

KASVUNENNUSTEEN SUORITTAMINEN
HAKKUULASKELMAN YHTEYDESSÄ

KULLERVO KUUSELA

SUMMARY:

*INCREMENT FORECAST IN CONNECTION WITH
CUTTING BUDGET*

HELSINKI 1958

Alkusanat

Käsillä olevaa tutkimusta valmistaessani olen saanut tukea ja opastusta lukuisissa keskusteluissa puuston kasvun laskentaa ja metsätalouden järjestelyä tuntevilta henkilöiltä. Olen heille suuresti kiitollinen ja aivan erikoisesti tunnen kiitollisuutta edesmennyttä professori VILHO LIHTOSTA kohtaan. Hän ehti myös tutustua käsikirjoitukseen antaen arvokasta ohjausta. Työn loppuvaiheessa olen saanut professori AARNE NYSSÖSELTÄ arvokkaita neuvoja, joista esitän hänelle parhaat kiitokseni. Vielä kiitän Suomen Metsätieteellistä Seuraa, joka on ottanut työn julkaisusarjaansa.

Helsingissä 27 syyskuuta, 1958.

Tekijä

Sisältö

	sivu
Alkusanat	3
1. Johdanto	5
11. Kasvunennustelaskelmien pääpiirteet	5
12. Kasvunlaskennan ja kasvunennusteen terminologia	7
13. Ongelman asettaminen ja rajoittaminen	10
14. Ennusteessa käytetty puusto	12
2. Sadanneksia käyttävä kasvunennuste	14
21. Mittausjakson diskonttosadannekset rabattosadanneksina	14
22. Ennustejakson diskonttosadannekset rabattosadanneksina	17
3. Kasvunennuste siirtymänä	20
31. Dimensioiden kasvun määrittäminen	20
32. Runkolukusarjan ja keskipuiden pituuksien määrittäminen ennustejakson loppuun	22
4. Tulosten vertailu	25
5. Loppupäätelmät	29
Kirjallisuusluettelo	31
Summary	34

1. Johdanto

11. Kasvunennustemenetelmien pääpiirteet

Metsätalouden muututtua puuta eksploatoivasta sitä kasvattavaksi joudutaan välittömästi kysymään, kuinka paljon puu kasvaa. Yksityisten metsiköiden puuston kasvua ja kehittymistä sekä laajojen alueiden metsävarojen kasvua pyritään selvittämään joko tutkimalla jo tapahtunutta kasvua tai seuraamalla metsikköjen kehittymistä pysyvillä koealoilla. Käytännön taloudenharjoittajaa kiinnostaa lähinnä puuston kasvu tulevan talousjakson aikana. Hänen on tiedettävä, kuinka paljon hän voi hakata vaarantamatta jatkuvan puuntuoton edellytyksiä. Hakkuumäärää arvioitaessa on kasvu tärkeä vertaus suure, ja vaikka usein muut tekijät, kuten esim. metsien ikärakenne, voivat olla sitä tärkeämpiä, niin puuston kasvu on kestävän metsänkäytön perusedellytys.

Metsätaloussuunnitelmassa kasvun laskenta liittyy läheisesti hakkuulaskelmaan. Jo varhaisimmissa muodoissaan se on perustunut joko kasvutaulukoiden tietoihin tai välittömiin kasvun mittauksiin (esim. HARTIG 1819). Kasvutaulukoita käytettäessä edellytetään puustosta tunnetuiksi lähinnä puulaji, ikäluokka, tiheysluokka ja kasvupaikan boniteetti.

Kasvutaulukoita käytettäessä voivat luvut osoittaa joko absoluuttista kasvua tai tiedot saadaan taulukoista kasvusadanneksina. Sadanneslaskuissa noudatetaan aina kulloinkin niitä korkolaskun periaatteita, jotka parhaiten sopivat kysymyksessä olevan puuston kasvuun. Sadannesmenetelmät ovat tavallisia varsinkin silloin, kun käytetään välittömiä kasvun mittauksia. Puiden läpimitan ja pituuden kasvuluvuista sekä muodon muuttumista selvittävistä tiedoista lasketaan kuutiokasvusadannes, jonka jälkeen edetään korkolaskua käytäen.

Pohjoismainen kasvunlaskenta on pääosaltaan perustunut läpimitan ja pituuden kasvun mittauksiin ja on ollut miltei yksinomaan sadanneksia käyttävää. Keskeistä osaa siinä on näytellyt tunnettu JONSONIN (1928) menetelmä. Tyypillisinä esimerkkeinä pohjoismaisista menetelmistä määrittää tulevan talousjakson kasvu mainittakoon kotimainen tuottohakkuulaskelma (LIHTONEN 1943 ja sovellutuksista mm. LIHTONEN 1946, ILVESSALO 1956 ja KALLIO 1958) ja PETRININ (esim. 1948, 1949 a ja b) esittämät kehittämät. Tuottohakkuulaskel-

man teknilliseen suoritustapaan palataan lukuisissa yhteyksissä tuonnempana. Tässä rajoitetaan vain toteamaan, että menetelmässä jaetaan kokonaispuusto ennustejakson tuottoapuustoksi ja poistumapuustoksi sekä kasvunennuste suoritetaan kummallekin puuston osalle ikäluokittaisena analyysinä.

PETRININ ansioksi on luettava ennen kaikkea se, että tarkastellessaan kasvun laskennan ongelmia usealta eri taholta hän on voimakkaasti korostanut kulloinkin kysymyksessä olevan puuston kehitysvaiheen merkitystä sadannesmenetelmiä käytettäessä. Eri kasvusadannekset edellyttävät matemaattisen rakenteensa mukaista vuotuiskasvun kehittymistä, ja ellei tätä oteta huomioon, niin laskelmiin saattaa sisältyä merkittäviä systemaattisia virheitä.

Sadannesmenetelmille on ominaista, että niitä käytettäessä saadaan puuston kuutiomäärän kasvu. Metsätalouden suunnittelussa ja puuston kehittymistä ohjattaessa riittääkin usein pelkkä kuutiokasvu. Toisaalta taas monissa suunniteluun liittyvissä kysymyksissä ja varsinkin metsän arvon laskennassa on erittäin tärkeitä tuntea puuston arvon kasvu. Sen selvittämiseksi on yritetty jakaa kuutiokasvu, so. tietyn ajanjakson kasvuvaiheiden tilavuutta puutavaroiksi. Voidaan kuitenkin asettaa kysymyksenalaiseksi, onko tehtävä edes teoreettisesti mahdollinen (SAARI 1940). Lisäksi se johtaa helposti monimutkaisuuviin laskuihin (esim. SALVÉN 1949).

Kasvu voidaan määrittää myös siirtymälaskelmana siten, että läpimitan kasvun perusteella konstruoidaan puustolle uusi runkolukusarja joko jakson alkuun tai loppuun riippuen siitä onko kysymys jo tapahtuneen kasvun määrittämisestä tai kasvunennusteen suorittamisesta. Pituuden kasvua koskevien tietojen perusteella määritetään uuden runkolukusarjan keskipuille pituudet. Puusto kuutioidaan jakson lopussa ja alussa ja näiden päätearvojen erotus on jakson kasvu. Laskelmaa voidaan kutsua myös erotusmenetelmäksi.

Jo vanhassa pohjoismaisessa hirrenharsintamenetelmässä käytettiin yksinkertaista siirtymän laskentaa (LIHTONEN 1944). Menetelmän tarkoituksena oli säilyttää sahapuiden lukumäärä niin suurena, että hakkausmäärä olisi ollut tasainen. Hakkuulaskelmassa tarvittiin tietoja lähinnä siitä, kuinka kauan hirrenaineet kasvoivat varttuakseen sahapuiksi. Tarpeelliset läpimitan kasvun mittaukset suoritettiin joko kuuden metrin korkeudelta tai rinnantasalta. Hakkuulaskelmien käytännöllisessä suorittamisessa oli kuitenkin häilyvyyttä ja epävarmuutta. Mittausten sijasta sovellettiin useimmiten BLOMQVISTIN (1897) paksuuskasvututkimuksiin perustuvia kokemuslukuja.

Varsinkin Amerikassa on siirtymälaskelma (stand table method) yleisesti käytetty kasvunennustemenetelmä (esim. WAHLENBERG 1941, CHAPMAN—MEYER 1949 ja SPURR 1952 sekä 1954). Pyrkimyksenä on useimmiten selvittää puuston nettokasvu, jolloin luontaisen poistuman arvioiminen saa tärkeän merkityksen. Eräänä mielenkiintoisimmista menetelmistä mainittakoon tässä SPURRIN esittämä ns. »two-way method». Nimi johtuu siitä, että läpimitan ja pituuden

kasvu otetaan huomioon. Menetelmän perustana on oletamus, että puuston pohjapinta-alan ja keskipituuden tulo suhde kuutiomäärään on laskentajakson alussa ja lopussa sama niin tarkasti, että kun puuston pohjapinta-ala ja keskipituus on arvioitu johonkin tulevaan ajankohtaan, niin tämän ajankohdan kuutiomäärä on laskettavissa suhteen perusteella. On mahdollista, että puuston sisäisten tekijöiden välillä vallitsee riippuvaisuussuhteita, joita hyväksikäyttäen voidaan suorittaa monia metsätaloudellisia laskelmia.

Uusinta keski-eurooppalaista kasvunlaskentaa edustaa mm. LOETSCH (1953 ja 1954). Hänen julkaisuissaan kiintyy huomio ennenkaikkea tilastollisiin analyyseihin sekä tariffiyksikköjen käytön mahdollisuuksiin kasvunennustetta suoritettaessa. Jos puusto kuutioidaan inventoinnissa tariffiyksikköinä, s.o. paikallisia, rinnankorkeuden läpimitaan perustuvia kuutioimistaulukoita käyttäen, niin niillä suoritettu kasvunennuste on ilmeisestikin yksinkertainen ja nopea. Mikäli puuston muodon muuttuminen laskentajakson aikana voidaan sopivasti ottaa huomioon, on tuloskin varmaan kyllin luotettava.

Sekä siirtymälaskelmat että tariffiyksiköt juontavat ympäristöön, jossa on kehitetty kontrollimetodin nimellä tunnettu metsätalouden järjestelyn menetelmä (esim. KNUCHEL 1950). Keski-eurooppalaisessa intensiivisessä metsätaloudessa käytetty kontrollimetodi tekee kuitenkin kasvunennusteen samoin kuin hakkuulaskelmankin tarpeettomaksi sellaisina kuin ne on tässä käsitetty, ja jollaisina niitä tarvitaan pohjoismaisessa metsätaloudessa. Kontrollimetodissa hakkuumäärä on metsänhoidollinen poistuma, jonka suuruus on määritettävissä varsin tarkasti hakkuukertymien kirjanpidon perusteella. Toistuvilla inventoinneilla tarkkaillaan puuston rakenteen ja kasvun kehittymistä sekä pyritään selvittämään, minkälainen on rakenteeltaan taloudellisesti edullisin puusto.

12. Kasvunlaskennan ja kasvunennusteen terminologia

Metsätaloudessa kasvunlaskennalla haetaan vastaus kahteen toisistaan erottavaan kysymykseen:

1. Kuinka suuri on puuston kasvu ollut mittausjakson aikana?

2. Kuinka suuri se tulee olemaan tulevan talousjakson aikana? Jakson pituus on tavallisimmin viisi tai kymmenen vuotta.

LÖNNROTHIN (1929) perustavaa laatua olevan metsikön kasvua ja kehittymistä selvittävän analyysin pohjalla on kirjoittaja (KUUSELA 1953) jo tapahtuneen kasvun määrittämismenetelmiä tarkastellessaan käyttänyt seuraavia termejä:

Kasvunlaskenta oletetaan tapahtuvaksi ajankohdassa i_n ja sen kohteena on puuston kasvu n vuoden pituisen laskentajakson aikana. Pyrkimyksenä on

puustoa *tuottopuustoksi* ja poistuvaa puustoa *poistumapuustoksi*. Termiin tuotto-puusto hän on keskittänyt sen ajankohdalle ominaisen käsityksen suomalaisessa metsätaloudessa, että lähinnä kasvatettava puus'o tuottaa, ja että hakkuilla tulee ennenkaikkeaa parantaa metsään jätettävien parhaiden puiden kasvu-edellytyksiä.

Viimeksi kuluneen kymmenluvun aikana tuntuu aihepiiriä koskeva ajattelu muuttuneen sikäli, että hakattavan puuston merkitys tuottoa antavana tekijänä on suurentunut. Tämän lisäksi on puustojen kehittämisen ajatus voimistunut ja kehitysluokat ovat nousseet uhkaamaan ikäluokkien asemaa puuston tärkeim-män alajaoittelun perusteena. Nämä ajattelussa tapahtuneet muutokset kuvas-tuvat kasvunennusteen terminologian kehitymisessä sellaiseksi kuin sitä käyte-tään metsähallituksen taloussuunnitelmissa (LAPPALAINEN 1955, Metsähallinto-lomake n:o 90 ja LINNAMIES 1958). Säilyvää puustoa kutsutaan *kehittäväksi puustoksi*, poistuvaa puustoa *hakkuusuunnitteeksi* ja kokonaispuuston alkuarvoa *alkupuustoksi*.

Tässä tutkimuksessa on noudatettu metsähallituksen käytännön mukaista terminologiaa, kuitenkin niin, että termien alkupuusto ja peruserä sijasta on käytetty termejä *kokonaispuuston alkuarvo* ja *kehittävän puuston alkuarvo*. On haluttu erottaa kasvavien suureiden alku- ja loppuarvot, jolloin termino-logia sisältää itseensä laskelman kaikki vaiheet.

Asetelmaan 1 on koottu puuston kasvua ja kehittymistä selvittävien analyyy-sien, kasvunlaskennan ja kasvunennusteen terminologiat kotimaisista julkai-suista. Siitä nähdään myös tässä työssä käytetty terminologia sekä termien englanninkieliset käännökset.

13. Ongelman asettaminen ja rajoittaminen

Kun talousyksikön puusto on inventoitu, niin hakkuulaskelman tarkoituk-sena on määrittää talousjakson aikana hakattavan puuston määrä. Kasvun-ennusteessa lasketaan, kuinka paljon hakattavaksi suunniteltu puuston osa, so. hakkuusuunnitteen alkuarvo kasvaa ennen lopullista poistuman hetkeä. Tämän lisäksi ennusteessa lasketaan, kuinka suureksi kehitettävä puusto kasvaa jakson aikana.

Inventoinnin tuloksena saadaan kokonaispuuston alkuarvo. Se jaetaan kehi-tettäväksi puustoksi ja hakkuusuunnitteeksi koeleimausten ja kaiken sen har-kinnan perusteella, joka liittyy puuston kehittämiseen tavoitemetsää kohden. Kasvunennuste antaa kehitettävän puuston loppuarvon jakson lopussa, joka on kokonaispuuston alkuarvo uudelle talousjaksolle. Sen rakenne ja määrä osoit-tavat, millaiseksi puusto on kehittynyt jakson aikana. Hakkuusuunnitteelle suoritettu kasvunennuste antaa taas arvion lopulliseksi hakkuumääräksi.

Kasvunennusteen lähtöarvoina ovat siis kehitettävän puuston ja hakkuu-suunnitteen alkuarvot sekä inventoinnissa kootut tiedot puuston rakenteesta, laadusta ja kasvusta. Näiden tietojen perusteella pyritään laskennallisesti mää-rittämään kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen loppuarvot.

Kotimaisen käytännön mukaan absoluuttisen kasvun mittaustulokset muunne-taan kasvusadanneksi, joita käytetään ennustetta laskettaessa. Tulos saadaan absoluuttisina tilavuusyksikköinä. Kotimaisessa kasvunlaskennassa tulokset ilmaistaan miltei poikkeuksetta diskonttosadanneksina. Tutkimuksen yhtenä päätehtävänä on selvittää, miten käytettyinä ne antavat oikean tuloksen.

Tutkimuksen toinen pääosa keskittyy ongelmaan, miten ennuste on suori-tettavissa siirtymän laskentana, so. puiden siirtymisenä suurempiin läpimitta- ja pituusluokkiin, niin että kasvutulos on verrattavissa sadannesmenetelmän antamiin tuloksiin.

Työ kohdistuu puustoon sellaisena kuin se ilmenee maassamme käytettyjen inventointimenetelmien tuloksissa. Vastaavasti kasvuluvut ovat kasvunmittaus-menetelmämme antamia. Tarkoituksena on selvittää kasvunennusteen laskenta-tekniillistä suorittamista käytännössä olevan kasvunmittausmenetelmän puit-teissa. Tämän vuoksi ei ole käsitelty ollenkaan esim. koronkorkosadanneksen käyttämistä. Suomalaisen käytännön nykyisessä vaiheessa ei ole myöskään tar-peellista syventyä ns. tariffimenetelmien sovellutuksiin, joskin niiden piirteitä sisältyy siirtymälaskelmaan. Tariffimenetelmä kasvunlaskennassa edellyttää paikallisia rinnänkorkeuden läpimittaan perustuvia kuutioimistaulukoita sekä niiden käyttämistä puuston inventoinnissa.

Pyrkimyksenä on selvittää, millaisia tuloksia eri sovellutukset antavat, ja mitä sovellutuksista voidaan pitää nykyisten tietojen puitteissa oikeina. Tar-kastelun ulkopuolelle jäävät kokonaan esim. kysymykset siitä, miten puusto todellisuudessa kehittyy ennustejakson aikana, onko suoritettussa siirtymälas-kelmassa läpimittaluokkien keskipuiden muodon muuttuminen »luonnollista» jne. Pelkästään menetelmiin kohdistuvana työ on jatkoa kirjoittajan aiem-malle jo tapahtuneen kasvun laskentaa selvittäväälle tutkimukselle (KUUSELA 1953), jonka tuloksia sovelletaan tässä ennustelaskelmiin.

14. Ennusteessa käytetty puusto

Tutkimuksen kannalta on tarkoituksenmukaista, että laskennan kohde vastaa rakenteeltaan keskimäärin kysymykseen tulevia puustoja. Tällöin menetelmien yleinen käyttökelpoisuus tulee selvitettyksi poikkeusilmiöistä aiheutuvien häiriöiden jäädessä mahdollisimman vähäisiksi. Varsinkin silloin, kun tarkoituksena on verrata vaihtoehtoisilla menetelmillä saatavia tuloksia keskenään, ei puusto saisi aiheuttaa tuloksiin eroja, jotka tulkitaan menetelmistä johtuviksi.

Inventointituloksista on katsottu saaduiksi seuraavat tiedot: Puusto on kasvullisen maan männikkö, sen ikä on 60 vuotta, tiheys 0.8 ja kuutiomäärä hehtaarilla 226.02 k-m³. Runkolukusarja kahdella hehtaarilla ja läpimittaluokkien keskipuiden pituudet ovat asetelmassa 2.

Asetelma 2 — Table 2

D _{1.3} , cm DBH, cm	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
kpl/2 ha — number of stems											
per two hectares	10	34	180	262	326	252	180	112	62	30	12
pituus, m — height in meters	15.0	16.5	17.5	18.5	19.5	20.0	21.0	21.5	22.0	22.5	22.5

Puiden muotoa ei ole otettu huomioon siksi, että kasvunennusteessa ei muodon muuttumista yleensä voida ottaa huomioon muutoin kuin keskimääräisenä. Myös kotimainen jo tapahtuneen kasvun laskenta perustuu keskimääräiselle muodon muuttumiselle ja muotokorkeuden kasvusadannes arvioidaan puun pituuden, latvakasvaimen pituuden ja kapenemislukan tai lehtipuilla puun pituuden ja latvusluokan perusteella.

Suoritettavissa ennusteissa, joissa käytetään kasvusadanneksia, on oletettu puuston muodon muuttuvan niin kuin kotimaisista kasvunlaskennan taulukoista (ILVESSALO 1948) saadut sadannekset edellyttävät. Koska kasvunlaskennassa oletetaan muodon muuttuminen keskimääräiseksi, tai tarkemmin sanottuna edellä mainittujen taulukoiden mukaiseksi, niin kasvunennusteessa käytetty puusto voidaan myös kuutioida ilman erikseen mitattua muodon tunnusta. Tämän vuoksi puusto on kuutioitu pelkästään rinnankorkeuden läpimitan ja pituuden perusteella käyttäen Tapion Taskukirjan (1944) kuutioimistaulukkoa.

Suoritettavissa ennusteissa on kokonaispuuston alkuarvo B₆₀ kuorellisena 452.04 k-m³. Leimausehdotuksen mukaan hakkuusuunnitteen alkuarvo A₆₀ on 137.12 k-m³, mikä merkitsee vahvaa, noin 33 %:n harvennusta. Hakkuun oletetaan tapahtuvan kymmenen vuoden pituisen ennustejakson puolivälissä, joten hakkuusuunnitteen ennustejakso on viisi vuotta. Kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen alkuarvot, E₆₀ ja A₆₀, ovat runkolukusarjoina asetelmassa 3.

Asetelma 3 — Table 3.

D _{1.3} , cm DBH, cm	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
E ₆₀ kpl — number of trees . .			40	62	166	212	160	104	60	30	12
A ₆₀ kpl — number of trees . .	10	34	140	200	160	40	20	8	2		

Ennusteissa käytetyt kasvuluvut on saatu kotimaisista kasvunlaskennan taulukoista puuston tunnusten perusteella. Tasotettujen taulukkoarvojen käyttämisestä on se etu, että siirtymälaskelmassa voidaan käyttää dimensioiden kasvulukuja, jotka vastaavat täsmälleen muissa menetelmissä käytettyjä sadanneksia.

2. Sadanneksia käyttävä kasvunennuste

Kun puuston kasvusadannes tunnetaan ja menetelmä sen käyttämiseksi on valittu, niin menetelmän mukainen korkolasku antaa ennustejakson absoluuttisen kasvun, joka kotimaisessa käytännössä on kuoretonta puuta. Laskentaa varten on puuston kuutiomäärä muutettava kuorettomaksi. Kasvunlaskentataulukoiden mukainen kuoretoman puun osuus kuorellisesta on ennusteen kohteena olevalle puustolle 84 %. Vastaavat kehitettävän puuston, hakkuusuunnitteen ja kokonaispuuston kuorettomat alkuarvot ovat asetelmassa 4.

Asetelma 4 — Table 4

E_{60}	A_{60}	B_{60}
264.5	115.2	379.7

Muodollisesti selvin tapa suorittaa kasvunennuste on käyttää tuottohakkuulaskelman kaaviota yhden ikäluokan puustolle.

21. Mittausjakson diskonttosadannekset rabattosadanneksina

Kotimainen kasvunlaskenta mittaa ja laskee diskonttosadanneksia, jotka ilmoittavat mittausjakson keskimääräisen vuotuis kasvun sadannessuhteen puuston määrään mittaushetkellä, so. kasvunlaskentajakson lopussa. Kun diskonttosadanneksia käytetään sellaisinaan ennustejakson rabattosadanneksina, niin oletetaan, että absoluuttisen vuotuis kasvun suuruus ei muutu kasvunmittaus- ja ennustejakson aikana (vrt. KUUSELA 1953).

Ennusteen kohteena olevalle puustolle tunnetaan diskonttosadannes kymmenen vuoden pituisen mittausjakson ajalta, joka päättyy ikävuoteen 60. Ensinnäkin on mahdollista menetellä niin, että tätä sadannesta käytetään sellaisenaan sekä kehitettävälle puustolle että hakkuusuunnitteelle. Toinen vaihtoehto on jakaa sadannes kahteen osaan, joista toinen on kehitettävän puuston ja toinen hakkuusuunnitteen sadannes. Jaon perustana on oletamus, että hakkuusuunnitteeseen kuuluvat puut ovat yleensä metsikön hidaskasvuisimpia. Ennuste tullaan suorittamaan kumpaakin vaihtoehtoa käyttäen.

Puuston tunnusten perusteella kasvunlaskentataulukoista saatu diskonttosadannes on 3.4. Tämä kuutiokasvun sadannes (p_v) on pohjapinta-alan ja muoto- korkeuden kasvusadanneksen (p_g ja p_{ht}) summa. Pohjapinta-alan kasvu on mitattu kymmenen vuoden ja muoto- korkeuden kasvu viiden vuoden jaksoa käyttäen, joten sadannes on lähinnä kymmenen vuoden diskonttosadannes.

Laskelman kannalta olisi ollut eduksi, jos sadannes olisi ollut puhdas viiden vuoden diskonttosadannes. Tässä on kuitenkin laskelma haluttu perustaa edellä mainituille kasvunlaskennan taulukoille sekä oletettu, että muoto- korkeuden osuus näin menetellen ei aiheuta päätelmien tekoa haittaavaa virhettä, kun kysymyksessä on kasvultaan suhteellisen hidasliikkeinen keski-ikäinen puusto. Mainittakoon, että valtion metsien tuottohakkuulaskelmissa on käytetty viiden vuoden jaksoilla laskettuja sadanneksia (LINNAMIES 1958).

Kun p on sadannes, n ennustejakson vuosien lukumäärä, jolloin ennustejakso hakkuusuunnitteelle on $n/2$ vuotta, nz ja $n/2 z$ vastaavat jakson kasvut sekä E_n ja $A_{n/2}$ kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen loppuarvot jaksojen lopussa, ja kun n on kymmenen vuotta, niin ennustelaskelma saa muodon, joka on asetelmassa 5.

Asetelma 5 — Table 5

Kehitettävä puusto — Developable stock					
E_0	p	n	z	nz	E_n
264.5	3.4	10	9.0	90.0	354.5
Hakkuusuunnite — Exploitable stock					
A_0	p	$n/2$	z	$n/2 z$	$A_{n/2}$
115.2	3.4	5	3.9	19.5	134.7
$Z_B = 109.5$					

Toinen mahdollisuus käyttää sadanneksia perustuu LIHTOSEN (1943) tutkimuksiin, joiden mukaan metsänhoidollisissa harvennushakkuissa poistettavan puuston kasvusadannes on pienempi kuin kokonaispuuston ja varsinkin kehitettävän puuston sadannes, sillä kehitettävään puustoon pyritään jättämään paraskasvuisimmat puut. LIHTOSEN mukaan hakkuusuunnitteen sadannes vaihtelee 56—93 %:iin kokonaispuuston sadanneksesta Kokonaispuuston sadannes on komponenttiensa punnittu keskiarvo:

$$p_B = \frac{E \cdot p_E + A \cdot p_A}{E + A} \quad (1)$$

Seuraavassa laskelmassa on oletettu, että hakkuusuunnitteen sadannes on 77 % kokonaispuuston sadanneksesta, jolloin se on 70 % kehitettävän puuston sadanneksesta.

Käytännössä kyseisten suhteiden valitseminen on tietenkin suoritettava jokaisessa tapauksessa erikseen riippuen hakkuusuunnitteen rakenteesta. Kä-

sillä olevan selvittelyn puitteissa on tärkeintä, että mainittu suhde pidetään kaikissa laskelmissa samana, koska tarkoituksena on verrata eri menetelmien antamia kasvulukuja toisiinsa. Puutteellisista tiedoista johtuvaa suhteen harkinnanvaraisuutta on kuitenkin pidettävä ilmeisenä heikkoutena. Koska tämän lisäksi kehitettävän puuston ennustejakso on pitempi kuin hakkuusuunnitteen ennustejakso, niin kokonaispuuston sadanneksen jakaminen kaavalla (1) ja näin saatujen osasadannesten käyttäminen ennusteissa johtaa kokonaiskasvun suurenemiseen. Kokonaiskasvun suureneminen on sitä voimakkaampaa mitä pienemmäksi hakkuusuunnitteen sadannes arvioidaan. Täten menetelmää käytettäessä ja pienentämällä hakkuusuunnitteen sadannesta voidaan vaikuttaa herkästi ja sopivien edellytysten vallitessa mielivaltaisestikin kokonaiskasvun suuruuteen.

Esitetyin perustein laskettu kehitettävän puuston sadannes on 3.74 ja hakkuusuunnitteen sadannes 2.62. Vastaava kasvunennuste on asetelmassa 6.

Asetelma 6 — Table 6

Kehitettävä puusto — <i>Developable stock</i>					
E_0	p	n	z	nz	E_n
264.5	3.74	10	9.9	99.0	363.5
Hakkuusuunnite — <i>Exploitable stock</i>					
A_0	p	$n/2$	z	$n/2 z$	$A_{n/2}$
115.2	2.62	5	3.0	15.0	130.2
$Z_B = 114.0$					

Edellä esitettyihin periaatteellisiin huomautuksiin viitaten voidaan todeta, että hakkuusuunnitteen kasvusadanneksen pienentäminen on suurentanut kokonaiskasvua.

Kotimaisia kasvunlaskennan taulukoita käytettäessä voidaan mittausjakson diskonttosadannes laskea myös läpimittaluokittain ja läpimittaluokkien sadanneksista edelleen koko puuston sadannes kuutiomäärällä punnittuna keskiarvona. Taulukoista nähdään, että samassa ikäluokassa on aina pienemmällä puulla suurempi kasvusadannes kuin isommalla puulla. Tämä näyttää viittaavan siihen, että samanikäisistä puustoista järeydeltään pienemmällä on useimmiten suurempi kasvusadannes kuin järeydeltään suuremmalla puustolla. Järeiden vaikutuksen tutkimiseksi on laskettu diskonttosadannes kahdelle runkolukusarjalle, joiden kuutiomäärät ovat yhtä suuret. Tulos on asetelmassa 7.

Asetelma 7 — Table 7

$D_{1.3}$, cm	DBH, cm	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	p
kpl													
numer of stems			40	62	166	212	160	104	60	30	12	3.36
—»—		10	34	180	262	326	252	140					3.40

Tulos osoittaa, että järeämmällä puustolla on pienempi sadannes, mutta käytännön kasvunlaskennan kannalta ero on merkityksetön. Mikäli kysymyksessä on puuston kasvu yhtenä kokonaisuutena, niin sadannesten laskeminen läpimittaluokkien kuutiomäärällä punnittuna keskiarvona on tarpeetonta, ellei puusto ole aivan poikkeuksellisen järeää tai pienikokoista. — Sanottu koskee tapausta, jolloin sadannes otetaan keskimääräistä kasvua kuvaavista taulukoista ilman mittauksia.

Edellä lasketuista sadanneksista 3.36 sopii tässä tarkastelun kohteena olevalle puustolle. Kun se jaetaan esitetyn periaatteen mukaisesti kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi, niin $P_E = 3.69$ ja $p_A = 2.59$.

22. Ennustejakson diskonttosadannekset rabattosadanneksina

Edellä kuvatussa, maassamme viime aikoihin saakka yleisesti käytetyssä kasvunennustemenetelmässä joudutaan siis olettamaan, että puiden vuotuinen kasvu on jaksojen aikana likimain muuttumaton. Mikäli katsotaan, että hakkuissa poistetaan keskimääräistä hidaskasvuisempia puita, niin käytännössä joudutaan useimmiten myös olettamaan suhde, minkä mukaan mittausjakson sadannes jaetaan kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi. Ikäluokittain ilmoitetut kasvusadannesarjat tarjoavat kuitenkin mahdollisuuden selvittää ilmah molempia olettamuksia kehitettävän puuston osalta.

Kotimaisten kasvunlaskentataulukoiden diskonttosadannesarjoihin sisältyvät täydelliset tiedot siitä, miten kehitettävän puuston vuotuinen kasvu muuttuu iän funktiona. Tarvitsee vain muuntaa kukin diskonttosadannes laskentajaksonsa alkuun rabattosadannekseksi ja verrata sitä edeltäneen jakson diskonttosadannekseen. Jos rabattosadannes on suurempi, niin vuotuinen kasvu on suureneva, jos molemmat sadannekset ovat yhtä suuret, niin kasvu säilyy jaksojen aikana yhtäsuurena, jne.

Kun siis kasvunennuste on suoritettava 60-vuotiaalle puustolle, niin taulukoissa sen kasvua osoittaa tarkimmin 70-vuotiaan puuston diskonttosadannes. Se ilmoittaa, miten kehitettävä puusto on kasvanut ikävuosien 60—70 muodostaman jakson aikana, ts. juuri sen ikäjakson aikana, jolle kasvunennuste on suoritettava.

70-vuotiaan kehitettävän puuston diskonttosadanneksen käyttämistä kasvunennusteen suorittamiseksi 60-vuotiaalle puustolle lienee aiemmin vaikeuttanut se, että sadannes on kasvun suhde loppuarvoon, ts. suureeseen, jonka määrittämiseksi kasvunennuste suoritetaan. Kuitenkin yhtälöissä, joilla sekä diskontto- että rabattosadannes lasketaan, on saman jakson yhteydessä sadannesten ohella kaksi yhteistä suuretta, jakson alku- ja loppuarvo. Jos siis sadanneksista toinen tunnetaan, on toinen laskettavissa (PETRINI 1948, P r a k t i s k s k o g s h a n d b o k 1955, KUUSELA 1955, KANGAS 1955 ja LINNAMIES 1958).

Jos rabattosadannes on P_R , diskonttosadannes p_D ja jakson vuosien lukumäärä n , niin rabattosadannes saadaan kaavalla

$$P_R = \frac{100 \cdot p_D}{100 - np_D} \quad (2),$$

ja kun jakso on kymmenen vuotta,

$$P_R = \frac{10 p_D}{10 - p_D} \quad (3).$$

Laskennan kohteena olevalle kehitettävälle puustolle saadaan taulukoista jaksolle 60—70 vuotta diskonttosadannekseksi 2.8. Vastaava rabattosadannes on 3.89. Se on suurempi kuin 60 vuoden kohdalla oleva diskonttosadannes, mikä osoittaa, että kutakuinkin täysitiheänä kasvatettujen männiköiden kehitettävän puuston vuotuinen kasvu on ikävälillä 50—70 vuotta systemaattisesti suureneva (vrt. myös KUUSELA 1953). Ja jos vuotuiskasvu on suureneva, niin mittausjakson diskonttosadanneksen käyttäminen kehitettävälle puustolle ennustejakson rabattosadanneksena johtaa kasvun aliarvioimiseen.

Esitetyllä menetelmällä voidaan tarkistaa kaikista puhtaista, iän mukaisista diskonttosadannesarjoista, millä iällä ja kuinka paljon kehitettävän puuston vuotuiskasvu on suureneva, ja milloin vuotuiskasvu kulminoi. Näin on mahdollista selvittää, kuinka oikeita tuloksia saadaan iältään erilaisissa puustoissa, jos kasvunlaskennan perusteena on klassillinen oletus, että puiden kasvua voidaan pitää lyhyiden jaksojen puitteissa likimain muuttumattomana. Jos menetelmää sovelletaan kotimaisten kasvunlaskentataulukoiden sadannesarjoihin, niin on otettava huomioon, että puhtaita diskonttosadanneksia ovat vain pohjapinta-alan sadannekset. Kuutiokasvusadannesten »epäpuhtaudella» tarkoitetaan sitä, että niiden eri osat on saatu eri pituisia jaksoja käyttämällä. — Myöhemmin suoritettavassa tulosten vertailussa palataan vielä tähän kysymykseen.

Kun edellä esitetyllä tavalla on laskettu rabattosadannes kehitettävälle puustolle, niin jäljellä on vielä hakkuusuunnitteen sadanneksen määrittäminen. Tehtävä on edelleen harkintaan perustuva tulkinnanvarainen toimitus, mutta se ei enää vaikuta kehitettävän puuston kasvuun, jonka osuus ennusteessa on tavallisesti paljon suurempi kuin hakkuusuunnitteen kasvun osuus.

Tässä oletetaan kuten edelläkin, että hakkuusuunnitteen sadannes on 70 % kehitettävän puuston sadanneksesta eli 2.72 %. Vaikka suhde onkin säilytetty samana, niin se ei merkitse, että laskelmien vertailukelpoisuus olisi säilynyt täsmälleen samana, sillä ei voida varmuudella sanoa, vallitseeko kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen kasvujen välillä ennustejakson aikana sama suhde kuin mikä se on jo tapahtunutta kasvua tutkittaessa jakson alussa. Vastaava kasvunennuste on asetelmassa 8.

Astelma 8 — Table 8

Kehitettävä puusto — <i>Developable stock</i>					
E_0	p	n	z	nz	E_n
264.5	3.89	10	10.3	103.0	367.5
Hakkuusuunnite — <i>Exploitable stock</i>					
A_0	p	$n/2$	z	$n/2 z$	$A_{n/2}$
115.2	2.72	5	3.1	15.5	130.7
$Z_B = 118.5$					

Kun ennustejakson diskonttosadannes haetaan taulukosta läpimittaluokittain, lasketaan koko puustolle läpimittaluokkien sadannesten punnittuna keskiarvona ja muunnetaan rabattosadannekseksi, niin $P_E = 3.81$ ja $P_A = 2.67$. Sadannekset ovat hivenen pienemmät kuin pelkän ikäluokan perusteella saadut sadannekset. Syyt tähän on esitetty edellisessä luvussa.

3. Kasvunennuste siirtymänä

Kasvunennusteen suorittamisella siirtymänä tarkoitetaan sitä, että puuston runkolukusarja konstruoidaan ennustejakson loppuun, määritetään uusien läpimittaluokkien keskipuiden pituudet ja kuutioidaan puusto, jolloin kasvu saadaan jakson päätearvojen erotuksena. Puusto jakson alussa ja lopussa voidaan muuntaa myös puutavaralajeiksi, jolloin arvonkasvu on välittömästi laskettavissa.

Tässä suoritettavan siirtymälaskelman saamiseksi vertailukelpoiseksi muihin laskelmiin nähden on kasvunlaskentataulukoiden asianomaiset sadannekset muunnettava dimensioiden absoluuttiseksi muuttumiseksi.

31. Dimensioiden kasvun määrittäminen

Ennen kuin siirtymä voidaan laskea on määritettävä läpimittaluokkien keskipuiden dimensioiden kasvu jakson 60—70 vuotta aikana. Läpimitan kasvua määritettäessä otetaan lähtökohdaksi kasvunlaskentataulukoiden se osa, jossa on esitetty 70-vuotiaan männikön pohjapinta-alan diskonttosadannekset läpimitaltaan eri kokoisille puille. Niistä siirrytään pohjapinta-alan sadannestaulukoiden kautta vastaaviin säteen ja läpimitan kasvun absoluuttisiin arvoihin. Kuoren paksuuskasvu saadaan siten, että kuoren vahvuutta osoittavista taulukoista katsotaan, kuinka paljon kuori paksunee läpimitan lisääntyessä siten, kuin esimerkin puustossa on tapahtunut. Laskelma suoritetaan läpimittaluokittain ja sen kulusta on esimerkki asetelmassa 9.

Asetelman esimerkki osoittaa, että 60-vuotiaassa männikössä läpimitaltaan 18.8 cm:n vahvuinen puu tulee ennustejakson aikana kasvamaan paksuutta 2.2 cm. Tämä kasvuluku vastaa sadanneslaskelmissa käytettyä diskonttosadanneksesta muunnettua rabattosadannesta.

Esitetyllä tavalla on muunnettu kaikki tarpeelliset sadannekset absoluuttisen kasvun luvuiksi, jotka on tasotettu kuorellisen läpimitan funktiona. Piirroksesta 1 voidaan lukea, miten eri läpimittaluokkien puut tulevat kasvamaan paksuutta ennustejakson aikana.

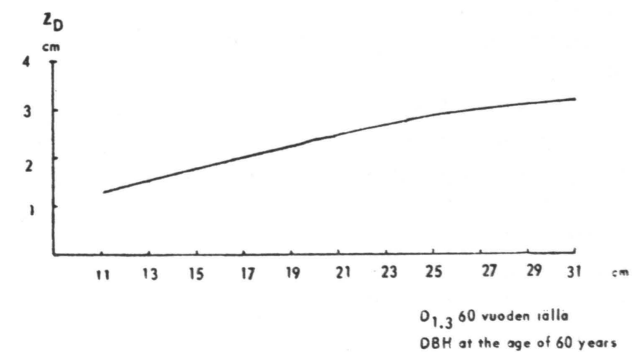
Läpimittaluokkien keskipuiden pituuskasvun määrittämiseksi otetaan lähtökohdaksi 70-vuotiaan puuston muotokorkeuden diskonttosadannes 0.7. Tämän

Asetelma 9 — Table 9

$D_{1,3}$ 70 vuoden iällä, cm	21.0
<i>DBH at the age of 70 years, cm</i>	
2 kertaa kuoren vahvuus, cm	2.7
<i>2 times the bark thickness, cm</i>	
$D_{1,3}$ kuoretta, cm	18.3
<i>DBH without bark, cm</i>	
p_g , 10 vuoden diskonttosadannes	2.1
<i>p_g, discount per cent of 10 years</i>	
sädekasvu, cm	1.0
<i>radial increment, cm</i>	
läpimitan kasvu, cm	2.0
<i>increment of diameter, cm</i>	
2 kertaa kuoren paksuuden kasvu, cm	0.2
<i>2 times the increment of bark thickness, cm</i>	
läpimitan kasvu kuorellisena, cm	2.2
<i>increment of diameter with bark, cm</i>	
$D_{1,3}$ 60 vuoden iällä	18.8
<i>DBH at the age of 60 years</i>	

jälkeen haetaan latvakasvaimen keskipituuden mukaisesta muotokorkeuden kasvusadannestaulukosta kunkin keskipuun pituuskasvu, joka vastaa kyseistä sadannesta. Ts. tätäkin taulukkoa käytetään päinvastaisessa järjestyksessä, kuin mikä sen alkuperäinen tarkoitus on.

Muodon muuttuminen tulee huomioon otetuksi laskelmassa sellaisena kuin käytetyissä kuutioimistaulukoissa puun muoto muuttuu sen siirtyessä läpimitta- ja pituusluokasta toiseen.



Piirros 1. Kehitettävän puuston läpimitan kasvu ennustejakson 60—70 vuotta aikana.
Fig. 1. Increment of DBH of the developable stock within the forecast period of 60 to 70 years.

32. Runkolukusarjan ja keskipuiden pituuksien määrittäminen ennustejakson loppuun

Kun läpimittaluokkien keskipuiden läpimitan ja pituuden kasvu on saatu, suoritetaan siirtymälaskelma ja uusien keskipuiden pituuksien laskeminen. Tässä on siirtymä läpimittaluokasta toiseen laskettu ns. ARTHUR MEYERIN menetelmällä (PETRINI 1948, s. 263). Jos Δ on läpimitan lisäys, w luokkaväli, n luokassa olevien puiden lukumäärä ja p luokasta siirtyneiden puiden lukumäärä niin p lasketaan kaavalla:

$$p = \frac{\Delta}{w} \cdot n \quad (4)$$

Kaava antaa kuitenkin oikean tuloksen vain silloin, kun puut ovat jakautuneet tasaisesti läpimittaluokkiin. Kun on kysymys metsässä mitatusta tai metsämitausten perusteella kootusta runkolukusarjasta, niin tämä edellytys on harvoin voimassa. Jos jakautuminen on epätasainen, niin oikeaa siirtymää osoittava luku p' saadaan, kun p kerrotaan korjaustekijällä f :

$$p' = f p \quad (5)$$

Jos seuraavassa läpimittaluokassa olevien puiden lukumäärä on n' , niin korjaustekijä saadaan kaavalla:

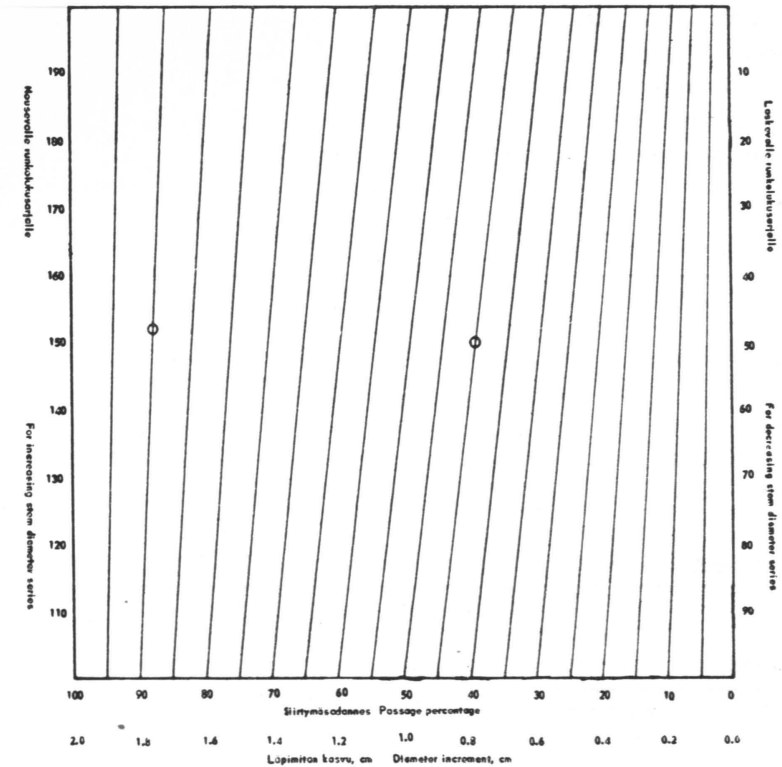
$$f = \frac{1}{2} + \frac{n'}{2n} + \frac{\Delta}{w} \left(\frac{1}{2} - \frac{n'}{2n} \right) \quad (6)$$

Koska esitettyjen kaavojen käyttäminen on verraten työlästä, on ne tässä ratkaistu graafisesti. Puiden siirtyminen sadanneksina seuraavaan läpimittaluokkaan saadaan piirroksen 2 viivaparvesta, kun tunnetaan perättäisten läpimittaluokkien runkolukujen sadannessuhteet ja kyseisen läpimittaluokan keskipuun läpimitan kasvu millimetreissä. Asetelmasta 10 nähdään, miten laskelma etenee muodollisesti. Piirroksen 2 on merkitty ympyröillä asetelmaan 10 tulevat siirtymäsadannekset.

Uusien läpimittaluokkien keskipuiden pituus on määritetty siten, että kuhunkin läpimittaluokkaan siirtyneiden puuryhmien uusista pituuksista on laskettu ryhmien lukumäärällä punnittu keskipituus, joka on pyöristetty lähimpään

Asetelma 10 — Table 10

D 1.3 DBH cm	sädekasvu radial increment cm	runkoja kpl number of stems	suhde- % proportion per cent	siirtymä- % passage per cent	siirtymä kpl passage in stems	jäännösrun- got, kpl remaining stems
21	0.9	40	50	39.0		24
23	0.9	20	40	37.6	16	12
25	1.0	8	25	40.6	8	5
27					3	



Piirros 2. Viivasto siirtymän laskemiseksi kun tunnetaan runkolukusarja 2 cm:n luokissa, läpimitan kasvu cm:ssä ja perättäisissä läpimittaluokissa olevien runkolukujen sadannesuhteet. Jos esim. läpimittaluokan runkoluku on 40 ja läpimitan kasvu 0.9 cm ja runkolukusarja tasainen, niin siirtymä seuraavaan läpimittaluokkaan olisi 45 %. Jos kuitenkin seuraavan läpimittaluokan runkoluku on 20 (50 %), niin 0.9 cm:n kasvua vastaavan viivan ja laskevan runkolukusarjaan liittyvän 50 %:n viivan leikkauskohta osoittaa 39 %:n siirtymää (merkitty piirroksessa ympyrällä). Jos taas runkolukusarja on nouseva ja seuraavassa läpimittaluokassa oleva suhteellinen runkoluku on esim. 152 %, niin 1.8 cm:n kasvua vastaava siirtymä on 92 %. Viivastoa käytettäessä on huomattava, että aleneva runkolukusarja pienentää ja ylenevä suurentaa siirtymäsadannesta. Jos nousevassa runkolukusarjassa suhde on yli 200 %, niin viivastoa voidaan jatkaa asianomaiseen suuntaan.

Fig. 2. Lines for the passage calculation when the stems are distributed into 2 centimetres diameter classes. Diameter increment is expressed in centimetres and the proportional (per cent) change of the stem numbers in succeeding classes is known. E.g., if the tree number in a diameter class is 40, the diameter increment 0.9 cm and the diameter class series even, the passage to the next diameter class is 45 per cent of the tree number. If the tree number in the next class is 20 (50 per cent), the diagram gives 39 as the passage percentage (the point is marked with a circle in the Fig.). If the tree numbers are increasing, e.g., the number in the next class is 152 per cent and the diameter increment 1.8 cm, the passage is 92 per cent. Decreasing tree numbers diminish the passage percentage and increasing tree numbers enlarge it. If the proportional increase is more than 200 per cent the lines can be extended.

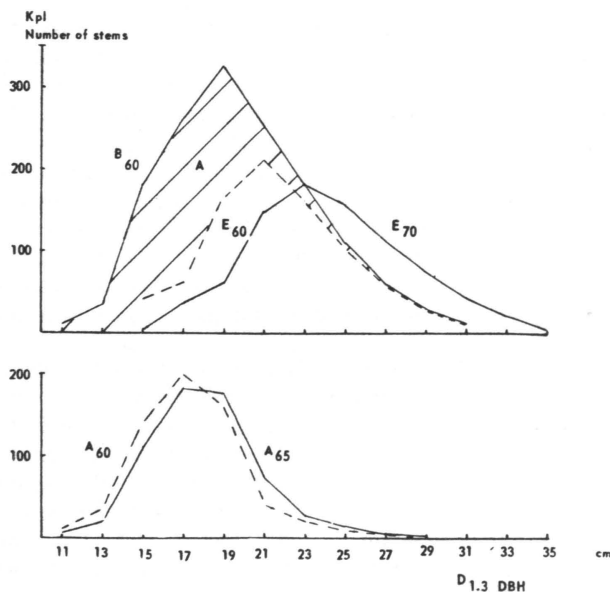
täyteen metriin läpimittaluokan keskipuun uudeksi pituudeksi. Tulokset ovat asetelmassa 11 ja piirroksessa 3.

Kasvu tilavuusyksikköinä saadaan jakson päätearvojen erotuksena. Kuoretonta kasvua laskettaessa on otettu huomioon kasvunlaskentataulukoiden mukainen kuorisadanneksen pieneneminen 16:sta 15.25:een.

Asetelma 11 — Table 11

D _{1.3} , cm	DBH, cm	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
E ₆₀ , kpl.	tree number			40	62	166	212	160	104	60	30	12		
pituus, m — height, m				17.5	18.5	19.5	20.0	21.0	21.5	22.0	22.5	22.5		
E ₇₀ , kpl.	tree number			3	37	62	148	183	157	113	75	41	21	6
pituus, m — height, m				19	19	20	21	22	22	23	24	24	25	25
A ₆₀ , kpl.	tree number	10	34	140	200	160	40	20	8	2				
pituus, m — height, m		15.0	16.5	17.5	18.5	19.5	20.0	21.0	21.5	22.0	22.5			
A ₆₅ , kpl.	tree number	6	19	111	183	175	74	28	13	4	1			
pituus, m — height, m		15	17	18	19	20	20	21	22	22	23			

Kuoretton kasvu $z_E 94.1 + z_A 15.4 = z_B 109.5$
Increment without bark



Piirros 3. Ennusteen mukainen runkolukusarjojen kehittyminen.
Fig. 3. Forecasted stand table development.

4. Tulosten vertailu

Tulosten vertailu voidaan suorittaa joko käyttämällä absoluuttisia tai suhteellisia kasvulukuja. Kumpikin vaihtoehto on yhtä näyttävä, jos suhteellisen kasvun luvut on laskettu käyttäen samaa vertaussuureta kaikissa tapauksissa. Tässä se suoritetaan esittämällä eri laskelmissa saadut rabattosadannekset. Ts. ennustejakson keskimääräistä vuotuiskasvua on verrattu jakson alkuarvoon, joka on kaikissa laskelmissa sama. Rabattosadannekset erot ovat siis suhteellisesti samat kuin absoluuttisten lukujen erot. — Yhteenvedo tuloksista on asetelmassa 12.

Asetelman 12 vasemmassa laidassa ovat sadannekset sellaisina kuin ne saadaan kasvunlaskennan taulukoista ikäluokan perusteella. Sarakkeessa 1 on muuntamaton diskonttosadanne, sarakkeessa 2 on diskonttosadanne jaettu kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen osalle olettaen, että hakkuusuunnitteen sadanne on 77 % kokonaispuuston sadanneksesta, ja sarakkeessa 3 on ennustejakson lopussa kasvunlaskentataulukoiden mukaan voimassa oleva kehitettävän puuston diskonttosadanne muunnettu rabattosadannekseksi jakson alkuun. Asetelman toisessa pääosassa ovat sadannekset muuten kuin edellä, mutta ne on laskettu läpimittaluokittain. Kolmannessa pääosassa on siirtymälaskelmalla saatu tulos rabattosadannekseksi muunnettuna.

Sarakkeessa 6 olevaa tulosta on pidetty muiden vertaussuurena senvuoksi, että jos kasvunlaskentataulukoiden sadannekset olisivat puhtaita 10 vuoden diskonttosadanneksia, niin niiden mukainen tulos olisi teoreettisesti oikea. Tässä yhteydessä on kuitenkin vielä toistamiseen huomautettava, että kasvunlaskentataulukoiden sadanneksissa on vain pohja-pintalan osuus laskettu 10 vuoden jaksoa käyttäen ja muotokorkeuden osuus on laskettu 5 vuoden jaksolla.

Muotokorkeuden osuudesta ei myöskään varmuudella tiedetä, kuinka tarkasti se vastaa puiden muodon muuttumista keskimääräisissä nykymetsissä. Varsinkin harvaksi hakatuissa metsiköissä, joissa runkojen muoto muuttuu ilmeisesti toisin kuin täysitiheissä metsiköissä, taulukoiden sadannekset saattavat johtaa virheellisiin kuutiokasvun lukuihin. Kasvunlaskennan helpottamiseksi olisikin saatava sadannesarjoja, jotka ovat määrätyn pituisilla jaksoilla laskettuja puhtaita diskontto- tai rabattosadanneksia, ja joista ilmoitettaisiin, minkälaiselle muodon muuttumiselle muotokorkeuden osuus perustuu.

Jos aluksi tarkastellaan eri laskelmien antamaa kehitettävän puuston kasvua, niin voidaan todeta, että pelkän iän perusteella taulukoista otettu sadanne

Asetelma 12. Eri menetelmien antamat tulokset.

Table 12. Results given by different methods.

Kasvuvuon selitys Definition of the increment number	Ikäluokan mukainen Based upon the age class			Ikä- ja läpimittaluokan mukainen Based upon the age and diameter class			Siirtymälaskelman mukainen From passage calculation
	1	2	3	4	5	6	
Kehitettävä puusto — <i>Developable stock</i>							
Kasvusadannes <i>Increment per cent</i>	3.4	3.74	3.89	3.36	3.69	3.81	3.56
Hakkuusuunnite — <i>Exploitable stock</i>							
Kasvusadannes <i>Increment per cent</i>	3.4	2.62	2.72	3.36	2.59	2.67	2.72
Kehitettävä puusto — <i>Developable stock</i>							
Suhteellinen kasvu kun tu- los sarakkeessa 6 on 100 <i>Relative increment while result in column 6 is 100</i>	89.2	98.2	102.1	88.2	96.8	100.0	93.4
Poikkeama tuloksesta sa- rakteessa 6 <i>Deviation from the result in column 6</i>	-10.8	-1.8	+2.1	-11.8	-3.2	—	-6.6
Kokonaispuusto — <i>Total growing stock</i>							
k-m ³ — <i>cu.m.</i>	109.5	114.0	118.5	108.5	113.0	116.5	109.5
Suhteellinen kasvu kun tu- lossarakkeessa 6 on 100 <i>Relative increment while result in column 6 is 100</i>	94.0	97.8	101.7	93.1	97.0	100.0	94.0
Poikkeama tuloksesta sa- rakteessa 6 <i>Deviation from the result in column 6</i>	-6.0	-2.2	+1.7	-6.9	-3.0	—	-6.0

Sarakkeissa 1 ja 4 ovat muuntamattomat diskonttosadannekset, sarakkeissa 2 ja 5 diskonttosadannes jaettuna kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi olettaen, että hakkuusuunnitteen sadannes on 77 % kokonaispuuston sadanneksesta, ja sarakkeissa 3 sekä 6 ennustejakson diskonttosadanneksesta muunnettu rabattosadannes.

antaa 1—2 % suuremman kasvuvuon kuin iän ja läpimittaluokan perusteella saatu sadannes. Tämä johtuu siitä, että esimerkin puusto on järeämpää kuin ne puustot, joita mittaamalla ikäluokittainen sadannes on saatu taulukoihin. Ts. taulukoiden mukaan on samanikäisissä puustoissa aina järeämmän puun kasvusadannes pienempi kuin ohuemman. Puun suhteellinen kasvu pienenee siis sekä koon että iän lisääntyessä, ja pelkän kuutiokasvun kannalta ohuemmat puut ovat kiitollisempia kasvattaa kuin niitä paksummat. Jälkimmäinen toteamus on yleisesti voimassa vain sillä edellytyksellä, että pienten puiden latvus ei ole supistunut liian pieneksi. Edelleen voidaan päätellä, että jos laskennan kohteena oleva puusto poikkeaa järeydeltään erittäin selvästi maamme keskimääräisistä puustoista, niin kasvunlaskennan taulukoita käytettäessä on sadannes syytä laskea sekä iän että läpimitan perusteella.

Kun taulukoista saatavaa puuston nykyikään perustuvaa diskonttosadannesta käytetään sellaisenaan rabattosadanneksesta kasvunennusteessa, niin kehitettävän puuston kasvu saadaan noin 11 % pienemmäksi, kuin mitä oikeana pidetty kasvu on. Menetelmä johtaa siis kasvun selvään aliarvioimiseen vielä keski-ikäisessä männikössä, kuitenkin sillä varauksella, että muotokorkeuden kasvun osuus ei aiheuta ainakaan merkittävää yliarviointia omalla kohdallaan. Syynä aliarviointiin on, että puiden vuotuinen kasvu suurenee systemaattisesti ennustejakson aikana.

Kun oletetaan, että hakkuusuunnitteen suhteellinen kasvu on 77 % kokonaispuuston suhteellisesta kasvusta, ja kun sadanneksia korjataan vastaavasti, niin edellä ilmennyt aliarviointi on kehitettävän puuston osalla enää vajaat 2 %. Menetelmän mukainen kokonaispuuston sadanneksen jakaminen pienentää siis aliarviointia silloin, kun hakkuusuunnitteeseen kuuluvat puut ovat metsikön heikoimmin kasvavia. Kuitenkin mitä pienempi hakkuusuunnitteeseen kuuluvien puiden kasvu on verrattuna kehitettävään puustoon kuuluvien puiden kasvuun, sitä suuremmaksi muodostuu kokonaiskasvu sen vuoksi, että hakkuusuunnitteen ennustejakso on lyhyempi kuin kehitettävän puuston ennustejakso. Tämän vuoksi sadanneksen jakomenetelmää ei voida pitää moitteettomana. — On ehkä vielä huomautettava, että koko tämäkin laskentamenetelmä perustuu olettamukselle, jonka mukaan puiden vuotuiskasvu on likimain muuttumaton kyseessä olevan jakson aikana.

Siirtymälaskelmalla saatu tulos on kehitettävän puuston osalta 6.6 % pie-

In columns 1 and 4 there is the unchanged discount per cent, in columns 2 and 5 the discount per cent is divided into increment per cent of developable and exploitable stock supposing that the increment per cent of exploitable stock is 77 per cent of the increment per cent of total growing stock, and in columns 3 and 6 there is the rabatt per cent calculated from the discount per cent of the forecast period.

nempi kuin teoreettisesti oikeimmalla sadannesmenetelmällä saatu kasvu. Päätelmiä tehtäessä on otettava huomioon, että siirtymälaskelmassa saattaa olla tekijöitä, joitten mahdollinen vaikutus lopputulokseen ei ole tullut esille. Ellei siirtymälaskelmassa ole virhettä aiheuttavia tekijöitä, niin kuutioimistaulukoiden antama muodon muuttuminen on sen heikkenemistä verrattuna kasvunlaskentataulukoiden sadannesten edellyttämään muodon muuttumiseen. Siirtymälaskelma näyttäisi siis tarjoavan menetelmän, jolla voidaan tarkistaa, miten kasvunlaskentataulukoiden sadanneksiin sisältyvä muodon muuttuminen suhtautuu kuutioimistaulukoiden sisältämään muodon muuttumiseen, kun puu siirtyy läpimittaluokasta toiseen.

Tässä yhteydessä voitaneen viitata käsityksiin, että kotimaisten kasvunlaskentataulukoiden keskimääräiset muotokorkeuden sadannekset edellyttävät muodon muuttumista, joka on parempi kuin muodon muuttuminen monien nyky-metsiköiden puissa (NYYSSÖNEN 1952 ja 1958; KUUSELA 1952 ja 1955). Mainitut tutkimukset käsittelevät kuitenkin metsikkö- ja kasvutyyppisiä, joiden osuudesta kokonaispuustossa ei ole täsmällistä tietoa.

Suoritettu laskelma osoittaa, että siirtymälaskelma tarjoaa käyttökelpoisen menetelmän kasvunennusteen suorittamiseksi eikä se näytä ainakaan epäluotettavammalta kuin tähän asti yleisesti käytetyt sadannesmenetelmät. Sitä onkin käytetty viime aikoina eräissä kotimaisissa kasvututkimuksissa, lähinnä sellaisissa tapauksissa, joissa sadannesmenetelmien käyttäminen olisi johtanut ilmeisiin virheisiin (esim. VUOKILA 1956, KALLIO 1957 ja HEIKURAINEN 1958).

Hakkuusuunnitelalle ja kokonaispuustolle saadut kasvuluvut sekä niiden tarkastelu tuovat esille saman seikan kuin kehitettävälle puustolle saatu tulos. Kokonaiskasvun luvuista nähdään, että eri menetelmien antamat tulokset eivät poikkea toisistaan niin paljon kuin kehitettävän puuston kasvuluvut. Tähän on syynä jo aiemmin esille tullut seikka, että menetelmä, jolla kokonaispuuston sadannes jaetaan kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi sekä kehitettävän puuston pitempi ennustejakso vaikuttavat kokonaispuuston kasvua suurentavasti.

Lopuksi on vielä todettava, että vaikka kehitettävän puuston kasvu voitaisiinkin laskea nykyisten tietojemme perusteella suhteellisen luotettavasti, niin hakkuusuunnitteen loppuarvon täsmällisen suuruuden laskeminen edellyttää nykyistä paljon täydellisempiä tietoja siitä, miten hakattavien puiden kasvu suhtautuu kehitettävän puuston kasvuun kehitysvaiheeltaan erilaisissa metsiköissä. Yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki inventointien yhteydessä suoritettavat kasvunmittaukset ovat maassamme kohdistuneet yksinomaan kehitettävään puustoon, ts. niihin puihin, jotka mittausjakson lopussa ovat metsikössä jäljellä.

5. Loppupäätelmät

Kasvunennusteissa käytetyt sadannesmenetelmät ovat yksinkertaisia ja joustavia, mutta niitten yksinkertaisuus on kuitenkin monilta osiltaan näennäistä. Jos niillä halutaan saada luotettavia tuloksia ja kontrolloida erilaisia virhemahdollisuuksia, on lukuisiin yksityiskohtiin perehdyttävä huolellisesti ja suoritettava aikaa vieviä vertailevia laskelmia. Toisaalta ne ovat laskennallisesti erittäin nopeita, joten niitä varmaan käytetään jatkuvasti silloin, kun tyydytään kasvuun tilavuusyksiköissä. Luotettavien kasvunennusteiden suorittamiseksi tarvitaan kuutiokasvua osottavia diskontto- sekä rabattosadannesarjoja, jotka on laskettu viiden ja kymmenen vuoden jaksoille. Kasvatettavien ja poistettavien puiden kasvun suhdetta selvittäviä tutkimuksia tarvitaan kiireellisesti.

Siirtymälaskelmalla saadaan tuloksia, jotka ovat ainakin samaa tarkkuusluokkaa kuin sadannesmenetelmällä saadut tulokset. Koska siirtymälaskelman nykyistä yleisempi käyttäminen lisää mahdollisuuksia tutkia puuston arvonkasvua, ja koska sen käyttäminen vertailevissa kasvututkimuksissa on suotavaa, niin menetelmää olisi pyrittävä kehittämään entistä joustavammaksi. Sen haittoina sadannesmenetelmään verrattuna on suurempi osatehtävien määrä. Tätä haittaa voidaan kuitenkin lievittää mekanisoimalla laskuja ja ennen kaikkea suorittamalla kasvunmittaukset ja ilmoittamalla niiden tulokset sellaisina, että ne ovat välittömästi käytettävissä siirtymälaskelmissa. Lähinnä tarvitaan puuston iän ja tiheyden funktiona esitettyjä, viiden ja kymmenen vuoden jaksoilla mitattuja kuorettoman läpimitan, kuoren ja pituuden kasvun lukusarjoja. Tarkkoja kasvulaskelmia varten tarvitaan myös lisätietoja puiden muuttumisesta rakenteeltaan erilaisissa metsiköissä.

Lopuksi on syytä korostaa sitä, että vaikka rinnakkaisilla menetelmillä suoritettu kasvun laskenta johtaakin usein ristiriitaisiin tuloksiin, niin nämä ristiriidat antavat aiheita uusille tutkimuksille ja saattavat siten johtaa tietojen lisääntymiseen. Menetelmän antamaan virheelliseen tulokseen on useinkin syynä, että laskelmien yksinkertaistamiseksi on tehty kasvun kehittymistä koskevia oletuksia, jotka eivät ole voimassa kaikenlaisissa metsiköissä. Kun rakenteeltaan vaihteleville puustoille lasketaan kasvu samanaikaisesti useammalla kuin yhdellä menetelmällä, niin kasvun kehittymistä koskevien olettamuksien seuraukset saat-

tavat tulla hyvinkin selvinä esille. Rinnakkaislaskelmissa voivat myös saman tiedonalan eri osat joutua yhteyksiin, jotka selventävät kokonaiskuvaa. Siitä on esimerkkinä tässä työssä ilmennyt yhteys kasvunlaskennan ja kuutioimisen välillä. On ilmeistä, että kasvun laskeminen samanaikaisesti useammalla kuin yhdellä menetelmällä ei tietojemme nykyisessä vaiheessa merkitse läheskään aina turhaa tai päällekkäin menevää työtä.

Kirjallisuusluettelo

References

- BLOMQVIST, A. G. 1897. Undersökningar af tjocklekstillväxten hos timmerträd af tall och gran i olika delar af Finland. Helsingfors.
- CHAPMAN, HERMAN H. and MEYER, WALTER H. 1949. Forest Mensuration. First Edition. New York, Toronto, London.
- HARTIG, GEORG LUDWIG. 1819. Neue Instructionen für die Königlich-Preussischen Forst-Geometer und Forst-Taxatoren. Berlin.
- HEIKURAINEN, LEO. 1958. Tutkimus vanhojen metsäojitusten tilasta ja puustosta. Käsikirjoitus. Helsinki.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.
- »— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. MTJ 47.
- JONSON, TOR. 1928. Några nya metoder för beräkning av stamvolym och tillväxt hos stående träd. Summary: Some new methods for calculating volume and increment of standing timber. SST. Stockholm.
- KALLIO, KUSTAA. 1957. Käenkaali-mustikkatyypin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus. Summary: On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the south-west of Finland. Forest mensuration and management research. AFF 66.
- »— 1958. Tutkimuksia hakkauslaskelmasta ja siihen perustuvasta metsän tuottoarvosta. I. Hakkauslaskelman laatiminen erityisesti metsän tuottoarvon laskemista varten. Referat: Untersuchungen über die Hiebssatzberechnung und auf dieser basierten Betriebswerte des Waldes. I. Die Abfassung der Hiebssatzberechnung speziell für die Berechnung des Betriebswertes des Waldes. AFF 68.
- KANGAS, YRJÖ. 1955. Kivijärven hoitoalueen taloussuunnitelma. Metsähallitus. Helsinki.
- KNUCHEL, HERMAN. 1950. Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Aarau.
- KUUSELA, KULLERVO. 1952. Mahdollisuus erotusmenetelmän käyttämiseksi kasvunlaskennassa. Summary: The possible use of the differential method in growth calculation. MA. Helsinki.
- »— 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. AFF 60.
- »— 1955. Kasvunennusteen suorittaminen. Summary: Accomplishing a growth prognosis. MA. Helsinki.
- LAPPALAINEN, A. 1955. Hakkuusuunnitteen määrittämisestä. Keskusmetsäseura Tapiomoniste. Helsinki.

- LIHTONEN, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertrags-hiebsberechnung. AFF 51.
- »— 1944. Piirteitä metsätalouden järjestelyn rakennemuodoista Suomessa. Referat: Über die Strukturformen der Forsteinrichtung in Finnland. AFF 52.
- »— 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiämme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Summary: Regulation of Finnish Forestry in the light of removal and rental cut. AFF. 53.
- »— 1958. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Käsikirjoitus. Helsinki.
- LINNAMIES, OLAVI. 1958. Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Vuosien 1951—1955 inventoinnin tuloksia. Summary: State Forests of Finland and General Management Plan for Them based upon the resource inventory in 1951—1955. Käsikirjoitus — Manuscript. Helsinki.
- LOETSCH, F. 1953. Massenzuwachsermittlung durch Bohrspanproben unter Anwendung mathematisch-statistischer Methoden. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft 16 (3).
- »— 1954. Das Tariffdifferenzverfahren zur Massenzuwachsermittlung. Anwendung in der forstlichen Praxis und im Versuchswesen. Schweizerischer Zeitschrift für Forstwesen.
- LÖNNROTH, ERIK. 1929. Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgangs des Waldbestandes. AFF 34.
- NYSSÖNEN, AARNE. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scotch pine stands. MTJ 40.
- »— 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary in English: Rotation and its determination. MTJ 49.e.
- PETRINI, SVEN. 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. Stockholm.
- »— 1949 a. Räkneproblem med tillväxtprocenter vid avverkningsberäkning. SST. Stockholm.
- »— 1949 b. Tillväxtprognoser vid skogsindelning. Två problem. Prognosis of increment for calculation of cutting. Simplified deduction of some statistical formulae. Kung. Skogshögskolans Skrifter Nr. 2—3. Stockholm.
- »— 1951. Avverkningsberäkning och därmed sammanhängande tillväxtberäkning. Skogbrukeren. Oslo.
- Praktisk skogshandbok utgiven av Norrlands Skogsvårdsförbund. Sjätte upplagan. 1955. Stockholm.
- SAARI, EINO. 1940. »Kasvun arvo» ja »tuottokuutiometri». MA. Helsinki.
- SALVÉN, NILS. 1949. Studier över massatillväxtens fördelning å dimensions- och sortimentsklasser i normalskogar av tall med 80—, 100— och 120-åriga omloppstider. SST. Stockholm.
- SPURR, STEPHEN H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Co. New York.
- »— 1954. Simplified computation of volume and growth. Jour. Forestry 52: 914—922.
- Tapion Taskukirja. 1944. Kymmenes painos. Helsinki.
- WAHLENBERGH, W. C. 1941. Methods of forecasting timber growth in irregular stands. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 796.
- VUOKILA, YRJÖ, 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in Southern Finland. MTJ. 48.

Lyhennykset — *Abbreviations*

- AFF = Acta Forestalia Fennica, Helsinki
- MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti, Helsinki
- MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, Helsinki.
- SST = Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

SUMMARY:

INCREMENT FORECAST IN CONNECTION WITH CUTTING BUDGET

Introduction

The purpose of this study is to clarify increment forecast methods in connection with the cutting budget. The emphasis is laid upon the Finnish increment per cent methods. A tentative attempt is made to carry out a passage calculation (or stand table projection) based upon the increment data as they are expressed in Finland. Although the Middle-European »tariff» methods (e.g., LOETSCH 1953 and 1954) obviously offer interesting and efficient ways to solve increment forecast problems, they are premature in Finland where no attempts have been made to develop »tariff» methods for volume inventory.

Table 1. shows the terminologies used in the increment studies and in increment forecasts as well as the terminology in this paper.

Table 2. shows the diameter class distribution of the 60 years old Scotch pine stand for which several increment forecasts are accomplished. The density index of the stand is 0.8 and the volume per two hectare is 452.04 k-m³, including bark. Volume is based upon DBH and tree height.

The increment data for this growing stock are taken from the domestic increment calculation tables (ILVESSALO 1948). They are the averages for pine stands in Sout-Finland measured in the II National Forest Inventory in 1936–38.

Volume at the beginning of the forecast period is called the initial value of the total growing stock (B_{60}). At this time the trees to be cut form the initial value of the exploitable stock (A_{60}), and those trees which will grow throughout the forecast period form up the initial value of the developable stock (E_{60}). These initial volumes without bark are in Table 4. and their diameter class distributions in Table 3.

The increment forecast is accomplished separately for the developable and exploitable stock following the usage of the Finnish »rental cut method» (LIHTONEN 1943).

Increment forecast with per cent methods

In connection with the per cent methods the increment volumes are barkless. The simplest and up till present the most common way in Finland to carry out the forecast is to pick up the growth per cent 3.4 for 60 years old, fully stocked pine stand from the domestic increment calculation tables and use it as a rabatt per cent which gives the increment from the initial periodic values of growing stock.

This per cent from the domestic tables is based on the measurement of ten years basal area increment and five years height increment. It is calculated as a discount per cent in which the mean annual increment during the measurement period is in proportion to the final value of the growing volume. The measurement period consists of the stand age years 50 to 60.

Using the per cent as rabatt per cent gives the forecast in Table 5.

3.4 is considered to be the increment per cent of the total growing stock (p_B) at the beginning of the forecast period. If the trees forming the exploitable stock are considered to grow slower than the other trees in the stand, the relation of the increment percentages of the total growing stock, of the developable stock (p_E) and of the exploitable stock (p_A) is expressed by the formula (1.) on page 15 (compare LIHTONEN 1943).

Using the formula and supposing that p_A is 77 % of p_B , $p_E = 3.74$ and $p_A = 2.62$. Corresponding forecast is in Table 6.

From the domestic increment calculation tables one can get increment per cent for every diameter class too. p_B based upon the age class and diameter class distribution is 3.36. Divided into separate percentages for the developable and exploitable growing stock as above, it gives $p_E = 3.69$ and $p_A = 2.59$. These percentages are smaller than the percentages based only upon the age class because the average diameter of the growing stock used in this study is bigger than the average diameter of the material upon which the increment calculation tables are based. In certain limits, the bigger the tree in an age class the smaller its increment per cent is.

Using the growth per cent as above it is assumed that the annual increment of each tree is constant within the measurement and forecast period. This supposition is very questionable in the present Finnish forests (KUUSELA 1953). However, the discount per cent series in the domestic increment calculation tables follow the actual development of the annual increment of the measured trees, and the discount per cent can be changed into corresponding rabatt per cent for forecasting purposes using either the general formula (2), in which n is the number of years in the measurement and forecast period, or the formula (3) for ten years period (compare with PETRINI 1948 and Praktisk skogshandbok, 1955). Formulas are on page 22.

Discount per cent for 70 years old growing stock is 2.8. This as rabatt per cent for 60 years old developable stock is 3.89. It is larger than the discount per cent because the annual increment of the individual trees is increased during the period of stand age years 60 to 70.

The conclusion above, however, is only valid if the discount per cent were calculated from exact ten years' mean annual volume increment. Actually the increment of the basal area is measured using ten years' period and height increment is measured using five years' period. Additionally it will be assumed that the average form-height per cent from the domestic increment calculation tables is in conformity with the actual form growth in the present forests. These uncertainties, which obviously do not change the general reasoning significantly, are waiting special studies and cannot be treated more thoroughly here.

The rabatt per cent transformed from the discount per cent is used in the forecast in Table 8. The proportional value of the increment per cent for the exploitable stock compared to the per cent of the developable stock is the same as in Table 6.

The corresponding transformed per cents based upon the age class and diameter class distribution are: $p_E = 3.81$ and $p_A = 2.67$.

Increment forecast as a passage calculation (stand table projection)

In order to keep the passage calculation comparable with the per cent forecasts the increment per cent will be transformed into absolute increment of the dimensions. The per cent of each diameter class middle stem is divided into percentages of the basal area increment and height-form increment. DBH in an age of 60 years is calculated for each diameter class middle stem as illustrated in Table 9. All the necessary data are from the

domestic increment calculation tables. The diameter increment is adjusted as a function of the diameters in 60 years old stand. The curve in Fig. 1 shows the expected diameter increment with bark of the 60 years old stand for the forecast period.

Passage from diameter class into another is calculated using ARTHUR MEYER'S method (compare with PETRINI 1948, p. 263) and taking into account the unequal number of tree stems in successive diameter classes (Formulas (4), (5) and (6) on pages 22). Correction factor (6) is solved graphically in order to accelerate calculations (Fig. 2).

The height increment corresponding the average form-height increment per cent is picked up from the above mentioned tables. The heights of the new middle stems are arithmetic means from the heights of the trees passed into new diameter classes. The heights are adjusted to the nearest full metre.

The increment of the exploitable stock is proportionally on the same level compared to the increment of the developable stock as it is in the per cent forecast in Table 8.

Result of the passage calculation is in Table 11 and in Fig. 3.

Comparison of the results

Results of the increment forecasts are compared with each others in Table 12. Increment values are expressed in rabatt per cent in which the forecasted annual increment is in proportion to the initial value of the growing stock.

The increment of the developable stock based upon the age is 1 to 2 per cent larger than the increment based upon the age and the diameter class because the trees of this growing stock are larger than on average the trees in the material upon which the increment per cent series are based in the domestic tables.

The discount per cent of 60 years' old growing stock underestimates the increment during the forecast period with 11 per cent because the absolute increment of the developable trees increases annually.

Assuming that the relative increment of the exploitable stock is 77 per cent of the relative increment of the total growing stock, the underestimation is 2 per cent. Thus the underestimation of the increment decreases under the supposition that the rate of growth in the exploitable trees is slower than in the developable trees.

The increment of the developable stock by passage calculation is 6 per cent smaller than the theoretically correct value in column 6. The reason of this may be the more advantageous change of form in the average form-height per cent compared to the change of form in the used volume tables.

Conclusions from the other increment numbers in Table 12 are more or less the same as above.

It will be emphasized that the weak point in the domestic cutting budgets is the relation between the increment of the developable stock and the increment of the exploitable stock. Almost all the Finnish increment data are from the developable trees and the estimations of the increment of the exploitable trees have not been based upon sufficient facts.