

ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 119, 1971

Diskonttausarvo ja hakkuitten ajallinen tahdistus

Diskontierungswert und zeitliche Einordnung des
Einschlags

Leo Ahonen



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, Helsinki 17.

Publications of the Society of Forestry in Finland

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, Helsinki 17, Finland.

DISKONTTAUSARVO JA HAKKUITTEN AJALLINEN TAHDISTUS

DISKONTIERUNGSWERT UND ZEITLICHE EINORDNUNG DES EINSCHLAGS

LEO AHONEN

HELSINKI 1971

DISKONTTAUSARVO JA HAKKUTTEN
ALAILLINEN TAHDISTUS

DISKONTTIRUNGSWERT UND ZEITLICHE

LIYONDUNNA OY PAINO OY
Suomen Kirjallisuuden Kirjapaino

ACTA FORESTALIA FINNICA. Sisältää tutkimuksia Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsittelevistä aiheista tutkimuksia, ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin aikoina, joista kukaan ei ole vielä tutkittu.
SELVA FINNICA. Sisältää tutkimuksia Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsittelevistä aiheista ja ryhtyy tutkittuun. Ilmestyy säännöllisin väliajoin.

Tilaukset ja julkaisujen hankinnat hoidetaan Seuran toimistossa, Unioninkatu 40 B, Helsinki 17.

Publications of the Society of Forestry in Finland

ACTA FORESTALIA FINNICA. Contains scientific research mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain new research work.

SELVA FINNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office, Unioninkatu 40 B, Helsinki 17, Finland.

ALKUSANAT

Alkuvirike käsillä olevaan tutkimukseen syntyi jo 1950-luvulla joutuessani laatimaan Metsäkäsikirjaan artikkelia metsän raha-arvon määrittämisestä. Mieltäni askarrutti tällöin kysymys summamenetelmällä, tuottoarvolla ja SAAREN hakkuumahtomenetelmällä saatavien arvojen erilaisuudesta. Esimieheni professori VALTER KELTIKANGAS ja professori EINO SAARI kehoittivat tekijää tutkimaan tätä asiaa. Toisaalta olin käytännön hinnoitustehtävien yhteydessä pannut merkille, että summamenetelmää, jossa metsän arvo lasketaan puuston hakkuuarvon ja maanarvon summana, käytetään yleisesti sen epärealistisuudesta huolimatta. Syyksi päätelin summamenetelmän yksinkertaisuuden ja käytännöllisyyden. Tältä pohjalta lähdin toteuttamaan nyt julkaisuasuun saatettua tutkimusta, joka lähtee hakkuumahtomenetelmän periaatteesta ja pyrkii selvittämään diskonttausarvon laskemisen yksinkertaistamisen mahdollisuuksia.

Olen suuresti kiitollinen esimiehelleni, professori VALTER KELTIKANKAALLE siitä, että hän on rohkaissut minua aloittamaan tämän työni ja lukenut käsikirjoituksen. Professori PÄIVIÖ RIIHINEN on seurannut työni käsikirjoituksen valmistumista ja antanut paljon arvokkaita neuvoja sekä lukenut käsikirjoituksen, mistä haluan häntä syvästi kiittää.

Professori KULLERVO KUUSELA antoi käytettäväkseni esittämänsä kehityslaskelmamallin jo sen ollessa käsikirjoitusasteella ja ohjasi hakkuulaskelmien laatimista. Hän on

lukenut myös käsikirjoituksen. Olen tästä hänelle erityisen kiitollinen. Käsikirjoituksen lukemiseen uhraisi erittäin kiireistä aikaansa juuri pitkän ulkomaanmatkan edellä myös dekaani, professori AARNE NYSSÖNEN. Lausun tästä sekä annetuista neuvoista hänelle parhaat kiitokseni.

Diskontatun osan riippuvuutta alkuhakuuprosentista ja keski-ikästä koskevat toisen asteen regressiolla suoritettut laskelmat on tehnyt maisteri REKO VUOLIJOKI. Diskontatun osan rakenteen ennustemalleja koskevien regressiolaskelmien laatimisessa ja tietokonekäsittelyssä on tekijää auttanut maisteri JORMA TORPPA. Tästä avusta lausun heille parhaat kiitokseni.

Metsätalouden liiketieteen laitoksen henkilökuntaan kuuluneet metsänhoitajat HENRY EKBOM ja YRJÖ VALTIALA tekivät suuren ja tarkkuutta vaativan työn hakkuulaskelmien laatimisessa. Kuvien puhtaaksi piirtämisen ovat suorittaneet PAAVO KINNUNEN ja metsänhoitaja OLLI ROSENDAHL. Käännökset saksankielelle on suorittanut REINHOLD DEY. Heitä kaikkia haluan kiittää. Samoin esitän parhaat kiitokseni SUOMEN LUONNONVARAIN TUTKIMUSSÄÄTIÖLLE saamistani apurahoista sekä SUOMEN METSÄTIETEELLISELLE SEURALLE siitä, että se on hyväksynyt tutkimukseni julkaisusarjaansa.

Helsingissä toukokuulla 1971.

Leo Ahonen

SISÄLTÖ

	Sivu
1. TUTKIMUSONGELMA	5
11. Hinnoitusinformaation tarve	5
12. Informaation hankinnan yksinkertaistaminen	6
121. Yksinkertaistamisen periaate	6
122. Kaavojen yksinkertaistaminen	7
123. Määrä- ja arvolukujen taulukointi	12
124. Yksinkertaistamistavan valinta	14
13. Tutkimustehtävän rajoittaminen ja tutkimuksen kulku	14
2. DISKONTTAUSMENETELMÄ JA HAKKUULASKELMA	17
21. Diskonttausmenetelmän periaate	17
22. Hakkuulaskelma tulonennusteen komponenttina	18
221. Hakkuulaskelman periaate	18
222. Hakkuuennusteen ajoituksen vaihtoehdot	19
23. Hakkuumahtoaajatteluun perustuva tulonennuste ja diskonttausarvo	21
3. VAIHTOEHTOLASKELMIA HAKKUMÄÄRÄENNUSTEISTA JA NIIDEN DISKONTTAUSMÄÄRISTÄ	25
31. Laskelmien tarkoitus	25
32. Esimerkkiaineisto ja sen käsittely	25
321. Aineiston valinta ja koealatiedot	25
322. Koealametsän konstruointi	25
323. Konstruoidut esimerkkimetsät	26
324. Tavoitepuusto	27
33. Hakkuulaskelmien laatiminen	28
34. Hakkuumääräsarjat kiintokuutioina	30
35. Diskonttausmäärät	30
351. Diskonttausmäärän käsite	30
352. Diskonttausmäärän paloittelu alkuhakuosaan ja diskontattuun osaan	30
353. Diskonttausmäärät sekä niiden koostuminen alkuhakuu- määrästä ja diskontatusta osasta	31
354. Alkuhakuun ja diskontatun osan keskinäinen suhde sekä sen riippuvuus alkuhakuu- prosentista	32
36. Laskelmia diskontatun osan rakenteen ennustamismahdollisuuksista	35
361. Laskelmien tarkoitus	35
362. Hypoteesit tukkipuuosuuden selittävästä muuttujista	36
363. Funktion muoto	37
364. Laskelmien tulokset	37
364.1 Muuttujien väliset korrelaatiot	37
364.2 Diskontatun osan tukkipuuosuuden lineaariset regressiomallit	38
364.3 Diskontatun osan tukkipuuosuuden epälineaariset regressiomallit	41
4. TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA	44
VIITEKIRJALLISUUS	49
REFERAT	51

1. TUTKIMUSONGELMA

11. Hinnoitusinformaation tarve

Esillä olevassa tutkimuksessa lähdetään vapaaehtoisella kaupalla myytävänä olevan metsäpalstan hinnoitustilanteesta. Metsäpalstalla tarkoitetaan tällöin hinnoitusyksiköksi rajattua metsäalaa (V. KELTIKANGAS 1954, s. 3; AHONEN 1970, s. 18—21). Kaupan vapaaehtoisuuden ajatellaan edellyttävän, että myyjällä on päätäntävalta joko hyväksyä kauppa tai pidättyä kaupan teosta, mikäli sen ehdot eivät häntä tyydytä. Samoin oletetaan ostajalla olevan vapaus päättää kaupan teosta, jos myyjän kanssa päästään yksimielisyyteen sen ehdoista tai luopua siitä, mikäli hän katsoo tämän omalta kannaltaan tarkoituksenmukaiseksi. Tätä päätäntävapautta rajoittaa kuitenkin päätöksentekijäin sidonnaisuus toisalta heidän oman päätäntäkenttensä muihin vaikutustekijöihin sekä toisaalta ympäristöön eli sosiaalisessa kentässä vaikuttaviin toisiin päätäntäkenttiin (HONKO 1955, s. 32; AHONEN 1970, s. 23).

Kaupasta kiinnostunut subjekti käsitetään rationaalisesti toimivaksi taloudenpitäjäksi, joka informaatiota hankkiessaan pitää kaupan kohteena olevaa metsäpalstaa ansaintavälineeksi tarkoitettuna talousyksikkönä. Metsäpalstasta oletetaan saatavan vain puunmyyntituloja ja menoja katsotaan aiheutuvan pelkästään metsäpalstan puunkasvatukseen liittyvästä toiminnasta. Täten ostajan perimmäiseksi ongelmaksi voidaan tässä yksinkertaistaen pelkistää tarve selvittää metsäpalstasta odotettavien nettotulojen määrä ja niiden ajallinen tahdistaminen sekä hinta, jonka hän katsoo kannattavan näistä nettotuloista kussakin hinnoitustilanteessa kertaostolla maksaa. Vastaavasti myyjän selvitetäväksi ongelmaksi jää, millä hinnalla hänen on edullista luopua kaupan kohteena olevasta metsäpalstasta odotettavista nettotuloista. (Vrt. SAARIO 1961, s. 485; V. KELTIKANGAS 1962, s. 13; AHONEN 1970, s. 20—21).

Näistä alkuoletuksista voitaneen katsoa seuraavan, että jokainen metsäpalstan kaupasta kiinnostunut päätöksentekijä tarvitsee

yksilöllistä, oman päätäntätoimintansa kannalta relevanttia informaatiota harkittavana olevan päätöksen edullisuudesta. Tavallaan vastakohtana tälle näkemykselle voidaan mainita käsitys, jonka mukaan kaupan kohteena olevalle metsäpalstalle voidaan määrittää »todellinen» ja »oikea» arvo kaupanteon lähtökohdaksi. Tätä ns. objektiiviseen arvo-teoriaan tukeutuvaa näkemystä ja sen soveltuvuutta metsäpalstan hinnoituksen tekijä on käsitellyt toisessa yhteydessä, joten tässä esityksessä rajoitutaan ainoastaan mainintaan tästä esillä olevassa tutkimuksessa poikkeavasta näkökannasta. (Vrt. AHONEN 1970, s. 13—14). Hinnoittajakohtaisen informaation hankintaa voidaan havainnollistaen tarkastella hinnoitusprosessina, joka alkaa hinnoittajan ideasta myydä tai ostaa metsäpalsta ja päättyy joko kaupan osapuolten yhteiseen päätökseen kaupan tekemisestä tai tekemättä jättämisestä. (AHONEN 1970, s. 26—29). Edellä viitatussa yhteydessä hinnoitusprosessi on jaettu neljään vaiheeseen:

1. hinnoituksen valmistelu,
2. hinta-arviointi,
3. hintaneuvottelu ja
4. hintapäätöksen teko.

Hinnoituksen valmisteluvaiheessa hankitaan yleisluontoisia tietoja metsäpalstojen kysynnästä ja tarjonnasta, maksetuista kauppahinnoista sekä sillä hetkellä myytävänä olevista metsäpalstoista, joista yksi tai useampia tulee mahdollisesti valituksi hinta-arvioinnin kohteeksi.

Hinta-arviointivaiheessa, joka tässä tutkimuksessa on kiinnostuksen kohteena, informaation hankinta kohdistuu edellisessä vaiheessa valituksi tulleeseen yksilöityyn metsäpalstaan. Hinta-arvioinnilla pyritään yhteen tai useampaan hinta-arvioon, joiden pohjalta voidaan osallistua osapuolten väliseen hintaneuvotteluun. Mikäli tässä ostajan ja myyjän hinta-arvioiden yhteensovittelussa onnistutaan, syntyy neuvottelun tuloksena hintapäätös.

Todellisuudessa on usein vaikea erottaa hinnoitusprosessin erillisiä vaiheita ja johdonmukaisen vaiheluettelon mukaista tapahtumasarjaa. Tässä yhteydessä sillä pyritään selventämään hinnoitusinformaation hankintaa kokonaisuutena samalla korostaen, että lähemmän tarkastelun aiheeksi otettava hinta-arviointivaihe, kuten muutkin vaiheet, kytkeytyy elimellisenä osana tähän kokonaisuuteen. Tätä on pidetty tarpeellisenä painottaen ensinnäkin siitä syystä, että käsiteltäessä hinta-arviointiin sisältyviä laskentamenetelmiä jätetään verraten yleisesti mainitsematta niiden käytön yhteys hinnoitusprosessiin kokonaisuutena. Mainittua yhteenkuuluvuutta on aihetta tähdentää myös sen vuoksi, että sen katsotaan sisältyvän esillä olevan tutkimuksen perusoletuksiin, vaikka sitä ei erikseen mainita edettäessä tutkimuksen yksityiskohtiin.

Hinta-arvio käsitetään tässä yhdeltä päättäntäkentältä käsin huomioon otettujen odotusmuuttujien funktioksi. Sen informaatioisältö on siis yksinomaan tai ainakin voittopuolisesti hinnoittajakohtaista. Hinnoittajalla tarkoitetaan tällöin yksinkertaisuuden vuoksi metsäpalstan ostoon tai myyntiin tähtäävää päätöksentekijää riippumatta siitä, onko hänen käytössään asiantuntijaa vai ei. Odotusmuuttujien valinnan ja niille annettavien arvojen taustakriteereinä ovat määrättyssä laskentatilanteessa relevantit ja tiettyä objektia koskevat kaupantekovaikuttimet. Siten myyjä samoin kuin kukin ostaja pyrkii arvioimaan odotusmuuttujat oman taloudenpidon kenttensä resurssien ja niiden vaihtoehtoisen käytön edullisuuden pohjalta. Lisäksi tulee mukaan voittomotiivi siinä muodossa, että myyjä pyrkii mahdollisimman suureen hintaan ja ostaja taas tavoittelee metsäpalstaa niin halvalla kuin suinkin.

Siinä vaiheessa, kun kaupanteon osapuolet lähestyvät toisiaan aloittaakseen neuvottelut kaupasta, poikkeavat hinnoittajien arviot toisistaan kenties huomattavastikin. Kaupanteon edistymiseksi joudutaan hintaehdotuksia puolin ja toisin muuttamaan. Tästä syystä hinnoittajien olisi tarpeellista jo ennen neuvotteluvaihetta laatia omien edullisuuskriteeriensä pohjalta vaihtoehtoisia hinta-arvioita kartoittaakseen hintakeskustelun omaehtoisia rajoja. Vaihtoehtoisia hinta-arvioita tarvitaan myös informaatioasteen lisäämisek-

si, koska odotusmuuttujien valinta tapahtuu hinta-arvioita laadittaessa epätäydellisen ja epävarman tietämyksen vallitessa.

Käytännössä hinta-arvio saattaa syntyä joko laskelmien tuloksena tai kenties pelkästään hinnoittajan ajatukselliseen arviointiin perustuen. Tavanomaisinta lienee, että hintaneuvottelun eri vaiheissa esitettävät hintaehdotukset perustetaan sekä laskentatulosten että muun tietoaineksen yhdistelmänä koostettuun informaatioon. Tällöin on ainakin mahdollista, että hinnoittajalle tarjoutuu mahdollisimman paljon käyttökelpoisia kiinnekohtia hinta-arvioiden harkinnan tueksi. Varsinkin vaihtoehtoisiin odotusmuuttujiin perustuvien laskelmien ja niiden tulosten käyttöä käytännön hinnoituksissa rajoittaa kuitenkin niiden vaatima verraten runsas työmäärä. Tästä syystä laskentatulosten osuus koostetussa kokonaisinformaatioissa pyrkii jäämään muun informaation määrään nähden informaatioasteeltaan suhteellisen vähäiseksi. Vaikka näet laskelmia suoritetaan, niiden muuttujat saatetaan työn säästämiseksi valita liian karkeina arvioina ja epärealistisiin perustein. Tällä tavoin muodostuneen kenties runsaankin, mutta heterogeenisen ja osittain virheelliseksi katsottavan tietoaineksen perusteella päädytään helposti hinnoittajan päättäntäkenttään nähden epärelevantteihin hinta-arvioihin ja hintaehdotuksiin. Näin lähestytään käytännön hinnoituksen kannalta merkityksellistä hinnoitusinformaation hankinnan yksinkertaistamisen ongelmaa.

12. Informaation hankinnan yksinkertaistaminen.

12.1. Yksinkertaistamisen periaate.

Yleisesti ottaen ihmisten käsitykset elämän eri ilmiöistä ovat jo sinänsä yksinkertaistettuja mallikuvia todellisuudesta. Koska ihmisellä ei ole kykyä havainnoida koko ilmiömaailman moninaisuutta, hän joutuu seulomaan ja muokkaamaan rajoitetusta informaatiosta tekemiensä havaintojen perusteella todellisuutta saadakseen yksinkertaistavan kuvan ilmiöiden niistä puolista, jotka ovat oleellisia kulloisenkin selvityksen kannalta. Pelkistetyimpänä havainnoimisen yksinkertaistaminen, rationalisoiminen ja mallien

muodostaminen esiintyy tieteissä. (KAILA 1939, s. 16; von WRIGHT 1951, s. 136; NIITAMO 1966, s. 2-4).

Esillä olevassa tutkimuksessa hinnoitusinformaation yksinkertaistamisen tarpeen oletetaan aiheutuvan hinnoitusmallin käytännöllisyyden vaatimuksesta. Käytännöllisyydellä tarkoitetaan tällöin mallin yleisyyttä eli soveltuvuutta metsällisiltä ja muilta tunnuskiltaan mahdollisimman monenlaisten metsäpalstojen hinta-arviointiin sekä sen muuttujien mittauksen yksinkertaisuutta. Metsänarvonlaskennan oppikirjoissa on esitetty runsaasti laskentakaavoja, jotka ovat sinänsä verraten pitkälle yksinkertaistettuja hinnoitusmalleja. Hinnoittajat eivät näytä pitäneen niitä kuitenkaan riittävän käytännöllisinä, koska — kuten edellä on mainittu — niiden käyttö hinnoitustilanteessa on jäänyt verraten rajoitetuksi. Tätä päätelmää tukee myös alan kirjallisuudessa tavattava pyrkimys käytäntöä varten sovellettujen menetelmien kehittämiseen.

Useiden alan oppikirjojen jakoa teoreettiseen ja käytännölliseen osaan voitaneen jo sellaisenaan pitää viitteenä menetelmien käytännöllistämisen vaatimuksesta (esim. RIEBEL 1905, ENDRES 1911, NEUBAUER 1937 ja MANTEL 1962). Vaikka osassa teoksia rajoitutaankin antamaan lähinnä esimerkein havainnollistettuja ohjeita menetelmien käytäntöön soveltamista varten, ovat eräät kirjoittajat pyrkineet systemaattisesti johtamaan metsänarvonlaskennan keskeisimmille menetelmäyhtälöille likimääräiskaavoja (Näherungsformeln), joiden tarkoituksena on yksinkertaistaa arvonmäärittystä käytännössä (esim. NEUBAUER mt. s. 209—251). Tämän lisäksi on hinta-arvioinnin apukeinoiksi kehitetty monenlaisia muita tapoja, joita kirjallisuudessa on verraten runsaasti esitetty (esim. MANTEL mt. s. 18—50). Tässä esityksessä ei ole pidetty tarkoituksenmukaisena ryhtyä näiden keinojen ja tapojen yksityiskohtaiseen tarkasteluun, koska tarkoituksena on keskittyä numeroaineiston pohjalta tapahtuvaan selvittelyyn. Lienee kuitenkin paikallaan poimia joitakin esimerkkejä esitetyistä likimääräiskaavoista ja tarkastella samalla perusteita, joille nämä yksinkertaistamispaukset rakentuvat. Täten toivotaan voitavan havainnollistaa myös esillä olevassa tutkimuksessa yksinkertaistamiselle asetettavia perusedellytyksiä.

122. Kaavojen yksinkertaistaminen.

Kaavojen yksinkertaistaminen on tavanomaisinta ns. maankorkoteorian kannattajien taholla. Tämä lienee johdonmukainen seuraus tämän oppisuunnan piirissä vallitsevasta ajattelutavasta. Sen mukaan näet metsän osilla — maalla ja puustolla — on omat erilliset esinearvonsa ja nämä arvot voidaan määrittää kutakin tapausta varten kehitetyillä menetelmänluontoisilla ja tiettyihin normeihin perustuvilla kaavoilla (V. KELTIKANGAS 1965, s. 466—467; AHONEN 1970, s. 37). Edellä mainittu »likimääräiskaavan» käsite viittaa myös näkemykseen, jonka mukaan alkupe- räiskaavoilla saadaan »oikeita» arvoja ja yksinkertaistetuilla menetelmillä päästään näiden likiarvoihin. Kuten aiemmassa yhteydessä todettiin, esillä olevan tutkimuksen lähtöajatuksen mukaan mainitunlaisilla laskelmilla kyetään hankkimaan ainoastaan informaatiota hinta-arviointia varten. Saatavat arvoluvut eivät sellaisenaan ole metsän arvoja, vaan metsästä odotettavien nettotulojen diskonttausarvoja. Nämä arvoluvut vaihtelevat informaatioasteeltaan mm. menetelmästä ja sen tulosten relevanttisuudesta riippuen. Tästä syystä kaavojen ja niiden antamien tulosten »likimääräisyys» käsitetään tässä esityksessä siten, että likimääräiskaavalla tai -menetelmällä saatava tulos sisältää vähemmän hinnoitusinformaatiota kuin muuttujiltaan täydellisemmäksi oletetulla kaavalla saatava arvoluku. Likimääräisyyden käsite saattaa helposti johtaa harhaan myös siitä syystä, että todellisuudessa kaikki hinnoituslaskelmien arvoluvut ovat informaatioisällöltään epätäydellisiä. Hinnoitustilanteessa tarvittavan informaation täydentämiseksi saattaa siten olla tarpeen laskentakaavan parantamisen ohella kiinnittää huomiota myös vaihtoehtolaskelmien tarpeeseen kuten myöhemmin pyritään osoittamaan.

Laskentakaavoja yksinkertaistettaessa pyritään tavallisesti korvaamaan joitakin laskentayhtälön muuttujia tai muuttujaryhmiä sellaisilla suureilla, joiden määrittäminen ja käsittely on helpompaa kuin korvattavien muuttujien käyttö ja joiden katsotaan likipitään vastaavan numeroarvoltaan korvattavaa muuttujaa. Tällä tavoin on esimerkiksi NEUBAUER päättynyt lähtökohdaksi ottamastaan FAUSTMANN'in metsämaan tuottoarvon kaavasta

ta. Tällöin mainittu lauseke saadaan muotoon

$\frac{A_u d}{100}$. Kun vielä uudistuskustannuslausekkeen prolongaustekijä ($1. Op^u$) korvataan taulukon 1 luvulla 7, saadaan kaavat 3 ja 4, joissa ei esiinny lainkaan koronkorkotekijöitä:

$$(3) B = \frac{A_u \left(1 + \frac{d}{100} - 7c\right)}{6} - \frac{uv}{2}, \text{ tai}$$

$$(4) B = \frac{A_u \left(1 + \frac{d}{100} - c\right)}{6} - c - \frac{uv}{2}. \text{ NEUBAUER mt. s. 218).}$$

Yksinkertaistamisprosessin viimeisenä vaiheena NEUBAUER lähtee maan »bruttoarvosta» eli »peruspääomasta» $G = B + V$, joka ilmaistaan FAUSTMANN'in kaavassa lausekkeella $\frac{A_u + SD_x 1. Op^{u-x} - c 1. Op^u}{1. Op^{u-1}}$ (mt. s. 219—222). Yksinkertaistettuna mainittu lauseke

voidaan merkitä muotoon $\frac{A_u}{X}$, jolloin maanarvoksi saadaan

$$(5) B = \frac{A_u}{X} - V, \text{ kun } V = \frac{v}{0. Op}.$$

Sijoitettaessa laskentakoron (p) tilalle »Nutzungsprozent» ($p = \frac{200}{u}$) päästään kaavaan

$$(6) B = \frac{A_u}{X} - \frac{u v}{2}.$$

Kaavassa 6 symboli X on empiirinen kerroin, jonka lukuarvoon vaikuttaa NEUBAUER'in mukaan pääasiassa harvennushakkuiden voimakkuus. Toiseksi tärkein vaikutustekijä on harjoitettavan metsätalouden intensiivisyys. Hyvin ekstensiivisessä metsätaloudessa sekä liikenneolosuhteiltaan syrjäisillä alueilla harvennustulot jäävät vähäisiksi ja uudistuminen tapahtuu pääasiassa luontaisesti. Tässä epäsuotuisimmassa tapauksessa $X = 6$. Suotuisimpien tuotantoedellytysten vallitessa saattaa harvennustulojen prolongausarvo jopa ylittää päätehakuutulon. Mutta jos oletetaan, että tällöin myös uudistuskustannukset muodostuvat suhteellisen suuriksi ja kiertoaika on verraten lyhyt, voidaan tässä otollisimmassa tapauksessa merkitä X :n lukuarvoksi 3, joka saadaan lauseke-

keesta $\frac{A_u + A_u}{6}$. Tällöin siis päätehakuutulot

ja harvennustulot on oletettu yhtä suuriksi. Jos harvennustulojen suuruudeksi oletetaan

$\frac{A_u}{2}$ eli 50 % päätehakuutuloista, X :n luku-

arvoksi lausekkeesta $\frac{A_u + \frac{A_u}{2}}{6}$ tulee 4. Vas-

taavasti on X :lle laskettavissa muita väliarvoja. NEUBAUER tähdentää kuitenkin, että mainitut X :n lukuarvot pätevät ainoastaan

siinä tapauksessa, kun $p = \frac{200}{u}$ (mt. s. 221).

Edellä käsitelty esimerkki kaavan yksinkertaistamisesta on tässä yhteydessä kiinnostuksen kohteena ainoastaan esillä olevan yksinkertaistamisen periaatteen kannalta, kuten aiemmin on mainittu. Esimerkkiprosessi on tästä syystä lyhennetty käsittämään vain sellaisia näkökohtia, joilla on katsottu olevan merkitystä tässä mielessä. Siirryttäessä tarkastelemaan yksinkertaistuksen toteutuksessa käytettyjä periaatteita, jätetään tämän käsittelyn ulkopuolelle myös FAUSTMANN'in kaavaan ja sen metsätaloudelliseen käyttöön liittyvät näkökohdat.

Ensiksi kiintyy huomio laskentakorkokannan korvaamiseen »Nutzungsprozent»:illa, eli normaalimetsän kasvun suhteella normaaliipuustoon. Edellä (s. 7) yksinkertaistamisen tarpeen katsottiin aiheutuvan käytännöllisyyden vaatimuksesta ja käytännöllisyydellä sanottiin tarkoitettavan mallin yleisyyttä sekä sen muuttujien mittauksen yksinkertaisuutta. Jos tarkastellaan taulukossa 1 (s. 8) esitettyä päättymättömän jaksottaiserän

pääomitustekijää $\frac{1}{(1. Op^{u-1})}$ ja sen luku-

arvoja eri pituisia kiertoaikoja sovellettaessa, huomataan tämä luku käytännöllisesti katsoen kiertoajan pituudesta riippumattomaksi vakioksi, kuten aiemmin jo todettiin. Kun laskelmissa voidaan siten käyttää aina samaa lukua, voidaan tämä »muuttuja» katsoa »yksinkertaisesti mitattavaksi». Myös toista käytännöllisyyden komponenttia — yleisyyttä — näyttäisi tämä laskentatekijä toteuttavan ainakin sillä ehdolla, että metsäpalstan hinnoittelilanteet poikkeaisivat toisistaan pelkästään käytettävän kiertoajan suhteen.

Tarkemmin ajatellen koronkorkotekijän vakioiminen on kuitenkin jonkin verran erikoislaatuista, koska juuri tämä tekijä tavanomaisissa koronkorkolaskelmissa vaihtelee ajan ja korkoprosentin funktiona. Jos esimerkiksi käytetään 4 %:n korkokantaa ja kiertoaika lyhenee FAUSTMANN'in kaavalla laskettaessa 100 vuodesta 50 vuoteen, suurenee puheena olevan tekijän likiarvo 0.0202 luvuksi 0.1638 eli noin kahdeksankertaiseksi ja 5 %:n laskentakorkoa käytettäessä kaksitoistakertaiseksi.

Jotta koronkorkotekijä saadaan pidetyksi muuttumattomana, on laskentakoron p vastaavasti oltava eri suuruinen. Kuten taulukosta 1 havaitaan, korkosadannes pienenee käytettävän kiertoajan suuretsa ja päinvastoin. Tätä laskentakoron muuttumista NEUBAUER perustelee ensiksikin sillä, että käytännössä maan arvo saadaan usein negatiiviseksi 3 %:n laskentakorkoa käytettäessä. Jotta maan arvo saadaan positiiviseksi, alennetaan korkokanta tavallisesti esimerkiksi 2 %:in. (mt. s. 211). Toisin sanoen korkosadannesta muutetaan mielivaltaisesti halutun laskentatuloksen saamiseksi. Edelleen hän toteaa, että korkeaa laskentakorkoa käytetään lyhyille kiertoajoille ja vastaavasti alhaista laskentakorkoa sovelletaan pitkille kiertoajoille. Taulukon 1 p:n arvot ovat siten sopu-soinnussa tämän ajattelutavan kanssa. (mt. s. 215).

Jos jotakin laskentatekijää yleensäkin katsotaan voitavan muuttaa sen takia, että laskentatulos olisi halutunlainen, on tähän käsitykseen vaikea yhtyä. Laskentakorko ajatellaan tässä tutkimuksessa päätöksentekijän asettamaksi voitto- ja kannattavuusvaatimukseksi hänen sijoittamalleen ostomenolle. Sen takia on vaikea nähdä mitään yhteyttä toisaalta normaalimetsän kasvun (tai hakkuukertymän) ja normaalipuuston välisen sadannessuhteen sekä toisaalta laskentakoron kesken. Laskentakoron määrittämisessä kohdattavista vaikeuksista ei myöskään päästä sillä, että tämä suure kytketään johonkin toiseen — ja tässä tapauksessa kokonaan asiaan kuulumattomaan — suureeseen sillä perusteella, että korvaava suure on alkupe-raisessä yhteydessään lukuarvoltaan miltei vakio. Tällainen toimenpide on pelkästään näennäinen, koska itse laskentakoron määrittämisvaikeus säilyy entisellään. Laskentakoron pienentämisvaatimus kiertoajan pidentyessä ei sekään ole itsestään selvä asia. Kun

kysymyksessä on — FAUSTMANN'in kaavan esillä ollessa — yhden metsikön talousyksikkö, merkitsee kiertoajan pidentäminen myös tulojen odotusajan pidentymistä. Tämä tapahtuu kuitenkin taloudenpitäjän eliniän ulkopuolella, kun kysymyksessä on yksityinen metsänomistus. Koska nämä kiertoajan loppupuolen tulot muutoinkin sijoittuvat kovin etäälle, saattaa hinnoittaja hyvällä syyllä käyttää laskelmissaan etäisille tuloille myös suurempaa diskonttovähennystä näiden kaukaisten tulojen epävarmuuden vuoksi. Vastaavasti voitaneen puolustaa lyhytaikaisten investointien laskentakoron pienemmyyttä sillä, että ne mahdollistavat useampia vaihtoehtoisten sijoitusten valintatilanteita kuin pitkävaikutteiset investoinnit. Tämä lisää todennäköisyyttä entistä edullisempien investointikohteiden löytymiseen.

NEUBAUER'in yksinkertaistusmenettelyn heikoin kohta onkin laskentakoron eliminomisyritys ja tämän suureen sitominen kiertoaikaan. Jos näet valitaan laskentakoroksi esimerkiksi 4 %, tulee tämän seurauksena kiertoaikana pidetyksi 50 vuotta, vaikka käytettävä kiertoaika todellisuudessa olisi-kin ehkä 100 vuotta. Toisin sanoen FAUSTMANN'in kaavan yksinkertaistus on tältä osin ristiriitainen tosiasioiden kanssa. NEUBAUER'in aiemmin mainittu päätelmä, että esillä olevia koronkorkotekijöitä voidaan pitää tavanomaisia kiertoaikoja ja käytännössä kysymykseen tulevia korkokantoja käytettäessä ilman mainittavaa virhettä vakiosuureina, pätee vain rajoitettaessa »käytännössä kysymykseen tulevat korkokannat» 2,5—3,0 prosenttiin ja kiertoajat 70—80 vuoteen. Todellisuudessa käytetään usein esimerkiksi Suomen olosuhteissa 4—5 %:n laskentakorkoa metsätaloudellisissa laskelmissa (esim. SAARI 1940, s. 14; Tapion taskukirja 1944, 10. painos; ILVESSALO 1944, s. 131; V. KELTIKANGAS 1947, s. 24). Tavanomaisesti laskelmissa käytetyt kiertoajat taas ovat vaihdelleet 80—180 vuoteen (esim. ILVESSALO 1965, s. 343). Jos havainnollisuuden vuoksi oletetaan ääritapauksena käytettäväksi kiertoajaksi 180 vuotta ja laskentakorkokannaksi 5 %, saadaan koronkorkotekijän 1.Opⁿ likiarvoksi 6517,39. Saman tekijän lukuarvo kiertoajan ollessa 80 vuotta ja laskentakoron 4 % on vastaavasti 23,05. Kuitenkin NEUBAUER'in todettiin esittävän puheena olevan prolougustekijän »vakioarvoksi» 7,0. Myös koron-

korkotekijän $\frac{1}{1,Op^u-1}$ lukuarvot vaihtelevat

siten, että käytettäessä 180 vuoden kiertoaikaa ja 5 %:n korkokantaa, tämän korkotekijän likiarvo on 0.00015 sekä 80 vuoden kiertoaikaa ja 4 %:n korkokantaa sovellettaessa 0.0454. Taulukon 1 mukaan vastaava lukuarvo on 0.16, mitä NEUBAUER esittää »vakiosuureksi». FAUSTMANN'in kaavan yksinkertaistaminen koronkorkotekijäin osalta siten, että samalla olisi täytetty aiemmin määritelty käytännöllisyyden vaatimus, ei siis tässä tapauksessa ole onnistunut. Päinvastoin on päädytty laskentamekanismiin, jonka sovellutusalue on kovin ahdas ja jonka premissit ovat ristiriitaiset ja osittain epärealistiset.

Harvennushakkuutulojen osalta NEUBAUER on menettänyt eri tavoin kuin laskentakorkoa eliminoidessa. Kuten kaavoista (3) ja (4) jo edellä (s. 9) voitiin todeta, harvennustulot jätetään laskelmantekijän arvioitavaksi prosenttisena osuutena päätehakkuutuloista. Tässä tosin tarvitaan kokemusperäistä tietoa mainitusta suhteesta eri tapauksissa. Voitanee kuitenkin olettaa, että asiantuntija joutuu tällaista tietoa joka tapauksessa hankkimaan. Tällöin hänelle kertyy rutiininomaisesti käytettävissä olevia kokemuslukuja mainittuun tarpeeseen. Olennaista joka tapauksessa on, että tämä ratkaisu on luonteeltaan yleinen ja siten rajoituksetta kaikkiin yksityistapauksiin ainakin periaatteessa soveltuva. Toisin sanoen malli ei tältä osin ole jo ennakoita ristiriidassa tosiasioiden kanssa. Pohjimmiltaan tämäkin ratkaisu ei ole perusteiltaan niin yksiselitteinen, kuin miltä se kenties näyttää. Ensinnäkin harvennustulot on määritettävä niiden prolongausarvon osuutena päätehakkuutuloista, joten siinäkin tarvitaan perimmiltään koronkorkotekijän käyttöä. Lopputulokseen vaikuttavat sekä käytetty korkosadannes että kunkin harvennustulon prolongausaika. Harvennustulojen osuuteen päätehakkuutulosta vaikuttaa myös käytettävä kiertoaika sekä harvennushakkuitten ajallinen tahdistus, joten tämä sadannesosuus on itse asiassa monen vaikeasti arvioitavissa olevan muuttujan funktio. Tämä vaikeus on kuitenkin pelkästään asian ja laskentatilanteen luonteeseen kuuluva tosiasia. Jos kysymyksessä on todella paljaan maan metsitys ja tästä saataviksi odotetta-

vien nettotulojen diskonttausarvon laskeminen, ei epävarmuus ole suinkaan menetelmän vika, vaan se liittyy itse odotusten epävarmuuteen. Tästä syystä epävarmuutta ei ole mahdollista poistaa menetelmäteknisin keinoin. Hinnoitustilanteessa odotusmuuttujille annettavien arvojen valinta on päätöksentekijän asia. Tässä suhteessa NEUBAUER'in yksinkertaistus harvennushakkuiden osalta on realistinen ja täyttää periaatteessa yksinkertaistuksen perusehdot.

Kolmantena NEUBAUER'in yksinkertaistusvaiheena tarkasteltakoon vielä lyhyesti edellä esitettyihin kaavoihin (5) ja (6) johtavaa menettelyä (s. 9). Tässä korvataan FAUSTMANN'in

kaavan lauseke $\frac{A_u + SD_x 1, Op^{u-x} - c}{1, Op^u - 1}$

lausekkeella $\frac{A_u}{X}$, kuten edellä on esitetty. Kun

tässäkin tapauksessa yksinkertaistus perustuu suurelta osin laskentakorkokannan korvaamiseen »Nutzungsprozent»:lla $p = \frac{200}{u}$,

soveltuu tämän yksinkertaistusvaiheen kriittikiksi sama toteamus, joka on jo ollut esillä aiemmin laskentakorkoa ja sen korvaamista tarkasteltaessa. Empiirisen kertoimen X käytännössä tapahtuva arviointi tapahtuu harvennushakkuutulon prolongausarvon ja päätehakkuutulon keskinäisen suhteen perusteella, kuten edellä todettiin. Arvioinnin helpottamiseksi on määritelty kertoimen ääriarvoiksi 3 ja 6, joiden ilmoitetaan pätevän suotuisimpien tuotantoedellytysten (3) ja epäedullisimpien tuotantoedellytysten vallitessa (6). Periaatteessa mainitunlaisen ääritunnusten asettaminen on käytännöllisyyden vaatimuksia vastaava. Sen sijaan tunnuksat ovat tässä tapauksessa liian väljiä ja tulkinanvaraisia käytettäväksi lopputulokseen ratkaisevasti vaikuttavan suureen määrittämiseen hinnoituslaskelmissa. Kokonaan eri asia on, pätevätkö nämä X:n ääriarvot suuruudeltaan. Jonkinlaisen kuvan saamiseksi tästä olen ottanut ENDRES'in (1911, s. 55—56) oppikirjasta maan tuottoarvon laskentaesimerkin (1) ja sijoittanut siinä esitetyt numerotiedot NEUBAUER'in kaavaan (6). Kun esimerkin luvut edustavat kuusta kasvavaa boniteettia II, se viittaa »suotuisiin tuotanto-olosuhteisiin». X:n lukuarvoksi on siitä syystä otettu luku 6. Kun kaavaan (6) sijoitetaan mainitun esimerkin luvut, saadaan

$$B = \frac{9\ 808}{6} - \frac{9\ 80}{2} = 1\ 275.$$

ENDRES'in mukaan laskelman tulos on 1 057. Jos NEUBAUER'in kaavan nimittäjäksi merkitään 6:n tilalle 7, saadaan $B = 1\ 041$.

Toiseksi esimerkiksi on otettu RIEBEL'in (1905, s. 53) esittämä maanarvon laskentaesimerkki, josta ei ilmene metsämaan boniteetti. Jos käytetään X:n lukuarvoa 6, saadaan RIEBEL'in esimerkin tulokseksi 783. RIEBEL'in laskelman mukaan maanarvoksi tulee 434 eli vain runsas puolet likimääräiskaavan tuloksesta. Jos käytetään X:n tilalla lukua 8, päästään maanarvoon 450, joka on siis lähellä RIEBEL'in tulosta. On syytä mainita, että ENDRES'in esimerkissä on kiertoaika 80 vuotta ja käytetty laskentakorko 3 %. RIEBEL'in esimerkissä taas kiertoaika on 100 vuotta ja käytetty laskentakorko 2 1/2 %. Kummassakin esimerkkilaskelmassa on siten käytetty 1/2 % suurempaa korkokantaa kuin »Nutzungsprozent» NEUBAUER'in mukaan edellyttäisi. Kun tämä otetaan huomioon, on ymmärrettävissä, miksi NEUBAUER'in likimääräiskaavalla saadut tulokset ovat kummassakin tapauksessa suurempia kuin alkupe- räiskaavan tulokset ja miksi saman suuruisiin maanarvoihin on päästy vain ottamalla X:n arvot NEUBAUER'in asteikon ulkopuolelta.

Mainitut esimerkkivertailut viittaavat siihen, että käytettäessä NEUBAUER'in likimääräiskaavassa edellytetyjä »Nutzungsprozent»:n suuria laskentakorkoja, likimääräiskaavalla päästään verraten lähelle alkuperäiskaavalla saatavia tuloksia. Tämä selittyy suurelta osin sillä, että vertailtavissa tapauksissa operoidaan normaaliin kehityssarjaan perustuvilla tuotostaulujen luvuilla. Kun lisäksi laskentakorkona käytetään likimääräiskaavan perusteena olevaa korkosuuretta, tulosten yhdenmukaisuus on johdonmukainen seuraus näistä tekijöistä. Menetelmän heikkous on siinä, kuten jo edellä on todettu, että tämän laatuinen yksinkertaistaminen ei täyty erikoistapaukseen soveltuvana aiemmin asetettua käytännöllisyyden vaatimusta.

Metsänarvonlaskennan yksinkertaistamiseksi NEUBAUER'in esittämään tapaan lienee tehty suhteellisen harvoja yrityksiä. Sen sijaan on samantapaisia laskelmia tehty *hakkuusuunnitteen* määrittämisen yksinkertaistetun mallin avulla (esim. NERSTEN 1965). Mai-

nitussa tutkimuksessa on tavoitteena määrittää »balanskvantum» eli sellainen tasainen hakkuumäärä, jota noudattaen tuotos ei laske minään ajankohtana, mutta sen sijaan nousee etäisessä tulevaisuudessa.

123. Määrä- ja arvolukujen taulukointi.

Kenties yleisin tapa hinnoitusinformaation hankinnan yksinkertaistamiseksi on laatia taulukoita, joihin on laskettu määrä- tai arvolukusarjoja ja jotka esitetään joidenkin käytännössä mitattavien metsällisten tunnus- ten funktiona. Periaate on sama kuin kuutiomistaulukoissa, joista kuutiomäärä saadaan selville puun läpimitan, pituuden ja ka- penemisen funktiona. Määrällisiin suureisiin perustuvat myös kasvu- ja tuotostaulukot, joiden perusteella voidaan ennustaa puuston ja hakkuukertymän kehitystä. (Esim. Y. ILVESSALO 1948; NYSSÖNEN 1958, s. 22—87; KOIVISTO 1959; VUOKILA 1960, 1967). Puuston ja hakkuukertymän puutavaralajirakenteen selvittämiseksi taas on laadittu puuta- varalajitaulukoita (esim. TIHONEN 1969 ja 1970).

Kuutiomisyhtälöihin perustuvat mallit ovat luonteeltaan staattisia ja niillä saatavat kuutioluvut objektiivisia. Ne täyttävät hyvin myös aiemmin esitetyn käytännöllisyyden vaatimuksen, koska kuutiomistaulukoja voidaan pitää yleisinä ja niiden selittäviä muuttujia helposti mitattavina. Esillä olevan ongelman kannalta tämä on merkityksellistä, sillä kuutioluvut muodostavat yksikköhinnan ohella toisen komponentin tulon suuruutta määrittäessä. Kasvu- ja tuotostaulujen luvut ennustavat kehitystä ja ovat siten dynaamisia, aikaan sidottuja. Ne perustuvat taksatorisiin säännönmukaisuuksiin ja ovat objektiivisia, kun alkuehdot ja tavoite eli alkupuuston ja tavoitepuuston tarvittavat tunnuksat ovat annettuja. Tavoitteen asettaminen kuuluu päätöksentekijälle, kun laskel- mia käytetään taloudellisissa tilanteissa. Tämä kysymys tulee lähempään tarkasteluun tuonnempana hakkuulaskelmaa käsiteltäessä. Kuten kuutiomistaulukot ovat kasvu- ja tuotostaulukotkin informaation hankinnan yksinkertaistamismalleina miltei ihanneta- pauksia. Tämä koskee myös puutavaralaji- taulukoita.

Esillä olleet taksatoriset informaatiot muo-

dostavat odotettavien tulojen määrityksessä peruskomponentin, kuten kuutioimislukujen osalta jo mainittiin. Koska nämä informaatiot ovat objektiivisia, pitkälle yksinkertaistettuja, yleisiä ja käytännöllisiä, niille pyritään antamaan työn myöhemmissä vaiheissa korostettu asema.

Määrälukujen ohella on esitetty myös rahayksiköissä ilmaistavia arvolukuja taulukoituina. Lähtökohtana on muuttujien suhteet määrittelevä yleismalli, jonka mukaan arvo = hinta \times määrä (NIITAMO 1966, s. 20). Perimmiltään arvotaulukoiden esittäminen lienee lähtöisin objektiivisen arvoteorian piirissä vallinneesta käsityksestä, joka edellyttää esineellisten objektiivisten arvojen olemassa oloa. Tekijä on käsitellyt tätä kysymystä toisessa yhteydessä, joten mainitun näkemyksen yksityiskohtainen selvittäminen sivuutetaan tässä. (AHONEN 1970, s. 10—17). Kuten taksatoristen tunnusten taulukointia on arvolukujenkin taulukointia esiintynyt jo 1800-luvulta lähtien (esim. BAUR 1886, HEYER 1892, RIEBEL 1905). Taulukoidut arvoluvut voidaan ryhmittää lähinnä kahteen osaan, rahatuottotaulukot («Geldertrags-tafel») ja valmiiksi lasketut metsämaan ja puuston arvoja käsittävät taulukot. Lukujen taulukointi on saatettu korvata myös diagrammoilla (esim. RIEBEL 1905). Rahatuottotaulukoissa on tuottoluvut saatu kertomalla tuotosluvut yksikköhinnoilla. Taulukot on laadittu puulajeittain ja boniteettiluokittain. Niissä on usein myös muita tunnuksia, kuten puuston kuutiomäärä eri ikävaiheissa ja sen perusteella laskettu hakkuuarvo (esim. RIEBEL mt. s. 405—407).

Yksinkertaistamisen periaatteiden kannalta «rahatuottotaulukoihin» on suhtauduttava tietyin varauksin kun on kysymys metsän hinnoituksesta. Puutavaran yksikköhinnat vaihtelevat sekä paikallisesti että ajallisesti verraten voimakkaasti. Niinpä puutavaralajille, jolla on suhteellisen korkea yksikköhinta jollakin paikkakunnalla, ei kenties muodostu hintaa lainkaan toisella paikkakunnalla. Samalle puutavaralajille saattaa silti myöhemmin syntyä verraten korkeakin hinta. Tämä on otettava huomioon metsäpalstan tulonodotuksia ennustettaessa. Rahamitta kytkee laskelmiin myös inhimillisen arvostusprobleemin, joka taas kytkeytyy vaikeasti selvitettävään ihmisen käyttäytymisen ongelmaan. Kun esillä olevat «tuotos- ja «tuottoluvut»

edellyttävät kehitysprosessia eli dynaamisuutta, mutkistaa hinnoitustilannetta lisäksi yksilöllinen ajanarvostukseen liittyvä problematiikka.

Raha-arvoja esittävät taulukot ja diagrammat ovat sinänsä pisimmälle yksinkertaistettua hinnoitusinformaatiota. Niitä on esitetty metsämaan tuotto- eli odotusarvolle sekä puuston hakkuu-, odotus- ja kustannusarvoille. (Esim. RIEBEL 1905; Y. ILVESSALO 1949, s. 218—226; AARSBY—HUSTAD—JØRGENSEN... 1959). Kaikissa mainituissa tapauksissa lähtökohtana on arvon määrittäminen metsän osille, joten esitetyt arvoluvut ovat relevantteja yleensä vain tietyissä laskentatilanteissa. (Esim. SAARI 1940, s. 12; KELTIKANGAS 1965, s. 466; AHONEN 1970, s. 37—54). Myös ILVESSALO esittää arvolukujen käytön suhteen selvät varaukset, todeten, että »Tällaiset laskelmat perustuvat hyvin kaavamaiseen metsätalouteen ja edellyttävät vaikeasti määriteltävien tekijäin tuntemusta sekä ovat suuresti riippuvaiset käytettävästä korkosadanneksestä, kuten pääomituslaskelmat yleensä, joten tuloksia on arvosteltava sen mukaisesti.» (mt. s. 219).

Käsillä olevan yksinkertaistamisperiaatteen kannalta on merkityksellistä, missä määrin taulukoituja arvolukuja valittaessa on käytettävissä vaihtoehtoisia, laskentatilanteesta toiseen vaihtelevia muuttujia kulloinkin relevantin arvoluvun valitsemiseksi. ILVESSALO (mt. s. 218—219) on metsämaan tuotto- eli odotusarvotaulukossa pitänyt lähtökohtana metsämaan boniteettia. Arvotaulukko on laadittu eniten esintyväälle metsätyypille (MT) ja muiden metsätyyppien arvot saadaan kertomalla MT:n arvoluvut metsätyyppien suhteellisia arvoja esittävän aputaulukon kertoimilla. Toiseksi vaihtoehtoiseksi muuttujaksi on otettu puutavaran yksikköhinta (kantohinta), joka esitetään tukki-puulle, pyöreälle havupuupinotavaralle ja koivuhalolle. Kolmantena vaihtelevana muuttujana on laskentakorkokanta, joka on rajoitettu 4 1/2 ja 5 %:iin. Etsittävä arvoluku saadaan taulukosta yksikköhinnan ja laskentakoron perusteella.

Huomion arvoista esitetystä menetelmästä on yksinkertaistamista silmällä pitäen yksikköhintojen ja laskentakoron vaihtoehtoisuus. Sen sijaan käytettävissä ei ole taksatorisia vaihtoehtoja, mikä tässä tapauksessa aiheuttaa valitusta laskentatilanteesta.

124. Yksinkertaistamistavan valinta.

Esillä olevassa luvussa on pyritty viitte-omaisesti valaisemaan yksinkertaistamisen periaatteita kirjallisuudesta valittujen esimerkkitapausten pohjalta. Kuten luvun alkupuolella arveltiin, yksinkertaistamistapaukset rajoittuvat pääasiassa metsän osien erillisten arvojen määrittämiseen. Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään etsimään keinoja metsäkokonaisuuden hinnoituksessa tarvittavan informaation yksinkertaistamiseksi. Esimerkkitapauksia tarkasteltaessa havaittiin luonteeltaan kahdenlaisia yksinkertaistustapauksia:

1. taksatorisiin säännönmukaisuuksiin perustuvat yksinkertaistusmallit, joiden selitettävien muuttujien lukuarvot ovat tietyillä ehdoilla objektiivisia, sekä
2. rahayksiköissä ilmaistut dynaamiset yksinkertaistusmallit, joiden selitettäville muuttujille saadaan subjektiivisia lukuarvoja.

Puhuttaessa taksatoristen mallien objektiivisuudesta halutaan korostaa sitä, että niiden selitettävien muuttujien lukuarvot — esimerkiksi kuutioluvut ja kasvuluvut — ovat sinänsä riippumattomia päätöksentekijästä, jos kysymyksessä on tietty puusto ja määrätty kasvuolosuhteet. Niinpä määrätyn puuston kuutiomäärä on sama riippumatta siitä, missä maapallon osassa puusto sijaitsee. Samoin määrättyissä kasvuolosuhteissa tietynlainen puusto kasvaa saman verran riippumatta siitä, kuka metsän omistaa ja miten tämä metsänomistaja käyttäytyy ja ajattelee. Tällöin tietenkin edellytetään metsää käsiteltävän yhdenmukaisiin normeihin perustuen. Jos sen sijaan puuston kuutio ja kasvu ilmaistaan rahamittaisina arvolukuina, vaihtelevat nämä suureet subjektiivisesti puutavaran menekkioloista riippuen sekä sen mukaan, kuka päätöksentekijä rahallisen arvostuksen suorittaa. Kun näillä seikoilla on erityinen paino nimenomaan metsäpalstaa hinnoitettaessa, olisi se pyrittävä ottamaan huomioon tarkoituksenmukaisella tavalla hinnoitusmallia yksinkertaistettaessa. Tätä vaatimusta voidaan perustella esimerkiksi sillä, että hinnoittavan päätöksentekijän käytettävissä tulisi olla mahdollisimman »puhtaita» ja yksiselitteisiä vaihtoehtoja, jotka ovat samalla relevantteja kulloisessakin päätöstilanteessa. Esimerkiksi puuston kuutiomäärä hehtaaria kohti on hinnoittajalle sikäli »puhdas» ja yksiselitteinen suure, että hän tietää sen

olevan kenenkään arvostuksesta tai metsäpalstan sijainnista riippumaton. Toisin sanoen tämä suure antaa hänelle objektiivista informaatiota. Halutessaan muuttaa tämän taksatorisen suureen taloudelliseksi suureeksi hän painottaa sen oman taloudellisen kenttensä ja henkilökohtaisen arvostusasteikkonsa mukaisella hintakertoimella. Jos sen sijaan päätöksentekijälle tarjotaan informaatiota pelkätään puuston rahamitoissa ilmaistuna arvolukuna, jää informaatioaste vähäiseksi, koska sekä objektiivinen että subjektiivinen mitta suure esitetään sekoittuneena toisiinsa.

Edellä asetetun informaation selkeysvaatimuksen pohjalta voidaan yksinkertaistamisprobleema pyrkiä selvittämään jakamalla yksinkertaistus kahteen vaiheeseen siten, että ensimmäisenä yksinkertaistuksen asteena olisi taksatorisin tunnuksin kehiteltävä malli ja toisena asteena mallia kehitetään liittämällä siihen taloudellisia tekijöitä, joilla tarkoitetaan tässä lähinnä laskentakorkoa ja yksikköhintoja. Toisena vaihtoehtona, joka kenties on toteuttamisen kannalta edellistä realistisempi, voidaan ajatella esimerkiksi sellaista mahdollisuutta, että taksatoriseen malliin liitetään erillisenä vaiheena laskentakorko ja vasta kolmannessa vaiheessa malliin kytetään yksikköhinnat ja muut rahamitat. Tätä toteuttamistapaa voidaan perustella sillä, että laskentakorkokannan vaihtoehtoja tulee kysymykseen yleensä vähemmän kuin rahamittojen vaihtoehtoja metsäpalstoja hinnoitettaessa.

13. Tutkimustehtävän rajoittaminen ja tutkimuksen kulku

Tutkimustehtävänä on selvittää esimerkiksi aineiston avulla, onko mahdollista yksinkertaistaa metsän diskonttausarvon määrittämistä metsässä arvioitavissa oleviin tavanomaisiin taksatorisiin tunnuksiin ja taulukoituihin muihin muuttujien perustuen siten, että näitä tunnuksia ja apukeinoja käyttäen pystytään välttämään metsäpalstakohtaisen hakkuulaskelman laatiminen. Menetelmältä edellytetään, että se on riittävän yleinen ja käytännöllinen. Toisin sanoen sen tulisi mahdollistaa hinnoitusinformaation hankinta hinta-arvioiden tekemiseksi puustoltaan ym. tunnuksiltaan eri tavoin vaihtelevilla metsäpalstoilla. Sen tulisi myös soveltua mainitta-

vaa lisätyötä edellyttämättä riittävän useiden hinta-arviovaihtoehtojen laatimiseen kulloinkin hinnoittavan päätöksentekijän tarpeita vastaten.

Esitettyä tutkimustavoitetta silmällä pitäen tekijä on kerännyt Metsähallituksen koealakohteilta esimerkkiaineiston. Sen käsittely perustuu lähtökohtahypoteesiin, jonka mukaan taksatorisilta tunnuksiltaan tunnettuun puustoon laskentahetkellä kohdistuvan hakkuun määrällä ja rakenteella on tietty riippuvuus myöhemmin suoritettavissa olevien hakkuitten ajankohtaan, määrään ja rakenteeseen, kun puustoa kehitetään jonkin normin mukaisesti. Esimerkkiaineiston perusteella pyritään laatimaan matemaattinen malli, jota voidaan käyttää apuna — mallin parametrien edustavuutta tässä vaiheessa sen enempää pohtimatta — käytännön hinnoitustehtävissä ja valittaessa hinta-arvioiden pohjaksi vaihtoehtoisia hakkuuohjelmia.

Mallin kehittämissä on valittu sellainen yksinkertaistamisen vaihtoehto, jossa operoidaan taksatorisilla muuttujilla ja laskentakorolla. Tätä ajatusta on toteutettu laatimalla vaihtoehtoisia hakkuulaskelmia ja diskonttaamalla hakkuulaskelmien osoittamat, eri ajankohtina odotettavat hakkuukertymät laskentahetkeen. Näin saatavia diskonttausmääriä pidetään myöhempiä hakkuuta osoittavina tunnuslukuina, jotka ovat odotettavien hakkuukertymien, ajan ja ajanarvostuksen funktioita. Pitämällä diskonttausmäärää ja sen rakennetta selitettävänä muuttujina pyritään esimerkkiaineiston käsittelyssä ensimmäin selittäviä muuttujia ja riippuvuussuhteita, joiden avulla on mahdollista ennustaa diskonttausmäärä hakkuulaskelmaa laatimatta. Selittävien muuttujien tulisi olla helposti mitattavissa olevia taksatorisia tunnuksia, jotta ne olisivat metodiselta kannalta tarkoituksenmukaisia.

Käytettävissä olevalla aineistolla pitäydyttään testaamaan ainoastaan edellä esitettyä hypoteesia. Toisin sanoen tarkoituksena ei ole aineistolle laskettavien parametrien estimaattien yleistettävyyden testaaminen. Tämä on näet tavallaan mahdotonta sen vuoksi, ettei voida tietää, mistä perusjoukosta tutkimusaineisto on peräisin. Kun perusjoukko täten on tuntematon, on parametrit uusissa esiintulevissa tapauksissa estimoitava uudelleen. Pyrittäessä soveltamaan etsittävää mallia käytäntöön voidaan menetellä esimerkiksi si-

ten, että taulukoidaan tarpeellisia kertoimia erilaisille ennakoilta valituille muuttujasarjoille. Menetelmää käytettäessä kertoimet valitaan niiden ennalta valittujen muuttujien kohdalta, jotka vastaavat kulloinkin hinnoitettavana olevan metsän tunnuslukuja.

Metsäpalmasta aiheutuvat menot on jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Viitekehityksen luomiseksi aineistokäsittelylle on pidetty tarpeellisena käsitellä lyhyesti diskonttausmenetelmää ja hakkuulaskelmaa sekä niiden nivoutumista hinnoittajan päättäjäkenttään hakkuuennusteen, tuloennusteen ja diskonttausarvon välityksellä. Tämän jälkeen siirrytään esimerkkiaineiston käsittelyyn, josta jo edellä selvitettiin pääpiirteitä.

Aineistokäsittelyn ensimmäisenä vaiheena on koemetsien konstruointi koealatiетоjen perusteella. Toinen vaihe käsittää vaihtoehtoisten hakkuulaskelmien laatimisen kullekin koemetsälle. Vaihtoehtojen valinnan alkukriteerinä on SAAREN hakkuumahtomenetelmä, jota selvitetään yksityiskohtaisesti tuonnempana. Tältä pohjalta lähtien on jokaiselle koemetsälle laadittu 10 hakkuulaskelmaa ennalta määritettyjen normien mukaisesti. Kolmantena käsittelyvaiheena on edellä mainittu diskonttausmäärien laskeminen. Diskonttausmääriä selittäviksi muuttujiksi on valittu puuston keskikuutio hehtaaria kohti, heti hakattavaksi oletettavan puumäärän sadannesosuus puuston keskikuutiosta sekä ikäluokittaisilla pinta-aloilla punnittu puuston keski-ikä. Näiden muuttujien selityskykyä tutkitaan pienimmän neliösumman menetelmällä.

Puuston kasvua ilmaiseva tunnus tulisi olla myös laskelmien eräänä olennaisena muuttujana. Esillä olevan tutkimuksen metodisesta perusluonteesta johtuen aineistoon on kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi kerätty pelkästään kuivien kankaiden (VT, CT) koealoja. Täten kasvun vaihtelua esiintyy ainoastaan hakkuulaskelmia laadittaessa ikäluokien sekä alku- ja tavoitepuuston kesken.

Edellä käsitelty diskonttausmäärien laskeminen käsittää pelkästään kiintokuutioissa ilmaistuja puumääriä. Koska hakkuukertymän puutavaralajirakenne on hinnoituksessa olennainen tekijä, on tutkimuksen neljäntenä vaiheena selvitetty myös mahdollisuuksia tämän ennustamiseen. Diskonttausarvon perusteena oleva hakkuulaskelmaa rakentuu ajallisesti kahdesta osasta: heti hakattavissa ole-

vasta puumäärästä, jota tässä sanotaan *alkuhakkuuksi* sekä myöhemmin realisoitavasta hakkuukertymästä, jota nimitetään *hakkuumääräennusteiden diskontatuksi osaksi* (AHONEN 1970, s. 31). Koska alkuhakkuun rakenne on selvitettävissä jo metsässä tapahtuvan arvioinnin yhteydessä, rajoitutaan tässä yhtey-

dessä ainoastaan diskontatun osan rakenteen ennustamismahdollisuuksien tutkimiseen, joka suoritetaan regressioanalyysin avulla.

Tutkimuksen loppuluvussa arvioidaan tutkimuksella saatuja tuloksia sekä pyritään esittämään päätelmiä tulosten käytännöllisen soveltamisen mahdollisuuksista.

2. DISKONTTAUSMENETELMÄ JA HAKKUULASKELMA

21. Diskonttausmenetelmän periaate

Diskonttausmenetelmällä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa laskutoimitusta, jossa tulevaisuudessa odotettavat tulo-, meno- ja nettotuloerät tehdään ajallisesti vertailukelpoisiksi diskonttaamalla ne odotusaikansa takaa yhteiseen, mainittujen suureiden odotettua esiintymisajankohtaa aikaisempaan vertailuajankohtaan ja summataan diskonttausarvoksi. Tämä ajankohta on tavallisesti laskentahetki. Diskonttaaminen tapahtuu kertomalla jokainen diskontattava erä, joka voi olla muukin kuin rahamitoissa ilmaistu suure,

diskonttaustekijällä $\left(\text{siis } \frac{1}{(1+i)^n} \right)$, jossa i on

laskentakorkokanta ja n ajanjakson pituus vuosissa. Diskontattaessa siis vähennetään jokaisesta diskontattavasta suureesta diskonttausprosentin suuruinen määrä diskonttausajalta. Jos odotusaika on useiden vuosien pituinen, vähennys sisältää vuotuisten korkojen lisäksi myös korkojen korot. (SCHNEIDER 1957, s. 26; SAARIO 1961, s. 484—485; V. KELTIKANGAS 1962, s. 12; HONKO 1963, s. 80—81; AHONEN 1970, s. 30—31).

Diskonttausmenetelmän rinnakkaisnimi-tyksiä ovat mm. tuottoarvomenetelmä, nykyarvomenetelmä ja odotusarvomenetelmä. Keskenään näillä nimillä esitetyt menetelmät ovat siis analogisia. Silti laskentatapa saattaa olla erilainen siitä riippuen, mikä on kulloinkin tarkoituksenmukaisin laskentajärjestys. Seuraavassa esitetään symbolein merkityn met-
sän hinnoituksessa tavallisimmin kysymykseen tulevat laskentakaavat.

$$(7) W_d = R_o + \frac{R_a}{(1+i)^a} + \frac{R_b}{(1+i)^b} + \dots + \frac{R_{n-q}}{(1+i)^{n-q}} + \frac{r}{i(1+i)^n}$$

jossa

- W_d = metsän diskonttausarvo,
- R = nettotulo,
- i = laskentakorko,
- r = tasoitettu vuotuinen nettotulo ja

a, b, q, n ja o tarkoittavat laskentahetken ja nettotulon saantiajankohdan välistä odotusaikaa.

Kaava (7) edellyttää laskentatilannetta, jossa ensimmäinen tuloerä (R_o) saadaan välittömästi laskentahetkellä ja seuraavat tuloerät, jotka voivat olla keskenään eri suuruisia, saadaan eri pituisten odotusaikojen (a, b, \dots) päästä. Viimeinen kaavan lauseke edustaa päättymätöntä vuotuista tasatulojonoa. Tuloerät $R_a \dots R_{n-q}$ diskonttataan 10-vuotiskausien keskeltä ja ne edustavat kukin 10-vuotiskauden tuloerää. (Esim. SPEIDEL 1967, s. 113; AHONEN 1970, s. 30).

Jos kysymyksessä on vuotuisesti samansuuruisiksi tasoitettujen tulojen päättymätön jono, yksinkertaistuu kaava muotoon

$$(8) W_d = \frac{r}{i}, \text{ jossa } r = \text{tasoitettu vuotuistulo ja } i \text{ laskentakorkokanta. (Esim. SAARI 1940, s. 11; V. KELTIKANGAS 1965, s. 2; SPEIDEL mt. s. 113).}$$

Mikäli vuotuinen tasatulo oletetaan päättyväksi, on diskonttausarvon kaava seuraavassa muodossa.

$$(9) W_d = \frac{r(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}, \text{ kun symbolit ovat samat kuin edellä.}$$

Vielä voidaan mainita sellainen laskentatilanne, jossa metsäpalstan koko puusto on hakattavissa välittömästi ja palsta metsitetään sen jälkeen. Tapaus edustaa ns. »hakuarvon ja maanarvon summaa». (SAARI 1940, s. 13; V. KELTIKANGAS 1947, s. 72).

$$(10) W_d = R_o + \frac{T}{(1+i)^u - 1}, \text{ jossa } T = \text{kiertoajan (u) loppuun prolongoitujen nettotulojen summa (tulojäämä kiertoajan lopussa).}$$

Kaavassa (10) on diskonttausmenetelmään liitetty prolongaus. Toisin sanoen kysymyksessä on yhtälön oikean puolen lausekkeen viimeisen jäsenen osalta FAUSTMANN'in kaavaa edustava lauseke. Siinä prolongoidaan ensin kaikki kiertoajan kuluessa odotettavat

tulot ja menot kiertoajan loppuun, jossa tulojen ja menojen erotus on T. Tällöinkin on kysymyksessä — koko laskelman huomioon ottaen — diskonttausmenetelmä, sillä u vuoden välein toistuva T tulee diskontatuksi laskentahetkeen. Laskelmassa tapahtuva prolougau on ainoastaan diskonttausta edeltävä yksinkertaistus.

Diskonttausmenetelmällä saatavat arvoluvut ovat diskonttausarvoja siitä riippumatta, mitä nimeä laskentamenetelmästä on kulloinkin käytetty. Tässä yhteydessä on syytä kuitenkin korostaa, että tekijä ei tarkoita diskonttausarvolla »oikeaa» tai »todellista» metsän arvoa, vaan kysymyksessä on joitakin odotusmuuttujia käyttämällä saatu odotettavien tulojen, nettotulojen, menojen tms. arvoluku, joka antaa laskelman tekijän haluamaa informaatiota esimerkiksi metsän hinnoitusta varten. (Vrt. AHONEN 1970, s. 14—17).

22. Hakkuulaskelma tulonennusteen komponenttina.

221. Hakkuulaskelman periaate

Hakkuulaskelmaa käytetään metsätalouden suunnittelussa tietyn metsäalueen puuston, kasvun ja hakkuumäärän ennustamiseen yhdeksi tai useammaksi 10-vuotiskaudeksi eteenpäin. Tavallisimpia hakkuulaskelman tehtäviä on hakkuusuunnitteen määrittäminen. Hakkuusuunnitteella tarkoitetaan tällöin metsälölle tai muulle metsäalueelle suositeltavaa hakkuumäärää, jota sen esittäjä pitää tietyin edellytyksin toteutettavana olevana ja tarkoituksen mukaisena. Hyväksytty hakkuusuunnite merkitsee päätöksentekoa hakkuuohjelmasta. Sillä vahvistetaan suunta- viivat, joita noudattaen metsää käsitellään tulevan talouskauden aikana. Nämä suunta- viivat ohjaavat puuston pitkäaikaista kehitystä sekä sitä, kuinka paljon ja millaista puustoa hakkuissa tulee poistaa sekä milloin ja missä se tulee suorittaa. (Esim. LIHTONEN 1958, s. 200; NYSSÖNEN 1958, s. 5; KUUSELA 1959, s. 6 ja 1961, s. 91; ILVESSALO 1965, s. 347—348). Hakkuulaskelmalla määritettävä hakkuusuunnite edellyttää mitä erilaisimpien tekijäin huomioon ottamista. Se muodostaa itse asiassa lopullisen yhteenvedon niistä biologisista, taksatorisista, metsänhoitotek-

nisistä, taloudellisista ym. tekijöistä, joita sitä laadittaessa otetaan huomioon (V. KULTIKANGAS 1943, s. 199). Olennaista on myös, että esitettävän hakkuusuunnitteen kulloisetkin edellytykset on määritettävä. Muutoin hakkuusuunnitteella on vähäinen käyttöarvo. (KUUSELA 1959, s. 6 ja 1961, s. 91). Tästä taas seuraa, että samalle metsälle voidaan laatia lukuisia erilaisia hakkuusuunnitteita, joita kaikkia voidaan sanoa oikeiksi omien ehtojensa mukaisesti (SAARI 1961, s. 49).

Ennustetyyppinä voitaneen edellä lyhyesti hahmoteltua hakkuuohjelmaan tähtäväää hakkuulaskelmaa, joka tulee kysymykseen ennen kaikkea metsätalouden järjestelyssä, luonnehtia *asiaanvaikuttajan ennusteeksi*. Kysymys on toisin sanoen ohjelmoinnista, jolla vastataan kysymykseen; mitä on tehtävä, jotta pääsisimme tiettyyn päämäärään. Etsitään siis keinoja asetetun tavoitteen saavuttamiseksi. (NIITAMO 1963, s. 354—355).

Tässä tutkimuksessa hakkuulaskelman käyttötarkoitus on tavoitteiltaan edellisestä jonkin verran poikkeava. Hinnoitusinformaatiota hankittaessa tarvitaan eri lähtökohtiin perustuvia vaihtoehtoisia hakkuulaskelmia tulonennusteen perustaksi. Tällöin lähtökohdat ovat ainakin osittain erilaisia kuin metsätalouden järjestelyn yhteydessä on tavanomaista. (AHONEN 1970, s. 16). Ennusteiden lähtökohtana on erilaisia fiktiivisiä toimintavaihtoehtoja, jotka antavat informaatiota pyydettyään tai tarjottavan kaupahinnan edullisuudesta päätöksentekijälle. Ennusteiden tulee tosin olla yleensä siinä suhteessa realistisia, että ne tarvittaessa voidaan toteuttaa. Silti käytännön hinnoituksissa on todettu käytettävän sellaisiakin vaihtoehtoja, joita ei ole mahdollista toteuttaa. Tällainen vaihtoehto on useimmiten puuston hakkuuarvon ja maanarvon summana laskettu metsän arvo. (Esim. SAARI 1940, s. 6—7). Ei voida kuitenkaan kieltää, etteikö epärealistinenkin ennuste tarjoa informaatiota. Informaatioaste on tällöin kuitenkin suhteellisen vähäinen. Hinnoitusinformaation tulonennustevaihtoehtoja ei ole ajateltu — vaikka ne olisivat realistisiakin — toteutettaviksi toimintaohjelmiksi. Siitä syystä tässä esiintulevia hakkuuennusteita voitaneen luonnehtia erotuksena edellä mainituista asiaanvaikuttajan ennusteista *fiktiivisiksi ennusteiksi*. Ne vastaavat kysymykseen mitä tapahtuu

tai mitkä ovat relevantit seuraukset hinnoittajan kannalta, jos jokin esiin tuleva vaihtoehto toteutettaisiin. (NITAMO mt. s. 354). Vaikka esillä olevassa tutkimuksessa käytettävä hakkuulaskelma on ennustetyyppinä tavanomaisesta poikkeava, se rakentuu laskentateknisiltä periaatteiltaan samoin kuin hakkuulaskelma yleensä laaditaan.

Menetelmiä vastaisen hakkuumäärän laske- miseksi ovat maassamme esittäneet mm. ERICSSON (1906), MORING (1907) ja LINDHOLM (1907). Sittemmin LÖNNROTH (1919; 1927) kehitti menetelmän, jossa mm. nyky- puustoa verrattiin tavoitepuustoon hakkuu- suunnitetta määritettäessä. Y. ILVESSALO (1942; 1956) on käyttänyt kolmea rinnakkais- ta menetelmää valtakunnan metsien inven- tointien yhteydessä. LIHTOSEN (1943; 1959) laskennalliseen muotoon kehittämä tuotto- hakkauslaskelma oli laajassa käytössä mm. valtakunnan metsien inventoinneissa (LIH- TONEN 1946; Y. ILVESSALO 1959) ja laadittaes- sa valtionmetsien hoitoalueille taloussuunni- telmia (LINNAMIES) 1961). Tuottohakkaus- laskelmaa on laadittu myös metsän tuotto- arvon laskemiseksi (KALLIO 1958). (KUUSELA ja NYSSÖNEN 1962, s. 5—6).

Tässä tutkimuksessa käytettävän hakkuu- laskelmamenetelmän valinta muodostui olen- naiseksi tehtäväksi, kun tutkimusaineisto tuli käsittelyvaiheeseen. Valittavissa oli täl- löin edellä mainittu tuottohakkauslaskelma sekä KUUSELAN (1959) esittämä kehityslas- kelma. — Myöhemmin, kun tämän tutkimuk- sen hakkuulaskelmat olivat jo valmiina, esittivät KUUSELA ja NYSSÖNEN (1962) ns. tavoitehakkuulaskelman, joka on avannut mahdollisuuksia entistä parempiin hakkuu- ennusteen ratkaisuihin. — Kun valittavalle hakkuulaskentamenetelmälle asetettiin pe- rusvaatimuksiksi työmäärältään mahdoli- simman edullinen ja normeiltaan riittävän täsmällinen menetelmä, valituksi tuli KUUSELAN *kehityslaskelmamenetelmä*, jonka yleis- periaatteet hahmotellaan lyhyesti seuraavas- sa.

Kehityslaskelman lähtökohdaksi otetaan nykypuusto ikäluokittain ja metsällisine tunnuksineen. Nykypuuston ikäluokittaiset keskikuutiot ja kasvut ovat kunkin luokan keskimääräisiä tunnuksia ja iän mukaisessa akselistossa niiden paikka on 10-vuotiskau- den keskellä. Nykypuuston rinnalle on hah- motettava *tavoitepuusto*, joka on tunnettava

samaan tapaan ikäluokittain kuin nykypuus- tokin. Tavoitepuusto osoittaa nykypuuston käsittelyn suuntaviivat ja on siten nyky- puuston ohella välitön hakkuusuunnitteen määrään ja rakenteeseen vaikuttava tekijä. Laskentatekniikassa käytetään nykypuustoa *alkupuustona*, johon lisätään kussakin ikä- luokassa kuutioina ilmaistu kasvuluku. Tä- mä käsitetään siten, että tietyn suuruinen puusto kasvaa iän ja kuutiomäärän funktio- na ja samanaikaisesti ikäluokista hakataan harvennusten ja väljennysten edellyttämä puumäärä. Kasvulukuun sisältyy siis sekä kehitettävän puuston että hakkuusuunni- teen kasvu jakson aikana. Se on suuruudel- taan yksinomaan alkupuuston funktio riip- pumatta hakkuun voimakkuudesta. Hehtaa- ria kohti lasketun kasvun ja hakkuumäärän erotus osoittaa ikäluokan keskikuution muu- toksen, jonka perusteella saadaan keskikuu- tio jakson lopussa eli *loppukuutio*, joka on seuraavan ikäluokan uusi alkukuutio. Kehi- tyslaskelmaa on selvitetty yksityiskohtaisesti kirjallisuudessa. (KUUSELA 1959; KUUSELA ja NYSSÖNEN 1962, s. 8). Esimerkkiaineiston käsittelyä tuonnempana selvitettyäessä pala- taan lähemmin kehityslaskelman yksityis- kohtiin.

222. Hakkuuennusteen ajoituksen vaihtoehdot

Samalle metsälle voidaan laatia useita eri- laisia hakkuusuunnitteita sen mukaan, min- kälaista hakkuitten paikallista ja ajallista järjestystä hakkuulaskelmia laadittaessa kul- loinkin noudatetaan. Vaihtoehtoinen hak- kuitten ajoitus on mahdollista lähinnä siitä syystä, että puulla ei ole määrättyä hakkuu- kypsyysikää. (Esim. BLANKMEISTER 1956, s. 120—121; V. KELTIKANGAS 1969, s. 134). Ääritapauksina voidaan toisaalta hakata metsäpalstan koko puusto yhdellä kertaa ja toisaalta on mahdollista pidättää hakkaa- masta puustoa pitkäksi aikaa. Käytännön metsätaloudessa vaihteluväli on yleensä kui- tenkin huomattavasti suppeampi. Tosin puus- ton kertarealisointikin on käytännössä mah- dollista, mikäli kysymyksessä on pienehkö metsäala ja se on vajaapuustoinen tai puusto on esimerkiksi järeytensä ja ikänsä suhteen kokonaisuudessaan hakkuukelpoista. Koko- naan hakkuista pidättyminen taas tulee ky-

symykseen sellaisissa olosuhteissa, joissa puulla ei ole menekkiä tai jonkin suhteellisen lyhyen ajanjakson kuluessa metsänomistajasta johtuvista syistä. Yleensä — kun rajoitetaan hakkuisiin ja hakkuumahdollisuuksiin — voidaan erottaa kolme pääsuuntaa:

1. Hakkuut keskitetään lähivuosiin niin voimakkaana, että myöhemmät hakkuumahdollisuudet vähenevät esimerkiksi toisen ja kolmannen vuosikymmenen aikana,

2. hakkuumahdollisuudet pyritään pitämään suunnilleen samansuuruisena, jolloin kysymyksessä on hakkuitten tasaisuuteen perustuva kestävyiden periaate.

3. hakkuumahdollisuuksia pyritään lisäämään tulevaisuudessa puustoa kartuttamalla ja lähiaikojen hakkuita vähentämällä sekä eri tavoin voimaperäistämällä metsätaloutta. Tällöin on kysymyksessä dynaamiseen ajastutapaan perustuva progressiivinen eli edistyvä metsätalous. (SAARI 1950, s. 277—279).

Edellä hakkuuennusteen ajoitusta on tarkasteltu lähinnä metsätalouden järjestelyssä esille tulevasta asiaanvaikuttajan ennusteen näkökulmasta, jolloin hakkuuennusteella on ohjelmoinnin luonne. Hinnoituksessa tarvittavan, luonteeltaan fiktiivisen ennusteen ajoituksen lähtökohdat ovat eräiltä osin edellisestä poikkeavat, kuten aiemmin on korostettu. Hinnoittaja ei pyri laatimaan hakkuuennusteesta toteutettavaksi tarkoitettavaa hakkuuohjelmaa, vaan hänen tarkoituksenaan on kartoittaa hinta-arvioiden vaihtoehtokenttää voidakseen tehdä päätelmiä metsäpalstasta vaadittavasta tai tarjottavasta hinnasta hintaneuvottelun yhteydessä. Ennen kauppahintapäätöstä ostajalla ei ole varmuutta, ryhtyykö hän toteuttamaan jotakin fiktiivisen hakkuuennusteen vaihtoehtoa hakkuuohjelmana, koska kaupan päättäminen ja sen ehdot muodostavat tavallisesti uuden tilanteen ohjelmoinnin lähtökohdaksi. Myyjä taas luopuu kaupan kohteena olevasta metsäpalstasta, joten hänen on perustettava hakkuuennustetta koskevat fiktionsa oletettaviin potentiaalisten ostajien suunnitelmiin. Samalla hän tietenkin on joutunut lähtemään myös siitä mahdollisuudesta, ettei kauppaa synny ja että hän joutuu jatkamaan metsäpalstan käyttöä omassa taloudessaan kenties muuttunein edellytyksin.

Fiktiivisen ennusteen poikkeavuuteen asiaanvaikuttajan ennusteesta hakkuulaskelmaa laadittaessa vaikuttaa olennaisesti aika-

tekijä. Kun tulevaisuudessa hakkuukertymät ja niistä saatavat tulot ovat kaupan kohteena, maksaa ostaja etäämpänä olevista tuloista vähemmän kuin lähempänä olevista tuloista. Täten eriaikaisilla tuloilla on erilainen paino. Esimerkiksi toisen 10-vuotiskauden tulot, kun ne diskontataan 5 % mukaan kauden keskeltä ovat nykyarvoltaan vajaa puolet (0.481) laskentahetken tuloista. Tällä seikalla on selvästi korostava vaikutus hakkuitten ajallisen tahdistuksen merkitykseen hinnoituksessa. Esimerkiksi SAAREN esittämä hakkuumahtomenetelmä, johon palataan tuonnempana erikseen, perustuu olennaisesti ajan arvostuksesta aiheutuvaan tulojen erilaiseen painotukseen. Etäisten tulojen saama vähäinen paino taas vähentää näiden tulojen epävarmuuden vaikutusta lopputulokseen.

Hakkuuennusteen ajoituksen vaihtoehdoille tulisi voida asettaa hinnoitustilanteelle relevantit normit. Kuten hakkuulaskelman periaatetta tarkasteltaessa ilmeni, muodostavat metsäpalstan nykypuuston taksatoriset tunnuksiset hakkuuennusteen lähtökohdan. Mitattavissa olevina suureina niitä voidaan pitää kussakin laskentatilanteessa annettuina. Edellä käsitellyt metsätalouden kestävyiden vaihtoehdot ovat eräs mahdollisuus puuston käsittelyn normeiksi. (vrt. s. 19). Niitä on kuitenkin vaikea määrittellä numeerisesti, mikä hinnoitusinformaation kannalta olisi kuitenkin tärkeää. Tässä tutkimuksessa on sen takia valittu täsmällisemmin ilmaistavana tunnuksena *puuston alkuhakuu prosentteina alkupuuston kuutiomäärästä vaihtoehtoiseksi muuttujaksi, jolla puuston käsittely aloitetaan*. Tämän jälkeen muodostaa *tavoitepuusto tunnuksineen puuston myöhemmälle käsittelylle suuntaa antavan normijärjestelmän*. Tavoitepuuston asettamisessa ja sen soveltamisessa hakkuuennusteen laadintaan on kuitenkin lukuisia vaihtoehtoisia mahdollisuuksia. Ratkaisevimmin vaikuttaa odotettavaan hakkuukertymään ja sen rakenteeseen — sen jälkeen kun alkuhakuu on jo määritetty — se, miten suurikuutioiseksi ja nopeasti saavutettavaksi tavoitepuusto on asetettu. Tässä suhteessa ei ole käytettävissä mitään yleistä normitusta. Esillä olevan tapaisessa tutkimuksessa voitaneen valita jokin sellainen tavoitepuusto, joka suunnilleen vastaa jotakin käytännössä sovellettua tai soveltamiskelpoista tavoitepuustomallia. Kysymykseen saattaisi tulla myös erilaisten tavoitepuustojen vaihtoehtoinen

käyttäminen. Hinnoitusinformaation hankinnan kannalta on kuitenkin tärkeää, että hinnoittajat ovat tietoisia kulloinkin sovelletun tavoitepuuston tunnuksista ja sen saavuttamiseen varatusta aikavälistä. Tässä tutkimuksessa noudatettua menettelyä selostetaan erikseen tuonnempana.

Yleisesti voidaan todeta, että hakkuuennusteen vaihtoehtosovellutukset ovat verraten monidimensioisia ja vaikeahkosti täsmälleen määritettäviä. Valintakriteerit joudutaan tästä syystä vahvasti yksinkertaistamaan. Toisaalta useiden vaihtoehtojen samanaikainen käyttäminen korvannee osittain yksinkertaistuksesta aiheutuvaa informaatiokatoa.

23. Hakkuumahtojatteluun perustuva tulonennuste ja diskonttausarvo

Hakkuuennusteen ajoituksen vaihtoehtoja tarkasteltaessa kiinnitettiin erityisesti huomiota sellaiseen vaihtoehtoon, jossa hakkuiden painopiste sijoitetaan hakkuulaskelmaa laadittaessa lähivuosiin tai laskentahetkeen. Tätä ajattelutapaa edustaa ääritapauksena ns. summamenetelmä, jossa koko puusto kuvitellaan välittömästi realisoitavaksi ja hinnoitettavaksi hakkuuarvona ja sen jälkeisistä metsiköistä odotettavat nettotulot hinnoitetaan »maanarvona». Menetelmä saa matemaattisen ilmaus edellä esitetystä kaavasta (10). Summamenetelmää tekijä on tarkastellut yksityiskohtaisesti aiemmassa tutkimuksessa (AHONEN 1970, s. 37—54). Käytännössä mainittua hinnoitustapaa on sovellettu laajalti. Sen rinnalla on käytetty myös yleisesti tapaa arvioida hakkuuarvona vain se osa puustosta, joka olisi todellisuudessa realisoitavissa. Jäljelle jäävä osa metsästä on hinnoitettu esimerkiksi tuottoarvona. Tältä pohjalta on kehitetty *hakkuumahtomenetelmiä*, joita ovat esittäneet SAARI ja DIETERICH (V. KELTIKANGAS 1947, s. 78—82).

SAAREN hakkuumahtomenetelmässä *hakkuumahdolla* tarkoitetaan suurinta mahdollista hakkuumäärää, joka metsästä voidaan hakata niitten rajoitusten puitteissa, joita lainsäädäntö, menekkiolot ja muut teknillis-taloudelliset tosiasiat asettavat metsän käyttöle. *Kertamahto* on suurin yhdellä kertaa hakattavissa oleva puumäärä ja *jaksomahto* on

suurin tietyn ajan kuluessa hakattavissa oleva puumäärä. (V. KELTIKANGAS mt. s. 78). Esillä olevassa tutkimuksessa tarkoitetaan hakkuumahdolla kertamahtoa.

Hakkuumahtomenetelmällä tarkoitetaan tässä diskonttausmenetelmää, joka perustuu hakkuumahtoa soveltavaan hakkuuennusteeseen. Kaava (7) edustaa hakkuumahtomenetelmää sellaisessa tapauksessa, kun kaavan symboli R_0 tarkoittaa hakkuumahtoa (s. 17).

SAAREN ja DIETERICH'in hakkuumahtomenetelmille on yhteisenä lähtökohtana ilmeinen pyrkimys systematisoida yhtenäiseksi menetelmäksi eräs käytännössä sovellettu hinnoitustapa sekä saattaa summamenetelmä realistiselle pohjalle rajoittamalla hinnoitushetkellä realisoitavaksi kuviteltava puusto todellisuudessa hakattavissa olevaan osaan.

DIETERICH hinnoittaa kertamahdon hakkuuarvona ja lisää näin saatuun arvolukuun pienen puuston erillisen arvon sekä maanarvon. Suuria metsäpalstoja (n. 5 000 ha) hinnoitettaessa arvioidaan jaksomahto ja se jaetaan vuosien lukumäärällä. Vuotuiset nettotulot diskontataan sen jälkeen nykyhetkeen. Pieni puusto, joka ei sisälly jaksomahtoon, sekä maanarvo hinnoitetaan erikseen ja lisätään järeän puuston diskonttausarvoon. (DIETERICH 1945, s. 108—109).

SAAREN menetelmässä hakkuumahdon arvioiminen ja hinnoittaminen tapahtuu samaan tapaan kuin DIETERICH'in menetelmässä. Hakkuumahdon arvoluku (R_0) muodostaa ensimmäisen tuloeran diskonttauslaskelmassa, joten heti hakattavasta puustosta saatava rahatulo ja myöhemmin odotettavat tuloerat nivoutuvat yhtenäiseksi diskonttausarvolaskelmaksi. (vrt. V. KELTIKANGAS, mt. s. 81). Toisin sanoen SAAREN *hakkuumahtomenetelmä* on — kuten edellä olevasta määritelmästä ilmenee — *sellainen metsän diskonttausarvo, jossa hakkuista pyritään keskitämään mahdollisimman suuri osa hinnoitushetkeen*.

Puhuttaessa seuraavassa hakkuumahtomenetelmästä tarkoitetaan yksinomaan SAAREN menetelmää, ellei erikseen toisin mainita. Tämä hinnoitustapa käsitetään tässä esityksessä eräksi hakkuitten ajalliseen järjestykseen perustuvaksi vaihtoehdoksi hinnoitusinformaatiota hankittaessa. Sen rinnalla oletetaan käytettävän myös muunlaisen hakkuitten ajalliseen tahdistukseen perustuvia diskonttauslaskelmia. Kuten aiemmin on todet-

tu, tämä menetelmä edustaa ajallisen hakkuu-järjestyksen sellaista ääritapausta, joka on realistinen siinä suhteessa, että sen edellyttämä hakkuu on mahdollinen toteuttaa.

Hakkuumahtomenetelmän käyttöä voidaan motivoida ensinnäkin *käytännöstä otetuilla näkökohdilla*. Kuten edellä mainittiin, käytännön hinnoituksissa tiedetään ainakin Suomessa laajalti käytetyn summaamismenetelmää, jossa koko puusto ajatellaan välittömästi hakattavaksi. Lienee syytä olettaa, että käytännön hinnoittajalla on ollut tähän omat perusteensa. Toinen käytännön näkökohta on, että myös hakkuumahtomenetelmän tapaista hinnoitusta on todellisuudessa esiintynyt. Edelleen on havaittu, että hakkuumahtomenetelmällä saadut hinta-arviot vastaavat paremmin maksettuja kauppahintoja kuin esimerkiksi tasatulon odotukseen perustuva tuottoarvo (V. KELTIKANGAS 1947, s. 82; AHONEN 1957, s. 195). Metsäpalstojen kauppahintatilastot näet osoittavat, että metsän hehtaarihinta nousee metsäpalstan pinta-alan pienessä (ROTHKEGEL 1949, s. 60; KOKKONEN 1940; DIETERICH 1945, s. 12—13; V. KELTIKANGAS 1947, s. 73—78). Tätä voidaan selittää mm. sillä, että pienien palstojen kysyntä on suurempi kuin suurialaisten metsien. Kun toisaalta hakkuumahtomenetelmää käytettäessä hakkuumahdon osuus voidaan toteuttaa pienillä metsäpalstoilla suhteellisesti suurempana kuin suurilla metsäaloilla ja kun hakkuumahdon suureneminen suurentaa yleensä myös diskonttausarvoa, tulee hehtaarihintojen vaihtelu hakkuumahtomenetelmässä otetuksi huomioon saman suuntaisena kuin kauppahintojen vaihtelu. Diskonttausarvon suureneminen hakkuumahtoa sovellettaessa ei kuitenkaan ole yleistettävissä, koska se riippuu käytettävästä laskentakorosta ja puuston ikärakenteesta. Tähän kysymykseen palataan tuonnempana.

Hakkuumahtomenetelmän perusteluja voidaan etsiä myös likviditeetti-teoriasta. Tätä on käsitelty verraten laajasti kirjallisuudessa (esim. SILLÉN 1915; STUCKEN 1940; DILLARD 1949; WESTERFIELD 1950; WOODWORTH 1950; KEYNES 1951; SCHNEIDER 1952; VAIVIO 1953; FISCHER, G. 1957; VAIVIO 1959). Seuraavassa on tarkoitus ainoastaan lyhyesti ja viitteenomaisesti etsiä joitakin esimerkkiihteyksiä tämän teorian ja hakkuumahtoajattelun väliltä.

Taloussubjektin hallussa oleva ostovoima

on subjektille *maksuvalmiusarvostuksellaan* (liquidity-preferens) erilaista sen mukaan, missä määrin hän haluaa pitää ostovoimaansa välittömän likvidin käyttöoikeuden muodossa ja missä määrin hän on valmis luopumaan tuon ostovoiman välittömästä käyttöoikeudesta määrätyksi tai epämääräiseksi ajaksi (KEYNES 1951, s. 200). Maksuvalmiusarvostuksen selittämiseksi KEYNES esittää neljä vaikutinta:

1) *tulovaikutin* (incoms-motive) tarkoittaa subjektin tarvetta pitää ostovoimana rahaa hallussaan, koska tulot ja menot eivät esiinny saman aikaisesti,

2) *liikevaikutin* (business-motive) syntyy analogisena tulovaikutin kanssa tarpeesta luoda yhteys kulujen suorittamisajankohdan ja myynnistä saatavien tulojen kertymisajankohdan välille.

3) *varovaisuusvaikutin* (precautionary-motive) aiheutuu tarpeesta varautua edeltäkin arvaamattomien menojen tai edullisten kaupantekotilaisuuksien varalle ja

4) *havittelevaikutin* (speculative motive), jota KEYNES pitää maksuvalmiusarvostuksen kannalta erityisen tärkeänä, perustuu tarpeeseen pitää hallussaan rahaa spekulatiivisia tarkoituksia varten. (KEYNES mt. s. 231—232).

Likvideimmässä muodossaan ostovoima esiintyy käteisenä *rahana*. Rahan *maksuvalmius* useimpiin muihin hyödykkeisiin perustuu siihen, että sillä ei ole säilytyskustannuksia ja että se on yleisesti hyväksyttyinä maksuvälineenä välittömästi käytettävissä maksujen suorituksiin (KEYNES mt. s. 265—266; VAIVIO 1953, s. 76). Liikeyrityksessä saatetaan pitää suurehkoa varastoa, koska se edustaa vakaata omaisuusmäärää. Tämän maksuvalmiusedun voivat kuitenkin kumota säilytyskustannukset, jotka aiheutuvat varastoinnista, turmeltumisvaarasta jne. Kun varastot saavuttavat tietyn suuruuden, niiden pitäminen aiheuttaa tappiota. (KEYNES mt. s. 274). Likvidi yritys tarkoittaa, että yrityksellä on kassaa. Tätä kassaan perustuvaa likviditeettiä voidaan sanoa *välittömäksi likviditeetiksi*. (VAIVIO mt. s. 76).

Omaisuuksineiden ja oikeuksien likviditeetti aiheutuu mahdollisuudesta vaihtaa ne myymällä rahaksi. (WESTERFIELD 1950, s. 491). Tästä syystä voidaan omaisuuksineiden likviditeetikäsitteen sijasta puhua näiden *rahaksimuuttokelpoisuudesta* (VAIVIO mt. s.

76). Rahaksimuutto tapahtuu tavallisesti taloussubjektin likviditeetin turvaamiseksi. Vastakohtana subjektin likviditeetille on edellä mainittu omaisuusosien likviditeetti eli rahaksimuuttokelpoisuus. Omaisuuden realisoinnin avulla saavutettava maksuvalmius vaihtelee riippuen omaisuusosineen realisoimiskelpoisuudesta sekä siitä, minkä taloussubjektin hallussa omaisuusosine on. Hetkellä t_0 ei olla ehdottoman varmoja siitä, minkälainen omaisuusosien rahaksimuuttokelpoisuus on jonakin myöhempanä ajankohtana t_1 . Hetkellä t_0 määritettävään, mutta epävarmuuden sävyttämään t_1 -hetkeen perustuvaa likviditeettiä voidaan sanoa *ennakoiduksi likviditeetiksi*, mikä merkitsee arvostelmaa mahdollisuuksista lisätä välitöntä likviditeettiä. Kun tämä mahdollisuus on eri tapauksissa erilainen, on omaisuusosineiden ennakoitulla likviditeetillä erilaisia *likviditeettiasteita*. (VAIVIO mt. s. 77—79).

Sovellettaessa likviditeettiteoriaa *metsään* joudutaan aluksi korostamaan tämän omaisuuslajin erikoisluonnetta siinä suhteessa, että metsän puusto (pystyyn myyntiä ajatellen) on suurelta osin samanaikaisesti »tuotantokoneistoa» ja tuotetta. Tämä yhtäläisyys koskee *markkinakelpoista* puuston osaa, jonka rahaksi muuttamiselle menekkiolot eivät ole esteenä (V. KELTIKANGAS 1938, s. 88). Metsäpalstan koko markkinakelpoisen puuston kertarealisointi ei kuitenkaan ole yleensä mahdollista mm. lainsäädännöllisten esteiden takia (esim. V. KELTIKANGAS 1938, s. 112; SAARI 1940, s. 6). Sitä puuston osaa, joka kulloinkin on välittömästi hakattavissa, sanotaan *realisoimiskelpoiseksi* puustoksi (V. KELTIKANGAS mt. s. 88). Aiemmin käsitelty hakkuumahtoaajattelu perustuu siten realisoimiskelpoisen puuston rahaksimuuton mahdollisuuteen. *Hakkuumahto merkitsee* likviditeettiteorian käsitteistöön sovellettuana *ennakoitua likviditeettiä eli rahaksimuuttokelpoisuutta* ja samalla tiettyä *maksuvalmiusetua* metsänomistajalle. Jos verrataan realisoimiskelpoista puustoa maksuvalmiusarvostuksen kannalta edellä esillä olleeseen likeyrityksen varastoon, ei puustolla ole yleensä turmeltumisvaaraa eikä samanlaista säilytyskustannushaittaa kuin varastolla. Puuston maksuvalmiusetuihin kuuluu — myös käteiseen rahaan verrattuna — sen ominaisuus lisääntyä sekä määrältään että arvoltaan. Käteistä rahaa pidettäessä näet joudutaan luo-

pumaan pankkikorosta tai sen sijoittamisella hankittavasta voitosta.

Mikäli hyväksytään KEYNES'in (mt. s. 201) esittämä ajatus, jonka mukaan korko on korvaus tietyn ajan maksuvalmiusedusta luopumisesta, on tämä luonteva selitys sille, että hakkuumahto (R_0) hinnoitetaan tekemättä siitä diskonttovähennystä.

Hinnoitettavat metsäpalstat vaihtelevat huomattavasti puustonsa rahaksimuuttomahdollisuuksien suhteen. (Vrt. esim. SPERDEL 1970, s. 180). Pääasiassa kehittämiskelpoista nuorta puustoa käsittävien metsien puustoa ei kenties voida lainkaan realisoida pitkiin aikoihin. Toisaalta taas on metsäpalstoja, joiden koko puusto voidaan kerralla hakata, niinkuin jo aiemmin on todettu. Näiden ääritapausten välille jää realisointi- ja maksuvalmiusasteeltaan lukuisia väliasteita. Tältä pohjalta voidaan päätellä, että hakkuumahtoa hinnoitusvaihtoehtona käyttävä hinnoittaja haluaa mitata *metsäpalstan likviditeettietua*. Tämä saattaa tapahtua esimerkiksi kahden vaihtoehtolaskelman perusteella. Jos hakkuumahtoon perustuvaa diskonttausarvoa merkitään D_h ja tasaisen tulon odotukseen perustuvaa diskonttausarvoa D_t , voidaan maksuvalmiusetua mittaavana suureena pitää erotusta $D_h - D_t$. Mainittu etu on kysymyksessä siinä tapauksessa, kun erotus on positiivinen.

Myös eri hinnoittajat ovat puheena olevan maksuvalmiusedun tarpeellisuuden suhteen erilaisessa asemassa. Jos metsäpalstan hinnoittajalla on muita kuin hinnoitettavasta metsäpalstasta odotettavia tuloja metsäpalstan hintaan ja muihin menoihin nähden suhteellisen runsaasti, hän kenties arvostaa likviditeettietua lähinnä vain varovaisuusvaihtokuttimen (precautionary-motive) osalta. Varsin usein ainakin Suomen olosuhteissa metsäpalstan ostoja tapahtuu sellaisissa tapauksissa, joissa ostajalla on puutetta jopa metsäpalstan hinnan maksuunkin tarvittavasta pääomasta. Hän saattaa päätyä kuitenkin kauppaan lainapääoman turvin, jos hän arvioi voivansa välittömästi realisoida metsäpalstan puustoa ainakin lainan suuruisella määrällä.

Kuten aikaisemmin on huomautettu, hakkuumahto saatetaan arvioida niin voimakkaana, että myöhempien vuosikymmenien hakkuutulot vähenevät olennaisesti, mikäli realisoimiskelpoinen puusto hakataan. Koska

nämä syy- ja seuraussuhteet voidaan vaihtoehtoisia hakkuulaskelmia laatimalla ennustaa, voitaneen arvella hinnoittajaa kiinnostavan mm. sellaisen vaihtoehdon — hänen harkitsemaan hakkuumahdon voimakkuusastetta — jossa kertarealisoinnilla saatava maksuvalmius ja myöhemmät hakkuumahdollisuuskäsitetykset ovat keskenään subjektiivisen käsityksen mukaisessa tasapainossa.

Esillä olevassa tutkimuksessa hakkuumahdotmenetelmää pidetään eräänä vaihtoehtona hinta-arviointia suoritettaessa, kuten edellä jo on todettu. Sen lisäksi oletetaan tarvittavan myös muunlaista hakkuujärjestystä edellyttäviä hakkuuennusteita ja niihin perustuvia diskonttausarvoja. Tuonnempana esille

tulevan esimerkkiaineiston hakkuulaskelmia laadittaessa hakkuumahtomenetelmää pidetään vain *laskentateknisenä* lähtökohdantana siten, että kaikissa aineiston hakkuulaskelmavaihtoehtoissa esiintyy käsittelynormina laskentahetken sijoitettu alku- eli lähihakkuu. Näissä laskelmissa alkuhakkuun määrä on näet riippumaton puuston realisoimiskelpoisuudesta. Toisin sanoen alkuhakkuu vaihtelee porrastaen 10—100 %:iin, jolloin toisissa tapauksissa hakattavaksi merkittävä määrä ylittää hakkuumahdon ja toisissa tapauksissa se on hakkuumahtoa vähäisempi. Tämä menettely perustuu alussa esitettyyn tutkimustavoitteeseen, joka on hinnoituksen metodinen yksinkertaistaminen.

3. VAIHTOEHTOLASKELMIA HAKKUUMÄÄRÄENNUSTEISTA JA NIIDEN DISKONTTAUSMÄÄRISTÄ

31. Laskelmien tarkoitus

Seuraavassa esitettävillä vaihtoehtolaskelmilla pyritään selvittämään, onko diskonttauslaskelmilla saatavien tulosten ja metsässä arvioitavissa olevien taksatoristen tunnusten välillä sellaisia invariansseja, jotka mahdollistavat lähtökohtahypoteesien mukaisen hinta-arvioinnin yksinkertaistamisen. Laskelmien laatimisen tavoitteena on siis metodisten periaatteiden selvittäminen, joten niiden luku-arvoilta sellaisinaan ei edellytetä yleistettävyyttä. Laskelmat ja niiden aineisto on tästä syystä esimerkin luonteinen kokeilu. Jotta varmistettaisiin kuitenkin esimerkkiaineiston realistisuus eli se, että esimerkki ja sen tulokset ovat käytännössä mahdollisia, on aineisto hankittu tätä tavoitetta silmällä pitäen.

32. Esimerkkiaineisto ja sen käsittely

321. Aineiston valinta ja koealatiedot

Aineiston valintaan näytti olevan useita mahdollisuuksia. Eräs tapu olisi ollut kerätä aineisto otantaan perustuen, jolloin tuloksilta olisi voitu odottaa yleistettävyyttä. Tämä vaihtoehto jouduttiin kuitenkin hylkäämään tutkimuksen tässä vaiheessa, koska ei ollut tarkoituksenmukaista suorittaa näin laajaa tutkimusta ennen nyt esillä olevan metodisen perusratkaisun tutkimista.

Toisena vaihtoehtona oli perustaa laskelmat jo arvioituja kokonaisia metsäpalstoja käsittävään aineistoon. Tämän vaihtoehdon toteuttamiseksi tekijä sopi KALLION kanssa siitä, että hän laatisi pitkäjänteisiä hakkuulaskelmia käytettävissään olevalle metsäpalsta-aineistolle. Tämän yhteistyön tuloksena KALLIO julkaisi tutkimuksen »Hakkauslaskelman laatiminen erityisesti metsän tuottoarvon laskemista varten» (1958). Tekijä taas valmisti tutkimuksen »Hakkuujärjestyksen vaikutus metsän tuottoarvoon». Tekijän tutkimus näytti osoittavan tiettyjä invariansse-

ja, jotka viittasivat hinnoitusmenetelmän yksinkertaistamismahdollisuuteen ja jotka riippuvuussuhteet on esillä olevassa tutkimuksessa otettu hypoteeseina huomioon. Mainittua tutkimusta ei kuitenkaan katsottu aiheelliseksi julkaista, koska aineistoa ei pidetty määrällisesti eikä laadullisesti riittävän todistusvoimaisena mainittujen invarianssien ja yksinkertaistamismahdollisuuksien toteamiseen. (AHONEN 1959, s. 55—56). Metsälökohtainen aineisto näet osoittautui liian heterogeeniseksi ja käytetty tuottohakkauslaskelmamenetelmä siinä määrin subjektiiviseksi, että tekijä piti tarkoituksenmukaisena valita uuden aineiston ja jatkaa tutkimusta edellä mainitun konekirjoiteasteelle jääneen esitutkimuksen tulosten pohjalta.

Laskelmien pohjaksi valittiin kolmantena vaihtoehtona pelkät koealatiedot, joita käytettiin koemetsien konstruoimiseen. Hakkuulaskelmien laatimiseksi valittiin KUUSELAN esittämä *kehityslaskelma*, joka näytti soveltuvan nimenomaan pitkäjänteisten hakkuulaskelmien laatimiseen. (KUUSELA 1958, s. 29; 1959, s. 20—21).

Koealatiedot kerättiin metsähallituksen koealalokkeilta, jotka perustuvat valtakunnan metsien inventoinnin täydennysarviointiin 1955. Alueellisesti koealat ovat metsähallinnon keskisestä tarkastuspiiristä, johon kuuluvat Saarijärven, Keuruun, Jämsän, Laukaan, Heinolan, Korkeakosken ja Evon hoitoalueet. Esimerkkiaineistoksi otettiin kaikki mainitun alueen mäntyvaltaiset kuivien kankaiden (CT, VT) mitatut koealat, joita kertyi yhteensä 77. Koealat edustavat kanerva- ja puolukkatyyppiä suhteessa 351: 649. Männyn osuus on 86 %, kuusen 7 % ja koivun 7 % kuutiomäärästä.

322. Koealametsän konstruoiminen

Koeala-aineistolle on laskettu keskimääräiset tunnuksat hehtaaria kohti. Niiden perusteella on mahdollista muodostaa halutun

Taulukko 2. Nykypuuston alkukuutiot, keskimääräiset kuutiokasvut ja kasvuprosentit.

Tafel 2. Anfangskubikmassen des Bestands z.Z., durchschnittlicher Kubikzuwachs und Wachstumsprozent in verschiedenen Altersklassen.

Tunnus	Ikäluokka	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115
Alkukuutio	m ³ /ha	6	15	25	35	45	56	66	81	96	106	109	107
10 vuoden kasvu	m ³ /ha	8	18	25	29	31	31	30	30	30	29	26	22
	%	133	120	100	83	69	55	45	37	31	27	24	21

suuruinen ja näiden tunnuslukujen mukainen metsäkokonaisuus, jota sanotaan seuraavassa *koalametsäksi*. Kun hehtaarikohtaiset tiedot kerrotaan 1 000:lla, saadaan koalametsän suuruudeksi 1 000 ha.

Koalatietoihin perustuvaa puustoa sanotaan *nykypuustoksi* ja kunkin ikäluokan keskikuutiota *alkukuutioksi* (KUUSELA 1959, s. 5 ja 22). Alkukuutiot määritettiin merkittävällä akselistoon kunkin ikäluokan koalatioiden perusteella lasketut kuorettomat keskikuutiot. Kuutiolukuja osoittavien pisteiden kautta piirrettiin silmävaraisesti tasoittaen käyrä, jolta luettiin ikäluokkien kuutioluvut kunkin 10-vuotisjakson keskeltä. Saatu keskikuutiosarja muodostaa hakkuulaskelmien alkukuutiot. (KUUSELA mt. s. 9;

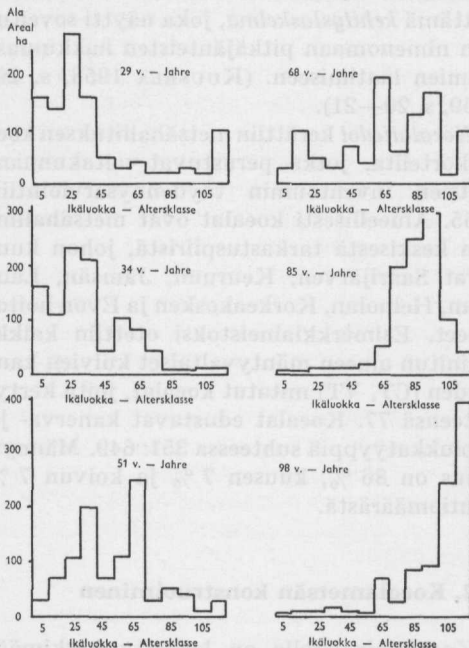
HEIKURAINEN, KUUSELA, LINNAMIES ja NYYSSÖNEN 1960, s. 19). Ensi 10-vuotisjakson keskikuutio, joka merkitään 5 vuoden kohdalle, ekstrapoloitiin silmävaraisesti. Nykypuuston kasvu perustuu koepuiden kairauksiin. Koelakorteilta saadut ikäluokkien keskimääräiset kasvuluvut merkittiin akseliin ja saatujen pisteiden kautta piirrettiin silmävaraisesti tasoittaen kasvukäyrä, jolta luettiin kunkin luokan keskeltä ottaen vuotuinen kasvuluku. 10-vuotiskasvuun päästiin kertomalla kasvuluku 10:llä. Kasvusadannes on laskettu vertaamalla vuotuista kasvua vastaavan ikäluokan alkukuutioon. (KUUSELA mt. s. 9—11 ja 19—23).

Taulukossa 2 (s. 26) on esitetty koalametsän nykypuuston ikäluokittaiset keskikuutiot kuoretta ja 10-vuosittaiset kasvuluvut hehtaaria kohti. Koalametsän keskikuutio on 62,5 m³/ha kuoretta, keskikasvu 2.57 m³/ha/v ja kasvuprosentti 4,1 %.

323. Konstruoidut esimerkkimetsät

Edellä selostettu koalametsä on otettu lähtökohdaksi *esimerkkimetsien* konstruomiselle. Tämä on suoritettu muuttamalla koalametsän ikäluokkien pinta-aloja keskenään erisuuriksi siten, että on saatu syntymään pinta-alalla punnitulta keski-ikästään erilaisia metsiä. Niitä sanotaan seuraavassa *esimerkkimetsiksi*. Esimerkkimetsien kunkin ikäluokan alkukuutiot, kasvuluvut ja -sadanekset hehtaaria kohti ovat siten samat kuin koalametsässä. Sen sijaan ikäluokkien pinta-alasuhteet, pinta-aloilla punnitut keski-ikä ja keskikuutiot poikkeavat koalametsän vastaavista tunnuksista. Kaikkien esimerkkimetsien ala on pysytetty yhtä suurena (1 000 ha).

Aluksi koostettiin kymmenen keski-ikästään erilaista esimerkkimetsää, jotka olivat keski-ikästään 29, 34, 42, 51, 58, 68, 77, 85 ja 98



Kuva 1. Esimerkkimetsien ikärakenteet.

Abb. 1. Altersstruktur der Beispielswälder.

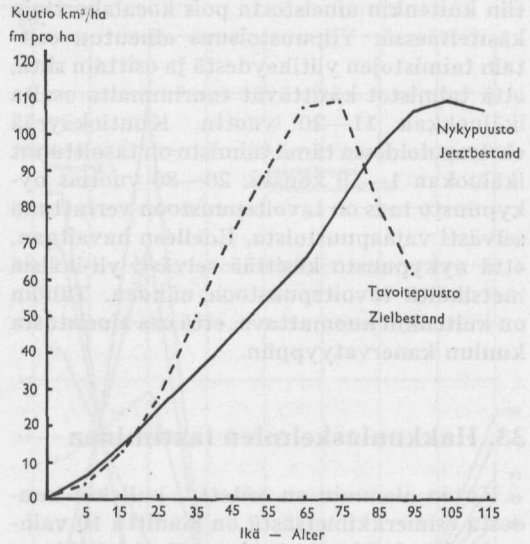
vuotta. Laskelmien edistyessä katsottiin esimerkkimetsien lukumäärä voitavan vähentää kuudeksi tämän vaikuttamatta tuloksiin. Mainitusta metsäsarjasta jäivät lopulliseen käsittelyyn esimerkkimetsät 29, 34, 51, 68, 85 ja 98, jotka nimetään mainittujen keski-ikäen mukaisesti.

Kuvassa 1 (s. 26) on esitetty esimerkkimetsien ikärakenteet. Kuvasta todetaan, että ikärakenne ei noudata muuta säännönmukaisuutta kuin ikäluokkien pinta-alan keskittymisen nuorten ikäluokkien osalle silloin, kun on pyritty alhaiseen keski-ikään. Vastaavasti keski-ikää suurennettaessa vanhojen ikäluokkien pinta-alaa on lisätty. Jokaisessa esimerkkimetsässä ovat mukana kaikki alkuperäiset ikäluokat.

Taulukossa 3 (s. 27) on esitetty esimerkkimetsien keskikuutiot ja kasvutunnukset.

324. Tavoitepuusto

Kuten aiemmin on selvitetty, kehityslaskelma edellyttää nykypuuston rinnalle tavoitepuuston, joka antaa nykypuuston käsittelylle suuntaviivat. Tavoitepuusto on koostettu KUUSELAN (1959, s. 5, 11) esittämään tapaan ja käyttäen hyväksi hyvin hoidettujen männiköiden kehittymistä kuvaavaa tutkimusta (NYSSÖNEN 1958). Kun tutkimusaineisto käsittää sekä VT:n että CT:n koealoja, on tavoitepuuston lukuarvot interpoloitu mainittujen tyyppien kehityssarjoista. Lisäksi on lukuarvoista vähennetty 20 %, koska NYSSÖNEN kehityssarjat on laadittu täysitiheille koealametsille. Tavoitekuutiot on valittu näin saadulta interpolaatiokäyrältä 10-vuotiskausien keskikohtien lukuarvoina. Puustoa edellytetään käsiteltävän harvennushakkuin 70 vuoden iälle. Sen jälkeen puusto ajatellaan olevan väljennysasennossa 80 vuoden iällä ja suojuspuuasennossa tämän jälkeen. (NYSSÖNEN mt. s. 83—84). Kiertoai-



Kuva 2. Nykypuuston ja tavoitepuuston keskikuutiot.

Abb. 2. Durchschnittl. Massen des gegenw. und des Zielbestands.

kana on käytetty 95 vuotta, jota on hakkuulaskelmissa pidetty sopivana puolukkatyyppin metsiköille (KUUSELA mt. s. 11; HEIKURAINEN, KUUSELA, LINNAMIES, NYSSÖNEN 1960, s. 12). Kun käsiteltävänä oleva aineisto käsittää myös kanervatyyppin metsiköitä, olisi kiertoaika saattanut olla mainittua pitempi. Tutkimustavoitteen kannalta tällä seikalla ei liene kuitenkaan sanottavaa merkitystä. Sen takia tyydyttiin mainittuun 95 vuoden kiertoaikaan, koska siten voitiin vähentää jossakin määrin laskentatyötä.

Nykypuuston ja tavoitepuuston ikäluokitukset keskikuutiot ilmenevät kuvasta 2 (s. 27). Tästä todetaan, että iältään alle 20 vuotiset metsiköt ovat tavoitepuustoon nähden ylipuustoisia. Tavallisesti tämä johtuu ylispuista (KUUSELA 1959, s. 20; LINNAMIES 1959, s. 6). Tässä tapauksessa ylispuut jätet-

Taulukko 3. Esimerkkimetsien keskikuutiot ja keskikasvu $k\text{-m}^3/\text{ha}$ kuorta sekä kasvuprosentit

Tafel 3. Durchschnittl. Kubikmassen und Wachstum in cbm/ha (entrindet) sowie Wachstumsprozente der Beispielswälder.

Tunnus	Keski-ikä	29	34	51	68	85	98
Keskikuutio kuorta m^3/ha		30	35	53	71	93	98
Keski kasvu		2.05	2.38	2.76	2.69	2.88	2.54
		6.85	6.84	5.25	3.40	3.80	2.59

tiin kuitenkin aineistosta pois koealakortteja käsiteltäessä. Ylipuustoisuus aiheutuu osittain taimistojen ylitiheydestä ja osittain siitä, että taimistot käsittävät suurimmalta osalta ikäluokkaa 11—20 vuotta. Kuutiokäyrää ekstrapolooidessa tämä taimisto on tasoittunut ikäluokan 1—10 kanssa. 20—80 vuotias nykypuusto taas on tavoitepuustoon verrattuna selvästi vajaapuustoista. Edelleen havaitaan, että nykypuusto käsittää selvästi yli-ikäisiä metsiköitä tavoitepuustoon nähden. Tällöin on kuitenkin huomattava, että osa aineistosta kuuluu kanervatyyppiin.

33. Hakkuulaskelmien laatiminen

Kuten aiemmin on esitetty, kullekin kuu-desta esimerkkimetsästä on laadittu 10 vaihtoehtoista hakkuulaskelmaa. Koska hakkuulaskelma-aineistoa käytetään metodisesta näkökulmasta tapahtuvaan selvittelyyn, on hakkuunormit pyritty valitsemaan tätä tavoitetta silmällä pitäen. Hakkuulaskelmat aloitetaan alkuhakkuulla, jonka suuruus määritetään sadannuspuustosta alkupuustosta. Alkuhakkuusadannekset porrastetaan 10 %:n välein siten, että ensimmäinen laskelma aloitetaan 10 %:n alkuhakkuulla, toinen 20 %:n alkuhakkuulla jne. aina 100 %:iin saakka. Samanlainen laskelmasarja toistuu kaikkien kuuden esimerkkimetsän kohdalla. Täten syntyy yhteensä 60 hakkuulaskelmaa.

Valitusta kaavamaisesta alkuhakkuun normituksesta johtuu, että alkuhakkuu joudutaan toteuttamaan niissäkin tapauksissa, joissa puusto käsittää kenties vain taimistoasteen puustoa. Toisaalta taas alkuhakkuuseen ei sisälly kuin osa realisoimiskelpoista puustoa sellaisissa tapauksissa joissa puusto on pääosaltaan yli-ikäistä ja alkuhakkuusadanne on pieni. Täten vain osa hakkuulaskelmavaihtoehtoista on käytännössä toteuttamiskelpoisia.

Alkuhakkuu ajatellaan ensimmäisen 10-vuotiskauden hakkuuksi, joka toteutetaan laskentahetkellä. Seuraava hakkuu on ajateltu suoritettavan toisen 10-vuotiskauden keskellä. Samoin on sitä myöhemmät hakkuut sijoitettu 10-vuotisjaksojen keskelle aina vuoteen 90 saakka, jonka jälkeen on käytetty keskimääräiseksi vuotiseksi hakkuuksi tasoitettua hakkuumäärää.

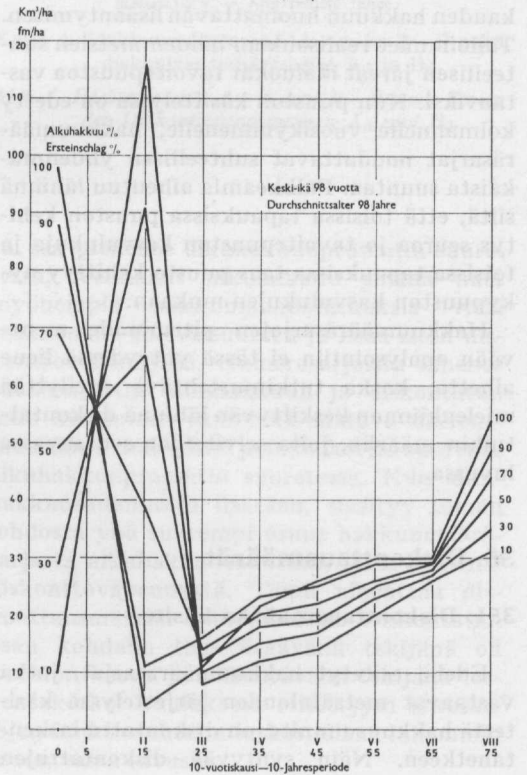
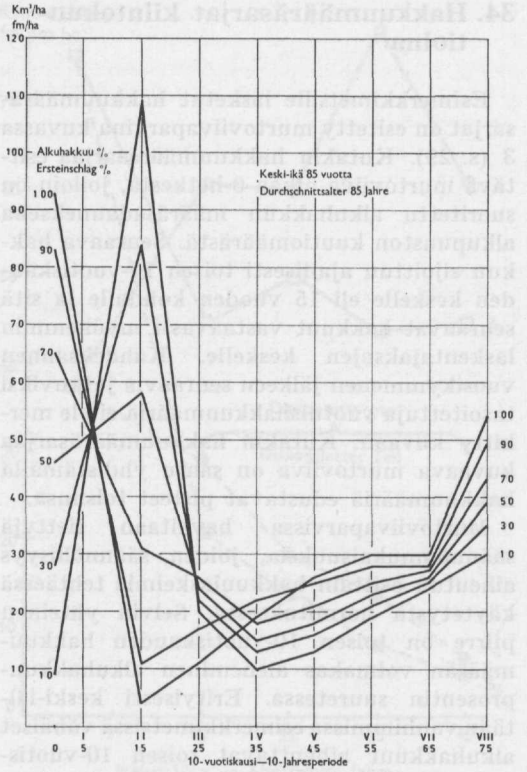
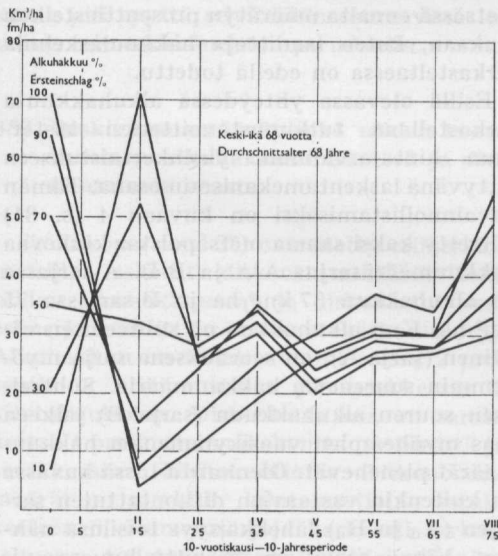
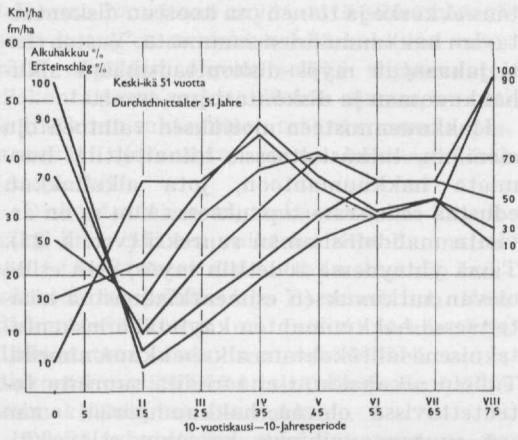
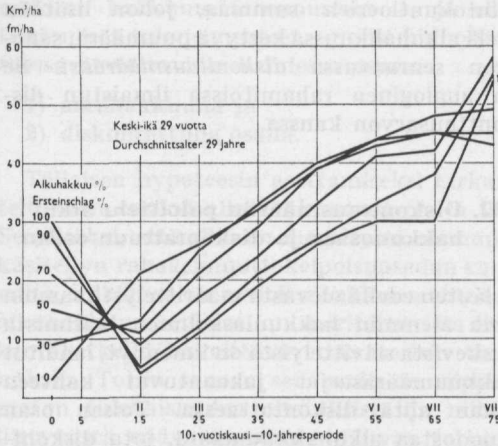
Oma ongelmansa on, mihin osaan puustoa

hakkuuden ajatellaan kohdistuvan. Jotta hakkuulaskelman laatijan subjektiivisuus onnistuttaisiin eliminoimaan laskelmista, on norma- pidetty sitä, että aluksi kohdistetaan hakkuu yli-ikäiseen puustoon. Tätä puuston osaa realisoidaan siihen saakka, kun on saavutettu tavoitepuuston viimeisin ikäluokka. Seuraavaksi on hakkuu kohdistettu tavoitepuustoa vastaavien ikäluokkien suojuspuuston valmistamiseen ja sen jälkeen suoritetaan harvennushakkuuta siten, että tavoitepuuston keskikuutiot ylittävä puuston osa realisoidaan. Täten tavoitepuusto muodostaa hakkuunormituksen.

Vastoin metsätalouden järjestelyssä noudatettuja periaatteita tavoitepuusto on säilytetty tunnuksiltaan samana koko laskelma-kauden ajan. (Vrt. KUUSELA 1959, s. 5). Tämä yksinkertaistus on tehty muutoinkin suuren laskentatyön helpottamiseksi ja ottaen huomioon tutkimustavoitteen.

Kussakin ikäluokassa on käytetty nykypuuston kasvulukuja siihen saakka, kun tilalle oletetaan saadun uusi puusukupolvi. Tätä on kehitetty laskelmassa tavoitepuuston tunnuksin. Metsätalouden järjestelyssä on olennainen tavoite myös puuston ikärakenteen kehittäminen. Kuten kuvasta 2 (s. 27) havaitaan, erityisesti keski-ikältään vanhat ja nuoret esimerkkimetsät ovat ikärakenteeltaan kovin yksipuolisia, joten ikärakenteen kehittäminen tasaisemmaksi olisi aiheellista. Kun otetaan huomioon, että sovellettaessa suuria alkuhakkuuta ikärakenne muuttuu osassa hakkuuvaihtoehtoja entisestään yksipuolisemmaksi, toisi ikärakenteen tasoittamistavoite vaikeasti normitettavan lisäteki- jän laskelmiin. Sen takia ja että vertailukelpoisuus eri käsittelyvaihtoehtojen kesken säilyisi, on ikärakenteen kehittäminen jätetty ottamatta huomioon.

Kuten edellä on käynyt ilmi, hakkuulaskelmien laadinnassa on noudatettu varsin pitkälle menevää kaavamaisuutta. Tämä vaikuttaa myös tutkimustuloksiin. Tästä syystä on paikallaan painottaa vielä jo eri yhteyksissä aiemmin korostettua näkökohtaa, että tutkimuksella pyritään ensi sijassa hinnoitusmallin yksinkertaistamiseksi tarpeellisten invarianttien etsimiseen. Voitaneen olettaa, että mikäli tässä onnistutaan, on vastaavanlaisia invariantseja löydettävissä myös toisenlaisen hakkuunormituksen perustuvaa aineistoa käsiteltäessä.



Kuva 3. Esimerkkimetsien hakkuumääräennusteet.
Abb. 3. Hiebsatzmengenprognosen der Beispielswälder.

34. Hakkuumääräsarjat kiintokuutioina

Esimerkkimetsille lasketut hakkuumääräsarjat on esitetty murtoviivaparvina kuvassa 3 (s. 29). Kutakin hakkuumääräsarjaa esittävä murtoviiva alkaa 0-hetkestä, jolloin on suoritettu alkuhakkuu määräsadanneksena alkupuuston kuutiomäärästä. Seuraava hakkuu sijoittuu ajallisesti toisen 10-vuotiskauden keskelle eli 15 vuoden kohdalle ja sitä seuraavat hakkuut vastaavasti myöhemmin laskentajaksojen keskelle. Kahdeksannen vuosikymmenen jälkeen seuraavia jatkuviksi tasoitettuja vuotishakkuumääriä ei ole merkitty kuvaan. Kutakin hakkuumääräsarjaa kuvaava murtoviiva on saatu yhdistämällä hakkuumääriä edustavat pisteet toisiinsa.

Murtoviivaparvissa havaitaan tiettyjä säännönmukaisuuksia, joiden säännöllisyys aiheutuu osittain hakkuulaskelmia tehtäessä käytetystä normituksesta. Selvin yhteinen piirre on toisen 10-vuotiskauden hakkuumäärän voimakas aleneminen alkuhakkuuprosentin suurenessa. Erityisesti keski-ikältään vanhimmissa esimerkkimetsissä vähäiset alkuhakkuut aiheuttavat toisen 10-vuotiskauden hakkuun huomattavan lisääntymisen. Tällöin näet realisoidaan näiden metsien suhteellisen järeät ikäluokat tavoitepuustoa vastaaviksi. Kun puuston käsittelyssä on edetty kolmannelle vuosikymmenelle, hakkuumääräsarjat noudattavat suhteellisen yhdenmukaista suuntaa. Poikkeamia aiheutuu lähinnä siitä, että toisissa tapauksissa puuston kehitys seuraa jo tavoitepuuston kasvulukuja ja toisissa tapauksissa taas puusto kehittyy nykypuuston kasvulukujen mukaan.

Hakkuumääräsarjojen pitemmälle menevään analysointiin ei tässä yhteydessä liene aihetta, koska tutkimustehtävä edellyttää mielenkiinnon keskittävän lähinnä diskontattuihin määriin, joita selvitetään seuraavassa luvussa.

35. Diskonttausmäärät

351. Diskonttausmäärän käsite

Edellä esitetyt hakkuumääräsarjat, jotka vastaavat metsätalouden järjestelyssä käsitettä hakkuusuunnite, on diskontattu laskentahetkeen. Näin syntyyvää diskontattujen

kiintokuutioerien summaa, johon lisätään vielä alkuhakkuussa kertyvä puumäärä, sanotaan seuraavassa *diskonttausmääräksi*. Se on analoginen rahamitoissa ilmaistun diskonttausarvon kanssa.

352. Diskonttausmäärän paloittelu alkuhakkuuosaan ja diskontattuun osaan

Kuten edellä olevasta määrittelystä samoin kuin aiemmin hakkuulaskelmien laatimista koskevista selvittelyistä on ilmennyt, laaditut hakkuumääräsarjat jakaantuvat kahteen osaan niitä diskontattaessa. Toisen osan muodostaa alkuhakkuumäärä, jota diskonttaus ei koske ja toinen osa koostuu diskontattavien hakkuumäärien summasta. Vastaavasti jakaantuu myös diskonttausmäärä alkuhakkuuosaan ja diskontattuun osaan.

Hakkuuennusteen ajoituksen vaihtoehtoja aiemmin tarkasteltaessa kiinnitettiin huomiota hakkuumahtoon, jota alkuhakkuu edustaa sellaisessa tapauksessa kun se on arvioitu mahdollisimman suureksi (vrt. s. 21). Tässä yhteydessä todettiin myös, että esillä olevan tutkimuksen esimerkkiaineistoa käsiteltäessä hakkuumahtoa käytetään laskentateknisenä lähtökohtana alkuhakkuun nimellä. Tällöin alkuhakkuu ei tarkoita suurinta toteutettavissa olevaa hakkuumäärää, vaan sen suuruus vaihtelee kussakin esimerkkimetsässä ennalta määrätyn prosenttiasteikon mukaan, kuten laadittuja hakkuulaskelmia tarkasteltaessa on edellä todettu.

Esillä olevassa yhteydessä alkuhakkuuta tarkastellaan tutkimustavoitteeksi asetettuun hinta-arvioinnin yksinkertaistukseen liittyvänä laskentamekanismin osana. Tämän havainnollistamiseksi on kuvaan 4 (s. 31) piirretty kaksi samaa metsäpalstaa koskevaa hakkuumääräsarjaa A-A ja B-B. A-sarjassa on alkuhakkuu 37 km³/ha ja B-sarjassa 75 km³/ha. Kun alkuhakkuu on suhteellisen vähäinen (sarja A), on seurauksena sarja myöhemmin suurenevia hakkuumääriä. Suhteellisen suuren alkuhakkuun (sarja B) jälkeen taas myöhempien vuosikymmenien hakkuumäärät pienenevät. Olennaista tässä kuvassa on kuitenkin vastaavien diskontattujen sarjojen (A_d ja B_d) lähekkäisyys toisiinsa nähden. Nämä sarjat on merkitty kuvassa nimellä »Diskontattu osa». Kuvalla halutaan erityisesti havainnollistaa hypoteesia, jonka

mukaan hakkuumääräennusteet — ja sitä tietä myös tulonennusteet — olisi hinnoitettaessa arvioitavissa kahdessa osassa

- 1) alkuhakkuuna ja
- 2) diskontattuna osana.

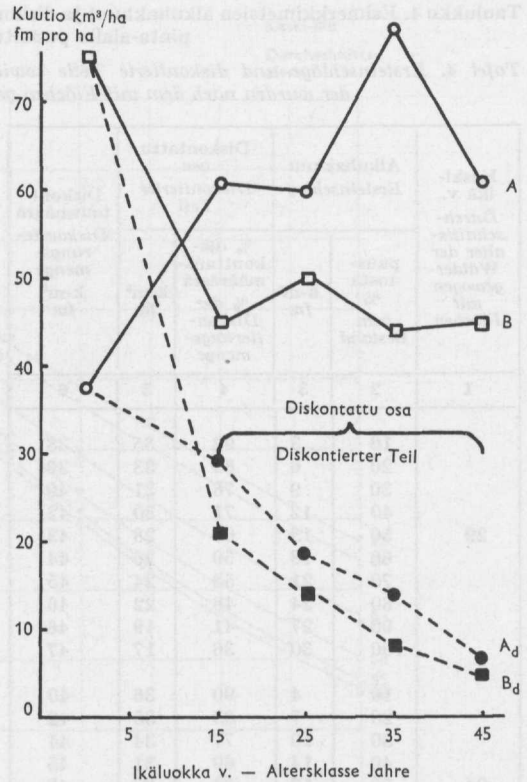
Tällaisen hypoteesin asettamiseksi tarkasteltakoon ensiksi alkuhakkuuosaa (A ja B). Sen lisäksi, että sillä on merkitystä aiemmin käsitellyn rahaksimuuttokelpoisuusedun kannalta, mikäli se on arvioitu hakkuumahtona, alkuhakkuun arviointi on suoritettavissa laskentahetkellä havaittavien taksatorisin tunnuksin. Toisin sanoen sen arvio on riippumaton tulevaisuuden odotuksista ja niihin liittyvästä epävarmuudesta. Kuvaa tarkasteltaessa havaitaan myös, että silmämääräisesti katsellen arvioidun alkuhakkuun määrällä näyttäisi olevan selvää riippuvuutta diskontattuun sarjaan. Toisin sanoen, kun alkuhakkuun suhteellinen määrä suurenee, pienenevät diskontatun osan hakkuumäärät (A_d ja B_d).

Diskontattua osaa tarkasteltaessa käy lisäksi ilmi, että sen vaihtelut ovat huomattavasti tasoittuneet diskonttaamattomiin hakkuumääräsarjoihin (A ja B) verrattuna. Kun diskonttovähennys on lisäksi pienentänyt diskontattua osaa, sen suhteellinen osuus diskonttausmäärästä on sitä vähäisempi, mitä voimakkaampi on alkuhakkuu.

Edellä lyhyesti kuvatun hypoteesin paikansa pitävyyttä selvitetään seuraavissa luvuissa esimerkkiaineiston perusteella.

353. Diskonttausmäärät sekä niiden koostuminen alkuhakkuumäärästä ja diskontatusta osasta

Taulukossa 4 (s. 32) on esitetty esimerkkimetsille lasketut diskonttausmäärät sekä niiden alkuhakkuuosat ja diskonttatut osat esimerkkimetsittäin. Laskentakorko on 5 %. Alkuhakkuu on ilmaistu sarakkeessa 2 prosentteina alkupuustosta ja sarakkeessa 3 kiintokuutioidena. Diskontattu osa on sarakkeessa 4 prosentteina diskonttausmäärästä ja sarakkeessa 5 kiintokuutioidena. Diskonttausmäärät on merkitty kiintokuutioidena sarakkeeseen 6. Numerosarjoja karkeasti tarkasteltaessa todetaan samantapaisia säännönmukaisuuksia kuin kuvasta 4 (s. 31) ilmeni. Niinpä kaikkien esimerkkimetsien diskonttat-



Kuva 4. Hakkuumääräsarjat A—A ja B—B sekä diskonttausmääräsarjat A_d ja B_d .

Abb. 4. Hiebsatzserien A—A und B—B sowie Serien der Diskontierungsmengen A_d und B_d .

tu osa pienenee alkuhakkuuprosentin suurenessa. Voimakas alkuhakkuu siirtää näet myöhempiä hakkuumahdollisuuksia vielä etäämmälle tulevaisuuteen ja lisää siten diskonttovähennystä. Numerosarjoista ilmenee edelleen, että alkuhakkuun ja diskontatun osan kuutioiden summana saatava diskonttausmäärä taas miltei poikkeuksetta suurenee alkuhakkuuprosentin suurenessa. Kun alkuhakkuusadannesta lisätään, sisältyy tämän johdosta yhä suurempi osuus hakkuumääräsarjasta alkuhakkuuosuuteen, josta ei tehdä diskonttovähennystä. Tämä aiheuttaa diskonttausmäärän suurenemisen. Diskontatun osan kohdalla taas lisäävänä tekijänä on puuston kasvu ja vähentävänä tekijänä laskentakorko. Taulukossa esitettyjen lukusarjojen funktiosuhteita tarkastellaan lähemmin seuraavassa luvussa.

Taulukko 4. Esimerkkimetsien alkuhakuut ja diskontatut osat sekä diskonttausmäärät. Metsät on nimetty pinta-alalla punnitun keski-ian mukaan.

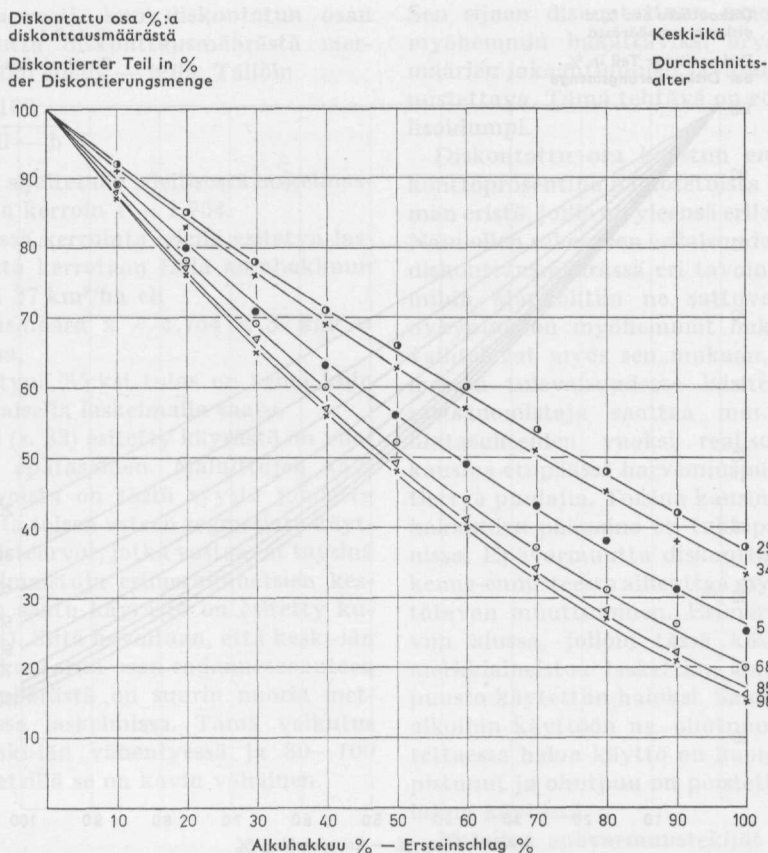
Tafel 4. *Ersteinschläge und diskontierte Teile sowie Diskontierungsmengen der Beispielswälder. Die Wälder wurden nach dem mit Flächen gewogenen Durchschnittsalter bezeichnet.*

Keski-ikä v. Durchschnittsalter der Wälder gewogen mit Flächen	Alkuhakuu Ersteinschlag		Diskontattu osa Diskontierter Teil		Diskonttausmäärä Diskontierungsmenge k-m ³ fm
	puustosta % vom Bestand	k-m ³ fm	% diskonttausmäärästä % der Diskontierungsmenge	k-m ³ fm	
1	2	3	4	5	6
29	10	3	92	35	38
	20	6	85	33	39
	30	9	78	31	40
	40	12	71	30	42
	50	15	65	28	43
	60	18	59	26	44
	70	21	53	24	45
	80	24	48	22	46
	90	27	41	19	46
	100	30	36	17	47
34	10	4	90	36	40
	20	7	83	35	42
	30	10	77	34	44
	40	14	69	31	45
	50	17	64	30	47
	60	21	56	27	48
	70	24	52	26	50
	80	28	44	22	50
	90	31	39	20	51
	100	35	33	17	52
51	10	5	90	45	50
	20	11	79	41	52
	30	16	71	39	55
	40	21	63	36	57
	50	26	57	34	60
	60	32	48	30	62
	70	37	43	28	65
	80	42	37	25	67
	90	47	29	20	69
	100	53	24	17	70
68	10	7	89	54	61
	20	14	78	51	65
	30	21	69	46	67
	40	28	60	42	70
	50	35	52	38	73
	60	43	43	33	76
	70	50	37	29	79
	80	57	31	26	83
	90	64	26	22	86
	100	71	24	17	71
85	10	9	88	66	75
	20	19	76	60	79
	30	28	66	55	83
	40	37	57	50	87
	50	46	49	45	91
	60	56	41	39	95
	70	65	34	33	98
	80	74	27	28	102
	90	83	22	23	106
	100	93	15	17	110
98	10	10	87	66	76
	20	20	75	61	81
	30	29	66	56	85
	40	39	57	51	90
	50	49	48	46	95
	60	59	40	40	99
	70	69	33	34	103
	80	79	26	28	107
	90	88	21	23	111
	100	98	16	18	116

354. Alkuhakuun ja diskontatun osan keskinäinen suhde sekä sen riippuvuus alkuhakuuprosentista

Kuvaan 5 (s. 33) on piirretty akselisto, jonka pystyakselille on merkitty diskontatun osan sadannesosuus koko diskonttausmäärästä. Pysty akseli kokonaisuudessaan osoittaa esimerkkimetsien diskonttausmääriä, jotka on merkitty sadaksi. Vaaka-akselille on asetettu alku- eli lähihakkuusadannekset. Tau-

lukon 4 sarakkeesta 4 on otettu esimerkkimetsittäin diskontatun osan sadannesosuutta diskonttausmäärästä ilmaisevat luvut ja sijoitettu niitä vastaavat pisteet akselistoon. Kutakin esimerkkimetsää koskevat pisteet on tasoitettu matemaattisesti toisen asteen regressiolla. Tasoitusviivoista syntyvän viuhkan jokainen viiva edustaa siten yhtä esimerkkimetsää ja sen kymmentä vaihtoehtoista hakkuulaskelmaa. Kunkin viivan päätekohtaan on merkitty esimerkkimetsän kes-



Kuva 5. Diskontatun osan sadannesosuus diskonttausmäärästä.

Abb. 5. Anteil des diskontierten Teils in Hundertstel von der Diskontierungsmenge.

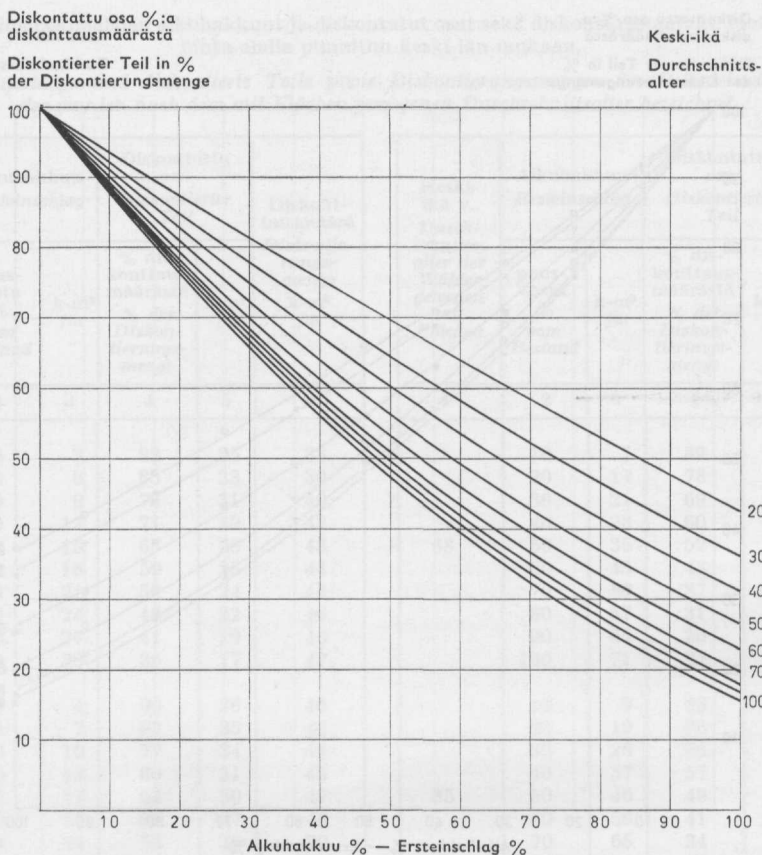
ki-ikää ilmaiseva luku tämän metsän tunnuksena.

Tasointuvivujen kulkusuunnasta voidaan todeta, että diskontatun osan sadannesosuus pienenee hidastuvasti lähihakkuuprosentin suuretessa. Tämä pieneneminen riippuu metsän keski-ikästä siten, että se on jyrkempää keski-ään lisääntyessä.

Käyrästäön ilmaisevan asian selventämiseksi lienee syytä palauttaa mieleen kuvassa 4 (s. 31) esitetty havainnollistus, jonka yhteydessä otaksuttiin kuvaan piirretyn diskontatun osan (A_d ja B_d) olevan riippuvuussuhteessa alkuhakkuun suhteelliseen määrään nykypuustosta. Nyt käsillä olevassa kuvassa 5 olevaan akselistoon sijoitetut pisteet edustavat jokainen diskontatun osan (A_d) prosenttilukuna ilmaistua osuutta diskonttausmäärästä ($A + A_d$). Kun kutakin esimerkki-

metsää edustava pistesarja käytännöllisesti katsoen yhtyy tasointuvivuaan, voidaan otaksunan katsoa pitävän paikkansa. Toisin sanoen — mikäli tämä hypoteesi on yleistettävissä — diskontatun osan suuruus näyttäisi olevan ennustettavissa, kun tunnetaan nykypuuston pinta-alalla punnittu keski-ikä, nykypuuston keskikuutio hehtaarilla ja alkuhakkuun suuruus kiintokuutioina tai alkuhakkuun sadannesosuus nykypuustosta. Lisäksi tarvitaan tietää metsän boniteettia ilmaiseva tunnus sekä käytettävä laskentakorkokanta, jotka molemmat ovat esillä olevassa tutkimuksessa annettuja suureita. Niiden vaihtelun vaikutus ei siis tule tutkimuksessa näkyviin.

Käytännöllisesti asiaa tarkastellen voidaan olettaa metsän keski-ikäksi taulukon 4 mukaan 51 vuotta. Puuston keskikuutio on 55



Kuva 6. Kuvan 5 käyrien pistearvoista johdettu käyrästä, joka ilmaisee diskontatun osan sadannesosuuden diskonttausmäärästä kun esimerkkimetsien keski-iat on muunnettu täysiksi 10-luvuiksi.

Abb. 6. Von den Punktwerten der Kurven in Abb. 5 abgeleitete Kurvengruppe, aus welcher der diskontierte Teil in Hundertsteln der Diskontierungsmenge hervorgeht, wenn die Durchschnittsalter der Beispielswälder zu vollen 10ern transformiert sind.

km^3 ja alkuhakuun suuruus 70 % alkupuustosta eli $37 \text{ km}^3/\text{ha}$. Kun boniteetti oletetaan samaksi kuin esimerkkiaineistossa ja laskentakorkona pidetään 5 prosenttia, todetaan kuvan 5 esimerkkimetsää 51 edustavalta käyrältä, että 70 %:n alkuhakuuta vastaa käyrällä pysty akselin piste 43. Se ilmaisee, että diskontatun osan sadannesosuus diskonttausmäärästä on 43 %. Jos etsittävää diskonttausmäärää merkitään x :llä, voidaan se ratkaista yhtälöstä

$$(11) x = \frac{100 L}{100 - b}, \text{ kun}$$

L = alku- eli lähihakkuumäärä km^3/ha ja b = diskontatun osan sadannesosuus diskonttausmäärästä.

Sijoittamalla yhtälöön edellä mainitut L :n ja b :n arvot, saadaan:

$$x = \frac{100 \cdot 37}{100 - 43} = \frac{3700}{57} = 65 \text{ km}^3/\text{ha}.$$

Saatu tulos ilmaisee, että jos sanotunlaista metsää olisi hakattu välittömästi 70 % nykypuustosta ja sen jälkeen olisi jatkettu hakkuulaskelmaa esimerkkimetsien käsittelyssä noudatettua tapaa käyttäen, saataisiin diskonttausmääräksi $65 \text{ km}^3/\text{ha}$ 5 %:n laskentakoron mukaan diskontaten.

Käytäntöä varten voidaan yhtälön (11) sijasta laskea ja taulukoida kertoimia eri lähihakkuuprosenteille, kun metsän keski-ikä, boniteetti ja laskentakorko ovat annettuja. Kerroin saadaan edellä laskettua tapausta

varten seuraavasti, kun diskontatun osan sadannesosuutta diskonttausmäärästä merkitään — kuten edellä — b :llä. Tällöin

$$(12) z = \frac{100}{100 - b}.$$

Jos yhtälöön sijoitetaan edellisestä laskelmasta $b = 43$, on kerroin $z = 1.754$.

Käytettäessä kerrointa edellä esitetyn laskelman sijasta kerrotaan tällä alkuhakkuun kuutiomäärä $37 \text{ km}^3/\text{ha}$ eli

$$\text{diskonttausmäärä } x = 1.754 \times 37 \text{ km}^3 = 64.9 \text{ km}^3/\text{ha},$$

eli pyöristettynä 65:ksi tulos on sama kuin kaavan mukaisella laskelmalla saatu.

Kuvassa 5 (s. 33) esitetty käyrästä on vuosimääriltään epätasainen. Mainittujen käyrien pistearvoista on tästä syystä johdettu matemaattista toisen asteen regressiota käyttäen uudet pistearvot, jotka vastaavat täysin 10-lukuina ilmaistuja esimerkkimetsien keski-ikä. Näin saatu käyrästä on esitetty kuvassa 6 (s. 34). Siitä havaitaan, että keski-ikä vaikutus diskontatun osan sadannesosuuteen diskonttausmäärästä on suurin nuoria metsiä koskevilla laskelmissa. Tämä vaikutus vähenee keski-ikä vähentyessä ja 80—100 vuotisilla metsillä se on kovin vähäinen.

36. Laskelmia diskontatun osan rakenteen ennustamismahdollisuuksista

36.1. Laskelmien tarkoitus

Edellä on tarkastelu rajoitettu diskonttausmääriin kiintokuutioina. Hinnoituslaskelmassa on tavoitteena diskonttausarvo, joka ilmaistaan rahamitoissa. Tästä syystä on selvítettävä myös diskonttausmäärän puutavaralajirakenne, koska puutavaran yksikköhinnat esitetään tavallisesti tavaralajeittain.

Aiemmin on todettu, että diskonttausmäärä koostuu kahdesta osasta. Alku- eli lähihakkuu muodostaa välittömästi realisoitavaksi arvioitun osan ja myöhemmät hakkuukertymät diskontatun osan. Alkuhakkuussa kertyvän puumäärän lajikoostumus on luotettavimmin arvioitavissa hinnoitushetkellä tapahtuvan puuston arvioinnin yhteydessä sekä nykypuustoa koskevien tietojen pohjalta. Tästä syystä siihen ei liity hinnoituksen kannalta sanottavaa ongelmaa.

Sen sijaan diskontattuun osaan sisältyvien myöhemmin hakattaviksi arvioitujen puumäärien jakaantuminen tavaralajeihin on enustettava. Tämä tehtävä on edellistä kompleksidumpi.

Diskontattu osa koostuu ensinnäkin diskonttoprosentilla painotetuista hakkuukertymän eristä, joilla on yleensä erilainen rakenne. Näin ollen rakenteen erilaisuudet painottuvat diskonttausmäärässä eri tavoin sen mukaan, mihin ajankohtiin ne sattuvat. Samankin nykypuuston myöhemmät hakkuurakenteet vaihtelevat myös sen mukaan, millä tavoin metsää tulevaisuudessa käsitellään. Niinpä metsänomistaja saattaa mm. puutavaran hintasuhteiden vuoksi realisoida joinakin kausina etupäässä harvennuspuuta ja jotakin tiettyä puulajia. Toisina kausina taas kenties hakkuiden pääpaino on tukkipuun realisoinnissa. Epävarmuutta diskonttausmäärän rakenne-ennusteessa aiheuttaa myös puun käyttötavan muuttuminen. Esimerkiksi 1960-luvun alussa, jolloin tässä käsiteltävää esimerkkiaineistoa laskettiin, huomattava osa puusta käytettiin haloksi. Samoin tuli näihin aikoihin käyttöön ns. ohutpuu. Tätä kirjoitettaessa halon käyttö on huomattavasti supistunut ja ohutpuu on poistettu puutavaralajina käytöstä.

Mainitut epävarmuustekijät eivät kuitenkaan ole sen suurempia kuin esimerkiksi hakkuumääräennusteeseen, odotettaviin hintoihin ja laskentakorkoon liittyvä epävarmuus. Kussakin hinnoitustilanteessa niiden arviointiin sisältyy tavanomainen puutteellinen ennakkotietämys, jonka vallitessa päätöksentekijät joutuvat asioita ratkaisemaan. Käsillä olevassa luonteeltaan metodisessa selvittelyssä onkin olennaista käsitellä ja mahdollisesti kehittää niitä keinoja, joita päätöksentekijä tarvitsee näitä arviointeja suorittaessaan. Kuten diskonttausmäärän ennakoinnissa pyritään esillä olevassa rakenne-ennakoinnissa-kin etsimään ennustemallia, joka soveltuu erilaisiin hinnoitustilanteisiin ja eri päätös- vaihtoehtoihin tarvittavan informaation hankintaan.

Lähtökohta-aineistona ovat samat esimerkkimetsät ja hakkuulaskelmat, joita on edellä käsitelty diskonttausmäärien selvittämiseksi. Hakkuulaskelmille on esimerkkimetsittäin laskettu puutavaralajirakenteet NYYSÖSEN (1958, s. 83—84) esittämiin rakennelukuihin perustuen. Tätä tietä on saatu selville

myös diskonttausmäärien puutavaralajikoostumus. Regressiolaskelmin on tarkoitus selvittää, missä määrin aineistosta saatavissa olevat muuttujat selittävät sitä diskontatun osan rakennekoostumusta, joka on laskettu esimerkkiaineistolle. Tätä tietä etsitään sellaisia operationaalisia, hinnoitushetkellä mitattavissa olevia muuttujia ja niiden parametrejä, joiden avulla diskontatun osan rakenne olisi parhaiten ennustettavissa. Edelleen pyritään selvittämään, mikä funktion muoto olisi tähän tarkoitukseen soveltuvin. Selvitystä ei ole kohdistettu kaikkia puutavaralajeja erittelevään rakenteeseen, vaan selitettäväksi muuttujaksi on valittu tukkipuusuus, koska se voitaneen katsoa hinnoituksen kannalta vaikuttavimmaksi muuttujaksi.

362. Hypoteesit tukkipuusuuden vaihtelua selittävästä muuttujista

Tukkipuun tärkeimpänä kelpoisuusehtona on järeys. Laatuvaatimukset jätetään tässä yksinkertaisuuden vuoksi huomioon ottamatta. Täten hinnoitettavan metsäalueen puuston järeyssuhteilla on olennainen vaikutus sekä alkuhakkuun että diskontatun osan tukkipuusuuteen. Koska puun kehittyminen tukkipuuksi on suhteellisen hidas prosessi, vaikuttaa diskontatun osan tukkipuusuuteen toisaalta ratkaisevasti se, miten paljon alkupuustosta on jäänyt tukkeja lähihakkuun jälkeen myöhemmin hakattavaksi. Toisin sanoen diskontatun osan tukkipuusuutta saatettaisiin selittää alkupuuston järeyden ja lähihakkuusuuden funktiona eli symbolein esitettynä

$$(13) S_d = f_0(J, L), \text{ jossa}$$

S_d = diskontatun osan tukkipuusuus,

J = alkupuuston järeys ja

L = lähihakkuusuus.

Järeiden mitattavissa olevana tunnuksena saattaisi olla alkupuuston tukkipuusuus (S). Tällöin saadaan hypoteesina lineaarinen regressiomalli:

(14) $S_d = a + b_1S + b_2L$, missä a on vakio-osa ja b_1 ja b_2 ovat muuttujien vaikutusparametrejä, joiden arvot voidaan määrittää esimerkkiaineistosta regressioanalyysillä. (Symbolit $a, b_1, b_2 \dots$ tämän esityksen erimalleissa kuvaavat kulloisenkin mallin kertoimia, joiden merkitys vaihtelee mallista toiseen).

Alkupuuston tukkipuusuuden (S) suure-

neminen lisää diskontatun osan tukkipuusuutta ja pieneminen vaikuttaa päinvastaisesti. Lähihakkuusuuden (L) suureneminen sen sijaan vähentää diskontatun osan tukkipuusuutta ja pieneminen suurentaa sitä. Siten pitää mallissa olla: $b_1 > 0$ ja $b_2 < 0$. Tällöin on lähdeytty siitä edellytyksestä, että käytetään aikaisemmin tässä esityksessä määriteltyjä hakkuunormeja.

Selittäväenä muuttujana alkupuuston tukkipuusuudella on eräitä rajoituksia. Alkupuusto ei ehkä käsitä lainkaan tukkipuun mittoja täyttävää puustoa, jolloin muuttujan (S) arvo on nolla. Tästä huolimatta diskontatun osan tukkipuusuus saattaa olla verraten suuri siinä tapauksessa, että alkupuustosta huomattava osa saavuttaa lähivuosisikymmeninä tukkipuun koon ja sisältyy siten tukkipuuna alkuhakkuuta seuraavien vuosikymmenien hakkuisiin. Toisin sanoen alkupuuston tukkipuusuuden vaikutusalue rajoittuu vain niihin tapauksiin, joissa alkupuustossa on tukkipuita.

Alkupuuston tukkipuusuuden sijasta tai rinnalla käytettävänä järeyttä osoittavana muuttujana voidaan ajatella myös alkupuuston keskikuutiota (V). Yleisesti ottaen näet puuston keskikuution suuretessa myös puuston järeys lisääntyy. Saadaan yhtälö

$$(15) S_d = a + b_1S + b_2L + b_3V \text{ tai alkupuusuuden pois sulkien}$$

$$(16) S_d = a + b_1V + b_2L.$$

Alkupuuston keskikuution suuretessa diskontatun osan tukkipuusuus lisääntyy. Keskikuutio saattaa vaihdella sekä puuston järeyden että tiheyden mukaan. Toisaalta järeäkin puustoa käsittävän metsäalueen keskikuutio saattaa jäädä verraten pieneksi, jos huomattava osa alueesta on arvottoman jätetuuston vallassa, nuorta taimistoa tai uudistusalueita. Tämä vähentää käsillä olevan muuttujan (V) selityskykyä.

On syytä todeta, että alkupuuston tukkipuusuus ja alkukuutio ovat hinnoitushetkellä mitattavissa olevia muuttujia.

Edellisten lisäksi voidaan ajatella järeyden tunnuksena alkupuuston keski-ikä (A), joka on laskettu pinta-alalla punnitien. Puuston järeyshän yleensä lisääntyy keski-ikänsuureudessa. Kun keski-ikä asetetaan funktiomalliin alkukuution tilalle, saadaan yhtälö

$$(17) S_d = a + b_1A + b_2L.$$

Diskontatun osan tukkipuusuutta selittäväenä muuttujana keski-ikällä on saman tapai-

sia puutteellisuuksia kuin keskikuutiolla. Tietty keski-ikä saattaa näet muodostua kovin vaihtelevan ikäisten metsiköiden ikien keskiarvona. Ääritapauksena saattaa metsä käsittää vain yhden keski-ikää vastaavan metsikön.

Eräänä selittävänä muuttujana voidaan ajatella edelleen alkuhakkuuosan tukkipuusadannesta (S_1). Se ilmaisee, miten paljon tukkipuuta on hakattu alkuhakkuussa, kun tunnetaan alkuhakkuun absoluuttinen suuruus. Jos lisäksi tunnetaan alkupuuston tukki-kuutio, saadaan selvitettyksi paljonko tukkipuuta on jäänyt alkuhakkuun jälkeen myöhemmin hakattavaksi ja siis diskontattuun osaan sisältyväksi. Alkuhakkuun tukkipuusadannes on mitattavissa oleva muuttuja. Yksinään sen selityskykyä ei voitane olettaa kovin suureksi. Sitä voidaan ajatella lähinnä täydentäväksi muuttujaksi yhtälössä, jossa muina muuttujina ovat alkupuuston kuutio (V), alkupuuston tukkipuusadannes (S) ja lähihakkuuprosentti (L). Yhtälönä siis

$$(18) S_d = a + b_1S_1 + b_2V + b_3S + b_4L.$$

Yhtälössä lähihakkuuosan tukkipuusadanneksen (S_1) suurenemisella on diskontatun osan tukkipuosuutta lisäävä vaikutus ja päinvastoin. Se on lähihakkuusadanneksen komponentti, joka ilmaisee, paljonko alkuhakkuusta on tukkipuun suhteellinen osuus. Koska regressiomallissa yleensä on pyrittävä välttämään keskenään korreloivia selittäviä muuttujia, on lähihakkuuosaa syytä korvata pienpuuston lähihakkuuosalla.

Esimerkkiaineiston laskelmista on saatu käytettäväksi myös hakkuissa käyttöpuuksi kelpaamattomaksi jäävä tähdeosuus. Se sisältyy alkupuuston kuutioon, mutta jää pois hakkuumääristä. Todellisuudessa tähdeosuus ei vaihtelee varsinkaan hyvillä menekkialueilla kovinkaan paljon. Sen havainnoiminen hinnoitustilanteessa tuskin myöskään tulee kysymykseen. Kun esimerkkiaineiston alkuhakkuuprosentit ulottuvat aina sataan prosenttiin saakka, muodostuvat tähdeosuudet nuorten ikäluokkien osalta jopa 30 %:n suuruisiksi. Järeiden kasvaessa tähdeosan määrä laskee, joten sen suuruus määräytyy mallissa mukana olevista järeystekijöistä. Tämän hypoteesin paikkansa pitävyyttä voidaan kokeilla ottamalla regressiolaskelmiin mukaan sekä alkuhakkuun tähdeosuus (T_1) että koko diskonttausmäärän tähdeosuus (T_2) ja tutkimalla paransivatko ne mallia.

Ottamalla regressiolaskelmiin esimerkkiaineiston lukuarvoina edellä määritellyt seuraavan yhtälön mukaiset muuttujan lukuarvot saamme yleis muodossa seuraavan mallin (19) $S_d = f_1(L, T_1, T_2, A, S, V, S_1)$.

363. Funktion muoto

Yleensä usean muuttujan regressiomallissa pyritään lineaarisiin yhtälöihin laskelmien yksinkertaistamiseksi. Tällöin siis tulevat kysymykseen aritmeettisesti tai logaritmisesti lineaariset yhtälöt. Usein etenkin taloustieteissä ja joissakin biologisissa ongelmissa on mahdollista teoreettisesti perustella funktion muoto. Yleensä funktion muodolle on kuitenkin vaikea löytää teoreettista perustelua tai on miltei yhtä helppo perustella erilaisia funktion muotoja. Näin ollen vasta kokeilu havaintoaineistolla auttaa valitsemaan sopivan useista mahdollisuuksista.

Tässä tutkimuksen osatehtävässä on asetettava huomattava merkitys sille, kuinka hyvin jokin funktio ennustaa myös keskiarvostaan suhteellisen etäällä olevia diskontatun osan tukkipuuprosentteja. Esimerkiksi aliarvioinnin vaihtuminen yliarvioinniksi siirryttäessä funktion käsittämän vaihteluvälin toisesta päästä toiseen saattaa olla merkki funktion väärästä muodosta.

Kun esimerkiksi kolmella muuttujalla x_1, x_2, x_3 lasketaan tyyppiä $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ oleva regressiomalli ja tutkitaan pisteittäin (yksilöittäin) selitysvirheitä ja jos niissä todetaan äärialueilla säännönmukaisuuksia, voidaan niiden perusteella lisätä malliin muuttujista x_1, x_2, x_3 muodostettuja käyräviivaisia funktioita, jolloin saadaan esimerkiksi malli $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_2^2 + b_5x_3x_4$.

364. Laskelmien tulokset

364.1 Muuttujien väliset korrelaatiot

Korrelaatiomatriisiin (liite 2) ensimmäisestä sarakkeesta, jossa ovat eri muuttujien korrelaatiot diskontatun osan tukkipuusuuteen nähden, todetaan, että suurin korrelaatio (.801) on lähihakkuuosan tukkipuusadanneksella (S_1). Tällä muuttujalla yksinään voidaan selittää 64 % diskontatun osan tukkipuu-

sadanneksen (S_d) vaihtelusta. (Selitysprosentti = $100 \times$ yhteiskorrelaatiokertoimen neliö). Lähes yhtä suuri mutta negatiivinen korrelaatio (-0.774) S_d :n suhteen on lähihakkuun tähdeosuudella (T_1). Yleensä voidaan todeta, että kaikki selittävät muuttujat korreloituvat diskontatun osan tukkipuusuuteen (S_d) verraten voimakkaasti ja antavat siten hyvän informaation selitettävästä muuttujasta. Pieninkin korrelaatio (.656), joka on alkupuuston tukkipuusadanneksella, selittää yksinään S_d :n vaihteluista 43 %. Korrelaation suunta on muuttujilla L, T_1 ja T_2 negatiivinen ja muilla positiivinen.

Selittävien muuttujien kesken korrelaatiomatriisissa on useita lähes ykköskorrelaatioita. Esimerkiksi muuttujien V ja A eli puuston alkukuution ja keski-ikä välinen korrelaatio on .996. Diskonttausmäärän tähdeosuuden (T_2) ja lähihakkuun tähdeosuuden (T_1) välinen korrelaatio on .951 sekä lähihakkuun tukkipuuprosentin (S_1) ja tähdeosuuksien (T_1 , T_2) väliset korrelaatiot ovat -0.901 ja -0.916 .

Korrelaatiomatriisissa esiintyy myös täysin 0-korrelaatioita. Keski-ikä (A), puuston alkukuutio (V) ja alkupuuston tukkipuuprosentti (S) ovat nollakorrelaatioissa lähihakkuusadannekseen nähden, joka on saatu aikaan otta-

	L	T_1	T_2	A	S_1	V	S
Regressiokerroin	-.4739	-2.2506	2.5093	-.2164	.6930	.2580	.4852
t-arvo	-13.7493	-2.7268	3.5101	-1.0050	.4437	1.1882	2.4241
	***	**	**				*

Yhteiskorrelaatiokertoimen neliö $R^2 = .9521$
Vakiotermi = 38.616

Diskontatun osan tukkipuusadanneksen vaihteluista on kaikkien muuttujien avulla pystytty regressiolla selittämään huomattavan suuri osa neliösummasta eli 95.2 %. Tulokset ovat lähihakkuusosuuden (L) osalta erittäin merkitseviä, tähdeosuuksien (T_1 , T_2) osalta merkitseviä ja alkupuuston tukkipuusadanneksen (S) osalta melkein merkitseviä. Tämän mallin käytännöllisenä heikkoutena on kuitenkin se, että osa selittävästä muuttujista on vahvassa korrelaatioissa toisiinsa ja että tämän vuoksi eräiden muuttujien (S_1 , A, V) selittävyysaste on jäänyt alhaiseksi.

	L	A	S_1	V	S
Regressiokerroin	-.5164	-.1928	-.4482	.4054	.6011
t-arvo	-14.9432	-.8044	-4.5098	1.7486	2.7920
	***		***		**

$R^2 = .9372$ Vakiotermi 43.64

malla kussakin konstruoidussa esimerkkimetsässä lähihakkuuprosentit tasavälein. Regressiomallien etsimisessä viimeksi mainittu menettely osoittautuu varsin hyödylliseksi, sillä keski-ikä, alkukuutio ja alkupuuston tukkipuusadannes sekä kaikki yksistään niistä lineaarisesti johdetut muuttujat ovat ortogonaalisia eli keskenään korreloimattomia lähihakkuuprosenttiin nähden.

364.2 Diskontatun osan tukkipuusuuden lineaariset regressiomallit

Aluksi kokeiltiin mallilla, jossa kaikki diskontatun osan tukkipuusadannesta selittävät muuttujat ovat mukana, ratkaisemalla yhtälö (20) $S_d = a_0 + a_1L + a_2T_1 + a_3T_2 + a_4A + a_5S_1 + a_6V + a_7S$, jossa $a_0 \dots a_7$ ovat tilastollisia parametrejä (ns. vakio ja regressiokertoimet) ja muuttujien symbolit ovat samat kuin edellä (s. 36). Analyysissä saatiin seuraavat arvot regressiokertoimille ja t-arvoille, joiden avulla voidaan testata vastaavan kertoimen nolasta poikkeavuus.

Laskennoissa on L käsitelty lähihakkuukymmenyksinä eli 10 %:n yksiköissä, joka on otettava huomioon tätä ja kaikkia seuraavia malleja sovellettaessa.

Seuraavaksi kokeiltiin mallia, josta on jätetty pois molemmat tähdeosuudet (T_1 ja T_2). Käytännöllisistä syistä on pyrittävä mallia yksinkertaistamaan. Tähdeosuuksien pois jättämistä voidaan perustella sillä, että ne ovat vaikeimmin mitattavissa ja lisäksi ne ovat voimakkaasti korreloituneet toisiinsa selittäviin muuttujiin. Tästä syystä niiden merkitys selitysasetta parantavana tekijänä on hyvin pieni.

Yhtälön

(21) $S_d = a_1 + a_2L + a_3A + a_4S_1 + a_5V + a_6S$ perusteella saatiin seuraavat arvot:

Kun tähdeosuudet on jätetty pois, pystyvät jäljelle jääneet muuttujat selittämään vielä 93.7 % S_d :n vaihteluista, joten tähdeosuuksien poisjättämisen takia selitysprosentti laski vain 1.5 %, mikä johtuu tähdeosuuksien (T_1 , T_2) ja lähihakkuun tukkipuuprocentin (S_1) välisistä korrelaatioista. Tulokset ovat edelleen alkuhakuu-prosentin osalta erittäin merkitseviä.

Edellisen yhtälön (20) tuloksista poiketen myös lähihakkuun tukkipuusuus osoittautuu luotettavuudeltaan erittäin merkitseväksi. Alkupuuston tukkipuusuuden osalta tulokset näyttävät merkitseviltä.

Pyrittäessä mallia edelleen yksinkertaistamaan on seuraavaksi kokeiltu regressioyhtälöä, josta on jätetty pois lähihakkuun tukkipuusadannes (S_1) sekä keski-ikä (A). Lähihakkuun tukkipuusadannes on tosin korreloitunut — korrelaatiomatriisin mukaan — diskontatun osan tukkipuusadanneeseen selittävistä muuttujista eniten (.801). Sen käyttämistä selittävänä muuttujana puoltaa myös se, että se on helposti mitattavissa. Sillä on kuitenkin voimakas riippuvuus myös toisiin selittäviin muuttujiin (V). Aikaisemmin (s. 38) todettiin edelleen tämän muuttujan vaikutusalueen rajoittuvan niihin tapauksiin, jolloin alkupuustosta on tukkipuuta realisoitavissa lähihakkuun yhteydessä. Myös keski-ikä (A) on mitattavissa oleva muuttuja. Sen arvioiminen pinta-alalla punnittuna saattaa kuitenkin olla vaikeampi suorittaa kuin sen kanssa vaihtoehtoinen muuttuja V eli alkukuutio, jonka kanssa sillä on vahva korrelaatio (.996). Eryyisesti yli-ikäisissä metsiköissä ikä saattaa vaihdella huomattavasti metsikön kuution silti sanottavasti muuttumatta. Mallin yksinkertaistamiskokeilussa on sen takia katsottu aiheelliseksi jättää selittäväksi muuttujaksi alkukuutio (V) keski-ään sijasta. Näin saadaan regressioyhtälö

$$(22) S_d = a_1 + a_2L + a_3V + a_4S$$

ja sille arvot

	L	V	S
Regressiokerroin	-.3870	.3558	.8635
t-arvo	-17.4383	2.7205	.4135
	***	**	

$$R^2 = .9133 \quad \text{Vakiotermin} = 25.01$$

Yhtälöön jätetyillä muuttujilla pystytään siis selittämään vielä 91.3 % S_d :n vaihteluista eli selitysprosentin huononeminen edelliseen

yhtälöön (21) verrattuna on 2.3 %. Tulokset ovat lähihakkuu-prosentin osalta luotettavuudeltaan erittäin merkitseviä ja alkukuution osalta merkitseviä. Muuttujat V ja S ovat, kuten odottaa saattaakin, korrelaatiomatriisin mukaan vahvasti korreloituneet (.983). Niistä toinen voidaan jättää pois regressioyhtälöstä, ilman että selitysprosentti käytännöllisesti katsoen huononee.

Alkupuuston tukkipuusadanneksesta (S) todettiin aiemmin, että sen, kuten lähihakkuun tukkipuusadanneksenkin, vaikutusalue rajoittuu niihin tapauksiin, joissa alkupuustoon sisältyy tukkipuuta. Sen sijaan alkukuution (V) vaikutus ulottuu kaikkiin niihin tapauksiin, joissa alkupuustoa yleensä on. Yhtälöä 22 koskevasta regressiolaskelmasta todetaan, että menetys selitetyssä neliösummassa on hyvin vähäinen (0.027 %), jos S jätetään pois. Sen sijaan V :n pois jättäminen merkitsisi suurempaa suhteellista menetystä (1.15 %).

Jomman kumman muuttujan poisjättäminen paremmuutta on pidetty aiheellisena tarkastella vielä regressiolaskelmin. Aluksi on otettu tarkasteluun yhtälö

$$(23) S_d = a_1 + a_2L + a_3S.$$

Laskelmilla saatiin seuraavia tuloksia.

	L	S
Regressiokerroin	-.3869	.6447
t-arvo	-16.5138	15.8008
	***	***

$$R^2 = .9016 \quad \text{Vakiotermin} = 24.65$$

Lähihakkuu-prosentin ja alkupuuston tukkipuusadanneksen avulla pystytään siis selittämään S_d :n vaihteluista 90.2 %. Tulokset ovat kummankin muuttujan osalta erittäin merkitseviä. Kuten korrelaatiomatriisista todettiin, on selittävillä muuttujilla keskenään nollakorrelaatio.

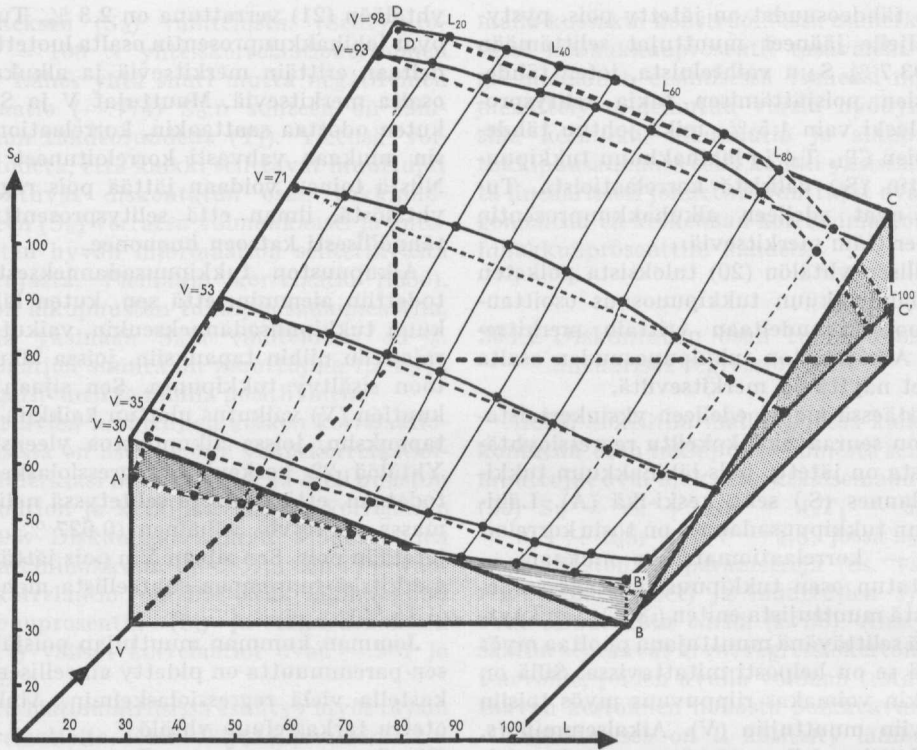
Seuraavaksi tarkastellaan edellisen mallin vaihtoehtoa, jossa alkupuuston tukkipuusadanneksen (S) tilalla on alkukuutio (V). Tälöin lasketaan arvot regressioyhtälölle

$$(24) S_d = a_1 + a_2L + a_3V.$$

Laskelmilla saatiin seuraavat tulokset:

	L	V
Regressiokerroin	-.3869	.4089
t-arvo	-17.5421	17.0013
	***	***

$$R^2 = .9128 \quad \text{Vakiotermin} = 25.18$$



Kuva 7. Mallin (25) mukainen piirros. Vaaka-akselilla on alkuhakuu-prosentti (L), syvyysuuntaisella akselilla alkupuuston kuutio (V) ja pystyakselilla diskontatun osan tukkipuuosuus (S_d).

Abb. 7. Zeichnung nach Modell (25). Auf der Abszisse Prozentsatz des Ersteinschlags (L), auf der in die Tiefe gerichteten Koordinate die Kubikmassen (V) des Anfangsbestands, auf der Ordinate der Stammholzanteil (S_d) des diskontierten Teils.

Regressiolaskelmat osoittavat, että käytetäessä selittävänä muuttujana alkupuuston tukkipuuosadanneksen (S) sijasta alkupuuston kuutiota (V) saadaan S_d :n vaihtelusta selityksi hivenen enemmän kuin edellisessä mallissa eli 91.3 %. Toisin sanoen selitysprosentti parani edelliseen malliin (23) verrattuna 1.1 %. Tulosten luotettavuusarvot ovat erittäin merkitseviä ja myös jonkin verran suurempia kuin edellisessä mallissa. Tässä suhteessa näyttää malli (24) käyttökelpoisemmalta kuin malli (23).

Kuvassa 7 (s. 40) on piirretty kolmiulotteiseen (L, V, S_d) akselistoon yhtälön 24 mukaiset regressiosuorat, kun yhtälöön on sijoitettu regressiolaskelmalla saadut parametrit ja muuttujille L ja V on annettu havaitut arvot. Diskontatun osan tukkipuuosadanneksen (S_d) on siis ratkaistu yhtälöllä (25) $S_d = 25.18 - .3869L + .4089V$.

Piirroksen vaaka-akselilla on lähihakkuusadanneksen (L), syvyysuuntaisella akselilla on alkukuutio (V) ja pystyakselilla diskontatun osan tukkipuuosuus (S_d). Akseliston rajoittamaan avaruuteen on merkitty regressiosuoran pisteet havaittujen L:n ja V:n arvojen sekä yhtälön (25) perusteella laskettujen S_d :n arvojen mukaan. Näiden pisteiden kautta on piirretty regressiosuorat, jotka vastaavat V:n arvoja 30, 35, 53, 71, 93 ja 98. Lasketut ja havaitut arvot on esitetty liitteessä 1. Regressiosuorien muodostama pinta on taso ABCD. Laskettuja S_d :n arvoja vastaavat havaitut arvot on merkitty mustilla palloilla laskettuja regressiosuoran pisteitä vastaavasti akselistoon ja yhdistetty viivoilla toisiinsa. Havaittuja piste-arvoja vastaa akselistossa pinta A'B'C'D'. Havaittuja arvoja esittävät pisteet (pallot) ovat akselistossa vaaka-akselin suunnassa tasaisin välein lähihakkuu-prosent-

tien (10, 20 . . . 100) kohdalla. Tämän selventämiseksi on kuvaan piirretty myös tässä suunnassa palloja yhdistävät viivat. Koska lasketut ja havaitut arvot ovat kuviossa keskenään vertailukelpoisessa asemassa, voidaan kuvan avulla tarkastella, miten esillä oleva regressiomalli suhtautuu havaittuihin arvoihin.

Regressiomallin ja havaittujen arvojen todetaan olevan keskenään erilaisessa asemassa sen mukaan, mikä on esimerkkimetsän alkukuutio (V). Kahden pienikuutioisimman esimerkkimetsän (V = 30 ja V = 35) kohdalla mallin ja havaittujen arvojen kuvaajat poikkeavat toisistaan verraten yhdenmukaisesti. Poikkeavuuden vaihtumakohtana on lähihakkuuprosentti 60 %, jossa havaitut arvot ja regressiolla saadut arvot ovat käytännöllisesti katsoen samat. Lähihakkuuprosentin ollessa pienempi kuin 60 % malli yliarvioi selvästi tukkipuusadannesta (S_d). Yli 60 %:n lähihakkuusadannesten kohdalla malli taas päinvastoin aliarvioi diskontatun osan tukkipuuprosenttia. Poikkeamat näyttävät kummassakin tapauksessa suurenevan alkukuution pienetessä.

Kun esimerkkimetsän alkukuutio on 53, havaitut arvot ovat käytännöllisesti katsoen regressiotasolla. Sitä suurempikuutioisilla metsillä poikkeamat jälleen suurenevät. Poikkeamien suunta on miltei päinvastainen kuin pienempikuutioisilla metsillä. Merkille pantavaa on myös, että poikkeama-alue sattuu selvimmin niiden lähihakkuuprosenttien kohdalle, jotka kenties ensi sijaisesti saattavat tulla käytännössä kysymykseen eli lähihakkuuprosenttien 30—70 välille. Tällä kohdin malli selvästi aliarvioi havaitut arvot. Toinen poikkeama-alue sattuu lähihakkuuprosenttien 90—100 kohdalle. Tältä osin malli taas aliarvioi havaitut arvot pienillä alkukuutioarvoilla (B'B) ja pahasti yliarvioi suurilla (C'C).

Mallitasoa kokonaisuutena tarkasteltaessa havaitaan suurimpien poikkeamien sekä keski-ikältään vanhoissa että nuorissa metsissä kohdistuvan suurimpien lähihakkuuprosenttien osalle. Toisaalta juuri nämä lähihakkuuvaihtoehdot ovat käytännön kannalta epä-

realistisimpia. Kun on myös ilmeistä, että tämän alueen poikkeamat vaikuttavat muiden lähihakkuuvaihtoehtojen kohdalla esiintyviin suhteellisen suuriin, suunnaltaan päinvastaisiin poikkeamiin, voitaneen mallin ennustamiskykyä parantaa, jos lähihakkuuvaihtoehtoja 90 ja 100 % koskeva osa jätetään regressiomallista pois.

Seuraava kokeilu on suoritettu yhtälöllä (26) $S_d = a_1 + a_2L + a_3V$.

Laskelma on suoritettu siten, että L:n arvot 90 ja 100 sekä niitä vastaavat V:n arvot on jätetty pois. Näin saatiin seuraavia arvoja:

	L	V
Regressiokerroin	-.3242	.4801
t-arvo	-24.0335	40.9098
	***	***

$R^2 = .980$ Vakiotermitermi = 18.47

Verrattaessa saatuja tuloksia mallin (24) tuloksiin, jossa L:n arvot 90 ja 100 ovat mukana, havaitaan niiden pois jättämisellä voidun parantaa selvästi mallin selityskykyä. Malli (26) selittää 98.0 % S_d :n vaihteluista. Kun mallin (24) selityskyky oli 91.3 %, on L-arvojen 90 ja 100 pois jättämisellä päästy huomattavasti parempaan malliin. Tulokset ovat sekä L:n että V:n osalta erittäin merkitseviä. Lisäksi on huomattava, että mallin (26) selittävät muuttujat eivät korreloi keskenään.

Yhtälön (24) tulosten perusteella piirretty kuva 7 (s. 40) antaa aiheen päätellä, että käyräviivaisella regressiomallilla olisi ilmeisesti lineaarista regressiomallia huomattavasti parempi selityskyky erikoisesti suurten L-arvojen alueella. Tästä syystä on seuraavassa päätetty kokeilla myös epälineaarista regressiomallia koko aineistoon eli otetaan mukaan myös L-arvoihin 90 ja 100 liittyvät havainnot.

364.3 Diskontatun osan tukkipuusadannuksen epälineaariset regressiomallit

Ensin kokeiltiin yleistä L:n ja V:n toisen asteen pintaa

(27) $S_d = a_0 + a_1L + a_2V + a_3L^2 + a_4LV + a_5V^2$, kun L:n arvoina on 10 . . . 90.

	L	V	L ²	LV	V ²
Regressiokerroin	.1950	.7665	-.2797	-.4331	-.9294
t-arvo	2.9015	6.7720	-5.3343	-8.5987	-1.0973
	**	***	***	***	

$R^2 = .970$ Vakiotermitermi = .7535

Malli selittää S_d :n vaihteluista 97.0 % eli selvästi enemmän kuin suoraviivainen regressiomalli (25). Tulokset ovat erittäin merkitseviä muuttujien V, L^2 ja LV :n kohdalla. Kun piirrettiin yhtälön

$$(28) S_d = .7535 + .1951 L + .7665 V - .002797L^2 - .004331LV - .000929V^2$$

avulla kuvio, jota ei esitetä tässä, osoittautui, että pienillä V :n arvoilla regressiokäyrät kaartuivat liian voimakkaasti aiheuttaen S_d :n aliarviointia lähinnä L :n arvoilla 10 ja 90 sekä yliarviointia L :n arvoilla 40—70. Suurilla V :n arvoilla taas regressiokäyrät päinvastoin kaartuivat liian loivasti, joskin poikkeamat olivat verraten vähäisiä.

Käyrien kaartumissuunnan tulisi ilmeisesti olla mallin (28) mukaisista käyristä poikkeava. Tämän takia on regressiota yritetty pa-

rantaa kokeilemalla mallia, jossa V^2 korvataan termillä VL^2 . Tällöin malli on muotoa (29) $S_d = (a_0 + a_1V) + (b_0 + b_1V)L + (c_0 + c_1V)L^2$

eli sellainen L :n toisen asteen polynomi, jonka kertoimet ovat V :n ensimmäisen asteen polynomeja. Tämän pinnan leikkauskäyrät, kun V on vakio, ovat yleisiä toisen asteen käyriä eli parabeleja, jotka kaartuvat L :n kasvaessa isoilla V :n arvoilla voimakkaasti alaspäin. Arvolla $V = -C_0/C_1$ oikeaa parabeli suoraksi, jonka jälkeen sen kaarevuus kääntyy lievästi päinvastaiseksi. Ne leikkaukset, jotka saadaan kun L vakioidaan, ovat suoria eli pinta on ns. viivotinpinta. Kun mukaan otettiin koko aineisto, päästiin seuraaviin tuloksiin.

	L	V	L^2	LV	VL^2
Regressiokerroin	-6.7477	.3724	.5111	.09403	-.01249
t-arvo	-8.0774	12.7713	6.9052	7.7208	-11.5708
	***	***	***	***	***

$R^2 = .991$

Vakiotermi = 21.34

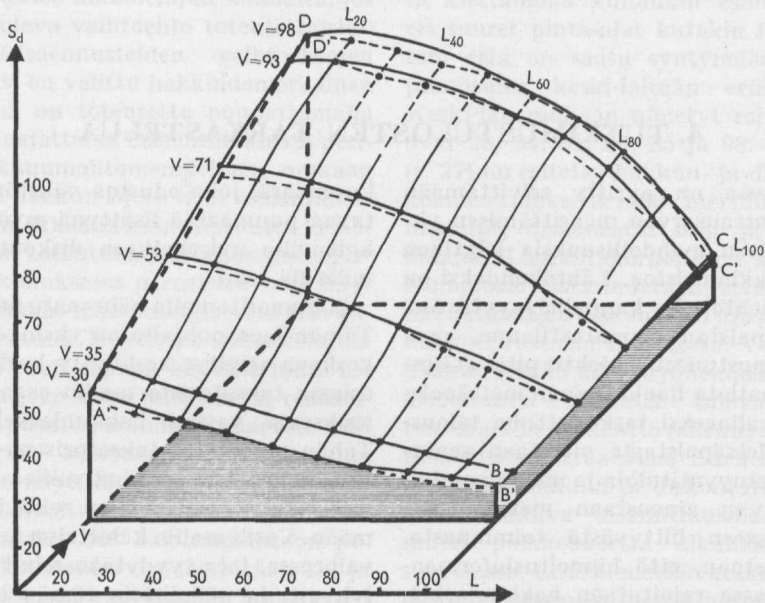
Yhteiskorrelaatiokertoimen neliöstä todetaan, että malli selittää S_d :n vaihteluista 99.1 %. Tulokset ovat kaikkien muuttujien kohdalla erittäin merkitseviä. Tarkasteluja varten esitetään regressioyhtälö muodossa (30) $S_d = (21.34 + .3724 V) - (6.748 - 0.09403 V)L + (.5111 - .01249V) L^2$

Sijoittamalla (30):een selittävien muuttujien eri arvot voidaan piirtää regressiokäyrästä (kuva 8, s. 43), johon on piirretty myös havaittujen arvojen poikkeamat. Regressiokäyrät on sijoitettu kolmiulotteiseen (L, V, S_d) akselistoon kuten kuvan (7) regressiosuorat (s. 40). Piirros on muutoinkin laadittu samaa tapaa ja merkintöjä käyttäen kuin kuvan (7) piirros.

Kolmen pienikuutioisimman metsän ($V = 30.35$) regressiokäyrät kulkevat erittäin tarkasti havaittujen pisteiden kautta. Muiden käyrien osalta mallin poikkeamien jakautuminen voidaan todeta hieman systemaattiseksi. Sellainen malli, joka ne korjaisi, olisi kuitenkin jo niin monimutkainen, että se ei olisi enää tarkoituksenmukainen.

Tarkasteltaessa diskontatun osan tukkipuusadanneksen (S_d) vaihteluita lähihakkuusadanneksen ja alkukuution muuttuessa todetaan piirrokselta, että tukkipuusadanneksen pienenee kaiken kuutioisissa metsissä alku-

hakuun suuretessa. Tosin keski-ikänsä vanhimman ja suurikuutioisimman metsän ($V = 98$) regressiokäyrä kaartuu pienimpien lähihakkuuprosenttien kohdalla hiukan virheellisesti S_d :n arvoja samalla yliarvioiden. S_d :n vaihtelun suunta on kuitenkin sikäli erilainen alkukuutiosta riippuen, että pienikuutioisissa metsissä — mikä esimerkkimetsissä merkitsee samalla nuorta keski-ikää — S_d :n pieneminen tapahtuu hidastuvasti, kun taas suurikuutioisissa metsissä S_d :n pieneminen tapahtuu nopeutuvasti lähihakkuuprosentin suuretessa. Tämän ymmärtämiseksi on ensinnä todettava, että diskontatun osan tukkipuusadanneksen on huomattavasti suurempi järeäpuustoisissa metsissä kuin pienikuutioisissa, mikä piirrokselta näkyy havainnollisesti käyrien keskinäisenä etäisyytenä S_d :asteikolta lukien. Kun järeäpuustoisesta metsästä hakataan alkuhakuussa 60 % tai vähemmän, jää jäljelle vielä runsaasti tukkipuuta myöhempään hakkuusiin ja sitä tietä diskontattuun osaan. Pienikuutioisissa metsissä taas on alunperin suhteellisen vähän tukkipuustoa, mutta sitä enemmän nuoria ikäluokkia, joista tukkeja voidaan hakata vasta etäällä tulevaisuudessa. Nykyhetken diskontattuina niiden osuus koko diskonttausmäärästä jää vähäiseksi. Pääosan diskonttausmäärästä



Kuva 8. Mallin (30) mukainen piirros. Vaaka-akselilla on alkuhakkuuprosentti (L), syvyysuuntaisella akselilla alkupuuston kuutio (V) ja pystyakselilla diskontatun osan tukkipuuosuus (S_d).

Abb. 8. Zeichnung nach Modell (30). Auf der Abszisse Prozentsatz des Ersteinschlags (L), auf der in die Tiefe gerichteten Koordinate die Kubikmassen (V) des Anfangsbestands und auf der Ordinate der Stammholzanteil (S_d) des diskontierten Teils.

muodostaa tällöin tukkipuuta aikaisempina ajankohtina kasvatushakkuissa realisoitu pinoavara. Kun alkupuusto hakataan lähihakkuussa kokonaan pois ($L = 100$), syntyy kaikkien esimerkkimetsien diskontatun osan muodostumiselle sama, alkupuustosta kokonaan riippumaton lähtökohta. Tästä syystä pitäisi S_d :n arvojen olla sama kaikilla esimerkkimetsillä, kun lähihakkuuprosentti on 100. Havaittuihin arvoihin perustuvien pisteiden todetaan melko tarkalleen näin asettuvankin. Sijoittamalla malliin (30) L :n arvo 10 (eli lähihakkuuprosentti = 100) saadaan V :n kertoimeksi 0.063, jolloin koko V :n vaihtelualueella (30,98) S_d kasvaa 4.3 yksikköä eli virheellinen nousu on hyvin pientä. Kun siis V :n arvoista riippumatta päädytään lopulta — lähihakkuun tullessa 100:ksi — samaan S_d :n tasoon, alkavat suurikuutioisten metsien suuret S_d :n arvot nopeasti vähentyä tätä ta-

soa kohti, kun alkupuustosta myöhempiin hakkuisiin jäävän tukkipuuston osuus supistuu voimakkaiden alkuhakkuiden takia vähäiseksi. Tästä syystä käyrien loppupää kääntyy sitä jyrkemmin L -akselia kohti mitä suurempi alkupuusto on. Jos taas ajatellaan alkukuutiota pienennettäväksi alle 30:n, lähenee näiden metsien S_d :n arvoja osoittava kuvaaja ilmeisesti pienillä L :n arvoilla nopeammin vaaka-akselia kuin suurilla L :n arvoilla. Näin kuvaajan on pakko myös loiventua ja oieta tultaessa pienempikuutioisiin metsiin. Mallissa (30) tulee L^2 :n kerroin nolaksi, kun $V = 41$, jonka jälkeen kaarevuus vähitellen muuttuu päinvastaiseksi. Mutta regressiopinta näyttää sopivan varsin hyvin havaintoihin myös alimpien V -arvojen kohdalla. Regressiomalli antaa täten alkukuutioltaan aineiston äärialueilla oleville metsillekin varsin hyvin aineistoon sopivia arvoja.

4. TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksessa on pyritty selvittämään metsän diskonttausarvon määrittämisen yksinkertaistamisen mahdollisuuksia käyttäen apuna esimerkkiaineistoa. Lähtökohdaksi on valittu vapaaehtoisella kaupalla myytävänä olevan metsäpalstan hinnoitustilanne, jossa kaupasta kiinnostuneet subjektit pitävät hinnoitusinformaatiota hankkiessaan metsäpalktaa ansaintavälineeksi tarkoitettuna talousyksikkönä. Metsäpalkasta oletetaan saatavan vain puunmyyntituloja ja menoja ajatellaan aiheutuvan ainoastaan metsäpalstan puunkasvatukseen liittyvästä toiminnasta. Edelleen oletetaan, että hinnoitusinformaation hankinnassa rajoitutaan hakkuulaskelmiin perustuviin diskonttausarvolaskelmiin.

Käytännön hinnoitustilanteissa hakkuulaskelmiin perustuvia diskonttausarvolaskelmia laaditaan verraten harvoin, koska hakkuulaskelman tekeminen vaatii suhteellisen runsaasti työtä. Yleensä hakkuulaskelmaa käytetään diskonttausmenetelmän perustana vain niissä tapauksissa, jolloin metsäpalkstalla on ennestään esimerkiksi taloussuunnitelmaa varten tehty hakkuulaskelma. Tutkimuksessa omaksutun käsityksen mukaan riittävän hinnoitusinformaation edellytyksenä on kuitenkin vaatimus, että samalle metsäpalkstalle tulisi laatia useita hakkuulaskelmia, joista on laskettavissa hinnoitukselliset tarpeet täyttäviä vaihtoehtoisia diskonttausarvoja. Tästä käsityksestä on päädytty lähtökohtaoletukseen, että puheena olevaa hinnoitusmallia tulisi voida yksinkertaistaa käytännöllisyyden vaatimuksia paremmin vastaavaksi.

Hinnoitusinformaation yksinkertaistamisen olennaisina yleisperiaatteina tutkimuksessa on pidetty hinnoitusmallin soveltuvuutta mahdollisimman monenlaisten metsäpalktojen hinta-arviointeihin sekä mallin muuttujien mittauksen ja itse mallin yksinkertaisuutta. Hinnoitusmallin informaatioainesta voidaan tarkastella kahdessa vaiheessa:

1. muodostamalla suhteellisen objektiivisiin taksatorisiin tunnuksiin perustuva malli, jolla arvioidaan diskonttausmäärä eli hak-

kuumäärä, joka edustaa välittömästi hakattavaa puumäärää lisättyinä myöhemmin hakattavilla nykyhetken diskontatuilla puumäärillä sekä

2. hinnoittamalla näin saatu hakkuumäärä. Tämän jaon pohjalta on yksinkertaistamista koskeva selvitys keskitetty koskemaan pääasiassa taksatorista mallin osaa, jota tutkimuksessa vastaa hakkuulaskelma-aineisto. Tähän on liitetty taksatorisena komponenttina laskentakorko siinä vaiheessa, kun hakkuulaskelma-aineistoa on ryhdytty käsittelemään. Vasta mallin kehittelyn myöhemmässä vaiheessa, jota tyydytään selvittämään vain lyhyesti ja pääpiirtein tämän luvun loppuosassa, malliin kytketään puutavaran yksiköhinnat ja muut rahamitat. Toisin sanoen aineistokäsittelyssä on rajoitettu pelkästään puumääriä koskeviin laskentoihin.

Tutkimuksen aineisto-osaa voitaneen luonnehtia jossain määrin laboratorio-olosuhteisiin rinnastettavaksi kokeiluksi. Aineistokäsittelyllä ei siten ole pyritty aineistolle laskettujen parametrien estimaattien yleistettävyyden testaamiseen. Tämä näet olisi ollut mahdotonta sen vuoksi, ettei ole voitu tietää, mistä perusjoukosta tutkimukseen valittu esimerkkiaineisto on peräisin. Parametrit on siten uusissa esiintulevissa tapauksissa estimoitava uudelleen.

Aineistokäsittelyn lähtökohtana on ollut hakkuumääräennusteiden laatiminen koealatiетоjen pohjalta konstruoiduille esimerkkimetsille. Ennusteiden laatimisessa on käytetty KUUSELAN esittämää kehityslaskelmamethodia. Tällöin on kuitenkin pyritty erottamaan toisistaan tavanomaiset, esimerkiksi taloussuunnitelman yhteydessä laadittavat hakkuuennusteet, joita tutkimuksessa on luonnehdittu asiaanvaikuttajan ennusteiksi eli hakkuuohjelmiksi, ja hinnoitusinformaation hankkimiseksi laadittavat hakkuumääräennusteet, joita tutkimuksessa on sanottu fiktiivisiksi ennusteiksi. Tutkimuksessa käytettäväksi ennustetyypiksi on valittu fiktiivinen ennuste, jonka ajatellaan vastaavan kysymykseen, mitä tapahtuu tai mitkä ovat rele-

vantit seuraukset hinnoittajan kannalta, jos jokin esiin tuleva vaihtoehto toteutettaisiin.

Hakkuumääräennusteiden vaihtoehtojen lähtökohdaksi on valittu hakkuiden erilainen ajoitus. Tämä on toteutettu noudattamalla hakkuumahtojattelun laskentateknistä periaatetta. Hakkuumahtomenetelmän mukaan ensimmäinen hakkuu sijoitetaan laskentahetkeen niin voimakkaana kuin se esteittä katsotaan voitavan toteuttaa. Hakkuumahtojattelua on tutkimuksessa perusteltu sekä käytännöstä otetuilla näkökohdilla että likviditeettiteorian avulla. Käytännön hinnoittajilla on todettu olevan tapana käyttää hinta-arvioinneissaan joko koko puuston tai realisoimiskelpoisen puuston osan hakkuuarvoa. Likviditeettiteorian käsitteistöön sovellettuna hakkuumahto näyttää vastaavan tiettyä rahaksimuuttokelpoisuus- ja maksuvalmiusetua metsänomistajalle. Jos hakkuumahtoon perustuvaa diskonttausarvoa merkitään D_h ja esimerkiksi tasaisen vuotuistulon odotukseen perustuvaa diskonttausarvoa D_t , voidaan maksuvalmiusetua mittaavana suureena pitää erotusta $D_h - D_t$. Ostajan ja myyjän oletetaan pitävän tätä erotusta, kun se on positiivinen, metsäpalstan hintaa lisäävänä tekijänä.

Kuten edellä mainittiin, hakkuumahtomenetelmää on käytetty esimerkkiaineiston käsittelyssä vain laskentateknisenä lähtökohdana. Kaikissa aineiston laskelmavaihtoehtoissa esiintyy näet laskentahetkeen sijoitettu alkueli lähihakkuu käsittelynormina. Alkuhakkuun osuus vaihtelee kaikissa esimerkkimetsissä 10—100 % kymmenen prosentin välein porrastettuna, puuston realisoimiskelpoisuudesta riippumatta. Toisesta vuosikymmenestä alkaen metsän käsittelynormina on tavoitepuusto. Näin on pyritty saattamaan kaikki laskelmavaihtoehdot saman periaatteen mukaan vertailukelpoiksi ja siten perustamaan etsittävät invarianssit yhteiseen taksatoriseen normiin. Näin menetellen hakkuumääräennuste jakaantuu kahteen osaan, diskonttaamatta jäävään alkuhakkuumäärään ja tulevaisuudessa odotettavaan hakkuumääriin, jotka diskontataan ja joita on sanottu hakkuumääräennusteen diskontatuksi osaksi. Diskontattujen hakkuumäärien ja alkuhakkuumäärän summaa on sanottu yhteisellä nimellä diskonttausmääräksi.

Esimerkkimetsiä on tutkimuksessa kuusi. Ne on konstruoitu koeala-aineiston perusteel-

la asettamalla kuhunkin esimerkkimetsään eri suuret pinta-alat kutakin ikäluokkaa siten, että on saatu syntymään pinta-alalla punnitulta keski-ikältään erilaisia metsiä. Keski-ikäen mukaan nimetyt esimerkkimetsät ovat 29, 34, 51, 68, 85 ja 98. Taulukossa 3 (s. 27) on esitetty hakkuu- ja diskonttauslaskelmien tuloksena näille metsille saadut alkuhakkuut, diskonttatut osat ja diskonttausmäärät. Laskentakorkona on käytetty 5 %. Numerosarjoista todetaan, että kaikkien esimerkkimetsien diskontattu osa pienenee alkuhakkuuprosentin suuretessa. Voimakas alkuhakkuu siirtää näet myöhempiä hakkuumahdollisuuksia etämmälle tulevaisuuteen lisäen samalla diskonttovähennystä ja vähentäen diskontattua osaa. Edelleen havaitaan, että alkuhakkuun ja diskonttatun osan summana saatava diskonttausmäärä suurenee miltei poikkeuksetta alkuhakkuuprosentin suuretessa. Lisäksi metsän keski-ikällä näyttää olevan vaikutusta mainittuihin ilmiöihin.

Metodiselta kannalta mielenkiintoisinta on diskonttatun osan riippuvuus alkuhakkuuprosentista ja keski-ikästä. Tämä näet viittaa mahdollisuuteen ennustaa diskonttatun osan suuruus mainittujen toisten muuttujien avulla. Taulukon luvut on sen takia siirretty akselistoon, jossa vaaka-akselilla ovat lähihakkuuprosentit ja pystyakselilla diskonttatun osan prosenttinen osuus koko diskonttausmäärästä (kuva 5, s. 33). Lukuja edustavat pisteet on tasoitettu matemaattisesti toisen asteen regressiolla. Näin on saatu tasoitusviivoista syntyvä viuhka, jonka jokainen viiva edustaa yhtä esimerkkimetsää ja sen kymmentä hakkuulaskelmaa. Kuvasta todetaan diskonttatun osan pienenevän säännöllisesti alkuhakkuuprosentin suuretessa. Puuston keski-ikäen suuretessa pieneminen voimistuu. Tämä ilmenee parhaiten kuvasta 6 (s. 34), jossa edellisen kuvan käyrien piste-arvoista on johdettu matemaattista toisen asteen regressiota käyttäen uudet piste-ärvot, jotka vastaavat täysin 10-lukuina ilmaistuja esimerkkimetsien keski-ikäiä.

Mikäli edellä havaittu riippuvuus on yleistettävissä, tämä merkitsee sitä, että diskontattu osa on ennustettavissa, kun tunnetaan puuston keski-ikä, alkukuutio ja lähihakkuuprosentti. Toisin sanoen näillä tiedoilla voidaan korvata hakkuulaskelman laatiminen sekä siitä ilmenevien hakkuumäärien diskonttaaminen. Käytännön kannalta tämä

merkitsisi sitä, että diskonttausmäärän diskonttatun osan laskemista varten tulisi taulukoida kertoimet eri muuttujien arvoille. Taulukosta valitaan havaittua keski-ikää ja käytettyä lähihakkuuprosenttia vastaava kerroin. Diskonttatun osan diskonttausmäärä saadaan mainitun kertoimen ja lähihakkuumäärän tulona. Koko diskonttausmäärään päästään laskemalla yhteen alkuhakkuumäärä ja diskonttatun osan diskonttausmäärä. Diskonttausarvo saadaan kertomalla diskonttausmäärä yksikköhinnalla ja vähentämällä tulosta metsäpalstan aiheuttamien menojen diskonttausarvo.

Edellä on ajateltu puuston kasvu ja laskentakorko annetuiksi, koska ne eivät ole esimerkkiaineistossa muuttuvia suureita. Todellisuudessa kasvu on suuruudeltaan vaihteleva ja se on arvioitava hinnoituksen yhteydessä metsäpalstakohtaiseksi. Jos edellä pelkistään kuvattua diskonttausmäärän ja -arvon laskentametodia sovelletaan käytäntöön, on puheena olleet kertoimet taulukoitava kasvultaan erilaisille metsille, koska kerroin on riippuvuussuhteessa kasvun määrään. Myös laskentakorko vaihtelee eri hinnoittajien arvioissa. Tästä syystä tarvitaan eri kertoimet vaihtoehtoisille laskentakoroille. Tällöin hinnoittaja voi valita puheena olevat kertoimet kulloinkin ajattelemaansa laskentakorkoa vastaavasti. Puuttumatta vielä tässä yksikköhintojen määrittämisen ongelmaan ja metsäpalstan menoihin lienee paikallaan lyhyesti tarkastella diskonttausmäärään päätyvää osamallia aiemmin hahmotellun yksinkertais-tamisperiaatteen kannalta.

Mallissa on mitattavina muuttujina jokin kasvun suuruutta osoittava tunnus, puuston pinta-alalla punnittu keski-ikä ja nykypuuston keskikuutio hehtaaria kohti. Kasvu on määritettävissä joko kasvun mittauksin todettavana keskikasvuna hehtaaria kohti tai keskiboniteetin mukaan. Jos kasvu luokitellaan metsämaan keskiboniteetin avulla, tarvitaan boniteeteittaiset diskonttausmääräkertoimet, jolloin kullakin metsätyypillä on oma kerrointaulukonsa. Vastaavasti taulukot voidaan laatia myös kasvuprosenttien mukaan. Olennaista mallin käytännöllisyyden kannalta on, että kasvu on metsäpalstakohtaisesti mitattava tavanomainen tunnus. Puuston keski-ikä ja keskikuutio ovat tavallisia taksatorisia tunnuksia, jotka niin ikään ovat metsäpalstakohtaisesti mitattavissa.

Mallin selittävinä muuttujina mainitut kolme tunnusta ovat siinä suhteessa objektiivisia suureita, että ne määräytyvät yksinomaan kulloinkin hinnoituskohteena olevan metsän mukaan. Toisin sanoen niiden määrittämisessä saattaa tulla ainoastaan mittausvirheitä, mutta niihin ei vaikuta subjektiivinen arvostus, kuten rahamitoissa ilmaistaviin suuriin.

Vaikka esillä olleet kolme tunnusta ovat tulevaisuuden hakkuumääriä selittävinä muuttujina objektiivisia ja siten hinnoitusinformaation kannalta erittäin käyttökelpoisia, ne eivät yksin määritä tulevaisuuden hakkuukertymää. Niiden lisäksi tarvitaan näet hakkuumäärien ajoitusta säätelevä normijärjestelmä, joka on tietyissä rajoissa subjektiivinen. Tämä normijärjestelmä on mallia rakennettaessa käytettävä ennalta määrättyjen muuttujien kombinaatio, jollaisen muodostaa esimerkkiaineiston käsittelyssä käytetty tavoitepuusto tunnuksineen sekä sen soveltamistapa. Kun normitusvaihtoehtoja on rajattomasti ja kun normien asettaminen on sovinnaista, ei tutkimustehtävään ole sisällytetty tämän kysymyksen laajempaa käsitelyä. On kuitenkin korostettava, että käytäntöön sovellettavaksi tarkoitettuun malliin tulee liittää selvitys, josta hinnoittajalle ilmenee hakkuitten ajoitusta koskeva normitus.

Hinnoittajan harkinnasta riippuvana selittävänä muuttujana mallissa on alku- eli lähihakkuuosuus, jonka suuruuden hinnoittaja valitsee. Alkuhakkuun suuruus on esimerkkiaineistossa määritetty 10 %:n tasavälein, kuten edellä on todettu. Aiemmin on myös eri yhteyksissä pyritty selvittämään, että jonkin alkuhakkuuprosentin — esimerkiksi suhteellisen suuren — valitseminen ei tarkoita toteutettavaksi aiottua alkuhakkuun määrää, vaan alkuhakkuuprosentilla mitoitetaan mm. puuston rahaksimuuttokelpoisuusetua. Kun metsän boniteetti, keski-ikä, laskentakorko ja nykypuuston keskikuutio hehtaarilla tunnetaan, voidaan valita kutakin haluttua alkuhakkuuprosenttia vastaava taulukoitu diskonttausmääräkerroin, jonka avulla päästään diskonttausmäärään. Esillä olevan hinnoitusmallin huomattavana etuna on, että sen jälkeen, kun tarvittavien tunnusten arvot on selvitetty, on mahdollista vain kerrointaulukkoa ja vähäistä kertolaskua käyttäen määrittää useita alkuhakkuuvaihtoehtoja vastaavia diskonttausmääriä. Muussa tapaukses-

sa jouduttaisiin jokaista vaihtoehtoista diskonttausmäärää varten laatimaan omat haku-laskelmansa ja suorittamaan diskonttaus-laskelmat. Vaihtoehtoiset diskonttausmäärät ja niistä johdettavat diskonttausarvot ovat tärkeitä hinnoitusinformaation täydentäjiä. Niiden avulla voidaan kartoittaa kaupanteos-sa muodostuvan hinnan aluetta. Samalla on selvitettävissä, millä ehdoilla erilaiset hinta-arviovaihtoehdot ovat mahdollisia.

Diskonttausmäärään päätyvä malli, jota edellä on tarkasteltu, ei riitä hinnoitusinfor-maatioksi, vaan siihen tarvitaan rahamitoissa ilmaistu diskonttausarvo. Tästä syystä on esimerkkiaineiston avulla tutkittu myös dis-konttaustas määrän puutavaralajikoostumuksen ennustamismahdollisuuksia. Alkuhakuussa kertyvän puumäärän rakenne on ajateltu arvioitavan hinnoitushetkellä tapahtuvan puuston arvioinnin yhteydessä, joten puu-tavaralajirakenteen ennustamisen tutkimi-nen on kohdistunut pelkästään diskontat-tuun osaan.

Esimerkkiaineistolle on laskettu Nyrssö-sen (1958, s. 83—84) esittämiin rakennelu-kuihin perustuen rakennekoostumus. Regressiolaskelmin on etsitty sitten sellaisia ope-rationaalaisia, hinnoitushetkellä mitattavissa olevia muuttujia ja niiden parametrejä, joiden avulla diskontatun osan rakenne olisi parhaiten ennustettavissa. Rakenteesta on valittu selitettäväksi muuttujaksi tukkipuusuus, koska se voitaneen katsoa hinnoituksen kan-nalta olennaisimmaksi muuttujaksi. Edel-leen on pyritty selvittämään, mikä funktion muoto on tähän tarkoitukseen sopivin.

Aluksi kokeiltiin lineaarisella regressio-mallilla, jossa kaikki esimerkkiaineistosta saatavissa olevat tukkipuusuutta selittävät muuttujat olivat mukana (20, s. 38). Sen jälkeen pyrittiin mallia yksinkertaistamaan jättämällä asteittain muuttujia pois kokeilta-vista malleista. Mallissa (24, s. 39) otettiin mukaan vain lähihakkuusuus ja alkupuuston kuutio. Tällöin saatiin selitetyksi diskontatun osan tukkipuusadanneksesta 91.3 %. Tulosten luotettavuusarvot olivat erittäin merkit-seviä. Mallilla saatavia tuloksia on pyritty ha-vainnollistamaan kuvassa (7, s. 40) esitetyllä kolmiulotteisella piirroksella. Mallitasoa tarkasteltaessa havaittiin suurimpien poikkeam-ien kohdistuvan suurimpien lähihakkuu-prosenttien osalle. Koska nämä lähihakkuu-vaihtoehdot ovat käytännön kannalta epä-

tavallisimmat, jätettiin seuraavasta regressio-mallista (26, s. 41) lähihakkuuvaihtoehdot 90 ja 100 % pois mallin ennustamiskyvyn paran-tamiseksi. Tällöin todettiin päästävän huomattavasti parempaan malliin, joka selittää 98.0 % diskontatun osan tukkipuusuuden vaihteluista. Tulokset ovat sekä lähihakkuu-prosentin että alkukuution osalta erittäin merkitseviä. Lisäksi on huomattava, että mallin (26) selittävät muuttujat eivät korreloi keskenään.

Koska yhtälön (24) tulosten perusteella piirretystä kuvasta (7) saattoi olettaa, että käyräviivaisella regressiomallilla olisi lineaari-sta mallia suurempi selityskyky, päätettiin kokeilla myös epälineaarisia regressiomalleja. Näistä parhaaseen tulokseen johti malli (29, s. 42), joka selittää 99.1 % diskontatun osan tukkipuusadanneksen vaihteluista. Tulokset olivat kaikkien muuttujien osalta erittäin merkitseviä. Sijoittamalla selittävien muuttu-jien eri arvot regressioyhtälöön (30, s. 42) piirrettiin kuvan (7) mukainen regressiokäyrästä kolmiulotteiseen akseliston tulosten havain-nollistamiseksi. Piirroksessa todettiin käyrien kulkevan niin tarkasti havaittuja arvoja osoittavien pisteiden kautta, että niitä kor-jaava malli olisi monimutkaisiutensa takia epätarkoituksenmukainen. Kuvasta oli to-dettavissa, että diskontatun osan tukkipuu-sadannes pienenee alkuhakuuprosentin suu-retessa. Tämä riippuvuus alkuhakuuprosen-tin ja tukkipuusuuden kesken on kuitenkin erilainen pienikuutioisilla ja suurikuutioisilla metsillä. Kun alkuhakuuprosentti tulee sadaksi, ovat puheena olevat tukkipuusuudet samat pieni- ja suurikuutioisilla metsillä.

Esitetyistä malleista parhaina voitaneen pitää malleja (26) ja (30) niiden korkean seli-tysasteen ja pienehköjen selitysvirheiden vuoksi. Näistä (26) on muodoltaan lineaari-nen, varsin yksinkertainen ja sen selittävät muuttujat ovat keskenään korreloimattomia. Tässä mielessä, huolimatta sen hiukan pie-nemmästä selitysstasteesta, se on kenties pa-rempi kuin malli (30), joka on käyräviivainen sekä niin ollen jonkin verran monimutkaisempi ja jonka selittävien muuttujien ensimmäiset ja toiset potenssit ovat jo määritelmän mukaan keskenään korreloituneet. (Tosin keskinäisillä korrelaatioilla tässä on vähäinen merkitys, koska ne ovat luonteeltaan pysyviä).

Korkeat yhteiskorrelaatiokertoimet näissä malleissa eivät suinkaan merkitse, että dis-

konttausmäärän määrittäminen käytännössä olisi niin »invarianttista». Todellisuudessa näet hakkuumääräennusteita laadittaessa sovelletaan väljempää normeja.

Esimerkkiaineisto näyttää osoittavan, että sekä diskonttausmäärä että sen puutavaralajikoostumus on määritettävissä tavanomaisiin taksatorisiin tunnuksiin perustuen siten, että näitä tunnuksia ja apukeinoja käyttäen pystytään välttämään metsäpalstakohtaisen hakkuulaskelman laatiminen ja diskonttauksen suorittaminen. Kun tunnetaan hakkuumääräennusteen diskonttausmäärä ja sen rakenne, voidaan laskelmaan sijoittaa sillä paikkakunnalla todetut puutavaran yksikköhinnat, jolla hinnoitus kuitenkin suoritetaan. Näin päästään diskonttausarvoon. Tästä on vähennettävä vielä menojen diskonttausarvo, jota ei ole sisällytetty esillä olleeseen tutkimukseen.

Tutkimustulosten käytäntöön soveltaminen edellyttää uuden, boniteetiltaan ja puustollisilta tunnuksiltaan vaihtelevan metsäpalsta-aineiston keräämistä ja konstruointia sekä vaihtoehtoisten hakkuu- ja diskonttauslaskelmien laatimista tälle aineistolle. Erityistä huomiota on tällöin syytä kiinnittää eräisiin laskelmanormitukseen liittyviin kysymyksiin, jotka on tässä tutkimuksessa jätetty vähälle huomiolle tai sivuutettu tutkimustehävän luonteen takia. Edellä on jo ollut esillä hakkuulaskelmanormitus, jonka ensi sijaisena kriteerinä on esillä olevassa tutkimuksessa ollut normien soveltuvuus invarianssien etsimiseen ja toteamiseen. Käytännön sovellutukseen tähtäävässä selvityksessä tulee esille uutena vaatimuksena normien yleinen hyväksyttävyyden kaikissa niissä tilanteissa, joissa puheena olevaa yksinkertaistamismenettelyä aiotaan käyttää. Hakkuumäärät ja -tulot on esillä olevassa yhteydessä käsitelty päättymättöminä sarjoina. Kun on kysymys luonnollisen henkilön tulonodotuksista, ei tunnu mielekkäältä olettaa, että hän olisi kiinnostunut oman elinaikansa jälkeisistä odotuksista (esim. SAARIO 1961a, s. 495). On myös huomautettu, ettei ole konkreettisia edellytyksiä hakkuulaskelman ulottamiseen 30—50 vuotta

pitemmälle tulevaisuuteen (SPEIDEL 1967, s. 113—114). Nämä huomautukset ovat kieltä-mättä paikallaan. Käsillä olevan tutkimuksen metodisen tavoitteen takia mainittu tulosarjan ajallinen ulottuvuus kysymys on kuitenkin katsottu voitavan jättää tässä yhteydessä lähemmin tarkastelematta. Todettakoon kuitenkin, että käytännön hinnoitustilanteissa viime kädessä hinnoittava päätöksentekijä ratkaisee, miten kauas tulevaisuuteen ulottuvia odotuksia hän ottaa laskelmissaan huomioon. Täten ongelma on hinnoittajakohtainen. Iältään rajoittamattoman päätöksentekijän — esimerkiksi valtion — näkökulmasta tulosarjan käsitteleminen päättymättömänä saatetaan myös ymmärtää metsän hinnoituksessa tämän omaisuuslajin jatkuvaa uusiutumista ja »kulumattomuutta» vastaavaksi periaatenäkökohdaksi, joka erottaa sen muunlaisesta omaisuudesta. Esimerkiksi koneen tulosarjaa käsittelevässä laskelmassa on tapana käyttää tulosarjan päättävänä eränä ns. »romuarvoa», joka on käytöstä poistetun koneen myyntihinta. Jatkuvaksi käsitetyssä metsätaloudessa »romuarvoa» vastaa odotettavien nettotulojen diskonttausarvo, joka on minä tahansa tulevaisuuden ajankohtana saman suuruinen, kun laskelman muuttujat oletetaan samoiksi.

Edelleen on syytä mainita laskentakorkokannan käytöstä tutkimustulosten sovellutuksissa. Esillä olevassa tutkimuksessa on käytetty yksinkertaisuuden vuoksi vain yhtä laskentakorkoa (5 %), jolla on diskontattu koko hakkuumääräsarja. Sovellutuslaskelmissa on diskonttausmäärät syytä laskea eri suuruisia laskentakorkoja käyttäen, koska päätöksentekijöillä on erilaiset vaihtoehtokustannukset (opportunity costs). Lienee paikallaan ottaa harkittavaksi myös laskentakoron suurentaminen etäisten odotusten kohdalla. Täten voidaan painottaa etäiseen tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta ja ottaa asianmukaisella tavalla huomioon todennäköisyys, että mitä pitemmälle aika kuluu sitä suuremmat ovat vaihtoehtokustannukset uusien, entistä edullisempien vaihtoehtojen ilmestyessä.

VIITEKIRJALLISUUS

- AARSBY, MARIUS — HUSTAD, TOROLV — JØRGENSEN, FRITS — POULSSON, BERNT L. — SEIP, HANS KR. — VIGERUST, AASMUND. 1950. Forslag til revisjon av »Retningslinjer og hjelpetabeller for vurdering av skog og skoggrunn ved ekspropriasjon». Oslo.
- AHONEN, LEO. 1951. Kestävyyss metsätalouden ohjeena. MA 6: 165—166.
- »— 1957. Metsän raha-arvon määrittäminen. Metsäkäsikirja 2, s. 191—204. Helsinki.
- »— 1959. Lisäys edelliseen julkaisuun. Acta For. Fenn. 68, s. 55—56.
- »— 1970. Diskonttausarvo metsän hinnoitusinformaationa. Referat: Der Diskontierungswert als Information für die Preisschätzung des Waldes. Acta For. Fenn. Vol. 105.
- BAUR, FRANZ. 1886. Handbuch der Waldwertrechnung. Berlin.
- BLANCKMEISTER, JOHANNES. 1956. Die räumliche und zeitliche Ordnung im Walde des mitteleuropäischen Raumes. Leipzig.
- DIETERICH, VIKTOR. 1945. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Zweiter Band. Berlin.
- DILLARD, DUDLEY. 1949. The Economics of JOHN MAYNARD KEYNES. New York.
- ENDRES, MAX. 1911. Lehrbuch der Waldwertrechnung und Forststatik. Berlin.
- ERICSSON, BERNHARD. 1906. Oppi- ja käsikirja metsätalouden järjestelyssä. II. Metsänjako-oppi. Helsinki.
- FISCHER, GUIDO. 1961. Die Betriebsführung. Band 1. Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Heidelberg.
- HEIKURAINEN, L. — KUUSELA, K. — LINNAMIES, O. — NYSSÖNEN, A. 1960. Metsiemme hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan tarkastelua. Summary: Cutting Possibilities of the Forests of Finland. A Long-term Analysis. Silva Fenn. 110.
- HEYER, GUSTAV. 1892. Anleitung zur Waldwertrechnung. Leipzig.
- HONKO, JAAKKO. 1955. Koneen edullisin pitoaika ja investointilaskelmat. LTJ 19.
- »— 1963. Investointien suunnittelu ja tarkkailu. Porvoo.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey. MTJ 30.
- »— 1944. Metsän raha-arvon likimääräinen arviointi. Tapion taskukirja, s. 131—137. Helsinki.
- »— 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.
- »— 1949. Metsän raha-arvon likimääräinen arviointi. Tapion taskukirja. 12. painos, s. 217—226. 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.
- »— 1959. Metsämaiden luokitus. Tapion taskukirja, 14 p., s. 208—214. Helsinki.
- »— 1965. Metsänarvioiminen. Helsinki.
- JUDEICH, FRIEDRICH. 1893. Die Forsteinrichtung. Dresden.
- KAILA, EINO. 1939. Inhimillinen tieto. Helsinki.
- KALLIO, KUSTAA. 1958. Tutkimuksia hakkauslaskelmasta ja siihen perustuvasta metsän tuottoarvosta. Acta For. Fenn. 68.
- KELTIKANGAS, VALTER. 1938. Puutase metsätalouden tuloksenlaskennassa. Referat: Die Holzbilanz in der Erfolgsrechnung der Forstwirtschaft. Acta For. Fenn. 45.1.
- »— 1943. Hakkaussuunnitelman talousteoriaa. MA n:o 10—11: 199—202.
- »— 1947. Metsänarvonlaskennan luennot. (Moniste). Helsinki.
- »— 1962. Normaalmetsän kannattavuussadannes ja finanssien kiertoaika. Summary: The Concept of Profitability in the Normal Forest and the Financial Rotation. MTJ 55.24.
- »— 1965. Metsänkorko ja metsämaankorko rahoituskysymyksen näkökulmasta. MA 11: 466—467.
- »— 1969. Annual Net Income of Wood-lot. Readings in Forest Economics. SVENDSRUD, A. (toim.), s. 123—142. Oslo—Bergen—Tromsø.
- KEYNES, JOHN MAYNARD. 1951. Työllisyys, korko ja raha. Suom. The General Theory of Employment, Interest and Money. Porvoo.
- KOIVISTO, PENTTI. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and Yield Tables. MTJ 51.8.
- KOKKONEN, PEKKA. 1940. Maan käypä hinta Nurmijärven kunnassa vv. 1934—1938. Maataloustieteellinen aikakauskirja, s. 98—141.
- KUUSELA, KULLERVO. 1958. Kasvuennusteen suoritaminen hakkuulaskelman yhteydessä. Summary: Increment Forecast in Connection with Cutting Budget. Acta For. Fenn. 67.
- KUUSELA, KULLERVO. 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest Permanent Allowable Cut and a Method for its Calculation. Acta For. Fenn. 71.
- »— 1961. Hakkuusuunnitteet ja niiden merkitys puutaloudessa. Suomen Puutalous n:o 3.
- KUUSELA, K. — NYSSÖNEN, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The Cutting Budget for a Desirable Growing Stock. Acta For. Fenn. 74.

- LIHTONEN, VILHO. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertrags-hiebsberechnung. Acta For. Fenn. 51.
- »— 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Summary: Regulation of Finnish Forestry in the light of removal and rental cut. Acta For. Fenn. 53.
- »— 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Helsinki.
- LINNAMES, OLAVI. 1959. Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Vuosien 1951—55 inventoinnin tuloksia. Summary: The state forests of Finland and a general management plan for them based upon an inventory made in 1951—55. Acta For. Fenn. 68.
- »— 1961. Valtion metsien hakkuusuunnite ja sen toteutumisen edellytykset. Summary: The Allowable Cut in the State Forests of Finland and the Conditions for its Realization. Acta For. Fenn. 74.
- LÖNNROTH, ERIK. 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. I—II. Moniste.
- MANTEL, WILHELM. 1962. Waldbewertung. 4. Aufl. München.
- MORING, KARL. 1907. Bidrag till frågan om afverkningensberäkningen för blädningsskogar. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja XXIV.
- NERSTEN, SVEINUNG. 1965. Avkastningsprognoser i skogbruket II. Tidsskrift for skogbruk 1: 141—172.
- NEUBAUER, WILHELM. 1937. Zur Theorie und Praxis der Waldwertrechnung. Wien.
- NIITAMO, O. E. 1963. Kokonaistaloudelliset ennusteet ja ohjelmat yksittäisen yrityksen ennakoinnin ja ohjelmoinnin kannalta. Summary: Macro-economic Forecasting and Programming from the Point of View of a Single Firm. LA IV.
- »— 1966. Taloudellinen malli. Tilastollinen päätoimisto. Monistettuja tutkimuksia n:o 2.
- NYSSÖNEN, AARNE. 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its Determination. MTJ 49.6.
- RIEBEL, FRANZ. 1905. Waldwertrechnung und Schätzung von Liegenschaften. Wien und Leipzig.
- RIIHINEN, PÄIVIÖ. 1962. Ennustaminen metsä- ja puutaloudessa. Summary: On Forecasting in Forestry and the Timber Economy. Kansantaloudellinen Aikakauskirja 4: 329—333.
- ROTHKEGEL, WALTER. 1949. Grundriss der forstlichen Schätzungslehre. Berlin und Hamburg.
- SAARI, EINO. 1940. Suurten metsäalojen arvon määrittäminen. Silva Fenn. 55.
- »— 1950. The sustained yield in forestry. Proceedings of The III World Forestry Congress, n:o 3. Helsinki.
- »— 1961. Valtakunnan metsätalouden suunnitelu. MA 2: 48—52.
- SAARIO, MARTTI. 1961 a. Poistojen pääoma-arvo ja oikea-aikaisuus. Mercurialia MCMLXI, s. 472—503. Helsinki.
- »— 1961 b. Realisointiperiaate ja tilinpäätös. LA II: 153—157.
- SCHNEIDER, ERICH. 1952. Einführung in die Wirtschaftstheorie. III Teil. Tübingen.
- »— 1957. Wirtschaftlichkeitsrechnung. Theorie der Investition. Tübingen — Zürich.
- SILLÉN, O. 1915. Affärsföretagets likviditet. Stockholm.
- SPEIDEL, GERHARD. 1967. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Hamburg und Berlin.
- »— 1970. Wettbewerbsvorteile des Staatswaldes gegenüber dem Privatwald. 22. Generalversammlung der CEA 41: 173—187. Brugg (Schweiz).
- STUCKEN, RUDOLF. 1940. Liquidität der Banken. Berlin.
- TIIHONEN, PAAVO. 1969. Puutavaralajitaulukot. 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. Folia For. Fenn. 58.
- »— 1969. Puutavaralajitaulukot. 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. Folia For. Fenn. 59.
- »— 1969. Puutavaralajitaulukot. 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. Folia For. Fenn. 60.
- »— 1970. Puutavaralajitaulukot. 5. Koivun uudet paperipuutaulukot. Sortentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. Folia For. Fenn. 94.
- VAIVIO, F. L. 1953. Yrityksen likviditeetistä ja maksutarpeista. Summary: On the Liquidity of the Firm. LA II: 74—84.
- »— 1959. (II) Liikepankin likviditeettiongelma koko pankkijärjestelmää silmällä pitäen. LTJ 24.
- WESTERFIELD, RAY B. 1950. Liquidity. Encyclopaedia of the Social Sciences. New York.
- WOODWORTH, GEORGE WALTER. 1950. The Monetary and Banking System. New York.
- VON WRIGHT, G. H. 1951. A Treatise on Induction and Probability. London.
- VUOKILA, YRJÖ. 1960. Lehtikuusen kuutioimisytätöt ja -taulukot. Summary: Tree Volume Functions and Tables for Larch. MTJ 51.10.

Käytetyt lyhenteet

- Acta For. Fenn. = Acta Forestalia Fennica, Helsinki, Finland.
- Folia For. Fenn. = Folia Forestalia Institutum Forestale Fenniae, Helsinki, Finland.
- LA = Liiketaloudellinen Aikakauskirja, Helsinki, Finland.
- LTJ = Liiketaloudellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja. Helsinki, Finland.
- MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae. Helsinki, Finland.
- Silva Fenn. = Silva Fennica. Helsinki, Finland.

REFERAT

INHALT

	Seite
1. Untersuchungsproblem	5
11. Die Notwendigkeit einer Preisschätzungsinformation	5
12. Vereinfachung der Informationsbeschaffung	6
121. Vereinfachungsprinzip	6
122. Vereinfachen der Formeln	7
123. Tabellierung der Mengen- und Wertzahlen	12
124. Auswahl der Vereinfachungsart	14
13. Abgrenzen der Untersuchungsaufgabe und Untersuchungsverlauf	14
2. Diskontierungsmethode und Hiebsatzberechnung	17
21. Prinzip der Diskontierungsmethode	17
22. Hiebsatzberechnung als Komponente der Einkommensprognose	18
221. Prinzip der Hiebsatzberechnung	18
222. Alternativen der zeitlichen Festlegung der Hiebsatzprognose	19
23. Auf die Idee vom grösstmöglichen Hiebsatz gestützte Einkommensprognose und Diskontierungswert	21
3. Alternativberechnungen der Hiebmassenprognosen und von deren Diskontierungsmengen	25
31. Zweck der Berechnungen	25
32. Das Beispielmateriale und seine Verarbeitung	25
321. Materialwahl und Angaben zur Versuchsfläche	25
322. Konstruieren des Versuchsflächenwalds	25
323. Konstruierte Beispielswälder	26
324. Angestrebter Bestand	27
33. Aufstellen von Hiebsatzberechnungen	28
34. Hiebsatzreihe in f_m	30
35. Diskontierungsmengen	30
351. Der Begriff Diskontierungsmenge	30
352. Stückelung der Diskontierungsmenge nach Ersteinschlag und diskontiertem Teil	30
353. Die Diskontierungsmengen und ihre Zusammenstellung nach Ersteinschlagsmenge und diskontiertem Teil	31
354. Korrelation zwischen Ersteinschlag und diskontiertem Teil sowie Abhängigkeit der Korrelation vom Ersteinschlagsprozent	32
36. Über die Prognosemöglichkeiten von Kalkulationen zur Struktur des diskontierten Teils	35
361. Zweck der Berechnungen	35
362. Hypothesen über die den Stammholzanteil klärenden Variablen	36
363. Form der Funktion	37
364. Ergebnisse der Kalkulationen	37
364.1 Korrelationen zwischen den Variablen	37
364.2 Die linearen Regressionsmodelle des Stammholzanteils des diskontierten Teils	38
364.3 Die nicht-linearen Regressionsmodelle des Stammholzanteils des diskontierten Teils	41
4. Durchleuchtung der Untersuchungsergebnisse	44
Literaturverzeichnis	49
Referat	51

UNTERSUCHUNGSPROBLEM

Die Untersuchung ist bestrebt, Möglichkeiten einer Vereinfachung der Berechnungsmethode für den Diskontierungswert des Waldes zu klären. Ausgangspunkt ist eine Preisschätzungslage, wobei angenommen wird, dass die Waldparzelle in einem freiwilligen Geschäft zum Verkauf steht und wo die am Geschäft beteiligten Parteien die Waldparzelle als Wirtschaftseinheit betrachten, die zum Erwerbsmittel bestimmt ist. Die Einnahmen kommen nur aus dem Holzverkauf, die Ausgaben einzig von der mit der Baumaufzucht zusammenhängenden Tätigkeit. Preisschätzungsinformationen sind als durch Diskontierungswertkalkulationen, die sich einzig und allein auf Hiebsatzberechnungen gründen, beschafft gedacht.

In der praktischen Preisschätzungssituation werden in Finnland auf Hiebsatzberechnungen gestützte Diskontierungswertberechnungen recht selten aufgestellt, da die Aufstellung von Hiebsatz- und Diskontierungsberechnungen ziemlich umfangreiche Arbeit erfordert. Weil man eine befriedigende Preisschätzungsinformation nur durch Zusammenstellen mehrerer alternativer Diskontierungswertkalkulationen erhält, ist es notwendig, die Diskontierungswertmethoden des Waldes den praktischen Forderungen besser entsprechend zu vereinfachen.

Als Hauptprinzip für die Vereinfachung der Preisschätzungsinformation gilt in der Untersuchung, dass sich das Preisschätzungsmodell für eine Preisschätzung möglichst verschiedenartiger Waldparzellen eignet und dass das Messen der Modellparameter sowie das Modell selbst einfach sind. Das Informationsmaterial über das Modell kann in zwei Phasen untersucht werden:

1. Man stellt ein Modell zusammen, das sich auf relativ objektive taxatorische Kennzeichen grün-

- det, mit dem man die künftigen Hiebsätze der Waldparzelle, diskontiert auf heute, schätzt, sowie
2. man setzt für den so erhaltenen Hiebsatz einen Preis pro Einheit fest.

Diese Untersuchung konzentriert sich hauptsächlich auf die im ersten Punkt erwähnte Phase, mit anderen Worten auf die Berechnung der Holzmassen. Dies erfolgt, indem man alternative Berechnungen zusammenstellt und die künftigen Hiebsätze, welche durch Hiebsatzberechnungen ausgewiesen werden, auf den Kalkulationszeitpunkt diskontiert. Die auf diese Weise erhaltenen *Diskontierungsmengen* gelten für spätere Einschläge als Kennziffern, welche Funktionen der Einschlagmenge, der Zeit und Zeitbewertung sind. Der Begriff Diskontierungsmenge ist berechnungstechnisch analog dem Begriff Diskontierungswert. Die Diskontierungsmengen, welche für das Beispielmateriale berechnet werden, und die Struktur ihrer Holzwarensorten gelten als zu erklärende Parameter. Die Untersuchung versucht, mit Hilfe des Beispielmateriale klärende Variable und Gesetzmässigkeiten zu finden, mit denen es möglich ist, die Diskontierungsmenge und deren Struktur ohne Hiebsatzberechnung und Diskontierungsberechnungen vorauszubestimmen.

Der Materialteil dieser Untersuchung kann als ein zu Laborverhältnissen paralleles Experiment charakterisiert werden, mit dem man lediglich die vorher aufgestellte Hypothese untersuchen will. Anders ausgedrückt: Mit dem Material will man nicht die Verallgemeinerung der dazu zählenden Parameterschätzwerte testen. Das wäre unmöglich, da man nicht wissen konnte, aus welcher Grundgesamtheit das Beispielmateriale für die Untersuchung stammt. Die Parameter müssen in neu auftretenden Fällen neu geschätzt werden.

DISKONTIERUNGSMETHODE UND HIEBSATZBERECHNUNG

Die Diskontierungsmethode lässt sich mit Gleichungen in verschiedener Form (z.B. Formel 7–10) darstellen. Die Diskontierungswerte, die man mit der Diskontierungsmethode erhält, sind an sich nicht die Waldwerte, sondern Wertzahlen, die Preisinformationen geben. Zum Diskontierungswert gelangt man zuverlässiger durch eine Hiebsatzberechnung,

welche Aufschluss über die zu erwartenden Hiebsätze gibt.

Hiebsatzberechnungen benutzt man am häufigsten in der Forsteinrichtung, wenn man einen Plan zur Prognose des Holzvorrats, Zuwachses und Hiebsatzes eines bestimmten Waldstücks aufstellt. Ein genehmigter abgehender Vorrat bedeutet eine Ent-

scheidung über das *Hiebsatzprogramm*. Eine auf dieses Hiebsatzprogramm zielende Hiebsatzberechnung ist ihrem Prognosetyp nach eine *auf die Sache einwirkende Prognose*, welche auf die Frage antwortet: Was ist zu tun, damit man zu einem bestimmten Ziel kommt? (Vgl. NITAMO 1963, S. 354—355). In dieser Untersuchung ist der Verwendungszweck der Hiebsatzberechnung ein anderer als üblicherweise in Forsteinrichtungen. Beim Einholen der Preisschätzungsinformation benötigt man alternative von verschiedenen Punkten ausgehende Hiebsatzberechnungen als Basis der *Einkommensprognosen*. Sie gehen von verschiedenartigen fiktiven Handlungsalternativen aus, die dem Entscheidungssubjekt Informationen über die Vorteilhaftigkeit des geforderten oder gebotenen Verkaufspreises geben. Aus diesem Grunde sind die hier verwandten Prognosen ihrer Natur nach *fiktive Prognosen*. Sie antworten auf die Frage: Was geschieht oder was sind die relevanten Folgen vom Standpunkt des Preisschätzers, wenn irgendeine der auftauchenden Alternativen verwirklicht werden würde? (Vgl. NITAMO a.a.O. 354).

Für denselben Wald kann man verschiedenartige Hauungspläne danach aufstellen, welche zeitliche und räumliche Hauordnung jeweils als Ausgangspunkt gilt. Eine alternative zeitliche Ordnung der Hauungen ist vor allem deswegen möglich, weil der Wald kein bestimmtes Hiebreeifealter hat. Als Grenzfälle kann man den gesamten Holzvorrat einer Waldparzelle auf einmal hauen oder längere Zeit überhaupt keine Einschläge machen. Der Preisschätzer ist nicht bestrebt, eine Hiebsatzberechnung für eine Hiebsatznorm zu machen, sondern sein Ziel ist es, das Alternativfeld der Preisschätzungen zu kartieren, um Entscheidungen in den Preisverhandlungen über den geforderten oder gebotenen Preis der Wald-

parzelle treffen zu können. So ist es auch ein in der Praxis übliches Preisschätzungsmodell, den Waldwert als Summe des Bestandsabtriebswerts und des Bodenertragswerts zu berechnen, obwohl keineswegs die Absicht besteht, einen Kahlschlag am Bestand vorzunehmen. Die Methode wurde von DIETRICH (1945, S. 107—109) und SAARI (vgl. V. KELITKANGAS 1947, S. 78—82) dahingehend entwickelt, dass die als sofort einschlagbar gedachte Holzmenge nur den Teil des Bestands umfasst, der tatsächlich ungehindert gehauen werden könnte. In Formel 7 (S. 17) bedeutet das Symbol R_0 diesen Hiebsatz in dem Falle, dass er so gross ist wie er sich tatsächlich einschlagen lässt.

Die Methode, welche sich auf den grösstmöglichen Ersteinschlag gründet, wird in dieser Untersuchung als eine der Alternativen anerkannt. Dann, wenn die Grösse des Ersteinschlags als die grösstmögliche in dem betreffenden Wald definiert wird, so hat dies für den Preisschätzer Bedeutung hinsichtlich der Zahlungsfähigkeitsbewertung (liquidity-preference). (KEYNES 1951, S. 200). Der grösstmögliche Hiebsatz bedeutet eine antizipierte Liquidität oder Wertungsfähigkeit und gleichzeitig einen bestimmten Zahlungsfähigkeitsvorteil. Die preislich geschätzten Waldparzellen sind in Bezug auf die Liquidierungsmöglichkeiten ihres Bestands erheblich verschieden (vgl. z.B. Speidel 1970, S. 180). Wenn man den auf Verwendung des grösstmöglichen Hiebsatzes gestützten Diskontierungswert mit D_h und einen auf Erwartung einer gleichmässigen Jahreserinnahme gestützten Diskontierungswert mit D_t bezeichnet, so misst man den Liquiditätsvorteil als Differenz $D_h - D_t$. Wenn die Differenz positiv ist, so besteht ein Liquiditätsvorteil, welcher Einfluss auf den Verkaufspreis hat.

ALTERNATIVBERECHNUNGEN ZU DEN HIEBSATZPROGNOSEN UND DEREN DISKONTIERUNGSMENGEN

Das Beispielmateriale besteht aus sechs mit Flächen gewogenen, im Durchschnittsalter verschiedenen Wäldern, welche auf der Basis der gemessenen Versuchsflächenangabe konstruiert sind. Für jeden Beispielmateriale wurden zehn verschiedenartige Hiebsatzberechnungen vorgenommen. Das Material umfasst mithin insgesamt 60 Hiebsatzberechnungen. Die Verschiedenheit der Alternativen gründet sich also auf die Variation der Grösse des Ersteinschlags. Seine Grösse wurde in Prozent der Kubikmasse des Anfangsvorrats dergestalt definiert,

dass die Ersteinschläge gleichmässig um 10 % variieren, wobei der kleinste Ersteinschlag 10 % und der grösste 100 % beträgt, unabhängig davon, ob der Holzbestand realisierbar ist oder nicht.

Die von den Hiebsatzberechnungen ausgewiesenen Hiebmengen sind mit 5 % zum Kalkulationszeitpunkt diskontiert. Abbildung 4 (S. 31) veranschaulicht die Diskontierung. Konstatiert wird, dass die Hiebsatzreihe in zwei Teile zerfällt: 1. Ersthiebsatz, der nicht diskontiert wird, und 2. diskontierter Teil, der sich aus den späteren Holz mengen ohne

Ersthiebsatz, die Objekt der Diskontierung sind, zusammensetzt. Tafel 4 (S. 32) zeigt die Resultate der Diskontierungskalkulationen.

Die Werte der Tafel wurden auf ein Koordinatensystem übertragen (Abb. 5, S. 33). Die Abszisse gibt die Ersteinschlagsprozente und die Ordinate den prozentualen Anteil des diskontierten Teils an der Diskontierungsmenge an. Diskontierungsmenge bedeutet hier die Summe des Ersteinschlags und der diskontierten Holzmengen. Die anstelle von Zahlen eingesetzten Punkte sind mathematisch mit einer Trennschärferegression geglättet. So entstand ein aus Glättungsstrichen gebildeter Fächer, wo jeder Strich einen Beispielswald und seine zehn Hiebsatzberechnungen darstellt. Aus dem Bild geht hervor, dass der diskontierte Teil gesetzmässig geringer wird, wenn der Prozentsatz des Ersteinschlags steigt. Falls das Durchschnittsalter des Bestands wächst, so nimmt das Geringerwerden zu, was am besten aus Abb. 6 (S. 34) hervorgeht. Hier wurden aus den Punktwerten der vorherigen Abbildung unter Benutzung mathematischer Trennschärferegressionen neue Punktwerte abgeleitet, welche als volle 10ziffrige dem Durchschnittsalter der Beispielswälder entsprechen.

Die vorstehend konstatierten Korrelationen zeigen — sofern sie sich verallgemeinern lassen —, dass der diskontierte Teil voraussagbar ist, falls man das Durchschnittsalter des Bestands sowie die Kubikmasse des gegenwärtigen Bestands und den Prozentsatz des Ersteinschlags kennt. Mit anderen Worten kann man mit Hilfe dieser Informationen das Aufstellen einer Hiebsatzberechnung und das Diskontieren ihrer Hiebsatzmengen substituieren. Im Hinblick auf die Praxis bedeutet dies, dass man für die Berechnung des diskontierten Teils der Diskontierungswerts die Koeffizienten mit den Werten verschiedener Variablen tabellieren müsste. Aus der Tafel wählte man das beobachtete Durchschnittsalter, den zu benutzenden Prozentsatz des Anfangseinschlags sowie den Koeffizienten, der dem Kalkulationszinsfuß entspricht. Man erhält die Diskontierungsmenge des diskontierten Teils als Resultat des erwähnten Koeffizienten und des Anfangseinschlags. Zur Diskontierungsmenge insgesamt gelangt man, wenn man die bei der Geländeüberwertung festgestellte Ersteinschlagsmenge und die Diskontierungsmenge des diskontierten Teils zusammenrechnet, welche sich durch Benutzung des Koeffizienten ergeben hat. Von hier aus wiederum gelangt man zum Diskontierungswert, indem man die Diskontierungsmenge mit dem Preis pro Einheit multipliziert und von dem so erhaltenen Ergebnis den Diskontierungswert der Ausgaben abzieht.

Das Beispielsmaterial repräsentiert nur eine Bonität. Damit die Methode praktikabel wird, müsste man Koeffiziententabellen für verschiedene Bonitäten oder Zuwachsklassen sowie für verschiedene Kalkulationszinsfüsse aufstellen.

Wesentlich vom Standpunkt der praktischen Verwendung des Modells ist, dass der Zuwachs ein gewöhnliches, für jede Waldparzelle berechenbares Kennzeichen ist. Durchschnittsalter und durchschnittliche Kubikmasse des Holzbestands sind gewöhnliche taxatorische Kennzeichen, die mithin für jede Waldparzelle einzeln messbar sind. Als Vorteil des Modells kann weiterhin die Tatsache gelten, dass nach Bestimmung der Werte der notwendigen Kennzeichen die Möglichkeit besteht, nur mit Benutzung der Koeffiziententabellen und mit Hilfe weniger Multiplikationen viele alternative Diskontierungsmengen und -werte zu bestimmen, die andernfalls die Durchführung neuer Hiebsatz- und Diskontierungsberechnungen voraussetzen würden.

Weil die Preisschätzung der Diskontierungsmenge auch Informationen über die Aufschlüsselung nach Holzsorten voraussetzt, wurden mit Hilfe des Beispielsmaterials auch die Prognosemöglichkeiten für die Sortenstruktur der Diskontierungsmenge untersucht. Die Struktur der Menge an Holz, die beim Ersteinschlag anfällt, ist dabei als im Wald zusammen mit der Schätzung des Bestands geschätzt gedacht. Die Prognosemöglichkeiten der Struktur werden so nur für den diskontierten Teil untersucht.

Für den genannten Zweck wurde für das Beispielsmaterial auch die Sortenverteilung errechnet, und zwar unter Verwendung der Strukturzahlen von NYSSÖNEN (1958, S. 83—84). Versucht wurde dann, mit der Regressionskalkulation operationale, im Augenblick der Preisschätzung messbare Variablen und deren Parameter zu finden, mit deren Hilfe die Struktur des diskontierten Teils am besten voraussagbar wäre. Von der Struktur wurde als klärende Variable der Stammholzanteil gewählt, weil man ihn vom Gesichtspunkt der Preisschätzung als die wesentlichste Variable betrachten kann. Ausserdem wird zu klären versucht, welche Form der Funktion für diesen Zweck die geeignetste ist.

Anfangs wurde mit einem linearen Regressionsmodell experimentiert, worin alle aus dem Beispielsmaterial erhältlichen, den Stammholzanteil klärenden Variablen beim Lösen folgender Gleichung beteiligt waren:

$$(20) S_d = A_0 + a_1L + A_2T_1 + a_3T_2 + a_4A + a_5S_1 + a_6V + a_7S, \text{ wo}$$

S_d = Stammholzprozent des diskontierten Teils,
 $a_0 \dots a_7$ = statistische Parameter (sog. Konstanten- und Regressionskoeffizienten),

- L = Ersteinschlagsprozent,
 T_1 = Abfall beim Ersteinschlag,
 T_2 = Abfall beim diskontierten Teil,
A = Bestandsdurchschnittsalter,
 S_1 = Stammholzprozent des Ersteinschlags,
V = Anfangskubikmasse des Bestands,
S = Stammholzprozent des Anfangsbestands.

In der Analyse wurde festgestellt, dass von der Variation des Stammholzanteils des diskontierten Teils mit Hilfe aller Variablen 95,2 % geklärt werden konnten. (In der Berechnung wurde L als Ersteinschlagszehntel oder in 10prozentigen Einheiten behandelt, die bei der Anpassung dieses Modells und aller folgenden zu beachten sind.) Im zur Debatte stehenden Modell wurde danach eine Vereinfachung versucht, indem Variablen aus dem zu erprobenden Modell graduell fortgelassen wurden. Ins Modell (24) wurden nur der Prozentsatz des Ersteinschlags (L) und die Kubikmasse des Anfangsbestands (V) hineingenommen und die Werte mit folgender Regressionsgleichung berechnet:

$$(24) S_d = a_1 + a_2L + a_3V.$$

Die Berechnung kam zu folgenden Ergebnissen:

	L	V
Regressionskoeffizient	-.3869	.4089
t-Wert	- 17.5421	17.0013
	***	***

$$R^2 = .9128 \text{ Konstantenterminus} = 25.18$$

In der Berechnung wurden von der Variation bei S_d 91,3 % geklärt, und die Resultate sind ausserordentlich bedeutungsvoll.

In Abb. 7 (S. 40) sind die Regressionsgeraden entsprechend der Gleichung (24) als dreidimensionales Koordinatensystem (L, V, S_d) gezeichnet, wobei in die Gleichung die bei der Regressionskalkulation erhaltenen Parameter eingesetzt sowie den Variablen L und V die beobachteten Werte gegeben wurden. Die von der Regressionsgeraden gebildete Fläche ist die Ebene ABCD. Die den berechneten S_d -Werten entsprechenden beobachteten Werte sind als schwarze Kreise entsprechend den errechneten Punkten der Regressionsgeraden im Koordinatensystem eingezeichnet und durch Striche miteinander verbunden. Den beobachteten Werten der Punkte entspricht im Koordinatensystem die Fläche A'B'C'D'. Beim Überprüfen der Modellebene bemerkt man, dass sich die grössten Abweichungen bei den grössten Einschlagprozenten ergeben. Weil diese Ersteinschlagprozente in der Praxis die ungewöhnlichsten sind, werden sie zwecks Verbesserung der Erklärbarkeit des Modells bei dem folgenden Modell (26, S. 41) weggelassen. Man kann konstatieren, dass man damit zu einem Modell gelangt ist, welches 98,0 % der Variation des diskontierten

Teils vom Stammholzanteil klärt. Die Resultate sind sowohl hinsichtlich des Prozentsatzes des Ersteinschlags als auch der anfänglichen Kubikmasse (V) ausserordentlich signifikant. Ausserdem ist zu beachten, dass die das Modell (26) erklärenden Variablen zueinander nicht in Korrelation stehen.

Aus Abb. 7, die aufgrund der Ergebnisse der Gleichung (24) gezeichnet wurde, kann man schliessen, dass nicht-lineare Regressionsmodelle linearen Modellen gegenüber bessere Erklärbarkeit besitzen. Deswegen wurde beschlossen, auch nicht-lineare Regressionsmodelle zu erproben. Zunächst wurde die allgemeine Trennschärfeläche von L und V erprobt:

$$(27) S_d = a_0 + a_1L + a_3L^2 + a_4LV + a_5V^2,$$

wenn der L-Wert 10...90 ist. Wie festzustellen war, klärte das Modell 97,0 % der Variation von S_d .

Beim Zeichnen eines von den Resultaten des Modells ausgehenden Diagramms wurde festgestellt, dass eine Richtungsänderung der Kurven noch zu erproben wäre. Deswegen wurde versucht, die Regression zu verbessern, indem ein Modell erprobt wurde, wo V^2 durch den Terminus VL^2 ersetzt war. Damit erhält das Modell folgende Form:

$$(29) S_d = (a_0 + a_1V) + (b_0 + b_1V) L + C(c_0 + c_1V) L^2.$$

Das ist ein Polynom zweiten Grads von L, dessen Koeffizienten Polynome ersten Grads von V sind. Wenn V eine Konstante ist, dann sind die Schnittpunkte dieser Fläche allgemeine Trennschärfekurven oder Parabeln, die sich stark nach unten biegen, wenn L mit grossen V-Werten wächst.

Als Ergebnis der Berechnung ist zu konstatieren, dass das Modell 99,1 % der Variationen von S_d klärt. Die Resultate sind hinsichtlich aller Variablen ausserordentlich signifikant.

Für Gegenproben wurde die Regressionsgleichung in folgender Form dargestellt:

$$(30) S_d = (21.34 + .3724V) - (6.748 - 0.0943V) L + (.5111 - .01249V) L^2.$$

Beim Einsetzen der verschiedenen Werte der zu klärenden Variablen in die Gleichung (30) kann man eine Gruppe von Regressionskurven (Abb. 8, S. 43) zeichnen, worin auch die Abweichungen der beobachteten Werte eingezeichnet sind. Die Kurvengruppe wurde in ein dreidimensionales Koordinatensystem (L, V, S_d) eingezeichnet, gleich den Regressionsgeraden auf Abb. 7 (S. 40). Wie die Zeichnung zeigt, gehen die Kurven derart genau durch die Punkte hindurch, welche beobachtete Werte anzeigen, dass ein sie ersetzendes Modell infolge seiner Kompliziertheit unzweckmässig wäre. Aus der Abbildung geht hervor, dass das Stammholz-Hundertstel des diskontierten Teils sich verringert,

wenn der Prozentsatz des Ersteinschlags grösser wird. Die Korrelation ist jedoch bei Wäldern mit grossen Holzmenge anders als bei Wäldern mit kleinen. Wenn der Prozentsatz des Ersteinschlags 100 beträgt, sind die betreffenden Stammholzanteile in allen Wäldern dieselben.

Als die besten der dargestellten Modelle können wegen ihres hohen Bestimmtheitskoeffizienten die Modelle (26) und (29) angesehen werden. (26) ist in seiner Form sowohl linear als auch recht einfach, und die (26) erklärenden Variablen stehen zueinander nicht in Korrelation. In dieser Hinsicht ist das Modell ungeachtet seines geringen Bestimmtheitskoeffizienten vielleicht besser als das Modell (29), das kurvig und deswegen in gewissem Umfang komplizierter ist und dessen erste und zweite Potenz der erklärenden Variablen schon per definitione zueinander in Korrelation stehen. (Allerdings haben die internen Korrelationen hier geringe Bedeutung, weil sie ihrer Natur nach konstant sind.)

Die hohen multiplen Korrelationskoeffizienten in diesen Modellen bedeuten keineswegs, dass die Definition der Diskontierungsmenge in der Praxis derart gesetzmässig ist. In Wirklichkeit nämlich verwendet man beim Aufstellen von Hiebsatzprognosen beweglichere Normen.

Das Beispielmateriale scheint zu zeigen, dass sowohl die Diskontierungsmenge wie auch ihre Zusammensetzung nach Holzsorten unter Stützung auf gewöhnliche taxatorische Kennzeichen so zu definieren sind, dass man unter Verwendung dieser Kennzeichen und von Hilfsmitteln in der Lage ist, das Aufstellen einer Hiebsatzkalkulation einzeln für jede Parzelle und das Durchführen der Diskontierung zu vermeiden. Wenn man von der Hiebsatzprognose die Diskontierungsmengen und deren

Aufbau kennt, so kann man in die Berechnung die Preise pro Einheit einsetzen, die man an Ort und Stelle ermittelt hat und mit deren Hilfe die Preisschätzung erfolgt. So kommt man zu einem Diskontierungswert, von welchem man noch den Diskontierungswert der Ausgaben abziehen muss.

Im Gedanken an die Anpassung der Untersuchungsergebnisse an die Praxis besteht schliesslich Grund, die Aufmerksamkeit auf jene mit der Kalkulationsnormierung zusammenhängenden Fragen zu richten, welche in dieser Untersuchung aufgrund der methodischen Untersuchungsart weniger beachtet wurden. Das für die Anpassung zu verwendende Material muss zunächst einmal für die praktischen Situationen ausreichend verschieden und die Normen der Hiebsatzkalkulation müssen generell anerkannt sein. Es besteht Grund, auch die zeitliche Ausdehnung der Hiebsatzprognose zu bedenken; in der vorliegenden Untersuchung wurde sie als unendlich behandelt. Beispielsweise SPEIDEL (1967, S.113–114) ist der Ansicht, dass für ein Ausdehnen der Hiebsatzkalkulation über einen Zeitraum von 30–50 Jahren hinaus keine konkreten Voraussetzungen bestehen. Weiterhin sind verschiedene Kalkulationen unter Benutzung verschiedener Kalkulationszinsfüsse durchzuführen, weil die preisschätzenden Entscheidungssubjekte verschiedenartige Opportunitätskosten haben. Zu prüfen wäre auch eine Vergrösserung des Kalkulationszinsfusses für die in ferner Zukunft liegenden Einkünfte. So kann man die Unsicherheit im Zusammenhang mit der fernen Zukunft betonen und auf sachgerechte Art die Wahrscheinlichkeit beachten, dass in dem Masse, wie die Zeit vergeht, die Opportunitätskosten grösser werden, wenn neue, gegenüber früher vorteilhaftere Alternativen auftauchen.

Liite 1. Regressiolaskelmissa käytettävät muuttujien arvot, jotka on saatu esimerkkiaineistosta laskemalla.
Anhang 1. Werte der in den Regressionskalkulationen verwendeten Variablen, die sich bei der Durchrechnung des Beispielmaterials ergaben.

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Sd	L	T ₁	T ₂	A	Sl	V	S	Sd	L	T ₁	T ₂	A	Sl	V	S
I								IV							
27	10	14	3	29	66	30	24	50	10	9	2	68	69	71	50
23	20	14	4	29	63	30	24	49	20	8	2	68	68	71	50
22	30	14	5	29	59	30	24	46	30	9	3	68	66	71	50
19	40	15	6	29	52	30	24	43	40	9	3	68	66	71	50
16	50	15	8	29	45	30	24	40	50	9	4	68	64	71	50
14	60	17	11	29	38	30	24	35	60	9	4	68	63	71	50
12	70	18	12	29	34	30	24	30	70	10	5	68	61	71	50
11	80	21	17	29	29	30	24	23	80	10	5	68	57	71	50
9	90	25	21	29	26	30	24	15	90	11	6	68	54	71	50
8	100	30	29	29	24	30	24	9	100	14	9	68	49	71	50
II								V							
30	10	13	4	34	64	35	20	58	10	7	3	85	67	93	57
27	20	13	6	34	54	35	20	57	20	7	3	85	66	93	57
24	30	13	7	34	46	35	20	54	30	7	4	85	65	93	57
21	40	14	8	34	41	35	20	52	40	8	4	85	65	93	57
18	50	14	9	34	37	35	20	49	50	8	4	85	64	93	57
16	60	15	11	34	32	35	20	45	60	8	4	85	63	93	57
14	70	17	13	34	28	35	20	40	70	8	4	85	63	93	57
11	80	20	16	34	25	35	20	34	80	9	5	85	61	93	57
9	90	23	20	34	22	35	20	23	90	9	5	85	60	93	57
8	100	29	27	34	20	35	20	9	100	10	6	85	57	93	57
III								VI							
41	10	10	2	51	67	53	32	60	10	5	2	98	69	98	63
39	20	10	4	51	64	53	32	58	20	6	2	98	69	98	63
36	30	11	5	51	60	53	32	56	30	6	2	98	69	98	63
32	40	11	6	51	53	53	32	53	40	6	2	98	69	98	63
29	50	11	7	51	49	53	32	51	50	6	2	98	69	98	63
25	60	12	8	51	46	53	32	46	60	7	3	98	68	98	63
20	70	13	8	51	43	53	32	41	70	7	3	98	68	98	63
15	80	14	9	51	39	53	32	34	80	7	3	98	67	98	63
11	90	16	11	51	35	53	32	24	90	8	3	98	66	98	63
8	100	19	15	51	32	53	32	9	100	8	4	98	63	98	63

Symbolien selitys:

Sd = diskontatun osan tukkipuuprosentti

L = lähihakkuuprosentti

T₁ = lähihakkuun tähdeosuus

T₂ = diskontatun osan tähdeosuus

A = keski-ikä

Sl = lähihakkuun tukkipuuprosentti

V = puuston alkukuutio

S = alkupuuston tukkipuuprosentti

Järjestysluvut I...VI ovat esimerkkimetsien tunnuksia.

Die Ordnungszahlen I...VI sind die Kennzeichen der Beispielswälder.

Liite 2. Muuttujien korrelaatiomatriisi R.
Anhang 2. Korrelationsmatritze R der Variablen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sd	1	1.000											
L	2	-.686	1.000										
T ₁	3	-.774	.448	1.000									
T ₂	4	-.705	.580	.951	1.000								
A	5	.660	.000	-.787	-.601	1.000							
S	6	.801	-.554	-.901	-.916	.714	1.000						
V	7	.665	.000	-.788	-.600	.996	.713	1.000					
Sl	8	.656	.000	-.778	-.609	.983	.741	.983	1.000				
L	9	-.697	.975	.481	.602	.000	-.536	.000	.000	1.000			
LV	10	-.179	.744	-.220	-.059	.590	.116	.592	.582	.725	1.000		
V ²	11	.656	.000	-.764	-.577	.990	.699	.991	.974	.000	.587	1.000	
LV ²	12	-.390	.819	-.030	.097	.413	-.044	.415	.408	.840	.960	.411	1.000

V = positiivinen alkuperäinen
 S = alkuperäinen laatu
 T₁ = alkuperäinen laatu
 T₂ = alkuperäinen laatu
 A = alkuperäinen laatu
 L = alkuperäinen laatu
 LV = alkuperäinen laatu
 V² = alkuperäinen laatu
 LV² = alkuperäinen laatu

Sd = alkuperäinen laatu
 L = alkuperäinen laatu
 T₁ = alkuperäinen laatu
 T₂ = alkuperäinen laatu
 A = alkuperäinen laatu
 S = alkuperäinen laatu
 V = alkuperäinen laatu
 Sl = alkuperäinen laatu
 L = alkuperäinen laatu
 LV = alkuperäinen laatu
 V² = alkuperäinen laatu
 LV² = alkuperäinen laatu

AHONEN, LEO

O.D.C. 652.1

1971. Discount Value and Time Sequence of Fellings.

— ACTA FORESTALIA FENNICA 119. 58 p. Helsinki.

The aim of the study is to discover a model by which the determination of the discount value of a woodlot can be simplified so as to make it possible to avoid both the computation of a cutting budget and the customary discount procedure itself. The regression analysis of the cutting budget data that indicates the discounted amount of the fellings to be expected and the assortment composition can be discovered rather accurately as a function of the measured stand characteristics only.

Authors' address: Department of Business Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

AHONEN, LEO

O.D.C. 652.1

1971. Discount Value and Time Sequence of Fellings.

— ACTA FORESTALIA FENNICA 119. 58 p. Helsinki.

The aim of the study is to discover a model by which the determination of the discount value of a woodlot can be simplified so as to make it possible to avoid both the computation of a cutting budget and the customary discount procedure itself. The regression analysis of the cutting budget data that indicates the discounted amount of the fellings to be expected and the assortment composition can be discovered rather accurately as a function of the measured stand characteristics only.

Authors' address: Department of Business Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

AHONEN, LEO

O.D.C. 652.1

1971. Discount Value and Time Sequence of Fellings.

— ACTA FORESTALIA FENNICA 119. 58 p. Helsinki.

The aim of the study is to discover a model by which the determination of the discount value of a woodlot can be simplified so as to make it possible to avoid both the computation of a cutting budget and the customary discount procedure itself. The regression analysis of the cutting budget data that indicates the discounted amount of the fellings to be expected and the assortment composition can be discovered rather accurately as a function of the measured stand characteristics only.

Authors' address: Department of Business Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

AHONEN, LEO

O.D.C. 652.1

1971. Discount Value and Time Sequence of Fellings.

— ACTA FORESTALIA FENNICA 119. 58 p. Helsinki.

The aim of the study is to discover a model by which the determination of the discount value of a woodlot can be simplified so as to make it possible to avoid both the computation of a cutting budget and the customary discount procedure itself. The regression analysis of the cutting budget data that indicates the discounted amount of the fellings to be expected and the assortment composition can be discovered rather accurately as a function of the measured stand characteristics only.

Authors' address: Department of Business Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

ACTA FORESTALIA FENNICA

EDELLISIÄ NITEITÄ — PREVIOUS VOLUMES

- VOL. 111, 1970. LALLI LAINE und MATTI NUORTEVA.
Über die antagonistische Einwirkung der insektenpathogenen Pilze *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. und *B. tenella* (Delacr.) Siem. auf den Wurzelschwamm (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke).
- VOL. 112, 1970. PENTTI K. RÄSÄNEN.
Nostoaajankohdan, pakkaustavan, varastointiajan pituuden ja kastelun vaikutuksesta männyn taimien kehitykseen. Summary: The Effect of Lifting Date, Packing, Storing and Watering on the Field Survival and Growth of Scots Pine Seedlings.
- VOL. 113, 1971. LEO HEIKURAINEN.
Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground Water Table in drained Peat Soils and its Measurement.
- VOL. 114, 1971. LEO HEIKURAINEN ja PERTTI VEIJOLA.
Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of Fertilization and Ditch Spacing on Regeneration and Seedling Growth in Pine Swamps.
- VOL. 115, 1971. TAUNO KALLIO.
Aerial Distribution of some Wood-inhabiting Fungi in Finland. Seloste: Eräiden kuusen puuaineksessa kasvavien sienien Suomessa ilmaitse tapahtuva leviäminen.
- VOL. 116, 1971. AARNE NYSSÖNEN, PENTTI ROIKO-JOKELA and PEKKA KILKKI.
Studies on Improvement of the Efficiency of Systematic Sampling in Forest Inventory. Seloste: Systemaattiseen otantaan perustuvan metsän inventoinnin tehokkuudesta.
- VOL. 117, 1971. TAUNO KALLIO.
Protection of Spruce Stumps against *Fomes annosus* (Fr.) Cooke by some Wood-inhabiting Fungi. Seloste: Kuusen kantojen maannousemasieni-infektion estäminen muutamia puussa kasvavia sieniä käyttäen.
- VOL. 118, 1971. EINO OINONEN.
The Time Table of Vegetative Spreading in Oak Fern (*Carpogymnia dryopteris* (L.) Löve & Löve) and May-Lily (*Maianthemum bifolium* (L.) (F. W. Schmidt) in Southern Finland. Seloste: Kasvullisen leviämisen aikataulu metsäimarteella (*Carpogymnia dryopteris* (L.) Löve & Löve) ja oravanmarjalla (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt) Etelä-Suomessa.

KANNATTAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR

SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO

OSUUSKUNTA METSÄLIITTO

KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA

SUNILA OSAKEYHTIÖ

OY WILH. SCHAUMAN AB

OY KAUHAS AB

RIKKIHAPPO OY

G. A. SERLACHIUS OY

TYPPI OY

KYMIN OSAKEYHTIÖ

SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN KIRJAPAINO

UUDENMAAN KIRJAPAINO OSAKEYHTIÖ

KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO

KOIVUKESKUS

A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ

TEOLLISUUDEN PAPERIPUUYHDISTYS R.Y.

OY TAMPELLA AB

JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ

TUKKIKESKUS

KEMI OY

MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO

VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA

VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ

OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY

SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS

OY HACKMAN AB

YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ