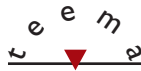


Hanna Alanen, Egbert Beuker, Kari Leinonen ja Markku Nygren

## Metsä- ja hybridihaapakloonien tunnistaminen morfologisten ominaispiirteiden avulla



### Laki edellyttää rekisteröityjen haapakloonien tunnistamista

Euroopan unionin direktiivi metsänviljelyaineiston kaupasta (1999/105/EY) pantiin täytäntöön kaikissa EU:n jäsenmaissa vuoden 2003 alussa, ja samaan aikaan Suomessa astuivat voimaan laki (241/2002) ja asetus, jotka säätelevät metsänviljelyaineiston kauppaa. Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK) vastaa uudistetun lainsäädännön täytäntöönpanosta ja valvonnasta Suomessa ja ylläpitää rekisteriä hyväksytyistä perusaineistoista.

Uudessa direktiivissa metsänviljelymateriaali jaetaan neljään alkuperäluokkaan: siemenlähde tunnettu, valikoitu, alustavasti testattu ja testattu. Kaikki Suomessa rekisteröidyt hybridihaavan (*Populus tremula* × *tremuloides* Michx.) kloonit kuuluvat luokkaan alustavasti testattu. Haapaklooneja on Suomessa rekisteröity 26 kpl, joista 2 on metsähaapaklooneja ja 24 hybridihaapaklooneja.

Direktiivin mukaan kasvullisesti lisättyä aineistoa saa pitää kaupan vain, jos se kuuluu luokkiin valikoitu, alustavasti testattu tai testattu. Kahteen viimeksi mainittuun luokkaan kuuluvat kloonit on voitava tunnistaa toimivaltaisen viranomaisen (Suomessa KTTK:n) hyväksymien ja rekisteröimien ominaispiirteiden avulla. Tällä hetkellä hybridihaavan kloonien ominaispiirteitä ei ole kuvattu eikä rekisteröity, joten kloonien tunnistaminen direktiivin säännösten mukaan ei ole mahdollista.

Perinteisesti haapakloonien erotteluun ja kuvaamiseen on käytetty morfologisia ominaisuuksia, sukupuolista diformismia (hede- tai emiklooni) tai fenologisia tunnuksia (Barnes 1969, UPOV 1976, Cheliak 1993, Yu 2001, Yu ym. 2001). *International Union for Protection of New Varieties of Plants* (UPOV 1976) listaa oppaassaan yhteensä 57 erilaista morfologista ominaisuutta, joita voidaan käyttää *Populus*-suvun kloonien tunnistamisperusteina.

Hanna Alanen selvitti äskettäin valmistuneessa pro gradu-työssään, mitä morfologisia ja fenologisia piirteitä voidaan käyttää rekisteröityjen metsä- ja hybridihaapakloonien tunnistamisen ja erottelun perusteina. Työhön sisältyi myös kloonien geneettinen analyysi. Tässä katsauksessa selvitetään kloonien morfologiaan perustuvaa tunnistamista; fenologisen ja geneettisen analyysin osalta viitataan alkuperäisjulkaisuun (Alanen 2003).

### Haavan kasvutapa ja morfologia

Haavan kasvutapa on monopodiaalinen eli varsi-jatkoinen. Pääranka kasvaa jatkuvasti pituutta ja hankasilmuista muodostuu sivuhaaroja ja niihin edelleen toisen asteen haaroja (Matilainen 1994); varren haarautuminen on sivuttaista. Lehtien ja varren yhtymäkohdassa syntyy hankasilmuja, jotka pitenevät sivuhaaroiksi. Useimmissa tapauksissa läheskään kaikki näistä silmuista eivät heti kehity

haaroiksi, vaan ne jäävät aiheiksi tai silmuasteelle eli leposilmuiksi. Ne saattavat myöhemmin, usein vasta vuosien tai vuosikymmenien kuluttua jatkaa kehitystään (Kalela 1971).

Haavalla on kahdenlaisia versoja; lyhyt- ja pitkäversoja (Pollard 1970, Kozlowski ja Clausen 1966). Lyhytversot ovat monivuotisia, haarattomia, lyhytnivelvälisiä ja kukintoja muodostuu vain niissä (Kalela 1971). Niiden kasvu on ennalta määrättyä ja ne kasvavat vain lyhyen ajan keväällä (Jones ja DeByle 1985). Pitkäversoilla taas on ennalta määrättyneen kasvun lisäksi vapaan kasvun jakso ja ne voivat jatkaa kasvuaan myöhäiseen kesään asti. Pitkäversoja on etenkin nuorissa puissa ja latvuksen kasvuosimmissa osissa, kuten oksien kärjissä, kun taas lyhytversoja esiintyy lähinnä vanhemmissa puissa ja latvuksen sisäosissa.

Haavalla on myös kahdenlaisia lehtiä, aikaisia ja myöhäisiä, riippuen niiden synnystä ja erilaistumisesta (Barnes 1969, Kozlowski ja Clausen 1966). Pitkäversoissa kasvaa kummankinlaisia lehtiä, lyhytversoissa vain aikaisia. Aikaisten lehtien aiheet ovat valmiina talvisilmuissa ja ne puhkeavat ensimmäisinä keväällä. Osa myöhäisistäkin lehdistä on valmiina talvisilmuissa, mutta osa syntyy vasta myöhemmin. Myöhäiset lehdet ovat muodoltaan vaihtelevampia, pinta-alaltaan pienempiä ja yleensä muodoltaan leveämpiä ja lyhyempiä kuin aikaiset (Critchfield 1960, Pollard 1970, Barnes 1975). Myöhäisten lehtien osuus on nuorissa puissa suuri, mutta vähenee niiden vanhetessa ja aikuisissa puissa kaikki lehdet ovat lopulta aikaista tyyppiä (Pollard 1970, Kozlowski ja Clausen 1966).

Pitkäverson nivelvälit venyvät kasvukauden aikana niin pitkään, kuin oksa tai latva kasvaa, mutta ovat sen jälkeen pysyviä. Nivelvälien pituus vaihtelee useilla haapalajeilla varsin säännönmukaisesti siirryttäessä oksan tyveltä kärkeä kohti niin, että ne ovat oksan keskellä pisimpiä ja molemmissa päissä hyvinkin lyhyitä (Maini 1966a). Samanlaista kaavaa noudattaa usein myös silmun pituus lukuunottamatta päätesilmua.

## Metsähaavan ja hybridihaavan morfologisista eroista

Amerikanhaavan (*P. tremuloides*) lehti on pukea tai herttamainen, selvästi teräväkärkinen ja hienosti sahalaitainen (Jones ja DeByle 1985). Metsähaavan (*P. tremula*) lehdet ovat melko vaihtelevia; yleensä pyöreähköjä ja karkeasti ja epäsäännöllisesti nirhalaitaisia. Hybridin runko on yleensä metsähaapaa vaaleampi ja sileämpi ja sen lyhytversojen lehdet ovat useimmiten selvästi teräväkärkisiä ja hienosti sahalaitaisia, mutta enemmän metsähaapaa muistuttavia poikkeuksiakin esiintyy (Mikola 1972). Hybridit puhkeavat lähes säännöllisesti keväällä lehteen aikaisemmin ja säilyttävät syksyllä lehtensä myöhempään kuin metsähaapa.

Barnesin (1969) mukaan kesällä lehden morfologia on paras tuntomerkki kloonien tunnistamisessa, kun fenologia eroja ei voida havainnoida. Mikolan (1972) mukaan amerikanhaavan vaikutus ilmenee hybridihaavan ulkoisissa tuntomerkeissä yleensä voimakkaampana kuin metsähaavan. Metsähaavan lehdet ovat hyvin vaihtelevan muotoisia, yleensä pyöreähköjä ja epäsäännöllisen nirha- tai sahalaitaisia. Amerikanhaavan lehti taas on pukean herttamainen, aina selvästi teräväkärkinen ja hienosti sahalaitainen ja sen reunassa on yleensä vähintään 15 hammasta (Maini 1968). Hybridin lehti on useimmiten myös teräväkärkinen ja sen laita hienohampainen, mutta poikkeuksia vanhemmaislaajien välimuotoa kohti esiintyy. Hybridin erottaminen metsähaavasta on tavallisesti helppoa, mutta sen kloonien erottaminen toisistaan ei tällä perusteella ole yhtä selvää.

Maini (1966a) on selvittänyt silmujen eroja kolmella eri haapalajilla ja maininnut käyttökelpoisiksi lajeja erotteleviksi tunnuksiksi silmun pituuden, nivelvälin pituuden sekä pääte- ja sen alapuolella olevan silmun suhteellisen kokoeron. Jokaisella lajilla sekä silmujen että nivelvälien eli lehtien tai silmujen tiheyden havaittiin olevan verson molemmissa päissä selvästi lyhyempiä kuin keskellä. Pääte- ja sen alapuolella olevan silmun pituuskien suhde oli varsin vakaa lajin sisällä, mutta lajien välillä oli eroa. Amerikanhaavalla päätesilmu on seuraavaa selvästi pidempi, mutta lyhyempi kuin verson keskiosan pisimmät silmut (Maini 1966a).

Critchfield (1960) sekä Kozlowski ja Clausen (1966) ovat tutkineet versojen nivelvälien pituutta

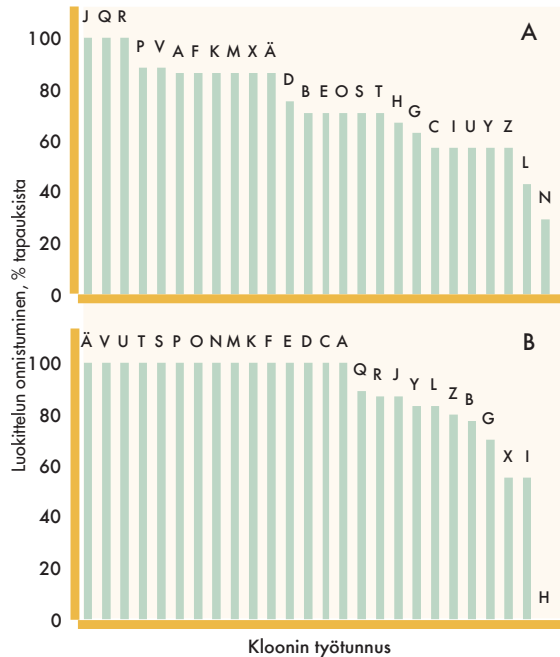
kolmella eri haapalajilla. Heidän mukaansa nivelvälin pituus ja verson tyyppi liittyvät läheisesti toisiinsa. Myös Critchfield (1960) on havainnut, että pääteversossa, jossa kasvaa aikaisia lehtiä, nivelvälin pituus kasvaa oksan tyveltä kärkeä kohti siirryttäessä. Nivelväli on yleensä selvästi pidempi kohdassa, jossa lehdet muuttuvat tyypiltään myöhäisiksi. Sitä seuraa usein yksi tai kaksi lyhyttä nivelväliä, minkä jälkeen niiden pituus kasvaa verson kärkeä kohti, kunnes kaksi tai kolme viimeistä lehteä ovat hyvin lähekkään (Critchfield 1960). Sivuversoissa tilanne voi Critchfieldin (1960) mukaan olla hyvinkin erilainen. Silmujen muusta morfologiasta, kuten muodosta tai asennosta oksaan nähden, on hyvin niukasti tietoa löydettävissä.

Morfologisista tunnuksista on klooneja erottelevaksi mainittu myös puiden tapa karsiutua (mm. Cottam 1954). Joistakin yksilöistä pienet, kuolleet oksat varisevat helposti, kun taas toisissa ne pysyvät pitkään. Karsiutumistavan on havaittu olevan sidoksissa lehtien puhkeamisen ajankohtaan niin, että aikaisten kasvuunlähtijöiden oksat eivät karsiudu läheskään yhtä tehokkaasti, kuin myöhäisten (Cottam 1954).

Oksatunnusten käyttämisestä klooniin erottelussa ei löytynyt mainintoja kirjallisuudesta, mutta Maini (1966a) raportoi oksakulmissa olevan eroja kolmen eri haapalajin välillä. Amerikanhaavan tyypilliseksi oksakulmaksi kaksi vuotta vanhassa versossa määritettiin 50–55°. Maini (1966b, 1968) on myös havainnut yhteyden silmujen koon ja niistä kehittyvän oksan pituuden välillä.

### Lehden muoto ja lehtilavan hammas- tärkeitä erottelevia piirteitä

Kloonien erottelua tutkittiin kaksikymmentäkuusi Suomessa rekisteröityä kloonia sisältäneessä aineistossa. Kloonit ryhmiteltiin sekä laskennallisesti (erotteluanalyysi tai naiivi Bayes-malli) että subjektiivisesti laatimalla määrittyskaava. Menetelmästä riippumatta tärkeimmiksi klooneja erotteleviksi morfologisiksi tunnuksiksi osoittautuivat seuraavat:



**Kuva 1.** Kloonikohtainen luokittelun onnistumisen todennäköisyys (%) laskennallisessa erotteluanalyysissä (A) ja naiivilla Bayes-mallilla (B). Klooniin työtunnukset: ks. taulukko 1.

- lehden hampaiden lukumäärä
- lehden kannan muoto
- lehden pituus
- silmun muoto
- silmun koko
- silmutiheys
- oksan paksuus
- oksakulma
- oksan pituus

Eri tekijöiden tärkeys samoin kuin yksittäisen klooniin tunnistamisen todennäköisyys vaihteli ryhmitteilymenetelmästä riippuen. Määrittyskaavassa morfologisten tunnusten lisäksi oli mukana myös fenologinen tunnus, lehtien puhkeamisen aikaisuus. Kaavan avulla kloonit B, D, F, G, J, K, O, P, Q, S, U, Y, Z ja Ä voitiin tunnistaa yksilöllisesti. Kloonit C, I, N ja V eivät kaavassa käytettävien tunnusten perusteella erotu toisistaan. Muiden kahdeksan klooniin tunnistaminen on epävarmaa.

Klassisessa erotteluanalyysissä korostuivat suhteasteikolla mitatut tunnus: lehden hampaiden

**Taulukko I.** Kloonien työtunnukset, viralliset koodit ja vanhemmat.

Työtunnus	E-koodi	Virallinen kloonitunnus	Emo	Isä
A	E 8115	C05-99-10	E1732	U2554
B	E10467	C05-99-08	E 969	U2576
C	E10468	C05-99-09	E 969	U2576
D	E10469	C05-99-11	S2006	E 294
E	E10471	C05-99-13	E5757	E5756
F	E10472	C05-99-32	E 295	CA2551
G	E10473	C05-99-21	E 295	U2502
H	E10475	C05-99-15	E 295	U2502
I	E10476	C05-99-16	E 295	U2502
J	E10477	C05-99-17	K 748	U2566
K	E10478	C05-99-27	E1571	U2554
L	E10479	C05-99-22	E1571	U2566
M	E10480	C05-99-23	E1569	U2566
N	E10481	C05-99-24	E1435	U2566
O	E10482	C05-99-25	E1214	E 293
P	E10483	..	..	..
Q	E10484	C05-99-31	E1433	E 828
R	E10485	C05-99-26	E1100	U2566
S	E10486	C05-99-33	HA1299	SV101
T	E10487	C05-99-34	CA2530	SV101
U	E10474	C05-99-28	E1446	U2565
V	E10488	C05-99-30	E 823	U2521
X	E10489	C05-99-18	E 295	U2502
Y	E10490	C05-99-19	E 295	U2502
Z	E10491	C05-99-20	E 295	U2502
Ä	E10492	C05-99-14	U2006	E 294

lukumäärä, lehden pituus, silmun koko ja oksatunnukset. Aineistoon sovitetussa ns. naiivissa Bayes-mallissa selittävinä muuttujina voitiin käyttää ed. lisäksi luokka-asteikollisia muuttujia: lehtilavan muotoa ja silmun muotoa.

Kuvassa 1 on esitetty yksittäisen kloonin tunnistamisen onnistumissadannes erotteluanalyysillä ja naiiviin bayes malliin perustuvalla analyysillä. Molemmilla menetelmillä jotkut kloonit erottuvat 'aina' joukosta ja joitakin on mahdotonta tunnistaa luotettavasti tässä tutkimuksessa analysoitujen tunnusten perusteella.

Osoittautui, että tieto kloonien vanhemmista (ks. taulukko 1) oli luokittelun kannalta avainasemassa. Erotteluanalyysissä sitä ei voinut käyttää, mutta bayes-mallissa se oli mahdollista: kunkin kloonin emo ja isä otettiin huomioon luokkamuuttujana. Vanhemmuustiedon mukanaolo luokittelussa osoittautui erittäin merkittäväksi. Se on myös sisällöl-

lisesti perusteltu, koska rekisteröityjen kloonien vanhemmat tunnetaan. Tutkitussa aineistossa tieto vanhemmista on erityisen tärkeä siitä syystä, että monet kloonit ovat sukua keskenään joko emon tai isän puolelta. Tämän takia naiiviin Bayes-malliin perustuva luokittelu näyttää lupaavimmalta jatko-tutkimusten kannalta.

**Kirjallisuus**

- Alanen, H. 2003. Haapakloonien tunnistaminen morfologisten ja fenologisten ominaispiirteiden ja DNA-merkigeenien avulla. Metsänhoitotieteen pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, 84 s.
- Barnes, B.V. 1969. Natural variation and delineation of clones of *Populus tremuloides* and *P. gradidentata* in northern lower Michigan. *Silvae Genetica* 18: 130–142.
- 1975. Phenotypic variation of trembling aspen in western North America. *Forest Science* 21(3): 319–328.
- Cheliak, W.M. 1993. Clone identification. Julkaisussa: Ahuja, M.R. & Libby, W.J. *Clonal forestry I, genetics and biotechnology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. s. 101–109.
- Cottam, W.P. 1954. Prevernal leafing of aspen in Utah mountains. *Journal of the Arnold Arboretum* 35: 239–250.
- Critchfield, W.B. 1960. Leaf dimorphism in *Populus trichocarpa*. *American Journal of Botany* 47: 699–711.
- Jones, J.R. & DeByle, N.V. 1985. Morphology. Julkaisussa: DeByle, N.V. & Winokur, R.P. (toim.). *Aspen: ecology and management in the western United States*. USDA Forest Service. General technical report RM-119, Rocky Mountains, Forest and Range Experiment station. s. 11–18.
- Kalela, A. 1971. *Kasviorganologia*. Otava, Helsinki. 180 s.
- Kozłowski, T.T. & Clausen, J.J. 1966. Shoot growth characteristics of heterophyllous woody plants. *Canadian Journal of Botany* 44: 827–842.
- Maini, J.S. 1966a. Apical growth of *Populus* spp. I Sequential pattern of internode, bud, and branch length of young individuals. *Canadian Journal of Botany* 44: 615–622.
- 1966b. Apical growth of *Populus* spp. II Relative growth potential of apical and lateral buds. *Canadian Journal of Botany* 44: 1581–1590.

- 1968. Silvics and ecology of *Populus* in Canada. Julkaisussa: Maini, J.S. & Cayford, J.H. Growth and utilization of Poplars in Canada. s. 20–69. Minister of Forestry and Rural Development, Ottawa.
- Matilainen, A. 1994. Haapa (*Populus tremula*) (online, päivitetty 29.1.1997). Helsingin Yliopiston metsäekologian laitoksen virtuaali-arboretum. [luettu 21.6.2003] Saatavissa: <http://honeybee.helsinki.fi/mmeko/ARBORETUM/haapa/haapa.html>.
- Mikola, J. 1972. Hybridihaapa. *Dendrologian seuran tiedotuksia* 3(1): 12–17.
- Pollard, D.F.W. 1970. Leaf area development on different shoot types in a young aspen stand and its effect upon production. *Canadian Journal of Botany* 48: 1801–1804.
- UPOV 1976. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability.
- Yu, Q. 2001. Can physiological and anatomical characters be used for selecting high yielding hybrid aspen clones? *Silva Fennica* 35(2): 137–146.
- , Tigerstedt, P.M.A. & Haapanen, M. 2001. Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 35(1): 15–25.

■ MMM Hanna Alanen, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. Sähköposti [hanna.alanen@helsinki.fi](mailto:hanna.alanen@helsinki.fi);  
MMT Egbert Beuker, Metla, Punkaharjun tutkimusasema. Sähköposti [egbert.beuker@metla.fi](mailto:egbert.beuker@metla.fi);  
MMT Kari Leinonen, Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Sähköposti [kari.leinonen@kttk.fi](mailto:kari.leinonen@kttk.fi);  
MMT Markku Nygren, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. Sähköposti [markku.nygren@helsinki.fi](mailto:markku.nygren@helsinki.fi)