

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 267

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Metsäinventoinnin tutkimussuunta



PUUKOHTAISTEN MITTAUSTEN JA ARVIOINTIEN LUOTETTAVUUDESTA VALTA- KUNNAN METSIEN 8. INVENTOINNIN PYSYVILLÄ KOEALOILLA

Antti Ihalainen

HELSINKI 1987

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 267

METSÄNARVIOIMISEN TUTKIMUSOSASTO

METSÄNINVENTOINNIN TUTKIMUSSUUNTA

PUUKOHTAISTEN MITTAUSTEN JA ARVIOINTIEN LUOTETTAVUUDESTA
VALTAKUNNAN METSIEN 8. INVENTOINNIN PYSYVILLÄ KOEALOILLA

ANTTI IHALAINEN

HELSINKI 1987

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO	5
21. Vertailun osuus maastotöistä ja aineiston koko	5
22. Aineistoon tehdyt korjaukset	6
3. TULOKSET	8
Käytetyt merkinnät	8
31. Lukupuut	8
311. Mitatut tunnuksset	8
312. Arvioidut tunnuksset	10
32. Koepuut	15
321. Mitatut tunnuksset	15
322. Arvioidut tunnuksset	24
33. Pienet puut	27
34. Kannot	28
4. TULOSTEN VERTAILU MUIHIN SELVITYKSIIN	30
41. Mitatut tunnuksset	30
42. Arvioidut tunnuksset	32
5. YHTEENVETO	33
51. Yhteenveto tuloksista	33
52. Loppupäätelmät	36
KIRJALLISUUS	37

ISBN 961-40-0843-X

ISSN 0358-4283

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) maastotyöhön kuuluu varsinaisen työn lisäksi vertailu. Ryhmät käyvät vuorollaan mittaamassa uudestaan toistensa lohkoja, niin että periaatteessa mikä tahansa lohko voi tulla vertailluksi.

Vertailumittausten tärkeimpänä tavoitteena on ollut ryhmänjohtajien arviointitapojen yhtenäistäminen. Toisaalta inventoinnin johto on saanut tietoa siitä, mihin ryhmänjohtajien koulutuksessa pitäisi kiinnittää huomiota ja miten inventointia ja sen ohjeita voisi kehittää. Lisäksi on voitu tarkastaa kenttäapulaisten työtä ja mittalaitteiden kuntoa.

VMI 8:n alkaessa kesällä 1985 pysyvien koealojen perustamisella päätettiin vertailutyössä tehdä osa puustomittauksista ilman ensimmäisen mittauksen maastolomakkeita. Aikaisemmin oli vertailtaessa seurattu alkuperäistä lomaketta ja tehty merkintä vertailulomakkeeseen vain, jos oli mitattu liikaa, jätetty mittaamatta tai tehty huomattava mittaus- tai arviointivirhe.

Ilman alkuperäisiä mittauslomakkeita tehtävän vertailun tavoitteena on tutkia mittaus- ja arviointivirheiden satunnaisvaihtelua. Systemaattisten virheiden löytäminen on epävarmaa, sillä vertailumittauksen tulos ei ole ehdottoman oikea, ja "kukin vertailee kaikkia" -periaatteen vuoksi aineisto on liian pieni esimerkiksi ryhmien väliseen tilastolliseen tarkasteluun.

Mittausvirhettä ja sen vaihtelua VMI-ympäristössä ovat joidenkin tunnusten osalta selvittäneet myös Kujala (1979) ja Nousiainen (1986). Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä tehdystä vertailusta on Daamen (1980) julkaissut melko monipuolisen esityksen, joka sisältää myös lyhyen tilastotieteellisen johdannon aiheeseen.

Tämän työn tavoitteena on selvittää VMI 8:n pysyvillä koealoilla tehtyjen puukohtaisten mittaus- ja arviointihavain-

tojen satunnaisvaihtelua ilman alkuperäisiä maastolomakkeita tehtyyn vertailuun perustuen. Pysyvillä koealoilla mittausvirheiden 'hallitseminen' on kertakoealoja merkityksellisempää uudelleenmittauksesta ja muutosten seurannasta johtuen. Toinen merkittävä syy tämänkaltaiseen selvitykseen on se, että VMI 8:n pysyvillä koealoilla tehtiin useita arviointeja ja mittauksia ensimmäistä kertaa VMI:n historiassa.

VMI 8:n pysyvien koealojen kuvio- ja puustomittaukset on esitetty yksityiskohtaisesti monisteessa "Valtakunnan metsien 8. inventointi. Pysyvien koealojen kenttätyön ohjeet. Helsinki 1985", joita on saatavissa Metsäntutkimuslaitoksen metsäninventoinnin tutkimussuunnalta.

2. TUTKIMUSAINEISTO

21. Vertailun osuus maastotöistä ja aineiston koko

Vertailun osuus maastotöistä oli periaatteessa 1/15, sillä kuuden viikon jaksossa kukin ryhmä teki kaksi päivää vertailutyötä käyden kahdella lohkolla. Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnissa vertailun osuus on noin 1/10 työajasta (Daamen 1980).

Arviointiryhmiä oli 12, joten 18-viikkoisen maastotyökauden aikana olisi teoriassa vertailtu 72 lohkolla, mutta käytännössä jäättiin 58:aan. Kullakin lohkolla vertailtiin yksi koeala ilman alkuperäisiä lomakkeita ja lomakkeiden kanssa sen verran kuin ehdittiin. Ilman lomakkeita vertailtiin siten 58 koealaa ja lomakkeiden kanssa tehtiin vertailuja 61 koealalla. Kesän aikana perustettiin 2494 koealaa.

Koealoilla mitattiin lukupuita, koepuita, ns. pikkupuita (s. 25) ja kantoja. Ilman lomakkeita vertailluilla 58 koealalla niitä mitattiin alla olevassa asetelmassa esitetty määrä. Asetelmassa on lisäksi kerrottu, miten usein puu tai pikkupuun-/ kantoryhmä oli mitattu vain toisessa mittauksessa. Luettujen puiden määrä on esitetty puulajeittain taulukossa 1.

	yhteensä	yhteisiä	vain alkupe- räisessä	vain ver- tailussa
lukupuut	1549	1328	88	133
koepuut	432	351	44	37
pikkupuut*	497	421	35	41
kannot*	60	31	(18)	11

*Pikkupuita ja kantoja ei kirjattu yksittäin, vaan pituus- tai läpimittaluokittaisina ryhminä.

Vertailussa oli ilmeisesti joskus unohtunut kantojen mittaminen kokonaan, ja sen tähden vain ensimmäisellä kerralla mitattujen kantojen määrä on sulkeissa.

Taulukko 1. Lukupuuaineisto puulajeittain: N_y = puita yhteensä, N_p = alle 1,3 m:n mittaiset puut, N_i = vähintään 1,3 m:n mittaiset puut ja \bar{d} = niiden keskiläpimitta rinnankorkeudelta (mm).

puulaji	alkuperäinen mittaus				vertailumittaus			
	N_y	N_p	N_i	\bar{d}	N_y	N_p	N_i	\bar{d}
mänty	625	117	508	143,6	648	137	511	144,9
kuusi	428	23	405	145,0	451	28	423	138,5
rauduskoivu	54	0	54	130,1	55	4	51	119,8
hieskoivu	217	0	217	108,8	218	0	218	108,2
haapa	47	0	47	77,9	46	0	46	78,2
harmaaleppä	14	0	14	66,5	14	0	14	69,0
tervaleppä	4	0	4	194,9	4	0	4	196,3
kataja	1	0	1	50,0	0			
pihlaja	1	0	1	48,5	4	0	4	40,3
paju	24	0	24	73,0	21	0	21	72,0

Alkuperäisessä mittauksessa puuttui yhdestä puusta puulajikoodi.

22. Aineistoon tehdyt korjaukset

Alkuperäisen mittauksen tehneellä ryhmänjohtajalla oli lupa tehdä korjauksia lomakkeisiinsa vertailun perusteella, mikäli kyseessä oli selvä väärinkäsitys tai sellaiseksi katsottava mittausvirhe. Muut erot jätettiin ennalleen. Tässä vaiheessa tehtyjen korjausten määrää ei ole selvitetty, mutta eroja on siis ollut jonkin verran enemmän kuin lomakkeista jälkeen päin ilmenee.

Maastotyökauden aikana ja sen jälkeen tehtiin alkuperäiseen mittausaineistoon korjauksia käyttäen apuna ohjelmia, jotka tekivät tietojen välisiä loogisuusvertailuja ja tarkastivat, että kaikki tarvittavat tiedot oli kerätty. Kun virheitä tai puutteita löytyi, teki ryhmänjohtaja korjauksen, mikäli oli mahdollista päätellä tai muistaa oikea tieto. Muuten tieto

merkittiin puuttuvaksi. Vertailuaineistoon tehtiin korjauksia samalla periaatteella.

Puiden luentajärjestyksestä oli olemassa tietyt säännöt, mutta käytännössä puut eivät aina saaneet samoja numeroita eri mitauksissa. Lähinnä etäisyys- ja suuntatietojen avulla korjattiin vertailuaineiston luku- ja koepuutietueissa yhteisten puiden numerot vastaamaan alkuperäisen aineiston puunumeroita. Pikkupuu- ja kantoaineistoista tarkastettiin, että puu- ja kantoluokat vastasivat toisiaan.

Aivan työn loppuvaiheessa huomattiin, että eräällä koealalla oli puiden numerointiin jäänyt virheitä, joiden korjaamisesta johtuen yhteisten puiden määrä kasvoi kuudella ja lukematta jääneiden puiden määrä pieneni vastaavasti 12:lla. Korjaukset on otettu huomioon sivuilla 3 ja 6 olevissa asetelmissä. Muut asetelmat ja taulukot jätettiin ennalleen, sillä virheen vaikutus muualla on käytännössä merkityksetön.

Vertailumittaus tehtiin yleensä korkeintaan 3-4 vuorokautta alkuperäisen mittauksen jälkeen, joten mittausten välissä tahtunutta kasvua ei ole otettu huomioon.

3. TULOKSET

Käytetyt merkinnät

N = havaintojen lukumäärä

\bar{X} = tunnuksen mittaus-/arviointihavaintojen keskiarvo vertailumittauksessa

\bar{x} = havaintojen erojen keskiarvo: ero on laskettu vähentämällä vertailumittauksen tuloksesta alkuperäinen mittaus-tulos

s = havaintojen erojen keskihajonta

d = rinnankorkeusläpimitta

suhteellinen ero = eron suhde vertailumittauksen tulokseen prosentteina

31. Lukupuut

311. Mitatut tunnukset

Puut luettiin ympyräkoealalta niin, että 4,5 - 10,5 cm paksut puut luettiin 1 aarin ja sitä suuremmat puut 3 aarin alueelta. Alle 4,5 cm paksuista puista luettiin vain kehityskelpoiset, eli ns. jäävät puut yhden aarin alueelta. Luettujen puiden määrä esitetään seuraavassa asetelmassa niin, että alle 4,5 cm paksut puut ovat omana ryhmänään.

puu mitattu:	yhteensä	d<4,5 cm	d>4,5 cm
molemmissa mittauksissa	1328	171	1157
vain alkuperäisessä	88	59	29
vain vertailussa	133	110	23

Asetelma osoittaa, että suurin osa mittaamatta jääneistä puista oli subjektiivisesti valittuja alle 4,5 cm paksuja kehityskelpoisia puita. Vertailussa niitä oli ehkä varmuuden vuoksi mitattu enemmän kuin alkuperäisessä mittauksessa ja keskimäärin vain noin kaksi kolmasosaa alle 4,5 cm paksuista lukupuista oli mukana molemmissa mittauksissa. Mittaamatta

Taulukko 2. Lukupuista mitattujen tunnusten mittaustulosten erojen keskiarvo ja hajonta.

tunnus:	N	\bar{x}	s
etäisyys, cm	1306	-0,10	6,2
suunta, gon*	1306	-0,16	2,6
d, mm	1216	0,07	2,3
pituus, dm**	103	-0,03	0,6

* Täysympyrä = 400 gon.

** Pituus on mitattu lukupuutunnuksena alle 1,3 m:n pituisista puista.

jääneistä puista ainoastaan yksi oli tukkipuukokoinen ja sekin luonnonpoistumapuu.

Yli 4,5 cm paksujen puiden osalta lukematta jääneiden puiden osuus oli runsaat 2 %. Lukematta jäämisen ja ylimääräisenä lukemisen syy on läpimitan tai etäisyyden mittausrvirhe tai se, että puu jää kokonaan huomaamatta. Nämä tapaukset yritettiin erottaa toisistaan olettamalla, että puut, jotka sijaitsivat lähellä koealan piiriä (ero enintään 10 cm) tai joiden läpimitta oli lähellä puiden luennassa käytettyjä rajoja (ero enintään 5 mm), olivat jääneet mittaamatta mittauserojen vuoksi. Muulloin syynä olisi ollut puun huomaamatta jääminen. Näillä oletuksilla noin kolmasosa lukematta jääneistä yli 4,5 cm paksuista puista olisi unohdettu ja kaksi kolmannelta jäi mittaamatta mittauserojen vuoksi.

Edellä oleva taulukko on tehty seuraavin rajoituksin:

	hylätty:
-etäisyys: suurin sallittu ero \leq 50 cm	5 tapausta
-suunta: " " " \leq 50 gon	5 "
-läpimitta: " " " \leq 80 mm	2 "

Hylätyt tapaukset etäisyyden mittauksessa olivat luonteeltaan huuto- ja kirjausrvirheitä, suuret suuntavirheet olivat sekaannuksia päällmansuunnissa ja läpimitan suuret mittauserot aiheutuivat väärästä kymmensenttiluvusta.

Kertainventoinnin relaskooppikoealoilla puun etäisyys koealan keskipisteestä mitataan vain rajatapauksissa, eli oletettavasti erityisen huolellisesti. Lisäksi etäisyys mitattiin pysyvillä koealoilla puun syntypisteeseen, mikä lienee vaikeammin mitattavissa kuin kertakoealoilla käytettävä etäisyys puun kylkeen rinnankorkeudella. Voi siis olettaa, että tarkkuus relaskooppikoealaan liittyvissä etäisyyden tarkistusmitauksissa on ainakin yhtä hyvä kuin pysyvillä koealoilla.

Rinnankorkeusläpimitta mitattiin millimetrin tarkkuudella sekä koealan keskipisteeseen suuntautuvaa sädettä vastaan kohtisuoraan että säteen suunnassa. Alla oleva asetelma osoittaa, että sädettä vastaan mitattu läpimitta on ollut tarkempi (pienempi erojen hajonta) ja myös pienempi. Ero johtunee siitä, että oikean mittaus suunnan määrittäminen on säteen suunnassa vaikeampaa ja siksi mittasaksien asento puun pystysuuntaan nähden voi poiketa oikeasta.

	m i t t a u s s u u n t a		
	sädettä	säteen	
	vastaan	suunnassa	ero
alkuperäinen \bar{d} , mm	142,52	142,87	0,35
vertailun \bar{d} , "	142,58	142,94	0,36
erojen hajonta, "	2,6	3,1	

Mukana puut, joilla $d \geq 45$ mm.

312. Arvioidut tunnuksat

Arvionvaraisten luokitusten vaihtelua selvitettiin ristiintaulukoimalla arviointitunnuksittain alkuperäiset ja vertailun luokitukset. Arvioinnin hyvyyden mittana käytettiin yksimielisyysprosenttia, joka laskettiin jakamalla samaan luokkaan arvioitujen puiden määrä vertailukelpoisten puiden lukumäärällä. Vertailukelpoisia olivat arviointitunnuksittain ne puut, joista molemmat ryhmänjohtajat olivat tiedon kirjanneet.

Luokittaiset yksimielisyysprosentit laskettiin puumäärillä

painotettuina keskiarvoina samaan luokkaan arvioitujen puiden osuuksista alkuperäisessä mittauksessa ja vertailussa.

Yksimielisyyssprosenttien lisäksi laskettiin arviointitunnuk-
sittain puiden jakaantuminen eri luokkiin kummassakin mittauk-
sessa mahdollisten suurien systemaattisten erojen löytämi-
seksi.

Puulajin määrittämisessä erot aiheutuivat koivulajien tunnistamisista. Aineistossa oli yhteensä 253 koivua ja 23 kertaa oli oltu eri mieltä koivulajista. Muut erot puulajimerkinnöissä olivat luonteeltaan kirjausvirheitä ja niitä oli yhteensä vain 4, eli 0,3 % vertailukelpoisten puiden määrästä.

Puuluokitus, jossa tarkoituksena oli arvioida puun laatu tukkipuuna, oli ensimmäistä kertaa käytössä. Puut oli arviotu eri luokkiin seuraavasti (luokan osuus vertailukelpoisista puista):

	p u u l u o k k a							
	1	2	3	4	5	6	7	8
mittaus:	o s u u s, %							
alkuper. inv.	51,9	18,9	7,4	16,4	3,0	1,7	0,4	0,2
vertailuinv.	52,5	18,0	7,0	16,4	3,3	2,1	0,5	0,1

Puuluokkien lyhennetyt koodiselitykset ovat:

1 = hyvä kuitupuu	4 = hyvä tukkipuu	7 = uusi luonnon-
2 = tyydyttävä kuitupuu	5 = tyyd. tukkipuu	poistuma
3 = kuitupuu, josta ei	6 = tukkikokoinen	8 = vanha luonnon-
koskaan tule tukkia	kuitupuu	poistuma

Suurin ero puuluokkien osuuksissa oli 0,9 %-yksikköä luokassa 2, eli alkuperäisessä inventoinnissa oli tyydyttäväksi kuitupuuksi luettu 12 puuta enemmän kuin vertailussa. Luokitus on siis ollut hyvin saman tasoinen eri mittauksissa.

Ryhmänjohtajat olivat olleet samaa mieltä puuluokasta 992 kertaa, mikä on 75 % tapauksista, kun vertailukelpoisia puita oli 1320. Puuluokka oli määritetty eri lailla 12 kertaa siitä

syystä, että vain toinen ryhmänjohtaja oli pitänyt puuta tukkipuukokoisena.

Puuluokkien määritelmien mukaan saadaan tukkipuuta nyt tai tulevaisuudessa luokkien 1, 2, 4 ja 5 puista. Vain toinen ryhmänjohtaja oli arvioinut puun tukkikelpoiseksi 90 kertaa. Tukkikokoisia puita oli 296 ja niillä tukkikelpoisuus oli arvioitu erilailta 31 kertaa.

Puuluokittaiset arvioinnin yksimielisyysprosentit olivat seuraavat:

	p u u l u o k k a							
	1	2	3	4	5	6	7	8
yksimielisyys-%	85	51	68	86	40	39	73	0

Parhaat luokat, eli 1 ja 4 oli arvioitu melko yksimielisesti. Tyydyttävät kuitupuut oli sekoitettu ensisijassa hyviin ja huonot tyydyttäviin kuitupuihin. Tyydyttävät tukkipuut oli vastaavasti sekoitettu hyviin ja tukkikokoiset kuitupuut sekä hyviin että tyydyttäviin tukkipuihin. Luonnonpoistumapuiden määrä oli niin pieni, että niitä koskevilla luvuilla ei ole merkitystä.

Latvuserros arvioitiin samaksi 1000 kertaa 1321:stä, eli eri mieltä oltiin 24 %:ssa tapauksista. (Eri jaksoihin luettuja puita oli yhteensä 67.) Tulos oli samaa suuruusluokkaa kuin puuluokan arvioinnissa. Eri latvuserrosluokkien osuudet yhteisistä puista olivat:

	l a t v u s k e r r o s					
	B	C	D	A	Y	V
mittaus:	o s u u s, %					
alkuper. inv.	58,3	18,5	15,0	6,4	1,4	0,4
vertailuinv.	58,6	16,7	15,1	5,9	2,2	1,4

Latvuserroksen koodien selitykset ovat:

B = valta-/lisävaltapuu A = alemman jakson puu
 C = välipuu Y = ylemmän jakson valta-/lisäv.puu
 D = aluspuu V = ylemmän jakson väli-/aluspuu

Luokittain laskettu yksimielisyys oli:

	s y n t y t a p a				
	0	1	2	3	4
yksimielisyys-%	36	92	66	99	62

Vertailussa oli "ei varmuutta"-luokan osuus 1,9 %-yksikköä pienempi kuin alkuperäisessä mittauksessa, sillä vertailussa oli erityisesti vesasyntyisten ja kylvettyjen puiden tunnistamisessa oltu varmempia.

Istutetuista puista on vallinnut varsin täydellinen yksimielisyys, kylvöpuita on pidetty luontaisina siemensyntyisinä ja vesasyntyiset on arvioitu ristiin siemensyntyisten kanssa.

Edellä käsitellyt lukupuiden arvionvaraiset luokitukset tehdään lähes samoina VMI 8:n kertakoealoilla, joilla puut valitaan relaskoopilla. Tällöin luettavien puiden jakautuminen eri puu-, latvuserros- ja syntytapaluokkiin poikkeaa huomattavasti kiinteäsäteisillä koealoilla syntyvistä jakaumista.

Puuluokan arvioinnin voi otaksua pysyvän relaskoopikoealoilla likimain samalla luotettavuustasolla kuin kiinteäsäteisillä, sillä tukiksi kelpaamattomia puita (joiden osuus kertainventoinnissakin on hyvin pieni) lukuunottamatta toisiaan vastavien kuitu- ja tukkipuuluokkien yksimielisyysprosentit olivat lähes yhtäsuuret, jolloin kuitupuiden ja tukkipuiden lukumääräosuuksien muuttumisella ei ole merkitystä.

Latvuserroksen arvioinnin keskimääräinen luotettavuus saattaa nousta relaskoopikoealoilla, kun yksimielisimmän arvioitujen valta-/lisävaltapuiden osuus suurenee. Syntyvän arvioinnin luotettavuuden voi olettaa hieman laskevan, sillä luokan "ei varmuutta" osuus nousee relaskoopikoealoilla.

32. Koepuut

Koepuut mitattiin lukupuukoealan kanssa samankeskiseltä ympyrältä, jonka säde oli puolet lukupuukoealan säteestä. Puun läpimitasta riippuen koepuukoealan koko oli siten 25 tai 75 neliometriä. Koepuuna mitattiin vertailluilla koealoilla yhteensä 438 puuta, joista 345 oli yhteisiä, eli mukana molemmissa mittauksissa. Havaintojen lukumäärä koepuutunnuksittain, joita tarkastellaan jatkossa kutakin erikseen, jää kuitenkin yleensä pienemmäksi kuin 345, sillä tunnuksen mittaaminen riippui usein puulajista tai puun koosta ja puuttuvat tiedot vähensivät vertailukelpoisten havaintoparien määrää.

321. Mitatut tunnuksset

Pituus mitattiin desimetrin tarkkuudella, pienistä puista viisimetrisellä vertailutangolla ja 7-8 metrin pituudesta alkaen Suunnon hypsometrillä.

Alkuperäisen mittauksen ja vertailun pituushavaintojen erot kasvoivat puiden koon suuretessa, mutta suhteessa puun pituuteen oli erojen hajonta puulajeittain likimain vakio.

Taulukko 3. Koepuiden pituus sekä mittauserojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X}, dm	todellinen		suhteellinen	
			\bar{x}, dm	s, dm	$\bar{x}, \%$	s, %
mänty	147*	105,1	0,2	4,3	0,2	3,6
kuusi	101	115,5	-0,7	3,9	-0,5	2,8
koivu	61	119,9	1,2	5,5	0,3	4,0
muut lehtipuut	20	88,5	1,1	6,2	1,3	6,7
yhteensä	329	110,0	0,2	4,6	0,1	3,7

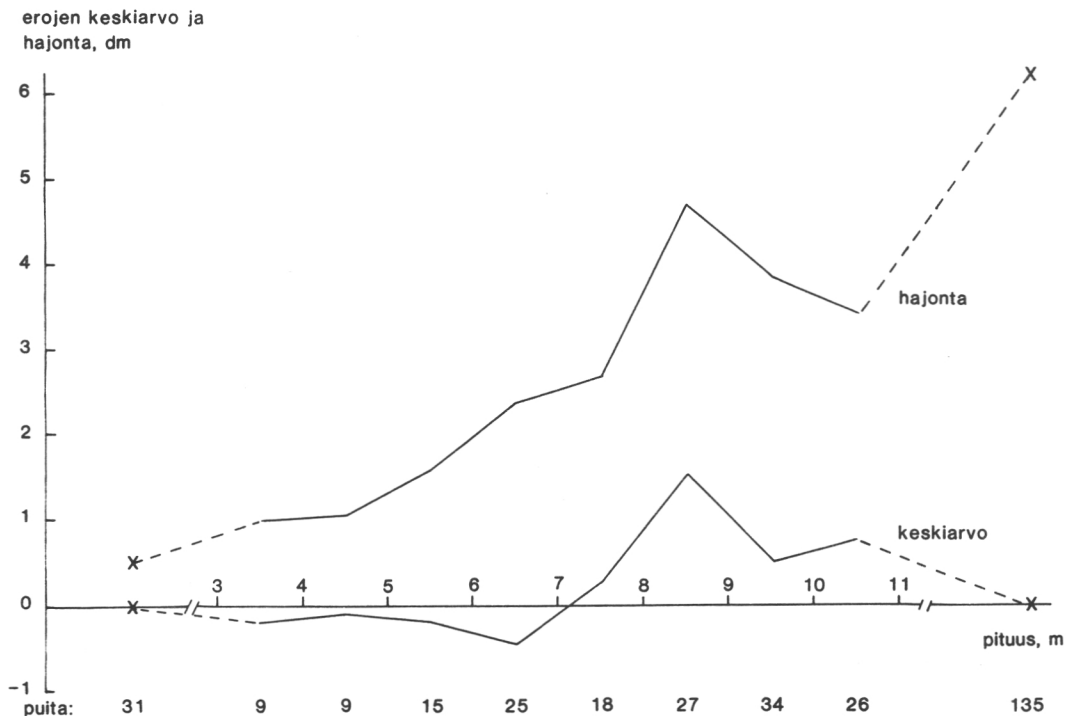
* Poistettu kahdeksan alle 8 m:n mittaista mäntyä, joilla suhteellinen mittausero oli hyvin suuri (vähintään 20 %). Mikäli ne olisivat mukana, niin hajonnat männyn osalta olisivat: todellinen 4,4 dm ja suhteellinen 12,7 %.

Pituuden mittausta oli tarkinta kuusilla, seuraavaksi tarkinta männyillä ja sitten koivuilla. Latvan muoto lienee suurin syy puulajien välisiin eroihin.

Vertailutangon käyttöalueen yläpäässä, 8-9 metrin korkeudella, mittausrvirhe oli poikkeavan suuri, kuten kuva 1 osoittaa. Vertailumittauksessa on saatu keskimäärin 1,5 dm suurempi tulos kuin alkuperäismittauksessa ja mittausrvirheen hajonta oli suurempi kuin em. korkeuden ympäristössä.

Kantoläpimitta mitattiin senttimetrin tarkkuudella männyistä ja rauduskoivuista, joiden rinnankorkeusläpimitta oli 4,5 - 10,5 cm. Yhteisiä puita oli vain 29, ja niillä mittaustulosten erojen keskiarvo oli -0,10 cm ja hajonta 0,77 cm, eli vähemmän kuin käytetty mittayksikkö.

Yläläpimitta mitattiin senttimetrin tarkkuudella 6 metrin kor-



Kuva 1. Pituuden mittaustuloksen erojen keskiarvo ja hajonta pituusluokittain.

keudesta yli 8 m:n mittaisista puista, joiden rinnankorkeusläpimitta oli vähintään 10,5 cm. Yhteisiä puita oli 172 ja niiden yläläpimittojen keskiarvo oli 14 cm.

Mittaustulosten erojen keskiarvo oli 0,05 cm ja hajonta 0,9 cm, ollen pienin koivuilla, sitten männyillä ja suurin kuusilla. Puun koko tai latvusrajan korkeus ei merkittävästi vaikuttanut mittausvirheeseen. Mittaustulosten ero oli suurempi kuin 1 cm 11 kertaa, mikä oli 6 % tapauksista.

Ikä mitattiin vain havupuista, joista se oksakiehkuroiden avulla pystyttiin laskemaan. Rinnankorkeuden ylä- ja alapuolisten kiehkuroiden määrä laskettiin erikseen.

Yhteisten puiden määrä jäi 63:een ja niistäkin 16:ssa oli rinnankorkeuden alapuolisen osan ikä jätetty taulukosta katsottavaksi ainakin toisessa arvioinnissa. Kaksi puuta hylättiin merkintäepäselvyyksien vuoksi.

Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta iän arvio ei poikennut yhtä vuotta enempää eri arviointiryhmillä, mutta on muistettava, että puut olivat melko nuoria keski-iän ollessa 14 vuotta.

Elävän latvuksen alaraja mitattiin desimetrin tarkkuudella kaikista yli 1,35 m mittaisista elävistä puista. Yksittäistä elävää oksaa ei katsottu latvukseen kuuluvaksi.

Pituuden mittaustarkkuus riippui puun pituudesta. Latvusrajan korkeudessa vastaava riippuvuus oli paljon heikompi, sillä esimerkiksi mittaustulosten eron itseisarvon ja mittauskorkeu-

Taulukko 4. Iän arvioinneissa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puun osa:	N	\bar{x} , v	s, v	suurin ero, v
0 - 1,3 m	45	-0,4	1,3	4
1,3 m - latva	40	0,0	0,7	2
koko puu	45	-0,2	1,3	4

Taulukko 5. Elävän latvuksen alarajan korkeus ja mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X} , dm	\bar{x} , dm	s, dm
mänty	133	53,2	-0,1	5,0
kuusi	95	31,2	0,5	4,5
koivu	59	48,6	0,6	7,7
muut	19	28,0	-6,6	9,5
yhteensä	305	43,8	-0,1	5,8

den väliset korrelaatiokertoimet olivat 0,52 ja 0,27 latvus-
rajan kerroin viimeksi mainittuna.

Mittauserojen keskiarvot ja hajonnat on esitetty puulajeittain
taulukossa 5. Aineistosta on poistettu koivu, jolla ero oli
noin 7 metriä.

Keskiarvojen suuri ero muilla puilla (= muut lehtipuut kuin
koivu) johtunee siitä, että niillä yhtenäiseen latvukseen kuu-
lumattoman oksan määrittäminen on epävarmaa. Toisaalta puu-
lajin vähäarvoisuus on voinut vaikuttaa työn huolellisuuteen.

Latvusrajan korkeus on mitattu metreissä keskimäärin lähes
yhtä tarkasti kuin pituus, mutta suhteessa mittauskorkeuteen
selvästi heikommin.

Kuolleen latvuksen alaraja mitattiin havupuista ja koivuista.
Alle 5 mm paksuja oksia ei otettu huomioon eikä myöskään lat-
vukseen kuulumattomia erillisiä oksia. Mittaustarkkuus oli
samaa luokkaa kuin elävän latvuksen alarajan mittauksessa.

Taulukko 6. Kuolleen latvuksen alarajan korkeus ja mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X} , dm	\bar{x} , dm	s, dm
mänty	122	17,3	0,7	5,3
kuusi	87	7,3	0,1	3,4
koivu	40	25,5	1,9	6,2
yhteensä	251*	15,1	0,7	4,9

* Sisältää kaksi muuta lehtipuuta

Alimman kuolleen oksan korkeus mitattiin kaikista vähintään 4,5 cm paksuista havupuista ja koivuista. Huomioon otettiin vain kannon- ja 8 m:n korkeuden välillä olevat puun läpimitasta riippuvan vähimmäispaksuuden täyttävät oksat. Elävän latvuksen sisällä olleita kuolleita oksia ei otettu huomioon.

Kyseessä oli siis mittaus, joka sisälsi useita virhelähteitä ja jossa mittaustarkkuutta heikensi vielä se, että korkealla olleita oksia ei voitu mitata työntötulkilla, vaan niiden paksuus arvioitiin esim. yläkaulaimen varteen verraten.

Mittaustulosten ero näytti riippuvan melko selvästi mittauskorkeudesta, ainakin männyillä ja kuusilla, joten todellisen hajonnan lisäksi laskettiin mittauskorkeuteen suhteutettu mittauserojen hajonta. Laskennassa hylättiin kaksi pientä mäntyä ja yksi kuusi, joilla em. suhteellinen ero oli poikkeavan suuri.

Mittauserojen hajonta oli kaikilla puulajeilla 20-25 % mittauskorkeudesta (taulukko 7a). Koska alimman kuivan oksan korkeutta on alettu käyttää tukkien laatuhinnoittelun perusteena, laskettiin mittaustulosten vaihtelu tukkikokoisilla puilla, jolloin rajana käytettiin 17,5 cm rinnankorkeusläpimittaa. Aineisto jäi melko pieneksi (taulukko 7b), mutta suhteellinen vaihtelu oli edelleen 20-25 % mittauskorkeudesta, paitsi koivuilla, joita tosin oli vain viisi. Niiden osalta pientä hajontaa selittänee se, että tukkikokoisissa lehtipuissa on kuivia oksia huomattavasti vähemmän kuin havupuissa,

Taulukko 7a. Alimman kuolleen oksan korkeus ja mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X}, dm	todellinen		suhteellinen	
			\bar{x}, dm	s, dm	$\bar{x}, \%$	s, %
mänty	87	28,1	1,8	9,6	1,1	23,7
kuusi	38	20,3	0,2	6,3	3,0	24,0
koivu	20	24,5	0,2	4,7	-1,7	22,7
yhteensä	145	25,5	1,2	8,3	1,2	23,5

Taulukko 7b. Alimman kuolleen oksan korkeus ja mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta, kun $d > 17,5$ cm.

puulaji	N	\bar{X}, dm	todellinen		suhteellinen	
			\bar{x}, dm	s, dm	$\bar{x}, \%$	s, %
mänty	36	44,5	3,8	12,9	4,7	24,2
kuusi	12	26,1	-2,4	8,8	-2,5	24,1
koivu	5	44,0	-0,4	1,1	-1,1	2,5
yhteensä	53	40,3	2,0	11,6	2,6	23,0

joten alimman, tietyn vähimmäismitan täyttävän oksan määrittäminen on helpompaa. Huomiota kiinnittää lisäksi mänty, jolla erojen keskiarvo oli lähes 4 ja hajonta 13 dm.

Paksuimman elävän oksan läpimitta mitattiin millimetrin tarkkuudella 4,5 - 10,5 cm paksuista männyistä ja rauduskoivuista. Käden ulottumattomissa oleva oksa arvioitiin senttimetrin tarkkuudella.

Männyillä mittaustulosten erojen hajonta oli runsaat 2 mm silloin, kun molemmat ryhmät olivat mitanneet oksan ja vajeat 4 mm silloin, kun ainakin toinen luvuista oli arvio (taulukko 8). Koivuja oli mitattu vain 3.

Taulukko 8. Paksuimman elävän oksan läpimitta ja mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta pienillä männyillä.

mittaustapa:	N	\bar{X} , mm	\bar{x} , mm	s, mm
mitattu	10	20,9	1,2	2,3
arvioitu	11	16,7	0,0	3,8
yhteensä	21	18,7	0,6	3,1

Taulukko 9. Paksuimman kuolleen oksan läpimitta ja korkeus ja niiden mittauksessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta pienillä männyillä. Kirjaimet A, B ja C selitetty tekstissä.

	N	\bar{X}	\bar{x}	s
A, mm	18	9,0	-0,5	1,8
B, mm	13	8,5	-0,7	1,8
C, dm	20	16,0	-0,1	2,7

Mittaustulosten erot aiheutuvat mittausvirheiden lisäksi siitä, että ryhmät voivat mitata paksuimpana oksana eri oksan.

Paksuimman kuolleen oksan läpimitta mitattiin periaatteessa samoista puista kuin paksuin elävä oksakin. Oksat olivat yleensä käsien ulottuvilla, joten tulokset laskettiin vain niistä puista, joista molemmat havainnot olivat mittauksia (taulukko 9, rivi A).

Paksuimmasta kuolleesta oksasta oli mitattu myös sen korkeus maanpinnasta. Tehtiin oletus, että korkeuden poiketessa eri mittauksissa 2 dm tai enemmän oli mitattu eri oksa, ja poistettiin tapaus laskennasta (taulukko 9, rivi B). Paksuimman kuolleen oksan korkeus oli mitattu 20 männystä ja mittauksien erot on esitetty taulukon 9 rivillä C.

Latvuksen suurin leveys mitattiin desimetrin tarkkuudella kaikista puista silmävaraisesti maan pintaan projisoimalla.

Muiden lehtipuiden kuin koivujen latvuksen leveys oli mitattu alkuperäisessä arvioinnissa keskimäärin 4,5 dm pienemmäksi kuin vertailussa. Kaikilla puilla yhteensä ei systemaattista eroa ollut. Mittauserojen hajonta oli kuusilla 2,5 dm ja männyillä, koivuilla ja muilla puulajeilla 5-8 dm. Hajonta oli

Taulukko 10. Latvuksen leveys ja sen mittaamisessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X} , dm	\bar{x} , dm	s, dm	s, %
mänty	153	28,1	0,4	5,5	19
kuusi	99	28,9	-1,0	2,5	10
koivu	61	35,1	0,2	6,4	18
muut	20	36,3	4,5	7,7	17
yhteensä	333	30,1	0,2	5,3	17

Taulukko 11. Koepuiden lenkous ja sen mittaamisessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X} , cm	\bar{x} , cm	s, cm
mänty	102	2,2	-0,1	1,6
kuusi	83	1,9	-0,0	1,3
koivu	17	6,7	2,1	3,8
yhteensä	202	2,4	0,1	1,9

jossain määrin riippuvainen latvuksen leveydestä, niin että suhteessa vertailumittauksessa saatuun leveyteen mittauserojen hajonta oli kuusella 10 % ja muilla puulajeilla lähes 20 % (taulukko 10). Mittaustavan huomioon ottaen tulosta voidaan pitää hyvänä.

Lenkous mitattiin yli 5 m pitkistä havupuista ja rauduskoi-
vuista sekä yli 14,5 cm paksuista hieskoivuista neljän metrin
matkalta kannonkorkeuden tai mahdollisen tyvimutkan yläpuo-
lelta. Moneen suuntaan lengoista puista, joista ei katsottu
tulevan tukkia, ei lenkoutta mitattu.

Havupuilla on lenkous ollut keskimäärin melko vähäistä ja
siitä johtuen mittauserojen hajontakin on ollut pieni. Koi-
vuilla on sekä keskimääräinen lenkous että mittauserojen ha-
jonta likimain kolminkertainen havupuihin verrattuna (taulukko
11). Mittauserojen riippuvuuden lenkouden suuruudesta
osoittaa myös taulukko 12, jossa on lenkousluokittain (luokka-
väli = 1 cm) esitetty samaan tai lähes samaan luokkaan osu-
neiden mittausten osuus.

Taulukko 12. Samaan lenkousluokkaan mitattujen (A) ja enintään yhdellä (B) tai kahdella (C) luokalla eroavien puiden osuus kuhunkin lenkousluokkaan arvioiduista puista.

lenkous, cm	N*	A, %	B, %	C, %
0	84	52	79	90
1	65	25	88	97
2	103	37	82	99
3	69	29	78	93
4	40	30	65	88
5	20	-	55	80
6	9	22	67	78
7-	14	14	14	36
yhteensä	404	33	76	91

* Havaintojen määrä on kaksi kertaa puiden määrä.

Taulukko 13. Tukkiosan pituus ja sen arvioinnissa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

puulaji	N	\bar{X} , dm	\bar{x} , dm	s, dm
mänty	35	108	1,5	21,7
kuusi	19	106	1,1	18,2
koivu	6	107	-7,8	14,1
yhteensä	60	107	0,5	19,9

Tukkikelpoisen osan pituus arvioitiin desimetrin tarkkuudella tukkikokoisista puista. Tukkikelpoisena osana pidettiin kannonkorkeuden ja latvatukin päättymiskorkeuden välistä osaa mahdolliset tyvileikot ja välivähennykset mukaan lukien. Tulosten laskennasta poistettiin puut, joita toinen ryhmänjohtaja ei pitänyt tukkipuuna. Niitä oli 2 mäntyä ja 3 koivua. Molemmat ryhmänjohtajat olivat arvioineet yhden tukkikokoisen koivun tukiksi kelpaamattomaksi.

322. Arvioidut tunnuksset

Koepuissa havaitut tuhot kirjattiin käyttäen kolmivaiheista arviointia. Ensin katsottiin tuhon ilmiasu. Jos se oli muu kuin "ei tuhoa", arvioitiin tuhon aiheuttaja ja vakavuus.

Tuhon ilmiasua varten oli käytettävissä kahdeksan koodia, jotka olivat tuhon vakavuusjärjestyksessä. Jos puussa havaittiin useampia tuhoja, tehtiin merkintä vain vakavimmasta. Seuraavassa asetelmassa esitetään yhteenveto tuhojen kirjaamisesta.

vertailukelpoisia puita	345		
puu terve molemmissa arvioinneissa	<u>-205</u>		
tuho ainakin toisessa arvioinnissa	140	140	
tuho vain toisessa - " -		<u>-72</u>	
tuho molemmissa - " -		68	68
sama tuho			<u>-43</u>
eri tuho			25

Yksimielisyysaste tuhon ilmiasun arvioinnissa oli 72 %, kun 248 (205+43) puuta 345:stä oli arvioitu samaan luokkaan. Terveinä pidettyjen puiden suuri osuus nostaa yksimielisyysastetta, sillä niiden osalta yksimielisyys oli 85 %. Yksittäisten tuhojen osalta yksimielisyys oli vähäisempää, erityisesti luokissa "neulasten tai lehtien värivika", "neulas- tai lehtikato" ja "laho". Samoissa luokissa oli eniten puita, joille vain toinen ryhmänjohtaja oli merkinnyt tuhon. Kaikki tuhot huomioon ottaen sellaisia oli keskimäärin 35 % tuhomerkin kinnän saaneista puista.

Puita, joille molemmissa arvioinneissa oli laitettu tuhomerkin tää, oli yhteensä 68 ja niistä 43:lla merkintä oli sama. Parhaiten oli onnistunut kuolleiden puiden jälkeen "runko- vaurio"- ja "latvan vaihto yms."-tuhojen arviointi.

Niiden puiden joukossa, joille oli merkitty eri tuho, oli suhteellisesti eniten sellaisia, joissa toinen merkintä oli "latva poikki tai kuollut" tai "neulas-/lehtikato".

Tuhon ilmiäsuun lisäksi piti arvioida, oliko tuho tapahtunut tai alkanut yli vai alle viisi vuotta sitten. Saman tuhomerkinnän saaneilla 43 puulla oli neljä kertaa merkitty eri ajan kohta.

Tuhon aiheuttajan merkitsemistä varten oli käytettävissä lähes 20 koodia. Vertailukelpoisia puita tuli aineistoon vain 54, joista 35:lle oli merkitty sama syy. Syy oli tuntematon molemmissa arvioinneissa 22 puulla. Yksimielisyys tuhon aiheuttajan tuntemattomuudesta oli 73 %:nen, sillä molemmissa arvioinneissa oli kahdeksan puuta, joissa se oli vain toisen ryhmänjohtajan merkintä. Toisen ryhmänjohtajan merkintä oli tällöin useimmiten "muu ilmastotekijä tai vesi". Jäljelle jäi 16 puuta, joille molemmat ryhmänjohtajat olivat kirjanneet jonkin syyin ja 13 kertaa syy oli sama.

Tuhon asteen arvioinnissa vaihtoehdot olivat "ohi mennyt", "ohi menevä", "vaurioita jättävä" ja "tappava". Vertailukelpoisia puita oli 64, joilla arvionti oli osunut samaan luokkaan 49 kertaa. Kaksi kertaa oli toinen arvio "ohi mennyt" ja toinen "vaurioita jättävä". Muulloin arviointien eroissa oli kysymys viereisistä luokista.

Harsuuntuminen arvioitiin vertaamalla puun neulasmassan määrää kuviteltuun samalla paikalla kasvavaan täysneulasiseen puuhun. Neulasmassan väheneminen kirjattiin 10 %-yksikön luokissa. Kyseessä oli ensimmäinen suomalainen laaja harsuuntumisarviointi.

Vertailukelpoisia puita oli yhteensä 111 ja niistä samaan luokkaan oli arvioitu 82, viereisiin luokkiin 23, viidellä puulla oli kahden luokan ero ja yhdellä viiden (0/5). Näin suuri yksimielisyys johtunee osittain siitä, että yhden puun toista arviota lukuunottamatta kaikki puut oli arvioitu kolmeen 'parhaimpaan' luokkaan, joissa harsuuntuminen on 0-30 %. Molemmat ryhmänjohtajat olivat arvioineet 80 puuta alimpaan luokkaan. Yksimielisyysaste tässä luokassa oli 87 %. Muuten yksimielisyys oli vähäisempää, sillä muissa luokissa oli yhteensä vain kaksi samaan luokkaan arvioitua puuta. Keski-

määrin oli harsiintumisluokka alkuperäisessä inventoinnissa hieman suurempi kuin vertailussa.

Neulasvuosikertojen arvioinnin vertailussa oli 117 vertailukelpoista puuta. Niistä 72:lle oli laskettu sama lukumäärä. Kuudella puulla oli yli yhden neulasvuosikerran ero.

Neulasvuosikertojen määrä oli laskettu 15 puusta latvasta ja oksista. Seitsemän kertaa oli saatu sama tulos, kuusi kertaa oksista laskettu neulasvuosikertojen määrä oli yhtä suurempi ja kaksi kertaa yhtä pienempi kuin latvasta laskettu.

Tukkiosan päättymisen syyn arvioinnissa oli vertailukelpoisia puita 66. Niistä 48:lle oli arvioitu sama syy, kuitenkin niin, että 44 puulla syynä oli läpimitta. Eri luokkiin arvioiduista 18 puusta 17 oli sellaisia, joissa toinen arvio oli läpimitta ja toinen jokin muu, yleensä oksa tai mutka.

Tyvitukin laadun arvioinnissa oli vertailukelpoisia puita 53 ja 35 kertaa oli arvioitu sama luokka. Yli yhden luokan eroja ei ollut yhtään.

Tyvitukin laadun alenemisen syy arvioitiin, mikäli tukki ei ollut ensimmäistä laatuluokkaa. Vertailukelpoisia puita oli 29 ja niistä 20:lle oli arvioitu sama syy, kuitenkin niin, että 17 tapauksessa alenemisen syy oli molemmilla oksa tai oksaisuus.

33. Pienet puut

Pieninä puina luettiin vähintään 20 cm:n mittaiset alle 4,5 cm paksut elävät puut. Tavoitteena oli saada tietoa puiden luen-
nassa esiin tulemattomasta taimiaineksesta esimerkiksi metsän
uudistumista ja perkaamistarvetta ajatellen. Pieniä puita ei
mitattu yksitellen, vaan niiden lukumäärä laskettiin puula-
jeittain eri pituusluokissa, joita useimmiten olivat alle ja
yli 1,3 metrin mittaiset puut. Samalla arvioitiin kunkin pi-
tuusluokan puiden keskipituus. Jaetuilla koealoilla tehtiin
laskenta kuvioittain.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty mitattujen pikkupuuryhmien
määrä (N) sekä niiden keskipituuksien ja puulukumäärien keski-
arvot. Jommassa kummassa mittauksessa mittaamatta jääneissä
puulaji-/pituusryhmissä puut ovat olleet likimain samanko-
koisia kuin yhteisissä ryhmissä, mutta puiden määrä on niissä
ollut vähäinen.

mitatut puuryhmät:	N	keskipituus, dm		puiden lukumäärä	
		alkuper.	vert.	alkuper.	vert.
yhteiset	421	14,0	14,0	16,9	17,9
vain alkuperäisessä	35	11,5		2,3	
vain vertailussa	41		12,1		3,7

Suhteessa luettujen pikkupuuryhmien määrään oli eniten jäänyt
lukematta kataja-, muu lehtipuu- ja rauduskoivuryhmiä. Yh-
teisten ryhmien keskipituuksien suhteellisten erojen hajonta
oli 29 % ja puiden lukumäärien 53 %. Kaikilla puulajeilla
luvut olivat samaa suuruusluokkaa.

Pikkupuista kerättyjen tietojen vertailun yksinkertaistami-
seksi kerrottiin kunkin puuryhmän keskipituus siinä olleiden
puiden lukumäärällä. Tuloa voi kutsua vaikka pikkupuupituus-
deksi. Sitten oletettiin, että mänty, kuusi ja rauduskoivu
ovat kehitettäviä ja muut kehityskelvottomia puulajeja. Kehi-
tyskelvottomien ja -kelvottomien puulajien pikkupuupituudet las-
kettiin yhteen pitäen kuitenkin alle ja yli 1,3 metrin keski-
pituusluokat erossa toisistaan. Näin supistui koealalta ke-

Taulukko 14. Koealan yhteenlaskettu pikkupuupituus eri suurryhmissä ja sen mittaamisessa syntyneiden erojen keskiarvo ja hajonta.

suuryhmä:	N	\bar{X}, m	\bar{x}, m	s, m
pienet kehitettävät	56	15,9	0,1	12,2
isot kehitettävät	56	23,0	-0,4	11,1
pienet kehityskelvottomat	56	52,0	5,6	42,0
isot kehityskelvottomat	56	84,7	8,6	34,9

rätty tieto neljään lukuun, jotka kuvaavat suurryhmien, eli pienten ja suurten kehityskelpoisten ja kehityskelvottomien taimien määrää (taulukko 14).

Yksittäisissä pikkupuuryhmissä oli pikkupuupituuksien suhteellisten erojen hajonta 56 %. Suuryhmissä vastaava hajonta oli 43, 40, 61 ja 38 % (taulukon 14 mukaisessa järjestyksessä). Suuryhmistä 10 oli sellaisia, joissa ryhmään oli tullut puita vain toisessa mittauksessa, ja 11 sellaisia, joissa puumetriemäärä oli nolla kummassakin mittauksessa. Ne eivät olleet mukana em. suhteellisten erojen hajontojen laskennassa.

34. Kannot

Kannot luettiin niin, että kuvioittain laskettiin korkeintaan viiden hakkuukauden ikäisten kantojen lukumäärä puulajeittain ja hakkuuvuosittain, alle ja yli 10,5 cm läpimittaiset kannot erikseen. Näin syntyneistä ryhmistä arvioitiin pohjapinta-alalla punnittu keskiläpimitta, kantojen ikä (= aika hakkuusta) ja lahoa sisältävien kantojen osuus kannoista kaatohetkellä.

Vertailukelpoisia kantoryhmiä oli vain 31, kun yhteensä oli kirjattu 60 ryhmää. Tulosta heikentää se, että muutamilla koealoilla jäivät kannot vertailussa mittaamatta, kuten sivulla 3 jo todettiin. Tällaisia koealoja oli neljä ja niillä oli yhteensä 14 kantoryhmää, mikä oli lähes puolet 'vertailukelvottomista' 29 kantoryhmästä. Päinvastaisia tapauksia, eli

kantoryhmiä koaloilla, joilla oli vain vertailussa tehtyjä kantomittauksia, oli ainoastaan neljä.

Kantomittauksien vertailusta on aineiston pienuudesta huolimatta laskettu tulokset, ja ne on esitetty taulukossa 15.

Laskennasta poistettiin joitakin tapauksia, joissa ero oli poikkeuksellisen suuri. Laskennassa mukana olleissa kantoryhmissä suurimmat erot kantojen keskiläpimitan arvioissa olivat 5 cm, iän arvioissa 1 vuotta, lahoa sisältävien kantojen osuuden arvioissa 3 luokkaa (luokkaväli 10 %) ja kantojen lukumäärän arvioissa 22 kantoa. Lahojen kantojen osuuden osalta tulokset ovat sulkeissa, sillä 16 kantoryhmässä molemmissa mittauksissa arvio oli nolla ja ainoastaan kerran oli molemmilla ryhmänjohtajilla sama nollasta poikkeava arvio.

Taulukko 15. Kannoista mitattujen ja arvioitujen tunnusten sekä kantopohjapinta-alan (ppa) keskiarvot sekä mittaus-/arviointierojen keskiarvot ja hajonnat.

tunnus:	N	\bar{X}	\bar{x}	s
kantoläpimitta, cm	30	12,8	-0,4	2,3
kantojen ikä, v	31	2,3	-0,2	0,5
(lahojen osuus, 10 %	20*	0,4	0,3	0,8)
kantojen määrä, kpl	29	7,6	0,5	6,2
kantojen ppa, m ²	31	0,09	0,006	0,06

* Vertailukelpoisia kantoryhmiä oli vain 21.

4. TULOSTEN VERTAILU MUIHIN SELVITYKSIIN

41. Mitatut tunnuksat

Valtakunnan metsien inventointiin liittyen ovat mittaustarkkuusselvityksiä tehneet Matti Kujala (1979) ja Merja Nousiainen (1986).

Kujala käytti aineistona VMI-koealoilla tehtyjä tarkastusmittauksia. Puista oli tarkastettu mm. rinnankorkeusläpimitta (950 puuta), pituus (950) ja yläläpimitta (900). Yläläpimitta oli mitattu tarkastuksessa tikkaiden avulla millimetrin tarkkuudella, mutta muuten uudelleenmittaus oli tehty kuten VMI:ssa.

Nousiaisella oli käytössään aineisto, joka oli kerätty useiden vuosien aikana VMI-ryhmänjohtajille järjestetyissä mittaustarkkuuksissa. Aineisto käsitti rinnankorkeusläpimitan (462 havaintoa), kantoläpimitan (1159), yläläpimitan (520) ja pituuden (1309) mittaushavaintoja. Edellä mainitut rinnankorkeusläpimitat oli mitattu samalta korkeudelta ja niiden lisäksi Nousiaisella oli käytössään 698 vertailuhavaintoa mitaajan määrittämältä korkeudelta. Yläläpimitan ja pituuden vertailumittaukset oli tehty kaadetuista puista.

Ruotsin "riksskogstaxeringen"-vertailusta vuosilta 1973 - 1977 on julkaistu tuloksia (Daamen 1980) mm. rinnankorkeusläpimitan (12 223 puuta), kantoläpimitan (6 856), pituuden (12 223) ja elävän latvuksen alarajan (9 668) mittaustulosten erojen vaihtelusta.

Kantoläpimitta oli mitattu Ruotsissa kannon kapeimmasta suunnasta, kun se muissa aineistoissa oli mitattu, kuten rinnankorkeusläpimitinkin, kohtisuoraan koealan keskipisteeseen suuntautuvaa sädettä vastaan. Pituus oli mitattu Ruotsissa 5 - 15-metrisistä puista puolen metrin ja yli 15-metrisistä metrin tarkkuudella, kun se muissa aineistoissa oli mitattu aina desimetrin tarkkuudella.

Taulukko 16. Mittauserojen hajonta eri selvitysten mukaan. A=Kujala, B=Daamen, C=Nousiainen, D=Ihalainen

	A	B	C	D
rinnankorkeusläpimitta, mm	3,9	6,1	2,3	2,3
kantoläpimitta, "	-	21,6	11,6	7,7
yläläpimitta, "	7,7	-	6,5	9,0
pituus, dm	7,7	9,7	6,7	4,6
elävän latvuksen alaraja, "	-	9,2	-	5,8

Mittaustapaerojen lisäksi näissä tutkimuksissa käytetyt aineistot poikkeavat toisistaan rakenteensa puolesta. Sillä on merkitystä, jos mittaus- ja arviointierojen vaihtelu osoitetaan riipuvan esim. puun koosta. Taulukon 16 luvut eivät siis ole täysin vertailukelpoisia, mutta ne yhdessä antavat yksittäisiä tuloksia laajemman kuvan mittausvirheiden vaihtelusta.

VMI:n pysyvillä koealoilla (D) rinnankorkeusläpimitta mitattiin vertailussa yleensä samalta korkeudelta kuin alkuperäisessä mittauksessa. Nousiaisen tutkimuksen mukaan rinnankorkeusläpimitan mittauserojen hajonta oli 3,5 mm, kun mitaajat päättivät itse mittauskorkeuden.

Kantoläpimitan mittauserojen suuri hajonta Ruotsin inventoinnissa (B) aiheutunee noudatetusta mittaustavasta. Yläläpimitan mittauserojen hajontaan vaikuttaa ilmeisesti vertailussa käytetty mittaustapa. Kujalalla ja Nousiaisella vertailumittaus oli tehty millimetrin tarkkuudella, kun tämän tutkimuksen aineistossa vertailumittaus tehtiin kuten alkuperäinenkin mittaus senttimetrin tarkkuudella.

Pituuden ja elävän latvuksen alarajan mittaustulosten erojen hajontaan vaikuttaa puiden kokojakauma, mistä ei muiden tutkimusten osalta ollut tietoja käytettävissä.

42. Arvioidut tunnuukset

Arvioiduista tunnuksista ei ole olemassa suomalaisia VMI:in liittyviä arviointien luotettavuusselvityksiä. Ruotsin inventoinnista niitä on julkaistu puiden latvuskerroksen ja tuhojen arvioinnin onnistumisesta (Daamen 1980).

Suomessa käytettävää latvuskerrosluokitusta vastaa Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnissa puuluokitus, jota käyttäen oli siellä vertailussa arvioitu 6 971 puuta. Niistä 4 807, eli 69 % oli arvioitu samaan luokkaan kuin alkuperäisessä mitauksessa. Yksimielisyys nousee kuitenkin 84 prosenttiin, jos valta- ja lisävaltapuut pidetään yhtenä luokkana, kuten Suomen VMI:ssa on tapana. Yksimielisyys latvuskerroksen arvioinnissa oli VMI:n pysyvillä koealoilla 76 % (s. 10).

Koepuissa havaittujen tuhojen luokitus Ruotsin inventoinnissa sisälsi tietoa sekä tuhon ilmiasusta että syystä, jos luokitusta verrataan VMI 8:n pysyvillä koealoilla tehtyyn koepuiden tuhoarviointiin. Luokitukset poikkeavat siis toisistaan melko paljon, joten arviointien onnistumisen vertailu ei voi olla kovin yksityiskohtaista.

Yksimielisyys tuhon aiheuttajasta (ja olemassa olosta) oli Daamenin mukaan noin 90 %, kun samaan "tuhon ilmiasu"-luokkaan arvioidujen puiden osuus tässä tutkimuksessa oli 72 %. Yksimielisyysasteeseen vaikuttaa suuresti terveinä pidettyjen puiden osuus, mikä Ruotsissa oli noin 86 % ja niiden osalta luokituksen yksimielisyys 95 %, kun tämän tutkimuksen mukaan vastaavat luvut olivat 70 ja 85 % (s. 22).

Sekä alunperin että vertailussa jonkin tuhomerkinnän saaneille puille oli merkitty sama tuho Daamenin mukaan 85 %:lle ja tässä tutkimuksessa 63 %:lle puista. Vain toisen ryhmänjohtajan tuhopuiksi luokittelemien puiden osuus kaikista tuhomerkinnän saaneista puista oli Daamenin mukaan keskimäärin 32 % ja VMI 8:n pysyvillä koealoilla 35 %.

5. YHTEENVETO

51. Yhteenveto tuloksista

Puiden lukematta jättäminen

Subjektiiivisesti valituista alle 4,5 cm paksuista puista oli keskimäärin kolmasosa sellaisia, jotka oli luettu vain toisessa mittauksessa. Suuremmista, eli vähintään 4,5 cm paksuista puista, lukematta jääneiden osuus oli 2,2 %, mutta niiden osuus puuston tilavuudesta oli huomattavasti pienempi, sillä lukematta jäi vain yksi tukkipuukokoinen puu. Noin kolmasosalla näistä suuremmista puista oli lukematta jäämisen syy puun unohtuminen ja kahdella kolmasosalla läpimitan tai keskipisteestä mitatun etäisyyden mittauserot.

Mitatut tunnuks

Mittaustulosten erojen keskiarvon merkitsevyyttä testattiin t-testillä käyttäen kaavaa:

$$t = \frac{\Delta \bar{x}}{s_{\Delta \bar{x}}}, \text{ missä } \Delta \bar{x} = \text{mittauserojen keskiarvo}$$
$$s_{\Delta \bar{x}} = s_{\Delta \bar{x}} / \sqrt{n}, \text{ kun}$$
$$s_{\Delta \bar{x}} = \text{mittauserojen keskihajonta}$$
$$n = \text{havaintojen lukumäärä.}$$

Yksittäisillä puulajeilla ero oli testin mukaan joissain tapauksissa merkitsevä viiden tai jopa yhden prosentin riskillä (kuusella latvuksen leveys sekä muilla lehtipuilla latvuksen leveys ja elävän latvuksen alaraja). Muilla lehtipuilla mitausten laatuun voi vaikuttaa puulajin vähäarvoisuus. Kuusen latvusleveyden mittauserojen suuri t-arvo johtuu poikkeuksellisen pienestä mittauserojen hajonnasta. Käytännössä merkitseviä systemaattisia eroja ei esiintynyt. Mittaustulosten satunnaisvaihtelusta on koottu tärkeimpiä tuloksia taulukkoon 17.

Taulukko 17. Luku- ja koepuiden mittaustulosten keskiarvoja sekä niitä vastaavat mittaustulosten erotusten keskiarvot ja hajonnat. Laskennasta poistettujen puiden määrä = P.

tunnus:	N	\bar{X}	\bar{x}	s	P
etäisyys, cm	1306		-0,10	6,2	5
suunta, gon	1306		-0,16	2,6	5
rinnankorkeusläpimitta, mm	1216		0,07	2,3	2
pituus, dm	329	110	0,2	4,6	8
-mänty	147	105	0,2	4,3	8
-kuusi	101	116	-0,7	3,9	-
-koivu	61	120	1,2	5,5	-
yläläpimitta, cm	172	14	0,05	0,9	-
elävän latvuksen alaraja, dm	305	44	-0,1	5,8	1
kuolleen " " , dm	251	15	0,7	4,9	-
alimman kuolleen oksan korkeus, dm	145	26	1,2	8,3	3
-puut, joilla $d > 17,5$ cm	53	40	2,0	11,6	-
-mänty	36	45	3,8	12,9	-
latvuksen leveys, dm	333	30	0,2	5,3	-
lenkous, cm	202	2,4	0,1	1,9	-
tukkikelpoisen osan pituus, dm	60	107	0,5	19,9	5*
-mänty	35	108	1,5	21,7	2*

*Vain toinen ryhmänjohtaja oli tehnyt puusta tukkia.

Pituusmittauksista löytyi poikkeavan suuria mittauseroja noin 8-9 metrin mittaisilla puilla. Syynä on ilmeisesti se, että vertailutangon avulla mitataan liian pitkiä puita.

Arvioidut tunnuks

Arviontia vaativien tunnusten määrittämisen osalta ei myöskään löytynyt systemaattisia luokituseroja. Satunnaisvirheitä koskevat tärkeimmät tulokset on kootu taulukkoon 18.

Taulukko 18. Yhteenveto luku- ja koepuista tehtyjen arviointiluokitusten onnistumisesta. A=puiden lukumäärä, B=puut, jotka on arvioitu eri luokkiin, $C=100 \times B/A$, eli 'väärin' luokitettujen suhteellinen osuus.

tunnus:	A	B	C
puulaji	1320	27	2,0
puulaji*	1320	4	0,3
puuluokka	1320	328	24,8
latvuskerros	1321	321	24,3
syntytapa	1321	204	15,4
tuhon ilmiasu	345	97	28
harsuuntuminen	111	29**	26
neulasvuosikerrat	117	45	38
tukkiosan päättymisen syy	66	18	27
tyvitukin laatu	53	18	34

*Poistettu raudus- ja hieskoivun väliset 'virheet'.

**Samaan harsuuntumisloukkaan arvioituja puita oli 82, niistä 80 luokassa '0'.

Pienet puut ja kannot

Pienien puiden luennassa vain toisessa mittauksessa luettuja puuryhmiä oli keskimäärin 8 % ja puita niissä oli hyvin vähän. Eniten jäi lukematta katajia, muita lehtipuita ja rauduskoi-
vuja. Yhteisissä ryhmissä keskipituuserojen hajonta oli 29 % ja puiden lukumääräerojen hajonta 53 %. Pienien puiden mit-
taustuloksen tarkkuutta tutkittiin kokeilumielessä niin, että samalla koealalla olleita pikkupuuryhmiä laskettiin yhteen (s. 25). Ideana oli yhdistellä niitä ottaen huomioon pikkupuiden merkitys koealan jatkokehitykselle. Näiden "suuryhmien" vä-
liset suhteelliset erot olivat jonkin verran pienempiä kuin alkuperäisten pikkupuuryhmien.

Vertailluilta koealoilta saatu kantoaineisto jäi hyvin pie-
neksi, joten niitä koskevilla tuloksilla ei ole merkitystä.

52. Loppupäätelmät

VMI:n päätehtävä on tuottaa tietoa valtakunnan metsävaroista. Siihen kuuluu tuloksien luotettavuuden selvittäminen. Inventoinnin aamunkoitossa tehtyä silmävaraisten arviointien korjausta lukuunottamatta mittauksiin ja arviointeihin liittyvät virheet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle ja tulosten luotettavuutta on lähestytty systemaattisen otannan keskivirheen laskentakaavoilla.

VMI-mittauksiin liittynyt vertailu on tähdännyt ryhmänjohtajien ammattitaidon parantamiseen ja tiedon hankinta mittausten ja arviointien luotettavuudesta on ollut lapsipuolen asemassa. VMI 8:n pysyviltä koealoilta kerätty vertailutieto on ensimmäinen kokonaisvaltainen yritys uuteen suuntaan. Monien mittausten osalta aineisto jäi kuitenkin hyvin pieneksi, ollen pienimmillään ehkä yhdeltä tai kahdelta koealalta kerätty, jolloin aineiston edustavuus on heikko. Näin kävi esim. eräiden ensimmäistä kertaa VMI:ssä mitattujen tunnusten osalta, joiden mittaustarkkuuden luotettavuuden selvittäminen oli yksi tutkimuksen tavoitteista. Siltä osin työ jäi puutteelliseksi.

Pysyvien koealojen seurantamittauksia ajatellen tieto mittausten luotettavuudesta on hyvin tärkeä. VMI-aineiston lisääntyvä käyttö tutkimusten perusaineistona edellyttää myös tietoa aineiston mittaustarkkuudesta. Taulukko 16 osoitti, että eri aineistoista tehdyt selvitykset antoivat erilaisia tuloksia mittauserojen vaihtelusta, joten VMI-mittausten luotettavuus pitää selvittää VMI:n yhteydessä.

Daamen, W. 1980. Kontrolltaxeringen åren 1973-1977. Resultat från en kontroll av datainsamlingen vid riksskogstaxeringen. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering. Rapport 27. 135 s. + liitteet.

Kujala, M. 1979. Mittatarkkuus valtakunan metsien inventoinnissa. Konekirjoite. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisentutkimusosasto. 8 s.

Nousiainen, M. 1986. Metsän koealainventoinnissa tarvittavien koepuumittausten luotettavuus. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Metsänarvioimistieteen laitos. 60 s. + liite.

Valtakunnan metsien 8. inventointi. Pysyvien koealojen kenttätöiden ohjeet. 1985. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisentutkimusosasto. 78 s. + liitteet.

ISBN 951-40-0843-X
ISSN 0358-4283

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus