

VI. Schlussbemerkungen

Die 22 Jahre, habe ich in dieser Zeitschrift veröffentlicht, dass sämtliche forstlichen Fachwissenschaften sich nur um eines als angewandte Wissenschaften auf den praktischen Forstbetrieb — ich nannte es damals Einzelwirtschaftssystem — ausrichten sollten (Loarich: "Die Gestaltsidee des forstlichen Einzelwirtschaftssystems". Bückeburg, Verlag Pöhl 1933). Der Kern dieser erkenntnistheoretischen Betrachtungen ist mir bis zum heutigen Tage wesentlich erhalten. Es knüpft sich wieder an die Züchtung des Forstbaubetriebs. Die richtig angeordnete Waldinventur vermag sowohl bei den einzelnen Nachhalthsbetrieb als auch für größere schülerbetriebe oder national geordnete Räume Informationen über die zahlenmäßig fundierte Beurteilung aller wesentlichen, den Begriff Forstwirtschaft abgeleiteten Bestandteile zu geben. Es kommt nur darauf an, das Forstbaubetrieb der Inventur, wenn ich den Vergleich einmal machen darf, so zu tun, dass die Forste aller gewünschten Größensordnungen darin gefangen werden können. Die Forschung und Arbeit an der Methodik der Waldinventur ist sich mit jener zu vergleichen, die etwa der Röntgenphysiker zur Verbesserung der Herstellung von Röntgenapparaten, vorführt. Wie der Röntgenphysiker die Technik seiner Apparatur verstehen muss, so muss er als Arzt auch in der Lage sein, die aus den Röntgenbildern zu erkennen den Diagnose klar zu stellen. Genauso muss der Forstingenieur, der sich an den Entwicklungsgängen des Systems der für die Fragestellungen des Landes notwendigen Inventur entwickelt und durchführt, nicht nur ein Techniker, etwa in der Statistik oder der Luftbildinterpretation sein, sondern er muss auch in der Lage sein, das Inventurergebnis nach allgemein forstwirtschaftlichen (Forest Management), betriebswirtschaftlichen, waldbaulichen und forstpolitischen Aspekten zu bewerten, so dass der volle Fortschritt der geleisteten Arbeit genutzt werden kann. Ich glaube daher, nicht zu weit zu behaupten, wenn ich feststelle, dass die durchgeführten forstlichen Waldinventuren die Grundlage für den gesamten Stand der forstlichen Planung in allen wesentlichen forstlichen Disziplinen darstellt.

KOE METSIKKOLUOKITUSTEN SUORITTAMISEKSI ILMAKUVIEN AVULLA

AARNE NYSSONEN JA SIMO POSO

SUMMARY:

TREE STAND CLASSIFICATIONS FROM AERIAL PHOTOGRAPHS: AN EXPERIMENT

HELSINKI 1962

Johdanto

Perusteita ilmakuvatulkinnan käyttömahdollisuuksille puuston arvioinnissa Suomen olosuhteissa on jo aiemmin saatu eräistä tutkimuksista. Puun rungon ja latvuksen korrelaatioon kohdistuneen tarkastelun (ILVES-SALO 1950) jälkeen tehtiin tutkimus puuston arvioinnista ilmakuvien avulla (NYSSÖNEN 1955). Tässä työssä valmistettiin yli sadan maasta käsin mitatun männikön perusteella metsikön kuutioimistaulukko, jossa tunnuksina ovat puiden keskipituus ja niiden latvuston peittävyys. Lisäksi tutkittiin useiden koekuvausten ja maasta käsin mitattujen, ilmakuville paikallistettujen koealametsiköiden avulla edellä mainittujen, kuutioimistaulukoiden käytössä tarvittavien tunnusten arvioinnin luotettavuutta. Tulokset yhdistämällä muodostui käsitys siitä, millä tarkkuudella männikön kuutiomäärä on arvioitavissa tavanomaisilta ilmakuvilta.

Osoittautui, että arvion keskivirhe nousee n. 28 prosenttiin. Toisin sanoen: arvioitaessa 100 männikköä ko. menetelmällä tuloksen suhteellinen virhe jää mainittua pienemmäksi keskimäärin 68 metsikössä. Niin ollen vain hyvin karkeat puuston arvioinnit ovat mahdollisia yksinomaan ilmakuvia käyttämällä. Kun tämän suuren hajonnan lisäksi on otettava huomioon myös tuntuvien systemaattisten virheiden vaara, on puuston kuutiomäärästä ilmakuvilta saatava kuva riittävä vain poikkeustapauksissa.

Edellä sanotusta ei ole kuitenkaan vedettävä sitä johtopäätöstä, että ilmakuvatulkinnan merkitys puuston arvioinnissa jää pakosta vähäiseksi. Asian valaisemiseksi voidaan palauttaa mieleen yleinen lähtökohta arvioimistoimituksissa. Pyrkimyksenä on ottaa tietyllä periaatteella näyte tutkittavista ominaisuuksista. Yksinkertaisella tavalla lasketaan näytteen suuruus kaavalla

$$n = \frac{s^2}{E^2}$$

missä n = otosyksiköiden lukumäärä, s = keskihajonta ja E = keskivirhe. Esim. kuutiomäärän arvioimiseksi tarvittavien koealojen lukumäärä on siis riippuvainen koealojen kuutiomääräin vaihtelusta sekä asetetusta tarkkuusvaatimuksesta. Jos vaihtelu on suuri, koealojen lukumäärä ja

siihen liittyen myös arviointikustannukset ovat verraten suuria. Jos taas vaihtelu on pieni, selviydytään ko. suhteessa vähemmällä. Mikäli nyt laajan vaihtelun käsittävä perusjoukko voidaan jakaa pienempiin perusjoukkoihin eli ositteisiin, joiden kunkin sisäinen vaihtelu on suhteellisen pieni, ositteille ja samalla koko perusjoukolle on mahdollista saada luotettavat arviointitulokset käyttämällä verraten pientä koealamäärää. Tällaisessa ositetussa otannassa nimittäin ositteiden välinen vaihtelu vähennetään kokonaisvaihtelusta, joten ensi sijassa vain ositteiden sisäinen vaihtelu vaikuttaa arvioinnin luotettavuuteen.

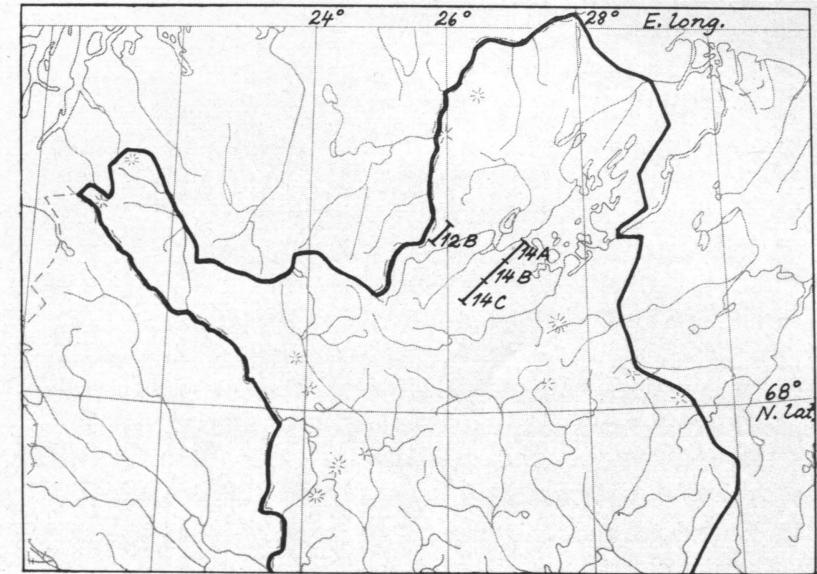
Kun ilmakuvatulkinnalla saavutettavia tuloksia tarkastellaan viimeksi selostetulta näkökannalta, ei ole välttämätöntä päästä suureen tarkkuuteen esim. kuutiomäärän arvioinnissa. Mikäli kuvien avulla voidaan suorittaa stratifiointi eli metsien ryhmitys muutamiin suuripiirteisiin luokkiin, kuvilla voi olla hyvin tärkeä tehtävä arviointimenetelmän yhtenä osana. Eri maissa suoritetuissa lukuisissa metsien inventoinneissa kuvatulkinntaa onkin käytetty laajassa mitassa ja todettu kiistattomasti näin saavutettavat edut.

Alussa selostettu NYYSÖSEN tutkimus ja eräät muut kokeilut ovat tosin antaneet käsitystä metsikköluokitusten suorituksesta kuvatulkinntalla, mutta kysymystä ei ole Suomen oloja silmälläpitäen vielä läheskään riittävästi selvitetty. Sen johdosta on paikallaan tarkastella erään sellaisen kokeen tuloksia, joka tehtiin Inarissa III:n valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä. Kahta arvioimislinjaa koskeviin kuvauksiin liittyvien maa-arviointien ja myöhemmin ilmakuvilta suoritettujen koearviointien järjestäminen on ollut NYYSÖSEN tehtävänä, kun taas POSO on käsitellyt aineistoa metsänarvioimistieteen opinnäytteenä. Tämän selostuksen suoritetuista töistä ja niiden tuloksista on NYYSÖSEN laatinut sen luonnoksen pohjalta, jonka POSO oli valmistanut edellisen tekemään jäsen-telyyn nojaten.

Tutkimusmenetelmä

Arvioimislinjoja 12 ja 14 kuvattiin 15. 6. 1953 normaalikameralla mitta-kaavassa 1:15 000 yhteensä n. 350 km:n pituudelta. Varjojen suhteellinen pituus kuvausaikana oli 1.1—1.2. Kuvauksessa käytettiin infrafilmiä ja keltasuodinta. Filmin laatu oli ehkä hiukan heikontunut runsaan vuoden kes-täneessä, vaikkakin huolellisessa varastoinnissa.

Varsinaiseksi tutkimusalueeksi valittiin em. linjoja yhteensä n. 66 km jaettuna neljään vähintään 15 km:n pituiseen osaan (kuva 1). Arviointi-työ maasta käsin tapahtui III inventoinnissa sovelletulla menetelmällä



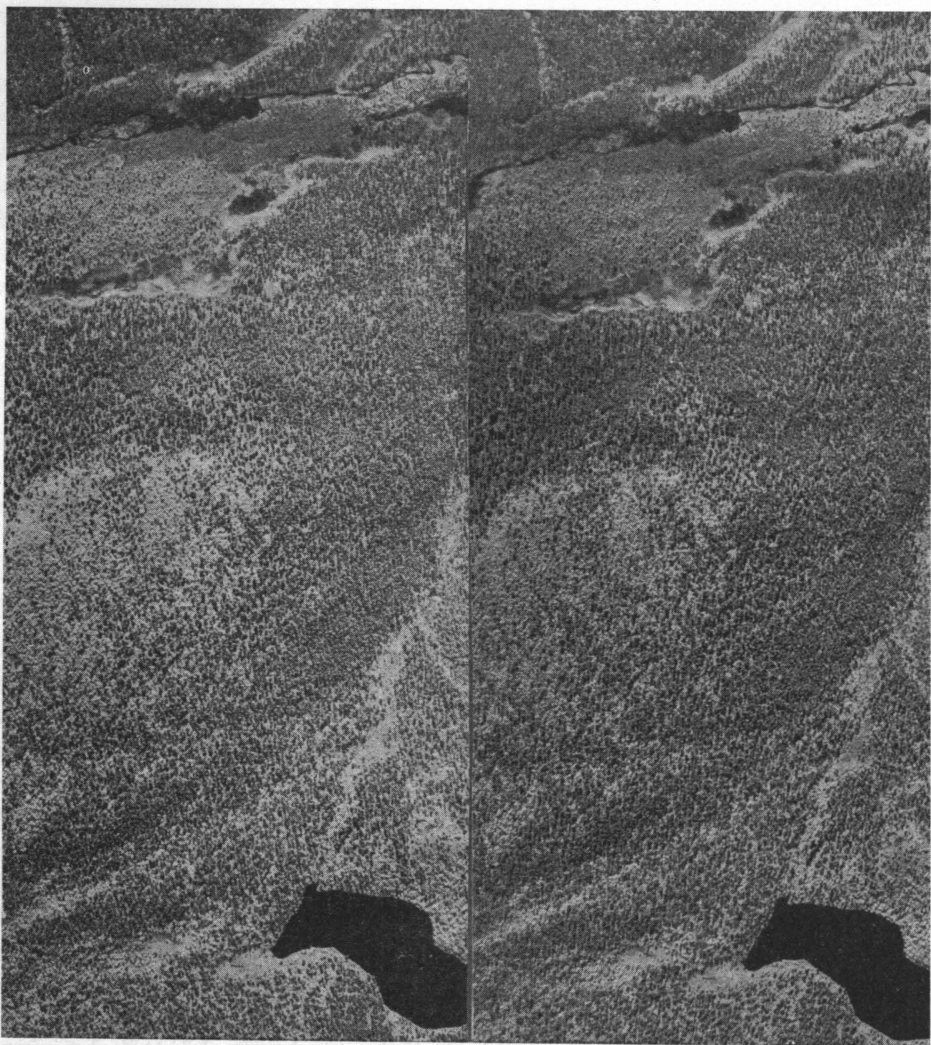
Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti.

Fig. 1. Location of the experimental area.

(ILVESSALO 1956). Aputaulukoita tukena käyttäen suoritettiin siis silmä-varainen, erilaisiin tunnuksiin kohdistunut kuvioittainen arviointi, koealoja otettiin 1 km:n välein ja havaintoja tukkipuustosta tehtiin myös koealojen keskivälille sijoitetuilla puolikoealoilla. Kun suoritettu ilmakuvatutkimuksessa on käytetty hyväksi lähinnä vain kuvioittaisen arvioinnin tuloksia, ei tarjolla olleita vertauslukuja voida tietenkään pitää täysin oikeina esim. kuutiomäärän osalta. Arviointien ja laskettujen kuutiomäärien kesken yleisesti ilmennyt korkea korrelaatiokerroin (vrt. ILVESSALO mt.) oikeuttaa kuitenkin pitämään kuvioittaisen maa-arvioinnin tuloksia nyt kysymyksessä olevaan tarkoitukseen hyvin käyttökelpoisina.

Arviointityön suorittajina oli kaksi metsänhoitajaa, ERKKI NUMMINEN ja KALERVO SETÄLÄ. NUMMINEN arvioi linjanosat 12B ja 14C, SETÄLÄ vastaavasti linjanosat 14A ja 14B. Ilmakuvilta he arvioivat myöhemmin toistensa maassa kulkemat matkat. Maasta käsin arviointien linjojen paikallistamisessa ilmakuvilla on esiintynyt paikoin epävarmuutta sen johdosta, etteivät kaikkia linjanosia koskevat kuvat olleet käytettävissä maastotyötä samana kesäkautena tehtäessä. Paikallistaminen on näissä tapauksissa suoritettu jälkepäin varmojen maastokohtien avulla.

Tärkeän maastotöiden osan muodostivat ns. stereogrammojen eli mallialojen valmistamiseksi tarpeelliset koealojen mittaukset. Stereogrammaa valmistettaessa tarvittiin kohteen kolmiulotteisen tarkastelun edellytyk-



Kuva 2. Kuvapari tutkimusalueelta.

Fig. 2. A stereoscopic pair from the experimental area.

senä oleva alustalle kiinnitetty kuvapari sekä asianomaiset tiedot kohteesta. Kaikkiaan 16 metsikkökoealaa, jotka ilmakuville oli luotettavasti paikallistettu ja joiden suuruus oli 1.00—2.25 ha, muodostivat stereogramma-aineiston. Tämä oli siis verraten suppea, mutta kuitenkin merkittäväksi avuksi kyseisissä yksinkertaisissa oloissa. Männiköitä oli 9, koivikoita 4 ja sekametsiköitä 3. Kuutiomäärien vaihtelualue oli aineistossa 3—91 m³/ha kuorineen, mikä peitti jokseenkin kokonaan varsinaisessa

metsikköaineistossa esiintyneen vaihtelualueen. Ainakin tässä mielessä stereogramma-aineistoa on niin ollen pidettävä edustavana.

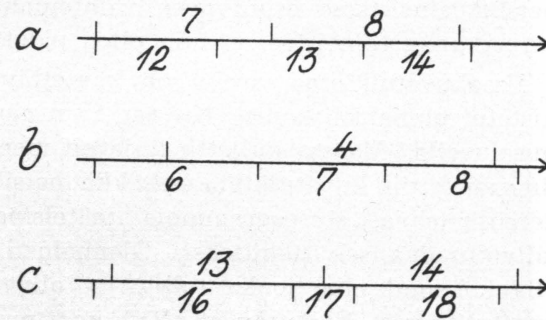
Ilmakuvatulkintaa varten oli käytettävissä kiiltävälle paperille valmistetut pinnakkaiskopioid. Kuvaan 2 on näytteeksi otettu kuvapari tutkimusalueelta. Maassa kuljettu linja oli merkitty kuvien taakse. Sitä pitkin suoritettiin kuvatulkinta metsikkö metsiköltä käyttämällä apuna linssi-stereoskooppia, stereogrammoja ja toisinaan myös parallaksimittauksia valtapituuden selvittämiseksi. Olennainen merkitys oli tietenkin myös sillä kokemuksella, jonka tulkitsijat olivat lähialueilla suorittamassaan arviointityössä saavuttaneet. Tulosten muistiinmerkintä tapahtui maa-arvioinnissa käytetyille kuviolomakkeille.

Metsiköiden rajoitus tapahtui ilmakuvilta täysin itsenäisesti, maa-arvioinnista riippumatta. Muun muassa sen johdosta, että maa- ja ilma-arviointien suorittajina oli kaksi henkilöä, joiden näkemyksessä on eroavuuksia tulkinnanvaraisissa tapauksissa, ja että tutkimuskohteena olleissa metsissä metsiköt usein hitaasti vaihtuvat toisiksi, eivät kuvioiden rajat maastossa ja ilmakuvilta arvioituina läheskään aina sattuneet yksiin. Jo kuvioiden lukumäärän sai toinen arviointimies ilmakuvilta vain runsaaksi puoleksi (yhteensä 137) toisen henkilön maastossa arvioimasta kuvioluovusta (yht. 251). Näin siis kuvioiden muodostaminen tapahtuu ilmakuvilta helposti suuripiirteisemmin kuin maasta käsin. Toisessa tapauksessa kuvioluovut tulivat sen sijaan miltei täsmälleen samoiksi (144 ja 141). Mutta tällöinkin metsikkökuvioiden molemmat rajat yhtenivät vain harvoin. Niin ollen täytyi harkita, millä keinoilla vertauskelpoisten pariien lukumäärää voitaisiin lisätä alkuaan vain noin 10:stä maa- ja ilma-arviointien perusteella toisiaan täysin vastanneesta kuviosta.

Kun vertailupareja muodostettaessa asetettiin ehdoksi se, että maa- ja ilma-arvioinneissa erotetuilla kuvioilla piti olla yhteistä osaa vähintään n. 2/3 kuvioiden pituuksien keskiarvosta, lisääntyi vertailupariien lukumäärä jo 42:een. Enemmän vertailupareja saatiin yhdistämällä kuvioita siten, että niiden pituuksien summat vastasivat kutakuinkin täydellisesti toisiaan. Tällaista tapausta esittää kohta a kuvassa 3, missä vertailupari muodostuu kuvioiden 7 ja 8 sekä 12, 13 ja 14 summista. Kohdan b edustamassa tapauksessa taas vertailupari on voitu muodostaa ilma-arvioinnin kuviosta 4 ja maastossa erotetusta kuviosta 7, jonka naapurikuvioiden kuutiomäärä on poikennut vain vähän kuvion 7 kuutiomäärästä (kuvio 6 = 30 m³/ha, kuvio 7 = 40 ja kuvio 8 = 50 m³/ha). Kohdassa c esitettyssä tapauksessa on muodostettu kaksi vertailuparia: ilma-arvioinnin kuviota 13 vastaamaan on otettu maa-arvioinnin kuvio 16 ja puolet kuviosta 17, kun taas kuviota 14 vastaa puolet kuviosta 17 ja kuvio 18.

Kuva 3. Vertailuparien muodostaminen. Arvioimislinjojen yläpuolella ovat ilma-arvioinnin kuviot, alapuolella maa-arvioinnin kuviot.

Fig. 3. Comparison of stands of aerial survey with those of ground survey. The former are above, the latter below the survey lines.



Edellä selostetuilla tavoilla syntyi kaikkiaan 82 vertailuparia. Näihin kuuluvien kuvioiden yhteinen pituus oli maastossa suoritetun mittauksen mukaan 31.4 kilometriä, siis vajaa puolet koko linjapituudesta n. 66 km:stä. Vertailuparien keskimääräinen pituus oli 383 m lyhimmän ollessa 60 ja pisimmän 1 500 m. Maa-arvioinnissa tuli keskikuutiomääräksi vertailuparien osalla 40.6 m³/ha ja koko linjapituudella 26.2 m³/ha, joten vertailupareja muodostettaessa karsinta on pääasiallisesti kohdistunut vähäpuustoiisiin metsikköihin.

Tutkimuksen tulokset

Ilmakuville arvioidut tunnuksat ovat maiden pääryhmä, metsä- tai suotyypin, pää- ja sekapuulajit, ikäluokka, tiheys, valtapituus ja kuutiomäärä. Jäljempänä tapahtuvassa tarkastelussa jätetään ensiksikin metsä- tai suotyypin käsittelemättä. Niin kuin tunnettua, kasvupaikan laatu on kylä tietyn määrin selvitetävissä ilmakuville mm. topografian avulla, mutta esim. metsätyyppin arvioimiseen ei ole katsottu olevan ainakaan kyseisissä oloissa riittävästi perusteita. Tärkeää maiden luokitusta käsitellään kuitenkin pääryhmien puitteissa. Edelleen jäävät ikä- ja tiheysuhteet tarkastelun ulkopuolelle. Kun metsät tutkimusalueella ovat yleensä luonnontilaisia ja vanhoja ilman mitään selviä ikäluokkaeroja, ei aineisto ole hyvä ikärakenteen arviointia varten. Myös puuston tiheyden arviointi on epämääräistä, kun tiheyden määrittäminen ei perustu sellaiseen ilmakuville verraten helposti arvioitavaan tekijään kuin latvuston peittävyys. Niin ollen käsitellään seuraavassa erikseen maiden luokitusta pääryhmiin sekä pääpuulajin, valtapituuden ja kuutiomäärän arviointia. Kaikilla näillä seikoilla voi olla tärkeä merkitys ajateltaessa ilmakuville tapahtuvia luokituksia.

Maiden luokitus. Maiden luokituksessa on erotettu neljä pääryhmää: kasvulliset (I) ja huonokasvuiset (II) metsämaat, joutomaat (III) ja muut maat (IV), minkä lisäksi on pinta-alaa koskevassa tarkastelussa erotettu omaksi ryhmäkseen vedet. Ryhmissä I — III on suot erotettu merkinnällä s kovista maista k. Taulukko 1 esittää linjapituuden jakautumisen mainittuihin ryhmiin erikseen n. 16—17 km:n pituisilla linjanosilla sekä koko n. 66 km:n pituisella linjalla.

Taulukko 1. Maan jakautuminen pääryhmiin maa-arvioinnin (1) ja ilma-arvioinnin (2) perusteella.

TABLE 1. Percentage distribution of land area into main groups in the ground survey (1) and aerial survey (2).

Pääryhmä Main group	12 B		14 A		14 B		14 C		Yhteensä Total	
	Arvioimistapa — The way of surveying									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
% linjapituudesta — Per cent of the line length										
I k	60	45	51	48	43	37	42	62	50	48
I s	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
II k	5	25	9	26	19	28	32	15	15	24
II s	13	8	3	3	5	8	7	2	7	6
III k	—	—	23	13	23	16	3	6	12	9
III s	17	15	2	1	5	5	14	15	10	9
IV	—	—	4	2	—	—	—	—	1	—
Vesiä — Water	5	7	8	7	5	4	—	—	5	4
Yhteensä Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Verrattaessa ilma-arvioinnin tuloksia maa-arvioinnin tuloksiin havaitaan paljon samankaltaisuutta, mutta samalla merkittäviäkin eroja. Tärkein ryhmä Ik on koko linjalla saatu jokseenkin oikeaksi, vaikka erällä linjanosilla (12B, 14C) esiintyy suuria poikkeuksia. Näissä tapauksissa ryhmien Ik ja Iik raja on vedetty ilmakuville toisin kuin maastossa; näiden ryhmien prosenttilukujen summat eivät paljon poikkea toisistaan. Vastaavaa ryhmien välistä siirtymistä havaitaan myös linjanosilla 14A ja 14B, joilla eroja on varsinkin ryhmien Iik ja IIIk kesken.

Arvosteltaessa mainittuja eroavuuksia on muistettava, että pääryhmien I ja II sekä II ja III välisen rajan vetäminen on jo maastossakin usein epämääräistä ja harkinnanvaraista ryhmien muuttuessa vähitellen toiseksi. Esim. ryhmään IIIk kuuluvilla mailla esiintyy yleisesti pensasmaista koivua, joten vaikeuksia luonnollisesti syntyy pääteltäessä sitä, mistä alkaen jo on paikallaan merkitä Iik. On varsin todennäköistä, että etelämpänä, toisin sanoen Suomen tärkeimmillä metsätalousalueilla, pääryhmien erottelu onnistuisi huomattavasti paremmin.

Taulukossa 1 on vielä syytä kiinnittää huomiota siihen, että merkinnän saaneet maat on ilmakuvilla melko hyvin voitu erottaa muista. Muita maita (IV) on niukasti; linjanosalla 14A niiden osuus ilmakuvilla on jäänyt pienemmäksi kuin maastossa sen johdosta, ettei verhopuustoa käsittävää laidunmaata eikä puustoista tonttialuetta ole kuvilla erotettu. Kun järveen liittyvä vetinen neva on linjanosalla 12B luokitettu vesiksi nyt käytettävissä olleilla infrakuvilla, on vesien prosenttiluku tullut hieman todellista suuremmaksi.

P ä ä p u l a j i. Puulajisuhteiden arviointia silmälläpitäen aineisto on yksipuolinen, sillä kuusta esiintyy alueella vain poikkeuksellisesti. Käytettävissä olleilla 82 vertailuparilla onnistuttiin pääpuulajin erottamisessa ilmakuvilta 78 tapauksessa. Puulajeittain tulosta osoittavat seuraavat luvut:

76 mäntyvaltaisesta metsiköstä oikein	74
5 koivu „ „ „	4
1 kuusi „ „ „	0

Arvioiduilta linjoilta laskettiin myös pääryhmien I ja II kohdalla eri puulajien vallitsemien metsiköiden osuus linjapituudesta sekä maa- että ilma-arvioinnin mukaan. Tulokset olivat seuraavat:

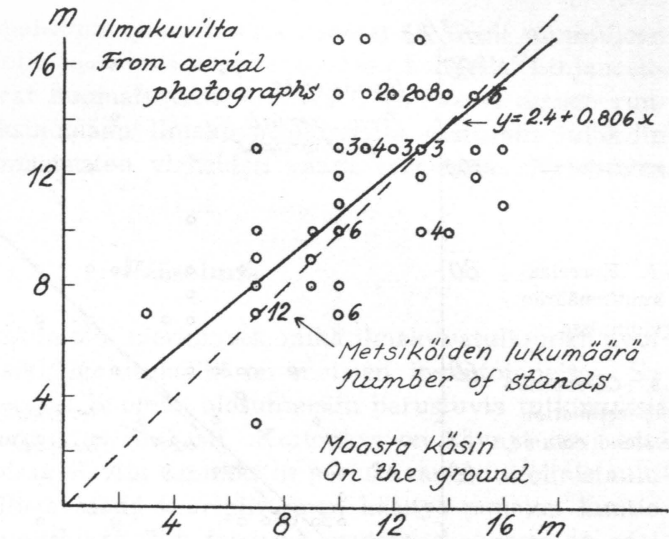
	Maa-arviointi On the ground	Ilma-arviointi From the aerial photographs
Mäntyvaltaisia — Pine dominating	84 %	82 %
Koivu „ — Birch	15 „	18 „
Kuusi „ — Spruce	1 „	— „
Yhteensä — Total	100 „	100 „

Ilmakuvatulkinnassa on koivuvaltaisten metsiköiden osuus tullut todellista vähän suuremmaksi. Tämä liittyy maiden luokituksessa syntyneisiin eroihin: kun maa-arvioinnin joutomaita, pääosalta pensasmaisia koivikoita, on ilma-arvioinnissa merkitty huonokasvuiseksi metsämaiksi, on samalla koivuvaltaisten metsiköiden osuus lisääntynyt.

Kokonaisuutena osoittavat edellä esitetyt luvut, että mänty- ja koivuvaltaiset metsiköt on pystytty ilmakuvilla erottamaan toisistaan varsin tyydyttävästi. Tällaisen tuloksen saavuttamista ovat edistäneet paikallisiin oloihin nähden verraten varhainen kuvausaika (15. 6) sekä infrafilmin käyttö.

Kuva 4. Korrelaatio valtapituuden arvioinnissa.

Fig. 4. Correlation in the estimation of the dominant height.



V a l t a p i t u u s. Valtapituudella tarkoitetaan hehtaaria kohti 100 paksuimman puun keskimääräistä pituutta. Sen arvioiminen maastossa on tapahtunut huomattavaksi osaksi silmävaraisesti, mutta apuna on käytetty koealoilla tehtyjä pituusmittauksia, minkä lisäksi ryhmänjohtajia on kehoitettu suorittamaan pituushavaintoja tarpeellisessa määrin myös koealojen välillä. Kuitenkin on tämän tunnuksen samoin kuin kuutiomääränkin kohdalla muistettava, ettei vertauskohteena oleva maa-arvioinnin tulos ole aina täysin oikea, niin kuin jo aiemmin mainittiin.

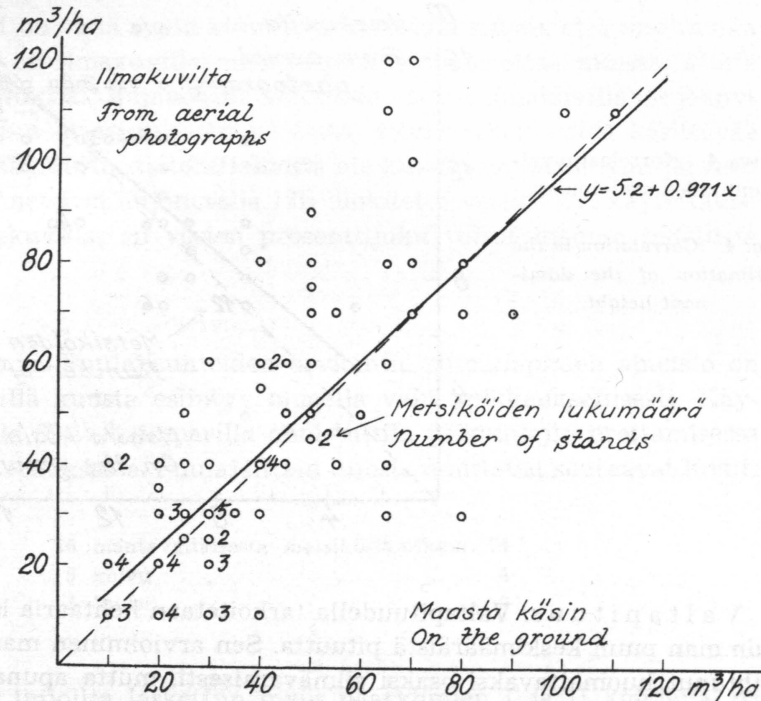
Pituusarviointeja ilmakuvilta suoritettaessa on stereogrammojen lisäksi käytetty apuna parallaxierojen mittausta.

Valtapituuden arvioinnissa saatuja tuloksia esittää kuva 4, missä on kaikkia 82 vertailuparia edustavat havainnot sekä regressiosuora yhtälöineen. Maastohavaintojen keskiarvo $\bar{x} = 10.9$ m, ilma-arvioinnissa tehtyjen havaintojen $\bar{y} = 11.2$ m, joten lievää yliarviointia on tapahtunut. Korrelaatiokerroin $r = 0.701$ sekä sen keskivirhe $sr = \pm 0.080$. Riippuvuus on siis hyvin selvä, jos kohta huomattaviakin poikkeamia esiintyy, mitä osataan kuvaa ilma- ja maa-arvioinneissa tehtyjen havaintojen erotusten perusteella laskettu keskihajonta $s = 2.5$ m.

K u u t i o m ä ä r ä. Ilmakuvatulkinnalla tapahtuvan kuutiomäärän arvioinnin luotettavuutta on selvitetty samaan tapaan kuin valtapituudenkin arvioimistarkkuutta. Tarkasteltaessa kuvaa 5 voidaan havaita selvä riippuvuus ilma- ja maa-arviointien tulosten kesken ($r = 0.767$, $sr = \pm 0.072$). Kun $\bar{x} = 39.6$ m³/ha ja $\bar{y} = 43.7$ m³/ha, on kuutiomäärä arvioitu ilmakuvilta maastoarvioinnin antamiin tuloksiin verrattuna n. 10 % suuremmaksi.

Kuva 5. Korrelaatio kuutiomäärän arvioinnissa.

Fig. 5. Correlation in the estimation of the stand volume.



Kutakin metsikköä koskevien havaintojen erotuksiin perustuva keskijohdanta $s = 18.3 \text{ m}^3/\text{ha}$. Tämä on noin 46 % maa-arviointiin perustuvien tulosten keskiarvosta. Kun NYYSÖSEN (1955) aiemmassa tutkimuksessa saatiin arvion keskivirheeksi 28 %, näyttävät nyt saadut tulokset heikomilta. Nyt käsitellyssä aineistossa keskikuutiomäärät ovat kuitenkin kovin pieniä, joten melkoiset suhteelliset poikkeamat jo tämän johdosta ovat ymmärrettäviä. Itse asiassa näiden kahden tutkimuksen tuloksia lienee pidettävä samankaltaista luotettavuutta osoittavina. Mainittakoon vielä että toinen arviointimies sai olennaisesti parempia tuloksia kuin toinen, sillä edellisen kohdalla nousi äsken mainittu keskijohdanta vain 35 %:iin.

Laskettaessa yhteen eri linjanosilla sekä koko linjalla ilma- ja maa-arvioinneissa saadut kuutiomäärät sekä verrattaessa erotuksia maa-arvioinnin tuloksiin tullaan seuraavaan asetelmaan:

Linjanosa — Line No.	12 B	14 A	14 B	14 C	Yhteensä Total
Ilma-arviointi — From the photographs	3841	5943	4756	4688	19228 m^3
Maa-arviointi — On the ground	3213	5272	3884	4862	17231 „
Erotus — Difference	628	671	872	174	1997 „
	+19,5	+12,7	+22,4	-3,6	+11,6 %

Koko linjalla on tapahtunut yliarviointia runsaat 10 % eli suunnilleen saman verran kuin edellä jo todettiin vertailuparien kohdalla. Linjanosittain tulokset vaihtelevat huomattavasti erotuksen saattaessa nousta runsaaseen 20 %:iin. Yksinomaan ilmakuvatulkinnalla saatuihin tuloksiin liittyy siis aina systemaattisten virheiden vaara (vrt. esim. NYYSÖNEN 1955).

Päätelmiä

Johdannossa selvitettiin sitä merkitystä, mikä ilmakuvatulkinnan avulla suoritettavilla metsikköluokituksilla on metsien inventoinneissa. Samoin todettiin, että aiempia Suomen olosuhteisiin perustuvia tutkimuksia on kyseisellä alalla suoritettu niukasti. Kuitenkin on käynyt ilmi, että ilmakuvilta selvitettävissä oleviin tunnuksiin perustuvan kuutioimistaulukon avulla on mahdollista saada suuripiirteinen käsitys puuston kuutiomäärästä maan eteläpuoliskossa. Nyt tehdyssä arvioimiskokeessa on edelleen tutkittu kuutiomäärän arvioimista, tällä kerralla stereogrammojen avulla maan pohjoisimmassa osassa. Lisäksi on tarkasteltu maiden luokitusta pääryhmiin sekä pääpuulajin ja valtapituuden arvioimista, toisin sanoen tekijöitä, jotka kaikki ovat kiinnostavia metsien inventoinneissa tarpeellista stratifiointia silmälläpitäen. Ilma- ja maa-arviointien tulosten kesken on havaittu selvä korrelaatio kaikkien nyt käsiteltyjen tunnusien kohdalla. Lisäksi on kuutiomäärän tarkastelussa saatu viitteitä siitä, että tuloksia voidaan vielä huomattavasti parantaa valitsemalla ilmakuvatulkintaan sellaiset henkilöt, jotka siihen parhaiten soveltuvat.

Kaiken kaikkiaan on suoritettu koe osoittanut, että hyviä edellytyksiä metsikköluokitusten suorittamiseen ilmakuvatulkinnalla on olemassa. Tulokset eivät kuitenkaan riitä osoittamaan sitä, miten nämä luokitukset eri tapauksissa on suoritettava ja miten niitä käytetään hyväksi metsien inventoinneissa. Sen johdosta on tarpeen jatkaa kyseisen alan tutkimustyötä, mitä onkin äskettäin saatu käyntiin amerikkalaisten varojen turvin Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa.

Kirjallisuutta — References

- ILVESSALO, YRJÖ. 1950. On the correlation between the crown and the stem of trees. Selostus: Puiden latvuksen läpimitan ja rungon välisestä riippuvaisuussuhteesta. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 38.2.
- „ 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 47.1.
- NYYSÖNEN, AARNE. 1955. On the estimation of the growing stock from aerial photographs. Selostus: Puuston arvioimisesta ilmakuvien avulla. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 46.1.

SUMMARY:

TREE STAND CLASSIFICATIONS FROM AERIAL PHOTOGRAPHS:
AN EXPERIMENT

In connection with the Third National Forest Inventory of Finland (cf. ILVESSALO 1956), two survey strips in northernmost Finland were photographed with a normal lens camera (focal length 20.4, negative size 18×18 centimetres) on a scale of 1:15,000. Infrared film and a yellow filter were used. For the present experiment a total length of 66 km of these strips was photographed, divided into four parts (numbers 12B, 14A, 14B, and 14C; cf. Fig. 1, p.5). Fig. 2 (p.6) gives a sample stereoscopic pair of the area studied.

The strips were surveyed from the ground, stand by stand, using mainly ocular estimates based on auxiliary tables. Sample plots were measured at kilometre intervals. Since in the present experiment the basis of comparison for the aerial photo interpretation results came primarily from estimation by stand only, the results naturally cannot claim to be absolutely correct e.g. in so far as volume is concerned.

The ground survey was made by two foresters, each surveying two parts of the line. Subsequently they each surveyed from aerial photographs the distances covered by the other on the ground. They were helped in this by stereograms which showed 16 large-size sample plots reliably localized on aerial photographs. In addition, the lens stereoscope and in some cases the parallax bar were used. Since the demarcation of the stands on the aerial photographs was wholly independent of the ground survey, these different surveys only gave ten pairs of stands completely overlapping each other. Accordingly, where the figures proved comparable e.g. as in Fig. 3 (p.8), control pairs were set up under certain conditions and the total number of pairs increased to 82.

Table 1 (p.9) illustrates the main groups of the land along the survey line. The main groups were: productive (I) and poorly productive (II) forest land, waste land (III), and other land (IV). In Groups I—III, peat land (s) is distinguished from firm land (k).

Although some significant differences are noted the different survey methods have provided fairly similar results. The most important group, Ik, as estimated from aerial photographs, is reasonably correct throughout the length of line. In some parts of the line (12B, 14C), however, the demarcation of Groups Ik and Iik is different in aerial photographs from that on the ground. Along the lines 14A and 14B changes are noted, especially between Groups Iik and IIIk. Such differences are understand-

able since drawing the line between the main groups, both I and II, and II and III, even on the ground, is a question for individual discretion. It is probable that in the most important forestry areas of Finland further south, the delineating of these main groups would be considerably more successful.

The table also indicates that it has been possible to distinguish fairly well between the lands marked with s and the others. Since on the infrared photographs available a very moist, treeless peat-land has been classified as water, the proportion of water appears slightly greater than it is in reality.

For an estimation of the tree species composition the material is one-sided since the district is mainly pine. The principal tree species was successfully distinguished on aerial photographs in 78 out of the 82 comparable pairs. The table on p.10 again shows the proportion of stands dominated by the different tree species along the line. On the whole, stands dominated by pine and birch have been satisfactorily distinguished on aerial photographs, partly because of the date of photography (June 15), which was relatively early for local conditions, and partly through the use of infrared film.

The dominant height given is the mean height of the 100 thickest trees per hectare. The results obtained are shown in Fig. 4 (p.11) which gives the individual observations and the regression line with its equation. The mean of ground observations is $\bar{x} = 10.9$ m, that of observations on aerial survey, $\bar{y} = 11.2$ m. The correlation coefficient is $r = 0.701$ and its standard error, $sr = \pm 0.080$.

The results of stand volume estimates are given in Fig. 5 (p.12) which reveals a distinct correlation between the various methods of estimation ($r = 0.767$, $sr = \pm 0.072$). Since $\bar{x} = 39.6$ cu.m./ha and $\bar{y} = 43.7$ cu.m./ha, the volume assessed from the aerial photographs turned out to be some 10 per cent higher than that assessed from the ground. The standard deviation based on the differences between observations regarding each stand ($s = 18.3$ cu.m./ha) equals roughly 46 per cent of the mean of ground survey results. The standard error of estimate arrived at in a previous investigation by NYYSÖNEN (1955) was 28 per cent, but since the mean volumes of the present material are very small the results in fact are very similar. In addition, one of the two surveyors proved somewhat more successful in his work than the other.

The table on p.12 finally reveals the differences between the different methods that have arisen in the estimation of total volume over the various parts of the line.

In the earlier study by NYYSÖNEN referred to above it was shown that it is possible, using a stand volume table based on characteristics revealed in aerial photography, to create a general idea of stand volume in the southern half of the country. Volume estimates were further studied by the current experimental estimate, this time by means of stereograms in the northernmost part of the country. A few additional factors, of interest for the stratification necessary in forest inventories, were also studied. A distinct correlation was observed between the results of aerial and ground survey for all the characteristics discussed.

The present experiment showed that the prerequisites for stratification through aerial photography do exist. Further investigation is needed into the most appropriate methods of stratification in each situation. A study into this problem is in fact already being conducted by the University of Helsinki.