

Lustotutkijan ajatuksia

Riitta Eskola

Dendrokronologia on tieteenala, joka on monelle vain sanakummajainen, joka varomattomasti lausuttuna saattaa loksauttaa leukaperät sijoiltaan. Sen suomalaiset vastineet 'puulustotiede', 'puiden vuosilustotutkimus' tai yksinkertaisesti vain 'lustotutkimus' ovat kuvaavampia, vaikkakin sana 'lusto' voi edelleenkin hämmentää. Vuosirenkaat sen sijaan tuntuvat olevan useimmille tuttu asia.



Puiden vuosilustot ovat luonnonarkisto, josta niiden elinvaiheet ja kasvuympäristön muutokset ovat tietyn edellytyksin "luettavissa" vuodentarkasti tuhansien vuosien ajalta. Se on mahdollista siksi, että vuodesta toiseen vaihtelevista kesien sääoloista ja muista ympäristön muutoksista jää "sormenjäljet" puiden vuosirenkasiin. Dendrokronologia on tieteenala, joka tarjoaa keinot niiden jäljittämiseen ja erittelyyn muista puun kasvuun vaikuttavista tekijöistä.

Erityisen helposti tunnistettava piirre syntyy esimerkiksi silloin, kun jokin ilmastollinen minimitekijä, esimerkiksi lämmön tai kosteuden puute, rajoittaa kasvukauden aikana puun kasvua saaden aikaan *normaalia kapeamman* vuosirenkaan (vuosiluston). Koska puun kasvu on jokavuotinen tapahtuma (kuva 1), kasvattaa joka vuosi uuden Merkille pantavaa on, että se on tunnistettavissa lähes kaikista niistä saman ilmastoalueen puulajeista, joiden kasvua kyseinen minimitekijä rajoittaa. Puhutaan myös Koska kesät eivät ole veljeksiä' keskenään, on myös kasvun minimivuosisissa satunnaisuutta. Ilmastovasteeksi tai ilmastosihtaaliksi.

Tieteenala sai alkunsa Yhdysvalloissa 1900-luvun alkupuolella, jolloin **Andrew E. Douglass** (1867-1962) keksi yhteyden puiden vuosilustojen leveyden ja säätekijöiden välillä. Kehitettyään ns. *ristinajoitusmenetelmän* hän hämmästytti arkeologisen maailman intiaanikulttuureja koskevilla ajoitustutkimuksillaan. Muinaisten rakennusten iän määrittäminen oli vaikeaa aikana, jolloin radiohiileen tai dendrokronologiaan perustuvaa ajoitusmenetelmää ei vielä tunnettu. Arkeologien arviot muinaisten intiaanikulttuurien rakennusten iästä olivat vaihdelleet 500:sta 5000:een vuoteen. Vaikka intiaanasumukset oli tehty

pääasiassa savesta ja kivistä, myös puuta käytettiin rakenteiden ja välikerrosten vahvistamiseen. Tästä muodostuikin ratkaiseva linkki rakennusten iän määrittämisessä.

Douglassin dendrokronologinen asiantuntemus yhdistettynä arkeologisiin kohteisiin aiheutti tiedepiireissä sensaation. Hänen ensimmäinen tutkimuksensa käsitteli Uudessa Meksikossa sijaitsevan, intiaanien aikoinaan asuttamien *Aztec*-raunioiden ikää. Vuosilustonäytteistä laatimansa lustokalenterin perusteella hän selvitti vuodentarkasti valtaisaan rakennelmaa tehyn ainakin vuosina 1111-1120. Hän tutki myös muiden intiaanirakennusten rakennusajankohtia. Kävi ilmi, että esimerkiksi Mesa Verden "kalliokerrostalot" *Canyon De Chelly*- ja *Tsegi Canyon* -laaksoissa oli rakennettu 1200-luvulla ja *Pueblo Bonito* -rakennukset *Chaco Canyon* -laaksossa 1100-luvun loppupuolella¹.

¹ <http://lustiag.pp.fi/arizmak14b.pdf> (Asiantuntijavierailu Yhdysvaltoihin 11.5. - 3.7.1994: kansainvälisen vuosilustotutkimuksen nykynäkymät ja suomalais-amerikkalaisen yhteistyön kehittäminen).

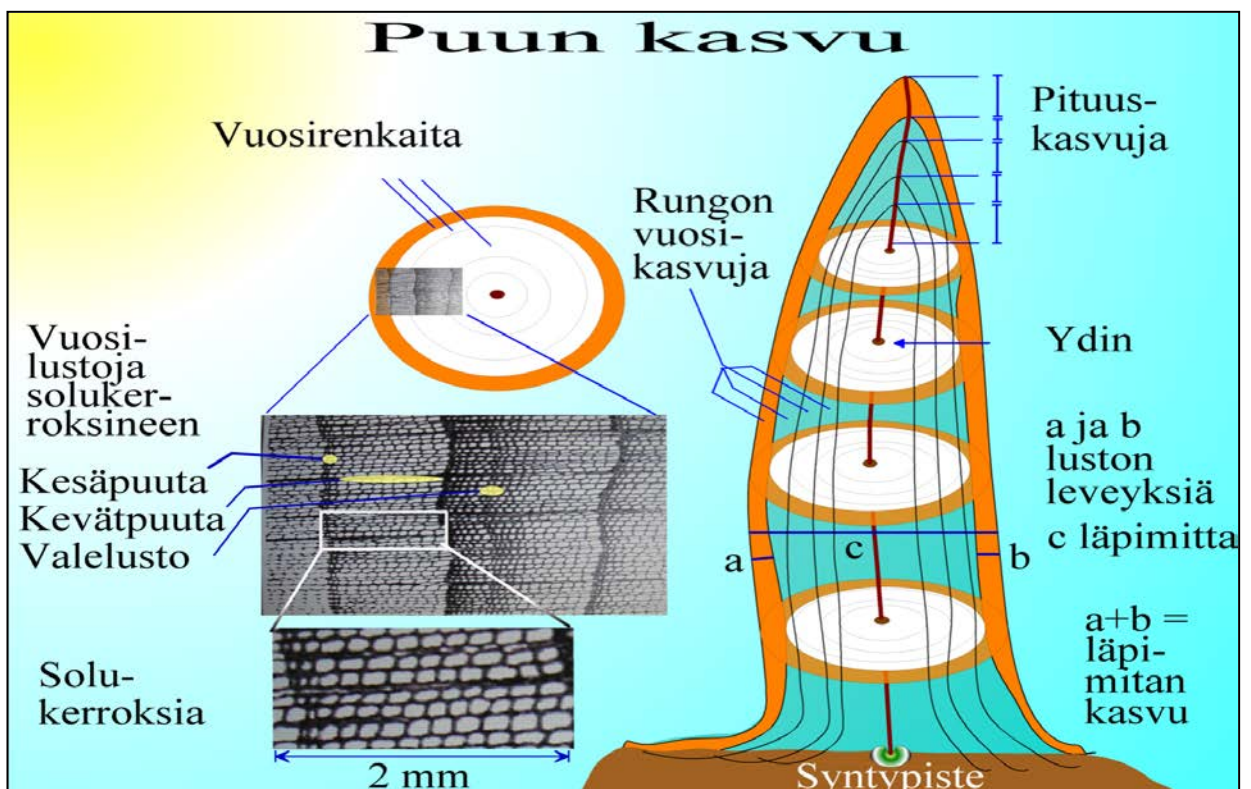
Douglass perusti dendrokronologian kehittymiseen suuresti vaikuttaneen Arizonan yliopiston lustotutkimuslaboratorion (*Laboratory of Tree-Ring Research*²) vuonna 1937 .

Douglassin ohella on tieteenalan kehitykseen vaikuttanut merkittävästi amerikkalainen emeritusprofessori **Harold Fritts** (s. 1930), jonka vuonna 1976 julkaisemassa kirjassa "*Tree Rings and Climate*" määriteltiin pidetään alan arvostetuimpana perusteoksena.

Nykylustotutkimusta tehdään nykyisin tieteensä hyvin organisoituneessa tiedeyhteisössä, jossa yli 2000 tutkijaa yli 50 maassa tutkii yli 150 puulajia dendroekologia, -klimatologia, -kemia, -geologia, -geomorfologia, -arkeologia ja -hydrologia sekä dendrokulttuurihistorian tutkimus. Tämän jutun teema liittyy ilmastoja puulustoista tutkivan dendroklimatologian maailmaan.

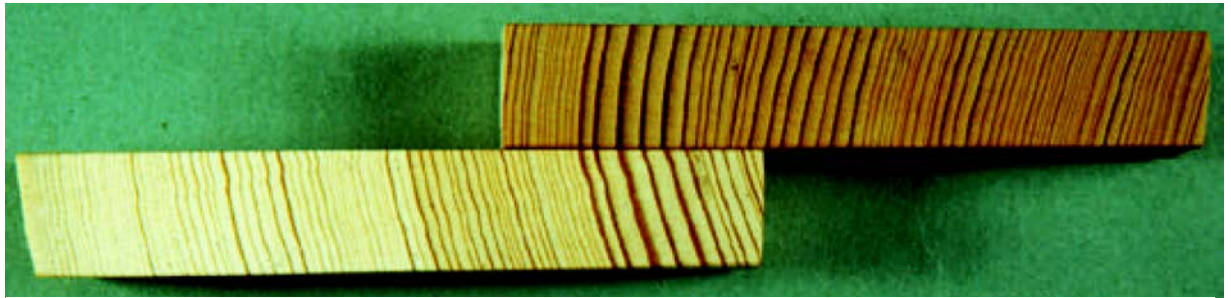
Alan kotimainen tutkimus on lähes 90-vuotiaista. Aiemmin ansioituneita suomalaisia lustotutkijoita ovat **Erkki Laitakari**, **Ilmari Hustich**, **Peitsa Mikola** ja **Gustaf Sirén**. Mikolan vuonna 1950 julkaisema "Puiden kasvunvaihteluista ja niiden merkityksistä kasvututkimuksissa ..." on edelleenkin säilyttänyt asemansa kotimaisen lustotutkimuksen perusteoksena.

Suomalaisen lustotutkimuksen toistaiseksi merkittävin tieteellinen saavutus on professori **Matti Eronen** johdolla Euraasian pisimmän ja maailman toiseksi pisimmän havupuulustokalenterin kokoaminen Lapin metsänrajamännyn lustoista (Eronen ym 1992). Vuoteen 5634 eaa ulottuvan vuodentarkan aikasarjan mahdollistivat Lapin järvien



Kuva 1. Puu kasvattaa joka vuosi vaipan ympärilleen (oranssi väri). Vaipan poikkileikkauspintaa kutsutaan vuosirenkaaksi ja vuosirenkaan paksuutta lustonleveydeksi.

² www.ltrr.arizona.edu



Kuva 2. Ristiinajoittamisen periaate. By matching the ring patterns in the core (on the left) with the stump section (on the right) the exact age of the stump and each annual ring can be determined and these patterns can be matched and used to date other stumps in the same or neighboring groves. By matching the ring patterns in the core (on the left) with the stump section (on the right) the exact age of the stump and each annual ring can be determined and these patterns can be matched and used to date other stumps in the

pohjamudassa tuhansia vuosia lahoamattomina säilyneet männyn megafossiilit (muinaisrungot). Metsänrajamännystämme on lustokalenterin vuonna 2002 tapahtuneen julkistamisen jälkeen tullut yksi kansainvälisen ilmastomuutostutkimuksen kiinnostavimmista tutkimuskohteista.

Lapin pitkä lustokronologia on tehty yhdistämällä Lapin järvistä kerättyjen muinaismäntyjen vuosilustot dendrokronologisin menetelmin. Lustosarjasta saadaan tietoa mm. jääkauden jälkeen tulleiden mäntysukupolvien kasvusta ja kasvukauden aikaisista lämpötiloista.

Lustokalenterin analysointi vahvistaa ilmaston vaihdelleen jopa tuhansien vuosien aikaperspektiiveissä. Vaihtelun kirjoon kuuluvat myös ilmaston äärevyys, trendimäisyys ja jaksoittaisuus sekä ilmaston yhtäkkiset muutokset toimintatilasta toiseen.

Nykyinen keskustelu ilmastomuutoksesta korostaa ihmisperäistä jatkuvasti lämpenevän ilmaston mallia. Lapin pitkän lustosarjan vaihtelut eivät tue ajatusta, vaan kertovat lämpimien ja kylmien ilmastovaiheiden vuorottelusta. Vaihteluun liittyy kiinnostavaa jaksollisuutta, joka on erityisesti viimeisten 500 vuoden aikana noudattanut sinimuotoista 60-95-vuotista rytmiä³. Jakson vaihteleva pituus aiheutuu Ogurtsovin ym. (2002) mukaan Auringon energiantuotannon vaihteluista, Maan ilmastodynamiikasta ja niiden välisistä vuorovaikutussuhteista).

Viimeisimmät kylmät jaksot kulminoituivat 1900- ja 1960-luvuilla (Timonen ym. 2008). Niiden väliin jäi 1930 ja 1940-luvun taitteessa huippunsa saavuttanut lämmin jakso. On mahdollista, että seuraava lämpöhuippu on joko kulminoitunut kuluvan vuosikymmenen aikana tai se tulee kulminoitumaan seuraavan vuosikymmenen aikana. Jos ilmaston jaksolliset vaihtelut jatkuvat entisenkaltaisina, pysyy ilmasto lähivuosisikymmenet viileänä, jopa kylmänä. Seuraava lämmin jakso on luvassa vasta vuosituhannen loppupuolella. Tässä yhteydessä on toki korostettava, että arviosta puuttuu ihmisen toiminnan vaikutus ilmastoon.

³ http://lustdiag.pp.fi/gt_trace2008_cyclic.pdf

Lustosarjan syklisyyden perusteella on pääteltävissä, että osa ilmaston viime aikaisista (1900-luku ja tämän vuosituhannen alku) luontaisista vaihteluista on tulkittu virheellisesti ihmisen toiminnasta aiheutuneen lämpenemisen ”piikkiin”. Nykyistä lämpenemistä ei voi pitää mitenkään poikkeuksellisena verrattuna aiempien vuosituhansien ilmastoon. Pikemminkin päinvastoin: megafossiilien sijainnin perusteella on laskettu, että 7000-4000 vuotta sitten oli useita asteita nykyistä lämpimämpää ja että männyn puuraja nousi jopa yli 800 metrin korkeudelle merenpinnasta (Kultti ym. 2006). Nykymännyn ovat ehtineet samoilla seuduilla vasta noin 450 metriin.

Yhteiskunnan ilmastopolitiikan sitouttaminen vain yhden ilmastokehityksen (lämpenevä ilmasto) varaan on erittäin harkitsematonta kylmän ilmaston ja suurten luonnonvaihteluiden Suomessa. Kun ilmasto on kaiken lisäksi perusluonteeltaan *kaottinen* (Broecker 2002) mikä saattaa merkitä mitä tahansa ilmastokatastrofia, on poliittiselta päätöksentekijältä uhkarohkeaa sulkea silmänsä, joka saattaa johtaa vakaviin seurauksiin joka merkitsee muun muassa äkillisesti alkavia ja vuosia kestäviä kylmyysjaksoja, jotka toisinaan ovat myös maailmanlaajuisia, tulee väistämättä esiintymään jatkossakin.

Maapallon keskilämpötila putoaa kerran vuosisadassa 0.5–1 °C. Maailmanlaajuiset katovuodet iskevät 200-300 vuoden välein. Viimeksi niin tapahtui Indonesian Tambora-tulivuoren purkaututtua vuonna 1816. Kerran vuosituhannessa ilmasto jäähtyy dramaattisesti 5-20 vuoden ajaksi. Syynä voi olla jättitulivuoren purkautuminen, komeettatörmäys maahan tai nykyisin myös ydinsotaa seuraava ydintalvi. Viimeksi niin tapahtui vuosina 536–545. Muita syitä ovat muutokset Auringossa, Milankovitchin syklit, muutokset merivirroissa, tulivuoret, asteroiditörmäykset, komeettapöly, metaanipurkaukset ja ilmansaasteet. Ilmasto voi viietä äkillisesti millin tahansa. Maailmassa on oltava valmius torjua nälänhätää mukauttamalla viljelytekniikka kylmänkestäviin lajikkeisiin. Tarvitaan äkillisten ilmastonmuutosten tutkimusta (Broecker)



Arizonan yliopiston dendrokronologian professori Malcolm K. Hughes on ollut avainhenkilö kotimaisen lusto-
tutkimuksemme menestystarinan käsikirjoituksen laadinnassa.

Viinasen (2007) tutkimusten mukaan lapinkylien ihmiset ovat kärsineet voimakkaimmin ilmastomuutoksista ns. *rajailmastovaiheissa*, jolloin ilmasto on äkillisesti viilentynyt ja muuttunut vuosiksi epävakaksi. Mooren (1998) mukaan ihmiskunnan ja ilmaston vuorovaikutus on ollut historian lehdillä kiistaton: sairaudet, sodat, köyhtyminen ja nälänhätä ovat olleet epäsuotuisien ilmastovaiheiden ilmiöitä, kun taas hyvä terveys, vaurastuminen ja kulttuurin kukoistus ovat liittyneet suotuisiin ilmastovaiheisiin.

Ilmasto voi viiletä niinkin rajusti, ettei edellistalven lumikertymä ehdi sulaa kesän aikana. Siirtyminen nykytilanteesta jääkauteen olisiin tarvitse vain muutaman asteen pudotuksen keskilämpötilassa. Rohkeimpien arvioiden mukaan seuraava jääkausi on jo saattanut alkaa! Felixin (2005) mukaan jääkaudet saavat alkunsa lämpimämmän ja kosteamman ilmastojakson aikana, jolloin lisääntynyt kosteus kasvattaa jäätikköyläntöjen jäämassaa.

On pelättävissä, että tutkijat ovat toimineet hätiköidysti ja sen myötä myös edesvastuuttomasti houkutellessaan poliittiset päättäjät rakentamaan yhteiskunnan tulevaisuutta vain lämpenevän ilmastovaihtoehdon varaan. Tulee armotta nälkä ja vilu. Mitkä tahot kantavat silloin vastuun siitä, ettei yhteiskunta olekaan osannut varautua sellaiseen kehitykseen?

Olemme viime vuosina panostaneet tieteelliseen osaamiseemme ja tutkimustemme kansainväliseen näkyvyyteen⁴. Mutta olemmeko onnistuneet tavoitteissamme?

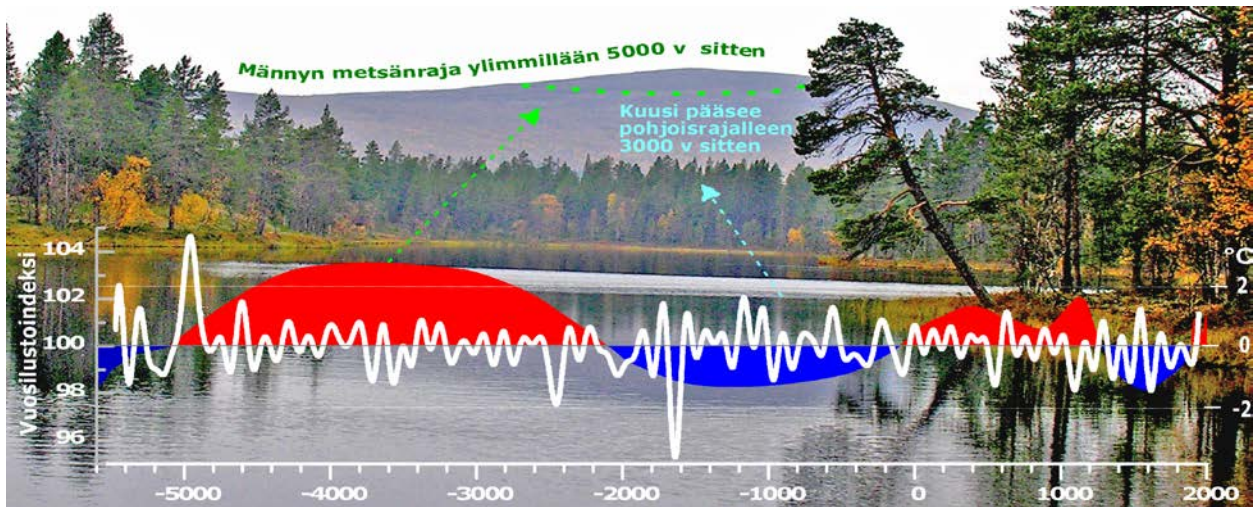
Emme kaikin osin. On valitettavaa, että me ilmaston kaoottisesta luonteesta ja äkillisestä kylmenemisestä huolta kantavat tutkijat olemme ainakin toistaiseksi epäonnistuneet varoituksen sanoissamme. Emme ole saaneet ääntämme kuulumaan, vaikka hurjimpien arvioiden mukaan seuraava jääkausi on jo saattanut alkaa (Felix 2008)!

Onnistumistamme puoltaa ainakin se, että saimme Suomeen seuraavan lustotutkijoiden maailmankokouksen (World Dendro 2010). Odotamme vieraaksemme Rovaniemelle juhannuksen alla 2010 pidettävään konferenssiin noin 400 alan tutkijaa yli 40 maasta.

⁴ http://lustiag.pp.fi/1_lustia2511_hs40.pdf ja http://lustiag.pp.fi/Lustialabs_2008a.pdf

Lähteet:

- Broecker, W. S. 1995.** Chaotic Climate. *Scientific American*, 273: 62-68
- Engvild K. C. 2003.** A review of the risks of sudden global cooling and its effects on agriculture. Plant Research Department, PRD-313, Risoe National Laboratory, DK-4000, Roskilde, Denmark.
- Eronen, M., Zetterberg, P., Briffa, K., Lindholm, M., Meriläinen, J. & Timonen M. 2002.** Part 1: The supra-long Scots pine tree-ring record for northern Finnish Lapland; Chronology construction and initial inferences. *The Holocene* 12(6): 673-680.
- Felix, R. W., 2005.** Not by Fire but by ice. Sugarhouse Publishing. Canada.
- Kultti, S., Mikkola, K., Virtanen, T., Timonen, M., Eronen, M. 2006.** Past changes in the Scots pine forest line and climate in Finnish Lapland: a study based on megafossils, lake sediments, and GIS-based vegetation and climate data. *The Holocene* 16(3): 381-391. http://lustiag.pp.fi/gt_trace2008_cyclic.pdf.
- Mikola, P. 1950.** Puiden kasvunvaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. On variations in tree growth and their significance to growth studies. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 38.5:1-131.
- Moore, T. G. 1998.** Climate of Fear. Cato Institute. Washington, D.C.
- Ogurtsov, M.G., Kocharov, G.E., Lindholm, M., Meriläinen, J. & Eronen, M. 2002.** Evidence of solar variation in the tree-ring based climate reconstruction of northern Fennoscandia. *Solar Physics* 205: 403-417.
- Timonen, M., Mielikäinen, K. & Helama, S. 2008.** Climate variation (cycles and trends) and climate predicting from tree-rings. Presentation at TRACE 2008: Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, April 27-30, Zako-pane, Poland. http://lustiag.pp.fi/gt_trace2008_cyclic.pdf.
- Viinanen, V. V. 2006.** Inarin rajahistoria II. *Studia Historica Septentrionalia* 50/2006. Pohjois-Suomen Historiallinen Yhdistys, Rovaniemi 2006. 482 s.



Pallas-Ylläpuiston kupeessa sijaitseva Pitkäjärvi, josta löytyy vuosituhansien ikäisiä järeärunkoisia männyn megafossiileja, edustaa yhtä niistä kohteista, joista Lapin pitkä lustosarja (valkoinen käyrä) koottiin. Taustalla näkyvä 700-metrinen Ounastunturi oli vuosituhansia sitten jopa kokonaan mäntymetsien peittämä. Lustosarjan vaihtelut, jaksoittaisuus ja muut säännönmukaisuudet, suuret poikkeamat ja pitkän ajan trendit (punaiset ja siniset alueet) ovat avaintekijöitä, joiden selvittäminen on vienyttä ja vie jatkossakin ilmastomuutostutkimusta suurin askelin eteenpäin. Lustokäyrän pisin alaspäin suuntautuva piikki kertoo Santorinin saaren tulivuorenpurkauksesta noin 1630 eaa. Silloin Lapinkin taivas pimeni jopa vuosikymmeniksi!

Punaiset alueet kuvaavat Bradleyn ja Eddyin vuonna 1991 julkaisemaa yksinkertaistettua lämpötilamallia. Valkoinen käyrä kuvaa metsänrajamännyn 100 vuoden FFT-tasoitettua vuosilustoindeksiä.