

Seinäjoen
ammattikorkeakoulun
julkaisusarja

A

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Janne Jokelainen

Hirsiseinän tilkemateriaalien ominaisuudet

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
A. Tutkimuksia 12

Janne Jokelainen

Hirsiseinän tilkemateriaalien ominaisuudet

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Seinäjoki 2012

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences

- A. Tutkimuksia Research reports
- B. Raportteja ja selvityksiä Reports
- C. Oppimateriaaleja Teaching materials
- D. Opinnäytetöitä Theses

SeAMK julkaisujen myynti:

Seinäjoen korkeakoulukirjasto
Kalevankatu 35, 60100 Seinäjoki
puh. 020 124 5040 fax 020 124 5041
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-5863-45-1 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5565 (verkkojulkaisu)

ALKUSANAT

Seinäjoen ammattikorkeakoulun konservoinnin koulutusohjelmassa tehtiin vuosina 2010 – 2012 tutkimustyö nimeltä Hirsiseinän tilkemateriaalien ominaisuudet. Tutkimusta rahoittivat Opetus- ja kulttuuriministeriö ja SeAMK. Tutkimuksen vastuuhenkilönä toimi yliopettaja Janne Jokelainen. Kenttä- ja laboratoriokokeiden osalta tehtiin yhteistyötä SeAMK rakennustekniikan koulutusohjelman kanssa. Tutkimuksessa testattuja tilkemateriaaleja olivat pellavan osalta Isolina eristenauha (15x100), lasivillan osalta Isover SK (20x115), polypropeenin osalta Jyremark PP-Termo (15x100) ja puukuidun osalta Vital-eristenauha (4-5x100).

Osana Tilketutkimusta valmistui opinnäytetyö, jonka tekijöinä olivat Marja Halttunen ja Jussi Kuusisto. Heidän opinnäytetyönsä on itsenäinen osa tätä tutkimusta ja luettavissa verkkokirjastosta osoitteesta theseus.fi. Tämän raportin luvussa 3 Tilkemateriaalit on tiivistys heidän opinnäytteestään.

TIIVISTELMÄ

Jokelainen, Janne. 2012. Hirsiseinän tilkemateriaalien ominaisuudet. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 12, 61s.

Tässä tutkimuksessa määritettiin hirsiseinän tilkemateriaalien käyttöominaisuuksia. Tutkittuja tilkemateriaaleja olivat yleisimmin käytetyt huokoiset tilkkeet; sammal, pellava, puukuitu, lasivilla ja polypropeeni. Näiden materiaalien ilmantiiviyttä, kosteudenimua, vedenimua, mikrobikasvuerkkyyttä ja käytettävyyttä tutkittiin laboratorio- ja kenttäkokein.

Hirsiseinän varauksien läpi kulkevien ilmavirtojen mukana kulkee suuri määrä lämmitysenergiaa. Tilkkeillä varaus pyritään tiivistämään mahdollisimman tiiviiksi. Tutkituista materiaaleista paras tiiviyys saavutetaan puukuidulla. Myös lasivilla antaa huomattavasti paremman tiiviyden kuin pellava tai polypropeeni. Kuivan sammalen tiiviyys on huono. Kaikki materiaalit antavat sitä paremman tiiviyden, mitä tiheimmäksi ne saadaan puristettua tai sullottua.

Tilkkeiden kosteusteknisen toiminnan kannalta keskeistä on niiden vedenimukyky. Suuri vedenimukyky kastelee ympäröivät puuosat, jolloin niihin muodostuu mikrobikasvustoa. Puukuitu imee itseensä ja levittää ympäristöönsä vettä huomattavasti muita materiaaleja nopeammin ja runsaammin. Tilkemateriaaleissa tapahtuva mikrobikasvu alkaa puukuidussa ensimmäisenä ja esiintyy runsaimpana. Pellavan, lasivillan ja polypropeenin ei tässä tutkimuksessa havaittu imevän itseensä vettä vaaka-asentoisina.

Tilkkeiden erilaiset ominaisuudet suuntaavat niiden käyttöä tietyn tyyppisiin rakennuksiin ja rakenneratkaisuihin.

Avainsanat: Hirsirakentaminen, tilkintä, ilmatiiiviyys, vedenimukyky, mikrobikasvu

Yhteystiedot:

Janne Jokelainen
Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Kulttuurialan yksikkö
PL 416, 60101 Seinäjoki
janne.jokelainen@seamk.fi

ABSTRACT

Jokelainen, Janne. 2012. Properties of the log wall stuffings. Publications of Seinäjoki University of Applied Science A. Research reports 12, 61p.

In this study the properties of the different types of the log wall stuffing materials were defined. The tested materials were the most popular porous stuffings; moss, flax, wood fiber, glass wool and polypropylene. Properties of airtightness, absorption of humidity and water, the growth of the mold and usability of these materials were examined in laboratory and field tests.

There is a vast flow out of the heating energy by the air convection through the long groove of the log wall. The long grooves are tried to be sealed as air tight as possible with the stuffings. The best air tightness of these materials will be achieved by the wood fiber. Also a glass wool gives a much better air tightness than flax or a polypropylene. The air tightness of the dry moss is poor. The best air tightness is achieved by all the materials if they are pressed or stuffed as tight as possible.

The most important issue concerning the moisture behavior of stuffing is the capacity of their water absorption. The strong capacity of water absorption wets the log that is in contact with the stuffing and gives rise to the microbe growth in a wood. Wood fiber absorbs water and spread it to the log material around it significantly more effective and faster than the other materials. Also the growth of mold begins first in a wood fiber itself and it is more abundant in it than in the other materials. In this study the flax, the glass wool and the polypropylene were not noticed to absorb water in a horizontal position.

The different properties of the stuffing materials direct their use into the certain type of buildings and the structural solutions.

Keywords: Log building, stuffing, airtightness, absorption of water, growth of the mold

Contact information:

Janne Jokelainen
Seinäjoki University of Applied Sciences
School of Culture and Design
P.O. Box 416, FI-60101 Seinäjoki
janne.jokelainen@seamk.fi

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT JA TAULUKOT

1. JOHDANTO	9
2. TILKINTÄ	13
3. TILKEMATERIAALIT	15
3.1 Sammal	15
3.2 Pellava	17
3.3 Lasivilla	18
3.4 Polypropeeni.....	19
3.5 Puukuitu	20
4. ILMANTIIVIYS	22
4.1 Varausten ilmantiiviys.....	22
4.1.1 Koejärjestelyt.....	22
4.1.2 Tulokset	24
4.1.3 Havaintoja	25
4.2 Asennusraon ilmantiiviys.....	26
4.2.1 Koejärjestelyt.....	26
4.2.2 Tulokset	28
4.2.3 Havaintoja	28
5. KOSTEUDENIMU	30
5.1 Koejärjestelyt	30
5.2 Tulokset	31
5.3 Havaintoja.....	32
6. VEDENIMU	33
6.1 Vedenimukokeen järjestelyt.....	33
6.2 Kuivumiskokeen järjestelyt.....	36
6.3 Tulokset	36
6.4 Havaintoja.....	40

7. MIKROBIKASVU	42
7.1 Koejärjestelyt	42
7.2 Tulokset	44
7.3 Havaintoja	45
8. KÄYTETTÄVYYS	48
8.1 Koejärjestelyt	48
8.2 Tulokset	49
8.3 Havaintoja	50
9. YHTEENVETO	51
9.1 Materiaalit	51
9.2 Rakenneratkaisut	54
9.3 Ominaisuudet	56
LÄHTEET	58

KUVIOT

Kuvio 1.	Jälkitilkinnällä voidaan parantaa vanhojen hirsiseinien ilmatiivyyttä	14
Kuvio 2.	Sammalen rakennetta	16
Kuvio 3.	Pellavan varren rakenne	17
Kuvio 4.	Varausten tiivysmittaukset tehtiin painekaapin avulla	23
Kuvio 5.	Tilkkeen sullontaa kaksinkertaisella tekniikalla	27
Kuvio 6.	Näytesarja 1 sääkaapissa	30
Kuvio 7.	Muovirunkoinen syrjällään oleva pystyasentoinen koekappale	34
Kuvio 8.	Koesarjojen 1, 2, 3 ja 4 kastelutapa.	35
Kuvio 9.	Koesarjan 5 vaakasuuntaisen kokeen järjestely	36
Kuvio 10.	Koesarjan 1 koekappale avattuna tarkastelua varten	43
Kuvio 11.	Koesarjan 4 lautarunkoinen koekappale avattuna	44
Kuvio 12.	Runsasta kasvustoa koesarjan 3 koekappaleessa	45
Kuvio 13.	Pitkällinen vesirasitus aiheutti mikrobikasvua myös polypropeenissa	46
Kuvio 14.	Avovaraus mahdollistaa jälkitilkinnän	54
Kuvio 15.	Umpivaraus tiivistyy vain matalalla varauskidalla	55

TAULUKOT

Taulukko 1.	Ilmanvuotoluvut (m ³ /hm ²) 5 millimetrin raolla.....	24
Taulukko 2.	Ilmanvuotoluvut (m ³ /hm ²) 2 millimetrin raolla.....	25
Taulukko 3.	Ilmanvuotoluvut (m ³ /hm ²) 5 millimetrin rakoon sullottuna	25
Taulukko 4.	Ilmanvuotoluvut (m ³ /hm ²) vertailunäytteissä.....	25
Taulukko 5.	Ilmanläpäisevyys saumametrille (m ³ /hm) sullottuna	28
Taulukko 6.	Kosteudesta imeytyneen veden massa grammoina.....	31
Taulukko 7.	Kosteudesta imeytyneen veden massa grammoina kuivausvaiheessa	32
Taulukko 8.	Koesarjan 1 huokosiin näytteisiin imeytyneet veden massat grammoina.....	37
Taulukko 9.	Koesarjan 2 näytteisiin imeytyneet veden massat grammoin	37
Taulukko 10.	Koesarjan 3 sullottuihin tilkkeisiin imeytyneet veden massat grammoina.....	37
Taulukko 11.	Koesarjan 4 tilkkeisiin imeytyneet veden massat grammoina	38
Taulukko 12.	Koesarjan 4 lautarunkoihin imeytyneet veden massat grammoina.....	38
Taulukko 13.	Vaakasyrjästä imeytyneet veden massat grammoina	39
Taulukko 14.	Pystysyrjästä imeytyneet veden massat grammoina	39
Taulukko 15.	Koesarjan 1 näytteiden veden massat grammoina kuivumisessa	40
Taulukko 16.	Arviointilomakkeen kohta leikkaaminen	48
Taulukko 17.	Käytön helppouden pisteet.....	49
Taulukko 18.	Käytön miellyttävyyden pisteet	49

1. JOHDANTO

Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen on tällä hetkellä rakennusalan merkittävin haaste. Tutkimus ja kehitystyö ovat keskittyneet uudisrakentamisen energiatehokkuuteen, mutta rakennuskannan ikärakenteen vuoksi yhtä tärkeää on parantaa olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta. Yksi sekä uusien että vanhojen hirsirakennusten lämpötekniinen ongelma on niiden huono tiiviyys. Hirsien välisestä varauksesta ja muista rakenteiden saumoista ja liitoksista virtaa ilmaa, mikä lisää merkittävästi lämmitysenergian kulutusta. Rakenteiden tiiviyteen liittyy kiinteästi kosteustekninen toiminta. Tiiviyden parantaminen täytyy tehdä siten, ettei synny vaaraa ulkopuolisen veden imeytymisestä rakenteisiin tai vesihöyryn tiivistymisestä rakenteisiin.

Rakenteen ilmatiiviydellä tarkoitetaan sen kykyä estää ilman virtaaminen (konvektio) sen läpi. Rakenteen höyrynsululla tarkoitetaan ainekerrosta, joka estää vesihöyryn liikkeen (diffuusio) rakenteen läpi tai rakenteessa. Hirsirakenteessa ilman virtaamista voi tapahtua hirren välisistä varauksista, salvosliitosten raoista tai liittyvien rakennusosien liitoksista ja saumoista. Hirren läpi ei tapahdu ilman virtaamista. Vesihöyryn diffuusiota hirren sisällä tapahtuu jatkuvasti ja moneen suuntaan, mutta se on niin hidasta, että hirren läpi ei vesihöyryä katsota kulkeutuvan. Diffuusiota tapahtuu myös liitoksissa ja raoissa, mutta sillä ei ole merkitystä niissä tapahtuvaan konvektioon verrattuna. Täten hirsiseinässä ei käytetä erillistä höyrynsulkua ja sen tiiviydellä tarkoitetaan yleisesti vain sen ilmatiiviyttä.

Ilman virtaaminen rakenteen läpi vaatii ilmanpaine-eron rakenteen eri puolilla. Rakennuksen sisä- ja ulkotilan paine-eroihin vaikuttavat useat tekijät, joista merkittävimpiä ovat rakennuksen korkeus, ilmanvaihtotapa, sisä- ja ulkolämpötilan ero ja tuuli. Tuulen suunnan ja voimakkuuden sattumanvaraisuudesta johtuen ilma voi pyrkiä liikkumaan rakenteen läpi joko ulkoa sisälle tai sisältä ulos. Ulkoa sisälle tapahtuva ilman liike ei yleensä omaa kosteusteknistä riskiä, mutta se voi huonontaa sisäilman laatua. Se myös laskee sisäpintojen lämpötilaa ja aiheuttaa vedon tunteesta johtuvan sisälämpötilan noston ja lämmitysenergian kulutuksen lisääntymisen. Sisältä ulos tapahtuva ilman liike omaa riskin sisäilman lisäkosteuden kondensoitumisesta rakenteen sisään ja virtauksen mukana sisältä poistuu lämpöenergiaa. Rakenteiden läpi tapahtuva ilmavirtaus vaikeuttaa merkittävästi ilmanvaihdon hallintaa. Nykyisen käsityksen mukaan ilman liike rakenteen läpi on aina haitallista.

Määräystasolla rakennusten ilmanpitävyys määritellään ilmavuotoluvulla q_{50} ($\text{m}^3/(\text{hm}^2)$), joka tarkoittaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa vaipan neliömetrille 50 Pa paine-erolla. Uudisrakennuksissa korkeimmaksi sallituksi

q_{50} -luvuksi on määritetty 4. (D3, 2012.) q_{50} -luku tulee käyttöön vuoden 2012 aikana. Tätä aiemmin on rakennusten tiiviys ilmoitettu yleensä n_{50} -lukuna, joka kertoo rakennuksen tilavuuden mukaisen ilmamäärän vaihtuvuuden tunnin aikana 50 Pa:n paine-erolla (1/h). Valitettavasti n_{50} -luku ei ole muunnettavissa q_{50} -luvuksi, jollei rakennuksen vaipan muoto ole tiedossa. Nykytiedon mukaan ilmanpitävyyden vaikutus energiankulutukseen pystytään arvioimaan ilmanvuotoluvusta q_{50} siten, että sen yhden yksikön lisäys lisää lämmitysenergian kulutusta noin 7 % ja kokonaisenergian kulutusta noin 4 % (Vinha 2009, 119–120.).

Vuoraamattomien hirsirakennusten ilmanpitävyyttä on mitattu useissa tutkimuksissa. Niissä on havaittu, että ilmanvuotoluvut ovat korkeampia kuin muilla runkojärjestelmillä ja rakennusten väliset erot ovat hyvin suuria n_{50} :n vaihdellessa välillä 1,0–16,2 (Vinha 2009, 21–23.). Ilmoitettuna q_{50} lukuna perinteisesti tiivistetylle hirsitaloilta on saatu keskimäärin arvo 7,5 ja solukumi tai paisuvasaumatiiivistein toteutetuille arvo 4,4 (Koski, Rakennusfysiikka 2007, 256–258.).

Hirsivarausten tiivyydestä on hyvin eriäviä käsityksiä. Vanhemmassa kirjallisuudessa kehoitettiin käyttämään avovarausta ja korostettiin jälkitilkinnän merkitystä. Seinän ilmatiiviyttä parannettiin myös seinien sisäpuolisilla paperoinneilla, pinkopahvituksilla ja levytyksillä ja ulkopuolisilla tervapaperoinneilla ja ulkoverhouslaudoituksilla. 1960-luvulta alkaen suosittiin varaushuuliltaan tiukkaa umpivarausta, jossa tilke asennetaan löyhästi avoimeen varauskitaan ja tiiviyden oletettiin muodostuvan tiukoista varaushuulista. Viime aikoina varauksissa on alettu käyttää erillisiä solukumitiivisteitä tai paisuvia saumatiivisteitä. Tutkittua tietoa erilaisten varaustapojen ja tilkkeen asennustapojen vaikutuksesta tiiviyteen ei ole saatavilla.

Vuoraamattomien hirsiseinien tilkemateriaalit voivat joutua ajoittain alttiiksi vesirasitukselle viistosateen ja tuulen vaikutuksesta. Tämä on poikkeuksellinen tilanne huokoisille eristemateriaaleille. Useista vanhoista hirsiseinistä löytyy kosteusvaurion aiheuttamaa lahoamista varausten sisältä ja uusissa seinissä on ongelmaksi havaittu rakennusaikana tapahtuva varausten homehtuminen. Tilkemateriaalien tuleekin toimia kosteusteknisesti siten, ettei lyhytaikainen vesirasitus nosta niiden kosteuspitoisuutta sellaiseksi, että mikrobikasvu mahdollistuu itse materiaalissa tai siihen yhteydessä olevassa puussa.

Kahden puuosan välinen sauma ei ole tiivis, joten hirsivarausta ja muita puurakenteiden liitos- ja saumakohtia on kautta historian jouduttu tiivistämään tilkemateriaaleilla. Aikojen saatossa nämä materiaalit ovat muuttuneet. Varhaisimmat tilkkeet olivat suoraan luonnosta saatavia. Niitä seurasivat luonnonmateriaaleista jalostetut tuotteet, joista on siirrytty keinotekoisesti valmistettuihin tilkkeisiin. Näillä erilaisilla tilkemateriaaleilla on erilaisia ominaisuuksia. Useiden tilkemateriaalien materiaalliset ominaisuudet tunnetaan hyvin, mutta niiden toimintaa käyttö-olosuhteissa ei ole vertailevasti tutkittu.

Tämä tutkimus kohdistuu uusien ja vanhojen käsinveistettyjen hirsirakennusten ja perinteistä varausmuotoa käyttävien teollisten hirsirakennusten tiivistämiseen tilkitsemällä. Profiloituilla varauksilla ja erillisillä varaustiivisteillä varustetut teolliset hirsirakennukset eivät kuulu tämän tutkimukseen piiriin.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää erilaisten tilkemateriaalien ominaisuuksia käyttö-olosuhteissa. Tutkimukseen valittiin eri aikoina käytetyistä tilkemateriaaleista sammu, pellava, lasivilla, polypropeeni ja puukuitu, jotka ovat eri aikakausina yleisimmin käytettyjä tilkkeitä ja joita on edelleen yleisesti saatavilla. Nämä materiaalit kattavat lähes kaikki tunnetut tilkemateriaalit, sillä aikoinaan käytetyt tappurat ja rohtimet ovat pellavaa, villapohjaisten voilokin ja lumpun todettiin toimivan huonosti tilkkeinä ja kivivillan kuitupituus on havaittu riittämättömäksi tilkekaistoissa.

Materiaaleille tehtiin laboratorio-olosuhteissa ilmatiiviys, kosteudenimu ja vedenimukokeita. Kenttäkokeissa seurattiin mikrobien kasvua ja käyttäjäkokeessa arvioitiin tilkkeiden käytettävyyttä. Näiden kokeiden avulla selvitettiin, millaisia eroja eri tilkemateriaalien ilmantiiviydessä on ja kuinka ne tulisi asentaa, jotta saavutettaisiin mahdollisimman hyvä ilmatiiviys. Kokeilla selvitettiin myös, onko eri tilkkeiden kosteusteknisessä toiminnassa eroja ja muodostavatko jotkut tilkkeet kosteusongelmariskin.

Ilmantiiviyksikokeessa mitattiin hirsivaraukseen ja normaaliin 15 millimetrin ovi- tai ikkuna-aukon asennusrakoon asennettujen tilkemateriaalien ilmanläpäisevyyttä erilaisilla paine-eroilla. Kokeessa määritettiin eri materiaalien välisiä eroja ja ilmanläpäisevyyden muutosta lisättäessä materiaalin tiheyttä puristamalla ja sullomalla. Kosteudenimukokeessa mitattiin materiaalien kykyä imeä kosteutta ympäröivästä ilmasta ja luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Kokeet tehtiin sääkaapissa, jossa kostutuksen aikana oli 90 % ilman suhteellinen kosteus ja kuivausvaiheessa 30 % ilman suhteellinen kosteus, lämpötila oli + 20 °C.

Vedenimukokeessa mitattiin materiaalien kykyä imeä vettä itseensä silloin, kun ne ovat kosketuksessa veteen tai vedellä kyllästyneeseen materiaaliin. Kokeissa määritettiin tilkemateriaalien vedenimukykyjen eroja, materiaalien tiheyden vaikutusta vedenimuun, ympäröivän materiaalin vaikutusta vedenimuun ja materiaalin asennon vaikutusta vedenimuun. Kuivausvaiheessa näytemateriaalien annettiin kuivua huonetilassa ja niitä punnittiin tietyn aikasarjan mukaisesti, kunnes ne olivat palautuneet alkupainoonsa.

Mikrobikasvukokeessa tutkittiin mikrobien kasvua kuivissa ja märissä tilkkeissä sisä- ja ulkotiloissa. Kokeiden avulla määritettiin ja verrattiin makrotasolla eri tilkemateriaaleissa tapahtuvan mikrobikasvun tapaa, nopeutta ja määrää ja verrattiin sitä tilkkeiden ympärillä olevan puun mikrobikasvuun.

Käyttäjäkokeessa 33 koehenkilöä arvioi eri tilkemateriaalien käytön helppoutta ja miellyttävyyttä. Käytön helppoudesta arvioitiin materiaalien leikattavuutta, asennettavuutta ja sullottavuutta. Käytön miellyttävyydestä arvioitiin materiaalien kosketeltavuutta, pölyävyyttä, hajua, ihoärsytystä ja ulkonäön miellyttävyyttä. Kokeen lopuksi koehenkilöt asettivat tilkemateriaalit paremmuusjärjestykseen.

Kunkin kokeen tulokset esitellään koetta kuvaavassa luvussa. Myös tuloksista tehdyt päätelmät ja huomiot esitellään samassa yhteydessä. Kunkin materiaalin eri kokeiden tulokset ja niiden huomiot kootaan yhteen raportin lopussa olevassa luvussa.

2. TILKINTÄ

Tilkinnällä tarkoitetaan rakennuksen vaipassa olevien rakojen täyttämistä jollakin materiaalilla, jolloin rakojen kautta tapahtuvia ilmavirtauksia saadaan vähennettyä. Tällaisia rakoja esiintyy ikkuna- ja oviaukkojen yhteydessä, läpivientien yhteydessä ja rakennusosien liitoskohdissa. Hirsirakennusten merkittävin tilkintäkohde on hirsien välinen sauma, varaus.

Tilkinnällä on merkityksensä rakennuksen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Rakenteiden rakojen ja saumojen läpi tapahtuvien hallitsemattomien ilmavuotojen mukana kulkee suuri määrä lämpöenergiaa ja niistä saattaa aiheutua kosteusvaurioita, mikäli ulospäin suuntautuvan ilmavirran sisältämä kosteus tiivistyy rakenteen sisällä. Myös sisäänpäin suuntautuvassa virtauksessa saattaa aiheutua kosteusongelmia, mikäli virtauksen vaikutuksesta syntyy niin kylmiä pintoja, että sisäilman kosteus tiivistyy näille pinnoille.

Tilkinnällä on pitkät ja vankat perinteet maassamme, kun lähes kaikki maamme historialliset rakennukset ovat olleet hirsirunkoisia. Usein asuinrakennuksissa oli toista kilometriä hirsivarausta, joka täytyi tilkitä. Tilkintään kiinnitettiin erityistä huomiota ja sillä tiedettiin olevan keskeinen merkitys rakennuksen lämpimyydelle ja asuinmukavuudelle. Kaikki 1900-luvun alkupuolen rakennusoppaat korostavat tilkinnän tärkeyttä ja neuvovat tekemään sen sullomalla jälkitilkintänä useassa eri vaiheessa (Jokelainen 2005, 112–115.).

Tilkinnästä ei ole selkeitä ohjeita eikä vakiintunutta toimintatapaa. Ilmatiiviy voidaan periaatteessa saavuttaa kahdella tavalla. Tilkemateriaali voidaan asettaa huokoisesti, jolloin materiaalin ajatellaan toimivan kuten huokoisten lämmöneristeiden, ja ilmatiiviy tuotetaan erillisellä tiivisteellä, joka on yleensä teippi. Toinen tapa on sulloa tilkemateriaali niin tiiviiksi, että se toimii ilmansulkuna. Tällaisten sullottujen tilkemateriaalien lämmönjohtavuus kasvaa niiden tiheyden kasvaessa, joten ne eivät ole lämmöneristeinä enää yhtä hyviä kuin huokoisessa muodossa. Tällä ei kuitenkaan ole käytännössä suurta merkitystä, sillä tilkittävien osien pinta-alat ovat promilleja ja enimmilläänkin vain prosentin luokkaa rakennuksen vaipasta.

Huolellisella teippaamisella saavutetaan erittäin hyvä ilmatiiviy. Teippaamisen ongelmana ovat teippien pitkäaikaiskestävyys ja ulkonäkö. Puuhun kiinnitettävien teippien liimojen pitkäaikaiskestävyydestä on huonoja kokemuksia. Monet havainnot osoittavat, että useissa teippityypeissä liima kovettuu ajan myötä ja puurungon elämisen vaikutuksesta teippi irtoaa alustastaan. Varsinkin hirsiseinään, jossa aina tapahtuu elämistä ja jonka pinnalla on kosteusvaihteluita, teippaaminen on osoittautunut hankalaksi. On myös useita kohtia, joissa teippejä ei voida ulkonäön takia käyttää. Merkittävin tällainen kohde on hirsiseinien varaus.



Kuvio 1. Jälkitilkinnällä voidaan parantaa vanhojen hirsiseinien ilmatiiviyttä

Sullovassa tilkinnässä tilkemateriaalia työnnetään rakoon niin paljon kuin sitä saadaan mahtumaan. Sullonta tehdään puisella tai metallisella lastalla, jota lyödään nuijalla tai vasaralla. Sullonnan tavoitteena on mahdollisimman suuri tilkemateriaalin tiheys. Huolellisimpien hirsiseinien tilkitsijöiden tiedetään saaneen jälkitilkinnässä korotettua rakennuksen korkeutta. Tällöin varuksiin sullottiin niin paljon tilkettä, että se nosti seinän yläpuolella olevia rakenteita; yläpohjaa ja vesikattoa. Myös ikkunoiden ja ovien asennusraot oli tapana tilkitä huolella. Varsin tavallista oli, että karmien asennuksessa ei käytetty erillisiä kiinnittimiä, vaan ne pysyivät paikoillaan pelkästään tiukkaan sullotun tilkkeen avulla.

Kaikkien vanhempien rakennusten tilkintä on tehty sullontamenetelmällä. Osa tilkinnästä on tehty huolellisesti laadukkaita materiaaleja käyttäen. Näiden rakennusten tiiviys on ilmeisesti edelleen hyvä. Valta-osa tilkinnöistä on kuitenkin tehty huolimattomasti tai huonoista materiaaleista, jolloin rakennusten tiiviydessä on ongelmia. Myös perustusten tai rungon vaurioiden aiheuttamat liikkeet saavat usein aikaan sen, että saumat aukeavat ja niiden tiiviys heikkenee. Näiden tiiviysongelmien korjaaminen onnistuu käytännössä vain lisäämällä tilkettä sullomalla. Tällaista tiiviyttä parantavaa korjaustyötä on valtavasti, ja tästä syystä tilkintään käytettävän materiaalin ominaisuudet täytyy olla tiedossa.

3. TILKEMATERIAALIT

Tässä luvussa esitellään tutkimukseen valittujen tilkemateriaalien; sammalen, pel-lavan, puukuidun, mineraalivillan ja polypropeenin valmistusmenetelmiä, historiaa ja käyttöä rakentamisessa ja tilkinnässä. Materiaalikuvaukset lähdeviitteineen ovat tiivistelmiä rakennuskonservaattoreiden (AMK) Marja Halttusen ja Jussi Kuusiston opinnäytetöistä. Nämä työt, jotka koostuvat laajoista materiaalikuvauksista, ovat luettavissa verkkokirjastosta osoitteesta theseus.fi.

3.1 Sammal

Sammalet (*Bryobionta*) ovat itiöllä lisääntyviä, juurettomia, sekovarrellisia tai lehdel-lisiä pieniä kasveja. Kaikkia sammalia yhdistää sukupolvenvuorottelu, jossa itiöpolvi on suhteellisen lyhytikäinen ja riippuvainen vihreästä, yhteyttävästä sammalkasvista eli suvullisesta vaiheesta. Sammalia on kaikkiaan noin 15 000 - 20 000 lajia, joista Suomessa esiintyy 661 lehtisammallajia, 219 maksasammallajia ja 2 sarvisammal-lajia. Kaikki Suomessa rakentamisessa käytetyt sammalet kuuluvat lehtisammalten kaareen. Yhteisiä piirteitä lehtisammalille on niiden verson erilaistuneisuus varreksi ja lehdeksi. (Shaw, A. J. & Goffinet, B. 2000; Pinkka 2004.)

Sammalten oletetaan olevan vanhimpia edelleen olemassa olevia varsinaisia maakasveja. Onkin oletettavaa, että niitä on käytetty rakennusten tiivistämisessä ja eristämässä niin kauan kuin maamme alueella on ollut asutusta. Nykymuotoisissa rakennuksissa rautakauden lopulta alkaen sammalta käytettiin täytepohjien läm-möneristeenä, hirsivarausten tilkkeenä ja muiden liitosten tiivistämisessä. Sammal oli maamme käytetyin tilke- ja eristemateriaali aina 1930-luvulle saakka. (Valonen 1977, 9-11; Valonen 1984, 153-155; Heikkinen 2009; Vuolle-Apiala 2010, 35-36.) Vielä jälleenrakentamiskauden pientaloissa sammal oli tavallinen ylä- ja alapohjan eriste, ja sitä kokeiltiin myös rankarakenteisten seinien eristeenä. Sammalta on myös yri-tetty jalostaa eristykseen soveltuviksi tuotteiksi. Ruotsissa patentoitiin 1920-luvulla metalliverkkovahvisteinen eristelevy, joka oli vuorattu sidosaineena käytetyn asfaltin ja rahkasammaleen sekoituksella. (Paulaharju 1906, 56; Rakennustaito 1927-16, 207; Jokelainen 2005, 98; Heikkinen 2009; Vuorinen 2009, 137.) Tänä päivänä sam-maleen käyttö tilkkeenä tai eristeenä on erittäin vähäistä.



Kuvio 2. Sammalen rakennetta

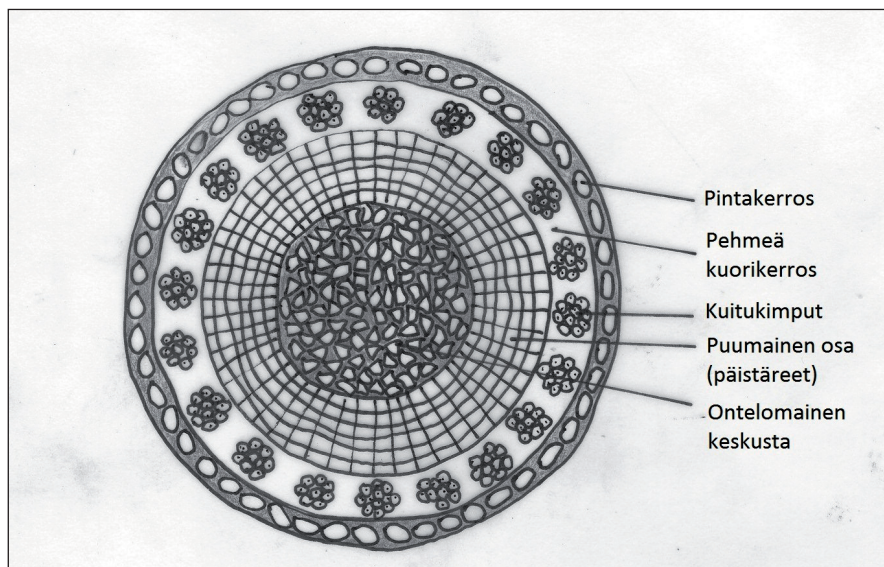
Rakentamisessa yleisimmin käytettyjä sammalia olivat rahkasammalet, seinäsammal ja korpikarhunsammal. Lisäksi mainitaan käytetyn metsäkerrossammalta, eräitä kivien päällä kasvavia sammallajeja sekä näkinsammalta. Rakennussammaleiksi valikoitiin runsaasti esiintyviä ja kooltaan suhteellisen kookkaita sammalia, jotka usein kasvavat laajoina yhtenäisinä kasvustoina.

Sammalten rakennusteknisiä ominaisuuksia ei ole tutkittu eikä niille ole asennusohjeita. Sammalten hankkiminen vaatii rakentajalta aktiivisuutta ja tietämystä. Jokamiehen oikeudet eivät ulotu sammalten keräämiseen vaan se on maanomistajan oikeus (Ympäristöministeriö 2010). Kerätessä sammalia tulee lajintuntemuksesta olla varma, sillä monet sammallajeista ovat erittäin uhanalaisia. Sammalten hyödyntäminen metsien hakkuualueilta ja turvetuotantoalueilta olisi järkevää. Parhaimmassa tapauksessa valtalajeja keräämällä voitaisiin vapauttaa elintilaa harvinaisemmille lajeille ja näin auttaa uhanalaistenkin lajien säilymistä. (Ulvinen & Syrjänen 2009.)

Sammaleen huonona ominaisuutena pidetään sen haurautta, mikä aiheuttaa ongelmia varsinkin jälkikilinnässä. Lujuuden puutetta on kompensoitu käyttämällä tuoretta, vielä kosteaa sammalta. Kuivunutta sammalta on mahdollista myös kostuttaa uudelleen. Eri sammallajien välillä on eroavaisuuksia lujuuden suhteen. Myös sammaleen mukana rakenteisiin mahdollisesti kulkeutuvien mikrobien ja hyönteisten on pelätty aiheuttavan ongelmia.

3.2 Pellava

Pellavaa viljellään sen varren kuitujen ja öljyä sisältävien siemenien vuoksi. Pellavan heimoon (*Lineaceae*) kuuluu noin 170 eri lajia. Pellavakasvi on yksivuotinen ja kuuluu runko- ja niinikuitujen ryhmään. Se on noin 70–170 senttimetriä korkea, tavallisesti vaaleansini- tai valkokukkainen selluloosakuitukasvi. (Alarinta 1995, 3; Kaukonen 1945, 17–18; Boncamper 1996, 98; Rissanen & Viljanen 1998, 9; Kanta-Oksa 1992, 3–4.)



Kuvio 3. Pellavan varren rakenne

Pellavan runkokuitukimput sijaitsevat kasvin varressa ulomman kuoren ja puumaisen ytimen välissä. Kuitukimput kiertävät kasvin runkoa pituussuunnassa. Pellavan varressa on noin 20–50 kuitukimppua, ja jokaisessa kimpussa on noin 10–40 yksittäiskuitua. Kuidut ovat kietoutuneet ja liimautuneet pektiinisidoksilla toisiinsa. Kuidun soluseinät sisältävät selluloosaa, hemiselluloosaa, ligniiniä ja pektiiniä. Puumainen osa eli päistäre on ligniinin sitomaa lähes puhdasta selluloosaa ja yhdessä kuitukimppujen kanssa ne muodostavat pellavan jäykän varren.

Pellava on maailman vanhimpia viljeltyjä kasveja ja se on kotoisin Vähästä-Aasiasta (Alarinta 1995, 3; Kaukonen 1945, 17–18; Boncamper 1996, 98; Rissanen & Viljanen 1998, 9.). Arkeologit arvioivat jo kivikauden ihmisen osanneen valmistaa pellavakuidusta verkkoja ja kalastussiimaa. Suomessa pellavaa on viljelty ja käytetty veronmaksuvälineenä jo keskiajalla ja jalostettuja pellavatuotteita on viety ulkomaille 1700-luvulta alkaen. (Kaukonen 1945, 18–19; Boncamper 1996, 98; Simola 1933, 8.)

Pellava on uusiutuva ja biohajoava runkokuitu. Pellavakuitu on hygroskooppinen materiaali ja se kestää kertaluonteisia kosteustiloja homeiden kasvulle kriittisissäkin olosuhteissa. Pellavakuitu on erittäin lujaa ja lujuus kasvaa sen kastuessa. Kastuessaan kuitu myös turpoaa voimakkaasti. (Kanta-Oksa 1999, 23; Korttesmaa ym. 2005, 34, Boncamper 1995, 102; Seppälä 1982, 11–12; Oijala 1999, 39.)

Pellavan käyttö rakennusten tilkitsemiseen liittyy maassamme 1860-luvulla alkaneeseen pellavan teolliseen jalostamiseen (Urbans 1956, 34–36; Seppälä 1982, 13–19.). Varsinaisten pellavakuitujen jalostamisen sivutuotteina syntyi rohdinkuituja ja tappuroita, joita käytettiin rakennusten tilkinnässä yleisesti aina 1900-luvun puoliväliin saakka (Härkäsalmi 2008, 66, 129, Vuorela, 1981, 243, 459.). Kotimaisen pellavan eristekäyttöä pyrittiin lisäämään 2000-luvun taitteessa. Vuonna 2003 Suomessa toimikin kahdeksan yritystä, jotka valmistivat pellavapohjaisia rakennuseristeitä (Koivula & Vilppunen 2003, 22.). Kotimaisen kuiduntuotannon vähäisyys ja ongelmat tuotantoketjuissa aiheuttivat kuitenkin sen, että vuonna 2011 yrityksistä oli jäljellä vain yksi, ja sekin toi kuituraaka-aineen ulkomailta.

Nykyisten pellavaeristeiden raaka-aineena käytetään pellavatuotannossa syntyvää lyhyttä, ylijäävää kuitua. Kuitujen kiinnitysaineena käytetään kierrätettyä synteettistä kuitua ja tuotteisiin lisätään palonestoainetta. Pellavaeristeitä voidaan käyttää lämmöneristeinä seinissä, katoissa, ala- ja yläpohjissa sekä hirsivarausten ja ikkunoiden ja ovien tilkitsemisessä. Tuotteita on saatavana ilmarakennuksena rullana rakennus- ja äänieristeeksi, huopamaiseksi neulottuna nauhana tilkkeiksi sekä parketinalusmattona. Eristetuotteilla on alhainen lämmönjohtavuus (0,038 W/mK), ja ne kuuluvat paloluokkaan E. (Isolina 2011.)

3.3 Lasivilla

Mineraalivilla on yhteisnimitys sulasta lasi- tai kiviaineksesta tehdyille kuitumaiselle, huokoiselle aineelle. Lämmöneristeissä käytetyt lasi- ja kivivillakuidut ovat epäorgaanisia, ei-metallisia ja lasimaisia. Kemiallisesti kuidut ovat oksideja, joista merkittävin oksidiainesosa on SiO_2 . (Saarenpää, Hyödynmaa, Enbom & Säämänen 1994, 11.)

Raaka-aineensa perusteella mineraalivillat jaetaan lasi-, kivi-, kuona- ja silikaattivilloihin. Lasivillaa valmistetaan kierrätyslasista (80 %), kvartsihiekestä, soodasta ja kalkkikivestä. Lasivillan kuitujen keskipituus on 5–10 mm ja keskipaksuus 4–12 μm . Lasivilloihin lisätään sideaineita, jotka sitovat pölyä ja parantavat villan vedenhylkivyyttä. Tuotteisiin lisätään tarvittaessa myös silikonია. (Leppävuori ym. 1979, 307; Siikanen 1994, 231, Kaila 1997, 500.)

Lasivillan pääasialliset käyttökohteet ovat lämmöneristys, ääneneristys, tuulensuojaus ja paloeristys (Siikanen 1994, 231.). Tilkintään tarkoitetut mineraalivillakaistat on valmistettu lasivillasta, sillä sen kuidun pituus on huomattavasti kivivillaa pidempi. Pidempi kuitu mahdollistaa ohuimmat tuotteet ja parantaa taivutusominaisuuksia.

Lasivillan valmistus alkoi Ruotsissa 1930-luvun alussa. Suomessa eristysmattojen valmistus alkoi vuonna 1935 ja lasivillan valmistus vuonna 1941. (Rakennustaito 1948–10, 188; Mäkiö ym. 1990, 262; Kaila 1997, 500.) Nykyään Suomessa valmistetaan vuosittain noin 50 000 tonnia lasivillatuotteita lämmöneristämiseen ja äänenvaimennukseen (Isover 2011).

Lasivilla on kimmoinen aine, joka palautuu kokoonpuristumisen jälkeen muotoonsa. Se on tarkoitettu lähinnä tasaisten pintojen eristämiseen, mutta pehmeä villa sopii myös taivutettuihin pintoihin. Lasivillan alhainen lämmönjohtavuus (0.032W/mK) perustuu kuitujen väliin jäävään ilmaan. Kuivassa villassa lämpö siirtyy johtumalla, säteilemällä ja konvektiona. (Leppävuori ym. 1979, 307–310; Siikanen 1994, 233.)

Huokoinen lasivilla läpäisee ilmaa. Jäykkien villojen tiheys tekee niistä ilmaa läpäisemättömiä, joten niitä voidaan käyttää ilman tuulensuojaa tai tuulensuojamateriaalina (Siikanen 1994, 234.). Lasivilla ei kutistu eikä turpoa kosteuspitoisuuden vaihdellessa, koska kuitu ei ime vettä. Ilman suhteellisen kosteuden vaihtelut eivät vaikuta lasivillan eristämiskykyyn. (Kaila 1997, 503; Leppävuori ym. 1979, 310; Siikanen 1994, 234.)

Normaalisti valmistettu lasivilla luokitellaan palamattomaksi paloluokkiin A1 tai A2. Lasivilla on kemiallisesti passiivinen materiaali, joka kestää hyvin orgaanisia aineita sekä kohtuullisen happamia ja emäksisiä liuoksia. (Leppävuori ym. 1979, 312–313; Siikanen 1994, 234.). Valtaosa kaikkien valmistajien tuotteista kuulu sisäilmapäästöluokituksen M1- ryhmään.

3.4 Polypropeeni

Synteettinen polypropeenikuitu kuuluu polyolefiineihin, jotka ovat lineaarisia tai haaroittuneita polymeerejä. Polypropeeni on termoplastinen polymeeri, joka muodostuu propeenimonomeereistä. Polypropeenikuidun raaka-ainetta propeenaa saadaan öljynjalostusteollisuuden sivutuotteena. Polypropeenikuitua voidaan valmistaa sulaja kalvokehrumenetelmällä. (Boncamper 2004, 306–308; Koleva 2010, 70–78.)

Polypropeeni on suhteellisen uusi materiaali. Polypropeenikuidun valmistus alkoi vasta 1970-luvun lopulla. Nykyään polypropeeni kuuluu eniten käytettyihin massa-

muoveihin ja sitä käytetään laajalti muun muassa elintarvike-, lääketiede- ja tekstiiliteollisuuden sovelluksiin. Polypropeenin valmistus on taloudellisesti edullista ja nopeaa, ja sitä valmistetaan kaikkialla maailmassa, eniten Kiinassa ja Yhdysvalloissa. (Boncamper 2004, 306–308; Koleva 2010, 70–78; Höök 2010.) Tilkkeeksi soveltuvan polypropeenirakennusnauhan valmistajia on Suomessa tällä hetkellä useita.

Polypropeenirakennusnauhan pääasiallinen käyttökohde on uusien ja vanhojen hirsirakennusten liitosten tiivistäminen. Tiivistysnauhaa käytetään myös erilaisen elementtirakenteiden saumaamiseen, ikkuna- ja ovikarmien tiivistämiseen, koolauseristeenä ja lattiarakenteissa. Nauhaa on saatavana useina eri leveyksinä ja tiheyksinä. Osalta valmistajista on myös saatavana määrämittaan muotoiltuja paloja käytettäväksi esimerkiksi kulmissa ja nurkissa. Useat kotimaisista valmishirsitalovalmistajista käyttävät nykyisin hirsien varauksen tiivistämiseen polypropeenisaumatiivisteitä. Valmistajien mukaan saumanauhat täyttävät kansainväliset paloturvallisuusvaatimukset (ISO 11925-2.). Eräiden valmistajien polypropeenisaumaeristeille on myönnetty Allergia- ja Astmaliiton yhteistyötunnus ja M1-sisäilma-luokitus. (Jyremark 2011.)

Polypropeenisaumatiivisteellä on alhainen lämmönjohtavuus (0,033W/mK) ja riittävä ilmanpitävyys. Polypropeeni imee vähän vettä itseensä ja kuivuu nopeasti. (Riipola 1996; Mähönen & Hyttinen, 2006; Jyremark 2011.) Polypropeenikuitu ei käytännössä ime kosteutta. Puhdas polypropeeni on pölyämätöntä ja fysiologisesti vaaratonta. Synteettisenä materiaalina polypropeeni ei sisällä ravinteita mikrobeille tai tuohyönteisille. Kuitu voidaan kierrättää rakeistamalla ja kehräämällä uudelleen kuituksi, jatkokäyttöä puristetuohteena tai polttaa energijakeena. (Boncamper 2004, 306–308; Koleva 2010, 70–78; Höök 2010.)

3.5 Puukuitu

Puukuitueristeitä käytetään rakennusten lämmöneristeenä sekä uudisrakentamisessa että korjausrakentamisessa. Puukuitueristeet on valmistettu happivalkaistusta männystä valmistetusta sellukuidusta ja kuusiselluloosasta valmistetusta viskoosikuidusta. Tuotteessa kuidut muodostavat satunnaisesti järjestäytyneen ristikkorakenteen. Kuitujen sideaineena on vesiliukoinen CMC-liima. Lisäaineena käytetään boorihapon, boorimineraalien ja pinta-aktiivisten reagenssien neutraalia vesiliuosta, joka antaa tuotteelle palonkestävyyttä ja biologista suojaa. Lisäaine lisätään tuotteeseen nestemäisenä, jolloin se imeytyy ja levittyy tasaisesti eristemassaan. (Junes 1999, 7; Koskinen 2000.)

Suomessa ryhdyttiin kehittämään ja valmistamaan puukuitueristettä vuonna 1995 ja tuotteelle haettiin patenttisuoja. Puukuitueriste palkittiin Innosuomi palkinnolla vuonna 1997. Puukuidusta valmistetaan lämmöneristelevyjä ulkoseinien eristämiseen, ylä- ja alapohjan eristämiseen ja lisäeristämiseen. Tilkintään käytettävää eristenauhaa on saatavana useina eri paksuuksina ja leveyksinä. Nauhaa käytetään hirsien välisen varauksen tiivistämiseen, ikkuna- ja oviaukkojen saumojen tiivistämiseen, perustuksen ja ulkoseinien välisten rakenteiden tiivistämiseen, kaksoisrankatolppien välien tiivistämiseen ja puisten ulkoseinäelementtien saumaeristämiseen. (Sepa Oy/ Vital Finland 2011)

Puukuitueristeillä on alhainen lämmönjohtavuus (0,037 W/mK) ja pieni ilmanläpäisevyys. Eristeessä lisäaineena oleva booriyhdiste hidastaa lahottaja- ja homesienien kasvua eristeessä ja siihen suoraan kosketuksissa olevissa rakenteissa. Samalla eriste on myös palosuojattu, paloluokka on E (Junes 1999, 73; Ritschkoff & Viitanen 2000, 1, 3; Paajanen ym. 1994, 60–62, Sepa Oy/ Vital Finland 2011.). Puukuitutuotteet on luokiteltu pintamateriaaliluokkaan M1 ja niillä on CE- ja SFS- tuotesertifiointimerkinnot.

Puukuitueriste mahdollistaa höyrynsuluttomat rakenteet asuinhuoneissa. Kosteuden vaihtelut vaikuttavat kuitenkin puukuidun mekaaniseen käyttäytymiseen. Se turpoo ja kutistuu kosteuden vaihdellessa. Eristeen kosteuskäyttäytyminen voi aiheuttaa painumista ja rakoutumista, jos esipuristumalla aiheutettu jännitys katoaa eristelevystä kosteuspitoisuuden vaihtelun seurauksena. Tämä ominaisuus täytyy ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa. Puukuitulevyn leikkaamiseen tarvitaan erittäin terävät työkalut sitkeän kuidun vuoksi. Eristeen työmaa-aikaiseen varastointiin täytyy kiinnittää erityistä huomiota, jotta eriste säilyy kuivana, puhtaana ja ehjänä. (Junes 1999, 8, 73; Sepa Oy/ Vital Finland 2011.)

4. ILMANTIIVIYS

Tilkemateriaalien ilmatiivyyttä mitattiin kahdessa kokeessa. Toinen koe tehtiin hirsien varauksissa käytettäville tilkinnöille ja toinen ikkunan ja ovien asennusraoissa käytettäville tilkinnöille, sillä hirsirakennusten suurimmat yksittäiset ilmavuodot on havaittu tapahtuvan ikkunoiden ja ovien pielistä (Lehtinen 1999, Lindberg 1998.).

4.1 Varausten ilmantiiviyys

Varauksien tilkintöjen ilmantiiviyyskokeella selvitettiin, minkälaisia ilmavirtoja kulkee eri tilkemateriaalien läpi ja miten materiaalien tiheyden kasvattaminen ja sullonta vaikuttavat ilmavirtoihin. Tilkintöjen ilmavuotoja mitattiin SeAMK Konservoinnin laboratorion painekaapissa. Paineoppiin aiheutettiin kanavapuhaltimella alipaine, jonka määrää säädettiin tyristorisäätimen avulla. Paine-ero mitattiin VelociCalc Plus-laitteella ja poistokanavan suulla esiintynyt ilmavirta AIRFLOW LCA501-laitteella. Painekaapin kalibroinnissa havaittiin, että mitattuja tuloksia täytyy korjata laskennallisilla kertoimilla. Täten saadut numeroarvot ovat suuntaa-antavia likiarvoja, mutta täysin toisiinsa verrattavia.

4.1.1 Koejärjestelyt

Painekaapin runkoon tehtiin 1000x500 millimetrin aukko, johon asennettiin hirsiseinää mukaileva koeseinälevy. Koeseinälevy koostui runkokehyksestä, seitsemästä (45x120) lankusta, jotka olivat liitetty kararakenteella runkokehykseen ja lankkujen välissä olevista tilkemateriaaleista. Kokeessa mitattiin eri paksuisten tilkemateriaalien läpi virtaavan ilman määrää eri paine-eroilla. Kararakenteen vaikutusta ilmavirtauksiin vähennettiin peittämällä sen muodostama pystysauma teippauksella.

Tilkemateriaaleina käytettiin pellavaa, puukuitua, lasivillaa, polypropeenaa ja sammalta. Pellavaa, lasivillaa ja polypropeenaa käytettiin rakomittauksissa yksi kaupallisen tuotteen kaista ja sullonnassa lisättiin yksi kaista. Puukuitua käytettiin rakomittauksessa kolmea päällekkäistä viiden millimetrin kaistaa ja sullonnassa lisättiin yksi viiden millimetrin kaista. Kuivan sammalen kokonaispaino oli 372 grammaa, jolloin sitä käytettiin saumametrille 62 grammaa. Nämä materiaalmäärät valittiin kokemusperäisesti, jotta sekä raon paksuuden muuttaminen että sullonta olisivat mahdollisia ja vertailukelpoisia.



Kuvio 4. Varausten tiiviysmittaukset tehtiin painekaapin avulla

Tilkemateriaalien vertailuaineistona käytettiin kolmea erilaista koeseinää. Ensimmäisessä koeseinässä käytettiin tiivisteinä 3-5 millimetriä paksuja P-profiilin kumitiivisteitä, jotka oli asetettu varauksen reunoille ja puristettu 2 millimetrin paksuuteen. Toisessa vertailuseinässä ei käytetty tilkkeitä tai tiivisteitä, vaan lankut puristettiin toisiinsa noin 7 KN/m voimalla. Kolmannessa vertailuseinässä lankujen reunoihin kiinnitettiin umpivarauksen huulta mukailevat puulistat, ja lankut puristettiin toisiinsa noin 7 KN/m voimalla.

Koeseinälevyissä oli mitattavaa tilkesaumaa 6,00 metriä ja tilkesauman paksuutta pystyttiin säätämään 2 – 15 millimetrin välillä. Mittaukset tehtiin tilkemateriaaleille 5 millimetrin ja 2 millimetrin tilkeraolla sekä 5 millimetrin rakoon sullottuna. Lasivilan osalta sullonta saatiin tehtyä vain 10 millimetrin rakoon ja sammalta ei erikseen

sullottu. Eri rakotyypeille mitattiin ilmanläpäisevyys noin 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa ja 300 Pa paine-erolla. Nämä mitatut paine-erot, ilmavirtaukset ja laitevuodot syötettiin PSN - taulukkoon, joka laskee pienimmän neliösumman menetelmällä potenssi-funktion ($y=a \times x^b$) kautta ekstrapoloimalla ilmavirtauksia tietylle paine-erolle, joka voi myös olla tarkasteluvälin ulkopuolella. Tämän taulukkolaskennan avulla kullekin materiaalille määritettiin q_{50} -, q_{150} - ja q_{300} -ilmanvuotoluku (m^3/hm^2), joita korjattiin laskennallisilla kertoimilla. Jokaisen materiaalin mittaukset aloitettiin ja lopetettiin laitteen tiiviyn mittaauksella, jolloin koeseinälevyn aukko oli peitetty muovilla. Laitetiiviysmittaukset tehtiin samoilla paine-eroilla kuin materiaalimittaukset, ja taulukkolaskenta huomioi niiden tulokset.

4.1.2 Tulokset

Mittausten tulokset on esitetty seinäneliömetrille tapahtuneena ilmavuotona, jolloin yksikkönä on m^3/hm^2 . Seinäneliö on määritetty läpimitaltaan 250 millimetrin hirsille, joiden tehollisena nousuna on käytetty 225 millimetriä. Tällöin seinäneliömetrillä on 4,44 metriä varaussaumaa. Tulokset kertovat kunkin tilkintätävän tilkkeistä läpi virtaavan ilman määrän. Ilmanvuotoluvut q_{300} ja q_{150} ovat mitatulla alueella, mutta q_{50} on mittausalueen ulkopuolella, sillä kanavapuhallin aiheutti pienimmällä pyörimisnopeudella 100–150 Pa paine-eron.

5 millimetrin raolla vähäisin ilmavuoto tapahtui puukuidussa ja lasivillalla saavutettiin lähes samat arvot. Polypropeenin ja pellavan ilmavuoto oli samankaltaista ja huomattavasti puukuitua ja lasivillaa suurempaa. Sammalen läpi ilmavuoto oli merkittävästi muita materiaaleja suurempaa. Ilmanvuotoluvut 5 millimetrin raolla on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ilmanvuotoluvut (m^3/hm^2) 5 millimetrin raolla

5 mm rako	q_{300}	q_{150}	q_{50}
Pellava	33,8	16,2	5,1
Puukuitu	3,4	1,7	0,6
Lasivilla	5,1	2,2	0,7
Polypropeeni	34,3	15,6	4,4
Sammal	85,4	42,3	14,8

Myös 2 millimetrin raolla puukuidun läpi virtasi vähiten ilmaa ja lasivillan vuotoluvut olivat vain hieman suuremmat. Polypropeenin läpi tapahtuva vuoto väheni merkittävästi, kun rako pieneni 5 millimetristä 2 millimetriin ja sen vuoto oli huomattavasti vähäisempää kuin pellavassa. Sammalen läpi tapahtui myös 2 millimetrin raolla paljon vuotoa. Ilmanvuotoluvut 2 millimetrin raolla on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ilmanvuotoluvut (m^3/hm^2) 2 millimetrin raolla

2 mm rako	Q300	Q150	Q50
Pellava	10,9	5,5	1,8
Puukuitu	1,3	0,9	0,4
Lasivilla	2,4	1,2	0,4
Polypropeeni	5,3	2,3	0,7
Sammal	16,3	9	3,3

Sullonnassa lisättiin yksi kaista materiaalia 5 millimetrin raossa olleen kaistan lisäksi. Kaikilla materiaaleilla vuoto väheni merkittävästi 5 millimetrin rakoon verrattuna. Pellavalla saavutettiin sullomalla parempi tiiviys kuin puristamalla rako 2 millimetriin. Muilla materiaaleilla puristaminen antoi paremman tiiviyyden. Lasivillaa ei saatu sullottua 5 millimetrin rakoon. Ilmanvuotoluvut 5 millimetrin rakoon sullottuna on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Ilmanvuotoluvut (m^3/hm^2) 5 millimetrin rakoon sullottuna

5 mm sullonta	Q300	Q150	Q50
Pellava	9,6	4,5	1,4
Puukuitu	2,1	1,1	0,5
Polypropeeni	8,5	3,7	1,1

Vertailunäytteissä saavutettiin ikkunoiden ja ovien huuloksissa käytettävällä P-profiilin kumitiivisteellä huomattavasti parempi tiiviys kuin tilkematrerialleilla. Kumitiivisteiden käyttö kuitenkin edellytti erikoisjärjestelyjä kararakenteen osalta. Puristamalla höylätyt lankut tiiviisti toisiinsa saavutettiin yllättävän vähäiset ilmanvuodot. Umpivarauksen terävää huulta mukailevalla puulistalla saavutettiin huono tiiviys. Vertailunäytteiden ilmanvuotoluvut on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Ilmanvuotoluvut (m^3/hm^2) vertailunäytteissä

Vertailunäytteet	Q300	Q150	Q50
Kumitiiviste	0,5	0,3	0,1
Puut puristettuna	7,4	4,6	2
Varaushuulet	30,9	18,5	8

4.1.3 Havainnot

Vertailtaessa eri tilkematrerialien vuotolukuja havaitaan, että puukuitu antaa kaikissa muodoissa parhaan tiiviyyden ja lasivilla saavuttaa lähes samat arvot. Niiden tiiviys

on merkittävästi parempi kuin pellavan tai polypropeenin. Kuivalla sammaleella saavutetaan erittäin huono tiiviys.

Tilkemateriaalien tiheys vaikuttaa merkittävästi niiden ilmapuotoihin. Kaikkien materiaalien tiiviys paranee merkittävästi, kun ne puristetaan tiheämpään muotoon. Toisaalta kaikkien tilkemateriaalien tiiviys on olematon löyhässä muodossa. Mikäli hirsien varaus toteutetaan umpivarauksena löyhällä varaustilalla, jää seinän tiiviys huonoksi, sillä pelkät varauksen huulet antavat huonon tiiviuden.

Rakennusmääräykset (D3, 2012) määrittävät rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} ylärajaksi $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ja suositukseksi $1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Suositusrajan alittavat 5 millimetrin raolla puukuitu ja lasivilla, 2 millimetrin raolla puukuitu, lasivilla ja polypropeeni ja 5 millimetrin rakoon sullottuna puukuitu. Kumitiivisteillä saavutettiin merkittävästi parempi tiiviys kuin tilkkeillä. Vuotolukuja tarkasteltaessa on huomattava, että kaikkien rakennusten merkittävimmät vuotokohdat ovat rakennusosien liitoksissa ja läpivienneissä. Pelkän hirsiseinän vuotoluku on vain osa koko hirsirakennuksen vuotoluvusta.

4.2 Asennusraon ilmantiiviys

Ikkunoiden ja ovien asennusrakoon sullottujen tilkkeiden ilmanläpäisevyyttä mitattiin 300 Pa:n paineessa. Tämä paine-ero valittiin kokeilemalla, sillä sen havaittiin antavan tällä koelaitteella ja mitattavalla pinta-alalla vertailukelpoisimmat tulokset. Mittaukset tehtiin kahdelle sarjalle, joissa käytettiin erilaista sullontatekniikkaa. Kokeet tehtiin SeAMK:n Puulaboratorion julkisivujen tiivysmittauslaitteistolla.

4.2.1 Koejärjestelyt

Tiivysmittauslaitteiston runkoon tehtiin aukko, jonka koko oli 1220x1220 millimetriä. Tähän aukkoon kiinnitettiin ikkunaelementti, jonka koko oli 1990x1990 millimetriä, jolloin rungon ja elementin väliin jäi normaali 15 millimetrin asennusrako. Tätä asennusrakoa tiivistettiin eri tilkemateriaaleilla eri tavoin sullottuna, ja kokeessa mitattiin ilmavirtausta näiden tilkemateriaalien lävitse.



Kuvio 5. Tilkkeen sullontaa kaksinkertaisella tekniikalla

Tilkemateriaaleina käytettiin pellavaa, puukuitua, lasivillaa ja polypropeenaa. Ensimmäinen kerros tilkemateriaaleja asennettiin rakoon suorana. Sulloitetut kerrokset asennettiin käyttäen nelinkertaiseksi käännettyä tilkekaistaa, sillä tiiviiden havaittiin paranevan, kun tilke sullottiin mahdollisimman paksuna asennusrakoon. Yhdeksi tilkekaistaksi määritettiin pellavan, lasivillan ja polypropeenin osalta kaupallisen tuotteen mukainen koko. Puukuidun yhdeksi kaistaksi määritettiin kolme päällekkäistä kerrosta kaupallista tuotetta. Sullominen tehtiin metallilastan ja puukiilan avulla.

Tilkekaistoja sullottiin rakoon materiaalista riippuen 3-4 kerrosta, ja ilmanläpäisevyys mitattiin jokaisen asennuskerroksen jälkeen kahteen kertaan. Näiden kahden mittauksen keskiarvo merkittiin taulukkoon.

Sammalen ilmantiiviyttä mitattiin yhdellä asennuksella, jossa asennusrakoon sullottiin märkää sammalta noin yhden kilogramman verran. Sammal koostui karhunsammalen, seinäsammalen ja rahkasammalen sekoituksesta. Sisätilassa kuivunut sammal jouduttiin kostuttamaan ennen asennusta, jotta se saatiin pysymään asennusraossa.

Tiivysmittaukset aloitettiin laitteen tiiviiden mittaamisella, jolloin asennusrako oli teipattu ilmatiiviiksi. Laitetiivys mitattiin kokeiden alussa, jolloin vuoto oli 300 Pa:n paineella 6,3 m³/h ja koesarjojen välissä, jolloin vuoto oli 2,65 m³/h. Laitteen vuotona käytettiin tuloksissa jälkimmäistä arvoa, sillä kokeiden alussa laitteen on havaittu tiivistyvän jo muutaman koesarjan vaikutuksesta.

4.2.2 Tulokset

Mittausten tulokset on esitetty saumametrille tapahtuvana vuotona, jolloin yksikkönä on m³/hm. Saumametrivuodon avulla voidaan vertailla tilkinnän avulla saavutettavia tiiviyyksiä standardisoituihin (SFS-EN 12207) ikkunoiden ja ovien avattavien saumojen ilmanpitävyyksiin. Ilmavuodon määrä muunnettiin saumametrivuodoksi jakamalla se sauman keskiosan pituudella (4,82 m).

Pellavan, polypropeenin ja puukuidun osalta saatiin rakoon sullottua kaistoja nelinkertaisesti. Lasivillaa saatiin sullottua vain kolminkertaisesti. Useissa mittauksissa ei yksinkertaiselle kaistalle saatu tulosta, sillä vuoto oli niin suurta, ettei laite saavuttanut vaadittua paine-eroa.

Vähäisimmät ilmavuodot saavutettiin puukuidulla ja lasivillalla. Jo kaksinkertaisina ne antoivat kohtuullisen tiiviuden, joka oli samaa tasoa kuin pellavan tai polypropeenin antama tiiviys nelinkertaisena. Puukuidun nelinkertaisena antama tulos oli omassa luokassaan.

Standardin SFS-EN 12207 liitteenä olevan taulukon mukaan sekä puukuitu että lasivilla alittavat kolminkertaisesti sullottuna vaativamman 4-luokan ylärajan (1,6). Pellava ja polypropeeni eivät saavuta nelinkertaisesti sullottuna 3-luokan ylärajaa (5). Märkä sammal asettuu 3-luokkaan. Sullottujen tilkkeiden ilmanläpäisevyydet saumametrille ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Ilmanläpäisevyys saumametrille (m³/hm) sullottuna

	1 kertainen	2 kertainen	3 kertainen	4 kertainen
Pellava	ei tulosta	26,8	10,5	5,2
Puukuitu	ei tulosta	6,6	0,8	0,4
Lasivilla	15,1	3,5	1,2	ei tulosta
Polypropeeni	ei tulosta	19,5	10,4	5,8
Sammal				2,3

4.2.3 Havainnot

Asennusraon tilkinnässä tilkemateriaalit käyttäytyvät samalla tavalla kuin hirsivarauksen tilkinnässä. Puukuitu ja lasivilla tuottavat huolellisesti asennettuna hyvän ilmatiiviuden. Ne asettuvat saumametrivuodon puolesta ikkunoiden ja ovien vaativimpaan 4-luokkaan. Pellavalla ja polypropeenilla saavutetaan hyvin samantasoinen ilmanpitävyys ja ne asettuvat huolellisesti asennettuna saumametrivuodon puolesta 2-luokkaan.

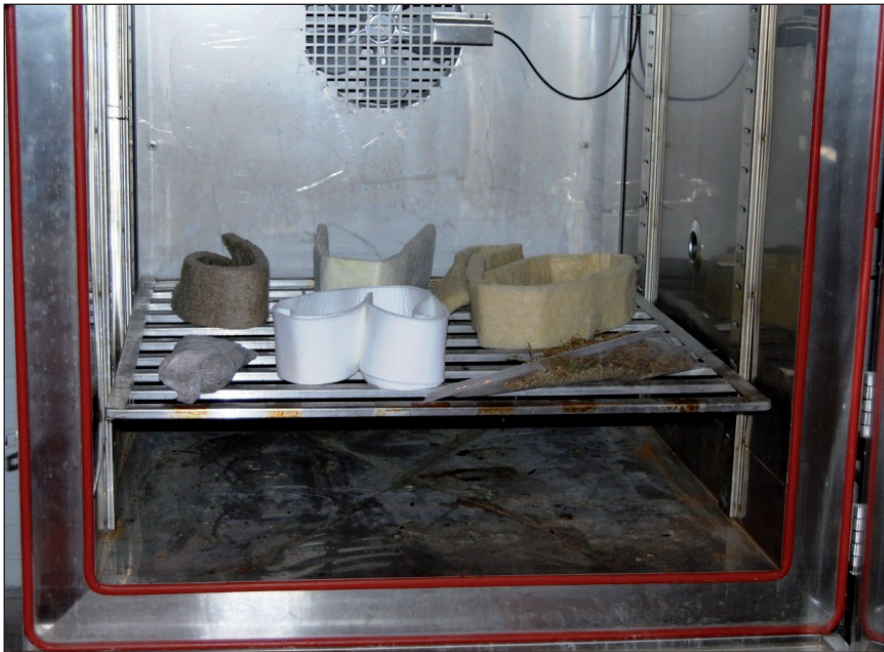
Tilkemateriaalien asennustavalla havaittiin olevan merkittävä vaikutus ilmatiivyyteen. Kaikkien materiaalien ensimmäinen asennuskerros tehtiin siten, että tilkekaista työnnettiin suorana asennusrakoon. Näin asennettuna niillä saavutettiin huono tai olematon tiivys. On oletettavaa, että tiivyyden kannalta myös ensimmäinen kerros kannattaisi asentaa sullomalla. Loput asennuskerrokset asennettiin sullomalla ja kaikilla materiaaleilla saavutettiin sitä parempi tiivys mitä tiiviimmässä muodossa ne saatiin sullottua rakoon.

Kokeen aikana kaikkien materiaalien havaittiin litistyvän nurkan yli kulkiessaan, jättäen nurkan kärkeen reiän, josta tapahtui merkittäviä ilmavuotoja. Tilkinnässä tuleekin kiinnittää erityistä huomiota nurkka-alueisiin ja niihin tulisi sulloa erillinen tilkekaista.

Sammaleelle ei pystytty tekemään muiden materiaalien kanssa vertailukelpoisia mittauksia. Kostuttamalla sammalta se saatiin sullottua tilkerakoon ja sillä saavutettiin varsin hyvä ilmatiivys. Tulokseen tulee kuitenkin suhtautua varauksella, koska mitattaessa sammal oli märkää.

5. KOSTEUDENIMU

Kosteudenimukokeessa mitattiin tilkkeiden kykyä imeä kosteutta itseensä ympäröivästä ilmankosteudesta ja kykyä luovuttaa kosteutta ympäröivään ilmaan. Kokeissa mitattiin näytekappaleisiin imeytyneen veden massaa. Kokeet tehtiin kahdelle samanlaiselle sarjalle, joista mitattujen painonmuutosten keskiarvoja käytettiin tuloksina. Kokeet tehtiin SeAMK:n Puulaboratoriossa.



Kuvio 6. Näytesarja 1 sääkaapissa

5.1 Koejärjestelyt

Koenäytteinä käytettiin pellavaa, puukuitua, lasivillaa, polypropeenaa ja sammalta, joka koostui karhunsammalen, seinäsammalen ja rahkasammalen sekoituksesta. Tilkemateriaaleista valmistettiin näytepalat siten, että kaikkien näytteiden paino oli lähes sama ja lähellä 55 grammaa. Ennen koetta näytteiden annettiin tasaantua tasapainokosteuteen normaalin huonetilaolosuhteen kanssa ja näytteet punnittiin.

Punnitut näytteet asetettiin SeAMK Puulaboratorion sääkappiin, jonka sisätilan lämpötila oli +20 °C ja ilman suhteellinen kosteus 90 %. Näytteet punnittiin aikasarjassa 1 tuntia, 3 tuntia, 5 tuntia, 20 tuntia ja 22 tuntia. Mittaustulokset merkittiin taulukkoon.

Kosteutuksen jälkeen aloitettiin näytteiden kuivatus muuttamalla sääkaapin ilman suhteellinen kosteus arvoon 30 %, lämpötilan ollessa edelleen +20 °C. Kuivumisvaiheessa näytteet punnittiin aikasarjassa 2 tuntia, 4 tuntia ja 24 tuntia.

5.2 Tulokset

Polypropeenin ja lasivillan paino ei havaittavasti noussut kosteutuksen aikana. Puukuidun painonnousu tasaantui kolmen tunnin kosteutuksen jälkeen, jolloin nousua oli 4,5 grammaa lähtötilasta. Myös pellavan paino nousi selkeästi ensimmäisen kolmen tunnin aikana, jolloin nousua oli 4,3 grammaa. Pellavan painonnousu kuitenkin jatkui tämän jälkeen hitaasti, ollen 22 tunnin kohdalla 5,0 grammaa. Tämä hidas loppukostuminen selittyy pellavassa olevien karkeiden osien kosteudenimunan hitaudella. Sammalleella oli kolmen tunnin kosteutuksen jälkeen painonnousua 4,4 grammaa lähtötilasta. Sen painonnousu kuitenkin jatkui koesarjan loppuun saakka, ollen 22 tunnin kuluttua 10 grammaa. Kosteuden imeytymisen aiheuttama painonousu on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kosteudesta imeytyneen veden massa grammoina

	Alku	1h	3h	5h	20h	22h
Pellava	55,1	3,4	4,3	4,3	5,2	5
Puukuitu	54,9	3,8	4,5	4,4	4,6	4,6
Lasivilla	55,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Polypropeeni	54,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Sammal	55,3	2,4	4,4	5,5	9,8	10

Kuivausvaiheessa polypropeenissa ja lasivillassa ei tapahtunut havaittavaa painonlaskua. Pellavan ja puukuidun paino oli palautunut kahden tunnin kuivauksen jälkeen lähtötilaan. Sammalleen lähtötilan paino saavutettiin noin 24 tunnin kuivauksen jälkeen. Imeytyneen veden aiheuttama painonousu kuivausvaiheessa on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Kosteudesta imeytyneen veden massa grammoina kuivausvaiheessa

Kuivaus	0h	2h	4h	24h	Loppu
Pellava	5	0,1	0	0	55,1
Puukuitu	4,6	0	0	0	54,9
Lasivilla	0,1	0	0	0	55,2
Polypropeeni	0	0	0	0	54,7
Sammal	10	5,2	2,4	0,8	55,3

5.3 Havaintoja

Keinokuituiset polypropeeni ja lasivilla eivät ime vettä itseensä ympäröivästä ilmankosteudesta. Siksi niiden ominaisuuksien voidaan olettaa olevan samanlaisia ilmankosteuden vaihteluista riippumatta. Tämä helpottaa niiden toiminnan ennustettavuutta ja luo tiettyä varmuutta erilaisissa käyttöolosuhteissa.

Puukuitu ja pellava imevät kuituihinsa vettä ympäröivästä ilmankosteudesta. Kosteus imeytyy melko nopeasti ja kosteuden määrä on suhteellisesti suuri. Kuitujen kosteuspitoisuuden muutokset muuttavat materiaalin ominaisuuksia, joten puukuidun ja pellavan ominaisuudet ovat riippuvaisia ympäröivästä ilmankosteudesta. Nämä ominaisuuksien muutokset tulisi olla tiedossa, jotta näitä materiaaleja voitaisiin käyttää mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti.

Huokoisten materiaalien nopeus imeä ja luovuttaa kosteutta perustuu niiden löyhään rakenteeseen. Ilma pääsee tekemisiin kaikkien kuitujen kaikkien pintojen kanssa, jolloin kosteutta siirtävää pinta-ala on toiminnassa mahdollisimman paljon. Tiiviissä muodossa olevilla materiaaleilla kosteutta siirtävät vain pinnassa olevat kuidut.

Sammal imi muita materiaaleja enemmän kosteutta itseensä, mutta huomattavasti muita hitaammin. Se myös kuivui huomattavasti muita hitaammin. Tämä on selitettävissä sen muista poikkeavalla koostumuksella ja rakenteella. Sammaleen hitaus imeä ja luovuttaa kosteutta on ominaisuus, joka tulee huomioida sen käytössä. Myös sammaleen imemä suuri kosteusmäärä tulee huomioida sen käytössä.

6. VEDENIMU

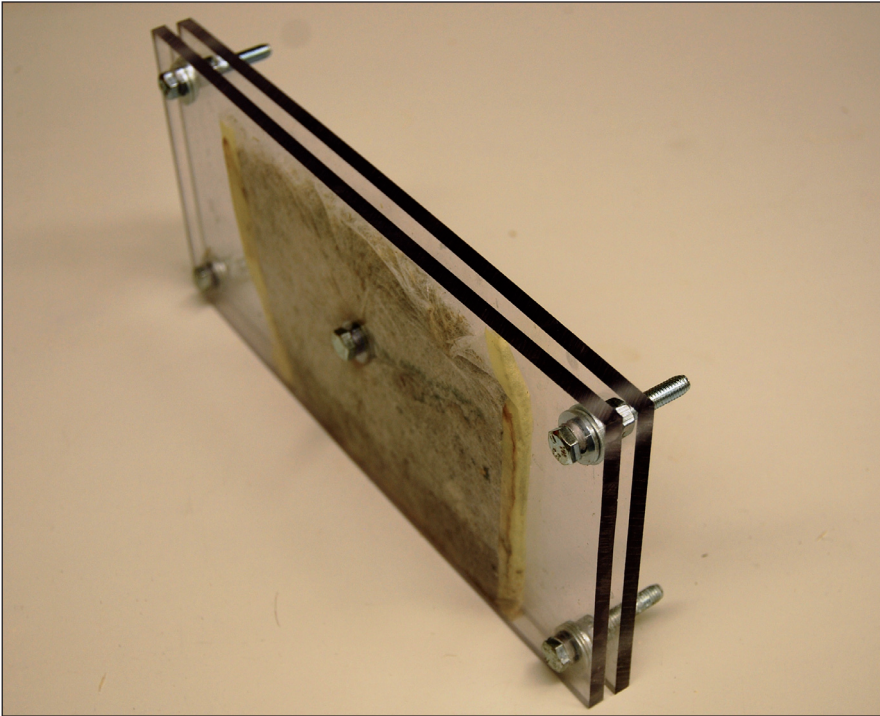
Vedenimukokeessa mitattiin pellavan, puukuidun, lasivillan, polypropeenin ja sammaleen vedenimukykyä ja kuivumisnopeutta. Koejärjestelyt oli sovellettu aiemmista tilke- ja eristemateriaalien vedenimukokeista (SFS-EN 1609, Riipola, 1996.). Kokeissa mitattiin veden imeytymistä ja kuivumista veden massana. Kokeita tehtiin kuusi erilaista sarjaa, joiden avulla vertailtiin eri materiaalien vedenimun määrää ja nopeutta, materiaalien tiheyden ja sullonnan vaikutusta vedenimuun, ympäröivän materiaalin vaikutusta vedenimuun ja materiaalien asennon vaikutusta vedenimuun.

Kokeissa tutkitut tilkekaistat olivat monitahokkaita, joiden pintoja nimitettiin lappeiksi, syrjiksi ja päädyiksi. Kokeissa koekappaleet olivat pystyasentoisia, kun niiden lape oli pystysuuntainen ja vaaka-asentoisia, kun niiden lape oli vaakasuuntainen. Valtaosa kokeista tehtiin 4 millimetrin paksuuteen puristetuilla näytteillä, sillä se vastaa niiden käyttötiheyttä tilkkeinä. Kokeet tehtiin SeAMK rakennuskonservoinnin laboratoriossa.

6.1 Vedenimukokeen järjestelyt

Koesarjan 1 koekappaleiden rungot valmistettiin 6 millimetriä paksusta muovilevystä. Runkolevyjen koko oli 120x260 millimetriä. Tilkemateriaaleista leikattiin 200 millimetriä pitkiä kaistoja, jotka asetettiin runkolevyjen väliin siten, että tilkkeen kastelureuna tuli 5 millimetriä sisälle rungon alareunasta.

Koesarjan 1 runkolevyjen rakoväli säädettiin pulttien ja muttereiden avulla 15 millimetriin. Tilkemateriaalien asennus tehtiin levittämällä yksi kaista 15 tai 20 millimetriä paksua materiaalia rakoon ennen sen sulkemista. Neljä millimetriä paksulla puukuidulla yhtä kerrosta vastasi neljä päällekkäistä kerrosta. Samallaan käytettiin seinäsammalta, joka pakattiin lasivillan ympäriltä irrotettuun harsopussiin ja yhtä kerrosta vastasi noin 15 grammaa sammalta. Kokeen aluksi punnittiin erikseen runko ja tilkemateriaali sekä koottu koekappale. Kokeen aikana punnittiin koekappaletta. Punnitseminen suoritettiin aikasarjassa; 2 minuuttia, 5 minuuttia, 10 minuuttia, 1 tuntia, 2 tuntia, 3 tuntia, 4 tuntia, 5 tuntia, 6 tuntia, 1 vuorokautta, 2 vuorokautta ja 3 vuorokautta.



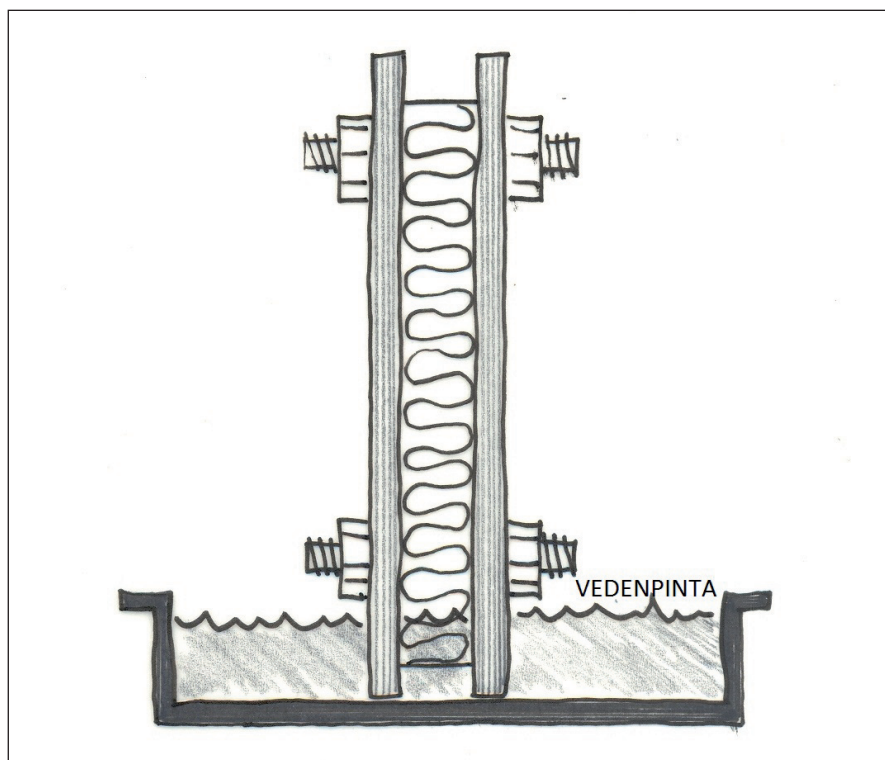
Kuvio 7. Muovirunkoinen syrjällään oleva pystyasentoinen koekappale

Koesarja 2 tehtiin samalla tavalla kuin koesarja 1, mutta muovisten runkolevyjen rakovälinä käytettiin neljää millimetriä.

Koesarja 3 tehtiin samalla tavalla kuin koesarja 1, mutta 15 millimetrin rakoväliin asennettiin kolme kerrosta tilkermateriaalia. Ensimmäinen kerros asennettiin levittämällä. Toinen ja kolmas kerros asennettiin sullomalla siten, että tilkekaista taitettiin kaksin kerroin ja sullottiin keskeltä painamalla rakoön. Sammalleelle ei pystytty tekemään sullontaa, joten siitä ei tehty näytettä tähän koesarjaan.

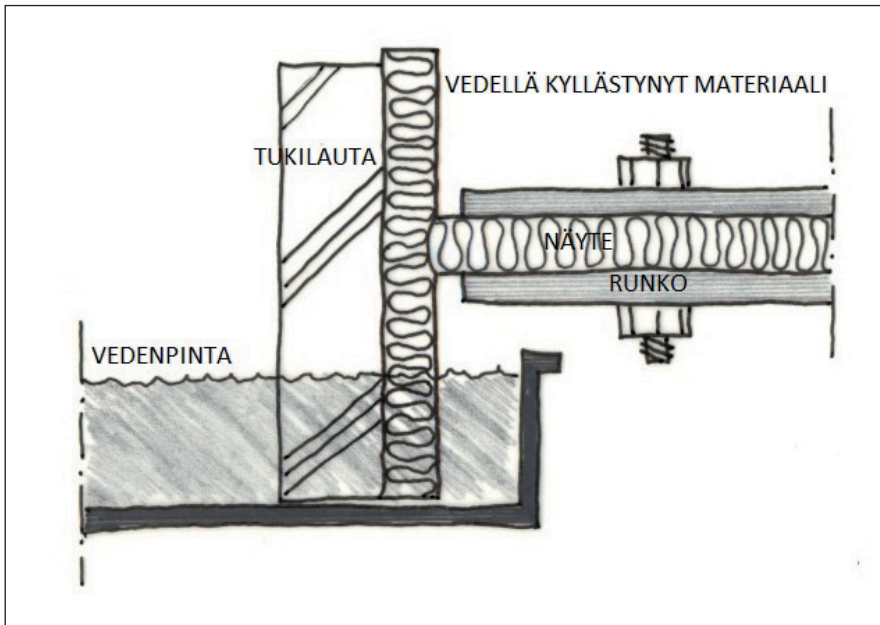
Koesarja 4 tehtiin samalla tavalla kuin koesarja 2, mutta koekappaleiden runkolevyinä käytettiin sahapintaisia mäntylautoja, joiden koko oli 23x120x260 millimetriä. Kokeen aluksi ja kokeen aikana punnittiin erikseen runko ja tilkermateriaali.

Koesarjat 1, 2, 3 ja 4 tehtiin syrjällään oleviin pystyasentoiisiin koekappaleisiin upotuskokeina kuvan 8 mukaisesti. Koekappaleet upotettiin vesialtaaseen, jossa veden syvyys oli 10–15 millimetriä. Syvyys pidettiin vakiona jatkuvan veden syötön ja poiston avulla. Koekappaleiden syrjän kastelureuna upposi 5-10 millimetriä veden sisään. Punnittaessa koekappaleet nostettiin vuorollaan vesialtaasta, niistä ravisteltiin 15 sekunnin aikana irtoava vesi pois, ja sen jälkeen ne punnittiin ja asetettiin takaisin vesialtaaseen.



Kuvio 8. Koesarjojen 1, 2, 3 ja 4 kastelutapa.

Koesarjan 5 runkoina käytettiin koesarjan 2 tavoin neljän millimetrin rakovälillä olevia muovisia runkolevyjä. Koekappaleet asetettiin lappeelleen vaaka-asentoon. Kastelu tapahtui painamalla tilkermateriaalien syrjän viisi millimetriä rungosta ulos tuleva kastelureuna kiinni pystyseinämaan kiinnitettyyn veden kyllästämään materiaaliin, joka kyllästettiin kapilaarisesti kuvan 9 mukaisesti. Koesarja 6 tehtiin kuten koesarja 5, mutta koekappaleet olivat päädylään pystyasennossa ja ne kasteltiin pystysyrjästä.



Kuvio 9. Koesarjan 5 vaakasuuntaisen kokeen järjestely

6.2 Kuivumiskokeen järjestelyt

Koesarjojen 1, 2, 3 ja 4 vesialtaissa kolme vuorokautta olleet koekappaleet punnittiin ja asetettiin lappeelleen vaaka-asennossa kuivumaan huonetilaan. Huonetilan lämpötila oli 20–22 celsiusastetta ja suhteellinen kosteus vaihteli välillä 27–42 %. Näytteitä punnittiin aikasarjassa; 1 vuorokausi, 2 vuorokautta, 3 vuorokautta, 6 vuorokautta, 9 vuorokautta, 15 vuorokautta ja 20 vuorokautta. Kun koekappaleiden paino oli palautunut alkupainoonsa, ne purettiin ja osat punnittiin erikseen.

6.3 Tulokset

Muovilevyrunkoisessa koesarjassa 1 havaittiin, että puukuitutilke imi vettä huomattavasti muita tilkkeitä nopeammin ja enemmän. Puukuitu imi kahden minuutin kastelun aikana itseensä 74 % lopullisesta vesimäärästä, kun muihin tilkkeisiin vettä imeytyi kahdessa minuutissa 11–25 %. Puukuituun kolmessa vuorokaudessa imeytyneen veden määrä oli 220 grammaa, kun se muissa tilkkeissä oli 28–49 grammaa. Pellavan, lasivillan ja polypropeenin osalta veden imeytymisen nopeus ja määrä olivat tasaisia ja samankaltaisia. Myös sammal imi vettä samoin näiden materiaalien kanssa, mutta imeytyneen veden määrässä oli suuria eroja eri näytteiden välillä.

Koesarjan 1 näytteisiin imeytyneen veden määrät 2 minuutin, 1 tunnin, 1 vuorokauden ja 3 vuorokauden kohdalla on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Koesarjan 1 huokoiisiin näytteisiin imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 1	Muovirunko 15 mm rako			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 14 g	3	8	20	28
Puukuitu 22 g	162	198	211	220
Lasivilla 17 g	7	14	29	49
Polypropeeni 6 g	7	10	20	28
Sammal 11 g	5	12	25	32

Koesarjan 2 näytteet oli puristettu neljän millimetrin paksuisiksi. Verrattaessa niiden vedenimua koesarjan 1 15 millimetriä paksujen näytteiden tuloksiin (Taulukko 5.1), havaitaan että sammalta lukuun ottamatta muihin materiaaleihin imeytyy merkittävästi hitaammin ja vähemmän vettä puristetussa muodossa. Taulukossa 9 on esitetty koesarjan 2 näytteisiin imeytyneet veden massat grammoina.

Taulukko 9. Koesarjan 2 näytteisiin imeytyneet veden massat grammoin

Koesarja 2	Muovirunko 4 mm rako			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 12 g	3	6	12	14
Puukuitu 20 g	91	108	109	109
Lasivilla 14 g	5	5	11	15
Polypropeeni 6 g	5	7	8	9
Sammal 11 g	4	14	30	42

Koesarjan 3 näytteet olivat sullottuja, jolloin materiaalin määrä oli kolminkertainen verrattuna koesarjaan 1, ja tiheys suunnilleen sama kuin koesarjassa 2. Sullotut näytteet imivät vettä samoin kuin puristetut näytteet, mutta kolmikertaisen määrän, kun materiaalin määrä oli kolminkertainen. Taulukossa 10 on esitetty sullottuihin näytteisiin imeytyneet veden määrät.

Taulukko 10. Koesarjan 3 sullottuihin tilkkeisiin imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 3	Muovirunko 15 mm rako 3xsullottu			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 34 g	10	14	31	37
Puukuitu 64 g	236	303	313	318
Lasivilla 47 g	15	25	37	57
Polypropeeni 18 g	7	10	26	32

Koesarjan 4 lautarunkoiset näytteet purettiin jokaisen punnituksen yhteydessä, ja tilkkeiden ja rungon painonnousu määritettiin erikseen. Pellavalla, puukuidulla ja polypropeenilla painonnousu oli samankaltainen kuin muovirunkoisilla koesarjan 2 näytteillä. Lasivillan painonnousu oli vähäisempää, mutta lasivillanäytteiden osalta havaittiin yleisemminkin osan niistä imevän vettä huomattavasti muita näytteitä vähemmän. Sammalen suurempi vedenimu liittyy näytteiden välillä olleisiin suuriin vaihteluihin. Taulukossa 11 on esitetty lautarunkoisiin näytteisiin imeytyneet veden määrät.

Taulukko 11. Koesarjan 4 tilkkeisiin imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 4	Lautarunko 4 mm rako			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 11 g	1	10	16	19
Puukuitu 20 g	106	98	107	108
Lasivilla 11 g	0	0	3	9
Polypropeeni 6 g	2	4	10	10
Sammal 16 g	1	10	40	74

Koesarjan 4 lautarunkoihin imeytyi vettä samalla tavalla pellavan, lasivillan, polypropeenin ja sammalen osalta. Muita materiaaleja enemmän vettä imevän puukuidun osalta vettä imeytyi merkittävästi enemmän myös lautarunkoihin. Lautojen välillä havaittiin vedenimukyvyssä suuria eroja. Lautarunkoihin imeytyneet veden määrät on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Koesarjan 4 lautarunkoihin imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 4	Lautarungot			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellavan lauta	8	20	70	181
Puukuidun lauta	21	42	110	254
Lasivillan lauta	3	11	55	142
Polypropeenin lauta	5	11	54	127
Sammalen lauta	6	21	82	173

Koesarjan 5 koekappaleet olivat samanlaisia kuin koesarjassa 2, mutta ne olivat lappeellaan vaaka-asennossa. Vaakasuuntaiseen puukuitunäytteeseen imeytyi vettä yhtä nopeasti ja sama määrä kuin koesarjan 2 pystynäytteissä. Myös sammaleella veden imeytyminen oli samanlaista kuin pystynäytteillä. Sen sijaan pellavaan, lasivillaan ja polypropeeniin ei vaakasuuntaisena imeytynyt lainkaan vettä. Vaakasyrjästä imeytyneet veden määrät on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Vaakasyrjästä imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 5	Muovirunko 4 mm rako vaakasyrjä			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 10 g	0	0	0	0
Puukuitu 20 g	76	102	105	105
Lasivilla 13 g	0	0	0	0
Polypropeeni 6 g	0	0	0	0
Sammal 11 g	3	15	21	23

Koesarjan 6 näytteet olivat päädyllään pystyasennossa ja veden imeytyminen tapahtui pystysyrjästä. Tulokset olivat samanlaisia kuin koesarjassa 5. Puukuitu imi vettä samoin kuin pystyasentoisessa upotuskokeessa, mutta pellava, lasivilla ja polypropeeni eivät imeneet lainkaan vettä itseensä. Myöskään sammal ei tässä asennossa imenyt lainkaan vettä itseensä. Pystysyrjästä imeytyneet veden määrät on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Pystysyrjästä imeytyneet veden massat grammoina

Koesarja 6	Muovirunko 4 mm rako pystysyrjä			
	2 min	1 h	1 vrk	3 vrk
Pellava 10 g	0	0	0	0
Puukuitu 20 g	76	105	105	105
Lasivilla 14 g	0	0	0	0
Polypropeeni 6 g	0	0	0	0
Sammal 11 g	0	0	0	0

Kuivuminen tapahtui muovirunkoisissa koesarjoissa 1, 2 ja 3 pellavan, lasivillan, ja polypropeenin osalta tasaisesti ja samankaltaisesti. Riippuen niihin imeytyneen veden määrästä ne palautuivat alkupainoonsa 2 – 5 vuorokautta kuivuttuaan. Sammalla palautui alkupainoonsa niitä muutaman vuorokauden hitaammin. Puukuidusta poistui vettä määrällisesti hieman muita materiaaleja nopeammin. Kun siihen oli imeytyneenä merkittävästi muita enemmän vettä, se palautui lähtöpainoonsa vasta noin 20 vuorokautta kuivuttuaan. Puristamattomat, puristetut ja sullotut näytteet kuivuivat samalla tavalla, vain imeytyneen veden määrän havaittiin vaikuttavan kuivumisnopeuteen. Taulukossa 15 on esitetty koesarjan 1 näytteiden kuivuminen.

Taulukko 15. Koesarjan 1 näytteiden veden massat grammoina kuivumisessa

Koesarja 1	Muovirunko 15 mm rako kuivuminen			
	Alku	1 vrk	2 vrk	6 vrk
Pellava 14 g	28	20	12	0
Puukuitu 22 g	220	208	190	121
Lasivilla 17 g	49	38	22	0
Polypropeeni 6 g	32	23	11	0
Sammal 11 g	32	25	18	0

6.4 Havaintoja

Kaikki kokeessa mukana olleet tilkemateriaalit imivät syrjällään pystyasentoisina itseensä suuren määrän vettä. Lähtöpainoon suhteutettuna löyhä puukuitu muovirungossa kymmenkertaisti painonsa (vettä imeytyi 220 g), polypropeeni lähes viisinkertaisti (28 g), sammal (42 g) ja lasivilla lähes kolminkertaistivat (49 g) ja pellava kaksinkertaisti (28 g) painonsa.

Puukuidun vedenimukyky on huomattavasti muita materiaaleja nopeampaa ja voimakkaampaa ja kuivumisaika merkittävästi muita pidempi. Hetkellisen vesiristituksen vaikutuksesta se moninkertaistaa painonsa ja imee määrällisesti ja levittää ympäristöönsä niin paljon vettä, että se luo mikrobikasvulle otollisen olosuhteen. Tätä tilannetta pahentaa vielä sen hidas kuivuminen.

Tilkemateriaalien tiheyden nousun havaittiin laskevan niiden vedenimukykyä. Puristetuilla ja sullotuilla kappaleilla vedenimukyky oli vähäisempää kuin huokoisilla kappaleilla ja vedenimun havaittiin olevan yhteydessä materiaalin tiheyteen. Tämä johtuu ilmeisesti niiden huokoisuuden muutoksesta tilavuuden pienentyessä, joka vähentää kapilaarien määrää ja veden sitoutumista rajapinnoille. Kuivumiseen puristamisella tai sullonnalla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta.

Lautarunkoisten näytteiden vedenimu oli samansuuntaista muovirunkoisten näytteiden kanssa. Näytteitä ympäröivällä materiaalilla ei havaittu olevan suurta vaikutusta niiden vedenimuun. Lautarunkoon imeytyi puukuidusta selvästi muita materiaaleja enemmän vettä, joten se kastelee muita tilkemateriaaleja enemmän ympäröivä puuosia ja mahdollistaa täten laajemmat mikrobikasvustot.

Kaikki tilkemateriaalit imivät itseensä syrjällään pystyasentoisina paljon vettä. Tilakinnässä tällaista tilannetta, jossa materiaalit olisivat alasyrjästään veteen uponnei-

na, ei voi muodostua. Siksi käytön kannalta tärkeämpää tietoa saadaan lappeellaan vaakasuuntaisista ja päädyllään pystysuuntaisista koekappaleista.

Lappeellaan vaakasuuntaisten ja päädyllään pystysuuntaisten näytteiden vedenimukyvyt olivat erittäin mielenkiintoisia. Pellava, lasivilla ja polypropeeni eivät imeneet näissä käyttöasennoissa lainkaan vettä itseensä. Ilmeisesti näillä materiaaleilla ei ole kykyä siirtää vettä vaakasuuntaisesti. Puukuitu imee itseensä saman verran vettä kaikissa asennoissa. Sammaleeseen vettä imeytyy syrjästä lappeellaan vaakasentoisena, muttei päädyllään pystyasentoisena.

Veden imeytyminen huokoiseen aineeseen voi tapahtua kemiallisesti sitoutumalla, fysikaalisesti sitoutumalla, kapilaarivoimilla sitoutumalla, luonnonkuiduissa osmoottisen paineen kautta sitoutumalla tai vapaasta höyrystä sitoutumalla. Useimmiten sitoutuminen tapahtuu usean tavan yhdistelmänä ja tavat vaikuttavat toisiinsa. Veden sitoutuminen huokoiseen aineeseen onkin erittäin monimutkainen ilmiö ja tilkemateriaaleissa havaittujen vedenimeytymisilmiöiden selittäminen vaatii erityistä veden kemialliset ja fysikaaliset voimat huomioivaa materiaalitutkimusta.

7. MIKROBIKASVU

Rakennusten terveellisyyttä pidetään ehdottomana vaatimuksena. Nykykäsityksen mukaan tämä edellyttää sitä, ettei rakenteessa tai sen sisäpinnalla saa esiintyä mikrobikasvustoa. (Asumisterveysopas, 2008, 146.) Eri tilkemateriaalien herkkyydestä homehtua, tai edistää ympäröivien puuosien lahoamista, on olemassa monenlaisia käsityksiä. Tilkemateriaaleissa tapahtuvasta mikrobikasvusta on hyvin vähän vertailevaa tietoa. Myös tilkemateriaalin vaikutuksesta ympäröivän puun pinnalla tapahtuvaan kasvuun on vähän tietoa.

Tilkkeissä tapahtuvaa mikrobikasvua tutkittiin neljällä koesarjalla. Koesarjassa 1 seurattiin kuivien tilkkeiden toimintaa ulkoilmassa, koesarjassa 2 märkien tilkkeiden toimintaa ulkoilmassa, koesarjassa 3 kosteutettujen tilkkeiden toimintaa sisätilassa ja koesarjassa 4 märkien tilkkeiden toimintaa sisätilassa.

Tilkkeiden ja puun pinnalla kasvavia mikrobeja on lukuisa määrä. Eri mikrobien esiintyminen ja kasvunopeus ovat riippuvaisia kasvualustasta ja ympäristöolosuhteiden yhdistelmästä. Keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat kosteus, valo, muut organismit ja materiaalit. (Viitanen, 1990, 22.) Kun mikrobikasvukokeet tehtiin ulkoilmassa ja normaalissa huonetilassa, ei kasvaviin lajeihin voitu vaikuttaa. Siksi kokeessa ei kiinnitetty huomiota eri mikrobilajeihin, vaan seurattiin pelkästään mikrobien esiintymistä ja kasvunopeutta. Kokeen tarkastelutasona oli silmämääräinen taso eli makrotaso, jolla tapahtuneet havainnot varmistettiin valomikroskooppilla. Tällainen makrotaso vastaa Suomessa yleisesti käytetyn Viitasen kuusiportaisen asteikon tasoja 3, 4, 5 ja 6 (Salminen, K, Rakennusfysiikka 2009, 219–220.).

7.1 Koejärjestelyt

Koesarjoihin 1, 2 ja 3 valmistettiin kuhunkin kaksi koekappaleta. Koekappaleet koostuivat kahdesta kaksi metriä pitkästä sahatusta mäntylaudasta (25x100) joiden väliin asetettiin tilkenäytteet. Tilkenäytteinä käytettiin pellavan, lasivillan ja polypropeenin osalta yhtä kerrosta kaupallista tilkekaistaa. Puukuitua käytettiin neljää kerrosta kaupallista kaistaa ja sammalta käytettiin siten, että sen paksuus vastasi muita materiaaleja. Tilkenäytteet olivat 300 millimetriä pitkiä ja ne asetettiin lautojen väliin siten, että näytteiden väliin jäi noin 50–100 millimetrin tyhjä väli. Tilkemateriaalien keskinäistä asemaa muutettiin eri koekappaleissa ja koekappaleiden päät suojattiin erikseen, jolloin reunimmaisiet näytteet olivat samassa olosuhteessa muiden näytteiden kanssa.

Koesarjan 1 koekappaleet olivat lämmittämättömän ulkorakennuksen sisällä, jolloin niihin ei kohdistunut lainkaan vesirasitusta. Koe aloitettiin syyskuussa 2010 ja koekappaleissa tapahtuneita muutoksia seurattiin silmämääräisesti tarkastelemalla kuukauden välein vuoden 2011 loppuun saakka. Koekappaleiden laudoissa tai tilkkeissä näkyvät kasvustot tai muut muutokset kirjattiin päiväkirjaan.

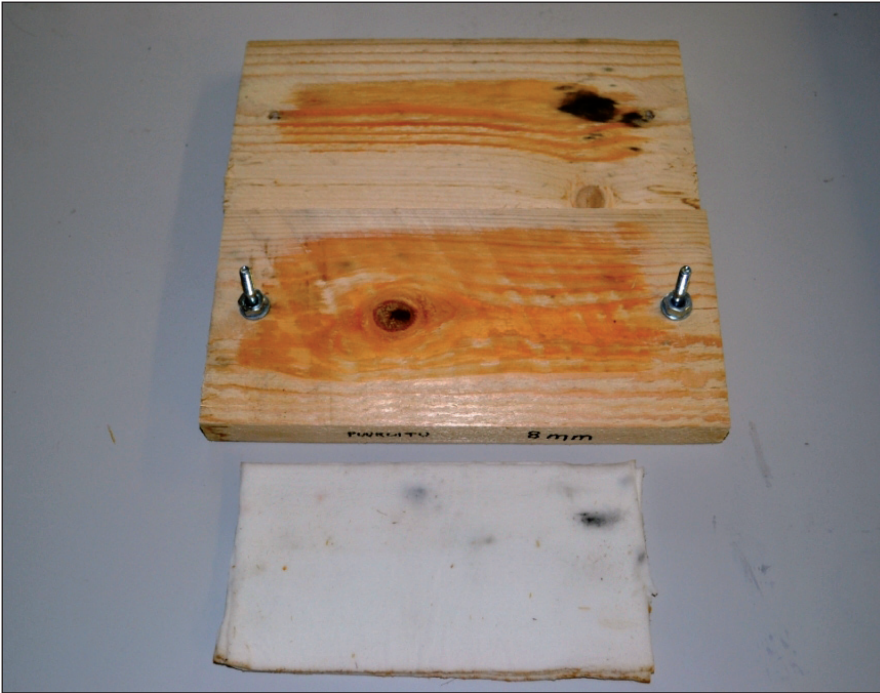


Kuvio 10. Koesarjan 1 koekappale avattuna tarkastelua varten

Koesarjan 2 koekappaleet olivat suojaamattomina ulkona, jolloin ne olivat sateella suorassa vesirasituksessa. Koe aloitettiin syyskuussa 2010 ja koekappaleissa tapahtuneita muutoksia seurattiin silmämääräisesti tarkastelemalla viikon välein vuoden 2010 loppuun saakka.

Koesarjan 3 koekappaleet olivat sisätilassa. Ne pinottiin harvaan nippuun ja nippu suljettiin muovipeitteen sisään. Peitteen sisälle lisättiin vettä, jolloin ilman suhteelliseksi kosteudeksi mitattiin Rotronic AM3-laitteella noin 90 %, lämpötila oli +20–22 °C. Koe aloitettiin tammikuussa 2011 ja koekappaleet pidettiin tässä olosuhteessa kaksi kuukautta. Ne tutkittiin ja valokuvattiin valomikroskoopilla kahden viikon välein.

Koesarjan 4 koekappaleet valmistettiin kuten vedenimukokeen koekappaleet. Muovirunkoisia koekappaleita valmistettiin jokaisen materiaalin osalta neljä kappaletta ja lautarunkoisia koekappaleita kuusi kappaletta. Koekappaleita kasteltiin syrjäupotuksella kolmen vuorokauden ajan ja niiden annettiin kuivua huonetilassa 20 vuorokautta. Tämän jälkeen koekappaleet avattiin ja niissä silmämääräisesti havaittavat mikrobikasvut kirjattiin taulukkoon.



Kuvio 11. Koesarjan 4 lautarunkoinen koekappale avattuna

7.2 Tulokset

Koesarjan 1 koekappaleet olivat syyskuusta 2010 joulukuuhun 2011 vesirasitukselta suojattuina lämmittämättömässä ulkovarastossa. Koekappaleet olivat puhtaita mikrobikasvusta aina marraskuuhun 2011 saakka. Sitten niiden laudoissa havaittiin kasvustoa. Kasvu alkoi ylälautojen ylälappeelta ja levisi laudan syrjän kautta alla olevaan tilkemateriaaliin joulukuun 2011 aikana. Tilkkeellä ei siis varsinaisesti ollut merkitystä kasvun alkamiseen, eikä eri tilkkeiden välillä voitu havaita kasvuerkkyystä mitään eroja.

Koesarjan 2 koekappaleet olivat ulkona suojaamattomina syyskuusta 2010 joulukuuhun 2010. Ensimmäiset mikrobikasvustot havaittiin ensimmäisen viikon jälkeen ylälaudan syrjästä. Toisen viikon jälkeen laudoissa havaittiin kasvustoa useassa paikassa ja puukuitutilkkeessä oli havaittavaa kasvua. Kolmen viikon jälkeen laudoissa ja puukuidussa oli laajalti kasvustoa. Neljännen viikon aikana koekappaleet jäätivät kiinni ja ne sulivat vasta kuudennen viikon aikana. Tuolloin kasvustoa oli havaittavissa kaikkialla laudoissa ja kaikissa tilkemateriaaleissa. Seitsemännellä viikolla koekappaleet jäätivät uudestaan kiinni ja ne sulatettiin yhdeksännen viikon jälkeen mikroskooppista tarkastelua varten. Siinä vahvistuivat havainnot kasvustosta kaikkialla laudoissa ja kaikissa tilkemateriaaleissa.

Koesarjan 3 koekappaleet olivat lämmitetyssä sisätilassa erittäin korkeassa ilman suhteellisessa kosteudessa. Kahden viikon jälkeen niissä havaittiin kasvustoa sekä kaikkialla laudoissa että kaikissa tilkemateriaaleissa. Kuuden viikon jälkeen kasvu oli erittäin runsasta kaikkialla laudoissa ja tilkemateriaaleissa.



Kuvio 12. Runsasta kasvustoa koesarjan 3 koekappaleessa

Koesarjan 4 näytteet kasteltiin ja kuivattiin huonetilassa. Jokaisen materiaalin näytteistä neljä oli muovirunkoisia ja kuusi oli lautarunkoisia. Muovirunkoista näytteistä kasvustoa esiintyi kaikissa puukuuti- ja sammalnäytteissä. Muilla materiaaleilla ei muovirunkoisina havaittu kasvustoa. Puurunkoista näytteistä puukuidun ja sammalen osalta havaittiin kaikissa näytteissä kasvustoa. Pellavan osalta kasvustoa havaittiin neljässä näytteessä ja lasivillan osalta kolmessa näytteessä. Puurunkoisissa polypropeeninäytteissä ei havaittu kasvustoa.

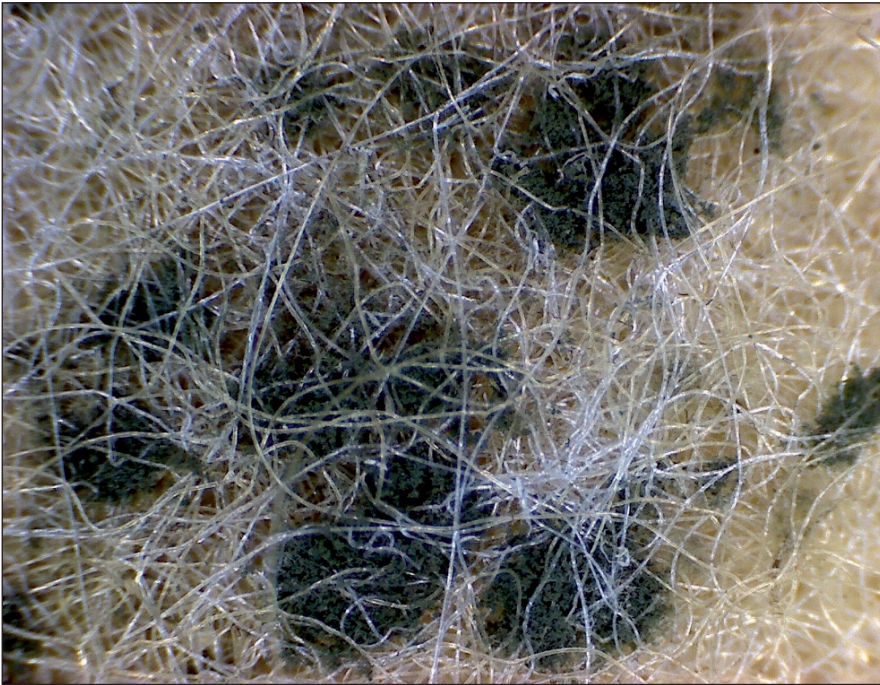
7.3 Havainnot

Mikrobikasvun esiintymisen havainnointi osoittautui haastavaksi. Kun mikrobeja on lukuisa määrä ja niiden esiintymiseen ja kasvuun vaikuttavia tekijöitä on runsaasti, voidaan koejärjestelyillä saada vain suuntaa-antavia tuloksia. Tärkeänä havaintona oli, että lämmittämättömässä ulkovarastossa toista vuotta säilytetyissä koekappaleissa havaittiin kasvustoa. Kasvusto alkoi kuitenkin koekappaleiden laudoissa, joten havainto ei suoranaisesti liity tilkkeisiin. Mutta havainto, että kertaalleen kuivattu sahatavara homehtuu lämmittämättömässä ulkovarastossa marras- ja joulukuun aikana, on huolestuttava ja vaatii oman tutkimuksensa.

Toinen merkittävä havainto oli, että kaikissa tilkkeissä esiintyy nopeasti ja runsasta mikrobikasvua, mikäli vesirasitus tai kosteusrasitus on riittävän suurta ja pitkäai-

kaista. Tärkeä havainto oli, että useimmissa tapauksissa mikrobikasvu havaittiin aluksi tilkkeeseen kosketuksessa olleessa puussa ja vasta sitten itse tilkkeessä. Puu vaikuttaisi olevan tilkkeitä mieluisampi kasvualusta mikrobeille (Lähdemäki, Rakennusfysiikka 2007, 238, Peuhkuri, Rakennusfysiikka 2009, 247.).

Tilkemateriaalien välillä selkein ero oli puukuidun muita merkittävästi suurempi alttius mikrobikasvulla. Kaikissa koekappaleissa havaittiin puukuidussa ensimmäisenä kasvusto ja se oli yleensä runsainta. Pellavan, lasivillan ja polypropeenin välillä ei havaittu merkittäviä eroja mikrobikasvualltiudessa, joskin tiettyjä eroja havaittiin kasvun esiintymisessä. Pellavasta oli vaikea havaita kasvustoa, ja usein siitä lähti voimakas pistävä haju, vaikka kasvustoa ei pystytty näkemään. Lasivillalle oli tyypillistä, että kasvusto esiintyi sen harsokankaassa. Polypropeenissakin esiintyi kasvustoa, mutta se oli paikallista ja esiintyi vasta pitkällisen vesirasituksen myötä. Kokonaisuudessaan polypropeeni vaikutti olevan vähiten altis mikrobikasvulle. Sammaleen vertaaminen muihin materiaaleihin oli mahdotonta, sillä se sisältää valmiiksi mikrobikasvustoa, alkueliöitä ja hyönteisiä.



Kuvio 13. Pitkällinen vesirasitus aiheutti mikrobikasvua myös polypropeenissa

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tilkkeiden merkittävin ominaisuus mikrobikasvun kannalta on niiden vedenimukyky, koska tilkkeen ympärillä oleva puu on mikrobeille tilkkeitä parempi kasvualusta. Tilkkeet, jotka imevät itseensä vähän vettä

ja kuivuvat nopeasti, nostavat ympäröivän puun kosteutta vähemmän kuin itseensä paljon vettä imevät tilkkeet, ja siksi puussa tapahtuva mikrobikasvu on vähäisempää. Myös ilman korkea suhteellinen kosteus vaikuttaisi saavan mikrobikasvun alkamaan aluksi puussa ja vasta myöhemmin tilkkeissä.

8. KÄYTETTÄVYYS

Tilkemateriaalien käytettävyyttä tutkittiin käyttäjäkokeella, jossa koehenkilöt käsitelivät tilkemateriaaleja käyttötilanteissa ja vertasivat niiden käytettävyyttä toisiinsa. Koe koostui kahdesta osasta; käytön helppouden arvioinnista ja käytön miellyttävyyden arvioinnista. Lopuksi koehenkilöt asettivat materiaalit paremmuusjärjestykseen sen mukaisesti, miten he itse materiaaleja tilkinnässä käyttäisivät. Sammaleen käytettävyyttä ei testattu, sillä sen ominaisuudet poikkeavat liiaksi muista tilkkeistä.

8.1 Koejärjestelyt

Koehenkilöt olivat SeAMK rakennuskonservoinnin opiskelijoita ja henkilökuntaa. Kaikkiaan kokeeseen osallistui 33 henkilöä. Koehenkilöillä oli hyvin vähän kokemusta tilkemateriaalien käytöstä.

Käytön helppoudessa arvioitiin materiaalin leikattavuutta puukolla, materiaalin asentamista aukon kehälle nitomalla ja materiaalin sullomista asennusrakoon tilkeraudalla. Käytön miellyttävyydessä arvioitiin materiaalin koskettelua paljain käsin, materiaalin pölyävyyttä, materiaalin hajua ja ihoärsytystä. Kokeessa arvioitiin myös materiaalin ulkonäköä.

Taulukko 16. Arviointilomakkeen kohta leikkaaminen

Materiaalin leikkaaminen on...		Helppoa	2	1	-1	-2	Vaikeaa
	Polypropeeni						
	Lasivilla						
	Pellava						
	Puukuitu						

Koehenkilöt arvioivat tilkemateriaalien ominaisuuksia neliportaisella asteikolla. Pisteet laskettiin siten, että huonoimmasta arviosta sai kaksi miinus pistettä, toiseksi huonoimmasta arviosta sai yhden miinus pisteen, toiseksi parhaasta arviosta sai yhden pisteen ja parhaasta arviosta sai kaksi pistettä.

8.2 Tulokset

Käytön helppoudesta koehenkilöt arvioivat kolmea asiaa; leikkaamista, asentamista ja sullomista. Yleisesti huonoimmaksi ominaisuudeksi havaittiin leikkaantuminen, josta vain lasivilla sai positiivisen pistemäärän. Lasivilla sai käytön helppouden arvioinnissa parhaat pisteet ja kaikki sen osa-arvioinnit olivat positiivisia. Puukuitu sai huonoimmat pisteet ja kaikki sen osa-arvioinnit olivat negatiivisia. Käytön helppoutta koskevien arviointien pisteet ja niiden summat on esitetty alla olevassa taulukossa 17.

Taulukko 17. Käytön helppouden pisteet

	Leikkaaminen	Asentaminen	Sullominen	Käytettävyys
Pellava	-18	42	46	70
Puukuitu	-28	-5	-18	-51
Lasivilla	47	59	12	118
Polypropeeni	-7	49	60	102

Käytön miellyttävyydestä koehenkilöt arvioivat viittä asiaa; koskettaminen, pölyäminen, ulkonäkö, haju ja ihoärsytys. Polypropeeni koettiin selkeästi miellyttävimmäksi materiaaliksi, ja kaikki sen osa-arvioinnit olivat positiivisia. Lasivilla sai huonoimmat arvioinnit. Käytön miellyttävyyttä koskevien kysymysten pisteet ja niiden summat on esitetty alla olevassa taulukossa 18.

Taulukko 18. Käytön miellyttävyyden pisteet

	Koskettaminen	Pölyäminen	Ulkonäkö	Haju	Ihoärsytys	Miellyttävyyys
Pellava	10	-33	30	36	27	70
Puukuitu	37	-16	6	38	46	111
Lasivilla	-1	17	-14	21	-4	19
Polypropeeni	50	28	27	37	57	199

Kun käytettävyyden ja miellyttävyyden pisteet laskettiin yhteen, saivat materiaalit seuraavat pisteet; polypropeeni 301 pistettä, pellava 140 pistettä, lasivilla 137 pistettä ja puukuitu 60 pistettä.

Kokeen lopuksi koehenkilöt asettivat tilkemateriaalit paremmuusjärjestykseen. Neljän materiaalin järjestyksestä laskettiin pisteet siten, että ensimmäiseksi valittu sai kaksi pistettä, toiseksi valittu sai yhden pisteen, kolmanneksi valittu sai yhden miinuspisteen ja neljänneksi valittu sai kaksi miinuspistettä. Tämän laskutavan jälkeen materiaalit saivat seuraavat pisteet; pellava 37, polypropeeni 11, puukuitu -21 ja lasivilla -27.

8.3 Havainnot

Koehenkilöt antoivat käyttäjäkokeessa selkeästi parhaat arviot polypropeenille. Se sai negatiivisen arvion vain leikkaantuvuudesta, muista osa-arvioinneista se sai hyvin positiivisen arvion. Pellava sai koehenkilöiltä tasaisen hyvän arvioinnin. Negatiivisiksi ominaisuuksiksi arvioitiin vain sen leikkaantuvuus ja pölyäminen. Lasivilla sai lähes yhtä paljon pisteitä kuin pellava, mutta sen pisteet muodostuivat epätasaisesti. Käytön helppoudesta se sai parhaat pisteet, mutta käytön miellyttävyydestä huonoimmat pisteet, koskettamisen, ulkonäön ja ihoärsytyksen ollessa negatiivisia. Puukuitu sai selvästi vähiten pisteitä koehenkilöiltä. Kaikki sen käytön helppouden osa-arviot olivat negatiivisia.

Koehenkilöt käyttäisivät mieluiten pellavaa tilkemateriaalina. 33 koehenkilöstä sen valitsi 19 henkilöä. Kakkosvalintana oli polypropeeni, jonka valitsi 8 koehenkilöä. Puukuitu ja lasivilla saivat lähes yhtä negatiivisen pistearvion. Puukuidun valitsi 4 ja lasivillan 2 koehenkilöä.

Käyttäjäkokeen ja paremmuusjärjestyskokeen tulokset ovat ristiriitaiset. Tämä johtunee ainakin osin koehenkilöiden homogeenisuudesta. He kaikki olivat tietyn koulutusohjelman opiskelijoita tai henkilökuntaa, jolloin heillä voidaan olettaa olevan tietynlaista ennakoasenoitumista tiettyjä materiaaleja kohtaan. Ilmeisesti käsitys pellavan perinteikkyydestä ja luonnonmukaisuudesta parantavat sen kiinnostavuutta. Lasivillan maine on jostain syystä huono ja se heikentää sen arviointeja. Polypropeeni ja puukuitu ovat niin uusia materiaaleja, että niitä kohtaan ei ole vielä muodostunut ennakoasenteita.

9. YHTEENVETO

Tutkittuja tilkkemateriaaleja oli viisi ja niille tehtiin viisi erillistä koetta, joissa määritettiin ja verrattiin niiden tärkeimpiä käyttö-ominaisuuksia. Eri materiaalien välillä ilmeni eroja ja ominaisuuksiltaan puukuitu ja sammal erottuivat selkeästi muista materiaaleista.

Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että sammalta lukuun ottamatta kokeet tehtiin tietyille kaupallisille tuotteille. Etenkin pellavan, jota on tilkinnässä käytetty noin 150 vuotta, ja lasivillan, jota on käytetty 80 vuotta, osalta materiaalien tuotantotavat, rakenne ja koostumus ovat muuttuneet aikojen saatossa. Siksi eri aikoina ja eri tuottajien valmistamilla tuotteilla voi olla hyvinkin erilaisia ominaisuuksia.

9.1 Materiaalit

Pellavatilkkeen ilmanpitävyys osoittautui heikohkoksi ja oli samaa tasoa polypropeenin ilmanpitävyyden kanssa. Ilmantiiviyskokeessa pellavan sullottavuus osoittautui hyväksi ja sitä saatiin sullottua muita materiaaleja useampia kerroksia asennuskoon. Asennuskerrosten lisääntyminen ei kuitenkaan saanut aikaan erityistä ilmatiiviuden parantumista. Pellava imi itseensä kosteutta ilmasta nopeasti ja suhteellisesti suuren määrän. Se myös luovutti kosteutta nopeasti. Pellavan vedenimukyky oli samansuuntainen lasivillan ja polypropeenin kanssa. Ne myös kuivuivat samalla tavalla. Mikrobikasvulle pellavan ei havaittu olevan erityisen altis. Itse pellavassa havaittiin vähän kasvustoa, mutta kastuneista näytteistä lähti usein voimakas pistävä hajua. Tämän syy on ilmeisesti jokin mikrobi, jota ei näe makrotasolla, joten se tulisi selvittää mikrotasolla.

Käyttäjäkokeessa pellava sai käyttöominaisuuksistaan tasaisesti pisteitä päätyen lähes samaan pistemäärään lasivillan kanssa, mutta saaden vain puolet polypropeenin pisteistä. Koehenkilöt valitsivat pellavan kuitenkin ylivoimaisesti houkuttelevammaksi materiaaliksi. Ilmeisesti tämä johtuu pellavan perinteikkyydestä ja luonnonmukaisuudesta, jotka antavat sille lisäarvoa. Tällaisen positiivisen mielikuvan ylläpitämiseksi olisi suotavaa, että nykyiset pellavatilkkeiden tuottajat kertoisivat avoimesti tuotteidensa alkuperän, koostumuksen ja tuotantoprosessin. Myös pellavatilkkeen käytön historia tulisi selvittää nykyistä tarkemmin, jotta tietäisimme kuinka sitä on aiemmin valmistettu ja käytetty ja millaisia käyttökokemuksia siitä on.

Pellavan ominaisuudet olivat useissa testeissä yllättävän lähellä polypropeenin ominaisuuksia. Tämä johtuu ilmeisesti pellavatilkkeessä käytettävästä synteettisestä kuidusta. Vaikuttaisikin siltä, että tämä synteettinen kuitu määrittää merkittävästi tutkitun pellavatilkkeen ominaisuuksia. On oletettavaa, että pelkästään pellavasta valmistetulla tilkkeellä olisi erilaiset ominaisuudet.

Pellavatilkkeen heikohko ilmatiiviyys suuntaa sen käyttöä loma-asuntoihin ja lämmitettävimiin rakennuksiin, joiden ilmatiiviydelle ei aseteta vaatimuksia. Sen ulkonäön ja hyvän sullottavuuden vuoksi sitä voidaan käyttää myös tiiviimpien tilkkeiden pintakerroksena vuoraamattomissa hirsiseinissä.

Puukuidun eri ominaisuudet vaihtelivat suuresti. Puukuidulla saavutettiin erittäin hyvä ilmanpitävyys. Kun tilkinnän tavoitteena on ilmatiiviyys, osoittautui puukuitu tässä varsinaisessa tehtävässä parhaaksi materiaaliksi. Puukuidun ongelmana on sen vedenimukyky, joka on nopeaa, määrällisesti suurta ja jonka kuivuminen kestää kauan. Se imee muihin materiaaleihin verrattuna lähes kymmenen kertaa enemmän vettä itseensä, ja imeytyminen tapahtuu myös vaaka-asennossa. Puukuituun imeytynyt vesi antaa mikrobikasvulle otolliset elinolosuhteet ja kasvu olikin sekä puukuidussa että siihen liittyvissä puuosissa selkeästi muita materiaaleja nopeampaa ja runsaampaa. Puukuitua ei voi käyttää paikoissa, joissa on edes teoreettinen mahdollisuus hetkelliseenkin vesirasitukseen. Käyttäjäkokeessa puukuitu sai huonoimmat pisteet. Etenkin sen käytön helppous arvioitiin merkittävästi muita materiaaleja huonommaksi.

Puukuidun ilmantiiviyys on tutkituista tilkkeistä paras ja sitä pystytään sullomaan myös ahtaisiin rakoihin, mutta sen vedenimukyky on vaarallisen suuri. Nämä ominaisuudet suuntaavat sen käyttöä ulkovuorattuihin uudisrakennuksiin ja vanhojen rakennusten sisäpuoliseen lisätilkintään. Vuoraamattomissa hirsiseinissä sen käytössä on vedenimun takia kosteusriski ja rakennusvaiheessa sitä ei voi asentaa sadesäällä.

Lasivillan ominaisuudet osoittautuivat vertailussa tasaisen hyväksi. Sen ilmatiiviyys oli hyvä, se ei imenyt kosteutta itseensä ja vedenimukyky oli samantapainen pellavan ja polypropeenin kanssa. Se ei osoittautunut erityisen alttiiksi mikrobikasvulle. Lasivillan käytön helppous arvioitiin parhaaksi, mutta käytön miellyttävyys heikoimmaksi. Koehenkilöt arvioivat sen vähiten houkuttelevaksi materiaaliksi.

Lasivillan tuotantomäärät ovat muita tutkittuja materiaaleja merkittävästi suuremmat. Tutkimuksen ja tuotekehityksen myötä lasivillan ominaisuudet ovat toimivia. Lasivillalla on jostain syystä huono maine, ja sen arvellaan vettyvän ja homehtuvan muita materiaaleja herkemmin. Tässä tutkimuksessa ei tällaisia ominaisuuksia havaittu.

Lasivillan ominaisuudet ovat tasaisen hyviä ja se on teknisten ominaisuuksiensa puolesta varma valinta uusien hirsirakennusten tilkkeenä. Lasivillan sullottavuus ahtaisiin rakoihin on huono, joten se ei sovellu vanhojen rakennusten lisätilkintään.

Polypropeenin ilmanpitävyys oli pellavan tavoin heikohko. Se ei imenyt kosteutta itseensä ja sen vedenimukyky oli vähäistä. Sen alttius mikrobikasvulle oli vähäisintä. Käyttäjäkokeessa sen ominaisuudet arvioitiin selvästi muita paremmiksi ja koehenkilöt valitsivat sen toiseksi houkuttelevammaksi materiaaliksi. Polypropeenin tuotantoprosessista ja koostumuksesta on vähän tietoa saatavilla.

Polypropeenin kosteustekninen toiminta ja sullottavuus ovat hyviä, mutta ilmanpitävyys heikohko. Nämä ominaisuudet suuntaavat sen käytön pellavan tavoin loma-asuntoihin ja lämmittämättömiin rakennuksiin.

Sammal poikkeaa monella tavalla muista tilkemateriaaleista. Se on jalostamaton luonnontuote, sen rakenne ja koostumus ovat hyvin vaihtelevia ja asentaminen riippuvaista useasta hallitsemattomasta tekijästä. Sammaltilkintä on aina hyvin yksitöllistä. Niinpä sammalen ominaisuuksien vertaaminen muihin tilkemateriaaleihin on vaikeaa.

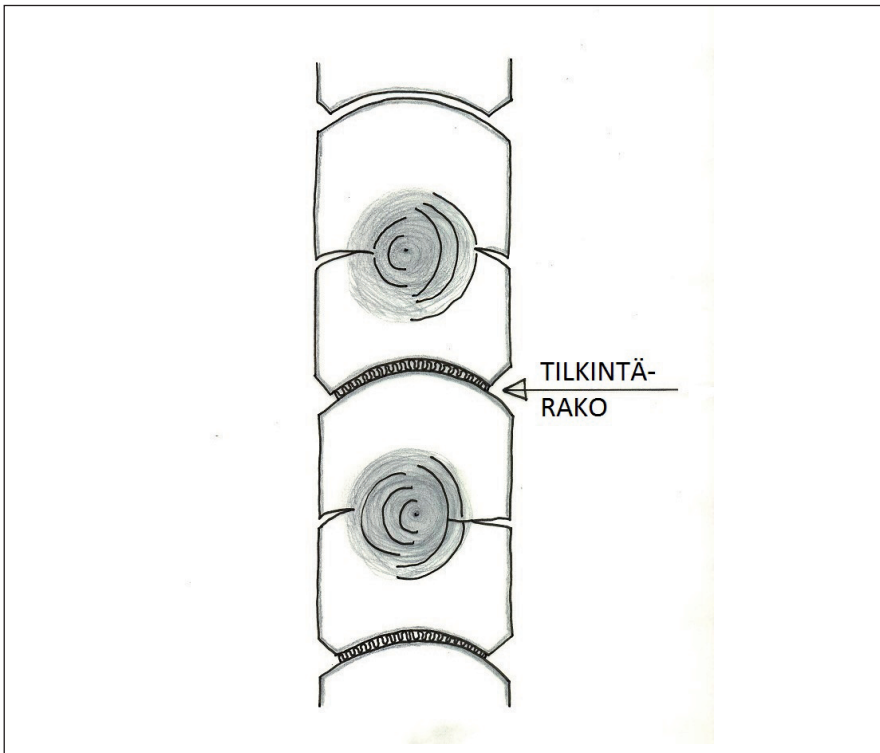
Sammalen ilmanpitävyys kosteana ja huolellisesti sullottuna osoittautui varsin hyväksi, mutta kuivana asennettuna erittäin huonoksi. Se imi itseensä muita materiaaleja huomattavasti enemmän ja hitaammin kosteutta ja kosteus kuivui huomattavasti muita materiaaleja hitaammin. Myös vettä sammal imi itseensä hitaasti ja paljon ja se kuivui hitaasti. Sammalen kosteusteknistä toimintaa leimaa hitaus, jonka myötä se poikkeaa merkittävästi muista materiaaleista ja sen kosteustekninen toiminta vaatisi lisäselvityksiä. Sammaleesta tulisi myös tutkia, kuinka siinä valmiiksi olevat mikrobit toimivat, kun sammal on rakennuskäytössä.

Sammalen ilmanpitävyys on kuivana huono. Seinän ylipaineisessa tilanteessa sen läpi virtaavan ilman sisältämän vesihöyryn tiivistyminen muodostaa kosteusriskin ja selittää ainakin osin vanhoissa rakennuksissa esiintyvää varauslahoa. Sammalen perinteikkyyys, luonnonmukaisuus ja paikallisuus tekevät siitä kuitenkin mielenkiintoisen materiaalin ja sen käytön soisi jatkuvan esimerkiksi pienissä, toisarvoisissa rakennuksissa. Lämpimiin tai puolilämpimiin uudisrakennuksiin sen ominaisuudet eivät ole riittäviä. Sammalen laajempi käyttö ja mahdollinen tuotekehitys vaativat laajaa tutkimusta sen kosteusteknisestä ja mikrobiologisesta toiminnasta.

9.2 Rakenneratkaisut

Tilkkeiden paras ilmatiiviyys saavutetaan, kun ne puristuvat varauksessa mahdollisimman suureen tiheyteen. Varauksen tiiviyys on siis riippuvainen varauksen muodosta, joka syntyy varauksen leveydestä ja varauskidan korkeudesta ja käytetyn tilkkeen määrästä.

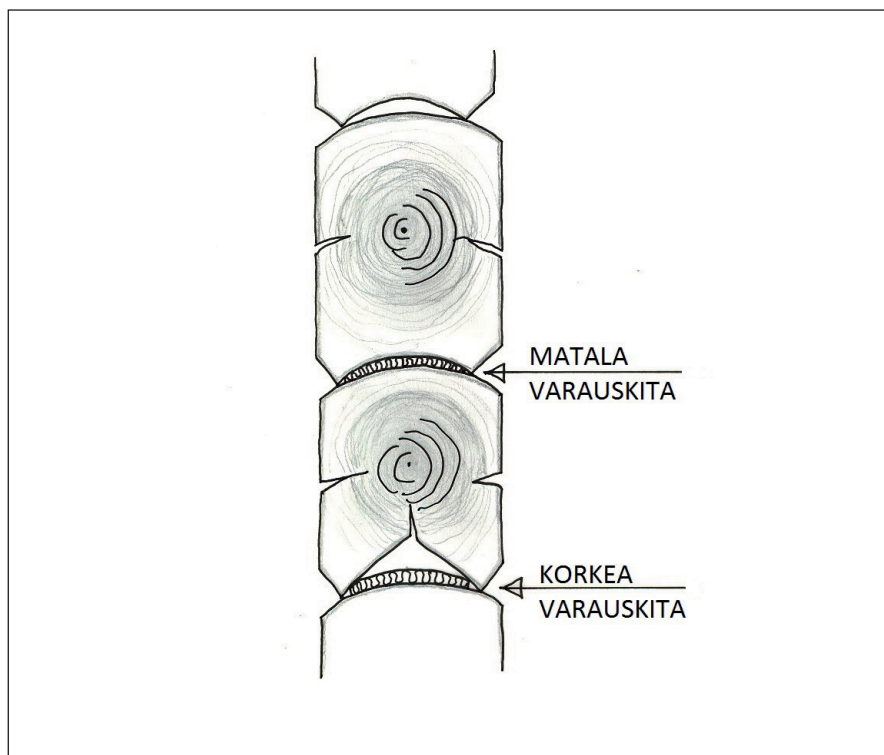
Varauskidan tulisi olla mahdollisimman leveä ja sen korkeuden tulisi olla mahdollisimman matala, mutta päällekkäiset hirret eivät saa siinä koskea toisiinsa. Käytetyn tilkemateriaalin leveys ja paksuus täytyy siis valita kuhunkin varauskitaan sopivaksi huomioiden, että kaikki tilkemateriaalit puristuvat paksuudeltaan alle kymmenesosaan huokoisesta muodostaan. Tilkkeiden paksuutta voidaan kasvattaa käyttämällä useampia päällekkäisiä tilkekaistoja.



Kuvio 14. Avovaraus mahdollistaa jälkitilkinnän

Massiivisissa hirsissä tapahtuu aina muodonmuutoksia, kun ne asettuvat seinällä käyttökosteuteensa. Nämä muodonmuutokset avaavat varauksiin rakoja, jotka täyttyvät tiivistä jälkitilkinnällä. Jälkitilkintä edellyttää huuliltaan avoimen avovarauksen käyttöä. Onkin ilmeistä, että massiivissa hirsiseinissä paras ilmatiiviyys saavutetaan

avovarausten huolellisella jälkitilkinnällä. Jälkitilkinnän ongelmana on kuitenkin sen vaatima suuri työmäärä, joka voi nostaa hirsirungon hintaa jopa neljänneksellä. Toinen jälkitilkinnän ongelma on sen ajoittuminen muutaman vuoden päähän rakennuksen valmistumisesta, jolloin siitä vastaaminen on hirsirungon toimittajille usein erittäin vaikeaa.



Kuvio 15. Umpivaraus tiivistyy vain matalalla varauuskidalla

Mikäli varaustapana käytetään huuliltaan kiinni olevaa umpivarausta, tulee varauksen muotoon kiinnittää erityistä huomiota. Jotta tilkemateriaali puristuu tiiviiksi, tulee varauksidan olla mahdollisimman matala ja mukailta alemman hirren selän muotoa. Varauksen huulet eivät saa olla jyrkät ja tilkemateriaalia on käytettävä niin paksusti, että se jää hirsien asennusvaiheessa hieman kantamaan. Huolellisesti tehdyllä umpivarauksella saadaan tilkemateriaali puristettua tiiviiksi ja näin saavutetaan hyvä ilmatiiviys. Tiiviyden säilyminen edellyttää kuitenkin tasaisesti tapahtuvan laskeutumisen ja hirsien muotopysyvyyden kuivumisaikana.

9.3 Ominaisuudet

Perinteisesti toteutetun hirsiseinän ilmatiiviys saadaan riittävän hyväksi ja nykymääräykset täyttäväksi tiiviiksi puristetulla tai sulloitulla tilkinnällä. Tilkemateriaaleista puukuidulla ja lasivillalla saavutetaan parempi tiiviys kuin pellavalla, polypropeenilla tai sammalella. Huokoisesti asennetulla tilkemateriaalilla on erittäin huono ilmatiiviys. Myös umpivarauksen huulet tuottavat vähäisen ilmatiiviyden. On myös huomattava, että huolellisestikin tilkityn hirsiseinän läpi virtaa ilmaa, joten perinteisillä hirsiseinillä ei päästä samaan ilmatiiviyteen kuin täysin tiivistä materiaaleista toteutetuilla seinärakenteilla.

Tilkemateriaalien kosteudenimukyky on yhteydessä yleisesti mainittuun, mutta epäselvästi määriteltyyn hengittävyteen. Kosteutta imevät materiaalit pystyvät tasottamaan sisäilman kosteusvaihteluita imemällä ja luovuttamalla siihen kosteutta. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää sisäilman vuorokauden aikaisten kosteusvaihteluiden tasaamisessa. Käytännössä sillä on merkitystä makuuhuoneen yöaikaisen kosteuden nousun rajoittamisessa. Tällainen hengittävyys vaatii kuitenkin suuria pintoja, joten tilkkeillä siihen ei ole merkitystä. Tilkkeet eivät hengitä.

Kaikki tilkemateriaalit imevät itseensä runsaasti vettä tietyissä olosuhteissa, mutta tässä tutkimuksessa pellavaan, lasivillaan ja polypropeeniin ei saatu imeytymää vettä niiden varsinaisessa käyttöolosuhteessa. Tätä havaintoa ei pystytty selittämään, mutta sen myötä vuoraamattoman hirsiseinän avovaraukseen ei kulkeutuisi näiden tilkkeiden vaikutuksesta viistosateen mukanaan tuomaa vettä. Kosteusrasitusta vähentää vielä näiden tilkkeiden nopea kuivuminen.

Vaikka eri materiaalien vedenimukyvyissä oli selviä eroja, imevät ne kaikki tietyissä tilanteissa itseensä nopeasti ja runsaasti vettä. Siksi tilkemateriaalien turvallinen asentaminen vaatii ehdottoman kuivuuden. Tämä vaatimus pitää sisällään koko rakentamisen ketjun; kuljetukset, varastoinnit ja varsinaisen rakennusvaiheen.

Tilkemateriaaleissa tapahtuva mikrobikasvu havaittiin sattumanvaraiseksi ja monin osin selittämättömäksi, ja ainoaksi sitä sääteleväksi ominaisuudeksi osoittautui tilkkeiden vedenimukyky. Kaikissa tilkkeissä esiintyy runsasta mikrobikasvua, mikäli kosteusrasitus on suurta ja pitkä-aikaista, mutta oikein tehdyissä rakenteissa ja normaaleissa käyttöolosuhteissa sitä ei esiinny. Tärkeää on myös tiedostaa, että puu on tilkkeitä otollisempi kasvualusta mikrobeille, jolloin ensisijaisesti on huolehdittava, etteivät tilkkeet kastele niitä ympäröiviä puuosia.

Tilkemateriaalien käytettävyydessä ilmeni eroja ja paremmuusjärjestysarvioinnissa asenteellisuutta. Tällaisella ennakoasenoitumisella on ilmeisesti hyvin merkittävä vaikutus materiaalien käyttö- ja ostopäätöstä tehtäessä. Tällaisten asenteiden pe-

rustana voivat olla taloudelliset, tekniset, eettiset tai esteettiset lähtökohdat. Näistä perusteista riippumatta olisi erittäin tärkeää, että asenne perustuisi todelliseen tietoon kunkin materiaalin ominaisuuksista, koostumuksesta ja valmistusmenetelmästä. Tällä hetkellä tilkkeiden markkinoinnissa käytettävät ilmaisut hengittävyys, luonnonmukaisuus tai homehtumattomuus eivät vastaa tuotteiden ominaisuuksia.

LÄHTEET

- Alarinta, J. (toim.) 1995. Pohjanmaan pellava- ohjelma vuosille 1995-1999. Seinäjoki: Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Raportteja ja artikkeleita 38.
- Boncamper, I. 1996. Tekstiilioppi: kuituraaka-aineet. 4. korj. p. Hämeenlinna: Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitos. Julkaisuja B 3.
- Boncamper, I.,1999, Tekstiilioppi: kuituraaka-aineet. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Julkaisu C 20.
- Heikkinen, M. 2009. Vanhan talon eristeistä. [Verkkosivu]. Helsinki: Museovirasto. [Viitattu 16.11.2010]. Saatavana: http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Vanhan_talon_eristeista%20/
- Härkäsalmi, T. 2008. Runkokuituja lyhytkuitumenetelmin: kohti pellavan ja hampun ympäristömyönteistä tuotteistamista. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu. Julkaisusarja A 90.
- Höök, T. 2010. ValuAtlas ja CAE DS – Muotin suunnittelu: Polymeerimateriaalit. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.11.2012]. Saatavana: http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf
- Isolina Oy. Yrityksen verkkosivut. Huhtikuu 2011. [Viitattu 9.4.2011]. Saatavana: <http://www.isolina.com>
- Isover Oy. Yrityksen verkkosivut. Tammikuu 2011. [Viitattu 14.1.2011] Saatavana: <http://www.isover.fi/>
- Jokelainen, J. 2005. Hirsirakenteiden merkitys asema-arkkitehtuurille 1860–1950. Oulu: Oulun yliopisto.
- Junes, Markus. 1999. Vital -lämmöneristelevyn kosteustekniset ominaisuudet. Oulu: Oulun yliopisto.
- Kaila, P. 1997. Talotohtori: Rakentajan pikkujättiläinen. Porvoo: WSOY
- Kanta-Oksa, R., 1992. Uusi pellavakirja. 2 täyd. p. Sonkajärvi: Ylä-Savon Instituutti.
- Kaukonen, T.- I. 1946. Pellavan ja hampun viljely ja muokkaus Suomessa: Kansatieteellinen tutkimus. Helsinki: Suomen Muinaismuistoyhdistys.
-

-
- Koleva, M. & Nykänen, S. 2010. CAE DS – Muovit: Polypropeeni. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.11.2012]. Saatavana: http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf
- Koivula, S., Vilppunen, P. 2003. Kansallinen pellavaohjelma: Esiselvitys. Julkaisematon.
- Kortesmaa, A., Kymäläinen, H.-R., Lehto, M. & Vettenranta, M.-L. 2005. Agrokuituverkosto: Kuitukasvien viljelijöiden, jatkojalostajien ja tutkijoiden yhteistyöverkosto alan toiminnan tukemiseksi ja kehittämiseksi: hankkeen loppuraportti. Helsinki: Helsingin yliopisto. MMTEK- julkaisuja 19.
- Koskinen P. 24.8.2000. RTE4055/00 Liite. Suoja-aineen tehokkuuden testaus, käytännön rasitusoloja simuloiva kammiokoe. [Viitattu 17.1.20011]. Saatavana: http://www.vitalfinland.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=1368&name=file
- Lasivilla, sen valmistus ja käyttö. 1948. Rakennustaito 43 (10).
- Lehtinen, T., Viljanen, M. & Hänninen, J. 1998. Massiivihirrestä tehtyjen ulkoseinien käyttö asuinrakentamisessa. Espoo: TKK.
- Leppävuori, E., Prokki, H., Kanerva, P. & Vähäkallio, P. 1979. Rakennusaineet. 3. p. Helsinki: Otatieto.
- Lindberg R., Keränen, H. & Teikari, M. 1998. Ulkoseinärakenteen vaikutus rakennuksen energiakulutukseen. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Mähönen, T. & Hyttinen, H. 2006. PP-Rakennusnauhan lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden määrittäminen eri tiheyksissä. Espoo: VTT.
- Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A.-M. & Saarenpää, J. 1990. Kerrostalot 1940- 1960. Porvoo: Rakennuskirja.
- Oijala, M. 1999. Rakennusaineet: Ekologinen käsikirja. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.
- Paajanen, L., Ritschkoff A.-C. & Viitanen, H. 1994. Lämmöneristeiden merkitys rakennusten biologisissa vaurioissa. Espoo: VTT.
- Paulaharju, S. 1906. Kansatieteellinen kuvaus asuinrakennuksista Uudellakirkolla Viipurin läänissä. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
-

Pinkka. 2003-2004. Kasvituntemus I - Sammalet. [Verkkosivu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. [Viitattu 07.12.2009]. Saatavana: <http://www.helsinki.fi/pinkka/> ; <http://www.helsinki.fi/biosci/pinkka/pinkat/HY/kasvi-jakala/sammalet.htm>

Rakennusfysiikka 2007. 2007. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennusfysiikka 2009. 2009. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennusmääräyskokoelma D3. 2012.

Rakennustaito 1927:16.

Rakennustaito 1948:10.

Riipola, K., 1996, Hirsi-rive-pintakäsittely: Kolmen komponentin kosteustekniikka. Espoo: VTT Rakennustekniikka.

Rissanen, R. & Viljanen, M. 1998. Kasvikuitupohjaiset materiaalit lämmöneristeinä. Talonrakennustekniikan laboratorio. Espoo: VTT. Julkaisu 77.

Ritschkoff, A.- C. & Viitanen, H. 2000. Vital- eriste- ja puumateriaaliyhdistelmien homeen kestävyys vakioituissa laboratorio-olosuhteissa. [Viitattu 17.1.2001]. Saatavana: http://www.vitalfinland.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=1369&name=file

Saarenpää, J., Hyödynmaa, M., Enbom, S. & Säämänen, A. 1994. Kuitumaisten lämmöneristeiden pöly työturvallisuusriskinä. Espoo: VTT. Tiedotteita 1601.

Sepa Oy/ Vital Finland. 2011. Valmistajan tuotesivut. [Viitattu 17.1.2011]. Saatavana: <http://www.vitalfinland.fi/>

Seppälä, R. 1982. Pellavan tarina. Tampere: Pellava-Säätiö.

SFS-EN 1609, 1997. Lämmöneristet tuotteet rakentamiskäyttöön. Vedenimeytymisen määräitys lyhytaikaisessa, osittaisessa upotuksessa.

Shaw, A. J. & Goffinet, B. 2000. Bryophyte Biology. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.4.2011]. Cambridge University Press. Saatavana: <http://www.scribd.com/doc/8816293/Bryophyte-Biology>

Siikanen, U. 1994. Rakennusaineoppi. 4. p. Helsinki: Rakennuskirja.

- Simola, E. F. 1933. Pellavan viljelyksestä ja valmistustavoista. Helsinki: Maatalousseurojen keskusliitto.
- Ulvinen, T. Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002. Suomen sammalet - levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. [Viitattu: 12.12.2010]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=62751&lan=FI>
- Urbans, R. 1956. Tampereen pellava- ja rautateollisuus osake-yhtiö. Helsinki: Söderström.
- Valonen, N. 1977. Puurakennustemme historiaa Seurasaaren ulkomuseon valossa: Puurakennukset; Historia, tutkimus ja suojele. Helsinki: Helsingin yliopisto. Kansatieteen laitoksen toimitteita 3.
- Valonen, N. 1984. Asuminen talonpoikaistalossa keskiaikana: Historiallisen ajan arkeologia Suomessa. Turku: Turun maakuntamuseo. Raportteja 6.
- Vuorinen, J.-M. 2009. Rakennukset ja rakentajat Raision Ihalassa rautakauden lopulla ja varhaisella keskiajalla. Turku: Turun yliopisto.
- Vuolle-Apiala, R. 2010. Hirsityöt. 6. p. Vantaa: Moreeni.
- Ympäristöministeriö. 2010. Jokamiehen oikeudet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.01.2010]. Saatavana: www.ymparisto.fi/jokamiehenoikeudet
-

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA

A. TUTKIMUKSIA

1. Timo Toikko. Sosiaalityön amerikkalainen oppi. Yhdysvaltalaisen caseworkin kehitys ja sen yhteys suomalaiseen tapauskohtaiseen sosiaalityöhön. 2001.
 2. Jouni Björkman. Risk Assessment Methods in System Approach to Fire Safety. 2005.
 3. Minna Kivipelto. Sosiaalityön kriittinen arviointi. Sosiaalityön kriittisen arvioinnin perustelut, teoriat ja menetelmät. 2006.
 4. Jouni Niskanen. Community Governance. 2006.
 5. Elina Varamäki, Matleena Saarakkala & Erno Tornikoski. Kasvuyrittäjyyden olemus ja pk-yritysten kasvustrategiat Etelä-Pohjanmaalla. 2007.
 6. Kari Jokiranta. Konkretisoitua uhka. Ilkka-lehden huumekirjoitukset vuosina 1970–2002. 2008.
 7. Kaija Loppela. ”Ryhmässä oppiminen - tehokasta ja hauskaa”: Arviointitutkimus PBL-pedagogiikan käyttöönotosta fysioterapeuttikoulutuksessa Seinäjoen ammattikorkeakoulussa vuosina 2005-2008. 2009.
 8. Matti Ryhänen & Kimmo Nissinen (toim.). Kilpailukykyä maidontuotantoon: toimintaympäristön tarkastelu ja ennakointi. 2011.
 9. Elina Varamäki, Juha Tall, Kirsti Sorama, Aapo Länsiluoto, Anmari Viljamaa, Erkki K. Laitinen, Marko Järvenpää & Erkki Petäjä. Liiketoiminnan kehittyminen omistajanvaihdoksen jälkeen –Case-tutkimus omistajanvaihdoksen muutostekijöistä. 2012.
 10. Merja Finne, Kaija Nissinen, Sirpa Nygård, Anu Hopia, Hanna-Leena Hietaranta-Luoma, Harri Luomala, Hannu Karhu & Annu Peltoniemi. Eteläpohjalaisten elintavat ja terveystietoisuus : TERVAS – terveelliset valinnat ja räätälöidyt syömisen ja liikkumisen mallit 2009 – 2011.2012.
-

-
11. Elina Varamäki, Kirsti Sorama, Anmari Viljamaa, Tarja Heikkilä & Kari Salo. Eteläpohjalaisten sivutoimiyrittäjien kasvutavoitteet sekä kasvun mahdollisuudet. 2012.

B. RAPORTTEJA JA SELVITYKSIÄ

1. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta soveltavan osaamisen korkeakoulu -tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjelma. 1998.
 2. Elina Varamäki - Ritva Lintilä - Taru Hautala - Eija Taipalus. Pk-yritysten ja ammattikorkeakoulun yhteinen tulevaisuus: prosessin kuvaus, tuotokset ja toimintaehdotukset. 1998.
 3. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään: Seinäjoen ammattikorkeakoulusta 1996-1997 valmistuneiden sijoittuminen. 1999.
 4. Petri Kahila. Tietoteollisen koulutuksen tilanne- ja tarveselvitys Seinäjoen ammattikorkeakoulussa: väliraportti. 1999.
 5. Elina Varamäki. Pk-yritysten tuleva elinkaari - säilyykö Etelä-Pohjanmaa yrittäjämaakuntana? 1999.
 6. Seinäjoen ammattikorkeakoulun laatujärjestelmän auditointi 1998-1999. Itsearviointiraportti ja keskeiset tulokset. 2000.
 7. Heikki Ylihärsilä. Puurakentaminen rakennusinsinöörien koulutuksessa. 2000.
 8. Juha Ruuska. Kulttuuri- ja sisältötuotannon koulutus selvitys. 2000.
 9. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta soveltavan osaamisen korkeakoulu. Tutkimus- ja kehitystoiminnan ohjelma 2001. 2001.
 10. Minna Kivipelto [toim.]. Sosionomin asiantuntijuus. Esimerkkejä kriminaalihuolto-, vankila- ja projektityöstä. 2001.
-

-
11. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta 1998–2000 valmistuneiden sijoittuminen. 2002.
 12. Varmola T., Kitinoja H. & Peltola A. (ed.) Quality and new challenges of higher education. International Conference 25.-26. September, 2002. Seinäjoki Finland. Proceedings. 2002.
 13. Susanna Tauriainen & Arja Ala-Kauppila. Kivennäisaineet kasvavien nautojen ruokinnassa. 2003.
 14. Päivi Laitinen & Sanna Välisaari. Staphylococcus aureus -bakteerien aiheuttaman utaretulehduksen ennaltaehkäisy ja hoito lypsykarja tiloilla. 2003.
 15. Riikka Ahmaniemi & Marjut Setälä. Seinäjoen ammattikorkeakoulu – Alueellinen kehittäjä, toimija ja näkijä. 2003.
 16. Hannu Saari & Mika Oijennus. Toiminnanohjaus kehityskohteena pk-yrityksessä. 2004.
 17. Leena Niemi. Sosiaalisen tarkastelua. 2004.
 18. Marko Järvenpää (toim.) Muutoksen kärjessä. Kalevi Karjanlahti 60 vuotta. 2004.
 19. Suvi Torkki (toim.). Kohti käyttäjäkeskeistä muotoilua. Muotoilijakoulutuksen painotuksia SeAMK:ssa. 2005.
 20. Timo Toikko (toim.). Sosiaalialan kehittämistyön lähtökohta. 2005.
 21. Elina Varamäki & Tarja Heikkilä & Eija Taipalus. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta v. 2001–2003 valmistuneiden sijoittuminen opiskelun jälkeen. 2005.
 22. Tuija Pitkähöskö, Sari Pajuniemi & Hanne Vuorenmaa (ed.). Food Choices and Healthy Eating. Focusing on Vegetables, Fruits and Berries. International Conference September 2nd – 3rd 2005. Kauhajoki, Finland. Proceedings. 2005.
 23. Katariina Perttula. Kokemuksellinen hyvinvointi Seinäjoen kolmella asuinalueella. Raportti pilottihankkeen tuloksista. 2005.
-

-
24. Mervi Lehtola. Alueellinen hyvinvointitiedon malli – asiantuntijat puhujina. Hankkeen loppuraportti. 2005.
 25. Timo Suutari, Kari Salo & Sami Kurki. Seinäjoen teknologia- ja innovaatiokeskus Frami vuorovaikutusta ja innovatiivisuutta edistävänä ympäristönä. 2005.
 26. Päivö Laine. Pk-yritysten verkkosivustot – vuorovaikutteisuus ja kansainvälistyminen. 2006.
 27. Erno Tornikoski, Elina Varamäki, Marko Kohtamäki, Erkki Petäjä, Tarja Heikkilä, Kirsti Sorama. Asiantuntijapalveluyritysten yrittäjien näkemys kasvun mahdollisuuksista ja kasvun seurauksista Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla –Pro Advisor –hankkeen esiselvitystutkimus. 2006.
 28. Elina Varamäki (toim.) Omistajanvaihdosnäkömät ja yritysten jatkuvuuden edistäminen Etelä-Pohjanmaalla. 2007.
 29. Beck Thorsten, Bruun-Schmidt Henning, Kitinoja Helli, Sjöberg Lars, Svensson Owe and Vainoras Alfonsas. eHealth as a facilitator of transnational cooperation on health. A report from the Interreg III B project "eHealth for Regions". 2007.
 30. Anmari Viljamaa, Elina Varamäki (toim.) Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2007. 2007.
 31. Elina Varamäki - Tarja Heikkilä - Eija Taipalus - Marja Lautamaja. Ammattikorkeakoulusta työelämään. Seinäjoen ammattikorkeakoulusta v.2004–2005 valmistuneiden sijoittuminen opiskelujen jälkeen. 2007.
 32. Sulevi Riukulehto. Tietoa, tasoa, tekoja. Seinäjoen ammattikorkeakoulun ensimmäiset vuosikymmenet. 2007.
 33. Risto Lauhanen & Jussi Laurila Bioenergian hankintalogistiikka. Tapaustutkimuksia Etelä-Pohjanmaalta. 2007.
 34. Jouni Niskanen (toim.). Virtuaalioppimisen ja -opettamisen Benchmarking Seinäjoen ammattikorkeakoulun, Seinäjoen yliopistokeskuksen sekä Kokkolan yliopistokeskuksen ja Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakouluun Averkon välillä keväällä 2007. Loppuraportti. 2007.
-

-
35. Heli Simon & Taina Vuorela. Ammatillisuus ammattikorkeakoulujen kielten- ja viestinnänopetuksessa. Oulun seudun ammattikorkeakoulun ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun kielten- ja viestinnänopetuksen arviointi- ja kehittämishanke 2005–2006. 2008.
 36. Margit Närvä - Matti Ryhänen - Esa Veikkola - Tarmo Vuorenmaa. Esiselvitys maidontuotannon kehittämiskohteista. Loppuraportti. 2008.
 37. Anu Aalto, Ritva Kuoppamäki & Leena Niemi. Sosiaali- ja terveysalan yrittäjyyspedagogisia ratkaisuja. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Sosiaali- ja terveysalan yksikön kehittämishanke. 2008.
 38. Anmari Viljamaa, Marko Rossinen, Elina Varamäki, Juha Alarinta, Pertti Kinnunen & Juha Tall. Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2008. 2008.
 39. Risto Lauhanen. Metsä kasvaa myös Länsi-Suomessa. Taustaselvitys hakkuumahdollisuuksista, työmääristä ja resurssitarpeista. 2009.
 40. Päivi Niiranen & Sirpa Tuomela-Jaskari. Haasteena ikäihmisten päihdeongelma? Selvitys ikäihmisten päihdeongelman esiintyvyydestä pohjalaismaakunnissa. 2009.
 41. Jouni Niskanen. Virtuaaliopetuksen ajokorttikonsepti. Portfoliotyyppinen henkilöstökoulutuskokonaisuus. 2009.
 42. Minttu Kuronen-Ojala, Pirjo Knif, Anne Saarijärvi, Mervi Lehtola & Harri Jokiranta. Pohjalaismaakuntien hyvinvointibarometri 2009. Selvitys pohjalaismaakuntien hyvinvoinnin ja hyvinvointipalveluiden tilasta sekä niiden muutossuunnista. 2009.
 43. Vesa Harmaakorpi, Päivi Myllykangas ja Pentti Rauhala. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan arviointiraportti. 2010.
 44. Elina Varamäki (toim.) Pertti Kinnunen, Marko Kohtamäki, Mervi Lehtola, Sami Rintala, Marko Rossinen, Juha Tall ja Anmari Viljamaa. Etelä-Pohjanmaan yrittäjyyskatsaus 2010. 2010.
 45. Elina Varamäki, Marja Lautamaja & Juha Tall. Etelä-Pohjanmaan omistajanvaihdosbarometri 2010. 2010.
-

-
46. Tiina Sauvula-Seppälä, Essi Ulander ja Tapani Tasanen (toim.). Kehittyvä metsäenergia. Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. 2010.
 47. Autio Veli, Björkman Jouni, Grönberg Peter, Heinisuo Markku & Ylihärtilä Heikki. Rakennusten palokuormien inventaariotutkimus. 2011.
 48. Erkki K. Laitinen, Elina Varamäki, Juha Tall, Tarja Heikkilä & Kirsti Sorama. Omistajanvaihdokset Etelä-Pohjanmaalla 2006-2010 - ostajaryitysten ja ostokohteiden profiilit ja taloudellinen tilanne. 2011.
 49. Elina Varamäki, Tarja Heikkilä & Marja Lautamaja. Nuorten, aikuisten sekä ylemmän tutkinnon suorittaneiden sijoittuminen työelämään - seurantatutkimus Seinäjoen ammattikorkeakoulusta v. 2006-2008 valmistuneille. 2011.
 50. Vesa Harmaakorpi, Päivi Myllykangas and Pentti Rauhala. Evaluation Report for Research, Development and Innovation Activitiesus. 2011.
 51. Ari Haasio & Kari Salo (toim.). AMK 2.0 : Puheenvuoroja sosiaalisesta mediasta ammattikorkeakouluissa. 2011.
 52. Elina Varamäki, Tarja Heikkilä, Juha Tall & Erno Tornikoski. Eteläpohjalaiset yrittäjät liiketoimintojen ostajina, myyjinä ja kehittäjinä. 2011.
 53. Jussi Laurila & Risto Lauhanen. Pienen kokoluokan CHP -teknologiasta lisää voimaa Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelle. 2011.
 54. Tarja Keski-Mattinen, Jouni Niskanen & Ari Sivula. Ammattikorkeakouluopintojen ohjaus etätyömenetelmillä. 2011.
 55. Tuomas Hakonen & Jussi Laurila. Metsähakkeen kosteuden vaikutus polton ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen. 2011.
 56. Heikki Holma, Elina Varamäki, Marja Lautamaja, Hannu Tuuri & Terhi Anttila. Yhteistyösuhteet ja tulevaisuuden näkymät eteläpohjalaisissa puualan yrityksissä. 2011.
 57. Elina Varamäki, Kirsti Sorama, Kari Salo & Tarja Heikkilä. Sivutoimiyrittäjyyden rooli ammattikorkeakoulusta valmistuneiden keskuudessa. 2011.
-

-
58. Kimmo Nissinen (toim.) Maitotilan prosessien kehittäminen : Lypsy-, ruokinta- ja lannankäsittely- sekä kuivitusprosessien toteuttaminen ; Maitohygienian turvaaminen maitotiloilla ; Teknologisia ratkaisuja, rakennuttaminen ja tuotannon ylösajo. 2012.
 59. Matti Ryhänen & Erkki Laitila (toim.). Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla : Verkostomaisen yrittämisen lähtökohtia ja edellytyksiä. 2012.
 60. Jarkko Pakkanen, Kati Katajisto & Ulla El-Bash. Verkostoitunut älykkäiden koneiden kehitysympäristö : VÄLKKEY-projektin raportti. 2012.
 61. Elina Varamäki, Tarja Heikkilä, Juha Tall, Aapo Länsiluoto & Anmari Viljamaa. Ostajien näkemykset omistajanvaihdoksen toteuttamisesta ja onnistumisesta. 2012.
 62. Minna Laitila, Leena Elenius, Hilikka Majasaari, Marjut Nummela, Annu Peltoniemi (toim.). Päihdetyön oppimista ja osaamista ammattikorkeakoulussa. 2012.
 63. Ari Haasio (toim.). Verkko haltuun! - Nätet i besittning! : Näkökulmia verkostoituvaan kirjastoon. 2012.
 64. Anmari Viljamaa, Sanna Joensuu, Beata Taijala, Seija Rått, Tero Turunen, Kaija-Liisa Kivimäki & Päivi Borisov. Elävästä elämästä: Kumppaniyrityspedagogiikka oppimisympäristönä 2012.
 65. Kirsti Sorama. Klusteriennakointimalli osaamistarpeiden ennakointiin : Ammatillisen korkea-asteen koulutuksen opetussisältöjen kehittäminen. 2012.

C. OPPIMATERIAALEJA

1. Ville-Pekka Mäkeläinen. Basics of business to business marketing. 1999.
 2. Lea Knuutila. Mihin työohjausta tarvitaan? Oppimateriaalia sosiaalialan opiskelijoiden työnohjauskurssille. 2001.
-

-
3. Mirva Kuni & Petteri Männistö & Markus Välimaa. Leikkauspelot ja niiden hoitaminen. 2002.
 4. Kempas Ilpo & Bartens Angela. Johdatus portugalin kielen ääntämiseen: Portugali ja Brasilia. 2011.
 5. Ilpo Kempas. Ranskan kielen prepositio-opas : Tavallisimmat tapaukset, joissa adjektiivi tai verbi edellyttää tietyn preposition käyttöä tai esiintyy ilman prepositiota. 2011.

D. OPINNÄYTETÖITÄ

1. Hanna Halmesmäki – Merja Halmesmäki. Työvoiman osaamistarvekartoitus Etelä-Pohjanmaan metalli- ja puualan yrityksissä. 1999.
 2. Tiina Kankaanpää – Maija Luoma-aho – Heli Sinisalo. Kymmenen metrin kävelytestin suoritusohjeet CD-rom levyllä: aivoverenkiertohäiriöön sairastuneen kävelyn mittaaminen. 2000.
 3. Laura Elo. Arvojen rooli yritysmaailmassa. 2001.
 4. Nina Anttila. Päälle käyvää – vaatemallisto ikääntyvälle naiselle. 2002.
 5. Jaana Jeminen. Matkalla muotoiluyrittäjyyteen. 2002.
 6. Päivi Akkanen. Lypsääkö meillä tulevaisuudessa robotti? 2002.
 7. Johanna Kivioja. E-learningin alkutaival ja tulevaisuus Suomessa. 2002.
 8. Heli Kuntola – Hannele Raukola. Naisen kokemuksia minäkuvan muuttumisesta rinnanpoistoleikkauksen jälkeen. 2003.
 9. Jenni Pietarila. Meno-paluu –lauluillan tuottaminen. Produktion tuottajan käsikirja. 2003.
-

-
10. Johanna Hautamäki. Asiantuntijapalvelun tuotteistaminen case: 'Avaimet markkinoitiin, kehittyvän yrityksen asiakasohjelma -pilottiprojekti'. 2003.
 11. Sanna-Mari Petäjästä. Teollinen tuotemuotoiluprosessi – Sohvapöydän ja sen oheistuotteiden suunnittelu. 2004.
 12. Susanna Patrikainen. Nuorekkaita asukokonaisuuksia Mode LaRose Oy:lle. Vaatemallien suunnittelu teolliseen mallistoon. 2004.
 13. Tanja Rajala. Suonikohjuleikkaukseen tulevan potilaan ja hänen perheensä ohjaus päiväkirurgisessa yksikössä. 2004.
 14. Marjo Lapiolahti. Maksuvalmiuslaskelmien toteutuminen sukupolvenvaihdostiloilla. 2004.
 15. Marjo Taittonen. Tutkimusmatka syrjäytymisen maailmaan. 2004.
 16. Minna Hakala. Maidon koostumus ja laatutekijät. 2004.
 17. Anne Uusitalo. Tuomarniemen ympäristöohjelma. 2004.
 18. Maarit Hoffrén. Vaihtelua kasviksilla. Kasvisruokalistan kehittäminen opiskelijaravintola Risettiin. 2004.
 19. Sami Karppinen. Tuomarniemen hengessä. Arkeista antologiaksi. 2005.
 20. Elina Syrjänen – Anne-Mari Uschanoff. Messut – ideasta toimintaan. Messutoteutus osana yrityksen markkinointiviestintää. 2005.
 21. Ari Sivula. Metahakemiston ja LDAP-hakemiston asennus, konfigurointi ja ohjelmointi Seinäjoen koulutuskuntayhtymälle. 2006.
 22. Johanna Väliniemi. Suorat kaaret – kattaustekstiilien suunnittelu yhteistyössä tekstiiliteollisuuden kanssa. 2006.
-

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Seinäjoen korkeakoulukirjasto
Kalevankatu 35, PL 97, 60101 Seinäjoki
puh. 020 124 5040 fax 020 124 5041
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-5863-45-1 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5565 (verkkojulkaisu)