich nur solche Faktoren in die Untersuchung miteinbeziehen, denen eine gleiche Periodizität eignet. Hierbei kommen in erster Linie die *Wärme-* und *Belichtungsschwankungen* in Betracht. Dagegen kann in dieser Hinsicht keinerlei Einfluss der Luftfeuchtigkeit bemerkt werden. Berücksichtigung verdient ebenfalls der *Turgor*, der die Länge der Triebe bei herabgesetzter Transpiration, also vom Abend bis zum drauffolgenden Morgen, »scheinbar« erhöht und sie besonders am Nachmittag, wenn die Transpiration am grössten ist, vermindert. Da das Längenwachstum nun gerade nach überschrittener Tagesmitte an Geschwindigkeit zunimmt und vom Abend bis zum Morgen wieder abnimmt, so hat der Turgor allem Anschein nach keinen Einfluss auf die Tendenz der Hauptrichtung der täglichen Periode, wenn nicht

möglicherweise das, zwischen 10—14 Uhr eintretende Minimum in der Wachstumsgeschwindigkeit als ein solcher aufzufassen wäre. Letzteres könnte nämlich event. als eine Folgeerscheinung des Zusammenwirkens einer relativ niedrigen Morgentemperatur und einer plötzlich eintretenden Transpiration zu erklären sein.

Die auf S. 10 (finn.) angeführten Ziffern legen unzweideutig dar, dass das Wachstum im allgemeinen bei Tage bei weitem schneller als bei Nacht vor sich geht. Auch die im J. 1925 angestellten Beobachtungen ergaben das gleiche Resultat. Vergleicht man indessen das Wachstum bei Tage und bei Nacht in verschiedenen Streckungsperioden miteinander, so zeigt es sich, dass im Verlauf derselben der Nachtzuwachs im Vergleich zum Tageszuwachs grösser ist und schliesslich letzteren sogar überholen kann. Die auf S. 11 (finn.) angegebenen Parallelzifferreihen (päiväk. = Wachstum bei Tage, yök. = Wachstum bei Nacht) sowie die Diagr. 4 und 5 zeigen dies mit gewünschter Deutlichkeit. Seine Erklärung findet das Phänomen in der Tatsache, dass die Nächte gegen Ende der betreffenden Streckungsperiode viel wärmer als am Anfang derselben gewesen waren. Nebenbei bemerkt, konnte sogar bei Beginn der Streckungsperiode der nächtliche Zuwachs den Zuwachs bei Tage übertreffen, vorausgesetzt, dass die Nachttemperatur höher als die Tagestemperatur war. Und spiegelt sich z.B. der Umstand, dass die Nachttemperatur vom 17—18:ten Mai 1926 bedeutend höher als die Temperatur des vergangenen Tages war, deutlich im Längenwachstum ab. (Vrgl. Diagr. 5.)

Demnach muss also der Temperatur ein entscheidender Einfluss auf den Verlauf der Längenzuwachsperiode zuerkannt werden. Dass gegen Ende der Streckungsperiode das Wachstum bei Nacht auch in Fällen, wo die Nachttemperatur um einiges niedriger als die Tagestemperatur ist, das Wachstum bei Tage übertreffen kann, muss wohl auf den Mangel an Licht zur Nachtzeit geschoben werden. Lichtmangel befördert ja bekanntlich den Längenzuwachs bei Pflanzen.

Es soll nun noch gezeigt werden, wie bald sich der Einfluss der Temperatur auf den Längenzuwachs der Kiefer geltend macht. Wenn auch das zwischen 10—14 Uhr konstatierte Minimum in der Längenzuwachsgeschwindigkeit teilweise nur ein scheinbares, auf der Erschlaffung des Turgors beruhendes, sein könnte, so steht das zwischen 6—8 Uhr eintretende Minimum ohne Zweifel in Beziehung zur Minimaltemperatur des Tages, die in der betreffenden Jahreszeit etwa um 3 Uhr eintritt. In diesem Falle wäre also der Temperatureinfluss um etwa 4 Stunden »verspätet«. Das Maximum der Wachstumsgeschwindigkeit läge zwischen 14—15 Uhr, also wiederum um etwa 4 Stunden verfrüht.

Um ebenso viel — etwa 4 Stunden — verspätet im Vergleich zu den Extremwerten der Lufttemperatur, treten nach HOMÉN (1897) auch die Temperatur-extreme im Sandboden in einer Tiefe von etwa 20 cm auf, m.a.W. in einer Schichte, in welcher die effektiven Wurzeln der Probekiefern mutmasslich belegen waren. Der Gedanke liegt nahe, dass der Rhythmus des Längenzuwachses ein Ausdruck für gleichzeitig in der erwähnten Bodentiefe vor sich gehende Temperaturschwankungen sein könnte. Behufs näherer Aufklärung dieser Frage wurden mit der bisher unbeachtet belassenen Versuchskiefer Nr. 8 ein kleines Experiment angestellt: Das Stammende derselben wurde einige Tage und der Jahrestrieb einige Stunden lang mit Schnee zugedeckt. Keine dieser Massnahmen hatte eine Verzögerung der Wachstumsgeschwindigkeit zur Folge, trotzdem die Bodentemperatur an dem Stammende in einer Tiefe von 5 cm um 3° sank oder m.a.W. um 10° niedriger als an dem Stammende der übrigen Versuchskiefern war und die Luft um die betreffende Pflanze herum eine Temperatur von etwa 0° C hatte. (Vrgl. Diagr. 6: die volle Linie bezeichnet das berechnete durchschnittliche Längenwachstum der Probekiefer Nr. 8, die gebrochene Linie das der übrigen Probekiefern.) Es scheint, als ob weder die Lufttemperatur noch die Temperatur des das Stammende umgebenden Bodens einen unmittelbaren Einfluss auf das Längenwachstum der Kiefer ausgeübt hatten. In demselben Masse als die Insolation Temperaturveränderungen in den, die effektiven Wurzeln enthaltenden Bodenschichten hervorruft, dürfen auch entsprechende, gleichzeitige Veränderungen im Rhythmus der Längenentwicklung erwartet werden. Gesetzt der Fall, dass die Temperatur der betreffenden Bodenschichten sich gleichzeitig mit der Lufttemperatur verändern würde, dann müsste, wenn die eben ausgesprochene Annahme zuträfe, eine Ausnahme von der weiter oben angeführten »Regel« in bezug auf die 4-stündige Verzögerung des Einflusses der Lufttemperatur eintreten: Eine Veränderung in letzterer müsste sofort auch am Längenwachstum zu Tage treten. Ein solcher Fall ereignete sich denn auch am 8/VII 1926. Die derzeitigen Temperaturen sowie die durchschnittliche Längenzuwachssumme der 7 Kiefern zu verschiedenen Tageszeiten, befinden sich auf S. 12—13 (finn.). Gegen 18 Uhr ging ein plötzlicher Hagelschauer nieder, der von einem jähen Temperaturfall begleitet war. Die gleich darauf annotierte Retardation des Längenwachstums war um so auffälliger, als sich sonst gerade an dieser Stelle das Maximum des täglichen Längenzuwachses befand. Um 20 Uhr — nachdem das Unwetter sich verzogen hatte — konnte eine auf's neue einsetzende Temperatursteigerung konstatiert werden und um 22 Uhr zeigte sich eine gleichgerichtete Veränderung in der Entwicklung des Längenwachstums. (Vrgl. auch Diagr. 3.) Der momentane Einfluss des Hagelschauers auf den Längen-

zuwachs lässt sich leicht dadurch erklären, dass die schmelzenden Hagelkörner augenblicklich Wärme banden, was Hand in Hand mit der sinkenden Lufttemperatur ein sofortiges Fallen der Bodentemperatur zur Folge hatte. Der schnelle Aufschwung im Längenwachstum nach dem Hagelschauer hängt wiederum damit zusammen, dass dank der Vermittlung der feuchten Erde, die in den tiefstbelegenen Bodenschichten sich befindende Wärme unverzüglich wieder nach oben in die erkalteten Oberflächenschichten geleitet wurde.

Die oben dargestellte Annahme über die Einwirkung der Bodentemperatur auf das tägliche Längenwachstum ist ohne Zweifel überraschend, und die Experimente sind jedenfalls nicht genügend zahlreich, um die Gültigkeit derselben zu sichern.

4. BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE LÄNGENENTWICKLUNG DER FICHTE.

Das Längenwachstum der untersuchten Fichten setzte etwa 9 Tage später als das der Kiefern ein. Wann es seinen Abschluss fand, konnte leider — infolge der Unterbrechung der Beobachtungen — nicht konstatiert werden. Die auf S. 15 (finn.) angegebenen Zahlen legen dar, dass die Maximalschnelligkeit im Wachstum bei den Fichten ungefähr in dieselben Tage wie das der Kiefern fällt. Doch nimmt bei ersteren die Geschwindigkeit im Wachstum nicht so jäh ab. Die auf die im obigen angegebenen Zahlenreihen folgenden Ziffern (Längenzuwachssummen der Fichten, durchschnittlich pro Stunde) weisen darauf hin, dass die tägliche Längenzuwachsgeschwindigkeit der Fichte ihr Maximum nahezu in denselben Tagesstunden wie die Kiefer erreicht. Ferner mag auch noch insofern auf eine Übereinstimmung mit dem Wachstum der Kiefer hingewiesen sein, als bei der Fichte der Längenzuwachs ebenfalls am Morgen und um Mittag am geringsten ist.