

ALIKASVOSKUUSTEN
BIOLOGIAA

GUSTAF SIRÉN

*ON THE BIOLOGY
OF UNDERGROWN SPRUCE*

Summary

HELSINKI 1950

Alkusanat.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä vähäiseltä osaltansa valaisemaan ja selvittämään joitakin kuusialikasvoskysymykseen liittyviä seikkoja, joista erityisesti alikasvoskuusen ikä sekä juuriston ja latvuksen välinen suuruussuhde on mainittava.

Esimiehelleni, professori Erkki Laitakariille, joka hyväntahtoisesti on tarkastanut käsikirjoituksen ja antanut arvokkaita neuvoja työtäni viimeistellessäni, lausun kunnioittavimmat kiitokseni.

Tutkimusta suorittaessani minulla on myös ollut tilaisuus nauttia opettajani, metsätieteen tohtori Erkki K. Kalelan monipuolista ja taitavaa opastusta ja ohjausta. Tästä alati innoittavasta kiinnostuksesta työhöni olen mitä suurimmassa kiitollisuuden velassa.

Tässä yhteydessä haluan myös kiitollisena mainita Hyytiälän 39. kursin ylioppilaiden antaman suuren avun. Niin ikään on mieluisa velvollisuuteni kiittää Suomen Metsätieteellistä Seuraa minulle v. 1947 myönnettystä apurahasta, joka on mahdollistanut tutkimukseni loppuun saattamisen.

Tämä julkaisu on maat.- ja metsät. kandidaatin tutkintoa varten vaadittavan erikoistyön supistelma. Aineisto on kerätty v. 1947 ja tutkimus on valmistunut keväällä 1948.

Helsingissä, syyskuun 1 p:nä 1949.

Gustaf Sirén.

Sisällysluettelo.

	Sivu
Johdanto	7
Katsaus kirjallisuuteen	9
Iän määrittämistä koskevaa kirjallisuutta	9
Rungon iän määrittäminen	9
Oksien ja juurten iän määrittäminen	15
Kuusen juuristoa koskevaa kirjallisuutta	16
Tutkimuksen aihe ja käytetty terminologia	22
Aineiston keruu ja käsittely	24
Keruupaikat ja keruu	24
Mekaaninen työ ja aineiston esikäsittely	25
Mikroskooppiset tutkimukset, mittaustyö ja metodiikka	26
Puun osien iän määrittäminen	26
Rungon iän määrittäminen	27
Oksien ja juurten iän määrittäminen	29
Puun eri osien pituuskasvun mittaukset	30
Juuriston pituussumman ja juurifraktioiden mittaus	31
Neulaston mittaus	32
Aineiston ryhmittely	33
Tutkimuksen tulokset	35
Ikää selvittelevien tutkimusten tulokset	35
Puun ikä	35
Oksien ja juurten ikä	45
Vertaileva yhdistelmä ikätutkimusten tuloksista	50
Juuristoa selvittelevien tutkimusten tulokset	52
Juuriston pinnallisuus	52
Juurten haarautuminen	53
Juurten pituuskasvu	57
Juurten pituussumma ja juurifraktiot	61
Yhdistelmä juuristotutkimusten tuloksista	64
Latvukseen kohdistuneitten tutkimusten tulokset	65
Tutkimustulosten yhdistäminen	68
Loppupäätelmiä	75
Kirjallisuusluettelo	77
Summary: On the Biology of Undergrown Spruce	83

Johdanto

Kautta aikojen meikäläiset kuusikot ovat kehittyneet etupäässä entisistä alikasvoksista, jotka ovat päällysmetsän alla kituen kasvaneet ja vähitellen, vaikeissa olosuhteissa eläen, parantaneet asemaansa, kunnes vanha puusukupolvi lopultakin on sortunut ja vapauttanut alikasvoskuuset. Silloin nämä ovat toipuneet ja nousseet vanhan metsän tilalle. Milloin taas metsäpalo tai myrsky hävitti kuusikon ja helposti siementävät puulajit valtasivat alan, ilmestyi kuusi herkästi alikasvokseksi näiden alle ja sitkeähenkisenä vaikeutensa voittaen kehittyi vähitellen pääpuulajiksi. Tällaista alikasvosasteelta nousemista on kuusen elämä meillä todennäköisesti aina ollut ja samanlaista se pääosiltaan on vieläkin. Kaskiviljelyksen vuoksi menettämäänsä kasvupaikkoja kuusi alikasvostietä jatkuvasti ja voimakkaasti edelleen valtaa, ja etenkin muiden puulajien alla tai seassa kasvavat kuusialikasvokset kuuluvat aivan olennaisena piirteenä nykyiseen meikäläiseen metsäkuvaan.

Esimerkkinä kuusialikasvosten yleisyydestä mainittakoon vain, että jo alikasvosasteella tyydyttävän tiheiksi katsottuja kuusijaksoja esiintyy maassamme II valtakunnan metsien arvioinnin mukaan yhteensä 430 000 hehtaarilla kasvullista metsämaata. Kun tästä alasta melkein $\frac{3}{4}$ on kuuselle sopivaa metsämaata, on luonnollista, että alikasvosten merkitys etenkin metsänhoidolliselta kannalta katsoen on sangen huomattava. Vähemmän tärkeätä ei ole sekään, että kuusi biologisen voimakkuutensa ansiosta pyrkii valtaamaan sille taloudellisessa mielessä soveltumattomiakin kasvupaikkoja.

Käytännöllisessä metsänhoidossa joudutaan täten päivittäin kuusialikasvosten kanssa tekemisiin. Kun kuusialikasvokset laadultaan ja ulko näöltään vaihtelevat paljon, ei ole suinkaan sanottu, että ne metsänhoidolliselta arvoltaan olisivat samanlaisia. Kuusialikasvosten metsänhoidollinen käsittely ja arvostelu riippuu sangen olennaisesti esim. siitä, minkä puulajin alla ne ovat kasvaneet, miten kauan ja miten vaikeissa olosuhteissa ne ovat kituneet, miten vanhoja ne ovat, mikä on niiden ikä päällysmetsän ikään verrattuna, alikasvoksen omasta tiheydestä, puu-

rodusta, terveydentilasta, kasvupaikasta, jne. Kaikki tällaiset seikat on otettava huomioon, ennen kuin kyetään ratkaisemaan, voidaanko ja minkälaisin toivein uuden metsäpolven muodostuminen jättää alikasvoskuusten varaan, vai onko tämä alikasvos armotta hävitettävä taloudellisesti tuottavamman puulajin eduksi. Kysymys kuusialikasvosten merkityksestä on täten kantavampi kuin yleensä tullaan ajatelleeksi, ja sen kaikinpuolinen selvittely on epäilemättä hyvinkin tärkeä ja ajankohtainen.

Tosin kuusialikasvoksia koskeva kirjallisuus on verraten laaja, mutta siinä on sittenkin eräitä puutteellisuuksia, jotka ovat aiheuttaneet sen, että tulokset monista tutkimuksista ovat sangen kirjavat. Melkoista kirjavuutta on muun muassa aiheuttanut alikasvoskuusten iän määrittämisen vaikeus. Epävarmoja ja likimääräisiä iän määritysmenetelmiä käyttäen on helposti jo alusta alkaen jouduttu epämääräisiin ja useassa tapauksessa hapuileviin ja monesti ristiriitaisiin johtopäätöksiin. Ryhtyessäni alikasvoskuusia tutkimaan oli vastassani heti sama vaikeus: iän määrittäminen. Kun oli ilmeistä, ettei alikasvoskuusten biologian selvittelyä kannattanut jatkaa ennen kuin niiden iän määrittäminen oli saatu mahdollisimman varmalle ja kestäväälle pohjalle, muodostui iän määrittäminen aivan kuin itsestään ensimmäiseksi ja ehkä tärkeimmäksi osatutkimukseksi. Vasta sen saatua tyydyttävän ratkaisun oli mahdollista jatkaa alikasvoskuusia koskevia muita selvittelyjä. Tätä taustaa vasten on käsillä olevan tutkimuksen syntyminen käsitettävä.

Katsaus kirjallisuuteen

Iän määrittämistä koskevaa kirjallisuutta.

Rungon iän määrittäminen

»Puun iän määrittäminen metsätaloudessa on välttämätön», toteaa Heikinheimo (1920) niin kuin monet hänen edeltäjänsäkin. Metsätaksatoorisessa mielessä ikä on puun ja metsikön keskeisimpiä tunnuksia, joka on välttämätön sekä kiertoajan että kasvun ja tuoton laskemiseen. Myös liiketaloustieteellisiä tarkoituksia varten ikä on tarpeellinen suure erilaisten kannattavuuslaskelmien laadinnassa. Iän oikea määrittäminen ei myöskään ole aivan yhdentekevä teoreettisen metsänhoitotieteen enempää kuin sovelletun metsänhoidonkaan kannalta. Niinpä eri olosuhteissa kasvavien puiden ikä kuvaa muiden tunnusten ohella sangen kouraan tuntuvasti ko. puiden biologista voimakkuutta. Käytännöllisessä metsänhoidossa iän tutkiminen sangen usein ratkaisee ammattimiehen eteen tulleet paikalliset metsänhoitoteknilliset probleemat. Ikä on näin ollen varsin tärkeä metsikön ja sen kehityksen tunnus, mikäli se voidaan tyydyttävästi määrittää.

Puiden iän määrittämisessä on käytetty monia eri menetelmiä erilaisine tarkkuuden lisäämiseen tähtäävine korjauskeinoineen. Pohjan näille eri tavalla kehitetyille metodeille luovat kuitenkin seuraavat neljä yksinkertaista perusmenetelmää:

- A. Tyvileikkauksessa olevien vuosilustojen laskeminen.
- B. Vuosikasvainten laskeminen.
- C. Kirjanpito.
- D. Silmänvarainen arviointi.

Näistä perusmenetelmistä kehitetyistä suurempaan täsmällisyyteen tähtäävistä metodeista mainittakoon seuraavat tärkeimmät.

A. Ylivoimaisesti yleisin tapa määrittää puun ikä perustuu vuosilustojen laskemiseen joko tyvileikkauksesta tai tyvestä kairatusta lastusta. Tätä menetelmää ovat käyttäneet useimmat tutkijat. Teoreettisesti ajatellen oikean tuloksen saavuttaminen onkin hyvin mahdollinen,

jos vain puun tyviosan terveys, lustojen muodostuminen ja tyvileikkauksen sijainti täyttävät tietyt ehdot (Heikinheimo, 1920, s. 2). Näin on kuitenkin vain harvoin. On itsestään selvää, että esim. pehmeä lahotimen ympärillä tekee iän määrittämisen vuosilustojen avulla mahdottomaksi. Vuosilustojen epäsäännöllisyydestä on myös olemassa sangen todistusvoimaisia tutkimustuloksia, joita mm. Lakari (1915, s. 91—119) on tarkistanut jouduttuaan tutkimaan vuosilustojen muodostumista. Hänen jälkeensäkin ovat monien maiden tutkijat kiinnittäneet huomiota tähän ilmiöön. Etenkin Nägeli (1935, s. 209—215) on tällä alalla tehnyt melko perusteellista tutkimustyötä. Useimmissa tutkimuksissa todetaan lustokadon yleisyys etenkin kitukasvuissa tai tyviosaltaan maan peittämissä puissa. Kaksoisluston muodostumisen näyttävät sitä vastoin uudemmat tutkimukset toteavan ainakin Suomen oloja silmällä pitäen harvinaiseksi.

Iän oikean määrittämisen edellytyksiin vuosilustojen avulla on kytetty kolmaskin ehto, nimittäin se, että tyvileikkauksen tulee sijaita puun alkuperäisen juurenniskan kohdalla, mikä ei kuitenkaan aina ole mahdollista. Heikinheimon (1920, s. 5) mukaan ilmaantuu vaikeuksia etenkin seuraavissa tapauksissa:

- 1) Alkuperäisten, valtajuuriksi kehittyneiden juurten korkeuskasvun johdosta siirtyy juurenniska alkuperäistä juurenniskaa ylemmäksi.
- 2) Juurenniska siirtyy syntymäkohdastaan myöhäisjuurten syntyessä syntymäpisteeseen yläpuolelle.

Koska kuusella on juuriston pinnallisuudesta johtuen lankkujuurten samoin kuin myöhäisjuurtenkin muodostuminen erittäin yleistä, on sen suhteen tämän kolmannen ehdon täyttäminen erittäin vaikeata, hyvin usein jopa mahdotontakin.

Kaikki ne seikat, jotka on mainittu tyvileikkauksen soveliaisuudesta iän määrittämisen lähtökohdaksi, koskevat myös kairaamalla irroitettua lastua. Iän määrittämiseen kairaamalla liittyvät edellä esitettyjen virhemahdollisuuksien lisäksi kairausteknilliset virheet ja lastun kapea muoto, joka tekee lustosulautumien toteamisen \pm mahdottomaksi, nimenomaan vain yhdeltä suunnalta vuosilustoja laskettaessa (vrt. Sernander, 1936, s. 130—136). Lastu voidaan tosin kairata juurenniskan alapuoleltakin, mutta suurta merkitystä tällä seikalla ei kuitenkaan ole.

Edellä mainittujen tosiasioiden johdosta, jotka horjuttavat tyvileikkauksen lustolukuun perustuvan menetelmän luotettavuutta, ovatkin monet tutkijat kehittäneet omat metodinsa tarkemman tuloksen saavuttamiseksi. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan liene syytä seikkaperäisesti

esittää kunkin metodin erikoispiirteitä, vaan rajoituttakoon vain seuraavaan kaavamaiseen ja yleiskatsaukselliseen esittelyyn.

A. Vuosilusto laskuperustana (joko poikkileikkauspinnasta tai kairan lastusta).

Lähtökohtana esiintyy tällöin:

1. tyvileikkaus juurenniskasta, jolloin ikä määritetään
 - a. alkuperäisestä juurenniskasta, jolloin
 1. huomioidaan yksinomaan vuosilustot,
 2. huomioidaan vuosilustot ynnä kadonneet lustot (Sernander, 1936, s. 130—136), joiden luku määritetään vertailuu perusteella (Lönnroth, 1925, s. 108—109),
 - b. nykyisestä juurenniskasta, jolloin huomioidaan yksinomaan vuosilustot (yleinen tapa käytännössä),
 - c. nykyisestä juurenniskasta, jonka ilmaisemaan ikään lisätään se vuosimäärä, joka vastaa taimen ikää sen kasvettua määrittyskohdan korkeudelle.

Lisäys määritetään:

 1. vertauskelpoisten taimien avulla (Sernander, 1936, s. 110—136),
 2. sisimpien lustojen paksuuden perusteella (Y. Ilvesalo, 1942, s. 16, Wretling, 1936, s. 250, Näslund, 1935, s. 658),
 3. laskemalla kannon keskustasta irroitettun »taimen» ikä (Karl, 1847, s. 15—16, Holmerz, 1876, s. 31—32),
 4. kasvupaikan mukaan (Heikinheimo, 1920, s. 29),
 5. myöhäisjuurikiehkurain mukaan (Sarvas, 1944, s. 23),
 6. puun keskimääräisen vuotuisen kasvun perusteella (Lüdi, 1938, s. 106—108),
 7. puun tyvileikkauksen läpimitan mukaan (Heikinheimo, 1920, s. 5—9),
 8. ylimalkaisesti arvioimalla (yleinen tapa).
2. Lustojen enimmäismäärä tyven eri korkeuksilla (L. Ilvesalo, 1917, s. 18, Lakari, 1921, s. 11, Tikka, 1928, s. 27, Pöntynen, 1929, s. 132, Tischendorf, 1927, s. 142, Petriini, 1934, s. 231—234, ym.).
3. Rinnankorkeuden lustoluku, johon lisätään 1.3 m korkean taimen ikä (esim. Hesselman, 1935, s. 531—553, Petriini, 1937, s. 558—560 ja Hustich, 1948, s. 33—36).
4. Juuren kannan lustoluku (Laitakari, 1935, s. 88).

Näitä edellä esitettyjä oikean iän määrittämiseksi kehitettyjä tyvi- tai muun poikkileikkauksen lustolukuun perustuvia menetelmiä tarkasteltaessa havaitaan helposti, ettei yksikään niistä voi johtaa varmaan tulokseen. Tyvileikkauksen oikea sijoittaminen on useimmiten osoittautunut hankalaksi (paitsi nuorissa taimissa), minkä vuoksi yleensä on tyydytty nykyisen juurenniskasta otetun luston tai lustonäytteen ilmaisemaan ikään joko semmoisenaan tai korjattuna. Korjaus, joka on välttämätön syntymäpisteen ja tyvileikkauksen keskinäisen suhteen epämääräisyyden vuoksi, tehdään joko eri tavoin arvioimalla tai ottamalla vertausperustaksi kannon pituisten taimien ikä. Kumpikaan korjaus sinänsä ei ole varma, eikä kumpikaan vaikuta lainkaan niihin virheisiin, jotka liittyvät lustojen lukemiseen tyvileikkauksesta, olipa tämä millä kohdalla tahansa. Alkuperäisen juurenniskan osoittamaan lustolukuun perustuvat menetelmät soveltuvat vain normaalisti kehittyneille puille, joissa lustojen muodostuminen on säännöllistä myös maan peittämissä osissa. Alikasvoskuusille nämä metodit sitä vastoin eivät sovellu. Näin ollen on päädyttävä samaan tulokseen, johon Lakari (1915, s. 58 ja 118—119), Heikinheimon (1920, s. 29), Flury (1924, s. 352 ja 1926, s. 144) ja Sernander (1936, s. 135) tutkimuksissaan ovat tulleet: iän määrittämiseen vuosilustojen perusteella liittyy aina tietty samansuuntainen virhemahdollisuus, joka etenkin jurovissa puissa saattaa olla melko suuri (vrt. myös Heikinheimon, 1939, s. 122). Seikka, että Lakari myöhemmistä toteamuksistaan ja epäilyksistään huolimatta (1921, s. 16) on tyytynyt vanhaan menetelmäänsä, ei auta asiaa. Kuusen uudistumisvuosia voidaan tuskin määrittää vain puiden vuosilustoja lukemalla.

B. Toisen mahdollisuuden puun iän laskemiseksi tarjoavat vuosikasvaimet. Ainoana ehtona on, että joka vuosi kehittyvä kasvain, joka jatkuvasti on erotettavissa edellisen vuoden kasvaimesta. Tämän ehdon täyttymistä pitää mm. Heikinheimon (1920, s. 1) mahdottomana etenkin kuusen suhteen. Lakari (1915, s. 57—58) ja L. Ilvessalo (1917, s. 19—20) ym. ovat todenneet, että nuoren männynkin oksakiehkuroiden osoittama ikä saattaa olla virheellinen. Virhelähteinä mainitaan kasvainten muodostumatta jääminen, niiden vaikea toisistaan erottaminen ja oksakiehkuroiden arpien häviäminen. Kuusen suhteen edellä mainittujen lisäksi välioksien muodostuminen on omiaan vähentämään menetelmän muutenkin epäilyttävää luotettavuutta. Heikinheimon (1920, s. 2) päätteleeikin kuusen pituuskasvun hitauden ja epäsäännöllisyyden johdosta, että ainoa mahdollisuus määrittää kuusen ikä on »vuosilustojen laskeminen tyvileikkauksessa».

Jos menetelmä rajoitetaan käsittämään iän määrittäminen yksinomaan oksakiehkuroiden perusteella, niin kuin aikaisemmissa tutkimuksissa yleensä on tehty, on helppo ymmärtää tämän päätelmän synty. Kuusen taimen pituuskasvu on tunnetusti hidas, eikä ole lainkaan taattua, että oksakiehkuroita syntyy säännöllisesti ensimmäisten 10 vuoden aikana (Cajander, 1917, s. 166, vrt. myös Hertz, 1932, s. 119). Halla, lumi, eläimet ym. saattavat aiheuttaa paljon häiriöitä. Samaten epikotyylin epäsäännöllinen muodostuminen saattaa olla syynä 1—2 v:n virheeseen (Arnborg, 1943, s. 240). Välioksien muodostuminen on myös eräs mahdollinen virhelähde.

Näistä kielteisistä tosiseikoista huolimatta ovat jotkut tutkijat kuitenkin todenneet iän määrittämisen vuosikasvainten perusteella tietyissä tapauksissa mahdolliseksi.

Flury (1926, s. 143—146) laskee puun iän seuraamalla vuosilustoja pituusleikkauksesta kunkin kasvaimen kärjestä syntymäpisteeseen saakka. Tällöin hän saattaa myös paikallistaa lustokadon ja todeta poikkileikkauksen avulla sen säteettäisen vaihtelun.

Hertz (1932, s. 119—120) määräsi oksakiehkuroita kehittyneen kuusen taimien iän suomurenkaiden ja kasvainten värierojen perusteella.

Sarvas (1944, s. 23) mainitsee, että joskus, kun iän määrittäminen mikroskooppisesti (lustoja laskemalla) on epävarmaa, päästään mahdollisesti lähemmäksi oikeata ikää laskemalla oksakiehkurat (juurenniskan yläpuolelta) ja myöhäisjuurten¹ muodostamat kiehkurat (juurenniskan alapuolelta). Sarvas perustaa päätelmänsä Heikinheimon ym. tutkimustuloksiin myöhäisjuurten muodostumisesta oksakiehkurain paikalle (esim. Heikinheimon, 1920, s. 9, Burger, 1930, s. 70, Laing, 1932, s. 36 ja Tertti, 1937, s. 159).

Multamäki (1946, s. 299—305) määrittää paleltuneiden kuusen taimien iän runkoanalyysin avulla, kuitenkin niin, että hän vain halkaisee puun pituussuntaan ja seuraa täten »taimien kehitystä aina syntymästä asti» vuosikasvaimia mittaamalla.

Hertzin ja Sarvaan mukaan kuusen iän määrittäminen vuosikasvainten perusteella on siis mahdollista ja Sarvaan mielestä joskus jopa pätevämpi tapa kuin mikroskoipimalla vuosilustoja. Näiden käsitysten suhteen on kuitenkin mainittava seuraavaa:

Hertzin menetelmä soveltuu vain pieniin taimiin niin kauan kuin jokavuotisen päätesilmun jättämä suomurengas on havaittavissa latvasta

¹ Sarvas käyttää nimitystä lisäjuuri.

epikotyyliin saakka. Sarvaan iän määrittämistapaan liittyy niin ikään joitakin virhemahdollisuuksia, vaikka oksakiehkurat olisivat muodostuneet säännöllisesti juuren niskasta latvaan saakka. Suurin virhelähde on myöhäisjuurikiehkuroissa, sillä ei ole lainkaan varmaa, että myöhäisjuuret aina muodostuvat entisten oksakiehkuroiden kohdalle (vrt. Tubeuf, 1904, s. 164 ja Nägeli, 1931, s. 145—146). Oksakiehkurain välillä sijaitsevat välioksien uinuvat aiheet on näet myös otettava huomioon.

Multamäen menetelmästä mainittakoon, että se perustuu toteamukseen, ettei paletuneiden puiden paksuuskasvu sanottavasti häiriinny, joten lustot ovat selvästi havaittavissa pitkin pituuttaan. Juroviin puihin sovellettuna menetelmä ei kuitenkaan voi antaa eksaktisia arvoja lustokadon säteettäisen vaihtelun vuoksi (vrt. Flury edellä). Ei ole lainkaan varmaa, että pituusleikkaus tulee tehdyksi siinä tasossa, jossa on eniten vuosilustoja, joten mahdollisesti tapahtuneet päätesilmutuhot saattavat jäädä toteamatta. Flury ei myöskään kiinnitä huomiota mahdollisesti tapahtuneisiin päätesilmutuhoihin.

C. Kolmantena mahdollisuutena määrittää puun ikä mainitaan etenkin oppikirjoissa kirjanpito. Koska ko. menetelmä ei ole analyyttinen, se sivuutetaan tässä yhteydessä.

D. Muut menetelmät iän määrittämiseksi käsittävät mitä erilaisimpia ehdotuksia. Useimmat perustuvat silmävaraisiin arviointeihin. Näistä mainittakoon esimerkkeinä vain seuraavat:

Baur (1861, s. 268) ehdottaa läpimitan ja korkeuden vertaamista ikänsä puolesta tunnettuihin puihin tai taulukkoihin; siis eräänlaisen taloudellisen iän arvioiminen.

Flury (1907, s. 37—43) ja Barth (1921, s. 69—72) siirtyvät kokonaan taloudellisen iän kannalle, jolloin kasvu- ja tuottotaulujen avulla määritetään puun koon perusteella sen ikä. Barth käyttää myös rinnankorkeusikää.

Belya (1931, s. 231—232) ym. amerikkalaiset oppikirjojen kirjoittajat mainitsevat arvosteluperusteina rungon kapenemisen, latvuksen muodon ja kuoren värin sekä paksuuden. — Tertin (Hertz) mainitsema taimien latvuksen »haarottumiseen» perustuva iän määrittäytapa lie nee lähinnä tähän ryhmään vietävissä (Tertti, 1937, s. 160).

Edellä esitetystä iän määrittäytavoista on helppo karsia ylimalkaiset ja epätäsmälliset menetelmät. Sen sijaan on erittäin vaikeata arvostella, mikä tai mitkä määrittäytavoista antavat tarkimman tuloksen. Tyvileikkauksen lustolukuun perustuvista menetelmistä ovat Sernander,

Lönroth, Ilvessalo ja Wretlind saavuttaneet tutkimustensa tarkoituksia silmällä pitäen sangen huomattavan tarkkuuden. Vuosikasvaimiin perustuvista menetelmistä on Fluryn metodi eittä-mättä paras, joskin samalla työläin. Kaikille näille analyyseihin perustuville menetelmille on kuitenkin yhteistä ja luonteenomaista se, että mahdolliset virheet ovat aina samansuuntaisia, ts. ikä saadaan aina liian pieneksi.

Oksien ja juurten iän määrittäminen.

Oksien iän määrittämisestä esiintyy kirjallisuudessa vain niukalti mainintoja. Muiden muassa Wretlind (1936, s. 247—249) ja Hesselman (1937, s. 625) ovat laskeneet oksien iän vuosikasvainten perusteella. Wretlind on käyttänyt hyväksensä sekä ydinsolmuja ja vuosirenkaita että oksakiehkuroita. Yleensä on oksan ikä laskettu sen sivuoksien perusteella tai laskemalla lustot kunkin oksakiehkuran kohdalta kairatusta lastusta.

Juurten iän määrittäminen on kirjallisuudesta päätellen tarjonnut tutkijoille vielä suurempia vaikeuksia kuin konsanaan itse puu. Bügenin ja Münchin oppikirjassa todetaan kulkujuurten paksuuskasvu heikoksi (1927, s. 288). Hilf (1927, s. 74) toteaa lustomuodostuksen sangen epäsäännölliseksi ja pitää juurten iän määrittämistä vaikeana ja työläänä. Laitakari (1935, s. 100—103) toteaa koivun juurten paksuuskasvun niin ikään epäsäännölliseksi, mutta voidaan hänen mukaansa kuitenkin jotakuinkin varmasti laskea vuotuinen pituuskasvu. Wretlind (1936, s. 297—298) tuli männyn juuria tutkiessaan siihen tulokseen, että lähellä tyveä ovat lustot selviä, mutta juurten iän määrittäminen jo 1 m:n etäisyydellä rungon tyvestä on epävarmaa johtuen etupäässä lustosulautumista tai lustokadosta. Etenkin kituvissa puissa saattaa lusto käsittää vain yhden trakeidikerroksen tai kokonaan puuttua. Juuren ikää tietyssä pisteessä on Wretlindin mukaan mahdollonta tarkalleen määrittää.

Näistä osittain negatiivisista kokemuksista eroavat Fluryn, Väterin, Nägelin ja Heikinheimon havainnot. Flury (1924, s. 352—354) sai adventiivijuurten ikää määrittäessään täysin luotettavia tuloksia yksinomaan lustoja laskemalla. Vater (1927, s. 68—69) toteaa iän määrittämisessä lustojen avulla sangen luotettavaksi ainakin vallitsevien puiden suhteen, ja Nägeli (1931, s. 143) totesi adventiivijuurten

vuosilustojen vastaavan täsmälleen oikeata ikää. Nägeli on eräässä myöhemmässä tutkimuksessa lähemmin selviteltyt lustokadon ja lustojen yhteensulautumisen ilmenemismuotoja; hänen päätelmänsä tämän tutkimuksen johdosta eivät kuitenkaan suoranaisesti kumoa vaan pikemminkin tähdentävät niitä vaikeuksia, jotka liittyvät iän määrittämiseen vuosilustojen perusteella (Nägeli, 1935, s. 212—215). Heikinheimon (1941, s. 47) pitää juurista tehtyjä iän määrittämiä yleisiä ikäsuhteita silmällä pitäen tarpeeksi luotettavina. Mainittakoon vielä, että Fabricius todettuaan juurten paksuuskasvun sangen epäsäännölliseksi kaikista huolimatta löysi kuusen tyvestä lähtevän juuren kannasta yhtä monta lustoa kuin tyvileikkauksesta. (1905, s. 144—148). Saman tapaisiin positiivisiin tuloksiin ovat myös Sirén—Olenius (1945, s. 49—52) ja Hustich (1947, s. 198—199) päätyneet.

Kuusen juuristoa koskevaa kirjallisuutta

Kuusen juuristosta ei ole suoritettu keskitettyä, tyhjentävää tutkimusta. Erilaisia erikoistutkimuksia on sen sijaan tehty hyvin runsaasti, samoin kuin havaintoja muiden tutkimusten yhteydessä.

Kuusen juuriston yleistä morfologiaa selvittelevistä tutkijoista mainittakoon esim. vain Schreiber (1926), Hilf (1927), Vater (1927), Büsgen ja Münch (1927), Laing (1932), Heybey (1937), Wiedemann (1937). Kotimaisista tutkijoista ovat Aaltonen (1920, 1936, 1939, 1940, 1948), Heikinheimon (1920, 1941), Laitakari (1927, 1929, 1935), Pöntynen (1929), Hertz (1932, 1935) ja Kalela (1936) tehneet runsaasti havaintoja kuusen ominaisuuksista sekä morfologisesta että ekologisesta mielessä. Yleensä todetaan juuristo pinnalliseksi laakajuuristoksi, jolle humukseen levittäytyvät, usein suoraviivaiset kulkujuuret ovat ominaiset. Syväjuuristo on useimmiten hajasyväjuuriston tapaista paalujuuretonta juuristoa, joka ravinto- ja vesitaloussuhteista riippuen ulottuu vaihtelevaan syvyyteen pysyen yleensä 1 m:ä matalammalla. Sekä morfologisesti että fysiologisesti mielenkiintoisesta juuristoyhteydestä esittää mm. Yli-Vakkuri (1945) erittäin todistusvoimaisia havaintoja.

Tutkimustulokset juurten pituussummasta ja pituuskasvusta, jotka tämän tutkimuksen kannalta olisivat erittäin arvokkaat, ovat metodisista eroavaisuuksista johtuen sangen ristiriitaiset. Esimerkkeinä mainittakoon vain seuraavat toisistaan poikkeavat lukuarvot:

Puun ikä	Puun korkeus	Juurten pituussumma	
5½ v.	—	60 m	(Wahlgren, 1914, s. 499)
80 »	5.4	138 »	(vain pintajuuristo) (Laitakari, 1927, s. 202—204)
60 »	23 »	45.8 m	(vain kulkujuuret) (Hilf, 1927, s. 19)

Juurten pituuskasvusta esittää Laitakari kaksi määrittämisen merkitystä korostavaa esimerkkiä. Hän sai männyn juuren keskim. vuotuiseksi pituuskasvuksi n. 32—34 cm/v., kun juuren pituus jaettiin puun iällä (1927, s. 212). Myöhemmin (1935, s. 102) hän esitti toisen esimerkin, jonka mukaan eräiden koivun juurten osien keskimääräinen vuotuinen kasvu on yli 50 cm ja joskus jopa 156 cm. Määrittäminen perustui tällöin juuristoista tehtyihin lustoanalyysiin. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Vater on kuusen juurten kohdalla päättänyt vain 2—40 cm:n vuotuisen pituuskasvuun (1927, s. 74), joskin hän mainitsee humuskerroksen ja mineraalimaan rajakohdan tarjoaman lievän vastuksen mahdollistavan juuren nopean kasvun, kun sen sijaan Engler (1903, s. 294) mittasi juurten kasvukautisen pituuskasvun n. 50 cm:ksi. Englerin tutkimustuloksia tukee mm. Laing (1932, s. 35). Heikinheimon (1940, s. 42—56) tutkimukset viittaavat kuusen taimien kohdalla n. 20—30 cm:n kasvukautiseen pituuskasvuun. Lodefoged (1939, s. 144—145) ja Andersson (1945, s. 298) päätyvät samanlaisiin tuloksiin.

Juurten haarautumisen esiintyminen kirjallisuudessa runsaasti mainintoja. Yleensä todetaan, että runsas veden- ja ravinnonsaanti edistää haarautumista, kun sen sijaan köyhä kasvualusta aiheuttaa pitkien kulkujuurten kehittymistä. Ilmiöstä esittävät sekä Laitakari (1927) että Aaltonen (1940 ja 1948) runsaasti kirjallisuusviittauksia. Ruotsissa on mm. Arnborg (1942, s. 65 ja 1943, s. 241) kiinnittänyt huomiota tähän seikkaan. Schreiber (1926, s. 154) esittää kuitenkin jossakin määrin poikkeavia, jopa päinvastaisiakin tutkimustuloksia. Männyn suhteen on Wiedemann (1942, s. 30—36) esittänyt Aaltosen ja Laitakarin käsitystä tukevia tutkimustuloksia. Mitä haarautumismekaniikkaan tulee, esittää Vater (1927, s. 73—74) esimerkin, jonka perusteella haarautuminen tapahtuisi siten, että kulkujuuren kasvu ajoittain tyrehtyisi joksikin aikaa, jolloin sivuhaaroja muodostuu. Varsinainen haarautumisen sijainti Väterin mukaan latvuspiirin ulkopuolella, mikä johtuu etupäässä vesitaloudellisista syistä. Tässä yhteydessä mainittakoon, että mm. Liese (1929, s. 123—126) ja Rose (1938, s. 60) ovat todenneet runsaan haarautumisen aiheutuvan juurten typpistämisestä. Hilfin mukaan kuusen juuret haarautuvat etupäässä vain yhdessä

tasossa johtuen lähinnä juurten yleisestä diarkisuudesta (1927, s. 75—77). Samantapaisiin tuloksiin on myös Hartmann (1927, s. 65—66) tullut.

Erittäin mielenkiintoisia ovat ne monet havainnot, joita eri tutkijat ovat tehneet pienten kuusten juurten pinnallisuudesta (vrt. esim. Aaltonen, 1920, s. 28, Laitakari, 1927, s. 295, 1929, s. 26, 1935, s. 137 ja Laing, 1932, s. 34—45). Nimenomaan alikasvoskuusen juuriston pinnallisuudesta mainitsevat esim. Morosow (1928, s. 31—32 ja 235—246), Pöntynen (1929, s. 122, 177, 180), Kalela (1936, s. 139) ja Arnborg (1943, s. 146). Vastaavaan tulokseen on Wretling tullut alikasvosmäntyjä tutkittaessa (1934, s. 295—296). Pinnallisuuden yhteydessä on kenties paikallaan mainita juurten painuminen puun varttuessa, josta mm. Melin (1917, s. 254—256), Kokkonen (1923, s. 10), Flury (1924, s. 254), Laitakari (1927, s. 259—262, 1935, s. 130—131) ja Pöntynen (1929, s. 125—126) esittävät esimerkkejä. Toiselta puolen viittaavat Laitakarin (1927, s. 257, 1935, s. 124), Coilen (1937, s. 255) ja Kalelan (1949, 28—29) tutkimukset juuristojen tihentymiseen nimenomaan metsämaan pinnassa eli humuksessa metsän vanhetessa. v. Kruedener puhuu lisäksi kuusen juuriston pinnallistumisesta metsämaan degeneroitua. Hän jopa käyttää kuusesta sanontaa »ausgesprochener Humuswurzler». Pinnallistumisen primäärisenä syynä hän pitää maan tiivistymistä ja ilman puutetta (1943, s. 23—24). Männyn juuristojen tihentymisestä maassa vallitsevien olosuhteiden muuttumisen johdosta esittävät mm. Melin (1917) ja Multimaaki (1923) erilaisia esimerkkejä.

Kuusen osallistumisesta kasvien väliseen juuristokilpailuun esittävät mm. Aaltonen (1936, s. 5—34) ja Kalela (1936, s. 123—137, 1948, s. 320—323, 1949, s. 43—46) sekä omia että muiden tutkijain tuloksia. Juuristokilpailua yleensä on käsitelty ennen kaikkea Aaltonen (1940, s. 496—503, 1942, s. 12—24 ja 1948, s. 371—382). Juuristotutkimusten yhteydessä ovat maininnat kuolleista juurista myös merkille pantavan yleisiä, joskin kuolleisuuden syyksi yleensä havaitaan muita syitä kuin juuristokilpailu (vrt. esim. Wiedemann, 1924, s. 22—177, 1925, s. 67, Vater, 1927, s. 74—75, Laitakari, 1927, s. 154, 163, 211 ja 1935, s. 38, 88, 152—153, Hilf, 1927, s. 15—16, Büsgen ja Münch, 1927, s. 264, Hartmann, 1927, s. 47—49, 68—76, Burger, 1930, s. 68—70, Nägeli, 1931, s. 143—144, Laing, 1932, s. 34—45, Ledefoged, 1938, s. 231—238, Heikinheimon, 1941, s. 42, Möller, 1945, s. 201—205). Etenkin viimeksimainittu on tehnyt

rohkeita johtopäätöksiä juurten kuoleamisen suhteen, väittäen että juurimenetykset ovat vähintään yhtä suuret kuin oksien karsiutumisen johdettu puuaineen hukka. Kalela (1936, s. 147, 160) epäilee juromisen aiheutuvan mm. juuristokilpailussa nääntyneiden juurten kuolemisen (vrt. myös Heikinheimon, 1941, s. 53). Samantapaiseen tulokseen on päätenyt myös Wiedemann, joka tutkimustensa perusteella arvelee juromisen aiheutuvan tarpeellisen juuriston puuttumisesta (1925, s. 68). Wiedemannin tutkimukset ovat muissakin suhteissa mielenkiintoisia. Hän esittää mm. ajatuksen, että juuristo tulisi pinnallisemmaksi kasvu-alustan syystä tai toisesta muuttuessa fysiologisesti matalapohjaisemmaksi (s. 56). Primäärisenä kuoleman syynä hän pitää yleensä kuivuutta, mutta pitää kuitenkin olettamusta, että juurten kuoleminen suojuapuuston alla olisi kuivuuden aiheuttama, vähemmän todennäköisenä (s. 126). Laing (1932, s. 34—44) toteaa juuria kuolevan ja myöhäisjuuria muodostuvan, mutta katsoo että viimeksi mainitun ilmiön ei välttämättä tarvitse merkitä sitä, että puu jää edelleen juromaan, joskin hän esittää esimerkin tällaisesta jatkuneesta juromisesta (s. 36). Wiedemannin, Laingin ja Kalelan havaitsemia juromisilmiön syitä tukevat myös Hartmannin (1927, s. 47—49) ja Burgerin (1930, s. 68) tutkimukset. Hartmann väittää lisäksi esittämättä tarkempia tutkimustuloksia, että jurovan kuusen litteä latvusmuoto ei johdu suurentuneesta valontarpeesta, vaan yksinomaan yleisestä aliravitsemuksesta. Jurominen ilmenee sen sijaan Morosowin (1928, s. 30—31) mukaan latvuksen muuttuessa litteämmäksi ja neulaston jäädessä normaalia pienemmäksi. Juuristo on tällaisissa puissa heikommin kehittynyt. Samantapaisen ± epämääräisen suhteen latvuksen ja juuriston välillä ovat useat muut, mm. Pöntynen (1929, s. 123), Laitakari (1927, s. 243), Hertz (1932, s. 120), Kalela (1936, s. 132, 144) ja Burger (1937, s. 112 ja 1939, s. 172) todenneet. Lukkala (1946, s. 118) toteaa, että taimet, joiden latvus on matala ja sateenvarjomainen, elpyvät hitaasti.

Koska juuriston kuoleminen ilmeisesti merkitsee uutta kasvutilaa toisille juurille, on kysymys ilmiön merkityksestä uudistumisen kannalta joutunut pohdinnan alaiseksi. Etenkin Aaltonen on tässä suhteessa tuonut esille käsityksensä vanhan puusukupolven juuristojen uudistumista ehkäisevästä vaikutuksesta (1936, 1939, 1940, 1948). Hänen tuloksiaan tukevat ennen kaikkea Kalelan (1936, s. 160, 1948, s. 320—323 ja 1949, s. 54) ja Heikinheimon (1941, s. 42—43) tutkimustulokset.

Kuusen juuria koskevista tutkimuksista mainittakoon lisäksi Hagemin tutkimus, jossa mm. selvitetään kasvun painopisteen siirtymistä

kulloinkin edullisimmissa olosuhteissa olevaan kasvinosaan (1947, s. 56—59 ja 63—70), (vrt. myös *Ladefoged*, 1939, s. 249 ja *Andersson*, 1945, s. 300—301 ja *Sirén-Olenius*, 1945, s. 102—103).

Oman lukunsa kuusen juuristoja koskevasta kirjallisuudesta ansaitsevat kuusen myöhäisjuuria käsittelevät tutkimukset. Siitä huolimatta, että ko. juuren asiallinen määritelmä vaihtelee jonkin verran eri tutki-joilla, ovat tutkimusten tulokset käytännöllisesti katsoen sangen yhtäpitäviä. *Heikinheimo* (1920, s. 10) rajoittaa metsäpuiden kohdalta myöhäisjuurten määritelmän käsittämään vain nk. sekundäärisistä proventiivisilmuista kehittyvät juuret, jotka hänen mielestään esiintyvät vain oksakiehkurain tienoilla (vrt. myös *Fankhauser*, 1900, s. 297, *Vogtherr*, 1910, s. 307, *Burger*, 1930, s. 70—71, *Tertti*, 1937, s. 159 ja *Sarvas*, 1944, s. 23). Myöhäisjuurten syntymäkohdista esiintyy kuitenkin muitakin mainintoja. *Tubeuf* (1904, s. 164) esittää esi-merkin haavasolukosta syntyneestä kuusen myöhäisjuuristosta (vrt. myös *Wichmann*, 1926, s. 350, *Liese*, 1929, s. 125 ja *Roze*, 1938, s. 60); hän on todennut ko. juurten tunkeutuvan ulos korkkihuoko-sistakin.

Myöhäisjuuret levittäytyvät ainakin aluksi yleensä vain ylimpään maakerrokseen, tavallisesti humukseen, mutta myös jopa sammalkerrokseen (vrt. esim. *Heikinheimo*, 1920, s. 26, *Wiedemann*, 1925, s. 148, *Pöntynen*, 1929, s. 180, *Burger*, 1930, s. 67—71, *Robinson*, 1942, s. 9—10). Mielenkiintoista on todeta, että mm. *Heikinheimo*, *Pöntynen*, *Hertz* ja *Wiedemann* ovat tutkimuk-sissaan havainneet myöhäisjuuriston usein muodostavan juuriston valta-osan ja alkuperäisen juuriston menettävän merkityksensä melkein täydellisesti. *Laing* (1932, s. 5 ja 34—45) väittää sen sijaan varttuneeman kuusen juuriston ainakin turvemaidella muodostuneen kokonaan myöhäisjuurista. *Hertz* on puolestaan todennut juuriston kehittyvän toispuoleiseksi taimen taipuessa, sillä tueksi kasvanut myöhäisjuuristo varttuu voimakkaammaksi kuin alkuperäinen juuristo (*Hertz*, 1932, s. 120, vrt. myös *Hilf*, 1927, s. 98 ja *Heikinheimo*, 1941, s. 21). Samanlaiseen tulokseen on myös *Haufe* (1927) (kts. *Wiedemann*, 1927, s. 232) tullut. Myöhäisjuurten paikallisesta ja ajallisesta esiintymisestä esittää *Heikinheimo* (1920, s. 23) käsityksensä, että myöhäisjuuria voi syntyä kuinka korkealle runkoon tahansa, jos olosuhteet vain käyvät suotuisiksi (vrt. myös *Me yer*, 1938, s. 290—295). *Pöntynen* toteaa vanhoilla alikasvoskuusilla myöhäisjuurten muodostumisen alituisen jatkuvan (1929, s. 176). Istutuskuusien myöhäisjuurimuodostuk-

sesta esittävät mm. *Heikinheimo* (1920, s. 14—16) sekä *Büsgen* — *Münch* (1927, s. 269—272) kouraantuntuvia esimerkkejä. Viimein mainittakoon vielä *Vogtherrin* (1910, s. 306) käsitys myöhäisjuurimuodostuksen ravintotaloudellisista edellytyksistä. Hänen mukaansa ilmiön syntymisen mahdollistaisi vain »vermehrter Baustoffzufuhr».

Juromisilmiön fysiologia ei *Laingin* (1932) selvitystä lukuun ottamatta ole toistaiseksi joutunut erikoistutkimuksen kohteeksi, joskin eräät tätä kysymystä sivuavat latvuksen yhteyttämiskykyä, kasviainetuotantoa ja kasviainehukkaa selvittelevät tutkimukset kenties suurel-takin osalta pystyisivät valaisemaan juromisilmiöön liittyviä fysiologisia ongelmia. Uusimmista tämän alan tutkimuksista esitetään *Möllerin* (1945) julkaisemassa teoksessa laaja kirjallisuuskatsaus, joten tässä ei ole syytä niihin kajota. *Möllerin* omista tutkimustuloksista on tämän tutkimuksen kannalta erittäin mielenkiintoinen *Boysen-Jensenin* tuotantolakiin perustuva *Möllerin* tuotantospektri (s. 231). Tässä yhteydessä lienee paikallaan myös mainita *Laingin* (1932, s. 29) ja *Björkmanin* (1944, s. 340 ja 352) todenneen mykoritsan puuttu-misen erääksi juromisilmiön syyksi.

Tutkimuksen aihe ja käytetty terminologia

Edellä esitetystä kirjallisuuskatsauksesta on käynyt ilmi, ettei tois-
taiseksi ole kehitetty sellaista iän määrittämismenetelmää, joka esimer-
kiksi alikasvoskuusen ikää määrittäessä mahdollistaisi oikeaan tulok-
seen pääsemisen. Niin ikään selviää kirjallisuuskatsauksesta, että juurten
iän määrittämisestä esiintyy erilaisia käsityksiä. Nimenomaan tätä kysy-
mystä silmällä pitäen alikasvoskuuset ovat jääneet miltei kokonaan tutki-
matta.

Juuriston ja latvuksen välisestä riippuvaisuudesta mainitaan monessa
tutkimuksessa, mutta missä määrin jurovan alikasvoskuusen latvusta vas-
taa niin ikään jurova juuristo, on ainakin osittain jäänyt selvittämättä.
Juurten kuolleisuudesta esiintyy erittäin runsaasti mainintoja ja väite-
tään tämän olevan myötävaikuttavana tekijänä alikasvoskuusten juro-
misessa. Toiselta puolen esiintyy myös mainintoja laajahkon juuriston
supistumisen ja tihentymisen olevan yhteydessä puun kasvun parantumi-
sen kanssa. Juurten erilaisiin haarautumistapoihin on moni tutkija myös
kiinnittänyt huomiota, mutta missä määrin haarautuminen on vaikutta-
nut juurten pituuskasvusta ja pituussummasta esiintyviin ristiriitaisiin
tuloksiin, ei selviä mistään.

Edellä esitettyjä seikkoja silmällä pitäen pyritään tällä tutkimuksella
selvittämään tai jossakin määrin valaisemaan ainakin seuraavia ongelmia:

- 1) Voidaanko kehittää analyttinen iän määrittämismenetelmä, joka
takaa absoluuttisesti oikean tuloksen.
- 2) Voidaanko määrittää juuren ikä luotettavasti, ja, jos tämä on mah-
dollista, kuinka vanhoja alikasvoskuusen juuriston eri osat ovat verrat-
tuina runkoon.
- 3) Onko olemassa muita haarautumistapoja kuin edellä esitetyt.
- 4) Missä määrin juurten kuoleminen on normaalin ilmiö.
- 5) Mitä suuruusluokkaa on eri tavoin juroneiden alikasvoskuusten
juurten pituussumma.
- 6) Vallitseeko alikasvoskuusen latvuksen ja juuriston suuruuden
välillä riippuvaisuutta, ja millainen se on.

Aineiston pienuuden ja heterogeenisyyden vuoksi tutkimus on tällä
asteella etupäässä orientoivaa ja metodiikkaa selvittelevää laatua. Myko-
ritsoja ei ole tässä tutkimuksessa tutkittu. Tutkimuksen piiriin läheisesti
liittyvä kysymys kuusen kasvullisesta lisääntymisestä on niin ikään jätetty
tämän esityksen ulkopuolelle.

* * *

Kirjallisuutta tutkittaessa todetaan sangen usein, että samojen käsit-
teiden määritelmät eri tutkimuksissa eivät aina tarkoita täsmälleen samaa
asiaa. Väärinkäsitysten välttämiseksi on seuraavassa katsottu tarpeelli-
seksi esittää joitakin määritelmiä ja käsitteitä.

Alikasvoskuusella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kuusi-
yksilöä, joka yksinään tai laajempaan kuusijaksoon kuuluvana pysyy
varttuneemmissa metsissä selvästi päällyspuuston alimman latvuser-
roksen alla, mutta sitä vastoin saattaa sekoittua päällyspuuston latvus-
kerroksen alimpaan osaan valtapuuston ollessa taimistoasteella. Maksimi-
pituutena on käytännöllisistä syistä pidetty 5 m.

Juurten suhteen on yleensä pysytty *Laitakarin* (1927) ja
Laingin (1932) käyttämissä nimityksissä. Myöhäisjuuri-käsite on
otettu *Heikinheimon* (1920) esittämän määritelmän mukaisena.

Tyvikappaleella tarkoitetaan puun syntymäpisteen ja nykyi-
sen juurenniskan välistä rungon osaa.

Juurenkanta on se osa juurta, joka rajoittuu tyvikappaleeseen
tai astetta suurempaan juureen.

Lustokko on rungon, juuren tai oksan poikkileikkauspinnassa ole-
vien lustojen yhteisnimi.

Lustoputouma on lustojen äkkinäinen väheneminen kahden
samassa puun osassa esiintyvän aivan lähekkäisen poikkileikkauspinnan
lustokon välillä.

Ydinsolmu on (pääte-)silman ja edellisen vuosikasvaimen väli-
nen rajakohta (vrt. *Kujala*, 1931, s. 65, kuva 3).

Juurifraktio on samaan paksuusluokkaan kuuluvien juurten
yhteisnimi.

Puun todellinen ikä on määritetty itämisvuosi lähtökohtana.

Muissa suhteissa on noudatettu metsäkirjallisuudessa jo vakiintunutta
ammattisanastoa.

Aineiston keruu ja käsittely

Keruupaikat ja keruu

Tutkimusta varten kerätty aineisto on koottu Juupajoen pitäjässä olevista, Korkeakosken hoitoalueeseen kuuluvista valtionmetsistä.

Aineiston keruussa on noudatettu kahta eri periaatetta riippuen osatutkimuksen tarkoituksesta.

A. Yksinomaan alikasvoskuusen eri osien iän määrittämistä varten tutkittiin 80 puuta, joiden juuret kaivettiin esille 2 mm:n läpimittaan saakka. Neulaston suuruus, rungon ja oksien vuosikasvainten pituudet määritettiin kuitenkin vain 19 puusta. Tähän ryhmään kuuluu lisäksi 10 suurta puuta, joiden juuristoista osa kaivettiin esille. Tämä osa aineistosta muodostaa »A-aineiston».

B. Alikasvoskuusten rungon, oksiston ja juuriston ikää, kehitystä ja keskinäistä suhdetta selvittävää osatutkimusta varten suoritettiin 21 puusta seikkaperäinen erikoistutkimus, jossa kiinnitettiin huomiota rungon ikään

Taulukko 1. Koepuiden luku eri osatutkimuksissa. — Table 1. Number of sample trees in different examinations.

Tutkimuksen kohde. — Object of examination.										
Ikä Age			Pituuskasvu Growth in length			Juuristo Root system			Neulasto Needles	
Run- ko Stem	Ok- sisto Branches	Juu- risto Root system	Run- ko Stem	Ok- sisto Branches	Juu- risto Root system	Pinnal- isuus Super- ficiality	Haarau- tuminen Branching	Pituus- summa Total of length	Pinta-ala Area	
									ΣJ_0 *	ΣJ_2 **
Alikasvoskuusia, kpl. — Number of undergrown spruces.										
100	100	100	40	40	21	20	21	21	100	40
Isoja kuusia, kpl. — Number of big spruces.										
10	10	10	—	—	10	—	10	—	—	—

* ΣJ_0 = kaikkien juurten pituussumma. — Total length of all roots.

** ΣJ_2 = kahta mm:ä paksimpien juurten pituussumma. — Total length of roots more than 2 mm. in thickness.

ja pituuskasvuun sekä oksistoa selvitetessä lisäksi neulaston suuruuteen ja juuristoa selvitetessä yksityisten ja juurten ikään pituuskasvuun sekä juuriston pinnallisuuteen, haarautumiseen ja kokonaispituuteen. (»B-aineisto».) Koepuiden lukumäärä eri tarkoituksia varten ilmenee taulukosta 1.

Aineisto on kerätty eri metsä- ja suotyypeiltä seuraavasti:

	OMT	MT	VT	Korpi	Yht.
Alikasvospuut	20	37	23	20	100
Isot puut	—	5	1	4	10

OMT ja MT kasvoivat kuusivaltaista sekametsää, VT mäntyä ja korvet kuusta.

Käsittelyn helpottamiseksi luokiteltiin alikasvoskuuset jo kentällä silmävaraisesti elinvoimaisiin ja juroviin tai kituviin yksilöihin. Tällöin otettiin kuitenkin puun aikaisempi kehitys huomioon alla esitettyyn tapaan:

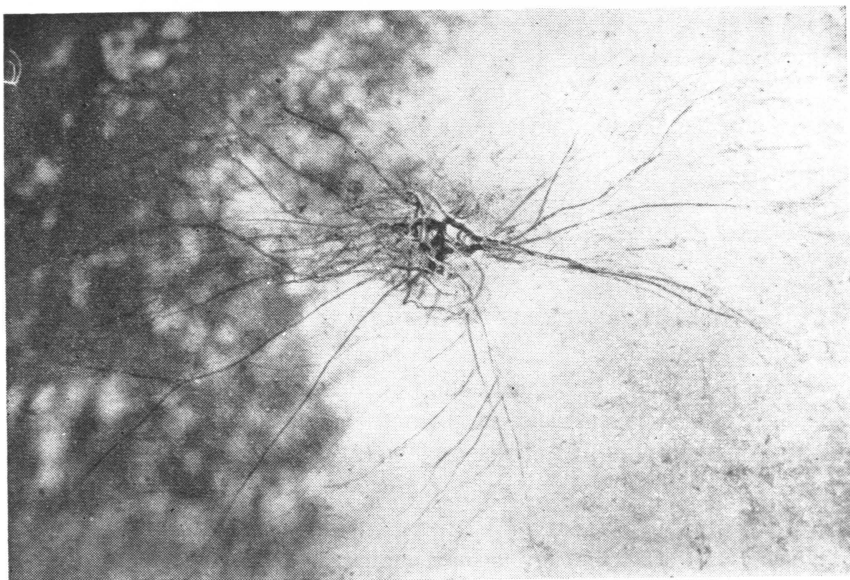
	Elinvoimai- suusluokka	
Elinvoimaiset puut	I	Täysin elinvoimainen normaalisti kehittynyt puu.
	II	Aikoinaan juronut, nyttemmin täysin toipunut puu.
Jurovat ja kituvat puut	III	Jurova puu.
	IV	Kituva puu.
	V	Aikaisemmin väliaikaisesti normaalisti kehittynyt, nyttemmin jurova tai kituva puu.

Mekaaninen työ ja aineiston esikäsittely

Täysin sattumanvaraisesti ja yleensä kolmen puun ryhmissä valittujen A-ryhmään kuuluvien koepuiden juuristot kaivettiin esille vain 2 mm:n läpimittaan saakka (kuva 1). Tarkoituksena oli saada tästä karkeastakin juurifraktiosta objektiivinen kriteerio koepuiden jakaantumista eri elinvoimaisuusluokkiin. Kasvupaikkaa koskevista muistiinpanoista mainittakoon, että tavanmukaiset metsikön ja maan tunnuksat merkittiin muistiin.

B-ryhmään kuuluvien koepuiden suhteen meneteltiin toisin. Kasvupaikkaa koskevien muistiinpanojen jälkeen kaivettiin juuristo kokonaisuudessaan esille äärimmäistä varovaisuutta noudattaen (vrt. esim. L a i t a k a r i, 1927 ja K a l e l a, 1936).

Tämän työn yhteydessä määritettiin juuriston pinnallisuus arvioimalla ns. suhteellinen pinnallisuus, mikä tapahtui siten, että verrattiin koepuun juuriston vapaata, muiden puiden juurten päällä kulkevaa osaa siihen juuriston osaan, joka oli vieraiden juurten peittämä. Kartoitusta ja juurten pituuden mittausta antoivat objektiivista tukea tälle subjektiiviselle määri-



K u v a 1. Esille kaivettu juuristo. — F i g. 1. A dug out rootsystem.

tykselle. Laskemalla »vapaan juuriston» prosenttinen osuus puun koko juuristosta saatiin määritetyksi suhteellinen pinnallisuus muihin juuristoihin verrattuna.

Suurten puiden iän määrittämiseksi kaivettiin kanto kokonaisuudessaan esille ja siitä sahattiin kiekkoja juurenniskasta sekä kolmesta kohdasta tämän alapuolelta. Halkaisemalla näin syntyneet kappaleet saatiin ydin ja syntymäpiste selville. Juurista otettiin niin ikään tyvikiekkoja, ja haarautumistutkimuksia varten kaivettiin esille 3—5 pintajuurta puuta kohden, pari lähisyväjuurta MT-kuusista sekä joitakin vanhoja juuria korpikuusien turpeeseen vajonneista tyvikappaleista.

Mikroskooppiset tutkimukset, mittaustyö ja metodiikka

Puun eri osien iän määrittäminen

Kuten kirjallisuuskatsauksesta ilmeni, voidaan ikä määrittää monella eri tavalla. Tässä tutkimuksessa on sekä rungon että oksien iän määrittämiseksi käytetty ns. yhdistettyä iän määrittämismenetelmää. Juurten ikä sen sijaan on määritetty yksinomaan lustoja lukemalla. Menettelytapojen yksityiskohdat ilmenevät seuraavasta selostuksesta.

Rungon iän määrittäminen

Tämän osatutkimuksen lähtökohdaksi valittiin nykyinen juurenniska, ja ikä määrittiin seuraavan periaatteen mukaan:

Juurenniskan kohdalla suoritetusta tyvileikkauksesta saatuun lustolukuun lisättiin 1) se ydinsolmujen perusteella laskettu vuosimäärä, joka taimelta on kulunut kasvamiseen syntymäpisteestä tyvileikkaukseen sekä 2) ydinsolmujen ja ylempänä rungossa esiintyvien säännöllisten vuosilustojen perusteella laskettu mahdollisesti muodostumatta jääneiden lustojen lukumäärä. Menetelmä antaa oikean tuloksen, jos

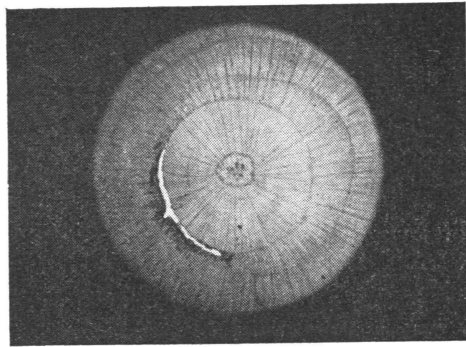
1) ydin on terve syntymäpisteestä latvaan saakka,

2) ydinsolmujen mahdollinen puuttuminen voidaan todeta ja niiden luku määrätä epäsäännöllisissä kohdissa vuosilustojen avulla.

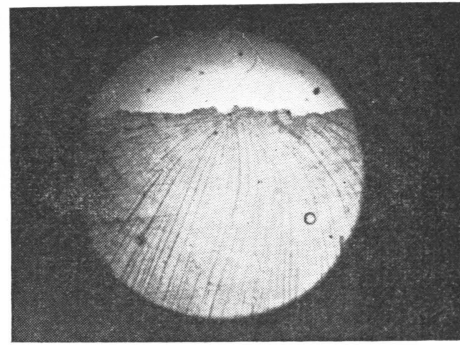
Iän määrittämistä varten katkaistiin puu sahalla ja juuristosta piirrettiin luonnos. Juuret irroitettiin kantaansa myöten tyvikappaleesta, josta leikattiin näytteitä mikroskooppista tarkastelua varten. Vuosilustojen erottaminen toisistaan oli yleensä helppoa floriglusiinivärjäyksen ansiosta.

Tyvileikkauksessa tavattavien lustojen luku vaihteli sangen huomattavasti (jopa yli 30 v.) riippuen siitä, miltä suunnalta näitä yleensä epäkeskeisiä lustokoita tarkastettiin. Tässä tutkimuksessa merkittiin poikkeuksetta leikkauskohdan lustoluvuksi se lustomäärä, joka saatiin epäkeskeisistä lustokoista pisimmän kuhunkin vuosilustoon suorana piirretyn säteen suunnassa. Milloin oli aihetta epäillä, että jokin tiheälustoisesta ympäristöstä poikkeava leveä ja voimakkaasti kesäpuinen lusto oli muodostunut kahdesta tai useammasta lustosta, tutkittiin tämä lusto pitkin ympäristään erikoisen tarkasti. Lustojen yhteensulautumaa pidettiin todennäköisenä silloin, kun kevätpuuta löytyi jostakin kohdasta »luston» kesäpuuosan sisältä (vrt. N ä g e l i, 1935, kuvat 1—5). Asia tarkistettiin myöhemmin vertaamalla lustokkoa sekä ylempänä että alempana esiintyviin lustokkoihin samalla tavalla kuin L ö n n r o t h (1925, s. 108) vertaili eri puuyksilöitä edustavia lustokoita keskenään.

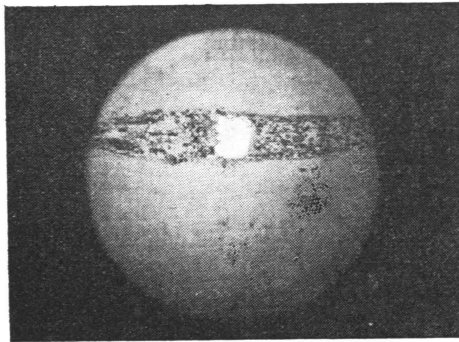
Tyvileikkauksen sekä ylä- että alapuolelta samalla tavalla otettujen näytteiden lustoluku laskettiin samoja periaatteita noudattaen. Kun suuri joukko ydinsolmuja saattoi tuhoutua, jos tyvikappale katkaistiin monesta eri kohdasta, oli välttämätöntä ennen pätkimistä halkaista kanto, vaikka työ täten tuli paljon vaivalloisemmaksi. Näin suoritettuna, ydinsolmuihin perustuvan ikätutkimuksen jälkeen puoliskot liitettiin toisiinsa ja 10 cm lyhyemmät tyvikappaleet katkaistiin 2 cm:n pätkiin, kun taas pitemmät leikattiin 3 cm:n kappaleisiin.



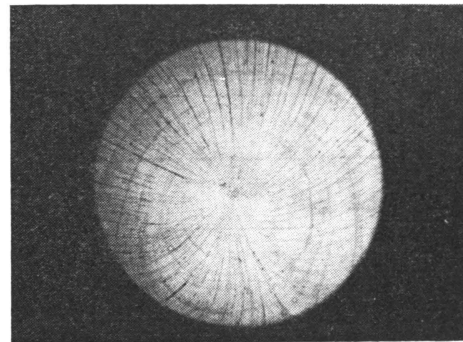
K u v a 2. Poikkileikkaus rungon keskusta ytimestä. — *F i g. 2. Square section of centre of a stem.*



K u v a 3. Poikkileikkaus sirkkavarresta, joka ensin on paikallistettu halkaisemalla. — *F i g. 3. Square section of hypocotyl located after cleaving*



K u v a 4. Pituusleikkaus ydinsolmusta. — *F i g. 4. Length section of a pithnode.*



K u v a 5. Poikkileikkaus juuren keskusta. Näytteessä 18 vuosilustoa. Läpimitta = 4 mm. — *F i g. 5. Square section of a root. The photo shows 18 annual rings. Diameter = 4 mm.*

Ydinsolmut laskettiin siirtämällä suurennuslasia (suur. 10 ×) pitkin ydintä tyvileikkauksesta syntymäpisteeseen päin. Siitä huolimatta, että ydin lähellä syntymäpistettä tavallisesti oheni sangen hitaasti, oli yleensä helppo löytää rajakohta sirkkavarren ja sitä seuranneen vuosikasvaimen välillä. Se, että juuren keskusta johtojänteineen miltei poikkeuksetta oli ruskea väriltään, oli omiansa jossakin määrin vaikeuttamaan työtä. Toiselta puolen helpotti taas ydinsolmujen puuttuminen juurista eri puuosien toisistaan erottamista. Milloin viimeisen ydinsolmun sijainti hal-

kaisuteknillisistä syistä osoittautui vaikeaksi paikallistaa, suoritettiin mikroskooppinen tutkimus. Tällöin kävi helposti ilmi, miltä leikkauväliltä etsitty ydinsolmu oli löydettävissä. (Kuvat 2—5.)

Ydinsolmujen väliset etäisyydet mitattiin millimetrin tarkkuudella. Syntymäpisteen ja tyvileikkauksen väliseksi etäisyydeksi merkittiin kuitenkin lähimpään täyteen senttimetriin pyörästetty yhteenlaskettu arvo. Ytimen (taimen) mutkittelun vuoksi ei suurempaa tarkkuutta katsottu tarpeelliseksi.

Tyvileikkauksen yläpuolella oleva rungon osa halkaistiin niin ikään. Ydinsolmut laskettiin ja lukumäärä tarkistettiin laskemalla lustot 30 cm:n etäisyyksin otetuista lustonäytteistä. Milloin ydinsolmuja esiintyi epäselvinä rykelminä ja latvakasvaimen katkeaminen, muodostumatta jääminen tai jokin muu vaurio osoittautui todennäköiseksi, laskettiin vuosilustot kyseenalaisen kohdan sekä ylä- että alapuolelta. Erotuksen katsottiin edustavan leikkaukspintojen välistä ydinsolmujen lukumäärää. Tällä tavoin korjattua ydinsolmujen lukumäärää pidettiin tyvileikkauksen yläpuolella olevan rungon oikeana ikänä. Muodostumatta jääneiden lustojen luku saatiin vähentämällä tyvileikkauksesta saatu lustoluku korjatusta ydinsolmujen määrästä. Kaksoisluston esiintymistä ei todettu. Menetelmän luotettavuus tarkistettiin laskemalla ydinsolmut vanhoista istutus- taimista.

Myöhemmin suoritettavien eri menetelmien keskinäistä vertailua varten määritettiin myös puun ikä sekä 30 cm:n korkeudelta (täysikasvuisen kuusen todennäköinen kannon korkeus) että nykyiseltä rinnankorkeudelta (130 cm), joka todennäköisesti pysyy melko muuttumattomana pitkänkin ajan kuluessa.

Oksien ja juurten iän määrittäminen

Tutkittava oksa leikattiin kantaansa myöten irti rungosta, jonka läpimitta mitattiin tältä kohdalta. Ikä määritettiin kahta eri menetelmää käyttäen. Yksinkertaisimmaksi ja varmimmaksi keinoksi määrittää vanhimpien oksien ikä osoittautui vuosilustojen laskeminen välittömästi oksan sijaintikohdan ala- ja yläpuolelta. Tutkimuksen kestäessä kävi näet ilmi, ettei vuosilustoja ainoassakaan tapauksessa ollut jäänyt muodostumatta siihen rungon osaan, joka oli vihreän latvuksen sisällä (vrt. R o b e r t H a r t i g, 1891, s. 272 ja P ö n t y n e n, 1929, s. 127).

Toinen tapa perustui itse oksan tutkimiseen. Vuosikasvaimet antoivat tällöin nopeimmin oikean tuloksen nuorissa oksissa, ydinsolmut edelleen

kehittyvissä, mutta tyviosaltaan jo sileissä oksissa ja vuosilustot taas jo kärkiosiltaan epäsäännöllisesti levittäytyvissä vanhoissa oksissa. Rungon sisään jäänyt oksankappale oli kaikissa tapauksissa erikseen tutkittava, sillä usein löytyi, etenkin vanhoja oksia tutkittaessa, ensimmäinen kasvain puun sisältä. Aikoinaan tapahtuneet silmu- ja kasvaintuhot vaikeuttivat oksien iän määrittämistä suuresti.

Juurten ikä määritettiin tyvikappaleeseen jääneestä leikkauspinnasta ja tällöin saattoi vain vuosilustojen laskeminen niiden enimmäisesiintymän suuntaan tulla kysymykseen (vrt. Vater, 1927, s. 69, Laikari, 1935, s. 100 ja Nägeli, 1935, s. 209—215). Etenkin juuren pinnassa olevien ja välittömästi putkilojanteita ympäröivien lustojen mahdollisten yhteensulautumien vuoksi mikroskoipoitiin kaikki näytteet. Milloin epäselviä tapauksia tästä huolimatta esiintyi, pyrittiin mieluummin liian korkeaan kuin liian alhaiseen ikään. Vertaamalla juurien lustokkoa juuren sijaintikohdalta otettuun rungon lustokkoon saatiin mahdollisesti juuren pinnasta puuttuvien lustojen luku määritetyksi. Rungon sisään jäänyttä juuren osaa ei otettu huomioon koepuiden pienen koon ja juurten suhteellisen suuren keskimääräisen pituuskasvun vuoksi.

Puun eri osien pituuskasvun mittaukset

Rungon ja oksien pituuskasvun mittaus suoritettiin samaan aikaan kun ydinsolmut laskettiin tyvileikkauksen sekä ala- että yläpuolelta. Erikoistutkimusta varten koottu aineisto (B-ryhmä) mitattiin millimetrin, muu osa vain senttimetrin tarkkuudella. Tyvileikkauksen alapuolella oleva osa on kuitenkin kaikissa koepuissa, kuten edellä jo on mainittu, mitattu millimetrin tarkkuudella. Oksien pituuskasvu tutkittiin niin ikään ydinsolmututkimuksen yhteydessä.

Juurten pituuskasvun selvittämiseksi suoritettiin kahdenlaisia tutkimuksia. Ensin leikattiin juuren päärangasta lustostonäytteitä 20 cm:n etäisyyksin (joskus pitkissä juurissa 40 cm:n ja erittäin lyhyissä 10 cm:n etäisyyksin). Lustot laskettiin samaan tapaan kuin juuren ikää määritettäessä. Kun tällä tavalla saatu lustosarja kuitenkin osoitti erittäin suuria epätasaisuuksia, suoritettiin haarautumiskohdista erityinen tutkimus, joka tapahtui seuraavasti.

Tutkittavista haarautumiskohdista leikattiin näytteitä lustokoista mahdollisimman läheltä varsinaista haarautumaa sekä juuren päärangasta että kustakin haarasta. Ikä määritettiin välittömästi ja merkittiin luon-

nokseen, joka oli tehty tutkittavasta juuresta. Tämä osatutkimus kohdistui etupäässä kulkujuuriin ja niidenkin suhteen vain 2 mm:n läpimitaan saakka.

Juuriston pituussumman ja juurifraktioiden mittaus

A-ryhmään kuuluvien koepuiden juurten pituussumma määritettiin mittaamalla kaikki 2 mm:ä paksimmat juuret tavallista metrimittaa käyttäen 10 cm:n tarkkuudella. Sen johdosta, että yhdeksän juuristoa oli irroitettu liian huolimattomasti, oli näissä tapauksissa pieni ekstrapolaatio suoritettava (tällöin pyrittiin mieluummin liian suuriin kuin liian pieniin lisäyksiin).

Täydellisesti esiin kaivettujen juurten suhteen oli meneteltävä toisin. Kun pienet ja hennot juuret näyttivät jo silmävaraisesti arvioitaessa muodostavan valtaosan juuristosta, oli niiden runsauden ja haurauden vuoksi kehitettävä menetelmä, joka oli sekä nopea että varma. Mittauksen nopeuttamiseksi päädyttiin seuraavaan Kalelan (1949) esittämästä prototyypin menetelmästä kehitettyyn omintakeiseen menetelmään.

Kalelan pienten yksittäisten juurien prototyyppien sijasta käytettiin suurempia, useista pikkuhaaroista muodostuneita juuria vertailutyyppinä (joskus jopa 10:n haaraumaan saakka). Nämä kartoitettiin ja mitattiin samalla tavalla kuin Kalelan menetelmässä, mutta lisäksi määrättiin vielä nk. muuntokerroin. Tämä saatiin jakamalla näytteen pituussumma sen suurimmalla pituudella. Muuntokerroimet vaihtelivat 1.5—7.5, joskin käytännöllisistä syistä näytteet ryhmitettiin 0.5 tarkkuuden mukaan. Kutakin kerrointa vastasi 5—6 eri tavalla haarautunutta vertailukaaviota, joista pisimmät olivat n. 30 cm. Juurten pituussumma saatiin vertaamalla juurta tiheydensä puolesta samanarvoiseen vertailukaavioon, joka ilmaisi muuntokerroimen. Mitattavan juuren pituus kerrottiin tällä ja koko hennoimman juuriston pituussummaksi merkittiin tällä tavoin määritetty yksityisten näytteiden yhteenlaskettu summa.

Muut juuret jaettiin läpimitansa perusteella kahteen ryhmään. 1—2 mm:n paksuiset ja 2 mm:ä paksimmat juuret erotettiin eri juurifraktioiksi. Näin ollen juuret jakaantuivat kolmeen suuruusluokkaan: — hennoimmat juuret eli käytännöllisesti katsoen kaikki ne juuret, jotka läpimitaltaan olivat alle 1 mm:n, (etupäässä juurten päitä ja lyhytjuuria),

- 1—2 mm:n paksuiset juuret, (etupäässä pitkä- ja kulkujuuria),
- kaikki 2 mm:ä paksimmat juuret, (etupäässä paksuimpia kulku- ja tyvijuuria).

Molempien viimeksi mainittujen ryhmien mittaukset suoritettiin pituuskasvu- ja haarautumistutkimusten yhteydessä 1 cm:n tarkkuudella. Yhteen laskettu summa pyöristettiin lähimpään 10-lukuun.

Muuntokertoimilla määrättyjen pituussummien tarkistamiseksi mitattiin paristakymmenestä näytteestä kaikki juuret 1 mm:n tarkkuudella. Poikkeus oli korkeintaan $\pm 5\%$, mitä määrityksen nopeuteen katsoen on pidettävä sangen alhaisena.

Juuriston pituussumma pyrittiin laskemaan viimeistään vuorokauden tai parin kuluttua kaivamisesta, koska hennot juuret helposti tuhoutuivat. Että osa näistä hennoimmista juurista kaikista varovaisuustoimenpiteistä huolimatta kuitenkin tuhoutui, voitaneen pitää selviönä. Lisäksi on todennäköistä, että moni juuren pää noudatetusta huolellisuudesta huolimatta jäi maahan.

Neulaston mittaus

Koska tutkimus B-ryhmän koepuiden kohdalta selvitti juurten kokonaispituuden sekä absoluuttisesti että juurifraktioittain, ja niiden esiintyminen sekä suhteellinen jakaantuminen eri fraktioihin ainakin silmävaraisesti tarkastellen näytti olevan jonkinlaisessa syy-yhteydessä puun yleiseen kasvukuntoon, pidettiin tarpeellisena yrittää selvittää maanalaisten osien suhde maanpäällisiin osiin. Tämän vuoksi päätettiin myös määrittää nykyisen neulaston pinta-alan suuruus.

Kälälän prototyypin menetelmää soveltaen kehitettiin omintakeinen oksiin kohdistuva menetelmä, jonka tarkoituksena oli nopeasti ja kyllin varmasti ilmaista tutkittavan koepuun neulaston pinta-alan suuruus. Oksat irroitettiin kiehkuroittain ja lajiteltiin neulasrunsaustensa perusteella eri tyyppiryhmiin. Näistä luokista otettiin näyteoksia ja mahdollisimman samannäköinen vertailuoksa. Näyteoksan neulaset luettiin joko yksittäin tai vuosikasvaimittain irroittamalla. Vertailuoksaan vertaamalla arvioitiin muiden oksien neulasmäärä (vrt. esim. W i e d e m a n n, 1925, s. 120). Varistusmenetelmää ei valitettavasti voitu käyttää tähän tarkoitukseen.

Neulaston pinta-alan suuruudeksi merkittiin summa niistä tuloista, jotka saatiin, kun neulasten lukumäärä vuosikasvaimittain kerrottiin neulasten edustavasti määritetyn keskipituuden ja keskeltä mitatun keski-

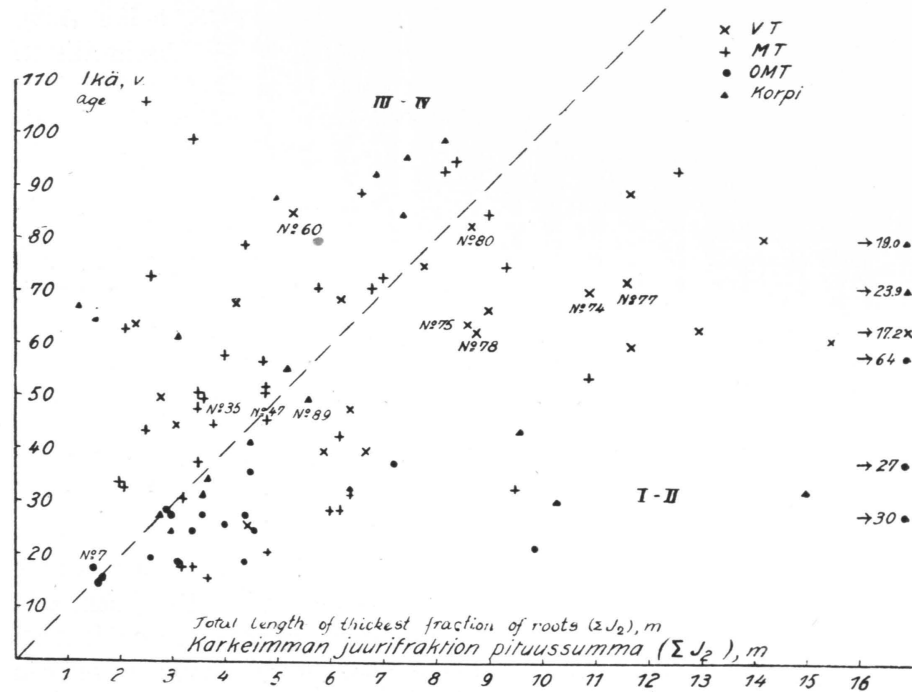
määräisen ympärysmittan tulolla (vrt. M ö l l e r, 1945, s. 150—156). Tällä tavoin saatu neulaston pinta-ala ei tietenkään ole absoluuttisesti aivan oikea, mutta kun tarkoitus oli vain selvittää samalla tavalla mitattujen erilaisten latvusten suhde vastaaviin juuristoihin, menetelmä katsottiin välttäväksi. Myöhemmin suoritettu tarkistus osoitti tulosten joissakin tapauksissa muodostuneen n. 10 % liian suuriksi.

Jotta aineisto tulisi jonkin verran suuremmaksi, arvioitiin lisäksi (vertaamalla B-koepuihin) silmävaraisesti 19 samanarvoisen ja kaikin puolin mahdollisimman samanlaisen A-ryhmään kuuluvan koepuun neulastot.

Aineiston ryhmittely

Aineiston heterogeenisyyden vuoksi oli alusta alkaen vaikeata löytää elinvoimaisuuden silmävaraista arviointia tarkistavaa objektiivista luokitusperustetta.

Möllerin (1945) tuotantospektrin ja kesän aikana suoritettujen jatkuvien juuristotutkimusten perusteella päädyttiin lopulta siihen, että neulaston pinta-ala ja juuriston pituussumma yhdessä todennäköisesti muodostavat vankimman perustan tämännäköiselle ryhmitykselle. (Tähän lisättäköön että juurten efektiivisten päiden luku myöhemmin toisessa yhteydessä on osoittautunut käyttökelpoisimmaksi suureeksi). Näiden suureiden mittaaminen suoritettiin kuitenkin vain B-koepuista, joten muiden koepuiden suhteen oli tyydyttävä karkeampaan menetelmään. Koska A-ryhmästä puuttuivat tiedot 60 koepuun neulaston pinta-alasta, päädyttiin vain 2 mm:ä paksimpien juurten summan (ΣJ_2) esittämiseen iän funktiona, sillä oli ainakin odotettavissa, että juuriston karkein osa lisääntyisi puun vanhetessa. Aineisto jakaantui kuitenkin akselistoon piirrettyinä täysin säännöttömästi (kuva 6). Lähemmin tarkasteltaessa yksityisiä koepuita havaittiin, että elinvoimaisimpia koepuita vastaavat pisteet olivat sijoittuneet oikeaan alanurkkaan (ikä ordinaattana ja ΣJ_2 abskissana) ja kituvat puut vasempaan ylänurkkaan. Elinvoimaisilla puilla näytti ts. olevan jo varhaisesta iästä lähtien absoluuttisesti enemmän karkeita juuria kuin vertauskelpoisilla jurovilla ja kituvilla puilla. Tämän havainnon perusteella jaettiin aineisto kahtia lävistäjän suuntaan ja tarkasteltiin näin syntyneitä ryhmiä yksilöittäin niiden elinvoimaisuutta silmällä pitäen. Tällöin ilmeni, että lävistäjän alapuolelle olivat sijoittuneet kaikki silmävaraisesti elinvoimaisiksi arvioidut puut (luokat I ja II) viittä poikkeusta lukuun ottamatta. Näiden elinvoimais-



Kuva 6. Aineiston jakaantuminen iän ja karkeimman juurifraktion perusteella. Katkoviiva osoittaa kahtiajaon; numeroidut pisteet kuvan keskustassa edustavat elinvoimaisuudeltaan poikkeavia koepuita. Oikeassa laidassa olevat luvut ovat abskissa-arvoja. I—II ovat elinvoimaisia, III—IV jurovia puita. — Fig. 6. Division of sample trees on the basis of age and thickest fraction of roots. The dotted line separates viable trees (I—II) from stunted trees (III—IV). The numbered points are exceptions.

ten puiden lisäksi olivat jotkut selvästi jurovat puut VT:ltä sekä yksi puu korvesta sijoittuneet lävistäjän alapuolelle. Lävistäjän yläpuolelta löytyivät kaikki jurovat ja kituvat puut yllä mainituin poikkeuksin. Suurimmat säännöttömyydet aiheutuivat VT-koepuista, mikä myöhemmin todettiin varsin luonnolliseksi. Mainituista poikkeavista koepuista siirrettiin ulkonäkönsä perusteella vain kolme yksilöä elinvoimaisten puiden ryhmään. Tällä tavoin jossakin määrin väkivaltaisesti aikaan saatu jako osoittautui kuitenkin myöhemmin käyttökelpoiseksi. B-ryhmään kuuluvilla koepuilla myöhemmin suoritettu tarkistus antoi näet tukea tälle menettelytavalle.

Tutkimuksen tulokset

Ikätutkimuksen tulokset

Puun ikä

Yhdistetty iän määrittäminen perustuu osaksi tyvileikkaukseen saakka ulottuneen taimen ja osaksi sen yläpuolella olevan rungon iän oikeaan määrittämiseen. Menetelmän perusedellytys on, että puulla on terve ydin ja säännöllisesti kehittyneet vuosikasvaimet ydinsolmuineen.

Tarkastettakoon ensin menetelmän edellytyksiä.

Alikasvoskuusten terveydestä Pöntynen (1929, s. 170—173) esittää sekä muiden tutkijoiden että omia havaintojaan päätyen siihen, että alikasvoskuusia ei sanottavasti vaivaa tyvilaho. Tässä tutkimuksessa tullaan samaan tulokseen kovalla maalla kasvavien alikasvoskuusten suhteen. Kuitenkin on mainittava, että lahovikaisuutta tavattiin jonkin verran alkuperäisestä juurenniskasta maahan taipuneiden koepuiden vanhimmissa osissa¹. Tämä juurilahon nimellä kulkeva laho on siis oikeastaan runkolahoa. Korvissa kasvavien koepuiden terveys oli huomattavasti pahasti lahon turmelema. Nykyinen juurenniska oli sen sijaan melkein kaikissa alikasvoskoepuissa terve, niin kuin myös ydin tästä ylöspäin.

Tyvileikkauksen yläpuolella olevan rungon ydin saattaa terveydestään huolimatta antaa virheellisen tuloksen ydinsolmuja laskettaessa. Latvan katkeaminen, silmun tai kasvaimen muodostumatta jääminen ja paleltuminen tai muunlainen tuhoutuminen voivat johtaa yhden tai useamman ydinsolmun katoamiseen (vrt. esim. Multamäki, 1946, s. 88—89). Tässä tutkimuksessa todettiin mm. ranganvaihto alikasvoskuusissa sangen yleiseksi. Tämän ilmiön yhteydessä tuli useimmiten kysymykseen joko oksa- tai silmurankamutkaisuus (vrt. Tikka, 1935, s. 106). Tällaisista mutkakohdista tarkastetut lustokot osoittivat kuitenkin yleensä vain yhden luston eroa. Vain 7:ssä puussa tavattiin mutkia, joiden ala- ja yläpuolelta laskettujen lustojen ero oli 2 tai sitä suurempi. Ydinsolmujen lukumäärä vastasi siis koepuiden valtaosassa tyvileikkauksen yläpuolella olevaa

¹ Myöhemmin on tämäntapainen lahovikaisuus todettu varsin yleiseksi.

rungon ikää. Yllä mainittuja 7:ää poikkeustapausta lähemmin tutkittaessa havaittiin, että kaikki olivat aiheutuneet silmuja kohdanneista tuhoista. Oksistoon kohdistuneet tutkimukset osoittivat, että myös oksasilmuja samaan aikaan oli tuhoutunut. Metsikön käsittelystä saata- vissa olevat tiedot antoivat vahvistusta olettamukseen, että halla tässä tapauksessa oli aiheuttanut säännöttömyyden. Nämä havainnot oikeutanevat seuraavaan päätelmään:

Kuusen ikä voidaan tavallisissa oloissa määrittää ydinsolmujen avulla. Milloin oksarankahaarautuma aiheuttaa epäsäännöllisyyksiä runkoon, ei yleensä tarvitse suorittaa lisätutkimuksia ydinsolmujen lukumäärän tarkistamiseksi. Jos puun päätesilmuja on kohdannut tuho, ei puun iän määrittäminen yksinomaan ydinsolmujen perusteella ole mahdollista, vaan epäsäännöllisesti kehittyneissä kohdissa on suoritettava tarkistus lustoja laskemalla.

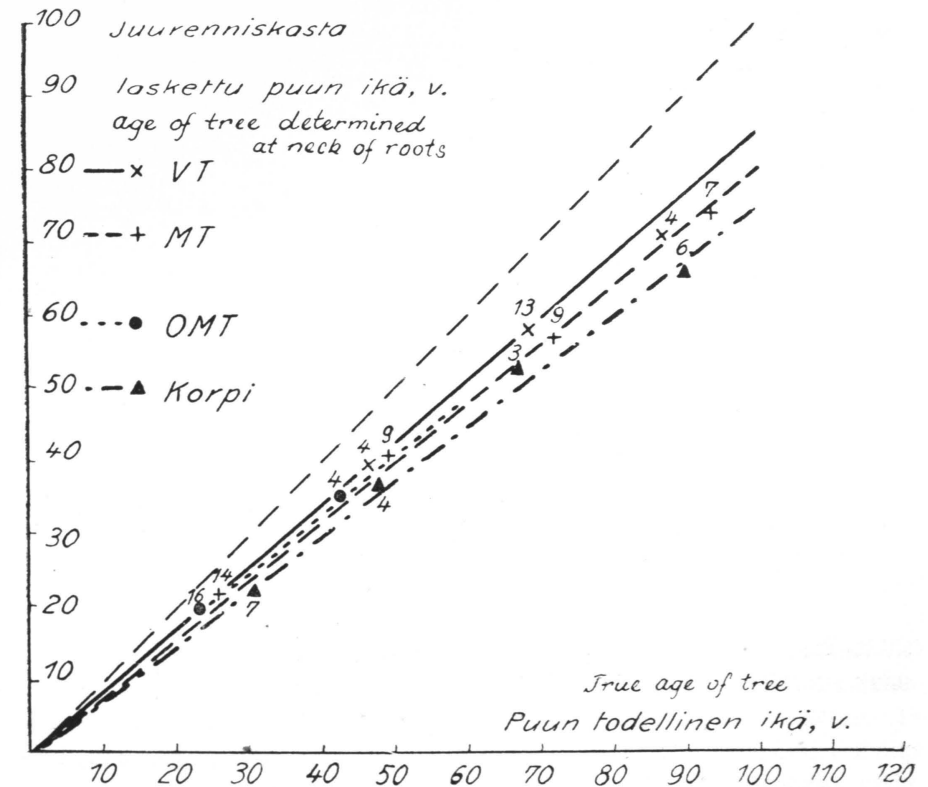
Ydinsolmujen puuttuminen ei kuitenkaan ole ainoa virheen aiheuttaja. Myöhäiskasvainten jättämät ydinsolmut aiheuttavat positiivisen virheen, ts. iän laskemisen liian suureksi. Milloin pitkän vuosikasvaimen päässä esiintyy lyhyt kasvain ilman että saman vuoden oksia on oksakiehurassa, on syytä epäillä myöhäiskasvaimen muodostuneen (vrt. M u l t a m ä k i, 1946, s. 76—78). Käsillä olevan aineiston koepuista tavattiin yksi myöhäiskasvaintapaus; kyseessä oli korvessa kasvava normaalin ja elinvoimainen puu. Tarkistus tapahtui vuosilustoja laskemalla.

Tyvileikkauksen yläpuolella olevan rungon ikä on yllä esitetyn tarkistusmenetelmän ansiosta tullut sängen tarkkaan määritetyksi. Samaa ei voida sanoa tyvileikkauksen alapuolella olevasta eli kannon alukseen sisältyvästä rungon osasta. Epäsäännöllisen paksuuskasvun vuoksi oli usein vaikeata tarkistaa ydinsolmujen antamaa ikää. Myös on mahdollista päätellä, onko kasvain kehittynyt välittömästi hypokotyylin jatkoksi jo toisena kasvukautena vai ei (vrt. A r n b o r g, 1943, s. 240).

Yhdistetyn iänmäärittämenetelmän edellytyksiin liittyy, kuten yllä esitetystä tarkastelusta käy ilmi, eräitä virhemahdollisuuksia. Verrattaessa mahdollisten virheiden suuruutta muihin menetelmiin liittyviin virheisiin havaitaan kuitenkin positiivisia eroja seuraavissa suhteissa:

1) Tyvileikkauksen yläpuolella olevan puun osan ikä saadaan mahdollisimman tarkkaan määritetyksi. Tyvessä usein esiintyvä lustokato ei häiritse oikean tuloksen saavuttamista.

2) Tyvileikkauksen alapuolella olevan puun osan ikä voidaan laskea — eikä arvioida — niin tarkkaan kuin se ylipäänsä on mahdollista. Alkuperäisestä tyvestä suoritettujen leikkauksen antamaa virheellistä tulosta voidaan tällä tavoin huomattavasti korjata.

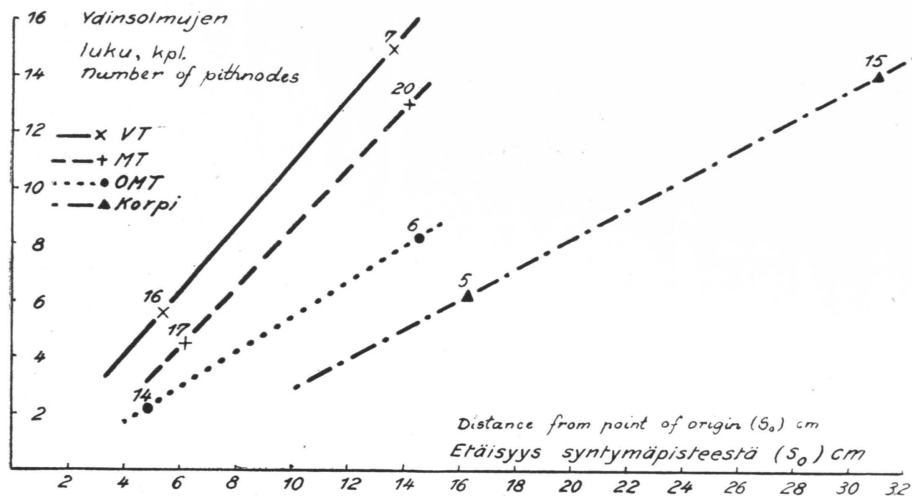


Kuva 7. Nykyisestä juurenniskasta saadun iän suhde puun todelliseen ikään eri metsätyypeillä. Pisteiden kohdalla olevat numerot osoittavat keskiarvon laskentaan mukaan otettujen koepuiden lukua. — Fig. 7. The ratio of age, determined at present neck of roots (root collar), to true age of sample trees from different sites. The figure above the sign shows the number of sample trees forming average.

Näillä perusteilla määritetty puun ikä ei ole absoluuttisesti oikea, mutta todennäköisesti lähempänä oikeata arvoa kuin millään muulla analyttisellä menetelmällä saatu. Parhaiten tämä käy ilmi vertailemalla puun todennäköistä ikää esim. tyvileikkauksesta saatuun lustolukuun.

Primääriaineistoa tarkastettaessa ilmeni, että juurenniskassa (D_0)* esiintyi huomattavasti vähemmän lustoja kuin mitä puun todennäköinen ikä edellytti. Koska korvessa näytettiin olevan suurimmat erot ja VT:llä pienimmät, saadut ikä-arvot siirrettiin erilaisesta elinvoimaisuudesta ja tyvikappaleen taipuneisuudesta riippumatta akselistoon, jossa juurenniskasta

* Seuraavassa merkitään juurenniska usein D_0 ; ja syntymäpiste S_0 .



Kuva 8. Ydinsolmujen lukumäärän riippuvaisuus tyvikappaleen pituudesta eri metsätyypeillä. — Fig. 8. Number of pithnodes in relation to length of butt in different sites.

saatu lustoluku oli pystysuoralla akselilla ja puun todennäköinen ikä vaakasuoralla akselilla (kuva 7).

Aineiston heterogeenisuudesta huolimatta näyttää tulos verraten selväpiirteiseltä. Primääriluettelosta ilmeni myös, että vain poikkeustapauksissa saadaan alikasvoskuusen ikä suoraan juurenniskasta laskemalla vuosilustot. Kuvasta 7 ilmenee, että näin saatu lustoluku aivan säännöllisesti on huomattavasti oikeata eli yhdistetyn iän määritystavan antama ikää pienempi. Virhe näyttää olevan pienin VT:llä ja suurin korvessa kasvavissa puissa. Tämä tulos on kuitenkin ristiriidassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa (vrt. Heikinheimo, 1920, s. 29). Aihetta epäilyyn antaa niin ikään tarkastelu, joka kohdistuu ydinsolmujen lukumäärään verrattuna syntymäpisteen ja juurenniskan väliseen etäisyyteen ($S_0 - D_0$). Akselistoon siirrettyinä näiden lukuarvojen keskinäiset suhteet kuvastuvat sängen selvästi (kuva 8). Kasvaakseen esim. 12 cm:n korkeuteen on taimi korvessa vaatinut keskimäärin 4 v., OMT:llä 7 v., MT:llä 11 v. ja VT:llä 13 v. Tämä esimerkki ja kuvaan 8 piirretyt suorat viittaavat siis siihen, että mitä huonompi metsätyyppi taimien ensi kehitystä silmälläpitäen on, sitä enemmän vuosia on lisättävä tyvileikkauksesta laskettuun ikään. Tyvileikkauksen sijainti syntymäpisteeseen nähden voi kuitenkin vaihdella huomattavasti ei vain puuyksilöiden kesken, vaan myös eri tavalla eri metsätyypeillä.

Ennestään on tunnettua, että pieni taimi normaalioloissa kehittyy sitä nopeammin, mitä parempi metsätyyppi on. Tällöin mm. kasvupaikan kosteussuhteet (Aaltonen, 1920, s. 23 ja 1940, s. 351, 357—358) yleensä ovat hyvin merkityksellisiä, joten on ymmärrettävää, että kuusen taimi esim. korvessa alkuvuosinaan kasvaa suhteellisen nopeasti (vrt. esim. Multamäki, 1946, s. 198, 205).

Taimien ohella esiintyy eri kasvupaikoilla myös muuta kasvillisuutta, joka on sitä rehevämpää ja kookkaampaa, mitä parempi kasvupaikka on. Tämä kasvillisuuden erilaisuus on huomioon otettava tekijä arvosteltaessa puun taimien mahdollisuuksia kehittyä normaalisti alkuvuosinaan. Kasvillisuuden merkitystä nimenomaan kuusen taimien ensi kehitykselle ovat tutkineet etenkin Hertz (1932), Multamäki (1946), Arnborg (1947) ja Crossley (1949). Joskin Hertzin tutkimuksissa kuusen uudistumisesta on ehkä enemmän pidetty silmällä kvantitatiivisia kuin kvalitatiivisia näkökohtia, tarjoavat ne kuitenkin runsaasti esimerkkejä kasvillisuuden merkityksestä myös taimiston laadulliselle tilalle. Lehtikarikkeiden (s. 131 ja 163—165), saniaisten (s. 149—150), ruohojen (s. 152—154), sammalten (esim. s. 128 ja s. 141) ja hakkaustähteiden (s. 150 ja 157) haitallisesta vaikutuksesta esitetään lukuisia esimerkkejä OMT:ltä (vrt. myös Multamäki, 1946, s. 190—191). Samantapaisia havaintoja on tehty myös MT:ltä. Aluskasvillisuuden haitallinen vaikutus näyttää VT:n kohdalla useimmiten johtavan taimen täydelliseen tuhoon (Hertz, 1932, s. 145—146, 167—168 ja Sirén, 1948, s. 295—301), joskaan tätä ei kuitenkaan ole käsiteltävä niin, ettei VT:llä esiintyisi kumoon työntyneitä ja maahan painuneita kuusen taimia (Hertz, 1932, s. 127), vaan kysymys on ainoastaan siitä, että parempien metsätyyppien kookkaammalla kasvillisuudella näyttää olevan suuremmat mahdollisuudet sortaa maahan jo suhteellisen pitkiäkin kuusen taimia.

Toinen tässä yhteydessä mainittava tekijä on lumi. Missä määrin lumi yksin tai pintakasvillisuuden vaikutusta tehostamalla painaa taimia maahan, ei kuitenkaan ole lopullisesti selvitetty (vrt. Kokkonen, P., 1923, s. 14), joskin Aaltonen (1919, s. 282—285) tutkimustensa perusteella katsoo lumen merkityksen melko vähäiseksi ainakin Lapin olosuhteiden ollessa kysymyksessä. Aivan päinvastaiseen tulokseen on kuitenkin Mattson-Mårn tutkimuksissaan tullut, (1922, s. 523) samoin kuin Heikinheimokin (1939, s. 122). Omat myöhemmät havainnoti tukevat voimakkaasti käsitystä lumen merkityksellisyydestä tässä suhteessa.

Edellä esitetyt seikat huomioon ottaen havaitaan eri metsätyypeillä kasvavien alikasvoskuusten ensi kehityksen mahdollisuuksia arvesteltaessa, että ainakin etäisyys alkuperäisen ja nykyisen juureniskän välillä todennäköisesti jää huonolla metsätyypillä pienemmäksi kuin paremmalla. Tätä käsitystä vahvistaa seuraava taulukko, jossa ryhmittely on tapahtunut tyvikappaleen asennon perusteella (taulukko 2).

T a u l u k k o 2. Puiden taipuneisuuden vaikutus syntymäpisteen ja juureniskän väliseen etäisyyteen eri kasvupaikoilla. — *Table 2. Influence of curvature on distance between present neck of roots and point of origin in trees from different sites.*

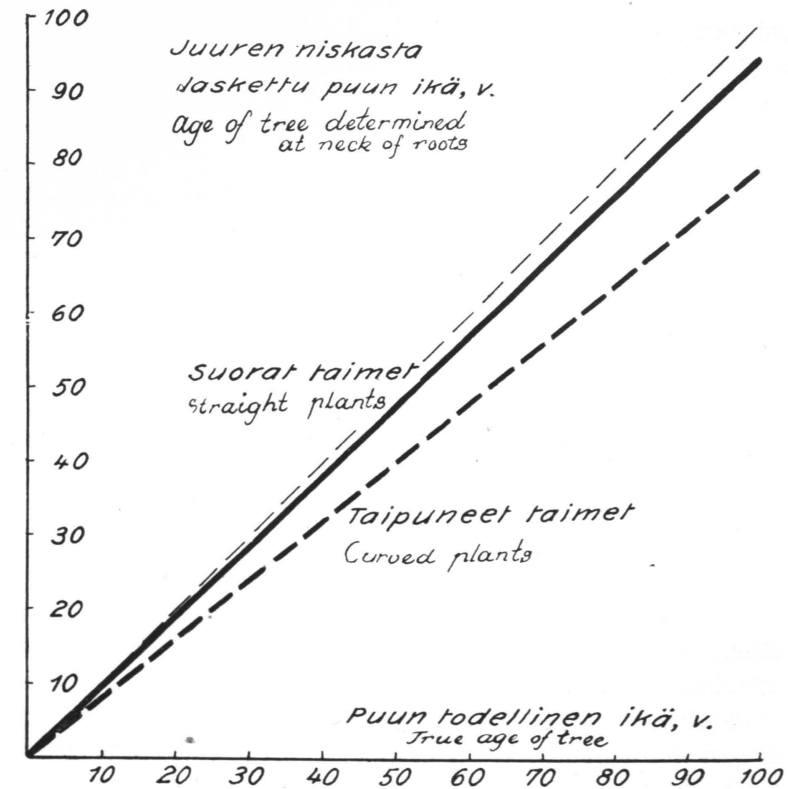
	Metsä- tai suotyyppi Forest- or moor type			
	OMT	MT	VT	Korpi
Syntymäpisteen ja nykyisen juureniskän välinen etäisyys ($S_0 - D_0$), cm Distance between the point of origin and present neck of roots ($S_0 - D_0$), cm				
Taipuneet taimet. — Curved plants	12.6	12.8	10.7	29.1
Suorat taimet — Straight plants	4.4	5.6	3.7	22.0
Keskim. ikä, v. — Average age	27.3	55.2	62.8	57.6

Syntymäpisteen ja nykyisen juureniskän välinen etäisyys ($S_0 - D_0$) on siis VT:llä lyhin ja korvessa pisin. Etäisyyden $S_0 - D_0$ absoluuttisesta suuruudesta esittää Pöntynen (1929, s. 132) saman suuntaisia tuloksia.

Verrattaessa näitä lukuja kuvasta 8 (s. 38) luettaviin ydinsolmulukuihin, havaitaan, että VT:ltä ja MT:ltä saadaan jotakuinkin sama ikä sekä suoralle että taipuneelle tai humukseen hautautuneelle taimelle. OMT:ltä saadaan sen sijaan pienemmät ikäarvot. Tämä johtunee osaksi aineiston eri-ikäisyydestä, sillä esim. MT-aineiston kanssa samanikäisen OMT-aineiston pintajuurten korkeuskasvu tai mahdollisesti ilmestyvät uudet myöhäisjuuret siirtäisivät nykyistä juureniskää etämmäksi syntymäpisteestä, taimen » $S_0 - D_0$ » iän samalla kohotessa suuremmaksi.

Primääriaineistoa tarkasteltaessa pitämällä vain tyvikappaleen asentoa metsätyypistä riippumatta tarkastelun perustana, havaittiin, että tyvikappaleen asento mitä ratkaisevimmin vaikuttaa alikasvoskuusen iän määrittämiseen. Häiriöttä kasvaneiden taimien nykyisestä tyvileikkauksesta määritetty ikä poikkeaa vain n. 5 % oikeasta iästä (kuva 9).

Tällaisten normaaliasentoisten alikasvoskuusten iän määrittämistä häiritsee nähtävästi eniten juurten korkeuskasvu, ja on helppo todeta koe-



K u v a 9. Iän määrittämisen riippuvaisuus tyvikappaleen asennosta. — *Fig. 9. Determination of age in relation to shape of butt.*

puiden iän ja tyvileikkauksen läpimitan huomioon ottaen, että esim. H e i k i n h e i m o n (1920, s. 8) mainitsema korjaustapa soveltuu hyvin tällaisiin tapauksiin.

Taipuneiden puiden suhteen on asianlaita aivan toisin. Virhe näyttää nousevan aina 25 % saakka riippuen siitä, milloin taipuminen on tapahtunut. On itsestään selvää, että määritettäessä esim. metsikön keskimääräistä taimettumisaikaa on ehdottomasti huomio kiinnitettävä tähän seikkaan sen vuoksi, että taipuneita alikasvoskuusia aivan ilmeisesti esiintyy huomattavasti runsaammin kuin mitä yleensä arvellaan. Tähän on vielä lisättävä, että on sängen mahdollista, että OMT:llä ja MT:llä esiintyy suhteellisesti enemmän taimiasteella taipuneita alikasvoskuusia kuin matalasammaleisella ja niukkaruohoisella VT:llä (vrt. H e r t z edellä).

Korven suhteen lienee selvää, että sammalten korkeuskasvu siirtää

juurenniskaa ylöspäin, joten myöhäisjuuret muodostuvat yhä korkeammalle alkuperäisen juurenniskan yläpuolelle. Taimen nähtävästi melko nopean alkukehityksen vuoksi jää ydinsolmujen luku tyvileikkauksen alapuolella odottamattoman pieneksi (vrt. kuva 6). Kookkaissa puissa on lisäksi juurten korkeuskasvu sangen huomattava etenkin juurenniskan lähellä. Niin ikään on puun vajoaminen huomioon otettava tekijä. Taipuminen lisää tietenkin korvessakin syntymäpisteen ja nykyisen juurenniskan välistä etäisyyttä.

Ikätutkimusten tähänastisista tuloksista käy ainakin ilmi, että alikasvoskuusten ikää ei voida määrittää lisäämällä ylimalkaisesti normaalitapausten perusteella arvioitava vuosimäärä tyvileikkauksesta saatuun ikään. Tämä johtuu ennen kaikkea tyvikappaleen suurista yksilöllisistä pituuden vaihteluista, mutta myös vuosilustojen epäsäännöllisestä muodostumisesta puun rungon alemmissa osissa, kuten seuraavassa tullaan osoittamaan.

Juurenniska ei aina ole, kuten tunnettua, se kohta, jossa on eniten vuosilustoja. Aikaisemmissa tutkimuksissa mainitaan eniten lustoja olevan yleensä juurenniskan alapuolella, joskin kituvilla puilla saattaa olla lustomaksiminsa jonkin verran juurenniskan yläpuolella. Tässä tutkimuksessa todettiin vain 2 tapausta, jossa maksimi oli tyvileikkauksen yläpuolella, 18, joissa se oli tyvileikkauksessa ja 80, joissa maksimi oli sen alapuolella, ja niistäkin sijaitti 69 vain 2—8 cm:n etäisyydellä D_0 :sta. Jos eroa lustojen välillä maksimikohdassa ja juurenniskassa käytetään jakoperusteena, jakaantuu aineisto seuraavasti (+ = yläpuolella, — = alapuolella D_0 :aa):

Lustojen enimmäisesiintymän ja D_0 :ssa esiintyvien lustolukujen ero																	
Lustoja, kpl																	
—12	—11	—10	—9	—8	—7	—6	—5	—4	—3	—2	—1	±0	+1	+2	+3	+4	Yht.
Koeputia, kpl																	
1	2	1	4	2	7	4	4	10	8	21	16	18	.	1	1	.	100

Lustojen maksimikohdan esiintyminen nykyisen juurenniskan alapuolella — siis lähempänä alkuperäistä juurenniskaa — on ilmeisesti melko yleinen ilmiö, joskin poikkeuksia ja epäsäännöllisyyksiä tietenkin tavaataan. Mainittakoon tässä yhteydessä että L a k a r i (1921, s. 25—27) tuli päinvastaiseen tulokseen; ts. hänen lustojen enimmäisesiintymänsä sijaitsivat yleensä yläpuolella ylintä juurenniskaa.

Säännöttömyyksistä mainittakoon ennen kaikkea lustojen puuttuminen. Käsillä olevaan aineistoon sisältyi peräti 24 koeputta, joissa todettiin lustokadon esiintyvän nykyisessä juurenniskassa. Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta oli lustokato tapahtunut nimenomaan taimien juromiskautena.

Edellä esitetyt seikat nykyisen juurenniskan lustoesiintymistä osoittavat selvästi, ettei ainakaan alikasvoskuusten tyvileikkauksesta lasketuun lustolukuun yksistään voida perustaa iän oikeaan määrittämiseen tähtäävää menetelmää.

Iän määrittämiseksi suoritettut metodiikkaa koskevat tutkimustulokset voidaen edellä esitetyn perusteella kiteyttää seuraavaan:

Alikasvoskuusen ikä määritetään varmimmin ydinsolmujen avulla siten, että tyvileikkauksen sekä ylä- että alapuolella olevien puun osien ikä määritetään erikseen. Mahdollisesti puuttuvien ydinsolmujen lukumäärä voidaan todeta vertaamalla lustokoita välittömästi molemmin puolin epäselviä kohtia. Tyvikappaleen kohdalta tämä tarkistus on kuitenkin vaikea toteuttaa.

Yhdistettyyn iän määrittämenetelmään liittyvä virhemahdollisuus sisältyy siis tyvileikkauksen ulottuneen taimen iän määrittämiseen. Hypokotyyliä seuraava kasvain ei aina kehity seuraavana vuotena eikä päätesilmun muodostuminen, puhkeaminen tai normaalin kehitys joka vuosi ole aivan varmaa. Viimeksi mainitun seikan suhteen on lisäksi mainittava, ettei halla aina jätä selvää merkkiä ytimeen (M u l t a m ä k i, 1946, s. 82—90). Käsillä olevaa aineistoa tutkittaessa todettiin kuitenkin epäselvien kohtien olevan erittäin harvinaisia muiden puiden suojassa kasvanneiden alikasvoskuusten tyvikappaleiden ytimissä, joten päädyttiin yllä esitetystä varauksista huolimatta siihen, että tämänkin puun osan iän määrittämiseen liittyy ydinsolmumenetelmää noudattaen sangen pieni virhemahdollisuus.

Kun meikäläiset kuusikot yleensä ovat syntyneet entisistä alikasvoskuusikoista, on sekä tärkeätä että mielenkiintoista verrata, mitä taimiajan hidas kehitys merkitsee määritettäessä isoiksi kehittyneiden entisten alikasvoskuusten ikää kannon korkeudelta. Tätä varten määritettiin se aika, joka alikasvoskuuselta oli kulunut kasvaakseen nykyisestä maapistestä 30 cm:n korkeuteen.

Taulukosta 3 ilmenee, että kirjallisuudessa yleensä mainitut lisäykset ovat aivan riittämättömät (vrt. edellä s. 11—12). Vain elinvoimaisten ja suoraan kasvanneiden puiden suhteen OMT:llä, MT:llä ja VK:ssa Etelä-

T a u l u k k o 3. Taimien ikä 30 cm:ä nykyisen maapisteen yläpuolella. — *Table 3.*
Age of plants 30 cm. above present groundpoint.

Taimien tyvikappaleen asento <i>Form of butt of plants</i>	Metsätyyppi ja elinvoimaisuusluokka <i>Forest-type and class of viability</i>						Yh- teensä <i>Total</i>	
	OMT I-II	MT I-II	MT III-V	VT I-II	VT III-V	Korpi I-II		Korpi III-V
Suora — <i>Straight</i>	Taimien keskimääräinen ikä, v. <i>Average age of plants</i>						40	
	9.3	11.7	23.3	23.0	27.4	11.5		30.7
	Koepuiden luku, kpl. — <i>Number of sample trees</i>							
	12	7	3	4	7	4		3
Taipunut — <i>Curved</i>	Taimien keskimääräinen ikä, v. <i>Average age of plants</i>						60	
	16.8	24.6	25.7	36.1	33.0	18.8		25.0
	Koepuiden luku, kpl. — <i>Number of sample trees</i>							
	8	8	19	9	3	4		9
Keskiarvo — <i>Average</i>			25.3	32.1	29.1	27.2	9	

Suomessa tullaan kenties toimeen n. 10 v:n suuruisella keskimääräisellä korjauksella, kun sen sijaan muissa tapauksissa lisäyksen täytynee nousta 20—30 v:n paikkeille. Korprien suhteen on kuitenkin mainittava, että 10 v:n lisäys normaalistikin kehittyneiden suurten puiden suhteen tuskin riittää puun vajoamisen ja myöhäisjuurten runsaan muodostumisen vuoksi.

Osatutkimus osoittaa selvästi alikasvoskuusten erikoisaseman iän määrittystavan kannalta. Kannon aluksen asento näyttää olevan iän määrittymisen merkityksellisin tekijä paremmilla kasvupaikoilla kasvavissa elinvoimaisissa puuyksilöissä, kun sen sijaan kehityksen yleinen hitaus taipuneisuuden ohella vaikuttaa tulevan kannon korkeudelle ulottuvan taimen ikään jurovissa puissa yleensä ja erityisesti VT:llä, jolla suoraan kasvaneet elinvoimaisetkin taimet ovat 30 cm:n korkeuteen kasvettuaan jo melko vanhoja.

Tutkimus osoittaa siis, että suureksi puuksi kehittyneen alikasvoskuusen ikään juurenniskan korkeudelta määritettynä liittyy virhe, joka taimiasteella juroneissa puissa on huomattavan suuri, ja jota kannon aluksen taipuneisuus vielä tuntuvasti lisää.

Iän määrittymiseen valitun lähtökohdan etäännyttäminen syntymäpisteestä on siis aina omansa lisäämään virhemahdollisuuksia, mikäli kannon

aluksen ikää ei määritetä ydinsolmujen avulla. On esim. itsestään selvää, ettei alikasvoskuusen edes likimääräisen iän laskeminen rinnankorkeudelta ole mahdollista. Jo ylimalkainen tutustuminen primääriluettelossa oleviin lukuihin normaalisti kehittyneistä alikasvoskuusista osoitti, että oikean tuloksen saavuttamiseksi tehtävän lisäyksen on oltava huomattavasti suurempi kuin mitä yleensä pidetään tarpeellisena. Jonkinlainen käsitys tämän lisäyksen todellisesta suuruudesta saatiin laskemalla keskiarvot jurovien tai juroneiden alikasvoskuusten iästä. Tällöin kävi tämän aineiston perusteella ilmi, että alikasvosasteella juroneiden puiden rinnankorkeudelta (1.3 m) laskettuun ikään on lisättävä 40—80 v., jotta määrittymis tulisi edes jotta-kuinkin puun todellista ikää vastaavaksi. Kun lisäksi otetaan huomioon, että vaihtelu on erittäin suuri (27—88 v), on helppo ymmärtää, ettei edes vertailu 130 cm:ä korkeihin, silmänvaraisesti saman arvoiseksi kuvitel- tuihin taimiin voi antaa tyydyttävää tulosta. Sama lienee asian laita 30 cm:n korkeuteen ulottuvien taimien vertailukelpoisuuteenkin nähden (vaihtelu 17—51 v.).

Nämä tulokset osoittavat muun muassa, ettei nk. fysiologinen ikä yksinensä sovellu alikasvoskuusesta kehittyneen puuyksilön kokoa ja kehitystasetta kuvaamaan.

Toiselta puolen näyttää siltä kuin nk. taloudellinen ikä vaatisi nykyistä yksiselitteisemmää täsmennyksen soveltuakseen paremmin käytännön iän määrittymisiin.

Oksien ja juurten ikä

Kaikkiaan tutkittiin 540 oksaa, joista 110 edusti kunkin koepuun van- hinta oksaa. Muut 430 oksaa tutkittiin 40 koepuusta. Tutkimusmene- telmä on aikaisemmin selostettu (s. 29—30).

Tutkimustuloksista mainittakoon ensin eri metodien luotettavuutta selvittelevä erikoistutkimus. Yllä mainittujen 40 koepuun vanhimman oksan ikä määritettiin kolmella eri tavalla. 1) Rungon lustoluvun perus- teella oksan sijaintikohdan sekä ala- että yläpuolelta, 2) oksan vuosikas- vainten ja ydinsolmujen sekä 3) oksan tyvässä tavattavien vuosilustojen perusteella. Tuloksista saataneen jonkinlainen käsitys tarkastettaessa seuraavaa taulukkoa, josta käy ilmi ero todelliseksi todetun (rungosta lasketun oksan iän) ja ydinsolmujen ja oksien vuosilustojen perusteella lasketun iän välillä.

T a u l u k k o 4. Oksan iän eri määrittystapojen tarkkuus. — *Table 4. Accuracy of different determinations of age of branches.*

Iän määrittysperuste Basis for determination of age	Ikäero, v. — <i>Difference in age</i>													Yhteensä Total				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16
	Tutkittuja oksia, kpl. — <i>Number of examined branches</i>																	
Ydinsolmut — <i>Pithnodes</i>	13	2	5	4	2	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	40
Vuosilustot — <i>Annual rings</i>	16	5	6	2	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40

Asetelmasta ilmenee, että ydinsolmujen puuttuminen ja lustokato ovat sangen yleisiä ilmiöitä puun vanhimmissa oksissa. Niin ikään voidaan todeta, ettei ydinsolmujen ja vuosilustojen välillä vallitse täydellistä kontinuiteettiä.

Kaikkien puiden vanhimpia oksia tutkittaessa havaittiin, että elinvoimaisissa puissa oksat olivat suhteellisesti vanhempia kuin jurovissa puissa. Graafisesti esitettynä saadaan ilmiöstä sangen selväpiirteinen kuva (kuva 11, s. 51). On mielenkiintoista todeta, että jurovassa puussa yleensä on elinvoimaisiin puihin verrattuna suhteellisesti nuorempia oksia, mikä johtuu siitä — tai ehkä juuri aiheuttaa sen, että jurovan puun tärkein tunnus on lyhyt, hitaasti kasvanut latvus. Täysin normaaleissa puissa on pitkänlainen latvus, ja elinvoimaisilla alikasvospuilla on mitä erilaisimpia latvusmuotoja näiden äärimmäismuotojen väliltä. Oksiin kohdistunut osatutkimus osoittaa näin ollen, että latvus vaihtuu jurovissa puissa suhteellisesti nopeammin kuin elinvoimaisissa, latvuksen pysyessä silti edellisillä muodoltaan ainakin näennäisesti muuttumattomampana kuin jälkimmäisillä.

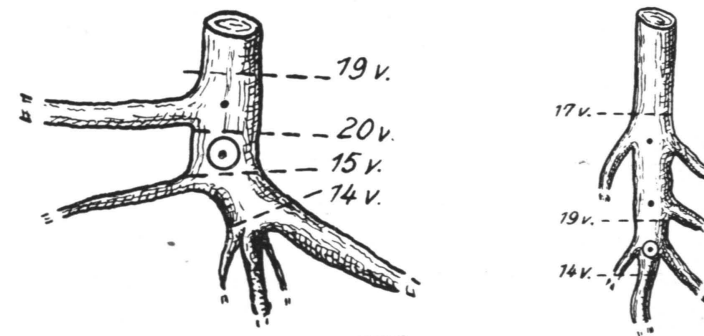
* * *

Juuren iän määrittäminen perustuu, kuten edellä on mainittu, yksinomaan lustojen lukemiseen juuren kannasta. Täten saadun lustoluvun ei välttämättä tarvitse ilmaista juuren oikeata ikää, sillä mitään takeita ei ole olemassa siitä, ettei lustoja jäisi muodostumatta juuriinkin (vrt. oksien ja rungon tyvikappaleen paksuuskasvua). Esimerkkinä mainittakoon vain korpikuusen turpeeseen »vajonneen» tyvikappaleen alin osa, jossa sangen usein esiintyy kuolleita juuria. On todennäköistä, että kuolemaa on edeltänyt kausi, jolloin juurten kasvu vähitellen on tyrehtynyt, päättyen lopuksi täydelliseen kasvun seisaukseen, joka, olosuhteiden pysyessä juurten kasvua silmällä pitäen jatkuvasti epäsuotuisina, sittemmin osittaisen kuoleman kautta johtaa juuren täydelliseen tuhoon.

Toisena esimerkkinä mainittakoon jurovan kuusen juuret. Puu saattaa kitua vuosikautia muuttamatta ulkoasuaan huomattavammin. Näin ollen juurten jatkuva paksuuskasvu esim. puun pystyssä pysymisen kannalta ei ole välttämätön. Lustoja saattaa tällöin jäädä muodostumatta.

Lustojen mahdollisesta puuttumisesta huolimatta on juurten ikä määritetty ainoastaan lustoja laskemalla, koska muuta mahdollisuutta on vaikeata kuvitella tämäläpöisissä tutkimuksissa. Virhe, joka ilmeisesti liittyy tähän menetelmään, lienee kuitenkin melko pieni ennen kaikkea seuraavista syistä.

Tutkittaessa joitakin OMT:llä kasvavia elinvoimaisia alikasvoskuusia tehtiin se merkittävä havainto, ettei ainoakaan juuren kannasta löydynyt puun ikää vastaavaa lustomäärää. Kouraantuntuvimman todistuksen tästä ilmiöstä antoivat kaksi OMT-turvekankaalla kasvanutta koepuuta (kuva 10).



K u v a 10. Kahden elinvoimaisen koepuun syntymäpisteen (○) molemmin puolin esiintyvät lustoluvut. — *Fig. 10. Number of annual rings above and below point of origin (○) of two viable sample trees.*

Molemmilla oli paalujuuri, mikä juurimuoto yleensä oli harvinainen. Syntymäpiste löytyi, kuten tavallisesti, jonkin verran nykyisen juuren niskan alapuolelta, ja alkuperäisen juurenniskan yläpuolella sijaitsevat myöhäisjuuret olivat tietenkin puuta jonkin verran nuorempia. Paalujuuresta, joka oli rungon suoraa jatkoa syntymäpisteen alapuolella, odotettiin löytyvän sama määrä lustoja kuin välittömästi syntymäpisteen yläpuolella olevassa lustojen enimmäisesiintymässä. Tämä otaksuma osoitettiin kuitenkin virheelliseksi. Toistuneista mikroskooppisista tutkimuksista huolimatta saatiin joka kerta sama tulos eli 4 tai 5 lustoa vähemmän kuin puiden maksimikohdassa. Poikkileikkauspinnan lustot olivat leveät ja säännölliset, joten lustokatoa ei ollut syytä epäillä. Ainoaksi

vaihtoehdoksi jäi näin ollen mahdollisuus, että ko. paalujuuri ei ollutkaan syntynyt samaan aikaan kuin sirkkavarsi, vaan vasta joitakin vuosia myöhemmin. Kyseessä olevat paalujuuretkin olivat siis myöhäisjuuria.

Tämä havainto antoi aiheita kiinnittää suurempaa huomiota juurten kuolleisuuteen. Oli ilmeistä, että kuolemista esiintyi normaalisti kehittyneiden puiden juuristoissakin. Aikaisemmin on mainittu korpikuusien kuolleista juuren osista. Ankarasti juroviin alikasvoskuusiin kohdistuneet tutkimukset osoittavat tämän ilmiön olevan sääntönä niidenkin kohdalta.

Kaikki tässä tutkimuksessa tutkitut koepuut antoivat saman tuloksen. Ainoastakaan puusta ei löytynyt eläviä alkuperäisiä juuria. (Vrt. Laing 1932).

Tämä toteamus antaa — *circulus vitiosus* -luonteestaan huolimatta — aiheen pitää elävistä juurista määritettyä ikää melko luotettavana. Puun pystyssä pysyminen edellyttää, että vanhaa juuristoa korvaavien uusien juurten paksuuskasvu muodostuu ainakin juurten kannasta melko selvä-lustoiseksi (vrt. Wretling, 1936, s. 297—298). Toiselta puolen saattaa kuoleva juuri pysyä elävänä pitkänkin ajan kasvamatta paksuutta edes nimeksikään. Kuitenkin havaittiin, että juuren kannan ja välittömästi sen sijaintikohdan yläpuolella olevan rungon tyviosan välillä todella valitsee, kenties yksinomaan lyhyen etäisyyden vuoksi, Douglassin ja Glockin toteama »radiaalinen ja vertikaalinen uniformeetti» (Ording, 1941, s. 125). Tällä seikalla oli varsin suuri merkitys kapea- ja vajaan juurien iän määrittäessä. Vertaamalla juuren lustokkoa sen sijaintikohdalta otettuun rungon lustonäytteeseen ja usein seuraamalla tiettyä selväpiirteistä lustoa vertikaalisuunnassa saatiin kiintopiste kumpaankin lustokkoon. Tällä tavoin määritettiin juuren pintaosaa mahdollisesti kohdannut lustokato. Juuren lopullista ikää laskettaessa otettiin huomioon tietenkin myös rungosta otetun vertailulustoston puuttuvat lustot. Kiintopisteestä sisäänpäin olevan osan ikä oli helppo laskea rungosta, kun sen sijaan juuren johtojänteiden väliin usein oli puristunut suuri määrä vaikeasti toisistaan erottautuvia lustoja (vrt. kuva 5). Juurten iän määrittäminen oli erityisen vaikeata korpikuusissa.

Kun juurten ikää määrittäessä kävi ilmi, että alikasvoskuusen alkuperäinen juuristo yleensä aina oli vaihtunut jonkin verran nuorempaan juuristoon, heräsi tietenkin kysymys, milloin, miten ja mistä syystä tämä vaihtuminen oli tapahtunut.

Ikätutkimusten ansiosta voitaneen vastata kysymykseen, milloin nykyiset juuret ovat syntyneet. Primääriluetteloon merkittiin tätä tar-

koitusta varten kunkin puun vanhimman juuren ikä. Normaalisti kehittyneiden puiden muut juuret olivat tätä vanhinta juurta keskimäärin vain noin 2—6 v. nuorempia, kun sen sijaan jurovilla puilla saattoi vastaava ero olla jopa yli 30 v., joskin ero kuitenkin yleensä pysytteli 10—20 v:n paikkeilla. Ikäero nuorimman ja vanhimman juuren välillä saattoi nimenomaan jurovissa korpikuusissa olla lukuarvoltaan melkein sama kuin vanhimman juuren ikä. Tarkastelu osoitti jotakuinkin selvästi, että jurovissa puissa juuret ovat suhteellisesti nuorempia. Hyväksyttävän keskiarvon määrittäminen osoittautui kuitenkin vaikeaksi, minkä vuoksi on tyydytty ilmiötä kuvattaessa vain vanhimman juuren iän perusteella piirrettyyn käyrästäön.

Kuvassa 11 on myös esitetty koepuiden jakaantuminen elinvoimaisuusryhmittäin vanhimman juuren iän mukaisesti. Merkille pantavaa on, että suunta on näinkin selvä aineiston heterogeenisyydestä huolimatta. Kun otetaan huomioon, että juurten eri-ikäisyys on suurempi jurovissa puissa kuin elinvoimaisissa, ei voida johtua mihinkään muuhun päätelmään kuin että juuristo normaaleissakin puissa uudistuu (vrt. Flury, 1924, s. 253—254, Vater, 1927, s. 70 ja Hartmann, 1927, s. 48), mutta että tämä uudistuminen syystä tai toisesta jatkuu kauemmin puuyksilöissä, joiden elintila tavalla tai toisella on tavallista rajoitetumpi. Täysin normaalien puiden juurten uudistumisen todettiin näet tapahtuvan vain taimiasteella. Tuntui no. luonnolliselta asettaa tämä ilmiö syy-yhteyteen alikasvoskuusen maanpäällisten osien yleisen kehityksen kanssa. Ei ole mahdotonta, että juuriston — juurihaarojen ja juurten — jatkuva vaihtuminen aiheuttaa \pm ankanan juromisen maanpäällisissä osissa (vrt. esim. Laing, 1932, s. 32—44). Tämän ongelman selvittämiseksi on tutkimukseen sisällytetty myöhemmin esitettävä osatutkimus latvuksen kehityksestä ja juurten kuolemista.

Alikasvoskuusten juurten ikään kohdistunut tarkastelu osoittaa kuitenkin, että alkuperäisiä, juurenniskasta lähteviä juuria tuskin on olemassa parikymmentä vuotta vanhemmissa alikasvoskuusissa, vaan juuristo on sitä ennen jo vaihtunut ja vaihtunee jurovissa puissa jatkuvasti.

Tässä yhteydessä lienee syytä mainita että Hustich (1949) on Labradorilla tehnyt havaintoja samantapaisesta juuriston uudistumisesta *Picea marianan* suhteen.

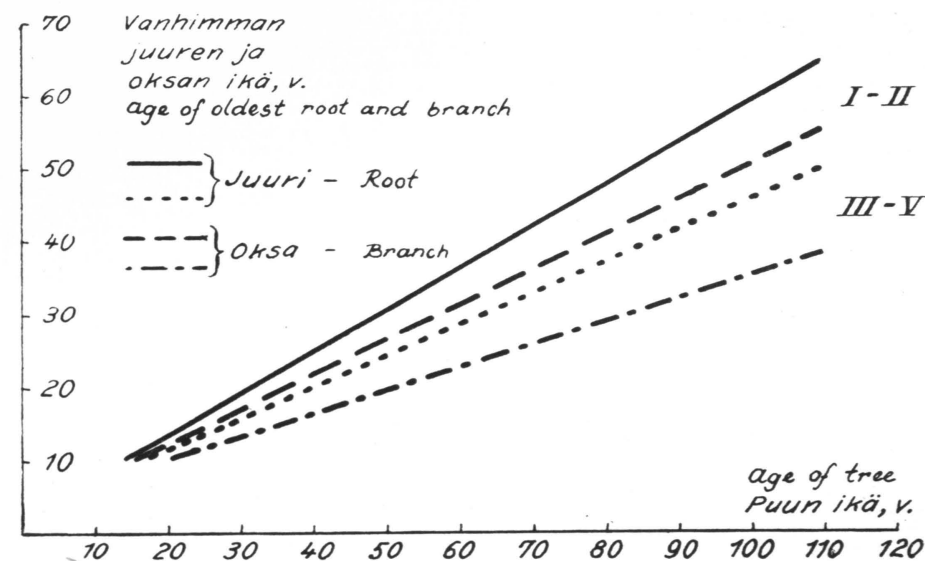
Vertaileva yhdistelmä ikätutkimusten tuloksista

Puun todellista ikää määritettäessä herätti huomiota, että aikaisemmin on sivuutettu se tarkistusmahdollisuus, jonka ydinsolmujen olemassaolo ehdottomasti tarjoaa. Ero todellisen ja tyvileikkauksesta lasketun iän välillä on etenkin alikasvoskuusissa sangen huomattava, kuten edellä esitetystä on ilmennyt. Tässä yhteydessä on myös syytä huomauttaa, että sangen suuri osuus kuusimetsistämme on muodostunut puuyksilöistä, jotka tuskin ovat kehittyneet siinä mielessä normaalisti, kuin esimerkiksi nykypäivinä keinollisesti perustettu tasaikäinen kuusitaimisto saattaa kehittyä. Harsintametsien kuusijaksot ovat luultavasti suurimmaksi osaksi juroneet aikansa mitä erilaisimmin vaihein. Niin ollen on mahdollista, että edellä esitetyt korjausluvut soveltuvat tämäntapaisten metsien oikeata keskimääräistä ikää määritettäessä. Varmana voidaan ainakin pitää, että kuusen iän määrittämisessä on käytännössäkin kiinnitettävä suurempaa huomiota puun aikaisempaan kehitykseen, jotta välttyttäisiin virheellisistä johtopäätöksistä esim. kiertoajan pituutta, taimettumisvuosia ja ikäluokkakajautumista selvitetessä.

Tieteellisessä mielessä ei alikasvoskuusen ikää voida määrittää ainoatakaan analyysimenetelmää noudattaen täysin varmasti. Tämä tutkimus on kuitenkin osoittanut yhdistetyn iän määrittämenetelmän paremmuuden muihin metodeihin verrattuna. Suurimpina etuina esiintyvät tällöin:

- 1) Nykyisen juurenniskan yläpuolella olevan rungon osan ikä tulee mahdollisimman tarkkaan määritetyksi.
- 2) Syntymäpisteen ja nykyisen juurenniskan välisen rungon osan ikä lasketaan konkreettisin perustein.
- 3) Ikä määritetään yksinomaan tutkittavasta puusta, sillä vertailuaineiston yleinen kehitys ei koskaan voi täysin vastata kunkin puun yksilöllistä kehitystä.

Sangen mielenkiintoinen on myös toteamus, ettei kuusella — ei ainakaan alikasvoskuusella — taimiastetta pitemmälle ole alkuperäisiä juuria, vaan kaikki juuret ovat myöhäisjuuria. Vielä mielenkiintoisempi on seikka, että jurovilla puilla on suhteellisesti nuoremmat juuret kuin elinvoimaisilla ja normaalipuilla. Samanlainen näyttää suhde olevan myöskin oksistoon nähden. Ilmiöt sinänsä ovat merkittäviä, ja kuvattuna samaan koordinaatistoon ilmenee vielä kolmaskin merkille pantava seikka (vrt. kuva 11). Vanhimman juuren ja vanhimman oksan iän välillä vallitsee nim. tutkimuksen mukaan puun elinvoimaisuudesta riippumatta jonkin-



Kuva 11. Puun todellisen iän ja vanhimman oksan sekä juuren iän suhde eri elinvoimaisuusluokissa. I—II esittävät elinvoimaisia ja III—V jurovia alikasvoskuusia. — Fig. 11. Ratio of true age of tree to oldest branch and oldest root of sample trees of different viability. I—II = viable, and III—V = stunted trees.

lainen lainomaisuus. Vanhin juuri on tutkituissa koepuissa yleensä osoittautunut vanhinta oksaa vanhemmaksi. Päinvastaista ilmiötä ei tässä tutkimuksessa havaittu kertaakaan.

Tämän tutkimuksen perusteella päädytään siihen, että juuretkin ainakin puun nuoruusvuosina kuolevat ja korvautuvat toisilla juurilla. Seikka, että tämä vaihtumisilmiö on kiihkeämpi juroissa puissa, selittää omalaatuisella ja yksinkertaisella tavalla puun juromisen syyt. Maanalaiseen vaihtumiskasvuun kuuluu ilmeisesti suuri osa yhteyttämistuotteita. Juuret kasvavat turvatakseen puun ravinnonoton maasta, jossa kuitenkin liian ankara kilpailu pakottaa juuristoa alati uusille ravintopaikoille. Tämä tapahtuu, kuten juuristotutkimuksissa myöhemmin osoitetaan, siten, että ensin kuolee lyhytjuuri tai pitkä juuren pää ja näistä juurista saattaa elintoiminnan loppuminen levitä viimein tyvikappaleesta lähtevään tyvi- tai kulkujuureen. Uusi myöhäisjuuri on tällöin äsken kuolleen juuren vielä kituessa muodostunut uuteen suuntaan uusille ravinnonottoalueille. Normaalipuissa eivät suuret juuret yleensä kokonaan kuole, joskin niissä kuitenkin melko paksutkin haarat saattavat kuolla ja korvautua toisilla, nuoremmilla ja tehokkaammilla juurilla. Voidaan myös

ajatella, että kuusi aluksi kehittää tietyn juuriston. Kun osa tästä juuristosta joutuu vaikeisiin olosuhteisiin ja vedenotto käy vaikeaksi kuluttaen paljon energiaa, alkaa uusia juuria kehittyä pienimmän vastuksen suuntaan n. (Vrt. L a i n g, 1932, s. 38). Jos tilanne tämän johdosta muuttuu jonkin juuren kohdalta edulliseksi, on ilmeisesti epätaloudellista enää ottaa vettä vaikeissa kohdissa olevilla juurilla, joten ne tarpeettomina hylätään ja ne kuolevat.

Kuusen juurten kaikesta päättäen melko yleinen osittainen kuoleminen selittää osaltaan myös kuusen suuren alttiuden erilaisille lahovioille. (Vrt. Kangas, 1940, s. 129—134).

Juuristoa selvittelevien tutkimusten tulokset

Koko tutkimuksen varsinainen tarkoitus oli selvittää alikasvoskuusten eräitä biologisia ominaisuuksia, joskin iän määrittäminen aikaisemmin mainituista syistä muodostui sangen huomattavaksi osaprobleemaksi. Alikasvoskuusen ominaisuuksista kiinnostivat eniten eräät juuriston ominaisuudet nimenomaan siitä syystä, että kuusiyksilöiden ulkonäön erikoisuuteen tuntuivat vaikuttavan muutkin kuin maanpäälliset tekijät. Nimenomaan juuriston ominaisuuksien selvittämiseksi tutkittiin juuriston pinnallisuutta, juurten haarautumista, pituuskasvua ja pituussummaa. Koko tämä osa tutkimuksesta on kuitenkin tässä vaiheessa etupäässä orientoivaa laatua tutkimustyön erittäin suuresta työläydestä johtuen.

Juuriston pinnallisuus

Osatutkimus rajoittui vain niiden 20 koepuun juuristoihin, jotka kaivettiin kokonaisuudessaan esille. On selvää, että täydellä syyllä voidaan asettaa näin pienen aineiston todistuskelpoisuus kyseenalaiseksi etenkin siitä syystä, että kunkin puun ympäristötekijät ovat olleet niin erilaiset. Eräissä suhteissa olivat koepuut kuitenkin vertauskelpoisia. Toiset olivat elinvoimaisia, toiset jurovia, ja tämä ero katsottiin riittäväksi tässä yhteydessä. Eri koepuiden pinnallisuusprosentit (vrt. edellä s. 25—26) ilmenevät taulukosta 5.

Alikasvoskuusella näyttää siis olevan muihin metsikön puihin verrattuna hyvin pinnallinen juuristo. Mielenkiintoista on todeta, että korvessa, OMT:llä ja MT:llä kasvavilla elinvoimaisilla alikasvoskuusilla on suhteellisesti syvempi juuristo kuin VT:llä kasvavilla. Viimeksi mainitun metsätyypin alikasvoskuusille näyttää yleensä erittäin pinnallinen juuristo ole-

T a u l u k k o 5. Juuriston pinnallisuus. — T a b l e 5. Superficiality of root systems.

Metsä- tai suotyyppi — Forest- or moortype																			
OMT			MT				VT			Korpi									
Koepuiden elinvoimaisuusluokka ja ikä, v. — Class of viability and age of sample trees																			
I—II		I—II		III—V			I—II			III—V									
22	29	58	29	33	57	71	73	75	89	40	48	61	80	45	50	72	32	44	93
Pinnallisuusprosentti, % — Percentage of superficiality																			
60	70	80	75	70	75	90	90	90	95	90	90	85	85	95	85	90	70	70	70

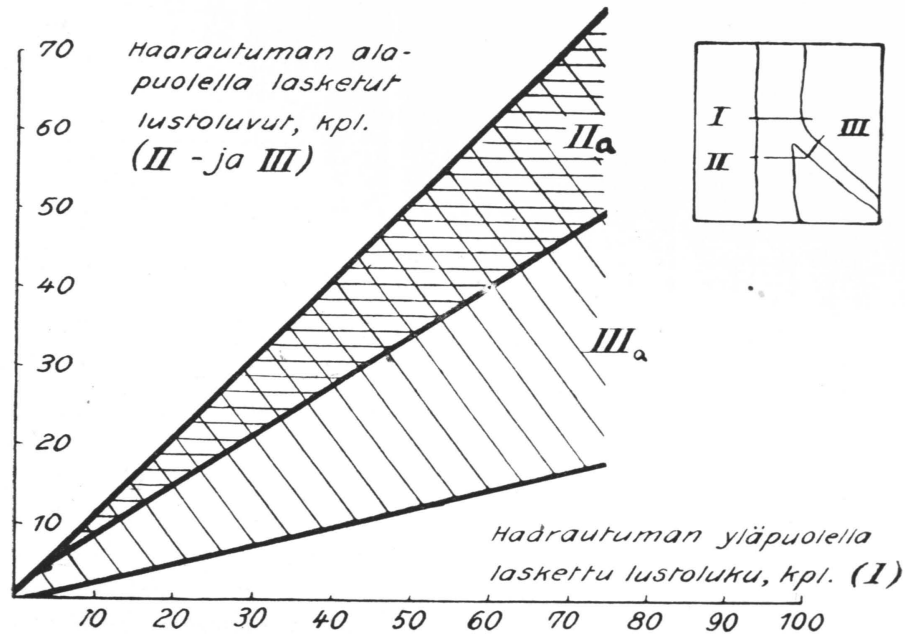
van tyypillinen. Tätä päätelmää tukevat lukuisat silmänvaraiset havainnot karkeammin esille kaivetuista juuristoista. MT:llä kasvavien juurovien puiden juuristot näyttävät myös olevan erittäin pinnalliset.

Ikätutkimusten yhteydessä todettiin jurovilla puilla yleensä olevan suhteellisen nuoret myöhäisjuuret, joten edellä esitetty tulos juurten pinnallisuudesta tuntuu tätä seikkaa silmällä pitäen luonnolliselta. Jos lisäksi katsotaan ankaran juuristokilpailun alainen maa pienehkölle kuusen taimelle fysiologisesti kuivahkoksi kasvupaikaksi tai muuten juurten kehitykselle sopimattomaksi, ei tutkimuksessa todettu pinnallisuus ole ristiriidassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa (vrt. esim. W i e d e m a n n, 1925, s. 26, H a r t m a n n, 1927, s. 48, L a i n g, 1932, s. 45 ja v. K r u e d e n e r, 1943, s. 43).

Kirjallisuudessa on usein mainittu, että juuristojen keskisyvyys yleensä suurenee puun suuretessa ja vanhetessa (vrt. edellä s. 18). Vaikka käsillä olevat tutkimustulokset ja absoluuttista syvyyttä tarkoittavat aikaisemmat tutkimustulokset eivät ole verrannollisia, ei kuitenkaan voida jättää mainitsematta, että jurovan alikasvoskuusen juuristo on kaikesta päättäen muihin saman kasvupaikan juuristoihin verrattuna melko pinnallinen — iästä riippumatta. Miten juuriston juromisen jälkeen käy, on toinen asia. Mainittakoon tässä yhteydessä, että Amerikan valkokuusen juuriston on jo taimiasteella todettu olevan esim. sikäläisten mäntyjen juuristoja pinnallisempi (S c h a n t z—H a n s e n, 1945, s. 447—448).

Juurten haarautuminen

Puun juuri voi haarautua käytännöllisesti katsoen millä kohtaa ja mihin aikaan tahansa riippuen siitä, milloin ja mistä kohtaa juuren ritsoogeenisessä kerroksessa oleva sivujuuren aihe kasvaa juurta ympäröivän



K u v a 12. Juurihaarojen iän suhde pääjuuren ikään haarautuman yläpuolella. IIa = pääjuuren jatkossa ja IIIa = sivujuuressa tavattujen lustolukujen vaihtelualueet. — Fig. 12. Ratio of age of branches of roots to age of main root (I) above the branches. II = continuation of main root, III = ramifying root; II a and III a = area of variation of annual rings determined in square sections II and III.

kuoren läpi (B ü s g e n-M ü n c h, 1927, s. 287). Tärkeintä on kuitenkin, että juurihaaroja voi syntyä primääriseen juureen mihin tahansa iästä riippumatta ts. myös adventiivisesti (vrt. H e i k i n h e i m o, 1920, s. 10, alahuomautus). Juuren ja sivujuuren välisellä ikäerolla ei ts. ole mitään määrättyä maksimirajaa. Jotta tästä haarautumisen mekaniikasta saataisiin varmempi käsitys, tutkittiin kaikkiaan n. 270 haarautumaa, joissa esiintyviä lustolukuja siirrettiin akselistoon. Pienimpien tutkittujen sivuhaarojen paksuus oli 2 mm. Kuvasta 12 ilmenee, että ikäero sivuhaaran ja pääjuuren välillä saattaa olla merkille pantavan suuri, kuten oli odotettavissakin. Epäilyttävältä tuntuu sen sijaan tulos, että pääjuuri haarautuman alapuolella usein on monta vuotta yläpuolella olevaa osaa nuorempi, vaikka etäisyys leikkauspintojen välillä on korkeintaan 3—4 cm. Huomattavaa on kuitenkin, että pienimmät erot saatiin silloin, kun sivujuuri oli pääjuurta huomattavasti nuorempi. Epäsäännöllisyyttä oli etupäässä havaittavissa paksuimpien juurten haarautu-

missa. Joskus saattoi »sivujuuri» (siis pienempi haara) olla yli kymmenen vuotta toista (paksumpaa) haaraa vanhempi. Tällöin oli tietenkin nykyinen pääjuuren jatko varsinainen sivujuuri (III), joka parempien ravinto-olojen johdosta myöhemmin oli kehittynyt alkuperäistä pääjuuren jatkoa (II) voimakkaammaksi.

Etsittäessä syitä haarautumisilmiön erikoisuuksiin tehtiin, niin kuin monesti aikaisemminkin on mainittu, lukuisia havaintoja juurten kuolleisuudesta. Esimerkkeinä esitettäköön seuraavat edustavat juuret (taulukko 6).

T a u l u k k o 6. Esimerkkejä juurten haarautumisesta ja kuolleisuudesta. — Examples of branching and of deaths of roots.

Koepuu Sample tree	Juuri Root	Ikä I, v. Age I	Ikä II, v. Age II	Ikä III, v. Age III
20	A ₂	38	28 +	20
58	A	23	21 +	14
62	B	23	> 13 +	13
63	I	25	21 +	16
65	C	38	23 +	20
101	A ₁	15	> 3 +	3
109	H ₁	40	> 11 +	11

+ = kuollut juuri — dead root.

Ikä I = haarautuman yläpuolella esiintyvä lustoluku.

» II = » alapuolella juuren jatkossa esiintyvä lustoluku.

» III = » alapuolella olevan juurihaaran kannassa esiintyvä lustoluku.

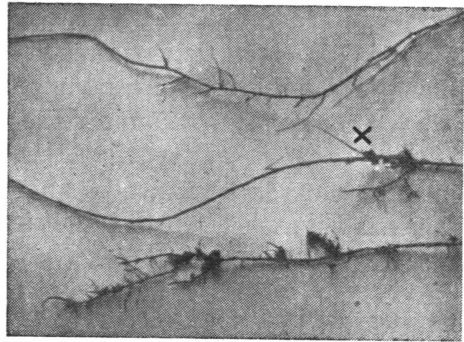
Age I = Number of annual rings above branch.

» II = » » » below branch.

» III = » » » below branch at base of ramifying rootbranch.

Asetelmasta ilmenee, ettei aina ole pystytty määrittämään kuolleen osan ikää. Tyngän paksuus ja siinä vielä näkyvissä olevat lustot todistivat kuitenkin sen alkuperäiseksi juureksi, samoin juuressa tällä kohtaa usein esiintyvä mutka. Pienissä juurissa on tehty samansuuntaisia havaintoja, joista seuraava esimerkki (kuva 13).

Valokuvassa näkyvistä juurista A on 130 cm pitkä, täysin terve kulkujuuren pää, jossa on 31 tervettä haaraa. Juuren lustolukusarja 20 cm:n välein oli 3, 3, 3, 2, 2, 1, 1. B-juuri oli terveennäköinen 5-vuotinen 110 cm



Kuva 13. Esimerkki pitkäjuurten kuolemista. Ylin juuri (A) on terve. Keskimäinen juuri (B) on kohdasta x vasemmalle kuollut ja alimmassa juuressa (C) on kärjessä kolme lustoa. Haarat ovat etupäässä 1-vuotisia. — Fig. 13. Example of death of longroots. Upper root A is alive, middle root B dead from x to tip, and in lowest root C there are three annual rings at tip. The branches are mainly one-year-old.

joskus olisi jatkunut, olisi nykyisen kärjen kohdalla oleva lustoputouma kenties ollut vaikea selittää.

Tutkimuksessa havaitut haarautumistapahtumat, jotka myös koskevat isoja puita, osoittavat, että »normaalisten» haarautumistapojen ohella esiintyy myös erilaisista patologisista häiriöistä johtuva »epänormaali» haarautuminen. Tällöin muodostuu usein kuolleen kärjen tai juuriosan tilalle suurehko määrä pieniä juuria (vrt. V a t e r, 1927, s. 73—74). Tämä haarautumistapa oli muuten erittäin yleinen äsken heränneissä alikasvoskuusissa. Tällaisesta juurikimpusta jokin juuri ajan mittaan ehkä jatkaa kulkujuurena pääjuuren pituuskasvua toisten vähitellen nääntyessä. Jonkin ajan kuluttua saattaa ko. aikaisemmin tiheästä kohdasta löytyä yksi voimakas haara, joka on pääjuuren jatko, ja kenties pari kärjistään jo melkoisesti lahovikaista sivuhaaraa. Jos tällaiseen kohtaan vanhojen sivuhaarojen kuoltua myöhemmin muodostuu myöhäisjuuria, syntyy edellä kuvattu »epänormaali» haarautuma. Tämä selittänee juuritutkimuksissa usein todetut lustoputoumat (vrt. edempänä s. 60).

Eri haarautumistapojen keskinäisestä yleisyydestä ei tietenkään käsillä olevan aineiston perusteella voida sanoa mitään varmaa. Täysin normaaleja lustosarjoja tavataan näet sängen yleisesti. Milloin kaikissa

A pitkä kulkujuuri, joka mikroskooppisen tarkastuksen jälkeen todettiin varmasti kuolleeksi kärjestä tiheään, ristillä merkittyyn kohtaan saakka, jossa oli 3 lustoa. Sen lustosarja oli niin ikään 20 cm:n välein 5, 4, 3, 3, †. († = kuoll.). C-juuri edusti tämän tapahtumasarjan viimeistä astetta. Tämä juuri oli terve 4-vuotinen kulkujuuri, jossa 76 sivujuurta, jotka olivat 1—2 v. vanhoja. Lustosarja oli 4, 4, 3, 3 ja juuren kärjessä oli samoin vain 3 lustoa.

Kaikki kolme edellä kuvattua juurta ovat saman koepuun samasta pintajuuresta, samalta syvyydeltä ja aivan läheltä toisiaan. Jos C-juuren pituuskasvu

haarautumiskohdan lustokoissa oli sama määrä lustoja, oletettiin haarautuman olevan akropetaalista alkuperää; muussa tapauksessa adventiivista. Jonkinlaisen käsityksen tällaisten haarautumien yleisyydestä antanevat tilastolliset tiedot tavatuista kuolleista juurista. Alikasvosaineistosta löytyi 20 juuristoa, jotka tosin vain 2 mm:iin saakka esille kaivettuina olivat kaikilta osiltaan sillä hetkellä terveitä. Kaikissa muissa tavattiin joitakin kuolleita juuren osia, erikoisesti suurissa puissa ja korprien alikasvoskuusissa. Mikäli kuolleisuustutkimus olisi ulotettu käsittämään myös lyhytjuuria, on varmaa että juurten kuolleisuus olisi todettu vieläkin yleisemmäksi. Kuten tunnettua on juurten päiden elinikä sängen lyhyt.

Osatutkimus osoittaa, että lyhytjuuria suurempien juurten kuoleminen ei ole harvinaista ja että juurissa usein tavattavat lustoputoumat johtuvat uusien juurten muodostumisesta aikaisempien tilalle.

Juurten kuolemista voidaan mahdollisesti verrata oksien karsiutumiseen (vrt. M ö l l e r, 1945, s. 201—203).

Juurten pituuskasvu

Juurten pituuskasvu on aikojen kuluessa joutunut monien tutkimusten kohteeksi. Myöhemmille tutkimuksille on ominaista, että on havaittu metsäpuiden juurten pituuskasvu sängen nopeaksi (vrt. esim. L a i t a k a r i, 1935, s. 102). Alikasvoskuusten juurten pituuskasvua ei sen sijaan ole tutkittu, minkä vuoksi ainakin ylimalkaisen käsityksen hankkiminen tästä tapahtumasta katsottiin välttämättömäksi.

Pituuskasvun vuotuisten vaihtelujen selvittämiseksi tutkittiin eri metsätyypeiltä sekä elinvoimaisista että jurovista puista 80 laakajuurta, joista suurin osa oli pintajuuria. Poikkileikkausvälit olivat yleensä 20 cm:ä. Tulosten esittämisessä tyydyttäkään seuraaviin edustaviin esimerkkeihin (taulukko 7).

Esimerkeistä mainittakoon, että juuret 8 I, 8 G, 34 I ja 34 G on valittu kuvaamaan pinnallisimpien juurten suurempaa kasvuvoimaa syvemmällä oleviin laakajuuriin verrattuina. Juuret 34 C, 36 G ja 90 K edustavat käsittelemättömiä lustoputoumia, kun sen sijaan juurissa 58 A, 63 I ja 72 B on selvä tynkä vanhemmasta juurihaarasta (merkki ×). Juuret 34 C ja 90 K kuvaavat juuria, joissa on kuolleita kulkujuurten kärkiä ja lopuksi juurissa 36 H ja 90 A tavataan kirjallisuudessa usein mainittu epäsäännöllinen lustojen muodostuminen (alleiviivauksin). Juuria 8 I ja 34 I voi-

Taulukko 7. Edustavia esimerkkejä juurten pituuskasvusta. — Table 7. Examples of growth in length of roots.

Juurten merkki Position of root	Poikkileikkauksen etäisyys juuren kannasta, cm — Distance from base of root to square section of root, in cm.																																								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420										
8 I	9	—	8	—	8	—	7	—	6	—	4	—	2	—	0	Lustojen luku, kpl. — Number of annual rings																									
8 G	9	—	6	—	4	—	2	—	0																																
34 I	12	—	10	—	9	—	8	—	8	—	7	—	6	—	5	—	3	—	0																						
34 C	24	—	16	—	13	—	10	—	6	—	4	—	3	—	+																										
36 G	22	—	13	—	12	—	12	—	8	—	4	—	3	—	2	—	0																								
36 H	24	18	20	—	11	—	9	—	6	—	3	—	0																												
58 A	23	×	14	—	13	12	10	—	9	—	7	—	6	—	4	—	3	—	0																						
63 I	25	×	16	—	16	—	15	—	14	—	14	—	13	—	13	—	13	—	12	12	11	11	10	10	10	9	8	7	6	4	0										
72 B	23	×	12	11	—	9	—	6	—	5	—	4	—	3	—	1	—	0																							
90 A	13	—	21	20	18	11	—	10	—	9	—	8	—	7	—	8	—	6	5	3	2	0																			
90 K	22	—	14	—	12	—	10	—	9	—	+																														

× = vanhempi kuollut haara (vars. pääjuuri?)

+ = kuollut kärki

= = yli- tai allustoisuutta

× = older dead branch of root (true main longroot?)

+ = dead tip of root

= = addition or fusion of annual rings

pinta = superficial, syvä = deep

taneen pitää normaalijuurina, kun taas 63 I 20 cm:stä eteenpäin edustanee nopeasti kasvavia pintajuuria.

Tarkastettakoon ensimmäiseksi pintajuurten nopeata kasvua. Kuten aikaisemmin on ilmennyt, alikasvoskuusten juuristo on kokonaankin myöhäisjuuristoa, joka levittäytyy etupäässä maan pintaosiin, osaksi karikerrokseenkin. Myöhäisjuurten muodostuminen merkinnee alikasvospuulle, joka edelleen jää juromaan, että jonkin vanhemman, joskus syvemmällä olevan juuren elintila ei ole riittävä puun jatkuvaa kehitystä silmällä pitäen. Toisin sanoen juuriston kasvuoenergia näyttää siirtyvän siihen suuntaan, missä elintilaa ja ravintoa nopeimmin on saavutettavissa. Numeerisen todistuksen tälle tapahtumalle antanevat seuraavat lukuarvot, jotka edustavat 80 tyvijuurten keskimääräistä vuotuista pituuskasvua viimeisten 12 v:n aikana. Aineisto käsittää kaikki pinnassa ikävaatimuksen täyttävät kulkujuuret aina lateraalisia ja terminaalisia pitkäjuuria myöten.

Pinnassa olevat laakajuuret 10.5 cm/v.
 Syvällä » » 5.4 »

Pinnassa olevien laakajuurten pituuskasvun alhainen arvo johtuu siitä, että haarojen pituuskasvu oli yleensä pienempi kuin terminaaliseen pitkäjuureen päättyvän pääjuuren kasvu. Syvällä olevat juuret sijaittivat yleensä syvemmällä kuin 10 cm.

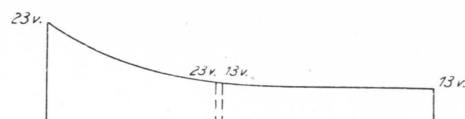
Lustoputoumien esiintyminen monissa juurissa teki pitemmän ajanjakson keskiarvojen määrittämisen miltei mahdottomaksi. Puun eri osien pituuskasvun edempänä suoritettavaa keskinäistä vertailua varten määritettiin kuitenkin juurten vuotuista pituuskasvua 22 v:n ajalta. Viimeksi mainittu määrittäminen koski kuitenkin vain kahdeksan koepuun 27 pintajuurta. Lustoputoumat aiheuttivat tällöin pituuskasvulle merkinnän 0 cm/v.

Taulukossa 7 esiintyy myös esimerkkejä lustoputoumista, joista jo on tehty selkoa haarautumistutkimuksen yhteydessä. Todettakoon kuitenkin, että usein tavattiin lustoputoumia, jotka eivät olleet selitettävissä näkyvien mutkien, arpien tai juurentynkien avulla. Lieneekö esim. H i l f i n (1927) mainitsema juurten epäsäännöllinen paksuuskasvu aikaansaanut lustoputoumat esim. juurissa 34 C, 36 G ja 90 K jo 20 cm:n etäisyydellä näiden juurten kannasta. Tämän mahdollisuuden varalta tutkittiin joitakin tällaisia juuria olettaen, että lustomäärä vähitellen laskisi siirryttäessä kannasta 20 cm:n päähän (vrt. kuva 14). Tällöin kävi kuitenkin ilmi, että rajakohta useimmiten oli jyrkkä lustojen lukumäärään

nähdän, joskin juuri muuten saattoi olla täysin normaalin näköinen (vrt. kuva 15). Tällöin primäärijuuri ilmeisesti on tuhoutunut nuorena, haavan arpeutuessa ja pienen tyngän hävitessä nopeasti näkymättömiin. (Vrt. Liese 1929 ja Roze 1938).



Kuva 14. Oletettu lustojen esiintymisen juuressa, jossa oli lustoputouma. — Fig. 14. Assumed number of annual rings of root in which sudden decrease in number of annual rings is observed.



Kuva 15. Lustojen todellinen esiintyminen juuressa, jossa oli lustoputouma. — Fig. 15. True appearance of annual rings of roots in which sudden decrease in number of annual rings is observed.

Mielenkiintoisimman havainnon juuren pituuskasvua tutkittaessa aiheutti kuitenkin kunkin juuren lustosarja. Yli- tai alilustoisuudesta muuten säännöllisissä sarjoissa esiintyy runsaasti esimerkkejä kirjallisuudessa. Tässä tutkimuksessa todettiin vain 11 näytteessä alilustoisuutta seuraavaan nuorempaan näytteeseen verrattuna. Näytteitä oli kaikkiaan yli 700. Yleensä löytyi näet vanhimmistakin juurista huolellisen etsiskelyn jälkeen merkkejä puuttuvista lustoista.

Juurten pituuskasvusta ei voida saada edellä esitettyjen häiritsevien tekijäin johdosta täysin luotettavaa kuvaa. Todennäköistä on kuitenkin, että vuotuisen juurikasvaimen pituus on nykyisen iän ja pituuden perusteella laskettua keskimääräistä kasvua huomattavasti suurempi. Jonkinlainen käsitys asiasta saadaan tarkastamalla normaalisti kasvaneita kulkujuuria. Oletettakoon, että alikasvoskuusen juuren vuotuinen pituuskasvu on vain 10 cm (vrt. s. 59). Tämä merkitsee sitä, että 50 v. vanhan puun primäärisen juuren pituus on 5 m. Yhtä koepuuta lukuun ottamatta ei ainoallakaan tutkitulla alikasvoskuusella ollut niin pitkää juurta, ja vaikka juuren todellinen ikä otetaan laskuperustaksi, niin vain harvan juuren pituus cm:ssä oli 10 kertaa ikää suurempi. Kuitenkin on todennäköistä, että yksityisten kulkujuurten pituuskasvu on vähintään 10 cm vuodessa (taulukossa on eräs esimerkki 70—90 cm:n vuotuisesta kasvusta). Nämä tosiseikat viittaavat siis siihen, että juuren nykyisen kannan ja kärjen välillä on tapahtunut joko juuren »päärangan» vaihto tai muunlainen kasvun seisaus. Juurten pituuskasvun omituinen vaihtelu saattaa tietenkin myös johtua pituuskasvun väliaikaisesta tyrehtymisestä (vrt. esim. V a t e r, 1927, s. 73—74 ja H a r t m a n n, 1927, s. 65—66). Tätä ilmiötä ei

tässä tutkimuksessa ole todettu, mutta jos siihen liitetään mahdollisuus aikaisemman kärjen tai juuriosan kuolemista, saa tämä V a t e r i n ja H a r t m a n n i n toteama pituuskasvun tyrehtyminen voimakasta tukea tämänkin tutkimuksen taholta.

Osatutkimus osoittaa täten, ettei juurten pituuskasvun välttämättä tarvitse olla säännöllinen, vaan juuria kohdanneet vauriot aiheuttavat paikallisia häiriöitä, jotka saattavat merkitä useiden vuosien pituuskasvun menetystä. Seurauksena tästä on epäsäännöllinen lustosarja, joka vaikeuttaa tai tekee mahdottomaksi pitempiaikaisen vuotuisen pituuskasvun oikean määrittämisen.

Lyhyehkön ajanjakson aikana (12 v.) todettiin juurten vuotuisen pituuskasvun olevan suuremman pinnassa kuin syvemmällä. Voimakkaimpien pitkäjuurten kasvukautinen kasvu todettiin lähentelevän 100 sm. Täysin normaaleissa puissa yksityisen juuren kasvu saattaa olla huomattavasti suurempi.

Juurten pituussumma ja juurifraktiot

Kentällä suoritettun silmänvaraisen elinvoimaisuusluokituksen tarkistamiseksi käytettiin karkeinta juurifraktiota (yli 2 mm) tarkistuskriteeriona. Menetelmä ei kuitenkaan osoittautunut ehdottoman varmaksi, koska juuristojen rakenne eri metsätyypeillä on erilainen. Tämän seikan sekä ennen kaikkea neulaston ja juuriston välisen riippuvaisuussuhteen selvittämiseksi tutkittiin B-ryhmään kuuluvien koepuiden juuristoja hieman perusteellisemmin, nimenomaan eri juurifraktioiden osuuden selvittämiseksi.

Tutkimustulosten numeeriset arvot eri metsätyypeillä eivät kuitenkaan sellaisinaan aineiston erilaisuudesta johtuen antaneet selvää viitettä mihinkään suuntaan. Prosenttisina arvoina kokonaisuudesta erottautuivat kuitenkin eri juurifraktiot selvästi toisistaan (taulukko 8).

Vaiikkeivät tulokset sinänsä ole vertauskelpoisia (taulukossa 10 esiintyvien MT-koepuiden keskim. ikä on näet n. 62 v.), ne kuitenkin osoittavat, että ainakin pienikokoisten puiden juuristoissa vallitsee tietty rakenteellinen lainomaisuus juurifraktioiden suhteen. Huonolla kasvupaikalla tavataan suhteellisesti karkeampi juuristo kuin hyvällä. Tämä johtunee etupäässä siitä, että huonolla maalla on laajempi juuristo ja vastaavasti pitemmät juuret, joten vartta on kärkiin verrattuna runsaasti. Tämä koskee nähtävästi myös eri elinvoimaisuusluokkia edustavia puita samalla metsätyypillä.

Taulukko 8. Juurisumma ja juurifraktioiden prosenttiset osuudet. — Table 8
Total and fractions of roots in per cent.

Metsä- tai suotyppi Forest- or moortype	Koepuun Sample tree		Elinvoimaisuusluokka Class of viability	Juurifraktioiden osuudet, Fractions of roots			Juuri- summa Total of roots ΣJ_0 , m
	n:o No.	pituus cm Height, in cm.		> 2 mm	1—2 mm	< 1 mm	
OMT	8	150	II	2.0	10.5	87.5	126.0
»	13	130	I	3.6	10.4	86.0	270.5
OMT	20	500	II	2.5	11.5	86.0	2523.0
MT—OMT	29	281	I	4.7	18.3	77.0	196.0
MT	25	160	II	5.2	18.0	76.8	120.0
»	36	143	III	7.3	17.7	75.0	80.5
»	44	116	III	7.8	19.2	73.0	59.0
»	46	187	III	9.5	18.4	72.1	50.0
»	50	195	IV	8.7	20.4	70.9	75.0
»	53	155	III	5.6	19.2	75.2	167.0
»	57	205	IV	5.2	20.9	73.9	140.0
VT	61	130	II	9.9	25.0	65.1	65.0
»	62	160	II	5.8	26.3	67.9	102.0
»	64	140	II	11.8	30.6	57.6	120.0
»	66	195	II	8.9	20.8	70.3	174.0
»	73	105	II	5.2	29.8	65.0	54.0
»	76	65	III	14.8	25.7	59.5	21.0
»	77	156	III	11.8	24.6	63.6	98.5
Korpi	82	171	II	3.2	10.1	86.7	302.0
»	85	117	II	3.1	11.3	85.6	97.0
»	90	160	III	3.6	14.4	82.0	190.0

Prosenttiset vaihtelurajat tulivat tämän pienen aineiston perusteella seuraaviksi (taulukko 9):

Taulukko 9. Juurifraktioiden %:nen vaihtelu eri kasvupaikoilla. — Table 9.
Variation in percentage of fractions of roots from different sites.

Juurifraktio Fraction of roots	Metsä- tai suotyppi — Forest- or moortype			
	OMT	MT	VT	Korpi
	%			
	Prosenttiset vaihtelurajat, — Limits of variation			
> 2 mm	2.0—3.6	4.7—9.5	5.2—14.8	3.1—3.6
1—2 mm	10.4—11.5	17.7—20.9	20.8—30.6	10.1—14.4
< 1 mm	86.0—87.5	70.9—77.0	57.6—70.3	82.0—86.7

Vertailun vuoksi mainittakoon, että Kalela (1949, s. 73, taulukko 12) on tullut kokonsa puolesta vertauskelpoisten puiden suhteen seuraaviin sadanneslukuihin (taulukko 10):

Taulukko 10. Juurifraktioiden osuudet Kalelan tutkimusten mukaan.
Table 10. Fractions of roots in examinations by Kalela.

Juurifraktio Fraction of roots	Puulaji ja metsätyyppi — Tree species and foresttype			
	Kuusi — Spruce, MT		Mänty — Pine, VT	
	Ikä — Age			
	10 v.	20 v.	10 v.	20 v.
	%			
> 2 mm	8.7	11.2	10.6	13.3
1—2 mm	19.9	21.8	24.0	22.2
< 1 mm	71.4	67.0	65.4	64.5

Juuriston pituussumman suhteen on usein esitetty ajatus, että jurovalla puulla olisi normaalipuihin verrattuna suppeampi juuristo (vrt. s. 19). Absoluuttisia juurimääriä tarkastettaessa taulukosta 8 päädytään myös tällaiseen mahdollisuuteen, joskin havainnot edes suurin piirtein vertauskelpoisista puista ovat liian harvat. Kun kuitenkin juurifraktioiden suhteellinen jakautuminen ainakin osapuilleen on tunnettu, voitaneen suuremmitta virheittä tarkastaa ilmiötä, jopa karkeimman paksuusluokan perusteella (taulukko 11).

Taulukko 11. Karkeimman juurifraktion (ΣJ_2) esiintyminen eri metsätyypeillä ja eri alikasvoskuusten elinvoimaisuusluokissa. — Table 11. Occurrence of thickest fraction of roots (ΣJ_2) in different forest types and in different classes of viability of undergrown spruces.

Metsä- tai suotyppi Forest or moortype	elinv. luokka Class of viability	Koeputien				juurten luku, kpl Number of roots	juurten pituussumma Total of roots ΣJ_2 , m
		lukumäärä, kpl Number	korkeus, cm Height	ikä, v. Age	of sample trees		
		Keskimäärin — Average					
OMT	I—II	20	136.7	20.0		6.5	3.9
MT	I—II	15	156.6	39.1		7.5	6.2
MT	III—V	22	144.9	66.5		10.5	4.7
VT	I—II	13	156.2	61.3		8.3	10.0
VT	III—V	10	137.1	64.8		8.4	6.7
Korpi	I—II	8	169.6	34.5		11.1	7.0
Korpi	III—V	12	162.3	73.0		14.4	5.4

Taulukosta ilmenee selvästi, että jurovalla puulla todellakin on vähemmän juuria kuin samanarvoisen kasvupaikan elinvoimaisella ja suurin piirtein samanpituuisella puulla. Huomattavaa on kuitenkin, että karkeimman juurifraktion osuus samaan aikaan kasvaa sangen säännöllisesti kasvupaikan huonontuessa puun elinvoimaisuudesta riippumatta. Tästä syystä näyttää esim. jurovalla kuusella VT:llä olevan juromisesta huolimatta keskimäärin absoluuttisesti enemmän karkeita juuria kuin elinvoimaisella kuusella MT:llä.

Se, että jurovalla puulla on vähemmän juuria (yksityiset juuret saattavat kyllä ulottua hyvinkin kauas puun tyvestä, sillä nyt ei ole kysymys laajuudesta, vaan pituussummasta) kuin vertauskelpoisella elinvoimaisella puulla, on täysin yhtäpitävä aikaisemmin selostettujen ikätutkimusten kanssa. Jurovissa puissa todettiin näet juuristot suhteellisen nuoriksi, ts. juuristomenetykset ovat olleet suuremmat kuin elinvoimaisissa puissa. Juuriston vaihtumista tukee omalla tavallaan myös tyvikappaleesta lähtevien juurten luku, joka jurovissa puissa aivan ilmeisesti on suurempi kuin normaaleissa, johtuen etupäässä siitä, että jälkimmäisissä ei ole yhtä runsaasti nuorempia myöhäisjuuria.

Yhdistelmä juuristotutkimusten tuloksista

Juuristotutkimukset, juurten ikätutkimus siihen luettuna, osoittavat, että alikasvoskuusten eri elinvoimaisuusluokkien välillä vallitsevat seuraavat perustavaa laatua olevat eroavaisuudet.

— Jurovan alikasvoskuusen juuristo on vielä pinnallisempi kuin elinvoimaisen alikasvoskuusen, jolla jo on suhteellisen pinnallinen juuristo.

— Jurovalla alikasvoskuusella on suhteellisesti nuorempi juuristo kuin elinvoimaisella, ilmeisesti johtuen vanhempien juurten kuolemista.

— Jurovan alikasvoskuusen juuriston pituussumma on pienempi kuin pituutensa puolesta vertauskelpoisen elinvoimaisen alikasvoskuusen samanarvoisella kasvupaikalla.

Alikasvoskuusen juuristosta yleensä voitaneen sanoa, että

— juurten säännöllinen akropetaalinen kasvu häiriintyy usein tapahtuvien juurihaarojen kuoleman johdosta. »Ranganvaihto» on ainakin jurovan alikasvoskuusen juurissa sangen yleinen ilmiö,

— kasvupaikan huonontuminen merkitsee juuriston karkeamman fraktion suhteellista lisääntymistä,

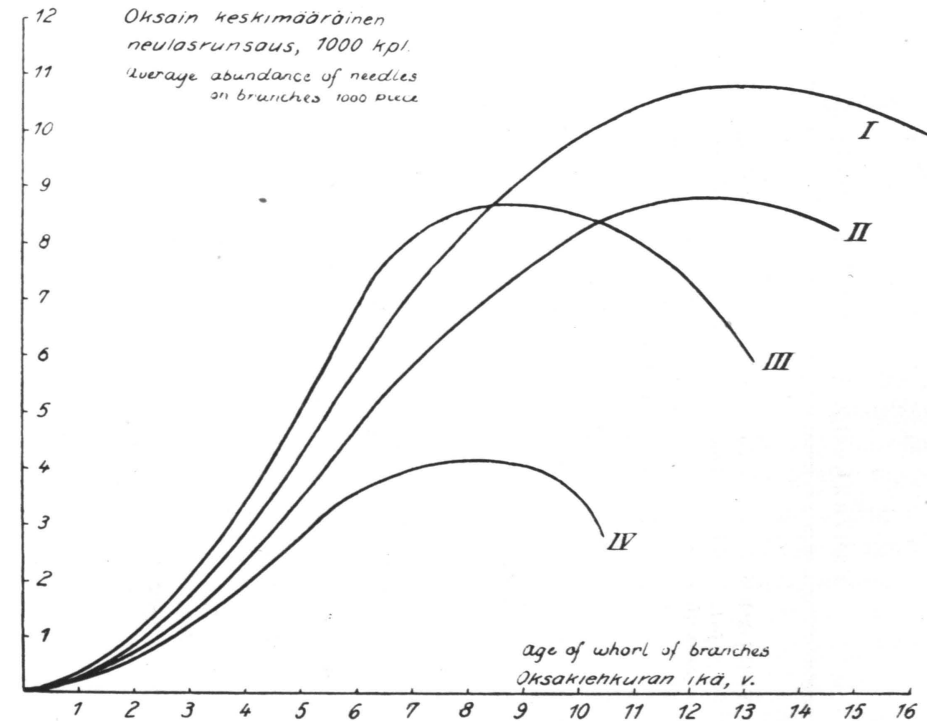
— pinnassa olevat juuret kasvavat nopeammin pituutta kuin syvemmällä olevat,

— alikasvoskuusen juuristo on kokonaan myöhäisjuurten muodostama.

Latvukseen kohdistuneitten tutkimusten tulokset.

Latvusta tutkittiin etupäässä neulaston suuruuden määrittämistä varten, joskin tämän ohella kiinnitettiin huomiota myös juromisrajaan ja sekä rungon että oksien pituuskasvun vaihteluun myöhemmin suoritettavaa vertailua varten, jolloin oksien ja juurten kehitystä tarkastellaan rinnan.

Juromisrajan korkeuden vaihtelun suhteen ei havaittu mitään selvää suuntaa eri metsätyypeillä ehkä siitä johtuen, että metsiköiden viimeaikainen käsittely muiden ympäristötekijöiden muutosten ohella vaikuttaa melko ratkaisevasti puiden kehitykseen. Kuitenkin havaittiin, että toipuneilla puilla yleensä on ollut pisin juromiskausi VT:llä ja lyhin OMT:llä. Lähempi tarkastelu osoitti myös, että VT:llä on ollut hitain vuotuinen pituuskasvu juromisrajan sekä ala- että yläpuolella. Mitä oksien yleiseen kehitykseen tulee, mainittakoon, että koko juromisilmiön toteaminen



Kuva 16. Oksien neulasrunsaus erilaisilla puilla. I—II elinvoimaisia ja III—IV jurovia alikasvoskuusia. — Fig. 16. Abundance of needles on branches of different trees. I—II are viable and III—IV stunted sample trees.

Taulukko 12. Vuosikasvainten vertailua. — Table 12. Comparison of shoots.

Koeppu Sample tree	Vertailukohte Object of comparison	A			B			C			Kehitysjaksokeskim. vuotuinen pituuskasvu cm/v.																				
		Juromisjakso Stagnated growth*			Heräämisjakso Increased growth			Normaalikasvu Normal growth			Average annual growth in length of different periods, cm/per year																				
		25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
		Vuosikasvainten ikä, v. — Age of shoots																													
		Vuosikasvainten pituus, cm — Length of shoots, cm																													
8	Runko Stem	1	2	2	2	2	3	5	4	3	3	2	5	11	13	26	31	30	A	3.7	B	12.0	C	29.0							
»	Oksat Branches	6	5	4	3	3	5	6	8	7	6	6	6	8	7	7	7	7	A	4.3	B	7.0	C	7.0							
»	Oksat Branches	10	13	9	9	7	A	—	B	11.5	C	8.3																			
29	Runko Stem	2	3	5	5	7	3	3	3	2	3	14	3	9	17	41	40	47	38	A	2.8	B	10.8	C	41.5						
»	Oksat Branches	5	6	8	7	6	7	8	6	6	7	7	6	3	A	6.4	B	6.8	C	5.8											
»	Oksat Branches	15	16	16	12	A	—	B	—	C	14.8																				
58	Runko Stem	2	5	1	1	1	2	2	8	7	3	5	7	3	6	14	10	17	18	11	A	2.0	B	5.6	C	14.0					
»	Oksat Branches	6	4	4	4	4	4	4	6	5	5	5	3	3	4	5	3	3	2	0	A	4.3	B	4.4	C	2.6					
»	Oksat Branches	10	11	8	10	6	A	—	B	—	C	9.0																			
66	Runko Stem	3	4	4	3	2	1	2	2	3	6	4	13	10	10	8	7	4	7	11	14	12	20	19	A	2.9	B	9.6	C	19.5	
»	Oksat Branches	3	4	3	3	3	3	3	5	4	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	5	4	3	2	A	3.4	B	3.7	C	2.5
»	Oksat Branches	7	6	7	6	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	6	7	6	7	6	7	6	4	A	—	B	6.0	C	5.0	

aikaisemmin on tapahtunut silmänvaraisesti latvuksen muotoa arvostellen. Yleensä on totuttu siihen, että oksien epänormaalin suuri pituuskasvu latvakasvaimen pituuskasvuun verrattuna on juromisilmiön varmin tunnus. Verrattaessa oksien pituuskasvua (oikeammin yleistä kehitystä) juromisrajan molemmin puolin, sekä ennen heräämistä että sen jälkeen, todettiin myös tässä tutkimuksessa, että oksien yllättävän suuri pituuskasvu on juromisilmiölle sangen tunnusomaista. Jonkinlaisen kuvan saamiseksi tästä mielenkiintoisesta ilmiöstä esitetään seuraavat neljä edustavaa tapausta (taulukko 12.)

Taulukosta ilmenee mm., että oksien vuosikasvaimet ovat juromiskautena olleet latvakasvainta pitempiä. Samoin ilmenee, että toipumista on edeltänyt kausi, jonka aikana kaikissa kasvaimissa on ollut kasvun paranemista havaittavissa. Toipumisen jälkeen tapahtuu vanhimpien oksien kasvussa nopea väheneminen. Yleensä todettiin oksien kasvun olevan suurimmillaan 1—3 v. muodostumisensa jälkeen puiden kasvaessa normaalisti täysin toivuttuaan.

Toipuminen oli edistynyt hitaimmin puissa, joissa oli litteimmät latvukset toipumisajankohtana.

Neulastoa tutkittaessa jouduttiin metodiikan johdosta kiinnittämään huomiota neulasrunsauteen oksakiehkuroittain. Tällöin selvisi, kuten kuvasta 16 näkyy, että neulasten lukumäärä oksaa kohden lisääntyy alussa suurin piirtein samalla tavalla hyvinkin erilaisissa latvuksissa. Kulminaatiokohta saavutetaan kuitenkin jurovissa ja kituvissa puissa (III ja IV) huomattavasti aikaisemmin kuin elinvoimaisissa (I ja II). Otettakoon lisäksi huomioon, että latvuksen muoto jurovissa puissa on erinomaisen litteä johtuen lyhyistä oksakiehkurain välimatkoista, kun latvus sitä vastoin elinvoimaisissa puissa on huomattavasti pitempi. On aivan ilmeistä, että tälläkin seikalla on merkityksensä ei vain puun elinvoimaisuuden tunnuksena, vaan myös sen edellytyksenä. Jurovalla puulla saattaa olla latvuksen ikään nähden yllättävän runsas neulasto, mutta koska tämä neulasto kaikesta päättäen uusiutuu vertikaalisuunnassa normaalipuihin verrattuna suhteellisesti nopeammin kuin horisontaalisuunnassa, tämä merkitsee kasvuun tarvittavien aineiden jatkuvaa hukkaan joutumista. Alimmat oksat kuolevat varjoon joutuneina melko nopeasti ennättämättä toimia yhteyttämiselinten kannattajina yhtä kauan kuin vastaavanlainen oksa elinvoimaisessa puussa. Voitaneen siis melko oikeutetusti olettaa, että jurovan alikasvoskuusen latvuksen kehitys on yleistä kasvua silmällä pitäen sangen epätaloudellista. Toiselta puolen voidaan olettaa jurovien puiden oksasikermästä muodostuvan jonkinlainen »korre-

latiivinen jarru» puun toipuessa myöhemmin. Edellä esitettyjä päätelmiä tulevat voimakkaasti ikätutkimuksen tulokset oksain kohdalta. Tulokseen vielä mainituksi, että käyrät kuvassa 16 esittävät tyypillisiä tapauksia edustamatta minkäänlaisia keskiarvoja.

Neulaston pinta-alaan vaikutti, paitsi neulasten luku, myös neulasten muoto. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan pyritty absoluuttisiin arvoihin, vaan tyydyttiin neulastojen keskinäistä suuruutta kuvaaviin suhteellisiin arvoihin. Kun ylimalkaisesta neulaspinta-alan määrittäytävasta johdettava virhe kuitenkin kaikkien koepuiden suhteen on suurin piirtein samanlainen ja samansuuntainen (n. 10 % liian suuri), saataneen silti jonkinlainen kuva neulaston suuruudesta eri elinvoimaisuusluokissa ja ennen kaikkea sen suhteesta juuristoon.

Ennen kuin viimeksi mainittu suhde otetaan tarkastelun alaiseksi, kiinnitettäköön huomiota eri elinvoimaisuusluokkia kuvaaviin keskiarvoihin. Tosin kumpaankin ryhmään kuuluu vain kymmenen puuta, mutta näidenkin puiden perusteella voitaneen tehdä joitakin varovaisia johtopäätöksiä. Puiden pituuksista ja neulaston pinta-alasta saadaan näet seuraavat keskimääräiset lukuarvot:

	Ikä, v. Age	Pituus, v. Length	Neulaston pinta-ala, m ² Area of needles, sq. m.
Keskimäärin — Average			
Elinvoimaiset puut ¹ — Viable trees	42.2	165.3	6.23
Jurovat puut — Stunted trees	69.6	148.7	1.54

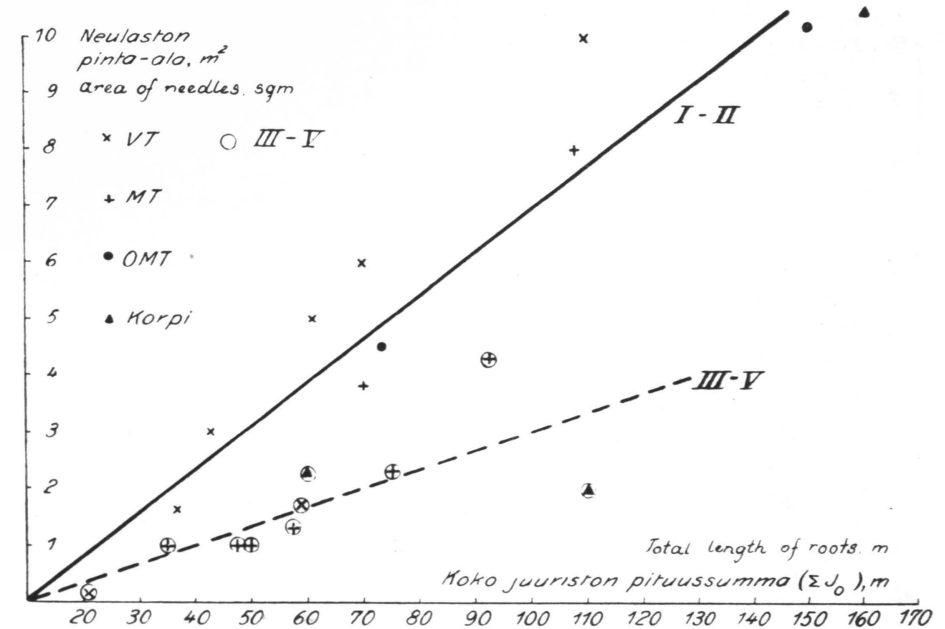
Vaikka koepuut eivät ole samanarvoisilta kasvupaikoilta eivätkä edusta aivan samaa keskimääräistä suuruusluokkaakaan, on ero neulastojen suuruudessa niin selvä, että latvusmuodon ratkaisevaa merkitystä tuskin voitaneen kiistää.

Rungon ja oksien aikakautinen pituuskasvu tutkittiin juurten pituuskasvun kanssa suoritettavaa vertailua varten, josta edempänä tehdään tarkempaa selkoa.

Tutkimustulosten yhdistäminen.

Kuten aikaisemmin on monesti mainittu, määritettiin juuriston kokonaissumma ja neulaston pinta-ala näiden molempien suureiden keskinäisen riippuvaisuussuhteen selvittämiseksi. Koepuut eivät muodostaneet puhdasta aineistoa sen vuoksi, että ne edustivat niin erilaisissa oloissa

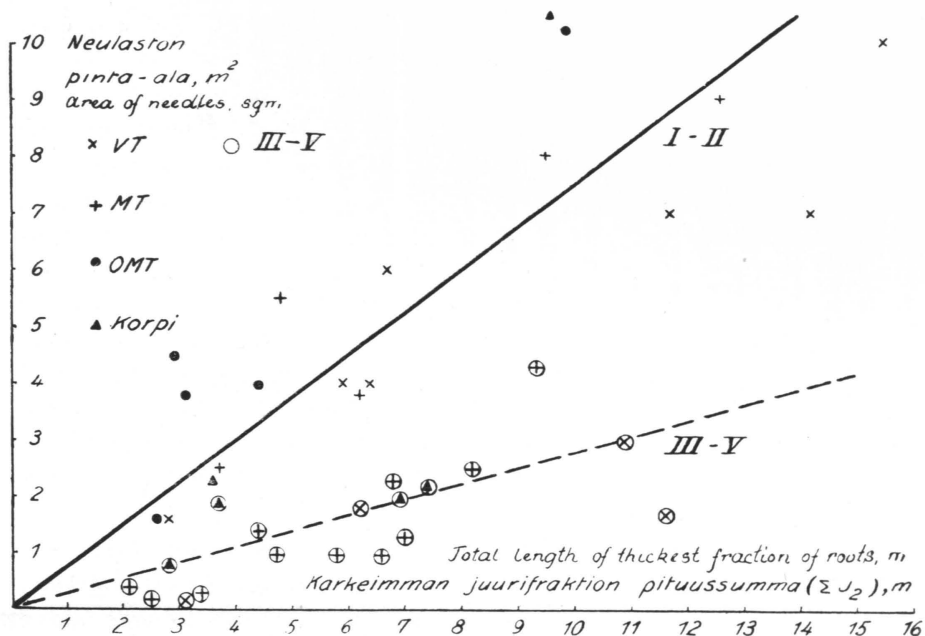
¹ koepuu 20 poisluettuna — *excl. sample tree no. 20.*



Kuva 17. Koko juuriston juurissumman suhde neulaston pinta-alaan elinvoimaisissa (I—II) ja jurovissa (III—V) koepuissa. — Fig. 17. Ratio of total length of all roots to area of needles in viable (I—II) and stunted (III—V) sample trees.

kasvaneita alikasvoskuusia. Ne eivät edes elinvoimaisuussuhteessa eronneet selvästi toisistaan, sillä välimuotojakin esiintyi aineistossa. Tästä syystä ei ollut etukäteen lainkaan selvää, että vertailu johtaisi niinkin selväpiirteiseen tulokseen kuin mitä lukuarvojen siirtäminen akselistoon myöhemmin osoitti. Kuvassa 17 esiintyvät suorat ilmentävät elinvoimaisen ja jurovien koepuiden välisen suhteen juuriston kokonaissummaan ja neulaston pinta-alaan katsoen. Verrattaessa yksityisiä koepuita keskenään havaitaan, että jurovalla puulla on yhtä suurta juurimäärää kohden huomattavasti pienempi latvus kuin elinvoimaisella puulla. Kääntäen tämä merkitsee myös sitä, että puista, joilla on yhtä suuri latvus, jurovalla puulla on huomattavasti suurempi juuristo kuin elinvoimaisella puulla.

Tämän perusteella voidaan siis olettaa, että elinvoimaisilla puilla on niin paljon edullisemmat ravinnonottomahdollisuudet juroviin puihin verrattuna, että niiden neulastoon nähden suppeakin juuristo on tarpeeksi tehokas tyydyttämään latvuksen ravinnon ja veden tarpeen. Suppea



Kuva 18. Karkeimman juurifraktion pituussumman suhde neulaston pinta-alaan elinvoimaisissa (I—II) ja jurovissa (III—V) koepuissa. — Fig. 18. Ratio of total length of thickest fraction of roots to area of needles in viable (I—II) and stunted (III—V) sample trees.

juuristo merkitsee kasvuaineen säästöä ja kun lisäksi otetaan huomioon ne kasvumateriaalin menetykset, joiden todettiin juurten ikä- ja pituus- kasvututkimusten ja oksistotutkimuksen yhteydessä rasittavan jurovia alikasvoskuusia, voitaneen kiteyttää näiden tutkimusten tulokset seuraavaan myöhemmin ehkä osittaista tarkistamista vaativaan päätelmään.

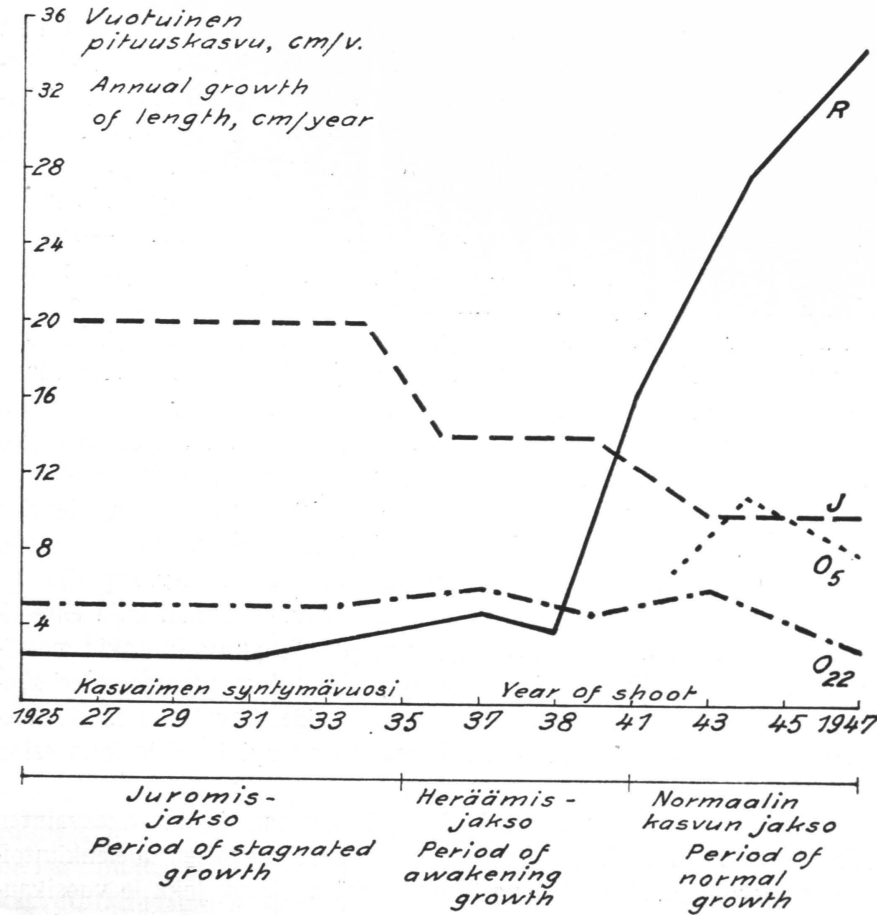
Alikasvoskuusen jurominen riippuu, paitsi epäedullisista maanpäällisistä olosuhteista, myöskin maanalaisista olosuhteista ja ennen muuta juuristokilpailusta, joka aiheuttaa alikasvoskuusen juuriston jatkuvan muuttumisen, aikaisemmin muodostuneiden juurten tai juurenosien tuhoutuessa, ja uusien juurten korvatussa menetetyt ravinnonottoelimet. Maanpäällisissä osissa merkitsee oksiston epätaloudellinen kehitys samantapaista kasvumateriaalin hukkaan joutumista. Jatkuvasti vain hitaasti kasvavan

assimilaatiopinta-alan yhteyttä mistuotteet eivät näin ollen riitä rungon normaaliin kehittämiseen. Tämä päätelmä on kaikilta osiltaan sopusoinnissa Möllerin esittämän puun tuotantospektrin kanssa. (vrt. Möller, 1945, s. 231). Juuristokilpailu ei tietenkään voi olla primäärinen syy, vaan on yleisen ravinnon niukkuuden ohella myös otettava huomioon mm. eräitä maanalaista kehitystä rajoittavia tekijöitä (Lainig (1932, s. 38—45).

Aineistoa kerätessä jaettiin koepuut silmänvaraisesti kahteen elinvoimaisuusluokkaan, jotka myöhemmin tarkistettiin tutkimalla karkeinta juurifraktiota. Kun oli käynyt ilmi, että elinvoimaisen ja jurovan puun välillä todellakin oli selvä ero myös juuriston kokonaissummaan nähden, haluttiin kokeeksi tarkistaa karkeimman juurifraktion kelpoisuus elinvoimaisuuden määrittämiseen. Seikkaperäisesti tutkittujen koepuiden lisäksi (B-ryhmä) aineisto käsitti 20 koepuuta, joiden neulaston suuruus arvioitiin silmänvaraisesti. Kuvasta 18 ilmenee tulos. Merkillä pantavaa on, että hajaanto on jurovien puiden kohdalta suhteellisen pieni. Tämän aineiston jurovilla puilla on samansuuruista latvusta silmällä pitäen karkeita juuria keskimäärin noin 2,5 kertaa enemmän kuin elinvoimaisilla puilla. Jos aineisto olisi käsittänyt edes 20 puuta kultakin metsätyypiltä, on mahdollista, että kutakin tyyppiä olisivat edustaneet eri suorat. Jo tämän aineiston perusteella saatettiin näet havaita, että VT-koepuilla oli samassa elinvoimaisuusluokassa karkeampi juuristo kuin esim. MT:llä ja OMT:llä kasvavilla koepuilla.

Juuriston pituuskasvun vaihtelu sekä oksiston ja latvakasvainten usein vastakkaisluontoinen pituuskasvu muodostivat toisen mielenkiintoisen vertauskohdan. Tuntui ihmeelliseltä, että neulasto, joka jo vuosikausia on vain välttävasti pystynyt kartuttamaan kasvuaineita runkoon, yhtäkkiä ja usein ilman minkäänlaisia muutoksia maanpäällisissä olosuhteissa on tarpeeksi tehokas aikaansaamaan usein räjähdysmäisen heräämisen. Edellytyksien tällaiseen reaktioon täytyy ainakin osaksi löytyä maasta. Maan muuttumista ei tässä tapauksessa tarvinne ottaa huomioon, joten jäävät jäljelle vain juuristojen aiheuttamat muuttuneet olosuhteet.

Vertaamalla keskenään samaan aikaan heränneiden alikasvoskuusten juurten, oksiston ja rungon vuotuista pituuskasvua saataneen jonkinlainen kuva tapahtumien kulusta. Vertaus yksityisten juurten ja oksain kesken on tosin monessa suhteessa puutteellinen, sillä juuristo ei kasva yhtä säännöllisesti eri suuntiin kuin oksisto. Vertaus olisi sen vuoksi suoritettava vuosikasvaimittain sekä juuriston että oksiston kohdalta. Tämä työ on kuitenkin mahdoton suorittaa ei työläytensä, vaan juurten kuolleisuus-



Kuva 19. Kahdeksan samaan aikaan toipuneen alikasvoskuusen eri puun osien vuotuisia pituuskasvua kuvaava keskimääräinen käyrästä. J = kulkujuuret, R = runko, O₅ ja O₂₂ = 5 ja 22 vuotisia oksia. — Fig. 19. Average curves of growth in length per year of different parts of eight undergrown spruces, «awakened» at the same time. J = longroots, R = stem, O₅ and O₂₂ are 5 and 22 years old branches.

den takia. Näin ollen tyydyttiin vain puun eri osien pituuskasvun aikakautiseen tarkasteluun. Heräämis- ja juromisjakso muodostavat tällöin luonnolliset aikakaudet. Koska numeeristen tulosten esittämistä haittaa koepuiden yksilöllisyys, ja koska kunkin puun täydellisen kehityskaavan esittäminen ei tässä yhteydessä käy päinsä, on katsottu asialliseksi rajoittaa vain 8:n suurin piirtein samaan aikaan toipuneen puun tarkasteluun (kuva 19). Kuvasta ilmenee että:

juromisjakson aikana on oksain pituuskasvu ollut rungon pituuskasvua suurempi. Kulkujuurten pituuskasvu on tänä aikana ollut tavaton;

heräämisjakson aikana näyttävät eri puun osien väliset pituuskasvun eroavaisuudet pienenevän;

normaalin kasvun aikana on oksien (myös nuorempien oksien) pituuskasvu jäänyt rungon pituuskasvua huomattavasti heikommaksi. Juurten pituuskasvu on myös pienentynyt entisestään.

Kuvasta ei sen sijaan ilmene toipumisen jälkeisen normaalin kasvun aikana tapahtuva juurten runsas haarautumisen.

Nämä alikasvoskuusten eri osiin kohdistuneet vertailevat tutkimukset osoittivat, että puuyksilöissä ilmeisesti tapahtuu jonkinlainen kasvun painopisteen siirtyminen. Ei ole mahdotonta olettaa, että se ylijäämä yhteyttämistuotteista, joka normaalitapauksessa kerääntyy paksuus- kasvuna puun runkoon, jurovissa puissa suhteellisesti runsaammin siirtyy pitkäjuuriin niiden »etsiessä» juuristokilpailusta vapaita ravinnon- ottopaikkoja. Jos näin todellisuudessa on asian laita, olettaisi, että pitkäjuurten pituuskasvu tyrehtyisi samaan aikaan kuin juuristokilpailu syystä tai toisesta lakkaa. Tämän asian selvittämiseksi tutkittiin yksityisiä juuria 10:stä hakkuulla vapautetusta suuresta puusta (koepuut 101—110).

Tutkimustulos oli lyhyesti seuraava. Kuolleita kulkujuurten kärkiä (vrt. kuva 13, s. 56) löytyi runsaasti juuriston uloimmista osista ja valtaosa 20—30 cm pitkistä pitkäjuurista oli syntynyt hakkuun jälkeen. Puun jouduttua tuulille alttiimpaan asemaan oli lankkujuurten korkeuskasvu kehittynyt välittömästi hakkuun jälkeen huomattavasti. Runkoja tutkittaessa havaittiin poikkeuksetta paksuus- kasvun tyrehtyneen 3—4 vuodeksi hakkuun jälkeen, samoin kuin puun pituuskasvun. Oksisto näytti tuhentuneen myöhemmin. On selvää, että rungon väliaikaisesti keho kasvu voidaan merkitä neulaston mukautumistapahtuman ja juurten tukemiskasvun tilille. Juuriston tihenemistä tämä ei kuitenkaan pysty selittämään. Tälle tapahtumalle tuskin löytynee muuta selitystä kuin juuristokilpailun lakkaaminen tai heikkeneminen. Kun juuristokilpailu lakkaa tai huomattavasti heikkenee, tulevat pitkät kulkujuuret kenties epätaloudellisiksi ja silloin kehittyy uusi ja puulle mahdollisimman taloudellinen lähijuuristo, koska on ilmeistä, että ravinnonotto läheltä on helppoa kuin kaukaa (Sirén, 1949, s. 38—42).

Toipuneisiin alikasvoskuusiin kohdistuneet juuristotutkimukset osoittivat niin ikään, että heräämiseen liittyi juuriston tiheneminen, joskin kulkujuurten pituuskasvu edelleen jatkui, useimmiten kuitenkin heikentyneenä. Tätä päätelmää tukee välillisesti Laingin (1932, s. 41)

toteamus juurten kasvusta. Hän havaitsi näet, että juromiseen liittyi tavaton pitkäjuurten terminaalinen pituuskasvu, joka ainakin osittain selittyi siitä, että lateraaliset pitkäjuuret tuhoutuivat ja täten aiheuttivat korrelatiivisen ilmiön. Kääntäen tämä merkinnee sitä, että juuriston yhtäkkinen tihentyminen estää terminaalisten pitkäjuurten kasvua ainakin momentaanisesti.

Alikasvoskuusten kohdalta nämä tutkimustulokset antavat voimakasta tukea aikaisemmin esitetyle hypoteettiselle päätelmälle juromisilmiön syistä. Voitaneen jo melkoisen varmasti väittää, että jurominen on osaksi juuristokilpailusta johtuva ilmiö, jossa juuriston rakenteellisen laajaperäisyyden ja kuolleisuuden vuoksi kuluu kasvuainetta tavalla, joka poikkeaa normaalitapauksesta. Osaksi jurominen riippunee oksiston lyhyestä toiminta-ajasta samalla kun tämä oksisto on juromisilmiön näkyvä tunnus.

Tässä yhteydessä mainittakoon juromisesta, joka aiheutuu yksinomaan epäedullisista maanpäällisistä olosuhteista eli nimenomaan hallasta tai mekaanisesta vastustuksesta. Näiden juromisilmiöiden selvittämiseksi alulle pannut tutkimukset osoittavat molemmissa tapauksissa juuriston kehittyvän kerrassaan valtavaksi. Eräs koepuu (n:o 20), joka edustaa hallan aiheuttamaa juromisilmiötä, ja lukuisat havainnot juromisasteeseen saakka piiskatuista alikasvoskuusista osoittavat tämän (Sirén ja Olenius 1945). Näiden alikasvoskuusten usein räjähdysmäinen toipuminen saanee ainakin osittain selityksensä juuriston kehittyneisyydestä.

Loppupäätelmiä

Edellä selostettu tutkimus alikasvoskuusten iän määrittämisestä, niiden juuristosta ja juromisesta on, kuten aikaisemmin on mainittu, pääasiassa orientoivaa laatua. Johdannossa viitattiin maamme metsille ominaiseen puulajidynamiikkaan ja todettiin siinä yhteydessä alikasvoskuusten suuri merkitys. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli laskea pohjaa laajemmalle ja nimenomaan kuusialikasvosmetsien puulajidynamiikkaa selvittelevälle tutkimukselle. Tätä silmällä pitäen katsottiin alikasvoskuusen eräiden biologisten ominaisuuksien tutkiminen välttämättömäksi.

Siitä huolimatta, ettei tutkimus ole kaikessa pystynyt ratkaisemaan niitä ongelmia, joiden selvittämiseen ryhdyttiin, on kuitenkin saavutettu joitakin tuloksia, joista saattaa olla apua kuusialikasvosmetsien kehitystä edelleen selvitettäessä. Näistä tuloksista mainittakoon ennen kaikkea seuraavat:

— Iän määrittämiseksi esitetään tutkimuksessa yhdistetty menetelmä, joka takaa mahdollisimman pienen virheen ikää analyttisesti määritettäessä.

— Terveiden juurten ikä voidaan yleensä määrittää luotettavasti.

— Kaikkien koepuiden tyvijuuret todettiin myöhäisjuuriksi; mitä ankaremmin puu oli juronut, sitä nuorempi sen juuristo yleensä oli.

— Juurten normaalin kärkihakuisen haarautumisen ohella esiintyy alikasvoskuusilla yleisesti muunlaistakin haarautumista; sivuhaarat kasvavat tällöin esiin joko vanhemman juuren pääangan pinnalta tai korvaavat jonkin kuolleen juuren osan kehittymällä välittömästi juurentyngästä.

— Juurten kuoleminen todettiin sangen yleiseksi ilmiöksi, joka haarautumistavan ohella usein aiheutti normaalista kärkihakuisuudesta poikkeavan pituuskasvun.

— Jurovissa puissa oli latvus suhteellisesti nuorempi ja absoluuttisesti huomattavasti pienempi kuin elinvoimaisissa puissa.

— Eri elinvoimaisuusluokkaa edustavien alikasvoskuusten juurten pituussummien suhteen todettiin huomattava ero sikäli, että tiettyä neu-

laston suuruutta vastasivat jurovissa puissa huomattavasti suuremmat juurimäärät kuin elinvoimaisissa puissa.

— Alikasvoskuusten juuristot yleensä ja erikoisesti jurovien alikasvoskuusten juuristot todettiin erittäin pinnallisiksi muihin puihin verrattuina.

— Toipuneisiin alikasvoskuusiin kohdistuneet tutkimukset osoittivat, että toipumiseen liittyy tietty juuriston tiheneminen, ainakin siinä tapauksessa, että jurominen on johtunut juuristokilpailusta, joka tavalla tai toisella on lieventynyt ja täten mahdollistanut puun toipumisen.

Kirjallisuusluettelo

- Aaltonen, V. T., 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. (Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I.) MKJ. 1. Helsinki.
- 1920. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzel in den Heidewäldern Lapplands. AFF. 14. Helsinki.
- 1936. Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. (Referat: Die Fichte als Konkurrentin der Kiefer um den Standort.) AFF. 42, 8. Helsinki.
- 1939. Puiden juuristot ja metsänhoito. (Referat: Das Wurzelwerk der Bäume und die Waldpflege.) Metsänhoitajien jatkokurssit 1938. IV. SF. 52. Helsinki.
- 1940. Metsämaa. Metsämaatiiteen oppi- ja käsikirja. Porvoo—Helsinki.
- 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. (Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen.) AFF. 50. Helsinki.
- 1948. Boden und Wald. Unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. Berlin und Hamburg.
- Andersson, Ernst, 1945. Om barrträdens rotverksamhet. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Norrtälje.
- Arnborg, Tore, 1942. Lågaföryngringen i en sydlappländsk urskog. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Norrtälje.
- 1943. Granberget. En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt gran-skogsområde med särskild hänsyn till skogstyper och föryngring. Norrländskt Handbibliotek. XIV. Uppsala och Stockholm.
- 1947. Föryngringsundersökningar i mellersta Norrland. Norrlands Skogsvårdsförening Tidskrift. Stockholm.
- Barth, Agnar, 1921. Skogstaksationslära. Kristiania.
- Baur, Fr., 1861. Anleitung zur Aufnahme der Bäume und Bestände nach Masse, Alter und Zuwachs. Wien.
- Beleya, Harold C., 1931. Forest measurement. New York.
- Björkman, Erik, 1944. Om skogsplanterings markbiologiska förutsättningar. (Summary: Forest planting and soil biology.) Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Norrtälje.
- Burger, Hans, 1930. Bodenveränderung und Wurzelbildung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, s. 67—71. Bern.
- 1937. Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Mitteilung. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. XX Band, 1. Heft, II. Zürich.
- 1939. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mittei-

- lungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. XXI Band, 1. Heft. III. Zürich.
- B ü s g e n, M., — Münch, E. 1927. Bau und Leben unserer Waldbäume. Dritte Auflage. Jena.
- C a j a n d e r, A. K., 1916. Metsänhoidon perusteet. I. Porvoo.
- C o i l e, T. S., 1937. Distribution of forest tree roots in North Carolina Piedmont soils. Journal of Forestry, s. 247—257. Washington.
- C r o s s l e y, D. I., 1949. Reproduktion of white spruce in a mixedwood stand following mechanical disturbance of the forest floor. Canada Department of Mines and Resources. Silvicultural research note no. 90. Ottawa.
- E n g l e r, A r n o l d, 1903. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitteilung der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. VII Band, s. 243—388. Zürich.
- F a b r i c i u s, L.; 1905. Untersuchungen über der Stärke- und Fettgehalt der Fichte auf der oberbayerischen Hochebene. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Stuttgart.
- F a n k h a u s e r, F., 1900. Adventivwurzeln der Fichte. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, s. 297—299. Bern.
- F l u r y, P h i l i p p, 1907. Ertragstabellen für die Fichte und Buche der Schweiz. Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. IX Band. Zürich.
- 1924. Ueber Altersmittlungen mittels Jahrringzählung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, s. 352—355. Frankfurt a. Main.
- 1926. Über gewisse Störungen in der Jahrringbildung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, s. 141—146. Bern.
- H a g e m, O s c a r, 1947. The dry matter increase of coniferous seedlings in winter. Investigation in oceanic climate. Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. Bind 8, hefte 1. Bergen.
- H a r t i g, R o b e r t, 1891. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Berlin.
- H a r t m a n n, F r a n z, 1927. Die Fichtenwirtschaft auf ebenen Lehmgebieten der Oststeiermark. Untersuchungen über Wuchsstockungen bei reinen Fichtenbeständen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, s. 38—50, 65—87. Wien—Leipzig.
- H e i k i n h e i m o, O l l i, 1920. Kuusen iän määräämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. (Referat: Über die Bestimmung des Alters der Fichte und ihre Adventivwurzeln.) MTJ. 2. Helsinki.
- 1939. Kokemuksia paksusammaltyypin metsien käsittelystä. SF. 52. Helsinki.
- 1940. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. (Referat: Versuche in Baumschulen.) MTJ. 29, 1. Helsinki.
- 1941. Metsänistutusmenetelmistä. (Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzenmethoden.) MTJ. 29, 4. Helsinki.
- H e r t z, M a r t t i, 1932. Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. (Referat: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf den südfinnischen Heideböden.) MTJ. 17, 4. Helsinki.
- 1935. Kuusen juuriston ensi kehityksestä. (Referat: Die erste Entwicklung der Wurzelwerks der Fichte.) AFF. 41, 3. Helsinki.

- H e s s e l m a n, H e n r i k, 1935. Fibyskogen och dess utvecklingshistoria. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 28. Stockholm.
- 1937. Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik *Vaccinium*-typ och dess inverkan på skogens förnygring och tillväxt. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 30. Stockholm.
- H e y b e y, R., 1937. Zur Frage von Wurzelsystem und Leitungsbahnen der Fichte. Tharandter Forstliches Jahrbuch. 88. Band, s. 305—336. Berlin.
- H i l f, H., 1927. Wurzelstudien an Waldbäumen. Die Wurzelverbreitung und ihre waldbauliche Bedeutung. Hannover.
- H u s t i c h, I., 1947. Anteckningar om tallen. I. Till tallskottknoppens fysiologi. Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica 23. 1946—1947. Helsingforsiae.
- 1948. The scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. Acta Botanica Fennica 42. Helsingforsiae.
- 1949. Forest-botanical notes from the Knob-Lake in Central Labrador. Arctic Institute Research Report (Manuscript). Montreal.
- H o l m e r z, C. G., 1876. Studier i Skogstaxation. Stockholm.
- I l v e s s a l o, L a u r i, 1917. Tutkimuksia mäntymetsien uudistumisvuosista Etelä-Keski-Suomessa. (Referat: Studien über die Verjüngungsjahre der Kiefernwälder in Süd- und Mittelfinnland.) AFF. 6, 2. Helsinki.
- I l v e s s a l o, Y r j ö, 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. (Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung.) (Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey.) MTJ. 30. Helsinki.
- K a l e l a, E r k k i, K., 1936. Tutkimuksia kuusi-härmaaleppä-sekametsiköiden kehityksestä. (Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Fichten-Weiserlen-Mischbestände in Ostfinnland.) AFF. 44, 2. Helsinki.
- 1948. Juuristikilpailun merkityksestä kuusikon uudistamisessa. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 11. Helsinki.
- 1949. Männiköiden ja kuusiköiden juurisuhteista I. (Summary: On horizontal roots in pine and spruce stand. I. AFF. 57, 2. Helsinki.
- K a n g a s, E., 1940. Maannousema kuusikoittemme metsänhoidollisena kysymyksenä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti. Helsinki.
- K a r l, H., 1847. Ausführliche Abhandlung über die Ermittlung des richtigen Holzbestandsalters und dessen Einfluss auf die Forstertragsberechnungen. Frankfurt a. Main.
- K o k k o n e n, P., 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. AFF. 25. Helsinki.
- v. K r u e d e n e r, A r t h u r F r e i h e r r, 1943. Lösslehm Böden und Fichtenreinbeständswirtschaft durch Generationen, auf Grund von in den Jahren 1941 und 1942 im Freien und im Laboratorium ausgeführten Untersuchungen. Schriftenreihe der Hermann-Göring-Akademie der Deutschen Forstwissenschaft. Band 7. Frankfurt am Main.
- K u j a l a, V i l j o, 1931. Voidsaanko puiden talvisilmuista todeta seuraavan kesän kukkimissuhteita. Metsätietoa I, 2. Helsinki.
- L a d e f o g e d, K j e l d, 1938. Udhugnindens Indflydelse paa Traernes Vaekst. Dansk Skovforeningens Tidsskrift. Bd XXIII, s. 227—238. København.

- Ladefoged, Kjeld, 1939. Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. (Undersøgelser over Periodiciteten i Roddernes Frembrud og Laengdevækst hos nogle af vore almindeligaste Skovtraer, S. 1. (Beretning Nr 133). Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark. Bd. 16, Hefte 1. København.
- Lainig, E. V., 1932. Studies on tree roots. Forestry Commission Bulletin No. 13. London.
- Laitakari, Erkki, 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. (Summary: The root system of pine (*Pinus silvestris*). A morphological investigation.) AFF. 33. Helsinki.
- 1929. Die Wurzelforschung in ihrer Beziehung zur praktischen Forstwirtschaft. (Selostus: Juuritutkimuksen suhteesta käytännölliseen metsätalouteen.) AFF. 33. Helsinki.
- 1935. Koivun juuristo. (Summary: The root system of birch (*Betula verrucosa* and *odorata*.) AFF. 41, 2. Helsinki.
- Lakari, O. J., 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. AFF. 5. Helsinki.
- 1921. Tutkimuksia kuusimetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. MKJ. 4. Helsinki.
- Liese, J., 1929. Der Wurzelschnitt. Forstarchiv. Heft 7. Hannover.
- Lukkala, O. J., 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. (Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder.) MTJ. 34, 3. Helsinki.
- Lüdi, Werner, 1938. Alter, Zuwachs und Fruchtbarkeit der Fichten (*Picea excelsa*) im Alpengarten Schinigeplatte. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, s. 104—110. Bern.
- Lönnroth, Erik, 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. AFF. 30. Helsinki.
- Mattson—Mårn, L., 1922. Snötrycksskador å ungtall. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 2. Stockholm.
- Melin, Elias, 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Uppsala.
- Meyer, Emil, 1938. Adventivwurzeln der Fichte. Forstwissenschaftliches Centralblatt, s. 290—295. Berlin.
- Morosow, G., 1928. Die Lehre vom Walde. Aus dem Russischen übersetzt. Neudamm.
- Multamäki, S. E., 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. (Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden.) AFF. 27, 1. Helsinki.
- 1946. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsitymiseen. (Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore.) AFF. 51, 1.
- Möller, Carl, Mar., 1945. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. (Resumé: Undersøgelse over Løvmaengde, Stofftab och Stoffproduktion i Skov.) Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, Bd 17. København.

- Nägeli, Werner, 1931. Adventivwurzelbildung an »übererdeten« Baumstämmen. Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, s. 129—147. Zürich.
- 1935. Aussetzende und auskeilende Jahrringe. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, s. 209—215. Bern.
- Näslund, Manfred, 1935. Ett gallringsförsök i stavagranskog. (Zusammenfassung: Ein Durchforstungsversuch i Stabfichtenwald.) Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 28. Stockholm.
- Ording, Asbjørn, 1941. Åringsanalyser på gran og furu. Meddelelser fra det norske Skogsforsøksvesen. Nr. 25. Oslo.
- Petrini, Sven, 1934. Ett 25-årigt försök med naturföryngring i norrländsk råhumusgranskog. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 27. Stockholm.
- 1937. Om kanträdens reaktion vid friställning och överbeståndets produktion vid skärmföryngring. Specialundersökningar i Lanforsbeståndet. Meddelanden från Stadens Skogsförsöksanstalt. Häfte 10. Stockholm.
- Pöntynen, V., 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. (Referat: Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien.) AFF. 35, 1. Helsinki.
- Robinson, Roy, 1942. Some ecological aspects of afforestation and forestry in Great Britain Forestry. The Journal of the Society of Foresters of Great Britain. XVI, s. 1—12. London.
- Roze, E., 1938. Stādu saknu sakārtojuma un vasas angstuma pieauguma korrelācija. (Referat: Korrelation zwischen der Wurzellagerung und dem Höhenzuwachs der Pflanzen.) Mitteilungen der forstlichen Versuchsanstalt Lettlands, IX. Riga.
- Sarvas, R., 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. (Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands.) MTJ. 33, 1. Helsinki.
- Schantz-Hansen, T., 1945. The effect of Planting Methods on Root Development. Journal of Forestry. Washington.
- Schreiber, M., 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Lärche und der Fichte. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, s. 1—14, 78—103, 147—62. Wien—Leipzig.
- Sernander, Rutger, 1936. Granskär och Fiby urskog. En studie över stormluckornas och marbuskarnas betydelse i den svenska granskogens regeneration. Acta phytogeographica Suecica. VIII. Uppsala.
- Sirén, Gustaf—Olenius, Lauri, 1945. Koivusuojuspuuston vaikutus kuusen taimistoon. Konekirjoite Helsingin Yliopiston Metsänhoitotieteellisessä laitoksessa.
- Sirén, G., 1948. Ett bidrag till frågan om tall- och granplantornas konkurrensförmåga under första vegetationsperioden. Skogsbruket N:o 11. Helsingfors.
- 1949. Hakkuun vaikutuksesta kuusisiemenpuun rakenteeseen korpimailla. Konekirjoite Helsingin Yliopiston Metsäteknologisessa laitoksessa.
- Tertti, Martti, 1937. Kuusen taimien iän määräämisestä. Metsätaloudellinen Aikakauskirja. Helsinki.

- Tikka, P. S.**, 1928. Havaintoja kuusen esiintymisestä ja kehityksestä Pohjois-Suomen kuivissa kangasmetsissä. (Referat: Über das Vorkommen und die Entwicklung der Fichte in den trockenen Heidewäldern von Nord-Suomi (Finnland).) SF. 10. Helsinki.
- 1935. Puiden vikanaisuuksista Pohjois-Suomen metsissä. Tilastollis-metsäpatologinen tutkimus. (Referat: Über die Schadhaflichkeiten der Bäume in den Wäldern Nord-Suomis (Finnlands). Eine statistisch-forstpatologische Untersuchung.) AFF. 41, 1. Helsinki.
- Tischendorf, Wilhelm**, 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.
- Tubeuf, V.**, 1904. Weitere Fälle von Adventiv-Wurzelbildung an Baumstämmen. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft 1904, s. 163—165. Stuttgart.
- Vater, H.**, 1927. Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. Tharandter Forstliches Jahrbuch 78. Band, s. 65—85. Tharandt.
- Vogtherr**, 1910. Altes und Neues über Adventivwurzeln. Forstwissenschaftliches Centralblatt, s. 305—316. Berlin.
- Wahlgren, A.**, 1911. Skogsskötsel. Stockholm.
- Wichmann, E.**, 1926. Hochwurzeln an Waldbäumen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, s. 350—352. Wien—Leipzig.
- Wiedemann, Eilhard**, 1924. Fichtenwachstum und Humuszustand. Weitere Untersuchungen über die Wuchsstockungen in Sachsen. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land und Forstwirtschaft. Dreizehnter Band, Jubiläumsband, Heft 1. Berlin.
- 1925. Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. Tharandt.
- 1927. Der Wurzelbau älterer Waldbäume. Forstarchiv. Heft 14, s. 229—233. Hannover.
- 1937. Fichte 1936. Zweiter Teil. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, s. 103—248. Hannover.
- 1942. Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Die Ursachen ihres Zustandes und Wege zu ihrer Besserung. Eberswalde.
- Wretling, J. E.**, 1934. Bidrag till belysande av föryngringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. Norrlands Skogsvårdsförenings Tidskrift. Stockholm.
- 1936. Om orsakerna till kronotypsväxlingen hos den svenska tallen. Norrlands Skogsvårdsförenings Tidskrift. 1936, Del II. Stockholm.
- Yli-Vakkuri, Paavo**, 1945. Männiköissä ja kuusikoissa tavattavissa eri puuyksilöiden välisestä elimellisistä juuristoyhteyksistä ja niiden käytännöllisestä merkityksestä. (Käsikirjoitus) Helsinki.

Lyhennyksiä — Abbreviations

- AFF = Acta forestalia fennica
 MKJ = Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja
 MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja
 SF = Silva fennica

Summary:

On the Biology of Undergrown Spruce.

Introduction

The continued invasion of spruce is of common occurrence in the forests of Finland, hence the immediate tending of a stand requires special attention. In solving problems in connection with the relevant silvicultural technique, attention should naturally be paid to the specific biology of the undergrown stands of spruce and, in consequence, to that of the stunted spruce. According to the very extensive literature on the subject the results of investigations do not agree on all points. Determination of age, in particular, seems to have been a difficulty which has affected the results unfavourably in many cases. This difficulty was experienced in the present investigation as well, and for that reason the treatment of the problem in question was preceded by a special study of determination of age.

Object and Method of Investigation

The material comprised 100 undergrown spruces, the majority measuring 100—250 cm., and 10 larger spruces. In Table 1 (p. 24) are given the various examinations. The sample trees, originating from different sites, were divided on sight into two main groups during selection, viz. vigorous or viable (I—II) and stunted (III—V) individuals.

The out-door work was done as follows: The majority of root systems of the arbitrarily selected sample trees were dug out to the thickness of 2 mm. The root systems of 21 sample trees were, however, dug out completely with great care. In connection with this work the so-called relative superficiality was determined. The free, uppermost parts of the root system of a tree were compared with parts beneath the roots of other trees. The relation between the free parts of roots and the whole system of roots, given in per cent, expresses the relative superficiality. Often only the central, and the most peripheral parts of the root system of the large spruces were laid bare.

As mentioned, great attention was paid to determination of age in this investigation. Various methods for determination of age, given in the literature, show that neither annual rings nor pithnodes, each taken separately, are satisfactory as regards exact results. For the purpose of forming a more reliable foundation for the present investigation the following method was worked out for determination of age: To the number of annual rings in the butt section, at the present root neck or root-collar, were added 1) the number of years required for the plant to grow from origo (= point of origin) to the height of the butt section and 2) the number of years during which no annual ring had developed in the butt section. In practice, determination of age was done as follows: The sample tree was split along the pith, from the top to origo. The pithnodes

were counted and the result checked by means of examination of the annual rings in conglomerations of indistinct pithnodes, or where formation of pithnodes may not have occurred.

The age of the branches was determined by calculation of the age of the tree at the time of formation of branches. The results were compared with the number of pithnodes and annual rings in the branch. The number of annual rings at the base of the root determined the age of the root.

The annual growth of the stem and branches was measured (from pithnode to pithnode) between the pithnodes, and the annual growth of 80 roots was calculated by analysis in sections of the annual rings in large root branchings ($\varnothing > 2$ mm.) and at distances of 20 cm. as well (in exceptional cases 10—40 cm.) The sum total of the length of roots was calculated in two different ways. In the 79 cases in which the roots were laid bare only to the thickness of 2 mm. a measuring-rod was used. Owing to the danger of drying, a special method was worked out for the roots which had been completely dug out. The prototype-method, introduced by Kalela (1949) was simplified in that larger prototypes, composed of several small root branches (maximum measure: $\varnothing \leq 1$ mm., length ≤ 30 cm.) were used instead of a great number of small ones. They were mapped out and measured to the accuracy of 1 mm.; the multiple factor = the relation between the sum total of length and the greatest length of the prototype was counted. These multiple factors, varying between 1.5 and 7.5, were represented, each separately, by 5—6 different branching types. The sum total of the length of the rootlets was calculated on direct comparison with prototypes of the same branching type and class of density. The length of the examined root was multiplied by the multiple factor of the prototype, rounded off to the nearest 0.5. On re-measurement for the purpose of checking the figures, errors exceeding 5 per cent were never obtained. — The other roots (> 1 mm.) were divided into two groups: 1) $\varnothing = 1$ —2 mm. and 2) $\varnothing > 2$ mm. Three different root fractions were thus obtained. Rod-measures were used in the two last-mentioned groups of roots.

The size of the needle foliage in 21 sample trees was calculated in an analogous manner. The branches were subdivided on the basis of their size, needle foliage and shape of needles, into groups, from which two similar branches were selected. The number of needles was calculated on the one branch and the second one was used for comparison in the ocular evaluation of the size of the needle foliage of the other branches (Wiedemann, 1925, p. 120). The assimilation area was obtained from the product of the number of needles, the mean for length of needles, and the middle periphery (Möller, 1945, pp. 150—156). The value obtained for the assimilation surface was not exact, yet it gave the order of size of the examined crown. For the purpose of enlarging the material, 19 individuals, the crowns of which were comparable with those studied, were selected.

A more objective foundation for subdivision of the material of viable and stunted individuals was found later. The trees were ocularly subdivided on collection on the basis of Möller's (1945) production spectra and the author's own observations regarding the relation between the size of root systems and the needle foliage (Cf. Fig. 18, p. 70). Owing to these factors being known in 21 cases only, division of the material had to be done with the use of known factors from all trees. The best correlation

¹ \varnothing = Diameter.

was found between age and the coarsest root fraction (Fig. 6, p. 34). The diagonal of the system of co-ordination divided the material into two parts; the viable individuals were characterized by a fairly great mass of root at an early age, whereas, absolutely viewed, the mass of root was much smaller in the stunted individuals. The differing cases from OMT, MT and peat-moor bordered the limit, while some of the VT individuals differed still more (Fig. 6). The best picture of the ratio crown to root might have been obtained from the relation of the number of effective rootlets to effective needle foliage—this was, however, impossible to calculate on this occasion. OMT = *Oxalis-Myrtillus*-type, MT = *Myrtillus*-type, VT = *Vaccinium*-type.

Results of the Investigation

Age

The combined method for determination of age assumes that the pith is healthy and that the non-appearance of a pithnode or an extra pithnode may be found on analysis of the annual rings immediately above or below the critical point. In this investigation the pith, from origo to the butt section, was often found to be decayed in spruce from peat-moor; rarely, however, in the other cases. In 7 cases the pithnode was absent in parts of the stem above the butt section. The eccentricity and variability in number of annual rings below the butt section rendered control analysis more difficult to a certain degree. The appearance of pithnodes of secondary shoots have not to be taken into consideration in Finland; in 6754 annual shoots from 100 trees there was only one secondary terminal shoot.

On comparison of the combined method and other means for determination of age the following advantages were observed:

— The age of the part of the stem above the butt section may be determined with greater exactitude than by the use of other methods. Errors which arise on enumeration of the annual rings, due to absent or coalesced annual rings, may be completely eliminated, similarly errors which arise on enumeration of pithnodes only.

— The age of the part of the stem from origo to the butt section is calculated on the basis of concrete facts, contrary to the subjective or comparative appraisal in other methods.

Fig. 7 (p. 37) shows the usefulness of the combined method — the probable age is compared with the annual rings in the butt section. The error seems to be smallest in VT, in spite of the growth in length of the plants being the weakest in this type during the first years (Cfr. fig. 8, p. 38). This is evidently due to the spruce plants in OMT, MT and peatmoor having been curved at a fairly great age, as compared with the plants in VT, where, for instance, the ground vegetation is not so high. The curvature results in formation of new adventitious roots which, in this way, move the neck of the root further and further from origo. Fig. 9 (p. 41) illustrates the rôle played by the curvature in plant age in determination of age. In the curved plants the error is about 15 per cent greater than in the straight ones. In this connection it should be mentioned that the former are probably in the majority in spruce-forests in Finland. On peat-moor the growth in height of the moss vegetation and the tree's own movement downwards, due to its weight, is naturally influential, and in addition there is the particularly strong growth in height of the root spurs.

The maximum number of annual rings was localized without trouble. In 69 cases out of 100 the maximum was found 2—8 cm. below the butt section, in spite of the distance to origo being much greater. In 18 cases the maximum was found in the butt section and in 2 cases above it. In 11 cases the maximum was found 10 cm. or more below the present neck of root. It should be mentioned that annual rings may have coalesced or may not have been formed at all in 24 out of the 100 small spruces examined.

For the purpose of obtaining an idea of the number of years which have to be added to the number of rings in the butt section of large trees, stunted at an early age, the age is calculated at the height of 30 cm. above the present ground point as well. The results are given in Table 3 (p. 44). In the case of viable, straight trees on OMT, MT and peat-moor, an addition of 10 years will suffice but in other cases 20—30 years should be added. The table, as well as the part analysis, shows distinctly that determination of age, on the basis of the number of annual rings in the butt section, and the accompanying increment, is rendered extremely difficult due to the variable degree of slowgrowth in early years, and the differing distance between origo and the present groundpoint. It is evident that determination of age is rendered still more difficult if the initial position is moved up to breast-height. At the height of 30 cm. the true age varied between 17 and 51 years, and at 130 cm. between 27 and 88.

The special investigation regarding determination of age of stunted spruces shows that absolute exactitude cannot be obtained on analysis. Simultaneously it was found that the sources of error in the combined method are less in number and smaller than in methods based only on annual rings or pithnodes.

The oldest green branches of the stunted spruces were subjected to analysis as well. The graphical representation (Fig. 11, p. 51) shows that the crown of the stunted individual is more rapidly renewed than that of the viable trees.

As mentioned, in this investigation the age of the roots is determined only on the basis of annual rings. Against this procedure the objection may be made that the annual rings do not always give the correct number of years. Roots which do not increase in size any more, may be given as an example. The errors which arise in connection with this method are small enough for obtaining usable values by examination of roots, as seen from the following.

A study of some viable, stunted spruces from OMT showed that the number of annual rings at the base of the roots did not correspond to the age of the tree — they were all somewhat less. Two rapidly grown tap-rooted sample-trees from OMT are in particular illustrative of the fact. (Fig. 10, p. 47). In the cross section, immediately below origo, there were 4 and 5 annual rings less than in the cross section immediately above origo. In other words, the «tap-roots» were of adventitious origin. The same was observed in all the 110 trees examined: primary roots were not found in one single undergrown spruce — all roots were of adventitious origin. This fact increased the reliability of annual rings for determination of age in other parts of the roots.

As the investigation revealed that the primary roots were replaced by adventitious roots the following question arises, naturally enough: When, how and why has this transformation taken place? Determination of age showed especially that the root system of the stunted undergrown spruces was subjected to unexpected, thorough reformation. The youngest adventitious root, springing from the stem, was sometimes 30 years younger than the oldest one, which again might be 30 years younger than the tree itself. The difference between the youngest and the oldest root in the viable specimens

was less as a rule. As an acceptable mean could not be calculated, due to the temporary, great number of one-year-old adventitious roots in the sample trees on peat-moor, the viable and stunted individuals of spruce were compared only with the oldest roots. The results (Fig. 11, p. 51) are evidential of what has been said above. Strangely enough the normal spruces showed a slight tendency in this direction upon comparison, outside of this study. As regeneration of the system of roots of normal trees had evidently taken place at a very early stage, it is natural that a connection between the phenomenon of stunted growth and the process of regeneration (Cfr. e.g. L a i n g, 1932, pp. 32—34) should be sought. It does not seem quite improbable that the continued regeneration of the root system may, at least temporarily, check the development of stem and crown. Studying the relationship between the oldest branches and the age of trees it was found that the active crowns of stunted spruces were built up of comparatively young branches, contrary to what is the case in viable spruces. The analogy regarding the age of the roots is striking, as seen from Fig. 11 (p. 51).

Roots

Special attention was paid to the roots in other respects as well in this investigation. In addition to age, the superficiality of the root branching, growth in length, and total sum in length were studied. In spite of the superficiality of the root system being determined only in a limited number of sample trees the results confirm (Table 5, p. 53, Fig. 1) the observations made on digging out the other root systems. The superficiality in all spruce individuals on VT and stunted spruces on MT was striking. The correspondence between the results of the determinations of age of roots is also quite evident. The adventitious roots from the stump are formed as a rule above already existing roots.

The branching of the roots is, as known, either acropetal or adventitious. In this investigation the latter mode of branching was treated in particular. The results of analyses of annual rings from 270 branchings are given in Fig. 12 (p. 54). The study shows that even old long roots may carry very young branches of roots. All the root branches from the same ramification may often be more than 20 years younger than the main long root immediately above the site of branching. The thinnest root branch was not always the youngest; in exceptional cases it might, in fact, be the direct continuation of the main long root. The ramifications in the coarse parts of the roots (> 2 mm) were generally of adventitious origin, as only in the case of all cross sections (I, II, III) having the same number of annual rings, may the branching almost definitely be assumed to be acropetal. Surprisingly enough, ramifications with rests of former branches of roots (Table 6, p. 55) were found very frequently. Fig. 13, (p. 56) shows how the branching, due to pathological causes, may arise. In other words, these part-investigations show that, besides the normal acropetal and adventitious ramification, there occurs branching, connected with pathological disorders. The consequences of the fairly common form of branching in this material of spruce with regard to calculation of, for instance, the average of the annual growth in length of roots, is shown in Figs. 14 and 15 (p. 60). The irregularity in the series of annual rings in earlier investigations on roots is explained, at least in part. — In the study of the growth in length of the roots, the author used a limited, but representative material from 21 sample trees. Some typical series of the analyses of annual rings are given in Table 7 (p. 58). It was revealed that the superficial, long roots had grown

10.5 cm./year, while those situated deeper than 10 cm. had grown only 5.4 cm./year. The »resistance» had thus been less at the surface. It was further found that the number of annual rings decreased suddenly, being many years less on an almost straight and unramified stretch of root. Closer study showed that the original long root had been replaced already at an early age by a younger branch of root at the site in question. Furthermore, only in 11 out of about 700 cross sections from 80 roots, was a smaller number of annual rings found in an older part of the root than in the following younger cross sections towards the tip of the root. — The growth in length of the roots may, as seen from what has been said above, be connected with significant disturbances. A mean of the true growth in length per year can thus rarely be expressed as an uncorrected quotient of the total length and age.

The total sum in length of the roots was studied in 21 sample trees. For the purpose of obtaining an objective basis for comparison with the root systems, calculated to be 2 mm., the different root fractions were expressed in per cent of those completely dug out. The values in Tables 8 (p. 62) and 9 (p. 62) show that the structure of the roots is much coarser in the inferior sites. The stunted individuals, having a lower sum of root than the viable spruce, in spite of this fact, (Table 11, p. 63) is partly due to the fairly intense conversion of long roots of the stunted individuals.

Crown

On examination of the size of the needle foliage in different spruces it was found that the amount of needles per whorl of branches was distinctly regulated. In stunted individuals the number of needles reached a maximum in 7—10-year-old branches, and later, decreased rapidly. In viable individuals the number of needles increased up to the branch age of 11—15 years and decreased slowly in the older branches. (Fig. 16, p. 65.) The conversion and regeneration of the needle foliage in vertical direction is, in consequence, more rapid in stunted individuals — which was shown already in connection with the question of the age of branches. The development of the crown of the stunted spruce is evidently less »economical» considering the increase of the material for growth in the stem itself. One of the contributing causes in this respect is the much flattened shape of the crown. Furthermore, it may be mentioned that, on comparison of the size of the assimilation surface between large, viable and stunted individuals, approximately similar in size, it was found that the viable ones were superior, without doubt.

Relation of Root Systems to Crown.

In spite of the material for investigation being insufficient and in many respects heterogenous, an almost definite correlation was often found. A correlation between root and crown in the two main groups of the individuals of spruce studied was observed as well (Fig. 17, p. 69). The investigation shows that the stunted spruce, with an equally great sum of roots, shows a decidedly smaller assimilation surface than the viable spruce. Inversely this means that an equally great assimilation surface corresponds to a much greater sum of roots in the stunted spruce. — Considering the distribution of the root fraction the results suggest that the stunted spruce has a comparatively extensive

system of roots. By comparison, the viable individual has a more concentrated and effective system of roots. If the comparatively rapid conversion of roots and branches in a stunted individual are considered, there is good reason to assume that the phenomenon of stunting in undergrown spruces is connected with the strong process of conversion of the root system, in which the long roots already formed are abandoned and replaced by new roots which seem to follow the law of least resistance. Unfavourable external conditions in combination with the competition of roots may be assumed to be the cause of this phenomenon. Above the surface of the ground a similar, uneconomical reformation, from the point of view of increase in growth of the branches, takes place. This results in an insufficient increase in growth of the assimilation surface, which, of course, decreases the capacity for growth still more (Cfr. Möller, 1945, p. 231).

The investigated material was divided into two groups, stunted and viable spruces, on the basis of the relation between the age of the sample tree and the sum of the coarsest root fraction. Fig. 18 (p. 70) shows that this division, to a certain extent arbitrary, was suitable for the purpose of the investigation. The relatively great dispersion suggests, however, that the different sites should each have been represented by a more typical material.

The great fluctuations in increase in growth in length of the roots and the great difference between the growth in length of branches and terminal shoots in stunted spruce, before and after a reaction, gave reason for a closer study of the interrelationship of the occurrences. Eight individuals which had developed in about the same degree during the past were selected. The results showed (Cfr. Fig. 19, p. 72) that the period of stunting is characterized by a strong growth in length of the roots, and by the growth in length of branches being greater than that of the terminal shoots. During the time of reaction a reversal in the condition of increase in growth has taken place and is furthermore accentuated during the »normal» period after the reaction. The growth in length of the terminal shoot increases rapidly, that of the branches only slightly, during the first years after the reaction, and is rapidly decreased, especially in the oldest branches. The growth in length of the terminal roots decreases but is compensated by an intensive process of ramification — at least momentarily. Laing (1932, p. 41) has found the same ratio, too. The extensive structure in the root system of formerly stunted spruces changes fairly rapidly, as far it can be judged, into a closer and more concentrated system. — If this theory regarding the extensive development of the stunted spruce is true, an intensification of the root systems should be brought about, for instance by reducing the root competition. For this purpose 10 large spruces, recently laid free, were studied. — The results were as follows: Immediately after laying free, the growth in height and diameter stopped almost completely. Only the root spurs and the lowest part of the stem, to about the height of 1 meter above the ground surface, developed enormously. The needle foliage seemed to have undergone certain changes. The peripheral parts of the root system had been partly abandoned while numerous young adventitious root branches developed in the central parts of the root system. These observations support the hypothesis put forward regarding some of the causes of the phenomenon of stunting.

Conclusion

In spite of the investigation not having completely solved the problems, the results may be of use for further investigation into the biology of the undergrown spruce. The following results may be mentioned:

— A combined method is given for calculation of age, which guarantees the smallest possible number of errors in analytical determination of age.

— The root system of older spruces is purely of adventitious origin. The longer the period of stunting the younger is the root system — relatively.

— In addition to acropetal and general adventitious ramification there is, quite commonly, an adventitious branching, due to pathological causes.

— Mortality among long roots is frequent; it causes irregularities in the growth in length of roots.

— A stunted spruce has not the same ability as the viable spruce for making use of already existing branches for the purpose of building up assimilation surface.

— On comparison with an equally great assimilation surface in viable individuals the stunted spruce showed a much greater sum of root which, in addition, was coarser in structure.

— The root system of the stunted undergrown spruce was very superficial compared with the roots of other trees.

— The reaction of the stunted spruce is, at least in the cases when the phenomenon of stunting is caused by root competition, connected with an intensification of the branching of the root system if the competition is reduced or eliminated.