

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA

52

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
Puuntuotoksen tutkimussuunta



## LANNOITUKSEN JA HARVENNUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN LATVUKSEEN

Jussi Saramäki ja Paula Silander

HELSINKI 1982



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 52

Metsänarvioimisen tutkimusosasto

Puuntuotoksen tutkimussuunta

# LANNOITUKSEN JA HARVENNUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN LATVUKSEEN

Jussi Saramäki ja Paula Silander

Kansikuva:

Harventamaton ja voimakkaasti harvennettu koeala  
keväällä 1977. Kuvat: Jussi Saramäki.

SARAMÄKI, J. & SILANDER, P. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. The effect of fertilization and thinning on the crown of pines. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 52: 1-42.

Työssä tarkastellaan lannoituksen ja harvennuksen vaikutusta latvuksen kehittymiseen nuoressa männikössä.

Aineistona on lannoitus - harvennuskoe, joka sisältää kolme lannoitusastetta ja kolme harvennusastetta kaikkina mahdollisina yhdistelminä. 45 kaatokoepuun (5/koeala) kehitystä tarkasteltiin kolme vuotta ennen toimenpiteitä ja neljä vuotta niiden jälkeen. Lannoitus lisäsi latvuksen kasvua lähinnä yläosissa toisesta vuodesta lähtien. Rungon kasvu lisääntyi ensimmäisestä vuodesta lähtien. Kasvun lisäyksen kulminaatio oli kolmantena vuonna. Ylimmissä oksissa kasvun lisäys voimistui vielä neljäntenä vuonna.

Harvennus pienensi alussa latvuksen kasvua lannoittamattomilla koealoilla. Neljäntenä vuonna latvuksen kasvu harvennetuilla koealoilla oli saavuttanut harventamattomien koealojen kasvun tason. Rungon tilavuuskasvu ei alussa muuttunut harvennuksen vaikutuksesta, mutta kolmannelta vuodesta lähtien harvennus lisäsi rungon kasvua.

Lannoitus ja harvennus yhdessä lisäsivät rungon tilavuuskasvua enemmän kuin lannoitus yksistään. Lannoituksella saatiin paras tulos tilanteessa, jossa puiden latvuksille oli harvennuksella järjestetty riittävästi valoa. Rungon kasvu lisääntyi hieman enemmän kuin oksiston kasvu. Muutos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

---

The study deals with the effect of fertilization and thinning on crown development in a young pine stand.

The material consist of a fertilization - thinning factorial experiment which includes 9 sample plots. The development of 45 felled sample trees (5 st/plot) were studied three years before thinning and fertilization and four years after them.

Fertilization increased crown growth mainly in the upper part of the crown since the second year after fertilization. Stem growth increased since the fertilization. Growth increase was greatest in the third year. In the beginning thinning decreased crown growth was equal in both thinned and unthinned sample plots. Stem growth started to increase in the third year from thinning.

Fertilization and thinning together increased the growth of the stem more than fertilization alone. Fertilization gave the best result when the tree crowns got sufficient light after thinning. Stem growth increased a little more than that of the crown.

## SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| 1. JOHDANTO .....                                     | 5  |
| 11. Latvuksen merkitys puun kasvulle .....            | 5  |
| 12. Lannoituksen vaikutus latvukseen .....            | 5  |
| 13. Harvennuksen vaikutus latvukseen .....            | 6  |
| 14. Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus ..... | 8  |
| 15. Tutkimuksen tarkoitus .....                       | 9  |
| 2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....                       | 10 |
| 21. Aineiston kuvaus .....                            | 10 |
| 22. Mittaukset .....                                  | 10 |
| 23. Laskenta .....                                    | 13 |
| 3. LATVUKSEN KEHITYS .....                            | 15 |
| 31. Oksiston tilavuuskasvu .....                      | 15 |
| 32. Oksien kasvun jakautuminen latvuksessa .....      | 17 |
| 33. Rungon pituuskasvu .....                          | 23 |
| 34. Oksien pituuskasvujen suhteet .....               | 24 |
| 4. RUNGON KEHITYS .....                               | 27 |
| 41. Rungon tilavuuskasvu .....                        | 27 |
| 42. Rungon ja oksiston kasvusuhteet .....             | 27 |
| 5. TULOSTEN TARKASTELO .....                          | 30 |
| 51. Tulosten luotettavuus .....                       | 30 |
| 52. Lannoituksen vaikutus männyn kasvuun .....        | 32 |
| 53. Harvennuksen vaikutus männyn kasvuun .....        | 34 |
| 54. Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus ..... | 36 |
| KIRJALLISUUS .....                                    | 39 |
| LIITE .....   | 42 |



## 1. JOHDANTO

### 11. Latvuksen merkitys puun kasvulle

Tekijät, joihin ihminen voi puun kasvua parantaakseen vaikuttaa, ovat maassa olevat ravinteet ja latvuksen saama valo. Puiden käytettävissä olevia ravinnevaroja ja valaistusolosuhteita sopivasti järjestelemällä pyritään kasvattamaan puita, joissa mahdollisimman suuri osuus fotosynteesin tuottamasta biomassasta keskittyisi runkokuun kasvuun. Tällaisella ihanepuulla olisi hyvä pituuskasvu, pieniä lyhyitä ja lukuisia vihreitä oksia sekä pitkä elävä latvus (esim. Tigerstedt 1981)

Puun latvus jaetaan valo- ja varjolatvukseen rajan ollessa leveimmällä kohdalla. Valolatvuksen osuus on havupuilla noin kaksi kolmasosaa (Assmann 1970). Siellä tapahtuu pääosa yhteyttämisestä ja kasvusta. Varjolatvukseen pääsee niin vähän valoa, ettei sen yhteyttäminen ole puun kasvun kannalta merkityksellistä.

Tasaikäisissä männiköissä latvuksen alaraja on eri puuyksilöissä lähes samalla korkeudella. Yksittäisten puiden latvusten erilaiset pituudet ilmenevät lähinnä latvusten huippujen porrastuksena. Latvuksen pituus kasvaa puun iän lisääntyessä, mutta samalla latvussuhde pienenee hitaasti. Puun läpimitan kasvaessa latvussuhde taas suurenee (Nyyssönen 1954).

Metsikön tiheyden kasvaessa latvussuhde pienenee ja oksattoiman rungon osuus kasvaa riukuvaiheen männikössä (Persson 1977)

### 12. Lannoituksen vaikutus latvukseen

Typpilannoitus vaikuttaa kasvuun lisäämällä yhteyttämisspinta-alaa (Gustavsen ja Lipas 1975). Fotosynteesinopeus neulasyksikköä kohden kohoaa ja neulasmassa kasvaa oksien haaromisen neulasten lukumäärän ja koon lisääntymisen johdosta (Brix ja

Ebell 1969, Fagerström ja Lohm 1977). Fotosynteesikapasiteetti suurenee ennen muuta lisääntyneen neulasmassan välityksellä. Lisätekijänä on neulaskierron hidastuminen tilapäisesti lannoitetussa metsässä (Kellomäki 1978).

Lannoitusreaktio on selvästi riippuvainen puiden yleiskunnosta ja sen teho on paras puilla, joilla on voimakas juuristo ja hyvin kehittynyt latvus. Lannoituksen vaikutus lisääntyy latvussuhteen suuretessa (Kukkola 1978).

Lannoituksen vaikutusta puiden oksaisuuteen ei tunneta. Vaikutus on oletettavasti samanlainen kuin kasvupaikan laadun vaikutus puiden oksaisuuteen (Kellomäki 1979). Kasvupaikan laatu kertoo myös oksien paksuuden lisääntymisestä. Jos elävän latvuksen paksuimpien oksien läpimittaa merkitään puolukkatyyppin kasvupaikalla 100:lla, niin vastaava arvo mustikkatyyppillä on 109 ja käenkaalimustikkatyyppillä 124 (Kellomäki 1979). Uusvaara (1974) totesi oksan paksuuden olevan rungon eri korkeuksilla sitä suurempi, mitä nopeammin puu on kasvanut paksuutta eri ikäkausina.

Latvussuhde on suunnilleen yhtä suuri kaikissa latvuskerroksissa, mutta pää- ja lisävaltapuiden kasvu on voimakkaammin riippuvainen latvussuhteesta kuin väli- ja aluspuiden kasvu. Pienet puut reagoivat suuria herkemmin erityyppisiin olosuhteiden muutoksiin (Nyyssönen 1954, Jonsson ja Möller 1977, Vuokila 1977).

### 13. Harvennuksen vaikutus latvukseen

Ravinteiden ja veden ohella valon määrä vaikuttaa kasvuun. Harvennuksella voidaan muuttaa valaistusolosuhteita ja täten vaikuttaa oksien lukumäärään ja kokoon sekä latvuksen pituuteen. Tavoiteltaessa pienioksaista puita, joiden karsiutuminen tapahtuu varhain, sivusta tuleva varjostus on välttämätöntä. Valon absoluuttinen määrä ei ole kasvun kannalta ratkaisevaa, vaan latvan huipun saaman valon määrän suhde sivuoksien päätesilmujen saamaan valon määrään (Shirley 1955).

Oksien haarominen ja pituuskasvu lisääntyvät valaistuksen paratuessa ja ovat suurimpia ylimmissä oksakiehkuroissa. Kiehkurovanhetessa ne vähenevät. Neulasten kasvu jakaantuu latvuksen eri osiin samantapaisesti kuin oksan pituuskasvu. Valaistuksen vähetessä neulasten määrä oksien puuaineeseen nähden

lisääntyy (Ilonen ym. 1979). Oksien paksuuskasvu pienenee nopeasti, kun valaistus heikkenee (Kellomäki ja Kanninen 1980). Simeon ym. (1976) tutkimuksen mukaan harvennus lisää merkittävimmin 30-vuotiaan männikön oksien paksuuskasvua 50 - 80 %:n korkeudella tyvestä lukien. Näillä oksilla ei ole riittävästi valoa ilman harvennusta. Madgwick (1975) totesi oksien maksimiläpimitan löytyvän harvennetuissa 30-vuotiaissa mäntymetsiköissä 13. oksakiehkurasta, kun se harventamattomissa metsiköissä löytyi 6. kiehkurasta. Jälkimmäinen korkeus oli valta- ja lisävaltapuilla riippumaton ympärillä kasvavista puista.

Kun yksittäispuu saa kilpailijoita, jotka rajoittavat latvuksen levittäytymistä sivulle päin, se lisää pituuskasvuun. Kilpailun kiristyessä rajoittavaksi tekijäksi tulee latvus, joka valon vähetessä alkaa surkastua niin, että kasvu heikkenee. Kun kasvutila taas lisääntyy, puu alkaa levittää latvusta sivulle päin ja pituuskasvu heikkenee. Sopivassa määrin sivulta tuleva varjostus lisää pituuskasvua (Shirley 1955, Kellomäki 1980).

Harvennuksen vaikutuksesta latvussuhde suurenee. Latvuksen pituuden lisääntyminen johtuu osaksi puun pituuskasvun suurennemisestä ja osaksi oksien karsiutumisen vähenemisestä. Oksien ikä riippuu valomäärästä. Madgwickin (1975) mukaan elävien kiehkuroiden lukumäärä vaihteli 30-vuotiaassa mäntymetsikössä 12 - 18 tiheydestä riippuen. Vuokilan (1975) mukaan voimakas käsittely kuusikossa ei merkitse vain latvuksen pituuden lisääntymistä, vaan samalla aktiivisuuden paranemista. Käsittelemättömässä puustossa merkittävä osa vihreää latvusta on nähtävästi tuottamatonta tai suorastaan kuluttaa enemmän kuin tuottaa.

Harvennus lisää yksittäisen puun paksuuskasvua. Se johtuu suurentuneen latvuksen lisäämästä kasvusta ja uusista kasvuolosuhteista, joihin puun on sopeuduttava. Harvennuksen kasvua lisäävä vaikutus on suurin ylitiheissä metsiköissä, joissa kilpailevat puut ovat ennen harvennusta huomattavasti rajoittaneet latvuksen kehitystä ja täten kasvua (Jonsson ja Möller 1977).

#### 14. Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus

Lisäämällä yksistään ravinteita tai parantamalla valaistusolosuhteita ei päästä parhaaseen mahdolliseen kasvuun. Brix ja Ebell (1969) suosittelivat harvennuksen liittämistä lannoituksen yhteyteen. He totesivat lannoituksen tuuhentaman latvuksen saavuttaneen kahdessa vuodessa optimin saatavilla olevaan valoon nähden ja tämän jälkeen latvuksen sisäinen varjostus oli vähentänyt lannoitusreaktiota. He otaksuivat valaistusolosuhteita parantavan harvennuksen voivan jatkaa lannoituksen vaikutusaikaa.

Haapasen ym. (1979) mukaan läpimitan kasvu lisääntyi enemmän sekä lannoitetuilla että harvennetuilla mäntykoealoilla kuin koealoilla, jotka olivat saaneet vain toisen käsittelyn tai olivat käsittelemättömiä. Pelkkä harvennus vähentää metsikön kasvua hehtaaria kohden (Haapanen ym 1979, Jonsson ja Möller 1977, Haveraaen 1980). Harvennuksen yhteydessä olisikin suoritettava lannoitus mahdollisimman samanaikaisesti, jotta metsikkö pystyisi palauttamaan kasvun entiselle tasolle (Möller ja Pettersson 1979). Weetman (1971) on todennut, että harvennus jatkaa lannoituksen kestoaikaa kuusella ja lykkää vaikutuksen myöhemmäksi ajankohdaksi. Harvennuksen vaikutus on mahdollisesti pitempiaikainen kuin lannoituksen.

## 15. Tutkimuksen tarkoitus

Tässä tutkimuksessa on tarkoitus selvittää männikön latvuksen kehitystä lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutuksen tuloksena. Tutkimuksella halutaan selvittää lannoituksen ja harvennuksen aiheuttamia muutoksia latvuksen kasvussa sekä latvuksen ja rungon kasvujen suhteissa. Tarkastelu keskittyy oksiston ensiasteen haarojen tilavuuskasvun, oksien pituus- kasvun sekä rungon tilavuus- ja pituus- kasvun tutkimiseen.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Aineiston kuvaus

Tutkimusaineistona on Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston puuntuotoksen tutkimussuunnan perustama lannoitus - harvennuskoe nro 507, joka sijaitsee Punkaharjulla. Koe on puolukkatyyppin männikössä. Puuston keski-ikä kokeen alkaessa oli 38 vuotta. Tarkemmat perustamistiedot löytyvät taulukosta 1. Koe käsittää yhdeksän koealaa, joiden kunkin koko on 1 000 m<sup>2</sup>. Koealoja on lannoitettu ja harvennettu faktorikokeena kolmella lannoitus- ja kolmella harvennusasteen kombinaatiolla. Harvennus on suoritettu talvella 1976 - 1977 ja lannoite on levitetty 27. - 29.6.1977. Poikkeuksen muodosti koeala 7, jolle lannoite on levitetty 22.7.1977. Eri lannoitus- ja harvennusvaihtoehdot olivat seuraavat:

L<sub>0</sub> = Lannoittamaton

L<sub>1</sub> = Typpirikas Y-lannos 750 kg/ha (150 N - 33 P - 62 K)

L<sub>2</sub> = Typpirikas Y-lannos 1 500 kg/ha (300 N - 65 P - 124 K)

H<sub>0</sub> = Harventamaton

H<sub>1</sub> = Harvennettu, jätetty 1 840 kpl/ha = 60 % alkuperäisestä runkoluvusta

H<sub>2</sub> = Harvennettu, jätetty 920 kpl/ha = 30 % alkuperäisestä runkoluvusta.

### 22. Mittaukset

Kultakin koealalta valittiin systemaattisesti viisi koepuuta niin, että ne sijaitsivat tasaisesti koealalla. Tutkimusaineisto kerättiin elokuussa 1980. Tarkemmat mittaukset suoritettiin laboratoriossa syksyllä 1980. Koepuiden puutunnuksia on liitteessä 1.

Koepuista määritettiin latvusprojektiio Cajanuksen putkella. Latvusprojektiot siirrettiin millimetripaperille, josta mitattiin latvuksen levein halkaisija, sen suunta ja sitä vastaan kohtisuora halkaisija ja latvusprojektioiden pinta-ala.

|                                 |       | $L_0H_0$ | $L_0H_1$ | $L_0H_2$ | $L_1H_0$ | $L_1H_1$ | $L_1H_2$ | $L_2H_0$ | $L_2H_1$ | $L_2H_2$ |
|---------------------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tilavuus<br>$m^3/ha$            | Ennen | 132      | 144      | 158      | 123      | 133      | 147      | 143      | 107      | 115      |
|                                 | Jälk. | 132      | 118      | 91       | 123      | 97       | 74       | 143      | 83       | 56       |
| Runkoluku<br>kpl/ha             | Ennen | 3230     | 2920     | 3130     | 2780     | 3460     | 2930     | 3150     | 3050     | 2980     |
|                                 | Jälk. | 3230     | 1840     | 920      | 2780     | 1840     | 920      | 3150     | 1810     | 930      |
| Pohjapinta-ala<br>$m^2/ha$      | Ennen | 22,6     | 23,7     | 25,7     | 20,7     | 23,2     | 24,0     | 23,4     | 20,2     | 21,4     |
|                                 | Jälk. | 22,6     | 19,0     | 13,9     | 20,7     | 16,4     | 11,6     | 23,4     | 15,4     | 9,9      |
| Keskipit.<br>m                  | Ennen | 9,9      | 10,2     | 10,4     | 9,6      | 9,7      | 10,4     | 10,3     | 9,1      | 9,2      |
|                                 | Jälk. | 9,9      | 10,9     | 12,3     | 9,6      | 10,7     | 11,3     | 10,3     | 9,7      | 10,1     |
| Valtapit.<br>m                  | Ennen | 13,4     | 12,9     | 14,3     | 13,0     | 13,1     | 12,5     | 13,2     | 11,0     | 11,3     |
|                                 | Jälk. | 13,4     | 12,9     | 14,3     | 13,0     | 13,1     | 12,5     | 13,2     | 11,0     | 11,2     |
| Rinnankork.<br>läpimittaa<br>cm | Ennen | 8,9      | 9,8      | 9,5      | 9,3      | 8,8      | 9,7      | 9,2      | 8,7      | 9,2      |
|                                 | Jälk. | 8,9      | 11,2     | 13,4     | 9,3      | 10,3     | 12,4     | 9,2      | 10,1     | 11,5     |
| Keski-ikä,<br>v                 |       | 36,0     | 38,8     | 47,8     | 36,6     | 43,8     | 33,8     | 45,0     | 32,2     | 31,6     |

Taulukko 1. Koealojen jäävä ja poistuva puusto syksyllä 1976. Lyhenteiden selitykset katso liite.

| Vuosi | $L_0$ | $L_1$ | $L_2$ | Testisuure<br>$p = 0,05$ |
|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| 1977  | 0,76  | 0,80  | 0,83  | 0,09                     |
| 1978  | 0,75  | 1,08  | 1,17  | 0,19                     |
| 1979  | 0,80  | 1,31  | 1,41  | 0,32                     |
| 1980  | 1,05  | 1,48  | 1,67  | 0,35                     |

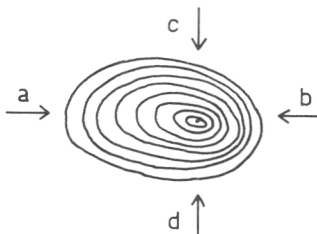
Taulukko 2. Oksiston tilavuuskasvujen erot eri lannoitusvaihtoehdoilla. Lyhenteiden selitykset katso liite. Viivalla yhdistettyjen kasvujen välillä ei ole merkitsevää eroa.

Koepuut kaadettiin ja rinnankorkeusmerkkiä apuna käyttäen mitattiin kannon korkeus (cm), oksattoman rungon osan pituus (dm), vihreän latvuksen alkamiskorkeus (dm), puun pituus (dm) ja rinnankorkeusläpimitta (mm). Elävien oksakiehkuroiden määrä laskettiin ja pituuskasvut mitattiin seitsemän viime vuoden ajalta cm:n tarkkuudella.

Koepuista valittiin neljästä ylimmästä oksakiehkurasta kustakin yksi oksa edustamaan koko kiehkuraa, samoin seitsemännestä kiehkurasta ja sen jälkeen joka neljännestä (11., 15., 19., 23., 27.). Kyseisistä kiehkuroista laskettiin oksien lukumäärä. Näyteoksista mitattiin vuosikasvut (cm) seitsemän viime vuoden ajalta ja oksien kokonaispituudet.

Tarkempia mittauksia varten kerättiin näytteitä koepuiden rungoista ja oksista. Runkokiekot otettiin kannon, 0,5, 1,0 ja 1,3 metrin korkeudelta sekä kahden metrin korkeudelta metrin välein. Näistä mitattiin läpimitta ja kuoren paksuus mm:n tarkkuudella rinnankorkeusmerkin suunnasta ja sitä vastaan kohtisuorasta suunnasta. Lustomikroskoopilla mitattiin samoista suunnista sädekasvut seitsemän viime vuoden ajalta 1/100 mm:n tarkkuudella.

Neljän ylimmän ja seitsemännen oksakiehkuran näyteoksista otettiin kappale jokaisen vuosikasvaimen keskeltä. Seuraavien kiehkuroiden näyteoksista otettiin kappaleet tyveltä ja siitä lukien 30 cm:n välein. Näistä mitattiin läpimitta ja kuoren paksuus 1/10 mm:n tarkkuudella kahdesta kohtisuorasta suunnasta. Poikkileikkaukseltaan lähes pyöreistä oksista mittaussuunta valittiin satunnaisesti, mutta soikeista oksakappaleista mittaussuunta valittiin kuvan 1 osoittamalla tavalla.



Läpimitta:

1. mittaussuunta a → b
2. mittaussuunta c → d

Kasvu:

1. mittaussuunta  $(a + b)/2$
2. mittaussuunta  $(c + d)/2$

Kuva 1. Soikean oksan tyven mittaus.

Kustakin kappaleesta mitattiin lustomikroskoopilla seitsemän viime vuoden paksuuskasvu samoista suunnista kuin läpimitat 1/100 mm:n tarkkuudella.

### 23. Laskenta

Kullekin puulle laskettiin oksiston tilavuus, joka tässä tarkoittaa oksien ensiasteen haarojen tilavuutta. Neljän ylimmän ja seitsemännen oksakiehkuran näyteoksien tilavuudet laskettiin lieriön kaavalla pätkittäin, kun vuosikasvun pituus ja keskiläpimitta tunnettiin. Muiden näyteoksien tilavuus laskettiin katkaistun kartion kaavalla pätkittäin, kun kappaleen läpimitat molemmista päistä sekä pituus tiedettiin. Näyteoksien tilavuudet muutettiin kiehkurakohtaisiksi kertomalla kukin kyseisen kiehkuran oksien lukumäärällä. Tämän jälkeen tulokset muutettiin koko latvusta koskeviksi. Puuttuvien kiehkuroiden tilavuus saatiin interpoloimalla suoraviivaisesti lähimpien mitattujen kiehkuroiden tilavuuksien mukaan. Viimeistä mitattua kiehkuravanhempien kiehkuroiden tilavuudet ekstrapoloitiin suoraviivaisesti edellisten mitattujen kiehkuroiden avulla. Näin saatiin puukohtainen oksiston tilavuus mittaushetkellä. Seitsemän mittausta edeltäneen vuoden tilavuudet saatiin vähentämällä lopputilanteen oksien läpimitoista vuoden kasvu kerrallaan ja laskemalla tästä uudet tilavuudet kullekin vuodelle. Oksiston tilavuuskasvu laskettiin myös kullekin vuodelle.

Latvuksen ulkopinnan ala mittaushetkellä aproksimoitiin, koska haluttiin tutkia, kuinka paljon se kertoo puun kasvukyvystä. Lähtötietoina olivat latvusprojektion pinta-ala ja latvuksen pituus. Laskennassa käytettiin ellipsin pyörähdyskappaleen pinta-alan kaavaa:

$$s = 2\pi ab \left( \sqrt{1 - e^2} + \frac{\arcsin e}{e} \right), \text{ jossa } a = \text{latvuksen pituus}$$

$$b = \text{säde}$$

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

Laskennassa käytetty säde saatiin, kun latvusprojektion pinta-ala oletettiin ympyrän muotoiseksi ja sitä vastaava säde laskettiin.

Rungon tilavuus laskettiin määrittämällä runkokäyrä epälineaarisen simultaanisen moniyhtälömallin avulla (Kilkki ja Varmola 1981). Vuotuinen tilavuuskasvu saatiin peräkkäisten vuosien tilavuuksien erotuksena. Lähtötietoina olivat läpimitat mitatuilta korkeuksilta, kannon korkeus ja puun pituus.

Lisäksi laskettiin rungon tilavuuskasvun suhde oksien tilavuuskasvuun kunakin vuonna. Oksien ja rungon pituuskasvujen muutoksien tutkimista varten laskettiin rungon pituuskasvun suhde oksien pituuskasvuihin kunakin vuonna. Samoin laskettiin kunkin vuoden ylimmän oksan pituuskasvun suhde 11. ja 15. kiehkuran pituuskasvuun kyseisenä vuonna.

Kullekin tunnukselle laskettiin puukohtaiset koealoittaiset keskiarvot. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutusta tutkittiin näiden keskiarvojen avulla. Erojen merkitsevyyden testaamiseen käytettiin Oulun yliopiston BMDP-varianssianalyysiohjelmistoa. Eri käsittelyvoimakkuuksien välisiä eroja tarkasteltiin Tukeyn testillä. Testiä käytettiin vain silloin, kun lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutusta ei esiintynyt. Puiden välistä hajontaa pyrittiin poistamaan käyttämällä kovariaattia, jona kokeiltiin rungon tilavuutta seitsemän vuotta sitten, latvukosen ulkopinnan alaa, toimenpiteitä edeltävien vuosien kasvuja ja niiden keskiarvoja.

### 3. LATVUKSEN KEHITYS

#### 31. Oksiston tilavuuskasvu

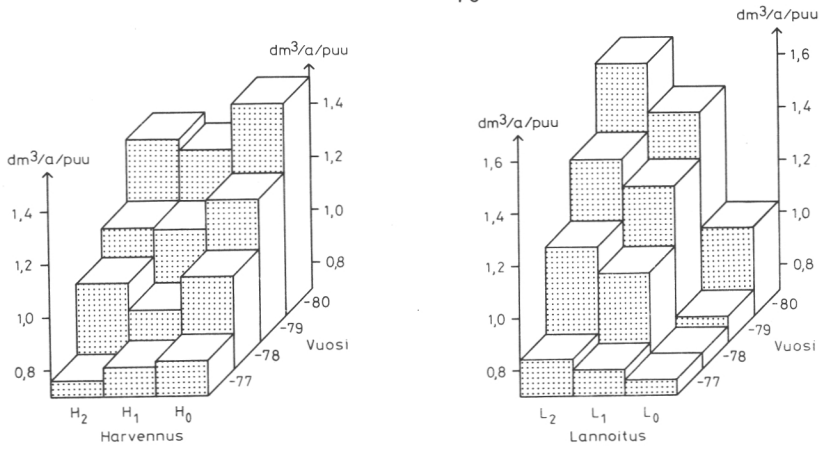
Tuloksissa esiintyvä oksiston tilavuuskasvu merkitsee yhden puun oksiston ensiasteen haarojen keskimääräistä tilavuuskasvua. Oksiston tilavuuskasvujen erot eri koealojen välillä olivat suuria aineiston pienuuden ja puiden välisten kokoerojen vuoksi. Tuloksia tasoitettiin käyttämällä kovarianssianalyysiä, jossa kovariaattina oli oksiston kasvujen keskiarvo vuosina 1975 ja 1976.

Käsittelemättömällä ruudulla oksiston tilavuuskasvu lisääntyi iän myötä tutkittuna ajanjaksona  $0,4 \text{ dm}^3$ :stä  $0,8 \text{ dm}^3$ :iin. Aikaisempien vuosien kasvut eivät anna täysin oikeaa kuvaa, koska kuolleiden oksien määrää tutkitulta ajalta ei ollut tiedossa. Oksiston tilavuuskasvu oli aikaisempina vuosina suurempi kuin tulokset osoittavat.

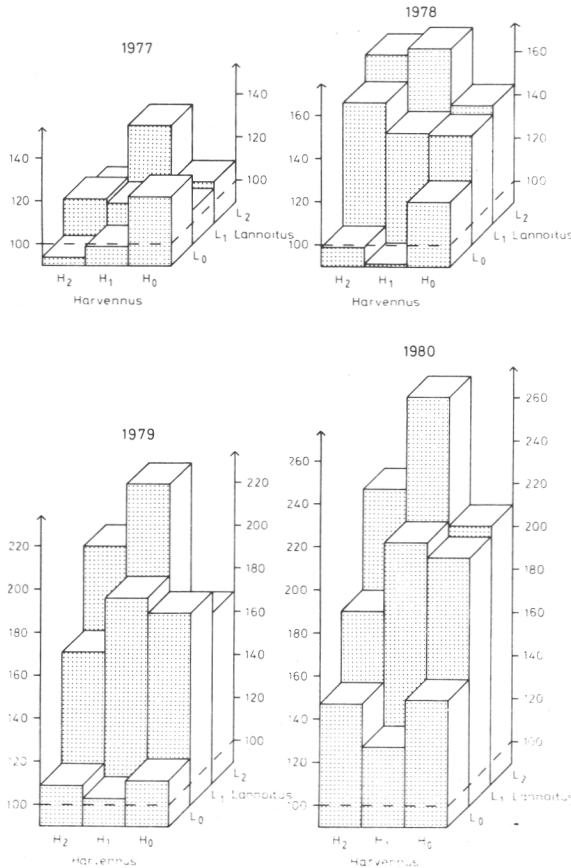
Lannoitus lisäsi merkitsevästi oksiston tilavuuskasvua toisena, kolmantena ja neljäntenä toimenpiteen jälkeisenä vuonna ( $p < 0,001$ ). Ensimmäisenä vuonna oksiston tilavuuskasvu pieneni kaikilla käsitellyillä koealoilla käsittelemättömään ruutuun verrattuna.

Eri lannoitusvoimakkuuksien välillä ei ollut merkitseviä eroja (taulukko 2). Lievästi lannoitetuilla koealoilla kasvu oli vuonna 1980 200 % ja voimakkaasti lannoitetulla 235 % vuosien 1975 ja 1976 kasvun tasosta, kun taas lannoittamattomilla koealoilla vastaava arvo oli 141 % (kuva 2). Lannoituksen kasvua lisäävä vaikutus väheni neljäntenä vuonna (kuva 4).

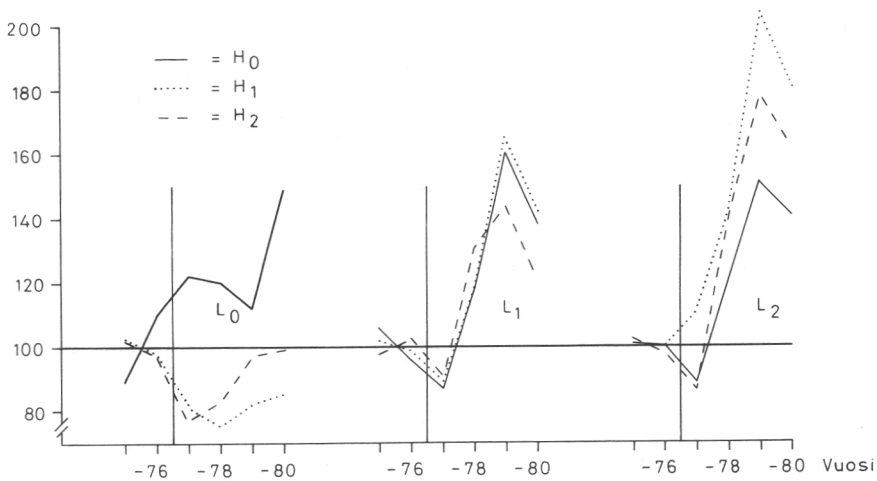
Harvennus vaikutti oksiston tilavuuskasvuun kovarianssianalyysin mukaan merkitsevästi vain ensimmäisenä vuonna ( $p < 0,10$ ). Lannoittamattomilla koealoilla molemmat harvennusasteet pienensivät kasvua ensimmäisenä ja toisena vuonna. Harvennetuilla



Kuva 2. Kovarianssikorjatun oksiston tilavuuskasvun kehitys (kovariaattina kasvujen keskiarvo vuosilta 1975 ja 1976). Lyhenteiden selitykset katso liite.



Kuva 3. Oksiston vuotuinen puukohtainen tilavuuskasvu. Vuosien 1975 ja 1976 kasvujen keskiarvo = 100. Lyhenteiden selitykset katso liite.



Kuva 4. Oksiston suhteellinen puukohtainen tilavuuskasvu. Vuotuiset kasvut on korjattu kasvujen keskiarvolla vuosilta 1975 ja 1976. Sen jälkeen tuloksia on korjattu käsittelemättömän koealan suhteellisilla kasvuilla (käsittelemättömän koeala = 100). Kuvassa esiintyvä käsittelemättömän ruudun kasvu on korjattu vain kasvujen keskiarvolla vuosilta 1975 ja 1976. Pystyviiva osoittaa lannoitus- ja harvennusajankohdan. Lyhenteiden selitykset katso liite.

koealoilla kasvu oli saavuttanut kolmantena vuonna käsittelemättömän koealan kasvun tason (kuva 3).

Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus ei ollut merkitsevä oksiston tilavuuskasvulle. Voimakkaasti lannoitetuilla koealoilla lievä harvennus lisäsi eniten kasvua ja voimakas harvennuskin lisäsi kasvua harventamatonta koealaa enemmän (kuva 3)

### 32. Oksien kasvun jakautuminen latvuksessa

Varianssianalyysin mukaan lannoituksen vaikutus oksien pituuskasvuun alkoi toisena vuonna ( $p < 0,05$ ), mutta kolmantena ja neljäntenä vuonna merkitys oli suurempi ( $p < 0,001$ ). Lannoitus lisäsi sekä oksien pituuskasvua että tilavuuskasvua voimak-

kaasti seitsemässä ylimmässä kiehkurassa. Sitä alemmissa kiehkuroissa oli havaittavissa vain pieniä reaktioita pituuskasvussa toisena vuonna (kuva 5). Tilavuuskasvuun ei lannoitus vaikuttanut 11. kiehkuraa alempana (kuva 8). Lannoitus lisäsi eniten tilavuuskasvua 3. ja 4. kiehkurassa ja pituuskasvua 1. - 7. kiehkuroissa (taulukko 3 ja kuva 5). Lannoituksen määrä ei ollut merkitsevä oksien kasvun kannalta (taulukko 4), vain 3. ja 4. kiehkurassa voimakas lannoitus lisäsi tilavuuskasvua lievää lannoitusta enemmän.

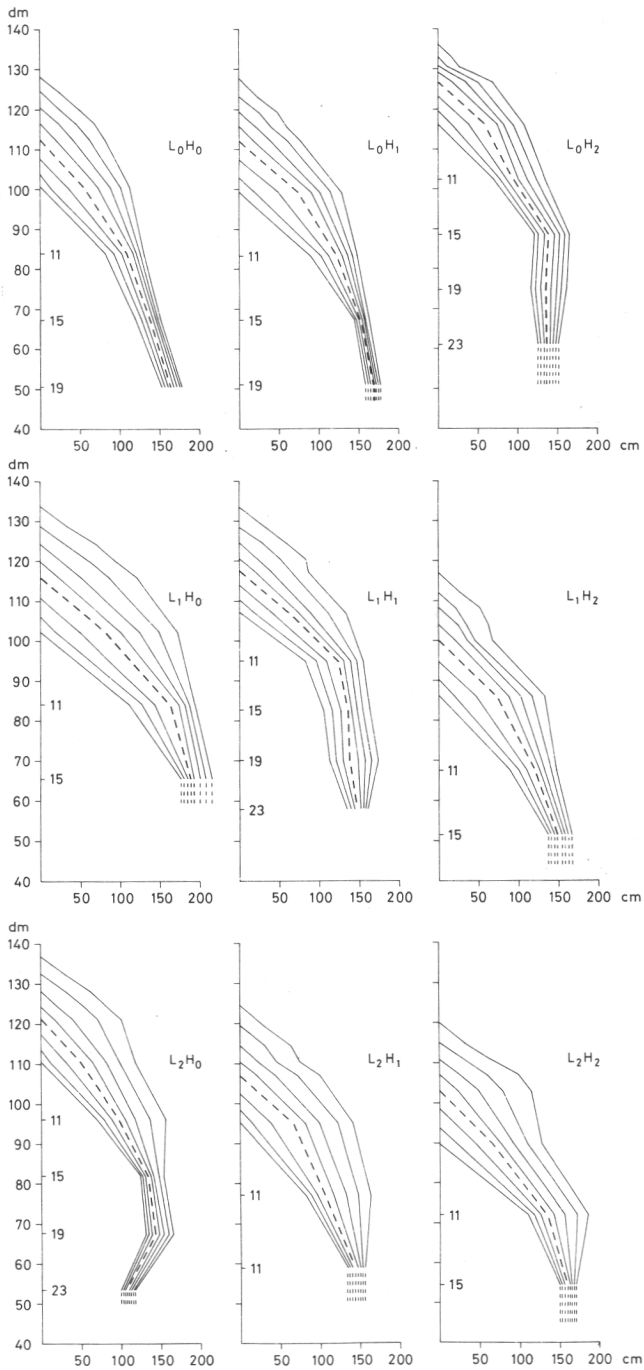
Lannoituksen kasvua lisäävä vaikutus oli 1. - 4. kiehkuroissa suuri vielä neljäntenäkin vuonna, kun taas 7. kiehkurassa se kyseisenä vuonna pysyi edellisen tasolla ja 11. kiehkurassa vaikutus oli silloin jo selvästi vähenemässä (kuvat 8 ja 10).

Voimakas harvennus pienensi oksien pituuskasvua ylimmässä kiehkurassa toisena ja kolmantena vuonna lannoittamattomilla koealoilla. Lievästi lannoitetulla koealalla pituuskasvu pienentyi vain kolmantena vuonna ja voimakkaan lannoituksen yhteydessä voimakas harvennus ei enää pienentänyt ylimmän oksan pituuskasvua. Lievä harvennus ei vaikuttanut ylimmän oksakiehkuran pituuskasvuun (kuva 7).

Toisessa, kolmannessa ja neljännessä oksakiehkurassa voimakas harvennus pienensi pituuskasvua lannoittamattomalla koealalla, mutta voimakkaasti lannoitetulla koealalla se jo lisäsi oksien pituuskasvua. Lievä harvennus ei vaikuttanut näiden kiehkuroiden kasvuun (kuva 6).

Harvennuksen vaikutus oksien tilavuuskasvuun näkyi ylimmissä (1. - 4.) kiehkuroissa samansuuntaisena kuin oksien pituuskasvulla, mutta kasvun pieneminen ei ollut suhteellisesti yhtä suurta. 7. ja 11. oksakiehkurassa tilavuuskasvu oli ensin pienentynyt, mutta kolmannesta vuodesta lähtien se oli lisääntynyt.

Harvennus vähensi 7. kiehkuran pituuskasvua ensimmäisenä vuonna. Kasvun pieneminen jatkui vielä toisenakin vuonna lannoitta-



Kuva 5. Latvuxen kehitys. Lyhenteiden selitykset katso liite. Oksakiehkuran järjestysnumerot ovat pystyakselilla. Katkoviiva osoittaa lannoitus- ja harvennustoimenpiteiden ajankohdan.

|                   | 1977 | Lannoitettu |      |      | Lannoittamaton |      |      |
|-------------------|------|-------------|------|------|----------------|------|------|
|                   |      | 1978        | 1979 | 1980 | 1978           | 1979 | 1980 |
| Latva             | 100  | 109         | 122  | 133  | 88             | 95   | 106  |
| Ylin oksakiehkura | 100  | 116         | 141  | 154  | 94             | 102  | 107  |
| 4. oksakiehkura   | 100  | 125         | 137  | 142  | 96             | 98   | 91   |
| 7. oksakiehkura   | 100  | 116         | 134  | 132  | 76             | 80   | 83   |
| 11. oksakiehkura  | 100  | 105         | 93   | 90   | 88             | 85   | 80   |
| 15. oksakiehkura  | 100  | 119         | 89   | 86   | 106            | 96   | 89   |

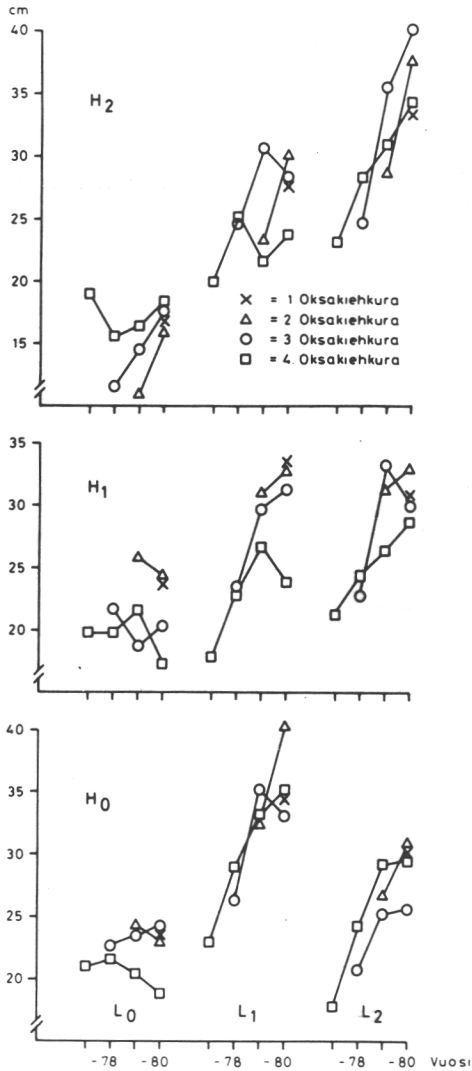
Taulukko 3. Suhteelliset pituuskasvut. Lannoitetut tarkoittavat voimakkaan ja lievän lannoituksen keskiarvoa. Lyhenteiden selitykset katso liite.

| Vuosi | 7. oksakiehkura |                |                |                        | 4. oksakiehkura |                |                |                        |
|-------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|
|       | L <sub>0</sub>  | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | Testisuure<br>p = 0,05 | L <sub>0</sub>  | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | Testisuure<br>p = 0,05 |
| 1978  | 11,9            | 17,5           | 17,0           | 4,8                    | 19,1            | 25,7           | 25,5           | 6,2                    |
| 1979  | 12,6            | 21,0           | 18,6           | 4,6                    | 19,5            | 27,1           | 28,9           | 7,8                    |
| 1980  | 13,0            | 20,7           | 18,5           | 5,4                    | 18,2            | 27,5           | 30,9           | 6,1                    |

Taulukko 4. Oksien pituuskasvujen erot eri lannoitusvaihtoehdoilla. Lyhenteiden selitykset katso liite. Viivojen selitys kuvassa 3.

| Vuosi | Lannoitus      |                |                |                        | Harvennus      |                |                |                        |
|-------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|       | L <sub>0</sub> | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | Testisuure<br>p = 0,05 | H <sub>0</sub> | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | Testisuure<br>p = 0,05 |
| 1978  | 31,2           | 40,7           | 39,1           | 6,5                    | 40,0           | 37,9           | 33,1           | 6,5                    |
| 1979  | 33,4           | 44,9           | 45,1           | 6,9                    | 45,2           | 44,3           | 33,9           | 6,9                    |
| 1980  | 34,5           | 50,5           | 47,4           | 6,3                    | 48,2           | 45,1           | 42,1           | 6,3                    |

Taulukko 5. Pituuskasvun erot. Lyhenteiden selitykset katso liite. Viivojen selitys kuvassa 3.

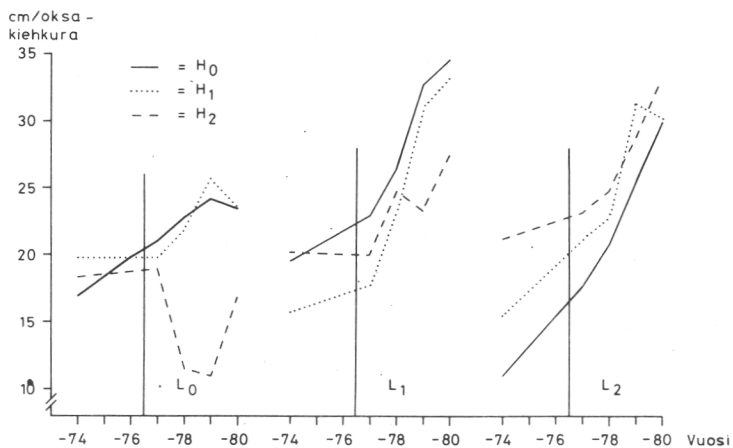


Kuva 6. Oksien pituuskasvut.

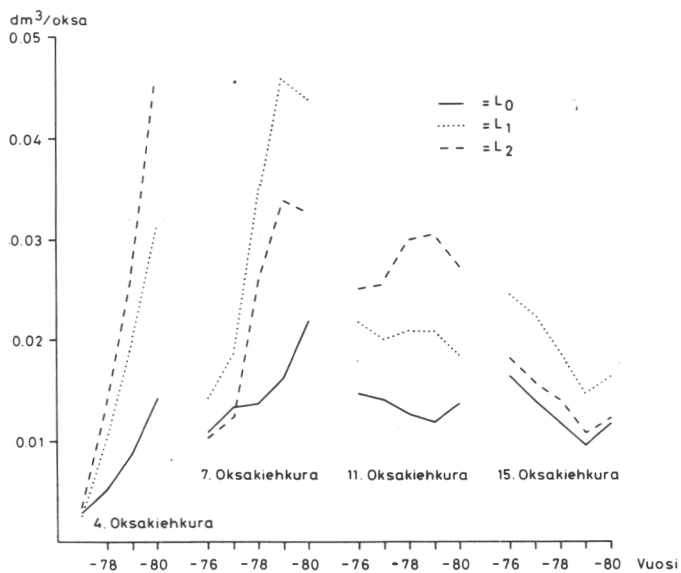
Lyhenteiden selitykset katso liite.

mattomilla koealoilla, mutta lannoitetuilla koealoilla kasvu pysyi silloin edellisen vuoden tasolla ja kohosi seuraavana vuonna. Neljäntenä vuonna erot eri harvennussvaihtoehtojen välillä oksien pituuskasvussa olivat pieniä.

11. kiehkuraa alempana molemmat harvennukset aiheuttivat piener pituuskasvun lisäyksen toisena vuonna.



Kuva 7. Ylimmän oksakiehkuran pituuskasvu. Pituuskasvut tarkoittavat kunakin vuonna olleenn ylimmäisen oksakiehkuran kasvua. Pystyviiva osoittaa lannoitus- ja harvennusajankohdan. Lyhenteiden selitykset katso liite.



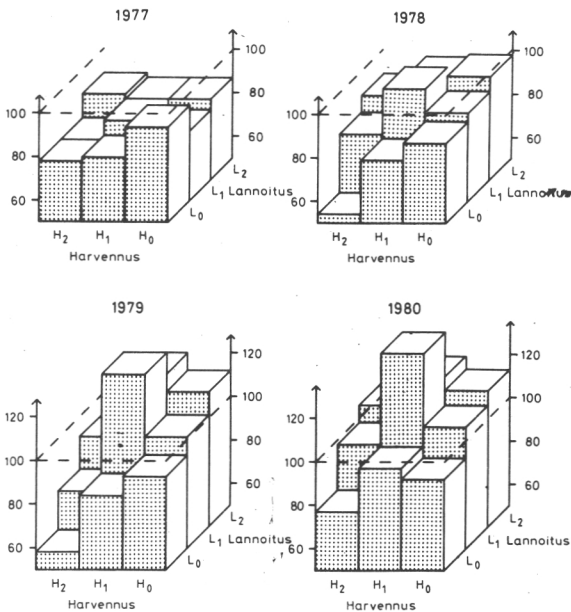
Kuva 8. Oksien tilavuuskasvut eri lannoitusvaihtoehdoilla. Lyhenteiden selitykset katso liite.

## 33. Rungon pituuskasvu

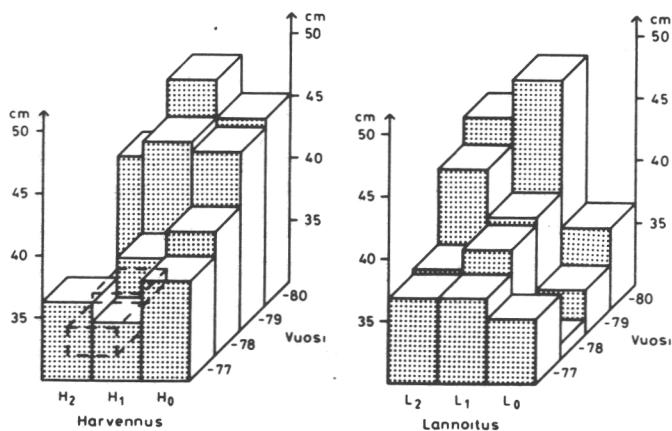
Pituuskasvuerot toimenpiteiden välillä olivat samankaltaisia kuin ylimmän oksakiehkuran pituuskasvussa. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus alkoi toisena vuonna ( $p < 0,01$ ) ja jatk vielä neljäntenäkin vuonna ( $p < 0,001$ ).

Lannoitus lisäsi pituuskasvua, mutta eri voimakkuusasteiden välillä ei ollut eroja (taulukko 5, kuva 10). Kasvu oli lannoitetuilla koealoilla vuonna 1980 133 % vuoden 1977 kasvu verrattuna, kun vastaava arvo lannoittamattomilla koealoilla oli 106 % (taulukko 3).

Lannoittamattomilla koealoilla molemmat harvennukset pienensivät pituuskasvua hiukan jo ensimmäisenä vuonna. Sen jälkeen lievä harvennus alkoi lisätä kasvua niin, että se oli neljäntenä vuonna jo harventamattoman tasolla. Voimakas harvennus pienensi kasvua toisenakin vuonna. Kasvu oli nousussa vasta neljäntenä vuonna. Lannoitetuilla koealoilla lievä harvennus



Kuva 9. Suhteellisen pituuskasvun kehitys.  
 Vuosien 1975 ja 1976 kasvujen keskiarvo = 100.  
 Lyhenteiden selitykset katso liite.



Kuva 10. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus pituuskasvuun. Lyhenteiden selitykset katso liite.

hiukan lisäsi pituuskasvua, mutta voimakas harvennus pienensi kasvua toisena ja kolmantena vuonna (kuva 9).

Pituuskasvu lisääntyi eniten lievästi lannoitetulla ja lievästi harvennetulla koealalla, jossa kasvu oli vuonna 1980 141 % vuosien 1975 ja 1976 kasvun tasosta. Voimakkaasti lannoitetuilla koealoilla vastaava arvo oli 115 % ja käsittelemättömällä koealalla se oli 90 % (kuva 9).

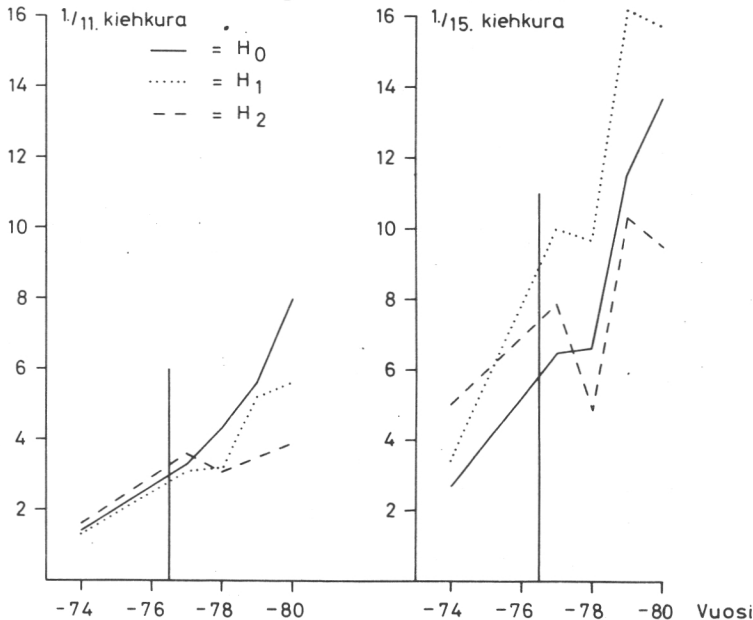
#### 34. Oksien pituuskasvujen suhteet

Varianssianalyysin mukaan sekä lannoitus että harvennus vaikuttivat merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) rungon ja 12. - 19. kiehkuroiden pituuskasvujen suhteisiin kaikkina neljänä vuotena. Myös yhteisvaikutusta esiintyi hiukan. Ylimmän oksan ja 11. kiehkuran pituuskasvujen suhteeseen vain harvennus vaikutti neljäntenä vuonna ( $p < 0,05$ ). Ylimmän oksan ja 15. kiehkuran pituuskasvujen suhteeseen harvennus vaikutti toisena vuonna ( $p < 0,05$ ) ja lannoituksen vaikutus näkyi kolmantena ( $p < 0,001$ ) ja neljäntenä vuonna ( $p < 0,05$ ).

Voimakas lannoitus lisäsi hiukan enemmän rungon pituuskasvua kuin 5. - 7. kiehkuroiden pituuskasvuja. Voimakas harvennus taas pienensi rungon pituuskasvua enemmän, joten suhde 5. - 7. kiehkuroiden kasvuun pieneni hiukan.

Rungon ja 8. - 11. kiehkuroiden pituuskasvujen suhteeseen ei lannoitus vaikuttanut. Voimakas harvennus pienensi rungon ja ylimmän oksan pituuskasvua suhteessa 8. - 11. kiehkuroiden pituuskasvuun toisesta vuodesta lähtien.

Voimakas lannoitus lisäsi rungon ja ylimmän oksan pituuskasvu suhteessa 12. - 15. kiehkuroiden pituuskasvuun kolmantena ja neljäntenä vuonna, lievä lannoitus vaikutti päinvastoin. Suuret erot suhdeluvussa eri lannoitusasteiden välillä johtuu 12. - 15. kiehkuroissa olevista pituuskasvujen eroista kolmantena ja neljäntenä vuonna. Nämä erot eivät olleet suuria ( $L_1 : 4 \text{ cm}$  ja  $L_2 : 2 \text{ cm}$ ), mutta ne korostuivat lukujen ollessa jakajina. Rungon ja ylimmän oksan kasvun pieneneminen voimakkaan harvennuksen johdosta näkyi myös näiden suhteessa 12. -



Kuva 11. Harvennuksen vaikutus oksien pituuskasvujen suhteeseen. Pystyviiva osoittaa lannoitus- ja harvennusajankohdan. Lyhenteiden selitykset katso liite.

kiehkuroiden pituuskasvuihin. Lievä harvennus taas lisäsi rungon ja ylimmän oksan pituuskasvua suhteessa kyseisiin kiehkuroihin.

Lievän harvennuksen vaikutus oksien pituuskasvuun loppui 12. kiehkuran vaiheilla. Sitä ylempänä oksien pituuskasvu lisääntyi lähes samassa suhteessa rungon ja ylimmän oksan kanssa. 12. kiehkurasta alaspäin lievä harvennus ei ollut enää lisännyt oksien pituuskasvua suhteessa runkoon ja ylimpään oksaan. Voimakkaan harvennuksen kohdalla ei ollut vastaavaa muutosta (kuva 11).

#### 4. RUNGON KEHITYS

##### 41. Rungon tilavuuskasvu

Puhuttaessa rungon tilavuuskasvusta tarkoitetaan tässä puukoh-  
taista keskimääräistä tilavuuskasvua. Kovarianssianalyysissä  
käytettiin kovariaattina kokeilujen jälkeen vuosien 1975 ja  
1976 kasvujen keskiarvoa. Käsittelemättömällä ruudulla rungo  
vuotuinen tilavuuskasvu pysyi tutkimuksen aikana lähes samana  
se pieneni  $6,47 \text{ dm}^3$ :stä  $5,66 \text{ dm}^3$ :iin.

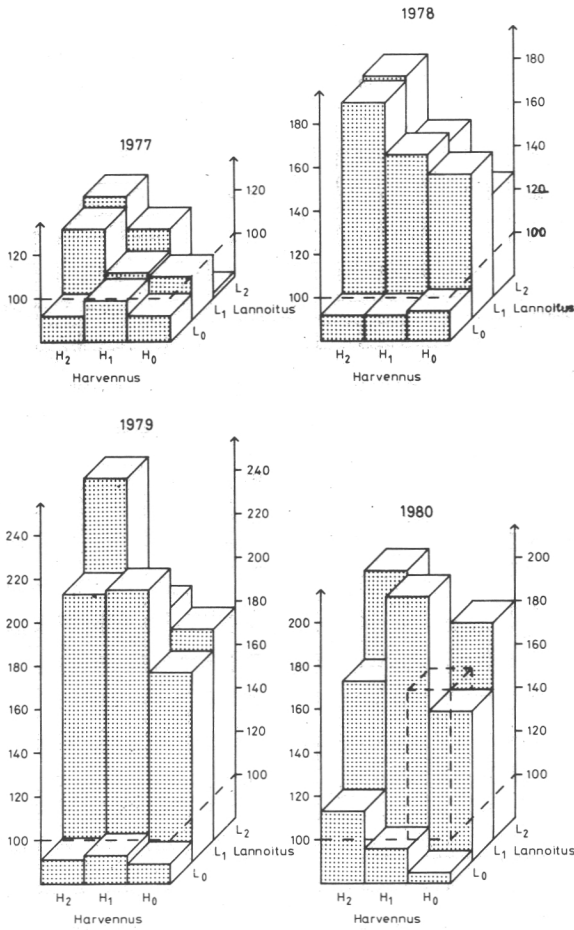
Lannoitus lisäsi kasvua merkitsevästi toisesta vuodesta lähti-  
( $p < 0,001$ ). Kasvun lisäys oli suurin kolmantena vuonna.  
Neljäntenä vuonna vaikutus oli jo pienentynyt.

Lannoituksen määrällä ei ollut paljoa merkitystä. Lievästi  
lannoitetuilla koealoilla kasvu oli vuonna 1979 192 % vuosien  
1975 ja 1976 kasvusta, kun vastaava arvo voimakkaasti lannoit-  
tuilla koealoilla oli 203 % (kuva 12).

Lannoittamattomilla koealoilla harvennus lisäsi kasvua kolman-  
tena ja neljäntenä vuonna. Varianssianalyysin mukaan harvennus  
vähensi kasvua merkitsevästi ensimmäisenä vuonna ( $p < 0,001$ ).  
Lannoitukseen yhdistettynä harvennus oli lisännyt kasvua kyse-  
senä vuonna. Myös muina vuosina lannoitus ja harvennus yhdes-  
lisäsivät kasvua enemmän kuin pelkkä lannoitus (kuva 12). Va-  
rianssianalyysin mukaan yhteisvaikutus oli merkitsevä kaikkina  
vuosina ( $p < 0,01$ ). Paras puukohtainen kasvu saatiin  
yhdistetyllä voimakkaalla harvennuksella ja lannoituksella  
(kuva 12).

##### 42. Rungon ja oksiston kasvusuhteet

Varianssianalyysin mukaan eivät rungon ja oksiston kasvusuhte-  
teet muuttuneet merkitsevästi lannoituksen ja harvennuksen  
vaikutuksesta.



Kuva 12. Runkopuun suhteellisen tilavuuskasvun kehitys. Vuosien 1975 ja 1976 kasvujen keskiarvo = 100. Lyhenteiden selitykset katso liite.

| Vuosi | $L_0H_0$ | $L_0H_1$ | $L_0H_2$ | $L_1H_0$ | $L_1H_1$ | $L_1H_2$ | $L_2H_0$ | $L_2H_1$ | $L_2H_2$ |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1975  | 19,64    | 9,28     | 9,02     | 12,75    | 17,44    | 12,92    | 10,50    | 12,12    | 9,80     |
| 1976  | 13,34    | 8,67     | 8,56     | 12,43    | 15,65    | 10,87    | 9,10     | 9,03     | 9,63     |
| 1977  | 10,52    | 8,88     | 8,55     | 11,48    | 11,04    | 10,55    | 7,29     | 8,61     | 12,32    |
| 1978  | 10,70    | 9,85     | 8,23     | 11,97    | 12,59    | 9,09     | 9,37     | 9,33     | 10,33    |
| 1979  | 10,48    | 9,82     | 8,20     | 10,44    | 11,73    | 10,43    | 10,37    | 8,50     | 12,35    |
| 1980  | 7,67     | 7,11     | 6,71     | 6,90     | 9,66     | 7,67     | 8,38     | 5,66     | 7,89     |

Taulukko 6. Rungon ja oksiston tilavuuskasvujen suhteen kehitys. Lyhenteiden selitykset katso liite.

Käsitlemättömällä ruudulla suhdeluku pieneni tutkittuna ajanjaksona. Oksiston tilavuuskasvu lisääntyi suhteessa rungon tilavuuskasvuun, kun puiden ikä lisääntyi 31:stä 38 vuoteen. Koealoilla, joilla puut olivat tutkimusjakson aikana 40 - 55 vuotiaita, ei suhdeluku pienentynyt yhtä voimakkaasti (taulukko 6). Tuloksien luotettavuutta heikentää varsinkin aikaisempien vuosien osalta se, että oksien tilavuuskasvusta puuttui tutkimusjakson aikana kuolleiden oksien kasvu.

Voimakas lannoitus suurensi suhdetta ensimmäisestä vuodesta lähtien, mutta suurin lisäys oli kolmantena vuonna. Rungon tilavuuskasvu lisääntyi enemmän kuin oksiston tilavuuskasvu. Voimakas harvennus suurensi myös suhdetta ensimmäisenä ja kolmantena vuonna. Eniten suhdeluku suureni voimakkaan lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutuksesta. Neljäntenä vuonna ei ollut eroja eri vaihtoehtojen välillä.

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

### 51. Tulosten luotettavuus

Koe sijaitsee tasaisessa hoidetussa männikössä Kaakkois-Suomessa. Koska koe sisältää vain yhden metsikön, sen tuloksia ei voida suoraan yleistää koko Suomeen ja erilaisiin metsiköihin. Voidaan kuitenkin olettaa, että lannoituksen ja harvennuksen aiheuttamat muutokset männyn kasvussa ovat samansuuntaisia kautta Suomen ja myös epätasaisissa metsiköissä. Aineiston paikallisuudella on etunsakin, koska siinä ei juuri näy epäolennaista vaihtelua. Tutkimusaineisto on melko pieni. Koealoilta, joita oli yhdeksän, mitattiin kultakin viisi koepuuta. Tämä määrä lienee kuitenkin riittävä osoittamaan toimenpiteiden vaikutusta.

Tuloksista ei ole eliminoitu sään vaikutusta. Sen merkityksen selvittämiseksi kasvun vaihtelua verrattiin vuosittain Metsän-tutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunnalta saatuihin kasvuindekseihin. Rungon kasvun vaihtelu käsittelemättömällä koealalla noudattelee kasvuindeksien vaihtelua. Vain vuonna 1980 tapahtunutta nousua kasvuindeksissä ei ollut havaittavissa millään koealalla. Oksiston tilavuuskasvussa sen sijaan näkyy lisääntyminen kyseisenä vuonna. Koska tuloksia on aina verrattu käsittelemättömän koealan tuloksiin, sään vaikutus ei aiheuttane olennaisia muutoksia tuloksiin. Mm. sade voi kuitenkin vaikuttaa eri tavalla harvennetuilla koealoilla kuin harventamattomilla. Tämä voidaan kuitenkin laskea jo kuuluvaksi harvennuksen vaikutukseen eikä sään vaihteluun.

Aineiston pienuuden vuoksi puiden väliset kokoerot aiheuttivat vaihtelua koealoittaisissa keskiarvoissa ja vaikeuttivat vertailua. Vaihtelua tasoitettiin kovarianssianalyysiä käyttämällä ja suhteellisia arvoja laskemalla.

Tiedot oksien kuolemista tutkittuna ajanjaksona puuttuivat. Se aiheuttaa harhaa aikaisempien vuosien oksiston tilavuus-

kasvussa. Kahdeksas oksakiehkura näyttää sulkeutuneissa männiköissä rajakohdalta, jonka alapuolella oksien kuoleminen nopeutuu riittämättömän valaistuksen vuoksi. Latvuksen yläosissa oksien kuoleminen on vähäistä ja tiheydestä riippumattonta (Kellomäki 1980). Ravinteiden lisäys vähentää myös oksien kuolemista (Albrektson 1980).

Latvussuhteen kehitys kertoo oksien kuolemista. Perssonin (1977) mukaan latvussuhde pienenee nopeasti metsikön tiheyden kasvaessa. Samalla elävistä oksista vapaan rungon osuus lisääntyy 20-vuotiaassa männikössä. Samankaltaisia tuloksia ovat saaneet myös Madgwick (1975) ja Simeon ym. (1976). Tässä tutkimuksessa ei ole tietoja latvusrajan kehityksestä aikaisemmilta vuosilta. Oksien kuoleminen on kuitenkin oletettava ollut samankaltaista eri koealoilla ennen toimenpiteitä. Oksien kuoleminen ei neljässä vuodessa ehdi aiheuttaa suuria eroja koealojen kesken. Niin ollen tulokset oksiston tilavuuskasvun osalta lienevät keskenään riittävän vertailukelpoisia.

Oksiston tilavuus käsittää vain oksien ensiasteen haarojen tilavuuden. Se ei siis vastaa latvuksen todellista kokonaistilavuutta. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, ettei siinä näy mm. lannoituksen ja harvennuksen mahdollisesta oksien haaromista lisäävä vaikutus eikä sivuhaarojen kasvu (ks. Brix ja Ebell 1969, Ilonen ym. 1979).

Saatuja tuloksia voitaneen pitää riittävän luotettavina ja niiden yleistettävyydenkin on kyllin hyvä, jos halutaan tehdä suuntaa-antavia päätelmiä toimenpiteiden vaikutuksesta männiköihin.

Oksiston tilavuuskasvu lisääntyi iän myötä tutkittuna ajanjaksona. Käsittämättömän koealan puusto vanheni tällöin 33:stä 40:een vuoteen. Vain koealalla 8, jonka puusto oli tutkimuksen lopussa 52-vuotias, ei oksiston tilavuuskasvun lisääntyminen ollut selvää ennen toimenpiteitä. Saatuja tuloksia tukee Albrektsonin (1980) tutkimus, jonka mukaan oksiston tilavuuskasvu lisääntyy nopeasti männyllä vain 40 ikävuoteen asti

Tämän jälkeen kasvu pysähtyy ja voi jopa pienentyä. Rungon tilavuuskasvu pysyi lähes samalla tasolla tutkittuna ajanjaksona. Kehitys ennen toimenpiteitä oli samansuuntaista kaikilla ruuduilla.

## 52. Lannoituksen vaikutus männyn kasvuun

Tutkimuksessa voidaan havaita lannoituksen kasvua lisäävä vaikutus. Rungon tilavuuskasvu reagoi jo ensimmäisenä vuonna, mutta oksiston tilavuuskasvu ja rungon pituuskasvu lisääntyvät vasta toisesta vuodesta lähtien.

Ensimmäisenä vuonna lannoitus on ilmeisesti lisännyt neulasten määrää ja oksien haaromista ja siksi oksiston ensiasteen haarojen kasvu on jäänyt toiselle sijalle. Rungon tilavuuskasvukin on lisääntynyt tällöin vain hiukan. Toisena vuonna suurentunut neulaspinta-ala aiheuttaa jo selvän reaktion kaikkialla puussa. Voimakas kasvu jatkuu kolmantenakin vuonna, jolloin lannoituksen aiheuttama kasvun lisäys on suurimmillaan. Neljäntenä vuonna kasvu on jo pienenemässä. Myös aikaisempien tutkimuksien mukaan lannoituksen kulminaatio osuu männyn rungon osalta 3. - 4. vuodelle (Brantseg ym. 1970, Haapanen ym. 1979).

Oksiston tilavuuskasvu kulminoituu rungon kasvun kanssa yhtä aikaa. Pituuskasvu on vielä hiukan lisääntynyt neljäntenä vuonna ja ylimpien oksien pituuskasvu aina seitsemänteen oksakiekuraan asti on tällöin selvästi lisääntymässä. Alemmissä oksissa lannoituksen vaikutus näkyy vain toisena vuonna.

Latvuksen yläosissa lannoituksen vaikutus jatkuu pitempään, koska valon puute ei muodostu rajoittavaksi tekijäksi. Brix ja Ebell (1969) ovat todenneet, että neulasmassa saavuttaa kahdessa vuodessa optimin saatavilla olevaan valoon nähden ja tämän jälkeen latvuksen sisäinen varjostus vähentää lannoitusreaktioita.

Myös tässä tutkimuksessa latvuksen yläosan kasvu suhteessa kokonaiskasvuun on suurentunut neljäsosena vuonna, jolloin valon puute on jo heikentänyt latvuksen alaosan kasvua.

Lannoitusmäärän nostamisella nykysuosituksen mukaisesta kaksinkertaiseksi ei ole suurta merkitystä puun kasvuille. Rungon tilavuuskasvussa ja pituuskasvussa ero eri voimakkuusasteiden välillä on noin 10 %. Oksiston tilavuuskasvussa ero on noin 5 %. Harvennetuilla koealoilla ero kuitenkin suurenee oksiston tilavuuskasvun osalta 40 %:iin. Harventamattomilla koealoilla latvus ei nähtävästi kykene käyttämään kaikkia voimakkaan lannoituksen antamia ravinteita hyväkseen, kun taas valon lisääntyessä lannoituksen vaikutus suurenee. Rungon tilavuuskasvu on pienentynyt ensimmäisenä vuonna voimakkaasti lannoitetulla ja harventamattomalla koealalla. Tämä saattaisi johtua liian suuren lannoitemäärän aiheuttamasta myrkytyksestä huonois vesiolioissa. Sama ilmiö ei näy harvennetuilla koealoilla ja voidaankin olettaa, että niillä puiden vesitalous on parantunut kilpailun pienennyttyä. Mm. Kellomäki (1978) on todennut paratuneiden vesiolojen lisäävän lannoituksen vaikutusta.

Lannoituksen vaikutus jakaantuu latvuksen eri osiin siten, että kasvu lisääntyy eniten yläosissa aina 7. ja 11. oksakiehkuraan asti. Oksien pituuskasvu ja tilavuuskasvu reagoivat hiukan eri tavoin. Eniten pituuttaan lisää ylin oksa, kun taas tilavuus lisääntyy eniten 4. oksakiehkurassa. Pituuskasvussa lannoituksen vaikutus näkyy hiukan vielä 19. oksakiehkurassakin, kun tilavuuskasvussa ei tapahdu muutoksia 11. kiehkuraa alempana. Oksien sädekasvu väheneekin nopeammin kuin pituuskasvu valaistuksen heiketessä (Kellomäki ja Kanninen 1980). Kellomäen (1980) mukaan kasvu on myös 5 - 20-vuotiailla männyillä suurinta ylimmissä (1. - 6.) oksakiehkuroissa ja juuri näiden kasvuun fotosynteesi vaikuttaa eniten. Siksi lannoituksenkin vaikutus näkyy parhaiten latvuksen yläosissa.

Latvuksen alaosissa neulasten määrän ja biomassan välinen suhde on 30-kertainen yläosiin verrattuna. Suhde suurenee kiehkuran järjestysluvun mukana (Kellomäki 1980). Latvuksen

alaosa ei siis reagoi yhtä herkästi olosuhteiden muutoksiin kuin yläosa. Siellä kasvu keskittyy neulasten tuotantoon.

Koska lannoitus lisää latvuksen kasvua eniten yläosissa, latvuksen aktiivinen osa lisääntyy enemmän suhteessa varjolatvukseen. Lannoituksen vaikutus keskittyy siis myös rungon kasvun kannalta tärkeään latvuksen osaan. Lannoitus lisääkin rungon tilavuuskasvua suhteessa oksiston tilavuuskasvuun ensimmäisenä, toisena ja kolmantena vuonna.

### 53. Harvennuksen vaikutus männyn kasvuun

Pelkkä harvennus pienentää oksiston tilavuuskasvua ensimmäisenä ja toisena vuonna. Kolmantena vuonna harvennettujen koealojen oksiston kasvu on jo saavuttanut harventamattomien kasvun tason. Rungon ja ylimpien oksien pituuskasvut pienenevät vain voimakkaan harvennuksen jälkeen toisena ja kolmantena vuonna.

Harvennuksen oksiston kasvua pienentävä vaikutus saattaisi johtua seuraavasta syystä. Kun metsiköstä poistetaan puita, koko lehvästön biomassassa pienenee äkillisesti. Lehtipinta-alan tasapainoteorian (Kellomäki 1981) mukaan käsittelyn jälkeinen metsikön kehitys johtaa lehtipinta-alan lisääntymiseen, kunnes metsikön maksimaalinen lehtipinta-ala on saavutettu.

Koska runkoja on metsikössä vähemmän kuin aiemmin, yksittäisten puiden on lisättävä lehvästöä. Kasvu keskittyy oksien haaromiseen ja neulasten koon lisääntymiseen, koska lehtipinta-ala pystyy siten lisääntymään nopeimmin. Oksien haarominen on yleensäkin suurinta hyvissä valaistusolosuhteissa (Ilonen ym. 1979). Oksiston ensiasteen haarojen tilavuuskasvu jää siis alussa toiselle sijalle. Parin vuoden kuluttua lisääntynyt neulaspinta-ala näkyy jo oksiston tilavuuskasvun lisääntymisenä samoin kuin rungon tilavuuskasvussakin. Ensimmäisenä ja toisena vuonna rungon tilavuuskasvu on pysynyt lähes muuttumattomana harvennuksen vaikutuksesta. Haapasen ym. (1979) mukaan harvennus lisää heti ensimmäisestä vuodesta lähtien

rungon sädekasvua rinnankorkeudella. Ero tuloksissa johtunee siitä, että harvennus lisää alussa kasvua vain rungon alaosissa. Kolmantena ja neljäntenä vuonna lisääntynyt tilavuuskasvu voi johtua myös hakkuutähteiden maan ravinteita lisäävästä vaikutuksesta.

Voimakas harvennus on lisännyt neljäntenä vuonna sekä rungon että oksiston tilavuuskasvua enemmän kuin lievä harvennus.

Latvuksen eri osissa harvennus vaikuttaa eri tavoin. Yläosissa voimakas harvennus pienentää kasvua. Eniten vähenee rungon pituuskasvu. Se johtuu osittain sivuvarjostuksen vähenemisestä. Puu lisää pituuttaan eniten tilanteessa, jossa lähipuiden varjostus aiheuttaa kilpailua (Kellomäki 1980, Shiley 1955). Liian tiheässä metsikössä pituuskasvu taas pienenee surkastuvan latvuksen vuoksi. Tämän vuoksi lievä harvennus lisää pituuskasvua. Selvimmin lievä harvennus on lisännyt pituuskasvua koealalla, joka on lievästi lannoitettu. Myös lannoittamattomalla koealalla lievä harvennus on lisännyt pituuskasvua neljäntenä vuonna harventamatonta koealaa enemmän.

Aina seitsemänteen oksakiehkuraan asti voimakas harvennus pienentää oksien pituuskasvua toisena ja kolmantena vuonna. 11. kiehkurasta alaspäin oksien pituuskasvu lisääntyy harvennuksen vaikutuksesta toisena vuonna. Harvennus siirtää kasvupainopistettä alaspäin latvuksessa, niin että alussa yläosan kasvu vähenee ja se latvuksen osa, joka aiemmin on kärsinyt valon puutteesta, lisää kasvuaan. Voimakkaan harvennuksen johdosta yläosan kasvu on pienentynyt ja alaosan lisääntynyt. Tämä ei näy enää voimakkaasti lannoitetulla koealalla, koska siellä lannoitus on lisännyt yläosan kasvua ja suhde on pysynyt muuttumattomana. Myös lievästi harvennetuilla koealoilla suhde on pysynyt lähes muuttumattomana. Neljäntenä vuonna tilanne on jo tasoittunut. Vain rungon pituuskasvussa taantuminen näkyy vielä neljäntenäkin vuonna voimakkaan harvennuksen johdosta.

Latvuksen alin osa ei reagoi olosuhteiden muutoksiin yhtä herkästi kuin yläosa. Oksien kasvu lisääntyy valon lisääntyessä

Kasvu on ollut lisääntymässä 12. kiehkuran yläpuolella kolmantena ja neljäntenä vuonna sekä lievästi että voimakkaasti harvennetuilla koealoilla. Sitä alempana vain voimakas harvennus on aiheuttanut pienen reaktion. Lievä harvennus ei nähtävästi lisää valoa 12. kiehkuraa alempana.

Oksien tilavuuskasvu reagoi hiukan eri tavoin kuin oksien pituuskasvu. Latvuksen yläosissa harvennus ei juuri vaikuta tilavuuskasvuun. 7. ja 11. oksakiehkurassa harvennus on ensin pienentänyt kasvua, mutta neljäntenä vuonna kasvu on jo suurempi kuin käsittelemättömällä koealalla. Harvennus lisää oksien paksuuskasvua siinä latvuksen osassa, joka aiemmin kärsi valon puutteesta (Madgwick 1975). Harvoissa metsiköissä oksat ovat paksuja lähes koko latvuksen alueella, mutta tiheissä metsiköissä paksuimmat oksat sijaitsevat latvuksen yläosissa ja ovat sielläkin ohuempia kuin harvassa metsikössä (Persson 1977). Oksan sädekasvu vähenee nopeammin kuin pituuskasvu valaistuksen heiketyssä (Kellomäki 1980). Harvennus ei aiheuttanut minkäänlaista reaktiota oksien tilavuuskasvussa 11. oksakiehkuraa alempana.

Kellomäen (1981b) mukaan kasvun jakaantuminen puun eri osiin tapahtuu valaistuksen vaihdella niin, että rungon kasvun osuus on suurimmillaan valaistuksen ollessa 60 - 70 % aukean valomäärästä. Valaistuksen lisääntyessä rungon kasvu voi suurentua, mutta oksien kasvu suurenee suhteessa enemmän. Neulasten kasvun osuus suurenee taas valomäärän vähetessä.

#### 54. Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus

Lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus näkyy selvimmin rungon tilavuuskasvussa. Heti ensimmäisenä vuonna lannoitetuilla ja harvennetuilla koealoilla kasvu on lisääntynyt enemmän kuin pelkästään lannoitetuilla. Rungon kasvunlisäys on sitä suurempi mitä enemmän on harvennettu. Oksiston tilavuuskasvussa ei ole tapahtunut samansuuntaista muutosta ensimmäisenä vuonna. Tämä voi osittain johtua siitä aiemmin mainitusta syystä, että oksiston tilavuuskasvussa ei näy oksien

sivuhaarojen kasvu eikä oksien haarominen. Rungon tilavuuskasvussa lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus näkyy kaikkina vuosina. Se voi johtua vesiolosuhteiden paranemisesta ja parantuneesta valaistuksesta, jolloin puu kykenee paremmin hyödyntämään parantunutta ravinnetilannetta.

Rungon tilavuuskasvu lisääntyy eniten voimakkaasti lannoitetulla ja voimakkaasti harvennetulla koealalla. Samansuuntaisia tuloksia ovat saaneet aiemmin mm. Jonsson ja Möller (1976) ja Haapanen ym. (1979). Vaikka lannoitus ja harvennus lisäävät sekä oksiston että rungon kasvua, kasvu lisääntyy hiukan eniten rungon osalta. Oksistossa kasvun lisäys näkyy lähinnä latvun yläosissa.

Oksiston tilavuuskasvussa lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutus näkyy vain voimakkaasti lannoitetuilla koealoilla toisesta vuodesta lähtien. Suurin kasvun lisäys on voimakkaasti lannoitetulla ja lievästi harvennetulla koealalla. Latvus ei nähtävästi pysty hyödyntämään koko lannoitemäärää voimakkaasti lannoitetuilla koealoilla ilman harvennusta, sillä valon puute muodostuu rajoittavaksi tekijäksi. Vähemmän lannoitetuilla koealoilla oksisto lisää kasvuaan yhtä paljon sekä harvennetuilla että harventamattomilla koealoilla.

Voimakas harvennus pienentää puun pituuskasvua lannoituksesta huolimatta toisena ja kolmantena vuonna (ks. Bucht 1981). Kasvuvutilan suureneminen siirtää kasvua latvuksessa alempiin oksiksi ja latvus pyrkii levittäytymään sivulle päin. Lannoitus ei vähennä tätä vaikutusta, vaan lisää sekä oksien kasvua että puun pituuskasvua.

Lievä harvennus pitää kasvun painopisteen ylempänä latvuksessa ja lannoitukseen yhdistettynä se lisääkin puun pituuskasvua enemmän kuin harventamaton koeala (ks. Bucht 1981). Suurin pituuskasvun lisäys saadaan lievän harvennuksen ja lievän lannoituksen jälkeen. Lievästi harvennetulla ja voimakkaasti lannoitetulla koealalla lisääntyy eniten oksiston tilavuuskasvu.

Voimakas lannoitus ja voimakas harvennus yhdessä lisäävät 1. - 7. oksakiehkuroiden pituuskasvua, kun taas lievä lannoitus voimakkaan harvennuksen yhteydessä ei lisää oksiston yläosan kasvua yhtä voimakkaasti. Lievä lannoitus ei ilmeisesti kykene lisäämään oksiston yläosan kasvua niin paljon, että se korvaisi harvennuksen kasvua pienentävän vaikutuksen.

Lähes kaikilla kasvatunnuksilla myös lannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutuksen kulminoituminen tapahtuu kolmantena vuonna. Harvennus ei siis jatka lannoituksen vaikutusaikaa. Tosin Weetman (1971) on esittänyt kuusen osalta päinvastaisia tuloksia.

Tulokset viittaavat siihen, että lannoituksesta saadaan suurin hyöty, kun lannoitettava metsikkö on harvennettu niin että puiden latvuksille on riittävästi valoa (ks. myös Haapanen ym. 1979, Möller ja Pettersson 1980). Harvennusvaiheen metsässä ei liene oleellista pelkoa lannoituksen oksikkuutta lisäävästä vaikutuksesta, sillä oksiston kasvu lisääntyi lannoituksen ansiosta lähinnä latvuksen yläosassa. Lannoitus ei lisännyt oksiston kasvua suhteessa runkokuun kasvuun, joten tässäkin suhteessa lannoituksen vaikutus ei ollut haitallinen.

## KIRJALLISUUS

- ALBREKTSON, A. 1980. Tallens biomassa, storlek-utvecklings uppskattningsmetoder. Sveriges lantbruksuniversitet institutionen för skogsskötsel. Rapporter Nr. 2: 1-189.
- ASSMANN, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. 506 s.
- BRANTSEG, A., BREKKA, A. & BRAASTAD, H. 1970. Gjødslingsforsøk i gran- og furuskog. Medd. Norske Skogforsøkssv. Nr. 100, B. XXVII: 538-607.
- BRIX, H. & EBELL, L.F. 1969. Effect of nitrogen fertilization on growth, leaf area and photosynthesis rate in Douglas fir. For. Sci. 15: 189-196.
- BUCHT, S. 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. f. Skogsskötsel Rapp. 4: 1-276.
- FAGERSTRÖM, T. & LOHM, V. 1977. Growth in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) Mechanism of Response to Nitrogen. Oecologia (Berl.) 26: 305-315.
- GUSTAVSEN, H.G. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Folia For. 246: 1-20.
- HAAPANEN, T., HARI, P. & KELLOMÄKI, S. 1979. Effect of fertilization and thinning on radial growth of Scots pine. Silva Fenn. 13(2): 184-189.
- HAVERAAEN, O. 1980. Tynning og gjødsling i furuskog på Hernesmoen ved Kongsvinger. Tidsskr. Skogbr. 88(III): 209-221.
- ILONEN, P., KELLOMÄKI, S., HARI, P. & KANNINEN, M. 1979. On distribution of growth in crown system of some young Scots pine stands. Silva Fenn. 13(4): 316-326.
- JONSSON, E. & MÖLLER, G. 1977. Gødslings- och gallringseffekter i överslutna tallbestånd. För. skogsträdsföräld och Inst. för skogsförbättring, Årsbok 1976: 62-116.
- KELLOMÄKI, S. 1978. Typpilannoituksen vaikutus havupuiden fotosynteesikapasiteettiin. Silva Fenn. 12(33): 231-239.
- " 1979. Lannoituksen vaikutus puun laatuun. Folia For. 400: 53-57.
- " 1980. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Commun. Inst. For. Fenn. 98(4): 1-50.

- KELLOMÄKI, S. 1981a. Metsikön kasvatustoimenpiteiden ja metsikön uudistamisen ekofysiologia. Helsingin yliopisto. Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. Monistesarja. 1/81: 76-108.
- " 1981b. Effect of the within-stand light conditions on the share of stem, branch and needle growth in a twenty-year-old Scots pine stand. *Silva Fenn.* 15(2): 130-139.
- " & KANNINEN, M. 1980. Ecophysiological studies on young Scots pine stands. IV. Allocation of photosynthates for crown and stem growth. *Silva Fenn.* 14(4): 397-408.
- KILKKI, P. & VARMOLA, M. 1981. Taper curve models for Scots pine and their applications. *Acta For. Fenn.* 174: 1-60.
- KUKKOLA, M. 1978. Lannoituksen vaikutus eri latvuserrosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa. *Folia For.* 362: 1-15.
- MADGWICK, H.A.I. 1975. Branch growth of *Pinus resinosa* (Ait.) with particular reference to potassium nutrition. *Can. J. For. Res.* 5: 509-514.
- MÖLLER, G. & PETTERSSON, F. 1980. Samspelseffekter mellan gödsling och gallring. Särtryck ur För. Skogsträdsförädling och Inst. för skogsförbättring. Årsbok 1979: 131-144.
- NYSSÖNEN, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Acta For. Fenn.* 60(4): 1-174.
- PERSSON, A. 1977. Kvalitets utveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Rapp. Uppsats, Instn. Skogsprod. Skogshögsk. Nr. 45: 1-152.
- SHIRLEY, H.L. 1955. Shade and Tree Form in Pines. *J. For.* Nr. 53: 139.
- SIMEON, G.R., WOOD, G.B. & FORREST, W.G. 1976. Effects of thinning on crown structure in radiata pine. *New Zealand Journal of Forestry science.* 6: 57-66.
- TIGERSTEDT, P. 1981. Skogens gröna revolution. *Skogsbruket* Nr. 2: 32-37.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80(2): 1-105.
- VUOKILA, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. *Folia For.* 247: 1-24.
- " 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. *Folia For.* 298: 1-17.

- WEETMAN, G.F. 1971. Effects of thinning and fertilization on the nutrient uptake, growth and wood quality of upland black spruce. Woodlands papers. W.P. Nr. 28: 1-18.
- WESTMAN, C.J. 1975. Metsänlannoituksen perusteet. Konekirjoite. Metsänhoitotieteen laitos. 50 s.

## LIITE. Tietoja koeuista.

| Koeala | Puu | Rinnan-<br>korkeus-<br>läpim.<br>cm | Pituus<br>m | Latvus-<br>suhde | Ikä | Latvus-<br>kerros |
|--------|-----|-------------------------------------|-------------|------------------|-----|-------------------|
| 1      | 1   | 17,2                                | 13,6        | 0,76             | 48  | L                 |
| 1      | 2   | 14,0                                | 12,2        | 0,58             | 42  | L                 |
| 1      | 3   | 13,8                                | 13,0        | 0,59             | 46  | P                 |
| 1      | 4   | 10,0                                | 11,8        | 0,57             | 39  | V                 |
| 1      | 5   | 12,9                                | 13,2        | 0,66             | 39  | L                 |
| 2      | 6   | 13,0                                | 12,6        | 0,64             | 38  | L                 |
| 2      | 7   | 13,7                                | 11,4        | 0,60             | 36  | L                 |
| 2      | 8   | 10,2                                | 11,0        | 0,56             | 37  | V                 |
| 2      | 9   | 7,9                                 | 10,4        | 0,70             | 32  | V                 |
| 2      | 10  | 13,4                                | 13,0        | 0,61             | 46  | V                 |
| 3      | 11  | 14,0                                | 12,3        | 0,65             | 34  | L                 |
| 3      | 12  | 11,2                                | 11,2        | 0,63             | 38  | L                 |
| 3      | 13  | 14,0                                | 12,1        | 0,59             | 38  | P                 |
| 3      | 14  | 14,7                                | 11,4        | 0,57             | 36  | L                 |
| 3      | 15  | 17,5                                | 13,1        | 0,68             | 32  | P                 |
| 4      | 16  | 16,1                                | 13,4        | 0,53             | 42  | P                 |
| 4      | 17  | 16,3                                | 13,2        | 0,59             | 36  | P                 |
| 4      | 18  | 13,0                                | 12,4        | 0,52             | 35  | P                 |
| 4      | 19  | 14,6                                | 14,3        | 0,53             | 43  | P                 |
| 4      | 20  | 17,7                                | 13,6        | 0,60             | 47  | P                 |
| 5      | 21  | 17,5                                | 12,5        | 0,59             | 33  | P                 |
| 5      | 22  | 13,2                                | 10,5        | 0,60             | 35  | L                 |
| 5      | 23  | 11,5                                | 11,0        | 0,65             | 35  | L                 |
| 5      | 24  | 11,2                                | 12,7        | 0,57             | 40  | P                 |
| 5      | 25  | 12,9                                | 13,1        | 0,50             | 38  | P                 |
| 6      | 26  | 19,2                                | 13,4        | 0,62             | 45  | P                 |
| 6      | 27  | 11,5                                | 10,6        | 0,65             | 35  | V                 |
| 6      | 28  | 16,6                                | 14,8        | 0,56             | 47  | P                 |
| 6      | 29  | 11,3                                | 12,5        | 0,70             | 35  | L                 |
| 6      | 30  | 12,3                                | 12,9        | 0,51             | 38  | L                 |
| 7      | 31  | 18,5                                | 16,3        | 0,55             | 50  | P                 |
| 7      | 32  | 17,5                                | 13,2        | 0,62             | 50  | P                 |
| 7      | 33  | 10,9                                | 12,4        | 0,50             | 45  | L                 |
| 7      | 34  | 12,3                                | 11,8        | 0,66             | 52  | L                 |
| 7      | 35  | 14,3                                | 13,0        | 0,52             | 42  | P                 |
| 8      | 36  | 14,6                                | 13,3        | 0,62             | 56  | P                 |
| 8      | 37  | 23,0                                | 16,2        | 0,57             | 57  | P                 |
| 8      | 38  | 15,8                                | 13,0        | 0,66             | 54  | P                 |
| 8      | 39  | 11,6                                | 10,5        | 0,61             | 43  | L                 |
| 8      | 40  | 22,0                                | 15,2        | 0,69             | 49  | P                 |
| 9      | 41  | 16,7                                | 13,6        | 0,58             | 46  | P                 |
| 9      | 42  | 15,3                                | 13,4        | 0,62             | 46  | P                 |
| 9      | 43  | 17,1                                | 12,5        | 0,63             | 47  | P                 |
| 9      | 44  | 17,0                                | 13,7        | 0,69             | 59  | L                 |
| 9      | 45  | 19,0                                | 15,3        | 0,65             | 47  | P                 |

Lannoitus- ja harvennus-  
vaihtoehdot eri koealoilla

Koeala Toimenpiteet

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | L <sub>0</sub> H <sub>1</sub> |
| 2 | L <sub>1</sub> H <sub>2</sub> |
| 3 | L <sub>2</sub> H <sub>2</sub> |
| 4 | L <sub>1</sub> H <sub>0</sub> |
| 5 | L <sub>2</sub> H <sub>1</sub> |
| 6 | L <sub>0</sub> H <sub>0</sub> |
| 7 | L <sub>1</sub> H <sub>1</sub> |
| 8 | L <sub>0</sub> H <sub>2</sub> |
| 9 | L <sub>2</sub> H <sub>0</sub> |

P = päävaltapuu  
L = lisävaltapuu  
V = välipuuL<sub>0</sub> = lannoittamatonL<sub>1</sub> = typpirikas Y-lannos 750 kg/  
ha (150N - 33P - 62K)L<sub>2</sub> = typpirikas Y-lannos 1500 kg/  
ha (300N - 65P - 124K)H<sub>0</sub> = harventamatonH<sub>1</sub> = harvennettu, jätetty  
1840 kpl/haH<sub>2</sub> = harvennettu, jätetty  
920 kpl/ha







