HARVENNUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN TAIMISTON JA RIUKUVAIHEEN METSIKÖN KEHITYKSEEN

Jari Parviainen

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

KUVATEKSTIT

Kuva 1. Näytevalokuvat Etelä-Suomen koealojen eri käsittelyasteista vuodelta 1975. Kuvat ylhäältä alaspäin käsittelyasteittain, lähin ylimpänä.

Kuva 2. Koeruutujen reunapuuston eroavuuden tarkasteluvaihtoehdot. ▨ = tutkittu alue.

Kuva 3. Keskiläpimitan, keskipituuden ja latvussuhteen vaihtelu koeruudun eri osissa Ruotsinkylän koealalla 6 (——) ja koealalla 28 (---) v. 1976.

Kuva 4. Keski- (——) ja valtapituuden (---) kehitys koealoittain. Käsittelyasteiden selitykset ks. taulukko 4.

Kuva 5. Puuston runkolukusarjat eri mittauskerroilla koealoittain.

Kuva 6. Keski (——) ja valtaläpimitan (---) kehitys koealoittain. Käsittelyasteiden selitykset ks. taulukko 6.

Kuva 7. Pohjapinta-alan kehitys koealoittain. Pienet ympyrät tarkoittavat Etelä-Suomen männiköiden harvennusmalleissa sovellettavia puuston kasvatusrajoja. Ylin ympyrä = leimausraja, keskimmäinen ympyrä = minimi leimauksen jälkeen ja alin ympyrä = minimi korjuun jälkeen.

Kuva 8. Kuutiomäärän kehitys koealoittain. Käsittelyasteiden selitykset ks. taulukko 8.

Kuva 9. Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 sekä Punkaharjun ja Kivalon koealoilla v. 1975. □ = kuutiomäärä

järeysluokassa 6,5...10,4 cm,  = kuutiomäärä järeysluokassa 10,5...14,4 cm ja  = yli 14,5 cm:n paksuisten puiden kuutiomäärä.

Kuva 10. Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1975.  = kuutiomäärä järeysluokassa 6,5...10,4 cm,  = kuutiomäärä järeysluokassa 10,5...14,4 cm,  = kuutiomäärä järeysluokassa 14,5...18,4 cm ja  = yli 18,5 cm:n paksuisten puiden kuutiomäärä.

Kuva 11. Eri käsittelyasteiden pituuskäyrä koealoittain v. 1975. Käsittelyasteiden selitykset ks. taulukko 14 .

Sisällys

1. Johdanto
2. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto
   21. Koealojen yleiskuva
   22. Puuston mittaus
      221. Mittaukset kokeiden perustamisvaiheessa
      222. Myöhemmät mittaukset
   23. Puustotunnusten laskenta
   24. Tilastolliset testaukset
3. Koeruutujen reunapuusto
4. Puusto kokeiden perustamishetkellä
   41. Puusto ennen harvennusta
   42. Puuston käsittely
5. Harvennuksen vaikutus puuston kehitykseen
   51. Keski- ja valtapituus
   52. Runkolukusarjojen muutokset
   53. Keski- ja valtaläpimitta
   54. Pohjapinta-ala
   55. Kuutiokasvu
   56. Käyttöpuun tuotos
      561. Käyttörunkojen lukumäärä
      562. Käyttöpuun kuutiomäärä
      563. Käyttörungon keskikoko
   57. Runkomuoto
   58. Latvuksen pituus
6. Tulosten tarkastelu
   61. Tulosten luotettavuus
   62. Metsänhoidolliset ja puuntuotannolliset näkökohdat
7. Kirjallisuusluettelo
8. Tiivistelmä

JOHDANTO

Selväpiirteisen ja laajamittaisen metsien uudistamistoiminnan myötä keskeiseksi kysymykseksi metsikön kasvatuksessa on noussut taimiston ja riukuvaiheen metsikön harvennus. Vuonna 1974 taimistoja ja riukuvaiheen metsiä perattiin sekä harvennettiin yhteensä 310 912 hehtaaria (METSÄTILASTOLLINEN VUOSIKIRJA 1974). Valtakunnan metsien VI:n inventoinnin mukaan on arvioitu, että yksistään männyn luontaisten, vakiintuneiden taimistojen (keskipituus yli 1,3 metriä) ja riukuvaiheen metsien pinta-alasta, 844 000 ha:sta, Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueella on hoidon tai harvennuksen tarpeessa lähimpänä 10-vuotiskautena 52 %. Vastaavasta viljelytaimistojen ja riukuvaiheen metsien pinta-alasta (300 000 ha) on hoidon tarpeessa 59 %. Yhteensä luontaisista ja viljellyistä käsittelyä vaativista taimistoista on kiireellisen hoidon tarpeessa 17 % (vrt. HARSTELA ja TERVO 1975).

Taimiston ja riukuvaiheen metsikän harvennuksen lähtökohtana on sen metsänhoidollinen ja puuntuotannollis-taloudellinen tausta. Lopullinen puuston käsittely tapahtuu kuitenkin vallitsevien teknologisten ja työvoimapoliittisten näkökohtien mukaan. Käsitykset sovellettavista ohjeista muuttuvat myös ajan mukana. Teollisuuden puupula, ja sitä kautta lisääntynyt kiinnostus pienpuun hyväksikäyttömahdollisuuksia (HAKKILA ym. 1975) ja korjuuta (HARSTELA ja TERVO 1976) kohtaan on asettanut taimiston ja riukuvaiheen metsikön käsittelyn osittain uuteen valoon. Mikäli nyt käsittelystä koituvat metsänhoitokustannukset voidaan lukea pienpuun korjuusta saatavaan hyötyyn, taimiston ja riukuvaiheen metsikön

käsittelyn taloudellinen perusta muuttuu, ja vaikuttaa sovellettaviin käsittelyohjeisiin (vrt. ESKELINEN, ~~MELKKO, VESIKALLIO~~ 1976). Tästä syystä entistä suurempi merkitys on harvennuskokeista saatavalla ajanmukaisella biologisella ja puuntuotannollisella tiedolla, jotta eri vaihtoehdot voidaan punnita riittävän monipuolisesti.

Suomessa taimistojen käsittelyä puuntuotannolliselta kannalta on tarkasteltu laajaan ja perusteelliseen kirjallisuuskatsaukseen nojautuen (VUOKILA 1972). Samalla on esitetty tuloksia maksimaalisista käyttörunkojen lukumääristä, joka metsikössä voi kasvaa sen ensiharvennusvaiheessa (vrt. myös NYYSSÖNEN 1968). Lisäksi on tehty tutkimuksia männikön ja kuusikon ensiharvennuskertymästä sekä kuusikon ensiharvennuksesta (VUOKILA 1975, 1976). Männyn kylvötaimistojen taimituppaiden käsittelyä on tarkastellut SIREN (1956). Sitä vastoin toistaiseksi ei ole julkaistu tutkimustuloksia, jotka koskisivat nimenomaan taimiston tai riukuvaiheen metsikön harvennusta. Myös taimistön käsittelyyn läheisesti liittyvät metsikön perustamistiheyttä koskevat kotimaiset selvitykset puuttuvat (vrt. YLI-VAKKURI 1968, YLI-VAKKURI, ~~RÄSÄNEN ja SOLIN~~ 1969), joskin alustavia havaintoja OLLI HEIKINHEIMOn perustamista Turvan tilan kuusen istutusvälikokeista on olemassa (vrt. LILJEROOS 1976).

Lähinnä Suomen metsällisiä olosuhteista vastaaviä taimiston käsittelytutkimuksia on tehty männyllä Ruotsissa (ANDERSSON 1971 a, b, 1975) ja männyllä ja kuusella Norjassa (VESTJORDET 1956, 1971). Metsikön perustamistiheyttä koskevia tutkimuksia

ovat julkaisseet Ruotsissa männyn osalta EKLUND (1956), ANDERSSON (1963), CARBONNIER (1964) ja ELFVING (1975) sekä kuusen osalta CARBONNIER (1954, 1964), ANDERSSON (1960) ja WIKSTEN (1965). Norjassa kuusikon perustamistiheyttä ovat tutkineet BRAATHE (1952) ja BRANTSEG (1959). Muista Suomen olosuhteiden kannalta kiinnostavista tutkimuksista on ennen muuta mainittava irlantilainen JACKin (1971) sitkankuusikon harvennusta koskeva selvitys, jossa käsittelyjen välillä on erittäin laaja tiheysvaihtelu (3000...330 kpl/ha).

Puuston harvennus metsänhoidollisena ja puuntuotannollisena ongelmana on sinänsä vanha ja keskeinen kysymys, jota on tutkittu tieteellisesti jo toista sataa vuotta sitten Saksassa (vrt. esim. ~~ASSMAN 1961;~~ WIKSTEN 1965, DENGLER 1972). Varhaisimmat harvennusta käsittelevät kokeet koskevat kuitenkin ensi sijassa varttuneempien metsien harvennusta, ja ne ovat keskittyneet usein eri harvennustapojen vertailuun. Myös metsikön perustamistiheyttä on tutkittu kauan ja monin kokein eri puolilla maailmaa. Olemassa olevan tiedon runsautta onkin pyritty analysoimaan ja sitä on koottu yhdisteleviin kirjallisuuskatsauksiin (vrt. esim. SJOLTE-JØRGENSEN 1967). Puutteena vanhimmissa tutkimuksissa usein on, ettei niissä ole ollut tilastollisia toistoja. Siksi kokeet eivät anna mahdollisuuksia tulosten luotettavuuden arviointiin. Ensimmäiset tulokset tilastollisin toistoin perustetuista kokeista on julkaistu 1950-luvulla (vrt. CROMER ja PAWSAY 1957). Pohjoismaissa ensimmäisiä tuloksia tilastolliseen koejärjestelyyn pohjautuvista kokeista on voitu julkaista vasta viime vuosina (vrt. CARBONNIER 1974, ELFVING 1975, VUOKILA 1975).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää metsikön taimisto- tai riukuvaiheessa tapahtuvan harvennuksen vaikutusta puuston kehitykseen. Tutkimus koskee mäntyä ja perustuu pysyviin koealoihin. Taimistolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa ns. vakiintunutta taimistoa, jonka keskipituus on vähintään 1,3 metriä, mutta josta ei vielä saada harvennuksessa käyttöpuuta (rinnankorkeusläpimitta $\geq$ 6,5 cm). Riukuvaihe tarkoittaa metsikköä, jonka harvennuksessa on jo voitu poistaa käyttöpuuta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

21. Koealojen yleiskuva

Yleispiirteet tutkimuksen koaloista ja niiden rakenteesta on esitetty taulukossa 1. Kaikkiaan koealoja on viisi ja ne sijaitsevat Metsäntutkimuslaitoksen kolmessa eri kokeilualueessa. Ruotsinkylän ja Punkaharjun koealat sijoittuvat Etelä-Suomen metsänkasvualueeseen (vrt. KOIVISTO 1970). Kivalon koeala sijaitsee Pohjanmaa-Kainuun ja Peräpohjolan kasvualueen rajavyöhykkeellä.

Yleensä koealojen kasvupaikka ja topografia on ollut verraten yhtenäinen koko koealalla. Suurin kasvupaikkavaihtelu on Punkaharjun Muuraissaaren koealalla, jossa metsätyyppi vaihtelee käenkaali-mustikkatyyppi kankaasta (OMT) hyvälaatuiseen puolukkatyypin (VT) kankaaseen. Suurin osa koeruuduista on kuitenkin luokiteltavissa kasvupaikaltaan tuoreeksi kankaaksi

(MT). Kahdella koeruudulla kivisyys aiheuttaa maan tuottokyvyn heikentymistä. Ruuduittain tarkastellen kasvupaikkavaihteluista ei aiheudu tiettyä käsittelyä suosivaa tai alentavaa systemaattisuutta. Ruotsinkylän kokeilualueessa koealan 6 kasvupaikka edustaa keskinkertaista hieman heikompaa puolukkatyypin kangasta. Koealan 28 kasvupaikka sijoittuu metsätyyppiasteikossa puolukkatyypin ja mustikkatyypin kankaan välille.

Metsikön syntytapa on ollut luontainen kaikilla muilla koealoilla paitsi Punkaharjun Muuraissaaressa, jossa metsikkö on perustettu istuttamalla. Muuraissaaren alue hakattiin paljaaksi talvella 1940-41, ja taimet istutettiin keväällä (25.05.-06.06.) 1942. Taimet olivat istutushetkellä keskimäärin 5 cm:n pituisia 1 + 1 vuotisia paljasjuurisia taimia. Istutusväli oli noin 1,5 x 1,5 metriä, mikä vastaa 4400 tainta hehtaarilla. Ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä kesänä taimia kuoli runsaasti, jonka johdosta keväällä 1943 alueella tehtiin täydennysistutus saman alkuperän 1 + 2 vuotisilla taimilla. Myöhemmin vuosina 1946, -48 ja -51 taimistoa on raivattu ja perattu.

Luontaisesti syntyneiden koealametsiköiden alkukehityksestä ei ole yksityiskohtaisia tietoja saatavilla. Koska on kuitenkin kysymys pysyvistä koealoista, luontaiseen uudistamiseen tähtäävät hakkuut ja siemenpuiden poisto sekä siihen liittyvät raivaustyöt ovat yleensä tapahtuneet vallinneen hyvän metsänhoitokäytännön mukaisesti. Ruotsinkylän koealalta 6 siemenpuut on poistettu v. 1945 ja Punkaharjun koealalta 53

Taulukko 1. Yleistietoja koealoista

Koealan kuvaustunnus	Kokeilualue				
	Ruotsinkylä		Punkaharju		Kivalo
	Koealan numero tai sijainti kokeilualueessa				
	Koeala 6	Koeala 28	Muuraissaari	Koeala 53	Sainkivalo
Pohjoinen leveys	60°22'	60°22'	61°46'	61°46'	66°17'
Itäinen pituus	24°57'	24°57'	29°18'	29°18'	26°40'
Korkeus merenpinnasta,m	60	60	80	80	170
Metsätyyppi	VT	VT	MT	VT	MCClt
Maalaji	Hk Mr	H Hk	Ht Mr	Ht Mr	ht HHk
Metsikön syntytapa	luontainen	luontainen	istutus v. 1942	luontainen	luontainen
Kokeen perustamisvuosi	1955	1955	1959	1956	1955
Ruudun koko, m	25 x 25	25 x 25	40 x 40	30 x 30	40 x 40
Ruutuja kaikkiaan, kpl	18	18	12	13	27
Toistoja/käsittelyaste	6	6	4	4 (5)	9
Käsittelyasteet	a = luonontilainen b = normaali harvennus c = vahva harvennus	a = luonnontilainen b = normaali harvennus c = vahva harvennus	a = ei käsitelty b = 2 x 2 m c = 5 x 5 m	a = erittäin lievä harvennus b = 2 x 2 m c = 3 x 3 m	a = luonnontilainen b = normaali harvennus c = erittäin vahva harvennus

v. 1951. Kivalon koealalla aikaisemmin kasvanut männikkö oli on hakattu siemenpuuasentoon v. 1924. Tällöin alalle on jätetty noin 19 metrin pituisia mäntyjä 36 kpl/hehtaari.

Kokeet on perustettu metsiköihin 1950-luvun puolivälissä tai myöhemmin, kaikki kuitenkin neljä 4 vuoden sisällä. Kokeen perustamisajankohdalla tarkoitetaan tässä vuotta, jolloin metsikkö on saatettu puustoa harventamalla tiettyihin tiheysasentoihin.

Koealat on pyritty rajaamaan metsikköön siten, että koealan ympärille on muodostunut samanikäinen ja keskimääräistä käsittelyastetta vastaavasta puustosta koostuva vaippa-alue. Poikkeuksen muodostaa Ruotsinkylän koeala 28, jonka yksi sivu rajoittuu suoraan maantiehen. Punkaharjun koealan 53 ~~koealan~~ yksi laita rajoittuu kapeaan aukkoon ja vanhempaan ympäröivään puustoon.

Jokainen koeala on ruudutettu, ja koeruudut on erotettu toisistaan maastoon kapean hakatun linjan sekä nurkkiin pystytettyjen sementti- tai puupaalujen avulla. Eri käsittelyasteet on sijoitettu ruutuihin täydellisesti arvotun kokeen kaaviota noudattaen. Punkaharjun koealalla 53 käsittelyasteita a ja c on toistettu neljä 4 kertaa ja käsittelyastetta b viisi 5 kertaa.

Ruotsinkylän koealalla 6 on esiintynyt lieviä ytimennävertäjätuhoja 1960-luvun loppupuolella. Tuhot ovat heikentäneet puuston kasvua muutamissa koeruuduissa koealan laidalla. Muilla koealoilla ei ole tuhoja todettu.

Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen Etelä-Suomen koealoilta eri käsittelyasteita edustavat näytekuvat vuodelta 1975.

22. Puuston mittaus

Koealoilla suoritettujen mittausten ajankohdat käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

	Puuston mittausajankohdat			
	1.	2.	3.	4.
Ruotsinkylä, koeala 6	1955	1962	1968	1975
- " - - " - 28	1955	1968	1975	
Punkaharju, Muuraissaari	1959	1970	1975	
- " - , koeala 53	1956	1970	1975	
Kivalo, Sainkivalo	—	1970	1975	

221. Mittaukset kokeiden perustamisvaiheessa

Kokeiden perustamisvaiheessa ensimmäisellä mittauskerralla selvitettiin kunkin koeruudun puuston runkolukusarja. Rinnankorkeusläpimitta mitattiin kaikista rinnankorkeuden (1,3 m maanpinnasta) ylittävistä puista 1 cm:n tarkkuudella eteensattuvalta puolelta tasaavaa luokitusta käyttäen. Kaikki koeruutuun kuuluvat puut luettiin muualla paitsi Punkaharjun Muuraissaaressa. Täällä käsittelemättömissä ruuduissa kaikkien puiden ja harvennetuissa ruuduissa poistettujen puiden runkolukusarja selvitettiin kaistoilta. Koeruutuun (40 x 40 m) rajattiin tasavälein viisi 2 m:n levyistä kaistaa, joille osuvat puut luettiin.

Koepuita poimittiin koko runkolukusarjan laajuudelta painottaen eri läpimittaluokkien osuutta puiden lukumäärällä. Koska kuitenkin puiden määrä pienissä läpimittaluokissa (1-3 cm) oli usein suuri verrattuna muihin läpimittaluokkiin, valittiin näistä luokista vain muutamia puita koepuiksi. Punkaharjun koealoilla koepuita mitattiin ruutua kohti 10...20 kpl. Ruotsinkylässä koepuut otettiin erikseen jäljelle jäävälle ja poistettavalle puustolle. Yhteensä mitattiin 20...40 koepuuta/ruutu. Koepuista selvitettiin puun pituus 25 cm:n tarkkuudella ja puun läpimitta 1 cm:n tarkkuudella 3,5 tai 6 metrin korkeudelta.

222. Myöhemmät mittaukset

Myöhempien mittauskertojen menetelmät pohjautuvat Metsäntutkimuslaitoksessa yleisesti käytettyihin pysyvien koealojen perustamis- ja mittausohjeisiin.

Puiden luvussa otettiin huomioon kaikki rinnankorkeuden ylittävät elävät ja kuolleet puut. Käytännössä puut luettiin kaistojen avulla. Näin haluttiin vähentää puiden luvussa syntyviä virheitä. Ruudun jonkin sivun suunnassa rajattiin narujen avulla kerrallaan 2...4 metrin levyinen kaista, jolle osuvat puut luettiin mittasaksilla eteensattuvalta suunnalta 1 cm:n tarkkuudella. Luettuihin puihin painettiin maalimerkki leimaussauvalla.

Koepuiden poiminnassa on pyritty maastotöiden kannalta joustavaan menetelmään; kuitenkin siten, että on otettu huomioon koepuiden valinnan pääperiaatteet (vrt. esim. KILKKI 1974).

Koska koealoilla puita ei ole numeroitu pysyvästi, ja toisaalta koska koeruuduissa (erityisesti käsittelemättömissä ja luonnontilaisissa ruuduissa) on runsaasti pieniläpimittaisia puita, koepuut on valittu puiden luvun yhteydessä. Arvioitua keskiläpimittaa suuremmista puista koepuita otettiin 2/3 (joka k:s puu) ja keskiläpimittaa pienemmistä 1/3 (joka k/2:s puu) kaikkien koepuiden määrästä. Menetelmä takaa, että koepuut jakautuvat tasaisesti koealalle. Koska ositteita on vain kaksi, koepuut eivät jakaudu optimaalisen kiintiöinnin mukaan. Puutteena on myös, ettei kaikkiin läpimittaluokkiin tule lainkaan koepuita. Varsinaista koepuiden valintaa täydennettiin kuitenkin ottamalla joka ruudulta automaattisesti viisi paksuinta puuta koepuuksi. Samoin tarkattiin, että jokaiseen läpimittaluokkaan tuli vähintään yksi koepuu.

Koepuita poimittiin vähintään 20 kpl ruutua kohti, useimmin 30...40 kpl riippuen ruudun puuston harvennusasteesta ja puumäärästä. Vuoden 1975 mittauksessa valitut koepuut merkittiin Punkaharjulla pysyvästi maastoon maalaamalla puun kylkeen numero. Lisäksi vuonna 1975 Punkaharjun koealalla 53 sovellettiin koepuiden poimintamenetelmää, jossa koepuut poimitaan puiden luvun jälkeen (KILKKI 1974). Koska tällöin puut jouduttiin numeroimaan tilapäisesti, menettely vaatii runsaasti työtä erityisesti tiheintä käsittelyastetta edustavissa ruuduissa. Toisaalta havaittiin, että koepuut eivät aina jakautuneet tasaisesti koealalle, vaan ne keskittyivät usein siihen nurkkaan, josta puiden luku oli aloitettu.

Koepuista selvitettiin Ilvessalon kuutioinnin edellyttämät tunnukset ts. puun pituus, rinnankorkeusläpimitta ja

kapeneminen. Läpimitat mitattiin 1 cm:n ja puun pituus 0,5 metrin tarkkuudella. Pituus selvitettiin 8 metriä lyhyemmistä puista mittaustangon avulla. Pitemmistä puista pituus mitattiin (Suunto-) hypsometrillä.

Vuoden 1975 mittauksissa edellisten tunnusten lisäksi koepuista päätettiin tehdä tarkempia havaintoja. Tällöin mitattiin puun läpimitat 1 cm:n tarkkuudella suhteellisilta osakorkeuksilta, jotka olivat 2,5, 10, 30 ja 50 % puun pituudesta. Edelleen selvitettiin mittaustangon avulla kustakin koepuusta elävän latvuksen alkamiskohta maanpinnan tasosta 1 dm:n tarkkuudella. Puiden välisen etäisyyden selvittämiseksi mitattiin välimatkat koepuusta neljään lähimpään ympäröivään puuhun. Ikämäärityksiä varten kairattiin lastu keskimäärin 8:sta puusta/koeruutu. Kairattavat puut valittiin satunnaisesti siten, että ne edustivat koko runkosarjaa pääpainon ollessa kuitenkin järeimmissä läpimittaluokissa. Kairanlastut talletettiin, ja ikä määritettiin myöhemmin sisätyönä lustomikroskoopin avulla.

Mittaukset on tehty yleensä syksyllä, jolloin läpimitan ja pituuden kasvu on ohi. Viimeisellä mittauskerralla v. 1975 mittaukset aloitettiin Punkaharjulla heinäkuun puolivälissä. Koska männyn pituuskasvu on tähän mennessä yleensä jo lakannut (vrt. HERZ 1929, RAULO ja LEIKOLA 1974), kuluvan kasvukauden kasvain otettiin huomioon pituusmittauksissa. Sitä vastoin männyn paksuuskasvu jatkuu vielä heinäkuussa (vrt. LEIKOLA 1969), ja siksi viimeistä muodostuvaa lustoa ei esim. ikämäärityksissä otettu huomioon. Koska mittaukset

kesällä 1975 jatkuivat Punkaharjun jälkeen elokuun puolessa välissä Ruotsinkylässä ja syyskuun alussa Kivalossa, näillä koealoilla voitiin olettaa läpimitankin kasvu jo päättyneeksi (vrt. NYYSSÖNEN 1954, s. 38).

23. Puustotunnusten laskenta

Puustotunnukset laskettiin aluksi ruutua koskeviksi, josta ne muunnettiin ruudun koosta johtuvalla kertoimella hehtaarikohtaisiksi. Tunnusten laskenta perustui regressioestimaattoreihin. Pituus- ja kapenemiskäyrät tasoitettiin graafisesti. Apuna käytettiin käyräviivainta, ja usein aineistosta laskettiin osakeskiarvoja käyrän sijoittamisen varmentamiseksi. Ensimmäisten mittausten tuloslaskennassa eri läpimittaluokkien yksikkökuutiot otettiin ILVESSALON pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoista. Mikäli ruuduissa oli muita puulajeja kuin mänty, tunnukset laskettiin kullekin puulajille erikseen. Kuitenkin samaan käsittelyasteeseen kuuluvat koepuut yhdistettiin, koska yhdeltä ruudulta mitattiin vieraista puulajeista vain muutama koepuu.

Vuoden 1975 mittaukset suunniteltiin sellaisiksi, että yksikkökuutio voitiin laskea kullekin koepuulle erikseen. Puun kuutiomäärä saatiin JOUKO LAASASENAHOn laatimilla yhtälöillä. Käytetyt yhtälöt olivat seuraavat:

Mänty: yhtälövirhe 2,8 %

$$V = 0{,}0785398 \times h \times (0{,}1404249 \times d_{10}^2 + 0{,}029019 \times d_{2{,}5}^2 + 0{,}182686 \times d_{30}^2 + 0{,}387721 \times d_{50}^2) \qquad (1)$$

Kuusi: yhtälövirhe 3,0 %

$$V = 0{,}0785398 \times h \times (0{,}1599795 \times d_{10}^2 + 0{,}018526 \times d_{2,5}^2 + 0{,}202978 \times d_{30}^2 + 0{,}320514 \times d_{50}^2) \quad (2)$$

Koivu: yhtälövirhe 2,4 %

$$V = 0{,}0785398 \times h \times (0{,}1456089 \times d_{10}^2 + 0{,}019435 \times d_{2,5}^2 + 0{,}193384 \times d_{30}^2 + 0{,}374454 \times d_{50}^2) \quad (3)$$

Yhtälöissä:

V = kuutiomäärä, dm^3

h = puun pituus, m

$d_{2,5}$ = läpimitta, cm, 2,5 %:n korkeudella puun pituudesta

d_{10} = - " - 10 %:n - " -

d_{30} = - " - 30 %:n - " -

d_{50} = - " - 50 %:n - " -

Yhtälöillä lasketut yksikkökuutiot tasoitettiin graafisesti läpimitan funktiona. Lopullinen yksikkökuutio otettiin käyriltä erikseen kullekin läpimittaluokalle.

Valtapituus (h_{dom}) ja valtaläpimitta (d_{dom}) on laskettu hehtaaria kohden 100 paksuimman puun aritmeettisena keskiarvona. Keskipituus ($\bar{h}$) ja keskiläpimitta ($\bar{d}$) on laskettu runkoluvulla painottaen.

Harvennettuihin ruutuihin oli tullut luontaisia taimia ensimmäisen käsittelyn jälkeen. Kun puita luettiin, useimmilla ruuduilla voitiin erottaa selvästi varsinaiseen käsittelyyn kuulumattomat puut, jolloin näistä tehtiin merkintä lomakkeelle. Muutamissa ruuduissa eri aikoina syntyneiden puiden erottaminen oli silmämääräisesti hankalaa, ja siksi laskennassa käsittelyihin kuulumattomat puut pyrittiin poistamaan ottamalla puustotunnuksiin mukaan vain rinnankorkeudelta tietyn läpimitan ylittävät puut. Apuna rajoittamisessa olivat perustamisvaiheen tiedot, joista nähtiin kuhunkin ruutuun jätettyjen puiden lukumäärä. Eniten harvennuksen jälkeen luontaisesti tulleita puita esiintyi Sainkivalon koealalla.

Koska aikaisempien mittausajankohtien laskenta oli puutteellinen, kaikkien mittauskertojen tiedot jouduttiin käymään läpi uudelleen vuosien 1975-76 aikana lopullista tulosten esittämistä varten. Ensimmäisten mittausten tulokset laskettiin käsin. Vuoden 1975 mittaushavainnot käsiteltiin osaksi käsinlaskentana ja osaksi tietokoneella. Puiden lukulomakkeet suunniteltiin käsinlaskentaa varten. Koepuiden tiedot merkittiin suoraan lävistystä varten lävistyslomakkeelle. Koepuiden kuutiomäärä laskettiin MONROE 1860-merkkisellä ohjelmoitavalla ja nauhalle tulostavalla pöytälaskimella (Statistical Programmable Printing Calculator). Aineiston graafisessa tarkastelussa ja tasoituksissa käytettiin hyväksi Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston kehittämää piirrosohjelmaa MTL * FQQ.

24. Tilastolliset testaukset

Kaikkien koealojen koejärjestelynä oli täydellisesti arvottu koe. Tällöin tulokset analysoidaan yhden tekijän varianssianalyysillä. Testaukseen käytettiin kiinteää lineaarista additiivista varianssianalyysimallia (vrt. MATTILA 1973), jonka mukaan yksityinen havaintoarvo x_{ij} voidaan jakaa komponentteihin seuraavasti:

$$x_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \qquad (i = 1,2,\ldots, k \text{ ja } j = 1,2,\ldots, n_i) \qquad (4)$$

jossa

μ = koko aineiston teoreettinen keskiarvo,

α_i = luokan i keskiarvon poikkeama koko aineiston teoreettisesta keskiarvosta, ja

ϵ_{ij} = satunnaisvaihtelualkio, normaalisesti jakautuneesta populaatiosta, jonka keskiarvo on nolla ja varianssi δ^2 .

Suureet α_i ovat kiinteitä lukuja edustaen ennakolta valittujen määrättyjen menetelmien teoreettisia vaikutuksia ($\Sigma\alpha_i = 0$).

Yksisuuntaisen varianssianalyysin käytännön suorituksessa kokonaisneliösumma jaetaan luokkien väliseen ja luokkien sisäiseen neliösummaan. Näistä saadaan estimaatit luokkien väliselle varianssille (s_v^2) ja luokkien sisäiselle varianssille (s_e^2). Luokkien välinen varianssi paljastaa tutkittavien menetelmien aiheuttamat systemaattiset tekijät havaintoaineistossa ja luokkien sisäinen varianssi edustaa koevirhettä.

Testisuure muodostetaan osamäärästä s_v^2/s_e^2. Tätä verrataan kahden satunnaisnäytteen varianssisuhteen todennäköisyysjakaumaan (F-jakauma).

Koealoittain testataan, ovatko eri harvennuskäsittelyt antaneet merkitsevästi erilaisen tuloksen tietyn tunnuksen suhteen. Koko koealaa koskeva nollahypoteesi on tällöin (kaikilla koealoilla eri käsittelyasteita on kolme):

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

ja vastahypoteesi

$$H_1 : \text{ainakin yksi} \quad \alpha_i \neq 0$$

Luonnollisesti koeryhmät eroavat toisistaan sitä merkitsevämmin, mitä pienempi on sisäinen varianssi ja mistä suurempi on luokkien välinen varianssi. Täydellisesti arvotussa kokeessa jäännösneliösumma muodostuu suureksi, jos koeyksikköjoukko on hetorogeeninen.

Koska Suomen olosuhteissa metsäkuviot ovat yleensä pieniä, tämän tapaisissa kokeissa, joissa koeruutu jo sinänsä on iso ja puusto luontaisesti syntynyttä, on usein vaikeuksia löytää riittävän homogeenisia olosuhteita. Lohkojen muodostamisella pyritään vähentämään luokkien sisäistä vaihtelua, joka saattaa peittää tutkittavista menetelmistä aiheutuvan vaihtelun (luokkien välinen vaihtelu). Koska aineistossa on otettu huomioon koesuunnittelun tärkeimmät periaatteet (satunnaistaminen ja toistaminen), kokeet täyttävät hyvin tilastolliset vaatimukset, vaikkakaan analysoinnissa jäännösneliösummaa ei voida jakaa tehokkaimmalla tavalla. On myös

otettava huomioon, että kokeet on suunniteltu 1950-luvun puolivälissä, jolloin tämän tapaisten tilastollisten menetelmien käyttö oli vielä vähäistä pysyvien koealojen perustamisessa.

Usein käsittelyjen vertailun tarkkuutta on pyritty parantamaan kovarianssin avulla, jolla on voitu pienentää koevirhettä (vrt. SNEDECOR ja COCHRAN1967). Kovarianssianalyysin käyttöä tässä aineistossa rajoittaa kuitenkin se, että harvennuksessa käsittely itse asiassa on kohdistunut perusjoukon rakenteeseen ja siten ennen harvennusta syntyneet puustotunnuksien erot eivät ole syynä harvennuksen jälkeisen kasvun vaihtelulle. Ts. harvennuksen jälkeisen tunnuksen kasvun ja ennen harvennusta vallinneen tilanteen välillä voi olla korrelaatiota (yhteinen syy), mutta se ei ole enää välttämättä kausaalista, koska harvennuksen jälkeen on kysymys samalla paikalla kasvavasta kahdesta eri populaatiosta. Jos käsittely on perusjoukon ulkopuolinen (esim. lannoitus), kovarianssin käyttö on perustellumpaa. Tästä syystä kovarianssi voi vääristää tuloksia, koska se korjaa harvennuksen jälkeiset kasvuluvut samaan ennen harvennusta vallinneeseen tilanteeseen ja poistaa siten eri käsittelyille kuuluvat ominaispiirteet (vrt. SNEDECOR ja COCHRAN 1967 s. 427). Sitä vastoin testaus perustettiin pääasiassa puhtaiden erotusten vertailuun, jolloin myös alkutilanteessa olevat erot tasoittuvat. Absoluuttisten erojen tarkastelu on lisäksi tulkinnallisesti helpompi. Koealoittain tarkasteltiin tunnuksien muutoksia kokeen perustamishetken harvennuksen jälkeisen tilanteen ja myöhempien mittausten välillä.

Kovarianssianalyysiä käytettiin kuitenkin mahdollisen kasvupaikkaeroista johtuvan vaihtelun eliminoimiseen. Regressiomuuttujaksi kovarianssianalyysimalliin otettiin tässä tarkoituksessa koeruudun puuston valtapituus (ennen harvennusta). Kovarianssianalyysimalli oli muotoa (SNEDECOR ja COCHRAN 1967, s. 421):

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}..) + \varepsilon_{ij}, \qquad (5)$$

jossa Y_{ij} = j:s havaintoarvo luokassa i

μ_i = luokan i havaintojen keskiarvo

β = regressiokerroin

X_{ij} = j:s havaintoarvo luokassa i (selittävä muuttuja)

$\bar{X}..$ = koko aineiston keskiarvo (- " -)

ε_{ij} = satunnaisvaihtelualkio (jäännös)

Regressiokerroin β estimoidaan varianssianalyysin jäännösvaihtelusta (virhevaihtelusta). Regressiokertoimen merkitsevyys testattiin t-testin avulla laskemalla keskivirhe s_b. Kovarianssilla korjattujen keskiarvojen vertailu perustui F-testiin.

Varianssianalyysin käytön perusedellytyksenä on, että populaatiot, joista verrattavat käsittelysarjat on otettu, jakautuvat normaalisesti. Toinen perusedellytys on, että perusjoukkojen varianssit ovat yhtäsuuret (vrt. VASAMA ja VARTIA 1973). Tarkasteltavan aineiston voidaan olettaa täyttävän mainitut edellytykset.

Eri käsittelyasteiden tunnusten erotusten keskiarvoja verrattiin lähemmin toisiinsa Tukeyn menetelmän (the Honestly Significant Difference = HSD) avulla. Usean keskiarvon vertailussa t-testin edellytyksenä on, että vertailut ovat jo ennen kokeen suorittamista suunniteltuja ja toisistaan riippumattomia. Jos t-testiä käytetään kaikkien keskiarvoparien vertailuun, tehdään liikaa hylkäämisvirheitä (tosi H_o-hypoteesi hylätään) ts. saadaan liikaa merkitseviä eroja (vrt. MATTILA 1973, s. 67). Edellistä luotettavampi kaikkien keskiarvoparien vertailussa on Tukeyn menetelmä, joka on johdettu n kpl:n keskiarvojen variaatiovälin teoreettisen jakauman avulla.

Testisuure w saadaan seuraavasti

$$w = q \cdot \sqrt{\frac{s_e^2}{n}} \quad , \qquad (6)$$

jossa

q saadaan taulukosta, jossa muuttujina ovat luokkien luku (käsittelyasteiden luku) k ja s_e^2:n vapaiden arvojen luku,

s_e^2 = luokkien sisäinen varianssi

n = havaintojen lukumäärä luokassa k

Edellinen kaava ei päde kaikkien keskiarvoparien vertailuun, jos havaintoja on eri luokissa erisuuret määrät. Testisuure voidaan kuitenkin laskea erikseen kullekin vertailulle seuraavasti

$$w = q \cdot s_e \cdot \sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)} \quad , \qquad (7)$$

jos vertaillaan luokkien i ja j keskiarvoja.

Jälkimäistä kaavaa käytettiin vain Punkaharjun koealan 53 eri käsittelyasteiden puustotunnusten vertailussa, koska täällä lopullisessa tuloslaskennassa kahdesta käsittelystä hylättiin kummastakin yksi koeruutu. Havaintoja tuli siten eri käsittelyasteisiin eri määrä.

Erojen tilastollinen merkitsevyys on esitetty seuraavasti:

0 = ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (P=0,05)

* = ero on tilastollisesti merkitsevä (P=0,05)

** = ero on tilastollisesti hyvin merkitsevä (P=0,01)

*** = ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä (P=0,001)

Tilastolliset testaukset tehtiin MONROE-pöytälaskimella.

3. KOERUUTUJEN REUNAPUUSTO

Koealoille ei oltu jätetty perustamisvaiheessa eri koeruutujen välille vaippa-alueita, vaan ruudut rajoittuivat toinen toisiinsa arvotussa järjestyksessä. Selvitysten mukaan on havaittu, että metsikköön rajoittuva aukko vaikuttaa metsikön reunapuustoon (vrt. NYYSSÖNEN ja VUOKILA 1960). Tämä vaikutus ulottuu selvästi 4 metrin päähän, usein 6...8 metrin päähän. Voimakkaimmin reunavaikutuksen on havaittu tulevan esille puuston läpimitassa ja pohjapinta-alan kasvussa. Reunavaikutuksen aiheuttaman epämääräisyyden poistamiseksi mittaustuloksista kotimaisissa ohjeissa onkin

suositeltu vähintään 4 metrin levyisen vaipan jättämistä koealan reunalle (vrt. ILVESSALO 1932, NYYSSÖNEN ja VUOKILA 1960).

Samaan metsikköön sijoitettavien, eri tavalla käsiteltävien koeruutujen väliin jätettävän vaipan tarvetta ei ole kotimaassa tutkittu. Kuitenkin vaipan jättämistä on pidetty tarpeellisena, joskaan sen ei tarvitse olla ainakaan leveämpi kuin aukkoon rajoittuvan koealan ympärillä.

Koska tarkasteltavassa aineistossa kokeet oli jo alunperin suunniteltu ilman koeruutujen välisiä vaippa-alueita, ja koska toisaalta aikaisemmat mittaukset oli tehty koko ruudulta, myös viimeisellä mittauskerralla päätettiin mitata kaikki ruutuun kuuluvat puut. Tällä tavoin eri mittauskertojen tulokset ovat vertailukelpoisempia keskenään, sillä perusjoukkoon on kuulunut aina samat puuyksilöt. Aikaisempien vaipan merkitystä selvittävien tutkimusten viitteiden pohjalta haluttiin tässä tutkimuksessa kuitenkin saada kuva, millainen vaikutus eri käsittelyastetta edustavilla koeruuduilla on toisiinsa. Samalla haluttiin selvittää, kuinka paljon ~~(mahdollinen)~~ reunavaikutus aiheuttaa muutosta puuston tunnuksien arviointiin tietynkokoisissa ruuduissa.

Mutkikkaaksi reunapuuston eroavuuden tutkimisen tämäntapaisessa aineistossa tekee, että koeruudut sijaitsevat arvotussa järjestyksessä koko koealalla. Siten on vaikeuksia löytää kahta samanlaista ruutua, joiden ympärillä on yhdenmukainen samoista käsittelyasteista koostuva ruutuyhdistelmä.

Toisaalta erilaisten yhteisvaikutusten takia ei ole mahdollista tutkia tietyltä ruudun sivulta suoraan, esim. miten syvälle puustoon vierekkäisen käsittelyasteen vaikutus ulottuu. Yhteisvaikutus on suurin ruudun nurkissa. Jos koeruudun nurkat suljetaan pois tutkittavista alueista, menetetään olennaista tietoa. Mikäli ruutua ympäröi viereisiltä sivuilta kaksi eri käsittelyasteen ruutua, nurkkaan kohdistuvaa vaikutusta ei voida erotella tietyn käsittelyasteen aiheuttamaksi.

Yhteisvaikutusten takia reunapuuston eroavuutta koeruudun muusta puustosta päätettiin tutkia sisäkkäisten ruutujen avulla (kuva 2). Tällöin tutkittaessa esim. luonnontilaisia ruutuja, voidaan ajatella, että ruudun reunapuustossa mahdollisesti havaittava tunnuksien erilaisuus ruudun sisäosien puustoon nähden johtuu yhteensä kaikista ympäröivistä ruuduista. Jos ympärillä on toinen luonnontilainen ruutu tai koealan vaippa-alue, voidaan olettaa, että näillä ei ole vaikutusta reunapuuston tunnuksiin. Kerrallaan tutkittavaa ruutua pienennettiin 2 metriä joka sivulta. Lisäksi tutkittiin puustotunnuksia erikseen 2 metrin vyöhykkeissä ruudun reunalta koealan keskustaan.

Tutkimuskohteeksi valittiin Ruotsinkylän koealat 6 ja 28, joilta mitattiin yhteensä 7 ruutua. Ruudut pyrittiin valitsemaan siten, että niiden ympärillä oli mahdollisimman monta äärimmäistä käsittelyastetta edustavaa ruutua. Mukaan otettiin vain käsittelyasteiden a ja c ruutuja, joihin ympäröivien ruutujen vaikutus voitiin olettaa suurimmaksi. Molemmilla koealoilla käsittelyasteen a puusto on luonnontilainen.

Käsittelyaste c on vastaavasti voimakkain harvennus (runkoluku koealalla 6 on keskimäärin 1100 kpl/ha ja koealalla 28 1000 kpl/ha). Seuraavassa asetelmassa esitetään mitatut koeruudut ja niitä ympäröivät ruutu- ja vaippa-alueyhdistelmät. Ruutumerkintä A tarkoittaa käsittelyastetta a, B käsittelyastetta b ja C käsittelyastetta c.

Mitattu ruutu	Ympäröivät ruudut tai koealan vaippa-alue
Koeala 6	
A 8	C,C,C, koealan vaippa-alue
A 13	C,B,B,A
A 15	C,C,A, koealan vaippa-alue
C 7	A,A,B, " "
C 9	A,A,A, " "
Koeala 28	
A 8	C,C,B,A
A 10	C,C,B,A

Valitut koeruudut mitattiin syksyllä 1976. Mitattava ruutu jaettiin 2 x 2 metrin neliöihin. Ruudun vastakkaisten reunojen välille vedettiin kaksi 2 metrin etäisyydellä toisistaan olevaa samansuuntaista narua. Naruihin oli tehty 2 metrin välein solmut. Kullakin mittausvuorossa oleva neliö rajattiin solmujen avulla. Koska koeruutu oli kooltaan 25 x 25 metriä, ruudun keskelle jäi kaista, jossa puut mitattiin 1 x 1 metrin alueilta.

Kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta 1 mm:n tarkkuudella kahden vastakkaisen puolen keskiarvona. Luonnontilaisilla koeruuduilla sekapuuna olevista kuusista otettiin

huomioon vain rinnankorkeudelta yli 4,5 cm:ä paksummat puut. Lisäksi jokaiselta rajatulta mittausneliöltä valittiin satunnaisesti yksi mänty, josta selvitettiin pituus ja latvusraja 25 cm:n tarkkuudella.

Taulukossa 2 esitetään puustotunnuksien vaihtelu ruudun eri osissa ja eri tavoin rajatuissa osaruuduissa. Prosenttilukujen laskennan lähtökohtana oli koko ruudun puustotunnuksen keskiarvo. Koealan 28 ruutu A 10 jätettiin pois lopullisesta laskennasta, koska puusto oli ruudun yhdellä laidalla keskimääräistä huomattavasti aukkoisempaa ja pienempää.

Eri tunnuksien vaihtelua koeruudun reunasta sisäänpäin mentäessä havainnollistaa kuva 3. Havaitaan, että A-ruuduissa puuston keskiläpimitta on koeruudun reunimmaisissa osissa suurempi kuin koeruudun keskellä. Koealan 6 ruudussa A 8 uloimman 2 metrin alueen puuston keskiläpimitta on 23 % suurempi kuin keskimäärin koko ruudussa (vrt. taulukko 2, vaihtoehto 5). Tähän ruutuun kohdistuu tarkasteltavista ruuduista suurin reunavaikutus, sillä sitä ympäröi kolme harvinta käsittelyastetta edustavaa ruutua. Muilla A-ruuduilla uloimman kaistan ja koko ruudun keskiläpimitan ero on huomattavasti pienempi.

Toisella tutkitulla C-ruudulla (C 9) havaitaan, että puuston keskiläpimitta on noin 1 cm:n pienempi kahdella uloimmalla 2 metrin vyöhykkeellä kuin ruudun sisäosissa. Ilmeistä siten on, että voimakkaan käsittelyasteen ruudun vierellä oleva luonnontilainen puusto heikentää ruudun uloimpien puiden

Taulukko 2. Keskiläpimitan, keskipituuden ja keskimääräisen latvussuhteen vaihtelu koeruudun eri osissa ja eri tavoin rajatuissa osaruuduissa. Tarkasteluvaihtoehtojen selitykset ks. kuva 2.

Reunapuuston eroavuuden tarkastelu-vaihtoehdot	Koeala 6					Koeala 28
	Koeruutu					
	A 8	A 13	A 15	C 7	C 9	A 8
	Keskiläpimitta, cm (% koko ruudun keskiarvosta)					
1	9,70 (100)	9,34 (100)	10,23 (100)	15,16 (100)	14,54 (100)	12,09 (100)
2	9,01 (93)	9,29 (99)	10,20 (100)	15,23 (100)	14,78 (102)	12,01 (99)
3	8,87 (91)	9,12 (98)	9,94 (97)	14,52 (96)	15,05 (104)	11,75 (97)
4	8,20 (85)	8,78 (94)	9,70 (95)	15,44 (102)	15,11 (104)	11,40 (94)
5	11,90 (123)	9,46 (101)	10,33 (101)	14,96 (99)	14,13 (97)	12,41 (103)
6	9,38 (97)	9,65 (103)	10,64 (104)	16,31 (108)	14,08 (97)	12,58 (104)
7	9,97 (103)	9,61 (103)	10,25 (100)	13,46 (89)	14,96 (103)	11,61 (96)
	Keskipituus, m (% koko ruudun keskiarvosta)					
1	10,9 (100)	10,6 (100)	11,6 (100)	11,6 (100)	12,8 (100)	13,1 (100)
2	10,5 (96)	10,5 (99)	11,6 (100)	11,6 (100)	12,8 (100)	13,2 (101)
3	10,3 (94)	10,3 (97)	11,6 (100)	11,4 (98)	12,8 (100)	13,2 (101)
4	9,5 (87)	10,0 (94)	11,3 (97)	12,0 (103)	12,6 (98)	12,6 (96)
5	11,8 (108)	10,6 (100)	11,6 (100)	11,7 (101)	12,9 (101)	12,5 (95)
6	11,1 (102)	10,8 (102)	11,6 (100)	11,8 (102)	12,9 (101)	13,4 (102)
7	11,4 (105)	10,8 (102)	12,1 (104)	10,8 (93)	13,1 (102)	12,5 (95)
	Keskimääräinen latvussuhde, % (% koko ruudun keskiarvosta)					
1	43 (100)	45 (100)	40 (100)	55 (100)	49 (100)	40 (100)
2	42 (98)	44 (98)	39 (98)	55 (100)	50 (102)	40 (100)
3	42 (98)	44 (98)	39 (98)	54 (98)	52 (106)	40 (100)
4	42 (98)	44 (98)	40 (100)	55 (100)	52 (106)	42 (105)
5	47 (109)	48 (107)	42 (105)	54 (98)	48 (98)	42 (105)
6	42 (98)	45 (100)	38 (95)	57 (104)	47 (96)	40 (100)
7	42 (98)	44 (98)	38 (95)	52 (95)	51 (104)	43 (108)

paksuuskasvua. Toisella C-ruudulla vaihtelu eri vyöhykkeiden välillä on kuitenkin suuri, eikä johdonmukaista suuntaa havaita.

Puuston keskipituus A ja C-ruuduissa on likimain sama riippumatta siitä kuinka etäällä puut sijaitsevat koeruudun reunasta. Vain aivan ruudun sisimmän alueen puut ovat A-ruuduissa keskimäärin hieman lyhyempiä kuin ulompana kasvavat. Latvussuhde (elävän latvuksen pituus % koko puun pituudesta) on A-ruutujen uloimmalla 2 metrin reunavyöhykkeellä selvästi muita ruudun osia suurempi. Tästä sisäänpäin mentäessä latvussuhde on suunnilleen sama kaikissa tutkituissa ruudun osissa. Ruudulla C 9 latvussuhde on ruudun uloimmassa 4 metrin vyöhykkeessä pienempi kuin sisäosissa.

Havaitut tunnuksien muutosten ~~summat~~ suunnat A-ruutujen puuston eri osien välillä ovat täysin samantapaisia kuin aikaisemmin on todettu kotimaisessa tutkimuksessa, jossa on tarkasteltu aukeaan alaan rajoittuvan metsikön tunnuksien vaihtelua (vrt. NYYSSÖNEN ja VUOKILA 1960). Suuruudeltaan havaitut erot ovat kuitenkin keskimäärin selvästi pienempiä (vrt. taulukko 2). Tässä aineistossa näyttäisi lisäksi, että kaikkein suurin tunnuksien muutos ruudun sisäosiin verrattuna on uloimmalla 2 metrin reuna-alueella. Luonnontilaisten ruutujen vaikutuksesta voimakkaan käsittelyasteen ruutujen reunapuustoon ei tämän aineiston pohjalta voida tehdä selviä johtopäätöksiä. Koska kuhunkin tarkasteltavaan A-ruutuun kohdistuu erilainen ympäröivien ruutujen vaikutus, tässä ei voida testata suoraan varianssianalyysillä poikkeavatko eri etäisyydellä

olevien vyöhykkeiden puiden tunnukset toisistaan. Toisaalta olennaisempi merkitys on sillä, kuinka suuri on koko ruudun puuston mittaamisesta aiheutunut tunnuksien yli- tai aliarvo verrattuna tapaukseen, jossa olisi jätetty vaippa-alue. Tätä voidaan tutkia sisäkkäisten neliöiden avulla (vrt. kuva 2, vaihtoehdot 1, 2, 3 ja 4). Vaikka puuston keskiläpimitta koeruudun reunimmaisella kahden metrin vyöhykkeellä on keskimäärin kaikkein suurin, uloin kaista ei aiheuta koko ruutuun nähden pienestä pinta-alasta ja vähäisestä puumäärästä johtuen kovin suurta yliarviota keskiläpimittaan verrattuna vaihtoehtoon ~~tapaukseen~~, jossa olisi mitattu vain ko. vaipan sisään jäävä osaruutu (vrt. taulukko 2). Suurin yliarvio on ruudussa A 8 (7 %).

Reunapuuston ero tulee näkyviin yliarviona selvimmin vasta neljän metrin vyöhykkeessä, sillä tämän pinta-ala on likimain sama kuin vyöhykkeen sisään jäävän alueen (vrt. kuva 2). Mikäli koeruudun reunalle olisi jätetty vaippa, jonka suuruus olisi ollut 4 metriä voidaan laskea, miten suuri on tämän suuruisia ruutuja käytettäessä kaikkien puiden mittaamisesta aiheutunut keskiläpimitan yliarvio. Koska yleensä suositellaankin vähintään 4 metrin vaipan jättämistä koeruudun reunalle, ilmeisesti myös tässä aineistossa olisi päädytty 4 metrin vaippa-alueeseen, jos se olisi jätetty.

Oletetaan, että A-ruudun reunapuustoon kohdistuva vaikutus aiheutuu pelkästään c-käsittelyasteen ruuduista, ja että yhteisvaikutukset jakautuvat tasaisesti kaikille ympäröiville C-ruuduille. Tällöin voidaan arvioida yhden ympäröivän C-ruudun vaikutus keskiläpimittaan. Näin voidaan laskea, että

esim. ruudulla A 8 koko ruudun puuston mittaamisesta on johtunut 0,83 cm:n (9 %) yliarvio keskiläpimittaan verrattuna vaihtoehtoon, jossa olisi jätetty 4 metrin vaippa-alue koealan reunalle. Tästä on yhden ympäröivän C-ruudun osuus 3 %.

Vastaavat arvot voidaan laskea myös muista A-ruuduista. Kaikkien A-ruutujen keskiarvona saatiin koko ruudun ja neljän metrin vaipan rajoittaman osaruudun erotukseksi 0,213 $\pm$ 0,0435 cm. Voidaan testata, poikkeaako erotus nollasta. Asetetaan nollahypoteesi $H_o : \mu_e = 0$. Koska tiedetään ennakolta, että reunapuuston keskiläpimitta poikkeaa ruudun sisäpuustosta, vastahypoteesi voidaan asettaa yksipuoliseksi eli $H_1 : \mu_e > 0$. Testimuuttujan arvoksi saadaan

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_e}{s_{\bar{x}}} = \frac{0,213 - 0}{0,0435} = 4,89 \qquad (8)$$

Kaksipuolisen t-jakauman taulusta saatava P:n arvo on noin 0,02. Jaetaan tämä kahdella, jolloin P:n arvo on 0,01. Tämän perusteella nollahypoteesi hylätään. Keskiläpimitan yliarvio on todellinen 99 tapauksessa sadasta. Ts. yksi A-ruudun ympärillä oleva C-ruutu aiheuttaa ruudun puuston keskiläpimittaan 1,8 % yliarvion verrattuna koeruutuun, jossa on käytetty 4 metrin levyistä vaippaa.

Vastaavasti voidaan laskea, mikä on A-ruutujen puuston keskipituuden ja keskimääräisen latvussuhteen lukemissa oleva yliarvio. Yhden C-ruudun aiheuttama yliarvio pituudessa on 1,1 %

ja latvussuhteessa 0,9 %. Nämä eivät ole kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä (t-arvot 1,362 ja 2,194).

Edellä kuvattujen edellytysten vallitessa vastaavat yliarviot pienenevät, jos ruudun koko suurenee. Tämä johtuu siitä, että kyseinen 4 metrin vaippa-alue on suhteessa koko ruudun pinta-alaan sitä pienempi mitä suurempi koeruutu on. Ruudun 25 x 25 metriä pinta-alasta 4 metrin vaippa muodostaa 51,6 %, kun se 30 x 30 metrin ruudussa on enää 46,3 % ja 40 x 40 metrin ruudussa 36,2 %. Koska edellä esitetyt tunnuksiin sisältyvät yliarviot ovat likimääräisiä, niitä ei käytetty tuloksien korjaamiseen.

Vaippa-alueen merkitystä pohdittaessa on vielä otettava huomioon ruudun koon vaikutus arviointituloksiin. Mikäli ruutu on kooltaan 25 x 25 m (6,25 aaria), on jo ruudun koosta aiheutuva poikkeama hehtaarikohtaisessa tuloksessa yli 10 % suuruinen (ILVESSALO 1965). Siten tämän kokoisissa ruuduissa vaipan jättäminen merkitsisi tulosten luotettavuuden huomattavaa heikentymistä. Ainoastaan Punkaharjun Muuraissaaressa ja Kivalossa, joissa koeruutu on 16 aaria, vaippalueen jättäminen ruudun reunalle olisi ollut järkevää. Toisaalta esim. Muuraissaaressa voimakkaimman käsittelyasteen ruuduissa 4 metrin vaippa-alueen jättäminen olisi merkinnyt, että nyt keskimäärin mitatuista 64 puusta olisi tällöin jäänyt mitattavaksi vain 40 puuta.

Kaikkiaan voidaan todeta, että tämän tapaisessa aineistossa koeruudun eri osien puuston tutkiminen on vaikeaa, koska

ei voida erottaa puhtaasti tiettyjen käsittelyasteiden vaikutuksia. Kuitenkin havaittiin, että puusto koeruudun reuna-alueella eroaa sisempien osien puustosta. Toisaalta siitä, että vaippa-alueita ei jätetty, ei ole aiheutunut suurta tunnuksien yli- tai aliarvioita. Ilmeistä on, että kaikkein suurin vaikutus koeruuduilla toisiinsa on Punkaharjun Muuraissaaressa, jossa äärimmäiset käsittelyvaihtoehdot ovat käsittelemätön ja 5 x 5 metriä. Silti puustotunnuksiin sisältyvä reunapuuston eroavuudesta johtuva yliarvio jäänee täälläkin pieneksi, koska sellaisia a-käsittelyasteiden koeruutuja, joiden ympärillä olisi ollut 2 tai useampia voimakkaimman käsittelyasteen ruutuja, ei ollut yhtään. Samoin voimakkaimman käsittelyasteen ruutujen ympärillä oli korkeintaan yksi käsittelemätön koeruutu. Luonnollista on, että tämäntapaisissa tutkimuksissa vaippa-alue olisi pyrittävä jättämään koeruutujen reunalle, ~~varsinkin, kun~~ joissa on kysymys pysyvästä pitkäaikaisesta kokeesta. Vaipan leveys olisi oltava ainakin 2 metriä, mieluimmin 4 metriä.

4. PUUSTO KOKEIDEN PERUSTAMISHETKELLÄ

41 Puusto ennen harvennusta

Taulukossa 3 on esitetty Ruotsinkylän ja Punkaharjun koealojen puustotunnukset ennen harvennusta. Harvennusajankohdan tietoja Sainkivalon koealan puustosta ei ole saatavilla.

Luontaisesti syntyneiden metsiköiden puuston ikä on saatu kaikilla Etelä-Suomen koealoilla lisäämällä rinnankorkeusikään

Taulukko 3. Puustotunnukset ja niiden vaihtelu eri koeruuduissa koealojen perustamishetkellä ennen harvennusta.

Kokeilualue/ Koeala	Puuston ikä, v	Valtapituus, h_{dom}, m	Keskipituus, $\bar{h}$, m	Runkoluku, kpl/ha		Valtaläpimitta, d_{dom}, cm	Keskiläpimitta $\bar{d}$, cm	Kuutiomäärä kuorineen m^3/ha	Pohjapinta-ala kuorineen m^2/ha
				mänty	kuusi ja lehtipuu				
Ruotsinkylä/ Koeala 6									
keskimäärin	29	8,0	4,5	4510	290	10,6	5,0	39	10,8
vaihteluväli		6,5...8,9	3,4...6,0	3300...5550	16...1970	9,0...12,2	3,9...5,8	23...45	7,1...12,5
Koeala 28									
keskimäärin	27	8,7	5,9	2800	75	11,1	6,3	40	10,1
vaihteluväli		7,3...9,8	4,2...7,1	2380...3310	0...240	8,7...13,3	4,2...7,9	19...65	5,3...14,7
Punkaharju/ Muuraissaari									
keskimäärin	19	6,6	4,3	4045	4413	11,3	5,4	38	12,5
vaihteluväli		6,0...7,4	3,6...5,0	1980...6920	1130...7830	10,3...12,9	4,3...6,6	32...47	10,3...14,9
Koeala 53									
keskimäärin	21	6,0	3,1	9020	-	7,6	2,7	23	6,9
vaihteluväli		5,2...6,6	2,7...3,5	5440...13040	-	6,2...8,9	2,1...3,3	8...31	2,5...9,3

12 vuotta (vrt. ILVESSALO 1965, s.101). Ikä on määritetty luonnontilaisilta ruuduilta, koska kairaukset tehtiin vasta vuoden 1975 mittausten yhteydessä. Harvennettujen ruutujen puiden perusteella ei voida arvioida täsmällisesti metsikön ikää ennen harvennusta, koska harvennus on kohdistunut tietyllä tavalla valittuihin puihin. Ikä laskettiin kairattujen koepuiden aritmeettisena keskiarvona. Kivalossa puuston ikä on ollut harvennushetkellä v. 1955 34 vuotta (rinnankorkeusikään lisätty 18 v.).

Taulukosta havaitaan, että valtapituus koealojen eri ruutujen välillä on ollut verraten yhtenäinen. Molemmilla Punkaharjun koealoilla valtapituusarvojen vaihtelu on alle ± 1,0 m koko koealan keskiarvosta. Ruotsinkylän koealoilla vaihtelu on suurempi, mutta täälläkin eri ruutujen valtapituusarvot jäävät ± 1,5 metrin vaihtelualueelle koko koealan keskiarvosta. Keskipituuden vaihtelu koealojen keskiarvon ympärillä on likimain samansuuruinen. Näiltä osin koealat täyttävät hyvin myös varttuneemman puuston harvennuskokeille yleisesti esitetyt yhteneväisyysvaatimukset (vrt. VUOKILA 1975). Pohjoismaissa on pidetty lohkoon kuuluvien ruutujen suurimpana sallittuna valtapituuden vaihteluna ± 1 metriä ja eri lohkojen välillä ± 2 metriä.

Koeruutujen muiden puustotunnusten vaihtelu koealoittain koko kokeen keskiarvon molemmin puolin on suurempi kuin pituustunnuksien. Toisaalta luontaisesti syntyneissä metsiköissä puusto on tunnetusti epätasaista ja usein myös ryhmittäistä. Runkoluvun suuri vaihtelu aiheutuu osaksi siitä, että puiden

luvussa on otettu huomioon kaikki rinnankorkeuden ylittävät puut. Luonnonmetsiköissä puiden välinen ikä-vaihtelu lisää vielä omalta osaltaan epätasaisuutta. Siten luontaisten metsiköiden runkoluvun, pohjapinta-alan tai kuutiomäärän vaihtelussa voidaan sallia suuremmat rajat kuin tasaikäisissä viljely- tai jo alusta alkaen hoidetuissa taimistoissa. On myös huomattava, että puuston pohjapinta-ala ja kuutiomäärä ovat taimistovaiheessa tai riukuvaiheen metsikössä pieniä, jolloin jo vähäinenkin vaihtelu merkitsee prosentteina lausuttuna paljon. Tärkeimpänä tämäntapaisissa luontaisesti syntyneen nuoren metsikön käsittelykokeissa voitaneenkin pitää, että puuston pituusvaihtelu ei ylitä tiettyjä rajoja, ja että käsittelyjen sisäinen vaihtelu harvennuksen jälkeen on pieni.

Luonnonmetsiköiden puustotunnusten viljelymetsiköitä suurempi vaihtelu käy ilmi, jos niitä verrataan Punkaharjun Muuraissaaren istutusmetsikön puustotunnuksien vaihteluun. Muuraissaaren koealoilla suurin vaihtelu on runkoluvussa, josta kuvastuu taimien kuoleminen istutuksen jälkeisinä vuosina. Lehtipuita on ollut runsaasti. Muiden tunnusten vaihtelu koko kokeen keskiarvon molemmin puolin on sen sijaan pienempää kuin toisilla koealoilla.

Eniten huomiota kiinnitettiin eri ruutujen ikävaihteluun. Kunkin käsittelyasteen ruutuja verrattiin koko käsittelyasteen keskiarvoon. Vertalun perusteella Punkaharjun koealan 53 yksi b ja c käsittelyasteen ruutu jätettiin pois tulosten lopullisesta laskennasta. Näissä ruuduissa puuston keski-ikä

oli n. 10 vuotta suurempi kuin keskimäärin koko käsittelyssä. Lisäksi puustotunnukset, valtapituus ja erityisesti puuston järeyttä kuvaava valtaläpimitta sekä puuston pohjapinta-ala olivat muiden ruutujen lukuarvoja selvästi suurempia. Molemmat hylätyt ruudut sijaitsevat koealan yhdellä reunalla, ja niiden puustoon sisältyi vanhempia ympäröivän metsän ikäisiä puita.

Puuston harvennushetken valtapituusarvojen perusteella tutkimukseen sisältyvät metsiköt on luettava taimistokäsitteen ylärajaan kuuluviksi (vrt. esim. VUOKILA 1972). Mikäli pidetään taimiston ylärajana metsikköä, jonka valtapituus ei ole suurempi kuin 5-6 metriä, tai josta ei vielä saada harvennuksessa käyttöpuuta, tarkasteltavista koealoista vain Punkaharjun koeala 53 on perustamishetkellä varsinainen taimisto. Muiden koealojen puustot ovat olleet harvennushetkellä ns. riukuvaiheen metsiköitä.

Sovellettava puuston kehitystilan luokittelu on kuitenkin aina sopimusvarainen, eikä se sinänsä vaikuta tässä tutkimustehtävään. Tutkimustehtävän kannalta koealat ovat keskenään vertailukelpoisia, sillä kaikilla koealoilla perustamisvaiheen harvennus on ollut ensimmäinen puuston tiheyden järjestelyyn kohdistuva toimi. Vaikka ensimmäinen käsittely on lykkääntynyt koealoilla myöhäiseksi, puustot eivät ole olleet Ruotsinkylän koealoilla ylitiheitä, kuten voidaan päätellä koeruutujen runkoluvuista. Punkaharjun koealan 53 puusto on ollut tiheytensä puolesta kiireisen käsittelyn tarpeessa. Muuraissaaressa harvennuksen ohella myös perkaus on ollut välttämätön

lehtipuiden runsaan esiintymisen takia. Kaikkiaan koealojen harvennushetken puusto vastaa usein normaalia tilannetta käytännön taimistovaiheen tai riukumetsän käsittelyssä.

42. Puuston käsittely

Metsikköön jätettävien puiden valinnan lähtökohtana oli ns. peruspuuston määritteleminen (vrt. SARVAS 1948, 1955). Peruspuusto = hakkuukypsän metsikön puut metsikön aikaisemmissa kehitysvaiheissa. Harvennuksessa valittiin metsikön parhaimpina pidettäviä puita 500...700 kpl hehtaaria kohti. Käsittelyt tehtiin peruspuiden hyväksi, sillä näiden ajateltiin muodostavan metsikön arvokkaimman osan, joka säilyy uudistushakkuisiin saakka. Selvästi erottuvat ylispuut tai susipuut poistettiin.

Taulukossa 4 on esitetty puuston käsittelyvoimakkuus koealoittain runkoluvun, kuutiomäärän ja käyttöpuun suhteen. Taulukon luvut koskevat vain mäntyä. Jäljelle jäänyt runkoluku on pyöristetty lähimpään sataan. Lehtipuut tai kuusi on luonnollisesti poistettu harvennetuista ruuduista. Luonnontilaisiin ruutuihin sitä vastoin ei ole koskettu. Samoin Punkaharjun Muuraissaaren koealan käsittelemättömillä ruuduilla oleva lehtipuu on jätetty poistamatta.

Havaitaan, että kaikkiaan tutkimukseen sisältyvien käsittelyasteiden vaihtelualue on laaja. Lievin käsittelyaste on Punkaharjun koealalla 53, jossa puustoa on käsitelty vain lievästi alhaaltapäin, ja taimistoon on jäänyt 5800 puuta/hehtaari. Voimakkain käsittelyaste sisältyy Muuraissaaren

Taulukko 4. Harvennuksessa jäljelle jäänyt ja poistettu keskimääräinen puumäärä (luvut koskevat vain mäntyä).

Kokeilualue/ Koeala	Käsittely-aste	Runkoluku, kpl/ha		Kuutiomäärä, m^3/ha kuorineen		Käyttöpuu (≧ 6.5 cm rinnankorkeudelta tasalta)			
						kpl/ha		m^3/ha kuorineen	
		jäljellä	poistettu	jäljellä	poistettu	jäljellä	poistettu	jäljellä	poistettu
Ruotsinkylä/ Koeala 6	a	4200	-	38	-	1250	-	24	-
	b	2800	2250	28	10	900	100	18	2
	c	1100	3200	19	20	750	450	17	8
Koeala 28	a	2800	-	32	-	1050	-	22	-
	b	2000	750	32	8	1050	200	26	5
	c	1000	1750	26	21	800	700	24	14
Punkaharju/ Muuraissaari	a	4300	-	36	-	1350	-	23	-
	b	2000	2400	25	16	1000	250	19	7
	c	400	3100	6	30	300	750	5	14
Koeala 53	a	5800	3450	20	6	250	20	4	0,4
	b	2400	6800	11	12	130	50	2	0,7
	c	1100	7300	5	15	70	30	1	0,9

kokeeseen, jossa puita on jätetty tiettyihin ruutuihin vain 400 kpl/ha. Käytännön kannalta näin voimakas käsittelyvaihtoehto ei tule tällä hetkellä kysymykseen, mutta käsittely omaa mielenkiintoa tavanomaisista todella poikkeavana harvennusasteena.

Jotta käsittelyasteista saataisiin koealoittain yhtenäinen ja vertailukelpoinen kuva, seuraavassa tarkastelussa käytetään käsittelyvoimakkuuden mittana harvennuksen jälkeen koealalle jätettyä runkolukua. Eri käsittelyasteiden runkoluvut vastaavat seuraavia keskimääräisiä puiden välisiä etäisyyksiä.

Runkoja kpl/ha	Puiden välimatka, m
5 800	1,3 x 1,3
2 800	1,9 x 1,9
2 400	2,0 x 2,0
2 000	2,2 x 2,2
1100 - 1000	3,0 x 3,0
400	5,0 x 5,0

Kivalon koealalla käsittelyaste normaali harvennus tarkoittaa runkolukua 1 400 kpl/hehtaari ja käsittelyaste erittäin voimakas harvennus 700 kpl/hehtaari (vrt. taulukko 1). Vastaavat puiden väliset etäisyydet ovat 2,5 x 2,5 metriä ja 3,8 x 3,8 metriä.

Ruotsinkylän koealoilla keskimmäistä käsittelyastetta (käsittelyaste b) on harvennettu uudelleen vuonna 1970. Koska harvennushetkellä mitattiin vain poistettujen ja jäljelle jääneiden puiden runkolukusarja, tunnuksia laskettaessa on

jäljempänä käytetty vuoden 1968 koepuutietoja. Voidaan olettaa, ettei puiden runkomuoto ole muuttunut merkitsevästi niiden kahden vuoden aikana, joka on kulunut edellisestä mittauksesta harvennukseen. Koealalta 6 puita poistettiin 800 kpl/ha, jolloin käsittelyasteeseen jäi jäljelle 1 700 kpl/ha. Ennen harvennusta todettu runkoluvun ero (300 kpl/ha) vuoden 1970 ja perustamisajankohdan välillä johtunee puiden kuolemisesta, jota on tapahtunut vuosina 1955...1962. Vastaavasti koealalta 28 puita poistettiin 700 kpl/ha, ja jäljelle jäi 1 300 kpl/ha. Käsittely on ollut molemmilla koealoilla kohtalaisen voimakas, prosentteina pohjapinta-alasta koealalla 6 19 % ja koealalla 28 18 %. Harvennus oli alaharvennuksen luonteinen.

Taulukosta 4 havaitaan myös, että voimakkaimmissa käsittelyasteissa harvennuksessa on jo voitu poistaa käyttöpuuta (rinnankorkeudelta yli 6,5 cm). Yleisesti koko tuotetusta runkoluvusta tai kuutiomäärästä on ollut eri koealoilla seuraavat määrät käyttöpuuta:

	Käyttöpuuta %:a a-käsittelyasteen runkoluvusta	kuutiomäärästä
Ruotsinkylä, koeala 6	29	63
" " 28	37	69
Punkaharju, Muuraissaari	31	64
" koeala 53	2	15

Käyttörunkojen keskikuutio on ollut pieni; suurin se on Ruotsinkylän koealalla 28 (21 litraa), ja pienin Punkaharjun koealalla 53 (16 litraa).

Käyttörunkoina mitaten kyseisten koealojen poistetun puuston kertymä on pieni. Sitä vastoin kokonaiskuutiomäärältään kertymään sisältyvä puumäärä muodostaa raaka-ainevaran, jolla voi olla taloudellisia hyväksikäyttömahdollisuuksia (vrt. HARSTELA ja TERVO 1976).

Ruotsinkylän koealan 28 kuutio- ja käyttöpuun määristä havaitaan, että käsittelyasteissa b ja c on ollut alunperin enemmän puuta kuin käsittelemättömissä ruuduissa. Vaikka harvennuksessa on poistettu osa puustosta, harvennettuihin ruutuihin on jäänyt silti jäljelle järeää puustoa enemmän kuin luonnontilaisiin ruutuihin.

5. HARVENNUKSEN VAIKUTUS PUUSTON KEHITYKSEEN

51. Keski- ja valtapituus

Kuvassa 4 on esitetty koealoittain keski- ja valtapituuden kehitys tarkasteluajanjaksona. Havaitaan, että eri käsittelyasteissa pituustunnuksien kehitys on ollut hyvin samansuuntainen. Kokeiden perustamisvaiheessa syntyneet pituustunnuksien erot ovat olleet likimain yhtä suuria myös viimeisellä mittauskerralla. Yleisesti kuitenkin keskipituus on sitä suurempi mitä voimakkaammin puustoa on harvennettu. Koska tässä keskipituus on laskettu runkoluvulla painottaen, on selvää, että luonnontilaisten ruutujen puiden keskipituus jää pienemmäksi kuin muissa ruuduissa. Lisäksi harventamattomien ruutujen puuston keskipituudessa heijastuu voimakkaasti

pituuskäyrän ominaisuus (pituuskäyrä taipuu pienissä läpimittaluokissa jyrkästi alaspäin), jonka johdosta pienet läpimittaluokat painottavat tunnuksen arvoa suhteessa enemmän kuin suuret läpimittaluokat.

Pituustunnuksien muutos harvennusajankohdan ja viimeisen mittauskerran välillä on esitetty taulukossa 5. Ruotsinkylän koealojen keskimmäisen käsittelyasteen lukemissa on otettu huomioon vuoden 1970.harvennuksen aiheuttama keskipituuden "ansioton" nousu. Valtapituuteen harvennustapa ei ole vaikuttanut.

Puuston keskipituus on yleensä lisääntynyt harvennetuissa ruuduissa hieman enemmän kuin luonnontilaisissa tai käsittelemättömissä ruuduissa. Kuitenkaan varianssianalyysin perusteella ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyasteiden välillä. Ainoastaan Punkaharjun koealalla 53 havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero lievimmän käsittelyasteen ja muiden käsittelyasteiden välillä. Ilmeistä siten on, että vasta tässä tiheydessä (5 800 kpl/ha) puiden keskimääräinen pituuskasvu hidastuu selvästi. Muilla koealoilla a-käsittelyasteiden puuston tiheydet ovat Punkaharjun koealan 53 käsittelyastetta selvästi pienempiä (vrt. taulukko 3).

Valtapituuden kehityksessä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyasteiden välillä yhdelläkään tarkastelutavalla koealalla. Huomattavaa on, että erittäin voimakkaassakaan puuston käsittelyssä, kuten Muuraissaaren käsittelyasteessa 400 kpl/ha , puuston pituuskehitys ei jäänyt jälkeen muiden käsittelyasteiden arvoista. Toisaalta käsittelemättömissä ruuduissa on ollut runsaasti lehtipuita, jotka ovat saattaneet heikentää puiden pituuskasvua.

Taulukko 5. Keski- ja valtapituuden muutos harvennusajankohdan ja vuoden 1975 mittausten välillä. Pystyviiva = lukemien erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (P=0,05).

Käsittely-asteet	Keskipituus		Valtapituus	
	Muutos, m	Testisuureet	Muutos, m	Testisuureet
	Ruotsinkylä, koeala 6			
a=luonnont.	4,9	$F(2,15)=\frac{0,45}{0,48}=0,95^{o}$	5,6	$F(2,15)=\frac{0,07}{0,33}=0,21^{o}$
b=1700 kpl/(2800) ha	5,2		5,4	
c=1100 kpl/ha	5,5	HSD=1,04	5,5	HSD=0,86
	Ruotsinkylä, koeala 28			
a=luonnont.	6,0	$F(2,15)=\frac{2,66}{1,33}=1,99^{o}$	7,0	$F(2,15)=\frac{0,93}{1,24}=0,74^{o}$
b=1300 kpl/(2000) ha	7,3		7,5	
c=1000 kpl/ha	6,8	HSD=1,73	6,8	HSD=1,67
	Punkaharju, Muuraissaari			
a= ei käsi.	5,2	$F(2,9)=\frac{1,33}{0,49}=2,66^{o}$	6,4	$F(2,9)=\frac{0,15}{1,17}=0,12^{o}$
b=2000 kpl/ha	5,7		6,8	
c= 400 "	6,4	HSD=1,38	6,7	HSD=2,14
	Punkaharju, koeala 53			
a=5800 kpl/ha	5,1	$F(2,8)=\frac{1,02}{0,06}=16,22^{***}$	6,7	$F(2,8)=\frac{0,55}{0,17}=3,09^{o}$
b=2400 "	5,8	HSDac,bc=0,53	5,9	HSDac,bc=0,89
c=1100 "	6,1	HSDab= 0,49	6,1	HSDab= 0,82

Mahdollisten kasvupaikkaerojen olemassaoloa tarkasteltiin kovarianssianalyysillä, jossa pituustunnuksien muutoksien vaihtelua selittävänä muuttujana oli valtapituus ennen harvennusta. Tulokset on esitetty seuraavassa asetelmassa:.

	Regressio-kerroin b	| t-arvo |	Korjattujen keski-arvojen välisen eron merkitsevyys, F-arvo
Ruotsinkylä/			
koeala 6, $\bar{h}$	-0,322	0,993°	1,387°
, $\bar{h}_{dom}$	-0,251	0,928°	0,374°
koeala 28, $\bar{h}$	1,423	3,461**	4,028*
, $\bar{h}_{dom}$	1,391	3,679**	5,168*
Punkaharju/			
Muurais-saari, $\bar{h}$	-0,259	0,404°	2,512°
$\bar{h}_{dom}$	-0,729	0,761°	0,287°
koeala 53, $\bar{h}$	0,218	1,282°	17,677***
$\bar{h}_{dom}$	0,207	0,511°	2,064°

Jäännösvaihtelusta laskettu regressiokerroin on tilastollisesti merkitsevä vain Ruotsinkylän koealalla 28, jossa myös F-arvojen merkitsevyys varianssianalyysin tuloksiin nähden on muuttunut. Korjatut keskipituusarvot olivat luonnontilaisesta voimakkaimpaan käsittelyasteeseen seuraavat 6,6, 7,4 ja 6,1 metriä ja vastaavat valtapituusarvot 7,6, 7,6 ja 6,1 metriä. Tukeyn testin perusteella voimakkain käsittelyaste eroaa merkitsevästi muista molempien tunnuksien osalta. Huomattava on, että tällä koealalla luonnontilaisten koeruutujen puusto oli selvästi muita koealoja harvempaa, vastaten esim. Ruotsinkylän koealan 6 keskimmäisen käsittelyasteen puuston tiheyttä.

Muilla koealoilla alkuperäisten pituustunnusten korjaus on epävarmaa. Graafinen tarkastelu osoitti, ettei selvää johdonmukaista riippuvuutta ollut myöskään erikseen tietyn käsittelyasteen sisällä. Varianssianalyysin tulokset ovat siten sovellutuskelpoisempia (ks. luku 24).

Kivalon koealalla puuston keskipituus- ja valtapituusarvot olivat vuoden 1975 mittausten mukaan käsittelyasteittain seuraavat:

	keskipituus	valtapituus
a (luonnontilainen)	5,1 ± 0,13 m	10,5 ± 0,33 m
b (1 400 kpl/ha)	8,1 ± 0,17 m	11,0 ± 0,16 m
c (700 kpl/ha)	8,6 ± 0,29 m	11,0 ± 0,35 m

Tilastollisia testauksia ei tässä tehty, koska perustamisvaiheen tietoja ei ollut saatavilla. Ilmeistä kuitenkin on, että puuston keskipituus on lisääntynyt luonnontilaisissa ruuduissa harvennettuja hitaammin, koska täällä pieniläpimittaisia puita on ollut runsaasti. Pieniläpimittaisten puisen vaikutus näkyy selvästi luonnontilaisten ruutujen puuston keskipituudessa, joka eroaa huomattavasti harvennettujen ruutujen arvosta.

Ruotsinkylän koealoilla pituustunnuksien muutokset eri käsittelyasteissa eivät eronneet tilastollisesti toisistaan myöskään kokeiden perustamisajankohdan ja vuoden 1968 välisenä osajaksoissa.

Tarkasteltavien koealojen osalta voidaan näin päätellä, että puuston nuoruusvaiheessa tapahtunut harvennus ei ole yleensä vaikuttanut Etelä-Suomen olosuhteissa puuston keskimääräiseen tai vallitsevien puiden pituuskehitykseen. Mikäli kuitenkin puuston tiheys on suuri, normaali harvennus parantaa keskimääräistä pituuskehitystä.

Saadut tulokset tukevat ruotsalaista käsitystä, ettei männikön normaali harvennusvoimakkuus vaikuta vallitsevan puuston pituuskehitykseen (vrt. ERIKSSON 1965, VUOKILA 1972). Toisaalta ERIKSSON on todennut, että männikön erittäin voimakas ja harvoin toistuva harvennus parantaa vallitsevien puiden pituuskasvua. JACKin (1971) ja VESTJORDETin (1971) tulosten mukaan pituuskasvu heikkenee voimakkaan käsittelyn johdosta muutamiksi vuosiksi harvennuksen jälkeen, mutta palaa myöhemmin normaaliin tasoon.

52. Runkolukusarjojen muutokset

Kuvassa 5 on esitetty koealoittain runkolukusarjat eri mittauskerroilla. Runkolukusarjat tasoitettiin betajakauman avulla (vrt. LOETSCH, ZÖHRER ja HALLER 1973, VÄLIAHO ja VUOKILA 1973). Betajakauma on muotoa:

$$f(X) = c\,(X-A)^{\alpha}(B-X)^{\gamma}, \qquad (9)$$

jossa X = satunnaismuuttuja

c = skaalauskerroin, joka on määrätty siten, että käyrän rajoittama pinta-ala ja alkuperäinen runkolukumäärä ovat yhtäsuuret

A = jakauman alaraja

B = jakauman yläraja

α, γ = funktion exponentit

Tietokoneohjelma, joka laskee betafunktion, perustuu iterointiin. Tässä käytetty ohjelma valitsee tulostettavan jakauman siten, että alkuperäisten havaintojen ja lasketun käyrän antamien arvojen välinen korrelaatio on suurin. Betajakauman parametrien arvot sekä korrelaatiokerroin on esitetty liitteessä 1.

Korrelaatiokertoimista havaitaan, että betajakaumalla on voitu approksimoida runkolukusarjoja hyvin kaikilla mittauskerroilla. Korrelaatiokerroin on yleensä yli 0,900, keskimäärin 0,954. Lisäksi todetaan, että runkojen läpimittaluokkajakautumissarjan vaihtelualue on kasvanut puuston vanhetessa.

Eksponenttien perusteella voidaan päätellä jakauman vinous. Mikäli $\alpha < \beta$, jakauma on positiivisesti vino (oikealle), ja jos $\alpha > \beta$, se on negatiivisesti vino (vasemmalle). Tämän perusteella jakaumat ovat yleensä muuttuneet symmetrisempään suuntaan, eniten voimakkaimmin harvennetuissa puustoissa. Ruotsinkylän koealalla 6 käsittelyasteen 1100 kpl/ha jakauma on v. 1975 lievästi vasemmalle vino.

53. Keski- ja valtaläpimitta

Keski- ja valtaläpimitan kehitys koealoittain on esitetty kuvassa 6 ja vastaava tunnuksien muutos harvennusajankohdan ja vuoden 1975 välillä taulukossa 6. Taulukossa Ruotsinkylän koealoilla on otettu huomioon keskimmäisissä käsittelyasteissa keskiläpimitan nousu vuoden 1970 harvennuksen johdosta. Valtaläpimittaa harvennus ei ole muuttanut.

Havaitaan yleisesti, että harvennus on lisännyt sekä keskimääräistä että vallitsevien puiden paksuuskasvua. Erityisen selvästi havaitaan puiden keskimääräisen paksuuskasvun ~~voimakas~~ lisääntyminen voimakkaan ~~vahvan~~ harvennuksen seurauksena. Suurin keski- ja valtaläpimitan muutos tarkastelujaksona on tapahtunut Punkaharjun Muuraissaaren koealan voimakkaimman käsittelyasteen puustossa.

Keskiläpimitan muutoksissa todettavat erot ovat kauttaaltaan tilastollisesti merkitseviä eri käsittelyasteiden välillä. Ainoastaan Punkaharjun Muuraissaaren koealalla käsittelemättömän ja käsittelyasteen 2 000 kpl/ha puuston keskiläpimitan

Taulukko 6. Keski- ja valtaläpimitan muutos harvennusajankohdan ja vuoden 1975 mittausten välillä. Pystyviiva = lukemien erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (P = 0,05).

Käsittely-asteet	Keskiläpimitta		Valtaläpimitta	
	Muutos, cm	Testisuureet	Muutos, cm	Testisuureet
	Ruotsinkylä, koeala 6			
a=luonnont.	4,4	$F(2,15)=\frac{8,06}{0,33}=24,27^{***}$	6,5	$F(2,15)=\frac{4,73}{0,34}=13,66^{***}$
b=1700 (2800) kpl/ha	5,3		6,8	
c=1100 kpl/ha	6,7	HSD=0,86	8,1	HSD=0,87
	Ruotsinkylä, koeala 28			
a=luonnont.	5,0	$F(2,15)=\frac{12,89}{0,43}=29,88^{***}$	8,7	$F(2,15)=\frac{1,40}{0,28}=4,99^{*}$
b=1300 (2000) kpl/ha	6,8		9,2	
c=1000 kpl/ha	7,8	HSD=0,98	9,7	HSD=0,79
	Punkaharju, Muuraissaari			
a= ei käs.	3,8	$F(2,9)=\frac{44,42}{0,86}=51,94^{***}$	6,6	$F(2,9)=\frac{30,77}{1,79}=17,17^{***}$
b=2000 kpl/ha	4,8		7,7	
c= 400 "	10,0	HSD=1,83	11,8	HSD=2,64
	Punkaharju, koeala 53			
a=5800 kpl/ha	4,0	$F(2,8)=\frac{20,24}{0,47}=42,58^{***}$	8,6	$F(2,8)=\frac{4,76}{0,21}=21,73^{***}$
b=2400 "	6,5		9,4	
c=1100 "	8,9	HSDac,bc=1,48 HSDac,= 1,37	11,0	HSDac,bc=0,98 HSDab, = 0,91

muutokset eivät eroa tilastollisesti toisistaan. Tämä johtunee osaksi siitä, että keskimmäiseen käsittelyasteeseen on tullut harvennuksen jälkeen lehtipuita, joita ei ole poistettu kokeen kuluessa.

Valtaläpimitan muutosten perusteella havaitaan, että kaikilla koealoilla vasta voimakkain puuston käsittelyaste on lisännyt tilastollisesti merkitsevästi vallitsevien puiden paksuuskasvua luonnontilaiseen tai käsittelemättömään puustoon verrattuna. Voimakas käsittelyaste eroaa tilastollisesti merkitsevästi myös keskimmäisestä käsittelyasteesta muilla koealoilla paitsi Ruotsinkylän koealalla 28.

Kivalon koealalla eri käsittelyasteiden keskiläpimitan ja valtaläpimitan arvot ovat olleet v. 1975 seuraavat:

	keskiläpimitta	valtaläpimitta
a (luonnontilainen)	4,1 ± 0,11 cm	14,9 ± 0,47 cm
b (1 400 kpl/ha)	10,3 ± 0,16 cm	16,2 ± 0,29 cm
c (700 kpl/ha)	12,3 ± 0,37 cm	17,4 ± 0,44 cm

Ilmeistä on,vaikka tilastollisesti ei voitu osoittaa, että myös täällä keskimääräinen ja vallitsevien puiden läpimitta ovat lisääntyneet sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa on harvennettu. Pieni keskiläpimitta luonnontilaisilla ruuduilla johtuu runsaasta pieniläpimittaisten puiden määrästä.

Ruotsinkylän koealoilla puuston keski- ja valtaläpimitan kasvu eri käsittelyasteissa oli tilastollisesti erilainen myös perustamishetken ja vuoden 1968 välillä. Pareittaisessa vertailussa käsittelyasteet erosivat tilastollisesti toisistaan

samalla tavoin kuin vuonna 1975. Vain koealalla 28 havaittiin lisäpiirteenä, että voimakkaimmin käsitellyn puuston valtaläpimitta erosi tilastollisesti merkitsevästi muista.

54. Pohjapinta-ala

Vaikka taimiston tai riukuvaiheen metsikön harvennusta ei yleensä tehdä pohjapinta-alan mukaan, tämä tunnus on otettu tarkasteltavaksi, jotta saataisiin kuva missä vaiheessa koealojen puustot ovat olleet viimeisellä mittauskerralla. Näin koealojen puustoa voidaan verrata yleisiin metsänkäsittelyohjeisiin, joitten piiriin kuuluvat jo nuoret kasvatusmetsät.

Kuvassa 7 on esitetty koealoittain pohjapinta-alan kehitys harvennuksen jälkeen. Kuviin on piirretty pienillä ympyröillä rajat, joiden välissä metsikön pohjapinta-ala voi vaihdella, kun metsikön kasvatuksessa pyritään taloudellisesti edulliseen tulokseen. Esitetyt pisteet on otettu Keskusmetsälautakunta Tapion toimesta v. 1974 laadituista Etelä-Suomen luontaisesti syntyneitä kasvatusmetsiä koskevista harvennusmalleista (TAPION TASKUKIRJA 1975 s. 130-131).

Puuston pohjapinta-ala on kaikilla koealoilla normaalisti tai voimakkaasti harvennetuissa puustoissa vielä alle leimausrajan. Luonnontilaisten ja käsittelemättömien ruutujen puuston pohjapinta-ala ylittää leimausrajan. Kiireisen ensiharvennuksen tarpeessa on kuitenkin vain Ruotsinkylän koealan 28 luonnontilainen ja Punkaharjun koealan 53 lievästi harvennettu puusto. Näin määritetty ensiharvennuksen raja käy yksiin myös

Taulukko 7. Pohjapinta-ala vuonna 1975 sekä pohjapinta-alan kasvu harvennuksen jälkeen vuoden 1975 mittauksiin mennessä.

Pystyviiva = lukemien erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (P = 0,05)

Käsittelyasteet	Pohjapinta-ala v. 1975 m^2/ha kuorineen	Pohjapinta-alan kasvu m^2/ha, kuorineen	Testisuureet
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnot.	22,6 ± 1,4	11,9	$F(2,15) = \frac{7,94}{4,83} = 1,64^{o}$
b = 1700(2800) kpl/ha	18,3 ± 0,9	13,8	
c = 1100 kpl/ha	16,6 ± 0,4	11,7	HSD = 3,29
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnont.	26,0 ± 1,2	17,7	$F(2,15) = \frac{14,20}{2,20} = 6,44^{**}$
b = 1300(2000)kpl/ha	23,1 ± 0,6	18,4	
c = 1000 kpl/ha	21,3 ± 1,3	15,4	HSD = 2,22
	Punkaharju, Muuraissaari		
a = ei käs.	24,8 ± 0,9	12,6	$F(2,9) = \frac{52,01}{2,92} = 17,80^{***}$
b = 2000 kpl/ha	22,6 ± 1,8	14,9	
c = 400 kpl/ha	9,5 ± 0,5	7,8	HSD = 3,37
	Punkaharju, koeala 53		
a = 5800 kpl/ha	26,0 ± 1,5	20,0	$F(2,8) = \frac{34,51}{3,03} = 11,38^{**}$
b = 2400 kpl/ha	22,0 ± 0,8	18,8	
c = 1100 kpl/ha	15,3 ± 0,8	13,9	HSDac,bc = 3,80
			HSDab = 3,50
	Sainkivalo		
a = luonnont.	19,2 ± 1,2	-	
b = 1400 kpl/ha	13,2 ± 0,7	-	
c = 700 kpl/ha	9,1 ± 0,3	-	

VUOKILAn (1972 s. 28) esittämien valtapituusarvojen kanssa. Vaikka pohjapinta-alan perusteella käsitellyissä ruuduissa puustoa ei vielä viimeisellä tarkasteluhetkellä v. 1975 olisi ollut tarpeen harventaa uudelleen, harvennus tulee kuitenkin ajankohtaiseksi keskimmäisessäkin käsittelyasteessa jo lähivuosina muilla koealoilla paitsi Ruotsinkylän koealalla 6. Siten nyt esitettävät kuutiomäärää ja käyttöpuun tuotosta kuvaavat luvut antavat likimääräisen käsityksen siitä, millainen käsittelyasteen puusto on ensimmäisen varsinaisen harvennuksen hetkellä. Punkaharjun Muuraissaaressa pohjapinta-alan kehityksen hidastuminen käsittelemättömässä puustossa sekä käsittelyasteessa 2 000 kpl/ha viimeisinä vuosina johtunee lehtipuista, jotka ovat haitanneet mäntyjen kasvua. Täällä on myös lehtipuiden poistaminen välttämätöntä lähivuosina.

Ruotsinkylässä v. 1970 toteutettu keskimmäisten käsittelyasteiden toinen harvennus pysyy vielä käytännön ohjeiston puitteissa, joskin sen alarajalla. Koska harvennuskertymä on ollut tällöin pieni, koealalla 6 15 m^3/ha (PPA 3,1 m^2/ha) ja koealalla 28 22 m^3/ha (PPA 3,8 m^2/ha), on ilmeistä, että näin lievää harvennusta ei olisi voitu käytännössä taloudellisesti toteuttaa.

Pohjapinta-ala v. 1975 sekä pohjapinta-alan kasvu harvennusajankohdan ja vuoden 1975 mittausten välillä on esitetty taulukossa 7. Havaitaan, että yleensä harvimman puuston pohjapinta-alan kasvu harvennuksen

jälkeen on ollut tilastollisesti merkitsevästi heikompi kuin muissa käsittelyasteissa. Erityisen selvästi muita heikompi pohjapinta-alan kasvu on ollut Punkaharjun Muuraissaaren koealan erittäin voimakkaassa käsittelyasteessa. Toisaalta nähdään, että keskimmäisen käsittelyasteen puuston pohjapinta-alan kasvu on ollut muilla paitsi Punkaharjun koealalla 53 hieman suurempi kuin käsittelemättömien puustojen. Ero ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.

55. Kuutiokasvu

Eri käsittelyasteiden kokonaiskuutiomäärä vuonna 1975, kokonaiskuutiokasvu sekä kuutiokasvu harvennusajankohdan jälkeen vuoden 1975 mittauksiin mennessä on esitetty taulukossa 8. Kuutiomäärän kehitystä tarkasteluajanjaksona havainnollistaa kuva 8. Kokonaiskuutiokasvuun sisältyy kaikki tuotettu puumäärä, ts. männyn lisäksi kuusi ja lehtipuu, mikäli näitä on esiintynyt, sekä tarkasteluajanjakson aikana kuolleet ja poistetut puut.

Kokonaiskuutiokasvu on vähentynyt voimakkaan harvennuksen johdosta luonnontilaiseen tai käsittelemättömään puustoon verrattuna. Suurimmat kokonaiskuutiotuotoksen erot ovat syntyneet Punkaharjun koealoilla. Muuraissaaressa voimmakkaimman käsittelyasteen puuston kokonaiskuutiotuotos on vain noin puolet käsittelemättömästä. Kummallakin koealalla kuutiotuotoksen erot ovat tilastollisesti merkitseviä kuten käy ilmi seuraavasta asetelmasta. Voimakkain käsittelyaste eroaa molemmista muista.

Taulukko 8. Kokonaiskuutiomäärä v. 1975 sekä kokonaiskuutiokasvu ja kuutiokasvu harvennuksen jälkeen vuoden 1975 mittauksiin mennessä

Käsittelyasteet	Kokonaiskuutiomäärä v. 1975 (mänty) m^3/ha kuorineen (% luonnont.)	Kokonaiskuutiokasvu m^3/ha kuorineen (% luonnont.)	Kuutiokasvu harvennus-ajankohdan ja v. 1975 mittausten välillä m^3/ha kuorineen (% luonnont.)
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnont.	131 ± 9 (100)	140 ± 10 (100)	93 ± 8 (100)
b = 1700(2800)kpl/ha	107 ± 7 (82)	132 ± 6 (94)	94 ± 7 (101)
c = 1100 kpl/ha	100 ± 4 (76)	120 ± 4 (86)	81 ± 3 (87)
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnont.	165 ± 15 (100)	176 ± 15 (100)	134 ± 10 (100)
b = 1300(2000)kpl/ha	166 ± 11 (101)	197 ± 13 (112)	156 ± 9 (113)
c = 1000 kpl/ha	150 ± 15 (91)	171 ± 17 (97)	124 ± 13 (90)
	Punkaharju, Muuraissaari		
a = ei käs.	135 ± 7 (100)	150 ± 11 (100)	100 ± 6 (100)
b = 2000 kpl/ha	126 ± 14 (93)	148 ± 14 (99)	101 ± 12 (101)
c = 400 kpl/ha	54 ± 5 (40)	84 ± 4 (56)	48 ± 4 (48)
	Punkaharju, koeala 53		
a = 5800 kpl/ha	149 ± 10 (100)	158 ± 12 (100)	129 ± 8 (100)
b = 2400 kpl/ha	118 ± 5 (79)	130 ± 5 (82)	107 ± 5 (83)
c = 1100 kpl/ha	80 ± 11 (54)	95 ± 15 (60)	74 ± 9 (57)
	Sainkivalo		
a = luonnont.	79 ± 4 (100)	-	-
b = 1400 kpl/ha	60 ± 4 (76)	-	-
c = 700 kpl/ha	45 ± 4 (57)	-	-

Varianssianalyysin tulokset kuutiokasvun suhteen

Koeala	Testisuureet: Kokonais-kuutiokasvu	Kuutiokasvu harv. ajankohdan ja v.1975 mittausten välillä
Ruotsinkylä/ koeala 6	$F(2,15)=\frac{446,16}{277,61}=1,60^{o}$ HSD= 25,0	$F(2,15)=\frac{315,67}{235,35}=1,34^{o}$ HSD= 23,0
koeala 28	$F(2,15)=\frac{1396,72}{1352,06}=1,03^{o}$	$F(2,15)=\frac{1700,01}{695,59}=2,44^{o}$
Punkaharju/ Muurais-saari	$F(2,9)=\frac{5656,58}{446,05}=12,68^{***}$ HSD= 41,7	$F(2,9)=\frac{3653,10}{272,23}=13,42^{***}$ HSD= 32,6
koeala 53	$F(2,8)=\frac{3330,48}{414,08}=8,04^{***}$ $HSD_{ac,bc}$= 44,4 HSD_{ab}= 41,1	$F(2,8)=\frac{2589,70}{212,37}=12,19^{***}$ $HSD_{ab,bc}$= 31,8 $HSD_{\bar{a}b}$= 29,4

Ruotsinkylän koealalla 28 keskimmäinen käsittelyaste on tuottanut eniten puuta kuutiomääränä mitaten. On otettava kuitenkin huomioon, että tämän käsittelyasteen puuston kuutiomäärä oli jo alunperin muita ruutuja suurempi. Kaikkiaan kuutiomäärän vaihtelu eri ruuduissa on suuri, eivätkä erot ole tilastollisesti merkitseviä.

Harvennusajankohdan ja viimeisen mittauskerran välisen kuutiokasvun erot eri käsittelyasteiden välillä ovat samansuuntaisia kuin kokonaiskuutiotuotoksen. Toisaalta on viitteitä, että keskimmäisen käsittelyasteen puuston kuutiotuotos ei olisi alentunut harvennuksen johdosta. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa kuitenkin se, että tässä on tarkasteltu vain männyn kuutiomäärän kehitystä, jolloin erityisesti Muuraissaaren käsittelemättömässä puustossa jää huomattava osa lehtipuihin sisältyvästä kuutiomäärästä pois. Myöskään ei tiedetä tarkkaan, kuinka paljon vieras puulaji on hidastanut pääpuulajin kasvua. Ruotsinkylässä luonnontilaisilla ruuduilla oli vain kuusta. Tämä ei ole ilmeisesti haitannut männyn kasvua, eikä kuusen osuus puuston kuutiomäärästä ole suuri.

Punkaharjun koealalla 53, jolla puustot ovat pelkästään mäntyä, harvennus kaikissa asteissaan on alentanut kuutiokasvua myös tarkasteltavana osajaksona. Voimakkain käsittelyaste eroaa tilastollisesti merkitsevästi muista.

Ruotsinkylän koealalla 28 kuutiokasvut eri käsittelyasteissa eivät eroa varianssianalyysin perusteella tilastollisesti toisistaan. Sitä vastoin kovarianssianalyysin (selittävänä muuttujana valtapituus ennen harvennusta) tuloksena saatu korjattujen keskiarvojen välinen F-arvo oli tilastollisesti merkitsevä ($F=13,66^{***}$, $n=2,14$). Pareittaisessa vertailussa voimakkain käsittelyaste erosi molemmista muista.

Käsittelyasteiden väliset kuutiokasvun erot Ruotsinkylän koealoilla vuoteen 1968 mennessä ovat olleet samansuuntaiset kuin koko tarkasteltuna ajanjaksona.

	Kuutiokasvu harvennusajankohdan ja v. 1968 mittausten välillä m^3/ha kuorineen	
Koeala 6		
a = luonnontilainen	60 ± 3	
b = 2 800 kpl/ha	61 ± 5	$F(2,15)=\frac{287,80}{79,15}=3,63^{o}$
c = 1 100 kpl/ha	49 ± 3	
Koeala 28		
a = luonnontilainen	87 ± 8	
b = 2 000 kpl/ha	96 ± 8	$F(2,15)=\frac{496,25}{409,48}=1,21^{o}$
C = 1 100 kpl/ha	78 ± 8	

Kovarianssi analyysi koealalla 28 osoitti, että voimakkain käsittelyaste eroaa tilastollisesti muista ($F = 14,97^{***}$, $n = 2,14$).

56. Käyttöpuun tuotos

561. Käyttörunkojen lukumäärä

Taulukosta 9 käy ilmi käyttörunkojen lukumäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 ja muilla koealoilla v. 1975. Ruotsinkylän koealoilla tarkastellaan aluksi tilannetta ennen keskimmäisen käsittelyasteen toista harvennusta v. 1970. Mikäli käyttörungon minimi asetetaan 6,5 cm:iin rinnantasalta, kaikilla koealoilla eniten käyttörunkoja on käsittelemättömässä puustossa. Jos minimi on 10,5 cm, yleensä koealojen keskimmäisen käsittelyasteen puuston käyttörunkojen luku on suurin. Erot eri käsittelyasteiden välillä ovat kuitenkin pieniä muualla paitsi Punkaharjun Muuraissaaressa. Voimakkaimman käsittelyn aiheuttama puuston järeytyminen tulee esille muita käsittelyasteita suurempana käyttörunkojen lukumääränä selvästi vasta, kun minimi on asetettu 14,5 cm:iin.

Harvennettujen puustojen käyttörunkojen lukumäärissä on merkillepantavaa, että Punkaharjun ja Kivalon koealoilla miltei kaikki puut ovat jo tähän mennessä ylittäneet alimman sovelletun käyttörungon minimirajan. Voimakkaimmin käsitellyissä puustoissa kaikki puut ylittävät 6,5 cm:n rajan rinnantasalta, ja vain vähäinen määrä puita jää alle 10,5 cm:n. Muuraissaaren äärimmäisen voimakkaassa käsittelyssä käytännössä kaikki puut ovat yli 10,5 cm:ä rinnantasalta.

Taulukko 9. Käyttörunkojen (havupuut) lukumäärä ja sen vaihtelu Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 sekä Punkaharjun ja Kivalon koealoilla v. 1975.

Käsittely-asteet	Minimiläpimitta rinnankorkeudelta, cm		
	6,5	10,5	14,5
	kpl/ha (vaihteluväli)		
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a= luonnontilainen	2170 (1660...2770)	660 (480... 720)	40 (20...100)
b= 2800 kpl/ha	1980 (1840...2300)	680 (460...1136)	90 (20...250)
c= 1100 "	1010 (910...1150)	780 (580... 880)	170 (80...240)
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a= luonnontilainen	1990 (1720...2220)	900 (620...1120)	180 (80...240)
b= 2000 kpl/ha	1700 (1570...1860)	1030 (820...1180)	300 (30...560)
c= 1000 "	950 (880...1060)	870 (800... 960)	430 (220...700)
	Punkaharju, Muuraissaari		
a= ei käsit~~telyjä~~elty	2460 (2180...2880)	1100 (700...1370)	260 (130...440)
b= 2000 kpl/ha	1900 (1620...2280)	1190 (930...1320)	380 (230...550)
c= 400 "	400 (360... 430)	390 (360... 430)	320 (290...340)
	Punkaharju, koeala 53		
a= 5 800 kpl/ha	2740 (2280...2930)	893 (740...1050)	148 (140...150)
b= 2 400 "	2250 (2200...2290)	1120 (980...1270)	220 (120...270)
c= 1 100 "	1100 (1080...1190)	900 (870... 910)	280 (210...380)
	Sainkivalo		
a= luonnontilainen	1770 (1300...2020)	430 (210... 660)	80 (30...180)
b= 1 400 kpl/ha	1380 (750...1600)	650 (480... 880)	120 (40...190)
c= 700 "	650 (590... 700)	520 (490... 570)	180 (80...340)

Myöhempää tilannetta käyttörunkojen lukumäärän kehityksessä Ruotsinkylän koealoilla on kuvattu taulukossa 10.

Taulukko 10. Käyttörunkojen (havupuut) lukumäärä ja sen vaihtelu Ruotsinkylän koealoilla v. 1975.

Käsittely-asteet	Minimiläpimitta rinnankorkeudelta, cm		
	6,5	10,5	14,5
	kpl/ha (vaihteluväli)		
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a=luonnontilainen	2190(1620...2660)	1100(940...1230)	200(80...320)
b=1700(2000) kpl/ha	1570(1380...1800)	1030(820...1200)	280(190...370)
c=1100 kpl/ha	1100(960...1040)	910(850... 990)	500(420...580)
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a=luonnontilainen	2110(1760...2400)	1300(1136...1480)	470(290...750)
b=1300(2000) kpl/ha	1300(1100...1520)	1190(1090...1280)	680(450...800
c= 1000 kpl/ha	1000(930...1060)	950(910...1020)	700(510...860)

Lukemat esittävät puuston kehitystä hetkellä, kun keskimmäisen käsittelyasteen toisesta harvennuksesta on kulunut 5 vuotta. Koealalla 28 kaikki puut harvennetuissa ruuduissa ovat ylittäneet 6,5 cm:n rajan rinnantasalta. Myös koealalla 6 voimakkaimmassa käsittelyssä kaikki puut ylittävät alimman sovelletun rajan ja keskimmäisessäkin käsittelyasteessa vain vähäinen määrä (n. 170 puuta/ha) puista jää mainitun rajan alle. Käyttörunkojen lukumäärien erot käsittelyasteiden välillä ovat samansuuntaisia kuin vuonna 1968.

Käsittelemättömien puustojen lukemien ~~osoittavat lisäksi, kuinka paljon metsikössä on ollut käyttörunkoja ensiharvennusvaiheessa. Tämän~~ perusteella voidaan tehdä päätelmiä

maksimaalisesta käyttörunkojen lukumäärästä, joka koskemattomassa puustossa on voitu saavuttaa ennen ensiharvennusta. Ruotsinkylän koealalla 6 6,5 cm:n rajan rinnankorkeudelta saavutti likimain 2 200 runkoa (vrt. taulukko 10) ja 8,5 cm:n rajan 1800 runkoa hehtaarilla. Kiireisen ensiharvennuksen tarpeessa olevissa puustoissa saavutti vastaavan rajan Ruotsinkylän koealalla 28 2 100 ja 1 700 sekä Punkaharjun koealalla 53 2 700 ja 1 700 runkoa/hehtaari. Muuraissaaressa vastaavat luvut ovat 2 500 ja 1 700 sekä Kivalossa 1 800 ja 900 runkoa. Todetut runkolukumäärät ovat likimain samansuuruisia kuin mitä NYYSSÖNEN (1968) ja VUOKILA (1972) ovat jo aiemmin esittäneet. Vain Punkaharjun koealan 53 lievän käsittelyasteen vähintään 6,5 cm:n paksuisten käyttörunkojen lukumäärä poikkeaa aiemmin esitetyistä, ollen niitä suurempi.

Toisaalta käsittelemättömissä puustoissa on otettava huomioon, että osa puista jää kokonaan alle myyntikelpoisen rungon minimikoon. Alle 6,5 cm:n paksuisia mäntyrunkoja on Ruotsinkylän koealalla 6 2 000 kpl/ha, koealalla 28 700 kpl/ha, Punkaharjun koealalla 53 3 100 kpl/ha, Muuraissaaressa 1 800 kpl/ha ja Kivalossa 6 700 kpl/ha. Siten käsittelemättömässä tai vain lievästi harvennetussa puustossa on huomattava määrä hukkapuuta, jota puolestaan harvennetuissa puustoissa on ollut vähän tai ei ollenkaan. Ruotsinkylän koealalla 6 havaitaan muista poikkeavana, että v. 1968 käsittelyasteessa 2 800 kpl/ha on n. 800 puuta hehtaarilla alle käyttöpuun minimimitan. Ilmeisesti käsittely näin lievänä ei ole pystynyt parantamaan merkitsevästi puuston järeyskehitystä luonnontilaiseen verrattuna. Käsittely ei eroa paljon luonnontilaisesta myöskään käyttöpuun minimien ollessa 10,5 tai 14,5 cm:ä.

562. Käyttöpuun kuutiomäärä

Kuvasta 9 ja taulukosta 11 ilmenee käyttöpuun kuutiomäärä ja sen jakautuminen kolmeen eri järeysluokkaan Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 ja muualla v. 1975. Harvennuksessa poistettua käyttöpuuta ei ole lukuihin lisätty, sillä tässä on oletettu, ettei harvennus ole ollut taloudellisesti kannattava, mutta se tehtäisiin joka tapauksessa. Poistetun käyttöpuun määrä oli keskimmäisissä käsittelyasteissa vähäinen, ja suurimmillaankin voimakkaimmassa harvennuksessa Ruotsinkylän koealalla 28 ja Punkaharjun Muuraissaaressa se oli 14 m^3/ha (vrt. taulukko 4). Näin tarkastellen lukemat ilmaisevat eri käsittelyasteiden puustojen järeyskehityksen eroja tiettynä ajankohtana. Koska yli 14,5 cm:n paksuisia puita ei ollut kokeiden perustamisvaiheessa yhtään, ja järeysluokassakin 10,5...14,4 cm vain vähäinen määrä, esitetyt lukemat koskevat näiden käyttöpuumäärien osalta myös kuutiotuotosta.

Havaitaan yleisesti, että Etelä-Suomen koealoilla Ruotsinkylän koealaa 28 lukuunottamatta käsittelemättömässä tai lievästi harvennetussa puustossa on eniten käyttöpuuta, jos minimi on alhainen 6,5 cm:ä. Ero keskimmäiseen käsittelyasteeseen nähden on kuitenkin pieni. Ruotsinkylän koealalla 28 eniten käyttöpuuta on käsittelyasteessa 2 000 kpl/ha, mutta on huomattava, että jo perustamisvaiheessa harvennettujen ruutujen kuutiomäärä oli selvästi luonnontilaisia suurempi. Mikäli harvennuksessa poistettua puumäärää ei lueta käsittelyn hyväksi niin voimakas harvennus on vähentänyt rinnankorkeudelta yli 6,5 cm:n paksuisten puiden käyttöpuumäärää, eniten Punkaharjun koealoilla.

Taulukko 11. Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 ja Punkaharjun sekä Kivalon koealoilla v. 1975.

Käsittelyasteet	Minimiläpimitta rinnankorkeudelta, cm		
	6,5	10,5	14,5
	m^3/ha kuorineen (% luonnontilaisesta)	m^3/ha kuorineen (% luonnontilaisesta)	m^3/ha kuorineen (%luonnontilaisesta)
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnont.	88 (100)	42 (100)	5 (100)
b = 2800 kpl/ha	86 (98)	47 (112)	10 (200)
c = 1100 kpl/ha	67 (76)	59 (140)	19 (380)
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnont.	114 (100)	78 (100)	25 (100)
b = 2000 kpl/ha	126 (111)	102 (131)	45 (180)
c = 1000 kpl/ha	104 (91)	100 (128)	65 (260)
	Punkaharju, Muuraissaari		
a = ei käs.	129 (100)	89 (100)	34 (100)
b = 2000 kpl/ha	126 (98)	105 (118)	51 (150)
c = 400 kpl/ha	54 (42)	54 (61)	49 (144)
	Punkaharju, koeala 53		
a = 5800 kpl/ha	132 (100)	75 (100)	20 (100)
b = 2400 kpl/ha	116 (88)	81 (108)	23 (115)
c = 1100 kpl/ha	76 (58)	70 (93)	34 (170)
	Kivalo, Sainkivalo		
a = luonnont.	56 (100)	28 (100)	9 (100)
b = 1400 kpl/ha	59 (105)	43 (154)	14 (156)
c = 700 kpl/ha	44 (79)	41 (146)	24 (267)

Jos käyttöpuun minimiraja asetetaan 10,5 tai 14,5 cm:iin harvennuksesta johtuva puuston järeytyminen tulee esille käyttöpuun kuutiomäärissä samaan tapaan kuin käyttörunkojen lukumäärissä. Minimirajan ollessa 10,5 cm, kaikilla muilla koealoilla paitsi Ruotsinkylän koealalla 6 eniten käyttöpuuta on keskimääräisessä käsittelyasteessa, joskaan erot harvimpiin käsittelyasteisiin eivät ole suuria. Keskimmäisen käsittelyasteen puusto on tuottanutRuotsinkylän koealalla 28 31 %, Punkaharjulla, Muuraissaaressa 18 % ja koealalla 53 8 % enemmän rinnankorkeudelta vähintään 10,5 cm:n paksuista käyttöpuuta kuin käsittelemätön tai lievästi harvennettu. Erot eivät ole kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä.

Mikäli käyttöpuun rajana on 14,5 cm, kaikilla koealoilla harvimpaan puustoon sisältyy tarkasteluajankohtaan mennessä eniten käyttöpuuta. Muuraissaaren koealalla harvimman ja keskimmäisen käsittelyasteen käyttöpuun kuutiomäärien ero, 2 m^3/ ha, on nyt tarkasteltavassa mielessä merkityksetön.

Ruotsinkylän koealalla 6 keskimmäisen käsittelyasteen puuston käyttöpuumäärät eroavat vain vähän luonnontilaisesta. Ilmeisesti käsittelyasteen puuston tiheys - 2 800 kpl/ha - on niin suuri, että 10,5 cm:ä järeämpien puiden kuutiokehitys ei ole juuri parantunut harvennuksen ansiosta. Kuutiomäärän perusteella myös Punkaharjun koealalla 53 havaitaan, että tiheydessä 2 400 kpl/ha puuston järeytyminen on ollut hidasta ja käyttöpuun määrät ovat verrattavissa käsittelyasteen 5 800 kpl/ha käyttöpuun määriin.

Kuvasta 9 havaitaan edelleen, että käsittelemättömän ja keskimmäisen käsittelyasteen suurempi alimman sovelletun minimirajan käyttöpuun määrä voimakkaimpaan harvennukseen nähden johtuu ensi sijassa rinnankorkeudelta 6,5...10,4 cm:n paksuisista puista. Voimakkaimmassa käsittelyasteessa tähän järeysluokkaan kuuluu tarkasteluhetkellä vain vähäinen määrä puita. Ja ilmeistä on, että muutamien vuosien kuluessa kaikki puut ylittävät 10,5 cm:n rajan. Käyttöpuun kokonaiskuutiomäärästä oli järeysluokassa 6,5...10,4 cm Ruotsinkylän koealalla 6 12 %, koealalla 28 4 % ja Punkaharjun koealalla 53 8 %. Muuraissaaren koealalla kaikki erittäin voimakkaan käsittelyasteen puut ylittivät rinnankorkeudelta 10,5 cm:n rajan ja kokonaiskuutiomäärästä järeysluokassa 10,5...14,4 cm oli 9 %.

Toisaalta Etelä-Suomen koealoilla haluttiin myös laskea, kuinka suuri on ollut alimman sovelletun minimirajan käyttöpuun tuotos koko tarkastelujaksona. Seuraavassa asetelmassa esitetyt luvut on saatu vähentämällä perustamisvaiheessa harvennuksen jälkeen jäänyt käyttöpuu Ruotsinkylän koealoilla vuoden 1968 ja Punkaharjulla vuoden 1975 käyttöpuumääristä.

Käsittely-asteet	Ruotsinkylä		Punkaharju	
	Koeala 6	Koeala 28	Muuraissaari	Koeala 53
a	64±3 (100)	92±8 (100)	106±6 (100)	128±9 (100)
b	68±5 (106)	100±7 (108)	107±12 (101)	114±5 (89)
c	50±2 (78)	80±8 (88)	49±4 (46)	75±7 (58)

Lukemat tuovat korostuneesti esille, ettei keskimmäinen käsittelyaste ole yleensä aiheuttanut käyttöpuun tuotostappioita, jos minimi on alhainen (6,5 cm rinnankorkeudelta). Vain Punkaharjun koealan 53 käsittelyasteen 2 400 kpl/ha käyttöpuun

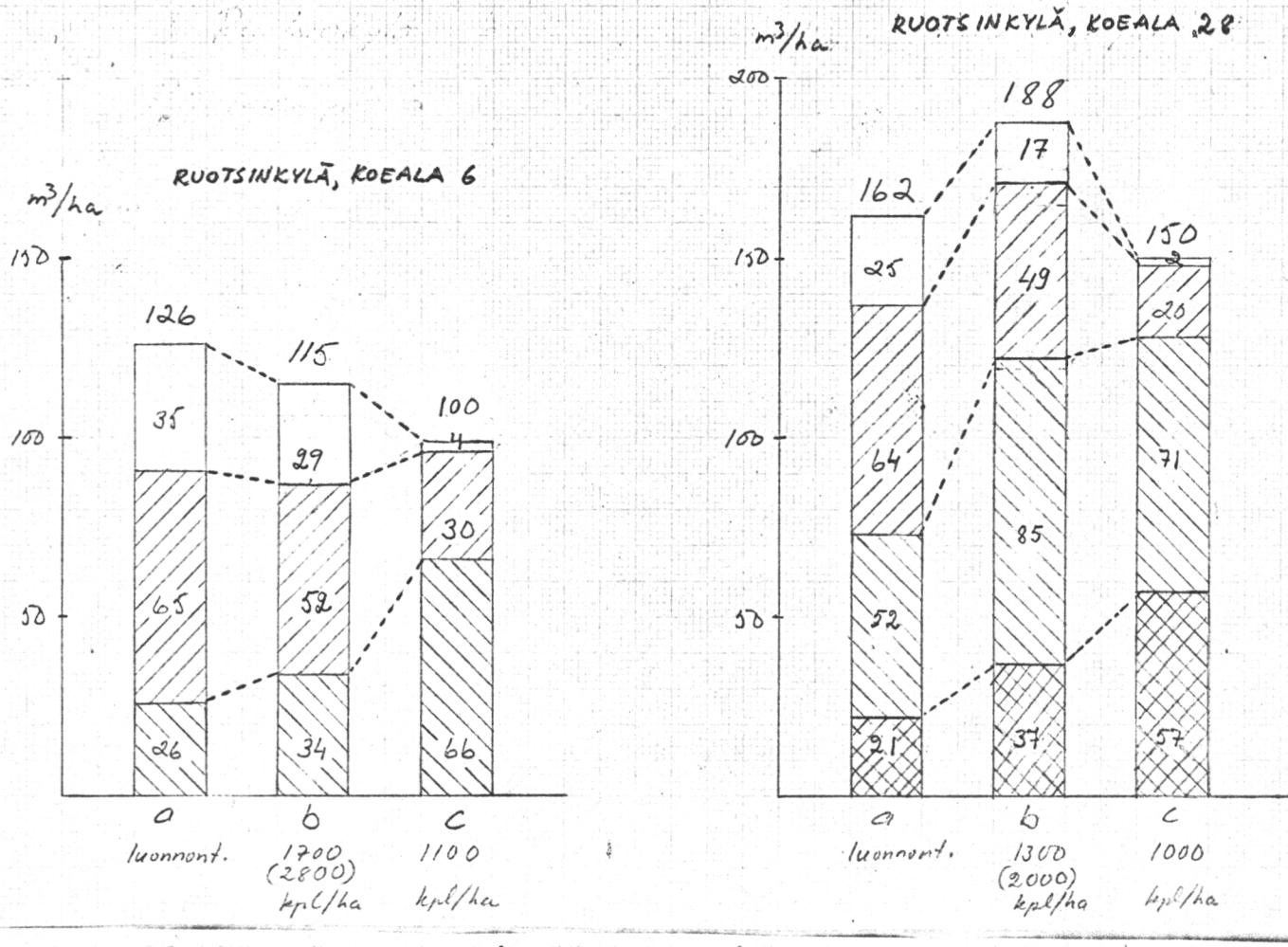
tuotos on ollut 19 vuoden aikana harvennuksen jälkeen 11 % pienempi kuin käsittelyasteen 5 800 kpl/ha. Sitä vastoin voimakas käsittely asentoon 1 100...1 000 kpl/ha on aiheuttanut kaikilla koealoilla tuotostappion käyttöpuun kuutiomäärässä. Ero käsittelemättömään tai lievästi harvennettuun on tilastollisesti merkitsevä muualla paitsi Ruotsinkylän koealalla 28.

Kivalossa havaitaan samansuuntaisesti kuin Etelä-Suomen koealoilla harvennuksen selvä vaikutus puuston järeytymiseen. Erona on se, että eniten pienimmän minimimitan käyttöpuuta on käsittelyasteessa 1 400 kpl/ha. Luonnontilaisissa koeruuduissa vastaava käyttöpuun määrä on 3 m^3/ha pienempi. Kun minimi on 10,5 cm, käsittelyasteet 1 400 kpl/ha ja 700 kpl/ha ovat tuottaneet käyttöpuuta likimain yhtä paljon. Minimin ollessa 14,5 cm, käsittelyasteen 700 kpl/ha puustoon sisältyy käyttöpuuta 2,5 kertaa enemmän kuin luonnontilaiseen ja 1,5 kertaa enemmän kuin käsittelyasteeseen 1 400 kpl/ha. Voimakkaimmassa käsittelyasteessa käyttöpuun kuutiomäärästä on järeysluokassa 6,5...10,4 cm 7 %.

Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1975 on esitetty kuvassa 10 ja taulukossa 12. Vuonna 1968 poistettu puumäärä on lisätty esitettäviin lukuihin. Eri käsittelyasteiden välinen käyttöpuumäärien ero on myös nyt likipitäen samansuuntainen kuin v. 1968. Koealalla 28 havaitaan, että

Taulukko 12. Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1975. Keskimmäisen käsittelyasteen lukemiin on lisätty v. 1968 poistettu käyttöpuu.

Käsittelyasteet	Minimiläpimitta rinnankorkeudelta, cm		
	6,5	10,5	14,5.
	m^3/ha kuorineen (% luonnontilaisesta)		
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnont.	126 (100)	91 (100)	26 (100)
b = 1700(2800) kpl/ha	115 (91)	86 (95)	34 (131)
c = 1100 kpl/ha	100 (79)	96 (105)	66 (254)
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnont.	162 (100)	137 (100)	73 (100)
b = 1300(2000) kpl/ha	188 (116)	171 (125)	122 (167)
c = 1000 kpl/ha	150 (93)	148 (108)	128 (175)



Kuva 10. Käyttöpuun kuutiomäärä Ruotsinkylän koealoilla v. 1975. ▭ = kuutiomäärä järeysluokassa 6,5...10,4 cm, ▨ = kuutiomäärä järeysluokassa 10,5...14,4 cm, ▨ = kuutiomäärä järeysluokassa 14,5...18,4 cm ja ▨ = yli 18,5 cm:n paksuisten puiden kuutiomäärä.

keskimmäinen käsittelyaste erottuu entistä selvemmin muista. Erityisesti yli 14,5 cm:ä paksumpien puiden kuutiomäärä on lisääntynyt, ja se on tarkasteluhetkellä lähes samalla tasolla kuin voimakkaimmassa käsittelyasteessa. Ilmeisesti käsittelyasteessa toteutettu harvennus on ollut voimakkuudeltaan ja ajoitukseltaan onnistunut. Tukkipuurunkoja (rinnankorkeudelta $\geq$ 18,5 cm) on kuitenkin selvästi eniten voimakkaimmassa käsittelyasteessa, jossa myös miltei kaikki puut ovat yli 10,5 rinnankorkeudelta. Koealalla 6 puuston reaktio avartuneeseen kasvutilaan on ollut hitaampaa, eikä järeyskehitys suhteessa luonnontilaiseen ole juuri muuttunut.

Käsittelemättömissä puustoissa v. 1975 alle 6,5 cm:n paksuisten puiden kuutiomäärä on Ruotsinkylän koealalla 6 5 m^3/ha, koealalla 28 3 m^3/ha, koealalla 28 3 m^3/ha, Muuraissaaressa 6 m^3/ha ja Kivalossa 23 m^3/ha. Vastaavat lukemat prosentteina kokonaiskuutiomäärästä ovat koealoittain 4, 2, 4 ja 30 %. Punkaharjun koealalla 53 lievästi harvennetussa puustossa vastaava kuutiomäärä oli 17 m^3/ha ja prosenttiluku 11 %. Todetaan siten, että erityisesti Kivalossa ja Punkaharjun koealalla 53 huomattava osa kuutiomäärästä sisältyy puihin, joilla ei ole kaupallista arvoa.

563. Käyttörungon keskikoko

Käyttörungon keskikoko v. 1975 eri koealoilla on esitetty taulukossa 13. Myös tässä havaitaan selvästi harvennuksen puiden järeytymistä lisäävä vaikutus. Kuitenkin, jos käyttöpuun minimi asetetaan 14,5 cm:iin rinnankorkeudelta, Ruotsinkylän koealalla 6, Punkaharjun koealalla 53 ja Kivalossa

Taulukko 13. Käyttörungon keskikoko koealoittain v. 1975.

Käsittelyasteet	Minimiläpimitta rinnankorkeudelta, cm		
	6,5	10,5	14,5
	litraa	litraa	litraa
	Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnontilainen	57	83	133
b = 1700 (2800) kpl/ha	67	83	122
c = 1100 kpl/ha	98	105	132
	Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnontilainen	77	105	157
b = 1300 (2000) kpl/ha	127	136	176
c = 100 kpl/ha	150	155	183
	Punkaharju, Muuraissaari		
a = ei käsitelty	52	81	130
b = 2000 kpl/ha	66	88	134
c = 400 "	136	136	152
	Punkaharju, koeala 53		
a = 5800 kpl/ha	48	84	137
b = 2400 "	51	73	106
c = 1100 "	67	78	121
	Sainkivalo		
a = luonnontilainen	30	59	108
b = 1400 kpl/ha	37	59	95
c = 700 "	49	65	99

käyttörungon keskikoko on suunnilleen sama kaikissa käsittelyasteissa.

57. Runkomuoto

Puun runkomuotoa tarkastellaan seuraavassa solakkuuden avulla, jota kuvataan rinnankorkeudelta tietyn paksuisen puun pituutena. Normaalien pituustunnuksien lisäksi laskettiin koealoittain eri käsittelyille kaikkien ruutujen yhteinen pituuskäyrä Näslundin pituuskäyrän yhtälöllä vuoden 1975 mittausten perusteella. NÄSLUNDIN (1936) pituuskäyrän yhtälö on:

$$h = 1{,}3 + \frac{d^2}{(a + bd)^2} \quad , \qquad (10)$$

jossa

h = pituuskäyrältä saatava puun pituus, m

d = rinnankorkeusläpimitta, cm

a,b = pituuskäyrän parametrit

Pituuskäyrän parametrit saadaan käyttämällä apumuuttujaa $Z = d/\sqrt{h-1{,}3}$, ja ratkaisemalla normaaliyhtälöt.

Tasoitetut pituuskäyrät on esitetty kuvassa 11 ja vastaavat pituuskäyrän parametrien arvot taulukossa 14. Käytetty malli selitti käsittelemättömissä puustoissa kaikilla koealoilla vähintään 80 % tai enemmän puiden pituuden kokonaisvaihtelusta. Heikko selitysaste todettiin Punkaharjun Muuraissaaren ~~äärimmäisen~~ erittäin voimakkaassa käsittelyasteessa. Yleensä havaittiin, että selitysaste heikkeni, jos puustoa oli

Taulukko 14. Näslundin pituuskäyrän parametrit, selitysaste sekä kaikkien käsittelyasteiden yhteistä keskiläpimittaa vastaava pituus. Pystyviiva = lukemien erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (P = 0,05).

Käsittely-asteet	Näslundin pituuskäyrän parametrit		r^2	Käsittelyasteiden yhteinen keskiläpimitta, cm	Yhteistä keskiläpimittaa vastaava, m pituus	Testisuureet
	a	b				
	Ruotsinkylä, koeala 6					
a = luonnont.	0,87855	0,23888	0,793		11,5	$F(2,15)=\frac{1,09}{0,23}=4,60^{*}$
b = 1700 kpl/ha (2800)	1,01442	0,23780	0,749	11,9	10,8	
c = 1100 "	1,13205	0,22830	0,670		10,7	HSD = 0,72
	Ruotsinkylä, koeala 28					
a = luonnont.	1,01642	0,21617	0,795		13,3	$F(2,15)=\frac{0,76}{1,01}=0,74^{o}$
b = 1300 kpl/ha (2000)	1,02528	0,20803	0,651	13,8	13,8	
c = 1000 "	1,19084	0,20458	0,651		13,1	HSD = 1,51
	Punkaharju, Muuraissaari					
a = ei käs.	0,73338	0,26122	0,818		11,1	$F(2,9)=\frac{2,80}{0,25}=10,89^{**}$
b = 2000 kpl/ha	0,76324	0,25721	0,446	12,6	11,0	
c = 400 "	1,02801	0,25472	0,252		9,6	HSD = 0,99
	Punkaharju, koeala 53					
a = 5800 kpl/ha	0,77500	0,24939	0,823		10,6	$F(2,8)=\frac{3,44}{0,13}=25,99^{***}$
b = 2400 "	0,88584	0,25765	0,827	10,0	9,6	$HSD_{ab}=0,73$
c = 1100 "	1,28982	0,23807	0,769		8,6	$HSD_{ac,bc}=0,79$
	Sainkivalo					
a = luonnont.	1,06589	0,25688	0,898		8,1	$F(2,24)=\frac{2,01}{0,25}=7,90^{**}$
b = 1400 kpl/ha	1,31724	0,24420	0,817	8,3	7,7	
c = 700 "	1,62187	0,22963	0,823		7,2	HSD = 0,60

harvennettu. Tuloksissa on kuitenkin huomattava, että pituuskäyrät on laskettu käsittelyasteille kaikkien ruutujen koepuiden avulla, jolloin pituuden vaihtelua on lisännyt mm. eri ruutujen välinen kasvupaikkaero.

Havaitaan yleisesti, että pituuskäyrä kulkee akselistossa sitä ylempänä mitä tiheämpi puusto on. Suuremmissa läpimittaluokissa pituuskäyrät yhtyvät Kivalon ja Ruotsinkylän (koeala 28) koealoilla. Edellisen perusteella voidaan päätellä, että puuston harvennus on heikentänyt puiden solakkuutta. Eniten heikkenemistä on tapahtunut runkolukusarjan keskimmäisissä ja pienissä puissa. Kun otetaan huomioon, että valtapituusarvot ovat eri käsittelyasteissa likimain samoja, havaittu puuston järeytyminen on itse asiassa tapahtunut suurelta osin pituuden kustannuksella. Ts. puiden pituus ei ole lisääntynyt samassa suhteessa kuin paksuuskasvu (vrt. NYYSSÖNEN 1954). Puun solakkuuden heikkeneminen merkitsee myös, että tietyn läpimittaluokan yksikkökuutio on käsitellyissä puustoissa pienempi kuin käsittelemättömässä. Ilmeistä on, että esim. Punkaharjun koealalla 53 eri käsittelyasteissa todettu likimain samansuuruinen käyttörungon keskikoko järeimmässä tarkastellussa käyttöpuuluokassa selittyy osaksi puiden yksikkökuution pienenemisellä harvennuksen johdosta.

Taulukossa 14 on esitetty myös koealoittain käsittelyasteiden yhteistä keskiläpimittaa vastaava pituus. Käsittelyasteiden yhteinen keskiläpimitta laskettiin koealan kaikkien koeruutujen aritmeettisena keskiarvona. Tätä keskiläpimittaa vastaava puun pituus kuvaa siten kaikissa käsittelyasteissa

samanpaksuisen puun pituutta. Pituudet otettiin koeruuduittain graafisesti tasoitetuilta käyriltä. Lukemista havaitaan että pituuskäyrät ovat mainitulla kohdalla tilastollisesti merkitsevästi ylempänä tiheimmissä käsittelyasteissa kuin harvemmissa. Ainoastaan Ruotsinkylän koealalla 28 ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

58. Latvuksen pituus

Seuraavassa asetelmassa esitetään koealoittain eri käsittelyasteiden keskimääräinen latvussuhde ja sen vaihtelu eri koeruuduissa v. 1975. Latvussuhde tarkoittaa elävän latvuksen osuutta prosentteina puun koko pituudesta. Latvussuhteen keskiarvot on laskettu koepuuhavainnoista aritmeettisena keskiarvona.

Koeala / käsittelyaste	latvussuhde	(vaihteluväli)
Ruotsinkylä, koeala 6		
a = luonnontilainen	39	(36...44)
b = 1700 (2800) kpl/ha	47	(45...50)
c = 1100 kpl/ha	51	(49...55)
Ruotsinkylä, koeala 28		
a = luonnontilainen	41	(30...50)
b = 1300 (2000) kpl/ha	42	(39...46)
c = 1000 kpl/ha	44	(38...50)
Punkaharju, Muuraissaari		
a = ei käsitelty	41	(37...44)
b = 2000 kpl/ha	45	(44...46)
c = 400 "	64	(58...67)

Punkaharju, koeala 53		
a = 5 800 kpl/ha	47	(46...48)
b = 2 400 "	53	(49...57)
c = 1 100 "	61	(60...61)
Sainkivalo		
a = luonnontilainen	51	(42...74)
b = 1 400 kpl/ha	60	(55...69)
c = 700 "	68	(63...73)

Keskimääräinen latvussuhde on ollut koealoittain sitä suurempi mitä voimakkaammin puustoa on harvennettu. Selvimmin latvussuhde on muuttunut harvennuksen johdosta Punkaharjun Muuraissaaressa, jossa äärimmäisen voimakkaan käsittelyn ja käsittelemättömän puuston latvussuhteiden ero on 23 %. Pienin vaihtelu eri käsittelyasteiden välillä on Ruotsinkylän koealalla 28.

Käsittelemättömien puustojen latvussuhteen keskiarvot ovat lähellä niitä arvoja, joita NYYSSÖNEN (1954) on esittänyt tutkiessaan hakkauksilla käsiteltyjen männiköisen rakennetta. VUOKILAn (1968) karsimiskokeiden mukaan männyllä maksimaaliseen kasvuun riittää 40 %:n suuruinen latvussuhde. Keskimääräinen latvussuhde yltää tähän rajaan kaikilla koealoilla. Vaihteluvälin perusteella havaitaan kuitenkin, että tietyissä käsittelemättömien puustojen koeruuduissa latvussuhde jää alle tämän rajan. Harvennetuissa ruuduissa yleensä mainittu raja ylittyy. Kivalossa keskimääräinen latvussuhde on tasoltaan Etelä-Suomen koealoja suurempi.

6. TULOSTEN TARKASTELU

61. Tulosten luotettavuus

Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että perustamisvaiheen harvennus tehtiin koealoilla myöhään, 6,0...8,7 metrin valtapituusvaiheessa. Tulosten sovellutuskelpoisuus rajoittuu siten luontaisiin taimistoihin, joiden käsittely on jostain syystä viivästynyt ja nuoriin riukuvaiheen metsiköihin, joita käsitellään metsänhoidollisesti puuntuotannollisten odotusten valossa.

Epätarkkuutta tuloksiin on saattanut syntyä siitä, että mittaus- ja laskentamenetelmät ovat muuttuneet kokeen kuluessa (pysyvien koealojen haitoista kts. esim. VUOKILA 1965 s. 24-30). Koska puita ei ole numeroitu pysyvästi maastoon, koepuiden otannassa on aina jouduttu valitsemaan uudet puuyksilöt. Ainoastaan Ruotsinkylän koealoilla v. 1968 valitut koepuut on merkitty, jolloin niitä voitiin käyttää hyväksi viimeisellä mittauskerralla. Koepuiden määrää ja edustavuutta voidaan kuitenkin pitää tyydyttävänä. Toisaalta on otettava huomioon, että taimistoon perustettavat koealat vaativat suuresta runkolukumäärästä johtuen runsaasti työtä, ja esim. puiden luettelointi luonnontaimistoissa on usein käytännössä mahdoton toimi. Vasta myöhemmin, kun puusto on ensiharvennusvaiheessa, puiden merkitseminen käy päinsä. Ilmeisesti taimiston harvennuskokeissa kannattaa alkuvaiheessa pyrkiä vain koepuiden pysyvään merkitsemineen. Lisäksi on huomattava, että koepuiden valinnasta johtuva epätarkkuus tulee ilmi vain puiden pituus- ja kuutiomäärätunnuksissa. Runkolukusarjaan

pohjautuviin tunnuksiin koepuuvalinta ei luonnollisestikaan vaikuta.

Kuutiomäärien arvioinnin tarkkuutta on muuttanut omalta osaltaan se, että aikaisemmin laskenta tapahtui Ilvessalon kuutioimis- ja ~~harvennus~~kasvun laskentataulukoiden avulla, kun taas viimeisellä kerralla sovellettiin koepuukohtaisesti Laasasenahon laatimia kuutioimisyhtälöitä. Voidaan olettaa, että tarkkuus on parantunut viimeisellä mittauskerralla, ja mahdolliset laskentatavan muutoksista johtuvat erot ilmenevät vasta, kun lasketaan jakson aikan tapahtunutta kuutiokasvua. Todennäköistä on myös, että mahdolliset virheet eivät ole muuttaneet eri käsittelyjen välisiä suhteellisia eroja, vaan ne ilmenevät ensi sijassa tunnuksien absoluuttisissa arvoissa.

Tuloksiin vaikuttavat luonnollisesti myös puiden luvussa ja koepuiden mittaamisessa syntyvät virheet ja epätarkkuudet. Nyt puiden luvussa käytetty cm luokitus on vielä karkea, mikäli tunnuksien muutoksia verrataan läpimittaluokittain. Koska tässä kuitenkin pääpaino on metsikkökohtaisilla tunnuksilla, käytetty mitta-asteikko ei sinänsä tuo virhettä tuloksiin. Kaikkiaan voidaan sanoa, että tietyistä puutteistaan huolimatta nyt sovelletut mittausmenetelmät täyttävät yleiset pysyvien koealojen mittausvaatimukset (vrt. VUOLO 1975), eikä mittauksissa ilmeisesti ole syntynyt sen suurempia virheitä kuin mitä yleensäkin tämän tapaisissa tutkimuksissa on mahdollisuus tehdä. Mikäli tuloksilta halutaan enemmän tietoa (esim. läpimittaluokittainen kasvuanalyysi), käytetty mittaustekniikka ei riitä.

Tälle tutkimukselle ominainen puute oli, että koeruudut oli erotettu maastoon ilman vaippa-alueita. Havaittiinkin, että koeruutujen vaikutuksesta toisiinsa on aiheutunut epätarkkuutta tiettyihin puustotunnuksiin. Virhe oli kuitenkin pieni. Koska tiedetään, että vaippa-alueen puuttumisesta aiheutui luonnontilaisilla ruuduilla yliarviota puuston keskiläpimittaan, ja toisaalta harvimmissa puustoissa aliarviota, tämä merkitsee, että läpimittatunnuksien ero eri käsittelyasteiden välillä ei ole ainakaan suurentunut mainitun puutteen takia. Voidaan päinvastoin otaksua, että havaittu läpimittatunnuksien ero ei ole tullut täysin esille, ja siten tuloksien merkitsevyys todellisuudessa on tältä osin hieman suurempi kuin mitä testit ovat osoittaneet.

62. Metsänhoidolliset ja puuntuotannolliset näkökohdat

Kokonaiskuutiotuotos muodostui suurimmaksi, mikäli puustoa ei oltu harvennettu. Tulos on yhdenmukainen yleisen pohjoismaisen käsityksen kanssa, jonka mukaan kokonaiskuutiokasvu (kaikki tuotettu puu) hehtaaria kohti on paljolti pääoman funktio (vrt. SJOLTE-JØRGENSEN 1967, VUOKILA 1967, 1972). Tällöin korkean kokonaiskasvun saavuttamiseksi puustoa on kasvatettava mahdollisimman tiheänä edellyttäen, ettei mennä tiheyksiin, joissa ekologiset olosuhteet heikkenevät ja vähentävät kasvua. Onkin esitetty,että metsiköstä saadaan korkein mahdollinen kuutiokasvu silloin, kun käsittely on niin lievä, että se vastaa luontaista harventumista (PETTERSON 1954). Voidaan kuitenkin otaksua, että kokonaiskasvua olennaisempi merkitys on taloudellisesti ensiarvoisen käyttöpuun tuottamisella.

Suomessa kullekin kasvupaikalle sopivaa kasvatustiheyttä on tarkasteltu maksimaalisen käyttörunkojen lukumäärän avulla. Tällöin on määritetty suurin mahdollinen tiettyä läpimittaa paksumpien puiden lukumäärä, mikä metsikössä voi kasvaa sen ensiharvennusvaiheessa (vrt. NYYSSÖNEN 1968, VUOKILA 1972). Näiden havaintojen mukaan tuoreen ja kuivahkon kankaan männikössä 6...7 cm:n rajan rinnankorkeudelta saavuttaa 2 600...2 300 runkoa. Koealojen käsittelemättömien puustojen ensiharvennusvaiheen alimman sovelletun rajan (6,5 cm) käyttörunkojen lukumäärät vastasivat lähes kauttaaltaan aiemmin todettuja.

Toisaalta havaittiin, että puuston harvennus hieman maksimaalista käyttörunkojen lukumäärää väljempiin asentoihin (2 400...2 000 kpl/ha) ei aiheuttanut rinnankorkeudelta yli 6,5 cm:n käyttöpuun kuutiotuotoksessa mainittavia eroja käsittelemättömään puustoon verrattuna. Sitä vastoin jo viimeisen tarkasteluhetkeen mennessä miltei kaikki puut olivat ylittäneet käyttöpuun rajan, kun taas puuston käsittelemättä jättäminen merkitsi huomattavaa hukkapuuntuotosta. Hukkapuun määrä, ts. puiden (rinnankorkeudelta alle 6,5 cm), joille ei ole toistaiseksi laskettava kaupallista arvoa, oli suurimmillaan Etelä-Suomen koealoilla 17 m^3/ha. Ilmeistä on, että taloudellisesti ei kannata kasvattaa hukkapuuta, koska se samalla merkitsee koko puuston elinehtojen heikentymistä. On siten pääteltävissä, että tiheydellä 2 400...2 000 kpl/ha voidaan saavuttaa samansuuruinen käyttöpuun kuutiotuotos kuin käsittelemättömässä puustossa, jos minimi on alhainen, mutta järeyskehitys paranee samalla selvästi puuntuotannollisesti edullisempaan suuntaan. Käytännössä omaksuttu yleisohje

taimiston
käsittelyssä (2 000 kpl/ha) on näiden tulosten valossa onnistunut ratkaisu.

Ruotsalaisten tulosten mukaan (ANDERSSON 1971 a) laaja tiheysasteikko (2 700...1 400 kpl/ha) tuottaa saman kuutiomäärän, jos käyttöpuun minimi on alhainen. Tämän aineiston perusteella ei voida tarkkaan päätellä, olisiko puuston harvennus vähän alle 2 000 kpl/ha tuottanut samansuuruisen käyttöpuumäärän kuin käsittelemätön. Sitä vastoin todettiin, että voimakas harvennus (1 100...1 000 kpl/ha) aiheutti tuotostappion käyttöpuun määrässä, kun minimi on 6,5 cm rinnankorkeudelta. Vastaavanlaisia havaintoja on tehty Norjassa, jossa VESTJORDETin (1971) mukaan 10 metrin valtapituusvaiheeseen mennessä tiheysasento 1 600 kpl/ha on tuottanut 75 % käsittelemättömän taimiston arvosta, jos minimi on 6 cm. Yleisesti VESTJORDET on päätellyt, että rinnankorkeudelta yli 6 cm:n paksuisten puiden kokonaiskuutiotuotto pienenee 25...30 m^3/ha jokaista alkutiheyden 1 000 kpl/ha kohti. Tämän suuruista tappiota hän ei kuitenkaan pidä suurena.

Edellä esitetty koskee puuston käsittelyä, jos käyttörungon minimi voidaan pitää alhaisena, 6...7 cm:nä rinnankorkeudelta. Mikäli minimi on suurempi, puuston käsittelyn voimistaminen tulee puuntuotannollisesti entistä selvemmin esille. Jos minimi asetetaan 10,5 cm:iin rinnankorkeudelta, tulosten perusteella voidaan havaita, että tiheys 2 000 kpl/ha merkitsee huomattavaa pieniläpimittaisten runkojen hukkatuotosta ensiharvennusvaiheeseen mennessä. Voimakas harvennus puolestaan

osoitti, että kaikki rungot tulevat ylittämään 10,5 cm:n rajan rinnankorkeudelta ennen varsinaista harvennushakkuuta. Toisaalta on oletettavissa, että tiheämpikin asento kuin 1 100...1 000 kpl/ha pystyy tuottamaan kaikki rungot yli 10,5 cm rajan. Ilmeistä on, että pyrittäessä kasvattamaan suurin 10,5 cm:n paksuisten puiden käyttöpuumäärä, optimaalinen tiheys on välillä 2 000...1 100 kpl/ha. VUOKILAn (1972) mukaan luonnontaimiston varhainen voimakas harvennus asentoon 1 600...1 400 kpl/ha, ei aiheuta 10...8 cm:ä paksumpien käyttörunkojen kuutiomäärän pienenemistä.

Oman kysymyksensä muodostaa harvennusajankohta. Yleensä suositellaan varhaista taimistonkäsittelyä (VESTJORDET 1956, VUOKILA 1972, ANDERSSON 1975), viimeistään valtapituusvaiheessa 5...6 metriä. Metsänhoidolliselta kannalta harvennus on usein käytännössä kätevintä yhdistää perkauksen kanssa samaksi käsittelytoimeksi. Käytännön ohjeiden mukaan perkaus tehdäänkin taimiston aikaisessa kehitysvaiheessa, ja se on toimi, jota ei voida jättää suorittamatta. Äskettäin julkaistujen ruotsalaisten tulosten mukaan (WALFRIDSON 1976) tiheän lehtipuuston vaivaaman havupuutaimiston keskiläpimitta voi olla vain 30...40 % samanikäisen vapaasti kasvaneen taimiston keskiläpimitasta. Lisäksi lehtipuut aiheuttavat havupuille mekaanisia vaurioita. Varhaista käsittelyä puoltavat myös metsänsuojelulliset seikat. On osoitettu, että ytimennävertäjät pääsevät lisääntymään kaadetussa puutavarassa, jos sen kantoläpimitta on 6...7 cm (vrt. BERGMAN 1971). Osittain ytimennävertäjätuhoja voidaan välttää

kohdistamalla hakkuu sopivaan ajankohtaan kesällä.

Tämän tutkimuksen tulokset osoittivat, että myöhäinenkin, valtapituusvaiheessa 6...8 metriä, toteutettu normaali ja voimakas harvennus merkitsi puuston järeyskehityksen nopeutumisen kautta huomattavaa puuntuotannollista etua. Puun talteenoton kannalta näin myöhäinen harvennus on sikäli rajatapaus, että sitä ei vielä voida lukea ensiharvennukseen, mutta toisaalta siinä saadaan jo käyttöpuuta. Jos harvennus riukuvaiheessa on normaali (2 400... 2 000 kpl/ha), siinä ei välttämättä jouduta poistamaan käyttöpuuta, mutta käsittelyn ansiosta kaikki puut ovat ensiharvennusvaiheessa yli 6,5 cm rinnankorkeudelta. Metsikköön joudutaan palaamaan uudelleen noin 16...20 vuoden kuluttua. Voimakkaassa harvennuksessa (1 100... 1 000 kpl/ha) sitä vastoin joudutaan poistamaan käyttöpuuta 10...15 m^3/ha, joskin toisaalta ensiharvennusta voidaan siirtää myöhäiseksi, jolloin kaikki puut ovat vähintäin yli 10,5 cm rinnankorkeudelta. Vaikka harvennuksessa poistettua puuta ei voitaisikaan käyttää tai korjata taloudellisesti talteen (vrt. ESKELINEN ym. 1976, HARSTELA ja TERVO 1976), on odotettavissa, että puuston parantunut järeyskehitys tulee korvaamaan myöhemmin kalliitkin taimiston ja riukuvaiheen metsikön käsittelyn hakku- tai korjuukustannukset. Kun harvennus ajoitetaan ennen riukuvaihetta tapahtuvaksi, pienpuuongelmaa ei ole.

Päätelmiä käsittelyn lykkäämisestä nyt tarkasteltavien koealojen puuston perustamishetken kehitysvaihetta myöhemmäksi, varsinaiseen ensiharvennusvaiheeseen, ei tämän aineiston perusteella voida tehdä. Harvennuskertymän osalta viimeisellä tar-

kasteluhetkellä koealojen käsittelemättömät puustot vastaavat VUOKILAn (1976) ensiharvennuskertymää koskevan tutkimuksen tuloksia. Metsänhoidolliselta kannalta on kuitenkin ilmeistä, että käsittelemättömissä puustoissa puiden kasvukyky säilyy latvussuhteen perusteella päätellen harvennuksen jälkeen, jos siinä valitaan jääviksi elinvoimaisia puita. On kuitenkin huomattava, että koealojen käsittelemättömät puustot Punkaharjun koealaa 53 lukuunottamatta eivät olleet erityisen tiheitä.

Yhtenä näkökohtana harvennusta ja sen voimakkuutta harkittaessa on puuston tekninen laatukysymys. Aikaisempien kotimaisten ((vrt. NYYSSÖNEN 1954, VUOKILA 1960) mukaisesti tulosten ~~tässä~~ tutkimuksessa todettiin, että voimakas harvennus heikensi puiden runkomuotoa. Tarkasteltu eri käsittelyasteiden läpimittaluokittainen pituus osoitti, että suurimmillaan Punkaharjun koealalla 53 voimakkaassa harvennuksessa (1 100 kpl/ha) tietynpaksuisen puun pituus oli 2 metriä lyhyempi kuin lievässä harvennuksessa (5 800 kpl/ha). Joskin puiden solakkuuden heikkeneminen on voimakkaan harvennuksen johdosta selvä, näin aikaisessa metsikön kehitysvaiheessa ei voida kuitenkaan ennustaa sen taloudellista merkitystä koko kiertoaikaa ajatellen (vrt. JACK 1971). Yleisesti harvennuksen on lisäksi pelätty aiheuttavan oksikkuuden lisääntymistä (esim. ANDERSSON 1971, UUSVAARA 1974, PERSSON 1976).

Esitettyjen näkökohtien rinnalla harvennuksen suotuisa vaikutus riippuu luonnollisesti siitä, millaisia puita valitaan jätettäväksi metsikköön. Valinnan onnistumisella on sitä tärkeämpi merkitys mitä voimakkaammin puustoa käsitellään. Var-

sinaisesti tässä tutkimuksessa ei näihin kysymyksiin ole puututtu, mutta kokeiden perustamisvaiheessa jätettävät puut valittiin ns. peruspuuajatuksen (SARVAS 1955) mukaan. Peruspuiksi valittiin metsikön parhaimpia puita, joiden ajateltiin säilyvän puuston arvokkaimpana osana koko kiertoajan. ~~Varsinaisesti~~ Taimistoa ei tasattu. Tulokset osoittivat, että voimakas harvennus jouduttaa kaikkien puiden paksuuskasvua, myös vallitsevien. Siten peruspuuajatus saa tukea, että aikaisin valitut metsikön parhaat ovat pystyneet käyttämään hyväkseen niille asetetun kasvutilan. Mielenkiintoista olisikin seurata säilyttävätkö valitut peruspuut asemansa koko kiertoajan, ja miten niiden kehitys poikkeaa muusta puustosta koko kasvatusajan puitteissa.

7. KIRJALLISUUSLUETTELO

ANDERSSON, S-O. 1960. Förbandförsök med gran. Norrlands skogsvårdsförbunds exkursion till Jämtland 28. och 29. Juni 1960. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 4:389-492.

ANDERSSON, S-O. 1962. Produktionstabeller för norrländska tallplanteringar. Yield tables for plantations of Scots pine in Northern Sweden. Medd. Stat. Skogsf. inst. 51(3):1-337.

ANDERSSON, S-O. 1971 a. Yield of merchantable wood in Swedish experiments with cleaning in young stands of Scots pine. IUFRO:n XV kongressin esitelmämoniste, Gainesville, Florida.

ANDERSSON, S-O. 1971 b. Sörlandsexkursionen 15-16 sept. 1970. Diskussion. Sveriges Skogsv. Förb. Tidskrift. (2):118-121.

ANDERSSON, S-O. 1975. Röjning och virkesproduktion. Skogen 62(3):116-117.

BERGMAN, F. 1971. Förebygg skador efter ungskogsröjning. Skogen 58(2):48-49.

BRAATHE, P. 1952. Planteavstandens virkning på bestandsutvikling og masseproduktion i granskog. Medd. Norske Skogforsøksv. 11:425-469.

BRANTSEG, A. 1959. Planteavstandsforsøk med gran. Forer ved det norske skogselskap landsmøte och utferder i Skien 1.-3. juni 1959.

CARBONNIER, C. 1954. Några exempel på produktionen i planterad granskog i södra Sverige. Yield studies in planted spruce stand in Southern Sweden. Medd. Stat. Skogsf.inst. 44(5):1-59.

CARBONNIER, C. 1964. Aktuella synpunkter på föryngringsfrågorna speciellt med tanke på förbandets inflytande på kvantitets - och kvalitetsproduktionen. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. 6:1-15.

CARBONNIER, Ch. 1974. Preliminära resultat från ett gallsingsförsök i planterad granskog. Preliminary results from a thinning experiment in a Norway spruce plantation. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. 29:1-30.

CROMER, D.A.N. ja PAWSEY, C.K. 1957. Initial spacing and growth of Pinus radiata. Forestry and Timber Bur. Bull. 36:1-42.

DENGLER, A. 1972. Waldbau auf ökologischer Grundlage. II. 264 s. Hampuri. Paul Parey.

EKLUND, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog - An Experiment in sowing and planting pine with different spacing. Medd. Stat. Skogst. inst. 46(10):1-98.

ELFVING, B. 1975. Volym och struktur i ogallrade tallbestånd. Volume and structure in unthinned stands of Scots pine. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. 35:1-128.

ERIKSSON, H. 1965. Studier över höjdtillväxten hos tall och gran i södra Sverige. Licenciatavhandling i skogsuppskattning, Skogshögsk. Stockholm. (Ref. Vuokila, Y. 1972).

ESKELINEN, A., MELKKO, M. ja VESIKALLIO, H. 1976. Kokopuuna korjuun taloudellisuus. Economicalness of harvesting of whole trees. Metsätehon tiedotus 341:1-39.

HAKKILA, P., KALAJA, H. ja MÄKELÄ, M. 1975. Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Summary: Full tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. Folia For. 240:1-78.

HARSTELA, P. ja TERVO, L. 1975. Arvio taimikon ja riukuasteen metsiköiden käsittelyssä poistettavista puumääristä. Konekirjoite. Metsäteknologian tutkimusosasto. Suonenjoen metsänviljelyn koeasema: 145 s.

HARSTELA, P. ja TERVO, L. 1976. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaketus. Summary: Work output and ergonomical aspect in harvesting of uncommercial thinning-trees (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. Folia For. (painettavana).

HERZ, M. 1929. Huomioita männyn ja kuusen pituuskehityksen "vuotuisesta" ja vuorokautisesta jaksosta. Referat: Beobachtungen über die "jährlichen" und täglichen Perioden im Längenwachstum der Kiefer und Fichte. Acta For. Fenn. 34(18):1-28.

ILVESSALO, Y. 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). Selostus: Pysyvien koealojen perustaminen ja mittaus Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 17(2):1-39.

ILVESSALO, Y. 1965. Metsänarvioiminen. 400 s. Porvoo. Werner Söderström Osakeyhtiö.

JACK, W. H. 1971. The influence of tree spacing on Sitka spruce growth. Irish For. 28(1):13-33.

KILKKI, P. 1974. Metsänmittausoppi. Helsingin yliop. metsänarvioimist. lait. , Tiedonant. 7.

KOIVISTO, P. 1970. Regionality of forest growth in Finland. Tiivistelmä: Metsän kasvun alueellisuus Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 71(2):1-76.

LEIKOLA, M. 1969. The influence of Environmental Factors on the Diameter Growth of Forest Trees.Auxanometric Study. Acta For. Fenn. 92:1-144.

LILJEROOS, H. 1976. Kuusen istutusvälikoe Turvan tilalla. Metsä ja Puu 4:21-22.

LOETSCH, F., ZÖHRER, F. ja HALLER, K.E. 1973. Forest Inventory. II. 496 s. München. BLV Verlagsgesellschaft.

MATTILA, S. 1973. Tilastotiede II. 174 s. Helsinki. Gaudeamus.

METSÄTILASTOLLINEN VUOSIKIRJA. 1974. Yearbook of Forest Statisties. Folia For. 255:1-214.

MIETOLA, T. 1975. Metsän käsittely. s. 128-134. Kirjassa: Tapion Taskukirja. Helsinki. Kirjayhtymä.

NYYSSÖNEN, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. Acta For. Fenn. 60(4):1-194.

NYYSSÖNEN, A. 1968. Käyttöpuun tuotoksesta ensimmäisillä harvennushakkuilla käsitellyissä metsiköissä. Konekirjoite. Helsingin yliop. metsänarvioimist. laitos.

NYYSSÖNEN, A. ja VUOKILA, Y. 1960. Metsikkökoealan vaipan leveys. Summary: Width of isolation strip around sample plots. Commun. Inst. For. Fenn. 53(2):1-18.

PERSSON, A. 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. 42:1-122.

PETTERSSON, H. 1954. Barrskogens volymproduktion. Die Massenproduktion des Nadelwaldes. Medd. Stat. Skogsf. anst. Band. 45:1A:1-391.

RAULO, J. ja LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. Commun. Inst. For. Fenn. 81(2):1-19.

SARVAS, R. 1948. Harvennushakkuista. Metsät. Aikakausl. 65 (12):

SARVAS, R. 1955. Nykyhetken ajatuksia harvennushakkuista. Metsätal. Aikakausl. 72(10):

SIREN, G. 1956. Männyn taimistojen käsittelystä. Metsätal. Aikakausl. 73(1):5-11.

SJOLTE - JØRGENSEN, J. 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. Kirjassa: Int. Rev. Forest. Res. 2, Academic Press. s. 43-94.

SNEDECOR, G.W. ja COCHRAN, W.G. 1967. Statistical methods. 593 s. Iowa. Ames.

UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For. Fenn. 80(2):1-105.

VASAMA, P-M. ja VARTIA, Y. 1973. Johdatus tilastotieteeseen I-II. 725 s. Helsinki. Gaudeamus.

WALFRIDSSON, E. 1976. Lövets konkurrens i barrkulturen. Skogen 63(15):631-633.

VESTJORDET, E. 1958. Avstandsregulering. Tidsskr. Skogbr. 67(2): 59-82.

VESTJORDET, E. 1971. Avstandsregulering på foryngelsesfelter. Norsk Skogbr. 6:152-153.

WIKSTEN, Å. 1965. Ett förbandsförsök med planterad gran. A spacing experiment with planted Norway spruce. (Picea Abies). Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. 7:1-87.

VUOKILA, Y. 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporaty sample plots. Lyhennelmä: Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvu- ja tuottotaulukoita varten. Commun. Inst. For. Fenn. 60(4):1-86.

VUOKILA, Y. 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. Summary: Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for southern central-Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 63(2):1-123.

VUOKILA, Y. 1968. Karsiminen ja kasvu. Summary: Pruning and increment. Commun. Inst. For. Fenn. 66(5):1-61.

VUOKILA, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedlings stands from the viewpoint of production. Folia For. 141:1-36.

VUOKILA, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. Folia For. 247:1-24.

VUOKILA, Y. 1976. Ensiharvennuskertymä. Summary: Yield from the first thinning. Folia For. 264:1-12.

VUOLO, T. 1975. Kestokoealojen perustamisohjeet. Konekirj. Metsäntutkimuslaitos metsänarv. tutk. os., 16 s.

VÄLIAHO, H. ja VUOKILA, Y. 1973. A system for simulation of the development of stemdiameter distributions. Tiivistelmä: Runkolukusarjan kehityksen simulointimenetelmä. Commun. Inst. For. Fenn. 78(9):1-28.

YLI-VAKKURI, P. 1968. Taimiston perustamistiheys. Metsätal. Aikakausl. 85(2):55-56.

YLI-VAKKURI, P., RÄSÄNEN, P.K. ja SOLIN, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Heldingin yliop. metsänhoitot. laitos. Tiedonant. 2: 1-92.

(ANDERSSON, S-O. 1968. Röj för mer virke. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. skogsföryngr. 13 : 1-4.)

TIIVISTELMÄ

~~Tässä~~ tutkimuksessa tarkasteltiin männyn taimiston ja riukuvaiheen metsikön harvennuksen vaikutusta puuston kehitykseen viiden pysyvän koealan mittausten perusteella. Koealat sijaitsevat Metsäntutkimuslaitoksen kolmessa eri kokeilualueessa. Ruotsinkylän ja Punkaharjun koealat edustavat Etelä-Suomen ja Kivalon koeala Peräpohjolan metsäkasvualuetta. Koealojen metsiköt ovat luontaisesti syntyneitä muualla paitsi Punkaharjun Muuraissaaressa, jossa metsikkö on perustettu istuttamalla. Kasvupaikka on Muuraissaaren koealalla keskimäärin tuore kangas (MT), muilla Etelä-Suomen koealoilla keskimäärin kuivahko kangas (VT) ja Kivalossa kuiva kangas (MCClt). Kaikkialla koejärjestelynä on täydellisesti arvottu koe. Erilaisia puuston käsittelyasteita on kullakin koealalla kolme, ja niitä on toistettu 4...9 kertaa koealasta riippuen.

Puusto on käsitelty Etelä-Suomen koealoilla 6,0...8,7 metrin valtapituusvaiheessa. Käsittelyasteet koealoittain olivat seuraavat:

Ruotsinkylä, koeala 6:

luonnontilainen (mäntyjä keskimäärin 4 200 kpl/ha)

2 800 kpl/ha ja

1 100 kpl/ha

Ruotsinkylä, koeala 28:

luonnontilainen (mäntyjä keskimäärin 2 800 kpl/ha)

2 000 kpl/ha

1 000 kpl/ha

Punkaharju, Muuraissaari

käsittelemätön (mäntyä keskimäärin 4300 kpl/ha)

2 000 kpl/ha

400 kpl/ha

Punkaharju, koeala 53

5 800 kpl/ha

2 400 kpl/ha

1 100 kpl/ha

Kivalo ~~ja~~, Sainkivalo

luonnontilainen (keskimäärin 8500 kpl/ha)

1 400 kpl/ha

700 kpl/ha

Ruotsinkylän koealojen keskimmäistä käsittelyastetta harvennettiin uudelleen v. 1970, jolloin koealalla 6 käsittelyyn jäi keskimäärin 1 700 kpl/ha ja koealalla 28 1 300 kpl/ha.

Esitetyt tulokset koskevat puuston kehitystä 14...20 vuoden aikana ensimmäisen harvennuksen jälkeen. Päätulokset olivat seuraavat:

1. Pituuskehitys

Keskimääräinen pituuskasvu oli koealoittain yleensä sitä suurempi mitä voimakkaammin puustoa oli käsitelty. Tilastollisesti merkitsevästi pituuskasvu lisääntyi harvennuksen ansiosta vasta, kun puuston tiheys alunperin oli suuri (5800 kpl/ha). Vallitsevien puiden pituuskasvuun puuston käsittely ei vaikuttanut.

2. Läpimitan kehitys

Puuston rinnankorkeudelta mitattu keskimääräinen

paksuuskasvu lisääntyi koealoilla sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa oli harvennettu. Harvennus vaikutti myös vallitsevien puiden paksuuskasvuun, mutta vasta voimakkain (1000...1100 kpl/ha) puuston käsittely lisäsi järeimpien puiden paksuuskasvua tilastollisesti merkitsevästi käsittelemättömään tai normaalin (keskimmäinen käsittelyaste) käsittelyasteen puustoon verrattuna.

3. Kuutiokasvu

Kokonaiskuutiokasvu (kaikki tuotettu puumäärä järeydestä riippumatta) pieneni voimakkaan harvennuksen johdosta. ~~Äärimmäisen~~ Erittäin voimakas harvennus (400 kpl/ha) Punkaharjun Muuraissaaressa aiheutti 44 % kasvutappion käsittelemättömään puustoon verrattuna.

4. Käyttörunkojen lukumäärä

Ensiharvennusvaiheessa Ruotsinkylän koealojen luonnontilaisilla ruuduilla rinnankorkeudelta vähintään 6,5 cm:n rajan oli saavuttanut 2100...2200 runkoa. Punkaharjun Muuraissaaressa vastaava runkolukumäärä käsittelemättömässä puustossa oli n. 2 400 kpl/ha ja koealan 53 lievästi harvennetussa puustossa (5800 kpl/ha) n. 2 700 kpl/ha. Kivalon koealalla luonnontilaisessa puustossa käyttörunkoja oli n. 1 600 kpl/ha.

Käsitellyissä puustoissa lukuunottamatta Ruotsinkylän koealan 6 harvennusastetta 2 800 kpl/ha käytännöllisesti katsoen kaikki puut ylittivät 6,5 cm:n rajan rinnankorkeudelta. Jos käyttöpuun minimi asetettiin suuremmaksi (10,5 tai 14,5 cm), puuston käsittely lisäsi tuotettujen käyttörunkojen lukumäärää.

5. Käyttöpuun kuutiomäärä

Käyttöpuun minimin ollessa 6,5 cm rinnankorkeudelta, käsittelemättömän ja koealojen keskimmäisen käsittelyasteen puustojen käyttöpuun kuutiomäärä oli likimain yhtä suuri. Voimakkaimmasta käsittelystä aiheutunut tappio käyttöpuun kuutiomäärässä oli Ruotsinkylän koealalla 6 22 %, koealalla 28 12 % ja Kivalossa 21 % luonnontilaiseen puustoon verrattuna. Punkaharjun koealalla 53 vastaava luku käsittelyasteeseen 5 800 kpl/ha verrattuna oli 42 %.

Kun minimi asetettiin rinnankorkeudelta 10,5 cm:iin, kättöpuun kuutiomäärän todettiin lisääntyneen harvennuksen ansiosta kaikilla koealoilla. Erot keskimmäisen ja voimakkaimman käsittelyasteen puun- käyttömäärien välillä olivat vähäisiä. Minimin ollessa 14,5 cm:ä käyttöpuun kuutiomäärä oli suurin kaikilla koealoilla voimakkaimman käsittelyasteen puustossa.

Voimakkaimman käsittelyasteen käyttöpuun kokonaiskuutiomäärästä oli järeysluokassa 6,5...10,4 cm Ruotsinkylän koealalla 6 12 %, koealalla 28 4 %, Punkaharjun koealalla 53 8 % ja Kivalossa 7 %. Muuraissaaren koealalla kaikki erittäin voimakkaan käsittelyasteen puut ylittivät rinnankorkeudelta 10,5 cm:n rajan ja kokonaiskuutiomäärästä järeysluokassa 10,5 ...14,4 cm oli vain 9 %.

6. Runkomuoto

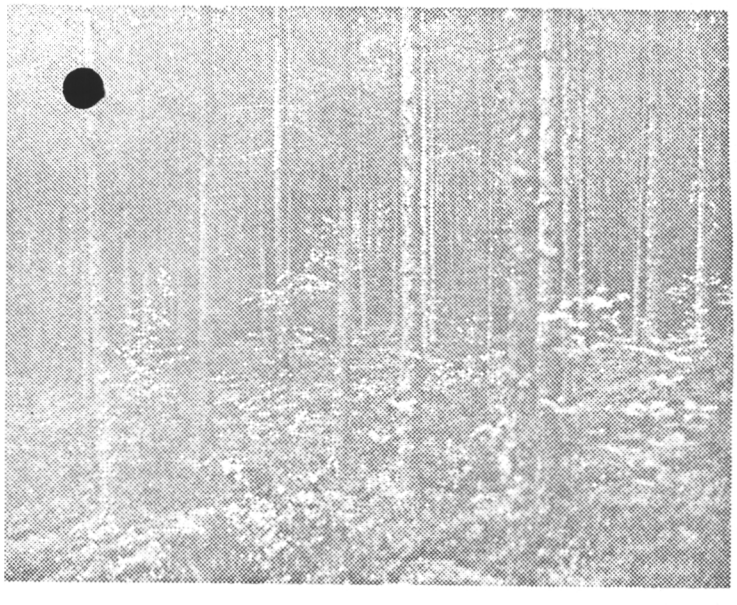
~~Puuston käsittely heikensi~~ Puiden runkomuoto (solakkuus) heikkeni yleensä sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa käsiteltiin.

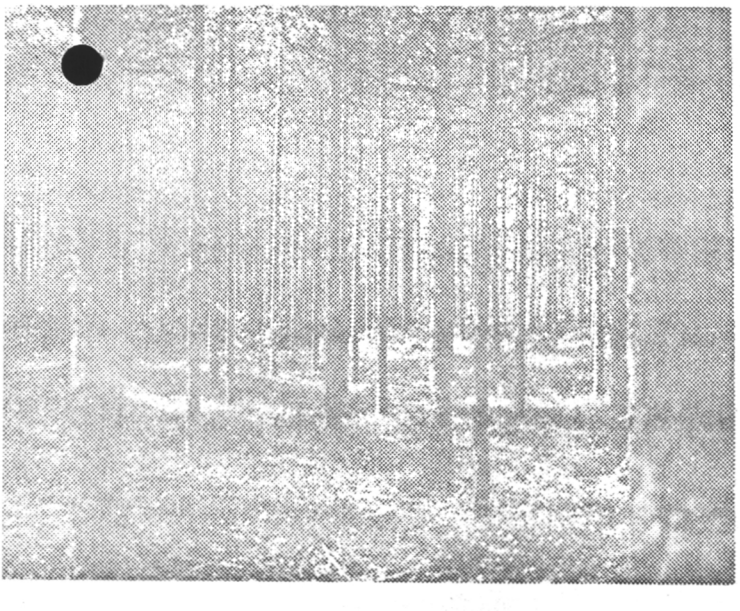
Liite 1. Runkolukusarjojen tasoituksessa käytetyn betafunktion parametrit sekä alkuperäisten ja käyrän antamien havaintojen välinen korrelaatiokerroin

Vuosi	Ruotsinkylä, koeala 6																	
	a = luonnontilainen						b = 1700 (2800) kpl/ha						c = 1100 kpl/ha					
	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r
1955	0,5	14,5	1,114	3,302	$0,707^{-1}$	.909	0,5	15,5	2,321	5,513	$0,380^{-4}$	.968	1,5	13,5	3,285	3.470	$0,113^{-2}$	.940
1962	0,5	16,5	1,061	2,556	$0,195^{-2}$	.881	2,5	18,5	1,663	4,592	$0,463^{-4}$	.953	2,5	17,5	4,266	4,224	$0,670^{-5}$	.964
1968	0,5	19,5	1,888	3,687	$0,108^{-2}$	.970	2,5	21,5	2,204	4,976	$0,189^{-9}$	.970	2,5	19,5	4,501	3,331	$0,737^{-5}$	.969
1970	-	-	-	-	-	-	2,5	24,5	3,513	7,654	$0,264^{-13}$	.912	-	-	-	-	-	-
1975	0,5	21,5	2,123	3,223	$0,910^{-3}$	.952	4,5	27,5	4,152	9,979	$0,746^{-13}$	.951	5,5	22,5	3,012	2,884	$0,424^{-3}$	.964
	Ruotsinkylä, koeala 28																	
	a = luonnontilainen						b = 1300 (2000) kpl/ha						c = 1000 kpl/ha					
	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r
1955	0,5	13,5	1,432	2,678	0,160	.893	0,5	15,5	2,255	3,743	$0,144^{-2}$	.966	1,5	14,5	3,286	3,033	$0,129^{-2}$	.963
1968	2,5	20,5	1,050	2,420	0,101	.935	2,5	21,5	1,721	2,470	$0,149^{-1}$	.952	5,5	22,5	2,846	3,042	$0,429^{-3}$	.932
1970	-	-	-	-	-	-	2,5	21,5	2,357	2,458	$0,273^{-2}$	.905	-	-	-	-	-	-
1975	0,5	23,5	1,786	2,563	$0,497^{-2}$	.967	4,5	27,5	3,857	5,132	$0,406^{-7}$	.957	7,5	25,5	2,339	2,637	$0,200^{-2}$	.959
	Punkaharju, Muuraissaari																	
	a = ei käsitelty						b = 2000 kpl/ha						c = 400 kpl/ha					
	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r
1959	0,5	13,5	0,845	2,308	$0,120^{-3}$	.872	2,5	14,5	1,302	3,563	$0,362^{-1}$	.946	2,5	17,5	6,200	14,026	$0,456^{-16}$	.979
1970	1,5	22,5	1,270	4,035	$0,744^{-4}$	.969	2,5	25,5	3,387	7,392	$0,462^{-9}$	.993	6,5	27,5	4,493	7,916	$0,763^{-11}$	.957
1975	0,5	23,5	1,946	4,222	$0,655^{-4}$	.993	2,5	26,5	2,773	5,505	$0,164^{-6}$	.987	8,5	32,5	3,618	6,981	$0,102^{-9}$	.960
	Punkaharju, koeala 53																	
	a = 5800 kpl/ha						b = 2400 kpl/ha						c = 1100 kpl/ha					
	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r
1956	0,5	11,5	0,607	3,908	$0,156^{-2}$	.989	0,5	11,5	1,638	5,276	$0,164^{-2}$	.968	0,5	9,5	0,511	1,728	$0,509^{-9}$	.860
1970	1,5	20,5	0,669	3,900	$0,716^{-1}$	.968	1,5	25,5	4,670	11,351	$0,449^{-15}$	.996	2,5	22,5	4,405	6,903	$0,622^{-3}$	.904
1975	0,5	20,5	0,864	3,009	$0,422^{-1}$	.995	2,5	24,5	3,055	6,531	$0,175^{-7}$	.988	4,5	22,5	2,740	3,529	$0,142^{-3}$	.920
	Sainkivalo																	
	a = luonnontilainen						b = 1400 kpl/ha						c = 700 kpl/ha					
	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r	A	B	α	ϰ	C	r
1970	0,5	17,5	-0,039	2,730	$0,835^{-3}$	.998	2,5	24,5	2,822	7,518	$0,116^{-8}$	.972	4,5	26,5	2,681	6,997	$0,282^{-8}$	.990
1975	0,5	24,5	0,052	5,080	$0,232^{-3}$	.983	3,5	25,5	2,299	6,459	$0,525^{-7}$	.978	4,5	27,5	2,953	6,206	$0,873^{-8}$	.948

RUOTSINKYLÄ, KOEALA 6







RUOTSINKYLÄ, KOEALA 28 Kuva 7







PUNKAHARJU, MUURAISSAARI







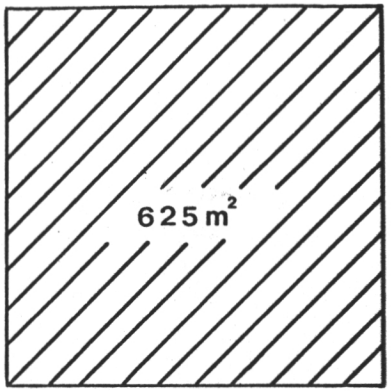
PUNKAHARJU, KOEALA 53



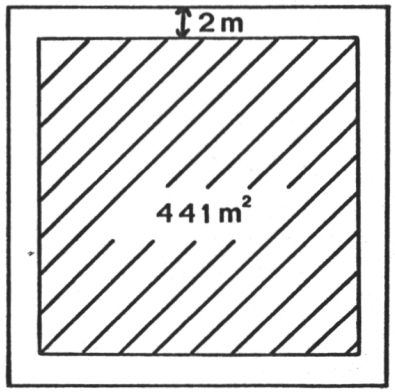




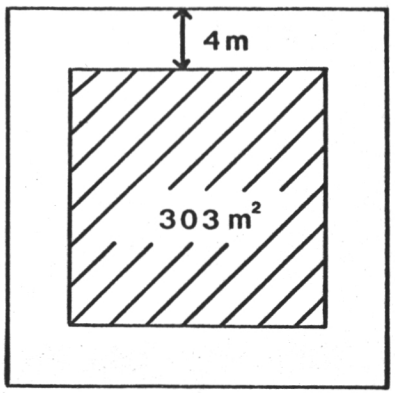
Kuva 6



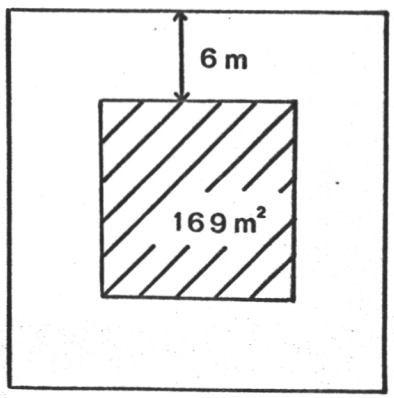
1



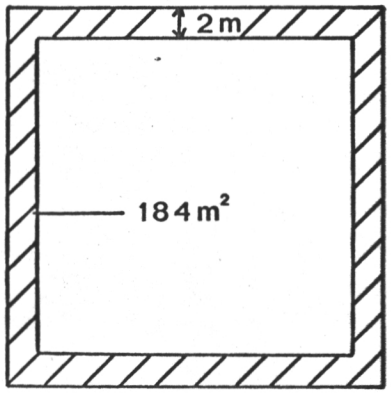
2



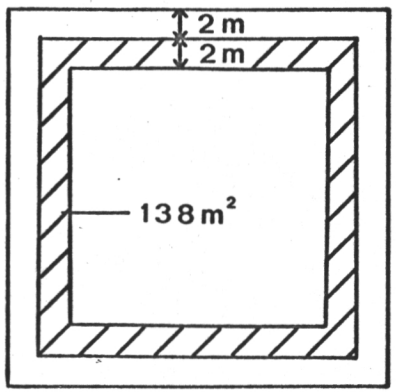
3



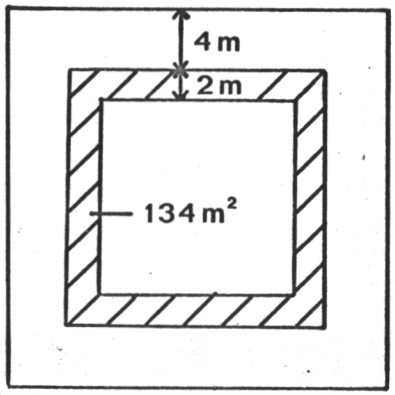
4



5

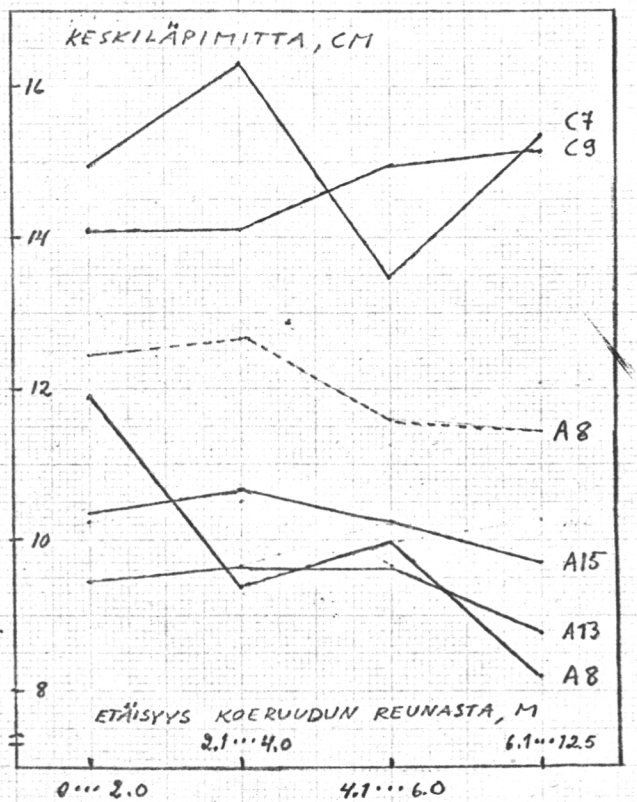


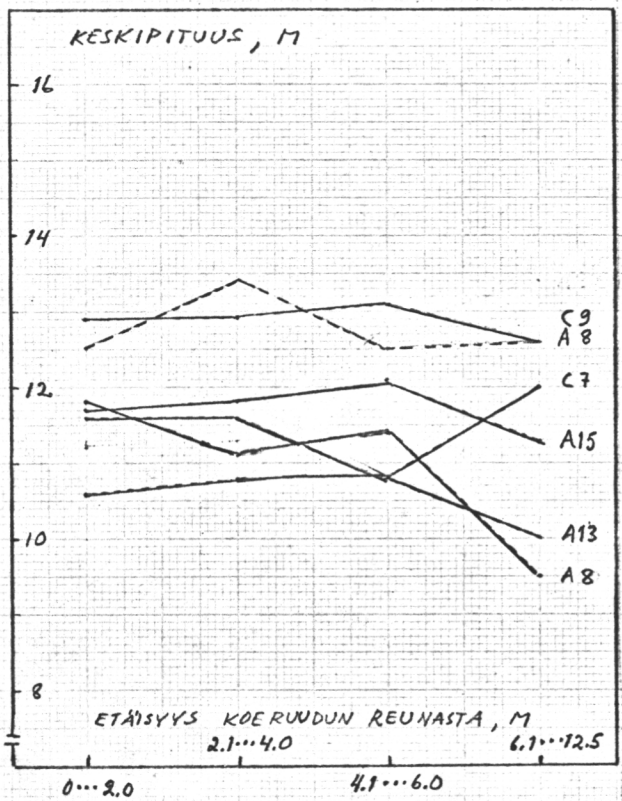
6

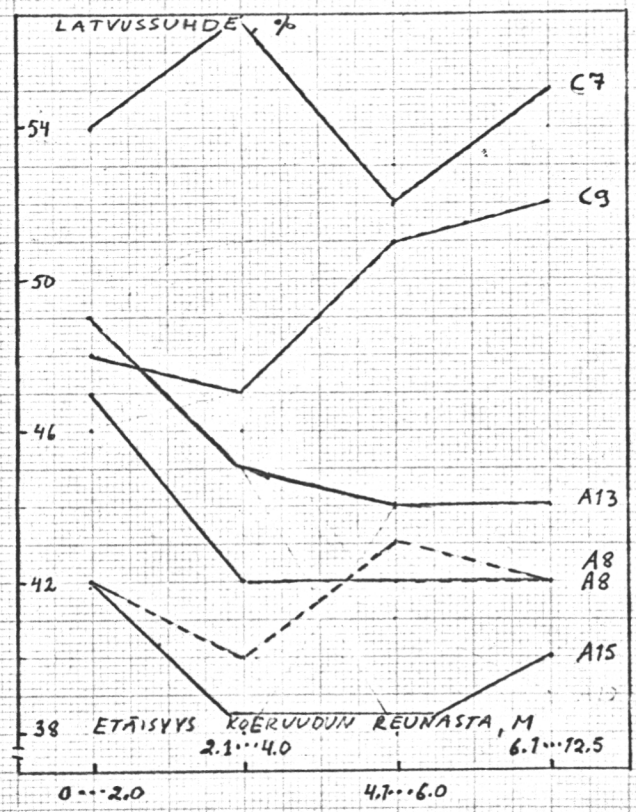


7

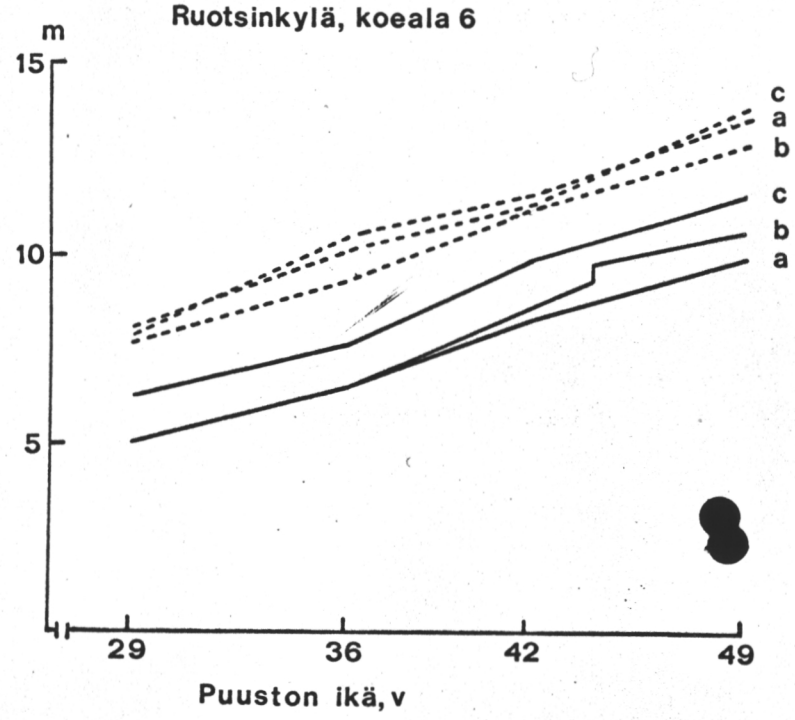
Kuva 3

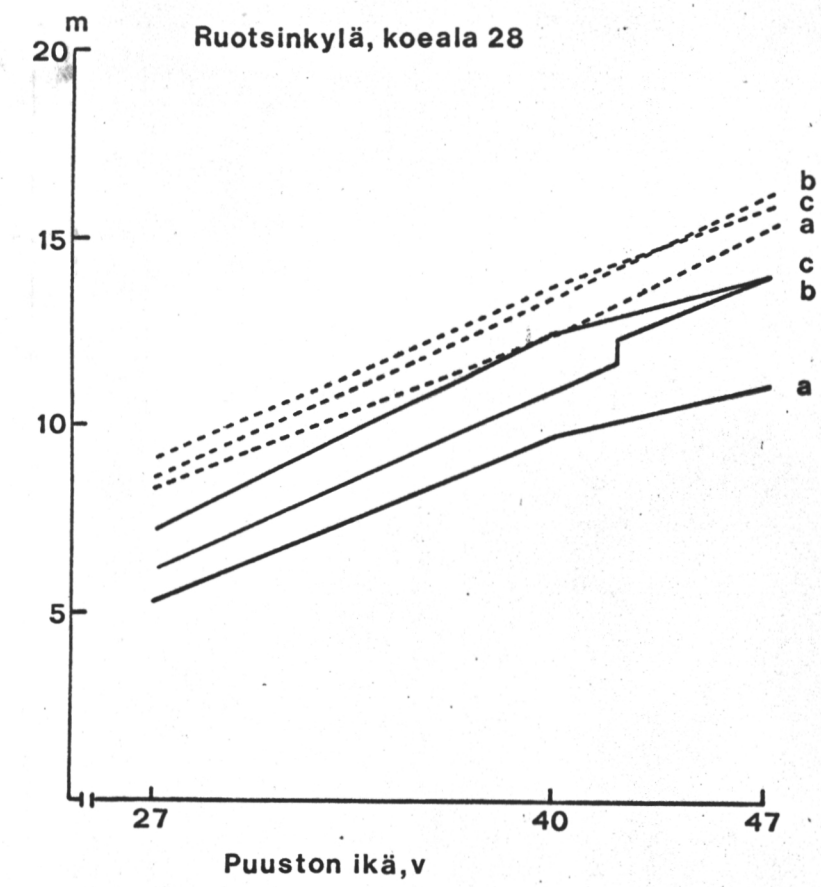

KESKILÄPIMITTA, CM
16
14
12
10
8
C7
C9
A8
A15
A13
A8
ETÄISYYS KOERUUDUN REUNASTA, M
0 ··· 2.0
2.1 ··· 4.0
4.1 ··· 6.0
6.1 ··· 12.5

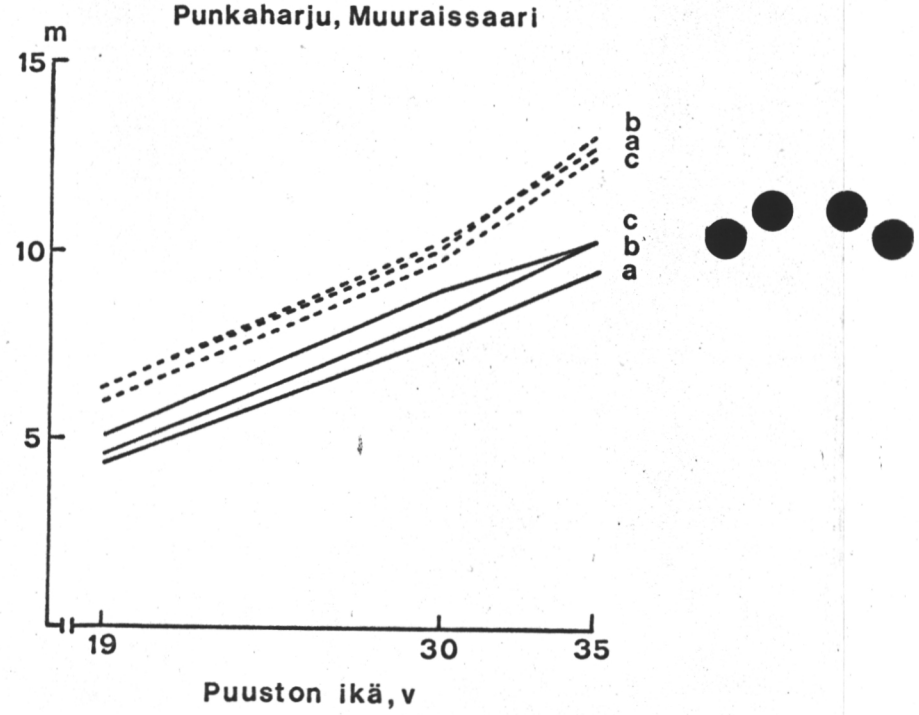

KESKIPITUUS, M
16
14
12
10
8
C9
A8
C7
A15
A13
A8
ETÄISYYS KOERUUDUN REUNASTA, M
0 ··· 2.0
2.1 ··· 4.0
4.1 ··· 6.0
6.1 ··· 12.5

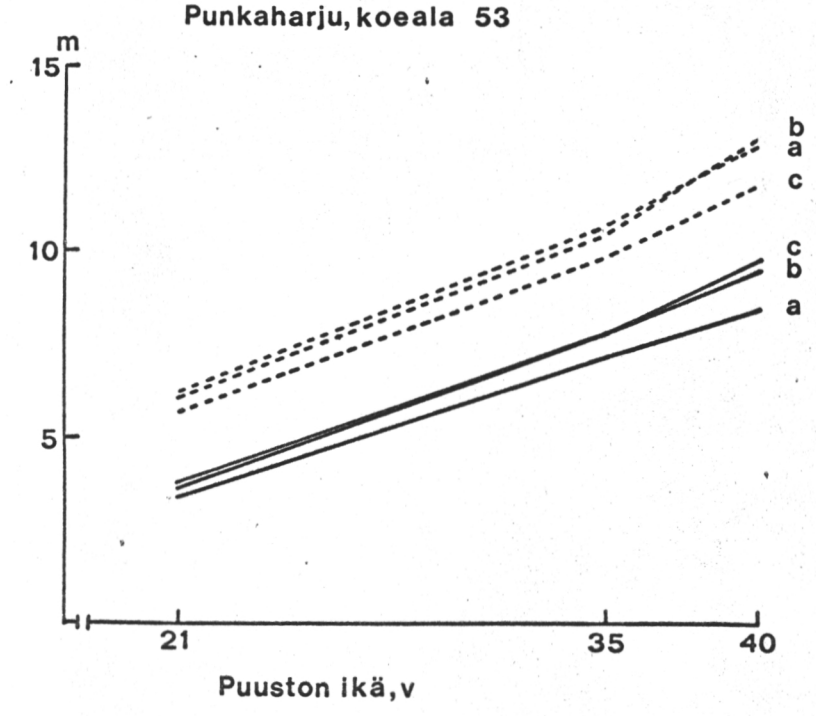

LATVUSSUHDE, %
54
50
46
42
38
C7
C9
A13
A8
A8
A15
ETÄISYYS KOERUUDUN REUNASTA, M
0 ··· 2.0
2.1 ··· 4.0
4.1 ··· 6.0
6.1 ··· 12.5

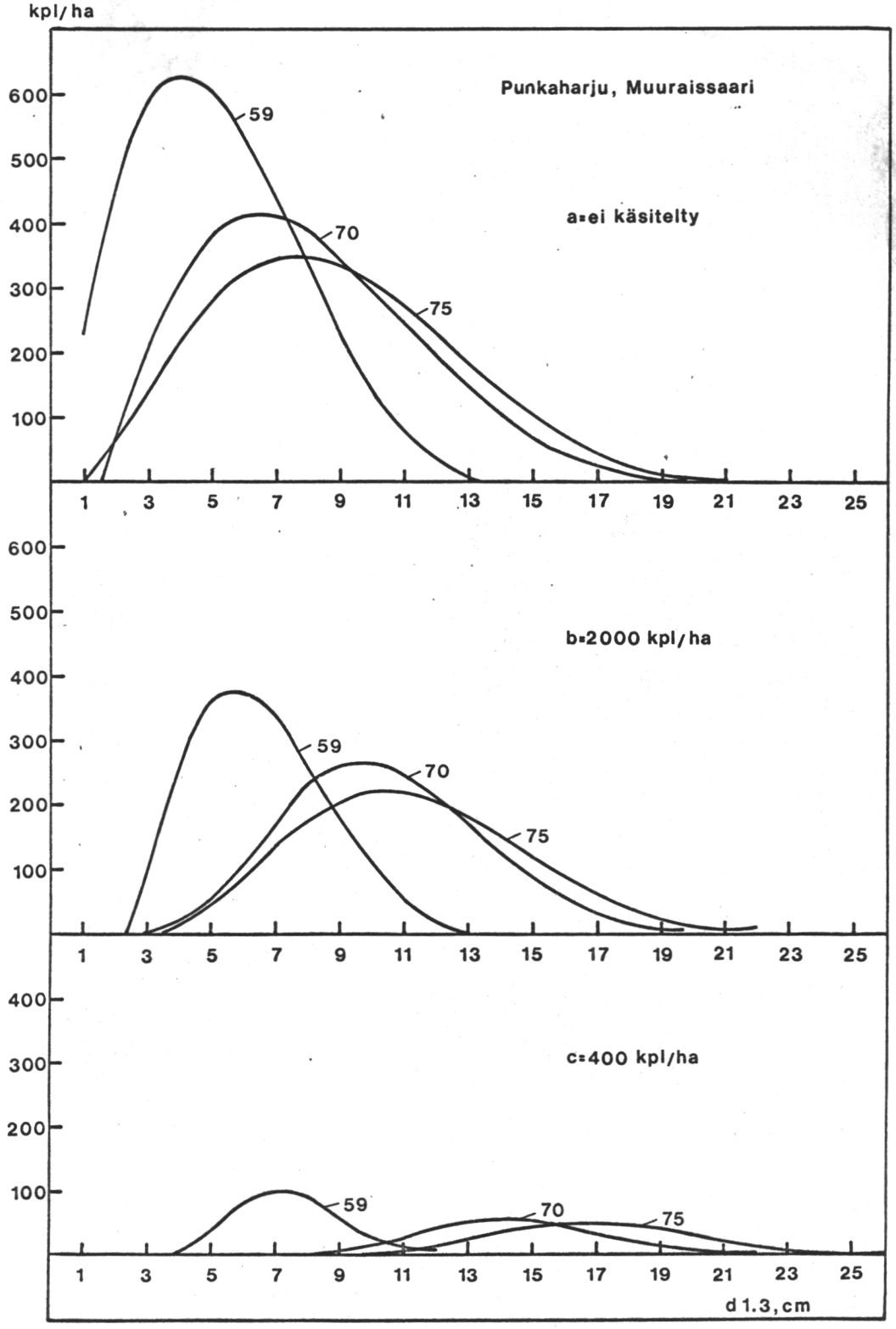
Kuva 4

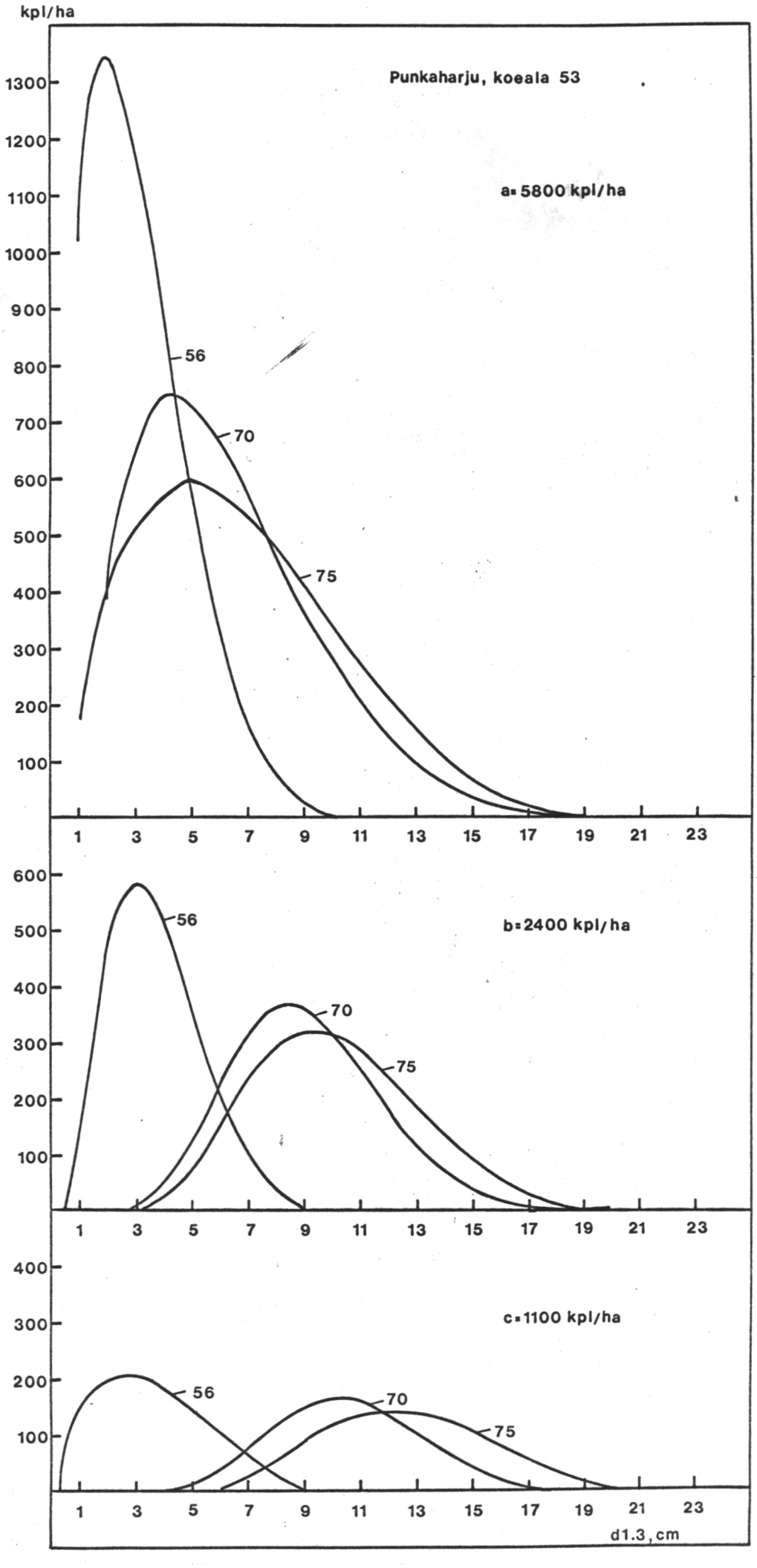

Ruotsinkylä, koeala 6
m
15
10
5
c
a
b
c
b
a
29
36
42
49
Puuston ikä, v


Ruotsinkylä, koeala 28
m
20
15
10
5
b
c
a
c
b
a
27
40
47
Puuston ikä, v

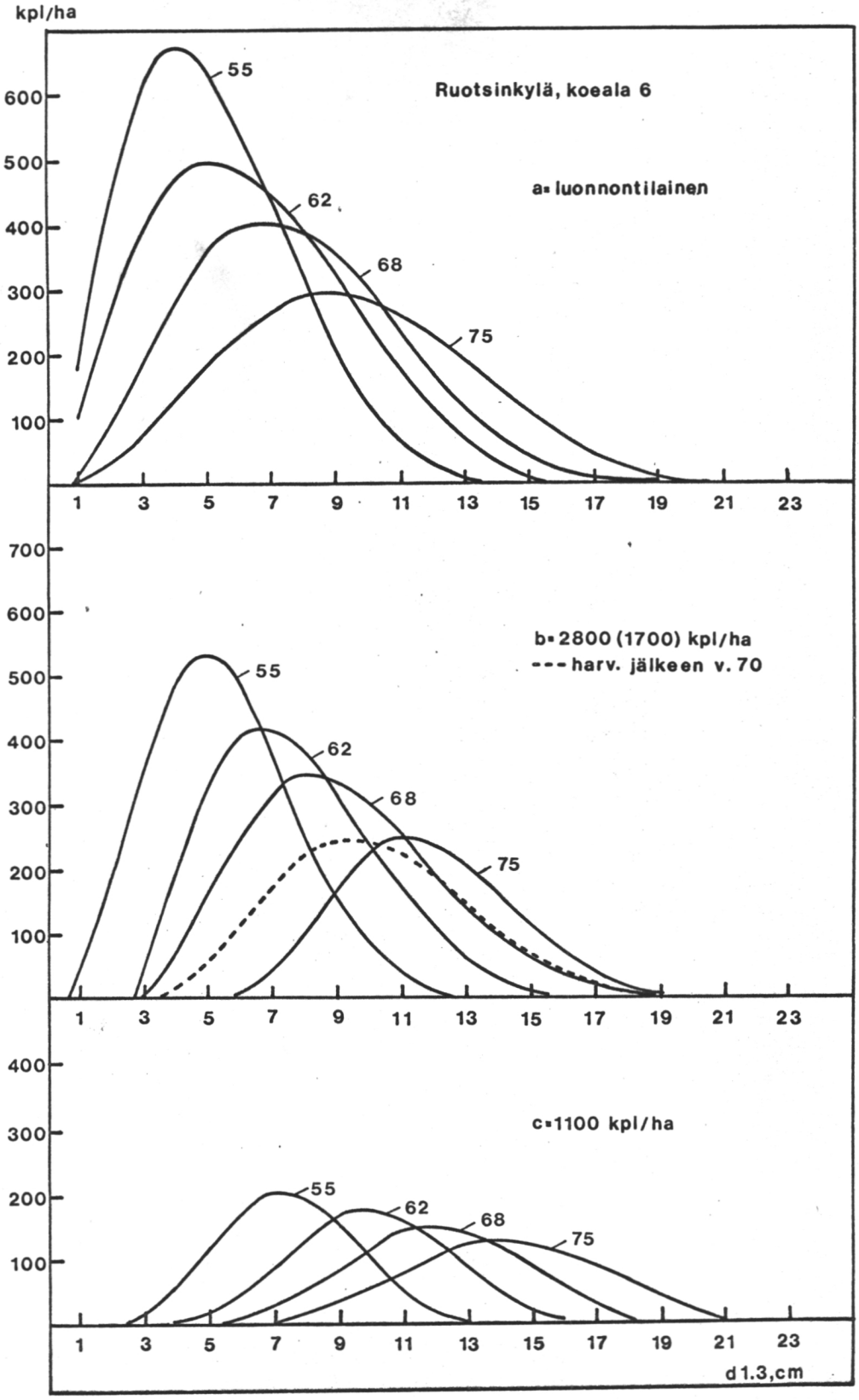

Punkaharju, Muuraissaari
m
15
10
5
b
a
c
c
b
a
19
30
35
Puuston ikä, v

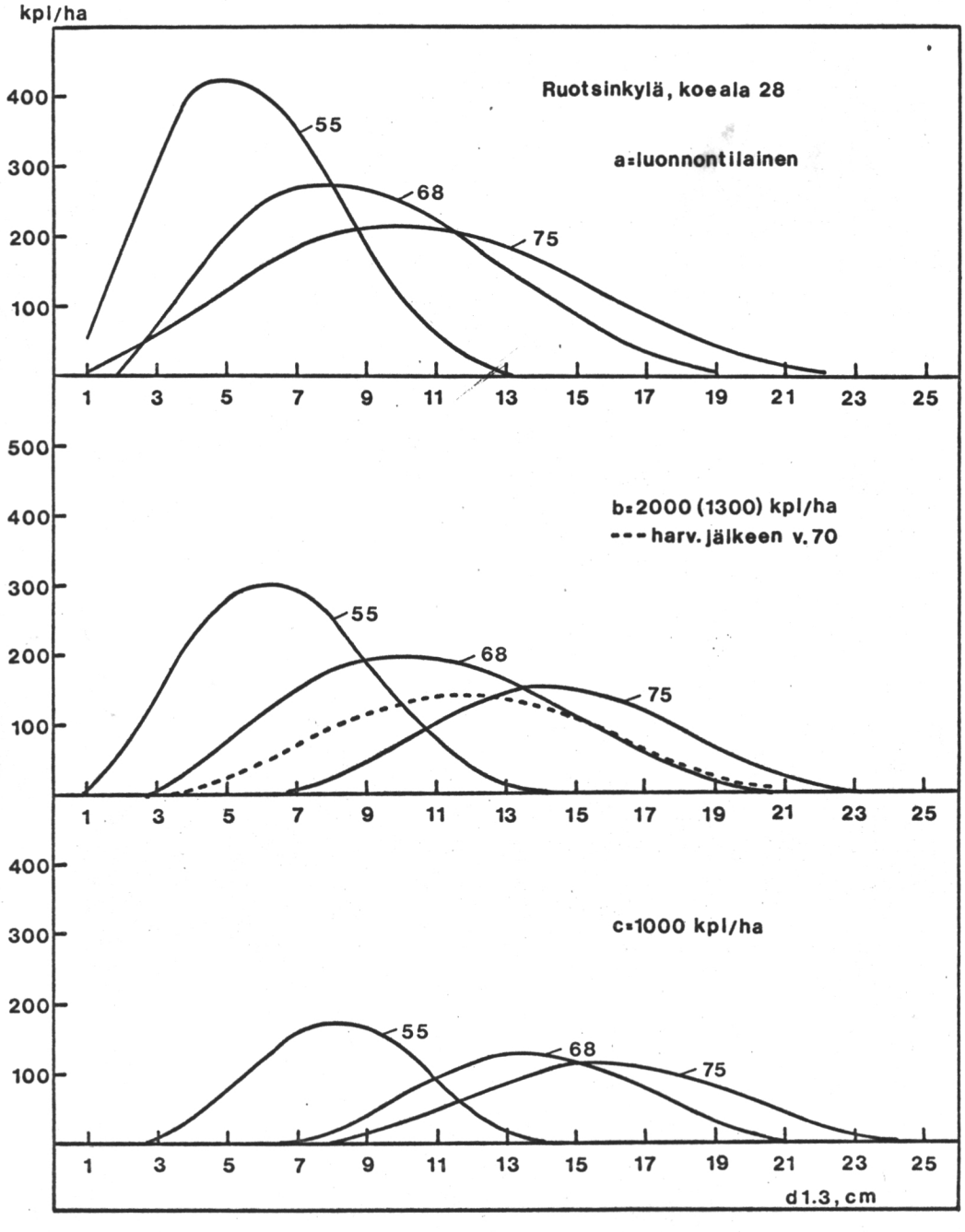

Punkaharju, koeala 53
m
15
10
5
b
a
c
c
b
a
21
35
40
Puuston ikä, v

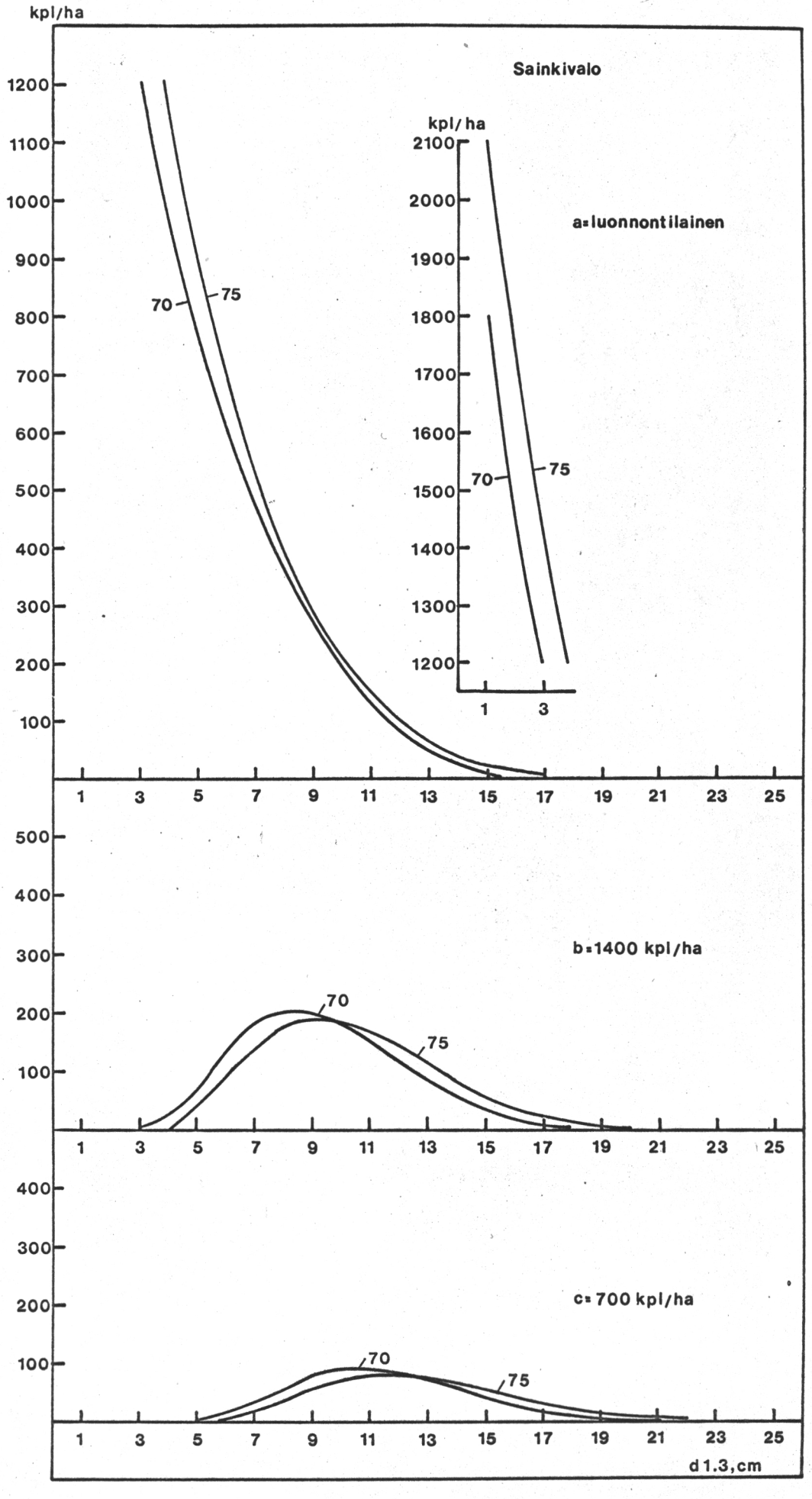

kpl/ha
Punkaharju, Muuraissaari
a=ei käsitelty
b=2000 kpl/ha
c=400 kpl/ha
59
70
75
600
500
400
300
200
100
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25
d 1.3, cm


kpl/ha
Punkaharju, koeala 53
a= 5800 kpl/ha
b=2400 kpl/ha
c=1100 kpl/ha
56
70
75
d1.3, cm

Kuva 5

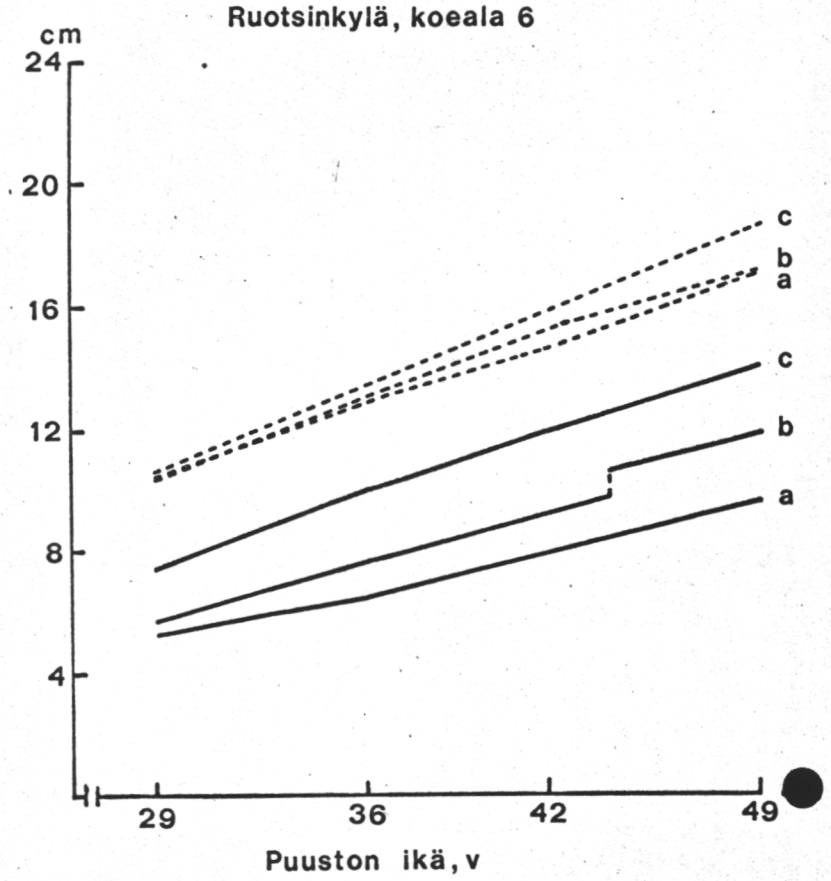

kpl/ha
Ruotsinkylä, koeala 6
a= luonnontilainen
55
62
68
75
600
500
400
300
200
100
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23
b= 2800 (1700) kpl/ha
--- harv. jälkeen v. 70
700
c=1100 kpl/ha
d 1.3,cm


kpl/ha
Ruotsinkylä, koeala 28
a=luonnontilainen
55
68
75
b=2000 (1300) kpl/ha
--- harv. jälkeen v.70
c=1000 kpl/ha
d1.3, cm

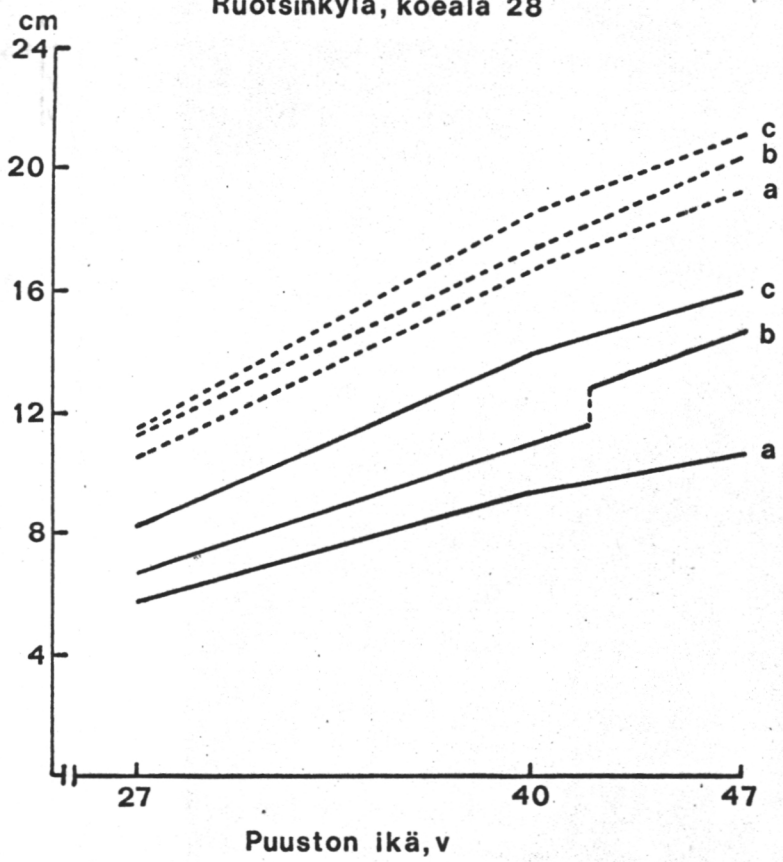

kpl/ha
Sainkivalo
kpl/ha
a=luonnontilainen
70
75
b=1400 kpl/ha
c=700 kpl/ha
d1.3,cm

Kuva 6

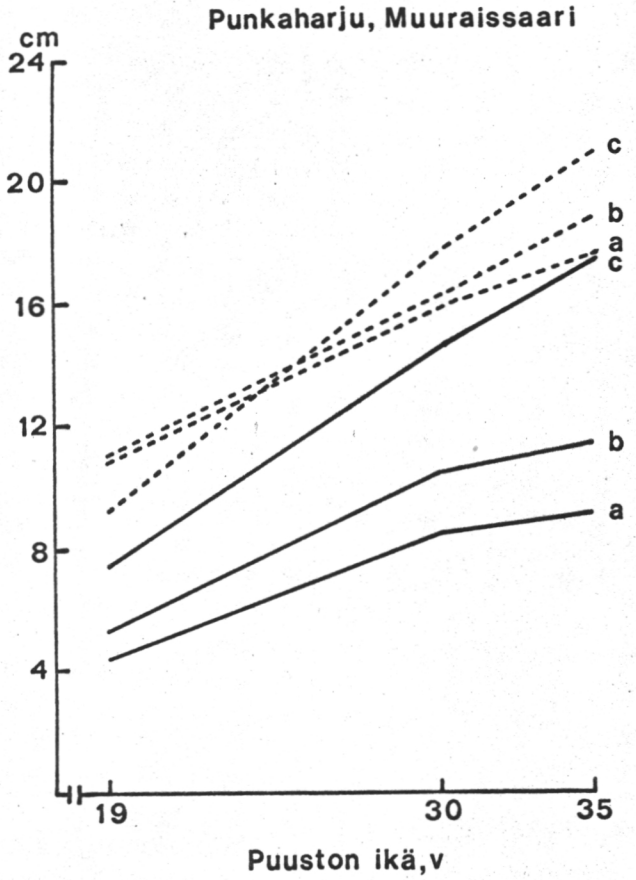
Ruotsinkylä, koeala 6



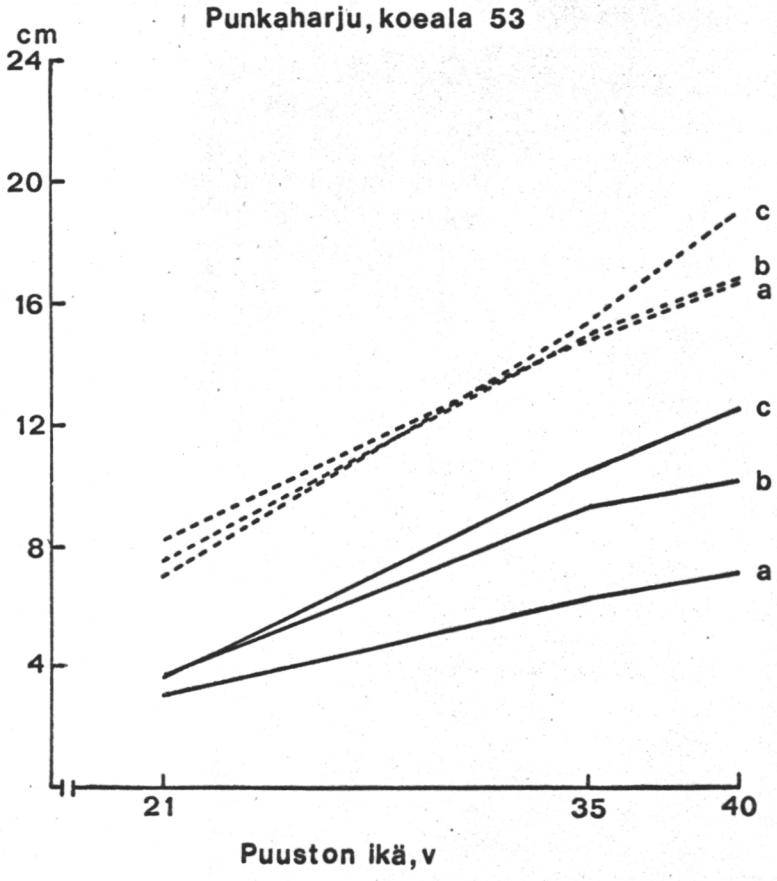
Ruotsinkylä, koeala 28



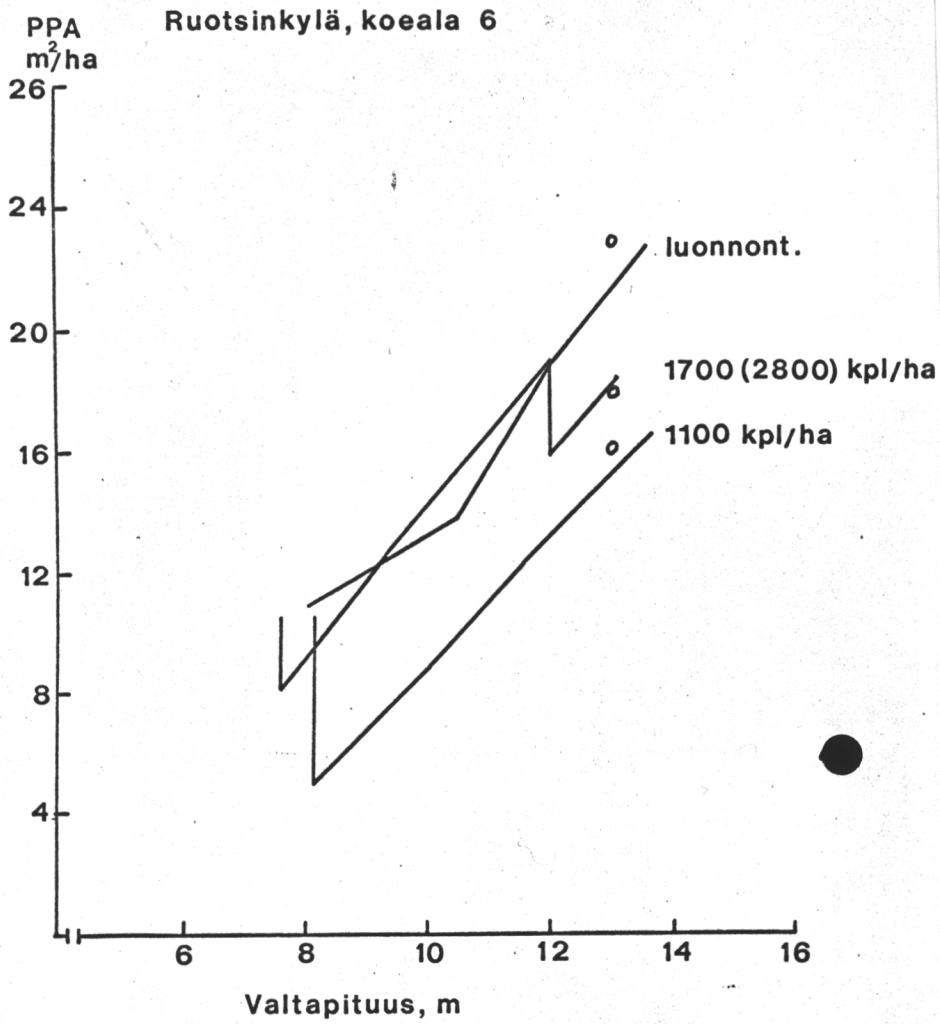
Punkaharju, Muuraissaari

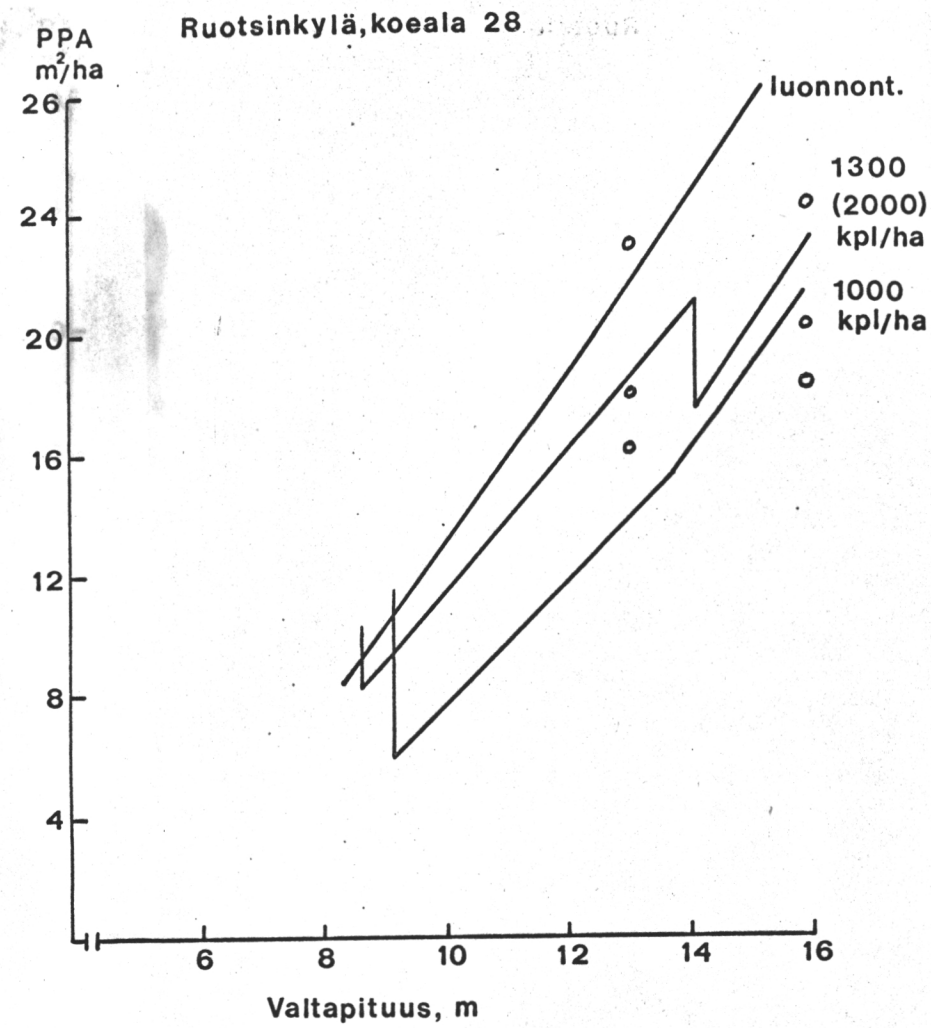


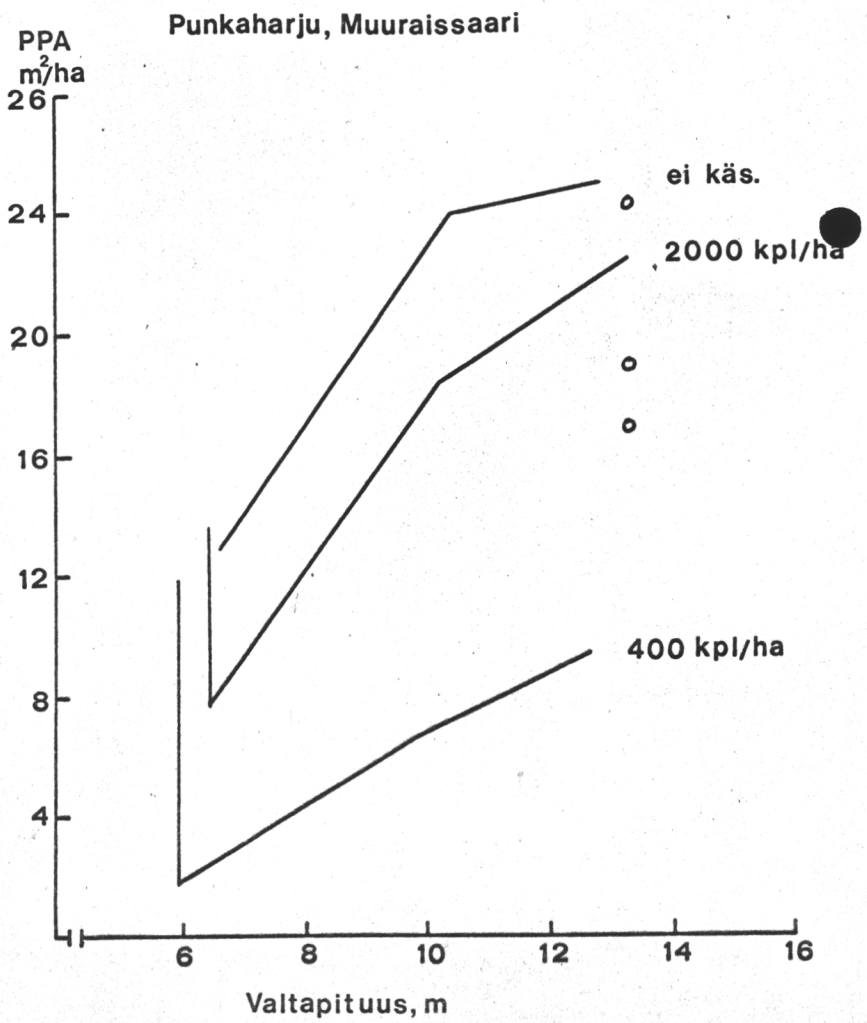
Punkaharju, koeala 53

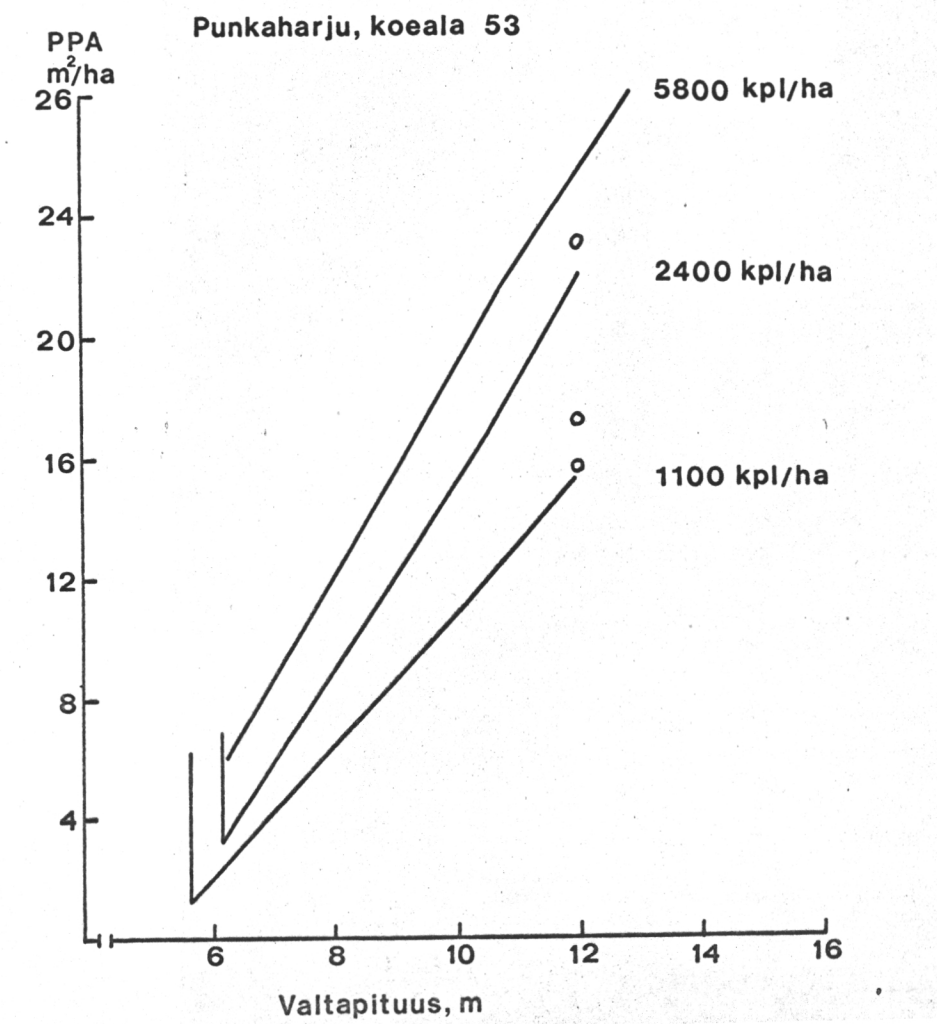


Kuva 7

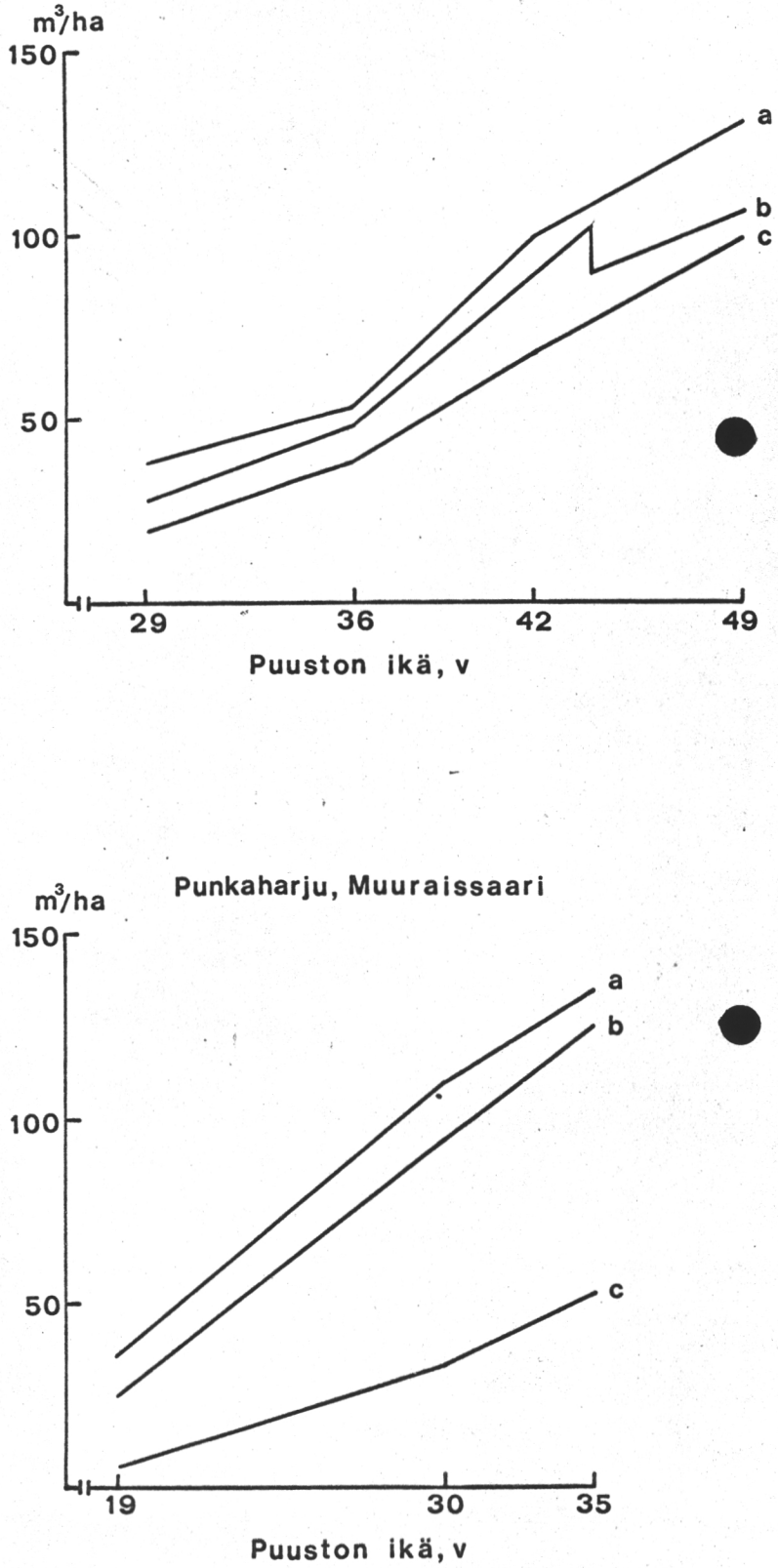

Ruotsinkylä, koeala 6
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
luonnont.
1700 (2800) kpl/ha
1100 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

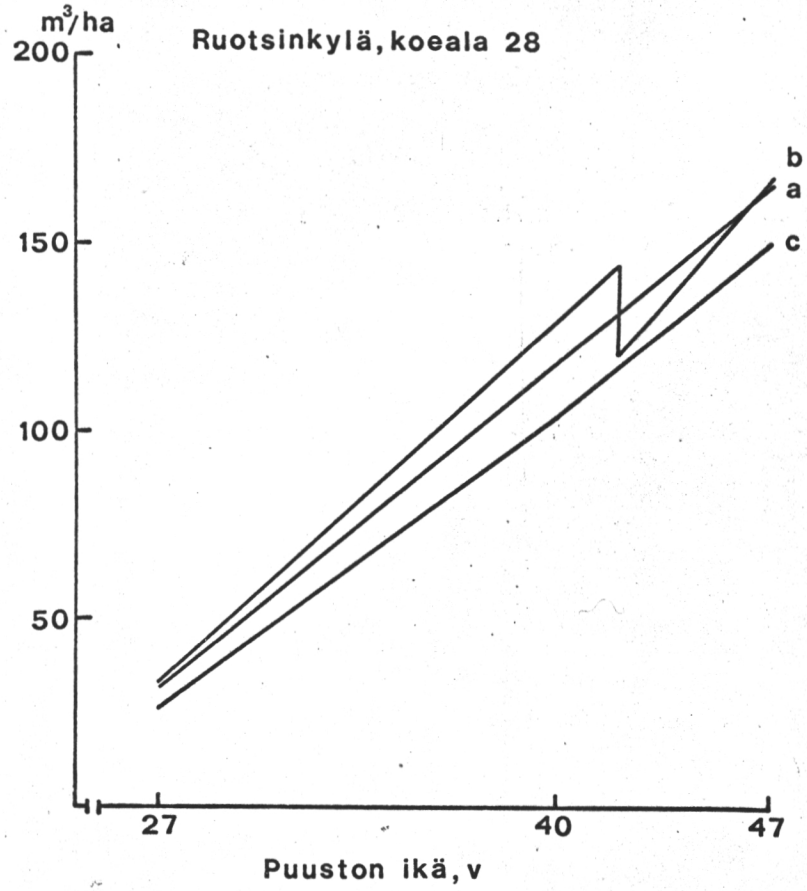

Ruotsinkylä, koeala 28
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
luonnont.
1300
(2000)
kpl/ha
1000
kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m


Punkaharju, Muuraissaari
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
ei käs.
2000 kpl/ha
400 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

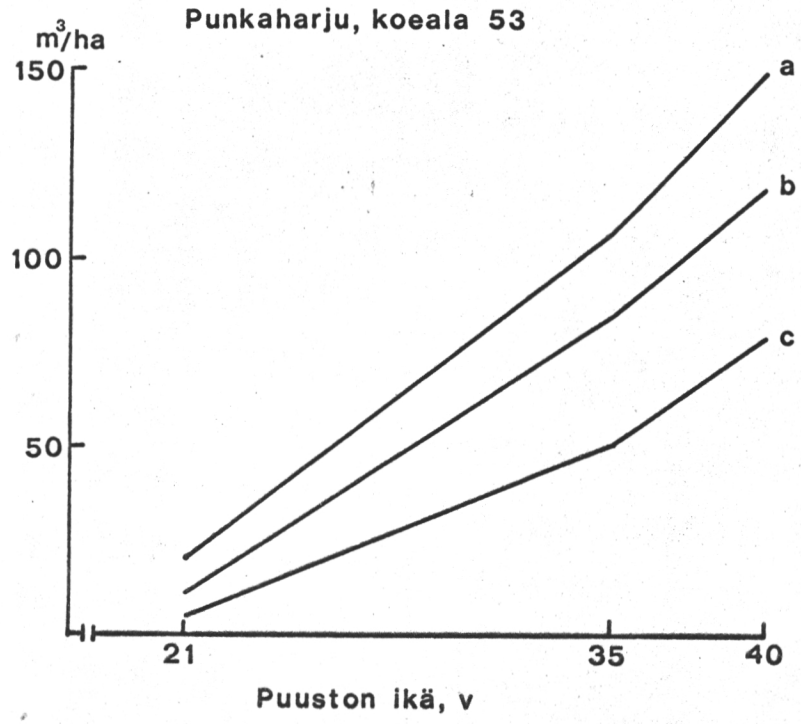

Punkaharju, koeala 53
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
5800 kpl/ha
2400 kpl/ha
1100 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

Kuva 8

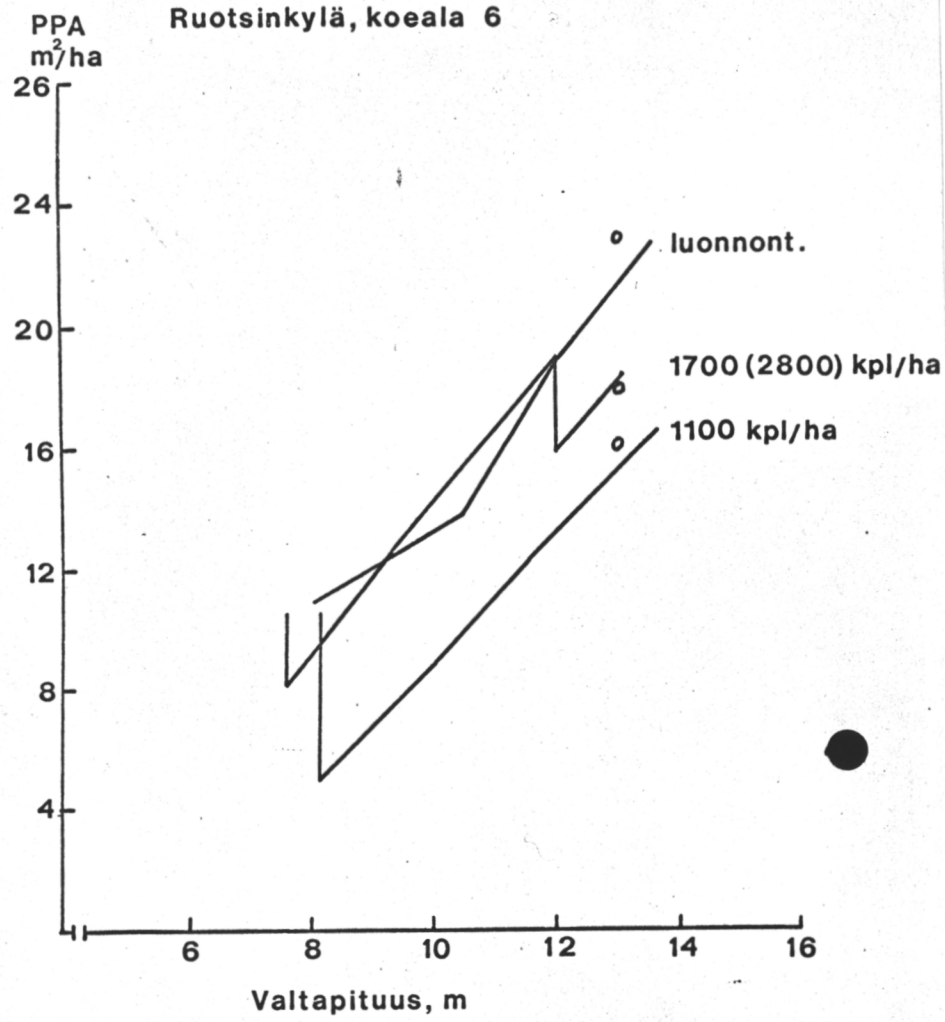

Ruotsinkylä, koeala 6
m3/ha
150
100
50
a
b
c
29
36
42
49
Puuston ikä, v

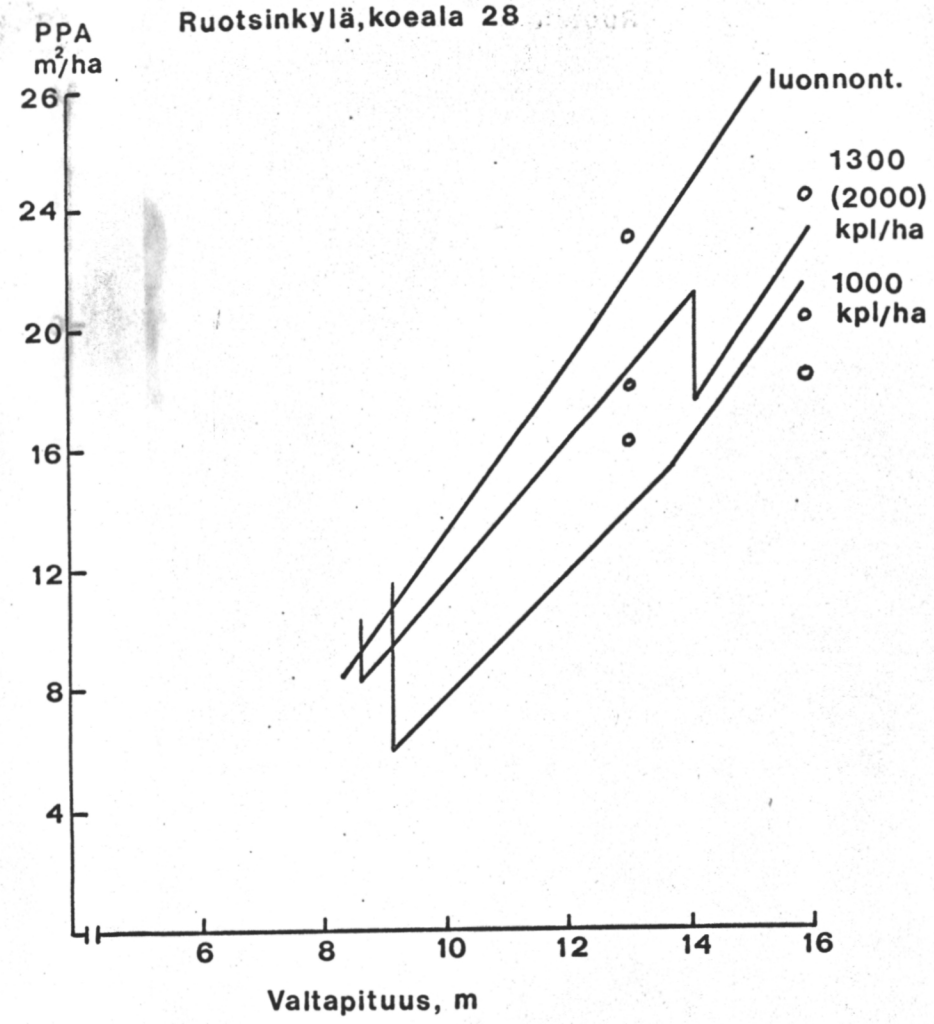

Ruotsinkylä, koeala 28
m3/ha
200
150
100
50
b
a
c
27
40
47
Puuston ikä, v

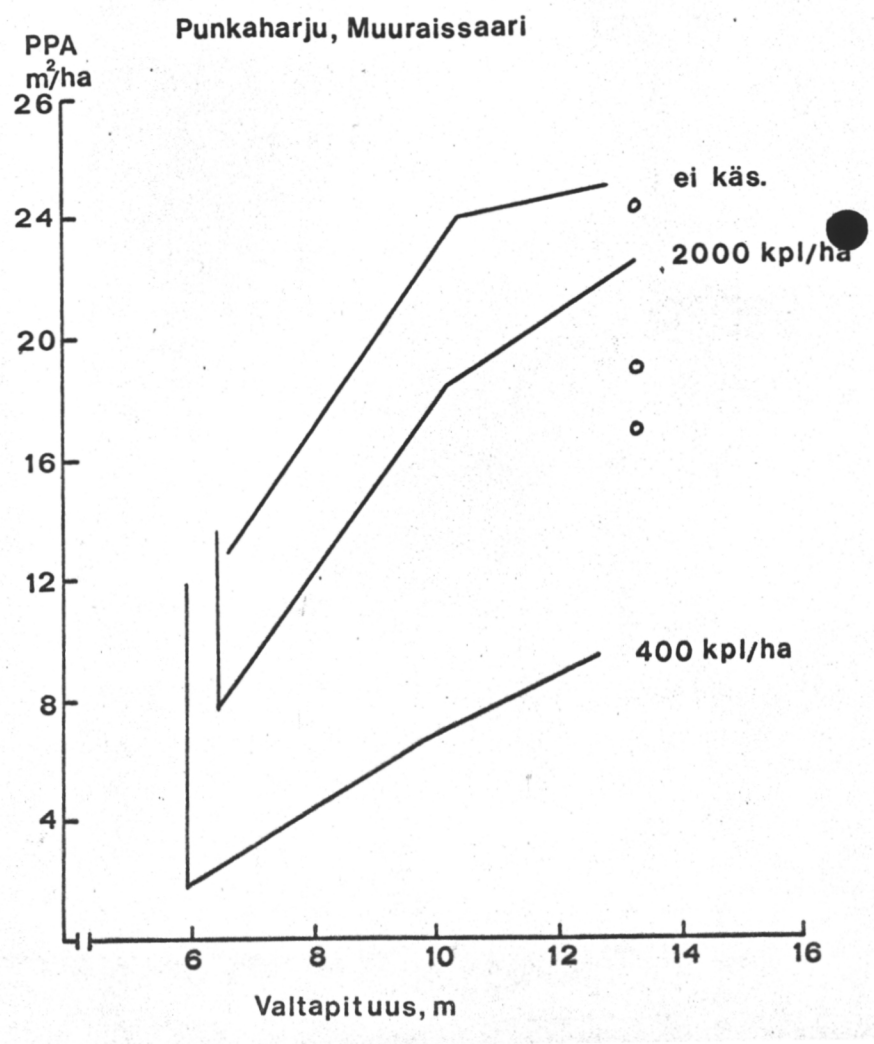
Punkaharju, Muuraissaari
m3/ha
150
100
50
a
b
c
19
30
35
Puuston ikä, v

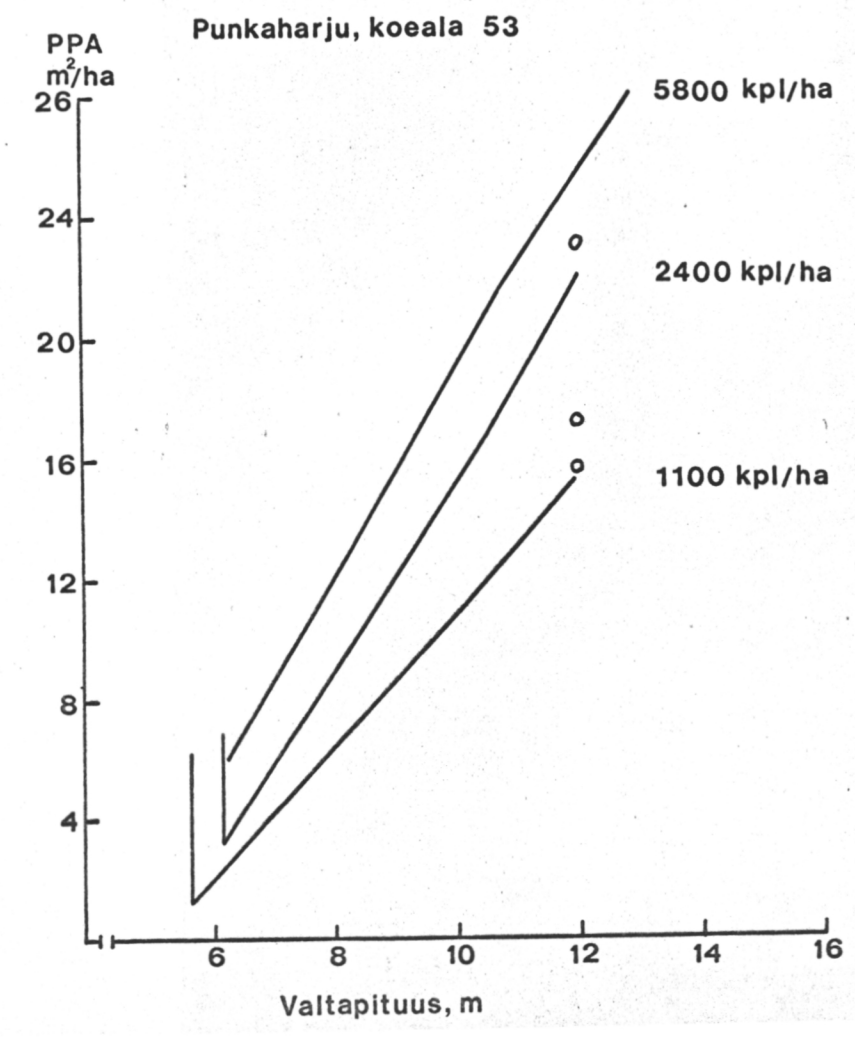

Punkaharju, koeala 53
m3/ha
150
100
50
a
b
c
21
35
40
Puuston ikä, v

Kuva 7


Ruotsinkylä, koeala 6
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
luonnont.
1700 (2800) kpl/ha
1100 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

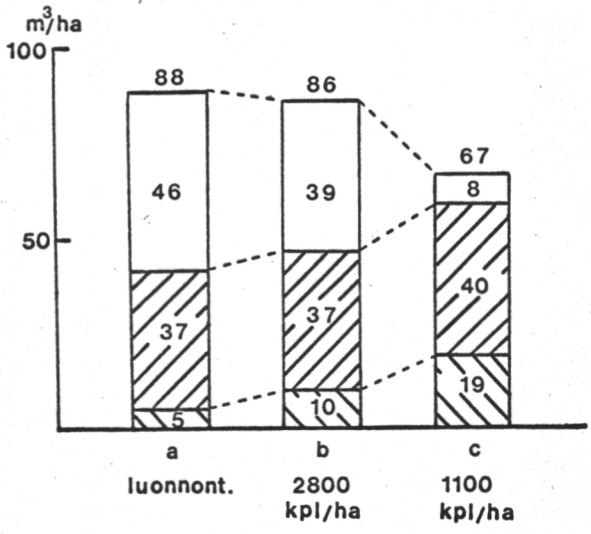

Ruotsinkylä, koeala 28
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
luonnont.
1300
(2000)
kpl/ha
1000
kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m


Punkaharju, Muuraissaari
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
ei käs.
2000 kpl/ha
400 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

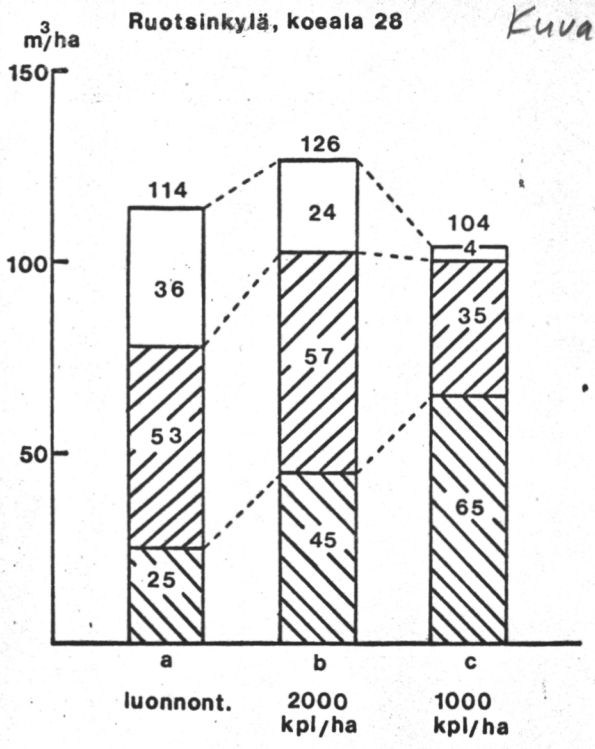

Punkaharju, koeala 53
PPA
m²/ha
26
24
20
16
12
8
4
5800 kpl/ha
2400 kpl/ha
1100 kpl/ha
6
8
10
12
14
16
Valtapituus, m

Kuva 9

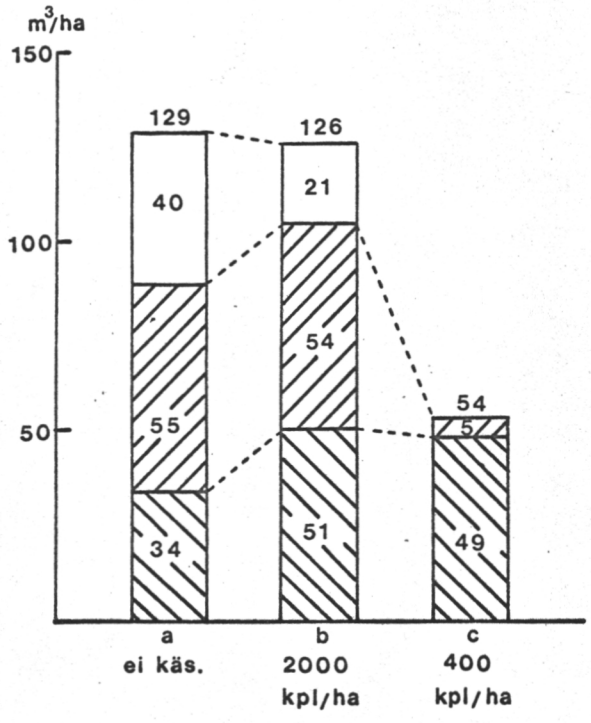
Ruotsinkylä, koeala 6



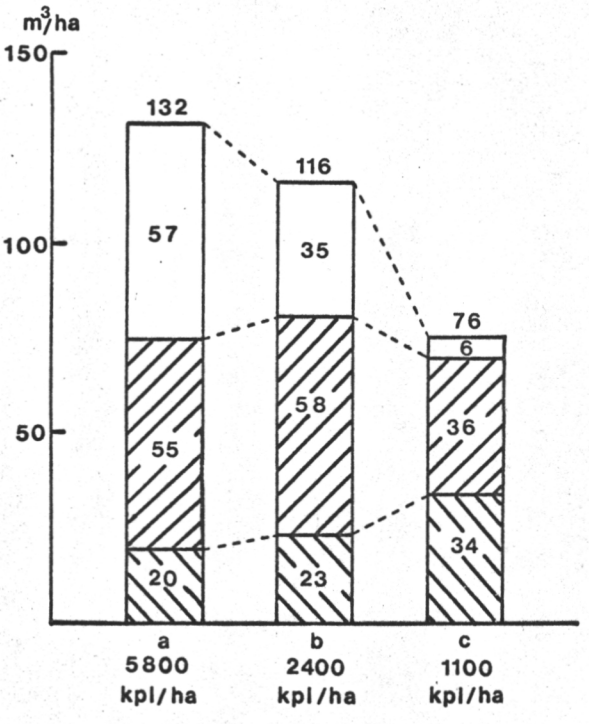
Ruotsinkylä, koeala 28



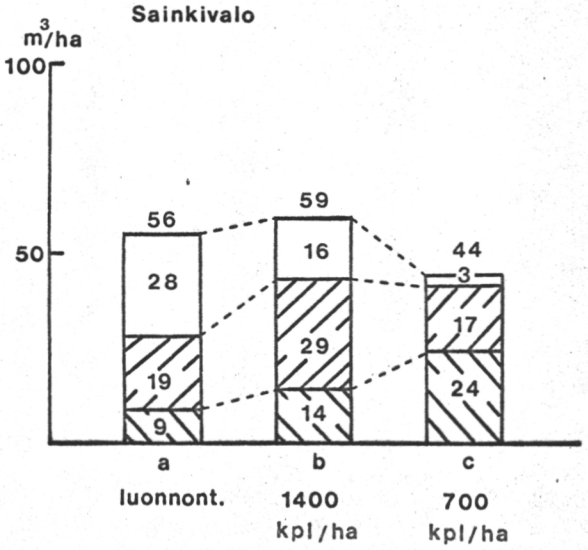
Punkaharju, Muuraissaari



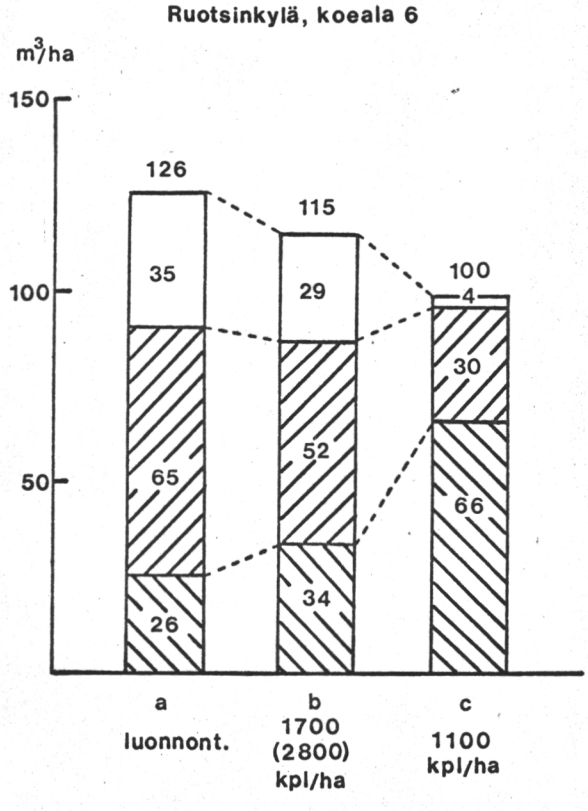
Punkaharju, koeala 53

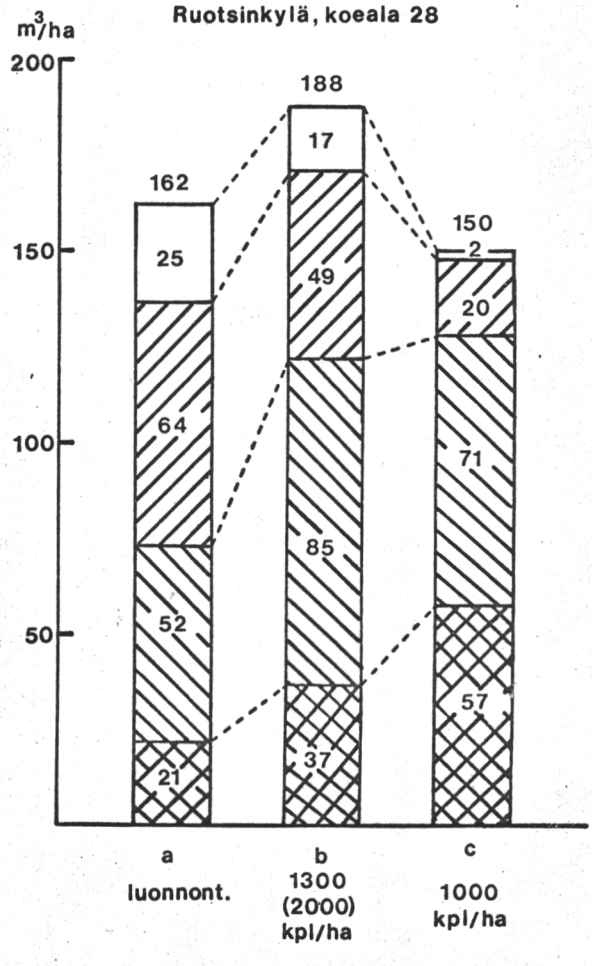


Sainkivalo



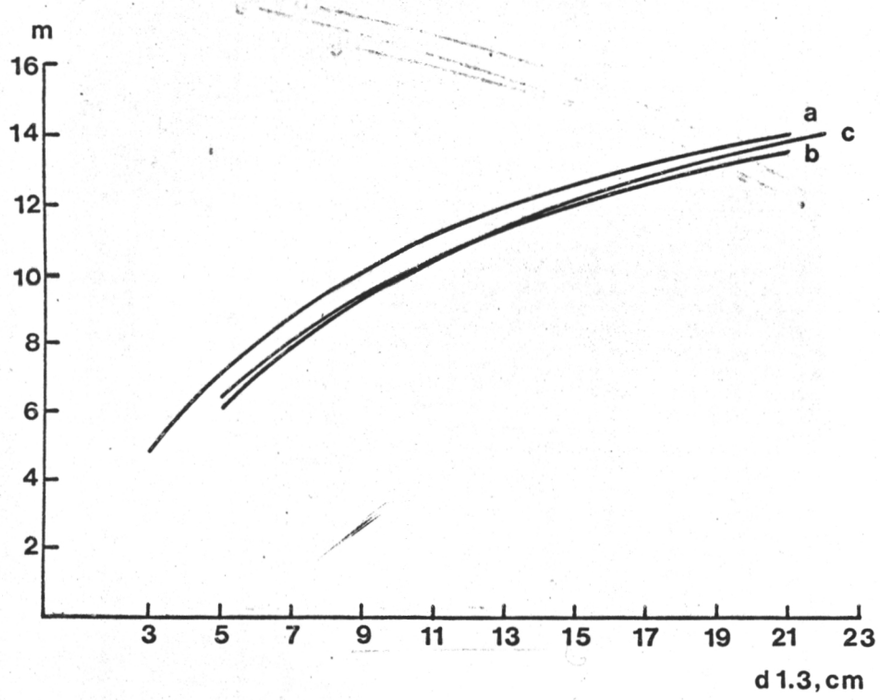
Kuva 10


Ruotsinkylä, koeala 6
m³/ha
150
100
50
126
35
65
26
115
29
52
34
100
4
30
66
a
luonnont.
b
1700
(2800)
kpl/ha
c
1100
kpl/ha

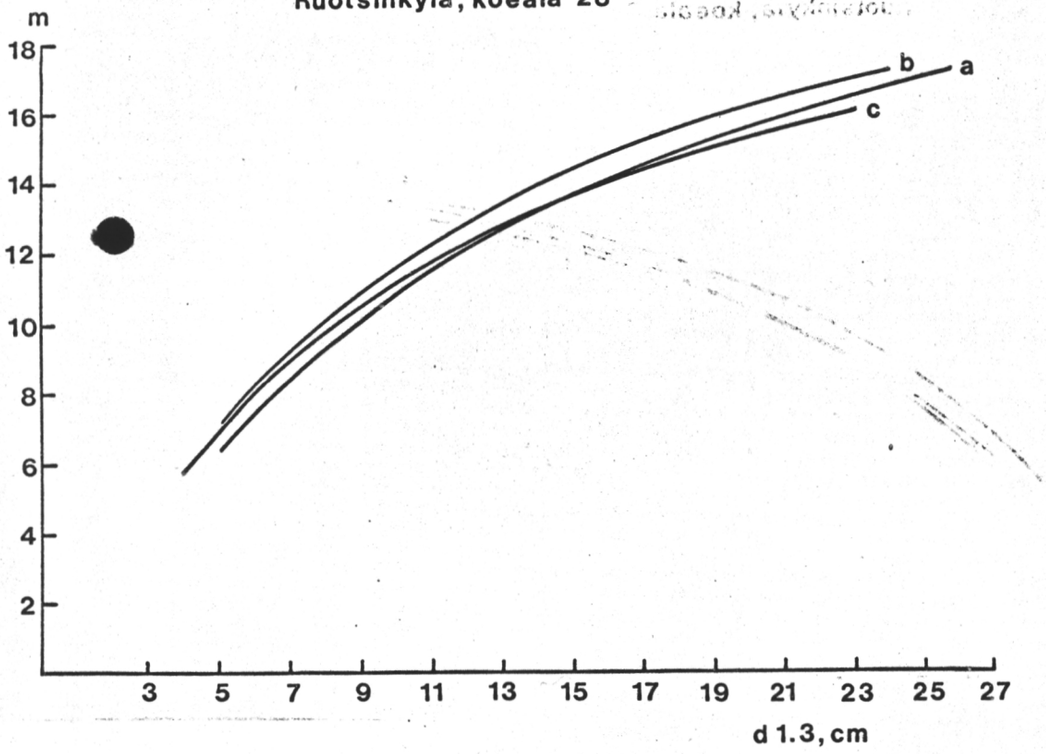

Ruotsinkylä, koeala 28
m³/ha
200
150
100
50
162
25
64
52
21
188
17
49
85
37
150
2
20
71
57
a
luonnont.
b
1300
(2000)
kpl/ha
c
1000
kpl/ha

Kuva 11

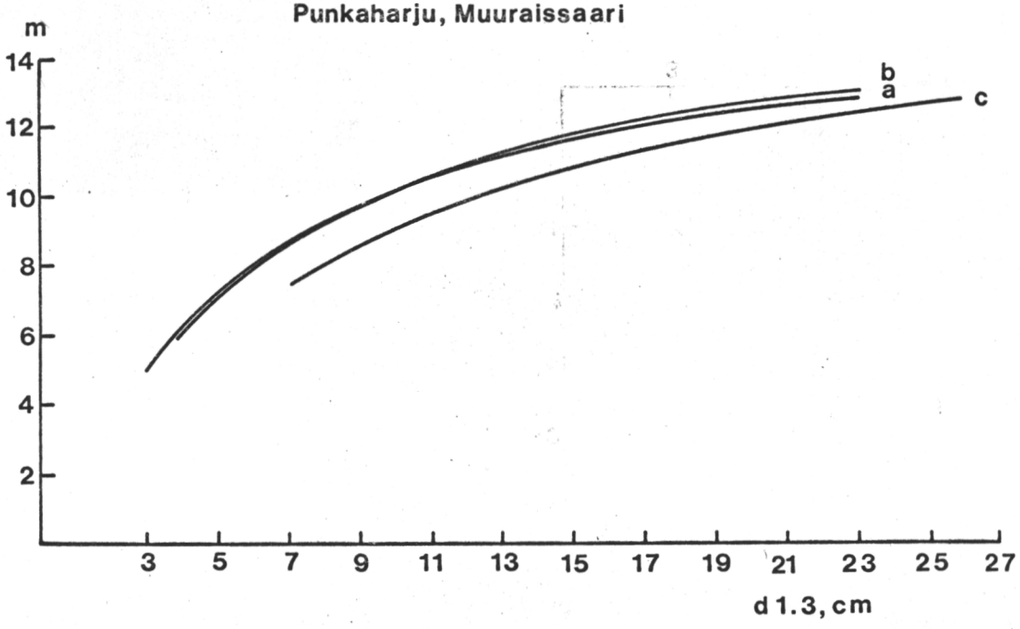
Ruotsinkylä, koeala 6



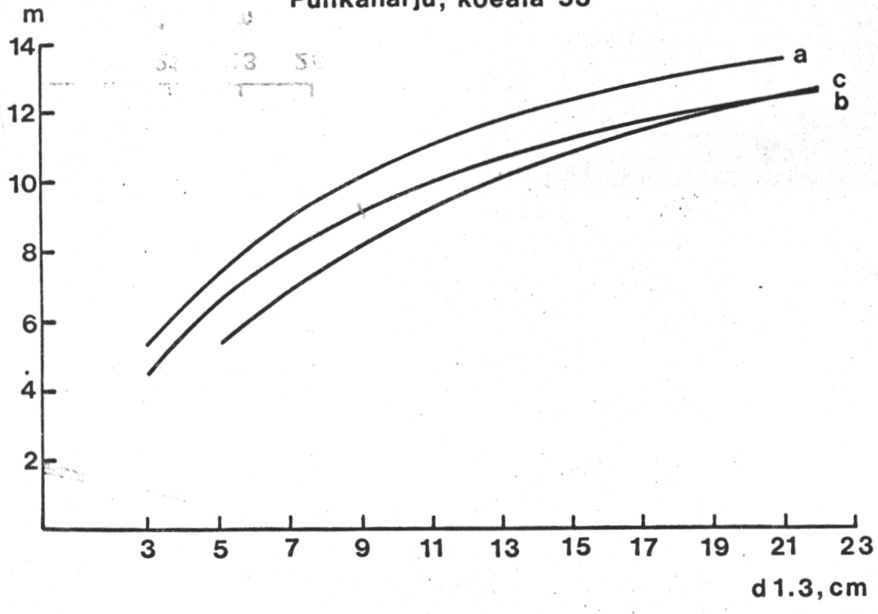
Ruotsinkylä, koeala 28

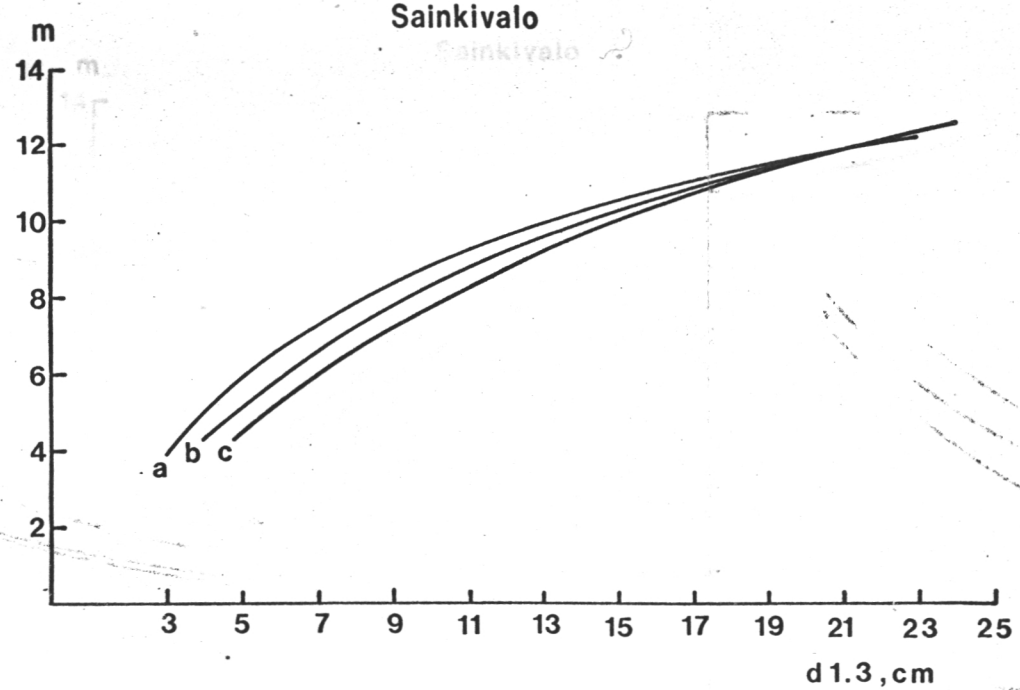


Punkaharju, Muuraissaari



Punkaharju, koeala 53




Sainkivalo
m
14
12
10
8
6
4
2
a
b
c
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
d 1.3 , cm