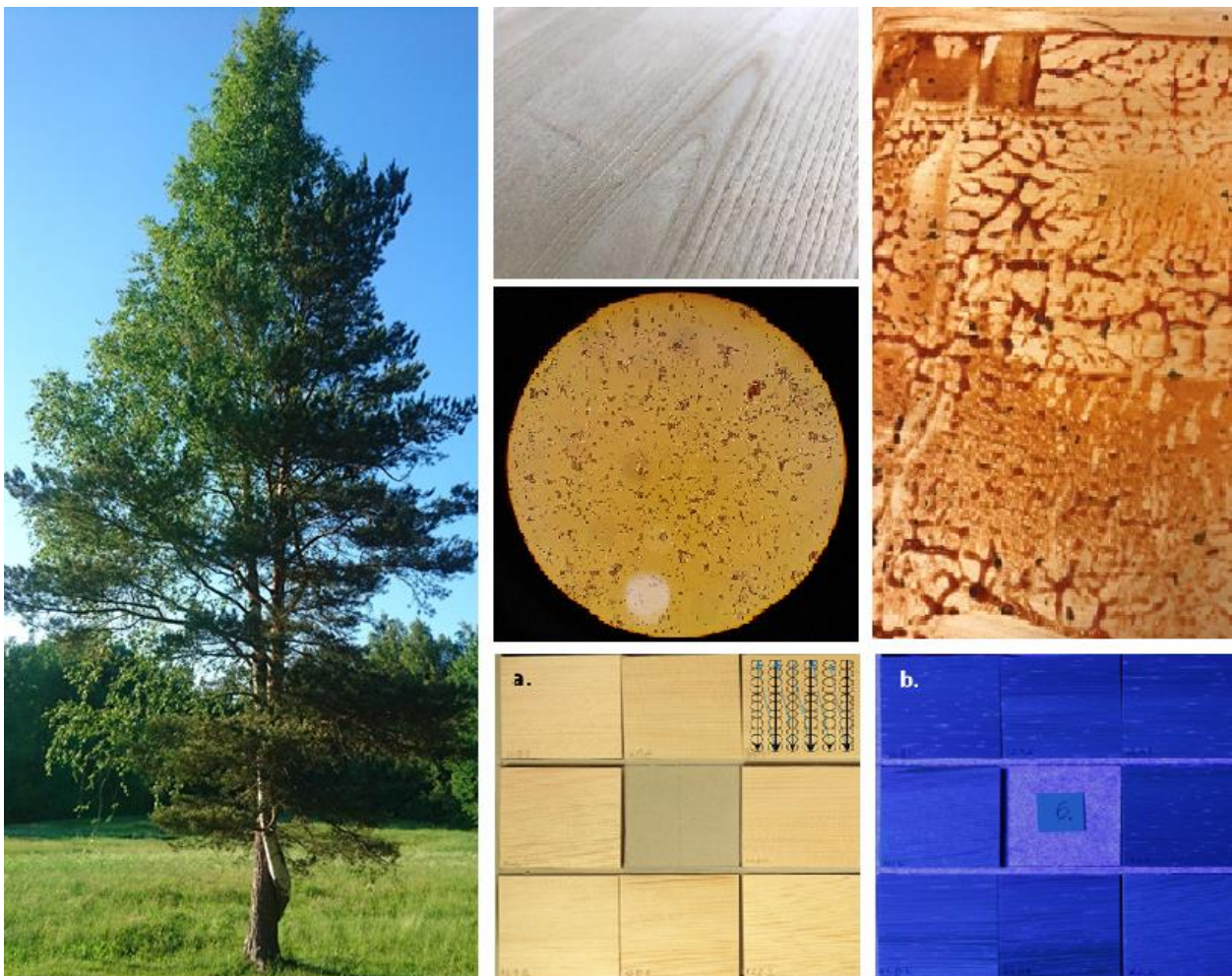


LOPPURAPORTTI

Puhdas Puu- hanke

248/13.01.00/2019



Olli Paajanen (Xamk), Anti Rohumaa (Xamk), Juha Takkunen (Ramboll), Anni Harju (Luke), Martti Venäläinen (Luke), Julia Seppä (UEF), Pertti Pasanen (UEF), Tiina Vainio-Kaila (VTT)

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	3
2	Hankkeen tausta ja tavoitteet	3
3	Hankkeen osapuolet ja menetelmät	4
3.1	Materiaalin hankinta, valinta ja valmistelu (TP1)	4
3.1.1	Materiaalien hankinta	4
3.1.2	Koekappaleiden valmistus mikrobiologisiin kokeisiin ja fluoresenssimittauksiin	5
3.1.3	Koekappaleiden valmistus puhdistettavuustutkimuksiin.....	7
3.1.4	Pintakäsittelyt.....	7
3.2	Mikrobiologisten kokeiden koejärjestelyt (TP2)	8
3.3	Puupinnan puhdistettavuuden tutkimusmenetelmät (TP3)	10
3.3.1	Tutkittavat materiaalit ja tutkimusolosuhteet	10
3.3.2	Pintojen puhdistusmenetelmät ja likaaminen	11
3.3.3	Orgaanisen lian määrän mittaus	14
3.3.4	Mikrobiologiset mittaukset	15
3.4	Fluoresenssimenetelmä (TP 4)	15
3.5	Koordinointi ja raportointi (TP 5)	17
4	Hankkeen tulokset.....	18
4.1	Materiaalit (TP1).....	18
4.2	Mikrobiologisten kokeiden tulokset (TP2)	18
4.2.1	Männyn sydänpuun viljelytulokset	18
4.2.2	Pinnoittamattomat ja pinnoitetut pinnat.....	20
4.3	Puhdistettavuustutkimuksen tulokset (TP 3)	22
4.3.1	Lähtötasomittaukset	22
4.3.2	Mittaus ensimmäisen likaamisen jälkeen	23
4.3.3	Orgaanisen lian määrän kehitys tutkimusjaksolla	24
4.3.4	Mikrobien määrän kehitys tutkimusjaksolla	26
4.3.5	Orgaanisen lian ja mikrobipesäkkeiden suhteet näytekappaleissa.....	27
4.3.6	Yhteenveto	32
4.4	Fluoresenssimittausten tulokset (TP 4)	33
4.5	Koordinointi ja raportointi (TP 5)	36
4.5.1	Koordinointi ja aikataulu	36
4.5.2	Raportointi.....	36
5	Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	36
6	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	37

7	Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	37
8	Talousraportti	38
9	Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	38
10	Johtopäätökset	38
11	Viitteet	40

1 Tiivistelmä

PuPu-hankkeessa tutkittiin puun antibakteerisuutta ja puhdistettavuutta, sekä fluoresenssimenetelmän käyttöä männyn sydänpuun analysoinnissa. Pinnoittamattomien ja pinnoitettujen pintojen ominaisuudet erosivat toisistaan sekä antibakteerisilta ominaisuuksiltaan, että puhdistettavuudeltaan. Männyn, kuusen ja koivun pinnoittamattomilta pinnoilta löytyi vähemmän elinkykyisiä bakteereita kuin pinnoitetuilta puupinnoilta tai verrokkipintana käytetyltä lasipinnalta, sekä antibakteerisuutta tarkastelevissa kokeissa, että pinnan puhdistettavuutta tutkittaessa. Eri pinnoitteiden välillä ei havaittu selviä eroja. Pinnoitetut pinnat olivat helpompia puhdistaa ja niistä saatiin kaikki testilikana käytetyn pastakastikkeen jäljet poistettua. Pinnoittamattomilta puupinnoilta löytyi enemmän orgaanista likaa kokeen eri vaiheissa, siitäkin huolimatta, että bakteeripitoisuudet olivat matalammat kuin pinnoitetuilla pinnoilla.

Fluoresenssimenetelmä soveltui hyvin männyn sydänpuupintojen mittaamiseen ja näytteitä saatiin sekä korkean fluoresenssin ryhmästä, että matalan fluoresenssin ryhmästä. Bakteeriviljelyissä ryhmien välillä ei näissä kokeissa näkynyt eroa.

2 Hankkeen tausta ja tavoitteet

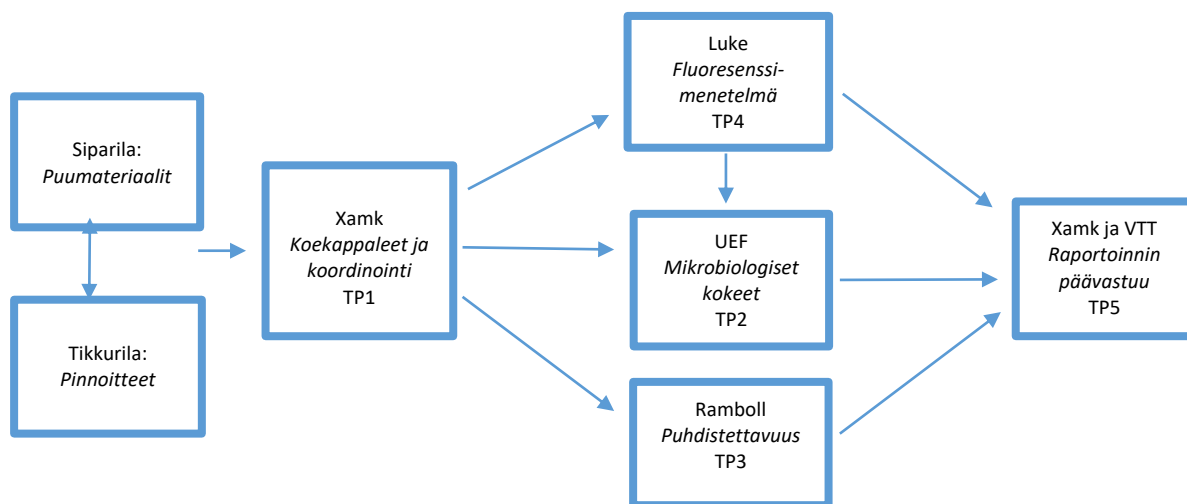
Mikä on pinnoitteiden vaikutus puun antibakteerisuuteen? Tämä kysymys esitetään aina, kun puun antibakteerisuudesta keskustellaan teollisuuden edustajien kanssa. Puuta pinnoitetaan maaleilla, lakoilla sekä vahoilla ja on todennäköistä, että näillä on isojakin eroja siinä, säilyttävätkö ne puun antibakteeriset ominaisuudet vai eivät. Samoin pintojen puhdistettavuuteen vaikuttaa pintakäsittelyyn käytetty aine. Kajaaniin rakennettavaan sairaalaan liittyen puunkäyttöä sisustuksessa pohdittiin, mutta epävarmuus puun hygieenisistä vaikutuksista käytännössä esti puun käytön esimerkiksi seinissä (<https://yle.fi/uutiset/3-10353590>).

Puhdas Puu – hankkeessa tutkittiin pinnoittamattoman ja pinnoitetun puupinnan hygieenisia ominaisuuksia. Useat taudit leviävät myös pintojen välityksellä (Dancer, 2008), jolloin niiden ominaisuuksilla ja puhdistettavuudella on merkitystä. Puumateriaalin huokoisuuden vuoksi puisia pintoja pidetään vaikeasti puhdistettavina. Pinnan huokoisuuteen vaikuttavat materiaalin lisäksi pinnan muoto ja mahdollinen pinnoite. Puhdas Puu – hankkeessa tutkittiin puumateriaalin ja pinnoitteiden vaikutusta pinnan hygieenisiin ominaisuuksiin, joita ovat puhdistettavuus ja antibakteerisuus, eli bakteereiden nopeampi kuolema verrattuna epäaktiiviseen pintaan. Männyn ja kuusen antibakteerisia ominaisuuksia on tutkittu aiemmin (mm. Milling et al., 2005; Vainio-Kaila et al., 2013), mutta koivun antibakteerisista ominaisuuksista on vain hyvin vähän tutkittua tietoa (Ak et al., 1994). Koska koivuakin käytetään sisäpinnoissa ja kalusteissa, tutkittiin hankkeessa rinnakkain mäntyä, koivua ja kuusta. Uuteaineet ovat osoittautuneet antibakteerisiksi (Vainio-Kaila et al., 2015) ja niistä erikseen on todettu antibakteerisiksi ainakin hartsihapot (Himejima et al., 1992; Söderberg et al., 1990) ja pinosylviinit (Plumed-Ferrer et al., 2013; Välimaa et al., 2007). Hartsihappojen ja pinosylviinien määrässä on myös havaittu korrelaatiota (Venäläinen et al., 2003), jolloin pinosylviinien analysoinnilla voitaisiin saada tietoa muidenkin uuteaineiden mahdollisista tasoista. Pinosylviinien mittaamiseen on olemassa nopea ja edullinen menetelmä optisella mittausräjästöllä, jota tässä projektissa testattiin. Jos antibakteerisuutta voitaisiin arvioida pinosylviinien määrää mittaamalla, se mahdollistaisi puukappaleiden ominaisuuksien tarkemman määrittämisen ilman työläitä mikrobiologisia kokeita. Pintojen puhdistettavuutta on tutkittu ja pinnoittamisen on todettu parantavan esimerkiksi betonipinnan puhdistettavuutta (Kymäläinen et al., 2008), mutta puupinnan puhdistettavuudesta on hyvin vähän tutkittua tietoa.

Tieteellinen tutkimus vaikuttaa myös yleisiin asenteisiin ja mielipiteisiin. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli myös muuttaa käsityksiä puusta vaikeasti puhdistettavana ja epähygieenisenä materiaalina. Puu on ympäristön kannalta erinomainen materiaali ja sen vaikutukset rakennuksen hiilivarastona ja terveyttä edistävänä antibakteerisena materiaalina tukevat toisiaan.

3 Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Puhdas Puu - hanke tehdään yhteistyössä usean eri toimijan kesken. Hankkeen kulku on esitelty alla (Kuva 1). Hankkeen varsinaisten osapuolten lisäksi Siparila Oy ja Tikkurila Oy osallistuivat koekappaleiden valmistukseen ja toimivat pinnoitteiden asiantuntija-apuna. Koekappaleiden materiaalin ja pinnoitteiden valinta tehtiin kaikkien osapuolten yhteistyössä. Xamk vastasi materiaalien hankinnasta ja koekappaleiden valmistuksesta. Lukella männyn sydänpuu koekappaleet analysoitiin fluoresenssimenetelmällä, jonka jälkeen ne lähetettiin UEF:lle mikrobiologisiin kokeisiin. Muut materiaalit lähetettiin suoraan UEF:lle ja Rambollille puhdistettavuus kokeisiin. Lopuksi raportit eri osista lähetettiin Xamkille, joka VTT:n kanssa (alihankkija) koosti yhtenäisen raportin ja valmisteli aiheeseen liittyvän koulutusmateriaalin. Projektin aikana Xamk myös vastasi yhteydenpidosta osapuolten kesken ja vastasi projektin etenemisestä aikataulussa.



Kuva 1. Puhdas Puu - hankkeen konsortio ja osapuolten keskeiset tehtävät työpaketeissa

3.1 Materiaalin hankinta, valinta ja valmistelu (TP1)

3.1.1 Materiaalien hankinta

Tutkimushankkeessa käytetyt koemateriaalit hankittiin ja valmistettiin koekappaleiksi keskitetysti. Nämä toimenpiteet muodostivat työpaketin 1 (TP1), josta vastasi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (XAMK). Toimenpiteet tehtiin tiiviissä yhteistyössä muiden projektin osallistujien kanssa. Sekä Siparila että Tikkurila olivat sitoutuneet projektiin tarjoamalla materiaalin ja näytteiden pintakäsittelyt.

Koemateriaalien valmistusprosessilla on suuri vaikutus kokeiden toteutukseen, joten materiaalivalinnat ja kappaleiden valmistusprosessi pyrittiin suunnittelemaan tarkasti etukäteen. Valmistautumisesta huolimatta jouduttiin myös tekemään harkittuja valintoja prosessin aikana.

Puulajien valinnassa pyrittiin huomioimaan puun antibakteerinen potentiaali, joka jo tunnetaan, sekä sisäpinnoissa normaalisti käytettävät materiaalit. Kokeissa haluttiin tutkia sekä männyn pinta- ja sydänpuuta että koivua ja kuusta pintakäsittelemättömänä. Lisäksi männyn pintapuunäytteille tehtiin

kolme erilaista pintakäsittelyä. Materiaalit haettiin Siparilan tehtaalta Parkanosta marraskuussa 2019. Männyn sydänpuunäytteiden valmistukseen käytetty sydänsahatavara (50 x 200 mm lankku) valittiin tuotantolaitoksen puuvarastosta, joka oli ulkotiloissa oleva avoin, mutta sateelta suojattu varasto. Lankut (12 kpl) olivat peräisin Ha-Sa Oy:n Haapajärven sahalta. Kuormaan kerättiin myös kuusi- ja koivulautoja, sekä männyn pintapuuta (22 x 125 mm). Pintapuulaudat haettiin muista puulajeista poiketen suoraan tuotantolinjan vierestä tehtaan sisätiloista. Muiden puulajien alkuperästä ei ole tarkempaa tietoa.

Materiaalit kuljetettiin Xamkin Puulaboratorioon Mikkeliin koekappaleiden valmistusta varten. Koekappaleet valmistettiin useammassa vaiheessa, koska männyn sydänpuusta valmistetuille koekappaleille piti tehdä Luke:ssa fluoresenssimittaus (TP4) ennen UEF:n mikrobiologisten kokeiden aloitusta (TP2). Seuraavaksi valmistettiin mikrobiologiset koekappaleet koivusta, kuusesta ja männyn pintapuusta. Lopuksi valmistettiin pintakäsitellyt koekappaleet mikrobiologisia kokeita varten sekä puulevyt Rambollin toteuttamiin puhdistettavuusmittauksiin (TP3). Pintakäsitellyt mikrobiologiset koekappaleaihiot sahattiin lopulliseen muotoonsa Mikkeliissä pintakäsittelyjen jälkeen. Monivaiheisen prosessin takia koekappaleet toimitettiin Xamk:sta UEF:lle kolmessa erässä.

Seuraavissa kohdissa käydään läpi eri tutkimusmenetelmissä käytettyjen koekappaleiden valmistusprosessi sekä pintakäsittelyjen toteutus.

3.1.2 Koekappaleiden valmistus mikrobiologisiin kokeisiin ja fluoresenssimittauksiin

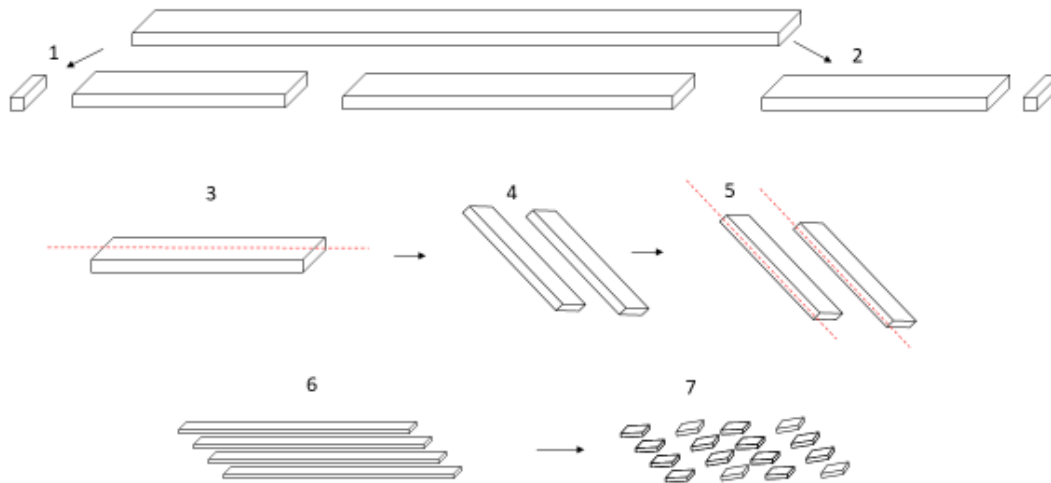
Xamkin Puulaboratoriossa Mikkeliissä tehtiin materiaalien työstöt koekappaleiksi ja kappaleiden lajittelu ja valikointi. Sydänpuunäytteiden valikoinnissa ja lajittelussa olivat mukana Luken tutkijat.



Kuva 2. Koemateriaaliaihioita valmistusprosessin aikana Xamk puulaboratoriossa

Sydänpuunäytteiden valmistus aloitettiin sahaamalla lankun molemmista päistä 10 cm pituinen pätkä talteen poikkileikkausnäytteeksi. Tämän jälkeen sahattiin noin 700 mm pätkät koekappaleaihioiksi (Kuva 2). 700 mm aihio työstettiin edelleen neljäksi 700 x 90 x 15 mm aihioiksi, koska tavoitteena saada tutkittavaksi näytteen lappeeksi säteensuuntainen sahauspinta (Kuva 3). Jokainen lankku merkittiin

omalla numerollaan ja lankuista sahatut neljä aihiota omilla kirjaimillaan (ABCD), joiden avulla voidaan tarvittaessa jälkeenpäin identifioida melko tarkasti kunkin koekappaleen sijainti lankussa.



Kuva 3 Sydänpuukappaleiden sahaus: kappaleista otettiin poikkileikkausnäytteet (1) ja katkaistiin aihiot (2), jotka edelleen halkaistiin sekä lappeen (3-4) että syrjän (5) suunnassa, ennen lopullista höyläystä (6) ja näytepalojen sahausta (7)

Koska tavoitteena oli saada näytteitä männyn sydänpuusta, aihioita tarkasteltiin valaisemalla niitä Luken Punkaharjun toimipisteestä tuodulla voimakkaalla UV-B-säteilylähteellä. Kyseisellä aallonpituudella (n. 313 nm) männyn sydänpuu fluoresoi kirkkaan sinisenä ja erottui selvästi pintapuusta. Sydän- ja pintapuun välinen raja merkittiin aihioihin pehmeällä lyijykynällä. Tarkastelu tehtiin pimeässä tilassa asianmukaisia UV-suojavarusteita käyttäen.

Aihoiden lajittelun jälkeen niistä valittiin sopivimmat sydänpuuta sisältävät kappaleet tarkempien fluoresenssimittauksien raaka-aineiksi. Lajitellut materiaalit työstettiin höyläämällä vähitellen lopulliseen paksuuteen ja leveyteen koekappaleiden merkinnöistä huolehtien. Pituussuunnassa kappaleet sahattiin pieniksi koekappaleiksi välittömästi viimeisen höyläyksen jälkeen. Koekappaleet merkittiin välittömästi perinteisellä lyijykynällä ja pakattiin pienissä erissä minigrip-pusseihin. Kappaleita käsiteltäessä pidettiin kertakäyttöhansikkaita. Lopullinen koekappaleen mitta oli 50 x 50 x 5 mm kaikilla puulajeilla. Männyn sydänpuunäytteet toimitettiin ensin Lukelle tarkempiin UV-mittauksiin ja sieltä edelleen Itä-Suomen yliopistoon.

Männyn pintapuun, kuusen ja koivun työstäminen koekappaleiksi tapahtui samankaltaisella prosessilla, pois lukien sydänpuulajittelu. Aihoiden mitat vaihtelivat, joten kappaleiden sahaus ja höyläys tehtiin soveltaen edellä mainittuja työvaiheita.

Männyn pintapuuta käytettiin myös pintakäsiteltyjen koekappaleiden raaka-aineena. Laudoista valittiin 80 cm mittaisia soiroja, jotka höylättiin edelleen lopulliseen koekappalemittaan 5 x 50 mm. Soiroja ei lyhennetty, vaan viimeinen höyläys tehtiin välittömästi ennen pakkausta. Tikkurilaan koekappaleaihiot kuljetettiin tarkoitusta varten rakennetussa laatikossa ja aihoiden välissä oli selluarkista leikatut suikaleet, joilla kappaleiden tutkittavat pinnat pidettiin erillään toisistaan. Samoista materiaalista tehtiin myös Rambollin puhdistettavuusmittauksien koelevyt.

3.1.3 Koekappaleiden valmistus puhdistettavuustutkimuksiin

Rambollin toteuttamia puhdistettavuustutkimuksia varten valmistettiin sarja levyjä mitoiltaan n. 420 x 450 mm. Levyjä tehtiin 7 kappaletta, yksi kustakin puulajista ja kolme erilaista pintakäsittelyä. Levyjen materiaaleiksi valikoitiin laadukkaita puukappaleita, joiden paksuus vaihteli puulajeittain. Levyt liimattiin viidestä lamellista. Lamellien paksuus oli n. 15...18 mm, mutta lopullisten höyläysten jälkeen koelevyt olivat jonkin verran ohuempia, koska tavoiteltiin siistiä pintaa. Koelevyjä valmistettaessa lamellit liimattiin ensin reunoistaan yhteen pusksaumoin, koska tavoitteena oli tasainen pinta. Pontit tai vastaavat liitoskohdat ovat ongelmallisia tässä kokeessa, jota ei ole varsinaisesti suunniteltu puutuotteille. Koelevyt päädyttiin liimamaan edelleen pohjastaan 22 mm vanerilevyyn, jotta alusta olisi stabiili. Kokeita suunniteltaessa jouduttiin myös huomioimaan, että puhdistettavuustestissä pinnat kastuvat, joka todennäköisesti tulisi aiheuttamaan muodonmuutoksia puussa. Erityisesti tähän vaikuttaa toispuoleinen kastuminen. Koska käytettävissä olevat lamellit olivat melko ohuita, pintojen käyristyminen tulisi ongelmaksi yksinkertaisessa rakenteessa. Tästä syystä käytettiin vaneria, joka puolestaan todennäköisesti myötävaikutti halkeiluun. Erityisesti tämä havaittiin männyn pintapuusta valmistetuissa levyissä. Mahdollinen syy tähän voi olla kyseisten levyjen korkeampi kosteus liimaushetkellä. Vaikka materiaaleja oli säilytetty samoissa tiloissa pidempään, niiden kosteus voi poiketa muista materiaaleista, koska männyn pintapuu oli Siparilan tuotantolinjalta, ei varastosta. Tämän vaikutusta ei levyjen valmistushetkellä erityisesti huomioitu, aikataulut määrittivät työjärjestyksen koekappaleiden valmistuksessa. Männyn pintapuu myös elää voimakkaammin kuin sydänpuu kosteusmuutoksissa. Männyn pintapuusta valmistetuista 5 mm paksuista koekappaleaihioista havaittiin jännityksistä aiheutuvaa halkeilua valmistusprosessin aikana. Materiaalissa oli siis jännityksiä. Kosteuden hallinnasta on lisäksi huomioitava, että Puulaboratorion työsali on varustettu kostutuslaitteistolla, jonka avulla saadaan nostettua tilan kosteutta jonkin verran (30%) kuivasta vuodenajasta huolimatta. Kappaleet myös työstiin eri kokoisista aihioista useassa vaiheessa eri ajankohtina, joten vaikka kappaleet sinänsä säilytettiin samoissa tiloissa, työskentelytilan olosuhteilla voi olla vaikutusta kappaleiden kosteustilaan ja tasaantumiseen.

Levyjen liimauksessa käytettiin D4 luokan PVAC-liimaa (Kiilto Kestokol). Liiman mukana tulee myös kosteutta rakenteeseen, koska ohjeellinen levitysmäärä on melko suuri, 150...250 g/m² ja liimassa on noin 50 % vettä.

Kosteus vaikuttaa puun ominaisuuksiin ja elämiseen. Tässä tutkimuksessa on useita muuttujia jotka vaikuttavat kosteuteen: koemateriaalien säilytys ja tasaantuminen Siparilalla (ulkovarasto ja sisätila, materiaalien historia erilainen), materiaalien säilytys Xamk:ssa (ilmankosteus, materiaalien halkominen eri vaiheissa), liima ja pintakäsittelyaineet sekä kappaleiden säilytys ja käsittely Rambollilla ja UEF:lla.

Kosteuden hallinta oli todennäköisesti suurin tekijä, johon prosessilla oli vaikutusta kokeiden aikana. Materiaaliin alkuperään ei pystytty vaikuttamaan, mutta materiaalista valitut kappaleet olivat hyvälaatuisia ja työtapaa hallittu ja dokumentoitu. Myös kappaleiden käsittelyssä huomioitiin kontaminaatoriski.

3.1.4 Pintakäsittelyt

Pintakäsittelyaineet valittiin teollisuuden edustajien, Siparilan ja Tikkurilan, sekä tutkimusryhmän yhteistyönä. Pinnoitteiksi valikoituivat:

- Vahapinnoite Akviwax Satin, levitysmäärä 65-70 g/ g/m²
- Lakka Akvilac FD-J 10), kiilto 10, levitysmäärä 2 x 100 g/m², välihionta kerrosten välissä

- Akvidur Primer levitysmäärä 100 g/m², välihiointa + Argentum 20, levitysmäärä 100 g/m²

Maalin tyypiksi valittiin antibakteerinen maali keskustelujen jälkeen, koska sitä pidettiin itsessään mielenkiintoisena projektin tavoitteiden kannalta ja toisaalta arvioitiin että muilla pintakäsittelyaineilla todennettaisiin peittävän pintakäsittelyaineen vaikutus. Akvidur Primer valittiin pohjamaaliksi, jotta saadaan aikaiseksi mahdollisimman tiivis maalausyhdistelmä estämään puun vaikutus antibakteerisuuteen. Akvidur Primer on vesiohenteinen kaksikomponenttinen polyuretaanimaali, joka estää tehokkaasti puun ainesosien kulkeutumisen maalipintaan. Tästä syystä se valittiin pohjamaaliksi Argentin kanssa, vaikka yhdistelmä ei olekaan yleisesti teollisuudessa käytössä.

Pintakäsittelyaineiden lisäaineiden, mm. säilöntäaineiden vaikutuksesta koetuloksiin keskusteltiin Tikkurilan kanssa. Todettiin että niillä voi olla vaikutusta pintakäsittelyjen antibakteerisiin ominaisuuksiin, mutta koska projektissa tutkitaan teollisen pintakäsittelyn vaikutusta, ne ovat osa kokonaisuutta. Lisäaineita tarvitaan mm. pintakäsittelyaineiden säilyvyyden parantamiseksi.

Pintakäsittelyt tehtiin Tikkurilan tuotekehityslaboratoriossa teollisin menetelmin, joten levitysmäärät olivat tasaiset ja laatu hallinnassa. Pintakäsittelyt tehtiin yhden päivän aikana. Kappaleet oli höylätty ja pakattu edellisenä päivänä Xamk:n Puupolilla. Tikkurilan henkilökunta teki pintakäsittelyt. Pintakäsittelyaineet levitettiin ruiskulla ja kappaleet kuivatettiin nopeasti pintakäsittelyuunissa. Lakkapinta välihiottiin ennen toista levityskerrosta. Prosessi sujui täysin ilman ongelmia ja kappaleiden käsittelyssä noudatettiin varovaisuutta ja suurta hygieniaa erityisesti pintakäsittelyjen jälkeen. Rambollin koelevyt (TP3) suojattiin muovilla ennen kuljetusta. Mikrobiologisiin testeihin (TP2) menevät aihiot piti vielä sahata koekappaleiksi, joten ne asetettiin kuljetuslaatikkoon odottamaan seuraavaa työvaihetta. Pintakäsittelyt kappaleet kuljetettiin Mikkeliin ja sahattiin muutaman päivän kuluttua Puupolilla samaan tapaan kuin käsittelemättömät aihiot. Koekappaleet merkittiin lyijykynällä ja pakattiin pienissä erissä minigrip-pusseihin ja toimitettiin Itä-Suomen yliopistoon.

3.2 Mikrobiologisten kokeiden koejärjestelyt (TP2)

Mikrobiologiset kokeet tehtiin Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden laboratoriossa Kuopiossa. Maisterivaiheen opiskelija Julia Seppä teki kokeet osana Pro gradu työtään. Pro gradu tullaan julkaisemaan UEF:n sivuilla.

Tavoitteena oli tutkia männyn pinta- ja sydänpuun, kuusen ja koivun mahdollisia antibakteerisia ominaisuuksia. Tutkimuksessa selvitettiin myös pinnoitteiden vaikutusta männyn pintapuun antibakteerisuuteen. Kontrollimateriaalina käytettiin inaktiivista lasipintaa. Kokeellisen osan laboratoriotyöt toteutettiin Itä-Suomen yliopiston Kuopion kampuksella, sisäympäristön ja työhygienian tutkimusryhmän laboratoriossa tammi-maaliskuussa ja toukokuussa vuonna 2020. Koronaviruksen (Covid-19) leviämistä estävien toimien takia tutkimus jouduttiin keskeyttämään maaliskuussa, jonka takia aineisto jäi suunniteltua pienemmäksi. Tarkoituksena oli määrittää molempien bakteerien elinkykyisyys kahdella eri menetelmällä. *S. epidermidis* -bakteerin elinkykyisyys ehdittiin määrittää suunnitellusti sekä Petrifilm- että pintaviljelymenetelmällä, mutta *Bacillus aerius/licheniformis* -bakteerin elinkykyisyys määritettiin aikataulullisista syistä vain Petrifilm -menetelmällä.

Tutkittavat puumateriaalit olivat männyn pintapuu, männyn sydänpuu, kuusen pintapuu ja koivu. Koekappaleet olivat 50×50×5 mm kokoisia ja niitä säilytettiin huoneenlämmössä uudelleen suljettavissa muovipusseissa. Männyn sydänpuukappaleista oli mitattu fluoresenssit, joiden mukaan

koekappaleet oli luokiteltu matalan ja korkean fluoresenssin ryhmiin. (Alle 12 000 fluoresenssiarvon palat luokiteltiin matalan stilbeenipitoisuuden koekappaleiksi ja yli 12 000 fluoresenssiarvon korkean stilbeenipitoisuuden koekappaleiksi.) Männyn pinnoittamattoman pintapuun lisäksi tutkimuksessa oli mukana vaha-, lakka- ja maalipinnoitettuja männyn pintapuukappaleita.

Tutkimuksessa puupinnat kontaminoitiin ilmakontaminaatiolle tyypillisellä tavalla koekammioon luodun bakteeriaerosolin avulla. Tutkimuksen koejärjestelyllä pyrittiin mallintamaan tavanomaisia sisäympäristön olosuhteita. Tutkimuksessa käytetyt bakteerit olivat *Staphylococcus epidermidis* ja *Bacillus aerius/licheniformis*, jotka ovat gram-positiivisia bakteereita. *Bacillus aerius/licheniformis* on itiöivä bakteeri. Tutkimuksessa käytetyt bakteerit eivät olleet patogeeneja. *Staphylococcus epidermidis* on ihon yleinen gram-positiivinen bakteeri ja *Bacillus aerius/licheniformis* on itiöivä gram-positiivinen maaperän bakteeri. Kyseiset bakteerit ovat fakultatiivisesti anaerobisia. Bacillus bakteerit ovat muodoltaan sauvamaisia bakteereita ja Staphylokokit pyöreitä kokkeja. Puset koekappaleet ja kontrollimateriaalina toimivat lasipalat asetettiin vetokaapissa olevaan teräksiseen kammioon (Kuva 4) satunnaisessa järjestyksessä. Kammion pituus oli 1050 mm, leveys 200 mm ja korkeus 150 mm. Koekappaleet olivat teräksisen levyn päällä, 50 mm korkeudella pohjasta. Laimennettu bakteerisuspensio kaadettiin Collison nebulizeriin (BGI Inc.), jossa suspensio muunnettiin suodatetun paineilman avulla bakteeriaerosoliksi, joka johdettiin kammioon. Paineilma suodatettiin öljynerotussuodattimen ja hiukkassuodattimen läpi. Ilmavirta säädettiin rotametrin avulla 6 l/min ja bakteeriaerosolia generoitiin tunnin ajan. Tunnin kuluttua ilmavirta käännettiin pois ja koekappaleiden annettiin olla puoli tuntia ilman ilmavirtaa, jotta bakteeriaerosoli ehti laskeutua.

Bakteerien elinkykyisyys määritettiin 0 h, 2 h, 4 h ja 24 h aikapisteissä. Jokaisessa generoinnissa oli kaksi rinnakkaista koekappaletta jokaisesta materiaalista kaikissa aikapisteissä. Generoinnit toistettiin kolme kertaa. Männyn sydänpuu koekappaleista näytteet otettiin 0 h, 2 h ja 24 h aikapisteissä koekappaleiden pienemmän määrän takia.



Kuva 4 Koejärjestely pintojen kontaminointia varten

3.3 Puupinnan puhdistettavuuden tutkimusmenetelmät (TP3)

Puupinnan puhdistettavuutta tutkittiin Rambollin laboratoriossa Jyväskylässä.

3.3.1 Tutkittavat materiaalit ja tutkimusolosuhteet

Puhdistuvuuden osalta tutkimus toteutettiin 24.1.-24.3.2020 altistamalla koekappaleet normaalille työskentely-ympäristölle sekä puhdistamalla ja likaamalla näitä säännöllisesti. Likaamisen yhteydessä selvitettiin pinnoilta sekä orgaanisen lian, että mikrobien määrä ennen likaamista sekä likaamisen jälkeen.

Levyjen saavuttua 24.1.2020 suoritettiin niille sekä verrokipinnalle käyttöönottopuhdistus mikrokuituliinalla pyyhkimällä, joka oli kostutettu 25 ml 1,0 % heikosti emäksistä pesuaineliuosta. Jokainen levy pyyhittiin erikseen puhtaalla pyyhkeellä.



Kuva 5 Näytekappaleet säilytyksessä normaalissa toimistoympäristössä

Koekappaleita oli aikomus säilyttää toimistohuoneessa, jossa työskenteli neljä henkilöä (Kuva 5). Tarkoituksena oli, että koekappaleet altistuvat normaalille työskentely-ympäristölle, mutta eivät kontaminoidu kosketuksesta. Kappaleita ei käsitelty tai kosketeltu tutkimusjaksolla ilman käsineitä. Koekappaleet jouduttiin siirtämään hiljaiseen tilaan 29.1.2020 hajuhaitan vuoksi.

Jotta pintojen puhdistaminen ja likaaminen olisi mahdollista, koekappaleet oli tehty liimaamalla puukappaleet vaneripohjalle. Todennäköisesti tästä syystä osa koekappaleista halkeili pian saapumisen jälkeen (Kuva 6).



Kuva 6. Erityisesti pintakäsitelty mäntylevyt halkeilivat, kuvassa männyn vahalla käsitelty näyte kuvattuna 11.2.2020 ennen likaamista (kuva Juha Takkunen)

3.3.2 Pintojen puhdistusmenetelmät ja likaaminen

Kaikkien koekappaleiden osalta noudatettiin samanlaista ylläpitopuhdistusta. Ennen kokeiden aloittamista levyjä puhdistettiin kahden viikon jakson ajan kosteapyyhkimällä ne kolme kertaa viikossa. Pyyhintä suoritettiin kuten normaalin tasopinnan puhdistus pyyhkimällä pinta mikrokuituisella pyyhkeellä. Ylläpitosiivouksessa käytettiin GreenTex – Light mikrokuitupyyhettä (kuitu 100 Denier/72 F, 190 g/m²). Ylläpitopuhdistusta jatkettiin kolme kertaa viikossa taajuudella koko tutkimusjakson ajan. Ylläpitopuhdistustaulukko on esitetty liitteessä 1.

Ennen puhdistusta pyyhe nihkeytettiin puhtaassa muovipussissa kostuttamalla pyyhe 20 millilitralla pesuaineliuosta ja antamalla kosteuden tasoittua liinassa noin 30 minuutin ajan suljetussa muovipussissa. Pesuaineena käytettiin Kemvit Oy:n KW yleispuhdistusainetta, jota annosteltiin tuotteen käyttöohjeen mukaisesti 0,2 ml / 100 ml vettä. Käyttöliuoksen pH on tuolloin noin 7,5.

Jokaisen käytön jälkeen kaikki mikrokuitupyyhkeet pestiin koneellisesti aina samalla pesukoneella ja kuivattiin samassa tilassa. Pesukoneena toimi Miele Professional PW5065 ja pesuohjelmana käytettiin 95 asteen valko-/kirjopesuohjelmaa. Pyyhkeiden pesuun käytettiin Omo sensitive-pyykinpesunestettä.

Koekappaleet altistettiin tutkimusjaksolla orgaaniselle lialle yhteensä viisi kertaa 11.2., 18.2., 2.3., 10.3. ja 16.3.2020. Lika haluttiin standardisoida ja siksi likaamiseen käytettiin joka kerta teollisesti valmistettua, saman erän tomaattipohjaista, mahdollisimman homogeenista pastakastiketta. Jokainen pinta liattiin noin 50 grammalla pastakastiketta, joka levitettiin pinnalle mahdollisimman tasaiseksi kerrokseksi lasilevyn avulla (Kuva 7).



Kuva 7 Pastakastikkeella liattu puupinta (valokuva Juha Takkunen)

Lian osalta haluttiin mallintaa oikeaa tilannetta, jossa tutkittava pinta altistuu orgaanista alkuperää olevalle tahralle. Tahrannettiin vaikuttaa pinnalla 30 minuuttia ennen puhdistuksen aloittamista.

Likaiset näytekappaleet puhdistettiin keräämällä suurin osa liasta pois ensin ikkunakuivaimella. Tämän jälkeen pinta pyyhittiin kertakäyttöisellä siivouspyyhkeellä (Velimark / Monikäyttöpyyhke Zebra, viskoosi-polyesterisekoite, Kuva 8). Pyyhkeet valmisteltiin kostuttamalla 8 pyyhettä 100 ml pesuaineliuosta ja antamalla kosteuden imeytyä pyyhkeisiin noin 30 minuutin ajan suljetussa muovipussissa. Ensimmäisellä puhdistuskerralla todettiin, ettei tämä tee pyyhkeistä riittävän kosteita ja käytettävään pyyhkeeseen lisättiin annosteluruiskulla vielä 5 ml pesuaineliuosta juuri ennen puhdistuksen aloittamista. Kun pinnalta oli saatu suurin osa tahrasta pois, viimeisteltiin puhdistus vielä mikrokuituliinalla, joka oli kostutettu kuten ylläpitopuhdistuksesta.



Kuva 8 Kertakäyttöiset pyyhkeet tahrannamiseen (kuva www.velimark.fi)

Kaikkien pintojen puhdistaminen suoritettiin niin, että pinta näytti visuaalisesti puhtaalta. Puhdistamiseen käytettyä aikaa ei rajattu ja se vaihteli pintamateriaalin puhdistuvuuden mukaan kahdesta minuutista viiteen minuuttiin. Laadun osalta pyrittiin silmämääräisesti arvioituna tahrattomaan lopputulokseen.

Kaikkien käsittelemättömien puupintojen osalta todettiin, että sekä niiden ylläpitopuhdistaminen, että tahranpoisto oli käsiteltyjä pintoja haastavampaa. Puhdistuksessa tarvittiin runsaasti aikaa sekä mekaanista työtä ja liinojen kosteus helpotti puhdistamista. Lisäksi mikrokuitupyyhkeitä ohuemmissa kertakäyttöpyyhkeissä kosteus jakaantui epätasaisesti pyyhkeisiin muovipussissa ja tämä osaltaan vaikeutti tahran puhdistamista. Pyyhkeen kosteutta pyrittiin tasaamaan mahdollisimman hyvin kääntämällä muovipussia ylösalaisin kosteutusjakson aikana ja lisäämällä pyyhkeeseen 5 ml pesuaineliuosta juuri ennen puhdistuksen aloitusta.

Käsiteltyjen pintojen sekä verrokipintana olleen lasin osalta saavutettiin silmämääräisesti haluttu laatu likaantumisen jälkeen huomattavasti nopeammin ja vähemmällä mekaanisella työllä. Tämä saattoi osaltaan vaikuttaa myöhemmin esitettyihin mittauksiloksiin ensimmäisellä ja toisella likaamiskerralla. Toisella puhdistuskerralla mekaanisen puhdistustyön määrää lisättiin kaikkien pintojen puhdistamisessa, sillä ensimmäisellä puhdistuskerralla kaikki näytekappaleet jäivät yllättävän likaisiksi sekä mittauksen, että silmämääräisen arvioinnin perusteella (Kuva 9). Seuraavilla kerroilla lisättiin edelleen mekaanisen puhdistustyön määrää sekä puhdistamiseen käytettyä aikaa.



Kuva 9 Ensimmäisen likaamisen jälkeen männyn sydänpuun pinnassa on selkeää värjäymää – maalattu mäntylevy sen sijaan näyttää puhtaalta (kuvat Juha Takkunen)

3.3.3 Orgaanisen lian määrän mittaus

Koekappaleille ja verrokkipinnalle suoritettiin mittaukset aina ennen likaamista, sekä likaamisen ja puhdistamisen jälkeen. Puhdistamisen jälkeen levyjen annettiin kuivua 45 minuuttia ennen mittausten aloittamista, jotta mahdollinen kosteus ei vaikuttaisi mittaustuloksiin.

Mittaukset ja likaaminen suoritettiin yhteensä viisi kertaa, ja jokaisen mittaukserran välillä levyt ylläpitopuhdistettiin kosteapyyhintämenetelmällä kolme kertaa viikossa.

Orgaaninen lika mitattiin pinnoilta ennen ja jälkeen puhdistuksen luminometrillä. Menetelmä perustuu solujen energia-aineenvaihdunnan perusyhdisteenä toimivan adenotrifosfaatin (ATP) kykyyn tuottaa valoa. Mittaaminen suoritettiin Hygiena SystemSURE plus-laitteella (Kuva 10) ja näytteenottoon käytettiin UltraSnap-testipuikkoa. Mittalaite ilmoittaa tuloksen RLU yksikkönä (relative light unit).



Kuva 10 Kuvassa mittalaite sekä vasemmalla käytetty UltraSnap näytteenottotikku (www.netfoodlab.fi)

Näyte otettiin pinnasta valmistajan ohjeen mukaisesti noin 10 cm² alueelta. Näytteet otti jokaisella mittaukseralla aina sama henkilö, jotta kaikki erän näytteet olivat vertailukelpoisia. Koekappaleesta otettiin aina viisi näytettä jokaisen mittaukserran yhteydessä. Kaikki luminometriset mittaustulokset on esitetty liitteessä 2.

3.3.4 Mikrobiologiset mittaukset

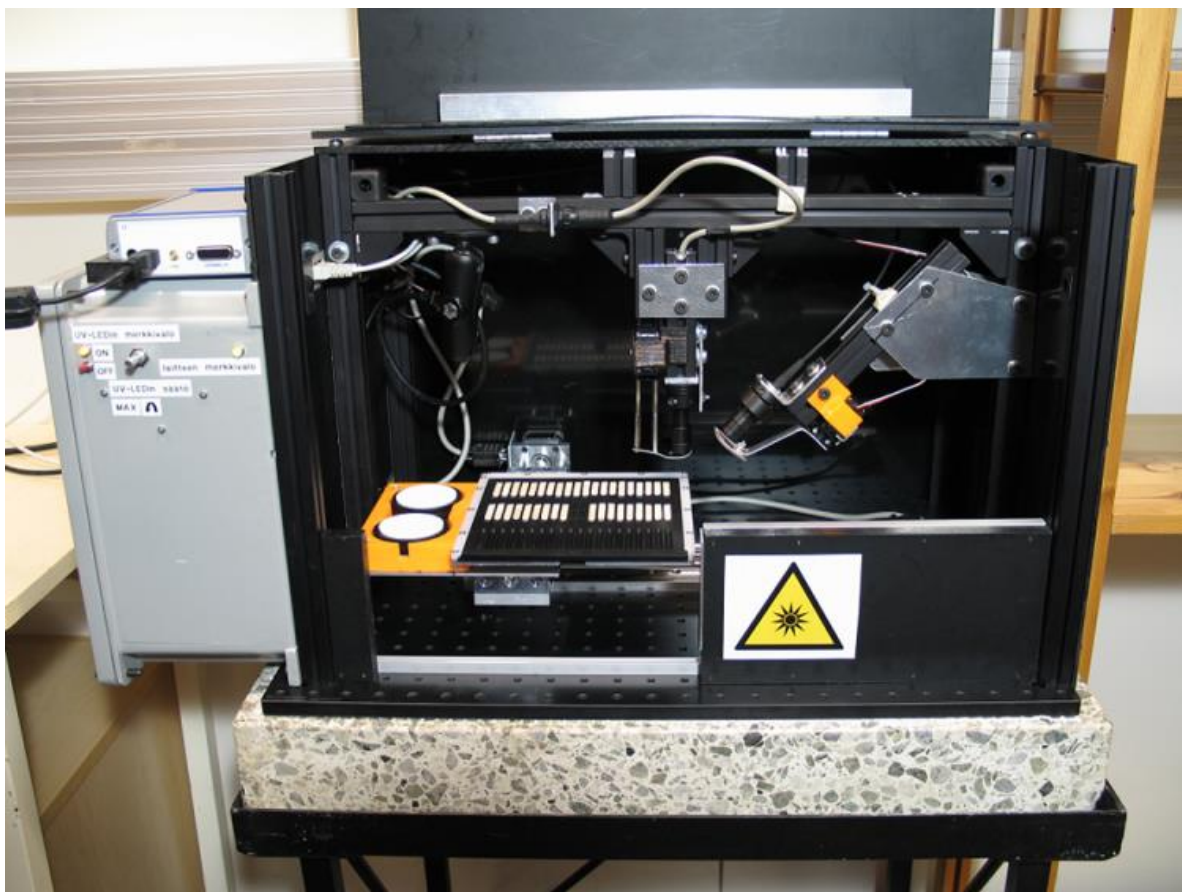
Orgaanisen lian rinnalla mitattiin pintojen kasvukykyisten mikrobien määrää vastaavissa vaiheissa Hygicult TPC-testialustoilla. Kyseinen kokonaisbakteeri-elatusaineella päällystetty vaihtoehto valittiin, jotta pinnalta saataisiin mahdollisimman runsas kasvu. Mikrobikantojen tai -lajien tarkemmalla määrittelyksellä ei nähty olevan merkitystä, sillä kaikkien näytteiden altistus oli samanlainen, sekä tavoitteena oli mallintaa mahdollisimman käytännön läheistä koeasetelmaa näytekappaleiden likaantumisen, puhdistamisen sekä näytteenoton osalta.

Näytteenotto tapahtui pintapainallusmenetelmällä painamalla levyn molemmat puolet tutkittavaan pintaan noin 3-4 sekunnin ajan. Tämän jälkeen näytteiden annettiin inkuboitua noin 23 asteessa neljä vuorokautta. Valmistaja suosittelee inkubointiajaksi käytetyssä lämpötilassa viittä vuorokautta. Tämä ei kuitenkaan koeasetelman takia ollut mahdollinen ja kaikkien näytteenottokertojen osalta päädyttiin neljän päivän inkubointiin. Pesäkemääriä käytettiin ainoastaan näytekappaleista saatujen tulosten vertailuun, eikä tarkoituksena ollut selvittää tarkempaa mikrobien määrää pinnalla. Hygicult-mittausten osalta raportissa esitetyt tulokset ovat näytekappaleittain viiden näytteenottoputken kaikki yhteenlasketut viljelypintaan kasvaneet pesäkkeet. Mikäli tulokset olisi ilmoitettu Hygicultin laskentaohjeen mukaisesti CFU/cm² arvoina, olisivat kaikki tulokset jääneet alle 1 CFU/cm², eikä vertailua voitaisi tehdä. Tulokset on esitetty liitteessä 2.

3.4 Fluoresenssimenetelmä (TP 4)

Männyn sydänpuun optiset mittaukset tehtiin Luken Savonlinnan laboratoriossa. Alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta poiketen tässä työpaketissa päädyttiin käyttämään työpaketissa 1 kuvattuja Siparilan toimittamasta bulkkisahatavarasta valmistettuja 50 x 50 x 5 mm kokoisia sydänpuupalikoita.

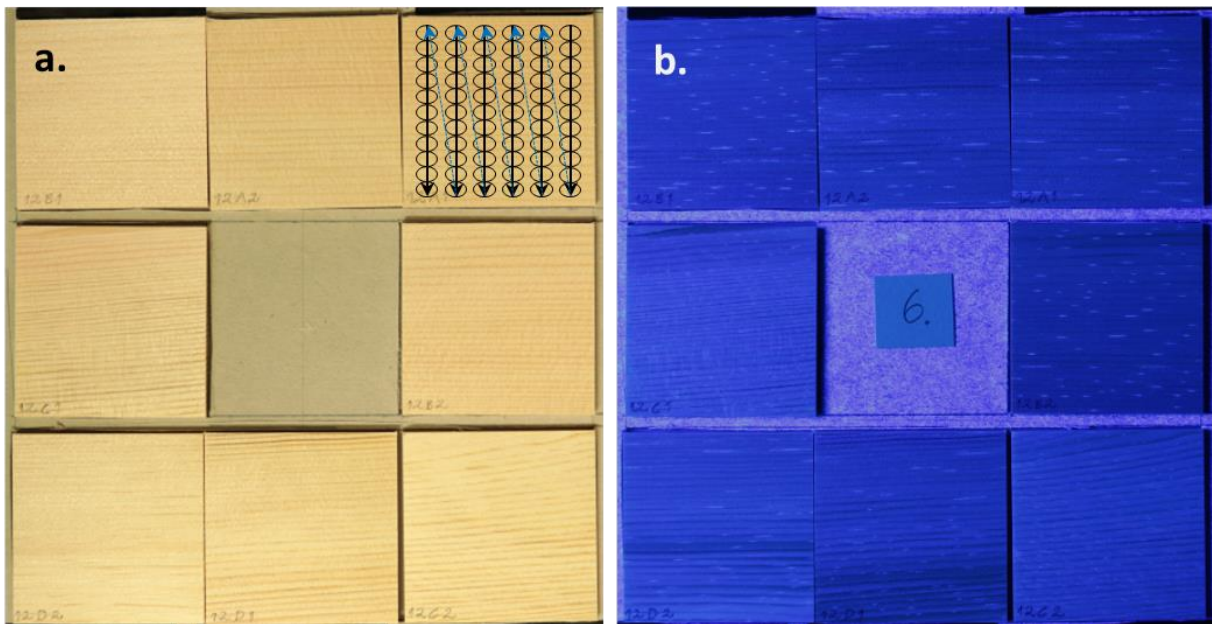
Männyn sydänpuukappaleiden fluoresenssia mitattiin tutkimuskäyttöön varta vasten rakennetulla mittausrakenteella. Laite oli koottu valmiista komponenteista Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (XAMK) elektroniikan 3K tehtaalla Savonlinnassa EU:n aluekehitysrahaston, Luken, Savonlinnan kaupungin ja Savonlinnan yrityspalvelujen rahoituksella (2015-2017). Mittauslaite rakennettiin alun perin kairanlastunäytteiden mittaamista varten (Kuva 11). Kairanlastunäytteitä varten on 5 mm paksuja näytelevyjä (16,5 x 17,0 cm), joissa on paikka 58:lle enintään 3,5 cm mittaiselle pitkittäin kuitujen suuntaisesti halkaistulle kairanlastun puolikkaalle. Mittaus on ohjelmoitu etenemään automaattisesti mittauspiste ja näyte kerrallaan. Näytteen ja askelluksen pituus sekä pistekohtainen mittausaika ovat säädettävissä.



Kuva 11 Mittauslaite männyn sydänpuun UV-fluoresenssin mittaamista varten. Mittauskammion luukku suljetaan mittauksen ajaksi. Paikalleen asetetulla näytelevyllä on kairanlastunäytteitä. Tästä kuvasta on hahmotettavissa tekstissä myöhemmin esiteltävien PuPu-näytteiden mittauslinjat.

Mittauslaitteen UV-heräte tuotetaan 315 ± 5 nm aallonpituuisella UV-LED:llä. Heräte kootaan optiseen kuituun ja se kohdistetaan kiinteän sydänpuunäytteen pinnalle kohtisuorasti 3×4 millimetrin kokoiselle ovaalinmuotoiselle alueelle. UV-säteilyn seurauksena sydänpuunäytteessä olevat stilbeenit fluoresoivat näkyvää sinistä valoa, jonka intensiteetin maksimi on aallonpituusvälillä 421-432 nm. Mittauslaitteen spektrometri rekisteröi optisen kuidun välityksellä kunkin näytepisteen fluoresenssispektrin, joka tallennetaan spektrien jatkokäsittelyä varten. Fluoresenssin keräävä kuitu on asetettu 45° kulmaan herätteeseen nähden. Mittausta häiritsevä näkyvä valo suodatetaan pois herätteestä ja spektrometrin puolella suodatetaan pois näytteestä heijastuva UV-säteily, toisin sanoen herätteen puolella on sinisen valon suodatin ja spektrometrin puolella on UV-suodatin.

Tätä tutkimusta varten mittausmenetelmää sovellettiin 5 mm paksuisille sydänpuukoekappaleille, joiden leveys ja pituus olivat 5 cm. Näille koekappaleille valmistettiin uusi kevytrakenteinen näytealusta, jolle mahtui 8 puunäytettä kerrallaan. Kustakin puunäytteestä mitattiin fluoresenssispektri kuudelta rinnakkaiselta linjalta 11 mittauspisteestä linjaa kohden (vastaa yhtä kairanlastunäytettä, ks. kuva 1). Mittauspistettä kohden käytettiin 500 ms aikaa. Kokonaisuudessaan 8 näytekappaleen mittaamiseen kului aikaa noin 10 minuuttia. Sydänpuukoekappaleet asetettiin näytealustalle siten, että linjan mittausta eteni koekappaleeseen nähden säteen suuntaisesti. Tällä tavoin mittausta kohdistui kaikkiin koekappaleen alueelle osuneisiin vuosilustoihin aivan reunimmaisista lustoista lukuun ottamatta. (Kuva 12 a ja b).



Kuva 12. Sydänpuukoekappaleet näytealustalle asetettuina. Vasemmanpuoleinen kuva a. on otettu huonevalaistuksessa ja oikeanpuoleinen kuva b. on otettu UV säteilyä tuottavan säteilylähteen alla (tämä ei vastaa varsinaista mittaustilannetta, jossa mittauslaitteen UV säteily kohdistuu yksittäiseen pisteeseen). Kuvan a. oikeassa yläalaidassa on ensimmäinen mitattava koekappale ja sille on kuvattu mittauksen etenemissuunta. Ensimmäisen linjan mittaus etenee oikeasta yläkulmasta alaspäin 11 mittauspisteen verran. Sen jälkeen mittaus siirtyy toisen linjan yläosaan ja etenee siinä alaspäin jne. Koekappaleet on aseteltu kuvausta varten varsinaisten mittausten jälkeen. Mittaustilanteessa koekappaleet oli aseteltu siten, että mittauslinjat kohdistuvat koekappaleisiin toivotulla tavalla.

Ennen kunkin näytelevyn mittausta rekisteröitiin UV-LED-säteilylähteen intensiteetti, suodattimen mahdollisesti läpäisevän sinisen valon intensiteetti sekä spektrometrin taustakohina. Spektrien mittauksen jälkeen mittauspisteiden raakaspektrit korjattiin näillä näytelevykohtaisilla referenssimittausten arvoilla. Spektrien korjauksen jälkeen kullekin mittauslinjalle tuotettiin MatLab ohjelmalla ensin 11 mittauspisteen keskiarvospektri. Seuraavaksi ohjelma haki kunkin mittauslinjan keskiarvospektristä fluoresenssin suurimman intensiteetin, I_{max} . Tämän I_{max} arvon tiedetään korreloivan mittauskohteen stilbeenipitoisuuden kanssa. Lopuksi laskettiin kuuden I_{max} -arvon keskiarvo ja hajonta kullekin puunäytteelle.

3.5 Koordinointi ja raportointi (TP 5)

Koordinoinnista ja raportoinnista vastasi Xamk. Hankkeen kaikkiin vaiheisiin osallistui myös VTT:n tutkija Tiina Vainio-Kaila alihankintasopimuksella. Tiina Vainio-Kaila oli Xamkin palveluksessa kun hanketta valmisteltiin, joten on järkevää että hän osallistui myös hankkeen toteutukseen.

Tavoitteena oli huolehtia hankkeen eteenpäin menemisestä, aikatauluista ja keskinäisestä koordinoinnista, sekä vastata raportoinnista. Projektin sisäinen kommunikaatio oli tärkeää, että kokeet saatiin sujumaan ja tuloksista pystyttiin keskustelemaan.

Varsinainen raportin kirjoitus tapahtui yhteistyössä kaikkien osallistujien kesken, mutta raportin yhtenäistäminen, viimeistely ja johtopäätösten muokkaus oli Xamkin ja VTT:n vastuulla. Tulosten pohjalta valmisteltiin myös opetusmateriaali, jota tarjotaan kaikille rakennusalan koulutusta tarjoaville oppilaitoksille, sekä vapaasti käytettäväksi kaikille kiinnostuneille. Hankkeessa saatujen tulosten lisäksi hyödynnetään muutakin kirjallisuutta ja aiempaa tutkimustietoa.

Tulosten viestinnässä tehdään yhteistyötä Luonnonvarakeskuksen Riina Muilu-Mäkelän vetämän ”Wood for Good” ja Henrik Heräjärven vetämän ”Sisäilman kosteusolosuhteiden vaikutus puumateriaalien emissioihin (HUMIWOOD)”hankkeiden kanssa. Tavoitteena oli järjestää em. hankkeiden yhteinen puun hyvinvointi- ja terveysvaikutuksia käsittelevä seminaari.

4 Hankkeen tulokset

4.1 Materiaalit (TP1)

Materiaalien hankinta onnistui suunnitelman mukaisesti. Varsinaisia poikkeamia ei tehty, mutta yksityiskohdista tehtäviä päätöksiä ja suunnitelman täsmennyksiä jouduttiin tekemään projektin aikana. Esimerkiksi kappaleiden sahauskohdat, koekappaleiden ja kappale-erien lopullinen määrä ja tärkeimpänä pintakäsittelyaineet. Pintakäsittelyaineiden valinta tehtiin koko työryhmän yhteisellä päätöksellä ja Tikkurilan asiantuntijoiden suositusten pohjalta. Koekappaleita tehtiin ennakoarviointia enemmän ja lisäksi Rambollin testeihin tehtiin muutama ylimääräinen levy. Kriittisesti arvioiden materiaalien kosteuden hallinta oli haaste, koska ennakkokäsityksestä huolimatta materiaalien alkukosteuksissa oli todennäköisesti eroja. Koekappaleiden halkeilu aiheutti haasteita Rambollin kokeissa, johtuen todennäköisesti sydäntalven matalasta suhteellisesta ilmankosteudesta. Huolellisesti dokumentoidun merkintätavan avulla erä koemateriaaleja voidaan säilyttää mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

Työpaketissa 1 valmistettiin materiaalit muihin työpaketteihin. Toimenpiteet olivat selkeitä, eniten perehtymistä ja kommunikointia tarvittiin varmistamaan, että materiaalien merkinnät olivat hallinnassa muiden työpakettien vaatimusten mukaisesti ja että aikataulussa pysytään. Kappaleiden pinnan laatuun kiinnitettiin erityistä huomiota, käytännössä Rambollin kookkaat levyt olivat haastavimpia lopullisen laadun näkökulmasta.

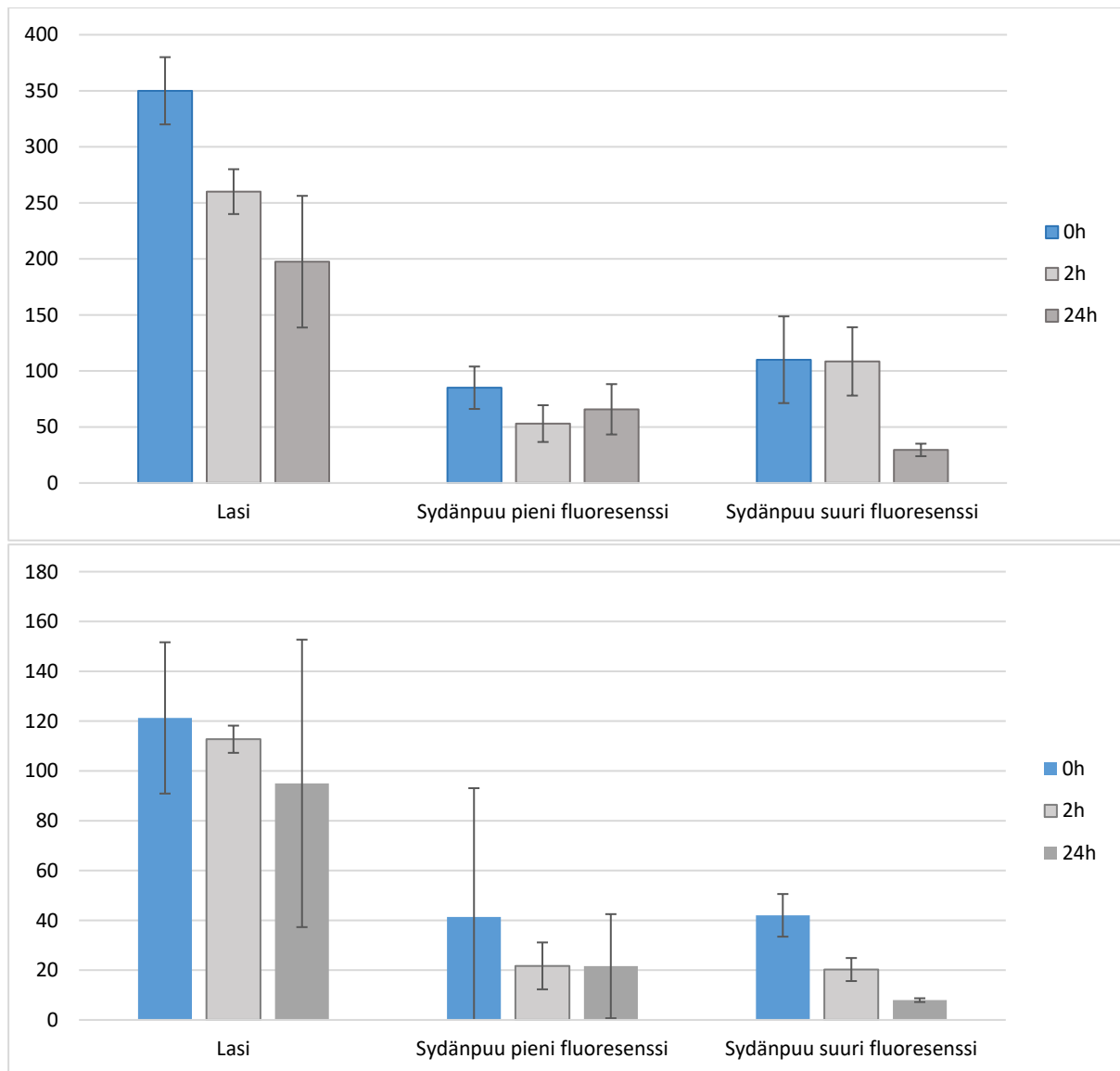
Koekappaleiden pinnankarheus voi vaikuttaa antibakteerisuustestien tuloksiin. Karheutta ei erityisesti mitattu tai valvottu, käytännössä pinta oli hyvässä käyttökunnossa olevan tasohöylän jäljeltä. Todennäköisesti pinnanlaatu vastaa teollista höyläpintaa.

4.2 Mikrobiologisten kokeiden tulokset (TP2)

4.2.1 Männyn sydänpuun viljelytulokset

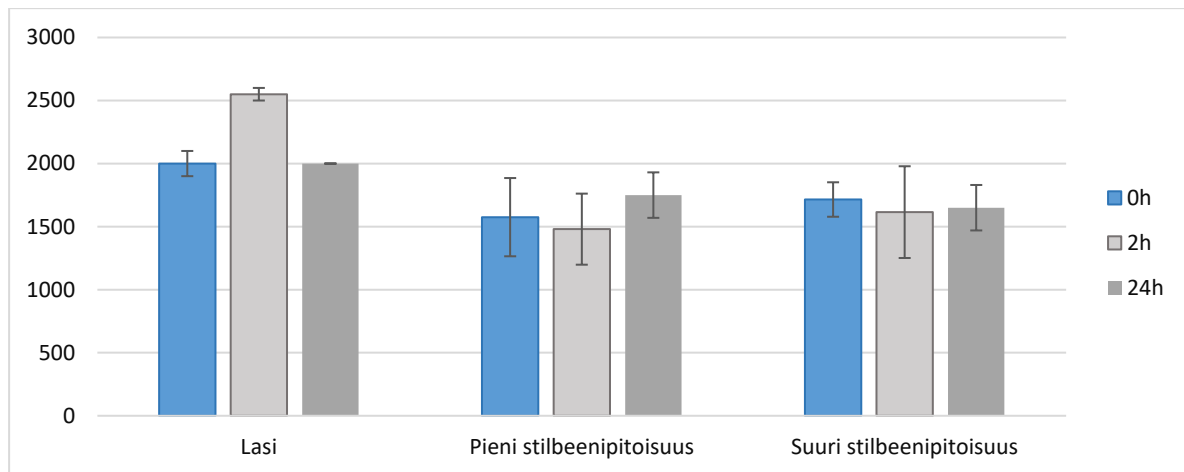
Verrattaessa männyn sydänpuun näytteitä, joissa oli korkea fluoresenssiarvo näytteisiin, joissa oli matala fluoresenssiarvo, selkeää eroa ei löytynyt (Kuva 13). Molemmissa ryhmissä elinkykyisiä bakteereita saatiin pinnoilta vähemmän kuin lasipinnalta. Koska männyn sydänpuu on aiemmissa kokeissa (Vainio-Kaila, 2017) todettu antibakteeriseksi, voidaan olettaa, että sillä on ollut merkitystä näissäkin tuloksissa. Menetelmä ei kuitenkaan poista mahdollisuutta, että bakteereita olisi tarttunut huokoiseen puupintaan, joka on myös voinut vaikuttaa tuloksiin.

Petrifilm-menetelmän ja pintaviljelymenetelmän tulokset eivät poikenneet toisistaan juurikaan. Bakteerimäärät eri generointien välillä vaihtelivat, petrifilm-menetelmän tuloksissa lähtötaso lasipinnalla on 350 PMY, kun pintaviljelymenetelmällä se oli alle 120 PMY. Tämä johtui epätarkkuudesta bakteerisuspension bakteerimäärän määrittämisessä, sekä mahdollisesti menetelmien erilaisuudesta.



Kuva 13 *S. epidermidis* -bakteerin pesäkemäärien keskiarvot aikapisteissä lasin ja männyn sydänpuunäytteiden pinnalla Petrifilm-menetelmällä (vasemmalla) ja pintaviljelymenetelmällä (oikealla).

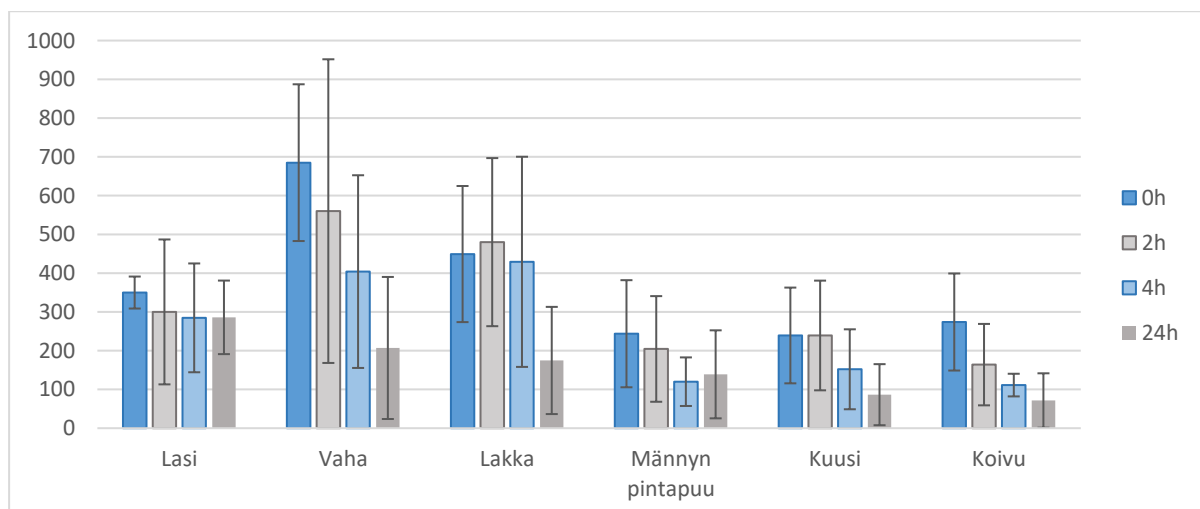
Bacillus aerius/licheniformis-kannalla tehdyissä kokeissa bakteerimäärä oli huomattavan korkea, joka vaikeutti pesäkkeiden laskentaa. Pesäkkeet laskettiin suoraan petrifilmin pinnalta, eikä niistä ollut mahdollista tehdä laimennoksia, jolloin korkeiden pesäkemäärien laskeminen oli hyvin epätarkkaa. Tuloksissa sydänpuunäytteiden kohdalla (Kuva 14) ei voida nähdä selviä eroja lasin ja männyn sydänpuu-näytteiden välillä. *S. epidermidis*-kannalla tehdyissä kokeissa pesäkkeiden määrä kuitenkin putosi alle viidennekseen alkuperäisestä määrästä. Tällaista pudotusta ei näkynyt *Bacillus aerius/licheniformis*-kannalla tehdyissä kokeissa *Bacillus aerius/licheniformis* on maaperän bakteeri ja eroaa todennäköisesti sekä patogeeneistä, eli tautia aiheuttavista bakteereista, että ihmisen iholta löytyvästä *S. epidermidis*-bakteerista. Toisaalta kuitenkin on huomattava, että pesäkkeiden määrä *Bacillus aerius/licheniformis*-kokeissa männyn pintapuun, kuusen ja koivun pinnoilla on alempi kuin lasin tai pinnoitettujen näytteiden pinnoilla (Kuva 17).



Kuva 14 *Bacillus aerius/licheniformis* Petrifilm-menetelmällä, lasin ja männyn sydänpuunäytteiden pinnalla.

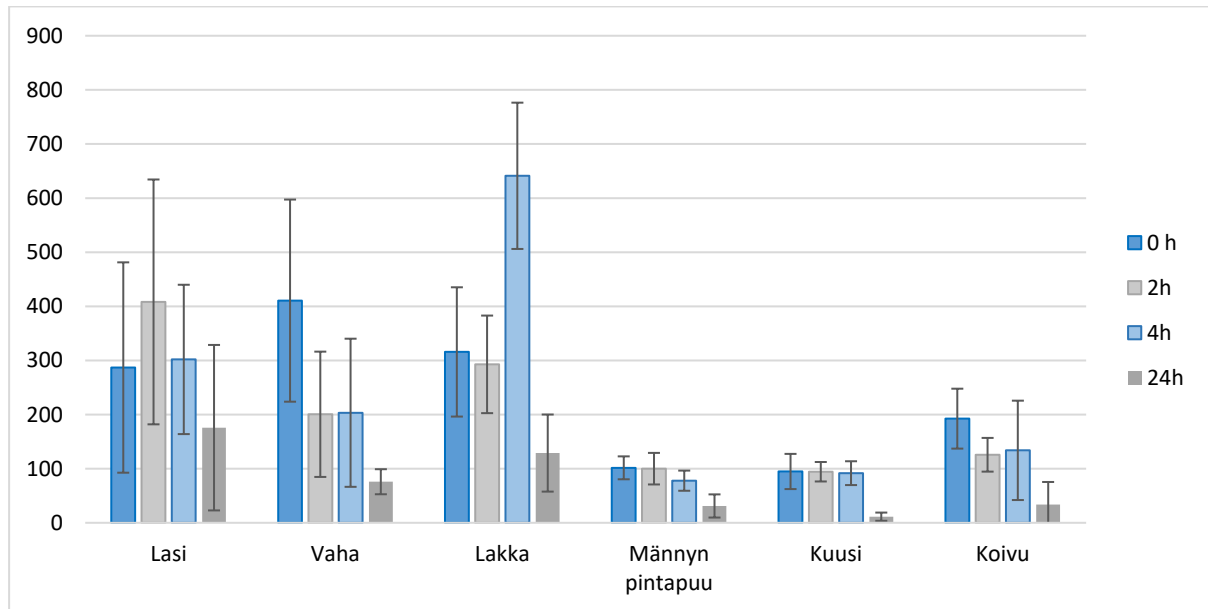
4.2.2 Pinnoittamattomat ja pinnoitetut pinnat

S. epidermidis -bakteerin pesäkemäärien keskiarvot männyn pinnoittamattoman pintapuun, kuusen ja koivun pinnoilla jäivät Petrifilm-menetelmällä alemmiksi kuin lasin tai pinnoitettujen puupintojen (Kuva 15). Kuvasta havaitaan, että 0 h ajanhetkellä pesäkemäärät ovat lasilla ja pinnoitetuilla pinnoilla suuret ja lähellä toisiaan. Puumateriaalien pesäkemäärien keskiarvot on laskettu jokaisessa aikapisteessä kahden eri generoinnin kahdesta rinnakkaisesta Petrifilmistä, toisin sanoen neljästä Petrifilmistä. Lasin aikapisteiden pesäkemäärien keskiarvot on laskettu neljän generoinnin kahdesta rinnakkaisesta Petrifilmistä. Kuvasta havaitaan, että pesäkemäärät vähenivät kaikilla materiaaleilla ajan kuluessa ja olivat pienemmät puumateriaaleilla kuin lasilla. Männyn pinnoittamattoman pintapuun, kuusen ja koivun pesäkemäärien keskiarvoissa ei puolestaan ole havaittavissa suuria eroavaisuuksia. Koivun ominaisuudet näissä kokeissa ovat hyvin samanlaiset kuin männyn ja kuusen. Tulosten suuret vaihteluvälit johtuvat siitä, että kokeita tehtiin useissa generoinneissa, joissa pinnoilla laskeutuneiden bakteerien määrä oli oletettua epätarkemmin hallittavissa ja eri generoinneilla bakteerien määrä vaihteli. Koivun 4h ja 24h tulokset jäivät selvästi alemmas verrattaessa lasiin, mutta pääosin tulokset jäivät suurista vaihteluista johtuen epätarkoiksi.



Kuva 15 *S. epidermidis* -bakteerin pesäkemäärien keskiarvot ja keskihajonnat aikapisteissä lasin, pinnoitettujen männyn pintapuupalojen, sekä männyn, kuusen ja koivun pinnalla Petrifilm-menetelmällä.

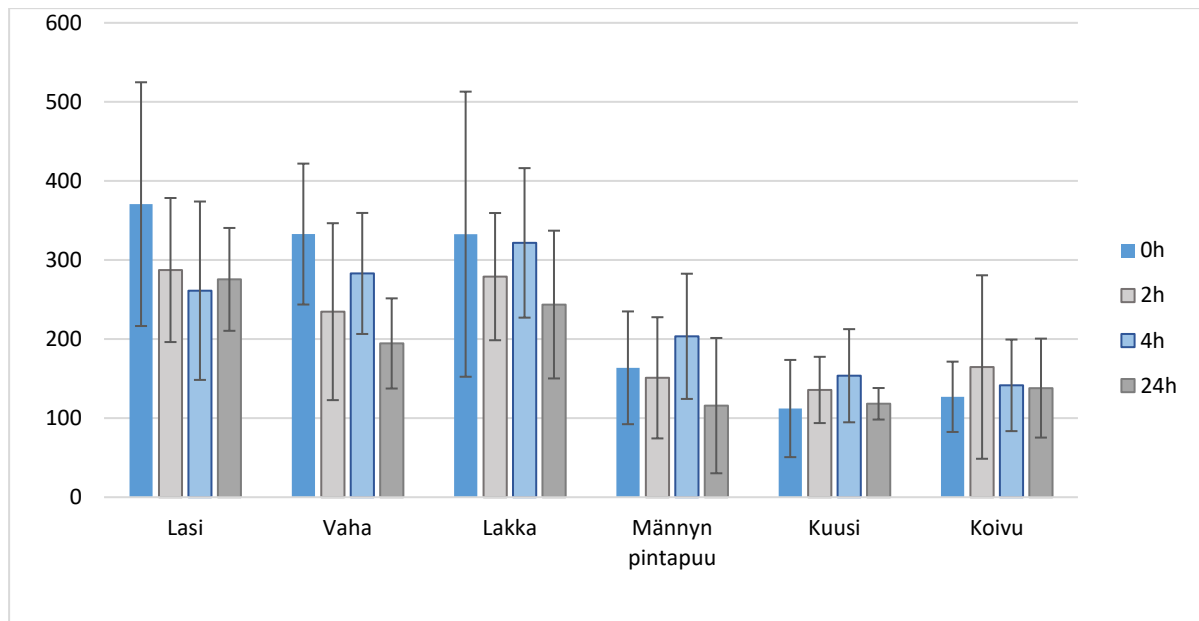
Pintaviljelymenetelmällä erot lasin ja pinnoittamattomien männyn pintapuun ja kuusen välillä ovat hieman selvimät ja erityisesti puupintojen tulosten virhemarginaalit hieman pienemmät. Tulokset ovat hyvin samansuuntaisia kuin Petrifilm-menetelmälläkin. Lakattujen koekappaleiden tulokset nousevat neljän tunnin kohdalla jopa lähtötasoa korkeammaksi, mikä tuskin johtuu pintojen ominaisuudesta. Todennäköisesti generoinnissa on tapahtunut bakteerisuspension epätasaista levittymistä.



Kuva 16 *S. epidermidis* -bakteerin pesäkemäärien keskiarvot ja keskihajonnat aikapisteissä lasin, pinnoitettujen männyn pintapuupalojen, sekä männyn, kuusen ja koivun pinnalla pintaviljelymenetelmällä.

Kovin merkittävää eroa eri pinnoitteiden välillä ei voida nähdä. Vahapinnoitetun männyn pinnalla on 4 ja 24 tunnin jälkeen jonkin verran vähemmän pesäkkeitä kuin lakatulla pinnalla, mutta erot ovat hyvin pieniä hajonnan huomioiden.

Bacillus aerius/licheniformis väheni männyn pintapuun, kuusen ja koivun pinnalla nopeammin kuin lasin tai pinnoitettujen näytteiden pinnalla (Kuva 17). Pinnoitetuilla pinnoilla näkyvä pesäkkeiden määrän kasvu kokeen kuluessa johtuu todennäköisesti epätarkkuudesta generoinneissa. Bakteerit eivät ehdi lisääntyä näytteiden pinnoilla kahden tai neljän tunnin aikana niin paljon, että se selittäisi nousevat pesäkemäärät. Selkeää eroa ei voida nähdä eri puulajien kesken, eikä eri pinnoitteiden kesken, mutta pinnoittamattomien näytteiden pinnalta saadaan kuitenkin vähemmän pesäkkeitä kuin pinnoitettujen. Pinnoittamattomien näytteiden pesäkemäärät eivät vähene ajan kuluessa yhtä selkeästi kuin *S. epidermidis* -bakteerilla.



Kuva 17 *Bacillus aerius/licheniformis* -bakteerin pesäkemäärien keskiarvot aikapisteissä lasin, vahan, lakan, maalin männyn, kuusen ja koivun pinnalla Petrifilm-menetelmällä. Maalipintojen 2h tulokset puuttuvat generointijärjestelystä johtuen.

Maalattujen koekappaleiden tulokset jäivät näistä kokeista pois, koska koejärjestelyistä johtuen niiden generoinnit poikkesivat muista näytteistä, eivätkä tulokset siksi ole suoraan vertailukelpoisia. Bakteerisuspension generoinnin epätarkkuus ja bakteerien mahdollinen tarttuminen pintoihin aiheuttavat jonkin verran epävarmuutta tuloksiin. Koska tutkimus kuitenkin toistettiin osin kahdella eri menetelmällä ja kahdella bakteerikannalla, voidaan havaita tulosten samankaltaisuus eri kokeissa pinnoitettujen ja pinnoittamattomien puupintojen välillä, sekä männyn, kuusen ja koivun keskenään samankaltaiset tulokset. Kokeissa pinnoittamattomilla puupinnoilla oli kaikissa kokeissa vähemmän elinkykyisiä bakteereita kuin lasipinnoilla ja lakatuilla ja vahatuilla pinnoilla. Bakteerien määrä oli vähäisempi kuusen, männyn sydän- ja pintapuun, sekä koivun pinnoilla.

4.3 Puhdistettavuustutkimuksen tulokset (TP 3)

4.3.1 Lähtötasomittaukset

Ennen varsinaisen likaamisen aloittamista kaikki pinnat mitattiin sekä luminometrisesti, että niistä otettiin Hygicult-näytteet (Taulukko 1). Näin haluttiin varmistaa, ettei pintojen puhtaudessa ole suurta eroa.

Taulukko 1. Näytekkappaleiden lähtötasomittaukset

	RLU keskiarvo	Hygicult yhteenlaskettu
Mänty vahattu	3,2	4
Mänty maalattu	3,8	5
Mänty	3,4	10
Mänty sydänpuu	1,8	9
Lasi	4,4	36
Kuusi	1,6	11
Mänty lakattu	1,8	4
Koivu	2,2	6

Lasilevy oli vanha näytteenottoalusta, joka pestiin huolellisesti ennen koejaksoa. Tämän lisäksi sitä puhdistettiin kuten muitakin koekappaleita ennen tutkimusjakson aloitusta kahden viikon ajan. Tästä huolimatta sen osalta Hygicult-mittauksen tulokset olivat poikkeukselliset. Selitystä tälle ei löydetty, mutta tämä huomioitiin tulosten arvioinnissa.

4.3.2 Mittaus ensimmäisen likaamisen jälkeen

Tulokset luminometrisestä mittauksesta sekä Hygicult-mittauksesta ensimmäisen likaamisen ja puhdistuksen jälkeen on esitetty alla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Näytekkappaleista otetut mittaukset ensimmäisen likaamisen ja puhdistuksen jälkeen.

	RLU keskiarvo	Hygicult yhteenlaskettu
Mänty vahattu	98	2
Mänty maalattu	75	1
Mänty	105	1
Mänty sydänpuu	67,2	5
Lasi	51,8	11
Kuusi	138,2	1
Mänty lakattu	41,2	2
Koivu	86,6	7

Tuloksista voidaan todeta, että likaamisen ja puhdistuksen jälkeen pinnoille jäi runsaasti orgaanista likaa sekä jonkin verran elinkykyisiä mikrobeja. Orgaanisen lian runsaus oli yllätys, sillä pinnoitettujen koekappaleiden pinnat näyttivät puhdistuksen jälkeen silmämääräisesti puhtailta. Pinnoittamattomissa koekappaleissa oli selkeää likajäämää huolellisesta puhdistamisesta huolimatta (Kuva 18).

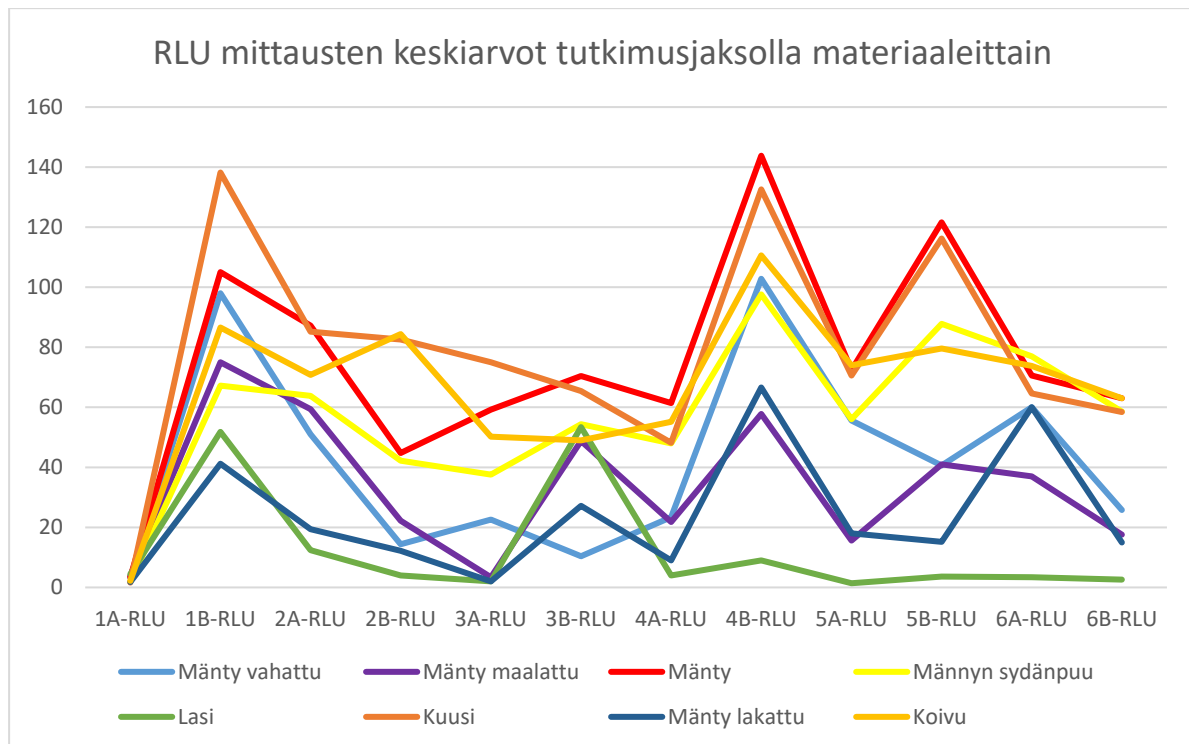


Kuva 18 Erityisesti männyn sydänpuun näytekappaleeseen lika tarttui tiukasti kiinni värjäten pintaa (kuva Juha Takkunen)

Lasilevyn osalta mikrobien määrä oli pudonnut aloitusmittauksesta noin kolmannekseen, mutta niitä oli näytekappaleisiin verrattuna edelleen runsaammin.

4.3.3 Orgaanisen lian määrän kehitys tutkimusjaksolla

Ensimmäisen likaamis- ja puhdistuskerran jälkeen todettiin, että koekappaleiden puhdistaminen tulee suorittaa vieläkin huolellisemmin. Tulokset koko tutkimusjaksolta luminometrinen mittausten osalta on esitetty alla (Kuva 19). A-tunnuksella merkityt mittaukset on suoritettu ennen likaamista ja B-tunnuksella suoritettut mittaukset likaamisen ja puhdistamisen jälkeen. Lisäksi kuudennella mittauksella levyjä ei liattu, vaan ne ainoastaan puhdistettiin huolellisesti kuten likaamisen yhteydessä luminometrinen mittausten välissä. Tällä haluttiin selvittää pelkän puhdistuksen vaikutusta tuloksiin. Kirjaimen edessä esiintyvä numero kertoo likaamiskerran.



Kuva 19 Luminometrinen mittauksien keskiarvojen muutokset tutkimusjaksolla.

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta likaamisen jälkeen suoritettujen mittauksien tulokset olivat korkeammat, kuin ennen likaamista suoritettujen mittauksien. Likaamisen välissä suoritettu ylläpitopuhdistus on selkeästi puhdistanut näytekappaleita likaamisen jälkeen. Luminometrisissä mittauksissa suurimmat tulokset tulivat lähes poikkeuksetta pinnoittamattomista koekappaleista. Kolmannella likaamiskerralla lasin puhdistus suoritettiin todennäköisesti muita materiaaleja huonommin ja tästä syystä RLU – mittauksen tulos kasvoi.

Vaihtelut RLU keskiarvoissa ennen ja jälkeen likaamisen ovat pääsääntöisesti pienempiä pintakäsittelyissä koekappaleissa. Tämä on loogista, koska niiden puhdistaminen oli huomattavasti helpompaa ja huolellisella puhdistuksella saatiin aikaan hyvä lopputulos sekä silmämääräisesti, että luminometrillä arvioituna. Erotukset pintojen RLU -mittauksissa johtuvat todennäköisesti juuri puhdistuksen tasoeroista ja pintakäsittelyissä materiaaleissa tämä näkyi nopeammin luminometrisissä mittauksissa kuin silmämääräisesti.

Neljännellä ja viidennellä kerralla pinnoittamattomissa koekappaleissa havaittiin kasvavia tuloksia RLU – mittauksissa. Tämä saattaa johtua siitä, että puun pinta rikkoutui hitaasti kovan puhdistuksen takia ja epäpuhtauksia pääsi puun pintaan yhä syvemmälle, josta niiden puhdistaminen oli vaikeaa, mutta Ultrasnap - näytteenottotikku sai ne sieltä kuitenkin mukaansa.

Kuudennella puhdistuskerralla kaikki näytekappaleiden RLU – mittauksen tulokset laskivat. Tämä oli odotettua, sillä kappaleita ei tässä kohtaa enää liattu mittauksen välissä, ainoastaan puhdistettiin huolellisesti, kuten tehtiin tahrojen puhdistuksen yhteydessä. Erityisesti käsiteltyjen pintojen osalta orgaanisen lian määrä väheni puhdistuksessa enemmän. Pinnoittamattomien koekappaleiden osalta voidaan olettaa, että lika on jo niin imeytynyt pintaan, ettei huolellinenkaan puhdistus poista sitä kovin tehokkaasti. Näytteenottomenetelmä on kuitenkin niin tehokas, että se saa mukaansa pinnasta orgaanista likaa.

Terveysthuollossa ei ole tällä hetkellä käytössä yhtenäistä pintahygienia vaatimuksia. ATP – mittalaitteet ovat erilaisia ja jokaiselle laitteelle on omat raja-arvot. Tässä hankkeessa käytössä oleva mittalaite on Hygiena SystemSure Plus -luminometri, jolle Hygiena LLC on määrittänyt terveydenhuollon kohteissa käytettävät suuntaa-antavat raja-arvot. Raja-arvot perustuvat terveydenhuollon kohteissa tehtyihin tutkimuksiin.

Raja-arvot ovat:

Hyväksytty – 25 RLU

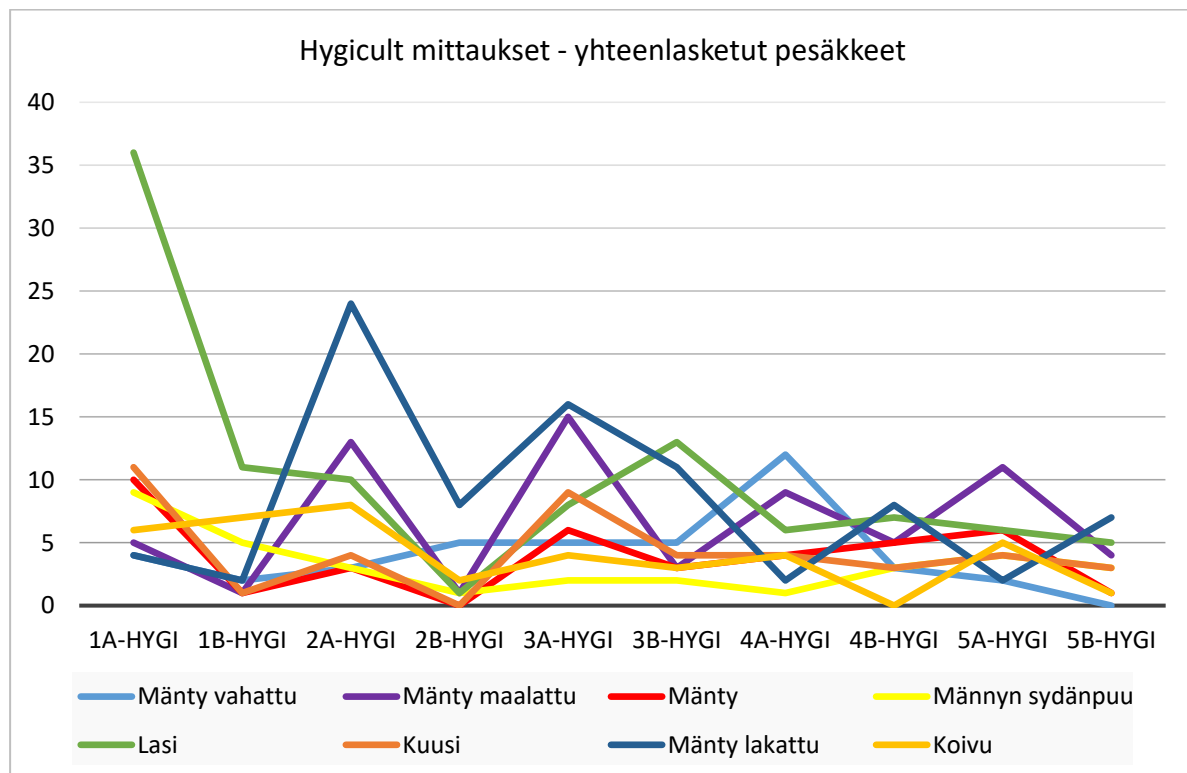
Välttävä – 26 – 50 RLU

Hylätty - > 50 RLU

Näissä kokeissa jokainen materiaali olisi jossain kohtaa ylittänyt hylätyn rajan ja pinnoittamattomat koekappaleet antoivat pääosin hylättäviä tuloksia.

4.3.4 Mikrobin määrän kehitys tutkimusjaksolla

Hygicult-mittausten tulokset on esitelty Kuva 20. Kirjain- ja numerokoodit toimivat vastaavalla tavalla RLU – mittausten kanssa. Kuudennella kerralla jolloin levyjä ei enää liattu puhdistamisen välissä, ei otettu enää hygicult-näytteitä, koska mittausjakso päättyi tähän ja haluttiin selvittää ainoastaan puhdistuksen mahdollista vaikutusta RLU – mittaustuloksiin.



Kuva 20. Hygicult – mittausten tulokset

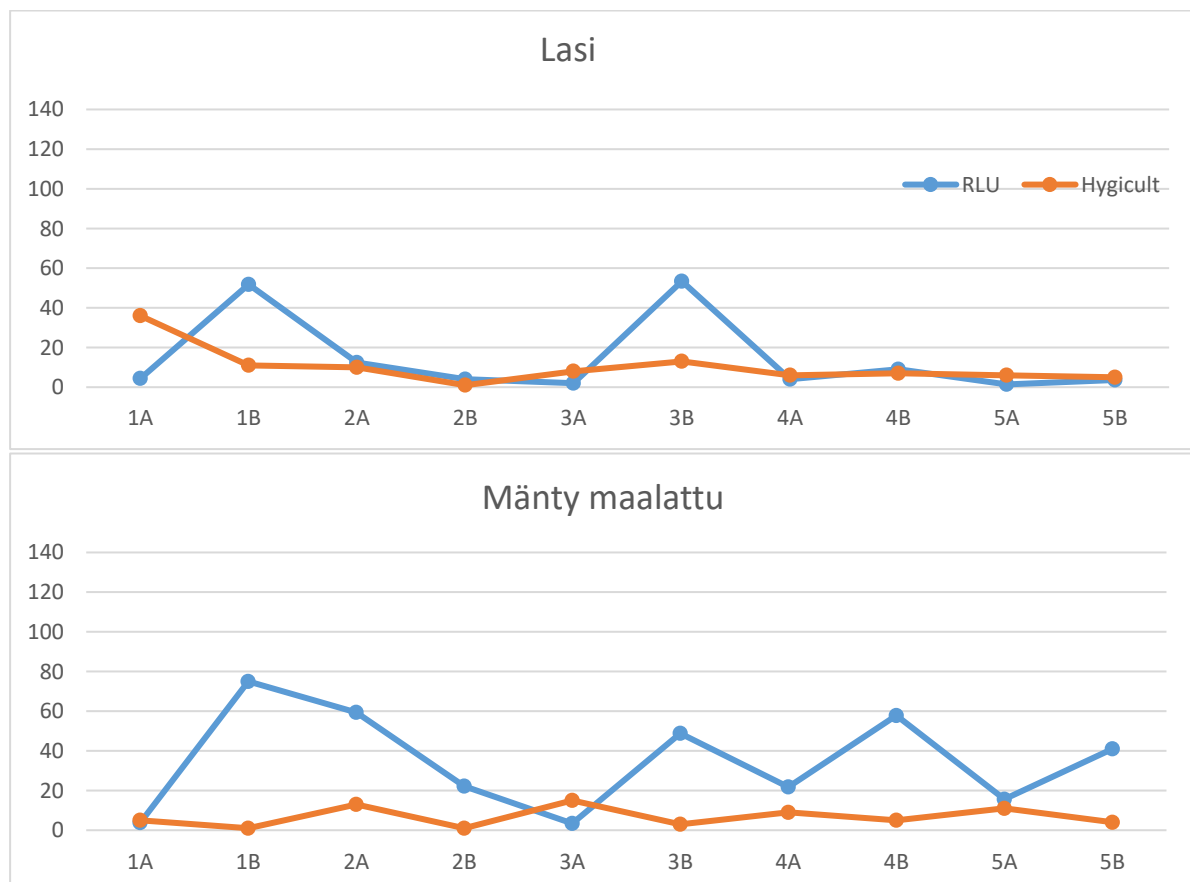
Hygicult-mittausten tuloksista voidaan yleisesti todeta, että mikrobeja oli koekappaleissa vähemmän heti puhdistuksen perään suoritettun mittauksen yhteydessä. Mikrobien määrä pääsääntöisesti lisääntyi likaamisen välissä ylläpitopuhdistuksen aikana. Tulokset olivat kuitenkin lähes poikkeuksetta erittäin pieniä ja varmojen johtopäätösten tekeminen on haastavaa.

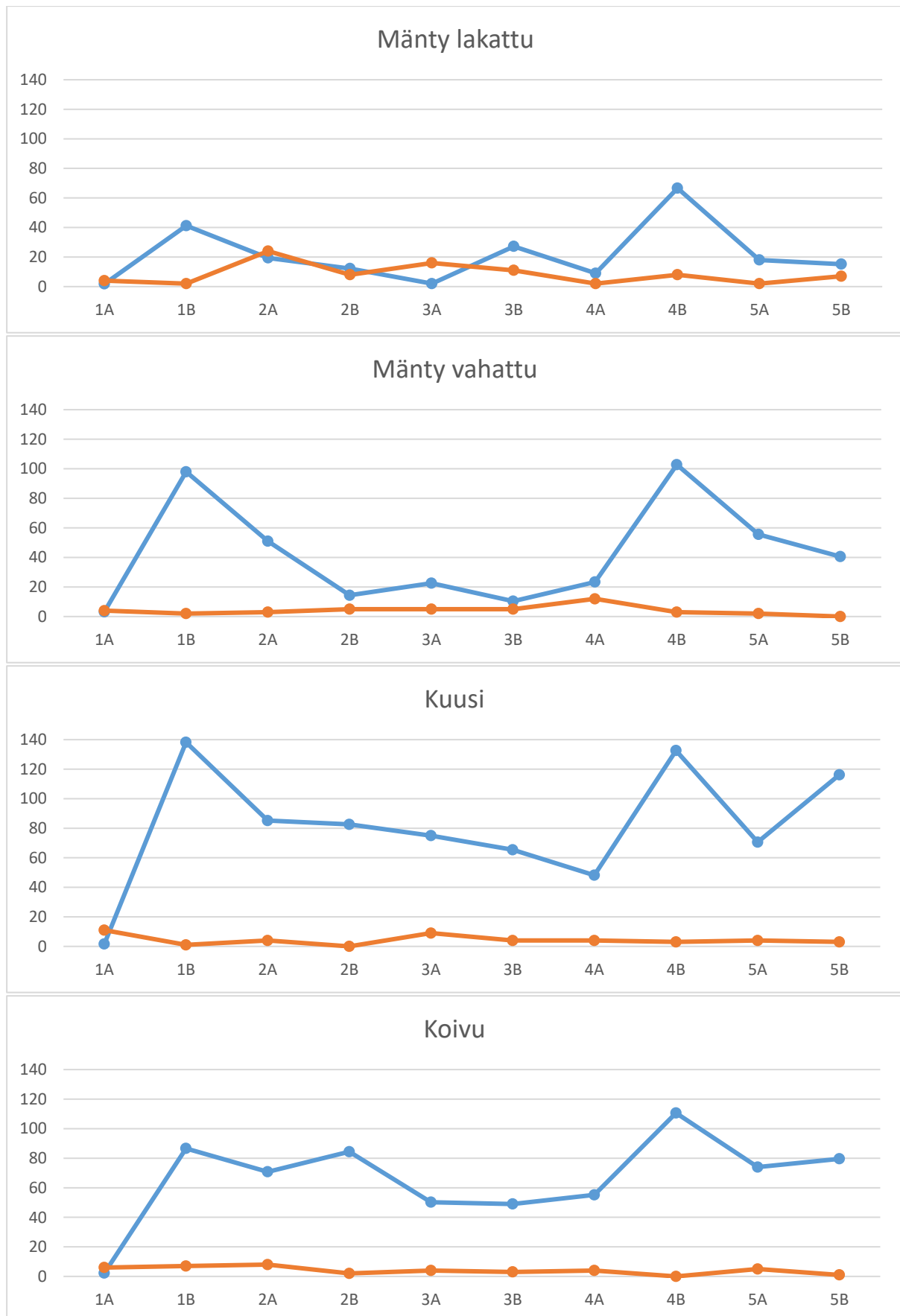
Suurinta vaihtelu mikrobien määrän osalta oli verrokkimateriaali lasissa, jossa määrät vaihtelivat mittauskertojen välillä runsaasti. Tämä johtunee jo edellä mainitusta puhdistamisen haastavuudesta. Visuaalisesti pinta saattaa näyttää puhtaalta, mutta ei sitä kuitenkaan ole. 2B-mittauskohdassa lasi oli myös RLU – mittauksen perusteella varsin puhdas ja mikrobeja oli pinnalla vähän. 3B-kohdassa lasi oli taas RLU – mittauksen perusteella likainen ja tämä näkyi myös mikrobien määrässä. Aloitusmittauksen suuri mikrobimäärä tasoittui heti ensimmäisen likaamis- ja puhdistuskerran jälkeen.

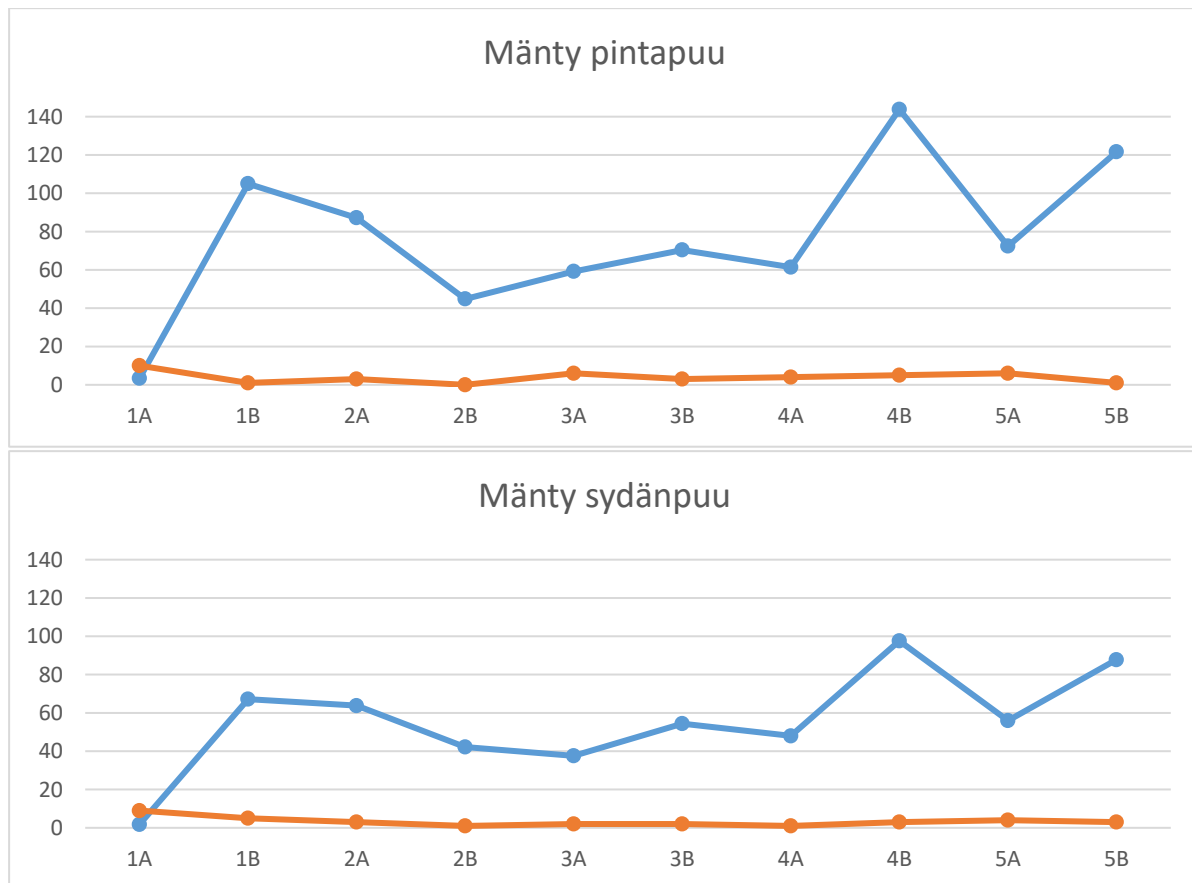
Tuloksia voidaan tulkita työtasojen ja muiden pintojen puhtautta määrittämään siten, että jos siivouksen jälkeen pinnoilla on 5 pesäkettä/cm², se on huonosti puhdistettu. Näissä kokeissa pesäkemäärät olivat hyvin pieniä, korkeimmatkin olivat 35 PMY/10 cm², eivätkä siten olisi ylittäneet huonon puhdistuksen rajaa.

4.3.5 Orgaanisen lian ja mikrobipesäkkeiden suhteet näytekalpeissa

Tuloksia tarkasteltiin myös pintamateriaaleittain vertaamalla mitattuja RLU-arvoja sekä Hygicult-viljelyn tuloksia. Tämä selkeytti edellä mainittujen suhteen havaitsemista, sekä materiaalien mahdollista vaikutusta sekä orgaanisen lian määrään, että pinnoilla kasvavien mikrobien määrään (Kuva 21).







Kuva 21 Orgaanisen lian (Hygicult) ja bakteerien määrä (RLU) mittaustulokset eri pinnoilla.

Lasin osalta voidaan todeta, että pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti on haastavaa. Kolmannella likaamiskerralla puhdistustekniikka oli jo hyvä, mutta silti pinnalle jäi runsaasti orgaanista likaa. Huomioitavaa on, että toisen ja kolmannen likaamiskerran välissä on pidempi aika ja ylläpitosiivous on puhdistanut pintoja tällä välillä kaksi viikkoa normaalin viikon sijaan. Tämä näkyy sekä orgaanisen lian määrässä 3A mittauskohdassa, mutta mikrobien määrä on tällä välin pinnalla kuitenkin kasvanut melko tasaisesti. Maalatun mäntylevyn osalta tutkimuksen toteutus ja siinä havaitut ilmiöt näkyvät selkeimmin. Ensimmäinen likaaminen ja sitä seurannut puhdistaminen ei onnistunut kunnolla. Toisella likaamiskerralla puhdistaminen suoritettiin huolellisesti ja orgaanisen lian määrä pinnalla väheni likaamisesta huolimatta jatkuen edelleen pidemmän ylläpitosiivousajan kolmannen likaamiskerran alkuun. Tämän jälkeen pinnan huolellisesta puhdistamisesta riippumatta orgaanista likaa jäi pinnalle enemmän. Mikrobien määrän osalta on huomattavaa, että aina likaamisen jälkeen mikrobeja on pinnalla vähemmän, mutta seuraavaan likaamiskertaan niiden määrä kasvaa, vaikka pintaa ylläpitopuhdistetaan. Ilmiö on selkeästi havaittavissa mittaustuloksista.

Lakattu mäntylevy noudattaa hyvin samanlaista kaavaa maalatun levyn kanssa. Erona on kuitenkin se, että vaikka viimeisissä mittauksissa orgaanista likaa jää levyyn enemmän, ylläpitosiivousjakson aikana mikrobien määrä vähenee näytekappaleen pinnassa. Tilanne siis kääntyy vastakkaiseksi ensimmäisistä mittauksista mikrobien osalta. Voidaan siis todeta, että maalatussa pinnassa bakteerien määrä lisääntyy likaamisen välissä, kun taas jostakin syystä lakatun levyn osalta viimeisissä mittauksissa tilanne on päinvastainen. Tulokseen voi vaikuttaa huokoinen pinta josta Hygicult – näytteenotto ei välttämättä ole täysin tehokasta.

Verrattuna muihin käsiteltyihin mäntylevyihin, vahattu pinta erottuu erityisesti mikrobien määrän osalta. Vaikka orgaanisen lian määrä on erittäin suuri verrattuna maalatun ja lakatun pintaan, ei

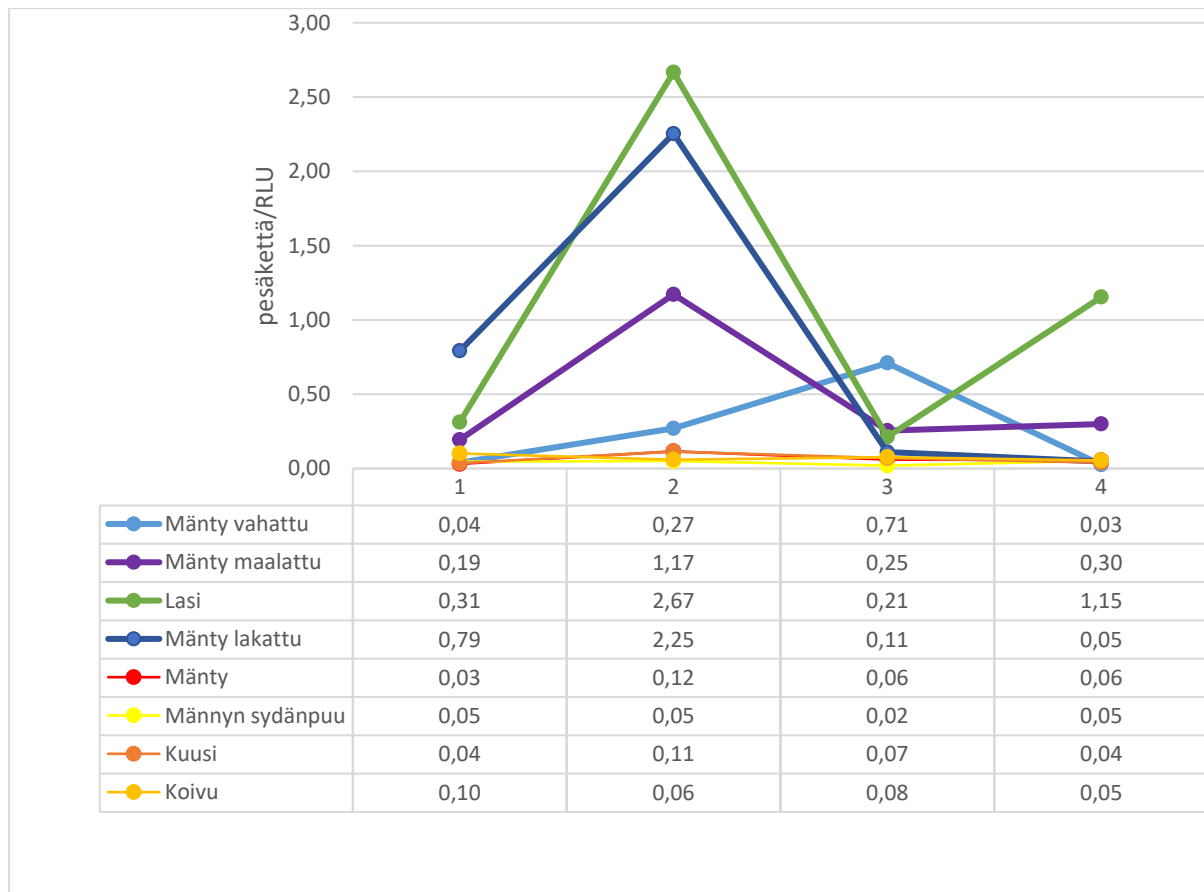
mikrobien osalta tapahdu yhtään kasvua, vaan käsiteltyihin pintoihin ja lasiin verrattuna mikrobeja on lähes poikkeuksetta vähemmän. Mikrobien määrä koko tutkimusjaksolla pysyy varsin tasaisena ja vähäisenä pinnalla. Kuusi noudatti orgaanisen lian osalta samaa kaavaa käsiteltyjen materiaalien kanssa, mutta orgaanisen lian mitattu määrä pinnalla oli keskimäärin huomattavasti suurempi. Tästä huolimatta mikrobien määrä pinnalla pysyi tasaisena ja vähäisenä verrattuna pintakäsiteltyihin materiaaleihin. Kuten kuusen, myös koivun osalta pesäkkeiden määrä jäi vähäiseksi suhteessa mitattuun orgaaniseen likaan pinnassa. Männyn pintapuu noudatteli mittaustuloksissa hyvin saman tyyppistä kaavaa, kuin käsittelemätön kuusi ja koivu. Erot puhdistuksen jälkeen mitatussa orgaanisen lian määrässä johtuvat todennäköisesti pintojen puhdistuksen eritasoisesta onnistumisesta. Loppuvaiheessa oli haastavaa arvioida levyjen puhtautta puhdistuksen jälkeen silmämääräisesti, koska niissä oli jo runsaasti pinttymää.

Pinnoittamattomista levyistä männyn sydänpuu oli helpoin puhdistaa. Kaikkien pinnoittamattomien levyjen osalta on tosin huomioitavaa, että viimeisissä mittauksissa lähes kaikissa RLU:n mittaustulokset likaamisen jälkeen ovat suurempia. Tämä saattaa johtua puhdistuksen laadun haasteellisesta arvioinnista silmämääräisesti tai levyjen pinnan mahdollisesta rikkoutumisesta, jolloin nestemäinen lika pääsi syvemmälle puupintaan, mutta Ultrasnap-näytteenottopuikko nosti sitä kuitenkin mukaansa. Männyn sydänpuun osalta mikrobien määrä on pinnalla kuitenkin koko tutkimusjakson ajan hyvin vähäinen. Orgaanisen lian määrä ei näytä vaikuttavan siihen. Se eroaa muista mukana olleista materiaaleista tältä osin.

Jotta pinnan mahdollista antibakteerisuutta voidaan arvioida, päätettiin määritellä kasvukausi pinnalla esiintyville mikrobeille. Tutkimuksessa määriteltiin kasvukaudeksi väli likaamisen ja puhdistuksen välissä, ns. ylläpitosiivousjakso. Tänä aikana pinnalle mahdollisesti likaamisessa siirtyneet, jo valmiiksi siinä olevat sekä niille mahdollisesti laskeutuvat mikrobit saivat lisääntyä olosuhteiden niille sallimissa rajoissa. Kaikki koekappaleet altistuivat jaksolla samoille olosuhteille, sekä ylläpitosiivoukselle. Näin tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina.

Orgaanisen lian määrä kasvukaudella määriteltiin niin, että laskettiin edellisen likaamisen jälkeen tehtyjen sekä ennen seuraavaa likaamista tehtyjen (tutkimusväli B – A) luminometrinen mittausten tulosten keskiarvo. Orgaanisen lian voidaan osaltaan olettaa mahdollistavan runsaamman mikrobikasvun koekappaleessa. Näin tutkittavia kasvukausia saatiin yhteensä neljä.

Pinnalla elävien mikrobien määräksi otettiin mittaustulos ennen likaamista. Tämän jälkeen laskettiin, kuinka monta pesäkettä koekappaleessa oli mitattua RLU yksikköä kohden. Näin saatiin suhteutettua orgaanisen lian ja pesäkkeiden määrä huomioimalla olosuhteet pidemmällä jaksolla orgaanisen lian osalta, ei ainoastaan mikrobinäytteenoton hetkistä tilannetta. Tämä oli tärkeää, koska useimpien koekappaleiden osalta ylläpitosiivouksen aikana orgaanisen lian määrä näytekappaleessa laski ja kasvuolosuhteet muuttuivat. Tulokset on esitetty alla (Kuva 22).



Kuva 22 Orgaanisen lian ja mikrobien suhde kasvukaudella.

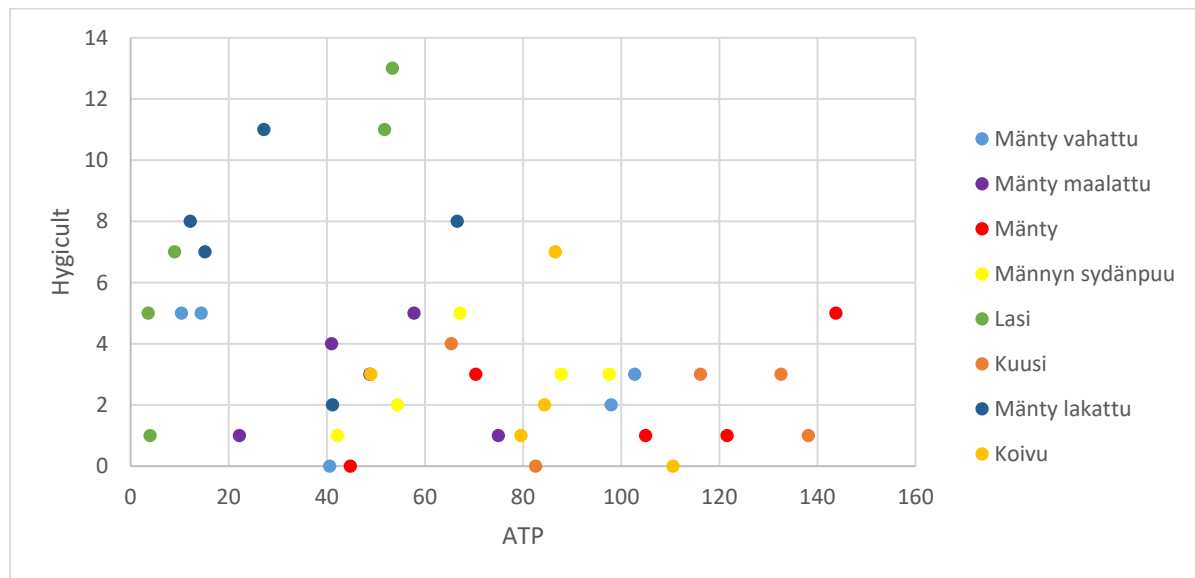
Kuten pintamateriaaleittain todettiin, käsittelemättömissä puupinnoissa oli pääosin aina vähemmän mikrobeja, kuin käsitellyissä pinnoissa, vaikka niissä mitattiin huomattavasti suurempia RLU – arvoja. Tämä näkyy selkeästi pesäkettä/RLU arvoissa. Tuloksista ei voida päätellä, että mikrobien kasvu liittyy orgaanisen lian määrään, koska tällöin käsittelemättömien pintojen suhdeluvun pitäisi olla käsiteltyjä pintoja suurempi.

Pääosin käsittelemättömistä pinnoista saatiin pienempiä pesäkemääriä, kuin käsitellyistä pinnoista. Tämä siitäkin huolimatta, että kaikki näytekappaleet altistuivat täysin samanlaisille olosuhteille. On epäselvää, miten siivouksen laatu vaikuttaa kasvukykyisten mikrobien määrään. On kuitenkin epätodennäköistä, että tehokas siivous poistaisi pinnalta kasvukykyiset mikrobit, mutta jättäisi runsaammin orgaanista likaa pinnoille. Siivouksen vaikutusta tulisi tutkia tarkemmin. Puhdistettavien pintojen eräkokoa tulisi kasvattaa sekä tutkia myös puhdistuksen tehokkuuden vaikutusta puhdistamalla toinen erä näytekappaleista käyttäen kaikkien materiaalien puhdistamiseen yhtä paljon aikaa. Tuloksia tulisi verrata näytekappaleisiin, jotka olisi puhdistettu silmämääräisesti puhtaaksi kuten nyt tehtiin.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että käsittelemättömällä puupinnalla saattaa olla mikrobien elinkykyä alentavia ominaisuuksia. Erityisen selkeästi tämä näkyy männyn sydänpuun osalta, josta kaikki mikrobinäytteet olivat hyvin pieniä. Orgaanisen lian ja kasvukykyisten mikrobien välillä ei tutkimuksen mukaan vaikuta olevan korrelaatiota tutkituilla pintamateriaaleilla (Kuva 23). On kuitenkin huomioitava, että varsinkin käsiteltyjen pintojen osalta vaihteluväli kasvukykyisten mikrobien suhteessa mitattuun RLU – arvoon on suuri. Tämä johtuu pääosin siitä, että RLU – arvot vaihtelivat suuresti, mutta mikrobien määrän vaihtelu pysyi suhteellisen pienenä RLU – arvoon verrattuna. Toisaalta nyt oletetaan, että Hygicult – näytteenottomenetelmä on poiminut

kasvatusalustalle elinkykyiset mikrobit kaikista materiaaleista yhtä tehokkaasti. Voiko puun huokoinen pinta vaikuttaa tähän, jää epäselväksi ja vaatisi lisää tutkimuksia.

Tutkimuksen perusteella luminesenssimittaus ei toimi aukottomasti mikrobiologisen puhtauden mittaamisessa tutkituilla materiaaleilla. Käsittämättömien ja käsiteltyjen materiaalien osalta syntyi selkeää ristiriitaa luminesenssimittausten ja kasvukykyisten mikrobien välillä. Tämän voi käytännössä selittää käsittelemättömän puupinnan antibakteeriset ominaisuudet tai orgaanisen lian soveltumattomuus mikrobien kasvua kiihdyttävänä likana.



Kuva 23 Hygicult mittauksen bakteeripesäkkeiden määrä ja ATP:n osoittaman orgaanisen lian määrä eri pinnoilla heti likaamisen ja puhdistuksen jälkeen.

4.3.6 Yhteenveto

Verrokipintana käytetyn lasin, maalatun männyn ja lakatun männyn osalta mikrobien määrä suhteessa mitattuun orgaaniseen likaan vaihteli suuresti. Orgaanisen lian vähentyessä edellä mainituilta pinnoilta siivouksen ansiosta kasvukauden aikana mikrobien määrä kuitenkin pääosin pinnoilla lisääntyi. Kaikilla kolmella pinnalla mikrobien määrien vaihtelut olivat huomattavasti suurempia, kuin pinnoittamattomilla puupinnoilla.

Parhaiten ilmiö näyttäytyi maalatun mäntylevyn kohdalla, jonka jokaisella mittauskerralla mikrobien määrä oli pinnalla kasvanut kasvukauden aikana. Likaamisen ja tehokkaan puhdistuksen jälkeen pinnalla oli mittausten perusteella vähemmän mikrobeja.

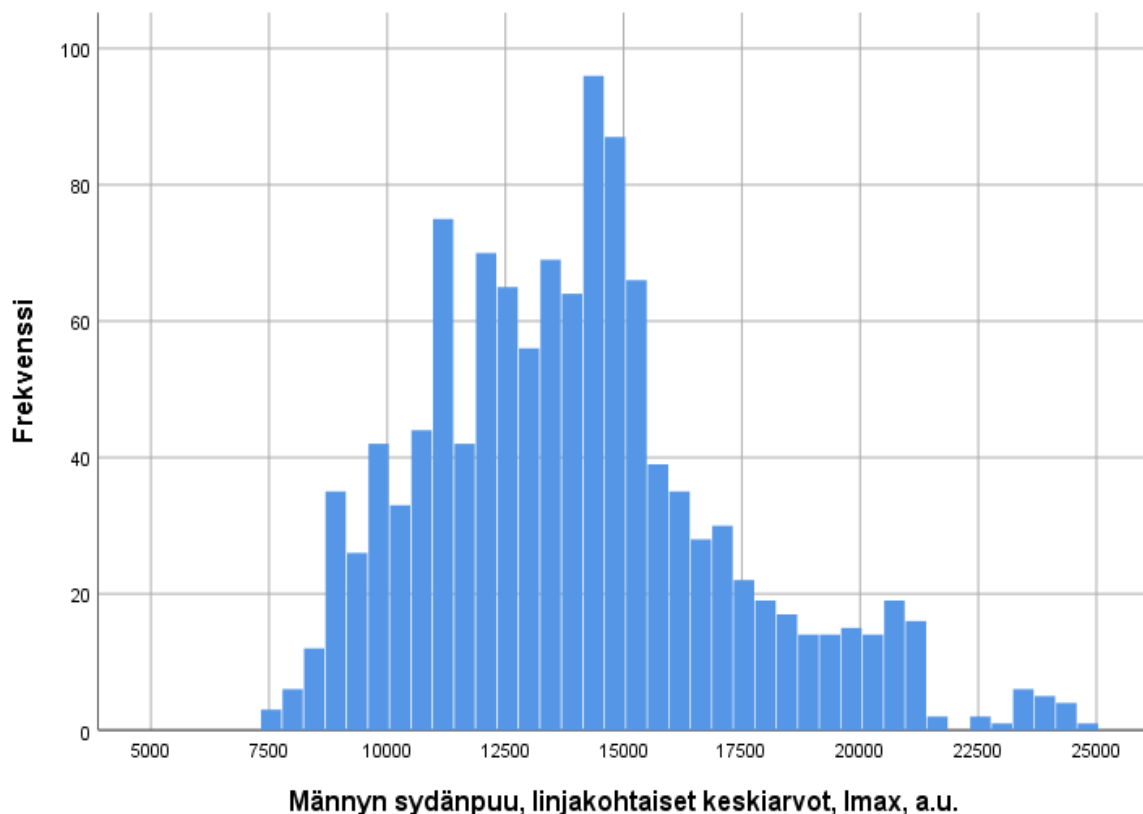
Kaikkien pintakäsiteltyjen pintojen osalta mikrobien määrässä oli suuria vaihteluita. Pinnoittamattomilla pinnoilla kasvukykyisiä mikrobeja oli vähemmän ja niiden määrä vaihteli mittausten välillä huomattavasti pintakäsiteltyjä materiaaleja vähemmän. Erityisesti männyn sydänpuun osalta mikrobien määrä oli tutkimusjaksoilla erittäin vähäistä.

Valittu orgaaninen lika ei soveltunut tilan normaalifloran mikrobeille tai pinnoille laskeutui mikrobeja vähän. Näin selkeää yhteyttä pinnan likaisuuden ja siinä esiintyvien mikrobien välillä ei syntynyt. Kaikissa mittauksissa mikrobeja esiintyi erittäin vähän, ja tämä voi olla osasyynä siihen, ettei

korrelaatiota syntynyt ja toisaalta nostaa mittausepävarmuutta. Tämä olisi voitu välttää altistamalla kaikki näytekappaleet jollekin tietylle runsaammalle mikrobikannalle, mutta kenttäolosuhteissa tehdyssä tutkimuksessa tämä olisi ollut käytännössä mahdotonta. Lisäksi Hygicult-menetelmän tehokkuudesta huokoiselle puupinnalle ei ole täyttä varmuutta ja tämän takia käsittelemättömien puupintojen mikrobimäärät jäivät pienemmiksi.

4.4 Fluoresenssimittausten tulokset (TP 4)

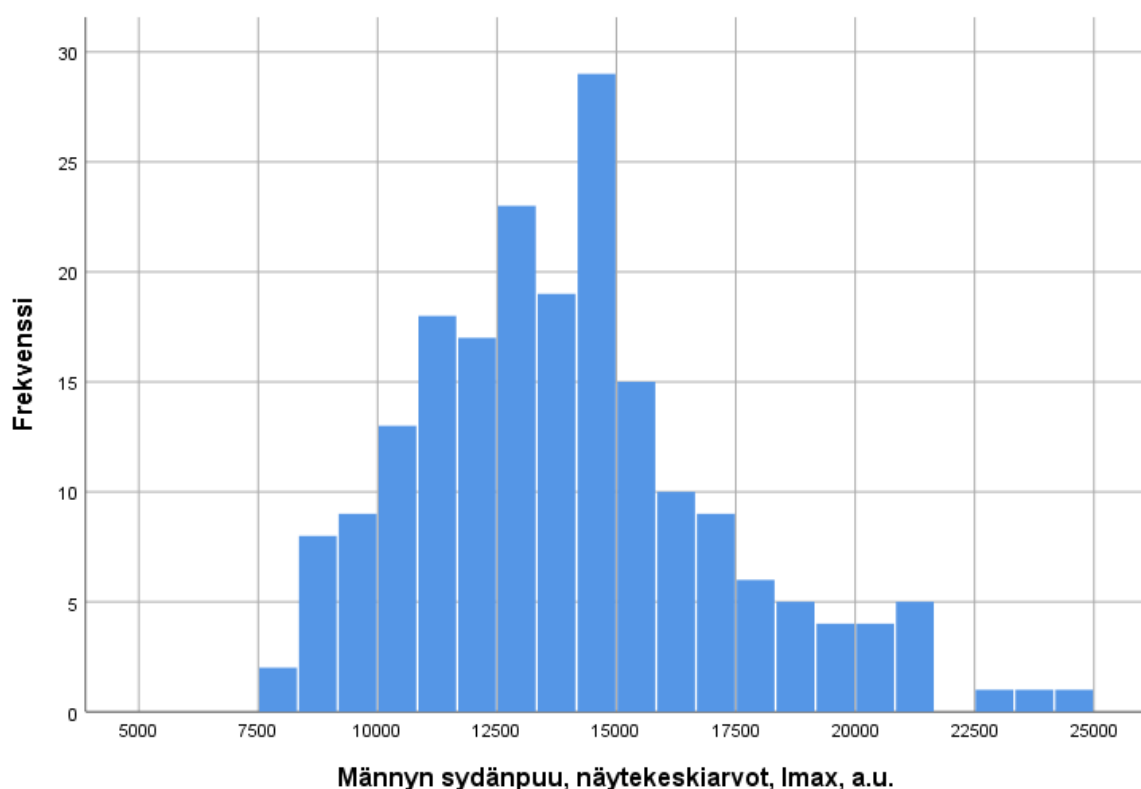
Fluoresenssi pystyttiin mittaamaan kaiken kaikkiaan 199 sydänpuukoekappaleesta (Kuva 24), vaikka alun perin huikeimmissa suunnitelmissa oli korkeintaan 100 mittausta. Tällä suuremmalla näytemäärällä oli mahdollista löytää n. 96 näytekappaletta, joista 48 kappaleella yksittäisten mittauspisteiden suurin I_{max} oli alle 12 000 mittayksikköä ja 52 kappaleella yli 12 000 mittayksikköä (Taulukko 3, Kuva 25). Tavoitteena oli löytää sellaiset kappaleet, joiden sisäinen vaihtelu oli mahdollisimman tasainen eivätkä valitut ääripäät menneet limittäin. Valinnassa hyödynnettiin MatLab-ohjelman kullekin linjalle tuottamien mittauspistekohtaisten spektrikuvien visuaalista tarkastelua, koska se oli nopein tapa edetä valinnassa. Kuva 26 a, b, ja c on esitetty yksi esimerkkispektri kustakin kolmesta ryhmästä (Taulukko 3). Suuremmalla lähtöaineistolla eli suuremmalla puuyksilöiden määrällä olisi ollut mahdollista eriyttää ääripäät vieläkin paremmin toisistaan.



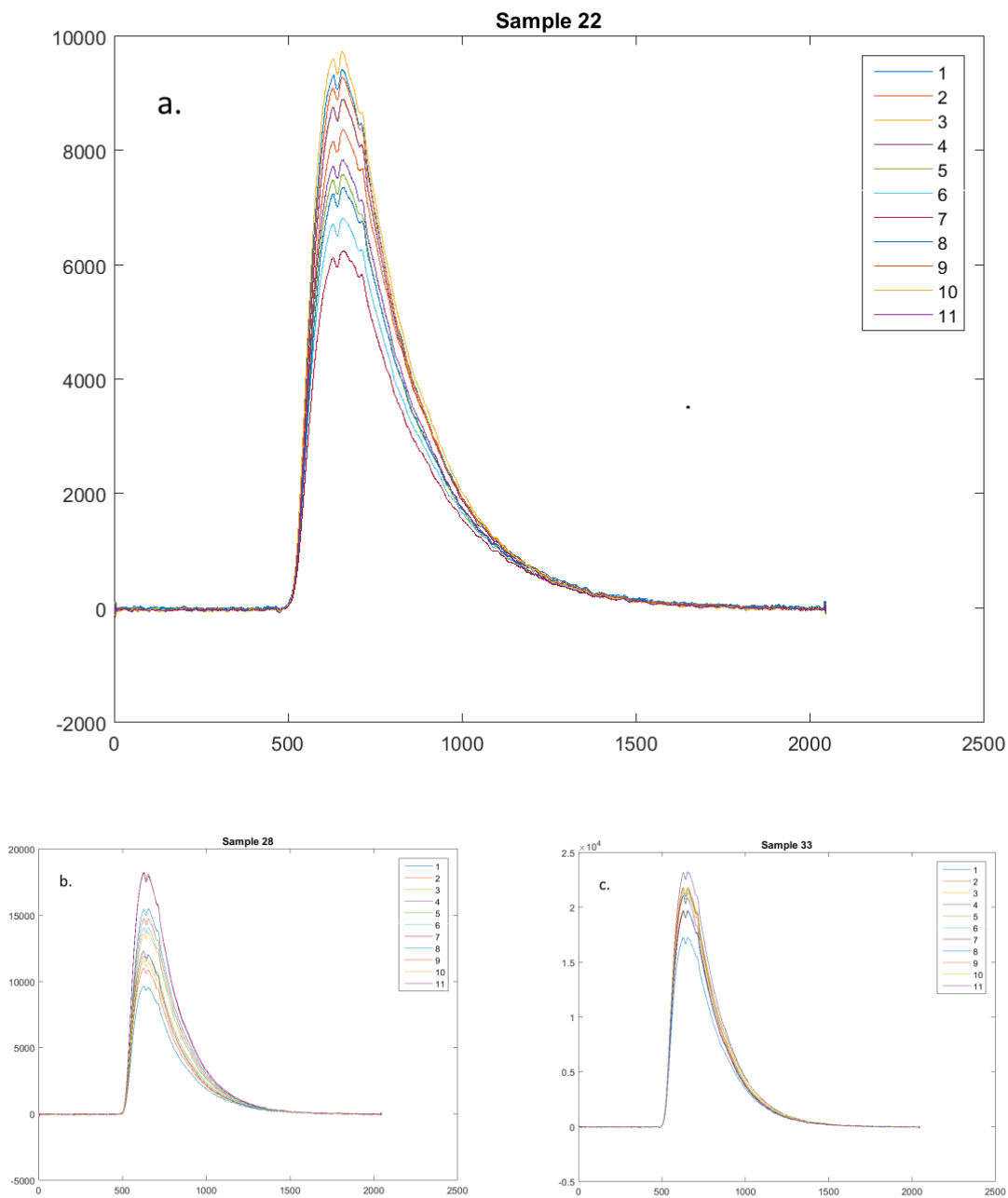
Kuva 24. Männyn sydänpuunäytteiden linjakohtaisten I_{max} keskiarvojen jakauma 1194 linjalle. I_{max} on haettu kunkin linjan 11 mittauspisteen keskiarvospektristä. Sydänpuunäytteet (199 kpl) olivat peräisin 12 lankusta.

Taulukko 3 Sydänpuukappaleiden UV-fluoresenssimittausten tulokset. Taulukossa on esitetty näytekappalekohtaisten fluoresenssin intensiteettimaksimien (I_{max}) kokonaiskeskiarvo sekä keskiarvot kolmeen ryhmään luokiteltuina. Fluoresenssin yksikkö on a.u. (arbitrary unit). Myös näytemäärät ja keskihajonnat on taulukoitu.

Näyte-erä, männyn sydänpuu	Näytemäärä	I_{max}	
		keskiarvo, a.u.	keskihajonta, a.u.
Ääripää 1: pienet fluoresenssit	48	10192	974
Keskimääräiset fluoresenssit	99	13734	1289
Ääripää 2: isot fluoresenssit	52	17988	2416
Kaikki näytteet	199	13991	3206



Kuva 25 Männyn sydänpuunäytteiden kappalekohtaisten (199 kpl) I_{max} keskiarvojen jakauma..



Kuva 26 Fluoresenssin intensiteettispektrien kuvaajia. Kussakin kuvassa on kyseisen sydänpuunäytteen yhden linjan kaikkien 11 mittauspisteen korjatut spektrit. a. sydänpuunäyte 8C4 (ääripää 1), b. sydänpuunäyte 5C5 (keskimääräisen fluoresenssin ryhmä) ja c. sydänpuunäyte 12C2 (ääripää 2). X-akselin asteikolla on spektrometrin kaistojen tunnuksat (1-2048). Kaistaväli 624 – 663 vastaa aallonpituusväliä 421 - 432 nm, jolle intensiteetin huippu sijoittuu. Y-akselilla on korjattu fluoresenssin intensiteetti.

Kaikki ääripäihin 1 ja 2 sisällytetyt näytekappaleet sekä osa keskimääräisen fluoresenssin omaavista näytteistä lähetettiin Kuopioon Itä-Suomen yliopistoon (UEF) puupinnan antibakteerisuuden tutkimista varten (työpaketti 2).

4.5 Koordinointi ja raportointi (TP 5)

4.5.1 Koordinointi ja aikataulu

Hanke eteni hyvin ja pysyi kohtuullisesti aikataulussa. Asioista sovittiin yhdessä, neljä etäpalaveria pidettiin kaikkien osapuolten kesken, lisäksi tarvittaessa pidettiin asianosaisten kesken esimerkiksi tulosten tarkastelua ja materiaaleista sopimista varten etäkokouksia. Lisäksi käytiin keskustelua Luken tutkijoiden ja puutuoteteollisuuden kanssa tulosten julkaisuun liittyvästä yhteistyöstä, sekä kokouksissa, että yksityisesti. Korona hieman viivästytti erityisesti UEF:n mikrobiologian laboratoriossa tehtävää työtä, koska laboratorio oli osan ajasta suljettuna. Tästä syystä bakteeriviljelyistä osa jäi tekemättä. Tutkimuksen suorittanut opiskelija siirtyi kesäkuun alusta kesätöihin, eikä näin ollen voinut jatkaa täysipäiväisesti enää laboratoriossa tehtävää työtä. Tekemättä jäivät kuitenkin rinnakkaisella menetelmällä tehtävät kokeet, joten kaikki puulajit ja molemmat bakteerikannat tulivat kuitenkin testattua.

4.5.2 Raportointi

Raportointi toteutettiin yhteistyössä, kukin omalta osaltaan ja Xamk kokosi raportin yhteen. Tuloksista on tarkoitus kirjoittaa vielä tieteellinen artikkeli, mutta sen kirjoittamiseen menee vielä aikaa projektin loppumisen jälkeen. Koulutusmateriaali on toteutettu pp-kalvoina, joita voi käyttää opetukseen erityisesti toisen asteen koulutuksessa. Kalvot laitetaan avoimesti jakoon ja toivotaan, että niitä kehitetään yhdessä puualan toimijoiden kanssa eteenpäin jatkossa. Tässä tehdään yhteistyötä Puutuoteteollisuuden kanssa, sekä muiden alan toimijoiden. Opetusmateriaalin sisältöön on koottu tämän projektin aihepiiriin lisäksi myös Luken Humiwood ja Wood for Good hankkeisiin, sekä yleistä puuhun ja hyvinvointiin liittyvää materiaalia.

Puun terveysvaikutuksiin liittyvä seminaari on tarkoitus järjestää 17.11.2020 Heurekassa, yhteistyössä puutuoteteollisuuden kanssa. Seminaariin tulee esitykset PuPu, Humiwood ja Wood for Good hankkeista, sekä muita samaan aihepiiriin liittyviä esityksiä.

5 Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

PuPu-hankkeessa on tuotettu merkittävästi tietoa puupinnan puhtauden tutkimukseen. Projektissa ei ratkaistu näitä asioita kerralla valmiiksi, mutta paljon hyvää tietoa saavutettiin liittyen erityisesti menetelmien soveltamiseen puupinnalle. Puhtauden tai puhdistettavuuden määritelmää ei ole selkeästi määritelty ja tutkimustulosten tulkinta on eri laitteilla erilainen. ATP – mittarien valmistajat antavat kukin omalle laitteelleen suositusarvot ja tästä syystä esimerkiksi vertailu eri laitteilla tehtyjen mittausten välillä suoraan on mahdotonta. Puhtauteen liittyy ainakin kolme eri määritelmää, mikrobien määrä pinnalla, lian määrä pinnalla ja se, näyttääkö pinta puhtaalta. Erityisen haastavaa on silmä määräinen arviointi ja esim. puun kohdalla pinnan värjäytymisen määrän arviointi. Vaikka värjäytyminen itsessään ei ole hygieeninen haittatekijä, koetaan se usein virheeksi pinnassa ja sen puhdistuksessa siivouksen näkökulmasta.

PuPu-hankkeen tulokset muodostavat pienen, mutta tärkeän palasen tietoa, kun pohditaan puupintojen soveltuvuutta erilaisiin sisätilojen pintoihin. Erityisesti koivun ominaisuuksia kannattaisi tutkia lisää, koska hankkeen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että myös koivulla on antibakteerisia ominaisuuksia. Näissä kokeissa koivun tulokset olivat hyvin lähellä männyn ja kuusen tuloksia mikrobiologisissa kokeissa. Koivu on yleinen materiaali esimerkiksi huonekaluissa ja siitä haihtuu vähemmän voimakkaasti tuoksuvia VOC-yhdisteitä, jolloin se soveltuu myös silloin, kun niitä halutaan välttää.

Pinnoitus parantaa pinnan puhdistettavuutta tilanteissa, joissa se likaantuu ja tahrat voivat imeytyä puun huokoiseen pintaan. Pinnoitus suojaa puupintaa myös puhdistuksen aiheuttamalta mekaaniselta rasitukselta. Orgaanisen lian saa paremmin poistettua, jos puu pintakäsitellään tarkoitukseen soveltuvalla pinnoitteella. Pinnoittamattomalla puulla on myös etunsa, siinä bakteerit kuolevat nopeammin. Tätä on kuitenkin tutkittu vain uusilla puupinnoilla ja lisää tutkimusta tarvittaisiin vanhojen puupintojen ominaisuuksien ymmärtämiseksi.

On merkittävää, että vaikeasti tutkittavaa asiaa on alettu tutkimaan. Hankkeessa saatiin aiheeseen liittyviä kiinnostavia tuloksia, mutta lisäksi saatiin hyvää pohjatietoa menetelmistä jatkotutkimuksia varten.

6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestinnän sisältö kattaa projektin tutkimustulokset ja niiden tulkintaa, sekä yleisemmin aihepiiristä koottua tietoa, erityisesti opetusmateriaaliin. Lyhyen projektin tutkimustulokset ovat määrällisesti rajalliset, ja sitä kautta haasteelliset kommunikoida kaikille ymmärrettävästi. Osa tuloksista on myös tietoa siitä, miten kokeet olisi kannattanut toteuttaa, jossa kohdeyleisö on eri kuin varsinaisia tuloksia raportoitaessa. Toisaalta tutkimusmenetelmien kehittäminen on pitkällä tähtäimellä erittäin tärkeää.

Kohderyhmänä viestinnälle oli toisaalta ”yleinen näkemys”, eli tavalliset ihmiset, toisaalta rakentajat ja arkkitehdit, jotka tekevät valintoja rakennusten materiaalien välillä. Poikkitieteellisenä hankkeena Puhdas Puu voi saavuttaa perinteistä yhden tutkimusalan syvällistä tutkimusta helpommin huomiota, koska tulokulma on toisaalta yllättävä (hygieeninen puupinta) ja toisaalta taas helposti lähestyttävä ja ymmärrettävä, kuten puupinta, joka on helppo pitää puhtaana.

Projektin aikana ehdittiin toteuttaa viestintätoimenpiteistä opetusmateriaalin tuotanto, joten vaikutusten arviointi on toistaiseksi hankalaa. Puun käyttö on kuitenkin nyt ajankohtaista, samoin hygieniä, joten tuloksista viestimisen pitäisi onnistua, jos materiaalit ovat hyvät. Puun hyvinvointivaikutuksiin liittyvä seminaari on tarkoitus pitää Heurekassa 17.11.2020. Riskinä siihen liittyen on mahdollinen koronaepidemian toinen aalto tai ihmisillä oleva huoli tartunnoista, jotka estäisivät mahdollisesti koko tilaisuuden järjestämisen tai ihmisten tulon paikalle. Hanketta oli tarkoitus esitellä UEF:n järjestämässä Karelia Symposium-seminaarissa Kuopiossa 21.4, mutta tapahtuma peruttiin korona-epidemian takia.

Tuloksia pyritään viestimään eri kanavissa kesän jälkeen. Koronatilanteen takia jouduttiin hakemaan lisää aikaa hankkeen toteutukseen. Koronarajoitusten takia kaikki koetulokset saatiin valmiiksi aivan hankkeen lopussa ja niiden analysointi voitiin aloittaa vasta tämän jälkeen. Tästä syystä tuloksia koskevia viestinnällisiä toimenpiteitä ei ehditty toteuttaa hankkeen aikana. Aihe on tutkimusryhmälle tärkeä, joten toimenpiteitä jatketaan. Tuloksia tullaan esittelemään myös hankkeen nettisivuilla (<https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/puhdas-puupinta/>).

Julkaisujen osalta voidaan todeta, että Xamk valmistelee hankkeesta artikkelin vuosittaisen metsä-, ympäristö- ja energiatutkimusta käsittelevään julkaisuun. Tieteellistä vertaisarvioitua julkaisua on myös suunniteltu, mutta prosessi on raportin kirjoitushetkellä vielä kesken.

7 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

PuPu-hanke oli perustutkimushanke, jonka tulokset ovat uutta tieteellistä tietoa. Niiden hyödynnettävyys jää pääosin tiedon käyttäjän varaan, tulosten perusteella voidaan esimerkiksi kehittää uusia ratkaisuja hygieenisyyttä vaativiin pintoihin. Toisaalta saavutetulla tiedolla on

markkinointiarvoa puualan yrityksille. Tuotettua tietoa hyödynnetään suunnitteilla olevassa Puutuoteteollisuuden kanssa yhteistyössä järjestettävässä seminaarissa Heurekassa.

Erityisen toivottavaa on kuitenkin, että hanketta seuraisi uusia tutkimushankkeita, joissa puupintoja ja niiden puhdistettavuutta tutkittaisiin edelleen hyödyntäen koesuunnitelman laatimisessa tästä projektista opittuja asioita. Pinnat ja niiden puhtaus, sekä pintojen kautta leviävät tartunnat ovat juuri nyt erittäin ajankohtaisia. Olisi tärkeää, että pintoja tutkittaisiin lisää ja tämän hankkeen tuloksia ja kokemuksia voidaan hyödyntää tutkimusten valmistelussa.

8 Talousraportti

Rahoitussuunnitelma toteutui pääosin suunnitellun mukaisesti. Työresurssit riittivät melko hyvin suunnitellun sisällön toteutuksen kannalta, tosin tulosten tulkintaan ja analysointiin käytettiin varmasti enemmän työaikaa kuin kukaan osallistujista etukäteen ajatteli. Kustannusten raportoinnissa oli joitain haasteita, koska usean toimijan hankkeessa maksatus tehdään keskitetysti hankkeen päätyttyä.

9 Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Puupintojen ja puun antibakteerisuuden tutkimuksen alalla on vielä paljon tutkittavaa. PuPu-hankkeen pohjalta seuraavat asiat vaativat lisää tutkimusta:

- Menetelmien käyttö ja soveltuvuus erityisesti puumateriaalin tutkimukseen
- Vanhentuneen puupinnan tutkiminen tai vanhojen käytössä olevien puupintojen tutkiminen
- Puhdistettavuuden määritelmän kirkastaminen siten, että puuta pystyttäisiin paremmin vertailemaan muihin materiaaleihin
- Puhdistettavuuden vaatimukset eri käyttökohteissa/ Säädökset ja standardit - kirjallisuustutkimus
- Tutkimukset todellisissa ympäristöissä, kuten vanhainkodeissa tai päiväkodeissa
- Tutkimusyhteistyö kansainvälisesti, liittyen yleisesti puun käyttöön sisätiloissa, puhtauteen ja puhdistettavuuteen

Yhteishankkeet useiden tahojen kesken tuotti uusia näkökulmia ja uusia yhteistyö ideoita. Tämänkin pohjalta on jo yksi hanke käynnistynyt. Yhteistyö eri yritysten välillä vaatii vaivannäköä, jotta sopeutetaan omat toimintatavat toisten kanssa yhteneviksi, mutta onnistuessaan on hyvin antoisaa. Usean erilaisen tutkimuslaitoksen yhteistyön koordinointiin on panostettava merkittävästi. Vaikeasti tutkittavien aiheiden tutkimussuunnitelman valmisteluun ei voi laittaa liikaa aikaa.

10 Johtopäätökset

Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Projektin tavoitteena oli tutkia pinnoitteiden vaikutusta puun antibakteerisuuteen ja puhdistettavuuteen. Lisäksi selvitettiin koivun ominaisuuksia suhteessa mäntyyn ja kuuseen, joiden antibakteerisia ominaisuuksia on enemmän tutkittu ja fluoresenssimittauksen mahdollisuuksia antibakteerisuuden arvioinnissa.

Tämän hankkeen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että pinnoitteet estävät puun antibakteerisen vaikutuksen, mutta tekevät pinnasta sileämmän ja näin orgaanisen lian saa siitä helpommin pois. Koivun ominaisuudet ovat hyvin samankaltaiset kuin männyn ja kuusenkin. Kaikilta pinnoittamattomilta puupinnoilta saatiin kerättyä vähemmän bakteereita verrattuna pinnoitettuihin pintoihin ja lasiin. Fluoresenssimenetelmän tuloksista ei näissä kokeissa ja näillä menetelmillä löytynyt

selvää korrelaatiota bakteerien määrään männyn sydänpuun pinnoilla, mutta fluoresenssimenetelmä sinänsä osoittautui toimivaksi myös isommille koekappaleille, joita tässä käytettiin.

Puu on haasteellinen pinta tutkittavaksi, koska se on huokoinen ja ominaisuuksiltaan hyvin vaihteleva, eikä tutkimusmenetelmiä ole valmiina juuri puupintojen tutkimista varten. Tässä hankkeessa käytetyt menetelmät toimivat osin erinomaisesti, toisaalta saatiin tietoa siitä, miten kokeet kannattaisi jatkossa toteuttaa.

Pintojen orgaanisen lian määrä korreloi huonosti pinnalta löytyvän mikrobikasvuston kanssa. Pintojen puhtauden määritelmä kaipaisikin lisää tutkimusta ja keskustelua siitä, mitä missäkin tilanteessa pinnoilta odotetaan. Mikrobien saaminen pinnoille hallittavissa määrissä, tavanomaisia olosuhteita mukaillen, osoittautui hankalaksi toteuttaa.

11 Viitteet

- Ak, N. O., Cliver, D. O., & Kaspar, C. W. (1994). Decontamination of plastic and wooden cutting boards for kitchen use. *Journal of Food Protection*. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-57.1.23>
- Dancer, S. J. (2008). Importance of the environment in meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* acquisition: the case for hospital cleaning. In *The Lancet Infectious Diseases*. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(07\)70241-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(07)70241-4)
- Himejima, M., Hobson, K. R., Otsuka, T., Wood, D. L., & Kubo, I. (1992). Antimicrobial terpenes from oleoresin of ponderosa pine tree *Pinus ponderosa*: A defense mechanism against microbial invasion. *Journal of Chemical Ecology*. <https://doi.org/10.1007/BF02751105>
- Kymäläinen, H. R., Määttä, J., Puumala, M., Kaustell, K. O., Mattila, T., Joutsen, B. L., Kuisma, R., Hurme, K. R., Uusi-Rauva, A., & Sjöberg, A. M. (2008). A laboratory study of the effect of coating on cleanability of concrete flooring for use in piggeries. *Biosystems Engineering*, 99(1), 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.002>
- Milling, A., Kehr, R., Wulf, A., & Smalla, K. (2005). The use of wood in practice - A hygienic risk? *Holz Als Roh - Und Werkstoff*. <https://doi.org/10.1007/s00107-005-0064-x>
- Milling, Annett, Kehr, R., Wulf, A., & Smalla, K. (2005). Survival of bacteria on wood and plastic particles: Dependence on wood species and environmental conditions. *Holzforschung*. <https://doi.org/10.1515/HF.2005.012>
- Plumed-Ferrer, C., Väkeväinen, K., Komulainen, H., Rautiainen, M., Smeds, A., Raitanen, J. E., Eklund, P., Willför, S., Alakomi, H. L., Saarela, M., & Von Wright, A. (2013). The antimicrobial effects of wood-associated polyphenols on food pathogens and spoilage organisms. *International Journal of Food Microbiology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.04.001>
- Söderberg, T. A., Gref, R., Holm, S., Elmros, T., & Hallmans, G. (1990). Antibacterial activity of rosin and resin acids in vitro. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*. <https://doi.org/10.3109/02844319009041279>
- Vainio-Kaila, T., Kyyhkynen, A., Rautkari, L., & Siitonen, A. (2015). Antibacterial effects of extracts of *pinus sylvestris* and *picea abies* against *staphylococcus aureus*, *enterococcus faecalis*, *escherichia coli*, and *streptococcus pneumoniae*. *BioResources*, 10(4). <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.7763-7771>
- Vainio-Kaila, T., Rautkari, L., Nordström, K., Närhi, M., Natri, O., & Kairi, M. (2013). Effect of extractives and thermal modification on antibacterial properties of Scots pine and Norway spruce. *International Wood Products Journal*. <https://doi.org/10.1179/2042645313Y.0000000038>
- Välimaa, A. L., Honkalampi-Hämäläinen, U., Pietarinen, S., Willför, S., Holmbom, B., & von Wright, A. (2007). Antimicrobial and cytotoxic knotwood extracts and related pure compounds and their effects on food-associated microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.031>
- Venäläinen, M., Harju, A., Kainulainen, P., Viitanen, H., & Nikulainen, H. (2003). Variation in the decay resistance and its relationship with other wood characteristics in old Scots pines. *Annals of Forest Science*, 60, 409–417. <https://doi.org/10.1051/forest:2003033>

LIITE 1

PuhdasPuu - siivoustaulukko

Käyttöönottopuhdistus suoritettu 24.1.2020 - liina kostutettu 25 ml 1 % KW yleispesuliuksella

Ylläpitosiivous - liina kostutettu 20 ml 0,2 % KW yleispesuliuksella

YLLÄPITOSIIVOUSTAULUKKO		
PVM	PUHDISTAJA	MUUTA HUOMIOITAVAA
27.1.	JT	
29.1.	JT	levyt siirretty
31.1.	JN	
3.2.	JT	
4.2.	JT	
6.2.	JT	
10.2.	MK	
11.2.	JT/PJ	Likaaminen
13.2.	PJ	
14.2.	JT	
17.2.	JT	
18.2.	JT/PJ	Likaaminen
21.2.	JT	
24.2.	PJ	
26.2.	PJ	
28.2.	PJ	
2.3.	JT/PJ	Likaaminen
4.3.	PJ	
6.3.	PJ	
9.3.	PJ	
10.3.	JT/PJ	Likaaminen
11.3.	PJ	
13.3.	JT	
16.3.	JT/PJ	Likaaminen
18.3.	PJ	
20.3.	PJ	
24.3.	JT	Päätösmittaus

Juha Takkunen, Johanna Nilimaa, Pirjo Jokinen, Mari Karhunen

LIITE 2

Luminometrysten mittausten tulokset

MV: Mänty vahattu

L: Lasi

A - mittaukset ennen likaamista

MA: Mänty maalattu

6: Kuusi

B - mittaukset likaamisen jälkeen

M: Mänty

ML: Mänty lakattu

MS: Männyän sydän puu

K: Koivu

1. Likaamis- ja mittauskerta

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
1A	7	4	3	1	4	3	4	1
1A	2	1	4	1	3	1	2	0
1A	3	4	6	2	6	1	1	8
1A	4	7	2	2	5	1	1	0
1A	0	3	2	3	4	2	1	2
ka.	3,2	3,8	3,4	1,8	4,4	1,6	1,8	2,2

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
1B	173	112	105	46	43	226	35	21
1B	35	130	96	44	29	77	38	107
1B	80	58	109	83	57	167	38	59
1B	87	38	89	100	86	93	63	53
1B	115	37	126	63	44	128	32	193
ka.	98	75	105	67,2	51,8	138,2	41,2	86,6

2. Likaamis- ja mittauskerta

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
2A	100	44	182	79	11	107	13	83
2A	38	14	60	124	8	40	6	88
2A	20	53	60	15	16	69	21	93
2A	57	70	49	37	14	77	29	40
2A	40	116	85	64	13	133	28	50
ka.	51	59,4	87,2	63,8	12,4	85,2	19,4	70,8

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
2B	12	50	54	25	2	82	28	41
2B	9	16	47	32	4	67	6	64
2B	16	9	30	53	4	100	16	122
2B	24	15	48	27	5	77	7	104
2B	11	21	45	74	5	87	4	91
ka.	14,4	22,2	44,8	42,2	4	82,6	12,2	84,4

3. Likaamis- ja mittauskerta

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
3A	28	8	69	44	1	48	2	49
3A	14	3	79	16	1	76	2	50
3A	19	2	51	41	2	64	2	29
3A	41	0	67	50	1	99	3	63
3A	11	4	30	37	5	88	1	60
	22,6	3,4	59,2	37,6	2	75	2	50,2

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
3B	21	53	92	34	79	70	41	46
3B	8	28	63	56	31	104	21	22
3B	7	56	59	74	49	76	24	78
3B	3	58	73	47	31	50	17	30
3B	13	49	65	61	77	27	33	69
	10,4	48,8	70,4	54,4	53,4	65,4	27,2	49

4. Likaamis- ja mittauskerta

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
4A	26	23	71	38	9	33	8	42
4A	47	16	75	54	3	101	5	68
4A	14	20	54	34	4	30	15	34
4A	16	25	59	64	1	34	10	76
4A	14	25	48	50	3	43	7	56
	23,4	21,8	61,4	48	4	48,2	9	55,2

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
4B	77	62	130	102	7	218	50	108
4B	126	48	133	78	11	87	52	86
4B	100	83	139	85	8	154	43	83
4B	80	44	116	91	10	58	62	135
4B	131	52	201	132	9	146	126	141
	102,8	57,8	143,8	97,6	9	132,6	66,6	110,6

5. Likaamis- ja mittauskerta

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
5A	60	18	82	64	0	106	32	77
5A	46	20	104	62	1	64	10	72
5A	75	15	54	53	1	62	19	111
5A	52	12	54	44	4	47	13	44
5A	45	13	68	57	1	74	16	66
	55,6	15,6	72,4	56	1,4	70,6	18	74

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
5B	45	4	72	100	3	164	17	103
5B	15	66	79	88	5	62	15	47
5B	45	59	164	58	0	74	14	86
5B	52	22	158	83	6	123	13	62
5B	46	54	135	110	4	158	17	100
	40,6	41	121,6	87,8	3,6	116,2	15,2	79,6

6. Mittauskerta, pelkkä puhdistus

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
6A	62	32	73	71	6	61	29	78
6A	57	34	77	64	4	66	32	85
6A	50	46	85	56	1	53	33	63
6A	59	34	63	71	2	47	27	94
6A	72	39	55	123	4	96	22	49
	60	37	70,6	77	3,4	64,6	60	73,8

	MV	MA	M	MS	L	6	ML	K
6B	17	18	59	33	2	67	18	48
6B	25	16	49	52	1	74	9	50
6B	41	17	122	61	0	48	17	121
6B	27	17	53	82	9	38	8	34
6B	19	20	32	65	1	65	23	62
	25,8	17,6	63	58,6	2,6	58,4	15	63