



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sakari Kouri

NYKYPÄIVÄN HIRSIRAKENTAMINEN

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sakari Kouri
Opinnäytetyön nimi	Nykypäivän hirsirakentaminen
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	30
Ohjaaja	Marja Naaranoja

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena selvittää hirsirakentamisen tilannetta tänä päivänä Suomessa ja sen kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä. Työssä käytiin läpi hirsirakentamisen historiaa ja sen tulevaisuuden näkymiä.

Työn keskeisimpiä aiheita olivat nykyaikaista modernia hirsirakentamista ohjaavat aihealueet. Työssä tutkittiin, miten tiukentuvat energiamääräykset vaikuttavat hirsirakentamiseen, miten hirsirakentaminen on tuotu nykypäivän tasolle ja mitkä ovat sen parhaat puolet rakennusmateriaalia valittaessa.

Hirsirakentaminen on yleistynyt Suomessa viime vuosien saatossa ja siitä tehdään yhä enemmän omakotitaloja. Hirsi on ekologisin rakennusmateriaalimme Suomessa ja se on tutkitusti terveellinen ja kestävä vaihtoehto.

Avainsanat	Hirsirakentaminen, puu, rakentaminen ja ekologinen rakentaminen
------------	---

ABSTRACT

Author	Sakari Kouri
Title	Log Construction Today
Year	2018
Language	Finnish
Pages	30
Name of Supervisor	Marja Naaranoja

The purpose of this thesis was to research the state of the log construction today in Finland and to find out which factors have an impact on it. This thesis goes through the history of log construction in Finland and its prospects in future.

The most important topics were the ones, which guides today's log construction. This thesis does research on how tightening energy regulations affect log construction, how log construction have been updated for today's world and which are the best qualities of timber.

Log construction has become more common in the past years in Finland and it has been a more popular option to build your house. Timber is the most ecological building material in Finland and it is proven a healthy and lasting option.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	5
2	HISTORIAA HIRSIRAKENTAMISESTA.....	6
3	HIRSI.....	7
	3.1 Hirsityypit.....	7
	3.2 Puu rakennusmateriaalina.....	10
4	NYKYPÄIVÄN HIRSIRAKENTAMINEN.....	13
	4.1 Energiämääräykset.....	13
	4.2 Suunnittelu.....	14
	4.3 Viranomaismääräykset.....	16
	4.4 Hirsirakentamisen suosion kasvu.....	17
	4.5 Ekologisuus.....	19
	4.6 Paloturvallisuus.....	20
5	ENERGIATEHOKKUUS.....	22
6	HIRSIRAKENTAMISEN TULEVAISUUS.....	24
7	YHTEENVETO.....	26
	LÄHTEET.....	28

1 JOHDANTO

Hirsirakentamisen juuret ovat Suomessa pitkät. Vanhin tiedettävästi vielä pystyssä oleva hirsirakennus on 1400-luvulta peräisin ja tänä päivänä hirrestä tehtyjä taloja rakennetaan yhä enemmän ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettuina. Hirsi on ekologinen materiaali, jolla on suotuisia vaikutuksia ilmastonmuutokseen ja jonka kosteusteknisten ominaisuuksien ansiosta saa rakennettua terveellisen ja kestävä kodin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hirsirakentamista Suomessa tänä päivänä, sen kehittymistä vuosien saatossa sekä siihen liittyviä asioita ja tulevaisuutta. Asiaa tutkittiin hakemalla tietoa eri lähteistä ja paneutumalla voimassa oleviin energia- ja rakentamismääräyksiin.

Työssä kerrotaan lyhyesti hirsirakentamisen historiasta ja sitä kautta edetään tämän päivän rakentamiseen. Nykypäivän rakentamisessa tutkitaan hirren ekologisuutta, hirsi- ja puurakentamiseen kohdistuvia määräyksiä, suosion kasvua, modernia suunnittelua sekä hirren energiatehokkuutta. Lopuksi pohditaan hirsirakentamisen tulevaisuuden näkymiä.

2 HISTORIAA HIRSIRAKENTAMISESTA

Hirsi on yksi vanhimmista käytetyistä rakennusmateriaaleistamme ja se onkin ollut olennainen osa runkorakennusmateriaalina Suomessa 1900-luvun puoleen väliin asti (Kuva 1.). Hirsi on ollut helposti saatavilla metsistä, joten sitä käytettiin monipuolisesti erilaisten rakennusten rakentamiseen. Ensimmäinen Suomessa havaittu hirsikehikko on löytynyt Laatokan läheisyydestä noin 1200 vuotta sitten. Alun perin puun runkoa on käytetty kokonaisena ympyrän muodossa mutta myöhemmin siitä alettiin veistämään käytännöllisempiä muotoja seinärakenteisiin. /1/



Kuva 1. Valokuva hirsirunkorakenteesta talon pystytysvaiheessa vuonna 1939. /30/

1950-luvun aikoihin alkoi hirren nykyaikainen teollinen valmistaminen, joka muutti huomattavasti hirsirakentamista. Pääasiassa siitä tehtiin vapaa-ajan asuntoja mutta ajan kuluessa siitä on tehty koko ajan enemmän ja enemmän ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettuja taloja. Sahalaitosten yleistyessä hirrestä saatiin enemmän hyötyä rakennusmateriaaleiksi mikä teki siitä myös edullisempää. 1600-luvulla alkoi Suomessa hirren valmistus vientiin ulkomaille. Hirren viennistä kehittyi hiljalleen satojen vuosien aikana tärkeä teollisuuden ala Suomeen. /1, 4/

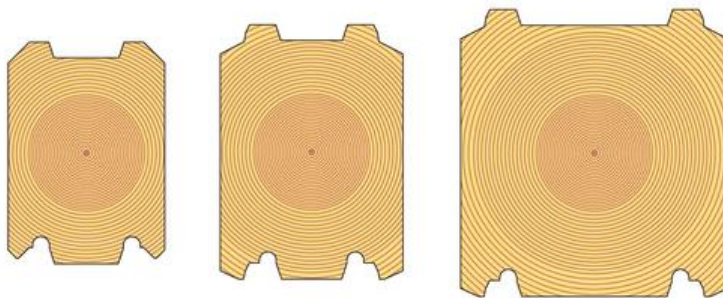
3 HIRSI

3.1 Hirsityypit

Erilaisia hirsityyppejä ovat höylähirsi, pyöröhirsi, lamellihirsi, lämpöhirsi sekä käsin veistetty hirsi. Yleisin Suomessa hirsirakentamiseen käytetty puulaji on mänty mutta siihen sopii myös kuusi, haapa, lehtikuusi ja koivu. Kestävimmät hirret saadaan männystä, erityisesti kelohongasta.

Höylähirsi

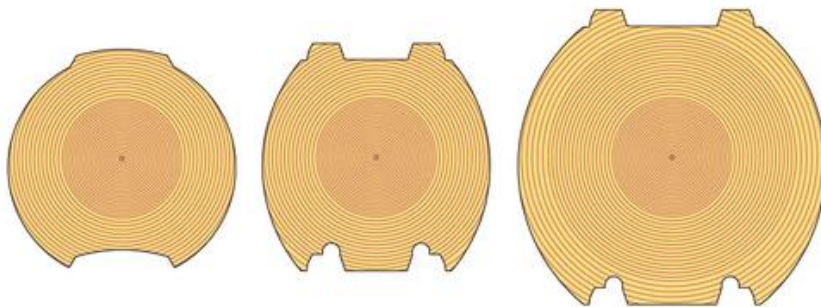
Höylähirsi valmistetaan yhdestä kokonaisesta tukista. Se voidaan valmistaa teollisesti tai käsin veistämällä ulko- ja sisäsivut tasaiseksi. Teollisesti valmistettuna ne ovat suorja ja mittatarkkoja (Kuva 2.) jonka avulla niiden kasaaminen päällekkäin on sujuvaa. Höylähirttä valmistetaan erikokoisina ja profiilisinä, mikä vaikuttaa tukin kokoon. Höylähirsi on yleensä sydänkeskeinen hirsi. /2/



Kuva 2. Erikoisia sekä profiilisia höylähirsiiä. /3/

Pyöröhirsi

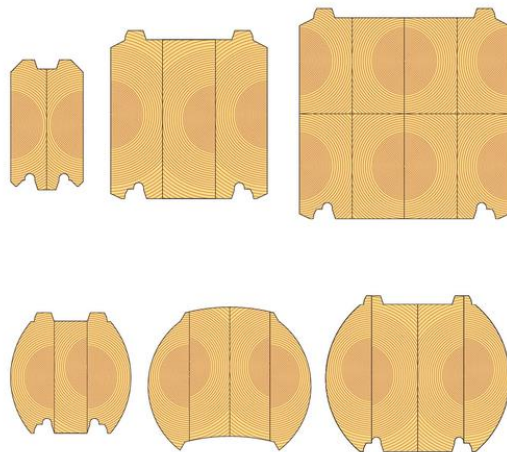
Pyöröhirsi on nimensä mukaisesti poikkileikkaukseltaan pyöreän muotoinen tai sitä lähentelevä muoto (Kuva 3.). Se valmistetaan kokonaisesta tukista koneellisesti sorvaamalla tai käsin veistämällä yhtä paksuiksi ja suoriksi rakennushirsiksi. Pyöröhirsi on ulkomuodoltaan kaikista lähimpänä alkuperäistä tukin muotoa. Tyypillisesti käytettynä loma-asuntoihin, sillä se antaa perinteikkään ulkonäön rakennukselle. /2, 3/



Kuva 3. Erilaisia pyöröhirsi kokoja sekä profiileja. /3/

Lamellihirsi

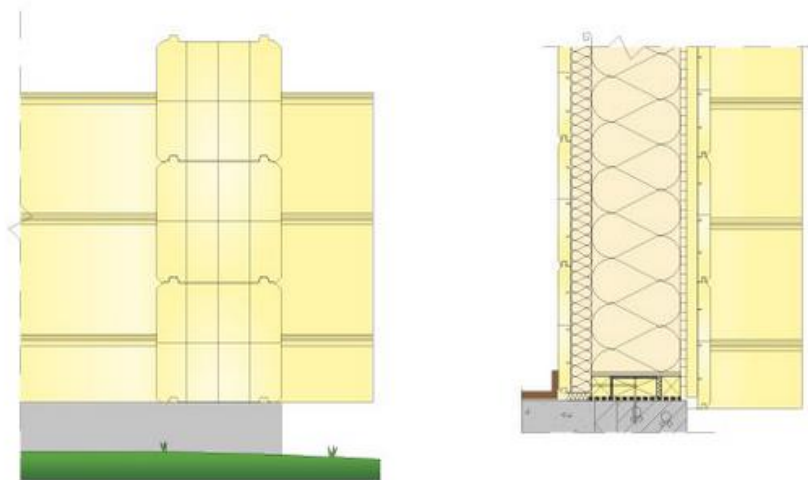
Lamellihirrestä merkittävää tekee sen kerrosrakenne (Kuva 4.). Se on liimattu yhteen kahdesta tai useammasta puusoirosta. Lamellihirren etuja ovat sen vähäinen vääntyvyys ja halkeilevuus verrattuna perinteiseen yksiaineiseen puuhun. Sen etu tulee esiin mitä isompi käytettävä lamellihirsi on. Isoimmista teollisista hirsissä käytetään yleisimmin lamellihirttä. Lamellihirsiä voidaan tehdä pyöröhirsiiä tai höylähirsiiä tarpeen mukaan. Hirsi voidaan liimata vaaka-, pysty- tai ristisaumoin. /2, 3/



Kuva 4. Lamellihirsiä voidaan tehdä erikokoisiksi ja profiiliseksi. /3/

Lämpöhirsi

Lämpöhirsi on puuelementtirakenne, joka näyttää ulkonäöltään hirsiseinältä, mutta rakenteeltaan se muistuttaa puurankarunkuista seinää (Kuva 5.). Lämpöhirsi mahdollistaa vakituisiin ympäri vuotta asuttaviin rakennuksiin vaadittavat lämmöneristysarvot ilman erillisiä kompensatiotarpeita rakennuksen muissa osissa säilyttäen samalla hirsirakennuksen ulkonäön. Se on toimiva ratkaisu, kun halutaan säilyttää rakennuksessa peruslämpö talvellakin. /2/



Kuva 5. Höylälämpöhirsirakenne. /23/

Käsin veistetty hirsi

Perinteisin tapa rakentaa hirrestä on käsityökaluja käyttäen veistämällä (Kuva 6.). Hirsikehikko rakennetaan joko paikan päällä rakennustyömaalla tai erikseen veistohallissa, josta se kuljetetaan työmaalle. Jos hirsikehikko rakennetaan jossain muualla kuin työmaalla, puretaan se rakentamisen jälkeen osiin ja hirret numeroidaan tiettyyn järjestykseen ja kootaan sitten uudelleen paikan päällä. Nykypäivänä käsin veistäminen on paljon harvinaisempaa teollisen valmistamisen takia. /2/

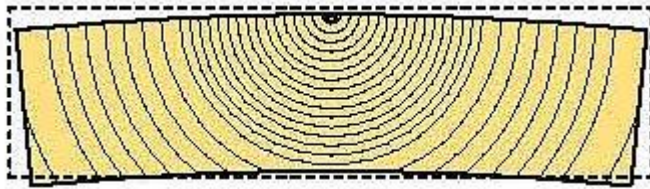


Kuva 6. Käsin veistetty perinnehirsitalo. /24/

3.2 Puu rakennusmateriaalina

Puu on luonnon materiaali jonka lujuus, ulkonäkö ja muut ominaisuudet vaihtelevat. Sen olennaisia ominaisuuksia hirsirakenteiden kannalta ovat mm. lujuusominaisuudet, kosteustekniset ominaisuudet, painumat ja halkeilut jotka aiheutuvat pitkäaikaisesta kuivumisesta. Puun ikääntyminen itsessään ei vaikuta sen kestävyteen mutta puussa elävät mikro-organismit, sekä jatkuvat kuormitukset huonontavat puun kestävyysominaisuuksia iän myötä. Myös pinnoitteeksi valitut hengittämättömät tuotteet voivat heikentää puun ominaisuuksia. Painoonsa nähden suhteessa puu on lujempaa kuin mikään muu rakennusmateriaali. /5/

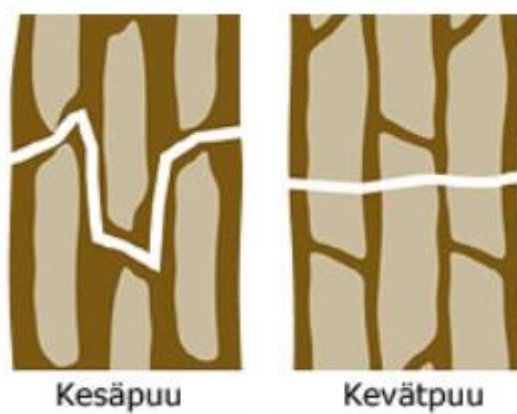
Puu on anistrooppinen materiaali, mikä tarkoittaa, että sen ominaisuudet ovat erilaiset eri suunnissa. Puun poikittaissuuntainen kosteuselämä on suurta ja se täytyy ottaa huomioon rakenteita suunniteltaessa. Pituussuuntainen kosteuseläminen on kuitenkin puussa vähäistä. Kun puu alkaa kuivua vapaa vesi, joka on soluonteloissa, poistuu ensimmäisenä. Sen jälkeen, kun soluonteloissa oleva vesi on poistunut alkaa soluseinämiin sitoutunut vesi poistua, jonka seurauksena puu alkaa kutistua. Kutistumisen takia puuhun tulee muodonmuutoksia (Kuva 7.) ja ne aiheuttavat sisäisiä jännityksiä. Nämä sisäiset jännitykset aiheuttavat puuhun halkeamia sekä sahatavaroissa niiden vaikutus voi näkyä myös kieroutumisena. /5, 6/



Kuva 7. Esimerkki kuivumisesta aiheutuvan poikkileikkauksen muodonmuutoksesta. /25/

Puu on myös hygroskooppinen materiaali, mikä tarkoittaa, että puu pystyy sitomaan ja luovuttamaan kosteutta ilman suhteellisen kosteuden vaihteluiden mukaan. Se siis asettuu ympäristönsä kanssa tasapainokosteuteen. Tämän seurauksena puu turpoaa, kutistuu ja muuttaa muotoaan eli elää koko ajan. Kun kosteuspiitoisuus menee alle 20%, ei silloin puuhun normaalisti kasva enää homesieniä tai ole altis muille biologisille tuholaisille. /6/

Puun lujuusominaisuudet riippuvat erilaisista tekijöistä. Yleisesti katsoen lujuusominaisuudet paranevat, kun kosteuspitoisuus pienenee mutta niihin vaikuttaa esimerkiksi myös se, missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Kun kuormitus tulee syiden suunnassa, on sen taivutuslujuus suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Lujuusominaisuudet riippuvat myös puulajista mutta myös saman puulajin yksilöillä on kasvupaikasta ja ajasta johtuvia eroavaisuuksia esim. kevätpuun vetolujuus on vain 1/6 kesäpuuhun verrattuna. Kesäpuussa (Kuva 8.) on pienemmät soluontelot ja paksummat soluseinät, joten se on tiheämpää kuin kevätpuu ja näin ollen kestävämpää. Myös oksat ja halkeamat heikentävät puun leikkauslujuutta. Puuta täytyykin lajitella käyttötarpeen mukaan juuri sen takia, koska sen ominaisuudet voivat vaihdella eri tekijöistä riippuen huomattavan paljon. /5, 7/



Kuva 8. Havainnollistava kuva kesä- ja kevätpuusta. /5/

4 NYKYPÄIVÄN HIRSIRAKENTAMINEN

4.1 Energiamääräykset

Energiatehokkuusvaatimukset ovat tiukentuneet yleisesti viime vuosien aikana ja ne tulevat tiukentumaan tulevien vuosien aikana entisestään koska koko ajan ollaan menossa lähemmäksi nollaenergiarakentamista. Tänä päivänä, rakennettu ympäristö aiheuttaa noin kolmasosan Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Vuonna 2018 astui voimaan uudet energiatehokkuusmääräykset jotka koskevat 1.1.2018 jälkeen rakennettavia taloja. /8/

Hirsitalot saivat helpotuksia esimerkiksi lämmönläpäisyarvoissa (U-arvo) ja rakennuksen kokonaisenergialuvussa (E-luku) jo vuoden 2012 energiatehokkuusmääräyksiä astuessa voimaan. Tämä johtuu siitä, että sillä halutaan turvata perinteinen hirsirakentaminen sekä huomioidaan sen ekologisuus. Tämänkin hetkisten määräysten mukaan massiivipuuseinille, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm, on määrätty sallituksi U-arvoksi $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, kun tavallisen seinän suurin sallittu U-arvo on $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Puolilämpimille tiloille vastaava sallittu U-arvo massiivipuuseinille (180mm) on $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ja loma-asumiseen suunniteltujen pientalojen, jonka rakenteen paksuus on vähintään 130 mm on puolestaan $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. /10, 11/

Hirsitalon hirsiseinien U-arvo voi olla kuitenkin heikompi kuin aiemmin ilmoitettu arvo, jos ikkunoiden, ovien ja alapohjan U-arvoja parannetaan ja näin tasataan rakennuksen ominaislämpöhäviö. Tämä perustuu ympäristöministeriön vuonna 2017 julkaisemaan tasauslaskentaoppaaseen. Tällöin lopputuloksena koko rakennuksen ominaislämpöhäviön täytyy olla yhtä suuri tai pienempi kuin vertailulämpöhäviön. /9/

4.2 Suunnittelu

Pääasiassa hirttä käytetään kantavissa seinärakenteissa mutta sitä voidaan käyttää myös ei-kantavissa seinissäkin. Aikaisemmin kun rakennettiin hirrestä, seinän enimmäispituus oli noin 7 metriä pitkä, joka johtui saatavilla olevasta puustosta. Nykyisin kuitenkin, koska meillä on teollinen valmistus käytössämme, on esimerkiksi hirren sormijatkaminen mahdollistanut vieläkin pidemmät hirret. Pidempiä hirsiiä käytettäessä tulee kuitenkin varmistaa, että seinän poikittaisjäykistys on riittävä. Mitoitus hirsirakenteissa tehdään eurokoodien mukaisesti. Pyöröhirsien lujuusluokkana käytetään luokkaa C30, lamellihirsillä luokkaa C24 ja höylähirsillä luokkaa C22. /12/

Hirsitaloa suunniteltaessa tärkeä asia, johon täytyy kiinnittää huomiota, on puun elämisen hallinta, joita ovat esimerkiksi halkeilut ja painumat. Suunniteltaessa pitää ottaa huomioon myös tontin sijainti ja kaavoitus. Suurimmalta osalta hirsitalon suunnittelussa käytetään kuitenkin pitkälti samoja suunnitteluperiaatteita kuin muussakin puurakentamisessa. /12/

Yleensä hirressä on aina jonkin verran kosteutta kuivattamisesta huolimatta ja se aiheuttaa painumista. Tyypillisesti painumista aiheuttaa myös rakennuksen seinärunkoon kohdistuva kuormitus, joka taas aiheuttaa hirsiseinän tiivistymistä. Hirsirakennuksen erilainen kuivuminen tulee ottaa suunnittelussa huomioon, sillä rakennuksen sisällä olevat hirsiväliseinät painuvat kuivuessaan ulkoseiniä enemmän, koska niiden kosteuspitoisuus sijoittuu alle ulkoseinän pitoisuuden. Painumat täytyy ottaa huomioon kaikissa paikoissa, jossa painuvat hirsirakenteet liittyvät painumattomiin rakenteisiin. Esimerkkinä mm. ovet, ikkunat, portaat ja muuratut rakenteet. Yleensä hirsiseinä painuu yhtä seinän korkeusmetriä kohden noin 10-50 mm. /1/

Hirsiseinän tiiveydellä on iso osa hyvän lopputuloksen saamiseksi. Kun seinä on ilmapitävyydeltään tiivis, saadaan sen avulla estettyä mm. ilmavuodot rakenteen

läpi ja vesihöyryn kulkeutuminen rakenteisiin. Ilmapitävyys varmistetaan hirsien varausten muodolla ja tiivistyksellä. Hirsirunkoon liitettävät vaipparakenteet kuten ikkuna- ja oviaukot, ala-, ylä- ja välipohjat vaikuttavat oleellisesti kokonaisuuden tiiveyteen. Sen takia niiden suunnitteleminen täytyy luoda toimiviksi painuvan hirsirakenteen kanssa ja toteuttaa huolellisesti. /1/

Halkeilun hallinta on hirsirakentamisessa olennainen osa. Se on seurausta puun luonnollisista ominaisuuksista ja jännitteistä, joita kuivuminen aiheuttaa puussa. Halkeamien suuruuteen vaikuttaa taas hirren kosteus ja koko. Hirteen työstettävillä urilla voidaan ohjata halkeilua haluttuun suuntaan. /12/

Nykyisin on saatavilla myös ns. painumattomia hirsiiä (Kuva 9.) jonka avulla on helpompaa yhdistellä eri materiaaleja. Ne ovat tehty liimaamalla yhteen hirsilamelleja niin, että osa lamelleista on syysuunta pystyssä. Varsinkin nykypäivän hirsirakentamisessa halutaan yhdistellä eri materiaaleja kuten esimerkiksi suuria lasiseiniä, jotka vaikuttavat ulkonäköön. Tällaisiin yhdistelyihin painumaton lamellihirsi on asioita helpottava ratkaisu, koska se ei elä perinteisen hirren tavoin. Niitä on myös saatavilla runsaasti eri tarkoituksiin eri profiileilla ja mitoilla. /1/



Kuva 9. Painumaton lamellihirsi. /26/

4.3 Viranomaismääräykset

Ympäristöministeriö ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa ja niiden velvoittavuus perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kootut rakentamista koskevat säännökset, jotka ovat annettu asetuksina ovat velvoittavia. Ohjeet, jotka ministeriö on antanut, eivät ole sen sijaan velvoittavia vaan toimii ohjeistuksena.

Rakentamista voidaan ohjata myös kuntakohtaisesti kaavoituksilla. Kaavoituksissa voidaan ottaa kantaa esimerkiksi julkisivuihin ja niiden toteuttamiseen, jotta alueella säilyy tietty yhteneväisyys. Tämän vuoksi maaseudulle voidaan toteuttaa helpommin esimerkiksi hirsitalo kuin isompaan kaupunkiin. Hirsirakentamiseen liittyviä asetuksia ja ohjeistuksia on löydettävissä eurokoodeista sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmista.

Suomen rakentamismääräyskokoelman vuoden 2011 osassa E1 esitetään myös palonkestoa koskevat määräykset. Kyseisessä kokoelmassa hirsi sanotaan kuuluvan luokkaan D-s2, d2. Kirjain D tarkoittaa, että hirren osallistuminen paloon on hyväksyttävissä ja s2 puolestaan tarkoittaa, että savuntuotto on vähäistä. d2 viittaa puolestaan siihen, että palotilanteessa palavien pisaroiden tuotto ei täytä d0 tai d1 vaatimuksia. Osastoivana rakennusosana toimiva hirsiseinän palonkestävyysaika riippuu hirren vahvuudesta, korkeudesta sekä pontin korkeudesta, sauman leveydestä ja sauman tiivisteestä käytettävästä materiaalista ja sen paksuudesta. (Taulukko 1.) /1, 13/

Taulukko 1. Hirren palonkestoajat /27/

Hirsityyppi	Palonkestoluokka			
Lamellihirsi	R30	R60	R90	R120
leveys x korkeus (mm ²)	92 x 170	138 x h ¹⁾	138 x h ¹⁾	-
sauman leveys (mm)	70	116	156	
	EI30	EI60	EI90	EI120
leveys x korkeus (mm ²)	92 x 170	148 x h ¹⁾	199 x h ¹⁾	-
sauman leveys (mm)	70	126	175	
¹⁾ h = 170 mm –195 mm				
Pyöröhirsi	R30	R60	R90	R120
hirren halkasija (mm)	150	236	-	-
sauman leveys (mm)	81	127		
	EI30	EI60	EI90	EI120
hirren halkasija (mm)	150	236	-	-
sauman leveys (mm)	81	127		
Höylähirsi + eriste + hirsipaneeli	R30	R60	R90	R120
leveys x korkeus (mm ²)	b x 170 ^{2),3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
sauman leveys (mm)	b-22	106		
	EI30	EI60	EI90	EI120
leveys x korkeus (mm ²)	b x 170 ^{2),3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
sauman leveys (mm)	b-22	106		

4.4 Hirsirakentamisen suosion kasvu Suomessa

Hirsirakentaminen ja nimenomaan omakotitalon rakentaminen hirrestä on ollut nousussa viime vuosina. Syitä tähän on monia, mutta yhtenä merkittävimpänä syynä on uudenlainen arkkitehtuuri, jonka ansiosta on helpompi rakentaa kaupunkialueelle. Moderni hirsirakentaminen sopii täysin kaupunkimaisemaan eikä tänä päivänä välttämättä aina pystytä edes erottamaan, onko kyseessä hirrestä rakennettu talo. Ennen hirsiarkkitehtuuri oli pitkälti mökkimäistä suunnittelua, mikä ei sopinut kaupunkimaisemaan kaavoituksen näkökulmasta. Tänä päivänä hirsitalojen valmistajilla on valmiina mallistoja, jotka sopivat hyvin kaupunkiin.

Panostaminen uudenaikaiseen moderniin ulkonäköön (Kuva 10.) ja painumattomaan hirteen ovet pitäneet hirsirakentamisen suosion kasvussa. Markkinoilla on nykyään myös runsaasti elementtihirsitaloja, jotka mahdollistavat nopean rakentamisen, mikä taas sopii ihmisten kiireiseen elämäntyyliin varsinkin kaupunkialueella.

Vuonna 2017 omakotitalojen rakentaminen meni nousujohteiseksi pitkän taantuman jälkeen. Tilastokeskuksen mukaan uusia omakotitaloja valmistui vuonna 2017 yli 7300 kappaletta, mikä ylitti alkuperäisen ennustuksen yli 300 kappaleella. Näistä valmistuneista omakotitaloista hirsirakenteisia oli noin joka viides. Hirsirakenteisten omakotitalojen rakentamisen ennustetaan kasvavan entisestään tu-

levina vuosina. Samalla on muuttunut myös rakentaminen, sillä talot tulevat yhä valmiimpina suoraan tontille. /14, 15/



Kuva 10. Moderni hirsitalo. /28/

Toinen merkittävä syy hirsirakentamisen suosiolle on sen sisäilman laatu. Ainaisten sisäilma ongelmien takia olemme heräämässä puurakentamisen terveydellisiin hyötyihin. Hirsitalosta voidaan saada hyvin tiivis mutta hengittävä loppuratkaisu, jonka ansiosta sisäilman laatu pysyy hyvänä. Tämä perustuu massiivipuun luontaiseen kykyyn sitoa ilmasta kosteutta sekä luovuttaa sitä ja näin ilmankosteus pysyy hyvällä tasolla eikä mikrobeille ja homeille synny suotuisia olosuhteita. Hyvän sisäilman myötä oikein rakennettu hirsitalo tarjoaa terveellisen kodin myös allergikoille ja astmaatikoille.

Juuri sisäilma ongelmien takia on Suomessa ruvettu rakentamaan esimerkiksi myös päiväkoteja ja kouluja hirrestä, jotta lapset pystyvät viettämään päivänsä mahdollisimman terveissä tiloissa. Useat hirsirakentamiseen erikoistuneet yritykset sanovatkin juuri hometalojen olevan suurin mainostus heidän yrityksilleen, koska ihmiset ovat alkaneet etsimään terveellisiä ratkaisuja kodin rakentamiseen. Massiivipuun tarjoaa myös hyvän äänieristyksen, mikä on hyödyllinen ominaisuus isoja tiloja kuten kouluja rakennettaessa. /1/

4.5 Ekologisuus

Puu on ekologisin rakennusmateriaalimme ja puurakenteista hirsi on tutkitusti ekologisin materiaali, se syntyy aurinkoenergian tuottamana. Uusiutuvana luonnonvarana sitä kasvaa koko ajan lisää ja käytettävän puumateriaalin alkuperän voi jäljittää PEFC-järjestelmän avulla, joka on sertifioitu puun alkuperän seuranta-järjestelmä. Tämän avulla voi varmistaa, että tuotteeseen on käytetty kestävästi hoidetuista metsistä peräisin olevaa puuta (Kuva 11.). Tieto puun alkuperästä tuo luotettavuutta yrityksille, koska tällöin ei tarvitse miettiä, onko käytetty puu peräisin oikein hoidetusta uusiutuvasta metsästä. /16, 17/



Kuva 11. Metsäasiantuntijoiden mukaan paras rakentamiseen soveltuva puuraakainealue Suomessa. /29/

Puu sitoo kasvaessaan hiilidioksidia, jonka takia sen hiilijalanjälki on pieni. Esimerkiksi kivitaloon verrattuna puusta valmistettu talo kuluttaa energiaa huomattavasti vähemmän. Puun jalostuksessa syntyy myös sivutuotteena puujaetta, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmöntuotannossa. Hirsitalon valmistusprosessi vaatiikin itseasiassa vähemmän energiaa, kun mitä siitä syntyy sivutuotteena. Sen elinikä on myös todella pitkä, sillä vanhimmat asuinkäytössä olevat hirsitalot ovat yli sata vuotta vanhoja. Hirsitalon tullessa elinkaarensa päähän, sen seinistä ei synny ongelmajätettä, sillä puu on kierrätettävää ja uusiutuvaa materiaalia. Hirs-

talon kestäväää ominaisuutta kuvaa myös se, että hirsikehikko voidaan purkaa hirsisiä rikkomatta ja käyttää uudelleen.

Nykypäivän tekniikalla rakennettu hirsitalo on yhtä tiivis kuin höyrynsulkumuovilla varustettu runkorakenteinen talo. Hyvän lämmönvarauskyvyn ansiosta hirsiseinän pinta luovuttaa aina sopivaa lämpötilaa. Kesällä seiniin varautuu yöllä viileyttä ja kylmemmillä keleillä kuten syksyllä ja talvella se varaa lämpöä suoraan auringosta, näin hirsitalossa on sopiva lämpötila ympäri vuoden. Hirsi siis säästää energiaa oman lämpötilatasauksen ansiosta, koska hirsirakenne itsessään vähentää tarvetta erillisille lämmitys- ja viilennysjärjestelmille. /16, 18/

EU:n jo asettamat ja tulevaisuudessakin kiristyvät vaatimukset ympäristön kannalta kestävämpään ja ympäristöystävällisempään rakentamiseen antaa hirsirakentamiselle ja yleisesti puurakentamiselle hyvät mahdollisuudet menestyä rakentamistapana. /1/

4.6 Paloturvallisuus

Puu on palavaa materiaalia, joten siitä rakennettaessa täytyy ottaa huomioon paloturvallisuus. Se on kuitenkin paloturvallinen materiaali siinä mielessä, että palaessa puun pinta hiiltyy tasaisesti. Puun hiiltymisen ansioista sen sortuminen ja kuormankestävyys pystytään ennakoimaan palotilanteessa. Hiiltyminen toimii siis omana palosuojana puun pinnalla. Puun pintoja voidaan kuitenkin suojata heikosti palavilla materiaaleilla esimerkiksi erilaisilla palonsuojakipsilevyillä tai mineraalivillalla. /33/

Rakennuksella on omat paloluokkansa, mutta rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin, jos palon leviäminen on estetty osien välillä palomuurilla. Rakennuksen paloluokka määritellään sen koon, kerroslukumäärän ja käyttötarkoituksen vaativuuden perusteella. Paloluokkia ovat P0, P1, P2 ja P3, joista P1 on vaativin. P0-paloluokka on näistä uusin, sitä on käytettävä silloin, kun rakennusta suunniteltaessa on käytetty oleellisilta osin tai kokonaan oletettua palonkehitystä. /32/

Puurakennuksien palonsuojausta voidaan myös lisätä erillisillä sprinklerijärjestelmillä. Tämä tarkoittaa automaattista sammutuslaitteistoa. Se tunnistaa nousevan korkean lämpötilan läheisyydessään ja sen tehtävänä on laukaista palon varhaisessa vaiheessa vesisumutusta rakennuksen sisälle. Se toimii eräänlaisena palovaroituksena ja pyrkii hidastamaan tulipaloa ennen kunnollista tulipalon sammutusoperaatiota. Sprinklaus toimii siis lisänä palosuojauksessa. /33/

5 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuuteen tulleet uudet vaatimukset ja lisäykset astuivat voimaan 1.1.2018. Tämä koskee uuden rakennuksen suunnittelua ja rakentamista sekä rakennuksen laajentamista ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä. Massiivipuurakennuksella jolla tarkoitetaan rakennusta, jonka ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on massiivipuurakenne ja jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm saa helpotuksia vertailuluvun (E-luku) vaatimuksissa. (Taulukko 2.). Massiivipuurakennuksissa käyttötarkoitukseluokan 1.a esitetyt vaatimukset voidaan ylittää 20 prosentilla, 1b-c 15 prosentilla ja luokkien 1d-8 10 prosentilla. Mikäli rakennuksessa halutaan käyttää ulkoseinissä eristämätöntä hirttä, jonka U-arvo ylittää sallitun rajan ($0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), voidaan lämpöhäviötä pienentää kohteen muissa osissa, minkä avulla päästään yhteenlaskettuna sallittuihin ominaislämpöhäviö vaatimuksiin. Sallittu raja U-arvolle, käytettäessä eristämätöntä hirttä pystytään saavuttamaan hirsiseinän keskivahvuuden ollessa noin 280 mm. 180 mm keskivahvuudeltaan olevan hirsiseinän U-arvo on noin $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Normaalin puurunkoisen ulkoseinän U-arvo vaatimukseen ($0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) päästään yleensä noin 250 mm mineraalivilla eristyksellä. Puurunko 200 mm ja vaakakoolaus 50 mm. /11, 31/

Taulukko 2. Laskennallisen energiatehokkuuden vaatimustasot käyttötarkoitukseluokittain. /11/

Käyttötarkoitukseluokka	E-luvun raja-arvo $\text{kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$
Luokka 1) Pienet asuinrakennukset: a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on $50\text{--}150 \text{ m}^2$ b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m^2 kuitenkin enintään 600 m^2 c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m^2 d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	200–0,6 A_{netto} 116–0,04 A_{netto} 92 105
Luokka 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa	90
Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus	100
Luokka 4) Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälä rakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m^2 yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli	135
Luokka 5) Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos	160
Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkot	100

Hirsitalosta on mahdollista saada hyvinkin energiatehokas nykypäivänä. Massiivihirren ominaisuus tasata lämpövaihteluita säästää energiaa läpi talon käyttöiän. Tiiviys on myös olennainen osa energiatehokkuuden ylläpitämisessä. Sillä on osansa niin haitallisen kosteuden vähenemiseen rakenteissa kuin lämmitysjärjestelmien tehokkuudessa. Mitä tiiviimpi talon eristys on, sitä energiatehokkaampi talo on. Hankalimmat paikat saada tiiviiksi ovat mm. läpiviennit ja eri rakenneosien liitokset. Nykypäivänä hirsitalosta saa kuitenkin passiivitalon vertaisen tiiviydeltään oikein suunniteltuna ja rakennettuna. /1/

Käytettävä lämmitystapa vaikuttaa myös energiatehokkuuteen. Talon E-lukua laskettaessa, siihen sisältyy mm. energiamuotojen kertoimet. Valtioneuvos määräsi asetuksen energiamuotojen kertoimien lukuarvoista, mikä astui voimaan 1.1.2018. Tässä asetuksessa on päätetty, että energiamuotojen kertoimen lukuarvot ovat sähkölle 1,2, kaukolämmölle 0,5, kaukojäähdytykselle 0,28, fossiilisille polttoaineille 1,0 ja rakennuksessa käytettäville uusiutuville polttoaineille 0,5. Jos käytetään lämmityksenä esimerkiksi sähköä, antaa se suuremman kertoimen kuin kaukolämpö, joten kaukolämmöllä päästään energiatehokkaampaan lopputulokseen. Energiamuotokertoimilla pyritään ohjaamaan rakentamista kohti uusiutuvia energialähteitä ja parempaa energiatehokkuutta lämmityksessä. E-luvun laskentaan vaikuttaa kuitenkin moni muukin tekijä kuin pelkästään energiamuoto kerroin. /19/

6 HIRSIRAKENTAMISEN TULEVAISUUS

Hirsirakentamisella on pitkät perinteet ja sen pitkäaikaisen kehittymisen ansiosta näyttää tulevaisuuskin valoisalta. Ennen hirsirakentaminen oli suurimmaksi osaksi vapaa-ajan asuntojen rakentamista ja sitä käytettiin enimmäkseen mökkien ja huviloiden rakentamiseen. Hirsitalojen arkkitehtuuri on kuitenkin saanut hirrestä valmistettujen talojen ulkomuodon näyttämään modernilta ja sitä ei aina edes tunnista hirsitaloksi. Tämän avulla hirsitaloja on nykyään helpompi toteuttaa sopivan näköisiksi kaupunkialueelle ympärivuotiseen asumiseen. Valmiit talopaketit houkuttelevat myös nopeampaan rakentamiseen.

Painumaton hirsirakenne on mahdollistanut ennennäkemättömiä ratkaisuja suunnitteluun. Sen elämätön rakenne tekee rakentamisesta helpompaa ja nopeampaa. Painumaton lamellihirsi voidaan yhdistää helposti muihin rakennusmateriaaleihin mikä antaa yhä enemmän mahdollisuuksia hirrestä rakennettaessa. Yksi hirsirakenteiden valtteja onkin juuri sen yksinkertaisuus ja toimivuus. Tiiviin rakenteen ansiosta siitä valmistetut talot ovat energiataloudellisia. /20/

Ekologisuus ja terveysvaikutukset puhuvat myös hirsitalon puolesta ja niihin kiinnitetään yhä enemmän huomiota tänä päivänä, mikä auttaa hirsitalojen rakentamisen suosion kasvussa. Hirsi on ekologisin materiaalimme, joka tutkitusti terveellisen sisäilman lisäksi tuo rauhaisan ja kotoisan tunnelman talon sisälle. Hirren terveydellisiä ominaisuuksia on alettu hyödyntämään myös julkisessa rakentamisessa, ja Suomessa onkin rakennettu jo useampi koulu ja päiväkotit hirrestä, mikä kertoo materiaalin suosiosta.

Hirsirakentamisen tulevaisuus on saattanut vaikuttaa epävarmalta tiukentuvien energiavaatimusten ja yhä lähemmäksi nollaenergiarakentamista mentäessä. Hirsirakentamiseen on kuitenkin annettu helpotuksia, esimerkiksi U-arvo ja E-lukujen vaatimuksissa ja hirsiseinän U-arvokin voi olla yli sallitun lukeman, sillä se voidaan kompensoida yhteenlasketussa lämpöhäviössä. Hirsirakentamiselle annettuja helpotuksia perustellaan sen perinteiden vaalimisella sekä puuhun sitoutuneen hii-len suotuisista vaikutuksista ilmastonmuutoksen hillintään. /9/

Tutkimusten mukaan hirsirakenteisten talopakettien markkinaosuus vuonna 2010 oli 11 prosenttia ja se on ollut sen jälkeen tasaisessa kasvussa. Vuonna 2017 omakotirakentamisessa hirren markkinaosuus kasvoi yli 20 prosenttiin. Lomarakentamisessa hirren osuus oli noin 70 prosenttia vuonna 2017. /21, 22/ Kasvava kysyntä hirsirakentamiselle tuo mukanaan myös lisää työpaikkoja Suomeen.

Hirren valinnassa rakennusmateriaaliksi korostuvat rakenteen hengittävyys, ulkonäkö, terveydelliset tekijät, ympäristön sopivuus ja rakenteen kestävyys. /21/

7 YHTEENVETO

Omakotitalon rakentaminen hirrestä on yhä yleisempi vaihtoehto kodin rakentajalle, sillä se on yksinkertainen mutta toimiva. Tänä päivänä hirrestä rakentavalle on olemassa valtavasti eri mahdollisuuksia niin tuotevaihtoehtojen kuin suunnittelunkin puolesta. Hirsitalosta saa samanaikaisesti modernin ja perinteisen kodikkaan. Sen modernien ulkomuotojen ansiosta se sopii kaupunkialueelle ja yritysten valmiiden talomallistojen avulla se on nopea ja helppo toteuttaa.

Hirsirakentamisen valtteja ovat hyvät kosteustekniset ominaisuudet, ekologisuus ja kestävyys. Hirren valmistamisessa tuotetaan enemmän energiaa kuin mitä se kuluttaa, eli se on hyvin ympäristöystävällinen ratkaisu. Hirsitalo on myös hiili-nielu. Se sitoo hiiltä arviolta kymmenkertaisen määrän verrattuna valmistuksen päästöihin. Heikko kohta massiivihirrellä on seinän U-arvolla. Se on suurempi kuin muilla materiaaleilla. Se voidaan kuitenkin hyvittää muissa osissa, kun katsotaan koko rakennuksen energiakulutusta.

Hyvät kosteustekniset ominaisuudet ja hengittävyys mahdollistavat hirsitalolle terveellisen sisäilmanlaadun eikä homeille ja mikrobeille synny suotuisia olosuhteita. Hirsitalo onkin oiva vaihtoehto esimerkiksi astmaatikoille.

Hirsi on myös kestävä materiaalia. Se voi kestää reilusti yli sata vuotta. Jo perinteisetkin hirsitalot olivat todella kestäviä mutta uuden teknologian hirsitalot ovat vielä paranneltuja versioita perinteisestä rakentamisesta. Hirsikehikko voidaan myös purkaa ja sitä voidaan käyttää uudelleen, jos hirsitalo puretaan. Se on myös 100 % kierrätettävää ja uusiutuvaa materiaalia, joten sen seinistä ei synny ongelmajätettä.

Syinä hirsitalojen suosion kasvuun pidetään valmistusteknologian kehittymistä, ainaisten kosteusongelmien välttämistä ja arkkitehtuurin kehittymistä kaupunkien kaava-alueille sopivaksi. Sen suosion uskotaan myös pysyvän hirren historian ja puun lukemattomien kehittämismahdollisuuksien ansiosta. Esimerkiksi painuma-

ton hirsi toi hirsirakentamisen uudelle tasolle, sillä sen avulla pystytään yhdistämään massiivipuurunkoon eri materiaaleja kuten terästä, lasia ja kiveä.

LÄHTEET

- /1/ Hirsitaloteollisuus (HTT) ry. Hirsirakentamisen perusteet. Viitattu 2.4.2018.
http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf
- /2/ Suomi rakentaa. Runkorakenteiden vaihtoehdot. Viitattu 3.4.2018.
<https://www.suomirakentaa.fi/lomarakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/runkorakenteiden-vaihtoehdot>
- /3/ Puuinfo. Hirsityypit ja perusprofiilit. Viitattu 3.4.2018
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsityypit-ja-perusprofiilit>
- /4/ Lauharo K. 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. Suomi. Oy Uni-press Ab.
- /5/ PuuProffa. Puun rakenne. Viitattu 6.4.2018.
http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/puun-rakenne/lujuus
- /6/ Puuinfo. Puun kosteuskäyttäytyminen. Tekninen tiedote 23.11.2011. Viitattu 6.4.2018. https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/kysymyksia-ja-vastauksia/puun_kosteuskayttaytyminen_lattia.pdf
- /7/ Puuinfo. Lujuusteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 6.4.2018.
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/lujuusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>
- /8/ Ympäristöhallinnon yhteinen verkkosivu. Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu. Tiedote 30.11.2017. Viitattu 8.4.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist\(45276\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist(45276))
- /9/ Ympäristöministeriö. Tasauslaskentaopas 2018. Viitattu 8.4.2018.
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus
- /10/ Ympäristöministeriö. 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Viitattu 10.4.2018.
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3-2012_Suomi.pdf
- /11/ Ympäristöministeriö. 1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Viitattu 10.4.2018.
<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171010.pdf>
- /12/ Puuinfo. Hirsitalon suunnittelu. Viitattu 10.4.2018
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsitalon-suunnittelu>

- /13/ Ympäristöministeriö. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus määräykset ja ohjeet 2011. Viitattu 12.4.2018.
http://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1_2011-fi.pdf
- /14/ Tilastokeskus. Suomi lukuina: Rakentaminen. Viitattu 13.4.2018.
https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_rakentaminen.html
- /15/ Metsälehti. Jo joka viides talo hirrestä. Artikkelit 19.1.2018. Viitattu 15.4.2018. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/jo-joka-viides-talo-hirresta/>
- /16/ Artichouse. Hirsitalo on aidosti ekologinen valinta. Viitattu 15.4.2018.
<http://www.artichouse.fi/artichousen-hirsitalopakettit/ekologinen-valinta/>
- /17/ PEFC <https://pefc.fi/>
- /18/ Aihkitalot. Perinne hirren edut. Viitattu 16.4.2018.
<http://www.aihkitalot.fi/etusivu/perinnehirren-edut/>
- /19/ Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertomien lukuarvoista. 17.4.2018. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>
- /20/ Ollikaisen hirsirakenne. Painumaton hirsi. Viitattu 20.4.2018.
<http://ohr.fi/rakentajalle/painumaton-hirsi/>
- /21/ Hirsitaloteollisuus (HTT) Ry. Rakennustutkimus RTS Oy. Hirren markkinaosuus kasvaa, miksi? Viitattu 20.4.2018.
http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Seminaarit_vuosikokous/2018/Torstain_0504_esitykset/HTT_Hirren_markkinaosuus_kasvaa.pdf
- /22/ Puutuoteteollisuus. Hirsirakentaminen hyvässä nosteessa. Tiedote 11.7.2016. Viitattu 21.4.2018. <http://puutuoteteollisuus.fi/mediatiedotteet/hirsirakentaminen-hyvassa-nosteessa-uusien-hirsitalojen-markkinaosuus-jo-lahes-20/>
- /23/ Eurohonka. Rakenteet: Lämpöhirsit. Viitattu 14.4.2018.
<http://www.eurohonka.fi/rakenteet/lampohirsitalot>
- /24/ Hongos. Perinnetalo Piikalampi. Viitattu 14.4.2018.
http://hongos.fi/galleria/galleria-rakennukset/perinnetalo_piikalampi/
- /25/ Puuinfo. Puutavaran kosteus. https://www.puuinfo.fi/puutavaran_kosteus
- /26/ Honka. Hirsivaihtoehdot. Viitattu 15.4.2018.
<https://www.honka.fi/fi/hirsimokit-ja-saunat/hirsivaihtoehdot/>
- /27/ Hirsitaloteollisuus (HTT) Ry. Palomääräykset julkisissa rakennuksissa. Viitattu 17.4.2018.
http://www.hirsikoti.fi/assets/images/HTT_standardit/Palomaaraykset/HTT_palomaaraykset_julkisissa_rakennuksissa.pdf

/28/ Honka. Pino 1-kerroksinen malli. Viitattu 12.4.2018.

<https://www.honka.fi/fi/mallisto/pino-130-1a-fi/>

/29/ Kuusamohirsitalot. Aittoa pohjoisen puuta. Viitattu 15.4.2018.

<https://www.kuusamohirsitalot.fi/hirsirakentaminen/aitoa-pohjoisen-puuta.html>

/30/ Museoviraston kuvakokoelmat. Pertinotsa. Viitattu 2.4.2018.

https://www.kuvakokoelmat.fi/pictures/view/KK28S_19

/31/ Huliswood. Hirsiseinien U-arvot. Viitattu 19.5.2018.

http://huliswood.fi/sites/default/files/Pelkkahirren_arvot_0.pdf

/32/ Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Viitattu 20.5.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidp450713728>

/33/ Puuinfo. Puurakenteiden paloturvallisuus. Viitattu 21.05.2018.

<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/puurakenteiden-paloturvallisuus>