Olavi Laiho ja Erkki Lähde

Metsikön rakenteen määrittäminen runkolukujakauman perusteella

teema

Taustaa

Metsätalouden suunnittelussa käytetään metsikön ikääntymisen ja järeytymisen tunnuksena kehitysluokkia. Ne muodostavat jatkumon paljaasta metsämaasta hakkuukypsyyteen. Metsiköt kuvataan summa- ja keskitunnusten avulla kuten tilavuus, pohjapinta-ala, runkoluku, keskiläpimitta ja keskipituus. Nämä tiedot soveltuvat parhaiten tasaikäisiin, alaharvennettuihin metsiköihin. Tällaiset metsät ovat runkolukujakaumaltaan samankaltaisia muistuttaen normaalijakaumaa.

Metsän kasvatuksen ja uudistamisen vaihtoehdot ovat kuitenkin huomattavasti moninaisemmat ja puuston rakenne poikkeaa usein edellä kuvatusta. Metsiköissä tapaa olla sekä ikä- että kokovaihtelua sekä jaksollisena että ilman jaksoja. Etenkin eri-ikäisten jaksottomien metsiköiden huomioonottaminen on nykyluokituksessa riittämätöntä. Paremman käsityksen saamiseksi rakennetarkastelun pitäisi perustua runkolukujakaumaan eikä pelkkiin summa- tai keskimääräistunnuksiin (Päivinen 1980).

Rakenteeltaan metsiköt jaetaan perinteisesti tasaikäisiin ja eri-ikäisiin. Tyypillisessä tapauksessa puut ovat niissä keskenään varsin samankokoisia tai hyvin erikokoisia. Tasaikäismetsän ialle on sallittu suuri vaihteluväli. Metsä arvioidaan tasaikäiseksi, vaikka näyttää siltä, ettei esimerkiksi tasaikäistä luontaisesti syntynyttä kuusikkoa olekaan (Vuokila 1956). Mahdollinen eri-ikäismetsä on kirjattu siihen ikäluokkaan, johon pääosa kuviosta kuuluu. Tapion taskukirjan metsänuudistamisohjeissa (Saarenmaa 1997) esitetään erikoistapauksena myös eri-ikäisen metsän kasvatus. Omaa kehitysluokkaa sille ei kuitenkaan ole määritelty. Uusissa metsänhoitosuosituksissa (Hyvän… 2001) ja yksityismetsätalouden maastotyöoppaassa (Solmun… 2000) ei eri-ikäistä metsää mainita. VMI:ssa eri-ikäisrakenteinen metsikkö kirjataan yhtenä jaksollisuuden muotona, ellei sitä voida hakkuin muuttaa tasaikäisrakenteiseksi (Valtakunnan… 1998).

Ylispuusto on siemen-, suojus-, verho- tai jättöpuustoa. Rakenteeltaan se on varsin selkeää, samankokoista. Vallitseva puusto on varsinainen kasvatettava jakso. Alikasvoksella tarkoitetaan valtapuuston alla olevaa vaihtelevankokoista taimikko-riukuvaiheen puustoa (Moilanen ja Saksa 1998). Alikasvoksen tarkka ja objektiivinen määrittely on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi. Perusmääritelmän (L. Ilvessalo 1929) mukaan alikasvoksella tarkoitetaan yksilöitä, jotka ovat eri puulajia kuin varsinainen metsikkö tai sitä huomattavasti (tavallisesti yli 40 v) nuorempia edellyttäen, ettei niiden pituus ole täyttä puolta päävaltapuiden pituudesta. Sittemmin on asetettu monia lisärajoituksia liittyen mm. tiheyteen, kehitysluokkaan, jakson erottuvuuteen, puulajiin ja hakkuussa säilymiseen (Valtakunnan… 1987). Käyttökelpoisen ohella erotetaan taimettumiskelpoisuutta osoittava alikasvos sekä ns. kehityskelvoton alikasvos. Uusimmissa VMI-ohjeissa (Valtakunnan… 1998) korostetaan kehityskelpoisten taimien riittävää määrää, jatkuvaa synty-

mistä ja mahdollisuutta säilyä hakkuussa. Yksityismetsätaloudessa alikasvos erotetaan vain, jos sillä on merkitystä uuden puusukupolven muodostajana tai jos sillä on vaikutusta metsikön käsittelyyn (Solmun… 2000).

Alikasvos muodostaa elintärkeän uudistumispotentiaalin (Lähde ym. 1999b), joka nopeuttaa uudistamista huomattavasti (Moilanen ja Saksa 1998) ja samalla säästää kustannuksia (Aarnio ym. 1998). Korjuukustannuksia voidaan lisätä, jos alikasvos vähentää metsänviljelyn tai luontaisen uudistamisen tarvetta. Kehityskelpoiseksi arvioitua alikasvosta on valtakunnallisten inventointien mukaan ollut 2–3 % metsämaan alasta. Tämän alikasvoksen määrä on siten edellämainittujen rajoitusten vuoksi arvioitu vähäiseksi. Silti sen vaikutus metsiemme ikäluokkasuhteisiin on ollut merkittävä. Niinpä vuosina 1921–24 oli kymmenvuotiasta taimikkoikäluokkaa arvioinnin mukaan 4,8 %, mutta neljäkymmentä vuotta myöhemmin 50-vuotiasta metsää 19 % metsämaan alasta (Kuusela 1972). Jo varhain on todettu, että alikasvos vähentää nuorimman ikäluokan puutetta (Ilvessalo 1927), mutta vaikutus lienee ollut arvioitua suurempi.

Monimuotoisuuden kannalta alikasvos on erityisen tärkeä, sillä sen puulajikoostumus on muita jaksoja suurempi (Lähde ym. 1999b). Puustoisuuden säilymisen lisäksi sen vertikaalinen ja horisontaalinen vaihtelu on tärkeätä mm. pikkunisäkäs- ja lintulajien pysyvyydelle ja diversiteetille (Anderson 1979, Crawford ja Titterington 1979). Siksi alikasvoksen aikaisempaa tarkempi huomioonottaminen on tullut entistä tärkeämmäksi. Tässä esityksessä pyritään täydentämään metsiköiden nykyistä rakenneluokitusta mahdollisimman kattavaksi, objektiiviseksi ja selkeäksi. Sille asetettiin seuraavat tavoitteet:

1. Luokituksen tulisi perustua kaikkiin eläviin puihin taimet ja muu alikasvos mukaanlukien.
2. Luokituksen tulisi olla objektiivinen ja matemaattisesti määriteltävissä.
3. Luokituksen tulisi sopia silmävaraiseen arviointiin.
4. Luokituksessa käytettävien käsitteiden tulisi olla selkeitä ja yksiselitteisiä.
5. Luokituksen tulisi olla mahdollisimman yleinen.
6. Luokituksen tulisi kuvata metsikön dynamiikkaa ja tukea metsikön käsittelyn suunnittelua.

Ikä vai koko

Metsiköiden valtapuuston ikäluokka on yleensä tiedossa, mutta tarkka ikärakenne tuskin koskaan. Iän tarkka määrittäminen on työlästä ja rungon kairaaminen vaurioittaa puuta. Näin ollen ikää ei juuri koskaan määritetä kattavasti. Vaikka niin tehtäisiin, tiedon käyttökelpoisuus olisi rakennemäärityksen kannalta vähäinen. Täysin tasaikäiseen yhdenkin puulajin metsikköön kehittyy aikaa myöten huomattavaa kokovaihtelua (Lyly ja Saksa 1982, Huuri ym. 1987). Sekametsinä ne voivat olla jopa eri-ikäisen metsän mallitapauksia (Pöntynen 1929) kuten esimerkiksi tuoreen kankaan viljelymänniköt kuusialikasvoksineen (Laiho 1988). Puiden kasvu riippuukin enemmän koosta kuin iästä (Cajander 1934, Vaartaja 1951). Varsinkin alikasvoksena nuoruudessaan olleiden puiden koko korreloi heikosti iän kanssa (Andreassen 1992). Vapautettuna ja elvyttyään ne kasvavat tavallisesti yhtä suuriksi ja samalla nopeudella kuin vastaavat koko ajan vapaassa tilassa kasvaneet puut (Nilsen ja Haveraaen 1983).

Ikätieto on metsikön tärkeä oheistunnus, mutta rakenneluokituksen pohjaksi tarvitaan puiden kokojakauma. Puiden koko on tunnuksena yksiselitteisen näkyvä ja samalla helppo mitata (Fischer 1980). Näin ollen pääjaoksi on esitetty tasa- ja erikokoinen tai tasa- ja erirakenteinen (Lähde ym. 1991).

Puiden koon ja erityisesti metsikön kerroksellisuuden mittana pituus on ensisijainen tunnus. Puun pituusjakauman tarkka mittaaminen on kuitenkin työlästä ja kallista. Sensijaan läpimittajakauma rinnankorkeudelta on helppo mitata. Se on myös koealamittauksen perustunnus ja korreloi voimakkaasti puun pituuden kanssa. Näistä syistä rinnankorkeudelta mitattu runkolukujakauma valittiin kansainvälisen käytännön (Daniel ym. 1979) mukaisesti myös tässä työssä rakenneluokituksen lähtökohdaksi.

Metsiköstä saatavaa kuvaa tarkentaa, jos rakenneluokitus tehdään myös puulajeittain tai puulajiryhmittäin (Laiho ym. 1999). Tässä esityksessä ei käsitellä puulajisuhteita, koska tarkoituksena on esittää luokituksen periaate keskustelun pohjaksi.

Ehdotus rakenneluokitukseksi

Rakenneluokat

Tasarakenteiselle metsikölle on ominaista suppea ja normaalijakaumaa eli kellokäyrää muistuttava runkolukujakauma. Erirakenteisuutta luonnehtii tyypillisimmillään runsas nuorennos ja isompien puiden verrattain tasaisesti aleneva määrä tai puuston kerroksellinen esiintyminen. Ehdotettava luokitus perustuu koealan tai metsikön mitattuun tai arvioituun runkolukujakaumaan, joka luokitetaan muotonsa mukaan seuraavasti:

K *Keskittynyt rakenne*. Runkolukujakauma on yhtenäinen muistuttaen yleensä normaalijakaumaa eikä siinä erotu kerroksia (jaksoja).

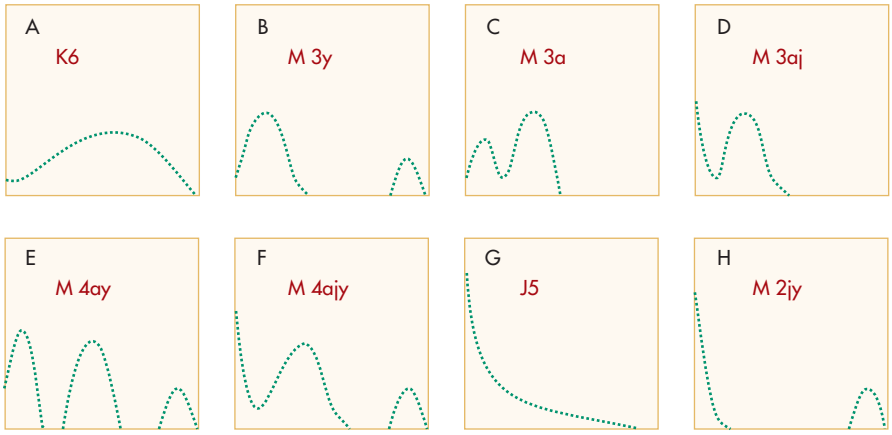
J *Jatkuva rakenne*. Runkoluku alenee verrattain säännöllisesti alikasvoksen pienimmistä läpimittaluokista suuriin puihin.

M *Kerroksellinen rakenne*. Runkolukujakaumassa erottuu kaksi tai useampia kerroksia (jaksoja).

Kerroksellisessa rakenteessa on vallitsevan puuston ohella alikasvosta, ylispuustoa tai molempia. Niistä jokaisella on oma runkolukujakaumansa ja oma osarakenteensa. Kokonaisuuden kannalta on tärkeää alikasvoksellinen jakso. Se voi olla jatkuvarakenteinen tai keskittynyt. Muut jaksot ovat keskittyneitä. Metsikön perusrakenteita ja niiden enintään kolmijaksoisia yhdistelmiä on täten kahdeksan (kuva 1).

Luokittelun matemaattinen ratkaiseminen on meneillään työryhmässä, jossa tämän tekijöiden lisäksi ovat Risto Ojansuu, Jouni Siipilehto ja Sauli Valkonen. Jaksojen erottaminen perustuu tasoitetun jakauman huippujen ja laaksojen välisten suuruussuhteiden ja niiden keskinäisen sijainnin tarkasteluun sekä jakson minimirunkolukuun. Rakenteen määrityksessä erotetaan jatkuvat jakaumat oikealle laskevan muodon perusteella.

Jakauman laajuutta ja muotoa voi olla tarpeen luonnehtia edellä esitettyä tarkemmin. Sekä keskittynyt että jatkuva jakauma voivat olla suppeita tai laajoja. Suppeaa jakaumaa luonnehtii varttuneissa



Kuva 1. Metsikön puuston rakenneluokitus runkolukujakauman avulla. Vaaka-akselina puiden rinnankorkeusläpimitta, pystyakselina runkoluku. Kehitys- ja rakenneluokkien lyhenteet osakuvissa A–H selitetään tekstissä. Keskittynyttä rakennetta ei oletusarvona mainita.

A. Keskittynyt järeä metsikkö.
B. Kerroksellinen (ylispuustoinen) nuori harvennusmetsikkö.
C. Kerroksellinen (alikasvoksellinen) nuori harvennusmetsikkö.
D. Kerroksellinen (alikasvokseltaan jatkuvarakenteinen) nuori harvennusmetsikkö.
E. Kerroksellinen (alikasvoksellinen ja ylispuustoinen) varttunut harvennusmetsikkö.
F. Kerroksellinen (alikasvokseltaan jatkuvarakenteinen ylispuustoinen) varttunut harvennusmetsikkö.
G. Jatkuvarakenteinen hakkuukypsä metsikkö.
H. Kerroksellinen (ylispuustoinen) jatkuvarakenteinen varttunut taimikko.

metsissä maksimissaan kolme peräkkäistä läpimittaluokkaa, à 4–5 cm ja vastaavasti à 2 cm varttuneissa taimikoissa. Oletusarvona on laaja jakauma eikä sitä normaalisti mainita. Muodoltaan kumpikin jakauma voi olla jyrkkä tai loiva. Niiden rajaaminen voi perustua q-arvoon (luokkalaajuus 4–5 cm, q< 1,2=loiva; q 1,2–2,0=tavallinen (oletusarvo); q> 2,0=jyrkkä).

Alikasvos ja pienpuusto

Alikasvoksen suuri määrä jättää varttuneen puuston varjoonsa lukumäärään perustuvassa luokituksessa. Tämä ongelma eliminoituu kaksi- tai useampijaksoisten metsiköiden erottamisella yhtenäisistä (keskittyneet ja jatkuvarakenteiset). Tällöin alikasvos ei häiritse varsinaisten rakenneluokkien erottamista. Se voidaan ottaa luokitukseen kattavasti. Sen luontevana alarajana voidaan pitää rinnankorkeutta. Sitä pienempi alikasvos eli ns. 0-luokka on kahden nuorimman kehitysluokan oleellinen osa ja tärkeä tuntea varttuneemmankin puuston kehitysluokissa, mutta rakenneluokitukseen sitä ei sisällytetä.

Metsällisenä terminä alikasvos on vakiintunut käsittämään vain puuston. Eräillä läheisillä tieteenaloilla alikasvokseen sisällytetään myös pensaat, varvut ja kookkaimmat ruohot ja heinät. Täsmällisempää olisi siten kutsua tätä puuston osaa alispuustoksi. Samalla se olisi rinnastettavissa ylispuustotermiin.

Alikasvosjakson ja vallitsevan puuston raja ei ole kiinteä vaan vaihtelee metsiköittäin. Rajaus voidaan tehdä myös tiettyyn kokoon. Määritelmä on eksakti joskin mekaaninen. Sisällöltään tällainen alikasvos on heterogeeninen ja siksi sen nimeksi sopii neutraali käsite pienpuusto paremmin.

Pienpuuston koon ylärajana voidaan käyttää pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan kolmannesta. Se rajaa metsikön samalla suhteellisella tavalla puuston koosta ja kehitysluokasta riippumatta. Silmävaraisessa luokituksessa vastaavana pienpuuston rajana voisi olla varttuneessa taimikossa 2 cm, nuoressa harvennusmetsikössä 4 cm, varttuneessa harvennusmetsikössä 6 cm, uudistuskypsässä metsikössä 8 cm ja järeässä metsikössä 10 cm. Termin käyttö soveltuu myös jatkuvarakenteiselle metsikölle, joka voidaan näin jakaa pienpuustoon, keskikokoiseen ja kookkaaseen puustoon.

Rakenneluokituksen arvoa metsikön uudistamisen ja monimuotoisuuden kannalta voidaan tarkentaa täydentämällä sitä alikasvoksen tai pienpuuston määrää ja laatua kuvaavilla tunnuksilla. Pienpuustoa kuvaavia tunnuksia ovat mm. seuraavat:

Tiheys. Pienpuuston määrä on luontevaa kytkeä taimikoiden tiheysnormeihin kasvupaikka, puulaji ja pituus huomioiden seuraavaan tapaan. Tarvittaessa käytetään tiheyslukuja, jotka voivat vaihdella kasvatustavoitteen mukaan.

- ei pienpuustoa, jos vain yksittäisiä taimia
- vajaa pienpuusto, jos sitä on, mutta vähemmän kuin kasvatustavoitteen mukainen
- täysi pienpuusto, jos sitä on tyydyttävä taimikkotiheys tai enemmän
- runsas pienpuusto, jos tiheys täyden kerrannainen.

Kokoluokat: varttuneet taimet (pituus yli 1,3 m, myös läpimittaluokitusta voidaan käyttää), pienet taimet (0,1–1,3 m) ja erikoistapauksissa vaihtuva taimiaines (< 0,1 m).

Tilajärjestys: tasainen, epätasainen ja erittäin epätasainen.

Ikä: valtataimien (pienpuuston) ikä 10 vuoden luokissa.

Elinvoima ja toipumiskyky: erinomainen, tyydyttävä tai kituva.

Kehityskelpoisuus: kehityskelpoinen, täydentäen kehityskelpoinen tai kehityskelvoton.

Monimuotoisuusarvo: esimerkiksi Shannon-Wiener- (Elliott 1990) tai LLNS-indeksin (Lähde ym. 1999a) mukaan.

Kehitysluokat ja rakenneluokat

Ajatellen yleispätevyyttä ja myös mahdollisia muita kuin metsäalan käyttäjäpiiirejä olisi eduksi, etteivät kehitysluokat olisi metsällisiä ”fakkitermejä”, joita emme aina itsekään pysty pitämään erillään toisistaan. Siemen- ja suojuspuumetsiköt sekä ylispuustoiset taimikot voitaisiin poistaa kokonaan kehitysluokkaluettelosta. Runkolukujakauman perusteella niitä ei voi erottaa toisistaan. Ne luokitettaisiin taimikkoaan vastaavaan kehitysluokkaan ja niiden lähempi luonne selviäisi ylispuustosta. Metsänhoidon termeinä niiden käyttö tietenkin jatkuisi entisellään.

Kehitysluokkien tulisi kuvata nousujohteisesti metsiköiden vallitsevan puustojakson ikää ja järeyttä. Puuttoman metsämaan tunnukseksi sopinee siten parhaiten nolla. Sen jälkeen olisi kaksi taimikkovaihetta, kaksi harvennusvaihetta ja kaksi varttunutta vaihetta, sillä hakkuukypsyyden ohittaneelle puustolle tulee olla oma kehitysluokkansa sen suuren suojelu-, monimuotoisuus- ja julkisuusarvon takia. Näitä numeroituja kehitysluokkia olisi yhteensä seitsemän. Yhteistä niille olisi vallitsevan jakson keskittynyt rakenne. Mahdolliset muut jaksot merkittäisiin pienellä kirjaimella (a = alikasvos tai pienpuusto; y = ylispuusto). Tämä merkintätapa on käytössä nykyisinkin ylispuustoisen taimikon yhteydessä. Alikasvosta ja ylispuustoa voi esiintyä kaikissa kehitysluokissa aukeat alat mukaanlukien (Valtakunnan… 1998, Lähde ym. 1999b). Jatkuvarakenteiset alikasvokset merkittäisiin pienellä j-kirjaimella keskittyneen rakenteen ollessa oletusarvona ilman tarkennetta.

Vallitsevalta jaksoltaan jatkuvarakenteisille metsiköille tulisi olla oma kehitysluokkansa. Se on luontevinta merkitä isolla J-kirjaimella. Eri kehitysvaiheessa olevat jatkuvat rakenteet pitää kuitenkin voida erottaa valtapuustoltaan toisistaan. Siihen sopinee vastaavaa kehitysluokkaa kuvaava numero. Ainakin taimikko- ja harvennusvaihetta vastaavassa jatkuvarakenteisessa metsikössä on usein ylispuustoa, joka tässäkin tapauksessa merkittäisiin y-kirjaimella. Tyypillisiä tällaisia metsiköitä ovat ylispuustoiset taimikot. Niiden tarkennettu kehitysluokka olisi J 2y. Jaksollisuusmerkinnän M käyttäminen kuvan 1 tapaan hajoittaisi J-rakenteen. Merkintä M voidaan kuitenkin jättää tarpeettomana pois kuten myös oletusarvo K. Seuraavassa on tällä lailla pelkistäen rakennettu kehitysluokkaluettelo ja kussakin tapauksessa mahdolliset rakennetarkenteet. Niitä voi hyvin olla enemmänkin. Tarkkaan ottaen esimerkiksi ylispuujaksoja voi olla kaksikin (Valtakunnan… 1998). Luonteva merkintä olisi tällöin yy. Haluttaessa tällaiseen ”metsikkökaavaan”voitaisiin lyhyeen muotoon kirjata muitakin tietoja kuten esimerkiksi alikasvoksen ja ylispuuston kehitysluokka.

Aukea metsämaa	0 ay
Pieni taimikko	1 ay
Varttunut taimikko	2 ajy
Nuori kasvatusmetsikkö	3 ajy
Varttunut kasvatusmetsikkö	4 ajy
Uudistuskypsä metsikkö	5 ajy
Järeä metsikkö	6 ajy
Jatkuvarakenteinen metsikkö	J 1–6y

Tarkastelua

Edellä esitetylle puuston rakenneluokitukselle on keskeistä, että kerroksellisten eli kaksi- ja useampijaksoisten metsiköiden jaksoilla ja yhtenäisillä (keskittyneet ja jatkuvarakenteiset) metsiköillä voi olla vain kaksi perusrakennetta. Jatkuvaa rakennetta luonnehtii pienpuuston runsaus keskikokoiseen ja keskikokoisen puuston runsaus vastaavasti isokokoiseen puustoon verrattuna. Muut vaihtoehdot sisältyvät keskittyneeseen rakenteeseen.

Alikasvosjakson esiintyminen merkitsee poikkeuksetta muiden jaksojen keskittyneisyyttä. Tämä vähentää rakennetarkastelun tarvetta. Metsiköt tärkeimpine rakennepiirteineen voidaan sijoittaa kehitysluokkiin tähänastista helpommin. Luokitus on muuten entisellään, mutta taimikkoluokitusta on yksinkertaistettu ja järeä puusto sekä jatkuva rakenne lisätty. Näin luokituksessa tähän asti ongelmallinen eri-ikäisrakenteinen metsikkökin löytää luontevasti paikkansa. Kehitysluokkiin liitetyt tarkenteet kuvaavat metsikkörakenteen tiiviissä ja selkeälukuisessa kaavamuodossa.

Tarkasteltava rakenneluokitus toimii varttuneisuudeltaan ja rakenteeltaan kaikenlaisissa metsiköissä ilman rajoituksia ja on siten mahdollisimman yleinen. Tämä helpottanee sen käyttöä metsätalouden ulkopuolisilla aloilla. Metsätalouskäytössä luokitusta voidaan hienosäätää kulloistenkin tarpeiden mukaan.

Luokitustulos ei juuri riipu siitä, mikä on mukaanotettavien puiden minimikoko, koska se vaikuttaa vain alikasvokseen. Peruslähtökohta on koko puuston mukaanotto kaikkine puulajeineen. Tulee keskittyä selvittämään mitä puustoa metsässä kaikkinensa on. Näin menetelläänkin jo metsäntutkimuslaitoksen omien metsien hoito- ja käyttösuunnitelmia laadittaessa (Luoti… 1996). Tämä selkiyttää työtä maastossa, vaikka runsaan pienpuuston selvittäminen toisaalta hidastanee sitä. Käyttöarvoym. johdannaistunnukset ovat seuraava hierarkkia. Niistä monet voidaan jättää tietokoneen keskitetysti ratkaistavaksi.

Rakenneluokittelulle on kehitteillä tietokonepohjainen matemaattinen ratkaisu. Jaksojen erottamista ei meillä olekaan aikaisemmin laskennallisesti tarkasteltu. Luokittelun edellytyksenä on edustava runkolukujakauma. Siitä voidaan laskea kaikki tarvittavat tunnukset. Lisäksi se korostaa pienpuuston merkitystä ja metsikön dynamiikkaa. Myös silmävaraiseen arviointiin tämä rakenneluokitus sopinee hyvin. Luontevinta lienee hahmotella mielessään läpimittajajauma 4–5 cm:n luokissa ja siihen nojautuen määrittää metsikön rakenne. Puuston arviointi siihen liittyvine pikamittauksineen tehdään tähänastiseen tapaan. Esitetty luokitus täyttänee vähintään tyydyttävästi sille edellä asetetut vaatimukset. Toivottavasti se herättää keskustelua, jotta siitä hioutuisi mahdollisimman käyttökelpoinen.

Kirjallisuus

Aarnio, J., Hyppönen, M. & Valkonen, S. 1998. Alikasvosten hyödyntämisen talous. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Metsälehti Kustannus ja Metsäntutkimuslaitos. Pihlaja-sarja 3: 67–74.

Anderson, S.H. 1979. Habitat structure, succession, and bird communities. Julkaisussa: DeGraaf, R.M. & Evans, K.E. (toim.). Management of North Central and Northeastern forests for nongame birds. USDA Forest Service, General Technical Report NC-51. s. 9–21.

Andreassen K. 1992. Volume production and problem with the stability of the stand structure in uneven-aged and multi-layered spruce (Picea abies Karst.) forest in Norway. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture, Reports 35. s. 23–28.

Cajander, E.K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(5). 59 s.

Crawford, H.S. & Titterington, R.W. 1979. Effects of silvicultural practices on bird communities in upland spruce-fir stands. Julkaisussa: DeGraaf, R.M. & Evans, K.E. (toim.). Management of North Central and Northeastern forests for nongame birds. USDA Forest Service, General Technical Report NC-51–110–119.

Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.

Elliott, C.A. 1990. Diversity indices. Julkaisussa: Hunter, L.M., Jr. (toim.). Wildlife, forests and forestry. Principles of managing forests for biological diversity. Prentice Hall, Englewood cliffs, NJ. s. 297–302.

Fischer, B.C. 1980. Designing forest openings for the group selection method. Julkaisussa: Barnett, J. B. (toim.). Proceedings of the first Biennal Southern Silvicultural Research Conference USDA, Forest Service, General Technical Report 30–34. s. 274–277.

Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. Folia Forestalia 685. 48 s.

Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki 2001. 95 s.

Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree classification and thinning system. Acta Forestalia Fennica 34(38). 15 s.

Ilvessalo, Y. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921–1924. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 11. 241 s.

Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964–70 and their development in 1920–70. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(5). 126 s.

Laiho, O. 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. Metsä ja Puu (9): 34–35.

—, Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1999. Metsän rakenne ja kehitys. Julkaisussa: Lähde, E. (toim.). Luontaisesti syntyneiden sekametsien rakenne ja metsänhoito. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 719. s. 6–32.

Luoti. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusalueiden kuvioittaisen perusinventoinnin maastotyöohje. Juvakka, M. (toim.). 1996. Metsäntutkimuslaitos, tutkimusmetsäpalvelut. Moniste. 47 s.

Lyly, O. & Saksa, T. 1982. Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuoressa istutusmännikössä. Abstract: Variation in height growth and differentation of tree classes in a young Scots pine plantation. Folia Forestalia 532. 11 s.

Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6: 527–537.

— 1999a. Stand structure as the basis of diversity index.

Forest Ecology and Management 115: 213–220.
— 1999b. Uudistuminen ja kasvatus. Julkaisussa: Lähde, E. (toim.). Luontaisesti syntyneiden sekametsien rakenne ja metsänhoito. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 719. s. 32–58.
Moilanen, M. & Saksa, T. (toim). 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Metsälehti Kustannus ja Metsäntutkimuslaitos. Pihlaja-sarja 3. 123 s.
Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter høgst i eldre granskog. Rapport fra Norsk Institut for Skogforskning 9: 1–16.
Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. Summary: On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics. Folia Forestalia 442. 28 s.
Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über des Vorkommen der Fichte (Picea excelsa) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. Acta Forestalia Fennica 35(1). 235 s.
Saarenmaa, L. 1997. Metsänuudistaminen. Julkaisussa: Häyrynen, M. (toim.). Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. s. 188–203.
Solmun maastotyöopas. Paananen, R., Valanne, K. & Ärölä, E. (toim.). 2000. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. 82 s.
Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. Acta Forestalia Fennica 59(3). 133 s.
Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet, 2. vuoden versio. Metsäntutkimuslaitos, metsäinventoinnin tutkimussuunta, Helsinki. 1987. 106 s.
Valtakunnan metsien 9. inventointi. Maastotyön ohjeet 1998. Etelä-Suomi. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. 1998. 147 s.
Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(1). 138 s.

■ MMT Olavi Laiho, Metla, Parkanon tutkimusasema; prof. Erkki Lähde, Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Sähköposti olavi.laiho@metla.fi