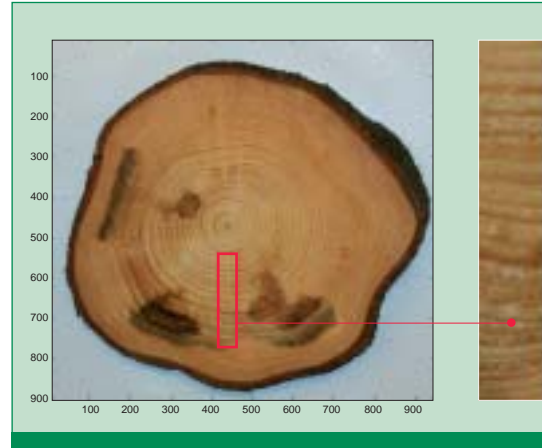


Digitaalikuviasta avain puun laadun mittaukseen



Puuraaka-aineen tehokas hyödyntäminen edellyttää puun laatutunnusten luotettavaa mitausta ja tekniikkaa, joka mahdollistaa automaattisen lajittelun. Suurilla sahoilla sellaiseen on haettu ratkaisua röntgenlaitteistojen avulla. Nykyaikainen digitaalikuva-analyysiin perustuva konenäkötekniikka on tarjoamassa röntgeniä yksinkertaisemmän ja helpommin sovellettavan ratkaisun. Sille arvioidaan kehittyvän laajasti sovelluksia niin puunhankintaketjussa kuin jatkojalostuksessa.

Digitaalikuviin perustuvalla tekniikalla puutavarakappaleen poikkileikkauksesta voidaan tuottaa mitattua laatutietoa, kuten kuoreton läpimitta, kuoren paksuus ja lustotiedot. Riittävän hyvälaatuisia kuvia voidaan saada tavanomaisesta hakkuukoneen sahalajlestä, joka on melko puhdas. Pelkästään tummuuseroihin perustuvalla tekstuurianalyysillä voidaan erottaa pölkyn katkaisupinnasta lustorakenne, laskea lustojen leveydet, kuvata pölkyn pää lustokarttana ja esittää sen kuoreton muoto. Lustorakenne ja muu teksturi paljastavat myös sydän- ja pintapuualueet, lahoalueet ja muita vikaisuuksia. Värianalyysi lisää kuvamittauksen tarkkuutta ja monipuolistaa sen tekniikkavalikoimaa ja soveltamiskenttää.

Myös sahatavaran ominaisuuksia voidaan tutkia ja mitata tukeille kehitettyjen kuva-analyysitekniikoiden avulla. Saheiden lujuusmittauksen kehittämiseen liittyvässä testissä lustotietojen mittaaminen digikuvatekniikalla onnistui hyvin. Keskimääräinen lustonleveys selitti lujuutta samantasoisesti kuin puuaineen tiheys ja yhdessä oksaisuustiedon kanssa lähes röntgenanalyysin tasoisesti. Sekä tukkien lajittelun että saheiden lujuusmäärittysten tarpeisiin lustoanalyysejä on tarpeen kehittää lustojen kesä- ja kevät-puuosuudet erottavaksi.

Kamerakalibrointiin kehitettiin algoritmeja, joilla kamerajärjestelmän kalibrointi saadaan automaattiseksi. Sellaista tarvitaan erityisesti hakkuukoneympäristössä tehtävässä kuvamittauksessa. Kalibroinnissa tarvittavat tähykset voidaan sijoittaa tai merkitä hakkuulaitteeseen. Käytännössä tehtävänä on varmistaa kalibroinnin, esimerkiksi kahden tai kolmen kameraseläntien keskinäisen aseman, säilyminen ja tarvittaessa laskea uusi sijaintitieto.

Stereokuvauksessa pelkästään harmaasävyihin perustuvan kuvakorrelaation ongelma on valaistuksen vaihtelusta johtuvat sävyerot. Kuvausta voidaan parantaa mallilla, joka yhdistää sävyeroihin kohteen geometriaa. Konvergenttikuvaus parantaa edelleen mittausta tavanomaiseen stereokuvapariin nähden. Työssä kehitettiin lisäksi usean kuvan yhtäaikaista pakotettua yhteensovittamista. Siinä ratkaistaan samanaikaisesti vastinpisteet kuvilta ja kohdepisteen kolmiulotteiset koordinaatit. Työssä ohjelmoitiin monikuvayhteensovitusmalli ja interaktiivisen tarkastelutyökalun tarjoava sovellusohjelma.

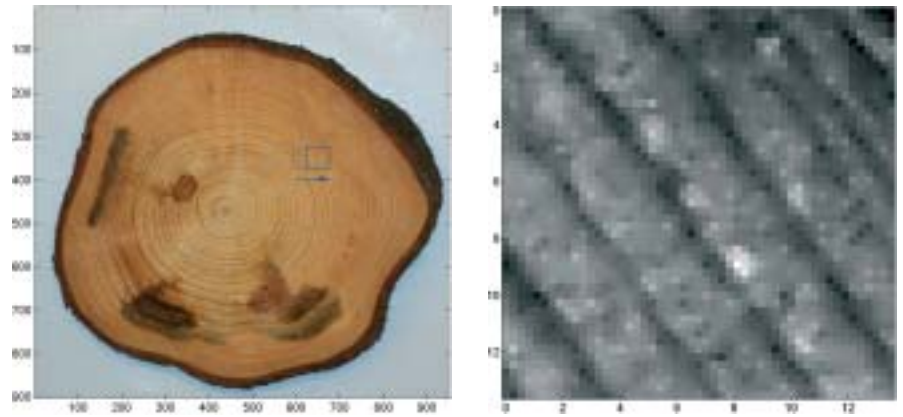
Puun rakennetta ja kasvutapaa jäljittelevillä malleilla voidaan kuvata puun ominaisuuksia rungon eri osissa. Esimerkkitaupauksena tarkasteltiin tyvilahon esiintymistä Metsätutkimuslaitoksessa kehitetyllä Lignum-mallilla. Empiirisen aineiston pohjalta laadittiin tyvilaholle funktiot.

KUVA 1.

Tukin poikkileikkauksesta saadaan mittatiedoksi muunnettavaa signaalia liukuvalla 2D-spektrianalyysillä.

FIGURE 1.

A local 2D-spectrum analysis was developed to generate data on log end images.

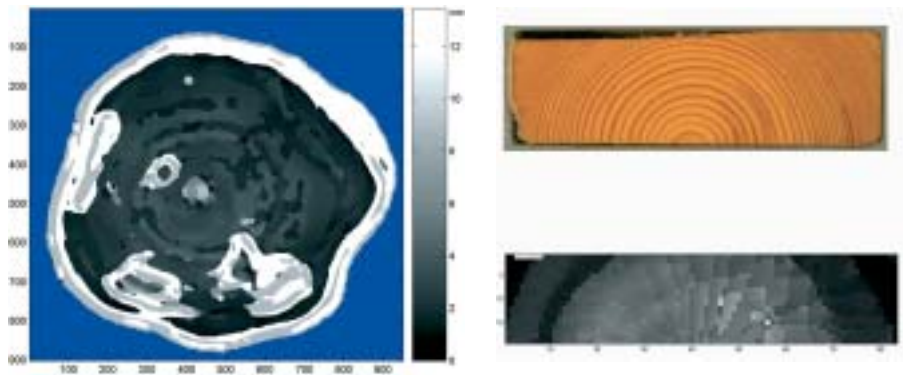


KUVA 2.

Digikuva-analyysillä tukin ja saheen päästä saadaan kuvatuksi ja mitatuksi mm. lustorakenne ja lahoalueet. Kuori näkyy yhtenä paksuna lustona.

FIGURE 2.

Applying image analysis it is possible to get an image and dimensions of a log end, its annual ring structure and rot areas. The bark appears as a uniformly thick ring.

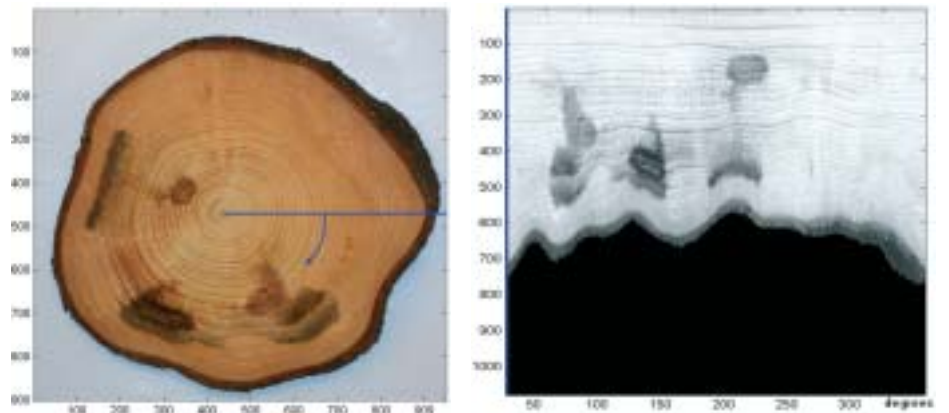


KUVA 3.

Kasvukeskipisteen suhteen tasoon avattu rungon poikkileikkauskuva tarjoaa uudenlaisen mahdollisuuden puun laatutunnusten määrittämiseen.

FIGURE 3.

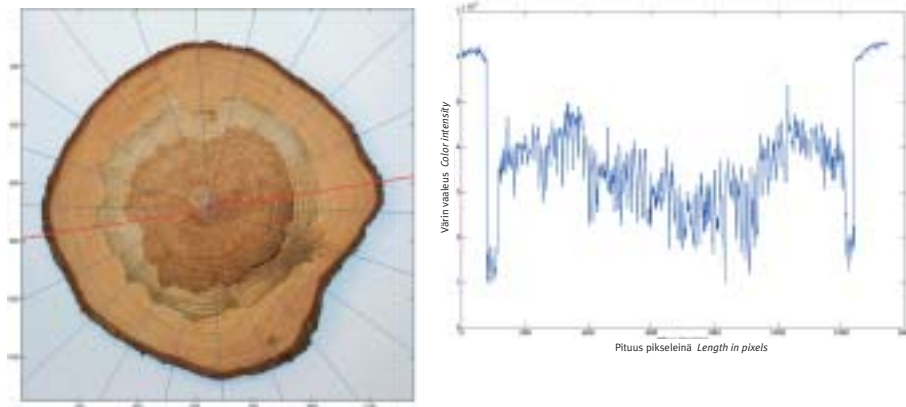
The conversion of a log end image into two-dimensional coordinates that start from the pith brings a new approach to log end analysis.



Etusivun kuva ja kuvat 1-4: TTY, Mittaus- ja informaatiotekniikan laitos

Kuva 5: Metla

Kuva 6: Metsäteho

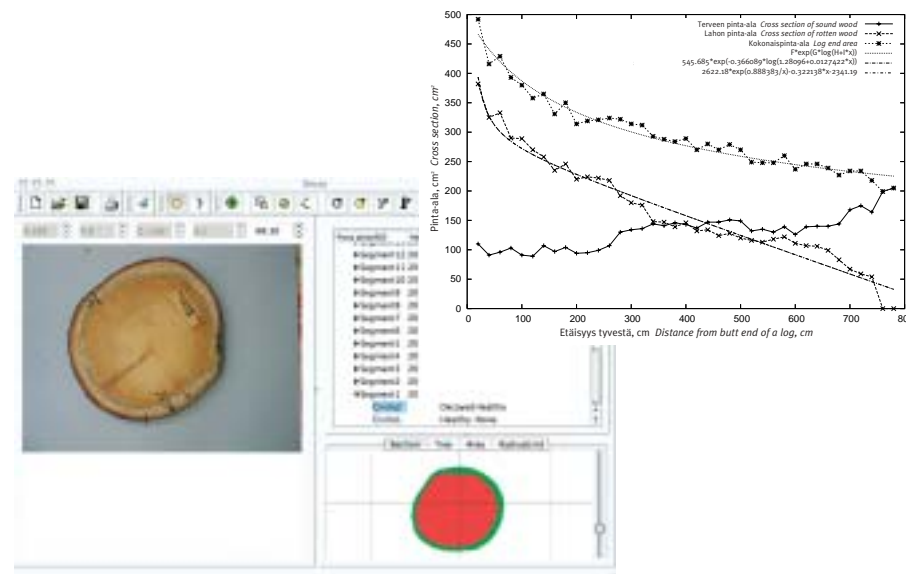


KUVA 4.

Värianalyysi laventaa digikuva-analyysin selityskykyä ja soveltamismahdollisuuksia paljon. Esimerkissä kuoreton läpimitta ja kuoren paksuus on saatu tarkasti.

FIGURE 4.

Color analysis can significantly enhance the possibilities and effectiveness of image analysis in the detecting of objects, for instance bark thickness.



KUVA 5.

Puun ominaisuuksien kehittymistä tarkasteltiin puun rakennetta ja kasvutapaa kuvaavan mallin avulla. Esimerkkinä lahopuuna-aineistosta tehty tyvilahon mallinnus kuuselle.

FIGURE 5.

The wood properties of a tree were described by a model which combined the structure and function of trees. For example, results of the butt rot modelling for spruce.

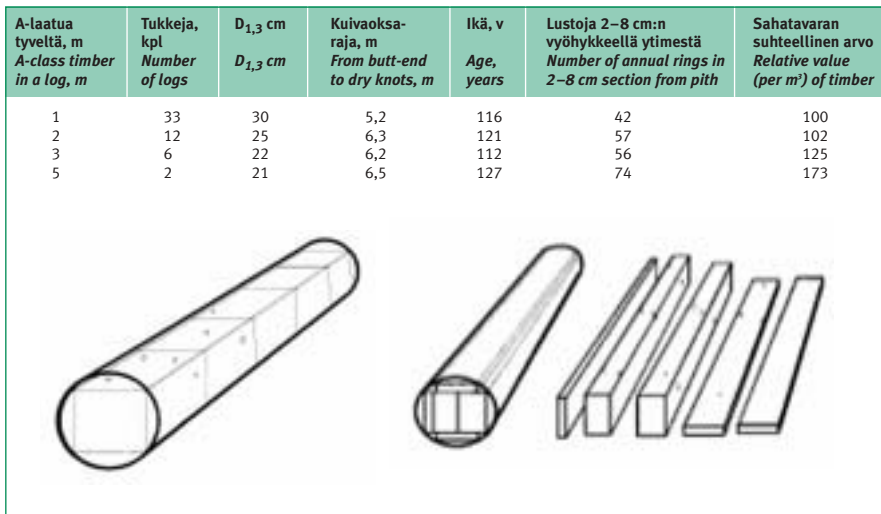
A-laataa tyveltä, m A-class timber in a log, m	Tukkeja, kpl Number of logs	D _{1,3} cm D _{1,3} cm	Kuivaaksaraja, m From butt-end to dry knots, m	Ikä, v Age, years	Lustoja 2–8 cm:n vyöhykkeellä ytimestä Number of annual rings in 2–8 cm section from pith	Sahatavaran suhteellinen arvo Relative value (per m ²) of timber
1	33	30	5,2	116	42	100
2	12	25	6,3	121	57	102
3	6	22	6,2	112	56	125
5	2	21	6,5	127	74	173

KUVA 6.

Lustotiedot ennustavat kuivaaksarajaa paremmin tukista saatavan sahatavaran pintalaatua. Lustotiedoista voidaan johtaa myös saheen lujuusennusteita.

FIGURE 5.

The surface quality and even strength of boards can be rather well predicted based on annual ring data.



KIRJOITTAJAT:
ANTTI KORPILAHTI
PETRI ÖSTERBERG, TTY
ERKKI PESONEN, METLA
OLLI JOKINEN, TKK

*Katsaus perustuu Puun laadun mittaus ja lajittelu (PUULA) -projektissa tehtyyn työhön. Siinä tutkittiin ja kehitettiin kuorellisen puutavaran laatutunnusten mittaamista puutavaran automaattista, konenäkötekniikalla tehtävää, lajitte-
lua varten. Tampereen teknillisen yliopiston Mittaus- ja informaatiotekniikan laitos teki pioneerityötä tukkien päistä ja sivupinnoista otettujen digikuvien analysoinnissa. Teknillisen korkeakoulun Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio kehitti kamerajärjestelmän kalibrointia, Metsätutkimuslaitos puun ominaisuuksien mallinnusta ja Metsäteho Oy tarkasteli laajittelun vaikutuksia ja toimi projektin koordinaattorina. TEKES tuki projektin toteutusta tuotekehitysvastuulla.*

Lisätietoja:
Erikoistutkija Antti Korpilahti,
Metsäteho Oy

Digikuvamittaus helposti teollisuuteen, metsä haastavampi

Digitaalikuviin voidaan määrittää puun laatutunnuksia ja laskea niille mittalukuja. Puutavarakappaleen, kuten tukin, katkaisupinnasta saadaan määritetyksi sen kuoreton muoto, kuoren paksuus ja lustot, sydän- ja pintapualueet sekä lahoalueet. Ne voidaan määrittää melko yksinkertaisellakin, tummuussävyihin ja tekstuuriin, perustuvalla kuva-analyysitekniikalla. Varsinaisella värianalyysillä voidaan parantaa laatutunnusten havaitsemista ja mittaustarkkuutta.

Puulajin automaattinen tunnistus puun pintakuvasta on vaikeaa, koska jokaisella puulajilla sekä kuoren tekstuuri että väri vaihtelevat runsaasti puun kasvuaikana ja rungon eri osissa. Puulajitunnistuksessa päästään kuitenkin suureen varmuuteen yhdistetyn tekstuuri- ja värianalyysin avulla.

Digitaalikuviin voidaan arvioida olevan runsaasti soveltamiskohteita puutavaralogistiikassa. Digikuvatekniikka mahdollistaa tukkien laatulajittelun automatisoinnin ja nykyistä tarkemman kuorettoman läpimitan mittauksen. Tukkien laatutunnusten analyysitekniikka soveltuu sinänsä myös vastaavien tunnusten mittaamiseen sahatavarakappaleista ja kuitupuupölkkyistä. Digikuvatekniikka voidaan pitää esimerkiksi röntgentekniikkaan verrattuna edullisena ja helposti erilaisiin ympäristöihin asennettavana.

Puuaineen ominaisuudet ja niiden vaihtelu run-
gossa tunnetaan melko hyvin. Koska ominaisuus-
vaihtelu on verraten säännömukaista, ominai-
suuksia voidaan kuvata malleilla. Puun rakentees-
ta ja kasvutavasta seuraa, että useita puuaineen
ominaisuuksia voidaan mallintaa poikkileikkauk-
sesta ja runkomuodosta saatavan tiedon avulla.
Puun rakennetta ja kasvutapaa jäljittävät mallit
soveltuvat runko- ja pölkkykohtaiseen mallinnuk-
seen hyvin.

Mäntysahatavaran laatua on yritetty ennustaa
mm. pystyjuusta mitatun kuivaoksarajan avulla. Se
ei kuitenkaan johda riittävän luotettavaan runko-
kohtaiseen tulokseen. Sen sijaan lustotiedot kaato-
leikkauksesta tarjoavat selvästi paremman perus-
tan sahatavaran laadun ennustamiseksi. Olisi tär-
keää kehittää tekniikkaa lustotietojen mittaami-
seen kaadon yhteydessä, jotta rungon apteerauk-
sessa voitaisiin puuaineen laatu ottaa nykyistä
paremmin huomioon.

Kameratekniikkaan perustuva puun mittaus on
haastava tehtävä ulkoisten olosuhteiden vuoksi.
Metsässä valaistus vaihtelee ja metsäkone on
kameroille tärkeä alusta. Kamerajärjestelmän
kalibrointiin pystytään kuitenkin kehittämään
menetelmiä, joiden avulla voidaan tarkkailla kalib-
roinnin säilymistä ja tarvittaessa suorittaa tarkistus
automaattisesti.

Use of digital images in wood quality assessment

Wood quality assessment is a prerequisite for the profitable use of wood. In cut-to-length logistics wood quality is determined at saw mills for the grading and sorting of logs. Quality information measured at the felling site has a wider scope of applications, including decorative and strength characteristics for the most valuable crosscutting of stems. Annual tree ring measures are key factor in predicting how knotty wood is and strength of timber. Rotten and compression wood sections are some of the decays that should be cut off from saw logs.

In a joint project with Universities of Technology in Tampere and Helsinki and the Finnish Forest Research Institute, digital image analysis techniques as well as the modelling of wood characteristics were studied and developed to produce the above-mentioned measures. Moreover, digital imaging can be used to obtain the under-bark diameter and geometric measurements of logs. It seems that digital imaging can be a key to the automatic quality grading of timber.