

# Palkseina tihtimismaterjalide omadused<sup>1</sup>

Janne Jokelainen

## Resümee

Käesoleva uurimuse eesmärk oli määrata palkseina erisuguste tihendusmaterjalide omadusi. Katsetati kõige levinumaid poorseid tihendusmaterjale: sammalt, lina, puitkiudu, klaasvilla ja poliüpropüleen. Laboris ja välitingimustes läbiviidud katsete käigus uuriti nende materjalide õhukindlust, niiskus- ja veeimavust ning hallituse teket.

Palkseina palke ühendavate varade kaudu toimub tugev soojusenergia väljavool. Tihendusmaterjalide abil üritatakse tagada varade maksimaalne õhukindlus. Nendest materjalidest kõige õhukindlam on puitkiud, kuid ka klaasvill tagab linast või poliüpropüleenist parema õhukindluse. Kuiv sammal ei ole kuigi õhukindel. Kõik materjalid on õhukindlamad siis, kui need on kokku pressitud või kui seinu on tihendatud võimalikult tõhusalt.

Tihendusmaterjali niiskuskäitumise puhul on kõige olulisem pöörata tähelepanu veeimavusele. Tugeva veeimavusega tihendusmaterjali kasutades palk märgub ning see soodustab mikroobide teket puidus. Puitkiud imab enam vett kui muud materjalid ja sealt levib niiskus ümbritsevale palkmaterjalile märgatavalt kiiremini. Ka hallitust tekib rohkem just puitkius. Käesolevas uurimuses täheldati, et lina, klaasvill ja poliüpropüleen ei ima vett horisontaalses asendis. Tihendusmaterjalide erinevatest omaduste tundmine lubab neid tõhusalt kasutada sobivat tüüpi hoonete ja konstruktsioonilahenduste puhul.

**Võtmesõnad:** palkehitis, tihendusmaterjal, õhukindlus, veeimavus, hallituse teke

## Sissejuhatus

Üks palkehitisite tähelepanuväärsemaid soojustehnilisi probleeme on nende halb õhutihedus. Õhu liikumine palkidevahelise vara ning teiste vuukide ja liitekohtade kaudu suurendab energiakulu märkimisväärselt. Tarindite tiheus on alati seotud nende niiskustehnilise toimimisega.

Tarindi õhutiheduseks nimetatakse selle võimet tõkestada õhu liikumist (konvektsiooni) läbi tarindi. Palkehitisite puhul võib õhk liikuda palgivarade, tappliidete pragude või hooneosade ühenduskohtade ja vuukide kaudu, kuid läbi palgi õhk ei liigu.

1 Käesolev eestikeelne ülevaade on algse uurimuse (Jokelainen 2012) lühendatud versioon.

Õhu liikumiseks peab tarindi eri pooltel olema rõhuerinevus. Sise- ja välisõhu rõhuvahe sõltub paljudest teguritest, millest tähelepanuväärsemad on hoone kõrgus, ventilatsioonitüüp, sise- ja välistemperatuuri erinevus ning tuul. Tuule suuna ja tugevuse juhusliku iseloomu tõttu võib õhk püüda konstruktsiooni läbida väljastpoolt sissepoole või seestpoolt väljapoole. Õhu liikumisega väljastpoolt sissepoole ei kaasne tavaliselt niiskustehnilist riski, kuid see võib halvendada siseõhu kvaliteeti. Ühtlasi jahutab see sisepindu, millega kaasnev tuuletõmbe tunne sunnib elanikke tõstma sisetemperatuuri, nii et kokkuvõttes kütteenergia kulu kasvab. Õhu liikumisega seestpoolt väljapoole kaasneb oht, et siseõhu niiskus kondenseerub tarindisse, ühtlasi võib tekkida soojuskadu. Õhu liikumine läbi konstruktsioonide muudab ventilatsiooni kavandamise oluliselt raskemaks. Tänapäeval kehtivate arusaamade kohaselt on õhu liikumine läbi konstruktsiooni alati kahjulik.

Nõuete järgi on ehitiste õhupidavus kindlaks määratud õhulekkeväärtusega  $q_{50}$  ( $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ), mis näitab keskmist õhuvooluhulka tunnis hoone välispiirde ruutmeetri kohta, kui rõhuvahe on 50 Pa. Uusehitiste puhul on suurimaks lubatud õhulekkeväärtuseks  $q_{50}$  määratud 4 (Rakennusmääräyskokoelma D3, 2012). Vooderdamata palkehitiste õhupidavust on mõõdetud mitmete uuringutega, mis näitavad, et õhulekkeväärtused on suuremad kui karkassüsteemide puhul ja erinevused ehitiste vahel on väga ulatuslikud (Vinha 2009: 21–23). Traditsioonilisel meetodil tihendatud palkhoonete keskmiseks õhulekkearvuks  $q_{50}$  on saadud 7,5 ja poorkummi või paisuvate vuugitihenditega tihendatud palkmajadel 4,4 (Korpi 2007: 256–258).

Varade tihendamise kohta on aegade jooksul avaldatud mitmeid käsitlusi. Vanemas kirjanduses on soovitatud kasutada lahtist vara ja rõhutatud järeltihtimise tähtsust. Alates 1960. aastatest on eelistatud suletud servadega kinnist vara, kus tihtimismaterjal paigaldatakse varasse tihendamata, ja on oletatud, et õhutiheduse annavad vara suletud servad. Viimasel ajal on varades hakatud kasutama spetsiaalseid poorkummist tihendeid või paisuvaid vuugitihendeid.

Vooderdamata palkseinte tihtimismaterjalidele võib aeg-ajalt kaldvihma ja tuule tõttu mõjuda veekoormus. See on poorsete isolatsioonimaterjalide jaoks erandolukord. Niiskustehniliselt peavadki tihtimismaterjalid toimima nii, et lühiajaline veekoormus ei suurendaks nende niiskusesisaldust sellisel määral, mis võimaldaks mikroobide kasvu materjalis endas või sellega kokku puutuvas puidus.

Käesolevas uurimuses keskendutakse uute ja vanade käsitöönduslike palkehitiste ja tööstuslikult toodetud traditsioonilist varamismeetodit kasutavate palkehitiste tihendamisele tihtimise teel. Profiilvarade ja spetsiaalsete varatihendite abil tööstuslikult valmistatud palkehitisi uurimus ei hõlma.

Uurimus keskendub eri tihtimismaterjalide omadustele erisugustes tingimustes. Uuritavateks tihtimismaterjalideks valiti sammal, lina, klaasvill, polüpropüleen ja puitkiud. Need on kõige levinumad eri aegadel kasutust leidnud tihtimismaterjalid, mis on endiselt laialdaselt kättesaadavad. Nii on uurimuses hõlmatud peaaegu kõiki tuntud tihtimismaterjalid, sest ka omal ajal kasutatud taku ja paklate puhul on tegemist linaga. Villapõhine vilt ja kalts osutusid viletsaks tihtimismaterjaliks ja kivivilla kiupikkus tihtimisribade jaoks ebapiisavaks.

### **Tihtimine**

Tihtimiseks nimetatakse ehitise välispiirdes olevate pragude täitmist materjaliga, mille eesmärgiks on vähendada pragude kaudu toimuvat õhuvoolu. Selliseid pragusid on akna- ja ukseavade ning läbiviikude juures, samuti hooneosade liitekohtades. Palkehitiste peamiseks tihtimiskohaks on palkidevaheline vuuk ehk vara.

Tihtimine on oluline hoone soojus- ja niiskustehnilise toimimise seisukohalt. Kontrollimatute õhuvoogudega liigub läbi pragude ja vuukide suures koguses soojusenergiat ning see võib tekitada niiskuskahjustusi, kui väljuvas õhuvoos sisalduv niiskus tarindis kondenseerub. Niiskusprobleeme võib põhjustada ka sisenev õhuvoog, kui selle mõjul tekivad nii külmad pinnad, et ruumi õhuniiskus neil kondenseerub.

Tihtimisel on pikad ja juurdunud traditsioonid, sest peaaegu kõik Soome ajaloolised hooned on olnud palkehitised. Elumajade puhul ulatus tihtimist vajava vara üldpikkus sageli üle kilomeetri. Tihtimisele pöörati suurt tähelepanu ja teati, et hoone soojuse ja elamismugavuse tagamisel on sellel keskne koht. Kõik 20. sajandi esimese poole ehituskäsiraamatud rõhutavad tihtimise tähtsust ja soovivad järeltihtimist mitmes järgus. (Jokelainen 2005: 112–115)

Tihtimiseks ei ole selgeid juhendeid ega kindlaks kujunenud meetodit. Tihtimisel püütakse õhutihedus saavutada materjali kokkusurumisega nii tihedaks, et see toimib õhutõkkena. Niisuguste tihendatud tihtimismaterjalide soojusjuhtivus suureneb koos nende tiheduse kasvuga ja seega ei ole nende soojusisolatsioonivõime enam sama hea kui koheval kujul. Praktikas ei ole sel siiski suurt tähtsust, sest tihtivate osade pindala moodustab vaid mõne promilli ja isegi äärmisel juhul vaid protsendi hoone välispiirdest.

### **Tihtimismaterjalid**

Selles peatükis käsitletakse vaatlusaluste tihtimismaterjalide (sambla, lina, puitkiu, mineraalvilla ja polüpropüleeni) tootmise meetodeid, ajalugu ning kasutamist ehitamisel ja tihtimisel.

## 1. Sammal

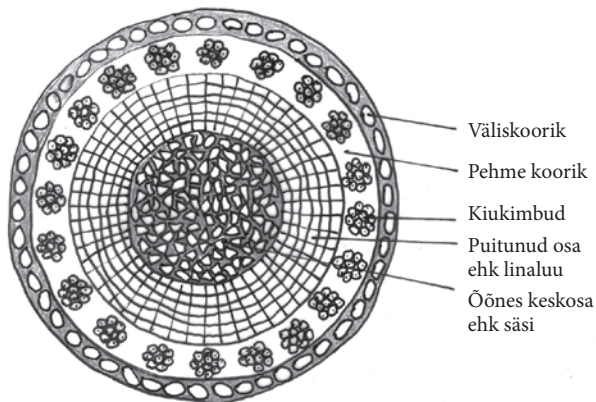
Samblaid peetakse vanimateks tänapäeval leiduvateks maismaataimedeks. Võib arvata, et ehitiste tihendamisel ja soojustamisel on neid kasutatud sama kaua, kui meie maa on olnud inimese poolt asustatud. Alates rauaaja lõpust ehitatud tänapäevase välisilmega hoonete puhul kasutati sammalt täidislagede soojustamisel, varade tihtimisel ja teiste liitekohtade tihendamisel. Sammal oli Soome aladel enim kasutatud tihtimis- ja soojustusmaterjal kuni 1930. aastateni (Valonen 1984: 153–155). Veel sõjajärgsel ülesehitusperioodil oli sammal tavaline väikemajade vahelagede soojustusmaterjal ja seda prooviti kasutada ka karkass-seinte soojustusmaterjalina. Tänapäeval kasutatakse sammalt tihtimis- või soojustusmaterjalina väga vähe.

Ehitamisel enim kasutatud samblad olid turbasamblad, harilik palusammal ja harilik karusammal. Ehitussammaldekks valiti laialdaselt esinevad ja suhteliselt suured samblad, mis kasvavad sageli suurte ühtsete kogumitena.

Sammalde ehitustehnilisi omadusi ei ole uuritud ja puuduvad head juhendid nende paigaldamiseks. Sambla halvaks omaduseks peetakse haprust, mis tekitab probleeme peamiselt järeltihtimisel. Probleemide allikaks on peetud ka võimalikke samblas olevaid mikroobe ja putukaid, mis satuvad koos samblaga tarindisse.

## 2. Lina

Lina kasvatatakse tema varre kiudude ja õli sisaldavate seemnete tõttu. Lina on üheaastane ja umbes 70–170 cm kõrgune tsellulooskiuline taim, millel on tavaliselt helesinised või valged õied (Rissanen, Viljanen 1998: 9). Kiukimbud paiknevad linataime varres väliskoore ja puitunud südamiku vahel. Puitunud osa ehk linaluu on ligniiniga seotud peaaegu puhas tselluloos ja koos kiukimpudega moodustab see lina jäiga varre.



**Joonis 1.**  
Linavarre ehitus.  
Janne Jokelainen  
joonis.

Lina kasutamine hoonete tihtimiseks seondub 1860. aastatel alanud tööstusliku linatootmisega. Lina töötlemise kõrvalproduktidena tekkisid takud, mida kasutati hoonete tihtimisel laialdaselt kuni 1900. aastate keskpaigani. (Härkäsalmi 2008: 66, 129)

Tänapäevaste linaste isolatsioonimaterjalide toorainena kasutatakse lina-tööstuses tekkivat lühikest jääkkiudu. Kiudude sideainena kasutatakse toodetes sünteetilist taaskasutuskiudu ja lisandina tuletõkkeainet. Linaste isolatsioonimaterjalidega saab soojustada seinu ja lagesid ning tihtida varasid, ukse ja aknaid. Tooted on saadaval ehitus- ja heliisolatsiooniks mõeldud kraasitud rullmaterjalina, tihtimisribadena ja parketi alusmatina. Isolatsioonitooted on väikse soojusjuhtivusega (0,038 W/mK). (Isolina 2011)

### 3. Klaasvill

Tihtimiseks mõeldud mineraalvillaribad on valmistatud klaasvillast, sest selle kiud on kivivilla omast oluliselt pikem. Pikem kiud võimaldab valmistada õhemaid tooteid ja parandab painduvusomadusi.

Klaasvilla tehakse jäätmetena kokkukogutud klaasist (80%), kvartsliaavast, soodast ja lubjakivist. Klaasvillakiudude keskmine pikkus on 5–10 mm ja keskmine jämedus 4–12 µm. Klaasvilladele lisatakse sideaineid, mis seovad tolmu ja parandavad villa hüdrofoobsust. (Siikanen 1994: 231)

Klaasvilla hakati valmistama 1930. aastate algul Rootsis. Soomes alustati isolatsioonimattide valmistamist 1935. aastal ja klaasvilla valmistamist 1941. aastal. (Kaila 1997: 500) Tänapäeval valmistatakse Soomes aastas umbes 50 000 tonni soojustamiseks ja heliisolatsiooniks mõeldud klaasvillatooteid (Isover 2011).

Poorne klaasvill laseb õhku läbi. Niiskusesisalduse muutumisel klaasvill ei kahane ega paisu, sest kiud ei ima vett. Suhtelise õhuniiskuse muutumised klaasvilla isolatsioonivõimet ei mõjuta. (Siikanen 1994: 234)

### 4. Polüpropüleen

Sünteetiline polüpropüleenkiud kuulub polüolefiinide hulka, mis on lineaar- või võrkstruktuuriga polümeerid. Polüpropüleenkiu toorainet propeeni saadakse naftatööstuse kõrvalproduktina. (Koleva 2010: 70–78)

Polüpropüleenkiu valmistamist alustati alles 1970. aastate lõpul. Praegu kuulub polüpropüleen enimkasutatavate laiatarbeplastide hulka ja selle tootmine on majanduslikult soodne ja kiire. (Koleva 2010: 70–78) Tihtimiseks sobiva polüpropüleenriba tootjaid on Soomes praegu mitmeid.

Ehitusvaldkonnas kasutatakse polüpropüleenriba peamiselt uute ja vanade palkehitiste liidete tihendamisel. Saada on eri laiuse ja tihedusega

ribasid. Tänapäeval kasutavad paljud palkmaju tööstuslikult valmistavad ettevõtted vara tihendamiseks polüpropüleenist vuugitihendeid.

Polüpropüleenist vuugitihend on väikse soojusjuhtivuse (0,033 W/mk) ja piisava õhupidavusega. Polüpropüleen imab vähe vett ja kuivab kiiresti. Puhas polüpropüleen on mittetolmav ja füsioloogiliselt ohutu. (Hyttinen 2006: 5–12)

## 5. Puitkiud

Puitkiudisolatsioonimaterjale kasutatakse nii uute kui ka remonditavate hoonete soojustamiseks. Puitkiudisolatsioonimaterjalid on valmistatud hapnikpleegitatud männitselluloosist ja kuusetselluloosist saadud viskooskiust. Tootes moodustavad kiud ebakorrapärase sõrestikstruktuuri. Kiudude sideaine on vesilahustuv CMC-liim. (Junes 1999: 7)

Soomes hakati puitkiudisolatsiooni arendama ja valmistama 1995. aastal. Puitkiudisolatsioon on väikse soojusjuhtivuse (0,037 W/mK) ja õhuläbilaskvusega. Lisaaainena kasutatav booriühend aeglustab mädanik- ja hallitussente kasvu isolatsioonimaterjalis ning sellega otseselt kokku puutuvates tarindites. Isolatsioon on ka tulekindel. (Ritschkoff, Viitanen 2000: 1–3) Tihtimisel kasutatav isolatsiooniriba on saadaval eri paksuses ja laiuses.

## Õhutihedus

Varade õhutiheduskatse abil uuriti, millised õhuvood läbivad eri tihtimismaterjale ja kuidas mõjutab õhuvooge materjalide tiheduse suurendamine. Varade õhuleket mõõdeti Seinäjoki rakenduskõrgkooli konserveerimislabori survekambris.

## Katse kirjeldus

Survekambri korpusesse tehti 1000 × 500 mm ava, kuhu paigaldati palkseina imiteeriv katsekeha. Katsekeha koosnes raamist, seitsmest tappliite abil raami kinnitatud plangust (45 × 120 mm) ja plankude vahele paigaldatud 15 mm paksustest tihtimisribadest. Katse käigus mõõdeti eri paksusega tihtimismaterjale läbiva õhu hulka erisuguse rõhuvahe korral.

15 mm paksused tihtimisribad suruti kokku 5 mm ja 2 mm paksuseks. Seejärel mõõdeti õhuläbilaskvust umbes 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa ja 300 Pa rõhuvahe korral. Mõõdetud rõhuerinevused, õhuvood ja lekkeandmed sisestati PSN-tabelisse, mis arvutas õhuvood teatud rõhuerinevuste kohta, mis võivad olla ka väljaspool vaadeldavat vahemikku. Selle tabelarvutuse abil määrati materjali õhulekkearvud  $q_{50}$ ,  $q_{150}$  ja  $q_{300}$  ( $m^3/hm^2$ ).

Tihtimismaterjalide võrdlusbaasina kasutati kolme katseseina. Esimeses katseseinas kasutati tihendina 3–5 mm paksuseid P-profiiliga kummitihendeid, mis olid paigaldatud vara servadesse ja surutud kokku 2 mm paksuseks.

Teises katseseinas tihtimismaterjali ega tihendeid ei kasutatud, vaid plangud suruti kokku umbes 7 KN/m jõuga. Kolmandas seinas kinnitati plankude servadele kinnise vara serva imiteerivad puitliistud ja plangud suruti kokku umbes 7 KN/m jõuga.

### Tulemused

Mõõtetulemused on esitatud seinaruutmeetri õhulekkena, mille ühik on  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ . Tulemused näitavad tihtimismaterjali läbivat õhuvoogu.

5 mm prao korral oli õhuleke kõige väiksem puitkius ja peaaegu sama tulemus saavutati klaasvillaga. Polüpropüleen ja lina õhuleke oli ühes suurusjärgus ning see jäi puitkiu ja klaasvillaga võrreldes märgatavalt suuremaks. Sambla õhuleke oli teistest materjalidest märgatavalt suurem. Tabelis 1 on esitatud 5 mm prao õhulekkeväärtused.

5 mm pragu	$q_{300}$	$q_{150}$	$q_{50}$
Lina	33,8	16,2	5,1
Puitkiud	3,4	1,7	0,6
Klaasvill	5,1	2,2	0,7
Polüpropüleen	34,3	15,6	4,4
Sammal	85,4	42,3	14,8

**Tabel 1.** Õhulekkeväärtused ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) 5 mm prao korral.

Ka 2 mm prao korral oli puitkiu õhuleke kõige väiksem ja klaasvilla lekkearvud olid ainult veidi suuremad. Polüpropüleen õhuleke vähenes märkimisväärselt, kui pragu kahandati 5 mm-lt 2 mm-le, jäädes oluliselt väiksemaks kui linal. Sambla õhuleke oli suur ka 2 mm prao korral. Tabelis 2 on esitatud õhulekkearvud 2 mm prao korral.

2 mm pragu	$q_{300}$	$q_{150}$	$q_{50}$
Lina	10,9	5,5	1,8
Puitkiud	1,3	0,9	0,4
Klaasvill	2,4	1,2	0,4
Polüpropüleen	5,3	2,3	0,7
Sammal	16,3	9	3,3

**Tabel 2.** Õhulekkearvud ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) 2 mm prao korral.

Võrdlusnäidistel saadi akna- ja uksevaltsides kasutatava P-profiliga kummitihendi abil märgatavalt parem tihedus kui tihtimismaterjalide abil.

Hööveldatud plankude tihedal kokkusurumisel saavutati üllatavalt väike õhuleke. Kinnise vara teravat serva imiteeriva puitliistuga head õhutihedust saavutada ei õnnestunud. Võrdlusnäidiste õhulekkeväärtused on esitatud tabelis 3.

Võrdlusnäidised	$q_{300}$	$q_{150}$	$q_{50}$
Kummiriba	0,5	0,3	0,1
Kokkupressitud höövelpuitpinnad	7,4	4,6	2
Vara teravad servad	30,9	18,5	8

Tabel 3. Võrdlusnäidiste õhulekkearvud ( $m^3/hm^2$ ).

### Tähelepanekud

Erinevate tihtimismaterjalide lekkeväärtuste võrdlemisel märkame, et parima õhutiheduse annab kõigil juhtudel puitkiud ja peaaegu samad näitajad saavutab klaasvill. Nende õhutihedus on märkimisväärselt parem kui linal või polüpropüleenil. Sammal head õhutihedust ei võimalda.

Tihtimismaterjalide tihedus avaldab õhulekkele suurt mõju. Kõigi materjalide õhutihedus paraneb märkimisväärselt, kui need tihedamalt kokku surutakse. Tihendamata kujul on kõigi tihtimismaterjalide õhutihedus väga madal. Kui palksein tehakse kinnise varaga ning vara ei ole tihedalt täidetud, jääb seina õhutihedus kehvaks, sest ainult vara servad piisavat õhutihedust ei taga.

### Niiskusimavus

Niiskusimavuskatsel mõõdeti tihtimismaterjalide võimet ümbritsevast õhust niiskust imada ja niiskust ümbritsevasse õhku ära anda. Katsetel mõõdeti katsekehadesse imendunud vee massi.

### Katse kirjeldus

Tihtimismaterjalidest valmistati proovitükid, mille kaal oli enam-vähem võrdne – ligikaudu 55 g. Enne katset lasti näidistel kohaneda normaalse ruumi niiskusega ja näidised kaaluti. Kaalutud näidised asetati Seinäjoki rakenduskõrgkooli puidulabori kliimakambrisse, mille sisetemperatuur oli  $+20^{\circ}C$  ja suhteline õhuniiskus 90%. Näidiseid kaaluti 1 tunni, 3 tunni, 5 tunni, 20 tunni ja 22 tunni järel.

Pärast niisutamist alustati näidiste kuivatamist, mille tarbeks vähendati suhtelist õhuniiskust katsekambris 30%ni ja säilitati õhutemperatuur  $+20^{\circ}C$ . Kuivamisetapil kaaluti näidiseid 2 tunni, 4 tunni ja 24 tunni järel.



## Tulemused

Polüpropüleenil ja klaasvilla kaal niisutamisel märgatavalt ei suurenenud. Puitkiu ja lina kaalu suurenemine oli märkimisväärne esimese kolme tunni jooksul. Sambla kaalu suurenemine jätkus katseseeria lõpuni. Niiskuse imendumisest tingitud kaalu suurenemist kajastab tabel 4.

Niisutus	Algus	1h	3h	5h	20h	22h
Lina	55,1	3,4	4,3	4,3	5,2	5
Puitkiud	54,9	3,8	4,5	4,4	4,6	4,6
Klaasvill	55,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Polüpropüleen	54,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Sammal	55,3	2,4	4,4	5,5	9,8	10

Tabel 4. Õhuniiskusest imatud vee mass grammides.

Kuivamisetapil polüpropüleenil ja klaasvillal märgatavat kaalulangust ei toimunud. Lina ja puitkiud olid kahetunnise kuivamise järel saavutanud esialgse kaalu. Sambla esialgne kaal saavutati umbes 24-tunnise kuivamise järel. Imendunud veest tingitud kaalumuutust kuivamisetapil kajastab tabel 5.

Kuivatamine	0h	2h	4h	24h	Lõpp
Lina	5	0,1	0	0	55,1
Puitkiud	4,6	0	0	0	54,9
Klaasvill	0,1	0	0	0	55,2
Polüpropüleen	0	0	0	0	54,7
Sammal	10	5,2	2,4	0,8	55,3

Tabel 5. Õhuniiskusest imatud vee mass grammides kuivamisetapil.

## Tähelepanekud

Tehiskiulised polüpropüleen ja klaasvill ümbritsevast õhust niiskust ei ima. Seetõttu võib oletada, et nende omadused püsivad muutumatuna ka erisuguse õhuniiskuse korral. See lihtsustab nende toimivuse prognoosimist ja annab teatud kindluse erisugustes kasutustingimustes.

Puitkiud ja lina imavad õhuniiskust. Niiskus imendub kiiresti ja suhteliselt suures koguses. Kiudude niiskusesisalduse muutumine muudab materjali omadusi ning seetõttu sõltuvad puitkiu ja lina omadused ümbritseva keskkonna õhuniiskusest. Kõnealuste materjalide võimalikult efektiivseks ja ohutuks kasutamiseks tuleks teada nende omaduste muutumist.

Sammal imab niiskust teistest materjalidest rohkem, kuid märgatavalt aeglasemalt. Ühtlasi kuivas sammal oluliselt aeglasemalt. See on seletatav teistest materjalidest erineva koostise ja struktuuriga. Sammalt kasutades tuleb arvesse võtta selle aeglast imavust ja kuivamist ning imenduva niiskuse suurt hulka.

### Veeimavus

Veeimavuskatsel mõõdeti tihtimismaterjalide veeimavust ja kuivamiskiirust. Katse tegemisel lähtuti varasematest tihtimis- ja isolatsioonimaterjalide veeimavuskatsetest (vt lähemalt Riipola 1996; SFS-EN 1609, 1997). Katsetel mõõdeti veeimavust ja kuivamist vee massi alusel. Tehti kolm katseseeriat, mille abil võrreldi eri materjalide veeimavust ja imamiskiirust ning materjalide tiheduse ja asetuse mõju veeimavusele.

### Veeimavuskatse kirjeldus

Katsekehade raamid tehti 6 mm paksusest plastplaadist. Plaatide suurus oli 120 × 260 mm. Tihtimismaterjalidest lõigati 200 mm pikkused ribad, mis asetati raamplaatide vahele nii, et tihtimismaterjali serv jäi 5 mm kaugusele raami alumisest servast.

Esimeses katseseerias seati poltide ja mutrite abil raamplaatidevahelise prao laiuseks 15 mm. Enne raami sulgemist paigaldati selsse üks riba 15 või 20 mm paksust tihtimismaterjali. 4 mm paksuse puitkiu puhul vastas ühele kihile neli pealistikku paigaldatud kihti. Samblana kasutati harilikku palusammalt, mis pakiti marlikotti, ja ühele kihile vastas umbes 15 g sammalt. Katse algul kaaluti eraldi raami ja tihtimismaterjali ning valmis katsekeha. Katse käigus kaaluti katsekeha. Kaalumine viidi läbi 2 minuti, 5 minuti, 10 minuti, 1 tunni, 2 tunni, 3 tunni, 4 tunni, 5 tunni, 6 tunni, 1 ööpäeva, 2 ööpäeva ja 3 ööpäeva järel.

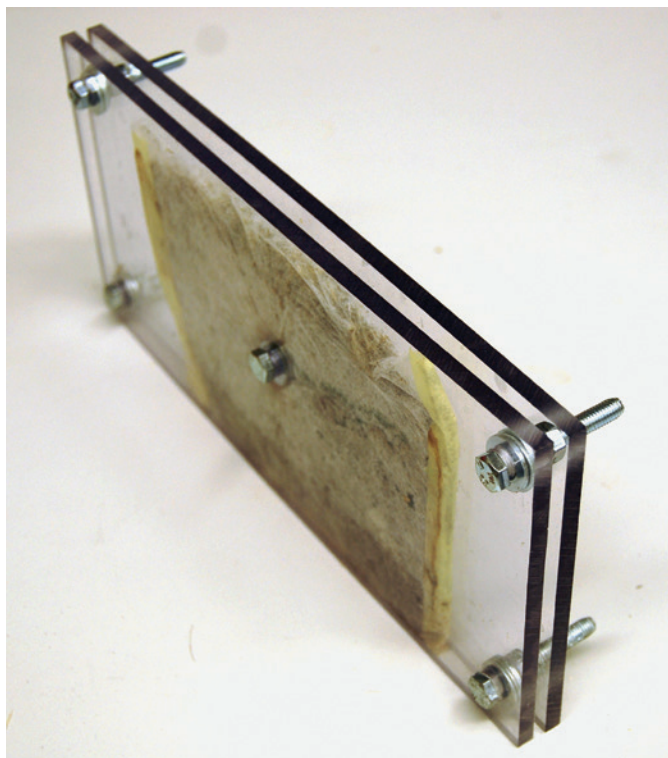
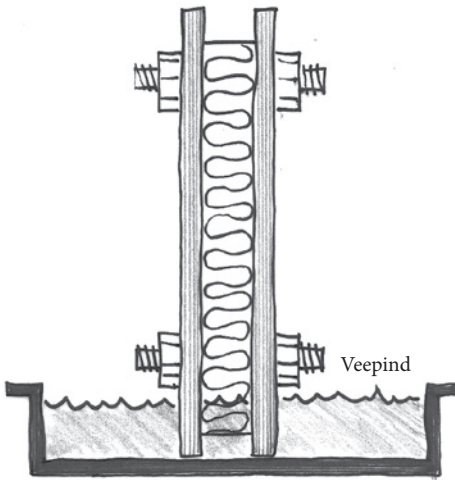


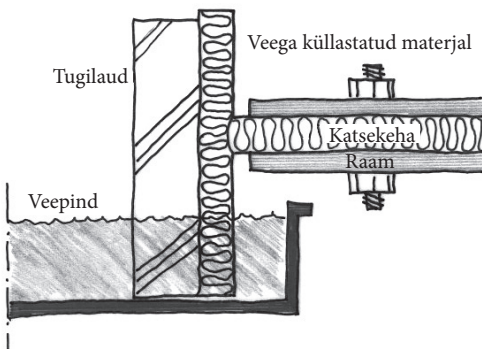
Foto 1. Vertikaalne katsekeha. Janne Jokelainen foto.

Teine katseseeria viidi läbi samal viisil, kuid plastist raamplaatide vaheks seati 4 mm. Mõlemad katseseeriad tehti uputuskatsena vertikaalsete katsekehade, nagu näidatud fotol 2. Katsekehad asetati basseini, kus vee sügavus oli 10–15 mm. Vee pideva lisamise ja eemaldamisega hoiti sügavus stabiilne. Katsekehades oleva materjali serv oli 5–10 mm ulatuses vees. Kaalumisel tõsteti katsekehad kordamööda veest üles ja raputati neist 15 sekundi jooksul eralduv vesi välja, seejärel katsekehad kaaluti ning asetati tagasi veega täidetud basseini.

Nagu teises katseseerias, kasutati ka kolmandas katseseerias 4 mm praoga raamplaatide. Katsekehad asetati külili horisontaalasendisse. Kastmine toimus



**Joonis 2.** Esimese ja teise katseseeria käigus kasutatud katsemeetod. Janne Jokelainen joonis.



**Joonis 3.** Kolmanda katseseeria käigus kasutatud horisontaalne katsemeetod. Janne Jokelainen joonis.

järgmiselt: katsekeha raamist 5 mm võrra välja ulatuv tihtimismaterjali serv suruti vastu vertikaalseinale kinnitatud ja veega küllastunud materjali, mida küllastati kapillaarselt (joonis 3).

### Kuivamiskatse kirjeldus

Esimese ja teise katseseeria käigus kolm ööpäeva veevannis hoitud katsekehad kaaluti ja asetati horisontaalasendis kuivama. Ruumi temperatuur oli 20–22°C ja suhteline õhuniiskus vahemikus 27–42%. Näidiseid kaaluti 1 ööpäeva, 2 ööpäeva, 3 ööpäeva, 6 ööpäeva, 9 ööpäeva, 15 ööpäeva ja 20 ööpäeva järel. Kui katsekehade esialgne kaal oli taastunud, võeti need lahti ja kaaluti osasid eraldi.

### Tulemused

Esimese katseseeria puhul täheldati, et puitkiud imas vett teistest tihtimismaterjalidest märgatavalt kiiremini ja rohkem. Kaks minutit kestnud

kastmise jooksul imas puitkiud 74% lõplikust veekogusest, teistesse tihtimis-  
materjalidesse imendus kahe minutiga 11–25% lõplikust veekogusest. Kolme  
ööpäevaga imendus puitkiudu 220 g vett, teiste materjalide puhul oli see näi-  
taja 28–49 g. Lina, klaasvilla ja polüpropüleen puhul oli vee imendumise  
kiirus ja kogus ühtlane ja sarnane. Ka sammal imas vett viimatinimetatud  
materjalidega sarnaselt, kuid imendunud vee koguse poolest oli eri näidiste  
vahel suuri erinevusi. Esimese katseseeria näidistesse imendunud vee hulk 2  
minuti, 1 tunni, 1 ööpäeva ja 3 ööpäeva järel on esitatud tabelis 6.

Katseseeria 1	Plastikraamis 15mm pragu			
	2 min	1 h	1 ö/p	3 ö/p
Lina 14g	3	8	20	28
Puitkiud 22g	162	198	211	220
Klaasvill 17g	7	14	29	49
Polüpropüleen 6g	7	10	20	28
Sammal 11g	5	12	25	32

**Tabel 6.** Katseseeria 1 poorsetesse näidistesse imendunud vee mass grammides.

Teise katseseeria näidised olid surutud 4 mm paksuseks. Nende veei-  
mavust esimese katseseeria näidistega võrreldes täheldati, et kokkusurutud  
kujul imasid kõik materjalid peale sambla vett märkimisväärselt aeglasemalt  
ja vähem. Tabelis 7 on esitatud teise katseseeria näidistesse imendunud vee  
mass grammides.

Katseseeria 2	Plastikraamis 15mm pragu			
	2 min	1 h	1 ö/p	3 ö/p
Lina 12g	3	6	12	14
Puitkiud 20g	91	108	109	109
Klaasvill 14g	5	5	11	15
Polüpropüleen 6g	5	7	8	9
Sammal 11g	4	14	30	42

**Tabel 7.** Teise katseseeria näidistesse imendunud vee mass grammides.

Kolmanda katseseeria katsekehad olid samasugused kui teises katseseerias,  
kuid need olid horisontaalasendis. Horisontaalsesse puitkiunäidisesse imen-  
dus vesi sama kiiresti ja samas koguses kui teises katseseerias kasutatud ver-  
tikaalsesse näidisesse. Ka sambla veeimavus oli samasugune nii horisontaalse  
kui vertikaalse katse puhul. Seevastu linasse, klaasvilla ja polüpropüleen ei

imendunud horisontaalasendis üldse vett. Horisontaalnäidise serva kaudu imendunud vee kogused on esitatud tabelis 8.

Katseseeria 5	Plastikraamis 4mm pragu horisontaalservas			
	2 min	1 h	1 ö/p	3 ö/p
Lina 10g	0	0	0	0
Puitkiud 20g	76	102	105	105
Klaasvill 13g	0	0	0	0
Polüpropüleen 6g	0	0	0	0
Sammal 11g	3	15	21	23

**Tabel 8.** Horisontaalnäidise serva kaudu imendunud vee mass grammides.

Esimeses ja teises katseseerias kuivasid lina, klaasvill ja polüpropüleen ühtlaselt ja ühesuguselt. Olenevalt imendunud vee kogusest taastus kuivamise käigus nende esialgne kaal 2–5 ööpäeva jooksul. Sambla esialgne kaal taastus mõne ööpäeva võrra aeglasemalt. Koguseliselt andis puitkiud teiste materjalidega võrreldes veidi kiiremini vett ära. Kuna sellesse oli imendunud oluliselt rohkem vett kui teistesse materjalidesse, taastus esialgne kaal umbes 20 ööpäevaga. Tihendatud ja tihendamata näidised kuivasid ühtmoodi, kuivamiskiirust mõjutas ainult imendunud vee kogus. Tabelis 9 on esitatud esimese katseseeria näidiste kuivamine.

Katseseeria 1	Plastikraamis 15mm prao kuivamine			
	Algus	1 ö/p	2 ö/p	6 ö/p
Lina 14g	28	20	12	0
Puitkiud 22g	220	208	190	121
Klaasvill 17g	49	38	22	0
Polüpropüleen 6g	32	23	11	0
Sammal 11g	32	25	18	0

**Tabel 9.** Esimese katseseeria näidiste vee mass grammides kuivamisel.

### Tähelepanekud

Kõik katses osalenud tihtimismaterjalid imasid vertikaalasendis suures koguses vett. Esialgse kaaluga võrreldes suurenes tihendamata puitkiu kaal kümnekordseks (vett imendus 220 g), polüpropüleenil peaaegu viiekordseks (28 g), samblal (42 g) ja klaasvillal ligi kolmekordseks (49 g) ja linal kahekordseks (28 g).

Puitkiu veeimavus on teistest materjalidest märgatavalt kiirem ja suurem ning kuivamisaeg märkimisväärselt pikem. Hetkelise veekoormuse mõjul mitmekordistab puitkiud oma kaalu ning imab endasse ja edastab ümbritsevasse keskkonda nii suure koguse vett, et see loob soodsad tingimused mikroobide kasvuks. Aeglane kuivamine halvendab olukorda veelgi.

Märgati, et tihtimismaterjalide tiheduse suurenemine vähendab nende veeimavust. Tihendatud näidiste veeimavus oli väiksem kui tihendamata näidistel, samuti ilmnes veeimavuse seos materjali tihedusega. Ilmselt on see tingitud nende poorsuse muutumisest ruumala kahanemisel, mis vähendab kapillaaride hulka ja vee seondumist piirpindadele. Kuivamisele näidismaterjali kokkusurumine olulist mõju ei avaldanud.

Vertikaalasendis imasid kõik katsematerjalid palju vett. Tegelikult ei saa tihtimisel tekkida olukorda, kus materjalid oleksid alumist serva pidi vees. Praktilisest seisukohast olulisemat teavet annavad horisontaalselt vette asetatud katsekehad. Horisontaalnäidiste veeimavus oli väga huvipakkuv. Lina, klaasvill ja polüpropüleen ei imanud selles asendis üldse vett. Puitkiud imab kõigis asendites vett võrdselt. Samblasse imendub horisontaalasendis vett vähem kui vertikaalasendis.

Vesi võib poorsesse ainesse imenduda keemiliselt, füüsikaliselt või kapillaarjõudude toimele ning looduslike kiudude puhul veel osmootse rõhu toimele või vaba veeauru sidumise teel. Sageli toimub see kombineeritult ja koosmõjus. Vee sidumine poorsesse ainesse on keerukas nähtus ja tihtimismaterjalide puhul täheldatud veeimavusilmingute selgitamine nõuab vee keemilisi ja füüsikalisi omadusi arvesse võtvat materjaliuuringut.

### **Mikroobide kasv**

Hoonete tervislikkust peetakse vaidlustamatuks nõudeks. Tänapäevase käsituse kohaselt eeldab see, et tarindis või selle sisepinnal ei tohi esineda mikroobikasvu (Aurola, Välikylä 2008: 146). Mikroobide kasvu tihtimismaterjalides uuriti kolme katseseeria abil. Esimese katseseeria käigus jälgiti kuivade tihtimismaterjalide toimimist väliskeskkonnas, teise katseseeria käigus märgade tihtimismaterjalide toimimist väliskeskkonnas ja kolmanda katseseeria käigus niisutatud tihtimismaterjalide toimimist.

Tihtimismaterjalide ja puidu pinnal kasvavaid mikroobe on rohkesti. Erinevate mikroobide esinemine ja kasvukiirus sõltuvad kasvupinna ja keskkonningimuste koosmõjust. Peamised mõjutegurid on niiskus, valgus, teised organismid ja materjalid. (Viitanen 1990: 22) Kuna mikroobikasvukatsed viidi läbi nii väliskeskkonnas kui tavalises ruumikeskkonnas, ei olnud võimalik kasvavate liikide osas mõju avaldada. Seetõttu ei pööratud tähelepanu eri mikroobiliikidele, vaid jälgiti ainult mikroobide esinemist ja

kasvukiirust. Katse kontrolltasandiks oli visuaalne ehk makrotasand, tähelepanekud kinnitati valgusmikroskoobi abil. Niisugune makrotasand vastab Soomes laialdaselt kasutatud Viitaneni kuueastmelise skaala tasanditele 3, 4, 5 ja 6 (Salminen 2009: 219–220).

### Katse kirjeldus

Kõigi kolme katseseeria läbiviimiseks valmistati iga katseseeria jaoks kaks katsekeha. Katsekehad koosnesid kahest 2 meetri pikkusest saetud männilauast ( $25 \times 100$ ), mille vahele asetati tihtimismaterjali näidised. Lina, klaasvilla ja polüpropüleenid kasutati näidistena üht kihti kaubanduslikku tihtimisriba. Puitkiu puhul kasutati nelja kihti kaubanduslikku tihtimisriba. Sammalt kasutati nii, et selle paksus vastaks teiste materjalide omale. Tihtimismaterjali näidised olid 300 mm pikkused ja need asetati laudade vahele nii, et näidiste vahele jäi 50–100 mm vaba ruumi. Eri katsekehades muudeti tihtimismaterjalide paigutusjärjekorda.

Esimese katseseeria katsekehad olid mitteköetavas väliehitises ning neile ei saanud osaks mingit veekoormust. Katset alustati 2010. aasta septembris ja katsekehades toimunud muutusi kontrolliti visuaalselt kuuajalise intervalliga 2011. aasta lõpuni.

Teise katseseeria katsekehad olid väliskeskkonnas kaitsmatult ning vihma korral mõjus neile otsene veekoormus. Katset alustati 2010. aasta septembris ja katsekehades toimunud muutusi kontrolliti visuaalselt kuuajalise intervalliga 2010. aasta lõpuni.

Kolmanda katseseeria katsekehad olid siseruumis. Need asetati hõredalt ja kaeti kilega. Kilekatte alla lisati vett, misjärel mõõdeti seadmega Rotronic AM3 suhteliseks õhuniiskuseks umbes 90%, temperatuur oli  $+20...+22^{\circ}\text{C}$ . Katset alustati 2011. aasta jaanuaris ja katsekehasid hoiti sellistes tingimustes kaks kuud. Neid uuriti ja fotografeeriti valgusmikroskoobi abil kahe nädalase intervalliga.



Foto 2. Esimese katseseeria katsekeha kontrollimiseks avatuna. Janne Jokelaineni foto.



Foto 3. Ulatuslik mikroobikasv kolmanda katseseeria katsekehal. *Janne Jokelainen* foto.

### Tulemused

Esimese katseseeria katsekehad olid 2010. aasta septembrist kuni 2011. aasta detsembrini veekoormuse eest kaitstuna mittekõetavas välilaos. Katsekehadel ei täheldatud mikroobikasvu kuni 2011. aasta novembrini. See algas ülemiste laudade pealispinnalt ja levis 2011. aasta detsembri jooksul laua serva kaudu tihtimismaterjali. Tihtimismaterjalil ei olnud seega kasvu algamisel tegelikult tähtsust ja eri materjalide vastuvõtlikkuses mikroobikasvule polnud võimalik täheldada mingeid erinevusi.

Teise katseseeria katsekehad asusid kaitsmatuna väliskeskkonnas 2010. aasta septembrist kuni 2010. aasta detsembrini. Esimesed mikroobikasvu ilmingud avastati pärast esimest nädalat pealmise laua küljelt. Pärast teist nädalat täheldati laudadel mikroobikasvu mitmes kohas ning seda oli märgata puitkius. Kolme nädala pärast oli mikroobikasv laudadel ja puitkius ulatuslik. Kuue nädala pärast oli mikroobikasvu märgata kõikjal laudadel ja kõigis tihtimismaterjalides.

Kolmanda katseseeria katsekehad asusid kõetud siseruumis, mille suhteline õhuniiskus oli väga kõrge. Kahe nädala pärast täheldati mikroobikasvu kõikjal laudadel ja kõigis tihtimismaterjalides. Kuue nädala pärast oli kasv väga ulatuslik kõikjal – nii laudadel kui ka tihtimismaterjalides.

### Tähelepanekud

Kuna mikroobe on palju ning nende esinemist ja kasvu mõjutavaid tegureid rohkesti, võib katsete abil saada ainult ligikaudseid tulemusi. Oluline tähelepanek oli see, et mikroobikasvu täheldati rohkem kui aasta aega mittekõetavas välilaos olnud katsekehadel. Kasv algas siiski katsekeha laudadel ega



ole seetõttu otseselt seotud tihtimismaterjaliga. Tähelepanek, et kuivatatud saematerjal novembris ja detsembris mittekõetavas välilaos hallitab, on aga murettekitav ja nõuab eraldi uurimist.

Teine märkimisväärne tähelepanek oli see, et piisavalt suure vee- või niiskukoormuse korral esineb kiiret ja ulatuslikku mikroobikasvu kõigis tihtimismaterjalides. Paljudel juhtudel täheldati mikroobikasvu kõigepealt tihtimismaterjaliga kokku puutunud puidul ja alles seejärel tihtimismaterjalis endas. Puit tundub olevat mikroobidele meelepärasem kasvupind kui uuri- tud tihtimismaterjalid (Lähdesmäki 2007: 238; Peuhkuri 2009: 247).

Tihtimismaterjalidest eristus kõige selgemalt puitkiud oma suurema vastuvõtlikkusega mikroobikasvule. Kõigis katsekehades täheldati esimesena mikroobikasvu puitkius. Lina, klaasvilla ja polüpropüleen vastuvõtlikkuses mikroobikasvule märkimisväärseid erinevusi ei täheldatud, kuigi märgati mõningaid erinevusi kasvu esinemise ulatuses. Lina puhul oli mikroobikasvu raske tuvastada ja sageli oli tunda vaid tugevat vänget lõhna, kuigi mikroobikasvu polnud näha. Klaasvilla puhul esines mikroobikasv marlikangas. Mikroobikasvu esines ka polüpropüleenis, kuid see oli lokaalne ja ilmnes alles pikaajalise veekoormuse mõjul. Üldiselt tundus polüpropüleen olevat mikroobikasvule kõige vähem vastuvõtlik. Sambla võrdlemine teiste materjalidega oli võimatu, sest selles sisaldub alati mikroobe, algorganisme ja putukaid.

Tulemuste põhjal võib tõdeda, et mikroobikasvu seisukohalt on tihtimismaterjalide kõige tähelepanuväärsem omadus nende veemavus, sest tihtimismaterjali ümbritsev puit on mikroobidele parem kasvupind. Tihtimismaterjalid, mis imavad vett vähe ja kuivavad kiiresti, ei kutsu esile ümbritseva puidu niiskumist ja seetõttu jääb mikroobikasv puidus väiksemaks. Näib, et ka kõrge suhtelise õhuniiskuse korral algab mikroobikasv kõigepealt puidul ja alles seejärel tihtimismaterjalides.

### **Kokkuvõte**

Viie uurimisaluse tihtimismaterjaliga viidi läbi neli katset, et selgitada välja nende peamised kasutusomadused ja võrrelda neid omavahel. Omaduste poolest erinesid teistest materjalidest äratuntavalt puitkiud ja sammal.

Uuringu tulemusi käsitledes tuleb tähele panna, et kõik katseobjektid peale sambla olid kaubanduslikud tooted. Eeskätt lina puhul, mida on tihtimiseks kasutatud umbes 150 aastat, ja klaasvilla puhul, mida on kasutatud 80 aastat, on materjalide tootmise meetodid, struktuur ja koostis aegade jooksul muutunud. Seetõttu võivad eri aegadel ja eri tootjate valmistatud tooted olla väga erinevate omadustega.

## Materjalid

Lina õhupidavus osutus viletsaks ja oli polüpropüleeniga samal tasemel. Õhuniiskust imas lina kiiresti ja suhteliselt suures koguses, kuid see ka kuivas kiiresti. Lina veeimavus ja kuivamine olid sarnased klaasvilla ja polüpropüleeni omaga. Lina erilist vastuvõtlikkust mikroobikasvule ei täheldatud: linas täheldati mikroobikasvu vähe, kuid märgunud näidised eraldasid tugevat vänget lõhna. Ilmselt põhjustas seda mingi mikroob, mida makrotasandil ei näe ning mida tuleks uurida mikrotasandil.

Mitmel katsel olid lina omadused üllatavalt lähedased polüpropüleeni omadustele. Ilmselt on selle põhjuseks tihtimislinas kasutatav sünteetiline kiud. Tundub, et see sünteetiline kiud avaldas olulist mõju uuritud tihtimislinas omadustele. Võib oletada, et ainult linast valmistatud tihtimismaterjali omadused oleksid teistsugused. Üldiselt peetakse lina palkehitud traditsiooniliseks ja looduslikuks tihtimismaterjaliks. Positiivse mulje säilitamiseks oleks soovitatav, et praegused tihtimislinas tootjad avalikustaksid oma toodete päritolu, koostise ja tootmisprotsessi.

Tihtimislinas viletsa õhutiheduse tõttu võiks seda kasutada niisuguste suvemajade ja mittekõetavate hoonete ehitamisel, mille õhutihedusele nõudeid ei esitata. Välimuse ja hea kokkusuutavuse tõttu võib seda vooderdamata palkseintes kasutada ka tihedamate tihtimismaterjalide pealiskihina.

Puitkiu abil saavutati väga hea õhupidavus, mis ongi tihtimise eesmärk. Puitkiu miinuseks on siiski kiire ja suur veeimavus ning aeglane kuivamine. Võrreldes teiste materjalidega imab puitkiud peaaegu kümme korda rohkem vett ja imab seda ka horisontaalasendis. Puitkiudu imendunud vesi loob soodsad tingimused mikroobide kasvuks ja nii puitkius kui ka sellega kokku puutuvates puitosades oligi mikroobikasv märgatavalt kiirem ja ulatuslikum kui teiste materjalide puhul.

Uuritud tihtimismaterjalidest on puitkiud parima õhutihedusega ja seda saab suruda ka kitsastesse pragudesse. Nende omaduste tõttu sobib seda kasutada uute välisvoodriga hoonete ehitamisel ja vanade hoonete seespoolsele järeltihtimisel. Puitkiu kasutamine vooderdamata palkseintes on veeimavuse tõttu seotud niiskusriskiga ja ehitusetapil ei saa seda vihmase ilmaga paigaldada.

Klaasvilla omadused osutusid võrdluses ühtlaselt heaks. Klaasvilla õhutihedus oli hea, see ei imanud niiskust ning veeimavus oli sarnane lina ja polüpropüleeni omaga. Klaasvilla ei osutunud kuigi vastuvõtlikuks ka mikroobide kasvule.

Klaasvilla tootmiskogused on teistest uuritud materjalidest märkimisväärselt suuremad. Uuringute ja tootearenduse andmetel on klaasvilla omadused toimivad. Miskipärast on aga klaasvillal halb maine ning seda peetakse

kergemini vettivaks ja hallitavaks kui teisi materjale. Selle uuringu käigus niisuguseid omadusi ei täheldatud. Tehniliste omaduste poolest on klaasvill uute palkehite tihthematerjalina kindel valik. Klaasvilla ei saa kitsas-tesse pragudesse kokku suruda ning seetõttu ei sobi klaasvill vanade ehitiste lisatihthemiseks.

Polüpropüleeni niiskustehniline toimimine ja kokkusurutavus on hea ning vastuvõtlikkus mikroobide kasvule väike, kuid õhupidavus on kehva-poolne. Samamoodi nagu lina puhul annavad need omadused eelise polü-propüleeni kasutamiseks suvemajade ja mittekõetavate hoonete ehitamisel.

Sammal erineb teistest tihthematerjalidest mitmeti. See on looduslik materjal, selle struktuur ja koostis on väga erinev ning paigaldamine sõltub mitmest kontrollimatust tegurist. Samblaga tihthemine on alati väga eripärane. Seetõttu on raske võrrelda sambla omadusi teiste tihthematerjalide oma-dega. Sammal imas niiskust teistest materjalidest märgatavalt rohkem ja aeg-lasemalt. Ka vett imas sammal aeglaselt ja palju ning kuivas aeglaselt. Sambla niiskustehnilisi omadusi iseloomustab aeglus, mille poolest erineb see oluli-selt teistest materjalidest. Sambla niiskustehniline toimimine nõuab lisauu-ringuid. Sambla puhul tuleks uurida ka seda, kuidas toimivad selles olemas-olevad mikroobid, kui sammalt kasutatakse ehitistes.

Sambla õhupidavus on kuivana halb. Ülerõhu korral läbi seina liikuv as õhus sisalduva veeauru kondenseerumine on niiskusrisk ja seletab vähemalt osaliselt vanades hoonetes esinevat palgivarade hallitust. Traditsioonilisus, looduslikkus ja kohalikkus teevad samblast siiski huvipakkuva materjali ning näiteks väikestes teisejärgulistes hoonetes võiks seda edasi kasutada. Soojade või poolsoojade uusehitiste jaoks pole sambla omadused piisavalt head.

### **Konstruktioonilised lahendused**

Parim õhutihedus saavutatakse siis, kui tihthematerjalid on varas võima-likult tihedalt kokku surutud. Seega sõltub õhutihedus vara profiilist, mille aluseks on vara laius ja kõrgus, ning kasutatud tihthematerjali kogusest.

Vara peaks olema võimalikult lai ja madal, kuid üksteise peale asetatud palgid ei tohi omavahel kokku puutuda. Seetõttu tuleb tihthematerjali laius ja paksus valida vara järgi ning tähelepanu tuleb pöörata sellele, et kõik tihthematerjalid on kokkusurutavad vähem kui kümnendikuni nende esi-algsest poorsest mahust. Tihthematerjali paksust saab suurendada, kasuta-des pealistikku mitut tihthemisriba.

Massiivsetes palkides toimub pärast nende seina asetamist kasutuskoha niiskuse mõjul alati kujumuutusi. Need muutused avavad varades pragu-sid, mida tuleb tihendada järeltihthemisega. Järeltihthemine eeldab avatud ser-vadega lahtise vara kasutamist. On ilmne, et massiivsete palkseinte puhul

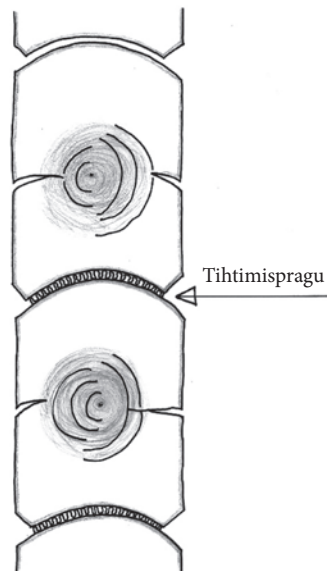
saavutatakse parim õhutihedus lahtiste varade hoolika järeltihtimisega. Järeltihtimise miinuseks on siiski suur töömaht, mis võib suurendada palktarindi hinda isegi veerandi võrra. Järeltihtimise teine probleem seisneb selles, et ajaliselt langeb järeltihtimine mitmele aastale pärast hoone valmimist ning selle eest vastutuse võtmine on palkkonstruktsiooni tarnijatele sageli väga raske.

Suletud servadega kinnisele varale tuleb pöörata erilist tähelepanu. Et tihtimismaterjal saaks tihedalt kokku surutud, peab vara olema võimalikult madal ja järgima alumise palgiselja kuju. Tihtimismaterjali tuleb kasutada nii pak-sult, et palkide paikaasetamisel jääb see veidi kandma. Hoolikalt tehtud kinnise vara korral saab tihtimismaterjali tihedalt kokku suruda ja nii saavutatakse hea õhutihedus. Õhutiheduse säilimine eeldab siiski ühtlaselt toimuvat vajumist ja palkide kuju säilimist kuivamisjärgus.

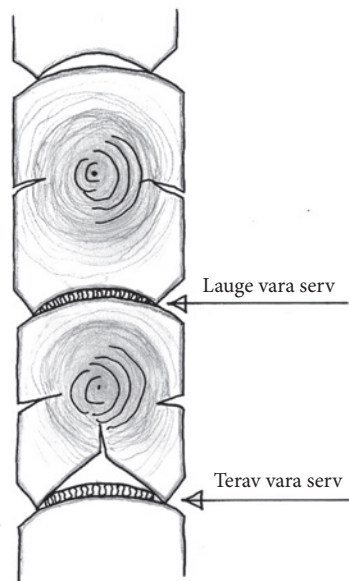
### Omadused

Traditsioonilisel meetodil tehtud palkseina piisav ja nõuetekohane õhutihedus saavutatakse tihedalt kokkusurutud tihtimismaterjaliga või järeltihendamisel. Puitkiu ja klaasvillaga saavutatakse parem õhutihedus kui lina, polüpropüleeni või samblaga. Kohevalt paigaldatud tihtimismaterjali õhutihedus on väga halb. Ka kinnise vara servad annavad väikese õhutiheduse. Samuti tuleb arvesse võtta, et õhk liigub isegi läbi hoolikalt tihitud palkseina ning seetõttu ei võimalda traditsioonilisel meetodil tehtud palkseinad saavutada samasugust õhutihedust kui täiesti õhutihedatest materjalidest valmistatud sein.

Tihtimismaterjalide niiskuseimavus on seotud üldkasutatava, kuid ebaselgelt määratletud mõistega hingavus. Niiskust imavad materjalid suudavad niiskust imades ja eraldades



Joonis 4. Lahtine vara võimaldab järeltihtimist. Janne Jokelainen'i joonis.



Joonis 5. Kinnine vara on õhutihe ainult siis, kui see on madal. Janne Jokelainen'i joonis.

ühtlustada siseõhu niiskustaseme muutuseid. Seda omadust saab ära kasutada siseõhu ööpäevase niiskustaseme ühtlustamisel. Niisugune hingavus nõuab siiski suuri pindasid ning tihtimismaterjalidel ei ole siinkohal tähtsust. Tihtimismaterjalid ei „hinga”.

Kõik tihtimismaterjalid imavad teatud tingimustes rohkesti vett, kuid käesoleva uuringu käigus ei imendunud vesi linasse, klaasvilla ja polüpropüleenini nende tegelikes kasutustingimustes. Tähelepaneku seletamine vajab edasist süvenemist, kuid sellest tähelepanekust lähtudes ei tohiks kaldvihma korral vesi nende tihtimismaterjalide kaudu vooderdamata palkseina lahtisesse varasse sattuda. Niiskuskooormust vähendab ka nende tihtimismaterjalide kiire kuivamine.

Kuigi materjalide veemavuses oli selgeid erinevusi, imasid need teatud oludes vett siiski kiiresti ja suures koguses. Seetõttu nõuab tihtimismaterjalide turvaline paigaldamine kindlasti kuivust kogu ehitustsükli vältel (transpordi, ladustamise ja ehitamise jooksul).

Mikroobide kasv tihtimismaterjalides leiti olevat juhuslik ja paljuski seletamatu ning ainsaks seda mõjutavaks omaduseks osutus materjalide veemavus. Suure ja pikaajalise niiskuskooormuse korral esineb kõigis tihtimismaterjalides ulatuslikku mikroobikasvu, kuid õigesti tehtud tarindites ja tavapärares kasutustingimustes seda ei esine. Oluline on ka teadvustada, et puit on mikroobidele soodsam kasvupind kui tihtimismaterjalid ning seetõttu tuleks hoolitseda eeskätt selle eest, et tihtimismaterjalid ei kannaks niiskust ümbritsevasse puitosadesse.

Tihtimismaterjalidega seonduvad eelarvamused, mis mõjutavad materjalivalikut ja ostuotsuste tegemist. Niisugustel eelarvamustel võivad olla majanduslikud, tehnilised, eetilised või esteetilised alused. Põhjustest hoolimata on tähtis, et tihtimismaterjali kasutus lähtuks tegelikest teadmistest iga materjali omaduste, koostise ja valmistusmeetodi kohta. Tihtimismaterjalide reklaamimine sõnadega „hingavus”, „looduslikkus” või „hallituskindlus” ei pruugi vastata toodete tegelikele omadustele.



Janne Jokelainen linavildiga palkseina tihtimas.  
*Janne Jokelainenini isiklik arhiiv.*

**Janne Jokelainen** (sündinud 1965) on hariduselt arhitekt (lõpetanud 1994) ja tehnikadoktor (2005). Ta on spetsialiseerunud traditsioonilisele palkehitudusele ja tegutsenud selles valdkonnas arendaja, uurija ja õpetajana. Tema erihuvi on traditsiooniline puitehitus ja puitehitiste restaureerimine. Alates 2009. aastast on Janne Jokelainen regulaarselt osalenud Viljandi Kultuuriakadeemia korraldatud palkehitudusharidust puudutavatel rahvusvahelistel arendusseminaridel, koostanud VKA tellimisel õppematerjale ning külalisõppejõuna õpetanud kultuuriakadeemia rahvusliku ehituse ja pärandtehnoloogia üliõpilasi. Janna Jokelainen on Studia Vernacula toimetuskolleegiumi liige. Aastatel 2012–2014 oli Jokelainen Baltoskandia palkehitudushariduse olukorda kaardistava rahvusvahelise projekti PROLOG

peakoordinaator. Praegu töötab ta Seinäjoki Rakenduskõrgkoolis vanemõpetajana. Studia Vernaculas on temalt varem ilmunud ülevaateartikkel „Soome palkehituduse ajalugu” (2013) ja uurimusartikkel „Vanade puitakende energiatõhususe parandamine” (2014).

### Allikad

**Aurola**, Risto, **Välilikylä**, Tapio (toim.) 2008. *Asumisterveysopas*. Pori: Ympäristö- ja terveys-lehti.

**Härkäsalmi**, Tiina 2008. Runkokuituja lyhytkuitumenetelmin: kohti pellavan ja hampun ympäristömyönteistä tuotteistamista. – *Taideteollisen korkeakoulun julkaisusarja A 90*. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

**Hyttinen**, Hannu 2006. *PP-Rakennusnauhan lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden määrittäminen eri tiheyksissä*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Isolina 2011. <http://www.isolina.com> (09.04.2011)

Isover 2011. <http://www.isover.fi> (14.01.2011)

**Jokelainen**, Janne 2005. *Hirsirakenteiden merkitys asema-arkkitehtuurille 1860–1950*. Oulu: Oulun yliopisto.

**Jokelainen**, Janne 2012. *Hirsiseinän tilkermateriaalien ominaisuudet. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A*. Tutkimuksia 12. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

**Junes**, Markku 1999. *Vital-lämmöneristelevyn kosteustekniset ominaisuudet*. Oulu: Oulun yliopisto.

**Kaila**, Panu 1997. *Talotohtori: Rakentajan pikkujättiläinen*. Porvoo: WSOY.

**Koleva**, Milena 2010. *Polypropeeni (PP)*. [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PP\\_FL.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FL.pdf) (20.11.2012)

**Korpi**, Minna 2007. Pientalojen ja kerrostaloasuntojen ilmanpitiävyys. – *Rakennusfysiikka 2007. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut*.

*Seminaarijulkaisu 1.* Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos, 253–260.

**Lähdesmäki**, Kimmo 2007. Homeen kasvu seinärakenteissa laboratorio- ja kenttäkokeissa. – *Rakennusfysiikka 2007. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut.* Seminaarijulkaisu 1. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos, 229–238.

**Peuhkuri**, Ruuth 2009. Rakennusmateriaalien homeenketävyys ja sen mallintaminen pysyvissä kosteusrasitusoloissa. – *Rakennusfysiikka 2009. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut.* Seminaarijulkaisu 2. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, 239–248.

Rakennusmääräyskokoelma D3, 2012.  
[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf) (19.05.2015)

**Riipola**, Kirsti 1996. *Hirsi-rive-pintakäsittely: Kolmen komponentin kosteustekniikka.* Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

**Rissanen**, Ritva, **Viljanen**, Martti 1998. *Kasvikuitupohjaiset materiaalit lämmöneristeinä 77.* Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikan laboratorio.

**Ritschkoff**, Anne-Christine, **Viitanen**, Hannu 2000. *Vital- eriste- ja puumateriaaliyhdistelmien homeen kestävyys vakioituissa laboratorio-olosuhteissa.*

**Salminen**, Kati 2009. Rakennusmateriaalien homehtuminen laboratorio- ja kenttäkokeissa. – *Rakennusfysiikka 2009. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut.* Seminaarijulkaisu 2. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, 219–228.

SFS-EN 1609, 1997. Lämmöneristetutuotteet rakentamiskäyttöön. Vedenimeytymisen määrittäminen lyhytaikaisessa, osittaisessa upotuksessa.

**Siikanen**, Unto 1994. *Rakennusaineoppi.* Helsinki: Rakennuskirja.

**Valonen**, Niilo 1984. Asuminen talonpoikaistalossa keskiaikana. – *Historiallisen ajan arkeologia Suomessa. den historiska tidens arkeologi i Finland. Rapportteja 6.* Turku: Turun maakuntamuseo, 153–160.

**Viitanen**, Hannu 1990. *Puurakenteiden homehtumiseen vaikuttavat kriittiset kosteus- ja lämpötilaolosuhteet.* Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

**Vinha**, Juha 2009. *Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous.* Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

## Properties of Log Wall Stuffings<sup>1</sup>

### Abstract

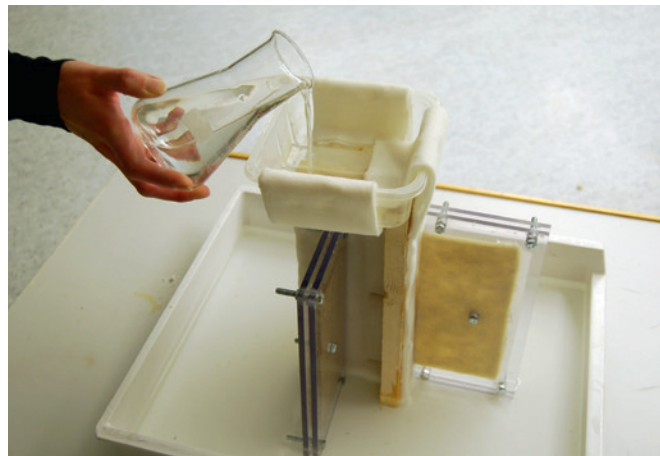
*The aim of the present research work is to determine the properties of various materials used to stuff a log wall. The most common porous insulation materials, such as moss, linen, wood fibre, glass wool and polypropylene, were tested. During the tests performed in the laboratory and external conditions, the airtightness, moisture resistance, water absorption properties and mould resistance of these materials was investigated.*

*A lot of heat energy escapes through the long grooves connecting the logs of a log wall. Stuffing materials are used to ensure the maximum airtightness of the grooves. Of these materials wood fibre is the most airtight but glass wool ensures better airtightness than linen or polypropylene. Dry moss is not very airtight. All materials are more airtight after they have been compressed or when walls are tightened as efficiently as possible.*

*As regards the behaviour of stuffing materials in humid conditions, the most important factor to pay attention to is their water absorbing properties. When using stuffing material with very good water absorption properties, logs get wet and this promotes development of microbes in the wood. Wood fibre absorbs water more than other materials and from there humidity spreads in the adjacent logs significantly more quickly. Mould is also formed more particularly in wood fibre. In the course of the present research it was noticed that linen, glass wool and propylene do not absorb water when horizontal.*

*The different properties of the stuffing materials should be borne in mind when seeking to use them in various types of buildings and as part of certain structural solutions.*

**Keywords:** log building, insulation materials, airtightness, water absorbency, growth of mould



Testing water absorption properties.  
Photo by Janne Jokelainen.

<sup>1</sup> The current overview is a abridged version of the original study (Jokelainen 2012).