

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikka / puutuotteiden jatkojalostus ja yritystoiminta

Heidi Liekkinen

STANDARDIEN EN84 JA EN113 MUKAAN TESTATUN VESILASIKYLLÄSTETYN MÄNNYN PAINOHÄVIÖ JA PURISTUSLUJUUS

Opinnäytetyö 2009

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikan koulutusohjelma

LIEKKINEN, HEIDI

Standardien EN 84 ja EN 113 mukaan testatun vesilasikyllästetyn männyn painohäviö ja puristuslujuus

Opinnäytetyö

31 sivua + 9 liitesivua

Opinnäytetyön ohjaaja

Maa- ja metsätaloustieteiden tohtori Hannu Boren

Toimeksiantaja

Stora Enso

Helmikuu 2010

Avainsanat

vesilasikyllästys, puun lahoaminen, puristuslujuus, painohäviö, standardi EN 84, standardi EN113

Työn tavoitteena oli tutkia painohäviön ja puristuslujuuden suhdetta vesilasikyllästyillä ja käsittelemättömillä kappaleilla, jotka on testattu standardien EN84 ja EN113 mukaisesti. Työ kohdistui puristuslujuuksien määrittämiseen sekä niiden vertailuun painohäviöön ja tulosten analysointiin. Vesilasikyllästettyjä kappaleita verrattiin käsittelemättömiin kappaleisiin.

Puristuslujuudet testattiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Mussalon laboratorion TIRA-aineenkoestuskoneella. Saaduista murtovoima-arvoista laskettiin jokaiselle kappaleelle puristuslujuus ja kappaleiden kosteudet määritettiin kuivakaappimenetelmällä.

Painohäviön ja puristuslujuuden suhde on merkittävä. Suuresta painohäviöstä kärsineillä kappaleilla puristuslujuus laski jyrkästi. Vastaavasti pienen painohäviön kokeet kappaleet kestivät puristusta hyvin. Sekä painohäviö että puristuslujuus kertoivat siis vesilasikyllästeen antamasta hyvästä lahonsuojasta.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Wood Technology

LIEKKINEN, HEIDI

The Weight Loss and Compression Strength of Water  
Impregnated Wood Tested with Standard EN 84 and Stan-  
dard En 113

Bachelor's Thesis

31 pages + 9 pages of appendices

Supervisor

Hannu Boren, DSc

Commissioned by

Stora Enso

May 2010

Keywords

water-glass, impregnation, decaying of wood, compression  
strength, weight loss, standard EN 84, standard EN 113

The target of this research was to determine the correlation between the weight loss and compression strength of water-glass impregnated, rotted wood. This work focused on determining the compression strength and comparing it to the weight loss, and analyzing the results. The water-glass impregnated samples were compared with untreated wood.

The compression strengths were measured with a TIRA strength tester at the laboratory of the university in Mussalo. The compression strength for every sample was calculated from the breaking force shown by the machine, and the moisture values were determined with the drying oven method.

The correlation between compression strength and weight loss is significant. The samples that had great weight loss had very little compression strength. Similarly, the samples that had little weight loss had high compression strength. So both weight loss and compression strength show the efficiency of the impregnant against rot.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Puun lahoaminen.....	6
1.2	Lujuusominaisuuksiin vaikuttavat tekijät .....	7
1.3	Painohäviö.....	8
1.4	Puristuslujuuskoe .....	9
1.5	Vesilasi kyllästeenä.....	9
2	TAVOITTEET .....	10
3	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	10
3.1	Kuivaus ja tasaannutus.....	11
3.2	EN84 -liotuskoe .....	12
3.3	EN113 -lahotuskoe.....	12
4	TULOKSET .....	13
4.1	Oligoporus placenta .....	13
4.2	Coniophora puteana .....	15
4.3	Coriolus versicolor.....	17
4.4	Gloeophyllum trabeum .....	19
4.5	Painohäviön ja puristuslujuuden suhde.....	21
4.6	Jäämän ja painohäviön suhde.....	24
4.7	Jäämän ja puristuslujuuden suhde.....	25
4.8	Kosteuden ja puristuslujuuden suhde.....	26
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	27
6	POHDINTA .....	27
6.1	Virhelähteet .....	27
6.2	Johtopäätökset.....	28
6.3	Jatkotutkimustarpeet .....	29
7	LÄHTEET.....	31

## Liitteet

- Liite 1. *Oligoporus placenta* -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.
- Liite 2. *Coniophora puteana* -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.
- Liite 3. *Coriolus versicolor* -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.
- Liite 4. *Gloeophyllum trabeum* -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.
- Liite 5. Korjauskerroin -kappaleiden mittaustulokset.
- Liite 6. Lahottamattomien vertailukappaleiden mittaustulokset.
- Liite 7. Kuvien 10 ja 11 mittaustulokset.
- Liite 8. Aikajana tutkimuksen kulusta kaikkien koekappaleluokkien suhteen.
- Liite 9. Kaikkien koekappaleluokkien keskiarvot ja -hajonnat.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Puun lahoaminen

Laholla tarkoitetaan lahottajasienen biologisesti muuttamaa puuta, lahottajalla taas lahoavaa sientä. Puusolukosta suurin osa on kuolleita, pitkänomaisia kuitumaisia soluja. Niiden soluseinä koostuu selluloosasta, hemiselluloosasta, ligniinistä ja uuteaineista (1). Puun lahottajat jaetaan usein entsyymaattisen aktiivisuuden ja hajotuskyvyn mukaisesti kahteen ryhmään. Ryhmään 1 kuuluvat sienet, jotka käyttävät hyväkseen kuolleen kasvisolun sisältöä, mutta eivät hajota puusolun lignifioitunutta soluseinää. Näihin kuuluvat homeet ja sinistäjä sienet. Ryhmään 2 kuuluvat lignifioitunutta soluseinää hyödyntävät mikrobit. Rusko- ja valkolahosienet ovat ryhmän 2 tehokkaimpia hajottajia. Katkolahosienet ovat hitaampia, mutta toimivat myös ääriolosuhteissa. Valkolahosienten hajottaessa puuta selluloosa ja ligniini hajoavat, jolloin jäljelle jäävä jäännös on pehmeää ja valkoista. Ruskolahosienet käyttävät ravintonaan pääasiallisesti selluloosaa ja jättävät jäljelle kovempaa, muuttunutta ja hapettunutta ligniiniä, mikä antaa jäännökselle ruskean värin. Ruskolahosieniä tavataan yleensä havupuissa, valkolahosieniä lehtipuissa. (2,309.)

Sienet ovat yleensä rihmamaisia ja kasvavat ainoastaan kärjistään, kärjen erittämien aineiden hajottaessa soluseinämän rakenteen. Sienirihma haarautuu kasvaessaan, mistä muodostuu verkkomainen sienirihmasto. Rihmamaisten sienten kasvu on jatkuvaa niin kauan, kun ravintoainesta on saatavilla. Laajan rihmastonsa ansiosta sienillä on kyky käyttää tehokkaasti hyväkseen ympäristössään olevia orgaanisia yhdisteitä. Puusolussa olevien huokosten kautta lahosienet etenevät solusta toiseen. Soluun tunkeututtuaan sieni valtaa koko soluontelon ja aiheuttaa sisältäpäin solun seinän eroosiota. (2,309.)

Katkolahosienet joko tunkeutuvat soluontelosta soluseinämään ja haarautuvat siellä, tai tuhoavat seinämää entsyymaattisesti soluontelosta. Ensin mainittu katkolaho näkyy onkaloina seinämässä, ja myöhemmin koko puu on haurastunut. Katkolahosienet voivat toimia sekä äärimmäisen kosteissa että äärimmäisen kuivissa oloissa.

Ruskolahosienet aiheuttavat pääasiassa kutistumislahoa, joka ilmenee tasaisesti koko puussa ja on väriltään ruskea. *Kuivuessaan puu halkeaa säteen, tangentin ja pituuden suunnissa hiiltynyttä puuta muistuttaviksi kutistuneiksi kuutioiksi* (2, 311). Valkolahosienet aiheuttavat korroosio- eli syövytyslahoa sekä valkolahoa. Korroosiolahoa kutsutaan myös reikälähoksi sen epätasaisuuden vuoksi. Katkolahosienet aiheuttavat katkolahoa, jossa makroskooppisesti arvioiden puu on kovaa ja terveen kaltaista. Se kuitenkin katkeaa helposti kohtisuoraan syitä vastaan ja muodostaa usein sileitä pintoja. (2, 311.)

Laho alentaa puun lujuutta merkittävästi. Lujuuden aleneminen on voimakkainta lahoamisen alkuvaiheessa, ja se alenee nopeammin kuin massan menetys edellyttäisi. Laho huonontaa myös puun ulkonäköä. Laboratoriossa lahoasteen määrittämiseen käytetään tavallisesti vedettömän puun massan vähenemistä. Kyllästäminen parantaa lahonkestoja tekemällä puun ravinnoksi kelpaamattomaksi. Myös korkeassa lämpötilassa tehty lämpökäsittely parantaa lahonkesto-ominaisuuksia. (2, 309, 315.)

## **1.2 Lujuusominaisuuksiin vaikuttavat tekijät**

Testattavan kappaleen koko vaikuttaa testaustuloksiin: mitä suurempi koekappale on, sitä alhaisempi on sen lujuus. Ilmiötä selitetään heikkojen kohtien sattumisen todennäköisyydellä (Weibullin teoria): mitä suurempi kappale on, sitä todennäköisemmin siihen sattuu heikko kohta. Pienemmät koekappaleet ovat siis lujempia kuin saman puulajin suuremmat kappaleet. (2, 217.)

Tiheys vaikuttaa yleensä eniten puun lujuusominaisuuksiin, jopa siinä määrin, että lujuusominaisuuksia pystytään ennustamaan melko hyvin pelkän tiheyden avulla. Myös vuosiluston paksuus on huomattava tekijä puun lujuusominaisuuksia tarkasteltaessa: mitä ohuempia ovat vuosilustot, sitä korkeampia ovat yleensä lujuusominaisuudet. Tämän voi selittää heikomman kevätpuun suurempi määrä: mitä paksummat vuosilustot ovat, sitä enemmän niissä on kevätpuuta. Puun anatominen rakenne voi myös vaikuttaa lujuusominaisuuksiin niin, että usein puristuslujuus nousee, kun puun ligniini-pitoisuus kasvaa. (2, 218.)

Eräs lujuusominaisuuksiin suuresti vaikuttava tekijä on kosteus. Puristuslujuus ja taivutuslujuus muuttuvat huomattavasti kosteuden muuttuessa. Useimmat lujuusominaisuudet ovat suurimmillaan puun ollessa absoluuttisen kuivaa. Lämpötila vaikuttaa lujuusominaisuuksiin siten, että lämpötilan alentuessa lujuusominaisuudet kasvavat. Kosteudella ja lämpötilalla on tavanomaisissa kuivausolosuhteissa suuri yhteisvaikutus: kosteuden lisääntyessä lämpötilan vaikutus kohoaa. Lujuuskokeissa tulokset saattavat riippua käytetystä kuormitusnopeudesta sekä myös syiden suunnasta. Koekappaleiden tulisivatkin olla suorasyisiä. (2, 220.)

### 1.3 Painohäviö

Painohäviön avulla tutkitaan lahotuksen vaikutusta kyllästettyyn puuhun. Painohäviö lasketaan ilmoittamalla painon vähentyminen prosentteina alkuperäisestä kuivamassasta kaavalla 1.

$$(m_0 - m_3) / (m_0),$$

missä

$m_0$  = alkuperäinen kuivamassa

$m_3$  = lopullinen kuivamassa.

(1)

Korjausarvo (C), eli keskimääräinen painohäviöprosentti, lasketaan kyllästetyistä tarkistuskappaleista ( $e_3$ ). Saatu arvo C vähennetään kyllästetyn kappaleen ( $e_1$ ) prosentuaalisesta painohäviöstä, jolloin saadaan korjattu painohäviö ( $e_1 - C$ ). Korjattu painohäviö lasketaan sekä kyllästetyistä koekappaleista että verrantokappaleista ( $e_2$ ). Väkevämällä kyllästysliuoksilla saattaa esiintyä negatiivista korjauskerrointa, joka tarkoittaisi painon nousua. Tämä saattaa johtua kyllästeen hyvästä tunkeumasta.



Standardin EN 113 mukaan kyllästeen puulle antama suoja on riittävä, jos

- koekappaleiden korjattu painohäviö ( $e_1-C$ ) on vähemmän kuin 3,0 % (m/m) niiden alkuperäisestä kuivamassasta ja
- enintään yhden koekappaleen painohäviö on suurempi kuin 3,0 % (m/m), mutta pienempi kuin 5,0 % (m/m) riippumatta kelvollisten verrantokappaleiden määrästä.

## 1.4 Puristuslujuuskoe

Mekaanisella lujuudella tarkoitetaan kappaleen kykyä vastustaa ulkoisia voimia, jotka pyrkivät muuttamaan sitä. Jos voimien lakattua kappaleen aikaisempi tila palautuu, aine on kimmoisaa eli elastista. Puu on kimmoisaa tiettyyn rajaan saakka (kimmoraja), minkä jälkeen ollaan pysyvän muodonmuutoksen alueella, kunnes kappale murtuu. Puristusvoima on voima, jonka kappale kestää puristusta murtumatta. Kun kappale murtuu, on saavutettu murtoraja. Murtorajasta lasketaan kappaleen puristuslujuus kaavalla 2.

$$F_{\max} / a,$$

missä

$F_{\max}$  = murtovoima (N)

$a$  = kappaleen poikkipinta-ala ( $\text{mm}^2$ ). (2)

Jos esimerkiksi kappale murtuu jo ennen puristuksen aloittamista, kappaleen puristuslujuus on  $0 \text{ N/mm}^2$ .

## 1.5 Vesilasi kyllästeenä

Vesilasi eli natriumsilikaatti koostuu piioksidista ja natriumoksidista, ja se on terveydelle ja ympäristölle vaaraton kylläste. Vesilasin käyttäytymiseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat muun muassa kuiva-ainepitoisuus, viskositeetti, pH (riippuu piioksidin ja natriumoksidin moolisuhteesta) sekä tiheys. Kovettimena käytetyt pienet happomäärät

muuttuvat reaktiossa suoloiksi, jotka sitoutuvat kiihdyttimenä käytetyn suolan ohella vesilasiin muuttuen pysyviksi yhdisteiksi, joten menetelmä on ympäristökuormitukseen hyvin pieni. (3.)

Vesilasin käyttöä kyllästeenä on tutkittu paljon. Tähän asti ongelmana on ollut saada riittävä määrä liukenematonta vesilasia puun sisään väkevillä liuoksilla, mutta uudella kyllästysmenetelmällä on onnistuttu saamaan aikaan riittävä tunkeuma. Vesilasin käytöllä saavutetaan muun muassa hyvät kulutuksen-, palon- ja kosteudenkest ominaisuudet, joten se soveltuu hyvin sekä sisä- että ulkorakenteisiin. (4.)

Vesilasi myös vähentää kosteuden imeytymistä, lisää puun kovuutta ja suojaa pieneliöiltä, joten se vähentää homehtumisriskiä. Kyllästyksessä puun lujuusominaisuudet pysyvät likimain samana, ja tietyt lujuusominaisuudet saattavat jopa nousta. Terveydelle vaaraton vesilasi on mainio vaihtoehto perinteisille CCA- ja CC-kyllästeille, joilla on erinäisiä ympäristölle ja terveydelle haitallisia ominaisuuksia. (5.)

## 2 TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia painohäviön ja puristuslujuuden suhdetta vesilasikyllästetyillä ja käsittelemättömillä kappaleilla, jotka oli testattu standardien EN84 ja EN113 mukaisesti. Lisäksi vertailtiin standardien EN84 ja EN113 mukaan testattujen kappaleiden puristuslujuuksia kappaleisiin, joita ei ollut testattu kyseisten standardien mukaisesti.

Painohäviötä ja puristuslujuutta tutkittiin neljällä eri sienellä, joiden tuloksia voidaan verrata toisiinsa. Lisäksi tutkittiin jäämän ja kosteuden vaikutusta painohäviöön ja puristuslujuuteen.

## 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa kyllästetyt, lahotetut ja painohäviön avulla arvioidut koekappaleet testattiin vielä puristuslujuuskokeella, jotta nähtäisiin, ovatko tutkimustulokset

samansuuntaisia. Koekappaleet oli valmistettu ja kyllästetty Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratoriossa, ja EN84 - sekä EN113 -kokeet oli suoritettu Mikkelin ammattikorkeakoulussa, josta ne lähetettiin takaisin Kymenlaakson ammattikorkeakoululle.

Raaka-aineena oli käytetty virheetöntä männyn pintapuuta. Koekappaleet oli tutkittu ja mitattu Mikkelissä ja niille oli laskettu standardin mukaiset painohäviöt, joiden avulla oli arvioitu kyllästyksen ja lahotuksen lujudelle aiheuttamia muutoksia. Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa koekappaleille suoritettiin vielä puristuslujuustesti, jonka tuloksia sitten verrattiin painohäviöihin.

Liitteessä 8 on esitetty kaikkien koekappaleluokkien läpikäymä prosessi, josta selviää, mitä kokeita kappaleille on tehty ja mitkä testit vaikuttavat tuloksiin. Koekappaleluokka ”korjauskerroin” tarkoittaa koekappaleita, jotka on kyllästetty ja niille on tehty muuten samat testaukset kuin kyllästetyille ja lahotetuille, mutta niitä ei ole altistettu lahottavalle sienelle. Korjauskerroinkappaleet on pidetty samanlaisissa astioissa kuin standardien mukaan testatut koekappaleet.

### **3.1 Kuivaus ja tasaannutus**

Käsittelyn jälkeen koekappaleille suoritettiin kuivaus ja tasaannutus standardin EN113 mukaisesti ennen vanhennuskoetta. Käsittelyn jälkeen kappaleet aseteltiin erillisiin kannellisiin astioihin, niin etteivät ne koskettaneet toisiaan. Eri käsittelyn saaneet koekappaleet asetettiin eri astioihin. Astiat asetettiin olosuhdekaappiin (20 °C RH 65 %). Ensimmäisen viikon ajan astioiden kannet pidettiin suljettuina, toisella viikolla kansia avattiin asteittain ja kaksi viimeistä viikkoa astioiden kannet jätettiin kokonaan auki. Koko neljän viikon ajan koekappaleita käännettiin kahdesti viikossa, ja niille suoritettiin punnituksia ja dimensiomittauksia.

### **3.2 EN84 -liotuskoe**

Standardin EN84 mukainen niin sanottu vanhennuskoe tehtiin liottamalla. Koekappaleet kyllästettiin alipaineessa puhtaalla laboratoriovedellä ja niitä liotettiin astioissa 14 vuorokautta, jonka aikana vesi vaihdettiin 9 kertaa. Sen jälkeen koekappaleita tasaannutettiin olosuhteissa 20 °C ja RH 65 % vähintään 2 viikkoa. Tasaannutus oli valmis, kun koekappaleiden paino ei enää muuttunut. Koekappaleille tehtiin punnitus- ja dimensiomittauksia neljä kertaa tasaannutuksen ja liotuskokeen aikana.

### **3.3 EN113 -lahotuskoe**

Standardin EN113 mukaisella lahotuskokeella arvioidaan puunsuoja-aineen kestävyyttä lahottajasieneä vastaan. Testin avulla voidaan määrittää, millä menetelmällä kyllästetty puu on riittävästi suojattu. Standardin mukaiset pakolliset lahottajasienet ovat *Coniophora puteana* ja *Coriolus versicolor* sekä kaksi vapaavalintaista lahottajasieneä. Kokeessa käytetty raaka-aine oli tarkkaan valittua, eikä siinä saanut olla vikoja. Muun muassa halkeamat, laho ja toukanreiät ovat kiellettyjä. Koekappaleiden koko oli 25x15x50 mm, ja ne oli numeroitu juoksevasti, niin että tiedettiin tarkkaan mistä kohdasta puuta ne ovat. Koekappaleille tehtiin dimensio- ja painomittauksia läpi koko testin, sekä ennen kyllästystä että sen jälkeen, jotta muutokset tiedettäisiin. Standardin mukaisesti lahotuksen vaikutuksia tutkitaan painohäviön avulla.

EN84 -liotuksen jälkeen koekappaleille tehtiin EN113 -standardin mukainen lahotuskoe. Ennen lahottajasieneille altistusta koekappaleet tuli steriloida. Sterilointi oli kaksivaiheinen, 120 °C:n höyryllä. Varsinaisen lahotuksen kesto oli 16 viikkoa. Kokeessa on käytetty neljää eri lahottajasieneä:

- *Oligoporus placenta*
- *Coniophora puteana*
- *Coriolus versicolor*
- *Gloeophyllum trabeum*.

## 4 TULOKSET

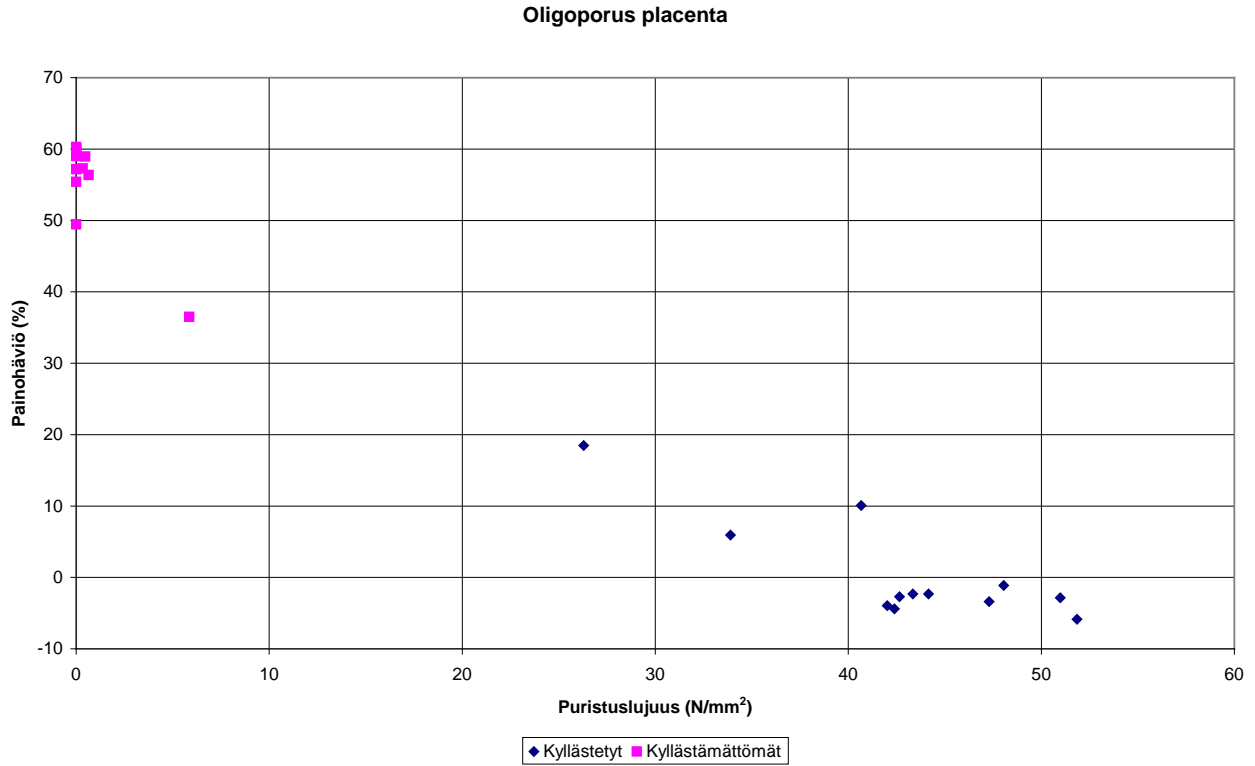
### 4.1 *Oligoporus placenta*

Oligoporus placenta -sienellä lahotettujen koekappaleiden tulosten tarkastelussa (kuva 1) voidaan huomata, että sekä painohäviön että puristuslujuuskokeen mukaan kyllästys vähentää lahotuksen vaikutusta. Kyllästetyillä koekappaleilla lujuus säilyy huomattavasti parempana kuin kyllästämättömillä verrantokappaleilla. Kyllästämättömät koekappaleet menettävät suuren osan painostaan, kun taas kyllästetyillä koekappaleilla painohäviö on jopa negatiivista, mikä siis saattaa kertoa kyllästeen hyvästä tunkeumasta. Vastaavasti puristuslujuus on kyllästetyillä koekappaleilla suuri ja kyllästämättömillä pieni, jopa olematon.

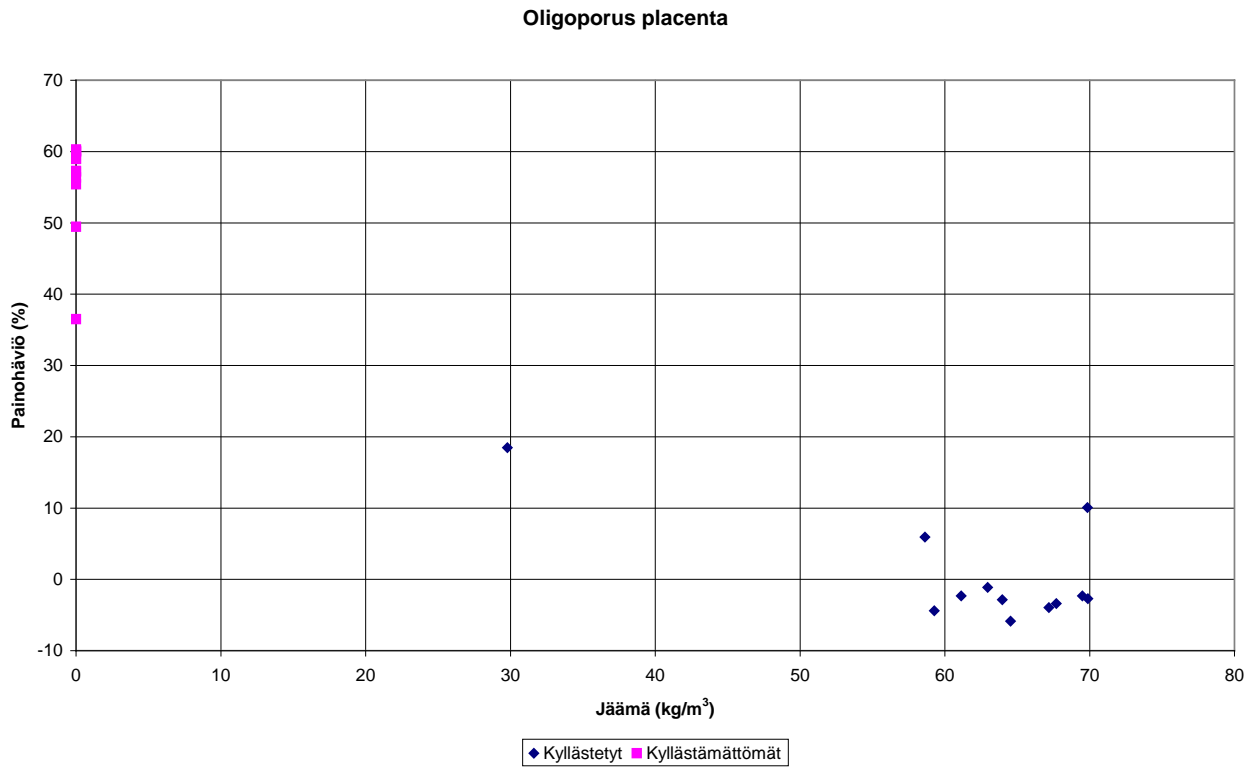
Kuvassa 1 on yksi kyllästetty koekappale, jonka puristuslujuus on huonompi kuin muiden koekappaleiden, ja jonka painohäviö on hieman suurempi kuin muiden. Tämä selittyy sillä, että koekappaleen jäämä (kuva 2) on pienempi kuin muilla kyllästetyillä koekappaleilla. Se ei siis ole saanut yhtä hyvää suojaa lahoa vastaan.

Tarkasteltaessa jäämän suhdetta painohäviöön (kuva 2) voidaan kyllästetyillä kappaleilla todeta, että kun jäämä on suurempi, on painohäviö pienempi. Voidaan siis todeta, että mitä parempi vesilasijäämä on, sitä pienempi on painohäviö.

Liitteessä 1 on taulukoitu kyllästyksen tarkat mittaustulokset, painohäviön laskelmat sekä puristuslujuustestin tulokset tälle sienelle.



Kuva 1. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden puristuslujuuksien suhde korjaamattomaan painohäviöön (Oligoporus placenta)



Kuva 2. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden jäämien suhde korjaamattomaan painohäviöön (Oligoporus placenta)

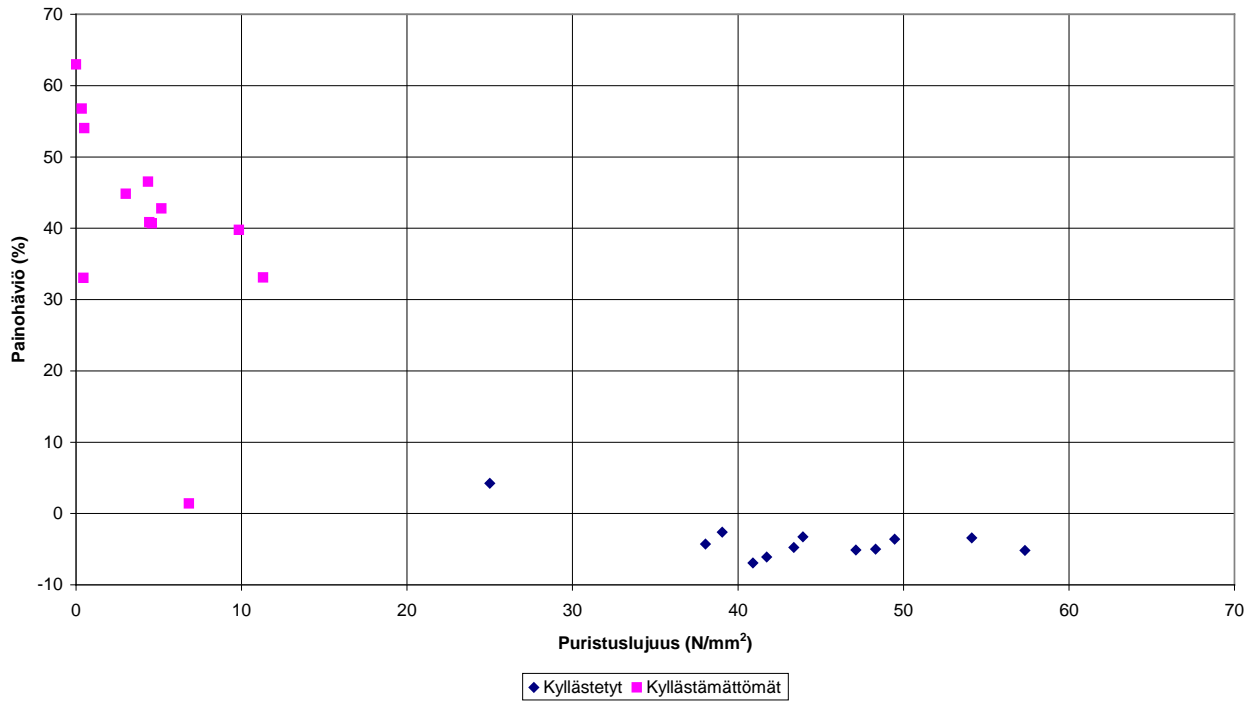
## 4.2 *Coniophora puteana*

Kyllästys lisää *Coniophora puteana* -sienellä lahotettujen koekappaleiden lujuutta (kuva 3). Siinä missä kyllästäättömät verrantokappaleet ovat puristuslujuudeltaan heikkoa, kyllästetyillä koekappaleilla puristuslujuus on huomattavasti suurempi. Myös painohäviö kertoo samaa: kyllästäättömillä kappaleilla se on huomattavasti suurempi kuin kyllästetyillä. *Oligoporus placenta* -sieneen verrattuna *Coniophora puteana* ei vaikuttaisi lahoittavan koekappaleita aivan niin paljon, sillä kyllästäättömillä koekappaleilla painohäviö ei ole yhtä suurta.

Tarkasteltaessa jäämän suhdetta painohäviöön (kuva 4) voidaan huomata, että kun vesilasijäämä koekappaleessa on suuri, on painohäviö pienempi. Kuvassa nähdään yksi koekappale, jolla jäämä on pienempi kuin muilla ja jonka painohäviö on hieman suurempi. Tällä koekappaleella myös puristuslujuus on muita heikompi (kuva 3).

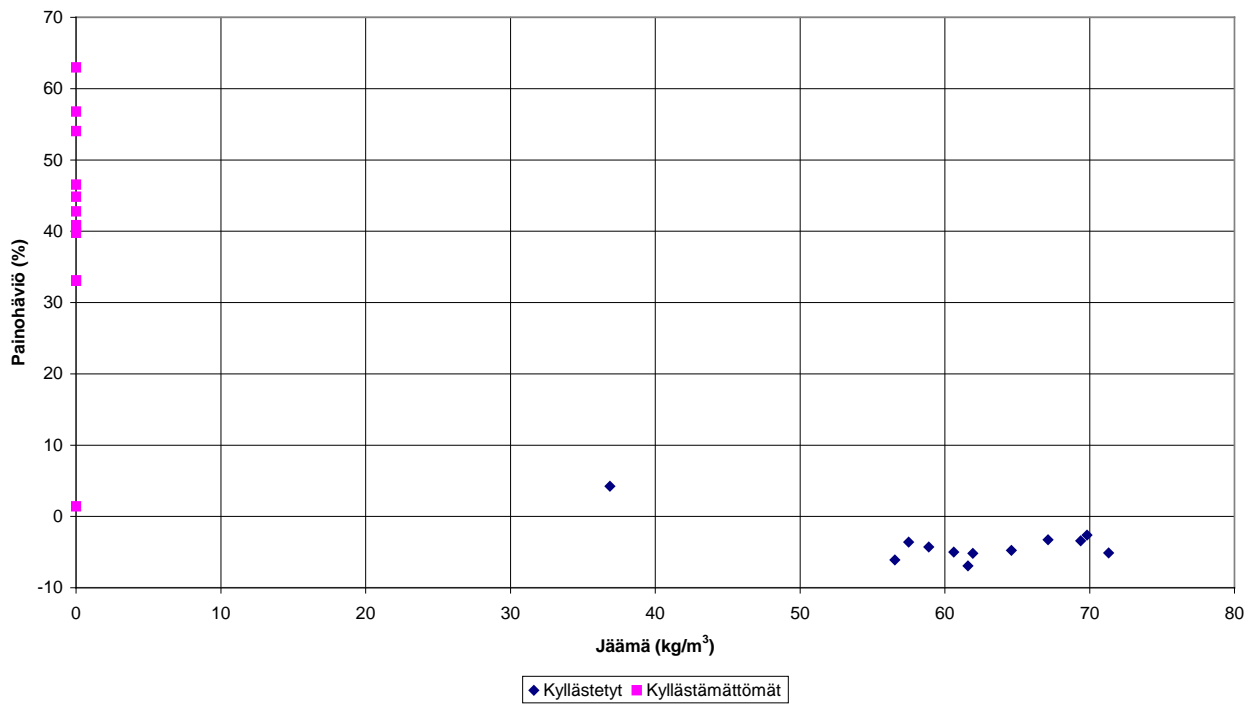
*Coniophora puteana* tarkat kyllästystulokset, painohäviölaskelmat sekä puristuslujuustestin tulokset on esitetty liitteessä 2.

## Coniophora puteana



Kuva 3. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden puristuslujuuksien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Coniophora puteana*)

## Coniophora puteana



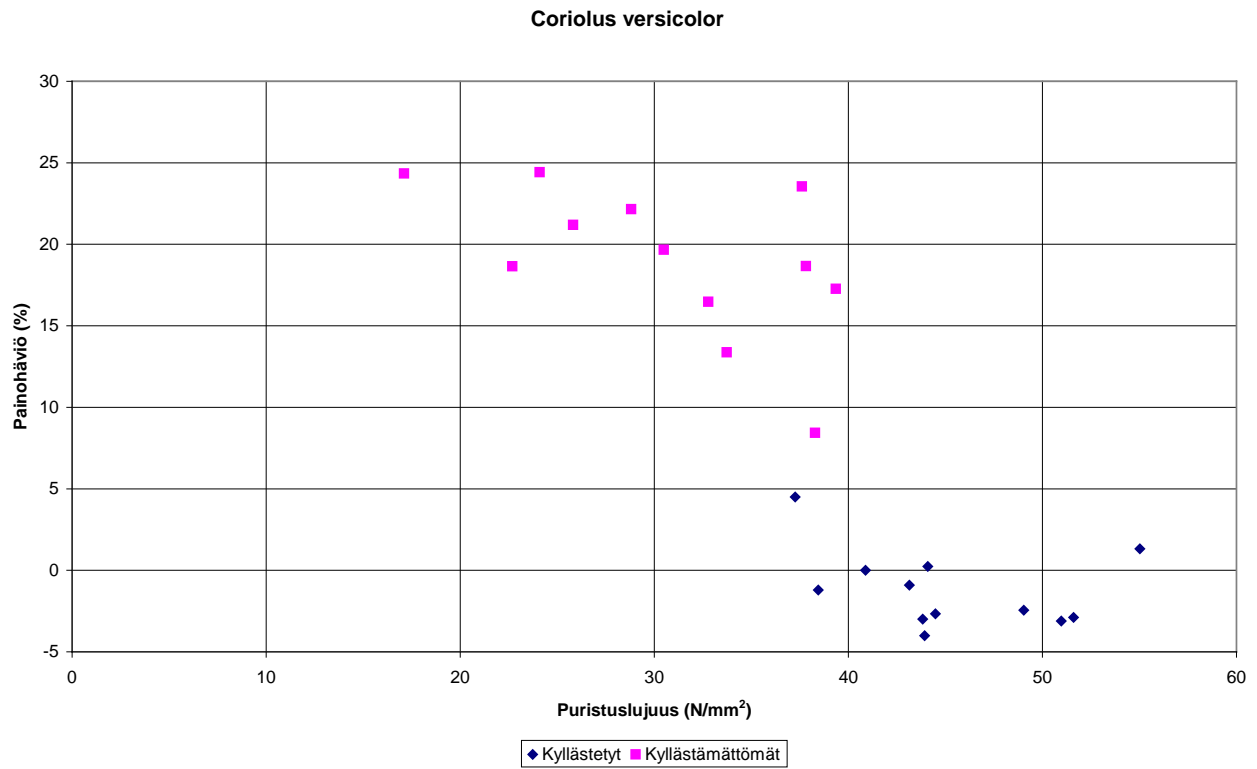
Kuva 4. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden jäämien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Coniophora puteana*)



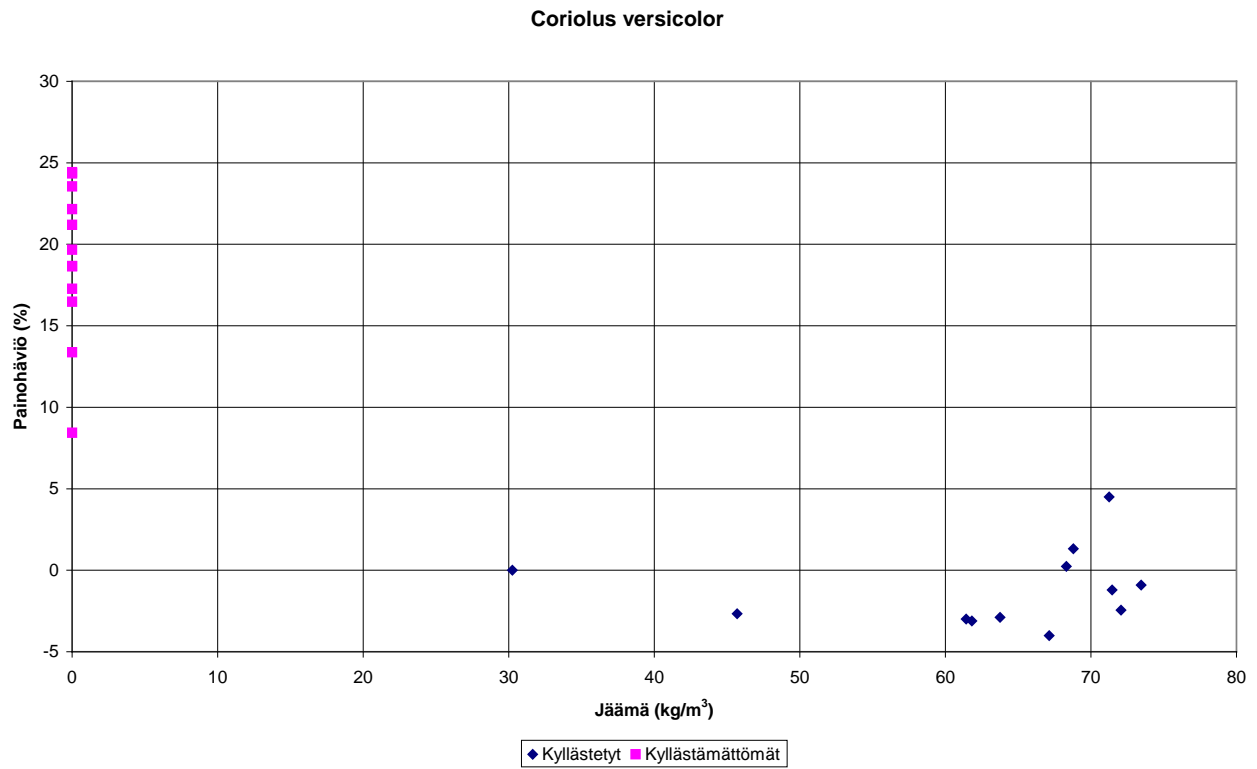
### **4.3 *Coriolus versicolor***

Kuvasta 5 voidaan huomata, että *Coriolus versicolor* -sieni ei lahota koekappaleita niin paljon kuin muut sienet. Kyllästämättömillä koekappaleilla painohäviö ei ole niin suurta, eikä puristuslujuus heikkene yhtä paljon. Silti kyllästetyt kappaleet ovat lujuudeltaan parempia kuin kyllästämättömät, eli kyllästys vähentää sienen vaikutusta. Vaikka kyllästämättömillä koekappaleilla on suurempi lujuus kuin muiden sienien lahoittamilla kappaleilla, ovat kyllästetyt siltikin kestävämpiä. Kyllästetyillä painohäviö on jopa negatiivista, ja puristuslujuus on korkeampi.

Vastaavasti tarkasteltaessa painohäviön ja jäämän suhdetta (kuva 6) huomataan, että vesilasijäämän ollessa koekappaleessa suurempi on sen painohäviö pienempi ja täten puristuslujuus korkeampi. Tarkat kyllästystulokset, ainemäärä ja painohäviölaskelmat sekä puristuslujuustestin tulokset tälle sienelle on esitetty liitteessä 3.



Kuva 5. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden puristuslujuuksien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Coriolus versicolor*)



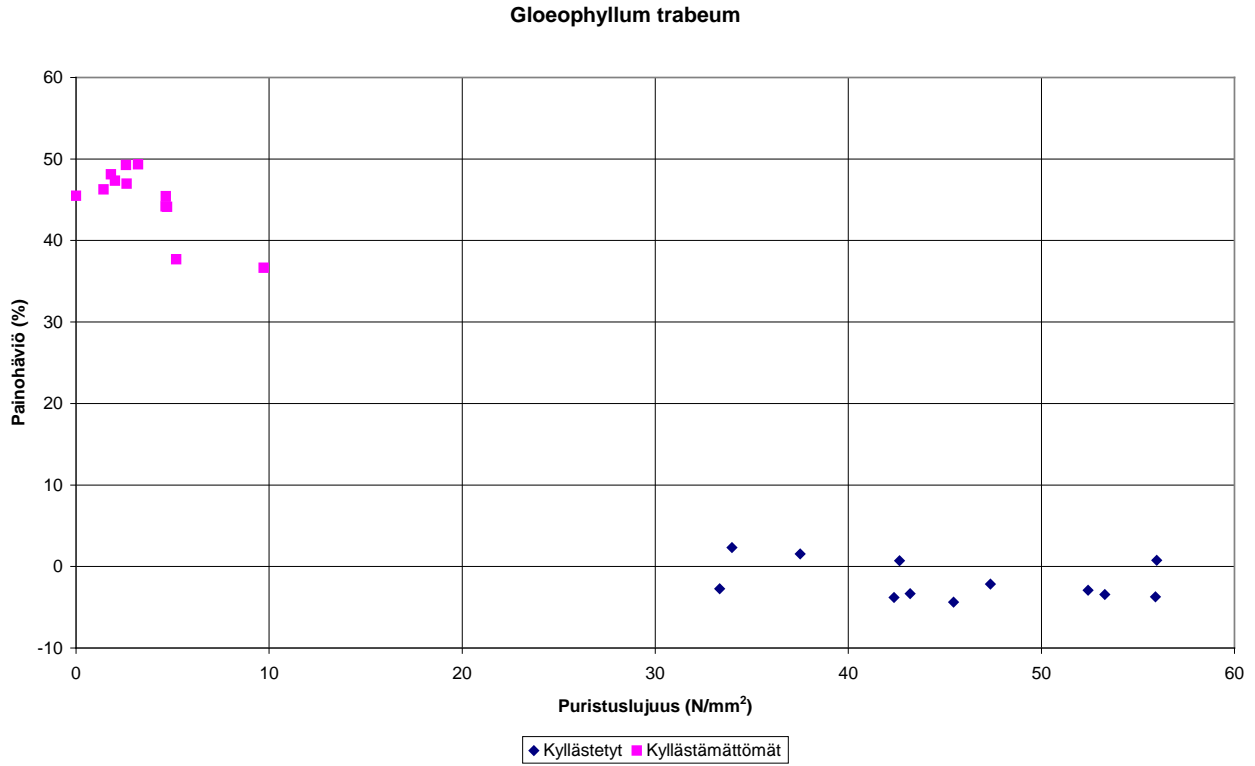
Kuva 6. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden jäämien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Coriolus versicolor*)

#### **4.4 *Gloeophyllum trabeum***

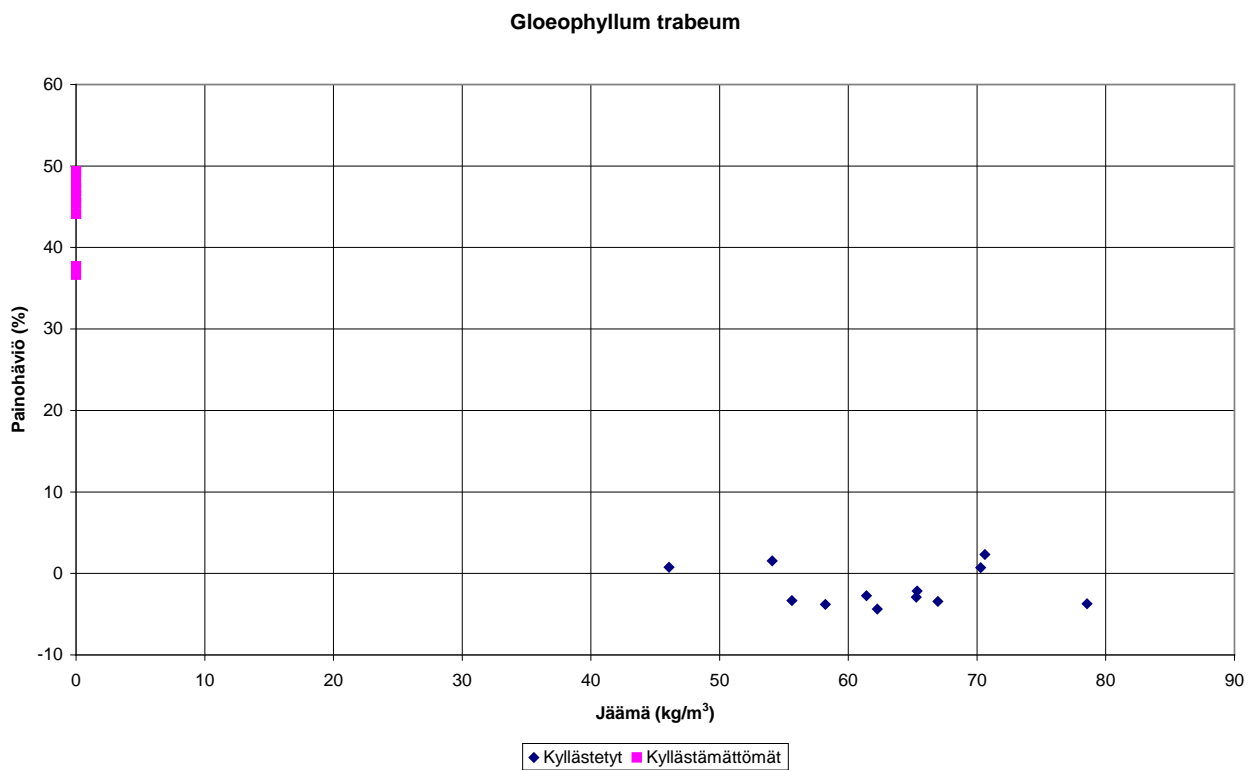
*Gloeophyllum trabeum* -sienellä lahotettuja kappaleita tarkasteltaessa (kuva 7) voidaan todeta, että sekä painohäviön että puristuslujuuden mukaan kyllästys vähentää lahon vaikutuksia. Kyllästetyillä koekappaleilla on suuri puristuslujuus sekä pieni, jopa negatiivinen painohäviö, joka kertoo kyllästeen hyvästä tunkeumasta.

Kyllästämättömillä verrantokappaleilla sitä vastoin puristuslujuus on huomattavasti pienempi, ja vastaavasti niiden painohäviö on erittäin suuri. Sekä painohäviö että puristuslujuus antavat siis samansuuntaisia koetuloksia, eli kyllästys lisää puun lahonkestoa. Jäämän ja painohäviön suhdetta tarkasteltaessa (kuva 8) huomataan, että kun vesilasijäämä koekappaleessa on suurempi, sen painohäviö on pienempi. Eli mitä suurempi vesilasijäämä koekappaleeseen saadaan, sitä parempi on puristuslujuus.

Liitteessä 4 on taulukoitu tämän sienen puristuslujuustestin tulokset, ainemäärä ja painohäviölaskelmat sekä kyllästyksen aikaiset mittaustulokset.



Kuva 7. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden puristuslujuuksien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Gloeophyllum trabeum*)



Kuva 8. Vesilasikyllästettyjen ja vertailukappaleiden jäämien suhde korjaamattomaan painohäviöön (*Gloeophyllum trabeum*)

#### **4.5 Painohäviön ja puristuslujuuden suhde**

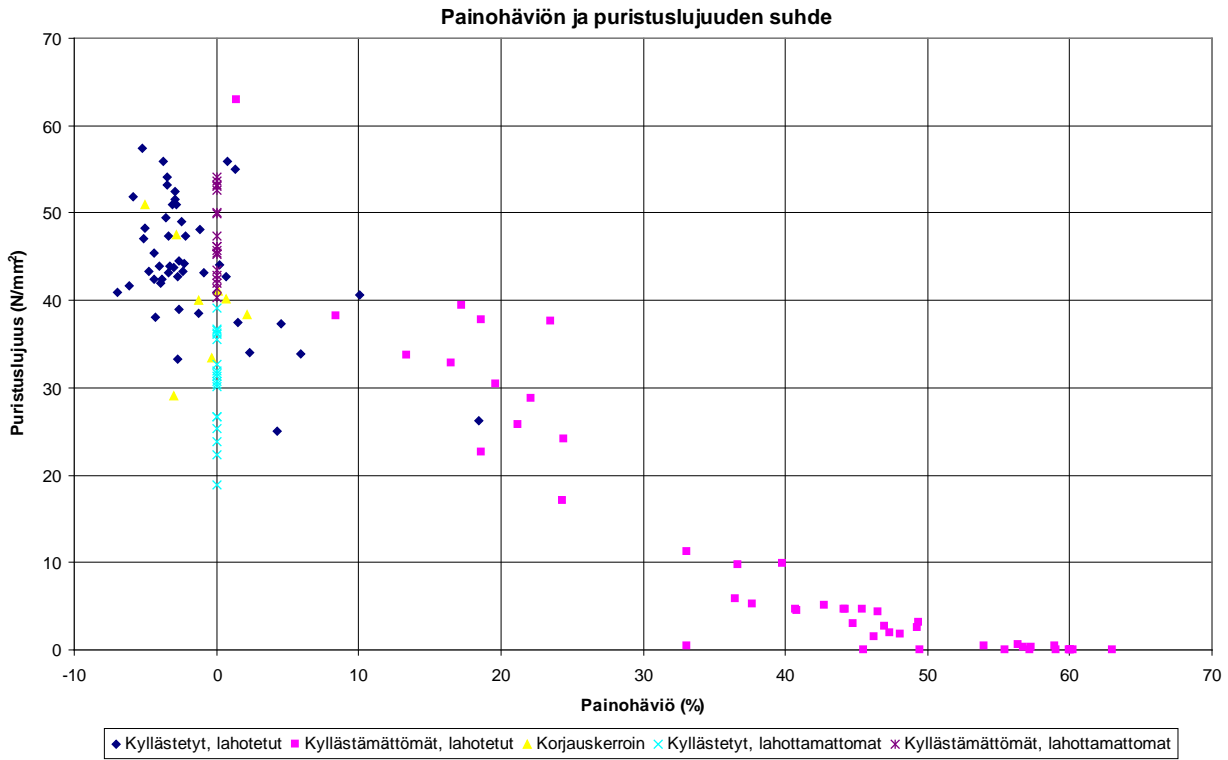
Kuvassa 9 nähdään kyllästyksen vaikutus kaikkien koekappaleiden lujuuteen. Kuvasta nähdään, että kyllästetyt koekappaleet kestävät lahotusta huomattavasti paremmin kuin kyllästämättömät. Kuvan perusteella voidaan todeta, että kyllästetyt kappaleet kestävät lahotusta erittäin hyvin, koska niiden puristuslujuus lahotuksen jälkeen on samaa luokkaa kuin käsittelemättömällä, lahottamattomalla puulla.

Kuvassa 10 kaikkien koekappaleiden puristuslujuus on muutettu vastaamaan 12 %:n kosteudessa mitattua. Lujuus on muutettu käyttämällä Eurocode 5 -korjauskerrointa. Kosteuden ja mekaanisten ominaisuuksien välillä on riippuvuus, joka voidaan käytännössä olettaa alueelle  $8\% < u < 20\%$ . Puristuslujuudella muutosprosentti on  $5\% /$  kosteudenmuutosprosentti. Täten jokaista kosteudenmuutosprosenttia kohti lujuutta muutetaan viidellä prosentilla. Alkuperäisen kosteuden ollessa alle 12 % puristuslujuutta pienennetään, ja kosteuden ollessa yli 12 % lujuutta korotetaan. Kuvan tarkastelussa ei tällöin tarvitse ottaa huomioon kosteuden vaikutusta koekappaleiden lujuuteen. Kuvasta 10 selviää, että pienin painohäviö on kyllästetyillä, lahotetuilla kappaleilla ja ne ovat lujuudeltaan huomattavasti parempia kuin kyllästämättömät verrantokappaleet. Niiden lujuus on samaa luokkaa kuin kyllästettyjen, lahottamattomien koekappaleiden, mistä voidaan päätellä, että kylläste on estänyt sienien vaikutuksen ja antanut puulle erinomaisen suojan lahoa vastaan.

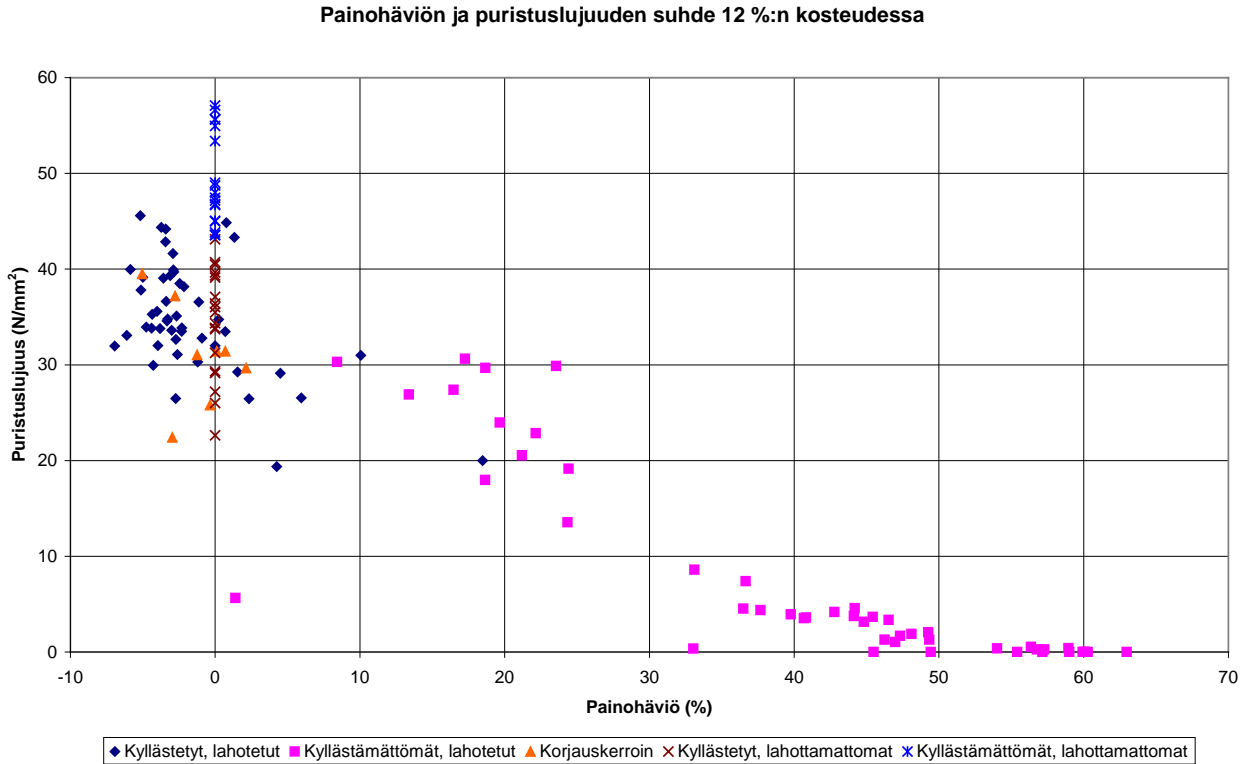
Kuvassa 11 kaikkien koekappaleiden puristuslujuus on muutettu vastaamaan 12 %:n kosteudessa mitattua, ja kyllästettyjen koekappaleiden kosteus on laskettu puun massasta, ilman kyllästettä. Verrattuna kuvaan 10 voidaan huomata kyllästettyjen koekappaleiden lujuuden nousevan hieman, mutta lahottamattomien vertailukappaleiden olevan silti lujimpia.

Kuvissa 9-11 on huomattavissa kyllästetyillä, lahotetuilla koekappaleilla negatiivista painohäviötä, joka osittain johtuu käytetystä arvosta (korjaamaton painohäviö). Kokonaan se ei kuitenkaan ilmiötä selitä, sillä alkuperäisissä tuloksissa myös korjatuissa painohäviöissä oli negatiivisia arvoja. Yksi mahdollinen selitys arvoille on, että kyllästeen sisältämä natrium sitoo vettä niin tiukasti, ettei kaikki vesi pääse poistumaan

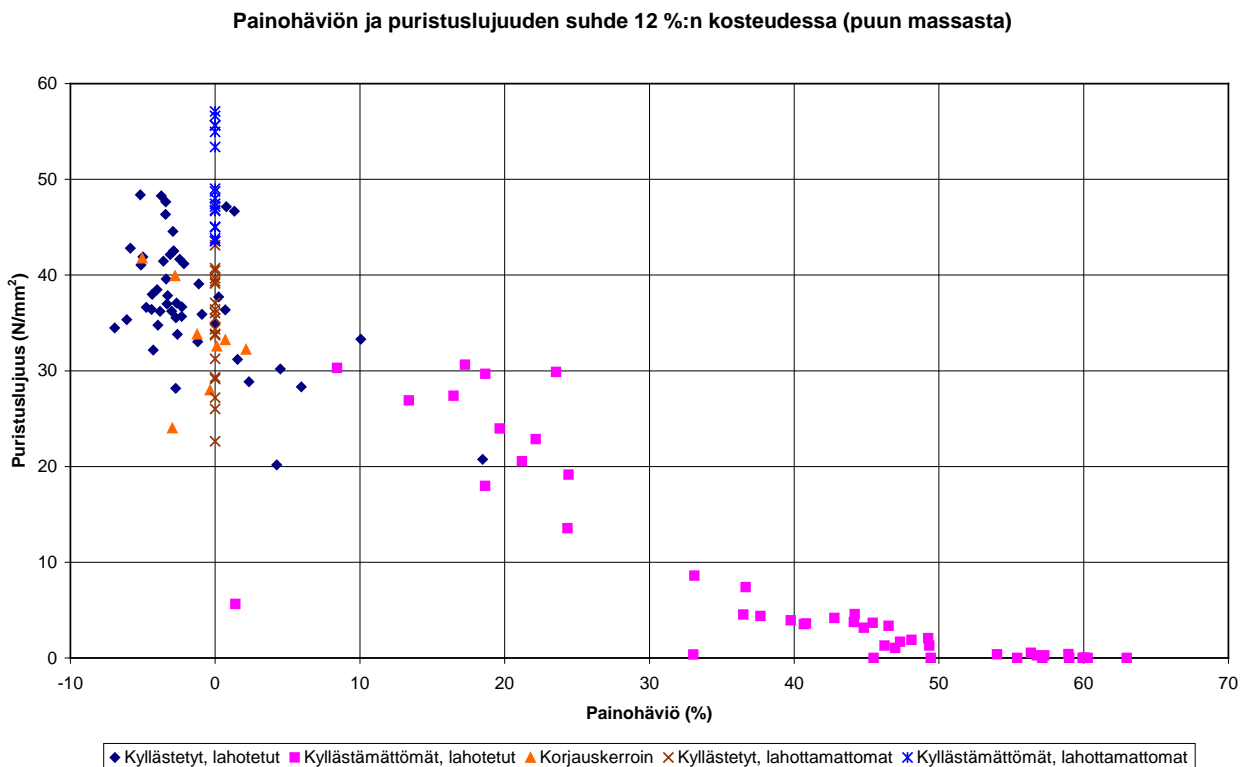
puusta edes 104 °C:n kuivauksessa. Kuvien 10 ja 11 taulukoidut tulokset on esitetty liitteessä 7. Liitteessä 9 on taulukoitu kuvien 9, 10, 11 ja 14 ryhmien keskiarvot ja keskihajonnat.



Kuva 9. Korjaamattoman painohäviön suhde puristuslujuuteen kaikissa koekappaleluokissa



Kuva 10. Korjaamattoman painohäviön suhde puristuslujuuteen kaikissa koekappaleluokissa, kun puristuslujuus on muutettu 12 %:n kosteutta vastaavaksi



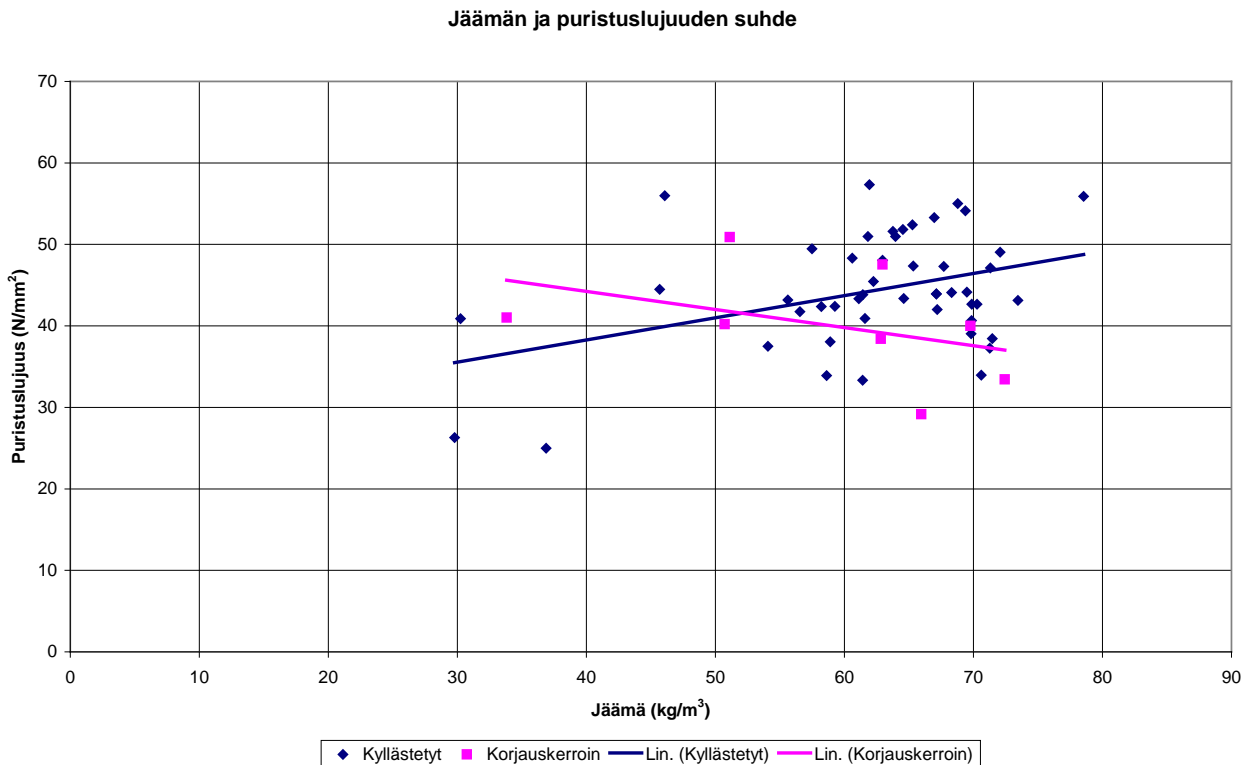
Kuva 11. Korjaamattoman painohäviön suhde puristuslujuuteen kaikissa koekappaleluokissa, kun puristuslujuus on muutettu 12 %:n kosteutta vastaavaksi ja kyllästettyjen koekappaleiden kosteus on laskettu puun massasta





## 4.7 Jäämän ja puristuslujuuden suhde

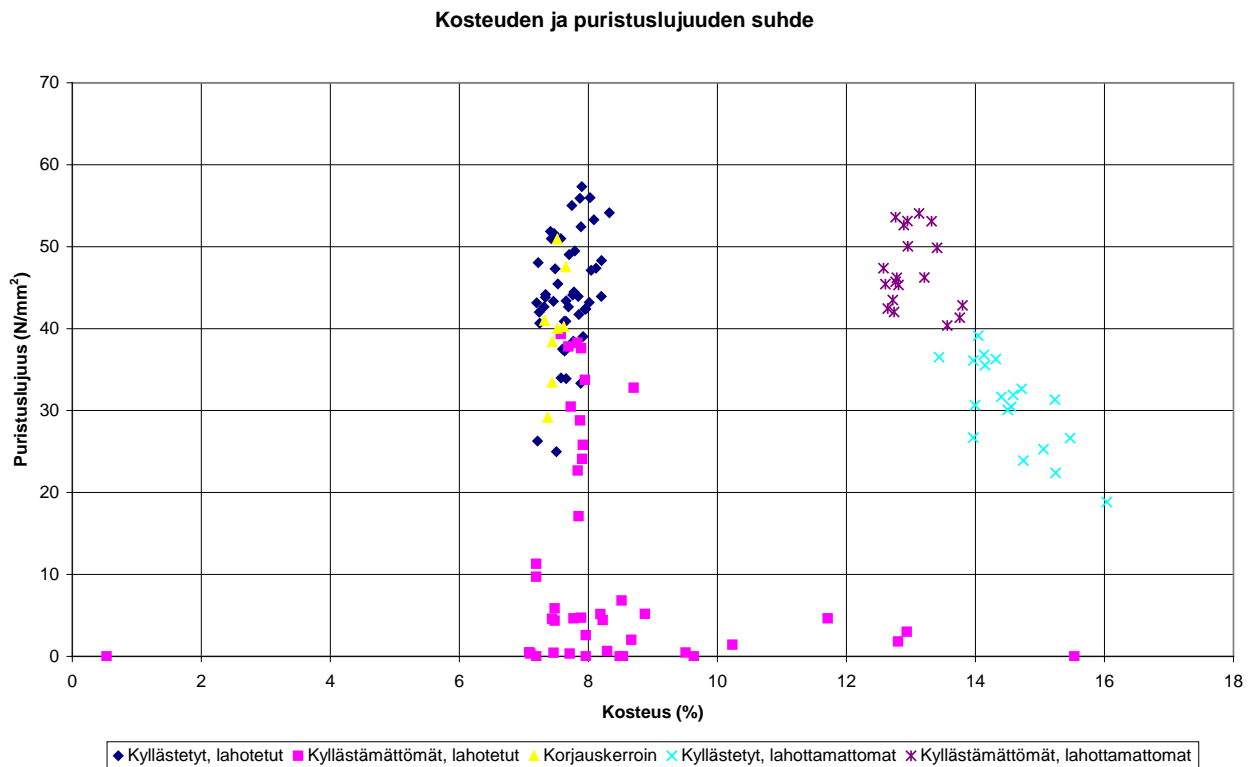
Koekappaleiden puristuslujuuden ja jäämän suhde (kuva 13) kertoo, että hyvä kyllästysaineen jäämä koekappaleissa lisää puristuslujuutta. Kuvasta nähdään, kuinka muutamalla hajakappaleella, joilla jäämä ei ole ollut niin suuri kuin muilla, on myös huomppi puristuslujuus muihin verrattuna. Täten voidaan todeta, että mitä suurempi jäämä koekappaleisiin saadaan, sitä suuremmaksi kasvaa niiden puristuslujuus lahotuksen jälkeen.



Kuva 13. Jäämän suhde puristuslujuuteen vesilasikyllästetyillä koekappaleilla

#### 4.8 Kosteuden ja puristuslujuuden suhde

Kosteuden ja puristuslujuuden välistä suhdetta tarkasteltaessa (kuva 14) voitaisiin todeta kosteuden lisäävän puristuslujuutta. Todellisuudessa kosteus kuitenkin heikentää puristuslujuutta. Kuvasta nähdään, että lahottamattomat koekappaleet ovat puristuslujuudeltaan melkein yhtä lujia kuin testatut koekappaleet, vaikka testattujen koekappaleiden kosteus on pienempi. Voidaan myös huomata, että kyllästämättömät, lahotetut koekappaleet ovat puristuslujuudeltaan heikkoja, vaikka niiden kosteus on samaa luokkaa kuin kyllästettyjen, lahotettujen koekappaleiden. Tämä johtuu kyllästysaineen suojasta sieniä vastaan, eli ne eivät ole lahonneet niin suuressa määrin kuin kyllästämättömät koekappaleet.



Kuva 14. Kosteuden vaikutus puristuslujuuteen kaikissa koekappaleluokissa

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Pääpiirteittäin koe oli onnistunut ja lopputulos oli toivotun mukainen. Tarkoituksena oli siis tutkia painohäviön ja puristuslujuuden suhdetta vesilasikyllästetyillä ja käsittelemättömillä kappaleilla, jotka on testattu standardien EN84 ja EN113 mukaisesti. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan sanoa, että painohäviöllä ja puristuslujuudella on riippuvuus ja painohäviön perusteella voidaan arvioida puristuslujuutta. Riippumatta lahottajasienestä puristuslujuuskokeen tulokset olivat yhdenmukaisia painohäviön perusteella arvioidun lujuuden kanssa. Mitä pienempi painohäviö koekappaleella oli, sitä parempi oli sen puristuslujuus. Jos taas koekappaleella oli suuri painohäviö, sen puristuslujuus oli vastaavasti erittäin huono.

Tuloksia tarkasteltaessa voidaan myös huomata, että vesilasin jäämällä on vaikutusta puristuslujuuteen. Mitä enemmän koekappaleessa on jäämää, sitä lujempi se on. Tämän mukaan siis mitä parempi tunkeuma kappaleeseen saadaan, sitä enemmän siitä on hyötyä lujuudelle. Vastaisesti myös mitä parempia ovat jäämä ja tunkeuma, sitä pienempi painohäviö kappaleella esiintyy.

Tuloksista voidaan myös huomata, että sienelläkin on merkitystä lahotukseen. Toiset sienet lahottivat kyllästämättömiä verrantokappaleita huomattavasti enemmän kuin toiset. Tosin kyllästetyillä koekappaleilla ei eroa juurikaan ollut, vaan ne kestivät eri sieniä samalla lailla. Voidaan siis sanoa, että vesilasikyllästys parantaa männyn lahonkestoja erittäin paljon.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Virhelähteet

Testissä mahdollisia virheitä tuloksissa voivat aiheuttaa esimerkiksi mittausvirheet mittaessa koekappaleiden dimensioita ja painoja. Virheitä on saattanut sattua jo kappaleiden ollessa testattavana Mikkelissä, ja myös Mussalossa on voinut tulla pieniä heit-

toja painoihin. Koekappaleiden tullessa Mussaloon osa vertailukappaleista oli lahon vaikutuksesta erittäin huonossa kunnossa, jopa niin että ne olivat hajonneet enemmän kuin yhteen osaan. Tällöin kappaleiden tarkkaa painoa oli vaikea mitata, sillä ne murenivat palasiksi. Myöskään puristuslujuutta ei näistä kappaleista voinut mitata ollenkaan, joten arvoksi tuli nolla.

Mahdollisia virheitä koekappaleiden painohäviöissä ja etenkin negatiivisia painohäviöitä kyllästetyillä koekappaleilla on saattanut aiheuttaa lahottava sieni. Negatiivisen painohäviön selitys voi olla että sieni on kasvanut koekappaleen sisään kuitenkin sitä lahottamatta. Tällöin ylimääräinen painon nousu selittyisi koekappaleen sisällä olevalla sienirihmastolla, mutta kyllästeen hyvän vaikutuksen takia sieni ei kuitenkaan ole päässyt lahottamaan kappaletta.

Eräs mahdollinen selitys negatiiviselle painohäviölle on myös veden määrä koekappaleessa. On mahdollista, että osa natriumista sitoo vettä niin tiukasti, että kaikki kosteus ei poistu puusta vielä 104 °C:n kuivauksessa. Tällöin ylimääräinen vesi jää koekappaleeseen lisäämään sen painoa.

## **6.2 Johtopäätökset**

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että painohäviön vaikutus puristuslujuuteen on huomattava. Painohäviöt ja kyllästeen jäämä vaikuttavat suoraviivaisesti puun puristuslujuuteen. Puun fysikaalinen rakenne heikkenee lahottajasienten vaikutuksesta, koska ne käyttävät ravinnokseen puun selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä ja näin hajottavat puun solukkoa. Solukon hajoaminen aiheuttaa painohäviötä, joka taas heikentää lujuutta.

Vesilasikyllästeellä saadaan aikaan hyvä suoja lahottajasieniä vastaan, kun tunkeuma ja jäämä ovat kunnollisia. Kyllästeen vaikutuksesta lahottajasienten kasvu estyy ja lujuus säilyy. Kaikilla sienillä vesilasikyllästeen teho oli melko yhtenäinen, vaikka kaikki sienet eivät aiheuttaneetkaan yhtä suurta painohäviötä verrantokappaleille. Kyllästetyillä koekappaleilla sekä puristuslujuus että painohäviö olivat samaa luokkaa sienestä riippumatta.

Lahonkeston parantumisen pystyi huomaamaan myös kappaleita silmämääräisesti tarkasteltaessa. Kyllästämättömät verrantokappaleet olivat selkeästi huonommassa kunnossa kuin kyllästetyt koekappaleet.

Kaikkien ryhmien keskiarvoja vertailtaessa huomattavaa on, että kokonaan käsittelemättömällä puulla on suurin puristuslujuus. Kyllästetyillä koekappaleilla lujuuteen osittain vaikuttaa niille tehty lämpökäsittely, joka alentaa puun lujuutta. Kyllästettyjen, lahotettujen koekappaleiden ero korjauskerroinkappaleisiin ei ole suuri, mutta korjauskerroinkappaleilla puristuslujuuden keskiarvo on silti hieman pienempi. Tämä viittaisi lahotettavan sienien vaikutukseen lujuuden nousussa, sillä koekappaleet on muuten testattu ja käsitelty aivan samoin, korjauskerroinkappaleita ei vain ole altistettu lahotavalle sienelle.

Kokeen perusteella siis sekä painohäviö että puristuslujuus kertovat kyllästysaineen vaikutuksesta, ja molemmilla saadut tulokset ovat yhteneväisiä keskenään. Kyllästeen vaikutuksia pystytään arvioimaan kummalla tahansa menetelmällä ja toisen avulla pystytään arvioimaan myös toista. Myös kyllästysaineen jäämän avulla voidaan saada käsitys lujuudesta ja painohäviöstä.

### **6.3 Jatkotutkimustarpeet**

Jatkossa tehtävien vesilasikyllästetutkimusten yhteydessä voisi mielestäni käyttää suurempaa koekappalemäärää. Tässä testissä koekappalemäärä oli suppeahko, mikä antaa ehkä hieman pintapuolisen kuvan kyllästeen vaikutuksista. Pienempi koekappalemäärä on helpommin altis häiriötekijöille ja niiden vaikutuksille.

Mielestäni olisi myös hyvä tutkia tarkemmin mahdollisia negatiivisen painohäviön aiheuttajia. Tässä työssä on kaavioissa käytetty korjaamatonta painohäviötä, mutta aiemmassa aineistossa myös korjatuissa painohäviöissä oli negatiivisia arvoja. Olisi hyvä saada selville mikä tämän ilmiön aiheuttaa: onko kyseessä todella ylimääräinen vesi koekappaleissa vai aiheuttaako sen jokin muu tekijä?

Lujuuden kasvua kyllästetyillä, lahotetuilla koekappaleilla tulisi myös tutkia tarkemmin. Tässä tutkimuksessa niiden lujuus oli parempi kuin kyllästetyillä, lahottamattomilla koekappaleilla. Yksi selitys on parempi piin polymeroitumisaste, mikä johtuu natriumin poistumisesta ja kokeiden aikana tehtävästä kuumennuksesta, mutta tarkempi ja laajempi selvitys asiasta olisi tarpeellinen.

## 7 LÄHTEET

1. Tapion taskukirja 1997. Metsälehti kustannus. Helsinki.
2. Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Metsälehti kustannus. Hämeenlinna. Karisto Oy.
3. Suomen Rakennelujitus Oy. 4.5.2010. Vesilasi-injektointi.  
<http://www.rakennelujitus.fi/Vesilasi-injektointi.htm>
4. Jänis, L. Vesilasilla kyllästetyn männyn Brinell-kovuus. Insinööri työ 2009. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
5. Boren, H. Keskustelut ja oheismateriaali vesilasikyllästyksestä. Talvi 2009-2010.
6. Step 1: puurakenteet: suunnitteluperusteet, materiaaliominaisuudet, rakenneosat, liitokset. 1996. Helsinki: Rakennustieto.
7. Pirinen, P. Mäntyöljykyllästettyjen koekappaleiden lahomäärän arviointi puristuslujuuden avulla. Insinööri työ 2008. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Liite 1. Oligoporus placenta -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.

Liite 1																										
Oligoporus placenta					Kyllästys		Alkuperäinen kyllästys ja kuivaus					Ainemäärästä tehdyt laskelmat					Korjauskerronlaskelmat			Puristus						
21.8.2008																										
	Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Paino ennen kyllästystä (g)	Paino liuoksen kanssa kyllästys ja jälkikäsitelyn jälkeen (g)	Liuos (g)	Jäämä ennen kuivausta (kg/m <sup>3</sup> )	Paino kuivauksen 60 °C 40 h ja 103 °C 4h uunissa jälkeen (g)	Kylläste (g)	Jäämä kuivauksen jälkeen (kg/m <sup>3</sup> )	Alkup. mo	Loppup. m <sup>3</sup>	Käsitely mo	Ainetta	Puun paino	Painohäviö kun aine vähenn. (%)	Painohäviö (%)	Korjattu (%)	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamaassa (g)	Kosteus (%)	Puristus ujuus (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa puun massasta
Kyllästetyt																										
2.11	14,63	24,34	50,49	8,73	486	10,57	23,95	13,38	74,42	9,88	1,15	63,96	8,73	8,98	9,88	1,15	7,83	10,31	-2,86	-1,68	9,66	8,98	7,57	50,98	39,69	42,52
8.11	14,63	24,67	50,34	8,27	455	10,24	24,07	13,83	76,12	9,5	1,23	67,70	8,27	8,55	9,5	1,23	7,32	11,49	-3,39	-2,21	9,19	8,55	7,49	47,30	36,62	39,60
24.11	14,84	24,80	50,43	7,95	428	9,63	23,46	13,83	74,52	9,05	1,10	59,27	7,95	8,3	9,05	1,10	7,20	9,43	-4,40	-3,22	8,95	8,29	7,96	42,39	33,83	36,41
38.11	14,74	24,46	50,29	8,54	471	10,12	24,22	14,10	77,76	9,71	1,17	64,53	8,54	9,04	9,71	1,17	7,87	7,85	-5,85	-4,67	9,71	9,04	7,41	51,85	39,95	42,81
42.11	14,72	24,47	50,33	9,04	499	11,09	18,28	7,19	39,66	9,58	0,54	29,79	9,04	7,37	9,58	0,54	6,83	24,45	18,47	19,65	7,88	7,35	7,21	26,29	19,99	20,74
58.11	14,83	24,92	50,34	7,84	421	9,47	23,84	14,37	77,24	9,09	1,25	67,19	7,84	8,15	9,09	1,25	6,90	11,99	-3,95	-2,77	8,74	8,15	7,24	42,01	32,01	34,77
69.11	14,75	24,34	50,10	8,25	459	10,2	23,93	13,73	76,33	9,5	1,25	69,50	8,25	8,44	9,5	1,25	7,19	12,85	-2,30	-1,12	9,07	8,45	7,34	44,15	33,86	36,67
73.11	14,66	24,19	50,62	8,88	495	11,1	24,05	12,95	72,14	10,01	1,13	62,95	8,88	8,98	10,01	1,13	7,85	11,60	-1,13	0,05	9,65	9,00	7,22	48,05	36,57	39,07
75.11	14,73	24,26	50,36	9,07	504	12,26	23,75	11,49	63,85	10,17	1,10	61,12	9,07	9,28	10,17	1,10	8,18	9,81	-2,32	-1,14	9,94	9,25	7,46	43,34	33,50	35,68
102.11	14,64	24,09	49,82	9,08	517	14,06	22,17	8,11	46,16	10,11	1,03	58,62	9,08	8,54	10,11	1,03	7,51	17,29	5,95	7,13	9,14	8,49	7,66	33,90	26,54	28,33
133.11	14,62	24,4	49,75	7,75	437	9,49	23,23	13,74	77,42	8,99	1,24	69,87	7,75	7,96	8,99	1,24	6,72	13,29	-2,71	-1,53	8,51	7,93	7,31	42,65	32,66	35,55
135.11	14,63	24,16	49,82	9,04	513	11,22	23,88	12,66	71,89	10,27	1,23	69,85	9,04	8,13	10,27	1,23	6,90	23,67	10,07	11,25	9,77	9,11	7,24	40,66	30,99	33,29
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,70</b>	<b>24,43</b>	<b>50,22</b>	<b>8,54</b>	<b>473,71</b>	<b>10,79</b>	<b>23,24</b>	<b>12,45</b>	<b>68,96</b>	<b>9,66</b>	<b>1,12</b>	<b>62,03</b>	<b>8,54</b>	<b>8,48</b>	<b>9,66</b>	<b>1,12</b>	<b>7,36</b>	<b>13,67</b>	<b>0,46</b>	<b>1,64</b>	<b>9,18</b>	<b>8,55</b>	<b>7,43</b>	<b>42,80</b>	<b>33,01</b>	<b>35,41</b>
Kyllästämättömät																										
2.12	14,56	24,38	50,50	8,56	478			0,00	0,00			0,00	8,56	3,43					59,93		3,58	3,30	8,48	0,00	0,00	
8.12	14,57	24,57	50,34	8,51	472			0,00	0,00			0,00	8,51	3,38					60,28		3,59	2,88	9,45	0,00	0,00	
24.12	14,82	24,59	50,40	7,69	419			0,00	0,00			0,00	7,69	3,07					60,08		3,26	3,45	6,89	0,00	0,00	
38.12	14,74	24,45	50,60	8,50	466			0,00	0,00			0,00	8,50	3,79					55,41		4,00	3,35	9,59	0,00	0,00	
42.12	14,70	24,48	50,40	9,10	502			0,00	0,00			0,00	9,10	5,78					36,48		6,18	5,75	7,48	5,86	4,53	
58.12	14,72	24,51	50,63	7,93	434			0,00	0,00			0,00	7,93	3,25					59,02		3,39	3,14	7,96	0,00	0,00	
69.12	14,97	24,24	50,31	8,41	461			0,00	0,00			0,00	8,41	3,36					60,05		3,57	3,09	11,91	0,00	0,00	
73.12	14,75	24,12	50,29	8,73	488			0,00	0,00			0,00	8,73	3,74					57,16		3,77	3,75	0,53	0,00	0,00	
75.12	14,77	24,20	50,48	9,35	518			0,00	0,00			0,00	9,35	4,08					56,36		4,31	3,98	8,29	0,65	0,53	
102.12	14,71	24,29	49,99	8,88	497			0,00	0,00			0,00	8,88	4,49					49,44		4,77	4,45	7,19	0,00	0,00	
133.12	14,6	24,36	49,79	7,82	442			0,00	0,00			0,00	7,82	3,21					58,95		3,34	3,05	9,51	0,47	0,41	
135.12	14,61	24,16	49,84	9,34	531			0,00	0,00			0,00	9,34	3,99					57,28		4,19	3,89	7,71	0,35	0,27	
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,71</b>	<b>24,36</b>	<b>50,30</b>	<b>8,57</b>	<b>475,60</b>								<b>8,57</b>	<b>3,80</b>					<b>55,87</b>		<b>4,00</b>	<b>3,67</b>	<b>7,92</b>	<b>0,61</b>	<b>0,49</b>	



Liite 2. Coniophora puteana -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.

Liite 2																										
Coniophora Puteana					Kyllästys		Alkuperäinen kyllästys ja kuivaus					Ainemäärästä tehdyt laskelmat					Korjauskoroinlaskelmat			Puristus						
21.8.2008																										
	Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Paino ennen kyllästystä (g)	Paino liuoksen kanssa kyllästys ja jälkikäsitelyn jälkeen (g)	Liuos (g)	Jäämä ennen kuivausta (kg/m3)	Paino kuivauksen 60 °C 40 h ja 103 °C 4h uunissa jälkeen (g)	Kyllästä (g)	Jäämä kuivauksen jälkeen (kg/m3)	Alkup. mo	Loppup. m3	Käsitelty mo	Ainetta	Puun paino	Painohäviö kun aine vähenn. (%)	Painohäviö (%)	Korjattu (%)	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamassa (g)	Kosteus (%)	Puristus ujuus (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa puun massasta
Kyllästetyt																										
7.11	14,76	24,57	50,36	9,21	504	12,53	23,99	11,46	62,75	10,26	1,05	57,49	9,21	9,54	10,26	1,05	8,49	7,82	-3,58	-2,40	10,24	9,50	7,79	49,46	39,05	41,44
12.11	14,65	24,49	50,22	9,07	503	11,02	24,77	13,75	76,31	10,32	1,25	69,38	9,07	9,38	10,32	1,25	8,13	10,36	-3,42	-2,24	10,15	9,37	8,32	54,13	44,18	47,65
22.11	14,77	24,46	49,88	7,49	416	9,1	23,41	14,31	79,41	8,6	1,11	61,60	7,49	8,01	8,6	1,11	6,90	7,88	-6,94	-5,76	8,61	8,00	7,62	40,91	31,96	34,47
26.11	14,86	24,83	50,32	8,18	441	10,69	24,25	13,56	73,03	9,23	1,05	56,55	8,18	8,68	9,23	1,05	7,63	6,72	-6,11	-4,93	9,34	8,66	7,85	41,74	33,08	35,34
34.11	14,57	24,62	50,59	8,62	475	10,46	24,27	13,81	76,10	9,72	1,10	60,62	8,62	9,05	9,72	1,10	7,95	7,77	-4,99	-3,81	9,76	9,02	8,20	48,31	39,14	41,89
50.11	14,70	24,50	50,21	9,66	534	11,93	24,52	12,59	69,62	10,78	1,12	61,94	9,66	10,16	10,78	1,12	9,04	6,42	-5,18	-4,00	10,93	10,13	7,90	57,33	45,57	48,39
54.11	14,83	24,45	50,54	7,93	433	9,71	24,24	14,53	79,29	9,16	1,23	67,12	7,93	8,19	9,16	1,23	6,96	12,23	-3,28	-2,10	8,80	8,16	7,84	43,92	34,79	37,85
62.11	14,50	24,32	50,36	8,03	452	9,75	23,44	13,69	77,09	9,27	1,24	69,82	8,03	8,24	9,27	1,24	7,00	12,83	-2,62	-1,44	8,86	8,21	7,92	39,04	31,07	33,82
74.11	14,87	24,41	50,06	8,95	493	11,03	19,59	8,56	47,11	9,62	0,67	36,87	8,95	8,57	9,62	0,67	7,90	11,73	4,25	5,43	9,17	8,53	7,50	25,00	19,38	20,17
119.11	14,83	24,19	49,7	7,71	432	10,06	22,15	12,09	67,81	8,76	1,05	58,89	7,71	8,04	8,76	1,05	6,99	9,34	-4,28	-3,10	8,63	8,01	7,74	38,04	29,94	32,16
128.11	14,62	24,65	49,83	7,98	444	9,64	23,38	13,74	76,51	9,14	1,16	64,60	7,98	8,36	9,14	1,16	7,20	9,77	-4,76	-3,58	9,00	8,36	7,66	43,37	33,95	36,63
130.11	14,57	24,36	49,78	8,2	464	9,99	23,2	13,21	74,77	9,46	1,26	71,31	8,2	8,62	9,46	1,26	7,36	10,24	-5,12	-3,94	9,27	8,58	8,04	47,13	37,80	41,06
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,71</b>	<b>24,49</b>	<b>50,15</b>	<b>8,42</b>	<b>465,88</b>	<b>10,49</b>	<b>23,43</b>	<b>12,94</b>	<b>71,65</b>	<b>9,53</b>	<b>1,11</b>	<b>61,35</b>	<b>8,42</b>	<b>8,74</b>	<b>9,53</b>	<b>1,11</b>	<b>7,63</b>	<b>9,43</b>	<b>-3,84</b>	<b>-2,66</b>	<b>9,40</b>	<b>8,71</b>	<b>7,87</b>	<b>44,03</b>	<b>34,93</b>	<b>37,47</b>
Kyllästämättömät																										
7.12	14,72	24,49	49,97	9,14	507			0,00	0,00			0,00	9,14	5,23					42,78		5,55	5,13	8,19	5,15	4,17	
12.12	14,63	24,36	50,22	9,30	520			0,00	0,00			0,00	9,30	9,17					1,40		9,94	9,16	8,52	6,82	5,63	
22.12	14,87	24,43	50,43	7,72	421			0,00	0,00			0,00	7,72	4,26					44,82		4,54	4,02	12,94	3,00	3,14	
26.12	14,82	24,76	50,49	8,56	462			0,00	0,00			0,00	8,56	3,7					56,78		3,92	3,66	7,10	0,34	0,26	
34.12	14,71	24,45	50,47	8,40	463			0,00	0,00			0,00	8,40	3,11					62,98		3,30	3,01	9,63	0,00	0,00	
50.12	14,61	24,31	50,33	9,63	539			0,00	0,00			0,00	9,63	5,8					39,77		6,19	5,09	10,73	9,84	9,22	
54.12	14,85	24,74	50,24	8,05	436			0,00	0,00			0,00	8,05	5,39					33,04		5,76	5,36	7,46	0,45	0,35	
62.12	14,67	24,55	50,36	8,07	445			0,00	0,00			0,00	8,07	3,71					54,03		3,93	3,67	7,08	0,49	0,37	
74.12	14,87	24,25	50,31	8,79	485			0,00	0,00			0,00	8,79	5,88					33,11		6,26	5,84	7,19	11,30	8,59	
119.12	14,75	24,24	49,68	7,74	436			0,00	0,00			0,00	7,74	4,58					40,83		4,87	4,50	8,22	4,43	3,60	
128.12	14,62	24,66	49,96	8,08	449			0,00	0,00			0,00	8,08	4,32					46,53		4,60	4,28	7,48	4,35	3,36	
130.12	14,58	24,26	49,84	8,21	466			0,00	0,00			0,00	8,21	4,87					40,68		5,20	4,84	7,44	4,58	3,54	
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,73</b>	<b>24,46</b>	<b>50,19</b>	<b>8,47</b>	<b>469,04</b>								<b>8,47</b>	<b>5,00</b>					<b>41,39</b>		<b>5,34</b>	<b>4,88</b>	<b>8,50</b>	<b>4,23</b>	<b>3,49</b>	



Liite 3. Coriolus versicolor -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.

Liite 3																											
Coriolus Versicolor																											
Kyllästys																											
Alkuperäinen kyllästys ja kuivaus																											
Ainemäärästä tehdyt laskelmat																											
Korjauskerronlaskelmat																											
Puristus																											
21.8.2008																											
	Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Paino ennen kyllästystä (g)	Paino liuoksen kanssa kyllästysten ja jälkikäsitelyn jälkeen (g)	Liuos (g)	Jäämä ennen kuivausta (kg/m3)	Paino kuivauksen 60 °C 40 h ja 103 °C 4h uunissa jälkeen (g)	Kyllästä (g)	Jäämä kuivauksen jälkeen (kg/m3)	Alkup. mo	Loppup. m3	Käsitelty mo	Ainetta	Puun paino	Painohäviö kun aine vähenn. (%)	Painohäviö (%)	Korjattu (%)	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamassa (g)	Kosteus (%)	Puristus ujuus (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa (N/mm <sup>2</sup> )	Puristus ujuus 12 %n kosteudessa puun massasta (N/mm <sup>2</sup> )	
Kyllästätyt																											
11.11	14,82	24,40	50,24	7,87	433	9,61	20,3	10,69	58,84	8,7	0,83	45,69	7,87	8,08	8,7	0,83	7,25	7,88	-2,67	-1,49	8,73	8,10	7,78	44,48	35,09	37,07	
17.11	14,89	24,43	50,35	8,99	491	10,77	24,55	13,78	75,24	10,31	1,32	72,07	8,99	9,21	10,31	1,32	7,89	12,24	-2,45	-1,27	9,93	9,22	7,70	49,03	38,49	41,65	
33.11	14,72	24,51	49,96	8,48	470	10,58	24,4	13,82	76,67	9,69	1,21	67,13	8,48	8,82	9,69	1,21	7,61	10,26	-4,01	-2,83	9,50	8,78	8,20	43,93	35,59	38,47	
45.11	14,78	24,43	50,05	7,67	424	9,43	23,82	14,39	79,63	8,78	1,11	61,42	7,67	7,9	8,78	1,11	6,79	11,47	-3,00	-1,82	8,49	7,91	7,33	43,83	33,60	36,23	
47.11	14,68	24,45	50,48	8,35	461	10,45	24,05	13,60	75,06	9,47	1,12	61,81	8,35	8,61	9,47	1,12	7,49	10,30	-3,11	-1,93	9,26	8,62	7,42	50,97	39,31	42,14	
48.11	14,73	24,23	50,10	9,36	523	11,58	24,63	13,05	72,98	10,5	1,14	63,75	9,36	9,63	10,5	1,14	8,49	9,29	-2,88	-1,70	10,36	9,64	7,47	51,61	39,92	42,50	
78.11	14,88	24,09	50,36	8,27	458	9,92	23,92	14,00	77,55	9,56	1,29	71,46	8,27	8,37	9,56	1,29	7,08	14,39	-1,21	-0,03	9,02	8,37	7,77	38,45	30,31	33,03	
129.11	14,69	24,42	49,79	8,3	465	10,13	23,56	13,43	75,19	9,52	1,22	68,30	8,3	8,28	9,52	1,22	7,06	14,94	0,24	1,42	8,89	8,25	7,76	44,10	34,74	37,71	
137.11	14,6	24,1	49,99	9,06	515	11,11	24,08	12,97	73,74	10,27	1,21	68,79	9,06	8,94	10,27	1,21	7,73	14,68	1,32	2,50	9,60	8,91	7,74	55,02	43,32	46,66	
142.11	14,7	24,2	49,75	7,69	435	9,21	23,25	14,04	79,33	8,99	1,30	73,45	7,69	7,76	8,99	1,30	6,46	15,99	-0,91	0,27	8,34	7,78	7,20	43,14	32,78	35,90	
144.11	14,85	24,45	48,7	7,74	438	9,3	22,93	13,63	77,08	9	1,26	71,26	8,22	7,85	8,76	0,54	7,31	11,07	4,50	5,68	8,32	7,73	7,63	37,26	29,12	30,19	
143.11	14,69	24,38	49,85	8,22	460	9,99	18,56	8,57	48,00	8,76	0,54	30,25	7,74	7,74	9	1,26	6,48	16,28	0,00	1,18	8,44	7,84	7,65	40,88	32,00	34,99	
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,75</b>	<b>24,34</b>	<b>49,97</b>	<b>8,33</b>	<b>464,53</b>	<b>10,17</b>	<b>23,17</b>	<b>13,00</b>	<b>72,44</b>	<b>9,46</b>	<b>1,13</b>	<b>62,95</b>	<b>8,33</b>	<b>8,43</b>	<b>9,46</b>	<b>1,13</b>	<b>7,30</b>	<b>12,40</b>	<b>-1,18</b>	<b>0,00</b>	<b>9,07</b>	<b>8,43</b>	<b>7,64</b>	<b>45,23</b>	<b>35,36</b>	<b>38,05</b>	
Kyllästäättömät																											
11.12	15,00	24,63	50,52	7,89	423			0,00	0,00			0,00	7,89	6,59					16,48		7,12	6,55	8,70	32,79	27,38		
17.12	14,73	24,37	50,51	8,23	454			0,00	0,00			0,00	9,30	7,11					23,55		7,66	7,10	7,89	37,61	29,88		
33.12	14,66	24,43	50,28	8,39	466			0,00	0,00			0,00	8,39	6,74					19,67		7,25	6,73	7,73	30,49	23,97		
45.12	14,70	24,36	50,16	7,88	439			0,00	0,00			0,00	7,88	6,41					18,65		6,88	6,38	7,84	22,69	17,97		
47.12	14,68	24,47	50,34	8,46	468			0,00	0,00			0,00	8,46	6,4					24,35		6,87	6,37	7,85	17,11	13,56		
48.12	14,65	24,36	50,50	9,44	524			0,00	0,00			0,00	9,44	7,81					17,27		8,38	7,79	7,57	39,35	30,64		
78.12	14,89	24,10	50,47	7,88	435			0,00	0,00			0,00	7,88	6,21					21,19		6,68	6,19	7,92	25,82	20,55		
129.12	14,6	24,38	49,85	8,35	471			0,00	0,00			0,00	8,35	6,5					22,16		6,99	6,48	7,87	28,80	22,86		
137.12	14,58	24,13	49,81	9,11	520			0,00	0,00			0,00	9,11	7,41					18,66		7,98	7,41	7,69	37,82	29,67		
142.12	14,72	24,21	49,75	7,7	434			0,00	0,00			0,00	7,7	6,67					13,38		7,20	6,67	7,95	33,74	26,90		
144.12	14,79	24,48	49,67	7,83	435			0,00	0,00			0,00	8,23	6,22					24,42		6,69	6,20	7,90	24,09	19,16		
143.12	14,66	24,43	49,81	8,23	461			0,00	0,00			0,00	7,83	7,17					8,43		7,71	7,15	7,83	38,29	30,31		
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,72</b>	<b>24,36</b>	<b>50,14</b>	<b>8,28</b>	<b>460,75</b>								<b>8,37</b>	<b>6,77</b>					<b>19,02</b>		<b>7,28</b>	<b>6,75</b>	<b>7,89</b>	<b>30,72</b>	<b>24,41</b>		



Liite 4. Gloeophyllum trabeum -sienellä lahotettujen koekappaleiden mittaustulokset.

Liite 4																										
Gloeophyllum Trabeum				Kyllästys		Alkuperäinen kyllästys ja kuivaus						Ainemäärästä tehdyt laskelmat				Korjauskerronlaskelmat			Puristus							
21.8.2008																										
Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Paino ennen kyllästystä (g)	Paino liuoksen kanssa kyllästytyn ja jälkikäsitelyn jälkeen (g)	Liuos (g)	Jäämä ennen kuivausta (kg/m <sup>3</sup> )	Paino kuivauksen 60 °C 40 h ja 103 °C 4h uunissa jälkeen (g)	Kyllästä (g)	Jäämä kuivauksen jälkeen (kg/m <sup>3</sup> )	Alkup. mo	Loppup. m <sup>3</sup>	Käsitelty mo	Ainetta	Puun paino	Painohäviö kun aine vähenn. (%)	Painohäviö (%)	Korjattu (%)	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamassa (g)	Kosteus (%)	Puristuslujuus (N/mm <sup>2</sup> )	Puristuslujuus 12 %n kosteudessa (N/mm <sup>2</sup> )	Puristuslujuus 12 %n kosteudessa puun massasta (N/mm <sup>2</sup> )	
Kyllästätyt																										
3.11	14,73	24,34	50,42	9,25	512	11,2	24,79	13,59	75,18	10,43	1,18	65,28	9,25	9,52	10,43	1,18	8,34	9,84	-2,92	-1,74	10,26	9,51	7,89	52,42	41,64	44,57
9.11	14,81	24,43	50,41	9,54	523	12,7	24,52	11,82	64,81	10,66	1,12	61,41	9,54	9,8	10,66	1,12	8,68	9,01	-2,73	-1,55	10,54	9,77	7,88	33,34	26,47	28,17
25.11	14,85	24,46	50,49	8,10	442	10,04	23,69	13,65	74,43	9,12	1,02	55,62	8,10	8,37	9,12	1,02	7,35	9,26	-3,33	-2,15	9,03	8,36	8,01	43,20	34,59	36,99
32.11	14,71	24,57	50,38	8,15	448	10,01	23,59	13,58	74,58	9,21	1,06	58,21	8,15	8,46	9,21	1,06	7,40	9,20	-3,80	-2,62	9,10	8,43	7,95	42,37	33,79	36,21
41.11	14,73	24,72	50,30	8,03	438	9,97	23,52	13,55	73,98	9,17	1,14	62,24	8,03	8,38	9,17	1,14	7,24	9,84	-4,36	-3,18	9,00	8,37	7,53	45,45	35,29	37,98
60.11	14,79	24,53	50,46	8,45	462	12,45	23	10,55	57,63	9,44	0,99	54,08	8,45	8,32	9,44	0,99	7,33	13,25	1,54	2,72	8,92	8,29	7,60	37,50	29,25	31,18
70.11	14,80	24,31	50,07	9,09	505	14,48	21,93	7,45	41,36	9,92	0,83	46,07	9,09	9,02	9,92	0,83	8,19	9,90	0,77	1,95	9,69	8,97	8,03	55,97	44,85	47,14
77.11	14,69	24,34	50,54	8,53	472	10,2	23,82	13,62	75,37	9,8	1,27	70,28	8,53	8,47	9,8	1,27	7,20	15,59	0,70	1,88	9,10	8,45	7,69	42,66	33,47	36,37
103.11	14,67	24,23	49,16	8,15	466	10,01	23,06	13,05	74,68	9,32	1,17	66,96	8,15	8,43	9,32	1,17	7,26	10,92	-3,44	-2,26	9,09	8,41	8,09	53,29	42,86	46,34
123.11	14,65	24,21	49,62	8,35	474	10,2	23,41	13,21	75,06	9,5	1,15	65,34	8,35	8,53	9,5	1,15	7,38	11,62	-2,16	-0,98	9,19	8,50	8,12	47,36	38,17	41,18
131.11	14,54	24,24	49,85	8,85	504	11,25	23,73	12,48	71,03	10,23	1,38	78,54	8,85	9,18	10,23	1,38	7,80	11,86	-3,73	-2,55	9,87	9,15	7,87	55,91	44,36	48,27
136.11	14,55	24,44	49,78	8,15	460	9,92	23,13	13,21	74,62	9,4	1,25	70,61	8,15	7,96	9,4	1,25	6,71	17,67	2,33	3,51	8,52	7,92	7,58	33,97	26,45	28,86
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,71</b>	<b>24,40</b>	<b>50,12</b>	<b>8,55</b>	<b>475,39</b>	<b>11,04</b>	<b>23,52</b>	<b>12,48</b>	<b>69,39</b>	<b>9,68</b>	<b>1,13</b>	<b>62,89</b>	<b>8,55</b>	<b>8,70</b>	<b>9,68</b>	<b>1,13</b>	<b>7,57</b>	<b>11,50</b>	<b>-1,76</b>	<b>-0,58</b>	<b>9,36</b>	<b>8,68</b>	<b>7,85</b>	<b>45,29</b>	<b>35,89</b>	<b>38,56</b>
Kyllästäättömät																										
3.12	14,64	24,40	50,45	9,20	511			0,00	0,00			0,00	9,20	5,14					44,13		5,47	5,07	7,89	4,72	3,75	
9.12	14,75	24,41	50,64	9,15	502			0,00	0,00			0,00	9,15	4,82					47,32		5,14	4,73	8,67	2,01	1,68	
25.12	14,65	24,31	50,51	8,31	462			0,00	0,00			0,00	8,31	4,53					45,49		4,83	4,45	8,54	0,00	0,00	
32.12	14,73	24,49	50,44	7,99	439			0,00	0,00			0,00	7,99	4,46					44,18		4,77	4,27	11,71	4,64	4,57	
41.12	14,65	24,67	48,60	8,28	471			0,00	0,00			0,00	8,28	4,45					46,26		4,74	4,30	10,23	1,42	1,30	
60.12	14,77	24,50	50,41	8,39	460			0,00	0,00			0,00	8,39	4,25					49,34		4,51	3,67	13,60	3,22	3,47	
70.12	14,89	24,31	50,35	9,33	512			0,00	0,00			0,00	9,33	5,91					36,66		6,26	5,84	7,19	9,72	7,39	
77.12	14,72	24,34	50,46	8,44	467			0,00	0,00			0,00	8,44	4,38					48,10		4,67	4,14	12,80	1,81	1,88	
103.12	14,66	24,1	49,71	8,28	471			0,00	0,00			0,00	8,28	5,16					37,68		5,52	5,07	8,88	5,19	4,38	
123.12	14,69	24,23	49,73	8,28	468			0,00	0,00			0,00	8,28	4,39					46,98		4,67	3,73	14,74	2,63	2,99	
131.12	14,57	24,26	49,91	9,07	514			0,00	0,00			0,00	9,07	4,95					45,42		5,27	4,89	7,77	4,65	3,67	
136.12	14,54	24,32	49,75	8,1	460			0,00	0,00			0,00	8,1	4,11					49,26		4,34	4,02	7,96	2,58	2,06	
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,69</b>	<b>24,36</b>	<b>50,08</b>	<b>8,57</b>	<b>478,04</b>								<b>8,57</b>	<b>4,71</b>					<b>45,07</b>		<b>5,02</b>	<b>4,52</b>	<b>10,00</b>	<b>3,55</b>	<b>3,19</b>	



Liite 5. Korjauskerroin -kappaleiden mittaustulokset.

Liite 5																					
Korjauskerroin				Kyllästys				Alkuperäinen kyllästys ja kuivaus				Ainemäärästä tehdyt laskelmat				Puristus					
21.8.2008																					
	Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Paino ennen kyllästystä (g)	Paino liuoksen kanssa kyllästysten ja jälkikäsitteilyn jälkeen (g)	Liuos (g)	Jäämä ennen kuivausta (kg/m3)	Paino kuivauksen 60 °C 40 h ja 103 °C 4h uunissa jälkeen (g)	Kylläste (g)	Jäämä kuivauksen jälkeen (kg/m3)	Alkup. mo	Loppup. m3	Painohäviö(%)	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamassa (g)	Kosteus (%)	Puristuslujuus (N/mm <sup>2</sup> )	Puristuslujuus 12 %n kosteudessa (N/mm <sup>2</sup> )	Puristuslujuus 12 %n kosteudessa puun massasta (N/mm <sup>2</sup> )
Kyllästetyt																					
1.11	14,50	24,09	50,48	8,28	470	9,89	23,72	13,83	78,43	9,39	1,11	62,95	8,28	8,51	-2,78	9,15	8,50	7,65	47,53	37,19	39,92
19.11	14,63	24,47	50,39	8,78	487	10,34	24,01	13,67	75,78	9,97	1,19	65,97	8,78	9,04	-2,96	9,76	9,09	7,37	29,15	22,41	24,02
46.11	14,73	24,54	50,34	8,33	458	12,76	22,32	9,56	52,54	9,26	0,93	51,11	8,33	8,75	-5,04	9,44	8,78	7,52	50,90	39,49	41,76
61.11	14,72	24,42	50,24	8,00	443	9,6	23,96	14,36	79,52	9,26	1,26	69,77	8,00	8,10	-1,25	8,72	8,11	7,52	40,00	31,04	33,81
80.11	14,46	24,14	50,23	8,43	481	10,07	23,36	13,29	75,80	9,7	1,27	72,43	8,43	8,46	-0,36	9,10	8,47	7,44	33,42	25,80	27,99
120.11	14,79	24,08	49,8	8,46	477	10,28	17,69	7,41	41,78	9,06	0,60	33,83	8,46	8,45	0,12	9,09	8,47	7,32	41,01	31,41	32,56
138.11	14,76	24,53	49,68	7,52	418	12,47	22,02	9,55	53,09	8,65	1,13	62,82	7,52	7,36	2,13	7,94	7,39	7,44	38,41	29,66	32,24
148.11	14,77	24,35	49,89	8,59	479	12,84	23,2	10,36	57,74	9,5	0,91	50,72	8,59	8,53	0,70	9,18	8,53	7,62	40,22	31,41	33,24
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,67</b>	<b>24,33</b>	<b>50,13</b>	<b>8,30</b>	<b>463,98</b>	<b>11,03</b>	<b>22,54</b>	<b>11,50</b>	<b>64,33</b>	<b>9,35</b>	<b>1,05</b>	<b>58,70</b>	<b>8,30</b>	<b>8,40</b>	<b>-1,18</b>	<b>9,05</b>	<b>8,42</b>	<b>7,48</b>	<b>40,09</b>	<b>31,04</b>	<b>33,18</b>

Liite 6. Lahottamattomien vertailukappaleiden mittaustulokset.

Liite 6										
Lahottamattomat vertailukappaleet						Puristus				
	Paksuus	Leveys	Pituus	Paino	Tiheys	Massa ennen puristusta (g)	Kuivamassa (g)	Kosteus (%)	Puristusujuus (N/mm <sup>2</sup> )	puristusujuus (N/mm <sup>2</sup> ) 12 %n kosteudessa
<b>Kyllästetyt</b>										
18.11	14,83	24,38	50,23	8,62	475	11,12	9,65	15,23	31,34	36,40
36.11	14,69	24,43	50,37	9,61	532	12,02	10,54	14,04	39,12	43,12
39.11	14,68	24,60	50,56	8,03	440	10,51	9,12	15,24	22,39	26,02
40.11	14,73	24,43	50,41	7,49	413	9,22	8,09	13,97	26,69	29,32
43.11	14,92	24,47	50,48	7,79	423	10,04	8,75	14,74	23,91	27,18
44.11	14,87	24,55	50,38	8,35	454	10,66	9,31	14,50	30,08	33,84
51.11	14,79	24,45	50,38	8,41	462	10,59	9,29	13,99	30,67	33,72
53.11	14,81	24,71	50,25	8,77	477	11,46	9,99	14,71	32,66	37,09
64.11	14,71	24,35	50,32	7,88	437	10,45	9,05	15,47	26,64	31,26
65.11	14,74	24,41	50,45	7,71	425	10,42	8,98	16,04	18,83	22,63
67.11	14,72	24,26	50,75	8,92	492	11,47	10,01	14,59	31,90	36,02
72.11	14,70	24,22	50,53	8,89	494	11,36	9,93	14,40	31,67	35,47
76.11	14,58	24,00	50,24	9,11	518	11,66	10,20	14,31	36,27	40,47
79.11	14,59	24,18	50,43	9,19	517	11,70	10,25	14,15	35,53	39,34
113.11	14,7	24,47	49,69	7,3	408	9,63	8,37	15,05	25,29	29,15
126.11	14,56	24,15	49,81	8,24	470	10,30	9,08	13,44	36,50	39,13
132.11	14,64	24,09	49,87	9,02	513	11,49	10,03	14,56	30,46	34,35
134.11	14,6	24,16	49,88	9,32	530	11,75	10,31	13,97	36,09	39,64
140.11	14,68	24,01	49,3	9,14	526	11,71	10,26	14,13	36,79	40,71
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,71</b>	<b>24,33</b>	<b>50,23</b>	<b>8,52</b>	<b>473,91</b>	<b>10,92</b>	<b>9,54</b>	<b>14,55</b>	<b>30,64</b>	<b>34,55</b>
<b>Kyllästämättömät</b>										
18.12	14,89	24,38	50,28	8,61	472	9,73	8,55	13,80	42,83	46,68
36.12	14,67	24,56	50,65	9,33	511	10,5	9,31	12,78	46,20	48,00
39.12	14,67	24,65	50,54	8,55	468	9,66	8,57	12,72	43,49	45,05
40.12	14,71	24,24	50,45	7,66	426	8,66	7,68	12,76	45,71	47,45
43.12	14,85	24,58	50,14	7,58	414	8,60	7,56	13,76	41,35	44,98
44.12	14,52	24,45	50,59	8,48	472	9,60	8,48	13,21	46,23	49,02
51.12	14,73	24,57	50,29	8,38	460	9,47	8,41	12,60	45,44	46,81
53.12	14,70	24,49	50,49	8,48	467	9,58	8,51	12,57	47,38	48,74
64.12	14,49	24,30	50,27	7,83	442	8,85	7,85	12,74	42,04	43,59
65.12	14,74	24,34	50,55	7,98	440	9,00	7,99	12,64	42,46	43,82
67.12	14,69	24,30	50,33	9,26	515	10,47	9,27	12,94	53,14	55,65
72.12	14,75	24,24	50,25	8,54	475	9,63	8,54	12,76	53,59	55,63
75.12	14,77	24,20	50,48	9,35	518	10,48	9,29	12,81	45,32	47,16
79.12	14,60	24,29	50,40	9,01	504	10,16	9,00	12,89	52,62	54,96
113.12	14,69	24,54	49,82	7,3	406	8,29	7,30	13,56	40,38	43,53
126.12	14,57	24,29	49,71	8,29	471	9,39	8,28	13,41	49,87	53,38
132.12	14,63	24,1	49,84	8,99	512	10,17	8,99	13,13	54,05	57,09
134.12	14,59	24,14	49,88	9,31	530	10,55	9,31	13,32	53,11	56,62
140.12	14,67	24,01	49,86	9,08	517	10,29	9,11	12,95	50,04	52,43
<b>Keskiarvo</b>	<b>14,68</b>	<b>24,35</b>	<b>50,25</b>	<b>8,53</b>	<b>474,81</b>	<b>9,64</b>	<b>8,53</b>	<b>13,02</b>	<b>47,09</b>	<b>49,49</b>







Liite 7/2. Kuvien 10 ja 11 mittaustulokset.

		Liite 7/2					
	Kylläste (g)	Jäämä kuivauks en jälkeen (kg/m <sup>3</sup> )	Ainetta (g)	Painohä viö kun aine vähenn. (%)	Painohä viö(%)	Korjattu (%)	Puristus ujuus (N/mm <sup>2</sup> ) 12 %:n kosteude ssa
<b>Kyllästämättömät, lahotetut</b>							
2.12		0,00			59,93		0,00
8.12		0,00			60,28		0,00
24.12		0,00			60,08		0,00
38.12		0,00			55,41		0,00
42.12		0,00			36,48		4,53
58.12		0,00			59,02		0,00
69.12		0,00			60,05		0,00
73.12		0,00			57,16		0,00
75.12		0,00			56,36		0,53
102.12		0,00			49,44		0,00
133.12		0,00			58,95		0,41
135.12		0,00			57,28		0,27
7.12		0,00			42,78		4,17
12.12		0,00			1,40		51,97
22.12		0,00			44,82		3,14
26.12		0,00			56,78		0,26
34.12		0,00			62,98		0,00
50.12		0,00			39,77		3,94
54.12		0,00			33,04		0,35
62.12		0,00			54,03		0,37
74.12		0,00			33,11		8,59
119.12		0,00			40,83		3,60
128.12		0,00			46,53		3,36
130.12		0,00			40,68		3,54
11.12		0,00			16,48		27,38
17.12		0,00			23,55		29,88
33.12		0,00			19,67		23,97
45.12		0,00			18,65		17,97
47.12		0,00			24,35		13,56
48.12		0,00			17,27		30,64
78.12		0,00			21,19		20,55
129.12		0,00			22,16		22,86
137.12		0,00			18,66		29,67
142.12		0,00			13,38		26,90
144.12		0,00			24,42		19,16
143.12		0,00			8,43		30,31
3.12		0,00			44,13		3,75
9.12		0,00			47,32		1,68
25.12		0,00			45,49		0,00
32.12		0,00			44,18		4,57
41.12		0,00			46,26		1,30
60.12		0,00			49,34		1,29
70.12		0,00			36,66		7,39
77.12		0,00			48,10		1,88
103.12		0,00			37,68		4,38
123.12		0,00			46,98		1,05
131.12		0,00			45,42		3,67
136.12		0,00			49,26		2,06

Liite 8. Aikajana tutkimuksen kulusta kaikkien koekappaleluokkien suhteen.

			Liite 8																		
	Koekappaleiden valmistus	Punnitus ja dimensiomittaukset	Kuivaus absoluuttisen kuivaksi	Punnitus ja mittaukset	Kyllästys	Punnitus ja mittaukset	Kuivaus ja tasaannutus 4 viikkoa	Punnitus ja mitaukset	Vesikyllästys EN84	Punnitus ja mittaukset	EN84 liotus 2 viikkoa	Punnitus ja mittaukset	Tasaannutus 2 viikkoa	Punnitus ja mittaukset	Sterilointi höyryllä	EN113 lahotus 16 viikkoa	Punnitus	Puristusslujuuskoe	Kuivaus absoluuttisen kuivaksi	Punnitus	
Kyllästetyt, lahotetut	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kyllästämättömät, lahotetut	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kyllästetyt, lahottamattomat	X	X	X	X	X	X	X	X											X	X	X
Kyllästämättömät, lahottamattomat	X	X	X	X															X	X	X

