



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Detaljikirjaston päivittäminen uusien rakennusmääräysten mukaiseksi

TEKIJÄ: Pekka Happonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Pekka Happonen			
Työn nimi Detaljikirjaston päivittäminen uusien rakennusmääräysten mukaiseksi			
Päiväys	30.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	33/15
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rantasalmi hirsitalot / ins Esko Happonen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä insinöörityö on tehty Rantasalmi Hirsitalojen toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli yrityksen detaljikirjaston päivittäminen uusien rakennusmääräysten mukaiseksi. Uuden detaljikirjaston on tarkoitus auttaa suunnittelijoita ja rakentajia heidän jokapäiväisessä työssään hirsirakennusten parissa. Detaljeja pystytään käyttämään työkaluna myös markkinoinnissa, esimerkiksi tietopakettina asiakkaalle. Lisäksi laadittuja detaljeja on tarkoitus käyttää apuna haettaessa yrityksen talopaketeille CE-merkkiä. Työssä keskityttiin tarkastelemaan lamellihirsistä valmistettuja rakenteita.</p> <p>Työn teoriaosuus jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa tutkittiin yleisesti detaljikirjaston suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten ekologisuutta, energiatehokkuutta ja radonia. Toisessa osassa perehdyttiin hirsirakentamisen erityisominaisuuksiin, kuten kosteuskäyttämiseen, tiiveyteen ja painumiseen. Teoriaosuus tehtiin kirjallisia lähteitä tutkimalla. Lisäksi työtä varten haastateltiin suunnittelijaa ja rakentajaa. Haastattelun avulla saatiin esille detaljien pääasiallisten käyttäjien näkemyksiä. Työssä koottuun kirjalliseen aineistoon perehdyttiin yhdessä yrityksen henkilöstön kanssa. Aineistoa apuna käyttäen suunniteltiin vanhaan detaljikirjastoon tehtävät parannukset.</p> <p>Työn tuloksena tehtiin uudet rakennusmääräykset täyttävä lamellihirrestä valmistettuja rakenteita käsittelevä detaljikirjasto. Laaditun kirjaston pohjalta on helppo päivittää muita rakenteita koskevat detaljit. Lisäksi kirjastoa on tarkoitus täydentää aina, kun uusia rakenteita suunnitellaan. Yritys haluaa pitää erikoisemmat rakennusratkaisut salaisina. Yrityssalaisuuksien vuoksi tässä työssä laadittiin erillinen suppeampi detaljikirjasto.</p>			
Avainsanat detaljikirjasto, hirsitalo			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Technology			
Author(s) Pekka Happonen			
Title of Thesis Updating Detail Libraries in accordance with the New Building Regulations			
Date	30 April 2013	Pages/Appendices	33/15
Supervisor(s) Mr. Viljo Kuusela, Lecturer			
Client Organisation /Partners Rantasalmi log homes/ Mr. Esko Happonen, BEng			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to update the detail libraries of Rantasalmi log homes in accordance with the new building regulations. The purpose was to create a library that serves the company`s designers and builders. Details can also be used as a marketing tool. Furthermore, the purpose is to use to the created details when applying for the CE-mark. The main focus of this thesis was on the laminated log structures.</p> <p>The theoretical part of this thesis was divided in two parts. The first part deals with general factors that affect detail libraries, such as environmental friendliness, energy efficiency and radon. The second part deals with the specific characteristics of log construction, such as moisture behavior, tightness and sagging. The information of the theoretical part was gathered from literature and by conducting interviews. Interviews helped to bring out the views from the users of detail libraries. The theoretical part was examined together with the company's staff. The designed improvements for the old detail library were based on the theoretical part and the conclusions that were made with the company's staff.</p> <p>As a result, a new detail library was made for the company. The created library includes only laminated log structures that fill the new building regulations. In the future it will be easy to update all details on the basis of the library that was made in this thesis. Furthermore, the purpose is to update the library always when new details are planned.</p>			
Keywords detail library, log house			
public			

ALKUSANAT

Haluan kiittää Rantasalmi hirsitalojen myyntijohtaja Esko Haposta opinnäytetyön aiheesta sekä työn aikana saadusta ammattitaitoisesta tuesta. Kiitokset myös lehtori Viljo Kuuselalle ammattimaisesta ohjauksesta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää perhettäni tuesta opiskelun aikana.

Kuopiossa 29.4.2013

Pekka Happonen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	TYÖN TAUSTA-AINEISTOT	9
2.1	Rantasalmi Hirsitalot.....	9
2.2	CE-merkki	11
3	DETALJIKIRJASTON SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	12
3.1	Ekologisuus	12
3.2	E-luku.....	14
3.3	U-arvo	15
3.4	Radon.....	17
3.5	Kosteus.....	18
3.6	Tiiveys	19
4	HIRSIRAKENNUKSEN ERITYISOMINAISUUDET.....	20
4.1	Materiaalit.....	20
4.2	Puun kosteuskäyttäytyminen	20
4.3	Hirsiseinän tiiveys.....	21
4.4	Rakenteen painuminen	23
4.5	Tapitus ja pulttaus.....	23
4.6	Hirsiseinän kestävyys.....	24
4.7	Puun lahoaminen	25
5	HAASTATTELUT	26
5.1	Suunnittelijan haastattelu.....	27
5.2	Rakentajan haastattelu	27
5.3	Haastattelujen analysointi	28
6	DETALJIKIRJASTOJEN PÄIVITYS.....	29
6.1	Alapohjan detaljien tarkastelu.....	30
6.2	Välipohjan detaljien tarkastelu	31
6.3	Yläpohjan detaljien tarkastelu.....	31
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	33

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1 Esimerkki detalji

Liite 2 Detaljikirjasto

Liite 3 U-arvo lasku

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on Rantasalmi Hirsitalojen detaljikirjaston päivittäminen uusien rakennusmääräysten mukaiseksi. Työssä keskitytään lamellihirsistä valmistettuihin rakennuksiin. Työn toimeksi antajana toimii Lameco LHT Oy / Rantasalmi hirsitalot. Suoritettuani harjoittelut Lameco LHT Oy:ssä yrityksen myyntijohtaja Esko Happonen tarjosi minulle opinnäytetyön aihetta syksyllä 2012. Kiinnostuin aiheesta ja oppinnäytetyön läheisestä suhteesta työelämään.

Lameco LHT Oy osti konkurssiin menneen Rantasalmen Hirsitalotehtaan vuonna 2011, näiden muutosten vuoksi suunnittelussa käytetyt detaljikirjastot ovat päivittämättä ja eivät ole enää ajan tasalla. Opinnäytettyössä on tarkoitus tutkia Rantasalmen vanhat detaljikirjastot ja laatia niiden pohjalta uudet, ajan tasalla olevat kirjastot. Uusia kirjastoja laadittaessa huomioitisiin mm. energiatehokkuuksien laskeminen, rakenteiden tiiveys detaljit ja rakennustuotteisiin pakolliseksi tuleva CE-merkintä tai tuotehyväksyntä. Detaljikirjastoja suunniteltaessa otetaan huomioon myös rakennesuunnittelijan ja rakentajan tarpeet. Lisäksi detaljien tulisi olla tarpeeksi selkeitä asiakkaille.

Detaljikirjaston laatiminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on tutustua aineistoon ja tutkia mitä asioita uusien detaljien suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Tämän jälkeen aineisto tarkastellaan Rantasalmen johtoryhmän ja suunnittelujohtajien kanssa. Tuottetua aineistoa ja vanhaa detaljikirjastoa apuna käyttäen suunnitellaan uudet detaljit. Uudet kirjastot luodaan käyttämällä Vertex BD ohjelmaa ja detaljien on tarkoitus helpottaa Rantasalmi Hirsitalojen rakennesuunnittelijoiden työtä.

2 TYÖN TAUSTA-AINEISTOT

2.1 Rantasalmi Hirsitalot

Nykyään osana Lameco LHT Oy:tä toimiva Rantasalmi Hirsitalot on valmistanut hirsikoteja jo vuodesta 1946 lähtien ja näin ollen yritys on maailman vanhin teollisesti tuotettujen hirsitalojen valmistaja. Yrityksen tuotteita myydään ympäri maailmaa ja liikevaihdosta yli 60 prosenttia tulee ulkomaan kaupasta. Tärkeimpiä vientimaita ovat Venäjä, Japani, Ranska ja Saksa. Rantasalmi Hirsitalot valmistaa omakotitaloja, saunoja, pihapiirin rakennuksia, mökkejä ja muita vapaa-ajan asuntoja (kuva 1). Hirsikotien ohella yritys on valmistanut myös julkisia rakennuksia, kuten vuonna 2003 Venäjälle valmistunut hirsirakenteinen hotelli ja Britanniassa sijaitseva hirsikirkko. (Rantasalmi 2013.)



KUVA 1. Vapaa-ajanasunto. Rantasalmi Hirsitalojen Lumme-mökki. Rantasalmen mallistot 2012

Rantasalmi Hirsitalot valmistaa hirsikoteja Ekorex-hirsirakenteella (kuva 2) ja lamellihirrestä. Ekorex-hirsirakenne valmistetaan puukuitueristeestä ja hirrestä. Hirsirakenteeseen kiinteästi liittyvä pystyrunko estää rakennetta painumasta. Puukuituinen eriste tasaa sisäilman kosteusvaihteluja tavallisen hirren tapaan. (Rantasalmi 2013.)



KUVA 2. Ekorex-hirsirakenne. Rantasalmi Hirsitalojen Ekorex-rakenteen nurkkamalli.
Rantasalmen kuva-arkistot 2012

2.2 CE-merkki

Harmonisoidusta tuotestandardista käy ilmi rakennustuotteen vaatimukset ja ominaisuudet. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän harmonisoidun tuotestandardin vaatimukset. Yhdenmukaiset ja pakolliset standardit helpottavat kaupankäyntiä ja vapaata liikkuvuutta EU-alueella. Myös ostajan on helpompaa selvittää tuotteen sopivuutta CE-merkin avulla. Useimmissa rakennustuotteissa CE-merkki tulee pakolliseksi 1.7.2013. Määräajan jälkeen CE-merkki vaaditaan EU-alueella käytävän kaupan lisäksi myös Suomessa käytävässä kaupassa. (Rakennusteollisuus 2013.)

Rakennustuotteeksi, joka vaatii CE-merkin, katsotaan kohteeseen kiinteäksi tulevat osat, kuten esimerkiksi rakennesahatavara, betonielementit ja ikkunat. Tuotteen valmistaja voi kiinnittää CE-merkin, jos sovellettavan harmonisoidun standardin vaatimukset täyttyvät. Valmistajan tulee mm. dokumentoida laadunvalvontaa ja ottaa tehtaalta näytteitä säännöllisesti. Suomessa CE-merkin käyttöä valvoo TUKES. Tällä hetkellä Suomessa on viisi laitosta, jotka suorittavat tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen laadunvalvontaa. Harmonisoidut tuotestandardit jaetaan AoC-luokkiin (4,3,2+,1 ja1+). AoC-luokka kertoo missä määrin ilmoitettu laitos osallistuu tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen laadunvalvontaan. AoC-luokassa 4 valmistaja suorittaa CE-merkinnän toimenpiteet itsenäisesti. Muissa AoC-luokissa ilmoitetun laitoksen tulee varmentaa tuotteen ominaisuudet ja laadunvalvonta. (Rakennusteollisuus 2013.)

Rantasalmi hirsitaloilla on CE-merkki rakennustuotteille. Yrityksellä on tarkoituksena hakea CE-merkkiä myös talopaketeille kesän 2013 aikana, opinnäytetyössä luodut detaljit toimivat tärkeänä osana CE-merkin hakuprosessia.

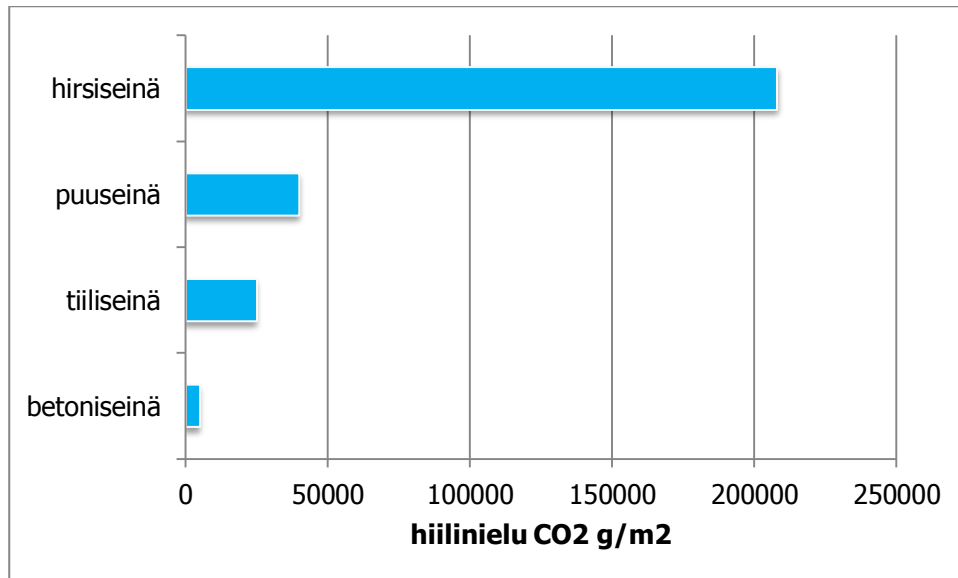
3 DETALJIKIRJASTON SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Ekologisuus

Rakentamisessa kulutetaan paljon luonnonvaroja ja rakennuksen käytön aikana syntyy ympäristökuormia, esimerkiksi energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Rakentamiseen ja rakennusten käyttöön kuluu noin 40 prosenttia kaikesta energiasta ja ne aiheuttavat kolmasosan hiilidioksidipäästöistä. Ekologisessa rakentamisessa pyritään suunnittelu- ja rakennusvaiheessa vaikuttamaan elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Ekotehokas rakennus kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän, mutta tuottaa omistajalleen mahdollisimman paljon hyötyä. Omistajalleen hyötyä tuottavia ominaisuuksia ovat mm. pitkä käyttöikä, hyvä jälleenmyyntiarvo, huokeat ylläpitokustannukset ja hyvä viihtyvyys.(Ympäristö 2013.)

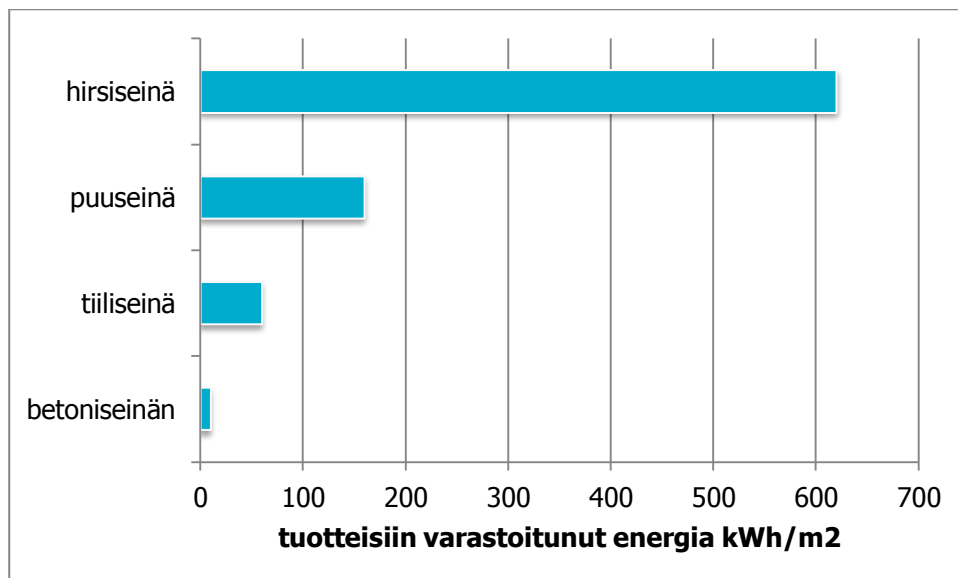
Ekologisuutta rakentamisessa edistävät mm. luonnonmukainen ja energiatehokas rakentaminen. Luonnonmukainen rakentaminen perustuu perinteisiin materiaaleihin ja menetelmiin, kuten puu- ja hirsirakenteisiin. Energiatehokkaissa rakenteissa lämmitykseen ja jäähdytykseen käytettävän energian kulutusta pyritään vähentämään hyvällä eristyksellä ja mahdollisesti omalla energian tuotolla esim. auringon avulla. Energiatehokkaita rakenteita ovat mm. matalaenergia-, nollaenergia- ja passiivitalo.(SAFA 2013.)

Hirsiseinään on varastoitunut hiiltä, eli se muodostaa hiilinielun. Muihin seinärakenteisiin verrattuna hirsiseinään varastoituneen hiilen määrä on suurempi (kuvio1). Hiilinielu voidaankin katsoa hirsiseinän eduksi muihin seinärakenteisiin verrattuna. Lisäksi puun käytöllä rakennusteollisuudessa on muitakin hyötyjä. Puutuotteiden valmistus kuluttaa muita rakennusmateriaaleja vähemmän fossiilisia polttoaineita. Myös teollisuudessa syntyvä hukkapuu pystytään käyttämään energianlähteenä, jolloin hukkapuu korvaa fossiilisia polttoaineita.(Hirsikoti 2013.)



KUVIO 1. Seinään varastoituneen hiilen määrä hiilidioksidina yhtä seinäneliometriä kohden (Hirsikoti 2013)

Seinään on varastoitunut myös energiaa, joka voidaan hyödyntää energijätteenä rakennuksen elinkaaren lopussa. Hirsiseinään varastoituneen energian määrä on muita seinärakenteita suurempi (kuvio 2). Lisäksi puutuotteiden hävittäminen rakennuksen purkamisen jälkeen on helpompaa kuin monella muulla materiaalilla. (Hirsikoti 2013.)



KUVIO 2. Seinään varastoituneen energian määrä kWh yhtä seinäneliometriä kohden (Hirsikoti 2013)

Ekologisuuden tärkeys kasvaa nykyään koko ajan. Siihen kiinnitetään yhä enemmän huomiota jokapäiväisessä elämässä. Mielestäni ekologisuus onkin yksi hirsirakentamisen valttikorteista ja se tulisi tuoda esille jokaiselle hirsirakenteista kiinnostuneelle.

3.2 E-luku

Rakentamismääräykset uudistuivat vuonna 2012. Uudisrakentamisessa siirryttiin kokonaisenergiatarkasteluun, jossa huomioidaan kaikki rakennuksessa käytetty energia, energiamuodon kerroin sekä rakennuksen tyyppi. Uudisrakentamisessa laskettava E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. Luku lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona. Uudet rakennusten energiatehokkuuksia koskevat määräykset tulivat Suomessa voimaan 1.7.2012.(RT RakMK–21504.)

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat (RT RakMK–21504):

- sähkö 1,7
- kaukolämpö 0,7
- kaukojäähdytys 0,4
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5

TAULUKKO1. Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja (RT RakMK–21504)

Luokka	Rakennustyyppi	Lämmitetty nettoala, Anetto	kWh/m ² vuodessa	
Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Pientalo	Anetto < 120 m ²	204
			120 m ² ≤ Anetto ≤ 150 m ²	372-1,4*Anetto
			150 m ² ≤ Anetto ≤ 600 m ²	173-0,07*Anetto
			Anetto > 600 m ²	130
	Hirsitalo		Anetto < 120 m ²	229
			120 m ² ≤ Anetto ≤ 150 m ²	397-1,4*Anetto
			150 m ² ≤ Anetto ≤ 600 m ²	198-0,07*Anetto
	Rivi- ja ketjutalo		155	
Luokka 2	Asuinkerrostalo		150	
Luokka 3	Toimistorakennus		170	
Luokka 4	Liikerakennus		240	
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240	
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170	
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170	
Luokka 8	Sairaala		450	
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaikaiset rakennukset		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta	

Esimerkki E-luvun laskemisesta:

(ostettu energia kaukolämpö $120 \text{ kWh/m}^2 \times 0,7$) + (sähkö $30 \text{ kWh/m}^2 \times 1,7$) = E-luku joka on 135 kWh/m^2 . Esimerkin mukainen E-luku täyttäisi vaatimukset pientalossa 540 neliöön asti ja hirsitalossa kaikilla nettoaloilla.

Asuinpientaloissa hirsiseinillä on omat vertailuarvot ja hirsirakennuksen E-luku on hieman muita rakennuksia korkeampi (taulukko 1). Hirsitalojen muita pientaloja korkeampi E-luku perustellaan hirsirakentamisen vähäisellä, koko elinkaaren aikaisella ympäristökuormituksella. Hirsitaloksi lasketaan rakennus, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on hirsi, jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm.. Loma-asuntojen osalta energiatehokkuustarkastelussa on poikkeuksia, käytetystä rakennusmateriaalista riippumatta. Vuoden 2012 energiatehokkuusmääräykset eivät koske loma-asuntoja, joihin ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää, eikä rakennuksia, joiden lämmitetty netto-ala on enintään 50 m^2 . (RT RakMK–21504.)

Loma-asuntoa, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä, koskevat vain vaipan lämpöhäviön vaatimukset. Loma-asunnoilla vaipan lämpöhäviöiden laskentaan on omat U-arvojen vertailuarvot. Jos hirsiseinän rakenteen keskimääräinen paksuus on vähintään 130 mm, U-arvon vertailuarvona käytetään $0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Muilla seinämateriaaleilla ja alle 130 mm hirsirakenteilla lämpöhäviöiden laskemisessa käytetään vertailuarvona $0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Muut energiatehokkuusvaatimukset eivät kosketa tätä rakennustyyppiä. Edellä mainittu poikkeus ei koske loma-asuntoja joita käytetään majoituselinkeinoon harjoittamiseen. (RT RakMK–21504.)

3.3 U-arvo

U-arvo on lämmönläpäisykerroin, jonka yksikkö on $\text{W/(m}^2\text{K)}$. Se tarkoittaa lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Rakentamisessa U-arvon tarkoituksena on kuvata rakennuksen eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi lämmöneristyskyky rakenteella on. Rakennuksen vaippaan kuuluvien osien (seinä, ylä- ja alapohja) U-arvo saa olla enintään $0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Seinärakenteelle käytetään vertailuarvoa $0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ja hirsiseinälle (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm) vertailuarvoa $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. 270 mm hirsi täyttää annetun arvon ilman lisä eristeitä. (RT RakMK–21504.)

U-arvo lasketaan seuraavalla kaavalla

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

jossa R_T on rakennusosan kokonaislämmönvastus.

Kokonaislämmönvastus R_T lasketaan kaavalla

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

jossa R_{si} on sisäpinnan lämmönvastus, R_{se} on ulkopinnan lämmönvastus ja R on rakenneosassa olevan ainekerroksen lämmönvastus. R lasketaan kaavalla $R = d / \lambda_n$ (3)

jossa d on ainekerroksen paksuus metreinä ja λ_n on ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo. (RT RakMK-21217.)

Sisäpinnan lämmönvastus R_{si} saa arvon 0,13 lämmön siirtyessä vaakasuuntaan, 0,10 lämmön siirtyessä ylöspäin ja 0,17 lämmön siirtyessä alaspäin. Ulkopinnan lämmönvastus R_{se} saa arvon 0,04. Molempien yksikkö on m^2K/W . Ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvolle λ_n on taulukoitu (taulukko 2) arvoja eri rakennusmateriaaleille ja sen yksikkö on $W/(mK)$. (RT RakMK-21217.)

TAULUKKO2. Esimerkkejä ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoista (RT RakMK-21217)

Aine, tarvike	Kuivatiheys kg/m ³	Kosteuspitoisuus % kuivapainosta	Lämmönjohtavuus (λ_n) W/(mK)
Lasivilla	18-30	0,5	0,06
Kivivilla	30-60	0,5	0,06
Puukuitueriste	30-60	12	0,06
Koivuvaneri	700	8	0,16
Betoni	2000	2	1,2
Reikätiilet	1500	1	0,6
Puu, mänty, kuusi	450	14	0,12
Rauta, teräs	7900		50
Lasi	2500		1

Jos rakenteessa on lämmön kulkusuuntaan nähden vierekkäin erilaisia materiaaleja, lasketaan rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T ylä- ja alalikiarvojen R_{T1} ja R_{T2} keskiarvona. Tällainen rakenne on esimerkiksi seinä jossa puurungon välissä on eristettä.

Ylälikiarvo R_{T1} lasketaan kaavalla

$$R_{T1} = 1 / (f_a / R_{Ta} + f_b / R_{Tb} + \dots + f_n + R_{Tn}) \quad (4)$$

jossa f_a on lohkon a alan osuus koko rakenteesta ja R_{Ta} on lohkon a kokonaislämmönvastus m^2KW .

Alalikiarvo R_{T2} lasketaan kaavojen 5 ja 6 avulla

$$R_{T2} = R_{si} + R_1 + R_{a+b} + \dots + R_n + R_{se} \quad (5)$$

$$R_{a+b} = 1 / (f_a / R_a + f_b / R_b) \quad (6)$$

joissa a ja b ovat vierekkäin olevia materiaaleja, esimerkiksi puu ja eriste. (RT RakMK–21217.)

Esimerkki hirsiseinän U-arvon laskemisesta:

Käytetään 202 mm paksua hirttä, jonka lämmönjohtavuus on 0,12 W/(mK).

Aluksi lasketaan hirren lämmönvastus R_{hirsi} kaavalla 3.

$$R_{\text{hirsi}} = d / \lambda_n$$

$$R_{\text{hirsi}} = 0,202 \text{ m} / 0,12 \text{ W/(mK)}$$

$$R_{\text{hirsi}} = 1,683 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Seuraavaksi lasketaan rakenteen kokonaislämmönvastus R_T -kaavan 2 avulla.

$$R_T = R_{\text{si}} + R_{\text{hirsi}} + R_{\text{se}}$$

$$R_T = (0,13 + 1,683 + 0,04) \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 1,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Lopuksi lasketaan seinän U-arvo kaavalla 1.

$$U = 1 / R_T$$

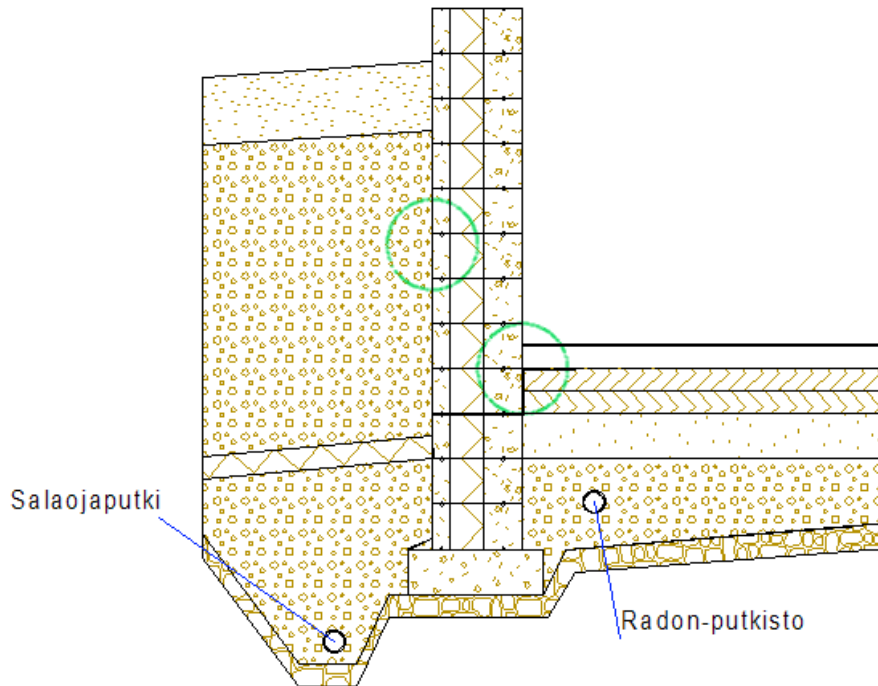
$$U = 1 / 1,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Esimerkkilaskun seinä ei täytä asuinrakennuksen hirsiseinälle annettua vertailuarvoa 0,40 W/(m²K). Esimerkin hirsiseinä täyttää kuitenkin hirsirakenteisen loma-asunnon vertailuarvon 0,80 W/(m²K). (RT RakMK–21504.) Hirsiseinän U-arvo laskuissa ei huomioida hirsien liitoksia, eikä hirren väliin tulevia tiivisteitä, vaan seinää tarkastellaan yhtenäisenä puuna.

3.4 Radon

Maankuorella syntyvä radioaktiivinen jalokaasu radon aiheuttaa keuhkosyöpää. Suomessa suurimpia radonlähteitä ovat maaperä ja täytesora, joista radon pääsee virtaamaan perustusten kautta rakennukseen (kuva 3). Suunnittelussa ja rakentamisessa tulee radonriskit ottaa huomioon niin, että ne eivät ylitä määräyksissä annettuja arvoja. Määräysten mukaan radonpitoisuus ei saisi ylittää 400 Bq/m³ arvoa asunnon huoneilmassa. Asunto tulisi suunnitella ja rakentaa niin, että arvo jäisi alle 200 Bq/m³. Radonia torjutaan rakenteiden tiivistämisellä ja hyvällä ilmanvaihdolla. Tiivistämisen tavoitteena on saada alapohjaan ilmasulku, joka estää virtaukset rakennuspohjasta huoneeseen. Hyvällä ilmanvaihdolla ja tuuletusjärjestelmällä pyritään pienentämään radonin määrää ilmassa, varsinkin jos alapohjan tiivistäminen ei ole onnistunut täydellisesti. Ilmanvaihdolla poistetaan myös muita ilman epäpuhtauksia. (RT 81–11099.)



KUVA 3. Radon. Esimerkkejä rakennuksen kohdista joissa tiiveydestä on erityisesti huolehdittava. Kuva Pekka Happonen 2013 (RT 81–11099)

3.5 Kosteus

Rakennusta suunniteltaessa on otettava huomioon kosteuden kertyminen rakennuksen osiin ja sisäpinnoille. Kosteuden kertyminen ei saa aiheuttaa käyttäjälle hygienia- tai terveysriskiä. Kosteus ei saa tunkeutua rakenteisiin vahingollisesti rakennuksen ulko- tai sisätiloista. Ulkona kosteuden lähteitä ovat mm. lumi- ja vesisade, maaperän kosteus ja ulkoilman vesihöyry. Sisätiloissa kosteutta pääsee rakenteisiin vesihöyrystä, roiskeista ja vesivahingoista. Rakennuksen tulisi säilyttää kosteudenkestävyys, normaalilla huollolla, koko kohtuullisen taloudellisen käyttöiän ajan. (RT RakMK–21099.)

Kosteus vaikuttaa huokoisten rakennusaineiden, erityisesti puun, muotoon ja mittoihin. Kosteuselämisen vaikutuksesta esimerkiksi pinnoitteet saattavat irrota. Kosteuden noustessa riittävän suureksi alkaa puu lahota ja tavallinen teräs ruostua. Kastuttuaan monet rakennusmateriaalit erittävät ilmaa pilaavia kaasuja. Hometta voi muodostua minkä tahansa aineen pinnalle, jos kosteudelle altistuminen on pitkäaikaista. Kosteudesta johtuvia haittoja ja vaurioita pyritään torjumaan oikeaoppisella suunnittelulla ja rakentamisella. Kosteus tulee ottaa huomioon kaikissa rakennusvaiheissa aina rakennuspohjasta vesikattoon. (RT RakMK–21099.)

Kastepiste tarkoittaa sitä ilman lämpötilaa, jossa ilman sisältämän vesihöyryn tiivistyminen alkaa. Höyrynä rakenteen läpi kulkeva vesi ei kastele rakennetta, mutta talvella rakenteen kerrosten sisään muodostuu kastepiste. Kastepisteen muodostuminen johtuu rakenteen sisä ja ulkopinnan lämpötila erosta. Kastepisteessä vesihöyry tiivistyy vedeksi, joka ajanmyötä vahingoittaa rakennetta. Tiivistynyt vesi pyritään kuivaamaan rakenteesta tuuletus raon avulla. (Kokko 2002, 7.) Hirsiseinässä kastepistettä ei yleensä pääse muodostumaan, joten detaljikirjastoa luodessa kastepiste huomioidaan tarkemmin vain ylä- ja alapohjan rakenteissa.

3.6 Tiiveys

Ilmanvirtaukset eivät saa aiheuttaa haittoja rakenteille, rakennuksen energiatehokkuudelle tai käyttäjälle. Rakennusvaipasta ja tilojen välisistä rakenteista tulisi tehdä mahdollisimman tiivitä. Ilmanpitävyyteen tulee kiinnittää huomiota rakenteita suunniteltaessa ja rakennustyöt tulee suorittaa huolellisesti. Erityisesti huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitoksiin ja läpivienteihin, koska ne ovat suurimpia vuotokohtia. Tarvittaessa rakenteet suojataan ilmanvirtauksilta tuulensuojilla ja ilmasuluilla. Rakennusvaipan ilmanpitävyys ilmoitetaan ilmavuotolukuna q_{50} , $m^3/(hm^2)$. Ilmalukuvuoto kertoo kuinka suuri vuotoilmavirta on tunnissa rakennuksen vaipan sisä pinta-alaa kohden. Ilmavuotoluku saa olla enintään $4 m^3/(hm^2)$. Mikäli rakennuksen ilmanpitävyys huononee merkittävästi, johtuen rakennuksen käytön vaatimista rakenteellisista ratkaisuksista, voi ilmavuotoluku ylittää arvon $4 m^3/(hm^2)$. (RT RakMK–21504.)

4 HIRSIRAKENNUKSEN ERITYISOMINAISUUDET

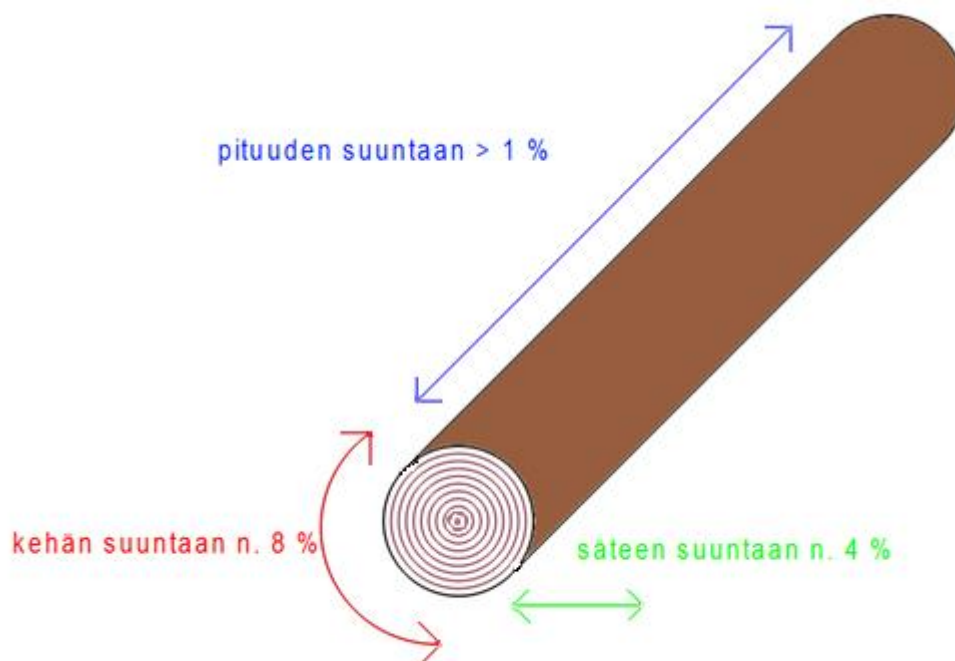
Hirsirakenteita suunniteltaessa tulee rakentamisessa normaalisti huomioitavien asioiden lisäksi huomioida hirsirakennuksen erityisominaisuudet. Detaljikirjastoa päivitettäessä huomioidaan erityisesti seuraavissa luvuissa käsitellyjä seikkoja.

4.1 Materiaalit

Rantasalmi Hirsitalot käyttää rakenteissaan pääasiassa omia tuotteita, mutta myös muiden tuotteita käytetään. Rantasalmi Hirsitalojen ulkopuolelta tulevia tuotteita ovat esimerkiksi hirsirakenteissa tarvittavat metallitarvikkeet ja eristeet. Rakenteissa käytettävien materiaalien ja tuotteiden tulee olla laadultaan hyviä ja täyttää määrätyt vaatimukset, lisäksi materiaalien valintaa vaikuttavat myös kustannukset ja kotimaisuus. Rakenteen kustannuksia pyritään pienentämään myös tasokkaalla suunnittelulla.

4.2 Puun kosteuskäyttäytyminen

Puu on hygroskooppinen eli vettä imevä aine, joka pystyy sitomaan ilman vesihöyryä. Puu kutistuu tai turpoaa kosteuden vaihdella aina puun syiden kyllästymispisteeseen asti. Puun syiden kyllästymispiste on noin 30 %. Puu kutistuu kuivuuksaan ja turpoaa imiessään kosteutta, mutta puun eläminen tapahtuu eri tavalla eri suunnissa (kuva 4). Puun kosteuteen vaikuttaa ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. (RT 82–10415.)



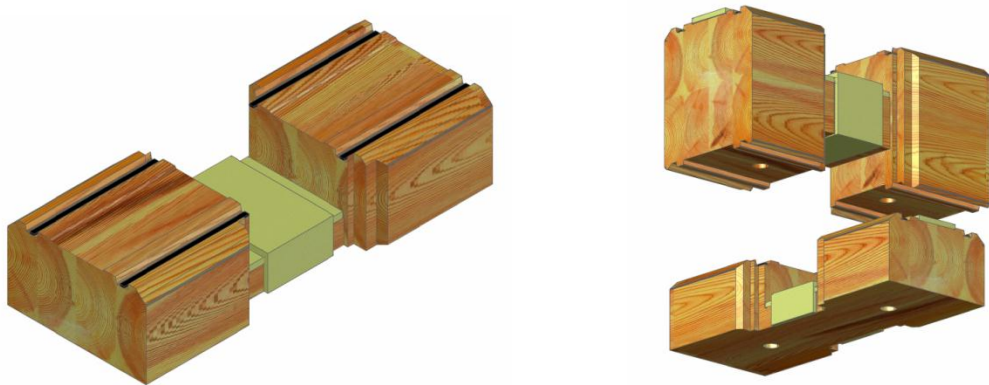
KUVA 4. Puun eläminen. Puun eläminen eri suuntiin kosteuden vaihdella 0–30 %. Kuva Pekka Happonen 2013 (RT 82–10415)

Hirsiseinän kosteus riippuu monesta tekijästä, jotka vaikuttavat rakenteellisen suojauksen sekä ilman suhteellisen kosteuden kautta rakenteen tasapainokosteuteen. Välillisesti kosteuteen vaikuttavat esimerkiksi vuondenaika, rakennuksen sijainti ja käyttötarkoitus. Normaalisti tasapainokosteus vaihtelee rakenteen sisäpuolella 8–15 prosentin välillä ja ulkopuolella 10–20 prosentin välillä. Ympäri vuoden lämmitetyissä rakennuksissa tasantuneen hirsiseinän sisäosien kosteuden pienempi, se vaihtelee vain 10–14 prosentin välillä. (RT 82–10415.)

Kosteuden vaihtelut aiheuttavat puussa muodonmuutoksia, jotka taas aiheuttavat sisäisiä jännityksiä. Jännitysten ylittäessä puun vetolujuuden siihen syntyy halkeamia. Halkeamien ei kuitenkaan katsota vaikuttavan haitallisesti hirren lujuus- ja lämmönjohtumisravoihin. Hirren halkeilua aiheuttaa myös rakennusaikaisen kosteuden poistuminen puun ytimestä, tämä tapahtuu hitaasti, yleensä vasta lämmityksen aloittamisen jälkeen. (RT 82–10415.)

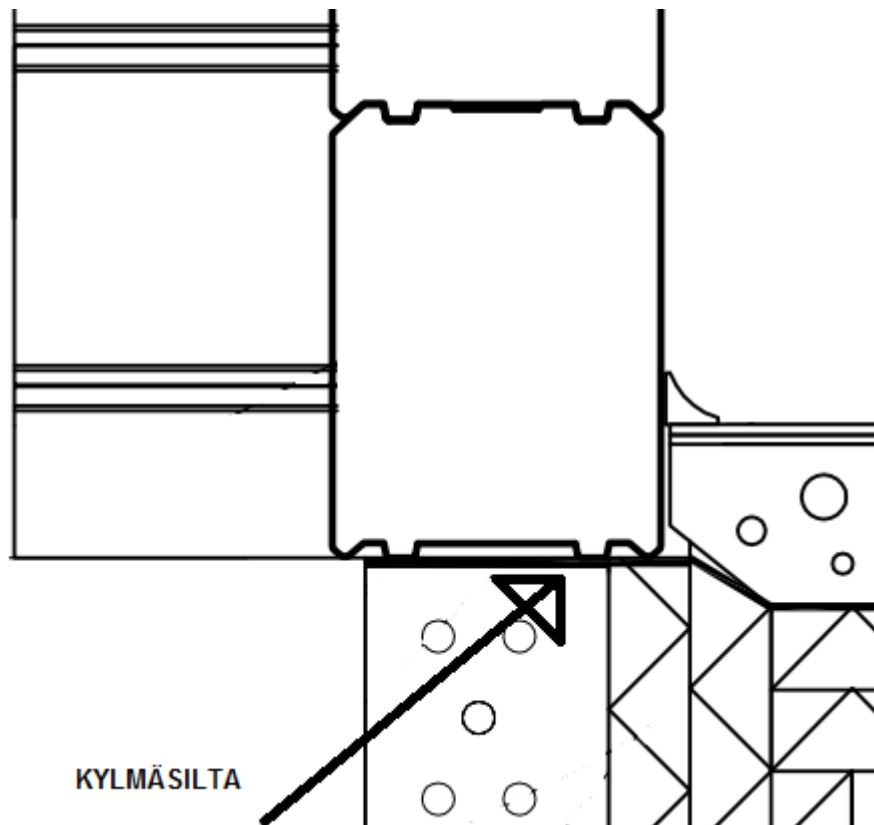
4.3 Hirsiseinän tiiveys

Hirsiseinä on hengittävä rakenne, koska se päästää kosteutta lävitseen. Hirsiseinä suodattaa kosteuden tasaisesti ja luo edellytykset hyvälle sisäilmalle. Hirsiseinässä haitallisia ilmavuotoja estetään tiivistämällä rakenteen liitoksia (kuva 5).



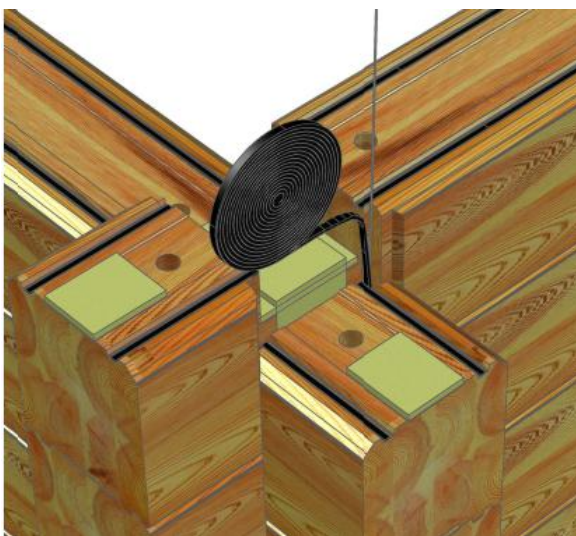
KUVA 5. Rakenteen tiivistäminen. Hirsiseinässä haitallisia ilmavuotoja estetään tiivistämällä rakenteen liitoksia eristeillä. Rantasalmen kuva-arkistot 2012

Kylmäsiljat ovat rakennuksen vaipan kohtia, joista lämpöä vuotaa huomattavasti enemmän kuin ympäröivästä rakenteesta. Kylmäsilta voi aiheuttaa sisäilman kosteuden tiivistymisen rakenteen pinnalle ja tästä saattaa seurata home- ja lahovaara. Helpoimmin kylmäsiltoja muodostavat hyvin lämpöä johtavat rakennusmateriaalit, kuten teräs ja betoni. Kylmäsiltoja tulee erityisesti rakennuksen nurkkiin sekä lattian ja seinän liitoskohtiin. (RT RakMK–21217.) Detaljikirjastoa laadittaessa lämmöneristyksessä kiinnitetään erityisesti huomiota kylmäsiltoihin ja pyritään estämään niiden muodostumista. Hirsirakentamisessa kylmäsiltoja muodostuu erityisesti hirren ja perustuksen väliin (kuva 6) sekä nurkkaliitoksiin.



KUVA 6. Kylmäsilta. Perinteisesti hirsirakentamisessa käytetyssä alapohjassa kylmäsilta voi muodostua nuolen osoittamaan paikkaan. Rantasalmen kuva-arkistot 2012

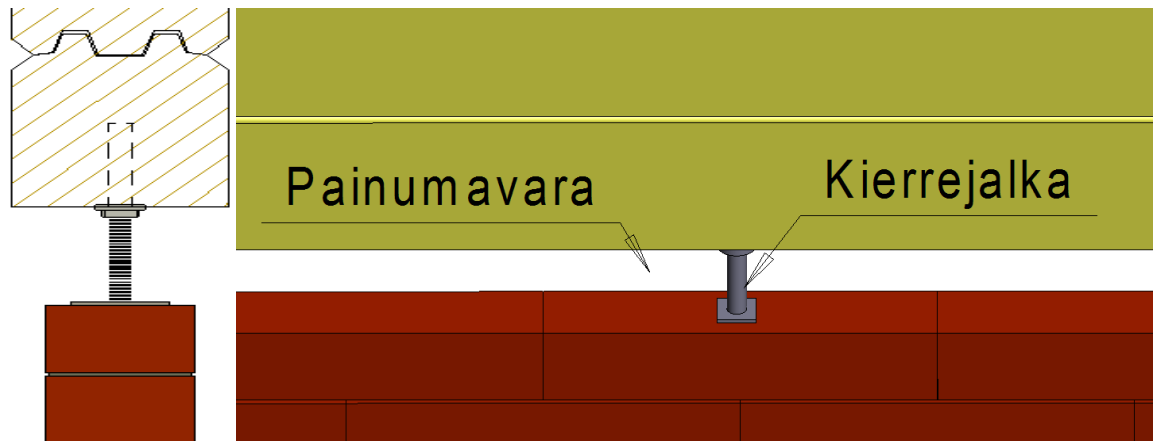
Hirsiseinän nurkkaliitoksiin muodostuvien kylmäsiltojen torjumiseksi Rantasalmi Hirsitaloilla on oma patentoitu ratkaisu. Nurkkaliitokseen tulee koko seinän matkalle pystysuuntaiset eristeet (kuva 7) jotka parantavat liitoksen tiiveyttä.



KUVA 7. Nurkkaliitos. Nurkkaliitoksen pystysuuntaiset eristeet kylmäsiltojen torjumiseksi. Rantasalmen kuva-arkistot 2012

4.4 Rakenteen painuminen

Hirsirakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon puun kuivumisesta, seinän saumojen tiivistymisestä ja kuormituksesta johtuva painuminen. Hirsityypistä riippuen rakenteet painuvat noin 10–50 mm /korkeusmetri. Painuminen on otettava huomioon liitettäessä hirsirakenteisiin portaita, pilareita, tiiliseiniä ja kevyitä rankarakenteisia väliseiniä. Kantavat rakenteet tulee varustaa kierrejalalla ja painumattomat rakenteet painumavaralla (kuva 8). (RT 82–10415.)

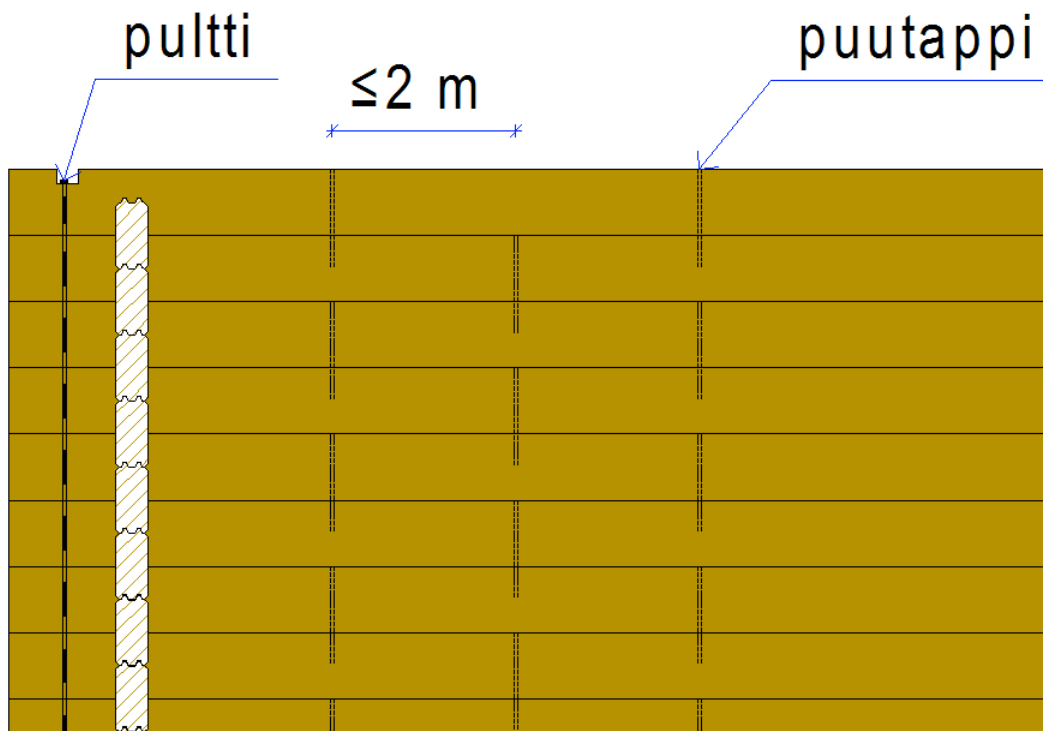


KUVA 8. Painumattoman rakenneosan liittyminen hirsirakenteeseen. Kuva Pekka Happonen 2013 (RT 82–10415)

Painuminen tulee ottaa huomioon jyrkissä kattorakenteissa. Hirsirakenteen painuessa kattotuolien alapäätyt työntyvät ulospäin ja samalla pullistavat ulkoseiniä ulospäin. Kattotuolit tuleekin kiinnittää kyseisen liikkeen sallivilla hahloilla. Painuminen täytyy huomioida myös ovi- ja ikkuna-aukoissa, ne tuleekin vahvistaa karapuilla, jonka yläpäähän jätetään painumisvara. Karapuut asennetaan hirsiseinän päihin tehtyihin aukkoihin, näin ne estävät hirrenpäiden sivuttaissiirtymistä. (RT 82–10415.) Rantasalmi Hirsitalojen rakennuksissa painuminen huomioidaan pääasiassa tässä luvussa käsiteltyjen asioiden mukaisesti.

4.5 Tapitus ja pulttaus

Varsinkin kierresyiset puut pyrkivät kuivuessaan vääntymään ja taipumaan. Tapitus ja pulttaus sitovat hirsiseinän yhdeksi kokonaisuudeksi joka estää hirsii vääntymästä paikoiltaan. Tämä on tärkeää varsinkin aukkojen reunoissa ja pitkillä sivuilla. Puutappien välimatka saa olla enintään 2 metriä ja vähintään jokaisessa ulkonurkassa tulee olla seinän läpi menevä pultti (kuva 9). Pitkillä seinillä voidaan pulttausta käyttää myös seinien keskellä. (RT 82–10415.) Pulttaus toteutetaan Rantasalmi Hirsitalojen rakennuksissa yleensä seuraavan kuvan mukaan (kuva 9). Rantasalmi Hirsitalojen rakennuksissa tappien välimatka on vain 600 millimetriä.



KUVA 9. Hirsiseinän jäykistys. Hirsiseinän jäykistys tapein ja pultein. Kuva Pekka Happonen 2013 (RT 82–10415)

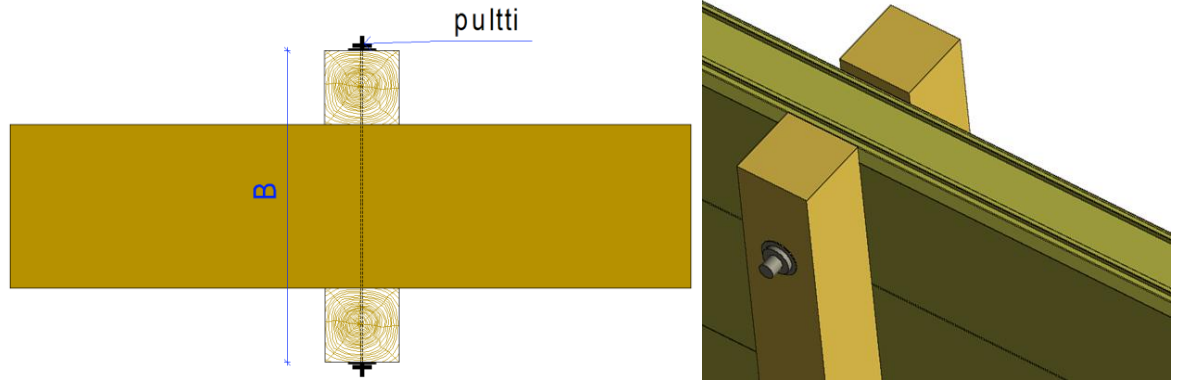
4.6 Hirsiseinän kestävyys

Hirsiseinän kestävyteen vaikuttaa hirsien leveys ja poikittaisten hirsiseinien välimatka. Pitkiä hirsiseiniä voidaan mahdollisesti tukea lyhyillä ristikkonurkillä tai tukipuilla. Tukipuut tulevat pystysuoraan hirsiseinän molemminpuolin ja ne kiinnitetään koko rakenteen läpi menevällä pultilla (kuva 10). Lyhyiden ristikkonurkkien ja tukipuiden katsotaan vastaavan kiinteää tukea, jos ne täyttävät kaavojen 7 tai 8 ehdot. (RT 82–10415)

Ristikkonurkka $B=4 \times b \times h/2500 \geq 400$ (7)

Tukipuu $B=3 \times b \times h/2500 \geq 210$ (8)

Kaavoissa 7 ja 8 B on koko tuen pituus (kuva 10), b on hirren leveys ja h on seinän korkeus. Kaikki arvot ilmoitetaan millimetreinä. (RT 82–10415)



KUVA 10. Tukipuut. Pitkiä hirsiseiniä voidaan tukea pystysuorilla tukipuilla. Tukipuut kiinnitetään seinän läpi menevällä pultilla. Kuvassa B on koko tuen pituus. Kuva Pekka Happonen 2013 (RT 821–0415)

4.7 Puun lahoaminen

Lahoamisen aiheuttavat puuta ravinnoksi käyttävät lahottajasienet. Sienirihmaston kasvuun ja puun lahoamisnopeuteen vaikuttavat puun laatu, kosteus ja lämpötila. Tärkein lahoamista edistävä tekijä on kosteus, sillä sienet tarvitsevat kasvaakseen vähintään 20 prosentin kosteuden ja $+5\text{ C}^{\circ}$ lämpötilan. Sienirihmastolle ihanteellisissa kasvuolosuhteissa saattaa puinen rakennusosa tuhoutua muutamassa kuukaudessa. Lahoaminen tulee ottaa huomioon erityisesti kehikon alimmissa hirsissä, jotka ovat alttiita roiske- ja sadevedelle. Alapohjan ja hirren välinen liitos tulee eristää kosteudelta ja hirsseinän alapinnan tulisi olla yli 30 senttimetrin korkeudella maanpinnasta. Sisätiloissa vesipisteet ja suihkut tulisi sijoittaa tiili- tai kevytrakenteisille seinille. Sinistäjä sienet kasvattavat puun sisään rihmastoja lahottajasienten tapaan. Sinistäjä sienet aiheuttavat puutavaraan värivikoja, mutta niitä voidaan torjua oikeaoppisella pintakäsittelyllä. (RT 82–10415.)

5 HAASTATTELUT

Näkökohtia detaljien suunnitteluun haluttiin selvittää haastatteluilla. Haastattelujen tarkoituksena oli tuoda esille pitkään alalla toimineiden henkilöiden näkemyksiä detaljeista. Aluksi oli tarkoitus haastatella suunnittelijaa, rakentajaa ja asiakasta. Asiakkailta käyttökelpoisten tulosten saaminen olisi kuitenkin vaatinut useamman henkilön haastattelua, joten opinnäytetyötä varten haastateltiin vain suunnittelijaa ja rakentajaa. Haastattelut rajattiin koskemaan vain ylä-, väli- ja alapohjarakenteita.

Haastatteluissa suunnittelijalle ja rakentajalle esitettiin seuraavat kysymykset:

Mitkä ovat alapohjarakenteen tärkeimpiä ominaisuuksia?

Millaista alapohjarakennetta suosit: maanvarainen laatta, reunavahvistettu laatta vai rossipohja? Miksi?

Kuinka hirsirakenteisen talon alapohja poikkeaa esimerkiksi pystyrunkoisesta talosta?

Mitkä ovat välipohjarakenteen tärkeimpiä ominaisuuksia?

Kuinka toteuttaisit mahdollisimman hyvän äänieristyksen välipohjassa?

Kuinka hirsirakenteisen talon välipohja poikkeaa esimerkiksi pystyrunkoisesta talosta?

Mitkä ovat yläpohjarakenteen tärkeimpiä ominaisuuksia?

Kuinka hirsirakenteisen talon yläpohja poikkeaa esimerkiksi pystyrunkoisesta talosta?

5.1 Suunnittelijan haastattelu

Haastateltuna suunnittelijana toimi Rantasalmen pääsuunnittelija rakennusinsinööri Timo Karhu. Timo Karhun mukaan alapohjan tärkeimpiä ominaisuuksia ovat lämmöneristyskyky, radoneristys ja kuormituskantavuus. Alapohjarakenteista hän suosisi rossipohjaa, koska radonin torjunta on helpompaa. Lisäksi rossipohja on kustannus tehokas ja perustusrakentaminen on helppompaa kuin muissa rakenteissa. Karhun mukaan hirsirakenteisen talon rossipohjassa ei tarvita palkkia tai sokkelia. Betonisessa alapohjassa tulee hirren ja alapohjan väliin asentaa kosteuseriste.

Karhun mielestä välipohjan tärkeimpiä ominaisuuksia ovat äänieristys ja kuormituskestävyys. Yläpohjassa tärkeimpiä ominaisuuksia ovat lämmöneristys, tuuletus ja kuormituskestävyys. Hirsirakenteisessa talossa ylä- ja välipohjan kannatus voidaan tehdä hirsillä.

5.2 Rakentajan haastattelu

Haastateltuna rakentajana toimi rakennusliikkeen johtaja Jani Huoman. Huomanin mukaan alapohjarakenteen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kapilaarikatko ja painumattomuus. Kapilaarikatkon rakentaja tuoteuttaa laittamalla tarpeeksi soraa alle. Maanperätutkimus on rakentajan mielestään yksi parhaista viimeisen 10 vuoden aikana tulleista määräyksistä. Huomanin mielestä perustusten teko on rakennuksen tärkein osa, koska sitä ei voi korjata jälkikäteen. Alapohjarakenteista Huoman suosii maanvaraista laattaa, koska se on nopea ja helppo tehdä. Hänen mielestään lattialämmitys on ehdottomastiärkevin lämmitysmuoto nykyaikaisessa ympärivuotisessa rakennuksessa. Lisäksi lattialämmityksen tekeminen maanvaraiseen laattaan on helppoa.

Huomanin mukaan välipohjarakenteen tulee olla käyttöön suhteutettuna riittävän vahva. Välipohja tulee suunnitella erityisen hyvin, jos yläkertaan tulee esimerkiksi pesuhuoneita tai tulisijoja. Huomanin mielestä välipohjan vasoitus on paras tehdä välipohjapalkeilla, jotka kiinnitetään palkkikengillä. Tämä mahdollistaa LVI-putkien helpon asennuksen. Huomanin mukaan palkkikengät on helppo kiinnittää hirsitaloon, koska seinärakenne on yhtenäinen. Näkyvät hirsipalkit rakentaja tekisi mieluiten koristepalkeilla, jotka eivät ole varsinaisia kantavia rakenteita. Huomanin mielestä myös äänieristys on välipohjan tärkeä ominaisuus. Rakentaja suosii tiiviisti joka paikkaan pakkautuvaa puhallusvillaa, koska se parantaa ääneneristävyyttä. Myös valut tuovat äänieristävyyteen huomattavan edun, lisäksi ne parantavat rakenteen värähtelyä. Jos välipohja pinnoitetaan lattialaudalla, Huoman käyttää laudan ja vasan välissä pahvia, joka lisää rakenteen ääneneristävyyttä.

Yläpohjarakenteissa Jani Huoman nostaa esille riittävän tuuletuksen. Katemateriaalina rakentaja käyttää mielellään peltiä, koska se on nopea asentaa. Huoman käyttää puhallusvillaä myös yläpohjassa, koska se on nopea ja erittäin tiivis eristämismuoto. Tosin huolellisuutta vaaditaan, jotta puhallusvilla ei tuki tuuletusrakoa. Huoman muistuttaa, että hirsirakenteiden painuminen tulee huomioida vaarnapalkkien ja vasojen asennuksessa.

Lisäksi Huoman toivoisi että, detaljit olisivat selkeitä ja sisältäisivät riittävästi tietoa. Selkeät detaljit nopeuttaisivat rakentamista. Huoman haluaisi, että rakenteiden liittymäkohdissa olisi selkeät toteutustavat, jotta rakenteista tulisi tiiviitä ja toimivia. Huoman sanoo että, esimerkiksi yläpohjan ilmansulkupaperin liitoksia ei aina ole selitetty tarpeeksi selkeästi. Hän toivookin, että liittymäkohtien detaljit tehtäisiin tarpeeksi suurina, esimerkiksi 1:10 mittakaavassa. Huoman kehottaa ottamaan mallia esimerkiksi Ekovillan ohjeista. Hän sanoo, että detaljit tulisi olla suunniteltu siten, että ne sopisivat mahdollisimman moneen kohteeseen.

5.3 Haastattelujen analysointi

Haastattelujen määrä rajautui lopulta vain kahteen, joten saadut tulokset jäivät melko suppeiksi. Haastatellut henkilöt tekevät kuitenkin tiiviisti yhteistyötä yrityksen kanssa, joten tulokset ovat hyödyllisiä. Haastatteluissa nousi esille tärkeitä detaljien suunnitteluun vaikuttavia asioita, joita ei teoriaosassa käsitelty. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi ääneneristys ja kuormituskestävyys. Lisäksi Jani Huomanin haastattelussa nousi esille tärkeitä seikkoja liittyen muun muassa detaljien ulkoasuun. Huoman antoi myös vinkkejä käytettävistä materiaaleista ja nopeasti toteutettavista rakenne ratkaisuksista. Haastatteluista muodostui hyvä lisä teoriaosalle ja niistä oli paljon apua detaljeja suunniteltaessa.

6 DETALJIKIRJASTOJEN PÄIVITYS

Detaljikirjastojen päivittäminen aloitettiin tarkastelemalla kokonaisuudessaan tuotettu aineisto Rantasalmen johtoryhmän ja suunnittelujohtajien kanssa. Tutkimme yhdessä Rantasalmen vanhan detaljikirjaston ja mietimme tuotetun aineiston pohjalta detaljeihin tehtävät parannukset. Yritys haluaa pitää erikoisemmat rakennusratkaisut, kuten Ekorex-tuotteet, salaisina. Tästä johtuen työtä varten laadittiin, erillinen, suppeampi kirjasto yleisimmistä rakenteista. Detaljeja laadittaessa yrityksen rakennesuunnittelijat ottivat huomioon teoriaosasta pois jääneitä tärkeitä seikkoja, kuten rakenteiden lujuusominaisuuksia ja palonkestävyyttä.

Detaljien tekeminen aloitettiin esimerkki detaljilla (liite 1). Esimerkki detaljin lähtökohtana ei ollut perehtyä rakennusteknisiin ratkaisuihin vaan pyrkiä kertomaan hirsirakentamisen hyviä puolia. Lisäksi detaljissa tuotiin esille, kuinka tuotetun aineiston asioita huomioitiin detaljien suunnittelussa. Mielestäni esimerkki detaljia pystyy käyttämään myös apuna markkinoinnissa, esimerkiksi näppäränä tietopakettina asiakkaalle.

Työn seuraavana vaiheena oli detaljikirjaston (liite 2) laatiminen. Kirjastoon laadittiin muutaman erilaisen ylä- ja alapohjanliitoksen, sekä välipohja liitoksen. Alapohja liitoksissa kiinnitettiin huomiota erityisesti radonin torjuntaan lisäämällä radon-putkisto ja kumibitumikermi. Lisäksi kylmäsiltoja pyritään torjumaan riittävällä eristyksellä. Riittävä eristys huomioitiin myös yläpohja rakenteissa. Lisäksi yläpohjassa huomioitiin hirren painuminen.

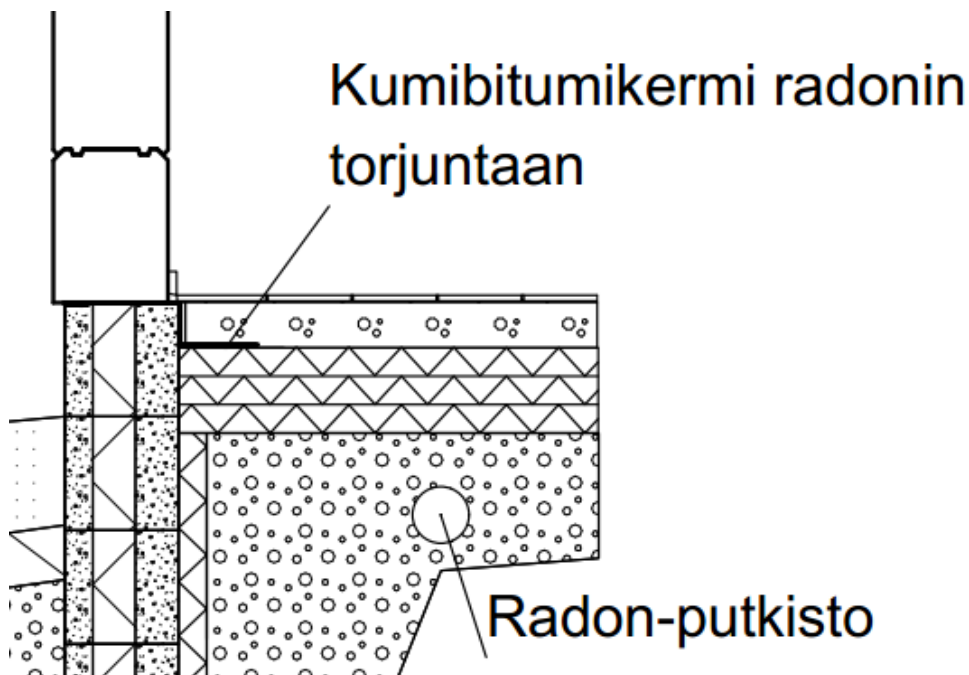
Detaljeja laadittiin myös ylä- ja alapohjan rakenneratkaisuista. Lisäksi tarkasteltiin terassin ja ikkunan kiinnitystä. Ikkuna ja terassi rakenteissa huomioitiin erityisesti hirren painumisen salliva kiinnitys, kuten ikkunan yläpuolelle jäävä painumavara. Laadittujen detaljien on tarkoitus helpottaa suunnittelijan ja rakentajan työtä. Lisäksi detaljit toimivat lähtökohtana uusia rakennusratkaisuja mietittäessä.

Työssä tarkasteltiin myös detaljien U-arvoja. Esimerkki U-arvo (liite 3) laskettiin yläpohjarakenteelle käyttämällä kaavoja 1–6. U-arvojen tarkastelu jätettiin kuitenkin melko vähäiseksi, koska E-luvun myötä se vaikuttaa enemmän vain loma-asuntoihin. Uudisrakentamisessa käytettävää E-lukua ei detaljeille pystytty laskemaan, koska se vaatisi tiedon rakennus alasta ja lämmitysmuodosta.

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tarkemmin detaljien päivittämistä teoriaosan ja haastattelujen pohjalta.

6.1 Alapohjan detaljien tarkastelu

Alapohjan tarkastelussa päällimmäiseksi asiaksi nousi radon, jota ei käsitelty vanhoissa detaljeissa ollenkaan. Uusissa detaljeissa radon huomioitiin sijoittamalla rakenteen pohjaan radon-putkisto. Lisäksi betonilaatan ja harkon liitos tiivistetään bitumikermillä (kuva 11). Yritys suosii maanvaraista laattaa, koska se on todistetusti kustannustehokas ja nopea alapohjan toteutustapa.



KUVA 11. Radonin torjunta. Radonin torjunnassa huomioituja asioita. Kuva Pekka Happonen 2013

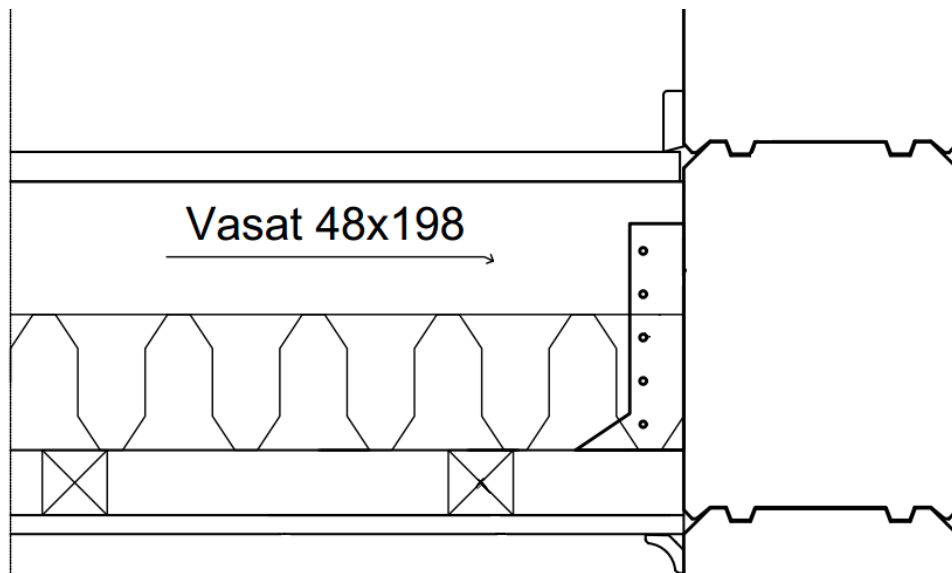
Rossipohja, eli tuulettuva alapohja on yleensä mielletty hirsirakennuksen oikeaksi alapohjaksi. Rossipohjan detaljia laadittaessa nousivat esille ekologiset seikat. Rakenteessa käytetään puukuitueristettä ja höyrynsulkupaperia, muovin sijaan. Lisäksi puukuitueriste ja höyrynsulkupaperi parantavat rakenteen hengittävyttä.

Vanhoissa detaljeissa käytetyt rakennusmateriaalit ovat vanhanaikaisia. Nykyaikaiset rakennusmateriaalit, kuten XPS-eristeet, ovat yleistyneet ja tämän takia niitä käytettiin uusissa detaljeissa. Uusien rakennusmateriaalien avulla esimerkiksi kylmäsiltojen torjumisen on helpompaa.

6.2 Välipohjan detaljien tarkastelu

Hyvä ääneneristyskyky on yksi välipohja suunnittelun lähtökohdista. Uusien rakennusmääräysten mukaisen välipohjan värähtelytarkastelun myötä betonivalujen käyttö on yleistynyt myös puurakenteisissa välipohjissa. Erityisesti kipsivalun käyttö on yleistynyt, koska se kuivuu betonivalua nopeammin. Välipohjan eristeenä käytetään puhallusvillaa.

Perinteisesti hirsirakenteinen välipohja on tehty kantavien hirsien avulla. Hirret ovat perinteisesti salvestettu seinän läpi, tämä ratkaisu kuitenkin heikentää rakenteen ilmatiiveyttä. Uusissa detaljeissa välipohja on toteutettu välipohjapalkkeilla, jotka kiinnitetään palkkikengillä (kuva 12). Välipohjapalkkeihin yritys käyttää omia liimattuja GL32 lujuuden omaavia palkkeja.



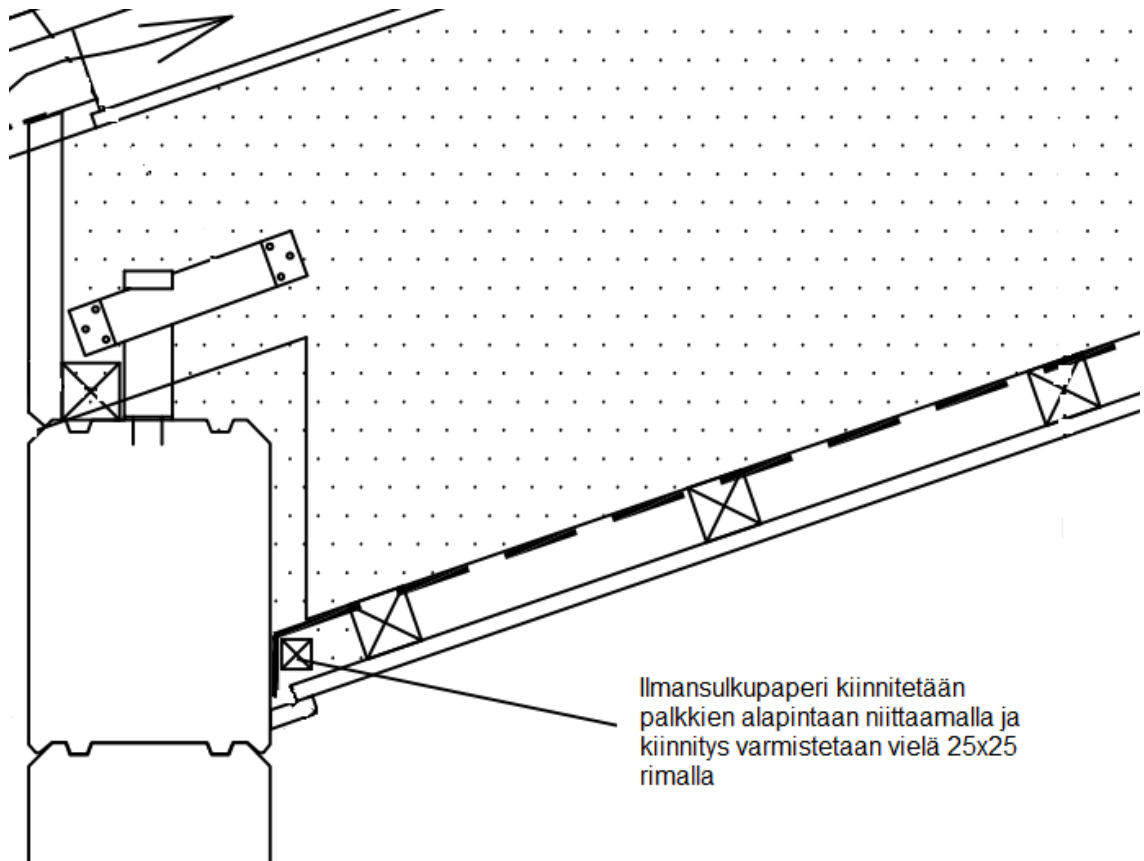
KUVA 12. Välipohjan kiinnitys. Välipohjan kiinnitys palkkikengillä.

Kuva Pekka Happonen 2013

6.3 Yläpohjan detaljien tarkastelu

Yläpohjan detaljeja tarkasteltaessa kiinnitettiin erityisesti huomiota rakenteen riittävään tuuletukseen. Normaalisti tuuletus on myös tärkeä osa seinärakenteita, mutta hirsirakenteissa sitä ei tarvitse ottaa huomioon. Riittävä yläpohjan tuuletusrako on noin 100 millimetriä. Yläpohjarakenteina hirsitalossa käytetään usein vaarnapalkkeja, jolloin yläpohjan eriste tulee lähelle katon aluskatetta katon harjalle asti. Tällaisissa rakenteissa riskinä on, että katon riittävä tuulettuminen ei toteudu. Yrityksen vanhoissa detaljeissa oli aiemmin totuttu käyttämään harjatuuletusventtiiliä, joka todettiin erittäin riskialttiiksi ratkaisuksi, koska harjatuuletusventtiili on Suomen lumimäärillä käytännössä viisi kuukautta tukittuna. Tulevat rakennukset pyritään suunnittelemaan, siten että harjalle jää reilu tuulettuva tila, joka tuuletetaan talon päädyistä.

Yläpohjan rakenteissa tarkasteltavaksi asiaksi nousi myös hirsirakenteen painuminen, joka otettiin huomioon kiinnittämällä vaarnapalkit hirsiseinään liukuraudoilla. Yläpohja rakenteen liukuminen vaatii erityistä huomiota tiiveyden kannalta, koska ilmansulkupaperin oikeaoppinen asentaminen ei ole helppoa. Ilmansulkupaperin asentamisesta ei löytynyt aiempaa detaljia, mutta Ekovillan kotisivuilla oli yläpohjan tiivistämisestä erittäin selkeät ohjeet (Ekovilla 2013). Ekovillan ohjeiden perusteella loimme uuden yläpohjan liittymis detaljin, jossa oli selkeät ohjeet ilmansulkupaperin kiinnittämiseksi (kuva 13)..



KUVA 13. Ilmansulkupaperi. Ilmansulkupaperin kiinnitys. Kuva Pekka Happonen 2013

Myös lämmöneristykseen kiinnitettiin huomiota yläpohjan detaljeja suunniteltaessa. Ennen vuoden 2012 energiamääräyksiä hirsiseinän U-arvoa pyrittiin kompensoimaan parantamalla toisen rakenteen U-arvoa, käytännössä tämä tarkoitti, että yläpohjaan lisättiin jopa 600 millimetriä eristettä. E-luvun myötä hirsiseinän U-arvon kompensointi toisen rakenteen U-arvoa parantamalla ei ole tarpeellista, joten yläpohjan rakenteet suunniteltiin käyttämällä 450 millimetrin paksuista lämmöneristettä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Rantasalmi Hirsitaloille uusien rakennusmääräysten mukainen detaljikirjasto. Työn teoriaosassa tutkittiin detaljeihin vaikuttavia asioita. Teoriaosa onnistui mielestäni hyvin, sillä siitä saatiin käyttökelpoinen tietopaketti detaljikirjastojen luontiin. Olisin voinut tehdä teoriaosasta vielä laajemman, käsittelemällä esimerkiksi rakenteiden kustannuksia ja kestävyyttä. Päätin kuitenkin rajata teoriaosaa, jotta työ ei paisuisi liian suureksi ja pysyisi aikataulussa.

Mielestäni teoriaosan rajaaminen oli työn haastavin osuus, koska detaljien suunnitteluun vaikuttavia tärkeitä tekijöitä on paljon. Opinnäytetyöstä pois jääneitä, detaljien suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä olisi hyvä tutkia tarkemmin, kun työtä lähdetään kehittämään. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi värähtelymitoitus, ääneneristyskyky, paloturvallisuus ja rakenteiden kustannukset.

Opinnäytetyön tuloksena yritykselle tehtiin uudet rakennusmääräykset täyttävä lamellihirrestä valmistettuja rakenteita koskeva detaljikirjasto. Mielestäni työn tavoitteet saavutettiin, sillä työ toimii hyvänä pohjana kattavan detaljikirjaston luomiseksi. Luodun kirjaston pohjalta onkin helppo päivittää muita rakenteita koskevat detaljit nykyaikaisiksi. Lisäksi kirjastoa on tarkoitus täydentää aina, kun uusia rakenteita suunnitellaan.

Uusi detaljikirjasto toimii suunnittelijoiden ja rakentajien apuna heidän jokapäiväisessä työssään. Luotuja detaljeja on tarkoitus käyttää apuna, kun yrityksen talopaketeille haetaan CE-merkkiä. Lisäksi detaljit on tarkoitus liittää osaksi yrityksen Excel-pohjaista tarjouslaskenta ohjelmaa. Iso osa yrityksen tuotteista menee vientiin, joten tulevaisuudessa detaljikirjastot käännetään muun muassa venäjäksi ja englanniksi.

LÄHTEET

Ekovilla 2013. *Ladattavat esitteet* [verkkosivu] Ekovilla Oy [viitattu 25.3.2013] Saatavissa: <http://www.ekovilla.com/ladattavat-tiedostot/>

Hirsikoti 2013. *Ekologinen hirsi* [verkkosivu] Hirsitaloteollisuus ry [viitattu 5.2.2013] Saatavissa: <http://www.hirsikoti.fi>

Kokko, E. 2002. *Hengittävä puukuiturakenne: fysikaalinen toimintaperiaate ja vaikutukset sisäilmaan*. Vammala: Wood Focus Oy.

Rantasalmi 2013. *Yritys*. [verkkosivu] Rantasalmi hirsitalot [viitattu 23.1.2013] Saatavissa: <http://www.rantasalmi.com/>

Rakennusteollisuus 2013. *CE yleisesite* [verkkoesite] Rakennusteollisuus RT ry [viitattu 24.1.2013] Saatavissa: <http://www.rakennusteollisuus.fi/>

RT RakMK–21099 *Kosteus*. Helsinki: Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

RT RakMK–21217 *Lämmöneristys*. Helsinki: Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

RT RakMK–21504 *Rakennusten energiatehokkuus*. Helsinki: Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

RT 81–11099 *Radonin torjunta*. Helsinki: Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

RT 82–10415 *Hirsitalon suunnitteluperusteet*. Helsinki: Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

SAFA 2013. *Energiatehokas ja ekologisesti kestävä rakennus* [verkkosivu] Suomen arkkitehtiliitto [viitattu 28.1.2013] Saatavissa: http://www.safa.fi/fin/safa/kestavan_suunnittelun_sivusto_-_eko-box/

Ympäristö 2013. *Ekotehokkuus ja elinkaariajattelu rakentamisessa* [verkkosivu] Valtion ympäristöhallinto [viitattu 28.1.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=5548&lan=fi>

U-arvo laskut

Yläpohjan lämmönläpisykerroin

Yläpohjan rakenne sisältä lukien:

kattopaneeli 14x120	$\lambda_n = 0,12 \text{ W/mK}$
koolaus 48x48 k300	$\lambda_n = 0,12 \text{ W/mK}$
ilmansulkupaperi	$\lambda_n = \text{ei huomioida}$
mineraalivilla 500 mm	$\lambda_n = 0,041 \text{ W/mK}$
ja vaarnapallki 43x500 k900	$\lambda_n = 0,12 \text{ W/mK}$
tuulensuojalevy 12mm	$\lambda_n = 0,06 \text{ W/mK}$

tuuletuskoolaus 48x98
 aluskate
 tuuletusrima 25x50
 ruodelauta 32x100
 peltikate

$= R_{\text{vintti}} = 0,3 \text{ m}_2 \text{ K/W}$

Koska rakenteessa on villan ja puun muodostama epätasa-ainekerros R_T lasketaan arvojen R_{T1} ja R_{T2} keskiarvona.

$$1/R_{T1} = f_{\text{puu}} / R_{T\text{puu}} + f_{\text{villa}} / R_{T\text{villa}}$$

$$f_{\text{puu}} = 43\text{mm} / 900\text{mm} = 0,048$$

$$f_{\text{villa}} = 857\text{mm} / 900\text{mm} = 0,952$$

$$\begin{aligned} R_{T\text{puu}} &= R_{\text{si}} + R_{\text{paneeli}} + R_{\text{koolaus}} + R_{\text{puu}} + R_{\text{tuulensuoja}} + R_{\text{vintti}} + R_{\text{se}} \\ &= (0,1 + 0,014/0,12 + 0,048/0,12 + 0,5/0,12 + 0,012/0,06 + 0,3 + 0,04) \\ &= 5,32 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{T\text{villa}} &= R_{\text{si}} + R_{\text{paneeli}} + R_{\text{koolaus}} + R_{\text{villa}} + R_{\text{vintti}} + R_{\text{se}} \\ &= (0,1 + 0,014/0,12 + 0,048/0,12 + 0,5/0,041 + 0,012/0,06 + 0,3 + 0,04) \\ &= 13,35 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{T1} &= 1 / (f_{\text{puu}} / R_{T\text{puu}} + f_{\text{villa}} / R_{T\text{villa}}) \\ &= 1 / (0,048/5,32 + 0,952/13,35) = 12,6 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{T2} &= R_{\text{si}} + R_{\text{paneeli}} + R_{\text{koolaus}} + R_{\text{villa+puu}} + R_{\text{vintti}} + R_{\text{se}} \\ R_{\text{puu}} &= 0,5/0,12 = 4,17 \text{ m}^2\text{K/W} & R_{\text{villa}} &= 0,5/0,041 = 12,2 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{villa+puu}} &= 1 / (f_{\text{puu}} / R_{\text{puu}} + f_{\text{villa}} / R_{\text{villa}}) \\ &= 1 / (0,048/4,17 + 0,92/12,2) = 11,5 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$R_{T2} = (0,1 + 0,014/0,12 + 0,045/0,12 + 11,5 + 0,3 + 0,04) \\ = 12,43 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R_{T1} + R_{T2}) / 2 = (12,2 + 12,43) / 2 = 12,35 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / R_T = 1 / 12,35 = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U-arvo täyttää yläpohjan vertailuarvon 0,9 W/m²K