

Pasi Kiviluomaja Jori Uusitalo

Männyn kuivaoksa- ja latvusrajan silmävaraisen arvioinnin tarkkuus



■ Pasi Kiviluoma



■ Jori Uusitalo

Kiviluoma, P. & Uusitalo, J. 1997. Männyn kuivaoksa- ja latvusrajan silmävaraisen arvioinnin tarkkuus. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/1997: 505–512.

Tutkimuksessa selvitettiin männyn kuivaoksa- ja latvusrajan silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta. Tutkimusaineisto koostui kahdesta erillisestä mittauskokeesta. Arvioinnin suoritti kokeessa 1 seitsemän ja kokeessa 2 kymmenen henkilöä. Koehenkilöinä toimivat kummasakin kokeessa Aureskoski Oy:n metsäosaston toimihenkilöt. Arvioitavia puita oli yhteensä 63. Koejärjestelyistä johtuen tutkimuksessa voitiin tarkastella erikseen silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta yleisesti, arvioijakohtaista vaihtelua sekä koulutuksen vaikutusta mittaustarkkuuteen.

Sekä kuivaoksarajan että latvusrajan arvioinnissa esiintyi selvä systemaattinen yliarvio. Kuivaoksarajan arvioinnin systemaattinen virhe oli kokeessa 1 1,05 m ja kokeessa 2 0,50 m kun vastaavat latvusrajan arvioinnin systemaattiset virheet olivat 0,60 m ja 0,41 m. Mittaaja-kohtainen vaihtelu oli varsin suuri, etenkin kuivaoksarajan kohdalla. Kuivaoksarajan systemaattisen virheen suuruus vaihteli arvioittain kokeessa 1 välillä 0,5...1,8 m ja kokeessa 2 välillä –0,1...+1,0 m. Koetta 2 edeltänyt lyhyt koulutus vähensi merkittävästi etenkin kuivaoksarajan arvioinnin systemaattisen virheen suuruutta.

Asiasanat: kuivaoksaraja, latvusraja, metsän mittaaminen, mänty, puun laatu

Yhteystiedot: Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos, PL 24, 00014 Helsingin yliopisto. Sähköposti jori.uusitalo@helsinki.fi

Hyväksytty 29.10.1997

1 Johdanto

Asiakkaiden mitta- ja laatuvaatimusten täyttäminen on suomalaisten sahojen yksi keskeisimmistä kilpailutekijöistä nykyään. Asiakaslähtöinen tuotanto ei ole enää pelkästään pienten sahojen kilpailuvälittäjä, vaan myös isot ja vientiin keskittyvät integraattisahat pyrkivät entistä paremmin ottamaan asiakkaitteinsa; rakennus-, huonekalu- ja puusepänteollisuuden tarpeet ja toiveet huomioon. Koska sahatavaran ominaisuudet määräytyvät varsin pitkälle sahatukin ominaisuuksien perusteella, edellyttää asiakaslähtöinen sahaus myös asiakaslähtöistä puunhankintaa. Jotta usean eri asiakkaan laatu- ja mitta vaatimukset voidaan ottaa huomioon, on jo leimikkovalintaa tehtäessä löydettävä tilauksiin puustoltaan parhaiten soveltuvat leimikot ja suunniteltava niihin kokonaisuuden kannalta optimaaliset apteerausohjeet. Optimaalisen korjuuohjelman ja apteeraustaulukoiden laadinta edellyttää, että leimikoiden rakenteesta on olemassa riittävästi mitattua tietoa. Koska nykyiset metsätalouden suunnittelujärjestelmät eivät anna riittävän tarkkaa tietoa leimikoiden rakenteesta, on metsäteollisuuden piirissä jo pitemmän aikaa etsitty sopivia arviointi- ja mittausten menetelmiä (Lemmetty ja Mäkelä 1992, Lemmetty 1993, Uusitalo 1995) asiakaslähtöisen puunhankinnan tueksi.

Puuston läpimitan ja pituuden lisäksi on puuston laadulla keskeinen merkitys sahauksen lopputulokseen, etenkin männyn kohdalla. Pystyvarannon sisäistä laatua ennustettaessa on tukeuduttava rungon ulkosiin tunnuksiin, vaikka esimerkiksi männyn kohdalla kasvukairauksilla voidaan parantaa laadun ennustamisen luotettavuutta (Heiskanen 1954, Uusitalo 1995). Etäisyys maasta tai ylimmästä kaatoa haittaavasta juurenniskasta alimpaan kuivaan oksaan eli yleisimmin kuivaoksaraja on useimmissa tutkimuksissa osoittautunut männyn tyvitukin laadun parhaaksi selittäjäksi (Kärkkäinen 1980, Uusitalo 1994, 1995). Männyn latvusraja, jolla tarkoitetaan etäisyyttä maasta tai ylimmästä kaatoa haittaavasta juurenniskasta elävän latvuksen alkamiskohtaan, on merkittävä selittäjä ennustettaessa huonekaluteollisuudessa erittäin arvostetun terveoksaisten sahatavaran esiintymistodennäköisyyttä (Uusitalo 1995).

Männyn laatua parhaiten ennustavien ulkoisten runkotunnusten, kuivaoksarajan ja latvusrajan, sil-

mävarainen arviointi on huomattavasti nopeampaa kuin niiden mittausta apuvälineitä käyttäen. Uusitalon ja Kivisen (1994) mukaan kuivaoksarajan määrittäminen kestää vavan kanssa keskimäärin 16 s/runko, kun sen määrittäminen silmävaraisesti kestää keskimäärin 9 s/runko. Varsinaisen tunnuksen määrittämisestä vavan avulla mittausta hidastavat lisäksi vavan purkaminen, kokoaminen ja siirtely. Varsinaisen lisäajamenekin lisäksi, mittausta suorittavat toimihenkilöt eivät ole useinkaan halukkaita kantamaan vapaa mukanaan. Mittaustyön mielekkyydellä on arvioitu olevan keskeinen merkitys, mikäli ennen hakkuuta tapahtuva ennakkomittaus aiotaan liittää osaksi toimihenkilön työruutiineja (Uusitalo ja Kivinen 1994).

Männyn latvusrajan mittausta voidaan verrata varsin pitkälle puun pituuden mittaukseen, sillä sen mittausta suoritetaan yleisimmin Suunto-hypsometrin avulla. Latvusraja on useimmiten niin korkealla, että sen määrittäminen vavan kanssa on mahdollista. Uusitalon ja Kivisen (1994) mukaan puun pituuden mittausta hypsometriä apuna käyttäen kestää keskimäärin 77 s/runko kun sen silmävaraisen arvioinnin ajanmenekin keskiarvo on 7 s/runko.

Vaikka silmävarainen arviointi onkin kiistatta nopeampaa kuin mittausta apuvälineitä käyttäen, se ei välttämättä tarkoita sitä, että silmävarainen arviointi olisi tehokkaampaa kuin mittausta apuvälineitä käyttäen. Jotta silmävaraisen arvioinnin soveltuvuutta leimikoiden ennakkomittaukseen voidaan tarkastella kokonaisvaltaisesti, on ajanmenekitiedon lisäksi tiedettävä siihen sisältyvän mittaustuloksen suuruus ja ennen kaikkea mittaustuloksen jakautuminen satunnaiseen ja systemaattiseen komponenttiin.

Silmävaraista arviointia, sen laajasta käytöstä huolimatta, on tutkittu varsin vähän. Tutkimuksen kohteina ovat olleet lähinnä puun pituuden ja leimikon keskitilavuuden silmävaraisen arvioinnin tarkkuus. Ilvessalo tutki (1927) valtakunnan metsien I. inventoinnin (1921–1924) suorittaneiden metsänhoitajien puuston tilavuuden silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta. VMI:n ryhmänjohtajien yleisin virhe oli pyrkiminen kohti keskiarvoa. Kaikilla oli kuitenkin selvä riippuvuus arvioidun ja todellisen tilavuuden kesken.

Myös kuvioittaisen arvioinnin yhteydessä on tutkittu eri tunnuksien mittaustarkkuutta. Vuokilan (1959) tutkimuksessa relaskoopikoealan keskipuun

pituuden silmävaraisen arvioinnin keskiarvo oli 8 % ja systemaattinen yliarvio 1,9 %. Mittaaja mittasi arvioimansa puun heti silmävaraisen arvioinnin jälkeen, millä lieene ollut arvioimistarkkuuta parantava vaikutus. Posen (1982) mukaan tärkeimpien kuviotunnusten osalta virheiden hajonta on keskimäärin 20 % tutkittavan tunnuksen keskiarvosta, kun arvioijat ovat kokeneita ja ammattitaitoisia.

Purola (1983) tutki metsätaitokisoihin osallistuneiden kilpailijoiden puun pituuden arvioinnin tarkkuutta. Puun pituuden arvioinnissa pituusarvioiden systemaattinen yliarvio oli 29 cm eli 1,6 % ja arvioiden hajonta oli 7,7 %. Arvion keskiarvo todellisesta pituudesta oli 1,5 m eli 7,8 %. Joka toisella kilpailijalla silmävaraisessa puun pituuden arvioinnissa oli havaintovirhettä alle yksi metri ja 6 %:lla virhe oli yli 3 m. Talvikisoissa kolmen puun (27,0 m, 21,2 m, 22,8 m) pituus arvioitiin hyvin. Hajonta oli 1,5 m (6,1 %) ja systemaattinen yliarvio 0,18 m (0,8 %). Jonsson ja Lindgren (1978) tutkivat silmämääräisen arvioinnin tarkkuutta ja sen korjaamista objektiivisesti sijoitetuilla tarkistuskoealoilla. He totesivat silmämääräisesti ja tarkistusinventoinneista saatujen puuston tilavuuksien keskimääräiseksi eroksi 35,6 m³/ha ja erotuksen hajonnaksi 8,6 m³/ha. Arvioinnin keskiarvo oli 18 m³/ha. Parhaaksi tavaksi kalibroida silmämääräistä arviointia he totesivat regressiomallin tekemisen.

Koska puun jalostusketjussa on puun laadulla yhä keskeisempi asema, on tärkeää, että myös puiden tärkeimpien laatutunnusten mittaukseen liittyvän mittausvirheen suuruus tiedetään. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia männyn kuivaoksarajan ja latvusrajan silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta. Koejärjestelyistä johtuen tutkimuksessa voitiin tarkastella erikseen silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta yleisesti, arvioijakohtaista vaihtelua sekä koulutuksen vaikutusta mittaustarkkuuteen. Kuivaoksarajan ja latvusrajan silmävaraisen arvioinnin lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan myös puun pituuden arvioinnin tarkkuutta.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineisto koostui kahdesta erillisestä mittauskokeesta, joista ensimmäinen suoritettiin syys-

kuussa 1994 (koe 1) ja toinen marraskuussa 1995 (koe 2). Testikohteiksi valitut mäntyukkivaltaiset metsiköt sijaittivat Parkanossa, lähellä Aureskoski Oy:n sahalaitosta. Kokeessa 1 arvioitavia puita oli 33 ja kokeessa 2 vastaavasti 30. Kuivaoksarajan ja latvusrajan arvioinnin lisäksi testattiin kokeessa 1 myös puun pituuden silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta 14 koepuun kohdalla.

Koehenkilöt olivat Aureskoski Oy:n Metsäosaston toimihenkilöitä, joilla kaikilla oli kokemusta puun ostoon liittyvästä puuston arvioinnista. Koehenkilöitä oli kokeessa 1 seitsemän ja kokeessa 2 kymmenen. Koehenkilöiden perusryhmä oli kummassakin kokeessa lähes sama. Kokeessa 1 käytetty arvioijien numerointi ei kuitenkaan vastaa kokeen 2 numerointia.

Arvioitavien puiden keskipituus oli kokeessa 1 21,4 m ja kokeessa 2 21,2 m ja vastaavasti keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat olivat 26,1 cm ja 29,5 cm, joten puustoiltaan koealueet olivat lähes samanlaisia. Kokeen 1 yhteydessä ei järjestetty varsinaista koulutustilaisuutta, kun taas koetta 2 edelsi lyhyt teoriakoulutus ja käytännön harjoitus ennen varsinaista testiä. Testialueelta valittiin säännöllisin välimatkoin koeala, jonka keskipisteen lähimmät puut valittiin koepuiksi. Testiradat kulkivat kokeessa 1 kolmen eri kuvion ja kokeessa 2 yhden kuvion läpi.

Ennen koetta tutkimusryhmä mittasi tunnusten tarkat arvot. Mittauksessa selvitettiin kuivaoksaraja, latvusraja, rinnankorkeusläpimitta ja puun pituus. Kuivaoksaraja mitattiin teleskooppivavan avulla, latvuksen mittaamiseen käytettiin hypsometriä tai lyhyemmille puille teleskooppivapaa, rinnankorkeusläpimitta mitattiin mittasaksilla ja puun pituus mitattiin hypsometrillä. Mitatut arvot toimivat vertailuarvoina tilastollista analyysia tehtäessä. Koepuiden tarkoituksissa mittaauksissa rinnankorkeusläpimitta mitattiin millimetrin tarkkuudella. Kuivaoksaraja, latvusraja ja pituus mitattiin kokeessa 1 0,25 m:n ja kokeessa 2 0,5 m:n tarkkuudella.

Koepuiden kuivaoksaraja määritettiin etäisyytenä ylimmästä kaatoa haittaavasta juurenniskasta alimpaan läpimitaltaan vähintään 15 mm paksuun kuivaan oksaan. Läpimittaluokissa 19 cm ja sitä pienemmissä läpimittaluokissa riitti 10 mm paksu oksa. Kuivan oksan oli oltava selvästi silmällä havaittavissa ja ulottuttava rungon vaipan ulkopuolel-

le. Kokeessa 1 latvusraja arvioitiin etäisyytenä ylimmästä kaatoa vaikeuttavasta juurenniskasta alimpaan elävään oksaan. Elävässä oksassa piti olla vähintään yksi elävä havutupsu. Lämpimittavaatimuksia ei ollut. Kokeessa 2 latvuksen alkamiskohdaksi käsitettiin raja, jossa yhtäjaksoisen vihreän eli elävän oksiston voitiin katsoa alkavan. Yksittäistä oksaa, jonka yläpuolella on vähintään kaksi luontaisesti kuivunutta oksakiehkuraa ennen yhtenäisen latvuksen alkua, ei otettu huomioon.

Kokeessa 1 arvioidut runkotunnukset (kuivaoksaraja, latvusraja ja pituus) määritettiin 1 m:n ja kokeessa 2 (kuivaoksaraja ja latvusraja) 0,5 m:n tarkkuudella. Yhden koepuun runkotunnusten arviointiin ei saanut käyttää aikaa enempää kuin 1 minuutti.

3 Tulokset

3.1 Arviointivirhe keskimäärin

Mittauskokeista lasketut tarkat runkotiedot sekä silmävaraisen arvioinnin systemaattinen virhe ja keskihajonta on esitetty taulukossa 1. Sekä kuivaoksarajan että latvusrajan arvioinnissa esiintyi selvää systemaattista virhettä. Systemaattinen yliarvio on selitettävissä kuivaoksarajan arvioinnissa osittain sillä, että arvioija ei ole havainnut alinta kuivaa oksaa tai hän on arvioinut oksan läpimitaltaan väärin. Runkokohtaisista tuloksista on havaittavissa selkeästi ne tapaukset, joissa alimman kuivan oksan määrittäminen on epäonnistunut ja itse arviointi on kohdistunut väärään oksaan. Latvusrajan silmävaraisen arvioinnin kohdalla on vaikeampi löytää syytä selkeisiin yliarvioihin. Kuitenkin myös latvusrajan kohdalla arvioija voi tulkita alkamiskohdan väärin mm. huonon näkyvyyden vuoksi, joskin latvusrajan määrittäminen ei tuota niin paljon vaikeuksia kuin kuivaoksaraja. Latvusrajan arvioinnin systemaattinen virhe on kuitenkin suhteellisesti huomattavasti pienempi kuin vastaava kuivaoksarajan systemaattinen virhe. Puun pituuden arviointi onnistui aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna kohdittavasti, sillä esim. Purolan (1983) tutkimuksessa systemaattinen yliarvio oli 29 cm ja arvion keskivirhe todellisesta pituudesta oli 1,5 m.

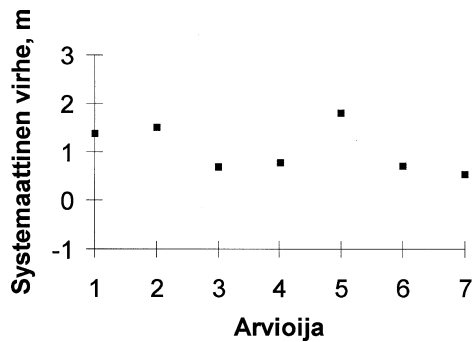
Taulukko 1. Runkotunnusten keskiarvot (\bar{x}), arviovirheen keskihajonnat (s) ja systemaattinen virhe (\bar{z}).

		Koe 1	Koe 2
Kuivaoksaraja, m	\bar{x}	4,3 m	5,7 m
	s	1,27 m	1,22 m
	\bar{z}	1,05 m	0,5 m
	n	231 kpl	300 kpl
Latvusraja, m	\bar{x}	11,8 m	12,2 m
	s	2,12 m	1,40 m
	\bar{z}	0,60 m	0,41 m
	n	231 kpl	300 kpl
Pituus, m	\bar{x}	21,4 m	21,2 m
	s	1,84 m	-
	\bar{z}	-0,26 m	-
	n	98 kpl	-

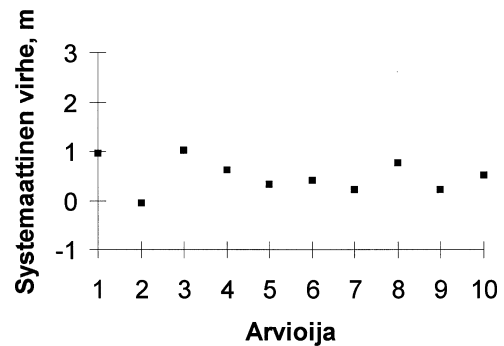
Kuten taulukon 1 arvoista voidaan todeta, silmävaraisen arvioinnin tarkkuus oli kokeessa 2 parempi kuin kokeessa 1. Kuivaoksarajan arvioinnin systemaattinen virhe vähentyi kokeen 1 1,05 m:stä kokeen 2 0,5 m:iin. Merkille pantavaa on kuitenkin, että kuivaoksarajan arvioinnin keskihajonta oli kummassakin kokeessa lähes yhtä suuri, vaikka systemaattisessa virheessä oli näinkin suuri ero. Tuloksista voidaan päätellä, että koetta 2 edeltänyt koulutus ja käytännön harjoittelu paransivat huomattavasti arvioijien valmiuksia tehdä oikea määrittäminen alimman kuivan oksan osalta. Latvusrajan arvioinnissa sekä systemaattinen virhe että keskihajonta vähenivät selvästi siirryttäessä kokeesta 1 kokeeseen 2.

3.2 Arvioijakohtainen vaihtelu

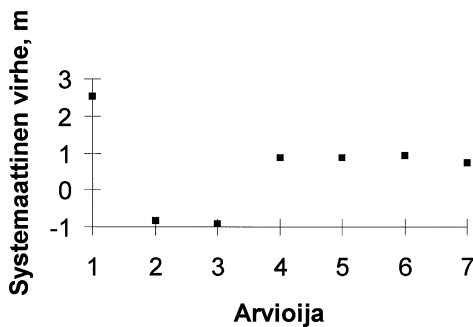
Kuvissa 1 (koe 1) ja 2 (koe 2) on esitetty kuivaoksarajan arvioinnin systemaattinen virhe arvioijakohtaisesti. Kokeessa 1 oli kaikilla mittajilla selvä yliarvio ja kokeessa 2 ainoastaan yhdellä arvioijalla lievä aliarvio. Kuten kuvista 1 ja 2 voidaan todeta, kuivaoksarajan systemaattinen virhe oli selvästi suurempi kokeessa 1 kuin kokeessa 2. Systemaattisen virheen suuruus vaihteli arvioijittain erittäin paljon. Tuloksista on selvästi havaittavissa ne henkilöt, joille kuivaoksarajan määrittäminen tuotti vaikeuksia. Ottaen huomioon kuivaoksarajan mää-



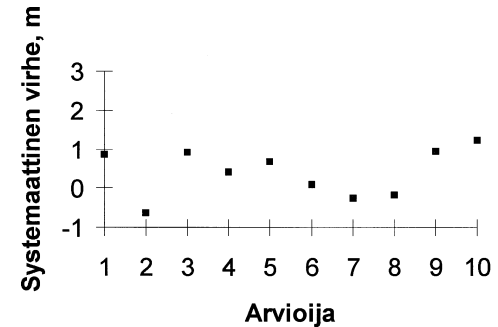
Kuva 1. Arvioijakohtainen systemaattinen virhe kuivaokсарajan arvioinnissa kokeessa 1 (n = 33/arvioija).



Kuva 2. Arvioijakohtainen systemaattinen virhe kuivaokсарajan arvioinnissa kokeessa 2 (n = 30/arvioija).



Kuva 3. Arvioijakohtainen systemaattinen virhe latvusrajan arvioinnissa kokeessa 1 (n = 33/arvioija).



Kuva 4. Arvioijakohtainen systemaattinen virhe latvusrajan arvioinnissa kokeessa 2 (n = 30/arvioija).

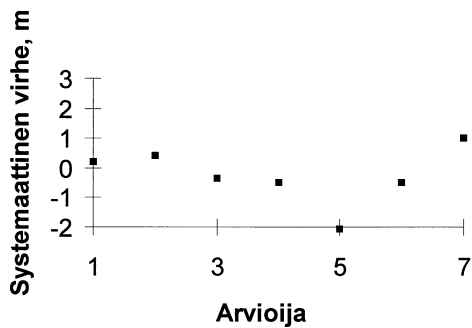
rityksen vaikeus, voidaan alle 0,5 m:n systemaattista virhettä pitää jo varsin hyvänä. Näitä arvioijia oli kokeessa 2 viisi eli puolet arvioijista.

Kuvissa 3 (koe 1) ja 4 (koe 2) on esitetty latvusrajan arvioinnin systemaattinen virhe arvioijakohtaisesti kokeissa 1 ja 2. Latvusrajan arviot olivat enimmäkseen yliarvioita ja arvioijakohtaiset erot olivat suuret. Latvusrajan systemaattisessa virheessä oli kokeessa 1 kahdella arvioijalla selkeä systemaattinen aliarvio ja yhdellä suuri yliarvio (2,53 m). Kokeessa 2 aliarvioita oli kolme ja systemaattisten virheiden arvioijakohtainen hajonta oli pienempi kuin kokeessa 1.

Puun pituuden arvioinnin arvioijakohtainen systemaattinen virhe kokeessa 1 on esitetty kuvassa 5. Kuten tuloksista voidaan päätellä, puun pituuden

määrittäminen on suhteellisesti helpompaa kuin kuivaokсарajan ja latvusrajan määrittäminen. Pituuden arvioinnissa neljällä mittajalla oli systemaattinen aliarvio ja kolmella systemaattinen yliarvio. Yhdellä arvioijalla oli suuri aliarvio (−2,07 m) ja yhdellä suurehko yliarvio (1,00 m). Muiden arvioijien kohdalla systemaattinen virhe oli 0,5 m tai vähemmän, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Arvioijien tulisi arvioinnin lomassa suorittaa joitakin tarkistusmittauksia silmän kalibroimiseksi. Arvioijakohtaiset arviot ovat usein enimmäkseen samansuuntaisia eli systemaattisesti yli- tai aliarvioita. Puuston tiheys tai järeyys saattaa myös aiheuttaa systemaattista virhettä. Esimerkiksi suuriläpimittainen puu mielletään usein myös pitkäksi.

Taulukossa 2 (koe 1) ja 3 (koe 2) on esitetty kui-



Kuva 5. Arvioijakohtainen pituuden arvioinnin systemaattinen virhe kokeessa 1 ($n = 14$ /arvioija).

vaoksa- ja latvusrajan arvioinnin arvioijakohtainen keskihajonta. Kuivaoksarajan arvioinnin arvioijakohtaiset keskihajonnat olivat molemmissa kokeissa samansuuruiset eikä myöskään arvioijien välillä ollut kovin suurta vaihtelua. Latvusrajan kohdalla taas arvioijakohtainen keskihajonta vaihtelee selvästi enemmän kokeessa 2 kuin kokeessa 1. Kokeen 1 muutamat suurehkot arvioijakohtaiset keskihajonnat voidaan katsoa johtuneen puutteellisesta koulutuksesta ja vähäisestä kokemuksesta silmävaraisessa arvioinnissa. Puun pituuden arvioinnin täsmällisyys vaihtelee arvioijittain varsin paljon. Vertailtaessa puun pituuden systemaattista virhettä ja keskihajontaa arvioijittain (kuva 5 ja taulukko 2), voidaan havaita, että osalla arvioijista systemaattinen virhe ja keskihajonta eivät välttämättä korreloi keskenään. Sen sijaan latvusrajan ja puun pituuden arvioinnin keskihajonnoissa (taulukko 2) voidaan havaita selvä arvioijakohtainen korrelaatio (0,57).

3.3 Tunnuksen arvon vaikutus arviointitarkkuuteen

Kuivaoksarajan ja latvusrajan arvon vaikutus ko. tunnusten arviointitarkkuuteen on esitetty kuvissa 6–9. Tämän tutkimuksen kokeiden perusteella näyttäisi siltä, ettei arvioinnin täsmällisyys muutu kovinkaan paljoa arvioitavan tunnuksen korkeuden lisääntyessä. Kuivaoksarajan arvioiden keskihajonnat (kuvat 6 ja 7) kasvavat vain vähän tunnuksen arvon kasvaessa ja latvusrajan arvioinnin täsmälli-

Taulukko 2. Arvioijakohtainen keskihajonta kokeessa 1 ($n = 33$ /arvioija).

Arvioija	Kuivaoksaraja, m	Latvusraja, m	Pituus, m
1	1,40	1,82	1,53
2	1,24	1,37	1,28
3	1,16	2,29	2,06
4	1,14	1,63	1,02
5	1,39	1,25	1,77
6	1,02	1,54	1,09
7	0,97	1,97	2,32

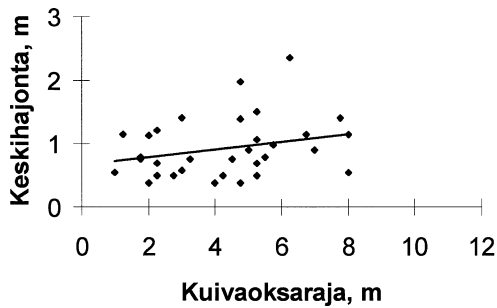
Taulukko 3. Arvioijakohtainen keskihajonta kokeessa 2 ($n = 30$ /arvioija).

Arvioija	Kuivaoksaraja, m	Latvusraja, m
1	1,13	1,43
2	1,10	1,31
3	1,10	1,13
4	1,01	1,31
5	1,38	1,12
6	0,98	1,10
7	1,20	1,36
8	1,38	1,08
9	1,03	1,32
10	1,48	1,68

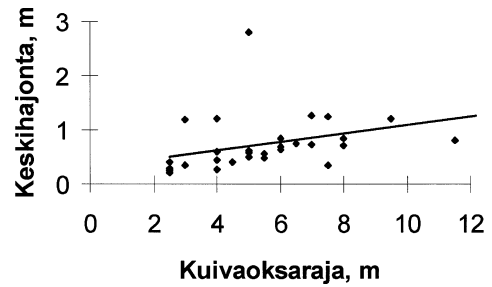
syys (kuvat 8 ja 9) jopa hieman paranee latvusrajan korkeuden kasvaessa. Näyttäisi siltä, että kuivaoksarajan keskihajontaa ei lisää niinkään korkeuden määrittäminen, vaan nimenomaan alimman kuivan oksan vaikea määrittely. Latvusrajan korkeudet ovat suurimmaksi osaksi vaihteluvälillä 10–15 m, jolloin niiden arviointi on korkeuden suhteen lähes samanlaista.

4 Tulosten tarkastelu

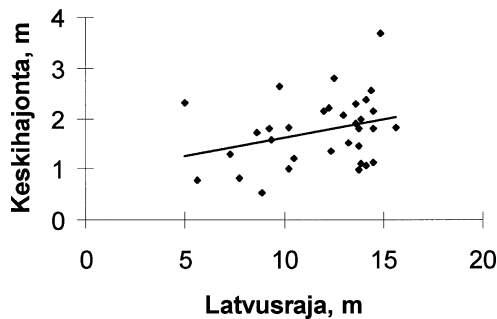
Tutkimuksessa käytettävä tutkimusaineisto koostui 63 koepuusta, joten aineistoa voidaan pitää varsin suppeana. Arvioitavista runkotunnuksista kuivaoksarajan arvot vaihtelivat välillä 1...12,5 m ja



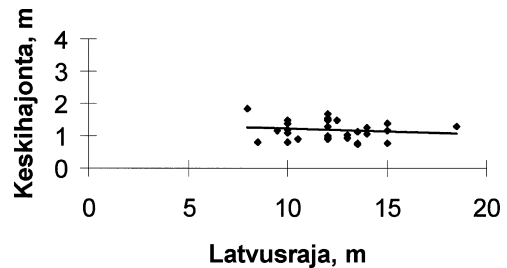
Kuva 6. Kuivaoksarajan korkeuden vaikutus kuivaoksarajan keskihajontaan kokeessa 1 (n = 33). Regressiosuoran selitysaste $R^2 = 0,0773$.



Kuva 7. Kuivaoksarajan korkeuden vaikutus kuivaoksarajan keskihajontaan kokeessa 2 (n = 30). Regressiosuoran selitysaste $R^2 = 0,1445$.



Kuva 8. Latvusrajan korkeuden vaikutus latvusrajan keskihajontaan kokeessa 1 (n = 33). Regressiosuoran selitysaste $R^2 = 0,0965$.



Kuva 9. Latvusrajan korkeuden vaikutus latvusrajan keskihajontaan kokeessa 2 (n = 30). Regressiosuoran selitysaste $R^2 = 0,0201$.

latvusrajan välillä 5...18,5 m, joita voidaan pitää varsin tyypillisinä ainakin etelä-suomalaisissa metsissä. Leimikoiden välisestä vaihtelusta sen sijaan ei voida muodostaa minkäänlaista käsitystä, vaikka toisen testikohteen reitti kulkikin kolmen kuvion läpi.

Silmävaraisen arvioinnin vertailuarvot mitattiin pystyssä olevista puista, millä voidaan ajatella olevan vaikutusta tulosten luotettavuuteen. Koepuiden kaadolla ja arvioitavien runkotunnusten tarkalla mittauksella voidaan vertailuarvojen luotettavuutta parantaa ainakin kuivaoksarajan kohdalla. Kuivaoksarajan määrittelyä voidaan kuitenkin pitää myös maasta käsin mitattuna ajoittain ongelmallisena, sillä on usein ongelmallista määrittellä, ylettykö kyljestyvä oksa rungon ulkovaipan ulkopuolelle.

Kuivaoksarajan määrittelyssä havaittiin suoriteissa kokeissa selvä systemaattinen yliarvio. Suoritettujen puukohtaiset tarkastelut osoittivat selvästi, että suurin syy systemaattiseen yliarvioon johtuu siitä, että alimman kuivan oksan määrittely on epäonnistunut ja itse arviointi on kohdistunut väärään oksaan. Kuivaoksarajan arvioinnin virhe voidaankin karkeasti jakaa seuraaviin virhetyyppisiin:

- 1) Havaintovirhe – määritetyn kuivaoksarajan alapuolella on jäänyt havaitsematta kuiva oksa, jonka läpimitta on suurempi kuin 1,5 cm.
- 2) Määrittelyvirhe – kuivaoksaraja on määritelty väärin, sillä arvioitu alin kuiva oksa on läpimitaltaan pienempi kuin 1,5 cm tai vastaavasti määritetyn kuivaoksarajan alapuolella on havaittu kuiva oksa, mutta se on arvioitu virheellisesti läpimitaltaan pienemmäksi kuin 1,5 cm.

- 3) Korkeusvirhe – kuivaokсарajan kohta rungossa on määritetty oikein, mutta korkeuden arviointi on virheellinen.

Esitetyistä virhetyypeistä havaintovirhe johtaa aina kuivaokсарajan yliarvioon, kun taas määrittelyvirhe ja korkeusvirhe johtavat joko aliarvioon tai yliarvioon. Kuivaokсарajan mittausta apuvälinettä käyttäen poistaa korkeusvirheen, mutta ei poista määrittelyvirhettä eikä havaintovirhettä. Alimman kuivan oksan löytäminen mäntyrunгон pinnalta vaatii arvioijalta ennen kaikkea huolellisuutta. Suoritetujen testien perusteella on mahdotonta arvioida kummalla virhetyypillä, havaintovirheellä vai määrittelyvirheellä, on suurempi vaikutus alimman kuivan oksan määrittelyyn epäonnistumiseen.

Myös latvusrajan silmävaraisessa arvioinnissa esiintyi selvä systemaattinen yliarvio. Latvusrajan arvioinnin systemaattinen virhe on kuitenkin suhteellisesti selvästi pienempi kuin kuivaokсарajan kohdalla. Tähän lienee syynä ennen kaikkea latvusrajan helpompi määrittettävyys.

Sahateollisuutta palvelevan ennakkomittauksen käyttöönotto edellyttää, että mäntytukkirungon laatua parhaiten ennustavan kuivaokсарajan määrittelyyn liittyvä virhe on mahdollisimman pieni. Tässä suhteessa saatuja tuloksia ei voida pitää kovinkaan hyvinä. On kuitenkin huomioitava, että testiin osallistuneet koehenkilöt eivät ole tottuneet suorittamaan kuivaokсарajan määrittelyä työssään – ei ainakaan sillä tarkkuudella, mitä suoritetuissa testeissä vaadittiin. Ennakkomittauksen laajemman käytön kannalta on kuitenkin hyvin rohkaisevaa se, että koulutus näyttää selkeästi parantavan arviointitarkkuutta, ja että pieninkin koulutuksen jälkeen osalla arvioijista systemaattinen virhe väheni merkittävästi.

Kiitokset

Kiitämme mittauskokeisiin osallistuneita Aureskoski Oy:n metsäosaston toimihenkilöitä sekä Veli-Pekka Kivistä avusta testiratojen suunnittelussa ja toteuttamisessa.

Kirjallisuus

- Heiskanen, V. 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatu-
kin laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On
the interdependence of annual ring width and sawlog
quality. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*
44(5). 31 s.
- Ivessalo, Y. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina
1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioi-
misesta. *Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja* 11.
421 + 192 s.
- Jonsson, B. & Lindgren, O. 1978. En metod för upps-
kattning av ett skogsinnehav och för kalibrering av
okuläruppskattade värden. A method for estimating
properties of a forest and for calibration of ocular
estimates. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6/
78: 493–505.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntytukkirunkojen laatu-
luokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. *Communi-
cationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(5). 152 s.
- Lemmetty, J. 1993. Leimikon puutavaralajiosuuk-
sien arviointi systemaattisella koelaitoksesta. *Pro gradu-
tutkielma MMM-tutkintoa varten. Helsingin yliopis-
to, metsävarojen käytön laitos.* 47 s.
- & Mäkelä, M. 1992. Suunnittelumittauksen perusteet
ja toteutus. Summary: Methods for measurement of a
stand for harvest planning. *Metsätehon katsaus* 11.
- Poso, S. 1982. Kuvioinnissa sattumanvaraisuutta. Ku-
vioittainen arviointi metsän inventointimenetelmänä.
Metsä ja Puu 11: 8–9.
- Purola, M. 1983. Silmävaraisen arvioinnin tarkkuus met-
sätaitokilpailussa. *Metsänarvioimistieteen pro gradu-
työ* 1983. s. 37–38.
- Uusitalo, J. 1994. Sahatavaran laadun ennustaminen män-
tytukkirungoista. Summary: Predicting lumber quality
of pine stems. *Helsingin yliopiston metsävarojen
käytön laitoksen julkaisuja* 3. 53 s.
- 1995. Pre-harvest measurement of pine stands for
sawing production planning. *Helsingin yliopiston
metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja* 9. 96 s.
- & Kivinen, V-P. 1994. Leimikon ennakkomittauksen
ajanmenekki. *Folia Forestalia – Metsätieteen aika-
kauskirja* 1994(2): 123–139.
- Vuokila, Y. 1959. Relaskooppimenetelmän tarkkuudes-
ta puuston arvioinnissa. *Communicationes Instituti
Forestalis Fenniae* 51(4). 62 s.

12 viitettä