

KUVIOITTAISEN ARVIOIMISMENETELMÄN PERUSTEITA

SIMO POSO

Summary

BASIC FEATURES OF FOREST INVENTORY BY COMPARTMENTS

Saapunut toimitukselle 3. 11. 1983

Tutkimuksessa on kuvattu kuvioittaisessa arvioinnissa vaihtoehtoisilla tavoilla saatujen kuvioiden ominaisuuksia sekä metsätalouden järjestelyn että kuviokohtaisten arvioiden kannalta. Luotettavimmat tiedot kuvioista keskiarvoineen ja sisäisine hajontoineen saatiin systemaattisella 40 m × 40 m tai 50 m × 50 m välein mitatulla relaskooppikoealastolla. Tutkimusaineiston suuruus oli yhteensä 1129 koalaa jakaantuneena 16 eri puolilta Etelä-Suomea valittuun alueeseen.

Tutkimusalueet valittiin sieltä, mistä piirimetsälautakunnan toimesta juuri oli tehty tai oli tekeillä käytännön kuvioittainen arviointi. Tämän lisäksi alueilla 1–11 kuvioittaista arviointia teki 2 koehenkilöä. Heidän työhönsä kuului tietojen keruu myös aikatutkimuksia varten. Erityisesti henkilö 1:n kohdalla pyrittiin soveltamaan ilmakuvilta suoritettavaan suhteellisen tarkkaan maastotyön ennakkosuunnitteluun perustuvaa kuvioittaista arvioimismenettelyä, jonka etuna on maastotyön pinta-alalla mitatun tuottavuuden paraneminen samalla kun liikkuminen kuviolla ja kuvion rajojen tarkistaminen vähenevät. Alueilla 12–16 muodostettiin piirimetsälautakunnan kuvioinnin rinnalle koaloittaiseen maastotyöhön perustuva mahdollisimman hyvä kuviointi.

Laskennat ja vertailut osoittivat, että kuvat sisältävät usein huomattavan suurta sisäistä vaihtelua, mikä oikeuttaa päättelemään, että kuvio- ja metsikkökäsitteiden välillä olisi tehtävä selvä ero. Käytännön kuvioinneissa ja arvioinneissa esiintyy usein karkeitakin virheitä. Kokeneilla käytännön arvioijilla tärkeimpien kuviotunnusarvioiden keski-
virhe (virheistä lasketun hajonnan osuus keskiarvosta) on keskimäärin noin 20 %. Kokemattomilla arvioijilla se saattaa nousta 30 %:iin.

Kuvioittaisesta arvioinnista ja siihen perustuvasta suunnittelusta saatavia hyötyjä ja siitä aiheutuvia kustannuksia on pohdittu ja sen perusteella on päätelty, että menetelmien kehittämisessä olisi pyrittävä suunnilleen yhtä suurella painolla luotettavuuden parantamiseen tai ainakin nykyisin menetelmin kokeneilla ammattityövoimalla saavutettavan tason vakiinnuttamiseen ja työvoiman tuottavuuden lisäämiseen. Kuvioittaisen arvioinnin kehittämisehdotuksista olisi löydettävä parhaat ottaen huomioon ne ennustettavissa olevat muutokset, joita menetelmien soveltamisedellytyksissä, kuten satelliitti- ja atk-tekniikassa, tapahtuu.

1. JOHDANTO

1.1. Kuvioittaisen arvioinnin käsite

Inventoinnilla ymmärretään metsätaloudessa tiedon keruuta, jonka tulosta voidaan käyttää hyväksi metsätaloudellisessa suunnittelussa. Tietoja metsävaroista ja niiden jakaantumisesta voidaan hankkia esimerkiksi systemaattisella koalaotannalla.

Kuvioittainen arviointi on enemmän kuin pelkästään metsän inventointimenetelmä. Siinä kohteena oleva metsäalue jaetaan kuvioihin, jotka toimivat sekä inventointi- että toimenpideyksikköinä. Näiden kahdenlaisten tavoitteiden samanaikainen huomioon ottaminen asettaa arvioijan ammattitaidolle suuria vaatimuksia. Näin erityisesti silloin, kun

metsässä on runsaasti pienvaihtelua ja puustoltaan ja maapohjaltaan erilaisia metsän osia joudutaan sijoittamaan samaan, taloudellisen toiminnan kannalta riittävän laajaan kuvioon. Kuvioittainen arviointi on siis sekä inventointi- että aika pitkälle myös metsätalouden järjestelymenetelmä.

Kuvioittaisen arvioinnin lähtökohdaksi on yleensä kuviteltu, että kuviot, joita arvioija muodostaa, ovat puusto- ja kasvupaikkaolosuhteiltaan homogeenisia eli että kuviot ovat likimain metsiköitä. Metsikkökäsitteen mukaan samaan metsikköön kuuluvan alueen eri osissa metsätyyppi, puulajisuhteet, ikä ja puuston koko ja määrä ovat kutakuinkin yhtäläiset. Metsätalouden järjestelynäkökohtien huomioonottaminen kuvioinnissa merkitsee kuitenkin, että kuvio ei ole sama kuin metsikkö. Kuvion käsite joudutaankin määrittelemään väljästi esimerkiksi seuraavasti: Kuvio on kuviointitarkoituksessa kartalle tai muulle pohjamateriaalille piirretyn sulkeutuvan viivan rajoittaman osan edustama alue maastossa.

Jokaiselle erilliselle kuviolle annetaan numero, joka toimii kuvion osoitteena. Täten jokainen metsäalueen osa kuuluu johonkin, mutta vain yhteen kuvioon. Tämän ominaisuuden johdosta kuvioita arviointia on kutsuttu menetelmäksi, joka antaa paikallistettua tietoa. Tällaiseen luonnehdintaan on syytä suhtautua varauksellisesti kahdestakin syystä. Ensiksikin ollakseen todella paikkansa pitävä, kuvioiden täytyisi olla sisäisesti homogeenisia, toisin sanoen metsikkökuvioita. Toiseksi samalla oikeutuksella paikallistettua tietoa antavaksi menetelmäksi voidaan kutsua systemaattista koelaloitusta, jossa koelalojen paikat on määritetty ja tulokset voidaan laskea koelaloittain. Voidaan kuitenkin todeta, että kuvioittaisessa arvioinnissa tiedon paikannettavuusaste on korkea. Oleellisin ero kuvioittaisen arvioinnin ja otantaan perustuvien menetelmien välillä on siinä, että kuvioittaisessa arvioinnissa havainnointityksikkö on melko suuri (kuvio) ja mittaukselliset ilmaisevat kuvion keskiarvoja (keskimääräinen ikä, keskimääräinen kehitysluokka, puuston keskimääräinen tilavuus, m³/ha jne), kun taas koelamittauksiin ei, ainakaan samassa määrin, liity koelalojen eri osien painottamista.

Kuvioittaisessa arvioinnissa numeerisesti esitetty tieto on yleensä keskilukutietoa. Sil-

loin kun kuvion sisäinen vaihtelu on poikkeuksellisen suurta, on siitä voitu antaa sanallinen huomautus kuten vaihteleva, aukkoinen, epätasainen. Kuvioittaisista keskilukutiedoista päästään yhdistelemällä laajempia alueita kuvaaviin tietoihin. Kuvioittaisia keskilukutietoja yhdisteltäessä ei yleensä saada luotettavaa kuvaa laajemman alueen metsien todellisesta vaihtelusta. Kuvioinnissa pienialaisina esiintyvät osat sulautetaan ympäristöön eikä niiden olemassaoloa voida kuvioittaisen arvioinnin tuloksista todeta.

1.2. Menetelmän kehittyminen

Saksalaiset Pressler ja Judeich kehittivät 1800-luvulla metsikkötalouden järjestelmän. Heidän mukaansa metsäaluetta voidaan käyttää tehokkaimmin, kun sen osia, metsiköitä, hoidetaan mahdollisimman tehokkaasti. Metsä käsitettiin matemaattisesti osiensa summaksi. Tätä ennen metsien käytössä sovellettiin vuosilohkojärjestelmää. Suomeen metsikkötalouden järjestelmä tuli virallisesti 1907, kun metsähallitus suositti sitä sovellettavaksi (Lihtonen 1958). Metsikkötalouden harjoittaminen edellytti, että metsäalueelle tehtiin kuvioittainen arviointi, jonka keskeiset asiakirjat olivat kuviokartta ja metsänarvioeli kartanselityskirja.

Kuviokartoitus tehtiin ennen 1940-lukua Suomessa yleensä mittalinjamenetelmällä. Tällöin alueet jaettiin ensin vapaalla kädellä piirrettyin viivoin metsätyyppikuvioihin ja nämä vielä, mikäli kuvion eri osissa kasvavat puustot poikkesivat selvästi toisistaan yhden tai useamman metsikkötunnuksen suhteen, murtoviivalla niinsanottuihin metsikkökuvioihin.

Sotien aikana 1940-luvulla opittiin näkemään ilmakuvioiden tarjoamat mahdollisuudet myös metsien kartoituksessa. Tämän jälkeen ilmakuviot ovat muodostaneet oleellisen ja näihin päiviin asti yhä merkittävämmän osan kuvioittaisessa arvioinnissa. Viime aikoina lentokoneesta tai helikopterista tehtävien suorien havainnointien sekä satelliittikuvien käyttö on ollut lisääntymässä, mutta näidenkin keinojen yhteydessä on käytetty myös ilmakuvia. Kysymys on ollut enemmän toisiaan täydentävistä kuin toistensa kanssa kilpailevista inventointikeinoista.

Työn tuottavuusvaatimusten kasvaessa ja

maastotyön osuuden vähetessä erillisestä metsätyyppikuvioinnista on yleensä luovuttu. Nykyisin metsäalue on pyritty ensisijaisesti jakamaan yhtenäisiksi toimenpide- tai talouskuvioiksi, joiden muodostamisessa ilmakuvilta suoritettavalla ennakkokuvioinnilla on ollut ratkaiseva merkitys. Tämä kehitys on merkinnyt harkinnanvaraisuuden ja sattuumanvaraisuuden lisääntymistä kuvioinnissa. Niinpä kahden ammattimiehen samalle alueelle samoina aikoina tekemät kuviokartoitukset voivat poiketa toisistaan huomattavasti ilman että kumpaakaan tulosta voitaisiin osoittaa virheelliseksi. Kehitys on merkinnyt myös, että kuviointi ja siihen perustuva metsätalouden suunnittelu on tullut luonteeltaan dynaamisemmaksi.

Kuvioittainen arviointi on ollut menetelmä valtion, metsäteollisuusyritysten sekä muiden yksityisten metsien inventoinnissa. Valtion ja teollisuuden metsät on arvioitu kuvioittaisella arvioinnilla kattavasti. Sen sijaan varsinaisissa yksityismetsissä kuvioittainen arviointityö laajeni voimakkaasti vasta 1970-luvun puolivälin jälkeen metsien alueellisen suunnittelun ja ilmakehän organisoimisen myötä. Kuvioittaisia arviointia on tehty yksityismetsissä 1980-luvulla vuosittain noin 600 000 ha.

Vaikka kuvioittainen arviointi on metsätaloudessa laajasti sovellettu ja tärkeä inventointimenetelmä, on sen tutkiminen kuitenkin jäänyt vähäiseksi. Tämä johtunee ainakin osittain siitä vaikeudesta, mihin törmätään, kun alueelle luotettavuusvertailuja varten pyritään määrittämään oikea kuvioittaisen arvioinnin tulos. Usein joudutaan toteamaan, että ei ole olemassa vain yhtä oikeata tulosta vaan useita hyväksyttäviä ratkaisuja. Tämä näkökohta sekä se, että kuvioittaisen arvioinnin tulokseen vaikuttaa metsien fyysisen tilan lisäksi myös itse arvioinnin tekijä, näyttävät merkitsevän, että tarvitaan laajoja aineistoja ja pitkäaikaista kokemusta ennen kuin kuvioittaisesta arvioinnista on mahdollista saada käyttökelpoista, numeerisessa muodossa esitettävää tutkimustietoa.

Metsätalouden rationalisointi, esimerkiksi koneellistaminen, ja metsänparannustoimenpiteiden, kuten lannoituksen, yleistymisen ovat merkinneet metsien käytön suunnittelu-

tarpeen voimakasta lisääntymistä. Pahin suunnittelua haittaava tekijä on vaikeus saada metsästä riittävän luotettavaa ja yksityiskohtaista tietoa. Tämän johdosta metsätaloudessa on tunnettu suurta tarvetta kehittää kuvioita tai jotain muuta metsätalouden keskipitkän suunnittelun edellyttämää inventointimenetelmää.

1.3. Tutkimuksen tavoite

Kuvioittaisen arvioinnin kehittämisessä suuri mielenkiinto on kohdistettu arvioinnin apuvälineiden kuten ilmakuvioiden, satelliittikuvien, ilma-arvioiden ja tietokonetekniikan käyttömahdollisuuksiin. Sen sijaan perusselvitys siitä, mitä kuvioittainen arviointi todellisuudessa on ja mitä sen tulisi olla, on jäänyt vähäiselle huomiolle. Tämän tutkimuksen tavoite on korjata tätä puutetta ja siten antaa perusteita sopivien menetelmien löytämiseen erilaisissa arviointitilanteissa.

Käsillä oleva tutkimus aloitettiin 1976. Silloin eräänä tärkeimmistä tavoitteista pidettiin niinsanottujen pienkuvien metsätaloudellisen käyttökelpoisuuden tutkimista. Aineistojen keruuseen antoivat taloudellista apua Keskusmetsälautakunta Tapio sekä Suomen Kulttuurirahasto, sekä henkilökohtaisen työpanoksensa metsäylioppilaat Risto Ranta ja Pertti Vento. Vuosina 1980 ja 1981 tekijä käytti kaksi sykstä lisäaineistojen keräämiseen. Taloudellista tukea tähän antoi Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö.

Tutkimusta ovat olleet avustamassa metsäylioppilaat Sune Haga, Seppo Leinonen, Marja Ojanen ja Pertti Vento, jotka samalla ovat saaneet mahdollisuuden omien laudaturtoittensa tekemiseen metsänarvioimistieteen alalta. Tutkimustyössä ovat lisäksi avustaneet metsänhoitaja Markku Siitonen ja ylioppilas Esa Leskinen atk-ohjelmoinnissa. Aineistojen käsittelyssä ja kuvien piirtämisessä ovat lisäksi avustaneet metsäylioppilaat Heikki Karhu, Hanna Kiljunen, Liisa Lundmark, Manu Purola ja Juha Pykäläinen.

Professori Pekka Kilkki ja tohtori Jouko Laasasenaho ovat tutustuneet työhön käsikirjoitusvaiheessa. Heidän kritiikkinsä ja kommenttinsa olen voinut suurelta osalta ottaa huomioon. Englanninkielisen tekstin tarkasti Mr. Ashley Selby.

2. AINEISTOT

2.1. Lähtökohtia ja ratkaisuja

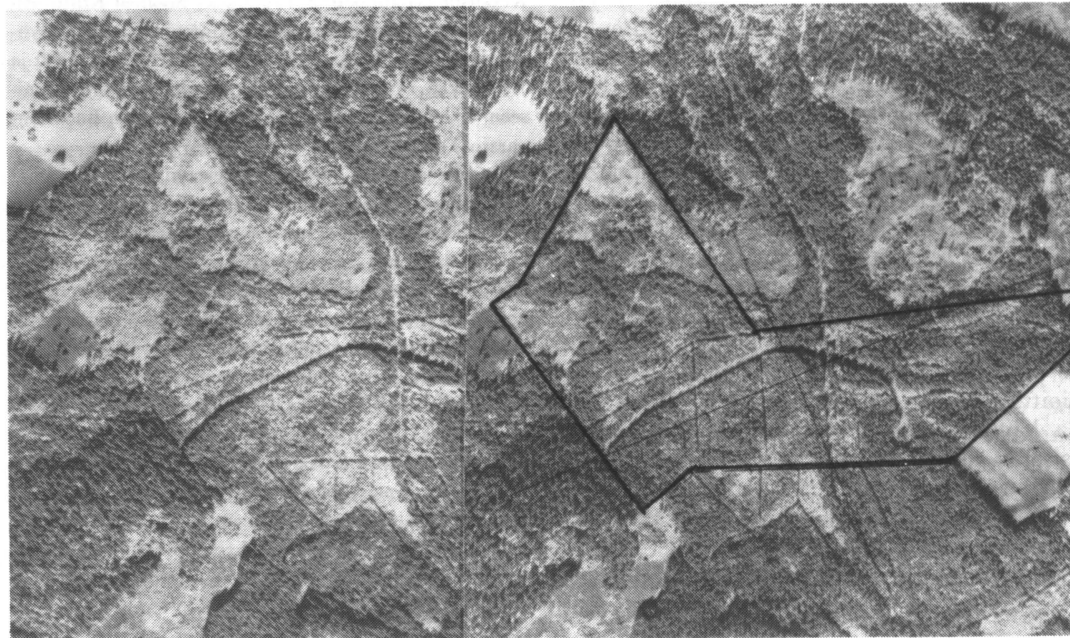
Yleinen tapa inventointimenetelmien tutkimisessa on verrata kiinnostuksen kohteena olevalla menetelmällä saatavaa tulosta tarkasti mitattuun tai sellaiseksi oletettuun tulokseen. Täysin oikeaa arvoa, johon vertailut tulisi tehdä, on kuitenkin hyvin vaikea saada. Tärkeää olisi silloin voida osoittaa, kuinka luotettavaa vertaamiseen käytettävä tieto on.

Aineiston keruun suunnittelussa ensimmäinen tavoite oli, että vertausaineisto olisi tarkasti mitattu. Toisena tavoitteena oli aineiston monipuolisuus ja kolmantena maantieteellinen edustavuus. Lisäksi tutkimustehtävän kannalta oli tärkeää saada aineisto, joka ei ole sidottu mihinkään erityiseen kuvointiin, vaan antaisi mahdollisuuden mielivaltaisten kuvointien tutkimiseen ja vertailuun.

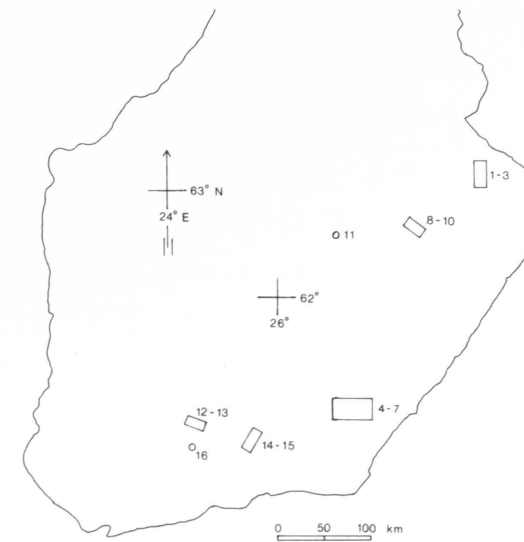
Tarkin aineisto saatiin systemaattisella relaskoopikoealaotannalla. Koalojen keskipisteet merkittiin joko neulankärki- tai piste-kaavion valokuvauksellista kopiointitekniik-

kaa käyttäen ilmakuville, joista ne sitten paikallistettiin maastoon. Koalojen väliseksi etäisyyksiksi valittiin 40 m × 40 m alueilla 1–11 ja 50 m × 50 m alueilla 12–16. Jokainen koala varustettiin x- ja y-koordinaatein, jotka toimivat paikantamistunnuksina alueen sisällä (kuva 1).

Tutkimusalueet valittiin niistä yksityismetsistä, joille piirimetsälautakunnan toimesta tehtävien suunnitelmien edellyttämät maastotyöt oli juuri saatu päätökseen. Niin muodoin ilmakuvat voitiin tilata samoista kuvauksista, joista piirimetsälautakunnan kuvatkin olivat peräisin. Tutkimusalueet rajottiin piirimetsälautakunnan ilmakuvamateriaalin ja kartastojen avulla harkinnanvaraisesti. Tällöin pyrittiin siihen, että tutkimusalue olisi osa laajempaa metsäaluetta eikä kuviorajoiltaan esimerkiksi teiden, avosoiden, peltojen ja vesien takia liian helppo. Alueiden sijainti on esitetty kuvassa 2 ja alueiden ominaisuuksia taulukossa 1.



Kuva 1. Tutkimusalue pisteistöllä varustetulla stereoparilla (pisteiden halkaisija noin 0.15 mm).
Figure 1. A study area on a stereo pair with dots (Dot diameters are about 0.15 mm).



Kuva 2. Tutkimusalueiden sijainti.
Figure 2. Location of the study areas.

2.2. Vaihtoehtoiset kuvioinnit ja arvioinnit

Kuvioittaisessa arvioinnissa ensimmäinen vaihe on kuviointi eli alueen jakaminen ilmakuvalla tai muulla piirtämispohjalla kuvioihin. Toinen vaihe muodostuu kuviokohtaisista arvioinneista. Usein nämä kaksi työvaihetta tehdään enemmän tai vähemmän päällekkäin. Seuraavassa aineistot pyritään kuvaamaan siten, että kuvaus toimisi samalla aineistojen käytön jäsentelyä ja tutkittavien menetelmien luettelona.

1. Piirimetsälautakunnan kuviointi ja kuvioittaiset arviointitulokset (= käytännön arviointi). Kuviointi perustui musta-valkoisella pankromaattisella tai infrakuvauksella mittakaavassa noin 1:30 000 otettuihin ja mittakaavaan 1:10 000 suurennettuihin ilmapuviin. Ilmakuvista oli käytettävissä stereopeitto. Arvioinnin tekijöillä ei ollut tietoa heidän työnsä käyttämisestä tutkimustarkoituksiin.
Aineiston kattavuus: alueet 1–10, 12–16.

2. Ennakkokuvioinnit
 - a. 1:10 000 mustavalkoinen kuvamateriaali, tekijöinä kaksi tehtävään palkattua kolmannen tai neljännen vuosikursin metsäylioppilasta alueilla 1–11 sekä tämän tutkimuksen tekijä alueilla 12–16.

b. 1:10 000 ja 1:5 000 värikuvamateriaali, otettu Hasselblad-kameralla, koko 55 mm × 55 mm, tekijöinä useita koehenkilöitä alueilla 1–3 ja 8–10.

3. Koehenkilöiden lopulliset kuvioinnit ja arvioinnit. Koehenkilöinä samat metsäylioppilaat kuin kohdassa 2 a. Kattavuus: alueet 1–11.

Koehenkilöt tekivät kuvioittaiset arvioinnit KML Tapion lomakkeita ja niihin liittyviä ohjeita käyttäen. Arviointiin liitettiin kuitenkin kokeilu maastotöiden nopeuttamiseksi. Kokeilussa maastoreitit suunniteltiin tarkasti ilmakuville siten, että kaikilla kuvioilla käydään ja vieläpä mahdollisuuksien mukaan kuvioiden edustavilla kohdilla mutta samalla reitti pyrittiin saamaan helpoksi. Arviot tehtiin reitillä kulkien ja kuvion rajoja tarkistettiin ja korjattiin vain siltä osin, mikä reittiä kuljettaessa oli mahdollista.

Taulukko 1. Tilastotietoja tutkimusaineistosta.
Table 1. Statistics from the study areas.

Alue Area	Pinta-ala, ha Size	Koaloja, kpl No. of plots	Kuvioita, kpl No. of comp.
1	36	103	17/38 ¹
2	38	87	14/45
3	34	74	13/29
4	58	60	7/48
5	55	72	15/53
6	51	58	6/25
7	66	76	10/52
8	74	48	4/35
9	94	85	8/40
10	63	84	7/34
11	80	59	7/40
yht.	649	806	108/439
12	8	33	4 ²
13	20	83	11
14	16	66	10
15	11	46	5
16	21	95	25
yht.	76	323	55

- 1) Kuvioita koalojen edustamalla alueella/ja koko alueella koehenkilön 1 kuvioinnin mukaan.
1) Number of compartments on the area covered by plots/land on the total area according to worker 1.
- 2) Kuvioita huolellisen maastossa suoritetun talouskuvioinnin mukaan.
2) Number of compartments according to careful field delineation.

4. Systemaattiseen koalaotantaan perustuvat kuvioinnit.

Kattavuus: alueet 12–16.

- Tavanomainen talouskuviointi
- Pikkutarkka kuviointi
- Kaavamainen kuviointi

Tavanomaisissa kuvioinnissa pyrittiin 50 m × 50 m koalatietojen ja myös koalojen väliltä tehtyjen havaintojen perusteella rajoittamaan kuviot, jotka palvelisivat mahdollisimman hyvin metsien käytön taloudellista suunnittelua. Pikkutarkassa kuvioinnissa pyrittiin erottamaan alueella havaittavissa olevat biotoopit, metsiköt, toisistaan. Kaavamainen kuviointi tehtiin pelkästään koalakartan perusteella. Tavoitteena oli saada keskimäärin samankokoisia kuvioita kuin kohdassa a. ja kuviot muodoiltaan kompakteiksi.

5. Kuvatulkinnat

a. Mustavalkoinen materiaali (ks. kohta 1).

Toinen koehenkilöistä (ks. kohta 2) tulkitsi muodostamilleen ennakkokuvioille kaikki KML Tapion lomakkeen edellyttämät tunnuksat käyttäen linsistereoskooppiä mutta ei muita tulkinnan apuvälineitä kuten mallialoja ja parallaksimittauksia.

Kattavuus: alueet 1–11.

b. Värikuvamateriaali (ks. kohta 2).

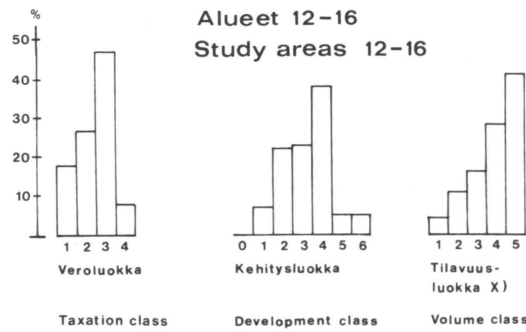
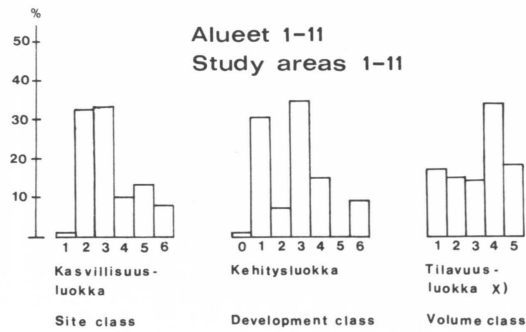
Tulkit: 5 koehenkilöä

Kattavuus: Valikoituja kuvioita alueilla 1–3, 8–10.

Tulkinta suoritettiin linsistereoskoopilla valopöydällä mallialoja hyväksi käyttäen.

Aineistojen laadun ja keräykseen osallistuneiden henkilöiden perusteella on katsottu tarkoituksenmukaiseksi jakaa aineistot alueryhmiin 1–11 ja 12–16 (kuva 3). Vaihtoehtoisista kuvioinneista käytetään jäljempänä seuraavia symboleja:

- a = ennakkokuviointi/koehenkilö 1, alueryhmä 1–11
 b = tavanom. maastokuviointi/ ” , ”
 c = ennakkokuviointi/koehenkilö 2, ”
 d = tavanom. maastokuviointi/ ” , ”
 e = käytännön maastokuviointi, ”
 f = kuviointi väridialta, pikkutarkka ”
 g = ” ” , tavallinen, ”
 h = ennakkokuviointi, alueryhmä 12–16
 i = käytännön maastokuviointi, ”
 j = huolellinen ” , pikkutarkka, aluer. 12–16
 k = ” ” , tavallinen, ”
 l = keinotekoinen kuviointi 1, alueryhmä 12–16
 m = ” ” 2, ”



X) Tilavuusluokat, m³/ha: 1=0–10, 2=11–50, 3=51–100, 4=101–200, 5=201+

Kuva 3. Tutkimusmetsien ominaisuuksia koalajakauamina.

Figure 3. Some distributions of sample plot material.

2.3. Koala-aineistot ja niihin perustuvat laskennat

Alueilla 1–11 vain osa pinta-alasta katettiin systemaattisella koalaotannalla. Sen sijaan alueilla 12–16 tutkimukset rajoitettiin vain sille alueelle, josta relaskoopikoealoja mitattiin (taulukko 1). Mittaustekniikka eri alueilla saattoi vaihdella sen suhteen mitä relaskoopikerrointa (q) käytettiin, mitattiinko kaikista puista rinnankorkeusläpimitat (di) vai vain mediaanipuusta (Dmd), mitattiinko kaikista puista pituudet (hi) vai vain mediaanipuusta (Hmd), mitattiinko kaikista puista yläläpimitat (d6i) vai vain mediaanipuusta (D6md) vai ei mistään. Alueilla suoritettuja mittauksia esitettyjen tunnusten suhteen kuvataan taulukossa 2. Ikä, Tmd, mitattiin pohjapinta-alajakauman mediaanipuusta.

Koaloille, joiden kaikista puista oli mitattu rinnankorkeusläpimita ja pituus ja mahdollisesti vielä yläläpimita, tilavuus laskettiin Laasasenahon (1976 ja 1982) esittämien tilavuusfunktioiden avulla puulajeittain. Alueilla 1–11 yksityiskohtaisemmin mitattujen koalojen puista laskettiin kuvioittaiset muotokorkeusfunktiot puulajeittain rinnankorkeusläpimitan suhteen. Tietyille kuviolle saadun funktion avulla laskettiin tilavuudet kuvion niille koaloille, joista pituuksia ja yläläpimittoja ei oltu mitattu kaikille puille. Alueilla 12–13 tilavuudet määritettiin maastossa puulajeittain relaskoopitaulukoiden avulla.

Kaikilla koaloilla suoritettiin edellä esitettyjen mittausten lisäksi ja niitä hyväksi käyttäen silmävaraisia luokituksia ja arviointeja Tapion MTS-lomakkeen edellyttämällä tavalla. Tällöin ei rajoitettu relaskoopilla luetavien puiden määrittämään koalan pinta-alaa, vaan otosyksikkönä oli koko se näkyvä, mikä relaskoopikoealan keskipisteestä ympäristöön avautui (liite 1).

Koalalla mitatut metsikkötunnukset voidaan jakaa mittaustapansa perusteella kolmeen ryhmään. Yhden ryhmän muodostavat ne tunnukset, jotka arvioitiin pelkästään silmävaraisesti koalan keskipisteestä saatavan näkymän mukaan. Näitä olivat veroluokka tai kasvillisuusluokka, kehitysluokka, puuston rakenne ja metsänhoidolliset toimenpidehdotukset. Silmävaraisia arviointeja tehtäessä voitiin käyttää hyväksi koalalta tehtyjä muita mittauksia.

Toisen ryhmän muodostavat ne metsikkötunnukset, jotka perustuivat pelkästään relaskoopikoealan puista tehtyihin mittauksiin. Näitä ovat pohjapinta-ala, keskipituus ja keskiläpimita. Kolmanteen ryhmään luokiteltava

via metsikkötunnuksia ovat tässä tutkimuksessa ne, joille mitattiin kaksi tulosta. Toinen tulos perustui tarkkoihin koalan puista tehtyihin mittauksiin, ja toinen tulos saatiin koalalta avautuvaa näkymää vastaavana silmävaraisena arviona. Näitä kahdella tavalla mitattuja tunnuksia ovat tilavuus, ikä sekä puulajisuhteet. Jos koala sattui kuvioiden tai metsiköiden rajalle tai rajan tuntumaan, se jaettiin ja osille annettiin itsenäiset ja täydelliset tiedot sekä tieto osien pinta-ala- ja tietyissä tapauksissa myös tilavuusosuuksista kymmenesosan tarkkuudella. Koalaa tai sen osaa koskevat tiedot rekisteröitiin tietokone-laskentaan soveltuvassa muodossa (liite 1).

2.4. Koaloista laskettujen kuviotunnusten luotettavuus

Kuvioittaisten arviointien tutkimisessa niiden arvojen, joihin verrataan, tulisi periaatteessa olla virheettömiä. Kovin korkeitten tarkkuusvaatimusten käyttäminen johtaisi helposti siihen, että aineistoja saataisiin kustannussyistä vähän ja niiden arvo siitä syystä jäisi pieneksi. Toisaalta jos aineiston luotettavuus heikkenee, sen tutkimuksellinen arvo vähenee kiihtyvästi.

Relaskoopikoealat rajoitettiin kertoimella 1 tai 2. Koalamittauksiin sisältyi sekä harkinnasta riippumaton eli objektiivinen että harkinnanvarainen eli subjektiivinen osa. Harkinnanvaraisuuden astetta tässä tapauksessa vähentää se, että harkinnan tukena oli käytettävissä tavallista enemmän mitattua tietoa.

Näkymäympäristö määriteltiin väljästi alueeksi, mikä oli nähtävissä koalan keskipisteestä ja oli samaa kuviota tai metsikköä kuin tutkittavana oleva koalakin tai sen osa. Selvää on, että näkymäympäristö edustaa laajempaa havaintoyksikköä kuin mitattujen puiden muodostama relaskoopikoeala. Niinpä näkymäympäristöhavaintojen hajonta kuvion sisällä osoittautui olevan 13 % pienempi kuin objektiivisten mittaustulosten hajonta sekä runkotilavuuden että iän osalta. Tutkituista kuvioista noin puolella oli käytössä relaskoopikerroin 1 ja toisella puolella 2. Kerroimen vaikutusta ei analysoitu.

Systemaattiselle otannalle ei tunnetusti ole olemassa harhattomia luotettavuuden estimoimismenetelmiä. Satunnaisotannan kaa-

Taulukko 2. Tutkimusalueiden relaskoopikoealoilla suoritettavat mittaukset: + = mitattu, - = ei mitattu.

Table 2. Measurements on variable plots: + = yes, - = no.

Alue Study area	Otanta- väli, m Sampling distance, m	q	G	Tmd	Dmd	Hmd	D6md	di	hi	d6i
1–11	40×40	2	+	+	+	+	+	+	50%	50%
12–13	50×50	1	+	+	+	+	-	-	-	-
14–15	50×50	1	+	+	+	+	-	+	+	-
16	50×50	2	+	+	+	+	-	+	+	-

Taulukko 3. Koaloittaisten toistoarviointien vertailu (x = ensimmäinen arvio, y = toinen arvio).
Table 3. Comparison of repeated inventories (x = first inventory, y = second inventory).

Tutkittu tunnus Characteristic studied	Mittayksikkö Unit in measurement	\bar{x}	s_x	\bar{y}	s_y	s_{yx}	r
Tilavuus* - Vol.*	m ³ /ha	200	54.7	179	43.7	15.6	.934
Ppa - Basal area	m ² /ha	23.1	7.2	21.8	8.4	4.97	.806
K-pit. - Mean height	m	15.3	3.0	15.9	3.8	1.01	.963
K-lpm - Mean Diam.	cm	18.7	4.3	18.5	5.0	2.06	.912
Ikä - Age	a	57.4	5.0	57.6	7.5	5.96	.609
Verol. - Tax.class	lk-väli	2.65	.79	2.71	.59	.315	.844
Keh.lk - Treatm.cl.	"	2.53	.51	2.65	.49	.307	.783

* Koskee näkymäympäristölle arvioituja tilavuuksia.

* By ocular estimation for a stand as seen from the centre point of a plot and based on plot measurements.

vojen käyttö johtaisi yleensä selvään tarkkuuksien aliarvioon (vrt. Nyssönen ym. 1967). Jos voitaisiin olettaa, että koalan keskipisteestä avautuva näkymäympäristö kattaisi koko koalan edustaman 40 m × 40 m tai 50 m × 50 m alueen, otos käsittäisi koko perusjoukon eikä varsinaista otantavirhettä esiintyisi ollenkaan.

Käytännön kokemukset viittaavat siihen, että subjektiivisuuden merkitys on suuri arvioitaessa sellaisia tunnuksia (esim. kehitysluokka) joiden kohdalla varsinaisista mittaustuksista ei saada yksiselitteistä tukea arvioinnille. Tämä koskee myös pisteestä avautuvaa näkymäympäristöä. Subjektiivisuus tulee esille myös koalan jakamisessa. Yhden mielestä koala on yhtä ja samaa metsikköä, kun taas toinen pitää sen jakamista tarpeellisenä. Voidaan olettaa, että joissakin tapauksissa näkymäympäristölle voidaan esittää useita hyväksyttäviä luokitteluvaihtoehtoja. Tämä johtaa siihen, että samasta kohteesta saatujen tulosten eroja ei ilman muuta voida tulkita osoitukseksi virheiden esiintymisestä.

Systemaattiseen koalaotantaan liittyvistä virhemahdollisuuksista saatiin kokemusta alueesta 16. Siellä 17 puustoiselta koalalta suoritettiin mittaukset kahteen kertaan. Mittausten välinen aika oli 3 kuukautta. Ensimmäisellä kerralla koalat mitattiin kertoimella 1 heinä-elokuussa. Yksittäisten puiden läpimittoja ei mitattu. Tilavuus määritettiin relaskooppitaulukoiden avulla pohjapinta-alan ja mediaanipuusta mitatun keskipituuden funktiona. Toisella kerralla käytettiin relas-

kooppikerrointa 2 ja jokaisesta puusta mitattiin 1 mm luokituksella rinnankorkeusläpimitta ja 1 dm luokituksella pituus. Tilavuudet laskettiin Laasasenahon (1976, 1982) funktioilla. Eri kerroilla saatuja tuloksia on verrattu taulukossa 3. Taulukossa 3, kuten myöhemminkin, kehitys- ja veroluokan kohdalla on oletettu, että peräkkäisten luokkien välit ovat yhtä pitkät. Oletamus pitää kutakuinkin paikkansa paitsi kehitysluokka 6 (vaaja tuottoiset) kohdalla sekä kohdassa, jossa uudistuskelpoisista metsistä siirrytään aukeihin tai taimikkoihin. Tällaiset tapaukset on jätetty laskelmien ulkopuolelle.

Taulukon 3 tuloksia tutkittaessa on otettava vielä huomioon, että puustolle oli leimaa antavaa suuri runkoluku ja erikokoisuus. Eryteisesti pienten puiden mukaantulo koalaan on sattumanvaraista ja se vaikuttaa täydellä painolla pohjapinta-alan mutta lievemmin tilavuuden hajontaa lisäävästi. Systemaattinen ero selittyy osittain sillä, että mittausten välillä pieniä, yhden käden vesurilla katkottavia puita oli poistettu koaloilta. Taulukossa s_x , s_y ja s_{yx} viittaavat hajontoihin keskiarvojen tai tasoitussuorien suhteen.

Ensimmäinen arviointi tehtiin suhteellisen nopeasti vähillä rajapuiden tarkistamisilla. Arvioinneissa koalat paikallistettiin samoilta ilmakuvilta ja samojen pisteiden mukaisesti mutta kuitenkin itsenäisesti niin, että koalojen keskipisteet saattoivat olla joidenkin metrien päässä toisistaan. Molemmat arvioinnit teki sama henkilö. Ensimmäistä arviointia tehtäessä ei toisesta arvioinnista ollut vielä tietoa.

Taulukon 3 tulokset viittaavat siihen, että yhden hengen nopeahkossa relaskooppikoealamittauksessa ja relaskooppitaulukoiden käytössä tulee helposti 10 % systemaattisia virheitä tilavuuden arvioinnissa. Satunnaisvaihtelu regressiosuoran suhteen, s_{yx} , on tilavuuden kohdalla ollut 9 % (näkymäympäristö), mutta pohjapinta-alan kohdalla jopa noin 23 % (pelkkä koala).

Keskipituuden arviointi relaskooppikoealoilla on ollut suhteellisesti luotettavinta, satunnaisajontaa s_{yx} on ollut noin 1 m. Vastava hajonta keskilämpimitassa on ollut noin 2 cm ja keski-iässä noin 6 vuotta. Vero- ja kehitysluokan kohdalla hajonnan s_{yx} osuus keskiarvosta on ollut kummankin tunnuksen kohdalla noin 12 %. Näiden luokitusten keskiarvojen ja hajontojen laskeminen edellyttäisi, että kaikki mittaukset on tehty vähintään välimatka-asteikolla. Menettelyä on tässä pidetty käyttökelpoisena, vaikka edellytys ei olekaan täysin voimassa.

Koalaotannalla saatavien kuviokohtaisten tietojen luotettavuuden arvioimiseksi joudutaan tässä suurelta osalta turvautumaan oletuksiin ja päättelyihin. Kuvioiden sisäiseksi relaskooppikoealoilta määritettyjen tunnus- tusten suhteellisiksi hajonnoiksi saatiin alueilla 12–16 keskimäärin seuraavat arvot: veroluokka 18 % (vastaa 0.36 luokkavälin absoluuttista hajontaa), kehitysluokka 13 % (vastaa 0.46 luokkavälin absoluuttista hajontaa), ikä 20 % ja tilavuus 24 %. Yhden koalan edustaman alueen, 40 m × 40 m tai 50 m × 50 m, sisäinen hajonta on tietysti edellistä pienempi. Olettaen, että koalan edustaman ruudun sisäinen hajonta on puolet kuvion sisäisestä hajonnasta käytettäessä 40 m × 40 m otantaa ja 2/3 käytettäessä 50 m × 50 m otantaa, saadaan 1.2 ha:n kuviolla koalaotannalla saatujen kuviotunnusten estimaattien suhteellisiksi keskivirheiksi seuraavan asetelman mukaiset prosenttiarvot.

	40 m × 40 m	50 m × 50 m
Veroluokka	3.3 %	5.5 %
Kehitysluokka	2.4 %	4.0 %
Ikä	3.7 %	6.1 %
Tilavuus	4.4 %	7.3 %

Asetelmasta sekä taulukosta 3 on pääteltävissä, että tämän tutkimuksen koalaotannalla saaduissa kuviotunnusten estimaateissa on varauduttava 3–8 %:n keskiarvojen hajontoihin. Lisäksi systemaattiset virheet tai ainakin henkilökohtaiset erot saattavat hankaloittaa vertailuista tehtäviä päätelmiä. Tilavuuden kohdalla huomattavampaa systemaattista virhettä, todennäköisesti yliarviota, saattaa esiintyä alueilla 12 ja 13, joissa puista ei mitattu läpimittoja ja tilavuudet määritettiin relaskooppitaulukoilla.

2.5. Aikatutkimukset

Aikatutkimukset kohdistettiin koehenkilöiden 1 ja 2 kuviotaitaisen arvioinnin eri työvaiheisiin alueilla 1–11. Lisäksi koehenkilön 1 osalta tutkittiin ennakkokuvioista tehtyihin kuvatulkiintoihin kulunutta aikaa.

Aineiston keruussa sovellettiin tasavälistä, 15 minuutin välein tapahtuvaa otantaa. Tämä merkittiin käytännössä, että lomakkeelle merkittiin rasti sen työvaiheen sarakkeeseen, jota määrähetkenä (otantahetkenä) oltiin tekemässä.

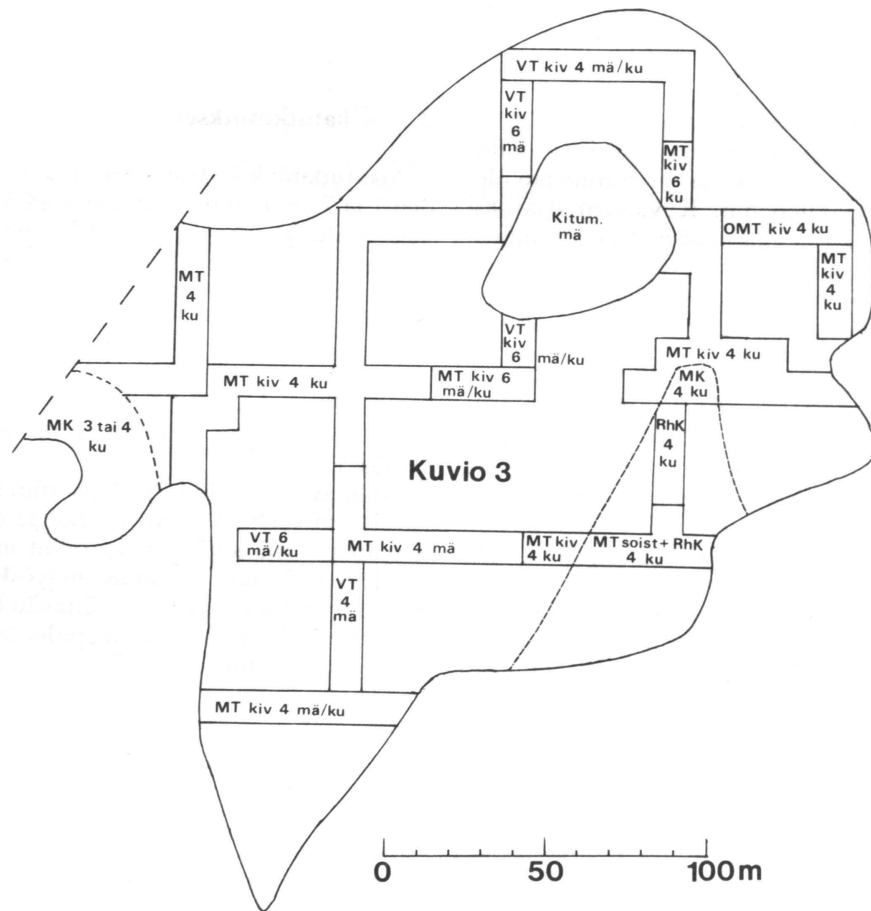
Otantaväli 15 minuuttia katsottiin niin pitkäksi, että koehenkilöt voivat hoitaa otannan itse ilman, että siitä olisi koitunut mainittavaa haittaa heidän varsinaiselle työskentelylle. Toisaalta se arvioitiin riittävän lyhyeksi käytettäväksi melko karkeana pidettävän työ- ladjäsentelyn yhteydessä.

3. KUVIOINTI

3.1. Kuvio käsitteenä

Aikaisemmin johdannossa kuvion käsite määriteltiin väljästi pyrkimättä antamaan sille sisällöllistä merkitystä. Nyt tarkastellaan, mitä "kuviointitarkoituksessa kartalle piirretyn sulkeutuvan viivan edustama alue" eli kuvio on käytännössä ollut. Tätä on tutkittu perusteellisimmin alueilla 12–16, joille on laadittu koelaitteisiin mittaustuloksiin ja maastossa suoritettuihin erityistarkasteluihin perustuva mahdollisimman oikea, tosin subjektiivinen kuviointi kahdella tavalla: tavanomaisena talouskuviointina ja pikkutarkkana kuviointina.

Suureen tarkkuuteen pyrkivällä huolellisella kuvioinnillakin on usein vaikeaa ja mahdollintakin päästä metsikkökäsitteen edellyttämään kuvion sisäiseen homogeneisuuteen. Kuva 4 esittää metsikkötunnuksissa tapahtuneita muutoksia siirryttäessä kuvion sisällä linjaa pitkin ja tekemällä 10 m:n välein havaintoja. Havaintokaistan leveydeksi on piirroksessa otettu 10 m, todellisuudessa se oli yleensä suurempikin. Taulukon 4 tiedot taas on kerätty viidestä kuvioista, joissa metsikkötunnukset on arvioitu linjoilta 10 m:n välein.



Kuva 4. Metsikkötunnuksen vaihtelu alueen 13 kuviolla (Metsätyyppi, lisämääre, kehitysluokka, pääpuulaji).

Figure 4. Variation of forest stand characteristics (Site, additional remarks on site, treatment class, main tree species).

Taulukko 4. Maastossa tarkasti rajattujen kuvioiden sisäinen vaihtelu 10 m × 10 m ruutujen prosentuaalisina jakaumina. Alue 13.

Table 4. Variation of some forest stand characteristics within compartment as relative distributions of squares of 10 m × 10 m. Study area 13.

Tyyppi Site	Kuvio - Compartment				
	2	3	7	8	11
OMT	16		23		
OMT -	8	1	7		
OMT kiv	5		1		
OMT soist	8		14		
MT +	13		14		
MT	35	13	22		6
MT -	1	3			4
MT kiv	3	66	11	87	32
MT soist	11	2	6		
VT +					15
VT		8		13	21
VT -					6
VT kiv		5			14
CT					1
MK		2	2		
Yht. Total	100	100	100	100	100
Kehitysluokka Treatment class					
3	35	2			
4	60	86	83	100	97
5			17		1
6	5	12			1
Pääpuulaji Main tree species					
Mä Pine		16	6	75	74
Ku Spruce	100	84	94	25	26
Ko Birch					

Ennakkokuviointi
Delineation from aerial photographs



Huolellinen talouskuviointi tunnuksilla:
Careful delineation in the field with the characteristics:

PML:n kuviointi
Delineation in practice



Pikkutarkka kuviointi tunnuksilla:
Detailed delineation in the field with the characteristics:

N:o No.	Metsätyyppi Site type	Kehityslk. Treatment cl.	N:o No.	Metsätyyppi Site type	Kehityslk. Treatment cl.
1	VT	4	10	VT+	4
			11	MT soist.	4
2	MT-	3	20	MT+	4
			21	VT	5
			22	MT	3
			23	MT	Y1
			24	VT	5
			25	MT	4
			26	MT	3
3	VT	Y1	30	VT	Y1
4	MK	3	40	MK	3

Kuva 5. Toistokuviointeja alueella 12.
Figure 5. Alternative delineations into compartments on Area 12.

3.2. Kuviointien yhteensopivuus

Jos samalle alueelle tehdään toisistaan riippumattomia kuviointeja, ne vain harvoin sopivat kunnolla yhteen. Tästä on saatu kokemuksia esimerkiksi Metsähallituksen metsätalouden tarkastusten alkuvalmistelujen yhteydessä tehdyistä kuviointikokeiluista. Samaa osoittavat tässä suoritettujen tarkastelujen tulokset. Kuva 5 on alueesta 12. Tilanne muilla alueilla on likimain samanlainen.

Eräs syy kuviointien erilaisuuteen on arvioiden erilainen näkemys tavoiteltavasta kuvion koosta. Esimerkiksi alueilla 1–11 koehenkilöiden 1 ja 2 sekä piirimetsälautakunnan kuvioittaisen arvioijan kuvioiden keskkoot olivat 1.36, 1.72 ja 1.98 ha. Lähtökohtana erilaisuuteen on metsien heterogeenisuus ja kuvioikäsitteen väljyys. Kuvioija joutuu työssään punnitsemaan keskenään ristiriitaisia tekijöitä kuten kuvion kokoa ja muotoa sekä kuvion homogeenisuusvaatimuksia eri met-

sikkötunnusten suhteen. Lisäksi lopputulokseen vaikuttavat ilmakuvien laatu ja stereonäkökyky sekä kokemus ja ammattitaito.

Molempien koehenkilöiden osalta voitiin todeta, että lopullinen kuviointi poikkesi vain hyvin vähän ennakkokuvioinnista. Yleisin poikkeamisen syy oli, että vierekkäisiä ennakkokuvioita yhdistettiin lopullisiksi kuvioiksi. Näiden kuviointien suuri yhteensopivuus johtuu osaksi erikoisista koejärjestelyistä, mutta tulos antaa myös aiheen päätellä, että ennakkokuviointi on lopullisen kuvioinnin muotoutumisessa ratkaiseva, mikä korostaa ilmakuvien laadun merkitystä kunnolliseen kuviointiin pääsemisessä.

3.3. Kuvioinnin oikeellisuus

Kuvioinnin tarkkojen tavoitekriteerien puuttuessa on vaikeaa mitata kuvioinnin oikeellisuus- tai virheellisyysastetta. Ongelmaa on pyritty ratkaisemaan tutkimalla kuvioparien muodostamia rajoja ja luokittamalla ne annetuin kriteerein hyväksyttäviin ja selvästi virheellisiin (Ojanen 1978). Hyväksyttävien rajojen osuus mittaa tällöin kuvioinnin oikeellisuutta. Ojaseen tutkimus, joka perustuu tämän tutkimuksen alueisiin 1–11 osoitti, että tutkittujen 180 kuvioparin muodostaman rajan joukossa merkittäviä virheitä oli 11.5 % ja virheitä kaikkiaan koehenkilöllä 1 20 % ja

Taulukko 5. Eri tavalla rajoitettujen kuvioiden sisäiset hajonnat alueittaisten kokonaishajontojen suhteen.
Table 5. Within compartment standard deviations from different delineations in relation to total deviations of the study areas.

A. Alueet 1–11 A. Study areas 1–11

Kuviotunnus Characteristic	Kuviontiperuste – Delineation							Kokon. hajonta Total deviation
	a	b	c	d	e	f	g	
	Hajonta kokonaishajonnan suhteen, % Deviation in respect of total dev., %							
1 Kasv.luokka	61.0	63.2	66.9	67.3	68.8	52.2	71.6	1.34 lv*
2 Kehitysluokka	23.0	25.8	32.5	33.5	42.5	13.1	28.0	1.07 lv*
3 Keski-ikä; 1)	38.1	39.7	48.2	47.7	45.9	28.5	34.8	25.6 a
4 Keski-ikä; 2)	47.5	50.0	58.9	59.8	67.4	36.0	46.0	16.1 a
5 Keski-ikä; 3)	53.3	55.5	60.5	59.7	70.1	41.8	48.6	14.6 a
6 Mä osuus; 3)	40.8	44.0	52.8	52.6	52.3	42.8	57.5	2.78 1/10
7 Ku osuus; 3)	40.9	43.8	55.1	55.9	57.5	40.7	56.6	2.26 1/10
8 Lp osuus; 3)	44.3	45.4	45.4	46.3	47.6	43.6	54.7	2.36 1/10
9 Tilavuus; 4)	43.0	43.1	46.3	46.3	51.4	39.9	40.6	73.2 m ³ /ha
10 Tilavuus; 5)	53.2	52.9	54.9	55.5	63.1	52.5	52.9	70.5 m ³ /ha
11 Ppa; 5)	51.9	51.9	54.1	53.7	60.9	54.0	59.8	8.7 m ² /ha
12 Keskipit.; 1)	42.0	43.2	48.6	49.4	50.3	30.4	39.4	6.10 m
13 Keskipit.; 2)	56.8	57.4	63.1	65.1	66.1	39.0	50.3	3.26 m
14 Keskipit.; 3)	60.7	60.4	64.3	66.0	68.7	42.8	55.1	2.92 m
15 Keskilpm; 1)	47.7	48.9	53.5	54.6	54.2	37.9	45.5	8.92 cm
16 Keskilpm; 2)	61.7	62.7	68.4	70.3	69.4	47.9	58.1	5.01 cm
17 Keskilpm; 3)	62.8	63.2	66.9	68.2	70.0	50.1	61.3	4.75 cm
Kuvion keskim. pinta-ala, ha Average area of compartments, ha	1.19	1.33	1.68	1.71	1.94	1.06	1.67	11.46

koehenkilöllä 2 33 %. Koehenkilöiden välistä eroa selittää se, että kuvion keskimääräinen koko oli jälkimmäisellä 26 % suurempi.

Eräs tapa mitata kuvioinnin laatua perustuu kuvioiden sisäiseen vaihteluun. Kun kuvioille sattuu useita relaskooppikoaloja, voidaan niiden perusteella laskea paitsi kuviotunnukset (koaloittaisten havaintojen keskiarvot), myös koaloittaisten havaintojen hajonnat eri metsikkötunnusten osalta. Hajontalaskelmien tuloksia on nähtävissä taulukossa 5. Eri metsikkötunnusten hajonnoista on lisäksi laskettu painotettuja keskiarvoja. Tästä saadut tulokset on esitetty kuvassa 6.

Kuvan 6 keskimääräiset hajonnat on las-

kettu 12 metsikkötunnuksesta siten, että tärkeänä pidetty kehitysluokka sai painoarvon 2.0, männyn, kuusen ja lehtipuiden osuudet kukin 0.2 ja muut metsikkötunnukset 1.0. Viivoin yhdistetyt kuvioinnit muodostavat yhtenäisen veltailujoukon. Eri aineistojen välillä nähtävät tasoerot johtuvat osaltaan siitä, että alueiden kokonaishajonnat, joista prosentit on laskettu, ovat eri alueryhmissä erilaiset (vrt. taulukko 5.).

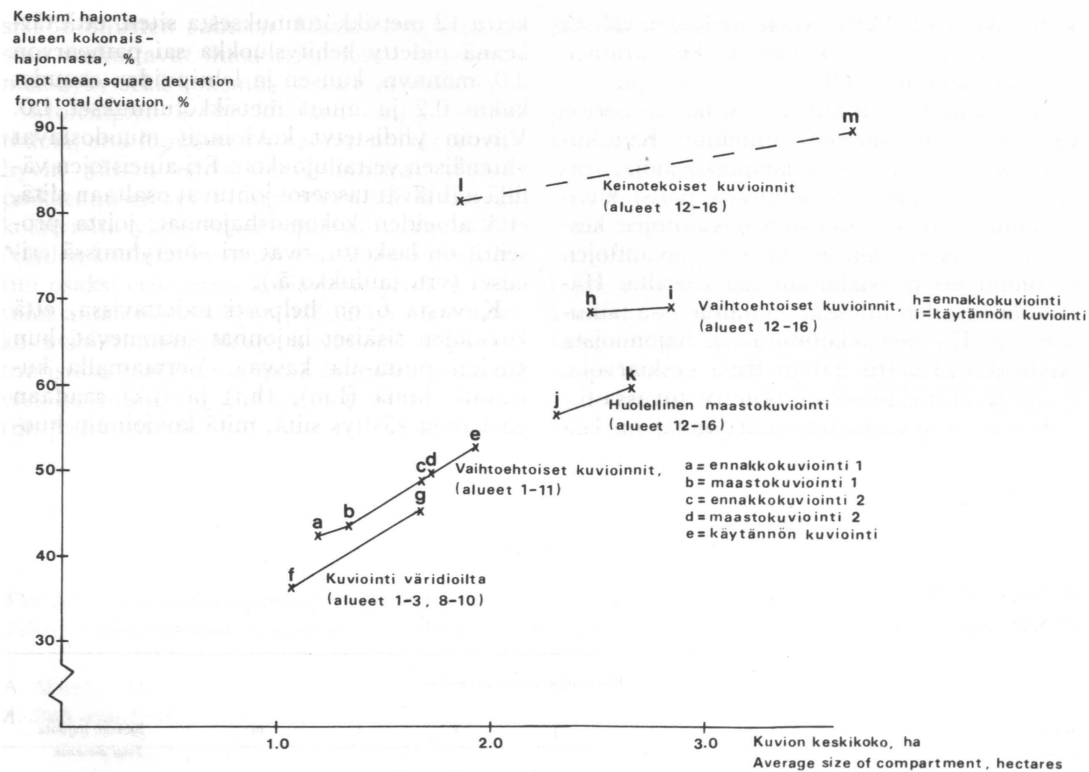
Kuvasta 6 on helposti todettavissa, että kuvioiden sisäiset hajonnat suurenevät, kun kuvion pinta-ala kasvaa. Vertaamalla kuviointiryhmiä (l,m), (h,i) ja (j,k) saadaan parhaiten käsitys siitä, mitä kuvioinnin huo-

B. Alueet 12–16 B. Study areas 12–16

Kuviotunnus Characteristic	Kuviontiperuste – Delineation						Kokon. hajonta Total deviation
	h	i	j	k	l	m	
	Hajonta kokonaishajonnan suhteen, % Deviation in respect of total dev., %						
1 Veroluokka	70.7	62.0	38.3	39.8	78.7	94.4	0.89 lv*
2 Kehitysluokka	67.9	65.3	44.6	49.7	75.7	87.2	0.92 lv*
3 Keski-ikä; 1)	60.3	68.8	53.5	52.9	81.0	91.2	23.2 a
4 Keski-ikä; 2)	59.8	68.9	48.5	48.5	77.8	89.8	19.7 a
5 Keski-ikä; 3)	63.3	71.2	56.6	56.0	77.0	89.6	19.4 a
6 Mä osuus; 3)	70.0	71.6	49.7	57.8	81.9	90.8	2.35 1/10
7 Ku osuus; 3)	76.1	76.2	54.9	63.7	82.9	91.0	2.26 1/10
8 Lp osuus; 3)	62.3	66.4	58.1	59.8	75.3	86.0	1.18 1/10
9 Tilavuus; 4)	69.1	67.0	60.2	64.5	84.5	89.1	69.8 m ³ /ha
10 Tilavuus; 5)	72.7	71.3	68.0	70.8	84.7	85.8	73.2 m ³ /ha
11 Ppa; 5)	71.0	73.3	69.3	71.0	85.1	87.2	7.94 m ² /ha
12 Keskipit.; 1)	71.5	69.7	62.2	67.1	81.7	89.4	4.26 m
13 Keskipit.; 2)	66.6	64.6	58.8	62.5	72.7	84.2	3.67 m
14 Keskipit.; 3)	67.2	65.9	60.3	63.9	72.5	84.0	3.52 m
15 keskilpm; 1)	72.4	74.8	65.6	68.8	82.3	89.9	6.07 cm
16 Keskilpm; 2)	66.3	66.0	59.8	62.6	73.1	84.8	5.48 cm
17 Keskilpm; 3)	66.5	66.5	60.4	63.0	72.5	84.0	5.34 cm
Kuvion keskim. pinta-ala, ha Average area of compartments, ha	2.48	2.84	2.30	2.66	1.86	3.69	16.20

Selitykset: 1) ei painotettu – not weighted
2) ppa:lla painotettu – weighted by basal area
3) tilavuudella painotettu – weighted by volume

4) näköympäristökohtainen arviointi – extension of estimate to surrounding, ocular measurement
5) mittaus relaskooppikoalalta – measurement from relascope plot
*lv = luokkaväli – distance between sequential classes



Kuva 6. Kuvioiden sisäisten hajontojen riippuvuus kuvioinnista.
Figure 6. Dependence of within compartment standard deviation on the delineation.

lellisuus vaikuttaa kuvioiden homogeenisuuteen ja käyttökelpoisuuteen. Kun keinotekoinen kuviointi (l,m) edustaa satunnaista ja huolellinen maastokuviointi (j,k) parasta mahdollista kuviointia, voidaan todeta, että ennakkokuvioinnilla ja käytännön kuvioinnilla (h,i) on kuvioiden sisäistä hajontaa voitu pienentää arviolta 2/3 siitä, mihin huolellisella kuvioinnilla olisi ollut mahdollista päästä.

Kuviointiryhmän (a,b,c,d,e) mukaan kuvioinnin laatua ei ole pystytty maastotyöllä parantamaan ennakkokuvioinnin tasosta. Kuviointien (b) ja (d) osalta asia voidaan selittää sillä, että maastossa edettiin ilmakuville suunniteltua reittiä, jolloin kuviorajojen kontrollointi jäi vähäiseksi. Käytännön kuviointi (e) lienee tehty pinta-alalla mitattavan työsaavutuspuheen alla, jolloin kuviorajoihin ei ennateta kiinnittää tarpeeksi huomiota. Ennakkokuvioinnit (a) ja (c) ovat olleet ratkaisevia lopullisten kuviointien (b) ja (d) muodostumisessa. Värirdiojen käyttö (kuvioinnit (f) ja (g)) mustavalkoisten pienempi-

kaavaisten kuvien sijasta on vähentänyt kuvioiden sisäistä hajontaa jonkin verran.

Taulukkoa 5 lähemmin tarkasteltaessa voidaan todeta, että kuvioinnin vaikutus kuvion sisäiseen hajontaan on eri kuviotunnuksilla erilainen. Vero- ja kehitysluokka muodostavat melko yhtenäisen ryhmän hajonnan suhteen. Huolelliseen maastotyöhön perustuvat kuvioinnit (j,k) ja myös värirdiolta tehdyt kuvioinnit (f,g) osoittavat, että pieniä piirteisyyden pyrkimällä kuvioiden sisäisiä hajontoja on voitu selvästi vähentää. Käytännön kuviointi maastotarkistuksineen on tuottanut alueille 12-16 (kuviointi (i)) homogeenisempia kuvioita kuin ennakkokuviointi (kuviointi (h)). Kuitenkin käytännön kuviointiin on jäänyt runsaasti parantamisen varaa. Tätä osoittaa hajonta-arvojen suuri ero kuviointien (i) ja (k) välillä suhteessa kuviointien (l,m) ja (k) vastaavaan eroon.

Taulukon 5 tulokset keski-iälle, puulajisuhteille, keskipituudelle ja keskiläpimitalle eivät poikkea paljoa niistä, mitä saatiin vero- ja

kehitysluokalle. Eroja on kuitenkin nähtävissä siinä, että keski-iän, puulajisuhteiden ja keskiläpimitalan kohdalla käytännön kuvioinnilla (i) ei ole saatu sen homogeenisempia kuvioita kuin ennakkokuvioinnillakaan (h). Keskipituuden osalta käytännön kuviointi (i) on onnistunut lähes yhtä hyvin kuin huolellisesti tehty maastokuviointikin.

Edellisistä poikkeavaksi kuviotunnusryhmäksi on muodostunut pohjapinta-ala ja tilavuus. Siinä huolellisella maastokuvioinnilla ei ole päästy selvästi parempaan homogeenisuuteen kuin on päästy muilla kuvioinneilla

keinoitekoista kuviointia lukuunottamatta. Toteamus pitää paikkansa erityisesti pohjapinta-alan kohdalla. Ilmeisestikin kuviot ovat melko heterogeenisiä juuri pohjapinta-alan suhteen. Heterogeenisuutta lisää osaltaan käytetyn relaskooppikoalan pienuus, jonka vaikutus on todennäköisesti haitallisin juuri pohjapinta-alan kohdalla. Esimerkiksi vero- ja kehitysluokan kohdalla, jossa luokitukset tehdään koelan keskipisteestä saatavan metsikkönäkymän mukaan, koelan suuruudella ei ole sanottavaa vaikutusta kuvion sisäisiin hajonta-arvoihin.

4. KUVIOTUNNUSTEN ARVIOINTI

4.1. Kuviotunnus käsitteenä

Kuviotunnukset osoittavat koko kuvion sisältämän alueen maapohjan ja puuston laatua ja määrää. Koska kuvioita ei yleensä rajata maapohjaltaan ja puustoltaan homogeenisiksi yksiköiksi, eivät metsiköiden tunnuksille asetetut määritelmät sovellu kuviotunnuksille. Kun kuviot eivät ole homogeenisiä, tunnuksot joudutaan määrittelemään keskilukuna, yleensä mediaaneina tai keskiarvoina, joihin saattaa liittyä painotuksia. Kuviotunnukset ja niihin sovellettavat koodit, jotka arvioidaan yksityismetsien kuvioittaisissa arvioinneissa, on esitetty liitteessä 2.

Kuviotunnusten määrittely keskiluvuiksi merkitsee, että kuviolle hyväksytään sisäisen vaihtelun mahdollisuus. Vaihtelun määrä ei kuitenkaan näy keskiluvuista. Sitä varten tarvitaan muita tunnuksia, hajontaa tai muita, jakeamia pitemmälle kuvaavia tietoja.

Aidoille kuviotunnuksille voidaan asettaa ehto, että niillä tulee olla itsenäistä, kuviota kuvaavaa merkitystä. Esimerkiksi kuviolle tehdyt toimenpide-ehdotukset ovat aitoja kuviotunnuksia, jos niitä ei pystytä johtamaan yksiselitteisesti muista tunnuksista. Jos kasvatusmetsän hakkuuehdotus perustetaan yksiselitteisesti valtapituudesta ja pohjapinta-alasta riippuviin harvennuskalleihin, ja valtapituus ja pohjapinta-ala on merkitty lomakkeelle, hakkuuehdotus on epäaito eli johdettu kuviotunnus.

Kuvioiden sisäisestä heterogeenisuudesta ja kuviotunnusten keskilukuluonteesta johtuen kuviotunnukset on tarkoituksenmukaista määrittellä niin, että määrittely on sovellettavan arviointimenetelmän mukainen ja siten, että keskilukutietoihin voidaan helposti liittää myös kuvion sisäistä vaihtelua kuvaavia kuviotunnuksia. Kuviotunnukset estimoidaan tavallisesti relaskooppikoalahavaintojen avulla. Kun kuviolta tehdään enemmän kuin yksi relaskooppikoalahavainto, havaintotulosten poikkeavuutta toisistaan voidaan käyttää kuvion sisäisen vaihtelun mittarina. Poikkeamien suuruus riippuu kuitenkin paitsi kuvion sisäisestä vaihtelusta itsestään myös käytettävän koelan koosta. Vaihtelua kuvaavat tunnuksot ovat siis määrittely- tai edellä kuvitellussa tilanteessa koelasisidonnaisia.

Kuviotunnusten määrittely kuviolle kuvitellaan muodostettavaksi tasakokoisista neliöistä saatava ruudukko, joka peittää koko kuvion. Kun ruutujen kokoa pienennetään, niiden lukumäärä nousee hyvin suureksi. Kuvitellaan edelleen, että jokaisen ruudun keskipisteeseen sijoitetaan koelan keskipiste ja jokaisesta koelasta tehdään kaikkia inventoitavaksi valittuja kuviotunnuksia koskevat mittaukset. Kuviotunnukset voidaan määrittellä mittaustulosten keskilukuna (yleensä mediaaneina kuten kehitysluokan ja metsätyypin kohdalla tai keskiarvoina kuten pohjapinta-alan ja tilavuuden kohdalla) sekä mittaustulosten vaihtelua kuvaavien tunnuslu-

vuin (yleensä hajontana keskiluvun suhteen). Edellisen perusteella kuvion tilavuuden (V , m^3/ha runkopuuta) ja tilavuuden vaihtelua kuvaavan hajonnan (S_V , m^3/ha) määrittelyksi saadaan,

$$V = \sum V_i/n \quad S_V = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V)^2}{n}}$$

jossa V_i = koealalta i mitattu tilavuus, m^3/ha ja n = koealojen lukumäärä kuviolla

Muut suhteasteikolla mitattavat kuviotunnukset voidaan määrittellä vastaavalla tavalla paitsi valtapituus, joka vaatii erillisen tarkastelun.

Joidenkin kuviotunnusten, kuten ikä, keskipituus ja keskiläpimitta, kohdalla on otettava kantaa havaintojen mahdolliseen painotamiseen. Painoina tulevat kysymykseen lähinnä pohjapinta-ala ja tilavuus.

4.2. Kuvion sisäinen vaihtelu

Kuvion sisäinen vaihtelu aiheutuu siitä, että metsikkötunnukset kuvion eri kohdista tarkasteltuna eivät pysy samoina. Vaihtelua voi esiintyä yhden tai useamman metsikkötunnuksen suhteen. Käytännössä vaihtelua

voidaan mitata kuvion eri osiin sijoitettavista koealoista saastujen tulosten hajonnoilla. Tällöin on huomattava, että mitä pienempiä koealat ovat, sitä suurempiin vaihteluarvoihin päädytään.

Kuvioiden sisäistä vaihtelua on alueryhmässä 1–11 tutkittu koehenkilö 1:n maastokuvioinnin (b) ja alueryhmässä 12–16 huolliseen maastotyöhön perustuvan kuvioinnin (k) osalta. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukon 6 tiedoista on todettavissa, että kuviot ovat keskimäärin homogeenisimpia keskipituuden, keskiläpimitan ja iän suhteen ja heterogeenisimpia puulajisuhteiden, tilavuuden ja pohjapinta-alan suhteen. Edellisen ryhmän hajonnat ovat yleensä olleet 15–23 %:n rajoissa ja jälkimmäisen 25–40 %:n välillä. Vero- ja kehitysluokituksessa hajonta on ollut alle 0.5 luokkaväliä. Tätä voidaan pitää vähäisenä muiden tunnusten hajontoihin verrattuna. Vertailuissa on huomattava, että tulokset ovat sidoksissa koealan kokoon.

Se, että koealakohtaisesti mitattujen tilavuuksien ja pohjapinta-alojen hajonnat ovat vain yhden prosenttiyksikön päässä toisistaan, vaikka keskipituuden kohdalla on huomattavaa hajontaa, johtunee pääasiassa siitä, että tilavuudet on laskettu yleensä läpimit-

Taulukko 6. Kuviotunnusten keskiarvot, \bar{x} , ja keskimääräiset kuvion sisäiset hajonnat alueryhmittäin.
Table 6. Means, \bar{x} , and standard deviations within compartments.

Kuviotunnus Characteristic	Mittayksikkö ¹⁾ Measurement unit ¹⁾	\bar{x}	Alueet - Study areas			
			1-11 hajonta deviation (%)	\bar{x}	12-16 hajonta deviation (%)	\bar{x}
1 Kasvullisuusluokka	lv	3.0	0.85			
2 Veroluokka	lv			2.4	0.36	
3 Kehitysluokka	lv	2.2	0.27	3.1	0.46	
4 Ikä, silmävar, ei pain.	a	59	9.8 (17)	74	12.3 (17)	
5 Ikä, mitattu "	a	59	11.0 (19)	74	15.7 (21)	
6 Mä osuus, silmävar.	1/10	3.1	1.24 (39)	3.1	1.36 (45)	
7 Ku osuus, silmävar.	1/10	4.1	1.08 (27)	6.2	1.44 (23)	
8 Lp osuus, silmävar.	1/10	2.8	0.80 (29)	0.7	0.71 (106)	
9 Tilavuus, silmävar.	m^3/ha	121	33.2 (27)	196	45.0 (23)	
10 Tilavuus, mitattu	m^3/ha	123	40.2 (33)	197	51.8 (26)	
11 Pohjap.-ala, mitattu	m^2/ha	15	4.80 (32)	22	5.64 (25)	
12 Keskipituus, mitattu	m	14	2.56 (19)	19	2.86 (15)	
13 Keskiläpim., mitattu	cm	18	4.13 (23)	23	4.18 (18)	

¹⁾ lv = luokkaväli - distance between sequential classes

taan ja pituuteen perustuvilla funktioilla, jolloin pienien, usein alikasvosluonteisten puiden lukumäärävaihtelu koealojen välillä ei lisää vaihtelua koealojen tilavuudessa samassa suhteessa kuin pohjapinta-alassa.

Vertaamalla silmävaraisesti arvioitujen ja tarkoin koealamittauksin saatujen metsikkötunnusten hajontoja niiden tunnusten (ikä ja tilavuus) kohdalla, joihin on sovellettu molempia arvioimistapoja, voidaan todeta, että silmävaraisilla arvioinneilla on päästy noin 15 % pienempiin kuvion sisäisiin hajontoihin.

Kasvullisuusluokkien tulosten laskennassa käytettiin seuraavia koodiarvoja:

- 1 = lehto tai lehtomainen kangas
- 2 = tuore kangas
- 3 = kuivahko kangas
- 4 = kuiva kangas
- 5 = metsämaan korpi
- 6 = metsämaan räme

Kuvioiden sisäinen hajonta kasvullisuusluokan kohdalla on saatu suureksi (0.85 luokkavälyyksiköksi) erityisesti sellaisten kuvioiden johdosta, joissa esiintyy sekä kivennäisettä turvemaan koealoja.

Veroluokan kohdalla alueilla 12–16 koodiarvoina käytettiin lukuja 1, 2, 3, 4 ja 5 siten, että ne vastasivat luetellussa järjestyksessä veroluokkia 1A, 1B, 2, 3 ja 4. Veroluokkien hajonta on luonnollisesti saatu selvästi pienemmäksi kuin kasvullisuusluokan.

Kehitysluokkaa on käsitelty samaan tapaan kuin veroluokkaa. Kehitysluokka 6 (vaajatuottoiset) on jätetty laskelmien ulkopuolelle, koska sen asettuminen järjestyksessä on sattumanvaraista. Kehitysluokan suhteellisen pieni hajonta lienee osoituksena siitä, että kuvioinnissa pannaan melko suuri paino juuri tämän tunnuksen homogeenisuudelle.

Puulajiosuukien hajonnat ovat vaihdelleet 1.0–1.5 kymmenesosan rajoissa. Lehtipuun osuuden prosentuaalinen hajonta ylittää 100. Tämä johtuu lehtipuuden pienestä osuudesta.

Kuvion sisäisen vaihtelun riippuvuutta kuvion kehitysvaiheesta tutkittiin alueryhmän 1–11 vähintään viisi tarkasti mitattua relaskoopikoealaa sisältävistä 16 kuviosta. Kuvioiden tilavuuksien keskiarvo oli 160 ja hajonta 48 m^3/ha . Kuvioiden sisäisten hajontojen keskiarvo oli tilavuuden osalta 43 m^3/ha .

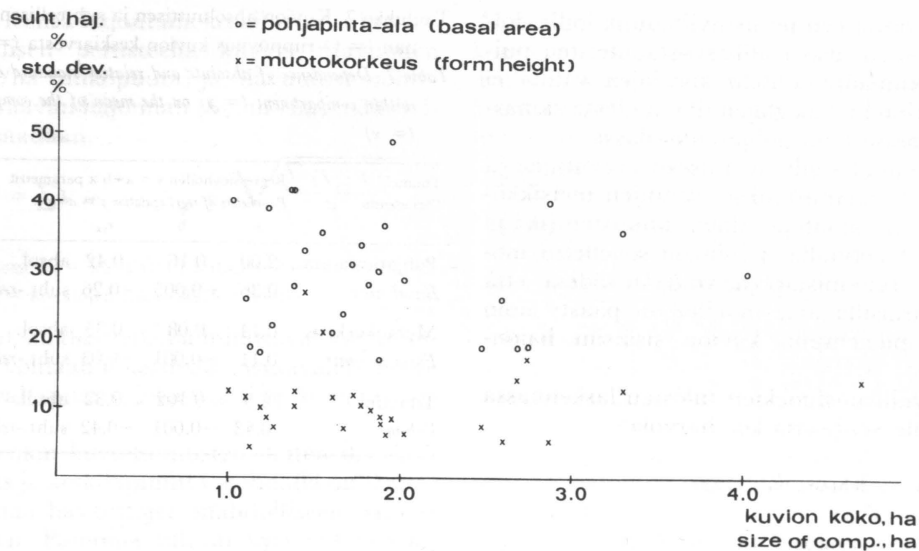
Taulukko 7. Kuvion absoluuttisen ja suhteellisen hajonnan (= y) riippuvuus kuvion keskiarvosta (= x)
Table 7. Dependence of absolute and relative standard deviation within compartment (= y) on the mean of the compartment (= x)

Tunnus Characteristic	Regressioyhtälön $y = a + b \cdot x$ parametrit Parameters of regr. equation $y = a + b \cdot x$		
	a	b	r_{yx}
Pohjapinta-ala Basal area	2.00	0.16	0.42 absol.
	0.36	-0.005	-0.26 suht.-relat.
Muotokorkeus Form height	0.14	0.08	0.35 absol.
	0.11	-0.001	-0.03 suht.-relat.
Tilavuus Volume	26.5	0.102	0.32 absol.
	0.43	-0.001	-0.42 suht.-relat.

Taulukossa 7 esitettyjen tulosten mukaan absoluuttisten hajontojen ja keskiarvojen välillä esiintyy positiivinen ja keskiarvojen ja suhteellisten hajontojen välillä negatiivinen korrelaatio. Tulos merkitsee, että riippumatta hajonnan esittämistavasta, olisi hajontatietojen rinnalla annettava tietoja keskiarvoista.

Suhteellisen hajonnan riippuvuutta kuvion koosta tutkittiin pohjapinta-alan ja muotokorkeuden osalta alueryhmän 1–11 yhteensä 27 kuvion avulla. Pinta-alaluokkaan 1.0–1.5 ha kuului 10 kuviota, luokkaan 1.6–2.0 ha 9 kuviota, luokkaan 2.1–3.0 ha 6 kuviota ja luokkaan 3.1–4.6 ha 2 kuviota. Alle hehtaarin kuviota ei tarkasteluun otettu niiltä mitattujen koealojen vähyyden takia. Koealoitaisten muotokorkeushavaintojen (V/G = tilavuus/pohjapinta-ala) hajontojen ja kuvioiden pinta-alojen väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin -0.013 ja vastaavasti kuvioiden sisäisten pohjapinta-alahavaintojen hajontojen ja kuvioiden pinta-alojen korrelaatiokertoimeksi -0.010.

Edellä saadut kuvion sisäisen hajonnan ja kuvion pinta-alan riippuvuutta koskevat tulokset viittaavat siihen, että kuvioittaisessa arvioinnissa metsäalueen kuviointi pyritään suorittamaan niin, että kuvion homogeenisuusaste muodostuu vakioksi. Vähemmän vaihtelua sisältävillä metsäalueilla muodostetaan suurempia kuviota kuin alueilla, joilla vaihtelu on runsaampaa. Sen sijaan jos kuvion keskikoko kuvioinnissa suurenee, myös kuvion keskimääräinen sisäinen vaihtelu suurenee kuten todettiin kuvassa 6. Tutkittujen 27



Kuva 7. Kuvioiden pohjapinta-alan ja muotokorkeuden vaihtelun riippuvuus kuvion koosta.
Figure 7. Dependence of within compartment variation on the size of the compartment.

kuvion mukaan pohjapinta-alan hajonta kaikissa kokoluokissa oli keskimäärin noin 5.3 m²/ha ja vastaavasti muotokorkeuden hajonta 0.78 m (kuva 7).

4.3. Tilavuuden vaihtoehtoiset mittausmenetelmät

Kuvioittaisessa arvioinnissa sovelletaan yleisesti menettelyä, jossa relaskoopilla otetaan yksi tai useampia pohjapinta-alahavaintoja ja pituusmittarilla keskipituushavaintoja ja saatujen keskimääräistulosten perusteella katsotaan relaskoopitaulukoista pääpuulajin mukainen tilavuus (Nyyssönen 1954). Relaskoopikoealateknikka tarjoaa kuitenkin useita vaihtoehtoja kuvioittaisten tilavuuksien, m³/ha, arvioimiseen. Lähempään tarkasteluun on tässä otettu kolme menetelmää, joiden antamia tuloksia merkitään lyhenteillä V1, V2 ja V3. Menetelmät ovat seuraavien laskentakaavojen mukaiset:

$$(1) V1 = \sum_{i=1}^n \hat{F}H_i * G_i / n,$$

jossa $(\hat{F}H)_i$ = koealalle i relaskoopitaulukosta (Nyyssönen 1954) saatava metsikön muotokorkeus, m,
 G_i = koealalta i mitattu metsikön pohjapinta-ala, m²/ha ja
 n = koealojen lukumäärä kuviolla

$$(2) V2 = (\sum_{i=1}^n \hat{F}H_i / n) * (\sum_{i=1}^n G_i / n),$$

jossa merkinnät ovat samat kuin edellä.

Edellä olevat kaavat eivät edellytä läpimitan mittaamista relaskoopikoealalle tulevista puista. Mikäli puista mitataan rinnankorkeusläpimitta, pituus ja mahdollisesti vielä läpimitta 6 metrin korkeudelta, kuvion tilavuuden laskentaan voidaan soveltaa kaavaa

$$(3) V3 = q \sum_{j=1}^m \hat{f}h_j / n$$

jossa q = relaskoopikerroin, joka osoittaa montaako m²/ha yksi koealalle luettu puu edustaa,
 $\hat{f}h_j$ = relaskoopikoealalla luetun puun j muotokorkeus metreinä (tilavuus/pohjapinta-ala), jossa tilavuus v on laskettu puulajin, rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona,
 m = kuviolta luetujen ja mitattujen puiden lukumäärä ja
 n = koealojen lukumäärä kuviolla.

Tilavuuksien V1 ja V2 suhteita voidaan tarkastella seuraavalla kehittelöllä.

$$(4) \frac{\sum \hat{F}H_i * G_i}{n} = \frac{\sum \hat{F}H_i}{n} * \frac{\sum G_i}{n} + \frac{\sum \hat{F}H_i * G_i}{n} - \frac{\sum \hat{F}H_i}{n} * \frac{\sum G_i}{n}$$

$$(5) V1 = V2 + r * s_{FH} * s_G$$

jossa r = $\hat{F}H$:n ja G :n välinen korrelaatiokerroin ja
 s_{FH} = muotokorkeushavaintojen hajonta ja
 s_G = pohjapinta-alahavaintojen hajonta.

Kaavan (5) paikkansapitävyys edellyttää, että hajontojen laskennassa jakajana käytetään koealojen lukumäärää n eikä vapausasteiden lukumäärää $n - 1$.

Kaava (5) osoittaa, että $V1 > V2$, jos G :n ja $\hat{F}H$:n välillä vallitsee positiivinen korrelaatio ja vastaavasti $V1 < V2$, jos korrelaatio on negatiivinen. Samoista kuvioista eri kaavoilla laskettuja tilavuuksia on verrattu taulukossa 8. Aineistona on käytetty alueiden 1–11 vähintään hehtaarin kokoisia kuvioita, jotka ovat kehitysluokaltaan harvennusemisiä tai varttuneempia.

Kaikkien taulukon 8 laskennassa käytettyjen relaskoopikoealojen pohjapinta-alojen ja muotokorkeuksien korrelaatiokertoimeksi saatiin 0.0006. Tämä osoittaa (kaava 5), että tilavuuksien V1 ja V2 tulisi olla kutakuinkin yhtä suuret. Tämän myös taulukko 8 näyttää oikeaksi. Myös korrelaatiokertoimet tilavuuksien V1 ja V2 välillä ovat korkeat, keskimäärin 0.9991 ja poikkeamien hajonta on vain 2 m³/ha eli 1.4 % keskitilavuudesta.

Tilavuuksien V1 ja V3 vertailussa on otettava huomioon, että tutkimusaineistossa puiden rinnankorkeudet ja pituudet on mitattu maan pinnasta eikä ylimmästä puun kaatoa haittaavasta juurenniskasta, kuten relaskoopitaulukot edellyttävät. Tästä aiheutuva muutos tilavuudessa on arviolta lähes 3 %. Esimerkiksi jos läpimitaltaan 22 cm:n ja pituudeltaan 17 m:n männyssä mittausperus-

teiden muuttumisen takia läpimitta muuttuu 2 mm, on muutos pohjapinta-alassa 1.8 % ja jos muutos pituudessa on 20 cm, merkitsee se muotokorkeudessa 0.9 %. Muutos tilavuudessa on edellisten summa eli 2.7 %.

Tilavuuksien V1 ja V3 3 %:n ero on tässä aineistossa merkitsevä, mutta se voidaan selittää suurelta osin pohjapinta-alan ja pituuden määrittämisessä tapahtuneilla muutoksilla. Taulukon 8 aineistojen lisäksi tilavuussuhteita tutkittiin alueen 16 neljältä laajajhkolta, läpimittakoostumukseltaan verrattain vaihtelevalla kuviolla. Suhteiksi V2/V1 ja V3/V1 saatiin tällöin 0.994 ja 0.964.

Taulukon 8 aineistoille laskettiin tilavuudet neljännelläkin tavalla. Siinä sovellettiin kaavaa (3) siten, että muotokorkeudet laskettiin funktioilla, joissa mukana oli myös läpimitta 6 m korkeudelta. Jos näin saatua tilavuutta merkitään V4, tilavuussuhteeksi V4/V1 saatiin kaikille puulajeille yhteisesti 1.026, tilavuuksien korrelaatiokertoimeksi 0.994 ja erotusten hajonnaksi 5.45 m³/ha. Yllättävää tuloksissa on, että yläläpimitan mukaan otamisella on päädytty 5.8 % suurempiin tilavuuksiin kuin mihin pelkästään läpimitaan ja pituuteen perustuvilla funktioilla on päästy. Valitettavasti mittauksia ei kontrolloitu ja vaikuttaa todennäköiseltä, että läpimitat 6 m korkeudelta on systemaattisesti yliarvioitu. Muut virheet, mitä on tehty pituuden ja läpimitan mittauksissa, eivät vaikuta kovinkaan haitallisesti menetelmävertailun tuloksiin.

4.4. Painotus kuviotunnusten estimoinnissa

Kuviolla mitattu relaskoopikoeala edustaa sen kuvionosan puustoa, jossa mittaus on tehty. Mittaus voi osua kuvion poikkeukselli-

Taulukko 8. Relaskoopikoealoista eri perustein (vrt. kaavat 1–3) kuviolle laskettujen tilavuuksien vertailu.
Table 8. Comparison of volumes calculated for compartments by alternative methods (ref. equations 1–3).

Pääpuul. Main tree species	Kuvioita kpl Number of comp.	V1 m ³ /ha	V2/V1	V3/V1	r		s _{V2-V1} m ³ /ha	s _{V3-V1}
					V1-V2	V1-V3		
mä	8	146	.994	.984	.9984	.9912	2.06	4.08
ku	13	174	1.004	.967	.9989	.9968	2.21	3.68
lp	5	100	1.001	.950	.9989	.9877	1.53	4.52
yh.	26	151	1.001	.970	.9991	.9961	2.11	4.09

sen runsaspuustoiseen tai toisessa tapauksessa vähäpuustoiseen osaan. Kuvioittaisessa arvioinnissa on joukko sellaisia tunnuksia, joiden osalta ei ole itsestään selvää tulisiko keskiarvojen arvioinnissa perusteena käyttää painotusta, yleensä pohjapinta-ala- tai tilavuuspainotusta, vai ei. Tässä tilannetta tarkastellaan kolmen tunnuksen, iän, keskipituuden ja keskiläpimitan osalta. Vastaavat tarkastelut voitaisiin ulottaa myös muun muassa puulajisuhteisiin, puuston rakenteeseen ja toimenpide-ehdotusten kiireellisyteen.

Painotuksen vaikutuksesta kuviotunnukseen voidaan esittää yleinen kaava samanlaisen kehittelyn tuloksena, mikä tehtiin kohdassa 4.3. eli

$$(6) \frac{\sum x_i y_i}{n} = \frac{\sum x_i}{n} * \frac{\sum y_i}{n} + r * s_x * s_y$$

jossa x_i = painotukseen käytetty tunnus, esim pohjapinta-ala koelalalla i
 y_i = tutkittavan tunnuksen arvo koelalalla i
 n = koelalojen lukumäärä kuviolla
 r = painotukseen käytetyn ja tutkittavan tunnuksen välinen korrelaatiokerroin
 s_x = tunnuksen x hajonta kuviolla
 s_y = tunnuksen y hajonta kuviolla

Kun kaavassa (6) kumpikin puoli kerrotaan arvolla $n/\sum x_i$, tulokseksi saadaan painotettu keskiarvo eli

$$(7) \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i} = \frac{\sum y_i}{n} + \frac{n}{\sum x_i} * r * s_x * s_y$$

Kaavasta (7) nähdään, että mitä enemmän painona ja painotettavana olevat tunnuksat ovat korrelaatioissa keskenään, sitä enemmän painotuksella on vaikutusta keskiarvoon. Painotuksen vaikutus tutkimusalueiden kuvioilla nähdään taulukosta 9. Alueryhmässä 1-11 tutkimukset on tehty kuvioinnin b (koehenkilö 1:n kuvioinnin mukaan), koska tässä kuvioinnissa kuvioiden sisäinen vaihtelu oli pienempää kuin koehenkilö 2:n ja piirimetsälautakunnan kuvioinneissa. Alueryhmässä 12-16 käytettiin huolellisesti tehtyä maastokuviointia (k).

Taulukko 9. Pohjapinta-ala- (WG) ja tilavuuspainotuksen (WV) vaikutus kuvioiden ikä-, pituus-, ja läpimitatunnuksiin. Painottamattomat keskiarvot (sulussa olevat luvut) edustavat arvoa 100.0.

Table 9. The effect of weighting by basal area (WG) and volume (WV) on the values of compartment characteristics such as mean age, mean height and mean diameter. The unweighted mean values (in parentheses) refer to level 100.

Kuviotunnus Characteristic	Alueryhmä - Area group			
	1-11		12-16	
	WG	WV	WG	WV
Keski-ikä Mean age	99.6 (65 a)	101.1	100.0 (77 a)	101.2
Keskipituus Mean height	105.5 (15 m)	108.0	101.0 (19 m)	102.1
Keskiläpimita Mean diameter	102.2 (19 cm)	103.9	100.5 (23 cm)	101.8
Iän hajonta, St. dev. of age	85.1 (9.7 a)	88.0	85.7 (12.3 a)	88.8
Pituuden hajonta St. dev. of height	75.0 (2.5 m)	73.0	80.3 (2.9 m)	78.6
Läpimitan hajonta St. dev. of diameter	77.0 (3.9 cm)	74.6	84.9 (4.2 cm)	83.3

Aukeat ja taimistot on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.
 Open areas plantations are not included in the table

Taulukon 9 mukaan pohjapinta-alalla ja tilavuudella painottaminen johtavat 1-2 % korkeampiin keskiarvoestimaateihin kuin mihin painottamatta päästään, kun kyseessä on huolella suoritettu kuviointi (kuviointi k, alueet 12-16). Heikommilla kuvioinneilla painotuksen vaikutus voi nousta lähes 10 %:iin keskimääräisenä ja yksittäisillä kuvioilla tietysti suuremmaksikin (alueet 1-11). Tilavuudella on selvästi suurempi vaikutus painottamisessa kuin pohjapinta-alalla.

Hajontoja painotus on pienentänyt. Huolellisesti tehdyissä kuvioinneissa pieneminen on ollut 15-20 % ja heikommin tehdyissä noin 25 %. Tämä johtuu siitä, että keskiarvosta eniten poikkeavat havainnot sattuvat keskimäärin vähäpuustoisille kohdille ja saavat painotuksessa pienen painon.

Alueryhmän 12-16 käytännön maastokuvioinnissa (i) kuvioiden sisäinen vaihtelu oli taulukon 5 ja kuvan 6 mukaan selvästi suurempi kuin huolellisessa maastokuvioinnissa (k). Tästä huolimatta painotuksen vaikutus kuvioinnissa (i) on ollut vain 0.4-0.7 prosenttiyksikköä suurempi kuin kuvioinnissa (k).

4.5. Valtapituus

Ilvessalon (1965) mukaan puiden lukumäärään perustuvassa menetelmässä metsikön valtapituus määritellään yleensä hehtaaria kohti laskien 100 paksuimman puun pituuden aritmeettiseksi keskiarvoksi. Mikäli kuviotunnukset määritellään, kuten kohdassa 4.1. esitettiin, kuvion eri osia tasapuolisesti kuvaavien ominaisuuksien keskiluvuiksi, valtapituus ja erityisesti juuri valtapituus saa metsikkötunnuksesta poikkeavan sisällön. Asian voi havainnollistaa ääriesimerkin avulla, jossa hehtaarin kuviolla 100 paksuimman puun keskipituus on 25 m, mutta puolet kuvion pinta-alasta on puustoa, jossa puiden pituus ei ylitä 15 m. Metsikkömääritelmän mukaan valtapituudeksi saataisiin tällöin 25 m, mikä kuviotunnukseksi ei ilmeisestikään voi olla oikein.

Kuvion valtapituuden määrittäminen eri puolilta kuviota tehtävien valtapituushavaintojen aritmeettiseksi keskiarvoksi tuottaa myös erityisiä vaikeuksia. Ongelmaksi tulee, että valtapituus ei ole riippumaton havaintoyksikön pinta-alasta. Mitä pienempiä havaintoyksiköitä käytetään, sitä pienempiin valtapituuksiin ilmeisesti päädytään (vrt. Hägglund 1977). Pienemmäksi kuin keskipituus valtapituus ei kuitenkaan yleensä laske. Eräs mahdollisuus ratkaista ongelma on liittää valtapituuden määritelmään myös kuvaus koelatyypistä, jota käyttäen havainnot tehdään.

Kuvioittaisessa arvioinnissa yleisin koelatyypin on relaskooppikoelala. Valtapituushavaintoihin sen käyttö sopii hyvin, koska siinä säde, jolla puiden mukaantulo määräytyy, kasvaa sitä mukaa mitä järeämpiin puihin mennään. Yhdeltä koelalalta valtapituuden laskentaan otettavien järeimpien puiden lukumäärä, m, voidaan johtaa metsikön valtapituusmääritelmästä siten, että yhtälö

$$(8) \sum \frac{40000 * q}{d_j^2} = 100$$

pitää paikkansa. Yhtälössä

q = relaskooppikerroin, m²/ha/puu,
 d_j = paksuusjärjestyksessä j:nnen mukaantulevan puun rinnan korkeusläpimita, cm ja
 m = puiden määrä, joka ratkaisee yhtälön.

Edellinen yhtälö on sievennettävissä muotoon

$$(9) \sum \frac{1}{d_j^2} = 100/k, \text{ jossa}$$

k = edellisestä yhtälöstä ratkaistavissa oleva vakio annetulle relaskooppikertoimelle.

Yleensä summa-arvoon 100 tarvittava runkoluku, m ei ole kokonaisluku. Tällöin viimeksi tuleva puu otetaan valtapituuden laskennassa huomioon vain sillä osuudella, mikä summan saamiseksi 100:aan tarvitaan.

Valtapituus relaskooppikoelalle i, Hdom_i, on laskettavissa kaavalla

$$(10) Hdom_i = k \sum ((w_j/d_j^2) * h_j) / 100$$

jossa edellä esitettyjen symbolien lisäksi

h_j = puun j pituus
 w_j = puun j osuus, = 1 muille paitsi ei todennäköisestikään viimeisenä koelalalta valtapituuden laskentaan valittavalle puulle.

Kuvioiden valtapituus, Hdom, saadaan koelaloittaisista valtapituuksista aritmeettisena keskiarvona kaavalla

$$(11) Hdom = \sum Hdom_i / n, \text{ jossa}$$

n = kuviolta mitattujen koelalojen lukumäärä.

Kaava (11) antaa relaskooppikoelamittauksiin perustuvan kuviotunnusmääritelmän mukaisen valtapituuden. Mikäli tätä halutaan verrata relaskooppikoeloin mitatun kuvion metsikkötunnuskäsitteen mukaiseen valtapituuteen, tulisi jälkimmäisen laskemissa soveltaa kaavaa

$$(12) Hdom = k \sum ((w_j/d_j^2) * h_j) / (100 * n),$$

jossa muut symbolit ovat kuten aikaisemmissa kaavoissa, mutta pituuden laskentaan järeimmät puut määräytyvät kaikkien kuviolta mitattujen relaskooppikoelalojen perusteella, jolloin paksuimpien laskentaan otettavien puiden lukumäärä saadaan kaavalla

$$(13) \sum \frac{40000 * q}{d_j^2} = 100 * n$$

Kaavasta (10) nähdään, että koealoittaisien valtapituuksien laskemisessa suuremmilla puilla on pienempi paino kuin pienemmillä johtuen siitä, että suuremmat puut edustavat pienempää runkolukua pinta-alayksikköä kohti. Mikäli koealoittaiset valtapituudet laskettaisiin m puun pituuden aritmeettisena keskiarvona (kaavat 8 ja 9), paksummat puut saisivat suuremman painon kuin kaavassa (10) ja näin kuvion valtapituudet suurenisivat. Viiden alueelta 16 tutkitun kuvion mukaan tämä valtapituutta lisäävä vaikutus on kuitenkin hyvin pieni, vain 0.28 %. Sen sijaan kaavojen (12) ja (13) soveltaminen (valtapituus metsikkötunnusmääritelmän mukaan) antoi vastaavassa aineistossa keskimäärin 6.2 % suurempia valtapituuksia.

4.6. Arviointien tarkkuus

Kuvioittaisessa arvioinnissa silmävaraisten ja harkintaan perustuvien mittausten osuus on suuri. Erityisiä mittauslaitteita käytetään hyväksi yleensä vain pohjapinta-alan, pituuden ja iän mittaamisessa. Silmävaraisten arviointien käyttöä voidaan perustella niiden suorittamisen nopeudella. Joidenkin tunnusten kohdalla, kuten metsätyyppi ja kehitysluokka, tunnuksat on voitu määrittelläkin lähinnä silmävaraista arviointia edellyttävällä tavalla. Tämä merkitsee usein tutkittavan tunnuksen käsitteelle tiettyä väljyyttä. Tästä syystä kohteelle voidaan esittää useita samaa tunnusta koskevia tuloksia ilman, että niiden keskinäistä oikeellisuutta voitaisiin sitovasti osoittaa. Esimerkiksi epämääräisesti käsitellyissä metsissä ammattimiehet päätyvät helposti erilaisiin kehitysluokka-arvioihin.

Arvioimistarkkuutta voidaan yksiselitteisesti tutkia vain niiden kuviotunnusten osalta, joille oikeat tulokset voidaan mitata objektiivisesti (esimerkiksi tilavuus). Muiden tunnusten osalta (esim. kehitysluokka ja toimenpide-ehdotus) voidaan suorittaa eri tavoin saatujen arvioimistulosten välisiä vertailuja. Niihin perustuvat, arvioimistarkkuutta koskevat päätelmät ovat kuitenkin yleensä tulkinnanvaraisia. Eräs tapa on rakentaa tapaus tapaukselta arvioimistulosten hyväksyttävyysskriteerit. Ellei arviointitulokset satu hyväksyttävien vaihtoehtojen joukkoon, se on virheellinen. Samalla tavalla virheet voidaan

luokitella vielä karkeusasteisiin. Näin menetellen voidaan päästä näennäisesti yksiselitteisiin arvioimistarkkuutta koskeviin tuloksiin; tulkinnanvaraisuus on siirretty hyväksyttävyysskriteerin muodostamiseen.

Taulukkoon 10 on koottu kuviokohtaisten arviointien tarkkuutta koskevia tietoja kaikista tutkimusalueista. Kuviotunnusten arviointituloksia (=x) on verrattu koealoista lasketuihin kuviokohtaisiin tuloksiin (=y). Mitä pienempi vertailtavien tulosten erotus on, sitä parempi arviointitarkkuus on saatu. Erot eivät kuitenkaan ilmaise suoraan arviointitarkkuutta, sillä koealoista lasketut tuloksetkaan eivät ole virheettömiä. Niiden kohdalla pitää varautua noin 10 % keskivirheeseen. Aukeat ja taimistot on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Veroluokan tarkastelu rajoitettiin alueisiin 12–15, koska alueilla 1–11 maastossa arviointiin vain kasvullisuusluokka ja sen lisämäärä. Laskennat on tehty aiemmin esitettyjen veroluokkakoodien perusteella. Tulokset osoittavat, että veroluokan arviointi on ollut melko epätarkkaa. Systemaattista virhettä ei tosin esiinny, mutta keskipoikkeama on lähes yksi luokkaväli. Osa siitä selittyy laajalla luokkavälillä ja koealoilla lasketujen tulosten mahdollisilla virheellisyyksillä, mutta kehitysluokan vastaaviin arvoihin verrattuina veroluokan arviointitulokset osoittautuvat paljon heikommiksi.

Kehitysluokka on siinä suhteessa samanlainen tunnus kuin veroluokkakakin, että se perustuu silmävaraisten luokittelun ilman tarkkoja käytännössä yksiselitteisesti toimivia määrittelyjä. Veroluokkaan rinnastettavuutta tässä lisää se, että kummassakin on oletettu luokkavälit tasasuuruiksi, jolloin keskiarvojen, hajontojen ja korrelaatioiden laskenta on mahdollista. Kehitysluokka 6 (vajaatuotoiset) on jätetty tarkastelujen ulkopuolelle aikaisemmin esitetystä syistä.

Taulukon 10 mukaan kehitysluokan arvioinnissa ei ole tehty suuria systemaattisia virheitä. Myös erotusten hajonta käytännön kuvioinnissa on ollut melko pieni (0.5 luokkaväliä), sillä karkean luokkavälän vaikutus selittää hajonnasta (oikeammin erotusten neliösummasta) noin kolmanneksen. Koehenkilöiden 1 ja 2 arviointitulokset ovat heikompia (aineistot c ja d), mikä johtuu vähäisestä liikkumisesta kuviolla. Ilmakuvatulkinnalla sen sijaan kuvio nähdään helposti kokonai-

Taulukko 10. Kuviokohtaisten arviointitulosten vertailu. x = arvioitu tulos, y = koealoista mitattu tulos.
Table 10. Comparison of compartmentwise estimates. x = ordinary estimate, y = estimate calculated from the sample.

Tunnus Characteristic	Aineisto Material	Kuviaita No. of comp.	Mittayksikkö Meas. unit	\bar{y}	$\bar{x}-\bar{y}$	s_{x-y}	$\sqrt{\sum(x-y)^2/n}$	r_{yx}
Verol. Tax.class	a	27	lv	2.4	0.0	0.9	0.9	.665
Kehitysluokka	a	23	"	3.3	-0.2	0.5	0.6	.799
Treatment class	b	14	"	3.0	-0.1	0.5	0.5	.583
"	c	42	"	3.1	0.2	0.7	0.7	.674
"	d	30	"	2.8	0.1	0.6	0.6	.529
"	e	56	"	3.0	0.2	0.6	0.6	.564
Ikä - Age	a	25	vuosi - year	80	-8.2	16	18	.785
"	b	17	"	68	-0.8	13	12	.788
"	c	45	"	73	8.8	19	21	.693
"	d	35	"	67	-6.0	15	16	.494
"	e	60	"	71	7.6	23	24	.334
Pääpuul.osuus	a	27	1/10	7.7	-0.1	1.4	1.3	.843
Proportion of	b	15	"	7.3	-0.2	1.1	1.1	.936
main tree sp.	c	46	"	7.4	0.0	2.0	1.9	.725
"	d	36	"	7.7	-0.1	2.1	2.0	.513
"	e	52	"	8.1	-1.3	3.2	3.4	.321
Tilavuus	a	27	m ³ /ha	198	-44	51	66	.768
Volume	b	20	"	141	-11	45	45	.813
"	c	55	"	142	22	51	54	.833
"	d	40	"	125	-1	36	36	.844
"	e	72	"	136	30	68	74	.695

a = käytännön arviointi alueilla 12–15

Ordinary field estimation on Study Areas 12–15

b = käytännön arviointi alueilla 1–10

Ordinary field estimation on Study Areas 1–10

c = koehenkilön 1 arviointi alueilla 1–11

Estimation by worker 1 on Study Areas 1–11

d = koehenkilön 2 arviointi alueilla 1–11

Estimation by worker 2 on Study Areas 1–11

e = kuvatulkinta alueilla 1–11

Estimation by photo interpretation on Study Areas 1–11

suutena ja tulokset kehitysluokan osalta ovat maastoarviointien luokkaa. Aineistoista 1–11 tehty tarkastelu osoitti lisäksi, että maastoarvioinneissa 70–71 % kuvioista arviointiin kehitysluokaltaan täysin virheettömästi ja 95 % kuvioista poikkesi oikeasta korkeintaan yhden luokan. Kuvatulkinnassa täysin oikein luokiteltuja kuvia oli 59 % ja korkeintaan yhden luokan poikkeavia 96 %.

Kehitysluokissa tehtyjen virheiden todettiin olevan positiivisessa korrelaatioissa ikäarvioinneissa tehtyihin virheisiin. Korrelaatiokertoimet vaihtelivat 0.41 ja 0.77 rajoissa.

Ikä ei ole täysin yksiselitteinen kuviotunnus sekään. Käytännön metsät ovat usein puustoltaan heterogeenisiä, jolloin vallitsevan jakson rajaaminen on altis harkinnanvaraisuudelle ja sen mukana myös ikä. Tämän vaikutus saattaa näkyä myös taulukon 10 tuloksissa, joissa systemaattiset virheet ovat olleet 10 %:n luokkaa. Hajonnan osuus keski-

arvosta on ollut 20 %:n paikkeilla käytännön arvioinneissa ja koetilanteissa jonkin verran enemmän. Kuvatulkinnan tarkkuus on huomattavasti parempi. Laskettaessa mitattujen ikien regressio arviointien ikien suhteen jäi regressiosuoralta selittämättömäksi hajonnaksi, s_{yx} , maastoarvioinneissa 12.3–12.9 vuotta ja kuvatulkinnassa 17.2 vuotta. Kuvioiden sisäisellä ikien hajonnalla ei ollut selvää vaikutusta arviointien tarkkuuteen.

Pääpuulajin osuuksissa käytännön arviointien enempine kuvien sisäisine kävelyineen on tuottanut parempia tuloksia kuin mitä koejärjestelyissä saatiin. Kuvatulkinnassa pääpuulajin arviointitarkkuus oli selvästi heikoin.

Kuvioiden tilavuuksien kohdalla esiintyi varsinkin käytännön arvioinneissa selvää systemaattista virhettä. Käytännön arvioinneissa se saattaa olla tahallista aliarviota, joka eri henkilöillä vaihtelee huomattavasti. Tahalli-

suutta voidaan ehkä selittää sillä, että yliarviot johtaisivat paljastuessaan esimerkiksi avohakkuutilanteessa pettymyksiin kun taas aliarviot voidaan omistajan taholta kokea miellyttävänäkin ”yllätyksenä”. Eri henkilöiden arviointitavan vaihtelusta johtuen korrelaatiokertoimet käytännön arvioinneissa jäävät melko alhaisiksi (0.77, 0.81). Regressiosuoralta selittämättä jääneiden poikka-

mien hajonta, s_{yx} , on maastoarvioinneissa ollut 28–31 % ja keskineliö-poikkeamien neliöjuuri 29–36 %. Kuvioiden sisäisellä heterogeenisuudella oli vain lievästi tarkkuutta heikentävä vaikutus. Kuvion sisäisen hajonnan ja poikkeaman $x-y$ välinen korrelaatiokerroin vaihteli 0.1:n ja 0.4:n välillä. Kuvatulkinnalla saatiin tässäkin heikoimmat tulokset.

5. AIKATUTKIMUKSEN TULOKSET

Aikatutkimuksiin alueet 1–11 otettiin mukaan kokonaisuudessaan. Alueiden keskikoko oli 59 ha vaihtelun ollessa 34:stä 94:ään hehtaariin (taulukko 1). Koehenkilöille annettujen ohjeiden mukaan maastotyö pyrittiin rajoittamaan ilmakuvilta ennakkoon valittuihin kuvion edustaviin kohtiin (linjoihin tai pisteisiin), jolloin kulkeminen ja rajojen tarkistus kuvion sisällä jäi vähäiseksi.

Tulkinta- ja maastotyön jakautuminen on esitetty taulukossa 11. Tietojen pohjalta inventointityön tuottavuudeksi saadaan koehenkilölle 1 13.6 ha/h ja koehenkilölle 2 14.5 ha/h. Erityisesti henkilö 1:n kohdalla tuottavuus on voimakkaassa positiivisessa korrelaatioissa ($r = .862$) kuvion keskikokoon. Suora-

viivaista riippuvuutta kuvaavan regressiosuoran kulmakertoimeksi saatiin 11.29. Tämä osoittaa, että kuvion keskikokoon kasvaessa 1.29 ha:sta kaksinkertaiseksi tuottavuus lisääntyi 14.56 ha/h eli 107 %:lla. Tulos ei ole yleistämiskelpoinen, vaan johtunee siitä, että maastotyön loppuvaiheen kuviot tehtiin suuremmiksi ja työnopeus kasvoi kokemuksen lisääntymisen takia.

Koehenkilö 2:n kohdalla tuottavuuden ja kuvion keskikokoon korrelaatiokertoimeksi saatiin 0.359 ja kulmakertoimeksi 1.821. Tämä merkitsee, että kuvion keskikokoon kasvaessa 2.1 ha:sta kaksinkertaiseksi maastotyön tuottavuus kasvaisi vain 26 %. Suuret henkilöiden väliset erot työn tuottavuuden ja kuvion

Taulukko 11. Koehenkilöiden 1 ja 2 ajankäyttö kuvioittaisessa arvioinnissa.

Alue	Ala ha	Kuvioita ilmakuvilla		Kuvioita maastossa		Maasto- reitien pituus 1 km	Kuvaparin valmistus		Kuviointi		Tul- kinta tuntia	Maasto- reitien suunn.		Maastotyö	
		1	2	1	2		1	2	1	2		1	2		
1	36	44	27	38	23	4.4	.00	.25	1.00	.50	2.25	.75	.50	4.75	3.42
2	38	52	26	43	23	4.9	.25	.25	.50	.50	2.00	.50	.25	4.50	3.25
3	34	35	16	29	12	4.1	.00	.50	.75	.50	2.25	.50	.75	4.25	4.67
4	58	62	26	48	26	5.7		.25	1.25	.50	3.00	.50	.50	6.00	4.67
5	55	55	43	26	42	5.4		.25	.75	.50	1.75	.25	.75	4.75	4.08
6	51	36	13	26	12	4.5		.25	.75	.50	1.75	.25	.25	4.50	3.17
7	66	66	22	52	21	5.7		.25	1.25	.50	3.25	1.00	.25	7.00	4.00
8	74	40	37	35	32	5.0	.25	.25	.50	.50	1.25	.50	.50	4.50	4.83
9	94	43	40	42	36	5.1	.00	.25	.50	.50	2.00	.50	.50	4.00	4.17
10	63	36	30	34	26	4.0	.00	.25	.25	.50	1.25	.50	.75	3.25	3.75
11	80	51	48	40	42	5.4	.25	.25	.50	.50	2.25	.50	.50	3.25	4.92
Yht.	650	520	358	413	295	54.2		3.00	8.00	5.50	23.00	5.75	5.50	50.7	44.9

koon välisessä riippuvuudessa johtunevat suurelta osin työskentelytavan erilaisuudesta. Henkilö 1 pitäytyi tarkasti ilmakuvilta suunnitellulla maastoreitillä, henkilö 2 taas sovelsi traditionaalista menettelyä, jonka mukaan kuvion eri osissa pyritään liikkumaan tasapuolisesti.

Etenemisnopeutta, km/h, voitiin tutkia henkilön 1 maastotyön osalta. Keskimääräiseksi nopeudeksi saatiin 1.1 km/h ja nopeuden hajonnaksi 21 % keskiarvosta. Nopeuteen liittyvät tarkastelut voivat olla mielekkäitä esimerkiksi silloin, kun pyritään löytämään, vaikkapa vain teoreettisestikin, työn tuottavuuden maksimiarvoja. Jos etenemis-

nopeus muutettaisiin kävelynopeudeksi, esimerkiksi 3 km/h:ksi, ja kuviorakenne pysytettäisiin entisellään, maastotyön tuottavuutta voitaisiin kasvattaa 171 %:lla eli 37 ha/h:iin.

Etenemisnopeus maastossa nousee kuvioiden keskikokoon lisääntyessä. Maastoreitin tiheyden ($y = m/ha$) ja kuvion keskikokoon ($x = ha$) välillä osoittautui olevan kiinteä riippuvuus. Kuvioiden alueittaiset keskipinta-alat vaihtelivat 0.7 ja 2.1 ha:n rajoissa. Regressiosuoran yhtälöksi saatiin

$$(14) \quad y = -0.0443 + 0.1464 (1/\sqrt{x})$$

ja korrelaatiokertoimeksi 0.938.

6. PÄÄTELMÄT

6.1. Kuvion muodostaminen

Kuvioiden sisäisten vaihtelujen tarkastelu vaihtoehtoisissa kuvioinneissa (kuvat 4 ja 5) osoitti, että kuvioinnin lähtökohdaksi ei voida olettaa, että metsäluonto sisältäisi itsessään ratkaisut kuviorajojen piirtämiseksi. Tällainen lähtökohta edellyttäisi, että metsää tarkasti tutkimalla voitaisiin päätyä yksiselitteiseen kuviointiin. Metsän sisäisen vaihtelun ohella metsätaloudelle ja sen suunnittelulle asetetut tavoitteet määrittävät tavoiteltavan kuvioinnin.

Johdannossa todettiin, että kuvioittainen arviointi on sekä inventointi- että metsätalouden järjestelymenetelmä. Sen mukaan mitä tehtävää halutaan painottaa, voidaan puhua inventointikuvioista ja talous- tai toimenpidekuvioista. Kun kuvioittaisessa arvioinnissa pyritään tietojen ajantasaistamiseen niin, että suunnittelua varten olisi aina käytettävissä tuoret tiedot, tulee ratkaistavaksi, mitä yksiköjä käytetään tietojen seurannassa. Näitä yksiköitä voidaan kutsua seurantakuvioksi. Periaatteessa olisi ilmeisesti hyvä, jos sama kuviointi voisi toimia sekä inventointi-, talous- että seurantakuviointina. Metsätalouden vaihtelevat olosuhteet kuitenkin merkinnevät, että kuviointien erottelu ainakin joissakin tapauksissa on tarkoituksenmukaista.

Metsien tarkka kartoitus ja inventointi edellyttävät pienialaisten inventointikuvioi-

den käyttöä. Erityisesti yksityismetsissä kuvioiden väliset rajat eivät useinkaan ole selviä vaan suuressa määrin henkilökohtaisiin ratkaisuihin perustuvia. Kuvion rajaa voi olla vaikea tunnistaa maastossa ja jo tämän takia inventointi- ja toimenpide- eli talouskuviot eivät aina, yrityksistäkään huolimatta, pysy samoina. Mahdollista myös on, että talouskuviot muodostetaan tahallisesti inventointikuvioista poikkeaviksi esimerkiksi inventointikuvioita yhdistelemällä.

Tietojen seuranta asettaa kuvioille useita, toisilleen ristiriitaisia vaatimuksia. Seurantakuvioiden tulisi olla rajoiltaan tarkasti määriteltyjä siten, että rajat pystytään maastossa-kin helposti toteamaan. Toiseksi seurantakuvioiden rajojen tulisi olla pysyviä. Kolmanneksi suoritettavien toimenpiteiden vaikutukset pitäisi pystyä osoittamaan tarkasti oikeille seurantakuviolle. Neljänneksi puuston kasvusta aiheutuvat muutokset tulisi pystyä ennustamaan tarkasti seurantakuviointin. Ja viidenneksi seurantakuvioiden pitäisi antaa hyvä pohja uusien suunnitelmien tekemiseen ja toteuttamiseen.

Kokemukset seurannan järjestämisestä ovat vielä vähäiset. Tämän tutkimuksen valossa näyttää siltä, että seurantakuvioiden muodostamisessa kannattaa panna suuri paino rajojen selvyydelle ja pysyvyydelle. Seurantakuvioiden koko muodostuu aikaisemmin totuttuihin kuvioihin verrattuna suhteellisen

suureksi ja seurantakuvioiden sisäinen hajonta tulee myös suureksi. Toisaalta kuviossa on aikaisemminkin esiintynyt huomattavaa sisäistä hajontaa, jota ei aina ole tiedostettu. Seurantakuvioiden pakottaa tiedostamaan sisäisen hajonnan olemassaolon ja löytämään tilanteeseen soveltuvat toimintamuodot.

Toimenpide voidaan suunnitella pitkäksi ajaksi eteenpäin, mutta se muotoutuu lopulliseksi, kuten toimenpidekuviokin, vasta operatiivisen suunnittelun ja siihen liittyvän päätöksenteon ja toteutuksen yhteydessä. Ratkaisuihin vaikuttavat ajankohtaiset olosuhteet kuten kysyntä- ja työllisyystilanne. Toimenpidekuvioiden voi poiketa huomattavasti siitä, mitä vuosia aikaisemmin toimenpidekuvioksi on suunniteltu. Joissakin olosuhteissa saattaa käydä kyseenalaiseksi kannattaako toimenpidekuviointia tehdä lainkaan vuosia etukäteen. Tämän epäilevän kysymyksen oikeutusta vahvistaa se, että yleensä suunnittelija ja lopullinen päätöksentekijä ovat eri henkilöitä.

Kuvion muotoutumiseen vaikuttaa voimakkaasti arvioijan harkinta, se mille näkökohdille, biologisille, teknisille, esteettisille ja taloudellisille hän antaa minkäkinlaista painoa. Tavoitteena saattaa olla yhdistää inventointi-, toimenpide- ja seurantakuvioiden yhdeksi kuvioinniksi optimaalisella tavalla. Erilaisten ratkaisujen yleistä paremmuutta on hankala tutkia. Toisaalta hyväksyttävän harkinnanvaraisuuden nimikkeelle voidaan helposti viedä myös puutteellisen ammattitaidon vaikutuksia. Kuvioinnin kontrolloimiseksi ja kehittämiseksi kuvioinnille pitäisi esittää aikaisempaa tarkemmat tavoitteet.

Eräs tapa tutkia kuvioinnin laatua on tarkastella vierekkäisten kuvioiden yhteisiä rajoja ja niissä esiintyvien virheiden määrää ja laatua. Näin menetteli Ojanen (1978) käyttäen alueiden 1–11 aineistoja. Hän totesi, että koehenkilö 1:llä tutkittujen 180 kuviorajan joukossa virheellisiä rajoja oli 26 % ennen maastotyötä ja maastotyön jälkeen 20 %. Vastaavat luvut koehenkilö 2:lla olivat 40 ja 33 %. Virheellisiksi katsottiin kuvioraja, jos yhden tai useamman maastossa tarkasti mitatun koelan todettiin olevan väärällä puolella piirrettyä kuviorajaa tai jos tarpeelliseksi katsottu kuvioraja puuttui. Rajoista 37 % ylitettiin maastossa ja 21 %:ssa ylitetyistä rajoista tehtiin korjauksia. Maastossa ylitettyihin rajoihin jäi kuitenkin suhteellisesti yhtä paljon virheitä kuin muihinkin rajoihin.

Tämä johtuu siitä, että maastoreitit pyrittiin johtamaan epävarmoiksi arvioitujen rajojen kautta. Merkittäviksi luokiteltujen kuviorajavirheiden osuudeksi jäi 11.5 %.

Ojasten tutkimusten ennakkokuvioinnit oli tehty mustavalkoisella, laadultaan heikohkolla materiaalilla (ks. kohta 2.2.). Neljällä alueella kokeiltiin kuviointia myös 1:10 000 väridiakuvilta. Kuvioiden sisäisten hajontojen tarkastelu osoitti selviä eroja muihin ennakkokuviointeihin verrattuna (kuva 6, menetelmä g). Erityisesti keski-ään ja keskipituuden suhteen värikuvilta päästiin selvästi homogeenisempiin kuvioihin kuin mustavalkoisilta kuvilta. Toisaalta Leinosen (1980) kyseessä olevilta värikuvilta tehtyjen kuviointien kuviorajojen virheitä koskevassa tutkimuksessa saamat tulokset eivät poikenneet oleellisesti edukseen verrattuna niihin tuloksiin, joita Ojanen sai mustavalkoisilta kuvilta tehdyille ennakkokuvioinneille. Leinosen tutkimuksessa tulkkina käytettiin ilmakuvatekniikan kurssiin osallistuvia metsätieteen ylioppilaita, joilla ei ollut värikuvien tulkintakokemusta.

Tutkimustulokset yhtä hyvin kuin käytännön kokemukset osoittavat, että ennakkokuvioinnilla on erittäin ratkaiseva merkitys lopullisen kuvioinnin muodostumisessa. Tästä voidaan päätellä, että kuvioinnissa tulisi panna suurta painoa ilmakuvien laatuun ja kuvatulkitsejien ammattitaitoon.

Inventoinnin kannalta kuvioinnin eräs tehtävä on suunnata maastotyö tarkoituksenmukaisesti. Yleissääntö tähän mennessä on ollut, että jokaisella kuviolla käydään. Välttämällä suurialaisten ennakkokuvioiden muodostamista voidaan varmistua, että suuria aluekonaisuuksia ei jää tarkistamatta maastossa. Tämän näkökohdan mukaisesti ja muistaen, että kuviot sisältävät huomattavaa ja pinta-alan koon myötä lisääntyvää sisäistä vaihtelua (kuva 6), ennakkokuvio voi olla järkevää pyrkiä tekemään suhteellisen pieniksi ja tasakokoisiksi. Pienistä kuvioista on melko helppo päästä suurempiin yhdistelemällä vierekkäisiä kuvioita. Tästä tekniikasta saatiin kokemuksia koehenkilö 1:n työskentelystä alueilla 1–11.

Kuviokohtaisten arviointien luotettavuuden kannalta olisi edullista saada kuviot mahdollisimman homogeenisiksi. Metsien pienvaihtelun lisääntyessä on johdonmukaisesti pienentää inventointikuvioiden kokoa (ku-

va 6). Käytännössä näin ilmeisesti tapahtuinkin, sillä tutkimusaineistojen mukaan saman henkilön erikokoisiksi rajaamien kuvioiden sisäiset hajonnat osoittautuivat olevan kutakuinkin yhtä suuria.

6.2. Luotettavuus kuviotunnusten arvioinnissa.

Kuvioille on ominaista sisäinen vaihtelu, minkä takia käsitteet kuvio ja metsikkö on suositeltavaa erottaa selvästi toisistaan. Kuviotunnuksiin päästään kuvion eri osista tehtävien metsikkötunnusten arviointitulosten keskilukuina, yleensä mediaaneina tai keskiarvoina.

Kuviotunnusten arviointien laatu vaihtelee monesta tekijästä johtuen. Yleisvaikutelmaksi nyt saaduista tuloksista jää, että kuviotunnusten arvioinnin luotettavuudessa on käytännössä suurta vaihtelua ja myös parhaiden arvioijien tuloksista voi tarkistusmittauksissa löytää selviä ja karkeitakin virheitä. Vain harvoin kontrolliaineistolla lasketut ja tutkitavassa arvioinnissa saadut tulokset vastasivat hyvin toisiaan kaikkien kuviotunnusten osalta. Käytännön arvioinnit alueilla 12–15 (taulukko 10) edustavat ilmeisesti sitä tasoa, mihin nykyisillä menetelmillä ja noin 40 ha:n päivätuotostavoitein ammattitaitoisin arvioijavoimin voidaan päästä paitsi tilavuuden arvioinnin kohdalla, jossa ilmeisesti on sovellettu tahallista aliarviointia. Tuotostavoite merkitsee, että kuviolla käytettävissä oleva aika on keskimäärin liian lyhyt useiden koelajien mittaamiseen ja kuvion kaikkien osien tarkasteluun.

Päivittäisen pinta-alalla mitatun tuotoksen lisäksi arvioijan tavoitteena on yleensä tuottaa käyttökelpoista tietoa metsätaloussuunnitelmaa varten. Jälkimmäisen tavoitteen kannalta kuviotunnusten tärkeys voi olla hyvin erilainen. Pääpaino ehkä pannaan sille, että annettava toimenpide-ehdotus on järkevä. Jos jonkin kuvion kohdalla toimenpide-ehdotus on ilmeisen selvä, voidaan muiden tunnusten arvioimiseen suhtautua välinpitämättömästi. Tätä vasten voidaan ymmärtää, että sellainen kuviotunnus kuin kehitysluokka, jolla on läheinen yhteys toimenpide-ehdotukseen, pyritään arvioimaan luotettavammin kuin keskimäärin muut tunnukset. Esi-

merkiksi metsätyypin arvioiminen jää helposti vähälle huomiolle.

Käytännön kuvioarvioiden ja vastaavien koelamittauksista laskettujen tulosten välillä vallitsee odotetusti selvä positiivinen korrelaatio. Korrelaatiokertoimet taulukossa 10 ovat esimerkiksi tilavuuden kohdalla selvästi alhaisemmat kuin mitä muissa tutkimuksissa yleensä on voitu osoittaa. Syynä on pääasiassa kaksi tekijää: ensiksikin laskenta-aineistoon on yhdistetty useiden arvioijien tulokset ja toiseksi aineistot ovat kokonaisvaihtelutaan suppeita.

Kuvioittaisen arvioinnin arvon arvioimiseksi olisi määritettävä arvioinnin keskimääräinen luotettavuus kaikkien kuviotunnusten suhteen antaen eri tunnuksille niiden tärkeyttä osoittavat painot. Tehtävä edellyttäisi tavoitteiden tarkkaa määrittelyä arvioitavien kuviotunnusten suhteen. Tämä on niin monitahoinen ongelma, ettei siihen tämän työn yhteydessä tarkemmin puututa. Sen sijaan tässä tehdään tiettyjä oletuksia, joiden varassa arvioinnin luotettavuuden ja käyttöarvon välistä riippuvuutta ja sen merkitystä voidaan esimerkinomaisesti tarkastella.

Jäljempänä käsitteelle kuvioittaisen arvioinnin keskimääräinen luotettavuus annetaan sellainen sisältö, että virheetön arviointi edustaa luotettavuutta 100 % ja heikommat arvioinnit luotettavuutta 100-s %, jossa s on kuviotunnusten arviointivirheiden keskimääräinen hajonta prosentteina todellisesta keskiarvosta. Edellisen määrittelyn mukainen luotettavuus asetuu taulukon 10 kohdalla noin 80 %:n tasolle. Taulukossa hajonnan osuus keskiarvosta vaihtelee 16 %:sta (kehitysluokka) 38 %:iin (veroluokka). Lopullisia luotettavuusarvioita tehtäessä on otettava huomioon, että luotettavimmin mitattu, vertaamiseen käytetty aineisto ei ole virheetön. Relaskooppia hyväksi käyttävän silmävaraisen arvioinnin luotettavuuden huippuna voitaneen pitää tasoa, mikä saavutetaan metsätaidon mestaruuskilpailuissa. Purolan (1983) mukaan virheiden hajonta on mestaruuskilpailuissa 11–14 % pohjapinta-alan ja tilavuuden arvioinnissa.

Saatujen tulosten ja käytettävissä olevien käytännön kokemusten perusteella on arvioitavissa, että kokenut henkilö pääsee keskimäärin noin 40 ha:n päivätuotokseen luotettavuustasolla 80 % keskimääräisissä Etelä-Suomen olosuhteissa. Huomattavasti suu-

rempiä päivätuotoksia (63 ha) on Suihkonen (1977) todennut yli 1000 ha:n käytännön metsätaloussuunnitelman maastotoissa Keski-Suomessa. Jos luotettavuustason annetaan aleta, päivätuotoksia voidaan nostaa. Luotettavuustasoa nostettaessa maastotyöaika pinta-alayksikköä kohti nousee nopeasti. Maastotyöajan ja luotettavuuden välistä riippuvuutta on hahmoteltu kuvassa 8. Jos luotettavuusvaatimusta kasvatetaan yli 80 %:n, maastomittausten tarve kasvaa jyrkästi. Luotettavuustason 90 % saavuttaminen edellyttää, että kuviolta mitataan 4–9 koealaa (vrt. Nyyssönen ym. 1967).

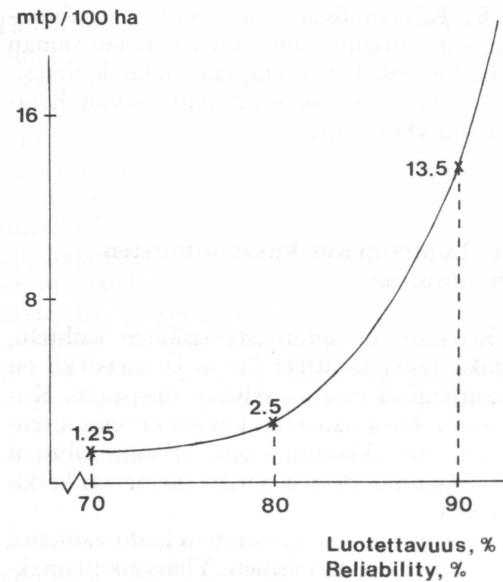
Käytännön kuvioittaisen arvioinnin luotettavuustaso näyttää asettuvan 80 %:n kohdalle myös kuvioinnin suhteen. Näin voidaan päätellä kuvan 6 perusteella olettaen, että kuviointien j ja k luotettavuus edustaa 100 %:a ja kuviointien l ja m vastaavasti 0 %. Tällöin kuvioinnin i luotettavuus asettuu noin 80 %:n tasolle, kun hajonnat asetetaan vastaamaan samaa kuvion keskikokoa. Aineistojen joukosta löytyi myös tapauksia, joissa keskimääräinen luotettavuus asettui 70 %:n paikkeille. Tämä korostaa koulutuksen ja valvonnan merkitystä.

6.3. Kuvioittaisen arvioinnin hyödyt ja kustannukset

Kuvioittaisesta arvioinnista voidaan saada hyötyä, kun sen avulla tehtävä metsätaloussuunnitelma johtaa entistä parempaan metsätaloudelliseen tulokseen. Hyödyiksi voidaan lukea muun muassa seuraavat kuvioittaisen arvioinnin ja sen pohjalta tehtävän suunnitelman vaikutukset:

1. Omistajan aktiivisuus metsätaloutta kohtaan lisääntyä, kun hän saa tietää enemmän metsätaloutensa edellytyksistä ja mahdollisuuksista.
2. Operoitavuus, esim. leimikkojen vuotuinen valinta, helpottuu ja toiminnan kustannukset vähenevät.
3. Toimenpiteiden, esimerkiksi hakkuiden, järjestys ja ajoitus saadaan taloudellisemmiksi.

Hyötyjen määrää on vaikea arvioida jos senkin takia, että monet vaikutukset realisoituvat vasta pitkien aikojen päästä, mikä merkitsee diskonttaamista ja siihen liittyviä kor-



Kuva 8. Miestyöpäivien (mtp) tarpeen riippuvuus kuvioittaisessa arvioinnissa vaadittavasta luotettavuudesta.

Figure 8. The dependence of man power (mtp = number of working days) on the accuracy of results in the compartment-wise forest inventory.

koprosenttiongelmiä. Joka tapauksessa hyötyjen määrään vaikuttavat myös:

1. Suunnittelun kohteena olevan metsän ominaisuudet. Suurinta hyötyä saadaan siellä, missä metsien kasvupotentiaali on korkea ja metsien rakenne ongelmallinen ja missä metsien oikealla käsittelyllä on saavutettavissa aikaisempaan ja sattumanvaraisempaan käsittelyyn verrattuna huomattavia etuja.
2. Metsätaloussuunnitelman taso, mikä taas oleellisesti riippuu kuvioittaisen arvioinnin luotettavuudesta.
3. Omistajan halu ja kyky hyödyntää metsätaloussuunnitelmaa.

Kuvioittaisesta arvioinnista ja metsätalouden suunnittelusta saatavien hyötyjen arvioimiseksi pitäisi tietää, millaista vaihtoehtoista metsätaloutta silloin harjoitettaisiin, kun suunnitelma on olemassa tai sitä ei ole olemassa. Ilmeisesti suunnittelemtomien metsätalouksien ryhmässä metsätalouden harjoittamisessa on suurta vaihtelua. Keskimäärin suunnitelmattoman metsätalouden on todettu olevan passiivisempaa.

Kuvioittaisen arvioinnin ja suunnittelun taloudellisen merkityksen tarkasteluun joudutaan käyttämään esimerkkitapausta siihen liittyvine oletuksineen. Tarkastelu kohdistetaan uudistuskypsen metsien uudistamisjärjestyksen taloudelliseen merkitykseen. Suunnittelukaudeksi oletetaan 10 vuotta. Edelleen oletetaan, että uudistamiskelpoisten kuvioiden pinta-alaosuus on 15 % ja niiden puuston arvo on keskimäärin 20 000 mk/ha. Kasvupaikan laatu oletetaan kaikilla kuvioilla samaksi. Vaihtoehdossa, jossa on käytettävissä suunnitelma, kuviot oletetaan uudistettaviksi arvokasvuprosentin osoittamassa edullisuusjärjestyksessä. Suunnitelmattomassa vaihtoehdossa kuviot oletetaan uudistettaviksi sattumanvaraisessa järjestyksessä. Molemmissa tapauksissa vuosittain hakattavien puustojen arvot oletetaan likimain yhtä suuriksi. Lisäksi uudistamiskelpoisten puustojen jakautuminen arvokasvuprosenttiluokkiin (P_A) oletetaan alla olevan asetelman mukaiseksi:

P_A	Osuus, %
1.5	10
2.0	15
2.5	25
3.0	25
3.5	15
4.0	10

P_A keskimäärin = 2.75 %

Jos oletetaan, että arvokasvut pysyvät 10 vuoden aikana hakkaamattomissa uudistuskypsissä metsissä muuttumattomina kymmenvuotiskauden arvokasvuksi uudistamiskelpoiselle puustolle saadaan tasaisella uudistamisvauhdilla 315 mk/ha/vuosi, kun hakkuut ohjataan suunnitelman avulla vuosittain pienimmän arvokasvun metsiköihin ja 275 mk/ha/vuosi, jos uudistuskelpoisten metsien hakkuu kohdistetaan sattumanvaraisesti. Suunnitelman vuotuisesti hyödyksi saadaan edellisessä oletustilanteessa $315 - 275 = 40$ mk/uudistamiskelpoisen metsämaan hehtaari, mikä oletustilanteessa vastaa 6 mk/koko alueen metsämaan hehtaari.

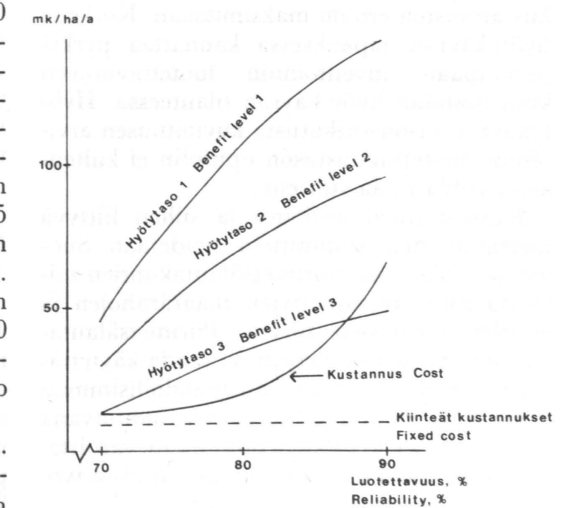
Edellä esitetty esimerkki on teoreettinen. Siinä on edellytetty, että kuvioittaisen arvioinnin luotettavuus on täydellinen eli 100 % ja että käytännössä voitaisiin ilman lisäkustannuksia toteuttaa puustojen sitä uudistamisjärjestyksiä, jonka arvokasvuprosentti osoittaa. Tämän johdosta edellä saatuja hyö-

tyarvioita, 40 mk/ha ja 6 mk/ha, on alennettava. Tässä reaalisiksi vuotuishyödyksi arvioidaan 20 mk/uudistettavan alan hehtaari, mikä kestävän metsätalouden olosuhteissa vastaa noin 1.5 % päätehakkuu-tuloista.

On todennäköistä, että metsätaloudesta aktiivisesti kiinnostunut metsänomistaja kokee suunnitelmasta saatavan hyödyn tulevan pääosaltaan muualta kuin kuvioiden uudistamisjärjestyksen määrittämisestä. Tiedot kestävistä hakkuumäärästä, oman työvoiman ja omien koneiden käyttömahdollisuuksista, metsänhoitotoimenpiteiden tarpeellisuudesta sekä metsätalouden tarjoamista pitkävaikutteisista investointi- ja niihin liittyvistä lainansaanti- ja avustumahdollisuuksista ovat yleensä tärkeitä.

Kuvaan 9 on piirretty kolmea eri tasoa edustavaa hyötykäyrää sekä kustannuskäyrä, joka perustuu kuvaan 8 ja oletukseen, että yksi miestyöpäivä maastossa maksaa 400 mk. Lisäksi on oletettu, että kartan piirtämisestä, tietojen käsittelystä ja muista toimistotoista aiheutuu kiinteiksi katsottavia kustannuksia 10 mk/ha.

Ylimpään hyötykäyrään päästään esimerkiksi olettamuksella, että uudistettavien puustojen kohdalla, joita on 15 % pinta-alasta, vuotuinen hehtaarikohtainen hyöty on noin 20 mk ja muilla alueilla keskimäärin 9



Kuva 9. Kuvioittaisen arvioinnin hyöty ja kustannus eri luotettavuustasoilla (Oletukset tekstissä).

Figure 9. Benefit and cost of the inventory by compartments at alternative accuracy levels.

mk, kun luotettavuustaso on 80 %. Itse asia-
sa hyötytarkasteluunkin ehkä pitäisi erottaa
niinsanottu kiinteä osa. Se muodostuisi siitä
hyödystä, mikä suunnitelmasta saadaan met-
sien operoitavuuden ja päätöksenteon helpot-
tumisena ja isännän metsätaloudellisen aktii-
visuuden lisääntymisenä, mikä ei välttämättä
ole riippuvainen kuvioittaisen arvioinnin luot-
tavuudesta kuvan osoittamalla alueella.

Toisaalta kuvioittaisesta arvioinnista saa-
tava hyöty ei liene riippumaton metsätalou-
den harjoittajan aktiivisuus- ja valistuneis-
suustasosta. Selvää on, että hyöty voi olla sitä
suurempi, mitä enemmän metsätaloudessa
on parannettavaa. Jos hyvää metsätaloutta
on harjoitettu pitkään ja kuviorakenne on
saatu edulliseksi ja selväpiirteiseksi, metsä-
loussuunnitelmasta saatava hyöty voi jäädä
vähäiseksi.

6.4. Kuvioittaisen arvioinnin optimointi

Kuvioittaisen arvioinnin optimointia voi-
daan tarkastella yksittäisen metsälön, metsä-
talouden edistämisyjärjestöjen sekä koko kan-
santalouden kannalta.

Jos oletetaan, että metsälökohtaisesti laadi-
tut hyöty- ja kustannuskäyrät ovat kuvan 9
kaltaiset, saadaan kuvioittaisen arvioinnin
optimaaliseksi luotettavuustasoksi hyötykäy-
räästä riippuen 80–83 %. Tällöin hyödyn ja
kustannusten ero on maksimissaan. Korkean
hyötykäyrän tapauksessa kannattaa pyrkiä
parempaan inventoinnin luotettavuuteen
kuin matalan hyötykäyrän tilanteessa. Hyö-
tykäyrän tason vaikutusta kuvioittaisen arvi-
oinnin luotettavuustason optimointiin ei kuiten-
kaan voida pitää suurena.

Kuvioittainen arviointi ja siihen liittyvä
metsätalouden suunnittelu hoidetaan Suo-
messa pääasiassa piirimetsälautakuntien toi-
mesta niille myönnettyjen määrärahojen ja
muiden resurssien turvin. Piirimetsälauta-
kuntien intressissä tietysti on saada käytettä-
vissä olevilla resursseillaan mahdollisimman
hyvä tulos. Suunnittelua eniten rajoittavana
tekijänä lienee jo pitkään ollut puute varoista,
joilla olisi voitu palkata ammattitaitoisia työ-
voimaa kuvioittaiseen arviointiin.

Edellä kuvatussa tilanteessa optimaalinen
tulos saadaan likimain sillä luotettavuusta-
solla, jolla nettohyöty (hyöty – kustannus)
jaettuna maastotyön kustannuksella on mak-

simissaan eli toisin sanoen sillä luotettavuus-
tasolla, jossa yhdellä maastotyöpäivällä saa-
daan suurin mahdollinen hyöty. Tällöin opti-
maalinen luotettavuustaso asettuu kuvan 9
olosuhteissa 76 %:n paikkeille eli selvästi
metsälökohtaisesti edullisimman luotetta-
vuustason alapuolelle. Siirtyminen optimin
antavalta luotettavuustasolta 80 %:n luotet-
tavuustasolle pudottaa kokonaishyödyn 92
%:iin. Kokonaishyöty luotettavuustasolla
82.5 % olisi enää 66 % maksimista.

Luotettavuuden optimitaso yksityismetsä-
taloudellisesti kuvan 9 tilanteessa on siis noin
82 % ja edistämisyjärjestöjen kannalta katsot-
tuna 76–79 %. Tämä merkitsee, että yksi-
tyistaloudellisesti metsätalouden suunnitte-
luun kannattaisi sijoittaa maastotyötä lähes
kaksinkertaisesti se, mikä rajallisten maasto-
työresurssien vallitessa on järkevää piirimet-
sälautakuntien kannalta. Mikäli piirimetsä-
lautakuntien resurssitilanne paranee, lähenee
sen tavoiteltava luotettavuustaso sitä tasoa,
mikä yksityistaloudellisesti on edullisin.

Edellä on painotettu kuvan 9 ja siihen pe-
rustuneiden laskelmien esimerkinomaisuutta.
Lopullisten päätelmien tekemiseksi olisi tär-
keää tietää, kuinka hyvin tehdyt oletukset
kulloisessakin tapauksessa pitävät paikkansa.
Ilmeisesti todellisuudessa tämän asian suh-
teen esiintyy paljon vaihtelua. Keskimäärin
kuvioittaista arviointia ja siihen perustuvaa
suunnittelua voitaneen kuitenkin pitää erit-
täin kannattavana metsätaloudellisena sijoit-
uksena. Voidaan myös väittää, että kansan-
taloudelliselta kannalta olisi perusteltua sijoit-
taa aikaisempaa huomattavasti enemmän
varoja kuvioittaiseen arviointiin ja siihen pe-
rustuvaan metsätalouden suunnitteluun.

6.5. Arvioimismenetelmän kehittäminen

Kuvioittaisen arvioinnin kehittämisellä
voidaan vaikuttaa kuvassa 9 esitetyn kustan-
nuskäyrän tasoon ja muotoon. Tässä esitetyt
tulokset osoittavat, että kuvioitten sisällä
esiintyy yleensä huomattavaa vaihtelua. Sil-
mävaraisella arvioinnilla kuvioitten eri osien
painotus voidaan tehdä nopeasti, mutta ei
kovinkaan tarkasti. Tarkkuuden parantami-
nen pelkillä otantaan perustuvilla mittauksil-
la ja havainnoilla lisää kustannuksia yleensä
suhteettomasti. Ilmeisesti keinoja menetel-
män kehittämiseen olisi haettava silmävarai-

sen ja mittauksiin perustuvan arvioinnin tar-
koituksenmukaisesta yhdistämisestä ja arvi-
oinnin apuvälineiden, kaukokuvien ja moder-
nien tietojenkäsittelylaitteiden lisääntyvästä
käytöstä.

Esitetyt tulokset osoittavat, että kuviointi
on subjektiivista ja tietyn kuvioinnin hyväk-
syminen merkitsee alistumista yhteen enem-
män tai vähemmän sattumanvaraiseen tai
ainakin tietynhetkisen tilanteen tuottamaan
ratkaisuun. Vaihtoehtoisena ratkaisuna voi-
taisiin harkita menettelyä, jossa kuviointi ja
inventointi voitaisiin suorittaa ainakin peri-
aatteessa itsenäisesti ja kuviokohtaiset tulok-
set laskea sen jälkeen. Tähän päästään, kun
alueella mitataan riittävän tiheä systemaatti-
nen paikantamistiedoin varustettu koela tai
muu havaintotiedosto, jonka perusteella voi-
daan laskea kuviotiedot mille tahansa vaihto-
ehtoiselle kuvioinnille.

KIRJALLISUUTTA

- HAGA, S. 1978. Möjligheter till rationellt fältarbete vid okulär, beståndvis uppskattning genom utnyttjande av flygbilder. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- HÄGGLUND, B. 1979. Höjdatvecklingskurvor – ryggraden i bonitetssystemet – Site Index Curves – The Back-Bone of Site Quality Evaluation System. Sveriges Skogsvårdförbunds Tidskrift 5/1977.
- KILKKI, P. & SIITONEN, M. 1975. Metsikön puuston simulointimenetelmä ja simuloituun aineistoon perustuvien puustotunnusmallien laskenta. Summary: Simulation of artificial stands and derivation of growing stock models from this material. Acta For. Fenn. 145.
- LAASASENAHO, J. 1976. Männyn, kuusen ja koivun kuutiomisyhtälöt. Lis.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Commun. Inst. For. Fenn. 108.
- LEINONEN, S. 1980. Värikääntöfilmin käyttö kuvioittaisen arvioinnin ennakkokuvioinnissa. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- LIHTONEN, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Porvoo.
- LINTALA, H. 1980. Pysyvät koelat kuvioittaisen arvioinnin tukena metsien kehityksen seuraamisessa. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- NYSSÖNEN, A. 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskopin avulla. Summary: Estima-
tion of stand volume by means of the relascope. Commun. Inst. For. Fenn. 44.6.
- & VUOKILA, Y. 1960. Metsikkökoealan vaipan leveys. Summary: Width of isolation strips around sample plots. Commun. Inst. For. Fenn. 53.2.
- & KILKKI, P. 1965. Sampling a stand in forest survey. Acta For. Fenn. 97.
- , KILKKI, P. & MIKKOLA, E. 1967. On the precision of some methods of forest inventory. Seloste: Eräiden metsän arvioimismenetelmien tarkkuudesta. Acta For. Fenn. 81.4.
- OIKARINEN, M. 1978. Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus. Folia For. 350.
- OJANEN, M. 1978. Kuviorajojen luotettavuus uudentyyppisessä kuvioittaisen arvioinnin menetelmässä. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- OJANSUU, R. 1978. Ilmakuvien käytön vaikutus kuvioittaisen arvioinnin työn laatuun, ajanmenekkiin ja kustannuksiin. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- PUROLA, M. 1983. Silmävaraisen arvioinnin tarkkuus metsätaitokilpailussa. Pro gradu työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- SEPPÄNEN, H. 1979. Metsikön ikäarvion luotettavuus. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- SUIHKONEN, M. 1977. Aluesuunnitelma Hiismäki-Hiltula metsätalousalueelle vuosiksi 1976–1986 sekä erilaisen kartta- ja ilmakuva-aineiston käyttö kuvioittaisessa arvioinnissa. Laud.työ. Met-

sänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
 VENTO, P. 1979. Ilmakuvatulkinnan käyttömahdollisuuksista kuvioittaisessa arvioinnissa. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.

VENTOLA, K. 1980. Kuvioittaisen silmävaraisen arvioinnin tarkkuus ja arviointitarkkuuden kehitys arviointikautena. Laud.työ. Metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.

SUMMARY

BASIC FEATURES OF FOREST INVENTORY BY COMPARTMENTS

Forest inventory by compartments is a method based on stratified sampling. The forest is delineated first into compartments and each compartment is then measured separately. In practice these working phases may be mixed. The stratification or delineation of compartments may be made together with the measurements made in the field, from aerial photos or from satellite imagery or by using combinations of different sources.

It should be noticed, however, that forest inventory by compartments is, or at least it may be, more than just an inventory method. It usually also fulfills the objectives for forest regulation. Delineation into forest compartments is usually made with the following objectives:

- (1) A compartment should be homogenous, i.e. forest characteristics in different parts of the compartment should be similar.
- (2) A compartment should be suitable as practical forest regulation unit.
- (3) A compartment should be suitable for updating forestry information.

The objectives (1) and (2) are often contradictory which leads to the necessity for compromise. It would also be practical to use separate delineations for different objectives. This would result in a more detailed notation for compartments, e.g.

- compartment for forest inventory
- compartment for forest management
- compartment for updating purposes

The term forest compartment is preferred here to the term forest stand. The homogeneity of forest stand is high, and it can be regarded as a forest ecotype. Thus, standwise forest inventory can be regarded as special case of the forest inventory by compartments. It seems, that a general definition of a compartment is difficult or it must be made at a high level of abstraction. For example, "A forest compartment is a piece of land delineated by an enclosing line on a map or aerial photo with the purpose

of delineation". This definition does not include any quality requirements.

The geographical location of forestry information in the case of inventory by compartments is good. It is, however, not complete. Estimations within compartments are usually mean values, volume, m³/ha, mean height, forest site, etc. This means that there may be some parts in a compartment which differ substantially from the mean values and no information is given for their location within the compartment. Variation within compartments is a matter which probably deserves increasing attention in estimating and utilizing the results of compartmentwise inventories.

Objective

The emphasis in research concerning the improvement compartmentwise forest inventories is usually laid on the useability of instrument like aerial photographs. Here the emphasis is placed on a more basic matter. The content of the term compartment is to be studied empirically by using repeated delineations and accurate plotwise inventories and the analyses based on them. The quality of compartments and compartmentwise estimations are compared by using repetitions. The final objective is to obtain information which would help to determine the best ways for compartmentwise forest inventory in different conditions and to obtain information concerning the confidence level of the inventory method.

Material

The material consists of 16 study areas (Fig. 2 and Table 1). Field results were measured by variable plots placed systematically in a 40 m × 40 m scheme in study areas 1-11 and in a 50 m × 50 m in areas 12-16. The basal area factor for study areas 1-11 and 16 was 2 (1

tree tallied represented 2 square metres per hectare) and 1 for study areas 12-15. The resulting record by a plot, or by a part of a plot in the case of divided plot, is shown in App. 1.

The study areas were portions of private forests for which a forest inventory had been made or was under way. The inventory was made by compartments and the workers did not know about the use of their work for study purposes. In addition to the material of practical inventory other testmaterial was obtained by two forestry students, who made inventory by compartments almost like in the practice. Study areas are characterized in Figure 3.

The delineation of compartments was based on stereoscopic black and white infrared photo coverage taken at 1:33000 and enlarged to 1:10000. The photographic quality was normal. For study areas 1-3 and 8-10 also panchromatic small size (55 mm × 55 mm) color photographs were taken in the form of diapositives. The scales applied were 1:10000 and 1:5000.

There were 13 alternative delineations into compartments. Their notation and definition is as follows:

Symbol	Type of delineation	Worker	Study areas
a=	from blw aerial photographs	1	1-11
b=	ordinary field work	1	"
c=	from blw aerial photographs	2	"
d=	ordinary field work	2	"
e=	normal field work	4-8	"
f=	from color transpar., in details	"	1-3, 8-10
g=	from color transpar., aver. size	"	" "
h=	from blw aerial photographs	3	12-16
i=	ordinary field work made in pract.	"	"
j=	careful field work with details	"	"
k=	careful field work for economic compartments	"	"
l=	artificial delineation 1	"	"
m=	artificial delineation 2	"	"

On the basis of field measurements using systematically placed variable plots it was possible to calculate characteristics for every alternative compartment. Plotwise volumes were usually calculated from single trees by volume functions. Only on areas 12 and 13 were volumes estimated directly by relascope tables (Nyyssönen 1954) based on main tree species, basal area and mean height.

The results from the field estimations cannot be regarded as fully reliable. On study area 16 some variable plots were measured twice. First basal area factor 1 was applied. Only a few checkings of "uncertain" trees for distance and diameter were used. Volumes were estimated by relascope tables on the basis of basal area, mean height and main tree species. Three months later the same plots were measured again. The basal area factor two was then applied and every tree was measured

for tree species, breast height diameter, height, and distance. The plot centers of different measurements were equal on aerial photo but they did not coincide exactly in the field. The results of the comparisons are shown in Table 3.

It can be seen from Table 3 that forest stand characteristics obtained for a plot are not unambiguous. The reliability of the results are dependent on the carefulness of the measurements and on the quality of the models (e.g. relascope tables) applied. The differences in mean values x and y in connection with volume and basal area are partly inherited by the fact that some small trees were cut after values x and before values y were measured.

The results calculated for compartments by variable plots are also subject to sampling errors. As a whole the mean error (root mean square deviation) is estimated to vary between 3 and 8 % for different compartment characteristics provided that the size of compartment is about 1.2 hectares (3 acres).

Time studies

The distribution of working time in photo delineation and in field work of the ordinary compartmentwise forest inventory was studied in connection with study areas 1-11 and test workers 1 and 2. Estimation was based on systematic sampling. The sampling distance was 15 minutes, i.e. the type of work the person was doing at the full hour, quarter past, half hour and quarter to full hour was recorded.

Delineation of a compartment

It was found that the estimates of forest stand characteristics vary substantially within a forest stand and compartment. Examples of the variations are given in Fig. 4 and Table 4. These variations are one reason for the fact that delineations made by separate persons for the same forest lot are often remarkably different. This is illustrated in Figure 5. It was found that the delineation from aerial photos was decisive for the final delineation of compartments. The effect of delineation on the standard deviation within compartment is shown in Figure 6. More detailed results of variation within compartments are given in Table 5, in which characteristics and measurement units are as follows:

Char.	Description
1	Taxation class (1-4)
2	Treatment class (0-5)
3	Mean age not weighted

- 4 Mean age weighted by basal area
- 5 " " weighted by volume
- 6 Proportion of pine in volume
- 7 " " spruce
- 8 " " birch
- 9 Volume
- 10 " "
- 11 Basal area
- 12 Mean height not weighted
- 13 " " weighted by basal area
- 14 " " weighted by volume
- 15 Mean diameter not weighted
- 16 " " weighted by basal area
- 17 " " weighted by volume

According to Fig. 6, the standard deviation within compartment increases as the average size of the compartment increases. The best delineation is obtained by careful field delineation "j, k" and worst by artificial delineation "l, m". The difference in their deviations (see Fig. 6) represents the maximum improvement in delineation. It can be seen from the Fig. 6 that the quality of delineation has been improved by about 2/3 from the maximum when delineation with ordinary fieldwork (delineation i) is applied. For symbols marked by letters see p. 345.

Estimation of compartment characteristics

Compartment characteristics like volume per hectare, are to be defined as mean values obtainable by sample plots placed on the compartment. If sample plots are assumed to be placed systematically and the number of plots is high, the effect of sampling error becomes negligible. This kind of definition makes it possible to introduce parameters of variation, e.g. standard deviations, as compartment characteristics. It is to be noticed, however, that variation is not independent on the type and size of a sample plot.

The average standard deviations within compartments are shown in Table 6. Calculations were made by using delineation "b" for study areas 1–11 and delineation "k" for study areas 12–16. Percentages refer to proportion of standard deviation relative to the mean. The characteristics are as follows:

- 1= site class (1–6)
- 2= taxation class (1–5)
- 3= treatment class
- 3= treatment class
- 4= age, ocular, not weighted

- 5= age, objective measurement, not weighted
- 6= share of volume of pine,
based on plots and surroundings
- 7= share of volume of spruce,
based on plots and surroundings
- 8= share of volume of broad leaves
based on plots and surroundings
- 9= volume based on plots and surroundings
- 10= volume based on plot measurement
- 11= basal area based on plot measurement
- 12= mean height based on plot measurement
- 13= mean diameter based on plot measurement
- lv= distance between sequential classes (=1)

It can be seen that standard deviations are different for different characteristics; e.g. about 17 % for mean height and 29 % for volume. Table 7 shows the dependence of standard deviation on the mean of the respective characteristic. It shows that information concerning the standard deviation is not enough. Means should be given for a good interpretation of the results.

The within compartments variation of basal area and form height as measured on the variable plots is shown in Figure 7. It can be seen that variation is not particularly dependent on the size of compartment. The standard deviation of the basal area was 5.3 m²/ha on average, and that of form factor 0.78 m. In practical inventories volumes for compartments can be estimated by variable plots by measuring mean values for basal area and for mean height and by finding the respective volume from relascope tables. Another way is to find the volume separately for every plot from the tables and to calculate the mean of plot volumes. The experiments showed that both procedures resulted in very similar results (V1 and V2 in Table 8).

While there exists variation within compartment it is relevant to question the necessity for weighting in the calculation of mean values i.e. compartment characteristics. According to Table 9, weighting by basal area and volume increased the estimates of mean age, mean height and mean diameter by about 1–2 % in the case of good or acceptable compartment delineation and up to 10 % in the case of poor compartment delineation. Standard deviations within compartments were decreased considerably when weighting was applied.

A compartment characteristic which differs most from an ordinary stand equivalent is dominant height. The definition of the dominant height in a stand refers to the mean height of the hundred largest trees (according to breast height diameter) of a stand per hectare. If different parts of the compartment have differences in the height of the largest trees, it means that the dominant height defined through sample plots in a compartment is lower than in a stand. The difference originating from

different definitions of dominant height was about 6 % on average for five compartments experimented in study area 16.

In practical work, the estimates for compartments are usually made ocularly. Special instruments are used only for measuring the basal area, height and age. The accuracy of this kind of inventory is not very good as can be seen in Table 10. In the interpretation of the results it should be noticed that the values y , with which the comparisons are made, are not without errors. It can be concluded that ocular field estimations made by skilled personell can provide results with about 20 % accuracy (pooled standard deviation of most important stand characteristics). More accurate results would require rapidly increasing amounts of field measurements. Estimates from aerial photographs proved to be inferior to ocular field estimates.

Conclusions

The forest under private ownership in Finland are usually not treated consistently. This, and the fact that the objectives in delineation are not unambiguous and without contradiction, makes it practically impossible to give only one valid definition for a correct delineation of a forest into compartments. A compartment should be large enough for planning and economic handling purposes and fairly homogenous with regard to forest stand characteristics. In practice, fairly large heterogeneity has to be accepted within a compartment. Often, many kinds of alternative delineations can be accepted without being possible to say distinctly which of them is best.

The forest inventories made by compartments must rely heavily on ocular estimations. Increasing the reliability means a rapid increase in inventory costs as illustrated in Figure 8. The reliability has been defined in

percentage terms, i.e. 100 percent minus percentage of standard deviation from the mean.

In Figure 9 benefits and costs achievable by compartmentwise inventory, and forest planning based on it, are illustrated based on alternative assumptions. Fixed costs are 10 Fmk/ha and costs dependent on reliability are based on figure 8. Benefits are dependent on multiple of criteria. Three levels of curves are taken for illustration. Benefits originate from information such as economic order of compartmental clear cuttings, information for allowable cut, necessity of silvicultural treatments and possibilities for using own labor and for economic forestry investments. Planning also has a positive effect on the professional activity of the forest owner.

Compartmentwise forest inventory can be optimized in relation to the individual forest owner, to a forestry organization and to the whole national economy. According to Figure 9 the optimum reliability of an inventory should be 80–83 % for a forest owner. In the situation where a forest organization lacks resources the optimum reliability level for the organization is lower, about 76–79 %. This means that according to business economics it would be economical to invest about twice the amount which is sensible for forestry organizations under limited resources. For the nation, however, it might be economical to increase the resources on planning through compartmentwise inventory.

Besides higher investments in inventory work, the optimization work could be improved by directing investments towards improving the inventory method. It is probable that ocular estimations are still to be applied but control systems should be included. The possibilities for using satellite imagery and for increasing the use of photo interpretation are prospective. Need for updating forestry data requires a higher reliability for the estimates. It is also probable that use of more sophisticated methods with control procedures calls for fairly large systems and organizations to develop work on long term basis.

Liite 1. Koeala- tai sen osatietueen rakenne.

Sarake	Tiedon kuvaus	Column	Description of the item
1-2	Tutkimusalue	1-2	Study area
3-4	Koealan x-koordinaatti	3-4	x-coordinate of the plot
5-6	" y- "	5-6	y-coordinate of the plot
7-8	Kuvion numero kuviointiperusteella 1	7-8	Number of the compartment by delineation 1
9-10	" " " " 2	9-10	Number of the compartment by delineation 2
11-12	" " " " 3	11-12	Number of the compartment by delineation 3
13-15	" " " " 4	13-15	Number of the compartment by delineation 4
16	Veroluokka	16	Taxation class
17-18	Kehitysluokka	17-18	Treatment class
19-21	Ikä koealan tai sen osan näkymäympäristön mukaan	19-21	Age estimation based on plot and surrounding
22-24	Puulajisuhteet (mä, ku, lp)	22-24	Proportions of tree species (pine, spruce, broad leaved)
25-27	Tilavuus koealan tai sen osan näkymäympäristön mukaan	25-27	Volume m ³ /ha based on the plot and surrounding
28-30	Puutavaralajirakenne (tukki, kuitu, muu)	28-30	Distribution of the volume into assortments
31-36	Poistumaehdotuksen puutavaralajirakenne (havutukki, lehtitukki, mä-kuitu, ku-kuitu, lp-kuitu, muu)	31-36	Distribution of the volume suggested for cut into assortments
37-39	Poistettavan puuston tilavuus	37-39	Volume suggested for cutting
40	Hakkuutapa	40	Type of cutting suggested
41	Hakkuun kiireellisyys	41	Need for cutting
42	Maan kantavuus	42	Type of soil for transportation
43-48	Hoitotoimenpide-ehdotukset ja hoidon kiireellisyys	43-48	Silvicultural suggestions
49-57	Relaskooppikoealalle tai sen osalle luettujen puiden puulajeittaiset tilavuudet (= Summa(fh)i)	49-57	Volumes by tree species measured accurately for a plot or a part of a plot
58-59	Koealan tai sen osan pohjapinta-ala (= Summa q n), jossa q = relaskooppi-kerroin ja n = luettujen puiden luku	58-59	Basal area of the plot or for a part of it
60-62	Koealan tai sen osan puiden ikä, suora mittaus	60-62	Age measured for the plot or for a part of it
63-63	Koealan tai sen osan puiden keskipituus	63-63	Mean height of the plot or of a part of it
65-66	Koealan tai sen osan puiden keskiläpimitta	65-66	Mean diameter of the plot or of a part of it
67-68	Kuvion osuus koealasta kuviointiperusteella 1	67-68	Proportion of the plot belonging to the compartment of delineation 1
69-70	" " " " " 2	69-70	Proportion as above with delineation 2
71-72	" " " " " 3	71-72	Proportion as above with delineation 3
73-74	" " " " " 4	73-74	Proportion as above with delineation 4

Item values in columns 49-66 are based on direct measurements.
Items of columns 16-48 are based both on measurements and ocular estimations.

Liite 2. Arvioinnissa käytetyt kuviotunnukset ja niiden koodit.

Kasvupaikkatyyppi		Hakkuutapa		III pääluokka	
Metsämaa	1	Ylispuuhakkuu	1	Mä-täydennysviljely	1
Kitumaa	2	Harvennushakkuu	2	Ku- " "	2
Joutomaa	3	Väljennushakkuu	3	Raudusko- " "	3
Pelto, niitty	4	Kaistalehakkuu	4	Muun puulajin " "	4
Tontti	5	Avohakkuu	5	Äestys, laikutus yms.	5
Vesistö	6	Verhopuuhakkuu	6	Auraus	6
		Suojuspuuhakkuu	7		
Kasvullisuusluokka		Siemenpuuhakkuu	8	Täydentävä ohje	
Lehdot ja lehtom. kank.	1	Erikoishakkuu	9	Viljely kylvään	1
Tuoreet kankaat	2			Luontaisen uudistam.	
Kuivahkot kankaat	3			mahdollisuus tutkitt.	2
Kuivat ja karuhkot kank.	4	Hakkuun kiireellisyys		Ruohous	3
Korvet	5	10-vuotisk. alkupuolella	1		
Rämeet	6	" loppupuolella	2		
Kalliomaat (lakimaat)	7	Voi tehdä	3	Lannoitus	
Joutomaiden suot	8	Lepo, ehdollinen	4	Metsitys-lannoitus	1
Varastopaikat, tiet	9	" , ehdoton	5	Peruslannoitus	2
				Kasvatuslannoitus	3
				" lannoitetulle	4
		Maaston kantavuus		Lannoitettu	5
		Sulan maan aikana	1		
		Vain talvella	2	Ojitus	
Kivisyys, soistuneisuus, kuivatusaste				Uudisojitus	1
Kivetön, vähäkivinen	1	I pääluokka		Täydennysojitus	2
Kivinen	2	Männyn viljely	1	Perkaus	3
Erittäin kivinen	3	Kuusen "	2	Perkaus+täyd.ojitus	4
Soistunut	4	Rauduskoivun "	3	Ojitusehdotus tarkis-	
Luonnontilainen suo	5	Muun puulajin "	4	tettava myöhemmin	5
Ojikko	6	Luontainen uudistaminen	5	Ojituskelvoton	6
Muuttuma	7	Taimikon havennus	6		
Turvekangas	8	Taimikon perkaus	7	Hoidon kiireellisyys	
				Heti	H
Kehitysluokka		II pääluokka		10-vuotisk. alkup.	1
0 Aukea	A0	Raivaus	1	" loppup.	2
0 Siemenpuullinen aukea	S0	Vesakontorj. mekaan.	2	Voi tehdä	3
1 Taimikot	T1	" kemiall.	3		
1 Taimikot ylispuineen	Y1	Kulutus	4		
2 Nuoret kasvatusmetsiköt	O2				
3 Varttuneet "	O3				
4 Hakkuukypsät metsät	O4				
5 Suojuspuumetsät	O5				
6 Vajaatuottoiset metsät tai alar. A6, B6, C6, D6	O6				