

ERÄÄN VANHAN HIRSIMÖKIN ENERGIATALOUDEN PARANTAMINEN

Varis Kai

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

VUOSI 2017

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Kai Varis	Vuosi	2017
Ohjaaja	Kai Ryyänen		
Työn nimi	Erään vanhan hirsimökin energiatalouden parantaminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 10		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli pohtia 1910-luvulla rakennetun hirsimökin vaipan rakenteiden lämmöneristeiden uusimista sekä lisälämmöneristysvaihtoehtoja hirsiseinälle. Lisälämmöneristys on tullut ajankohtaiseksi mietittäessä hirsimökin toisen, alkuperäisessä kunnossa olevan, puoliskon saneerausta. Talo on rakennettu 180 mm paksuisesta hirrestä. Talon ulkopuoli on kauttaaltaan verhoiltu ns. lomalaudoituksella. Kyseessä on yksikerroksinen rakennus, jossa on lisäksi kylmä ullakko. Toisen puoliskon sisätilat on paneloitu sisäpuolelta 1990-luvulla. Paneloinnin yhteydessä lisäeristystä kunnostetun puolen ulkoseiniin ei kuitenkaan laitettu.

Opinnäytetyössä tutkittiin hirsimökin alkuperäiset rakenteet ja laskettiin niille U-arvot. Tämän jälkeen määriteltiin rakenteille uudet eristeet ja dokumentoitiin kuvat rakenteista sekä esitettiin uudet U-arvot. Alapohjan ja yläpohjan osalta rakenteet muuttuivat lähinnä eristepaksuuden osalta ja eristetyypin osalta. Hirsiseinien osalta tutkittiin kolmea eri lisäeristysmahdollisuutta, yhtä ulkopuolen lisäeristystä ja kahta sisäpuolen lisäeristystä.

Uusien rakenteiden kosteus- ja lämpökäyttäytymisen tarkastelu DOF-lämpöohjelmistolla osoitti rakenteiden toimivuuden ainakin teoriassa. Ulkopuolen lisäeristys hirsiseinille on suositusten mukaan turvallisempi ratkaisu kuin sisäpuolen lisäeristys. Myös DOF-lämpöohjelmalla tehty tarkastelu näyttää ulkopuolisen lisäeristyksen olevan kosteusteknisesti turvallisempi ratkaisu.

Avainsanat

hirsimökki, lisälämmöneristys, hengittävä eriste

Technology, Communication and
Transport
Degree Programme in civil engineering
Bachelor of Engineering

Author	Kai Varis	Year	2017
Supervisor	Kai Rynnänen		
Subject of thesis	Improving the Heat Economy of an Old Log Cabin		
Number of pages	40 + 10		

The purpose of this thesis was discuss renewing the insulation of the structures of the log cabin that has been built in the 1910's as well as to consider adding insulation in the timber wall. When the renovation of the other part of the cabin was considered, the additional insulation became topical. The house has been built of 180 mm thick timber. The outside of the house has been covered all over on with so-called vacation boarding. The cabin is a one-storey building with a cold loft.

The original structures of the log cabin were studied in this thesis. A U-values were also calculated for them. After that, the new insulations for the structures were defined and the new U-values were calculated. In the base floor and the roof, the structures changed mainly for the insulation thickness and for the insulation type. Three different additional insulation for the timber walls were studied, one additional insulation of the exterior and the two additional insulations of the interior.

The additional insulation of the outside to the timber walls is a safer solution than the additional insulation of the inside according to the recommendations. Moreover according to the DOF heating software, the additional insulation of the outside to the timber is the safer solution than additional insulation of the inside.

Key words

log cabin, additional insulation, breathable insulation

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 ERISTEMATERIAALEISTA	9
2.1 Orgaaniset ja epäorgaaniset eristeet.....	9
2.2 Hengittävät eristeet	11
3 LISÄERISTÄMINEN	14
4 KOHTEEN ESITTELY	19
5 RAKENNUKSEN NYKYISET VAIPAN RAKENTEET	21
5.1 Alapohja ja U-arvo	21
5.2 Yläpohja ja U-arvo	22
5.3 Ulkoseinät ja U-arvo	24
6 VANHOJEN RAKENTEIDEN LISÄERISTYKSET	26
6.1 Alapohja	26
6.2 Yläpohja	28
6.3 Ulkoseinät.....	29
6.3.1 Ulkopuolen lisäeristys.....	29
6.3.2 Sisäpuolen lisäeristys	31
7 POHDINTA.....	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	40

SANASTO

Hengittävä rakenne

Rakennustekniikan termi, jolla tarkoitetaan rakennetta, johon voi helposti ympäristöstä siirtyä diffuusiolla vesihöyryä ja jossa vesi voi sitoutua hygroskooppiseen aineeseen. Vastaavasti rakenteesta voi helposti vapautua vettä ja siirtyä takaisin ympäristöön. Hengittävään rakenteeseen ja sen läpi voi diffuusoitua vesihöyryn lisäksi myös muita kaasuja, esimerkiksi hiilidioksidia (Hirsitalon suunnitteluperusteet. Hirsitaloteollisuus HTT Ry 4/2012)

Ilmansulku

Rakennusosassa oleva ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

Lämmöneriste

Rakennusaine, jota käytetään pääasiallisesti tai muun käyttötarkoituksen ohella olennaisesti lämmöneristämiseen (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

Lämmöneristys

Yhdestä tai useammasta lämmöneristeestä rakennusosaan tehty eristekokonaisuus (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

Lämmönjohtavuus (λ)

Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

Lämmönläpäisykerroin (U – arvo)

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

Painovoimainen ilmanvaihto

toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavassa ylöspäin ja ulos rakennuksesta. Tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina (Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto D2)

Sisä- ja ulkopuolinen pintavastus (R_{si} ja R_{se})

Ilmoittaa rakennusosan pinnan ja sisä- tai ulkopuolisen ympäristön välisen rajakerroksen lämmönvastuksen (Suomen rakentamismääräyskokoelma, lämmöneristys C4)

1 JOHDANTO

Suomessa on suuri määrä hirsirakennuksia ja määrä kasvaa koko ajan. Vanhojen hirsirakennusten kunnostus- ja korjaamistarve on enenevässä määrin lisääntymässä. Energiakustannukset ovat nousseet ja energiamääräykset uusien rakennusten kohdalla tiukentuneet, joten kiinnitämme enemmän huomiota energian kulutukseemme. Vanhoja rakenteita tiivistetään ja eristetään, jotta vältyttäisiin turhulta energiahukalta. Vanhan talon lisäeristystä tehtäessä on kuitenkin otettava huomioon aina vanhat rakenneratkaisut. On myös ymmärrettävää, miten vanhat rakenteet toimivat, ettei aiheutettaisi turhia home- ja kosteusvaurioita. Lisäeristämisen yhteydessä paranee yleensä myös asumisviihtyvyys tiiviiden parantuessa kun vedon tunne poistuu. Toki vanhassa hirsirakennuksessa asumisviihtyvyys paranee myös pelkästään tiiviyttä parantamalla, ilman lisäeristystä. Tutkimusten mukaan vaipan kautta tapahtuva energiahäviö on suuruusluokaltaan noin 25–35 %, joten pelkästään vaippaa lisäeristämällä ei saavuteta suuria säästöjä. Todennäköisesti suuremmat säästöt saadaan aikaan jo tiiveyttä parantamalla ja sähkönkulutustottumuksia muuttamalla, kiinnittämällä huomiota esimerkiksi sisälämpötilaan. Ympärivuotisessa käytössä olevien vapaa-ajan asuntojen talviajan lämpötilan pudottaminen olisikin erittäin hyvä vaihtoehto energiankulutuksen vähentämiseksi.

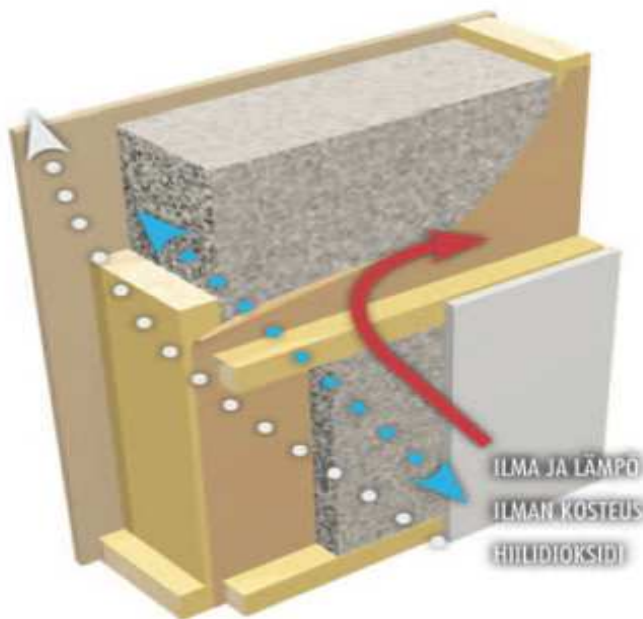
Opinnäytetyön aihe on tullut mieleeni kesämökin vanhoista hirsiseinistä. Mökin toinen puolisko alkaa kaivata ehostusta, sillä se on alkuperäisessä, 1910-luvulla rakennetussa kunnossa. Kyseessä on noin 30 m²:n kokoinen tila, talon toinen tupa, talon toisessa päässä. Kyseiseen tilaan saisi kaksi erillistä reilun kokoista huonetta tehtyä. Kun tuon tilan muutokseen rupeaa, on syytä miettiä asiaa myös lämpötalouden kannalta. Yläpohjan eristeet ovat ullakolla, johon ei ole tehty lattiaa. Yläpohjan eristeiden lisääminen tapahtuu siis eristämällä ullakkotila paremmin. Alapohjan ja yläpohjan lisäeristäminen on luonnollinen toimenpide tehtäessä tuota edellä kerrotun tilan perusparannusta. Seinien lisäeristäminen onkin sitten kokonaan toinen asia. Työnä seinien lisäeristäminen ei liene mahdoton tehtävä, kyse lienee sen järkevyydestä ja kannattavuudesta.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus pohtia juuri tuon vanhan hirsitalon alkupe-
räisten eristeiden uusimista tai mahdollista lisäeristämistä, myös seinien osalta.
Tarkoitus on perehtyä vanhojen hirsitalojen rakenteiden eristämiseen sekä hir-
siseinien lisäeristämiseen ja pohtia siihen liittyviä huomioitavia asioita. Hirsisei-
nien osalta on tullut ajatus sisäpuolisesta lisäeristämisestä johtuen ulkopuolen
suhteellisen hyväkuntoisesta lomalaudoituksesta. Jos ulkopuoletta ei olisi erillis-
tä verhousta, ulkopuolen lisäeristäminen saattaisi myös tulla kyseeseen. Ylei-
nen suositus tuntuu olevan, että hirsiseinien lisäeristys tehtäisiin juuri ulkopuo-
lelle, jolloin vanha hirsiseinä jäisi kuivalle puolelle ja toimisi edelleen lämmönva-
raajana. Käytettävät eristemateriaalit halutaan pitää vanhalle hirsitalolle parhai-
ten sopivina ns. hengittävinä eristeinä. Rakenteiden lisäeristäminen ei ole tä-
män opinnäytetyön itseisarvo vaan tarkoitus on perehtyä siihen osana rakentei-
den kunnostamista ja pohtia lisäeristämisen vaikutuksia vanhoihin rakenteisiin.
Kesämökin nykyinen käyttö ajoittuu tällä hetkellä välille huhtikuu– lokakuu. Sa-
tunnaisesti mökkiä käytetään myös talviaikaan. Talviajan kesämökki on pääosin
kylmillään ilman mitään lämmitystä.

2 ERISTEMATERIAALEISTA

2.1 Orgaaniset ja epäorgaaniset eristeet

Eristemateriaalit jaetaan yleisesti orgaanisiin ja epäorgaanisiin. Orgaaniset eristeet ovat luonnonmukaisia ja hengittäviä materiaaleja, jotka kytkeytyvät saumattomasti vanhaan hirsirakenteeseen. Eristeiden hengittävyys ansiosta eriste pystyy läpäisemään ilmassa liikkuvia kaasuja sekä sitomaan ja luovuttamaan ilmassa olevaa kosteutta. Epäorgaanisilla eristeillä tuota ominaisuutta ei ole. Käytettyjä orgaanisia eristeitä ovat mm. sahanpuru, kutterinlastu, puukuituvilla. Kuvio 1 kertoo hengittävän eristeen toimintaperiaatteen.



Kuvio 1. Hengittävän eristeen toimintaperiaate (Rt- kortti Ekovilla)

Epäorgaaniset eristeet taas ovat keinotekoisia, pitkälle jalostettuja synteettisiä eristeitä. Epäorgaanisia eristeitä ovat mm. mineraalivilla, polyuretaani (PU) ja polystyreeni (PS) eli tuttavallisemmin styrox. Epäorgaaniset eristeet ovat eristävyydeltään parempia kuin orgaaniset eristeet. Epäorgaanisista eristeistä löytyy myös kosteusteknisesti turvallisia vaihtoehtoja, jotka eivät kastu. Esimerkiksi

polyuretaani toimii juuri näin. Polyuretaani ei kuitenkaan pysty tasaamaan huoneilman kosteutta tai läpäisemään muita kaasuja kuten orgaaniset eristeet. (Lahtinen 2014, 143). Tässä opinnäytetyössä tutkitaan eristys- ja lisäeristysmahdollisuuksia nimenomaan orgaanisia eristeitä käyttäen, koska rakenteiden halutaan säilyttävän hengittävyytensä.

Eristemateriaalien keskeisin ominaisuus lienee lämmönjohtavuus (λ). Se on kullekin materiaalille ominaisuus, joka kertoo aineen kyvystä siirtää lämpöä. Mitä pienempi lämmönjohtavuusarvo eristeellä on, sitä paremmin se eristää. Lämmönjohtavuusarvot vaihtelevat lähteestä riippuen, arvoihin vaikuttavat myös lämpötila, kosteuspitoisuus ja eristeen tiheys. Kuviossa 2 on esitetty orgaanisten ja epäorgaanisten eristeiden lämmönjohtavuusarvoja.

Orgaaniset eristeet (W/mK)	Epäorgaaniset ja synteettiset eristeet (W/mK)
ilma (0,025)	argon-kaasu (0,017)
korkkilevy (0,035–0,040)	polyuretaani (0,024–0,027)
hamppueriste (0,038)	polystyreeni, EPS, styrox (0,033–0,037)
pellavaeriste (0,038)	
puukuituvilla, selluvilla (0,039–0,050)	mineraalivilla (kivivilla, lasivilla) (0,033–0,050)
huokoinen puukuitulevy (0,045–0,056)	
olki(paali) (0,047–0,070)	
ruoko (0,054–0,067)	
kutterinlastu + sahanpuru 1:1 (0,070*)	
kutterinlastu, sahanpuru (0,055–0,075, 0,080–0,140*)	
sammal ja turve (0,080)	
olkisilppu (0,080)	
puu (0,100–0,140)	kevytsora, leca (0,090–0,100)
pakkaslumi (0,120–0,230*)	kevytbetoni, siporex (0,095–0,130)
tiivistetty lumi (0,700*)	kevytsavi (savi-olkiseos) (0,100–0,470)
lastulevy (0,130)	
	kevytsoraharkko, leca (0,180–0,220)
	kipsilevy (0,200–0,220)
	poltettu tiili (0,450–0,600)
	kalkkilaasti (0,500)
	sementtilaasti (0,700)
	hiekkä, kuiva (0,760)
	lasi (1,000*)
	savi, kuiva (0,910–1,130)
	betoni (1,200–1,700*)
	luonnonkivi (2,000–3,500*)

* Luku on suunnitteluarvo (normaalinen lämmönjohtavuus λ_n), joka on mitattua lämmönjohtavuutta hieman suurempi. Muut arvot ovat ilmoitettuja mittaustuloksia + 10 °C lämpötilassa (λ_{10}).

ERISTYSKYKY PARANEE ↑

Kuvio 2. Eristeiden lämmönjohtavuusarvoja (Lahtinen 2014, 145)

Rakennussuunnittelussa lämmönjohtavuuden sijaan puhutaan useimmiten lämmönläpäisykerroimesta, U-arvosta. Lämmönläpäisykerroin ei ole materiaaliominaisuus vaan erilaisille rakenteille laskettu lukuarvo. Lukuarvo kuvastaa lämmönsiirtymisnopeutta, mutta luku on sidoksissa arvioitavan rakenteen paksuuteen. Eri rakenteet voivat koostua useista erilaisista materiaaleista, mutta lämmönläpäisykerroimen avulla niitä voidaan verrata keskenään vaikkakin ne olisivat eri paksuisia ja tehty eri materiaaleista. (Lahtinen 2014, 144).

2.2 Hengittävät eristeet

Hirsiseinä on itsessään hengittävä rakenne. Hengittävä rakenne tarkoittaa rakennetta, johon voi siirtyä ympäristöstä diffuusiolla vesihöyryä ja jossa vesihöyry voi sitoutua tai rakenne voi luovuttaa sitä takaisin ympäristöön. Hengittävään rakenteeseen voi diffuusoitua myös muita kaasuja kuin vesihöyryä, esimerkiksi hiilidioksidia. Hengittävällä rakenteella on hyvän ja terveellisen sisäilman kannalta merkittävä vaikutus sisäilman kosteusvaihtelujen tasapainottajana. Kosteuskuormituksen aikana vesihöyryä siirtyy huoneilmasta hengittävään rakenteeseen ja sitoutuu siihen hygroskooppisena kosteutena. Kosteuskuormituksen jälkeen rakenteeseen sitoutunut kosteus vapautuu tasaisesti takaisin huoneilmaan (Hirsitalon suunnitteluperusteet. Hirsitaloteollisuus HTT Ry 4/2012).

Puukuituvilla, selluvilla

Puukuituvilla on valmistettu luonnon puukuidusta, selluloosasta tai sanomalehtikierrätyspaperista. Puukuituvillaeristeisiin kuuluu useita eri tuotteita ja nimityksiä. Selluvilla mielletään sanomalehtikierrätyspaperista valmistetuksi eristeeksi ja on väriltään tyypillisesti harmaata. Puhtaasta luonnonkuitueristeestä valmistettu eriste on tyypillisesti valkoista. Kierrätetystä puukuidusta ja osin kierrätyspaperista valmistettua eristettä markkinoidaan Ekovilla-nimellä. Puukuituvillaeristeitä saa sekä ruiskupuhallettuna että levymäisinä, riippuen käyttökohteesta. Huonona puolena puukuituvillan kannalta voidaan pitää tuotteeseen lisättyjä kemikaaleja, joista kuluttaja ei välttämättä saa edes tietoa. Noita kemikaaleja

lisätään tarvittaessa parantamaan tuotteen lahonkestoa ja paloturvallisuutta. (Lahtinen 2014, 148.)

Sahanpuru, kutterinlastu

Sahanpurun ja kutterinlastun käyttö liittyy erityisesti jälleenrakennuskauden rakentamiseen. Puhtaana puutuotteena eriste sopii hyvin hengittävään rakentamiseen eristyskyvyn ollessa kilpailukykyinen muiden hengittävien materiaalien kanssa. Sahanpuru on hienojakoisempaa ollen sahojen sivutuote. Kutterinlastua syntyy sen sijaan höyläämöiden sivutuotteena ja on näin ollen kuivempaa kuin sahanpuru. Tästä syystä kutterinlastu on valmista sellaisenaan kun taas sahanpuru on aina kuivattava ennen käyttöä. Sahanpurun ja kutterinlastun lämmönjohtavuusarvot vaihtelevat paljon. Eristävyyteen vaikuttaa mm. se, onko eriste levitetty vapaasti vai sullottu. Parhaana ratkaisuna pidetään sahanpurun ja kutterinlastun yhdistelmää. (Lahtinen 2014, 151.)

Pellava

Pellavan käyttö osana varsinaista eristekerrosta on suhteellisen uutta. Hirsien tilkkeenä sitä on kuitenkin käytetty jo toistasataa vuotta. Nykyään teollisen valmistuksen myötä pellavaeristeet ovat nousseet varteenotettavaksi eristeeksi myös varsinaiseen eristekerrokseen. Eristystarkoitukseen käytettynä pellava on nykyään levymäisenä tuotteena. Rullatavarana toimitettavien levyjen paksuudet alkavat 30 mm:stä ylöspäin aina 150 mm:een saakka. Pellavaeriste on orgaanista eristeistä kalleimpia mutta eristävyydeltään parhaimpia. Paloturvallisuutta on parannettu lisäämällä eristeeseen palonestoainetta. (Lahtinen 2014, 147.)

Sammal, turve

Suomalaisen hirsirakentamisen kaikkein perinteisimmät eristemateriaalit ovat sammal ja turve. Luonnosta kerätyt sammaleet ja turpeet käytettiin kuivatuksen jälkeen sellaisenaan ilman mitään jalostusta. Sammallajeista eristeenä on käytetty useita eri lajeja mm. rahkasammalta, seinäsammalta ja karhunsammalta. Sammaleen ja turpeen lämmönjohtumisarvo on suunnilleen sama. Sammal on

tänä päivänäkin hyvä eristemateriaali poimittavaksi metsästä, kunhan huolehtii maanomistajalta luvan. (Lahtinen 2014, 144.)

Huokoinen puukuitulevy

Myös huokoinen puukuitulevy toimii kuten orgaaniset eristeet, hengittää. Levy myös toimii erinomaisesti osana hengittävää rakennetta. Huokoinen puukuitulevy valmistetaan puhtaasta puukuidusta ja prässätään levymäiseen muotoon. Vahvoja liimoja levyn pitämiseen kasassa ei tarvita. Valmistajasta ja levyn käyttötarkoituksesta riippuen levyyn on saatettu lisätä jotain sideainetta, kuten vaha tai hartsia. Huokoista puukuitulevyä valmistetaan useina eri paksuuksina. Tyypillisimmät levypaksuudet ovat 12 ja 22 millimetriä. Levyjä voidaan käyttää myös päällekkäin asennettuina. Huokoisen puukuitulevyn eristävyys on hieman heikompi kuin puukuituvillan. Tämä johtuu levyn valmistustavasta: Puristettaessa levy muotoonsa, se sisältää vähemmän ilmaa. (Lahtinen 2014, 151.)

3 LISÄERISTÄMINEN

Oppaita rakenteiden lisäeristämiseen on lukuisia. Erilaisiin lisäeristämisopuksiin tulisi suhtautua kuitenkin kriittisesti ja pohtia kirjan kirjoittajan motiiveja asian suhteen. Vanhojen hirsitalojen lisäeristäminen liittyy usein mökkien muuttamiseksi ympärivuotiseen käyttöön, koska ilman lisäeristystä ei kovinkaan usein saavuteta vaadittavia lämmöneristysvaatimuksia. Kun rakennuksen alkuperäinen käyttötarkoitus muuttuu, on käyttötarkoituksen muutokselle haettava rakennuslupa, jolloin arvioidaan kunkin rakenteen osalta vaadittava lämmöneristystaso. Taulukossa 1 on esitetty, mitä vuonna 2012 voimaan tulleet määräykset vaativat uusilta taloilta sekä vapaa-ajan rakennuksilta.

Taulukko 1. Rakentamisen minimivaatimukset U- arvon osalta, yksikkönä W/m^2K (Rakentamismääräyskokoelma D3 2012, Ympäristöministeriö)

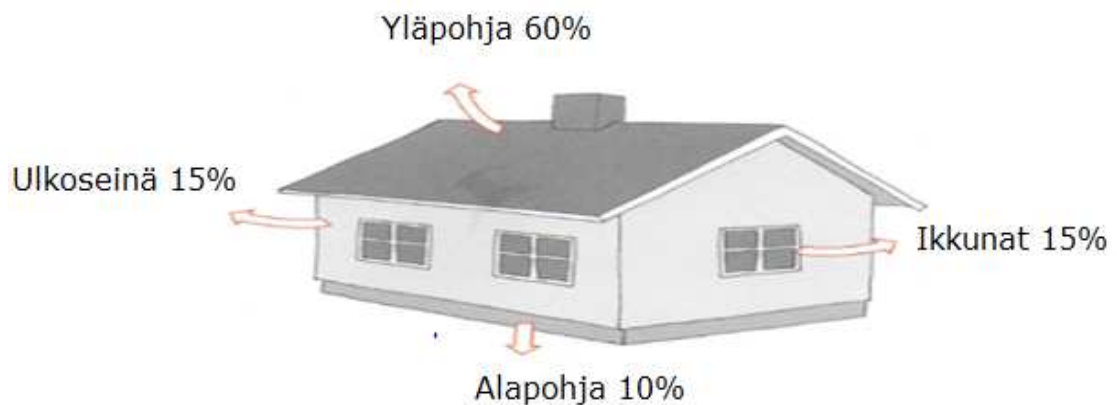
	Normaalitalo	Vapaa-ajan rakennus
Ulkoseinä	0,17	0,24
Hirsiseinä (min. 18cm)	0,40	
Hirsiseinä (min. 13cm)		0,80
Yläpohja	0,09	0,15
Alapohja * ulkoilmaan rajoittuva (talo tolzilla)	0,09	0,15
* ryömintätilallinen	0,17	0,19
* maanvarainen	0,16	0,24
Ovi, ikkuna	1,0	1,4

Vapaa-ajan rakennus, jossa ei ole kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää, ei kuulu määräyksen piiriin eikä myöskään rakennus, jonka pinta-ala on enintään $50 m^2$. Sellaista vapaa-ajan rakennusta, johon on suunniteltu ympärivuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä ja joka on tarkoitettu majoituselinkeinojen harjoittamiseen, edellä mainittu poikkeus ei koske. Taulukossa 2 on esitetty eristämättömien ja lisäeristettyjen seinärakenteiden U-arvoja.

Taulukko 2. Eristämättömien ja lisäeristettyjen höylähirsisten seinärakenteiden U- arvoja, W/m²K (Hirsitaloteollisuus Ry)

Hirsi mm	Eristys (mm)					
	0	50	75	100	125	150
HH 70	1,33	0,48	0,39	0,31	0,26	0,23
HH 95	1,04	0,43	0,36	0,29	0,25	0,22
HH 110	0,92	0,41	0,35	0,28	0,24	0,21
HH 120	0,85	0,40	0,34	0,27	0,23	0,20
HH 135	0,77	0,38	0,32	0,26	0,22	0,19
HH 180	0,60	0,34	0,27	0,23	0,20	0,18
HH 205	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
HH 270	0,41	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16

Hyväkuntoisten rakenteiden purkaminen pelkästään lisäeristämisen vuoksi ei kuullosta useinkaan kannattavalta vaihtoehdolta. Mikäli rakenteet ovat huonokuntoiset ja niitä täytyy joka tapauksessa kunnostaa, kannattaa lisäeristämistä harkita tapauskohtaisesti. Kuviosta 3 selviää vaipan lämpöhäviöiden suuruus rakennetta kohden. Samasta kuviosta nähdään että yläpohjan osalta lämpöhäviöt ovat suurimmat, koska lämpö nousee ylöspäin. Nopea johtopäätös myös on, että yläpohjan eristämällä on kaikkein suurin merkitys vaipan rakenteissa, kun haetaan energiansäästöä. Usein yläpohjan lisäeristys on vielä helpoiten toteutettavissa ilman massiivisia vanhojen rakenteiden purkamisia.



Kuvio 3. Vaipan lämpöhäviöt (Perinnemestarin kesämökki 2015, 107)

Jos ulkoseinän verhous vaatii kunnostusta esimerkiksi lahovaurioiden vuoksi, kannattaa lisäeristys tehdä silloin ulkopuolelle. Toki asialla on vaikutuksensa ikkunoiden syvyysijaintiin samoin kuin räystään leveyteen eli ulkonäöllisesti talon luonne muuttuu. Rakennusteknisesti suositellaan lisäeristystä tehtäväksi ulkopuolelle seuraavista syistä: Eriste saadaan yhtenäisesti seinien ympärille, jolloin ei tule kylmäsiltoja väliseinien kohdalle. Toinen seikka on alkuperäisen hirren jääminen kuivalle puolelle lämpöä varaavaksi seinäksi. Kuviossa 4 on erään eristevalmistajan ehdotus ulkopuolisesta lisäeristämisestä.



Uusi rakenne:

- * Ulkoverhous
- * Koolaus k600 (tuuletusrimoitus)
- * Tuulensuoja ja lämmöneriste
ISOVER RKL- 31 Facade
- * Lämmöneriste ISOVER KH 20-30 mm

Vanha Rakenne:

- * Kantava hirsirunko

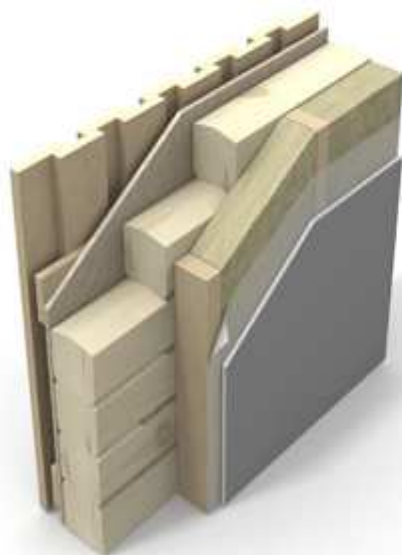
Uusi rakenne:

- * Höyrynsulku ISOVER VARIO
- * Sisäverhouslevy

Kuvio 4. Ulkopuolinen lisäeristys (Isover)

Ulkopuolen lisäeristys suositellaan tehtäväksi ns. avohuokoisilla eristeillä eli mineraalivillalla tai puukuituvillalla. Huomionarvoista on muistaa jättää tuuletusrako lämmöneristeen ja julkisivuverhouksen väliin rakenteiden kuivumisen takaamiseksi. Lämmöneristeen ulkopinnassa, ulkovuorauksen takana suositellaan käytettäväksi tuulensuojalevyä (Perinnemestarin kesämökki 2015, 118). Kotimaisten hirsitaloalvalmistajien yhteinen järjestö, Hirsitaloteollisuus Ry, laatimassaan Hirsitalon suunnitteluperusteet oppaassaan toteaa ulkopuolisen lisäeristykseen olevan kosteustekniseltä toiminnaltaan ongelmaton.

Aina ei ulkopuolen lisäeristys ole mahdollista toteuttaa, silloin kyseeseen tulee sisäpuolen lisäeristys. Vaikutuksia tulee mm. rakennuksen pinta-alaan sekä ikkunoiden pieliin. Sisäpuolen eristämiseen käyvät kaikki eristeet, kyse on lähinnä siitä haluaako seinärakenteen olevan hengittävä lisäeristämisen jälkeen. Eristevalmistajat antavat omissa oppaissaan tietoa ja ohjeita, kuinka lisäeristys tehdään oikein heidän tuotteillaan. Perinnerakentajat haluavat käyttää ekologisista, hengittäviä eristeitä kuten esimerkiksi puukuituvillaa. Mineraalivillavalmistajat taas tarjoavat vaihtoehtoksi lasivillaa ja kivivillaa. Kuviossa 5 nähdään erään mineraalivillavalmistajan ehdotus sisäpuolisen lisäeristyksen toteutuksesta yrityksen omilla tuotteilla.



Vanha rakenne (ulkoa sisällepäin):

- Ulkoverhous
- Tuuletusväli / lauta
- Tuulensuojalevy tai -pahvi
- Hirsiseinä

Uusi rakenne (hirsiseinästä):

- Koolaus / **PAROC extra**
- Höyrynsulku
- Sisäverhous

Kuvio 5. Hirsiseinän sisäpuolinen lisäeristys (Paroc)

Sisäpuolisen lisäeristyksen kohdalla eristemateriaalin valinnassa tärkeää on myös valita oikea ilman- / höyrynsulku valitun eristeen kanssa. Epäorgaanisissa eristeissä eli esimerkiksi mineraalivillan kanssa käytetään yleisesti valmistajien ohjeiden mukaan polyeteenikalvoja höyrynsulkuna, kun taas orgaanisissa eristeissä käytetään ilmansulkupaperia, jonka vesihöyrynvastus täyttää ohjearvon 5:1 tuulensuojaan verrattuna ja joka toimii siten myös höyrynsulkuna (Romppai-

nen 2010, 27). Lisäeristäminen sisäpuolelle muuttaa seinän kosteuskäyttäytymistä, joten asiaan on syytä perehtyä ennen työn aloitusta.

Kotimaisten hirsitalovalmistajien yhteinen järjestö, Hirsitaloteollisuus Ry, laatimassaan Hirsitalon suunnitteluperusteet oppaassaan toteaa sisäpuolisen eristeen paksuudeksi korkeintaan 50 mm ilman höyrynsulkua. Tällöin on käytettävä oppaan mukaan rakenteessa sisäpuolella ilmansulkuna bitumipaperia tms. Eristepaksuuden ylittäessä 50 mm, on rakenteessa käytettävä riittävän tiivistä höyrynsulkua. Eristemateriaaliin ja sen maksimimäärään opas ei ota kantaa. Professori Juha Vinha Tampereen teknillisestä yliopistosta kertoo kirjoittamassaan artikkelissaan Rakenna Oikein –sivustolle 18.5.2016 ”*Jos lämmöneristys tehdään sisäpuolelle, sen suositeltava enimmäispaksuus on avohuokoista lämmöneristettä käytettäessä 50 mm*”. Samaisessa artikkelissa professori Vinha jatkaa ”*sisäpuolisen avohuokoisen lämmöneristyksen sisäpuolelle tulee laittaa riittävän vesihöyrynvastuksen omaava höyrynsulku, joka voi toimia samalla rakenteen ilmansulkuna. Jos lisäeristys on enintään 50 mm, höyrynsulkuna voidaan käyttää myös paperipohjaista ilmansulkua, jolla on kuitenkin jonkin verran vesihöyrynvastusta, esimerkiksi muovitiivistyspaperi*”. (Vinha 2016.)

Sisäpuolisessa lisäeristyksessä luotettava ratkaisu saadaan kun käytetään 25 mm:n puukuitulevyä tai 50 mm puukuituvillaa. Seinärakenteen kosteuskäyttäytymisessä saattaa tulla ongelmia kun käytetään yli 100 mm:n eristemäärää. Tuossa tapauksessa suositellaan käytettäväksi höyrynsulkumuovia. (Vuolle-Apiala 2006,177). Eristemäärän paksuntaminen pudottaa hirren sisälämpötilaa ja saattaa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä hirren sisäpintaan.

4 KOHTEEN ESITTELY

Asuinkäyttöön rakennettu, nykyisellään pääosin kesäkäytössä oleva hirsirakennus on valmistunut 1910-luvulla. Rakennuksen hirsistä on löytynyt vuosiluku 1915, jolloin rakennuksen uskotaan valmistuneen. Rakennus sijaitsee Kittilän kunnan alueella, Kelontekemän kylässä, Kelontekemäjärven rannalla. Rakennuksen kerrosala on noin 100 m². Rakennuksessa on porstua, tupa, makuuhuone sekä toinen tupa toisessa päätä rakennusta. Tuo toinen tupa on tarkoitus joskus saneerata ja muodostaa siihen kaksi erillistä huonetta. Rakennus on yksikerroksinen ja siinä on lisäksi kylmä ullakkotila, joka on tainnut joskus toimia lähinnä jonkinmoisena varastona.



Kuvio 6. Hirsimökki

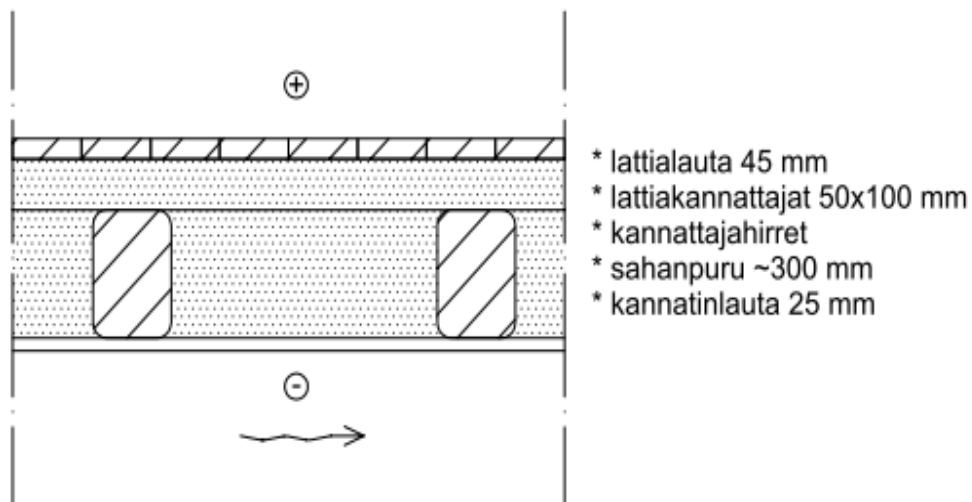
Talo on perustettu luonnonkivisen sokkelin päälle. Talon päädyssä kivijalassa on 0,4 m x 0,3 m oleva tuuletusaukko. Rakennuksen alapohja on ns. trossipohja, ryömintätilan korkeus lattian alapuolella n. 0,25 m. Rakennuksessa ei ole tiettävästi salaojajärjestelmää ellei sitten 1900- 1950-luvulla käytössä ollutta kivistä tehtyä järjestelmää ole alun perin rakennettu. Kuvioista 6 nähdään kohde valokuvattuna ulkopuolelta. Hirsiseinä on nykyisellään ulkopuolelta verhottu lo-malautoituksella. Alimpien hirsien erinomainen kunto ehkä selittyy ulkopuolen

verhouksen suojaavalla vaikutuksella. Ulkopuolen lomalaudoitus suojaa hirsii niin auringon ultravioletisäteilyltä kuin vesisateeltakin. Rakennuksen ikkunat on uusittu 1990-luvulla. Ikkunat ovat 3-lasiset puu-alumiini-ikkunat. Samaan aikaan toiseen päähän taloa on tehty sisäpuolelle pystypanelointi, ilman lämmöneristystä. Kattomuotona on harjakatto ja katteena peltikate. Vesijohtoa rakennukseen ei tule mutta sähköverkkoon se on liitetty. Mökissä ei ole siis erillisiä pesutiloja vaan peseytyminen tapahtuu rantasaunalla. Talon lämmitys hoidetaan isolla avotakalla sekä kolmella sähköpatterilla. Talon ilmanvaihto on luonnollinen eli painovoimainen, takan hormin toimiessa poistoilmakanavana. Korvausilma-aukkoja seinässä ei ole vaan korvaava raitisilma tulee rakenteiden läpi.

5 RAKENNUKSEN NYKYISET VAIPAN RAKENTEET

5.1 Alapohja ja U-arvo

Talossa on tuulettuva alapohja eli trossipohja. Alapohjaa kannattelevat hirsipalkit, jotka tukeutuvat talon perustuksiin. Eristeenä alapohjassa on käytetty sahanpurua ja kutterinlastua. Hirsipalkistoon kiinnitetyt aluslaudat kantavat eristeen. Alapohjan rakenne on esitetty kuviossa 7. Tuuletus alapohjassa hoidetaan talon päässä sokkelissa olevan n. 40 cm x 30 cm tuuletusaukon kautta.



Kuvio 7. Alapohjan rakenne

Ryömintätilaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin voidaan määrittää yksinkertaistettua laskentatapaa käyttäen jos tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Ryömintätilaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin voidaan tällöin laskea kertomalla pelkän lattiarakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2012. Luonnos Rakennuksen lämmöneristys 16.3.2012, Ympäristöministeriö)

Taulukko 3. Alapohjan laskenta-arvot.

	lämmönjohtavuus λ W / mK	lämmönvastus R m ² K / W
Puu	0,12	
Sahanpuru (300mm)	0,10	
R_{si}		0,17
R_{se}		0,04

$$U = \frac{1}{RT} * 0,9$$

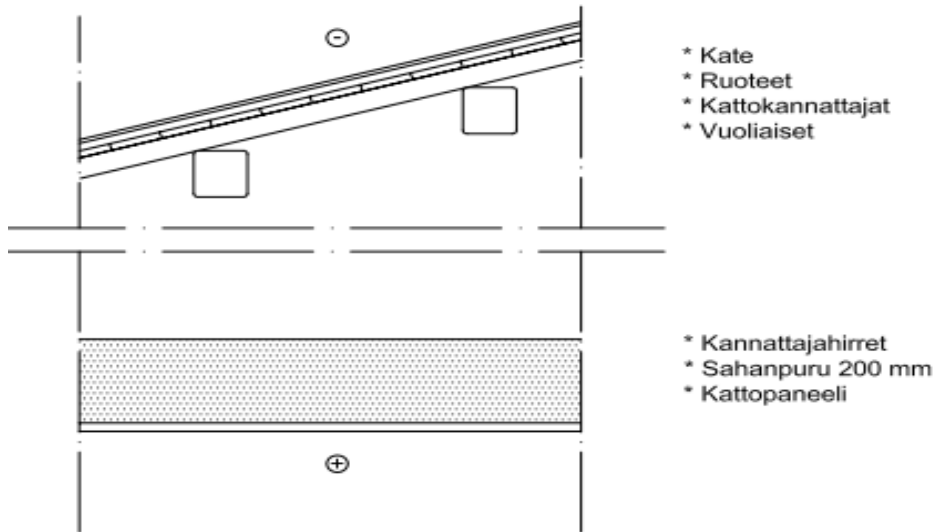
$$R_T = 0,17 + \frac{0,045\text{m}}{0,12\text{W/mK}} + \frac{0,3\text{m}}{0,1\text{W/mK}} + \frac{0,025\text{m}}{0,12\text{W/mK}} + 0,04 = 3,793$$

$$\rightarrow U = 0,264 * 0,9 = 0,24 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Alapohjan U-arvo on 0,24 W / m² K.

5.2 Yläpohja ja U-arvo

Yläpohjan rakenne nähdään kuviosta 8. Katteena talossa on peltikate, joka on asennettu 1980-luvun lopulla. Aluskatetta rakenteessa ei ole. Harvalaudoitus kattokannattajien päällä hoitaa aluskatteen tehtävän. Samoin kuin alapohjassa, myös yläpohjassa on käytetty eristeenä sahanpurua. Tässä tapauksessa yläpohjan eristeet sijaitsevat ullakon lattiassa eli välipohjassa, hyvin tuulettuvassa tilassa.



Kuvio 8. Yläpohjan rakenne

Yläpohjan U-arvon laskennassa ei ole, hyvin tuulettuvan vintin vuoksi, huomioitu katon ilmatilan lämmönvastusta.

Taulukko 4. Yläpohjan laskenta-arvot.

	lämmönjohtavuus λ W / mK	lämmönvastus R m ² K / W
Puu	0,12	
Sahanpuru (200mm)	0,10	
R_{si}		0,10
R_{se}		0,04

$$U = 1 / R_T$$

$$R_T = 0,10 + \frac{0,025\text{m}}{0,12\text{W/mK}} + \frac{0,2\text{m}}{0,1\text{W/mK}} + 0,04 = 2,348$$

$$\rightarrow U = 0,42 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Yläpohjan U- arvo on 0,42 W / m² K.

5.3 Ulkoseinät ja U-arvo

Rakennuksen ulkoseinät ovat 180 mm paksua hirttä, jonka korkeus on 210-240 mm. Hirsiseinä on tilkitty purulla tai sammaleella. Ulkopuoli on verhottu pysty-laudoituksella, jonka takana on n. 70 mm:n tuuletusrako. Kuviossa 9 on alkupe-
räinen hirsiseinä kuvattuna sisäpuolelta.



Kuvio 9. Hirsiseinä

Hirsiseinän U-arvon laskennassa ei ole huomioitu ulkopuolen lomalaudoitusta suuren tuuletusraon johdosta. Joskus hirsiseinän ulkopuolisia verhouksia on tehty niin, että bitumipaperi on laitettu hirttä vasten tuulensuojaksi ja suoraan bitumipaperin päälle, ilman tuuletusrakoa, laudoitus. Tässä hirsimökissä bitumipaperia ei ole käytetty laudoituksen alla.

Taulukko 5. Hirsiseinän laskenta-arvot

	lämmönjohtavuus λ W / mK	lämmönvastus R m ² K / W
Hirsi	0,12	
R_{si}		0,13
R_{se}		0,04

$$U = 1 / R_T$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,18\text{m}}{0,12\text{W/mK}} + 0,04 = 1,67$$

$$\rightarrow U = 0,60 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

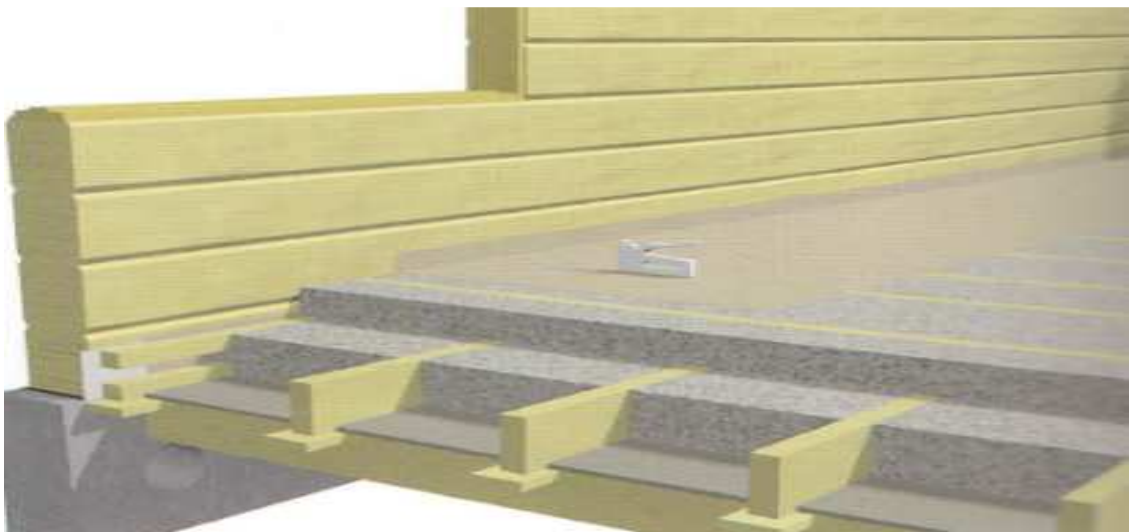
Ulkoseinän U-arvo on 0,60 W / m² K.

6 VANHOJEN RAKENTEIDEN LISÄERISTYKSET

6.1 Alapohja

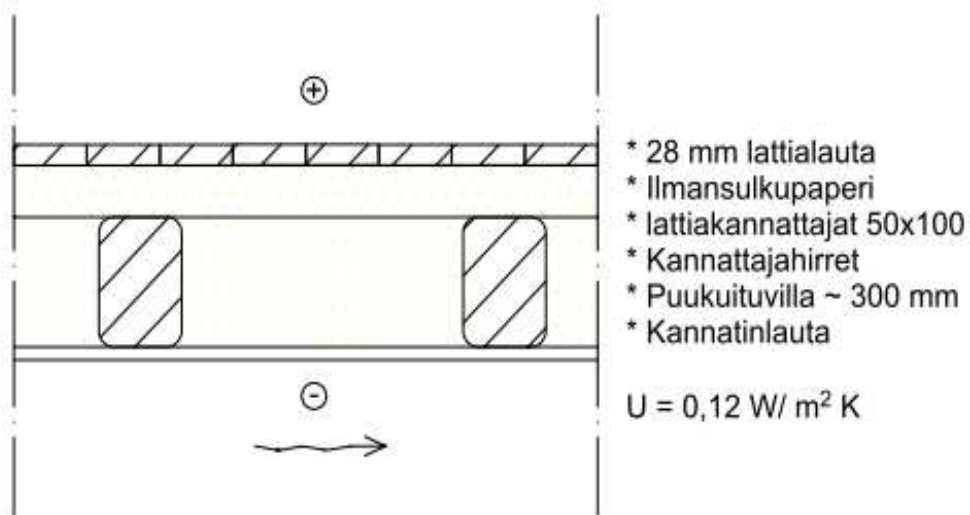
Vanhan alapohjan kunto määrittelee sen tulevan eristämisen tason. Alapohjan eristeenä voitaisiin käyttää niin epäorgaanisia kuin orgaanisia eristeitä. Mineraalivillojen kanssa käytettäisiin höyrynsulkuna muovikalvoa. Polyuretaanieristeellä eristäessä rakenne ei vaatisi erillistä höyrynsulkua. Mutta kuten aiemmin todettiin, eristeenä halutaan käyttää hengittävää eristettä. Mikäli alapohjarakenteet ovat hyvässä kunnossa, ei niille tulla tekemään mitään. Jos taas lattiakannattajat ovat huonossa kunnossa, alapohja uusitaan kokonaisuudessaan. Uusi alapohja rakennetaan samankaltaiseksi rakenteeltaan kuin vanha, hengittäväksi. Rakenne ei poikkea alkuperäisestä kuin eristeen osalta. Uusi eristys toteutetaan puukuituvillalla joka puhalletaan alapohjaan ja paperoidaan ilmantiiviuden parantamiseksi (kuvio 10).

Jos taas eristetila näyttää siltä, että vanha eriste on painunut, uutta puukuituvillaa lisätään vanhan eristeen päälle. Eristeen lisäyksen jälkeen asennetaan ilmansulkupaperi parantamaan alapohjan tiiviyttä.



Kuvio 10. Ilmansulku asennetaan eristeen päälle ja nostetaan hirttä vasten (Romppainen 2010, 52)

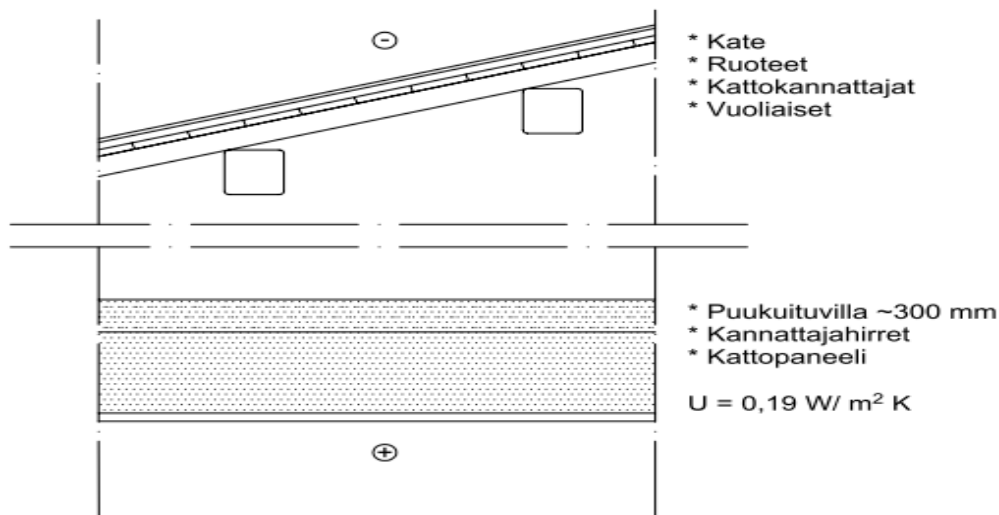
Eistemäärää ei tulla kasvattamaan alkuperäisestä n. 300 millimetristä, koska alapohjan lämpöhäviö on vain noin 10 prosenttia. Huolellinen ilmansulun asennus parantaa ilmatiiviyttä ja poistaa mahdollisen vedon. Uuden alapohjan rakenne on esitetty kuviossa 11. Uuden alapohjan U-arvo on $0,12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Usein puhuttaessa kylmästä lattiasta kuvitellaan kylmyyden johtuvan huonosta eristämistä tai eristeistä. Tosiasiassa kyse saattaa olla vain huonosta ilmatiiviydestä, joka aiheuttaa vedon ja sitä kautta jäädyttää lattiarakennetta. Eristekerroksen paksuntamista parempi vaihtoehto on vanhan eristeen vaihtaminen uuteen, lämmöneristyskyvyltään parempaan eristeeseen. Alapohjaa lisäeristettäessä täytyy aina huomioida lisäeristyksen vaikutus alapohjaan. Se nimittäin laskee ryömintätilan lämpötilaa ja saattaa pahimmillaan aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteisiin. Alapohjan lisäeristyksessä täytyy aina siis kiinnittää huomiota ryömintätilan tuuletukseen. Tuuletusaukkojen määrä on riittävä, kun niiden yhteenlaskettu pinta-ala on rakennusalaan nähden 0,05 % tuulisilla paikoilla sekä 0,1 % suojaisilla paikoilla. (Hekkanen & Häkkinen & Sallinen 1993,21.)



Kuvio 11. Uusittu alapohjarakenne

6.2 Yläpohja

Vaipan suurimpien lämpöhäviöiden johdosta yläpohjan lisäeristäminen on kaikin kannattavinta eristämistä. Yläpohjan lämpöhäviöt ovat suuruusluokaltaan noin 60 prosenttia koko vaipan lämpöhäviöistä, joten jos vaippaa kannattaa eristää, niin yläpohja on se oikea paikka, mistä lisäeristäminen kannattaa aloittaa. Yläpohjassa ei ole näkemykseni mukaan mitään vaurioita, joten rakenteellisiin muutoksiin ei tarvitse ruveta. Yläpohjaa olisi mahdollista eristää myös alapuolelta mutta tässä tapauksessa pysytään vanhan rakenteen yläpuolella rikkomatta rakenteita. Tässä kohteessa on päädytty siihen, että jossain vaiheessa vanhat sahanpurueristeet korvataan uusilla eristeillä. Uusittu yläpohjarakenne on esitetty kuviossa 12. Eristeenä käytetään alapohjan tavoin puukuituvillaa joka puhalletaan vintin rakenteisiin. Yhtäläillä eristeenä voidaan käyttää levyeristettä mutta puhaltamalla eriste saadaan paremmin levittymään pieniinkin rakoihin ja väleihin. Puukuituvillan lämmönjohtavuus on yli puolta parempi kuin sahanpurun, joten eristeen vaihdon ja eristemäärän lisäyksen myötä yläpohjan U-arvo paranee 0,19:ään $W/m^2 K$.



Kuvio 12. Yläpohjarakenne eristemutoksella

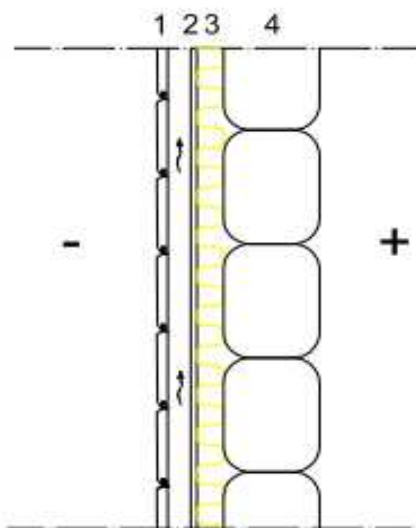
6.3 Ulkoseinät

Ulkoseinien kautta tapahtuva lämpöhäviö muodostuu noin 15 prosentin suuruiseksi, joten kauhean suurta säästöä pelkällä seinien lisäeristämällä on vaikea saavuttaa. Tarkastelen tässä opinnäytetyössä yhtä ulkopuolelle tehtävää lisäeristystä ja kahta erilaista sisäpuolelle tehtävää seinien lisäeristystä. Kuten alaja yläpohjan eristämässä, niin myös seinien osalla käytetään hengittävää eristettä eli puukuituvillaa. Seinärakenteiden kosteusanalyysi suoritetaan DOF lämpö 2.2-ohjelmistolla.

6.3.1 Ulkopuolen lisäeristys

Ulkopuolen lisäeristys suunnitellaan tehtäväksi seuraavanlaisella rakenteella:

- ulkoverhous tuuletusraolla (ei huomioida U-arvo laskennassa)
- tuulensuojalevy huokoinen, esim. tuulileijona 12 mm
- puukuitueriste 50 mm
- hirsi 180 mm.



- 1 Ulkoverhous
- 2 Tuulensuojalevy 12 mm
- 3 Puukuitueriste 50 mm
- 4 Hirsi 180 mm

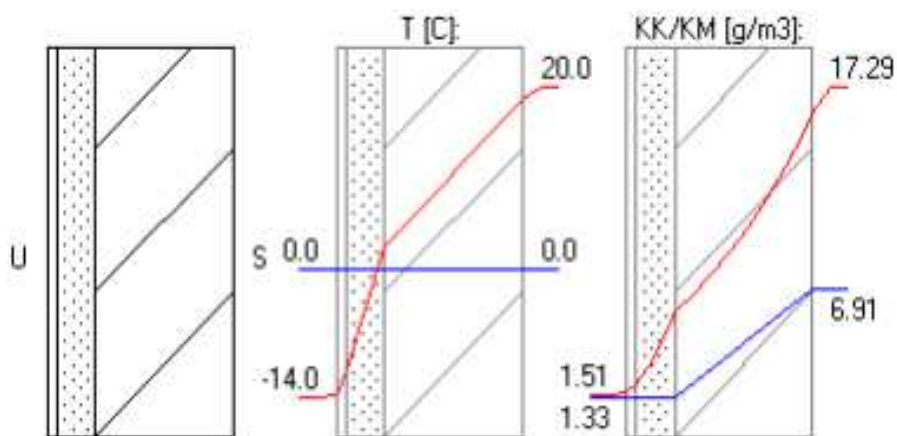
$$U = 0,33 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

Kuvio 13. Ulkopuolen lisäeristys

Kuvion 13 seinärakenteelle DOF lämpö-ohjelma antaa U-arvoksi $0,33 \text{ W / m}^2 \text{ K}$. Alkuperäisen seinän lämmöneristys paranee huomattavasti laskennallisesti. Todellisuudessa tilanne saattaa parantua enemmän, koska seinärakenteen tiiviys paranee. Ulkoverhousta ei ole huomioitu U-arvolaskennassa tuuletusraon vuoksi.

DOF lämpö-ohjelmalla on tarkasteltu edellä mainitun seinärakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Kuviossa 14 on esitetty seinän rakenne. Seinärakenteen oikealla puolella (T) on esitetty lämpötilan vaihtelu rakenteen läpi sekä lämpötilan nollakohtan. KK/KM kohdassa punainen käyrä kertoo, kuinka paljon kosteutta (g/m^3) rakenteen eri kohdissa mahtuu olemaan ja sininen käyrä kertoo puolestaan, kuinka paljon kosteutta (g/m^3) rakenteen eri kohdissa on. Mikäli käyrät leikkaavat toisensa, on olemassa riski kosteuden tiivistymiselle. Käyrien leikkauskohta näyttää paikan, mihin kosteus tiivistyy. Tarkasteluhetkeksi valitaan vuoden kylmin kuukausi eli tammikuu. Sisälämpötila on $+20 \text{ }^\circ\text{C}$, ulkolämpötila $-14 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus sisäpuolella 40 %. Rakenteiden pintavastukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeet C4 mukaan.

Seinärakenteen kuvio 14 kertoo, että riskiä kosteuden tiivistymiselle rakenteessa ei ole eli ulkopuolen lisäeristystä voidaan pitää tässä tapauksessa kosteusteknisesti turvallisena.



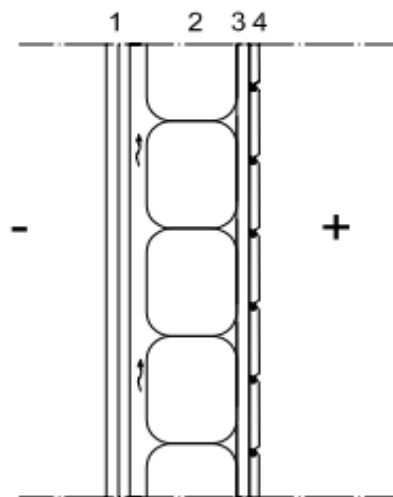
Kuvio 14. Hirsiseinän ja ulkopuolisen lisäeristyksen lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Tarkastelujankokoelmana tammikuu

6.3.2 Sisäpuolen lisäeristys

Ensimmäinen vaihtoehto sisäpuolelle tehtävästä lisäeristyksestä on rakenteeltaan seuraavanlainen:

- ulkoverhous tuuletusraolla (ei huomioida U- arvo laskennassa)
- hirsi 180 mm
- huokolevy 25 mm
- paneeli 19 mm.

Rakenne on esitetty kuviossa 15. Sisäpuolen paneeli kiinnitetään suoraan huokolevyyn ilman koolausta.

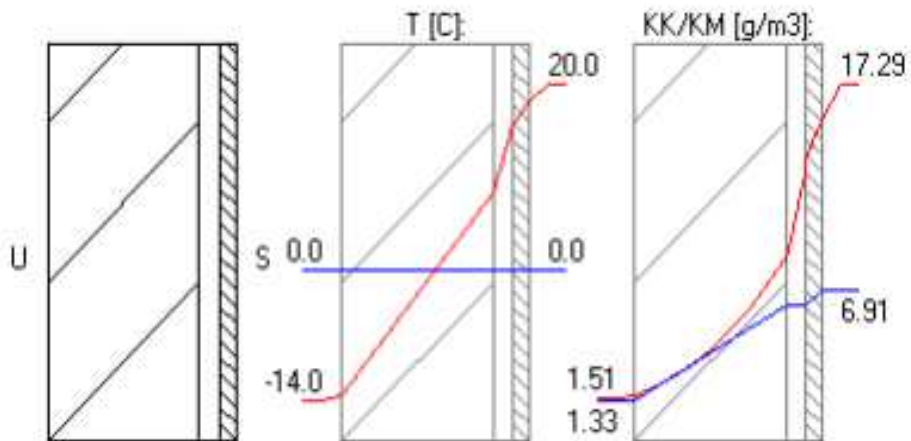


- 1 Ulkoverhous
- 2 Hirsi 180 mm
- 3 Huokolevy 25 mm
- 4 Hirsipaneli 19 mm

$$U = 0,44 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

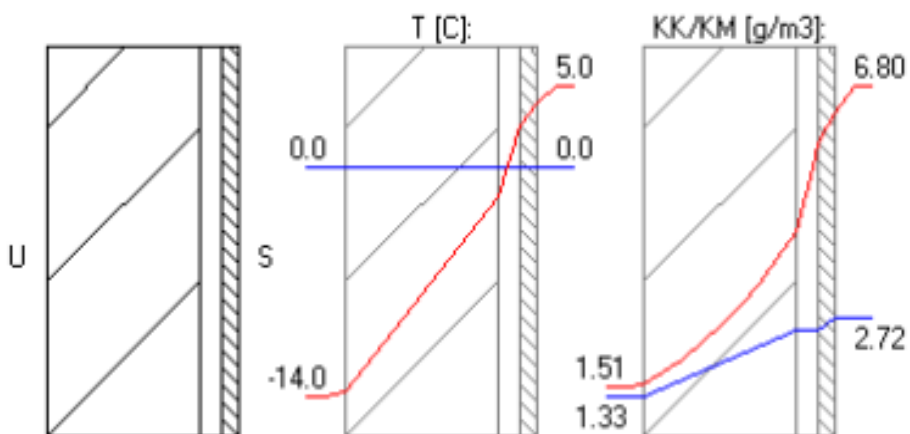
Kuvio 15. Sisäpuolen eristys huokolevyllä

DOF lämpö-ohjelma antaa seinän U-arvoksi $0,44 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$. DOF- ohjelmalla on tarkasteltu nyt tilannetta, jossa mökin sisälämpötilana $+ 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, Ulkolämpötila $-14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sisäpuolen kosteus 40 %. Kuvioista 16 nähdään, että rakenne on kosteusteknisesti toimiva eikä kondenssiriskiä laskennallisesti edellä mainituilla lähtöarvoilla ole.



Kuvio 16. Sisäpuolen lisäeristys huokolevyllä. Tarkasteluajankohtana tammikuu ja sisälämpötila + 20 °C

Huokolevyllä tehtävässä lisäeristyksessä on tarkasteltu myös tilannetta, jossa mökissä pidetään peruslämpönä +5 °C. Kuvio 17 nähdään, että hirsimökin jättäminen peruslämmölle on edellä mainitulla seinärakenteella kosteusteknisesti riskitöntä.

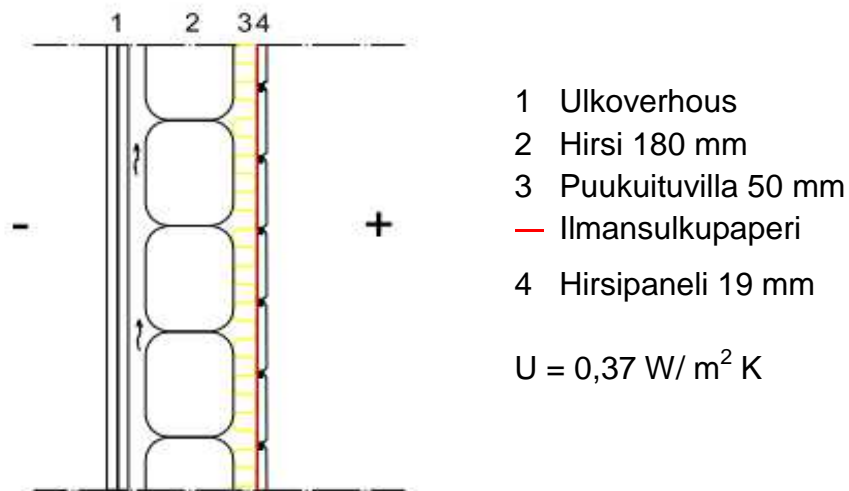


Kuvio 17. Sisäpuolen lisäeristys huokolevyllä. Tarkasteluajankohtana tammikuu ja sisälämpötila + 5 °C

Toisen tarkasteltavan sisäpuolisen lisäeristyksen seinärakenne on:

- ulkoverhous tuuletusraolla (ei huomioida U-arvo laskennassa)
- hirsi 180 mm
- puukuituvilla 50 mm + koolaus
- ilmansulkupaperi
- paneeli 19 mm.

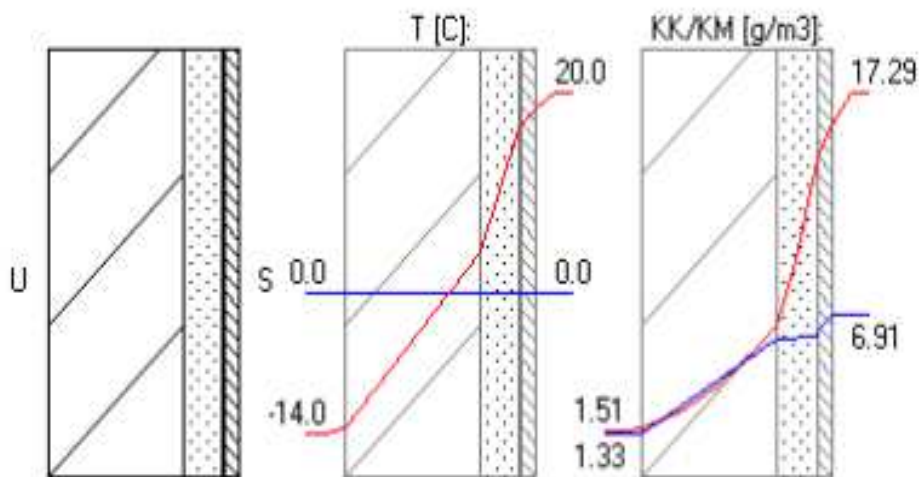
Rakenne esitetään kuviossa 18. Puukuituvilla seiniin asennetaan levyinä, ei ruiskuttamalla. Jos villa ruiskutetaan seiniin, huomioidaan asennusajankohta puhallusta suunniteltaessa.



Kuvio 18. Sisäpuolen eristys puukuituvillalla

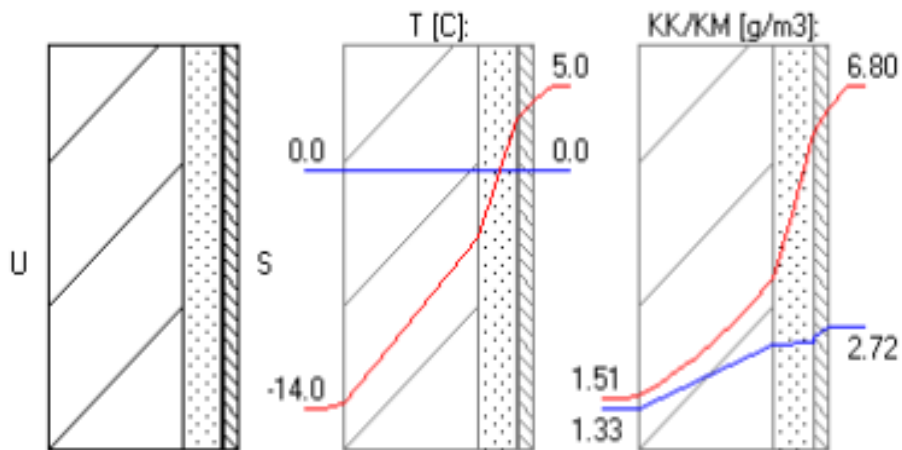
Seinärakenteen U-arvoksi DOF lämpö-ohjelmalla laskettuna saadaan $0,37 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$. Lisäeristyksen maksimina halutaan pitää 50 mm. Eristepaksuuden kasvattaminen esimerkiksi 50 mm:llä ei tuo enää olennaista parannusta seinärakenteen lämmöneristysarvoon, kuten aiemmin esillä olleesta taulukosta 8 nähdään. Kuviossa 19 tilanne on seuraavanlainen: Tarkasteluajankohtana on vuoden kylmin kuukausi tammikuu, sisälämpötilana $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$, ulkolämpötila $-14 \text{ }^\circ\text{C}$ ja sisäkosteus 40 %. Ilmansulkuna on seinärakenteessa tervapaperi. Kuvioista 19

nähdään, että kosteutta saattaa tiivistyä hieman hirren sisäpintaan. Määrä on kuitenkin niin pieni, että rakenne pystyy siirtämään kosteuden pois rakenteesta. Lämpötilan nolларaja on melkein hirren sisäpinnassa.



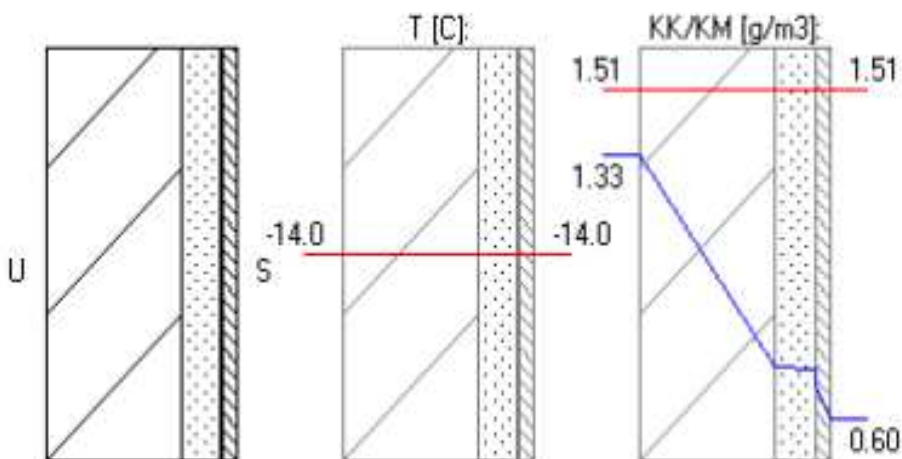
Kuvio 19. Sisäpuolen lisäeristys puukuituvillalla. Tarkasteluajankohtana tammi-
kuu ja sisälämpötila + 20 °C

Samaa seinärakennetta on tarkasteltu DOF- ohjelmalla hieman erilaisilla lähtöarvoilla. Sisäpuolen lämpötila on seuraavassa tarkastelussa + 5 °C eli mökillä on niin sanotusti peruslämmöt päällä. Muuten lähtötiedot ovat samat kuin edellisessä kuvassa. Kuvioista 20 nähdään, että rakenne muuttuu turvalliseksi, ilman laskennallista kondensoitumisriskiä. Rakenteen lämpötilan nollassa on puukuituvillan sisäpinnassa.



Kuvio 20. Sisäpuolen lisäeristys puukuituvillalla. Sisälämpötila + 5 °C ja tarkasteluajankohtana tammikuu

Sisäpuolen lisäeristystä puukuituvillalla on tarkasteltu myös tilanteessa, jossa mökin lämpötila on sama kuin ulkoilman, eli mökki on kylmillään talvella. Kuvio 21 nähdään, että rakenne toimii myös mökin jäädessä kylmilleen eli mökin sisälämpötila on sama ulkoilman lämpötilä.



Kuvio 21. Sisäpuolen lisäeristys puukuituvillalla. Sisälämpötila sama kuin ulkoilman lämpötila ja tarkasteluajankohtana vuoden 3 kylmintä päivää

Kuten edellä nähdystä kuvista voidaan todeta, sisäpuolinen lisäeristys 50 mm:n puukuituvillalla on kosteusteknisesti turvallinen vaihtoehto käytettäessä riittävän vesihöyrynvastuksen omaavaa ilmansulkua sisäpuolella. Paremmuusjärjestykseen kahta edellä kerrottua sisäpuolista lisäeristystä ei pystytä varmastikaan laittamaan. Ratkaisu lienee aina tapauskohtaisesti tarkasteltava lisälämmöneristäjän halut ja tarpeet huomioiden.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua vanhan hirsimökin lisäeristysmahdollisuuksiin. Alapohjan osalta vanhan rakenteen lisäeristäminen on helppoa eristettä lisäämällä tai sitten kokonaan vaihtamalla eriste uuteen. Eristeeksi kelpaa mikä tahansa eriste. Alapohjaa lisäeristettäessä täytyy olla varma alapohjan tuuleuksesta, sillä alapohjan tulee tuulettua jatkossakin. Alapohjan lisäeristys alentaa ryömintätilan lämpötilaa, joka saattaa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä alapohjaan. Tarvittaessa ryömintätilan lämpötilaa voidaan nostaa eristämällä ryömintätilan pohja eli maaperä. Mielestäni lisäeristystä tärkeämpää olisikin poistaa lattiasta mahdollinen vedon tunne, joka aiheuttaa luulon alapohjan eristeiden heikosta eristyskyvystä. Ilmansulun huolellinen asentaminen eristeiden lisäämisen yhteydessä parantaa kyllä vanhankin alapohjan energiataloutta.

Yläpohjan lisäeristäminen on tämän opinnäytetyön kohteena olevan hirsimökin kohdalla helpoin toteuttaa. Kylmällä ullakolla riittää korkeutta lisätä tarvittaessa eristettä ilman rakenteellisia muutoksia. Tarvittaessa voidaan lattiaa koolata ylemmäksi ja saada näin tilaa mahdolliselle lisäeristykselle. Kuivia eristeitä ei tarvitse vaihtaa, riittää että lisätään vanhan sahanpurun/ kutterinlastun päälle hengittävää eristettä esim. puukuituvillaa. Mikäli eristeet ovat märät, ne tulee poistaa ja korvata uudella eristeellä. Samassa yhteydessä käydään yläpohjan rakenne läpi, jotta saadaan selville mahdolliset kosteuden aiheuttajat. Vuotava katto on kuitenkin suurin yläpohjan kosteusvaurioiden aiheuttaja.

Ulkoseinien lisäeristys ei olekaan sitten aivan niin yksinkertainen asia. Vanha, 180 mm paksu, hirsi on kyllä itsessään jo riittävän lämmin ei-ympärivuotisessa käytössä olevassa mökissä. Ilmanpitävyys on vanhassa hirsiseinässä energiatalouden kannalta avainkysymys. Lisäeristystä parempi ratkaisu paksulla hirrellä olisi hirsien tiivistäminen. Jos seinä tuntuu herättävän epäilyjä tiiveydestä, kannattaa käydä hirsien saumat huolella lävitse ja tiivistää ne tarvittaessa esim. pellavariveellä. Jos sitten haluaa ruveta lisäeristämään ulkoseiniä, kannattaa huolella miettiä, kummalle puolelle sen tekee, ja millä eristeellä. Ulkopuolen lisäeristys todetaan yleisesti kosteusteknisesti turvallisemmaksi ratkaisuksi ja sitähan se tässäkin työssä näytti olevan tarkasteltaessa ulkopuolisen lisäeris-

tyksen kosteuskäyttäytymistä. Asioilla on yleensä monta puolta, niin myös lisäeristyksessä. Jos ulkopuoli on verhottu laudoituksella, ja laudoitus on tarkoitus uusida, silloin lisäeristys on suotavampaa tehdä ulkopuolelle. Toki räystää kapeat lisäeristykseen paksuuden verran ja ikkunoiden syvyys julkisivussa muuttaa estetiikkaa mutta rakenne on kosteusteknisesti riskitön.

Kun valitaan sisäpuolen lisäeristys, tulee kiinnittää erityistä huomiota ilman-/höyrynsulkuun eristeen lämpimällä puolella, koska sillä estetään konvektiolla siirtyvää kosteutta rakenteen kylmään osaan. Eristepaksuudesta eri koulukunnat tuntuvat poikkeavan näkemyksissään. Erilaisia näkemyksiä eristevahvuudesta ja eristetyypistä löytyy paljon. Kaikki näkemykset ovat varmasti yhtä oikeita. Aika yleinen näkemys lisäeristämisen määrään tuntuu olevan 50 mm. Eristyksen paksuuden lisäksi näkemuseroja aiheuttaa materiaalivalinta koskien ilman-/höyrynsulkua. Ilmansulkupaperilla ja höyrynsulkumuovilla löytyy molemmille oma kannattajakuntansa.

Opinnäytetyön aihe on mielestäni erittäin kiinnostava. Vanhan hirsimökin osalta päätöksiä sen perusparantamisesta joudutaan tekemään lähivuosina ja tätä opinnäytetyötä tulen hyödyntämään tuossa tehtävässä. Myös muita vanhoja hirsitaloja tullaan saneeraamaan tulevaisuudessakin ja on kiinnostavaa seurata jatkossa aiheen ympärillä käytävää keskustelua. Aiheesta on jo nyt olemassa paljon tietoa ja tutkimuksia ja uskon, että tulevaisuudessakin niitä tullaan tekemään paljon lisää. Oman mausteensa tähän soppaan tuo ilmaston lämpeneminen. Aika näyttää mitä haasteita se asettaa vanhojen hirsimökkien lisäeristämiseksi ja rakenteiden kosteuskäyttäytymiselle.

LÄHTEET

Ekovilla. RT- kortti ekovilla 2012.

Hekkanen, M. & Häkkinen, A. & Sallinen, U. 1993. Hirsirunkoisen, ennen vuotta 1940 rakennetun pientalon energiataloudellinen perusparantaminen. Helsinki.

Hirsitalon suunnitteluperusteet. Hirsitaloteollisuus HTT Ry 4/2012.

ISOVER. Omakotitalon ulkoseinän eristäminen ja lisäeristäminen. Viitattu 18.3.2017 <http://www.isover.fi/ratkaisut/pientalon-ulkoseinat>.

Lahtinen, K. 2014. Viri ja valkee. Tampere: Lunette rakennusperinnepalvelut, Hämeenkyrö.

PAROC. Hirsiseinien lisäeristäminen. Viitattu 18.3.2017 <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/rakennusten-eristaminen/korjausrakentaminen/ulkoseinat--korjausrakentaminen/hirsiseinien-lisalammoneristaminen>.

Romppainen, I. 2010. Lämmin puutalo- ohjeet ilmanpitävään ja energiaa säästävään rakentamiseen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2012. Luonnos lämmöneristys 16.3.2012. Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Ympäristöministeriö.

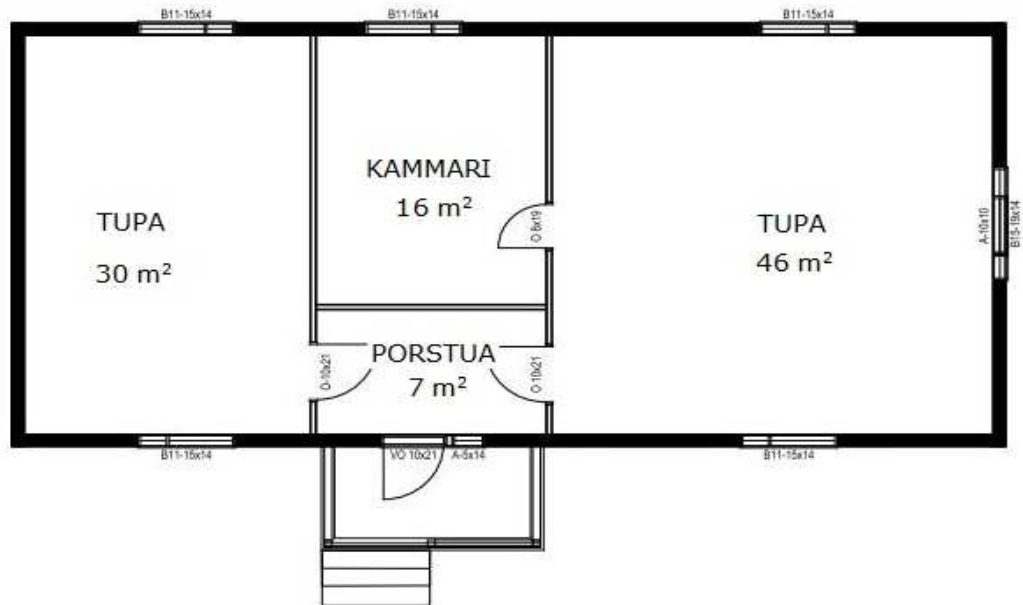
Vinha, J. 2016. Vanhojen ulkoseinien lisäeristäminen. Rakenna oikein Korjaa oikein 18.5.2016. Viitattu 21.3.2017 <http://www.rakennaoinkei.fi/vanhojen-ulkoseinien-lisaeristaminen-99896/uutiset.html>

Vuolle-Apiala, R. 2006. Hirsitalon kunnostaminen. Helsinki: Multikustannus Oy.

LIITTEET

- Liite 1. Pohjakuva
- Liite 2. Julkisivu itä - länsi
- Liite 3. Julkisivu pohjoinen - etelä
- Liite 4. US ulkopuolen lisäeristys, tarkasteluajankohtana tammikuu
- Liite 5. US sisäpuolen lisäeristys huokolevy, tarkasteluajankohtana tammikuu, sisälämpötila +5 °c
- Liite 6. US sisäpuolen lisäeristys huokolevy, tarkasteluajankohtana tammikuu, sisälämpötila +20 °c
- Liite 7. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila +20°c
- Liite 8. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila + 5°c
- Liite 9. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila= ulkolämpötila
- Liite 10. Valokuvia ullakkotilasta

Liite 1. Pohjakuva



Liite 2. Julkisivu itä – länsi



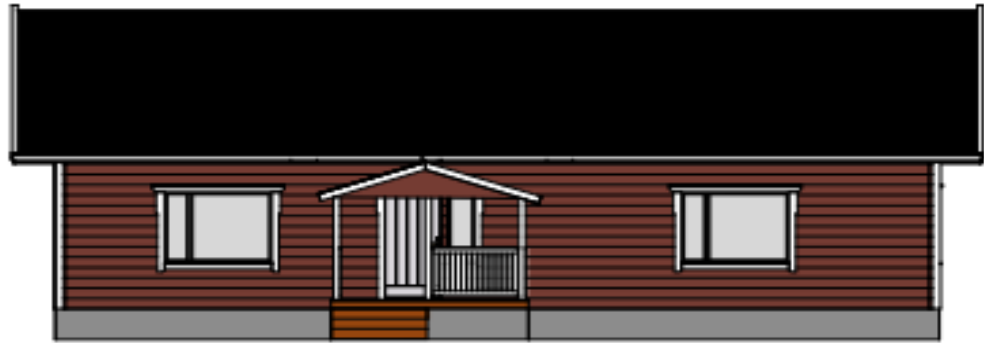
LÄNTEEN



ITÄÄN

K.osa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/Pöytä	Viranomaisen arkkitehtimarkkinöjä varten	Rak.luvan n:o
Rakennusohjeet			Pöytäkirja	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Pöytäkirjan sisältö	
Kelontekemäntie 997			Julkisivut	
	Suunnittelija, päivitys ja allekirjoitus	Suunnitteluala	Pöytäkirjan numero	
	Kai Varis	ARK	ARK--	

Liite 3. Julkisivu pohjoinen – etelä



ETELÄÄN



POHJOISEEN

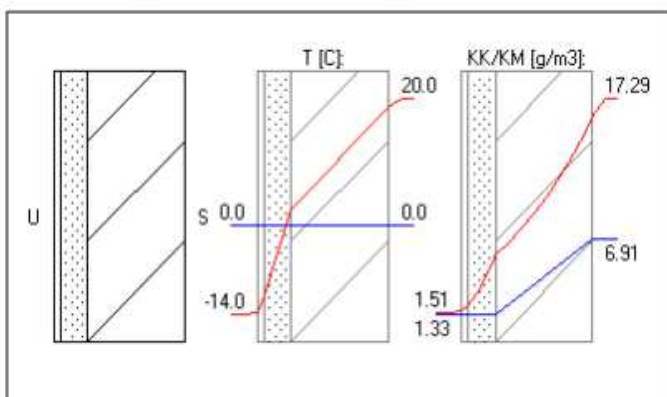
K.osa/Työ	Korteli/Tila	Tontti/Ro:o	Viranomaisen arkitalonmerkitelmä varten	Rak.luvan n:o
Rakennuslupamenetelmä			Päiväysaj	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Päiväyksen sisältö	mk
Kelontekemäntie 997			Julkisivut	
Suunnittelija, päivitys ja allekirjoitus		Suunnitteluala	Päiväysnumero	
 Kai Varis		ARK	ARK--	

Liite 4. US ulkopuolen lisäeristys, tarkasteluajankohta tammikuu

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US Ulkopuolen lisäeristys 50mm puukuituvilla	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.316 W/m ² K
Paksuus:	242.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	86.95 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1.263e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin:	7.916e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.165 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huokoi	12.00	0.0490	3.000000e-09	0.00	350.00
2 Puukuitueriste	50.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00
3 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0.00	450.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00
1	-13.57	1.57	1.33	84.7	0.00
2	-10.94	1.97	1.33	67.5	0.00
3	2.49	5.75	1.39	24.2	0.00
4	18.60	15.92	6.91	43.4	0.00
S	20.00	17.29	6.91	40.0	0.00

Lisätiedot:

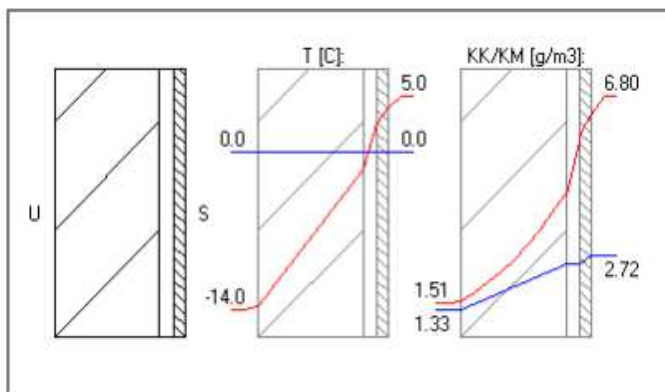
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 5. US sisäpuolen lisäeristys huokolevy, tarkasteluajankohtana tammikuu, sisälämpötila +5°C

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US sisäpuolen lisäeristys 25mm huokolevy	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.428 W/m ² K
Paksuus:	224.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	98.87 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1.440e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	6.943e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.339 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0.00	450.00
2 Puukuitulevy, huokoi	25.00	0.0490	3.000000e-09	0.00	350.00
3 Puu (mänty)	19.00	0.1200	2.777778e-12	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00
1	-13.68	1.56	1.33	85.5	0.00
2	-1.49	4.31	2.54	58.9	0.00
3	2.66	5.81	2.54	43.6	0.00
4	3.94	6.34	2.72	42.9	0.00
S	5.00	6.80	2.72	40.0	0.00

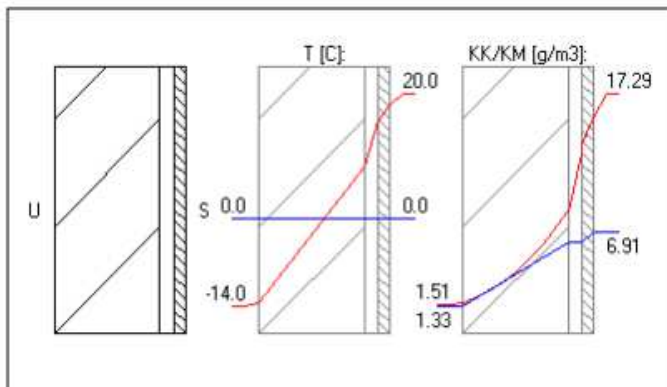
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 6. US sisäpuolen lisäeristys huokolevy, tarkasteluajankohtana tammikuu, sisälämpötila +20 °c

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US sisäpuolen lisäeristys 25mm huokolevy	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.428 W/m ² K
Paksuus:	224.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	98.87 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1.440e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin:	6.943e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.339 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0.00	450.00
2 Puukuitulevy, huokoi	25.00	0.0490	3.000000e-09	0.00	350.00
3 Puu (mänty)	19.00	0.1200	2.777778e-12	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00
1	-13.42	1.59	1.33	83.6	0.00
2	8.39	8.48	6.18	72.8	0.00
3	15.81	13.47	6.18	45.9	0.00
4	18.11	15.46	6.91	44.7	0.00
S	20.00	17.29	6.91	40.0	0.00

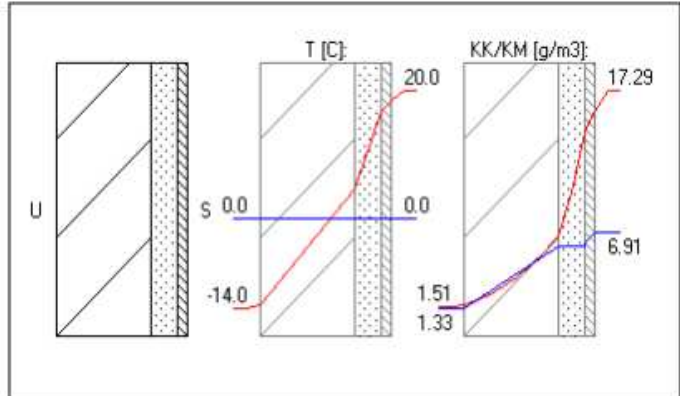
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 7. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila +20°C

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US sisäpuolen lisäeristys 50mm puukuituvilla	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.356 W/m ² K
Paksuus:	250.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	91.87 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1.540e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	6.493e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.813 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0.00	450.00
2 Puukuitueriste	50.00	0.0500	1.050000e-10	0.00	35.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00
4 Puu (mänty)	19.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00
1	-13.52	1.58	1.33	84.3	0.00
2	4.61	6.63	5.86	88.5	0.00
3	16.70	14.22	5.91	41.6	0.00
4	16.79	14.29	6.23	43.6	0.00
5	18.43	15.76	6.91	43.9	0.00
S	20.00	17.29	6.91	40.0	0.00

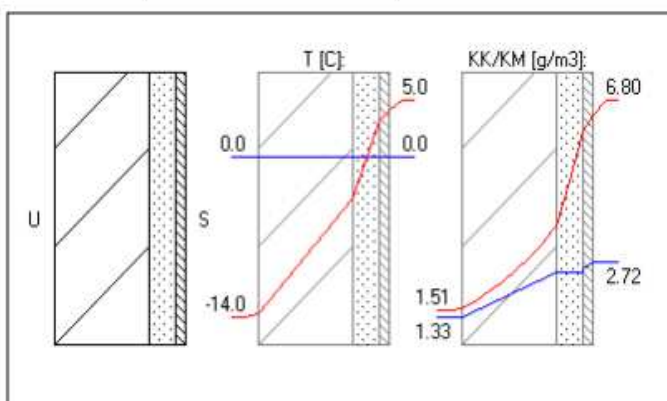
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 8. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila + 5°C

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US sisäpuolen lisäeristys 50mm puukuituvilla	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.356 W/m ² K
Paksuus:	250.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	91.87 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1.540e+04 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	6.493e-05 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.813 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0,00	450.00
2 Puukuitueriste	50.00	0.0500	1.050000e-10	0,00	35.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0,00	0,00
4 Puu (mänty)	19.00	0.1400	2.777778e-12	0,00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00
1	-13.73	1.55	1.33	85.9	0.00
2	-3.60	3.64	2.46	67.6	0.00
3	3.16	6.01	2.47	41.1	0.00
4	3.21	6.03	2.55	42.2	0.00
5	4.12	6.41	2.72	42.4	0.00
S	5.00	6.80	2.72	40.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 9. US sisäpuolen lisäeristys puukuituvilla, sisälämpötila= ulkolämpötila

Rakennuskohde: Kelontekemä	Sisältö: US sisäpuolen lisäeristys 50mm puukuituvilla	
Suunnittelija: Kai Varis	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.356 W/m2K Paksuus: 250.000 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 91.87 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 1.540e+04 m2hPa/g Vesih. läpäisy kerroin: 6.493e-05 g/m2hPa Lämmönvastus: 2.813 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000	
--	--

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1 Hirsi 180mm	180.00	0.1200	4.000000e-12	0.00	450.00	
2 Puukuitueriste	50.00	0.0500	1.050000e-10	0.00	35.00	
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	
4 Puu (mänty)	19.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys						

Lämpötilat ja kosteudet:					Tammikuu (744.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00	
1	-14.00	1.51	1.33	88.0	0.00	
2	-14.00	1.51	0.74	49.0	0.00	
3	-14.00	1.51	0.74	48.6	0.00	
4	-14.00	1.51	0.69	45.9	0.00	
5	-14.00	1.51	0.60	40.0	0.00	
S	-14.00	1.51	0.60	40.0	0.00	
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus						

Liite 10. Valokuvia ullakotilasta



Ullakon kattorakennetta



Ullakkotilan väliseinä