

Pekka Saranpää

Uutta puusta: pintaa syvemmältä

Suomen Akatemia käynnisti keväällä 1998 puuraaka-aineen tutkimusohjelman ”Metsästä puutuotteeksi: puunjalostuksen materiaalitie”. Sen keskeisenä tavoitteena on lisätä tietämystä puun kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista ja etenkin niiden vaihtelusta. Puuraaka-aine on biologisten prosessien tuote, jonka ominaisuuksiin vaikuttavat puun iän ja kasvunopeuden lisäksi perintötekijät, kasvupaikka ja ilmasto. Saman puulajin puuaineen tiheys tai sydänpuun väri voi vaihdella erittäin paljon. Ominaisuudet muuttuvat myös puun ytimeistä pintaan ja tyveltä latvaan. Puiden ja puuaineen ominaisuuksien vaihtelu korostuu pohjoisessa havumetsävyöhykkeessämme mm. pitkän kier-toajan vuoksi.

Puunjalostuksen ongelmana on, miten ominaisuuksiltaan näin paljon vaihtelevasta puuraaka-aineesta saadaan halutuista tuotteista korkea- ja vakio-laatuista. Alan materiaalietäytymyksessä on selviä puutteita, mm. puuaineen kemiallisessa ja materiaalfysikaalisessa kuvauksessa. Puuaineen ominaisuuksien nykyistä syvällisempää ja monipuolisempaa tutkimusta tarvitaan myös, jotta kyettäisiin enakoimaan täsmällisesti, miten metsänhoito vaikuttaa puuaineen ominaisuuksiin ja sitä kautta laatimaan ohjeita maan talouden kannalta tärkeän laadukkaan puuraaka-aineen tuottamiseen. Puun raaka-aine- ja laatuominaisuudet pitäisi pystyä tunnistamaan jo kannolla, jotta puunkorjuussa voitaisiin ohjata oikea puu oikeaan käyttökohteeseen. Biotekniikan sovellusten käyttö puuaineen ominaisuuksien muokkaamisessa on vasta alullaan ja vaatii lisää tietoa puun solurakenteesta ja fysiologiasta.

Metlan Vantaan tutkimuskeskuksessa toimii hanke, jonka perimmäisenä tavoitteena on selvittää, miten ominaisuuksiltaan eri tuotteisiin soveltuva puuraaka-aine voidaan kasvattaa käyttämällä hyväksi puiden perinnöllisten ominaisuuksien ja metsänhoidon sekä tarkoituksenmukaisen puunkorjuun ja puunjalostuksen tarjoamia mahdollisuuksia. Tavoitteena on selvittää koko ketju kannolta, itse asiassa siemenestä tuotteeksi ja mahdollisuuksien mukaan myös päinvastoin. Toteutuakseen hanke vaatii asiantuntemusta niin biologian, puu- ja metsäteknologian kuin puunjalostuksen prosessienkin alalta. Nimenomaan tähän on pyritty myös Suomen Akatemian tutkimusohjelman tutkimusyhteenliitymissä eli konsortioissa.

Vantaan tutkimuskeskuksen puulaboratoriota on kehitty määrätietoisesti viimeisten kolmen vuoden ajan mm. edellämäin mainitun hankkeen tarpeiden mukaan. Laboratorio on hankittu tarvittava varustus mm. puun lujuuden, mikroskooppisen rakenteen ja kemiallisen koostumuksen tutkimiseen. Metlan keskuslaboratorio Vantaalla tarjoaa erinomaiset laitteet vaativampaan kemialliseen analytiikkaan.

Suomen Akatemian ”Metsäntuotteiden materiaalitie” -tutkimusohjelmassa 32 hanketta sai rahoitusta yhteensä 25 milj. mk vuosille 1998–2000. Vantaan tutkimuskeskuksen puulaboratorio on mukana neljässä tutkimusyhteenliitymässä, joissa työskentelee tutkijoita aina puun biotekniikan ja röntgenfysiikan alalta puun kuivauksen ja kuidutusprosessien asiantuntijoihin asti. Kahta hankkeista koordinoidaan Metlasta käsin. Metlan vahvuutena ovat etenkin omat tutkimusmetsät ja tutkimusyhteistyö metsänjalostuksen, metsänhoidon ja puu- sekä metsäteknologian tutkijoiden välillä.

Puutavaran värinmuutokset kuivauksessa

Värinmuutoksia tutkitaan kahdessa eri hankkeessa, joissa pyritään selvittämään kuivauksen aikana syntyvien, laatua alentavien värinmuutosten syitä ja mahdollisuuksia niiden vähentämiseen raaka-aineen hallinnan avulla. Kirjoittaja koordinoi hankekokoaisuutta ”Kasvupaikan ja puutavaran käsittelyn vaikutus männyn ja kuusen puuaineen ominaisuuksiin” ja Antti Asikainen Joensuun yliopistosta vetää yhteishanketta ”Koivun puuaineen kemia ja värinmuutokset”.

Ensimmäisessä kokonaisuudessa tutkitaan sahatavaran ja siitä valmistettavien lopputuotteiden laatuominaisuuksien riippuvuutta männyn ja kuusen kasvupaikasta ja puutavaran käsittelystä. Toinen hankekokoaisuus keskittyy samalla teemalla koivuun. Erityisesti pyritään selvittämään korkealaatuisen ja -hintaisen puusepäntavaran raaka-aineksi soveltuvan puun optimaalinen kasvupaikka, kaatoajankohta, varastointiolosuhteet ja kuivaus. Tulosten perusteella oikea raaka-aine löydetään ja voidaan ohjata oikeaan käyttökohteeseensa ja siten optimoida sen käyttö.

Värinmuutostutkimukseen käytettävä puu kerätään Metlan kokeilta ja koealoilta ja konsortion osapuolet käsittelevät samoja koepuueriä. Koepuiden kasvupaikat ovat viljava ja karu maa, kaatoajankohdat kevät ja talvi. Puun varastointi tapahtuu maalla. Varastointiajankohtaa vaihdellaan ja puutavaraa varastoidaan eri pituisia aikoja, jotta saadaan selville miten puun sisältämien ravinteiden hajoaminen vaikuttaa värinmuutosten syntyyn.

Marketta Sipin (HY) johdolla tutkitaan mänty- ja etenkin kuusisahatavaran laatu ja loppukäyttöarvo käyttämästämme koemateriaalista. Alpo Ranta-Maunus (VTT) johtaa hanketta, jossa selvitetään eri kuivaustapojen ja -lämpötilojen vaikutusta mänty- ja kuusisahatavaran värinmuutoksiin. Osa tutkittavasta materiaalista sahataan tuoreista ja osa varastoiduista tukeista varastoinnin vaikutuksen selvittämiseksi. Lisäksi tutkitaan talvi- ja kesäkaadon vaikutusta kuivauksessa tapahtuviin värinmuutoksiin. Tavoitteena on selvittää puun kuivausmenetelmien ja lämpötilatason vaikutus värinmuutoksiin, kun puu on täysin tuoretta tai tukkina varastoitua, ja kun se on kaadettu talvella tai kesällä.

METLAN puulaboratoriossa tutkimme kuusen ja



Kuva 1. Tutkimusmetsät ja erilaiset kokeet ovat arvokkaita puuraaka-ainetutkimukselle. Niiden avulla pystytään keräämään aineistoa puista, joiden perinnöllinen tausta ja kasvuympäristö tunnetaan mahdollisimman hyvin. Kuvassa Riikka Piispanen ja Matti Rousi vaativassa näytteenotossa kloonikoivukossa. Näytteiden avulla selvitetään puuaineen ravinteiden vuodenaikaisvaihtelu.

männyn raaka-aineominaisuuksien – kuten puuaineen tiheyden, sydänpuun osuuden ja kemiallisen koostumuksen – vaihtelua ja vaihtelun riippuvuutta kasvupaikasta ja varastointioloista. Kuivauskokeen jälkeen selvitetään uuteaineiden koostumuksessa tapahtuneita muutoksia ja niiden osuutta värinmuutoksiin. Tutkittavia uuteaineryhmiä ovat sokerit, rasvat ja hartsihapot. Liukoisten sokerien korkea pitoisuus pintapuussa saattaa olla syynä ruskean värin syntyyn kuivauksen aikana. Pitkän kasteluvastoinnin aikana pintapuu ei sinisty, mutta siinä olevat uuteaineet saattavat reagoida keskenään, mikä seurauksena etenkin pintapuu kellastuu voimakkaasti kuivauksessa.



Kuva 2. Metlan puulaboratoriossa on käytössä kuvantulkintalaitteistot, joiden avulla puun rakenteen tutkiminen on mahdollista käyttämällä hyväksi uusimpia ohjelmasovelluksia. Riikka Piispanen tarkastelee männyn poikittaisleikkeestä kuitujen läpimittaa ja seinämän paksuutta. Laitteiston avulla voidaan mitata helposti mm. solujen pituutta, muotoa ja eri solutyypin osuuksia. Vaativin työvaihe on mikroskooppileikkeen valmistaminen.

Toisessa hankekokonaisuudessa tutkimme koivun uuteaineiden koostumusta ja sen vaihtelua rungon eri osissa sekä eri vuodenaikoina. Lehtipuilla erot esim. lepo- ja kasvukauden aikana voivat olla suurempia kuin havupuilla. Tavoitteenamme on selvittää värinmuutosten kemia, miten puun uuteaineet mahdollisesti vaikuttavat värinmuutosten syntyyn kuivauksen aikana.

Tulokset auttavat ohjaamaan raaka-aineen oikeaan käyttökohteeseensa ja maksimoimaan saatava taloudellinen tulos. Erityisen tärkeää tämä on korkealaatuisen ja -hintaisten puusepäntavaran kohdalla. Raaka-aineen tuottaja voi valita asiakkaansa tarpeiden mukaisen puun kaato-varastointi-kuivauks-yhdistelmän.

Puun kuidut

Toinen kirjoittajan koordinoima hanke ”Metsien käsittelyn vaikutus puuaineen ominaisuuksiin” kes-

kittyy tutkimaan kasvuympäristön (ravinteiden saatavuus, valon määrä, veden saanti) vaikutuksia hiilen allokaatioon sekä puuaineen ominaisuuksiin ja laatuun. Tutkittavina ovat kuusi, mänty ja rauduskoivu. Tutkimuksissa hyödynnetään Metsäntutkimuslaitoksen Suomenjoen tutkimusasemalla (Elina Vapaavuori) ja Ruotsissa Flakalidenissä (yhteistyökumppanina Sune Linder, SLU, Upsala) käynnissä olevia kenttäkokeita. Yksityiskohtaisemmin ravinteiden saatavuuden vaikutuksia allokaatioon tutkitaan havupuun taimilla nesteviljelmissä, jotka mahdollistavat allokaation tarkastelun taimen eri osien välillä.

Rauduskoivututkimuksessa aineistona on 15 rauduskoivualkuperää käsittävä kenttäkoe. Kokeessa tutkitaan ravinnepäätelyn ja eri lehtivaurioitustasojen vaikutuksia kasvun jakautumiseen eri kasvinosien välillä sekä käsittelyjen vaikutuksia puuaineen ominaisuuksiin.

Kuusitutkimuksissa keskeisenä tutkimusaineistona on Flakalidenissä käynnissä oleva koe, jossa 30-



Kuva 3. Työ voi olla alussa hauskaa ja kiinnostavaa, mutta riittävän tiedon keräämiseksi tarvitaan tuhansia näytteitä ja into saattaa laantua loppua kohden. Tanja Suni mittaa polarisaatiomikroskoopin avulla selluloosan suuntautumista kuituseinämässä.

vuotiaille puille on annettu erilaisia lannoitus- ja kastelukäsittelyitä. Tutkimusaineistosta määritetään käsittelyjen vaikutukset puuaineen laatuun. Koealalta kerätystä siemenestä kasvatetaan 1-vuotisia taimia, joilla toteutetaan toisen kasvukauden aikana allokaatiotutkimus. Tässä työssä tutkitaan yksityiskohtaisemmin kasvukauden aikaista hiilen ja kautumista taimen sisällä.

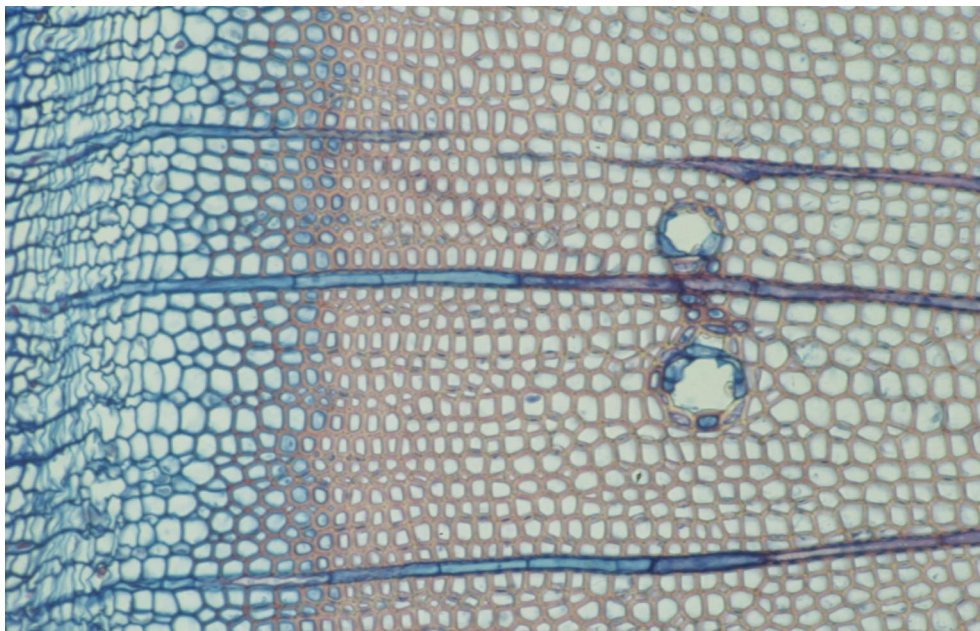
Metlan puulaboratoriossa Vantaalla keskitymme tutkimaan lähinnä sellun ja paperin valmistuksen kannalta tärkeitä puun ominaisuuksia, kuten kevät-kesäpuosuhdetta, puusyiden ja putkiloiden lukumääriä, kuitujen (puusyiden, trakeidien) pituutta, läpimittaa, seinämän paksuutta ja mikrofibrillikulmaa. Nämä ominaisuudet muuttuvat puun ytimestä pintaan ja tyveltä latvaan, mutta muutoksen nopeus on erilainen eri kasvuoloissa. Puulaboraatoriossa selvitetään myös uuteaineiden määrän ja koostumuksen vaihtelua erilaisissa ympäristöissä kasvaneissa puissa. Aineistoja on tarkoitus edelleen hyödyntää KCL:n jalostusprosessitutkimuksissa. Erilaiset paperituotteet edellyttävät kuiduilta tietynlaisia omi-

naisuuksia ja tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten metsänkasvatuksen keinoin voidaan vaikuttaa puuraaka-aineen ominaisuuksiin solutasolla.

Hankkeessa saatavaa empiiristä aineistoa käytetään kasvumallitutkimuksissa (Heli Peltola, JOY). Tavoitteena on mallintaa miten puiden geneettiset ominaisuudet ja metsänhoito tulisi yhdistää erilaisilla kasvupaikoilla, jotta saataisiin aikaan puunetta, jolla on tietynlaiset tekniset ominaisuudet.

Selluloosaa ja ligniiniä

Yhteishankkeessa Helsingin yliopiston biotieteiden laitoksen ja Metlan kanssa menemme vielä syvemälle puuaineeseen ja soluseinän erilaistumisen loppuvaiheeseen, puutumiseen. Yhteishanketta ”Peroksidaasi-isoentsyymien tehtävä ligniinin biosynteesissä: Lokalisaatio ja toiminta havu- ja lehtipuissa” koordinoi Kurt Fagerstedt Helsingin yliopistosta ja muina vastuullisina tutkijoina ovat Taina Lundel (HY) ja kirjoittaja.



Kuva 4. Mikroskooppikuva ohutleikkeestä kuusen jälsivvyöhykkeestä. Punaiseksi värjäytynyt solukko on erilaistunutta puuta eli ksyleemiä. Sen solujen seinämä on puutunut eli lignifikoitunut. Sinisen vyöhykkeen uloin osa on elävää nilaa ja jälttä. Välissä olevassa vyöhykkeessä erilaistuvat ksyleemin solut puutuvat ja punainen väri ilmaantuu ensiksi solukulmiin. Selluloosa on värjätty Alcianin sinellä siniseksi ja lignifikoitunut solukko Safraniinilla punaiseksi. Valokuvat P. Saranpää.

Peroksidaasi-isoentsyymien oletetaan toimivan soluseinässä solukelmuksen ulkopuolella ja katalysoidaan ligniinipolymeerin muodostumista. Puussa, kuten kasveissa yleensäkin, on monia peroksidaasi-isoentsyymejä eli saman entsyymien eri muotoja, joista lähinnä emäksisten peroksidaasien oletetaan osallistuvan ligniinin biosynteesiin. Männyn uloimasta pintapuusta on löytynyt toistakymmentä peroksidaasi-isoentsyymiä. Ligniinin hajoitusta entsyymien avulla on tutkittu runsaasti, mutta sen biosynteesi on jäänyt paljon vähemmälle huomiolle. Rajoittavana tekijänä on puumateriaali: proteiinien uutto ja puhdistus on työlästä. Biosynteesin tuntemus on kuitenkin olennaista biotekniikan sovellusten kehittämisen kannalta.

Tutkimuksessamme on tarkoitus selvittää peroksidaasi-isoentsyymien rakennetta ja toimintaa havu- ja lehtipuun ligniinin biosynteesissä. Materiaalina käytetään mäntyä, kuusta ja koivua. Tutkimustuloksia on tarkoitus hyödyntää työssä, jossa pyritään

geneettisesti muuttamaan puun sisältämän ligniinin määrää ja laatua. Mikäli ligniinin määrää saadaan vähennettyä, paperimassan keitto- ja valkaisutarve vähenee huomattavasti. Toisaalta taas ligniinin määrä vaikuttaa oleellisesti puutavaran kovuuteen, joten sahatavaran ligniinin korkea määrä on eduksi. Ligniinin määrä ja laatu vaikuttavat myös puutavaran väriin, joka on keskeinen laatutekijä.

Työ jakautuu useisiin osiin, joissa tutkitaan mm. ko. entsyymien tunnistamista ja aktiivisuustason määrittystä puuaineesta eri vuodenaikoina ja erityisesti kasvukauden aikana ja sen loppupuolella, jolloin lignifikaatio on nopeimmillaan. Entsyymi pyritään paikantamaan (immunolokalisatio) puussa mikrotomileikkeistä valo- ja elektronimikroskopian menetelmien avulla.

■ FT Pekka Saranpää toimii erikoistutkijana Metlan Vantaan tutkimuskeskuksessa.