

Pauli Koli

Hirsitalon rakentaminen nykypäivän vaatimusten mukaisesti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

29.4.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Pauli Koli Hirsitalon rakentaminen nykypäivän vaatimusten mukaisesti 58 sivua + 1 liite 29.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	DI Peter Brandt lehtori Jouni Kalliomäki
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin hirsitalon rakentamista nykypäivän vaatimusten mukaan rakennettuna. Työssä tutkittiin hirsirakentamista sekä perinteisenä, että nykyaikaisena rakennustapana ja selvitettiin nykypäivän vaatimusten tuomia haasteita ja mahdollisuuksia hirsirakentamisessa. Tutkimuksessa perehdyttiin hirsi- ja puurakentamiseen sekä yleisesti rakentamiseen liittyviin lähteisiin, joista koottiin nykypäivän hirsirakentamiseen ohjeistava kokonaisuus.</p> <p>Lisäksi tässä työssä selvitettiin vaativiin olosuhteisiin rakennettaessa huomioitavia erikoispiirteitä toteuttamiseen ja suunnitteluun liittyen. Tässä työssä haluttiin selvittää saareen rakentamisesta, rantaolosuhteisiin rakentamisesta ja tulva-alueelle rakentamisesta aiheutuvat haasteet hirsitalon rakentamiseen. Lisäksi selvitettiin osan vuodesta kylmillään olevan rakennuksen kosteusteknisen toiminnan vaikutuksia rakentamisessa ja rakenneratkaisuissa.</p> <p>Työn tilaaja, P.W. Brandt Oy, oli rakennuttamassa hirsihuvilan Helsingin edustalle sijaitsevaan saareen ja halusi selvittää erikoisolosuhteisiin rakennettavan hirsitalon rakentamiseen liittyviä erikoispiirteitä sekä hirsitalon nykyvaatimusten mukaista rakentamista. Työn lopussa on tarkasteltu esimerkkikohdetta vaativien olosuhteiden tuomien huomioiden näkökulmasta.</p> <p>Tätä insinööriyötä voidaan hyödyntää apuvälineenä hirsitaloa rakennettaessa ja se sopii johdatukseksi hirsitalo-rakentamiseen. Työ tehtiin suunnittelijan tai itselleen hirsitalon rakennuttavan henkilön näkökulmasta.</p>	
Avainsanat	hirsi, puu, rakentaminen, suunnittelu, vaativat olosuhteet

Author(s) Title	First name Last name Building a log house with today's standards
Number of Pages Date	58 pages + 1 appendice 29 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Peter Brandt, M. Sc. (Tech) Jouni Kalliomäki, Lecturer
<p>This thesis examines log house building with today's requirements. In this study log house building is examined as a traditional as well as a modern building style. Challenges and possibilities as a result of stemming from today's building requirements also considered. The study investigates log building and wooden building as well as general construction references and based on them an instructional guideline is made.</p> <p>Furthermore, the study examined some special features that need to be taken into consideration when building in demanding conditions regarding design and execution. Some of the demanding conditions that were taken under examination were building on an island, on the coastline, on a flood area and as a house that is left unheated during the winter.</p> <p>The job owner, P.W. Brandt Oy, was going to have a log house built in the Helsinki archipelago and wanted to examine the special features in building a log house with today's requirements. The owner also wanted to examine the special features that need attention when building in demanding conditions. There is also an analysis of a case study concerning demanding conditions in the end of this thesis.</p> <p>This thesis can be used as a helping tool for a log house builder and as an introduction to log house building overall. The thesis was made from a designer's or contractor's point of view.</p>	
Keywords	log, wood, building, design, demanding conditions

Sisällys

Sanasto

1	Johdanto	1
2	Hirsirakentamisen historiaa	2
3	Hirsirakentamiseen sopiva puu	5
3.1	Hirreksi sopivat puulajit	5
3.1.1	Mänty	5
3.1.2	Muut hirsirakentamisessa käytetyt puulajit	6
3.2	Hirsityypit	9
3.2.1	Käsin veistetty hirsi	9
3.2.2	Teollinen hirsi	10
3.2.3	Hirsien varaaminen	11
3.2.4	Nurkkasalvokset	13
3.3	Puun ja hirsirakenteiden ominaisuudet	15
3.3.1	Puun lujuusominaisuudet	15
3.3.2	Lamellihirren ominaisuudet	16
3.3.3	Hirsirakenteiden eläminen ja painuminen	16
3.3.4	Rakennusfysiikan perusteita	20
3.3.5	Massiivihirsiseinän kosteustekninen toiminta	21
3.3.6	Lisäeristetyin hirsiseinän kosteustekninen toiminta	22
4	Hirsirakentaminen nykypäivänä	25
4.1	Viranomaismääräykset	25
4.2	Energiamääräykset	26
4.3	Suunnittelu	27
4.3.1	Kuluttajien vaatimukset suunnitteluun	28
4.3.2	Matalaenergiarakentamisessa	30
4.4	Paloturvallisuus	32
4.4.1	Puun käyttäytyminen tulipalossa	32
4.4.2	Suunnittelu	33
4.4.3	Paloluokat	34
4.4.4	Palosuojaus	36
4.4.5	Sprinklerijärjestelmä	37
5	Hirsitalon rakentaminen vaativissa olosuhteissa	39

5.1	Saareen rakentaminen	39
5.2	Rannalle rakentamisessa huomioitavia asioita	40
5.2.1	Maa-aineksen värähtely	40
5.2.2	Tuulikuormat ja paineellinen vesi	41
5.2.3	Meriveden vaikutus	42
5.3	Rakennuksen korkeusasemat veden läheisyydessä	44
5.4	Tulva-alueella	45
5.5	Lämmittämättömän rakennuksen säilyminen	48
5.5.1	Talon lämpötila lämmityskaudella	48
5.5.2	Homeriskit	49
6	Erikoisolosuhteiden huomioiminen hirsitalon rakentamisessa	50
6.1	Kohteen esittely	50
6.2	Työvaiheet	50
6.3	Projektissa huomioitavat erityispiirteet	52
6.3.1	Logistiikka	52
6.3.2	Aikataulutus sekä työmaasuunnittelu	52
6.3.3	Kylmäksi jätettävä rakennus	53
6.4	Kohteen yhteenveto ja päätelmät	56
7	Yhteenveto	57
	Lähteet	59
	Kuvalähteet	62
	Liite 1: Haastattelukysymykset	

Sanasto

Energiamuoto

Energiamuodolla tarkoitetaan energialähdettä tai energiatuotantomuotoa. Energiamuodoilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen, koska se huomioi energialähteen vaikutuksen ympäristön kannalta.

Hygroskooppinen materiaali

Kosteutta ilmasta imevä materiaali, joka tasaa ilman kosteusvaihteluita. Sitoo kosteutta sitä ympäröivän ilman vesihöyrystä.

Karankakuusi

Ns. karankakuusi on korkealle karsiutunut suuri kuusipuu. Tämän suuren puun runko on melko oksatonta hieman männyn tapaisesti. Esiintyy tiheissä kuusimetsissä.

Kastepiste

Lämmin ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta kuin kylmä ilma. Kastepiste on se lämpötilan arvo, jolloin ilma on täysin kosteuden kyllästämä. Mitä suurempi ilman suhteellinen kosteuspitoisuus on, sitä korkeampi on kastepiste tarkasteltavalla hetkellä.

Kelo

Pinnaltaan harmaantunut pystyyn kuivunut puu, jonka kuori on irronnut. Yleensä mänty. Kelopuu on arvostettu mm. kestävyysominaisuuksiensa takia.

Kertamuoviliima

Kertamuoveja ei voi uudelleen pehmittää työstettäväksi ilman, että rakenne hajoaa. Resorsinoli-fenolihartsiliima (RF) ja MUF-liimat ovat kertamuoviliimoja.

Kestomuoviliima

Kestomuovituote voidaan pehmittää lämmöllä uudelleen työstettäväksi. Useimmat tekniset muoviosat sekä kodin elektroniikan ja keittiövälineiden muoviosat on valmistettu kestumuoveista.

Kyllästyshöyrypitoisuus

Kyllästyshöyrypitoisuudella tarkoitetaan vesihöyryn määrää, jonka ilma voi tietyssä lämpötilassa sitoa itseensä.

Lamasalvostekniikka

Tekniikka, jossa vaakarakenteiset seinähirret liitetään toisiinsa lovetuilla nurkkasalvoksilla.

Lämmönläpäisyarvo (U-arvo)

Lämmönläpäisyarvolla tarkoitetaan U-arvoa, joka kuvaa rakenteen lämmöneristävyyskykyä. Mitä suurempi U-arvo rakenteella on, sitä heikompi on sen lämmöneristyskyky.

Matalaenergiarakentaminen

Matalaenergiarakentamisessa tilojen lämmittämiseen kuluvan energian määrä on normaalia pienempi. Usein tämä tarkoittaa rakennukselta parempaa lämmöneristyskykyä, ilmantiiveyttä sekä energiatehokasta ilmanvaihtoa.

Puun kyllästymispiste

Kyllästymispiste on kosteusprosentti, joka puun soluseinämillä voi enintään olla. Kun kosteusprosentti on kyllästymispistettä suurempi, on ylimääräinen vesi vapaana vetenä soluonteloissa.

Rossipohja

Rossipohjalla tarkoitetaan kantavaa tuulettuvaa alapohjarakennetta. Rossipohja voidaan toteuttaa joko talon ulkoseinien mukaan kiertävällä yhtenäisellä perusmuurilla, johon sijoitetaan tuuletusaukkoja; tai pilareiden varaan tukeutuvana hyvin tuulettuvana alapohjana.

Salvospilari

Pilari, joka muodostuu risteävistä vaakahirsien pätkistä. Kuin hirsiseinänurkka, mutta ei yhteydessä seiniin.

Tapittaminen

Toimenpide, jossa päällekkäin olevien hirsien läpi porataan suurehkolla poranterällä reikä, johon lyödään puusta tehty tappi. Tapituksen tarkoitus on toimia ns. tukipuuna hirsiseinän sisällä.

Tilkemateriaali

Tilke on vaakasuuntaisten hirsien välisen sauman tiivistämateriaali. Usein käytetään pellavaa tai muuta orgaanista materiaalia. Uusissa hirsityypeissä on käytössä myös polypropeeniset tilkemateriaalit.

Vesihöyrypitoisuus

Vesihöyrypitoisuudella tarkoitetaan tarkasteltavan ilman sisältämää vesihöyryn määrää.

1 Johdanto

Hirsirakentaminen on osa suomalaisen rakentamisen kulttuuriperintöä ja on vahvasti läsnä nykypäivänkin pientalorakentamisessa, etenkin vapaa-ajan asunnoissa. Viime vuosina tiukentuneiden energiamääräysten mukaiset vaatimukset talojen eristävyyteen ja ilmantiiveyteen liittyen, haastavat myös hirsirakentamisen, vaikkakin se on saanut muutamia helpotuksia määräyksien vaatimuksissa.

Tässä insinööriyössä halutaan selvittää hirsitalon rakentamisessa huomioitavat asiat, nykypäivän vaatimusten mukaan toteutettuna. Työssä perehdytään hirsirakentamiseen sekä perinteisenä, että nykyaikaisena rakennustapana ja pohditaan nykypäivän vaatimusten tuomia haasteita ja mahdollisuuksia hirsirakentamisessa. Tutkimusta tehdään perehtymällä hirsi- ja puurakentamiseen sekä yleisesti rakentamiseen liittyviin lähteisiin. Yleisen hirsirakentamisen lisäksi tässä työssä selvitetään vaativiin olosuhteisiin rakennettaessa huomioitavia erikoispiirteitä.

Työn tilaaja, P.W. Brandt Oy, rakennuttaa hirsihuvilan saareen Helsingin edustalle ja haluaa selvittää erikoisolosuhteisiin rakennettavan hirsitalon rakentamiseen liittyviä erikoispiirteitä sekä hirsitalon nykyvaatimusten mukaista rakentamista. Tutkittavia erikoisolosuhteita ovat saareen ja rannan läheisyyteen rakentaminen, tulva-alueelle rakentaminen sekä osan vuodesta kylmillään oleva rakennus.

Tavoitteena on koota hirsirakentamista ohjeistava kokonaisuus, joka voi toimia apuna hirsitaloa rakentavalle tai hirsitalon rakentamista suunnittelevalle ja johon on kerätty nykypäivän vaatimuksia sekä hirsitalon näkökulmasta että yleisesti pientalon näkökulmasta.

Lisäksi työn loppuosassa käsitellään esimerkkikohteessa huomioitavia erikoispiirteitä jotka johtuvat saareen rakentamisesta, rannalle rakentamisesta sekä siitä, että talo tullaan jättämään talven ajaksi lämmittämättömäksi.

2 Hirsirakentamisen historiaa

Puu on rakennusaineena käytetyistä materiaaleista yksi vanhimmista yhdessä esimerkiksi kiven kanssa. Varhaisimpia löydöksiä, jotka viittaavat puusta rakennettuihin asumuksiin ovat kalliomaalaukset ajalta 35 000 - 8000 eKr., joissa näkyy kotamaisia, vuodilla, tuohilla ja lehdillä verhoiltuja majoja. Ensimmäisiä puuntyöstöön käytettyjä sahoja ovat 8000 - 6000 eKr. löydetty hammastetut kivet, joissa on sarvesta, puusta tai luusta tehdyt kädensijat. Kuvassa 1 on käsisaha, joka on tehty kivikautisen mallin mukaisesti. [Siikanen 2008: 8-14.]



Kuva 1. Jäljitelmä kivikautisesta sahasta. [Paleo 2014.]

Varhaisimmat Suomesta löytyneet asuinkäyttöön tarkoitetut hirsirakennukset on n. 5000 vuotta sitten esiintyneet hirsirakennelmat. Rakennelmissa oli alimpana muutama järeä hirsikerta, jotka oli liitetty toisiinsa nurkkasalvoksella. Hirsirungon päällä oli kotamainen luonnonmateriaaleista tehty katto. Kuvassa 2 on rekonstruktio tämänkaltaisesta rakennuksesta. [Vuolle-Apiala 2012: 6-10.]



Kuva 2. Rekonstruktio kivikautisesta asuinrakennuksesta. [Vuolle-Apiala 2012: 9.]

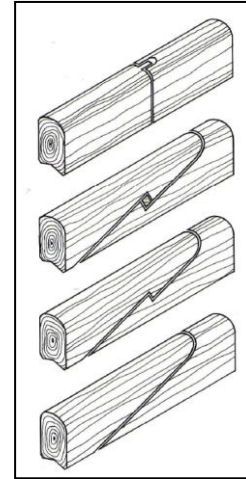
Voidaan todeta, että n. 600-luvulla hirsi oli yleisimmin Suomessa käytetty rakennusaine, jolloin asuintalot koostuivat kokonaan hirrestä tehdyistä yksinkertaisista kehikoista. Nämä 600-luvulla esiintyneet rakennukset olivat yleensä tehty siten, että rakennuksen keskellä oli ahjo eli tulisija, ja katossa oli suuri savuaukko. Vanhimmat hirsitalot tehtiin veistämättömistä hirsistä ja lattia oli maanvarainen tai ei ollut lainkaan lattiaa vaan lattia muodostui seinien keskelle jäävästä maasta. Kehityksen myötä alettiin myös korottaa lattia irti maasta, kun huomattiin puisten lattiarakenteiden siten kestävänsä paremmin. [Siikanen 2008: 8-14; Vuolle-Apiala 2012.]

800 - 1000 -luvulla alettiin Suomessa käyttää lamasalvostekniikkaa, missä nurkkaratkaisut olivat yksinkertaisia kirveellä hakattavia malleja. Kuvassa 3 on esimerkki perinteisestä suomalaisesta salvosnurkasta. Vähitellen kehittyi talomalli, jota kutsutaan nykyään nimellä "savupirtti".



Kuva 3. Valokuva 1920-luvulla rakennetusta salvosnurkasta. [Kuvakokoelmat 2014.]

Kuvan 4 mukainen savupirtti oli yleisesti käytössä n. 1300 - 1900 -luvulla ja 1700-luvulta lähtien niihin alkoi ilmestyä ikkunoita. Jonkinlainen mullistus hirsitalojen rakentamisessa tapahtui 1700 - 1800 -luvulla, kun hirsiä alettiin jatkaa pidemmiksi. Tämä mahdollisti entistä suurempien tilojen rakentamisen ja antoi siten uusia käyttömahdollisuuksia hirsirakennuksille. [Siikanen 2008: 8-14; Vuolle-Apiala 2012: 10.]



Kuva 4. (vasemmalla) Savupirtti. [Vuolle-Apiala 2012: 10.]

Kuva 5. (oikealla) Hirsien jatkaminen. [Siikanen 2008: 309.]

1950-luvulle asti hirsitalot ja muut hirsirakennelmat oli tehty yksinkertaisilla käsityökaluilla käsityönä ja jokainen talo oli enemmän tai vähemmän ainutlaatuinen tekijänsä taidonnäyte. Näihin aikoihin alkoi myös teollisten hirsien valmistus, joka muutti merkittävästi hirsitalo-rakentamista. Nykypäivänä valmistetaan monilla eri menetelmillä koneellisesti ja tehdasmaisesti erilaisia hirsityyppejä, mutta vieläkin on koulukuntaa, joiden mielestä aito hirsitalo on perinteinen käsin veistetty hirsitalo. [Siikanen 2008: 8-14.]

3 Hirsirakentamiseen sopiva puu

Puu on materiaalina hyvin monipuolinen ja on monesta syystä ansainnut paikkansa yhtenä yleisimmistä rakennusmateriaaleista. Puun hyviksi teknisiksi ominaisuuksiksi voidaan luetella esimerkiksi sen keveys, työstettävyys, liitettävyys, eristävyys ja lujuus painoonsa nähden. Lisäksi puu on monikäyttöinen, taloudellinen, terveellinen ja uusiutuva luonnontuote, joka on saatavilla melkein missä vain, unohtamatta sen kaunista ulkonäköä. [Siikanen 2008.]

3.1 Hirreksi sopivat puulajit

Suomessa kasvavista puulajeista yleisin hirsirakennuksissa käytetty materiaali on mänty, mutta myös esimerkiksi kuusta, haapaa, lehtikuusta ja koivua voidaan tietyissä tapauksissa käyttää hirsirakentamisessa. [Vuolle-Apiala 2012: 91.]

3.1.1 Mänty

Mänty (*pinus sylvestris*) on yleisin hirsirakentamisessa käytetty puulaji, johtuen mm. sen vähäoksaisuudesta ja suorudesta. Mänty on yleensä melko suora ja tasapaksuinen, ja kaiken lisäksi saatavilla koko Suomen alueella. Sen pintapuu on kellertävän vaalea ja sydänpuu on hieman tummemman sävyinen johtuen suuremmasta pihkapitoisuudesta. Pihkan säilyvyyttä parantavien ominaisuuksien takia juuri sydänpuu on arvostetuin osa männystä, mikäli halutaan saavuttaa hyvä kestävyys. Myös kasvunopeudella on vaikutus lujuusominaisuuksiin, hitaammin kasvanut mänty on tiheämpää ja kestävämpää. [Siikanen 2008: 33; Vuolle-Apiala 2012: 91]



Kuva 6. Paljon sydänpuuta sisältävä mänty ja kelo-puu. [Wikikko 2014.]

Perinteisesti yksi arvokkaimmista hirsimateriaaleista on ollut kelohonka, joka ei kaadettuaan enää kieroudu tai väännä kovinkaan paljon ja kestää todella hyvin sään vaikutuksia. Kelohonka on varsinkin nykyään melko harvinainen löytö, koska vanhat laadukkaat kelojuuret ovat käytetty ja vanhat hyvät mäntypuut ehditään kaataa ennen niiden kelottumista, joka kestää muutama kymmenen vuotta puun kuivumisen jälkeen. Kelopuun pinta ei kestä kovinkaan hyvin mekaanista rasitusta, mikä tekee esimerkiksi kuljettamisen ja varastoinnin vaikeammaksi. [Vuolle-Apiala 2012: 91.]

Yksi luonnollinen menetelmä, jolla on saatu mäntyyn paremmat kestävyysominaisuudet on pihkaaminen. Männen pihkoittuminen saadaan aikaiseksi siten, että puuhun tehdään koloja, jotka aiheuttavat lisääntyneen pihkan muodostumisen. Pihkan määrän kasvaessa myös puun kestävyysominaisuudet paranevat. Puun tarpeeksi runsas pihkoittuminen kestää pari vuotta. [Vuolle-Apiala 2012:]

3.1.2 Muut hirsirakentamisessa käytetyt puulajit

Männen lisäksi hirsirakentamisessa käytetään kuusta ja joissain tapauksissa myös haapaa, lehtikuusta ja jopa koivua [Vuolle-Apiala 2012: 91-97].

Kuusen (*picea abies*) puuaines on hieman mäntyä pehmeämpää, mutta sitkeämpää, miksi sitä onkin joskus käytetty mäntyhirsitaloissa esimerkiksi kattokannattajina. Kuusi kiertyy kuivuessaan hieman mäntyä enemmän, mutta kunnollisella seinän tapittamisella seinä saadaan pysymään suorana. Itä-Suomessa kuusen käyttö hirsiseinän materiaalina on ollut hieman yleisempää siellä kasvaneiden ”karankakuusialueiden” takia. Kuvassa 7 näkyy kuusihirsinen talo sekä metsässä kasvava karankakuusi. [Siikanen 2008: 34; Vuolle-Apiala 2012: 94.]



Kuva 7. Massiivikuusinen hirsitalo ja kuva karankakuusesta. [Vuolle-Apiala 2012: 93-94.]

Haapa (*populus tremula*) on suhteellisen suoraksi kasvava lehtipuu, joka kasvaa erittäin nopeasti. Haapaa on hirsipuuna käytetty joskus talousrakennuksiin, mutta harvemmin asuinrakennuksiin. Hirsirakentamiseen kelpaavia tarpeeksi suorarunkoisia haapoja on vaikea löytää, minkä takia haapahirsitalo on harvinaisuus. Haavan sinistyminen on myös haaste siitä rakennettaessa, minkä takia oikeaoppiseen puun kaatoajankohtaan ja kuivattamiseen on kiinnitettävä erityisesti huomiota. Haapaa onkin enemmän käytetty esimerkiksi kattopaaunuina ja julkisivuverhouksissa. [Siikanen 2008: 35; Vuolle-Apiala 2012: 95.]



Kuva 8. Haapahirsisauna. [Vuolle-Apiala 2012: 127.]

Lehtikuusen (*larix*) käyttö hirsirakentamisessa on ollut Suomessa harvinaista sen huonon saatavuuden takia. Lehtikuusella on kuitenkin hyviä ominaisuuksia rakentamisen näkökulmasta, kuten erittäin hyvä sääolojen kestävyys ja nopeakasvuisuus. Lehtikuusta on alettu viljellä entisille peltoalueille, joten tulevaisuudessa sen käyttöä rakentamisessa voidaan ehkä lisätä. Sveitsistä on löydetty vanhoja hyvin kestäneitä hirsitaloja, jotka on tehty siellä kasvaneesta lehtikuusilajista, jolla ei ole suuria eroja Suomessa kasvavaan lajiin verrattuna. [Vuolle-Apiala 2012: 96.]

Koivua (*betula verrucosa*, *betula pubescens*) ei ole käytetty kovinkaan paljon hirsirakentamisessa, koska suoria koivurunkoja on vaikea löytää. Lisäksi se kestää melko huonosti säättä ja elää paljon kosteusvaihteluiden takia. Hyvin suojattuna ja ehjä tuohipinta säättä vasten se saattaa soveltua esimerkiksi ulkokuussin tai muun toissijaisen rakennuksen rungoksi. Kuvassa 9 on esimerkki koivuhirsirakenteisesta ulkokuussista, joka on kuvaushetkellä kestänyt 20 vuotta sään rasituksia moitteetta. [Vuolle-Apiala 2012: 97.]



Kuva 9. Koivuhirsistä tehty ulkokuussi. [Vuolle-Apiala 2012: 97.]

3.2 Hirsityypit

Hirsirakentaminen voidaan karkeasti jakaa kahteen eri kategoriaan: perinteinen hirsirakentaminen ja teollinen hirsirakentaminen. Teollinen hirsirakentaminen jakaantuu edelleen höylätyn hirren ja liimatun hirren käyttöön. Lisäksi yksi näkyvä ero hirsirakennusten välillä on nurkkasalvosten tyyppi.

3.2.1 Käsin veistetty hirsi

Perinteinen hirsirakentaminen on käsityökaluilla tapahtuvaa rakentamista, jossa hirsikehikko rakennetaan joko rakennuspaikalla tai erillisessä veistohallissa. Jälkimmäisessä tapauksessa hirsikehikko rakennetaan valmiiksi hallissa, jonka jälkeen se puretaan osiin hirret numeroiden, ja kootaan rakennuspaikalla uudelleen. Käsin veistetyn hirsitalon rakentaminen on nykyään hieman harvinaisempaa kuin ennen, johtuen mm. osaavien veistäjien vähydestä. Perinteinen käsin veistäminen on kuitenkin arvostettu taito ja jotkut ovatkin sitä mieltä, että ainoa oikea hirsitalo on perinteinen käsin veistetty talo.



Kuva 10. Käsin veistetty hirsitalo. [Hongos 2014.]

3.2.2 Teollinen hirsi

Teollinen hirsirakentaminen alkoi 1950-luvulla ja siinä seinähirret ovat teollisesti muokattuja, sahattuja tai liimattuja hirsiiä. Teollisen hirsitalon rakentamisessa valmis teollisesti valmistettu hirsirunko pystytetään työmaalla. [Lauharo 2002.]

Teolliseksi hirreksi luetaan höylähirsi sekä liimahirsi, joka tunnetaan myös nimellä lamellihirsi.

Höylähirsi:

Höylähirsi on yhdestä tukista valmistettu hirsi, joka on työstetty haluttuun profiiliin koneellisesti höyläämällä. Höylähirsien kokoon vaikuttaa tukkien koko, koska suureen hirsiprofiiliin tarvitaan yhtä suuri tukki. Nykyään, varsinkin ympärivuotiseen käyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa, seinäpaksuudet ovat kasvaneet niin suuriksi, että sopivia jättitukkeja on vaikea löytää. Nykyvaatimusten seurauksena höylähirsien käyttö onkin yleisempää vapaa-ajan rakennuksissa tai lisäeristetyissä rakennuksissa. Höylähirren lujuusluokkana mitoituksessa käytetään yleensä luokkaa T24, joka vastaa eurokoodin mukaista C24 luokkaa. C24 luokan puutavaran taivutuslujuus on 24 N/mm^2 , mistä luokan nimikin tulee. [Lauharo 2002.]



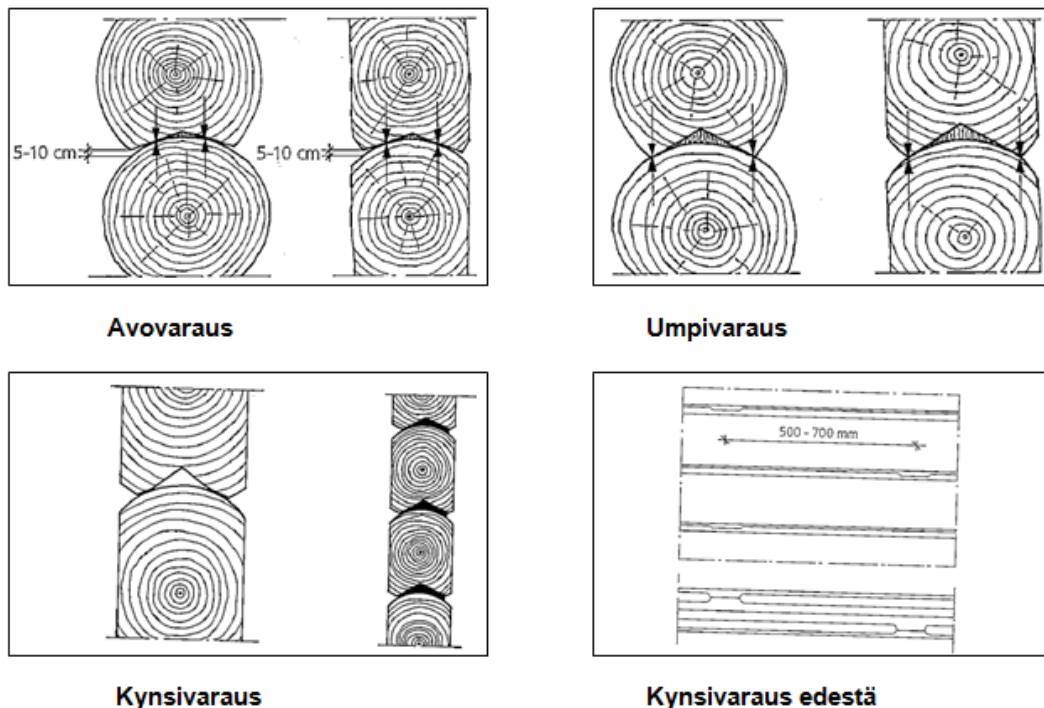
Kuva 11. Massiivinen lamellihirsi ja höylähirsi. [Honkatalot 2014; Syötehuvilat 2014.]

Lamellihirsi:

Lamellihirsi muodostuu monesta yhteen liimatusta osasta, jotka yhdessä muodostavat halutun poikkileikkauksen. Lamellihirsistä on mahdollista valmistaa erityisen suuria hirsiprofiileja, koska ne koostuvat kahdesta tai useammasta yhteen liimatusta osasta. Lamellihirren lamellit voivat olla joko pysty- tai vaakasaumalla yhteen liimattuja. Erityisen järeissä hirsissä voi olla sekä pysty- että vaakaliimasaumoja, kuten kuvassa 11. [Lauharo 2002.]

3.2.3 Hirsien varaaminen

Hirsirakenteen tiivyyteen ja stabiiliuteen vaikuttaa olennaisesti hirsien varaaminen. Varaamisella tarkoitetaan hirsien sovittamista toistensa päälle. Käsini veistetyissä hirsitaloissa käytettyjä yleisiä varaustapoja on kolme eri tyyppiä: avovaraus, umpivaraus ja kynsivaraus. Varaustyyppit on esitetty kuvassa 12. [Siikanen 2008: 311-312; Vuolle-Apiala 2001: 43-47; Vuolle-Apiala 2012: 112.]



Kuva 12. Hirsitalon varaustyyppit. [Siikanen 2008: 311-312.]

Kaikissa varaustyypeissä pääideana on kuitenkin päällekkäisten hirsien tiivis ja tukeva yhteensovittaminen. Yleisesti voidaan sanoa, että varausta tehdessä ylempään hirren

alapintaan työstetään alemman hirren muoto, jolloin hirret lepäävät tukevasti toistensa päällä. Hirsien väliin asennetaan lisäksi asennusvaiheessa tiiviste, jota myös kutsutaan tilkkeeksi. Varauksia voidaan kuitenkin tehdä hieman erilaisilla variaatioilla, joissa toiminta ja varaustavan tekemisen vaikeusaste on hieman erilainen. [Siikanen 2008: 311-312; Vuolle-Apiala 2001: 43-47; Vuolle-Apiala 2012: 112.]

Avovaruksessa hirsien välinen sauma on näennäisesti hieman auki, jolloin sauman jälkitilkitseminen, tiiviyden varmistamiseksi, on myös mahdollista. Avovaraus on vaikea tehdä ja seinä saattaa helposti jäädä huolimattomasti tehdyn näköiseksi ja ryhdittömäksi.

Toinen tapa on **umpivaraus**, jossa hirsien välinen sauma on ulkoa ja sisältä katsottuna umpinainen, mutta sauman sisällä on tilaa tilkkeelle. Tätä varaustapaa ei voi tilkitä jälkeinpäin, mutta se on helpompi toteuttaa eikä vaadi tekijältään yhtä suurta ammattitaitoa kuin avo- tai kynsivarausta tehdessä.

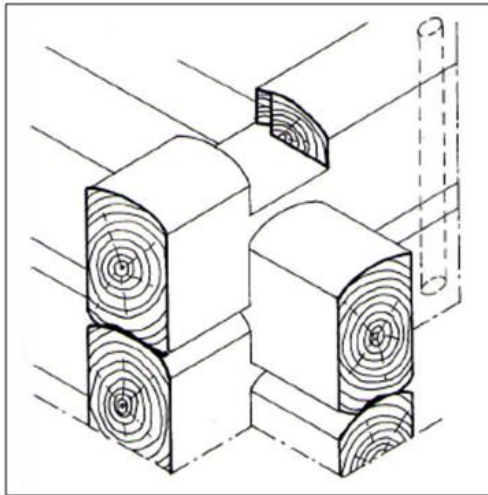
Kynsivaraus on näistä kolmesta tavasta paras mutta vaativin. Osaavalta tekijältä kynsivarauksen teko sujuu kuitenkin melko nopeasti. Varaus tehdään kuten umpivaraus, mutta jälkitilkitsemisen mahdollistamiseksi varaukseen jätetään ”kynsiä” tietyin välimatkoin, joiden varassa hirsi lepää. Sauman tilkitseminen tapahtuu siis hirren asennuksen jälkeen tilkerakojen kautta. [Siikanen 2008: 311-312; Vuolle-Apiala 2001: 43-47; Vuolle-Apiala 2012: 112.]

Teollisissa hirsissä käytetään lisäksi monia erityyppisiä varaustapoja, jotka ovat kuin hirsien välisiä pontteja. Ponttien profiili riippuu valmistajasta ja hirren paksuudesta, mutta idea on sama kuin käsin veistetyin hirrenkin varauksessa, tehdä seinästä tukeva sivuttaissuunnassa sekä mahdollistaa tiivistemateriaalin toiminta saumassa. Kuvassa 11 näkyy esimerkki teollisten hirsien vaakasauman ponteista. [Lauharo 2002.]

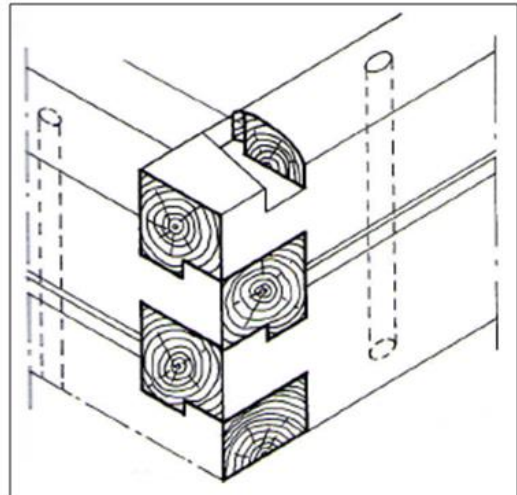
3.2.4 Nurkkasalvokset

Hirsien varaamisen lisäksi toinen hirsirakennuksen vakavuuteen ja stabiiliuteen vaikuttava tekijä on nurkkasalvos. Nurkat sitovat seinät toisiinsa ja niiden tärkeys rakennuksessa on ilmeistä. Nurkkaratkaisuja on monia ja eri maissa käytetään hieman erilaisia tapoja. Varsinkin entisaikoina on nurkkasalvoksesta pystynyt päättelemään mistä hirsivestäjä on oppinsa saanut.

Karkeasti nurkkatyypit voidaan jakaa kahteen tyyppiin: pitkänurkka ja lyhytnurkka. Pitkänurkassa (ristinurkka) hirret risteävät nurkassa siten, että hirsien päät jatkavat pienen matkaa nurkan ohi. Lyhytnurkassa (hammasnurkka) hirsien risteävät osuudet ovat leikattu pois, jolloin nurkka jää tasaiseksi. Kuvassa 13 on havainnollistettu lyhytnurkan ja pitkänurkan välinen ero.



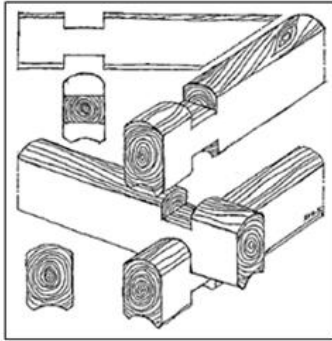
Pitkänurkka



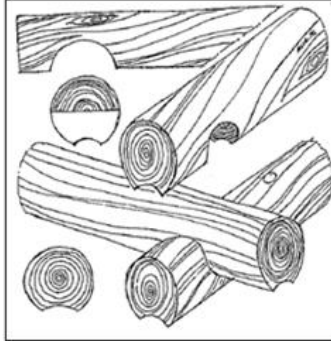
Lyhytnurkka

Kuva 13. Hirsiseinän ulkonurkkatyypit. [Siikanen 2008: 313.]

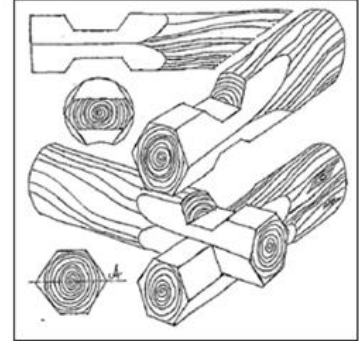
Pitkä- ja lyhytnurkan jälkeen nurkkatyytit jakaantuvat moniin erityyppisiin ratkaisuihin, vain veistäjän mielikuvitus on rajana. Lyhytnurkkaa käytetään esimerkiksi silloin kuin hirsiseinä halutaan verhoilla laudoilla, jolloin nurkan ulkoverhoileminen on helpompi toteuttaa. Kuvassa 14 näkyy muutamia Suomessa yleisiä nurkkatyyppiä.



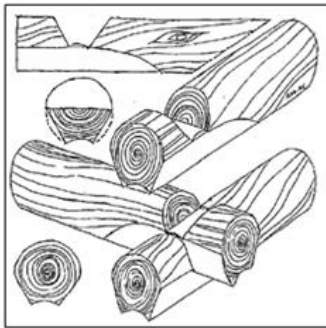
Suoranurkka



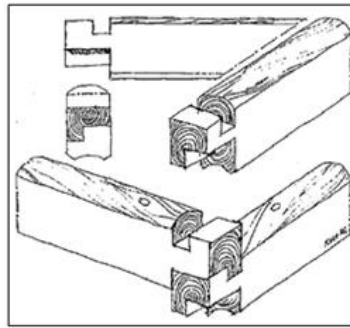
Ammänurkka



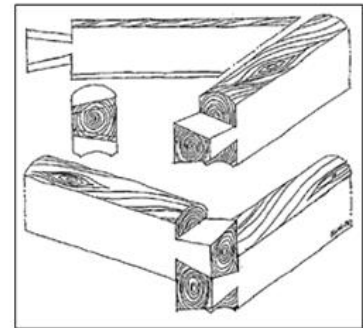
Sulkanurkka



Viikinkinurkka



Hammasnurkka



Lohenpyrstönurkka

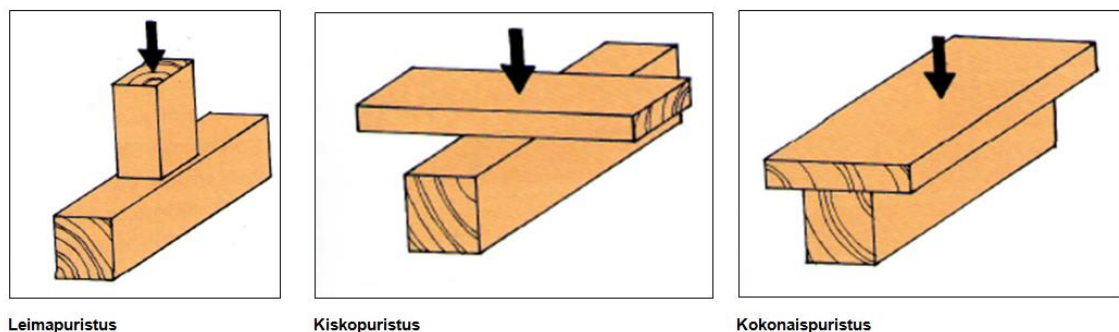
Kuva 14. Suomessa yleisesti käytettyjä nurkkatyyppiä. [Vuolle-Apiala 2012: 130-131.]

3.3 Puun ja hirsirakenteiden ominaisuudet

Hirsirakenteiden kannalta olennaisia puun ominaisuuksia ovat esimerkiksi sen lujuusominaisuudet, kosteustekninen toiminta, reagoiminen kosteusvaihteluihin sekä puun pitkäaikaisesta kuivumisesta aiheutuvat painumat ja halkeilut. Lisäksi hirsi kuuluu pintamateriaalina parhaaseen päästöluokkaan, M1, mikä tarkoittaa, että hirsipinta sisäpinnassa luo mahdollisuudet hyvään sisäilman laatuun [TKK 1998].

3.3.1 Puun lujuusominaisuudet

Puu on anisotrooppinen materiaali, jonka ominaisuudet lujuuden ja elämisen kannalta ovat erilaisia eri suunnissa. Lujuusominaisuudet ovat siis erilaisia riippuen siitä, vaikuttaako puuhun kohdistuva rasitus puun syiden suuntaan kohtisuorasti vai syiden suuntaisesti. Lisäksi puun lujuusominaisuudet ovat erilaisia riippuen puulajista, esimerkiksi tiheydessä ilmenevät erot vaikuttavat olennaisesti puun kestävyysominaisuuksiin. Rakentamisen kannalta tärkeät puulta vaadittavat lujuusominaisuudet ovat kulutuksenkestävyys, puristus-, taivutus- ja leikkauslujuus sekä puun kimmoisuus. [Siikanen 2008: 43-46.]



Kuva 15. Puun kuormitus eri suunnista. [Siikanen 2008: 47.]

Ominaisuudet vaihtelevat puulajeittain, mutta myös saman puulajin yksilöillä on mm. kasvupaikasta johtuvia eroavaisuuksia. Näistä vaihtelevuuksista johtuen käytetään puurakenteiden mitoituksessakin lujuusparametreja, jotka perustuvat keskiarvoihin ja jotka ovat yleensä todellista lujuutta heikompia arvoja. Eurokoodien mukaisessa suunnittelussa käytettävät mitoitusarvot sisältävät seuraavat ominaisuuksien vaikutukset: sauvojen mittaepätarkkuudet, valmistuksesta ja toteuttamisesta johtuvat

epätarkkuudet sekä materiaalin epähomogeenisuus. [SFS 2008; Siikanen 2008: 43-46.]

3.3.2 Lamellihirren ominaisuudet

Lamellihirrellä on höylähirttä tasaisemmat ominaisuudet ja se on homogeenisempaa sekä vähemmän altis kosteusvaihtelusta aiheutuville liikkeille ja vääntyilemisille. Järeitää lamellihirsiä tehtäessä tulee hirsien molempiin pintoihin yleensä sydänpuuta, mikä vaikuttaa sekä ulkonäköön että pintojen käsiteltävyyteen. [Lauharo 2002.]

Lamellien liimaamiseen käytettäviä liimoja valittaessa korostuu oikeanlaisen liiman valinta, ettei puun luonnollinen kosteustoiminta häiriinny liikaa. Käytettävän liiman on myös oltava ympäröivää puuainesta lujempaa, jotta hirsi toimisi toivotulla tavalla rakenteessa. Lamellien liimaamiseen käytetään joko kertamuoviliimaa tai kestopuoviliimaa. Kertamuoviliimat soveltuvat paremmin rakenteisiin joilta vaaditaan hyviä lujuus- ja kosteuden kesto-ominaisuuksia. Esimerkkejä kertamuoviliimoista ovat resorsinoli-fenolihartsiliima (RF) ja MUF-liimat. Jos lamellihirsi mitoitetaan taivutukselle, kannattaa palkkia tarkastella siten, että päällekkäin olevat lamellit eivät toimi yhtenäisenä palkkina vaan erillisinä osina, näin laskentatulokset pysyvät varmallalla puolella. Taivutetussa rakenteessa on myös hyvä huomata, että jos lamellit ovat liimattu sydänpuoli ylöspäin, toimii se tehokkaammin pintapuun kestäessä paremmin vetoa. [Karhumuovi 2014; Lauharo 2002: 101-102.]

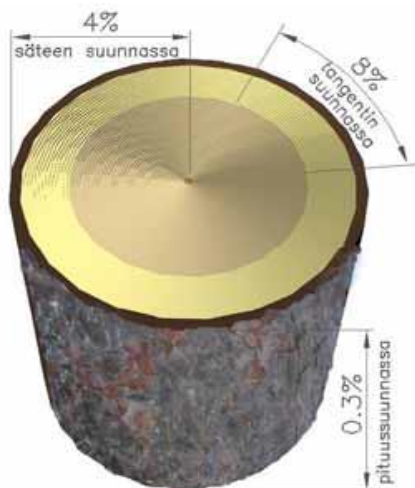
Jos hirsiseinän paksuus mahdollistaa lamellihirsien valmistamisen pelkillä vaakaliimasaumoilla, saadaan hirren ulkonäöstä hieman enemmän perinteistä kokonaista hirttä muistuttava. Toisaalta vaakaliimasauma on suojattomampi ja näkyvämpi kuin pystysauma. Lisäksi vaakasaumatuissa lamellihirsissä esiintyy enemmän kosteuselämisestä johtuvia halkeamia. [Lauharo 2002.]

3.3.3 Hirsirakenteiden eläminen ja painuminen

Yksi hirsitalojen huomattavimmista erityisominaisuuksista on hirsirakenteiden painuminen. Eräässä vanhassa sanonnassakin jo todetaan, että ”hirsiseinä painuu niin kauan, kunnes kurkihirsi osuu maahan”. Yleisesti voidaan sanoa, puu-aineksen

kuivumisesta aiheutuvaa hirren painumista tapahtuu noin 10 - 50 mm/korkeusmetri [HTT 2012].

Yleisimmän hirsirakentamisessa käytetyn puun, männyn, kyllästymispiste on n. 30 %. Kun puun kosteusprosentti laskee alle kyllästymispisteen alkaa soluseinämiltä poistua vettä ja puu kutistuu sekä halkeilee, mutta myös muuttuu lujemmaksi. Hirsirakenteiden painuminen johtuu pääasiassa puun kutistumisesta kuivuessaan. [Siikanen 2008: 43-44.]



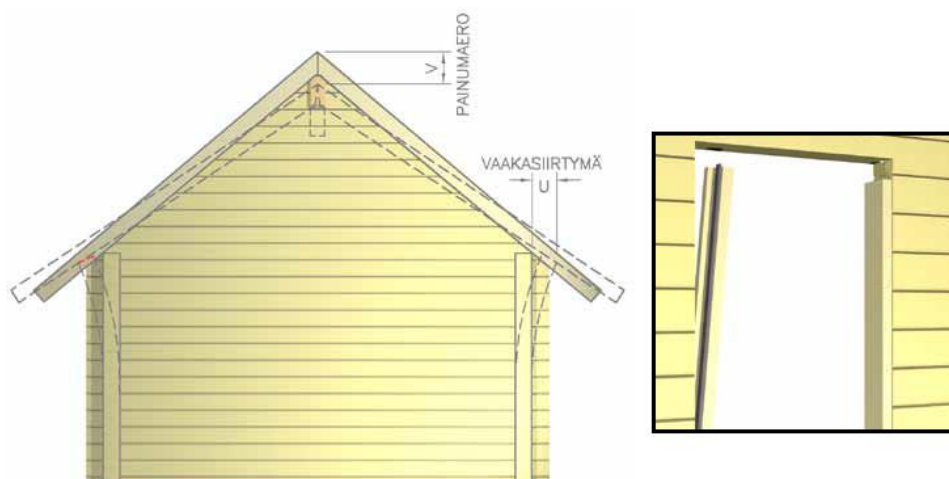
Kuva 16. Puun kutistumista havainnollistava kuva. [HTT 2012: 3.]

Syy, miksi hirsirakenteet painuvat, mutta tavalliset rankorakenteiset seinät eivät painu, johtuu puun anisotrooppisuudesta. Puun kuivumisesta aiheutuva kutistuminen on syiden suuntaisesti suuruusluokkaa 0,2-0,3 %, kun vastaavasti kutistuminen syitä kohtisuoraan on n. 4 %. Tangentin suunnassa kutistuminen on n. 8 % suuruista. Rankorakenteisissa seinissä ovat seinän kantavat puut pystyssä, jolloin painuminen on pientä, kun taas hirsiseinässä yleensä hirret ovat vaakatasossa ja painuminen on suurta. [Lauharo 2002; Siikanen 2008.]



Kuva 17. Pystypilarin alapään säätökierretanko. [Ihoti 2014.]

Painuminen voi aiheuttaa suuria ongelmia, ellei sitä ole huomioitu suunnittelussa ja toteutuksessa. Kaikissa kohdissa, joissa painuva hirsirakenne kohtaa painumattoman elementin täytyy olla tarpeeksi suuri painumavara huomioituna. Hirsirakenteen painuma on aina sallittava, ettei aiheudu ei-toivottuja muodonmuutoksia. Usein nämä kriittiset kohdat ovat esimerkiksi ovien ja ikkunoiden karmit, muuratut tulisijat, jyrkän harjakaton liitos ulkoseinään, märkätilat, kaikki hirsiseinään kiinnitettävät levyrakenteet ja pilarit. Kuva 18 havainnollistaa, miten harjakatollisen hirsitalon seinien painumaerot voivat aiheuttaa lappeen puoleisten kantavien seinien yläpäähän ei-toivottuja vaakasuuntaisia siirtymiä. Ongelma voidaan välttää kiinnittämällä kattopalkit liukuman sallivilla kiinnikkeillä kantaviin seiniin. [Lauharo 2002; Siikanen 2008.]



Kuva 18. Harjakaton painuma ja painumavara ovi-aukon kohdalla. [HTT 2012: 3-4.]

Pilareiden valinnassa kannattaa miettiä, mitä eri vaihtoehtoja on ja kuinka paljon ne vaativat huolto-toimenpiteitä käyttäjiltään. Esimerkiksi säädettävät kierrejalat mahdollistavat pilareiden laskemisen hirsirakenteiden laskiessa, mutta jos käyttäjä ei säädä pilareiden korkeutta tarvittavan usein voi painumavaurioita aiheutua. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä pilarit ns. ”salvospilareina”, jolloin ne laskeutuvat itsestään samaan tahtiin kuin muukin runko, eikä käyttäjän tarvitse huolehtia pilareiden korkeuden säädöistä.

Painumisen lisäksi puussa tapahtuu muutakin elämistä puun kuivumisesta johtuen, kuten halkeilua ja vääntyilemistä. Näitä ilmiöitä on vaikea ennustaa ja estää, mutta niihin kannattaa varautua mahdollisimman hyvin, jotta saavutetaan laadukas lopputulos.

Hirren vääntyileminen ja kiertyminen on erisuuruista puulajista riippuen ja esimerkiksi kuusella on hieman suurempi taipumus kiertymiseen kuin männyllä. Entisaikoina tämä on saattanut olla hieman suurempi ongelma, koska seinä ei ole tapitettu kunnolla. Kunnollisella tapittamisella seinän sivusuuntaiset liikkeet ja kiertymisestä aiheutuvat ongelmat saadaan pidettyä melko hyvin kurissa. [Vuolle-Apiala 2001; Vuolle-Apiala 2012.]

Halkeilu on puun luontainen ominaisuus, joka johtuu kuivumisesta aiheutuvista jännityksistä, ja sitä on vaikea tai mahdoton täysin estää. Lamellihirsissä, joissa hirsi voidaan tehdä pienemmistä palasista, voidaan näkyvän halkeilun määrää toki vähentää reilusti. Halkeilu ei kuitenkaan vaikuta hirren kokonaislujuuteen kovinkaan paljon, mutta riippuen halkeaman sijainnista ja avautumissuunnasta sitä kautta voi päästä puun sisään vettä, kosteutta ja lahottajaeliöitä. Halkeilun määrä on verrannollinen puuaineksen tiheyteen, eli mitä tiheämpää puuta, sitä helpommin ilmenee halkeamia. [Lauharo 2002.]

Halkeilua voidaan ohjata toivotulla tavalla ja esimerkiksi hirren kuivatustavalla ja kuivatusnopeudella on vaikutusta halkeamien syntymiseen. Kun puu kuivuu hitaasti, kuivuu sydänpuu-osuus ja pintapuuta-osuus melko samanaikaisesti, eikä halkeamia aiheuttavia jännityksiä synny niin paljoa. [Lauharo 2002.]

3.3.4 Rakennusfysiikan perusteita

Rakennusfysikaalisten ilmiöiden ymmärtäminen on tarpeen taloja suunniteltaessa, rakentaessa ja korjatessa, jotta rakennus takaisi asukkailleen turvallisen ja terveellisen elinympäristön. Huonosti toimivat rakenneratkaisut, voivat aiheuttaa mm. sisäilmaongelmia rakenteiden kastuessa ja homehtuessa, huonon rakennusfysikaalisen toiminnan takia. Tarkasteltaessa hirsiseinärakenteita on ymmärrettävä miten kosteus liikkuu rakenteen läpi ja mikä kosteuden liikkeen aiheuttaa.

Kosteus liikkuu rakenteissa mm. seuraavien ilmiöiden ansiosta.

- Kapillaarisuus
- Diffuusio
- Konvektio
- Hygroσκοoppisuus. [Björkholtz 1997: 53-60.]

Kapillaarisuudella tarkoitetaan ilmiötä, jossa rakennusmateriaali imee itseensä vettä tai kosteutta sen ollessa suorassa kosketuksessa veden kanssa. Julkisivu kastuu viistosateen vaikutuksesta, julkisivumateriaalin kapillaarisista ominaisuuksista riippuen. Samoin kastuvat alimmat hirsikerrat, perustuksista kapillaarisesti nousevan veden takia. [Björkholtz 1997: 53-55.]

Diffuusio johtuu sisä- ja ulkoilman välisestä vesihöyrypitoisuuden erosta. Pitoisuusero pyrkii tasoittumaan, mistä aiheutuu rakenteen läpi pyrkivän kosteuden virtauksia. Rakennekerrosten kyky vastustaa vesihöyryn virtausta, vaikuttaa rakenteen läpi virtaavan kosteuden määrään. Esimerkiksi polyuretaani-levy vastustaa kosteuden virtausta lävitseen n. 10-kertaisesti huokoiseen puukuitulevyyn verrattuna. [Björkholtz 1997: 55-57.]

Konvektio aiheutuu liikkuvan ilman mukana siirtyvästä kosteudesta. Samalla tavoin, kuin vesihöyrypitoisuus pyrkii tasoittumaan, pyrkivät myös ilmanpaine-erot tasoittumaan. Ulko- ja sisäilmanpaine-erot aiheuttavat ilman pyrkimystä kulkeutua

rakenteiden läpi. Rakenteiden läpi virtaava ilma siirtää mukanaan myös kosteutta. [Björkholtz 1997: 57-59.]

Hygroskooppisuus tarkoittaa rakennusaineen kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta ympäröivästä ilmasta. Eri materiaaleilla on erilaiset hygroskooppiset ominaisuudet, mikä on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa. [Björkholtz 1997: 59-60.]

Jotta rakenteet toimisivat rakennusfysikaalisesti hyvin, on niiden toimittava siten, että kosteuspitoisuus-arvot pysyisivät koko rakenteen läpi riittävän alhaisina. Homeiden kannalta myös lämpötilalla on vaikutusta niiden syntymiseen ja kasvamiseen. Rakennusfysikaaliset tarkastelut perustuvatkin lämpötilojen ja kosteuspitoisuuksien huomioimiseen yhdessä.

Kosteuden tiivistyminen on ilmiö, joka halutaan välttää rakenteissa. Kun tietyn kosteuspitoisuuden omaava ilma kohtaa pinnan, jonka lämpötila sitä alhaisempi, ei ilma välttämättä kykene sitomaan itseensä kaikkea kosteutta. Sitoutumaton kosteus kondensoituu tällöin kylmälle rajapinnalle ja aiheuttaa rakenteen kastumista. [Björkholtz 1997: 64.]

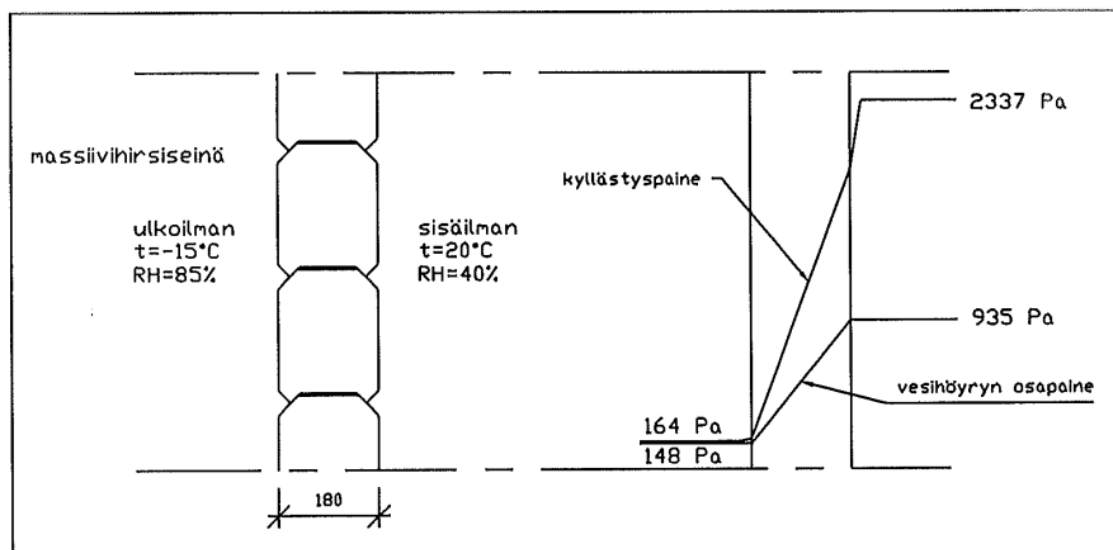
3.3.5 Massiivihirsiseinän kosteustekninen toiminta

Hirsiseinä toimii ns. hengittävänä materiaalina, eli se ei ole höyrytiivis rakenne. Tästä syystä ei hirsiseinän yhteydessä ole yleensä suositeltavaa käyttää höyrynsulkumuovia tai muuta vesihöyryä läpäisemätöntä pintamateriaalia. Puu on materiaalina hygroskooppinen, eli se imee ilmasta kosteutta ja myös luovuttaa kosteutta. Koska hirsiseinässä on paljon hygroskooppista massaa, tasaa se ilman kosteusvaihteluita tehokkaasti. Tästä syystä sitä usein mainostetaan hyvän sisäilmanlaadun takaajana. [Lauharo 2002; Siikanen 2008.]

Puu pyrkii aina saavuttamaan saman kosteustilan kuin sitä ympäröivällä ilmallakin on, siksi myös tilkemateriaalin valinta on tärkeää ja vaikuttaa oleellisesti hirsiseinän toimivuuteen. Tilkemateriaalilla on oltava mahdollisimman samankaltaiset kosteustekniset ominaisuudet kuin itse hirrelläkin, esimerkiksi pellavanauhan tai muun orgaanisen materiaalin kestävydestä ja toimivuudesta on kokemusta. Mineraalivillasta valmistetuista tilkemateriaaleista on huonoja kokemuksia, koska ne eivät pysty

luovuttamaan kosteutta pois ja pitävät kastuttuaan hirsien väliset saumat pysyvästi märkinä. [Lauharo 2002; Siikanen 2008.]

Nykypäivän lämmöneristysvaatimuksilla rakennettaessa on hirsiseinän paksuus yleensä melko suuri. Hirsiseinän paksuus ei itsessään ole ongelma esimerkiksi kastepisteen sijainnin suhteen, esimerkiksi lisäeristämättömässä täyshirsiseinässä kosteuden kondensoitumista ei yleensä tapahdu (katso kuva 19). Hirsitalo on pyrittävä pitämään alipaineisena ulkoilmaan nähden, jolloin hirsien välisen vaakasauman läpi virtaava ilma kulkeutuu ulkoa sisäänpäin. Alipaineisena hirsitalon seinät saattavat jopa kuivua, ulkoilman sisältäessä lämmintä sisäilmaa vähemmän kosteutta. Jos talo on ylipaineinen ja vaakasaumoissa virtaava ilma kulkeutuu ulospäin, voi seinärakenteeseen kerääntyä kosteutta. Tällöin korostuvat tilkemateriaalin kuivumiskyky ja kapillaariominaisuudet. [TTK 1997.]



Massiivihirsiseinärakenteessa vallitseva vesihöyryn osapaine ja kyllästyspaine, kun ulkoilman lämpötila on $t_u = -15^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus $RH_u = 85\%$ ja sisäilman lämpötila on $t_s = +20^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus $RH_s = 40\%$.

Kuva 19. Lisäeristämättömän massiivihirsiseinän kosteusjakauma. [TTK 1997: 34.]

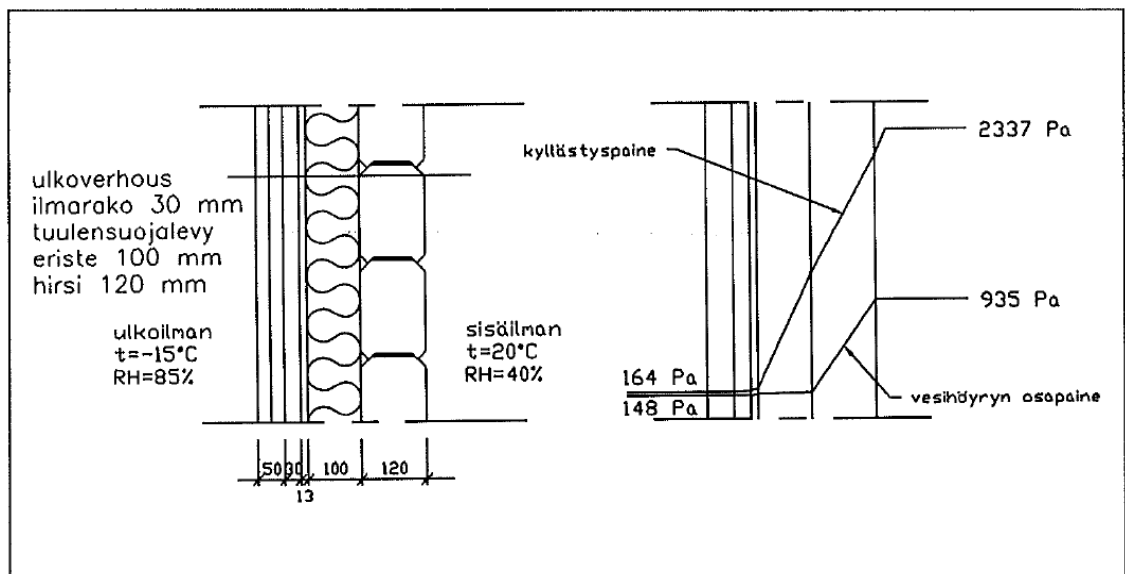
3.3.6 Lisäeristetyin hirsiseinän kosteustekninen toiminta

Lämmönläpäisyarvojen, eli U-arvojen, tiukentuessa saatetaan hirsiseinien U-arvoa pienentää lisäämällä eristettä joko sisä- tai ulkopintaan. Silloin hirsiseinä ei kuitenkaan

ole enää yhdestä materiaalista koostuva rakenne vaan siihen tulee rajapintoja, johon kosteus voi tiivistyä.

Lisäeristeen sijaintiin vaikuttaa mm. kaavamääräykset, jolloin eriste yleensä sijoitetaan hirsipinnan ulkopuolelle, tai vastaavasti toive hirsipintaisesta julkisivusta, jolloin eriste sijoitetaan sisäpuolelle. Myös kosteustekninen toiminta vaikuttaa valintaan, koska sisäpuolisen lisäeristämisen vaikutus seinän kosteustekniseen toimintaan on suurempi kuin ulkopuolisen lisäeristykseen vaikutus.

Kuten kuvasta 20 näkee, ei ulkopuolisesta hirsiseinän lisäeristyksestä ole haittaa hirsiseinän kosteustekniselle toiminnalle. Hirsi on kyseisessä tapauksessa kokonaisuudessaan eristeen lämpimällä puolella, eikä vesihöyrypitoisuus ylitä missään kohdassa kyllästyshöyrypitoisuutta. Kosteuden kondensoitumista ei siis tapahdu.



Vesihöyryn osapaineen ja kyllästyspaineen jakautuminen ulkopuolelta lisäeristetyssä hirsiseinässä, kun $t_u = -15^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}_u = 85\%$, $t_s = 20^{\circ}\text{C}$ ja $\text{RH}_s = 40\%$.

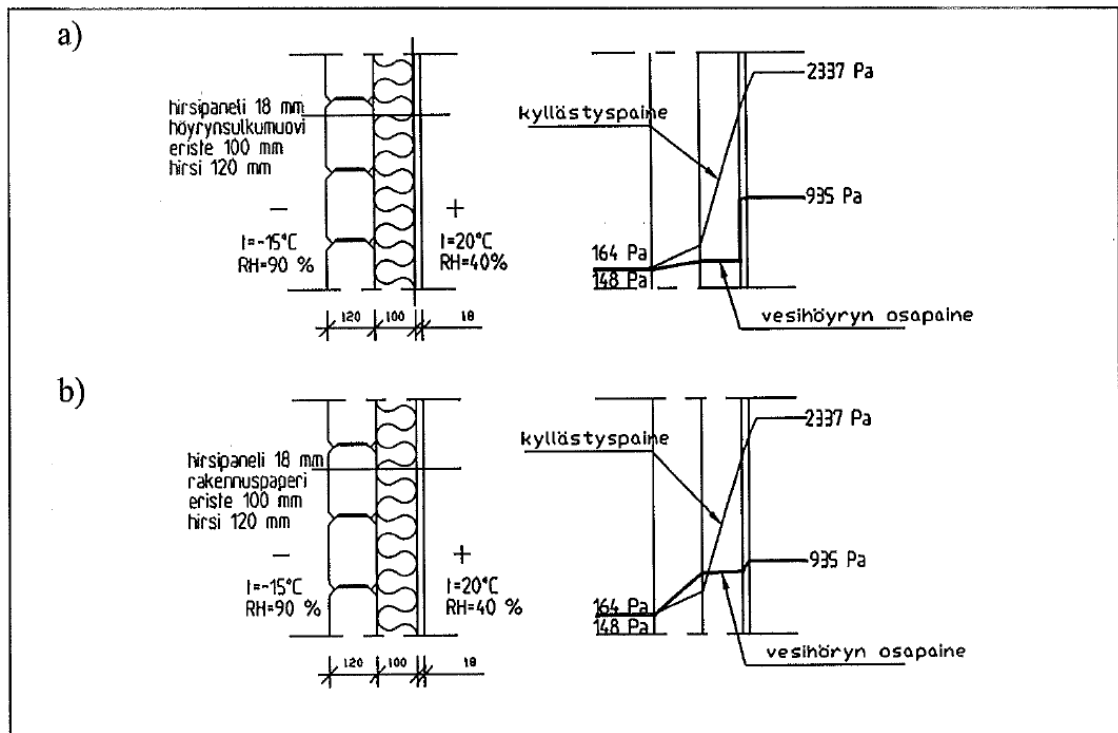
Kuva 20. Ulkopuolelta lisäeristetyin hirsiseinän kosteusjakauma. [TTK 1997: 44.]

Vaikka ulkopuolisen eristeen määrää kasvatettaisiin suuremmaksi, ei kosteustekninen toimivuus oleellisesti muutu, koska vesihöyryn osapainetta kuvaava käyrä ei missään vaiheessa risteä kyllästyshöyrypainetta kuvaavan käyrän kanssa.

Sisäpuolisesti lisäeristetyissä hirsiseinärakenteissa voi kuitenkin joskus tapahtua kondensoitumista hirren ja eristeen välisessä rajapinnassa, varsinkin

lisäeristevahvuuden kasvaessa hyvin paksuksi [Vuolle-Apiala 2001]. Tämä voidaan myös nähdä kuvasta 21, jossa on kaksi eri tapausta sisäpuoleisesta lisäeristetyistä hirsiseinästä.

Kuvan 21 ylemmässä rakenteessa (a) on höyrynsulku sisäverhouksen ja lämmöneristekerroksen välissä. Rakenteessa (a) vallitseva vesihöyrypitoisuus ei ylitä missään kohdassa kyllästyspitoisuuden arvoa, koska höyrynsulku vastustaa tehokkaasti sisäpuolelta kulkeutuvan vesihöyryn pääsyä lämmöneristeeseen. Kosteuden tiivistymisvaaraa ei ole.



Vesihöyryn osapaineen ja kyllästyspaineen jakautuminen sisäpuolelta lisäeristetyssä a) höyrynsulullisessa ja b) höyrynsuluttomassa hirsiseinässä, kun $t_u = -15^\circ\text{C}$, $Rh_u = 90\%$, $t_s = 20^\circ\text{C}$ ja $Rh_s = 40\%$.

Kuva 21. Sisäpuolelta lisäeristetyin hirsiseinän kosteusjakauma. [TTK 1997: 45.]

Kuvan 21 alemmassa rakenteessa (b) ei ole höyrynsulkuja. Kyseisessä rakenteessa on kosteuden kondensoitumisvaara, koska vesihöyrypitoisuus ylittää kyllästyshöyrypitoisuuden. Toisin sanoen, rakenteessa esiintyy kohtia joissa ilma sisältää enemmän kosteutta kuin mitä se kyseisessä lämpötilassa pystyy sitomaan itseensä. Sitoutumaton vesi kondensoituu tällöin seuraavaan kylmään rajapintaan, joka tässä tapauksessa on hirren ja lämpöeristeen välinen rajapinta.

4 Hirsirakentaminen nykypäivänä

Suomen rakentamiskokoelman D3 osan määritelmä hirsitalolle vuonna 2012: *”hirsitalo on rakennus, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on hirsi, jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm.”* Vastaavasti hirren rakennepaksuus on oltava vähintään 130 mm loma-asunnoissa. [Ympäristöministeriö 2012: 4.]

4.1 Viranomaismääräykset

Rakentamista ohjataan lainsäädännöllä, jonka pohjalla ovat eduskunnan päätöksiin perustuvat maankäyttö- ja rakennusasetus sekä maankäyttö- ja rakennuslaki. [Maanrakennus- ja rakennusasetus 1999; Maanrakennus- rakennuslaki 1999.]

Lisäksi rakentamista ohjataan kuntakohtaisesti rakennusvalvonnan toimesta alueiden kaavoituksilla. Rakennusvalvonta rajaa ja ohjaa kaavoituksella rakentamista ja esimerkiksi maaseudulla pienellä paikkakunnalla hirsitalon rakentaminen on helpommin toteuttavissa, kuin pääkaupunki-seudulla. Kaavoituksissa saatetaan ottaa kantaa julkisivussa näkyvään hirsipintaan tai esimerkiksi nurkkaratkaisuihin. Usein kaavoitetulla alueilla sijaitsevilla hirsitaloissa näkeekin ns. ”city-nurkkia”, jotka peittävät hirsiseinien nurkkasalvokset.

Laisissa ja asetuksissa otetaan kantaa rakentamiseen hyvin yleisellä tasolla, mutta hirsirakentamiseen suoraan vaikuttavia ohjeita ja määräyksiä löytyy esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelmista ja eurokoodeista. Esimerkiksi vuonna 2012 voimaan astuneet energiamääräykset antavat rakentamiselle reunaehdot energiatehokkuuden näkökulmasta ja tietyissä kohdissa helpotuksia hirsirakentamiselle sen perinne- ja kulttuuriarvojen takia. [Ympäristöministeriö 2012.]

Hirsirakentamiseen sovelletaan puurakentamisen eurokoodeja, jotka ovat standardoituja suunnitteluohjeita. Puurakenteiden eurokoodit koostuvat kahdesta osasta, joista ensimmäinen on jaettu kahtia. Eurokoodeja täydennetään kansallisilla liitteillä (*National Annex*, NA), jotka huomioivat eri maiden olosuhteista ja suunnittelutavoista johtuvia eroja. Suomessa kansalliset liitteet laatii

ympäristöministeriö (rakentamisen osalta) sekä Liikennevirasto (siltojen osalta).
[Eurokoodi 2014.]

Puurakenteiden eurokoodit ovat:

- EN1995-1-1: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- EN1995-1-2: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus
- EN1995-2: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 2: Sillat. [Eurokoodi 2014.]

4.2 Energiamääräykset

Asuinrakennuksille asetetut vaatimukset ovat nykypäivänä hyvin erilaiset kuin ennen ja ne tulevat muuttumaan entisestään kun pyritään kohti matalaenergiarakentamista sekä nollaenergiarakentamista. Rakennusten energiankulutusta pyritään pienentämään eri keinoin, kuten rakenteiden lämmönläpäisyarvoja (U-arvoja) pienentämällä. Rakenteiden lisäksi vaatimukset kohdistuvat ilmantiiveyteen, ilmanvaihdon lämmön talteenottoon sekä rakennuksen lämmittämiseen käytettävän energiamuotoon. [Ympäristöministeriö 2012.]

Vuoden 2012 energiantehokkuusmääräyksissä otetaan kantaa myös hirsirakentamiseen. Hirsitalot saavat määräyksissä helpotuksia esimerkiksi U-arvoissa sekä E-luvussa, joka on rakennuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava luku. Helpotukset johtuvat hirsirakentamisen perinteiden turvaamisesta sekä puuhun sitoutuneen hiilen positiivisesta vaikutuksesta ilmastonmuutokseen. [HTT 2012; Ympäristöministeriö 2012.]

Lämpimässä asuinrakennuksessa, vuoden 2012 vaatimuksilla, hirsiseinän U-arvo vaatimus on $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, kun vastaavasti muilla ulkoseinätyypeillä vaatimus on $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [Ympäristöministeriö 2012]. Tämä vastaa noin 130 mm eroa eristemäärässä normaalilla eristeellä, jonka lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo on $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Vuoden 2012 energiamääräyksissä todetaan myös, että hirsiseinän keskimääräisen paksuuden on oltava vähintään 180 mm ja että määräykset eivät koske loma-asuntoja, pinta-alasta riippumatta [Ympäristöministeriö 2012]. Hirsiseinän U-arvovaatimuksen ($0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) täytyminen massiivihirrellä tarkoittaa n. 300 mm paksuista hirsiseinää.

Puolilämpimissä tiloissa sekä loma-asunnoissa hirsiseinän u-arvo-vaatimukset ovat $0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ja $0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ [Ympäristöministeriö 2012: 13,17]. Tällöin hirsitalojen rakentaminen massiivihirsiseinä-rakenteella on toteutettavissa melko pienillä hirsiseinän paksuuksilla. Jos tarkastellaan mäntyä, jonka tiheytenä käytetään arvoa 500 kg/m^3 , saadaan vaadittaviksi puu-ainesten paksuuksiksi n. 195 mm puolilämpimälle tilalle ja n. 140 mm loma-asunnoille. Minimivaatimus hirsiseinän paksuudelle on kuitenkin, jo aikaisemmin mainittu 180 mm [Ympäristöministeriö 2012: 4]. Näissä paksuuksissa ei ole huomioitu sauman vaikutusta u-arvoon, mutta ovat suuntaa antavia ja keskenään vertailukelpoisia.

Jos hirsitalo halutaan rakentaa vakituiseksi asunnoksi heikommalla lämmöneristyskyvyllä kuin vaatimukset määräävät, voidaan tietyssä määrin soveltaa ns. kompensatioperiaatetta. Kompensatioperiaatteella voidaan jonkin rakenneosan liian heikkoa lämmöneristyskykyä (liian korkea U-arvo) kompensoida parantamalla jonkin toisen rakenneosan lämmöneristyskykyä. Esimerkiksi parantamalla yläpohjan ja/tai alapohjan lämmöneristyskykyä, voidaan seinien heikompaa lämmöneristyskykyä tasata ja näin saavuttaa kokonaisuuden kannalta sama lopputulos energiatehokkuuden kannalta. [TKK 1998: 58.]

Ympäristöministeriön ”tasauslaskelma 2012” -teoksen hirsitalo-laskentaesimerkki osoittaa kuinka heikompi hirsiseinän U-arvo voidaan laskentojen perusteella sallia jos alapohjan, ikkunoiden ja ovien U-arvoja parannetaan. Parannusten jälkeisen rakennuksen ominaislämpöhäviön on oltava yhtä suuri kuin vertailulämpöhäviön. [Ympäristöministeriö 2012.]

4.3 Suunnittelu

Rakenteita on vielä toistaiseksi mahdollista suunnitella sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmien mukaan, että eurokoodien mukaan, mutta ollaan siirtymässä eurokoodien mukaiseen suunnitteluun. Näin saadaan EU-alueelle

yhtenäiset toiminta- ja menettelytavat, joita tarkennetaan kansallisilla liitteillä maakohtaisesti. [SFS 2008.]

Hirsitalon suunnittelussa on otettava huomioon kantavien rakenteiden vakavuus ja stabiiliteetti, energiatehokkuuteen liittyvät vaatimukset sekä rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta. Lisäksi tontin sijainti, kaavoitus ja muut maankäyttöön liittyvät vaatimukset on huomioitava suunnittelussa. [HTT 2012; SFS 2008.]

4.3.1 Kuluttajien vaatimukset suunnitteluun

Yleisten määräysten ja vaatimusten lisäksi on suunnittelijan huomioitava kuluttajien arkkitehtoniset ja tekniset sekä käyttötarkoitukseen liittyvät vaatimukset. Lisäksi voi kuluttajilla olla toiveita energia- ja kustannustehokkuuteen sekä ekologisuuteen liittyen.

Arkkitehtonisiin vaatimuksiin voidaan luetella esimerkiksi hirsipinnan näkyminen sisäpinnassa sekä ulkopinnassa. Moni asia saattaa johtaa siihen, että joko ulkopuoli tai sisäpuoli joudutaan verhoilemaan esimerkiksi hirsipaneelilla. Kuluttajilla on kuitenkin usein mielipide siitä, kumpi pinta halutaan mieluummin jättää aidoksi hirsipinnaksi, joskus kuluttaja haluaa ehdottomasti hirsipinnan molemmille puolille. Lisäeristeen sijoittaminen on usein kytköksissä siihen, kummassa pinnassa näkyy hirsipinta ja kummassa hirsipaneeli. Lisäeristeen sijainti vaikuttaa hirsiseinän kosteustekniseen toimintaan ja rakenne vaatii siksi suunnittelijalta analysointia ja pohdintaa.

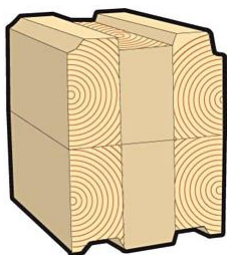


Kuva 22. Näyttävä kattorakenne. [Groton 2014.]

Arkkitehtonisiin vaatimuksiin voidaan lisäksi lukea uniikit tai erityisen näyttävät rakenneratkaisut. Erikoiset rakenneratkaisut vaikuttavat voimakkaasti sekä suunnitteluun, että toteutukseen, koska niiden toteuttaminen saattaa vaatia enemmän aikaa ja paneutumista molemmissa työvaiheissa. Esimerkiksi erilaisten lovettujen tai puutappiliitoksista tehtyjen liitosten suunnitteluun ei löydy valmiita helppoja kaavoja, joilla suunnittelija voi laskea kantokykyä, vaan hän saattaa joutua tekemään raskaita rakenneanalyyskejä selvittääkseen rakenteiden todellisen toiminnan.

Rakennuksen käyttötarkoituksella on myös olennainen vaikutus suunnittelijan työhön. Jos rakennus on tarkoitettu ympärivuotiseksi asuinrakennukseksi, on vaatimukset esimerkiksi eristeiden määrän tai taloteknisten järjestelmien suhteen tiukemmat kuin loma-asunnolla. Jotta suunnittelija voi tehdä laadukasta suunnittelua ja keskittyä olennaisiin asioihin, on hänen tiedettävä mihin tarkoitukseen rakennus tulee. Oman haasteensa suunnitteluun tuo myös puolilämpimät tilat ja esimerkiksi osan vuodesta kylmänä olevat rakennukset. Suurista lämpötilavaihteluista aiheutuu rakenteille mahdollisesti erilaisia kosteusrasituksia kuin koko ajan samassa sisälämpötilassa oleville rakenteille.

Kuluttajien asettamia teknisiä vaatimuksia on esimerkiksi eri materiaalien yhdistäminen hirsirakentamiseen. Monesti, varsinkin hirsirakenteiden painumisesta johtuen, voi suurien eri materiaaleista valmistettujen elementtien yhdisteleminen hirsirakenteisiin olla haastavaa suunnittelijan kannalta. Esimerkkejä tämänkaltaisista haasteista ovat suuret lasiseinät tai vaikkapa suuret kiviset tai teräksiset rakenneosat. Nykyään on tosin saatavilla myös ns. painumattomia hirsiiä, jotka on valmistettu liimaamalla hirsilamelleja yhteen siten, että osassa lamelleista on syysuunta pystyssä. Painumattomien hirsien käyttö tekee eri materiaalien yhdistelemisen helpommaksi painumisen osalta. [Honkarakenne 2014.]

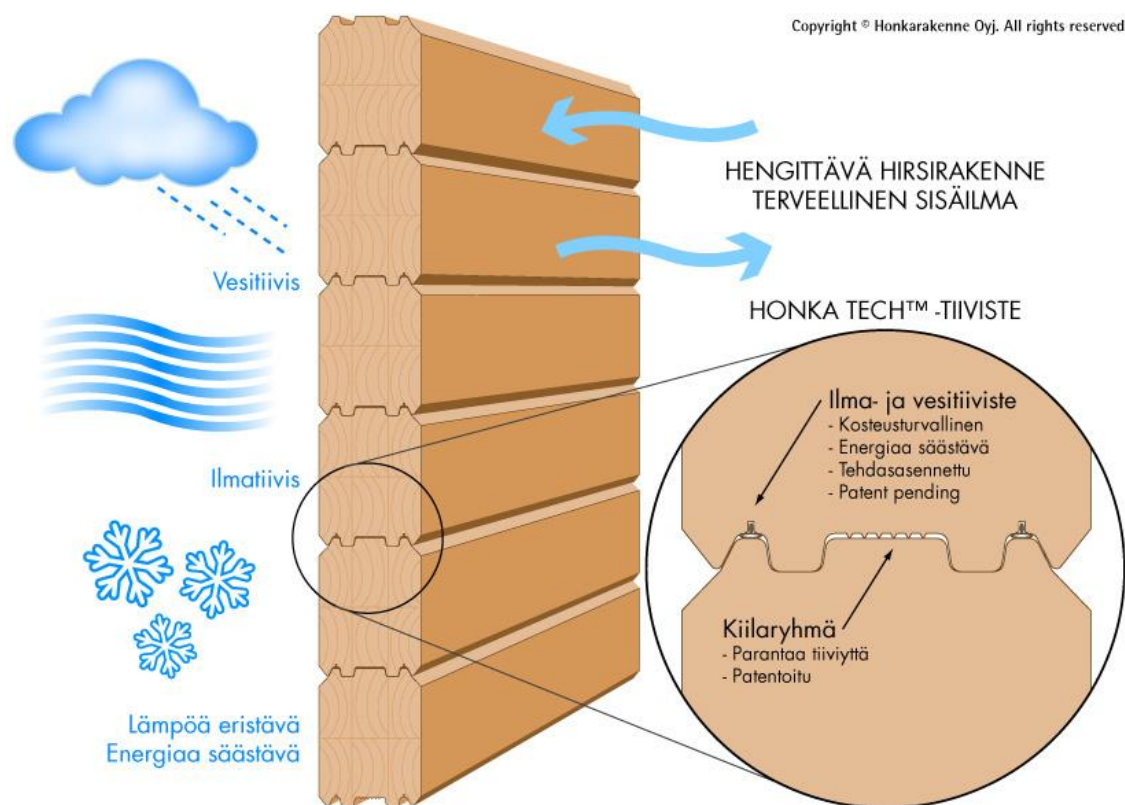


Kuva 23. Painumattoman hirren periaatekuva. [Tekniikka 2014.]

4.3.2 Matalaenergiarakentamisessa

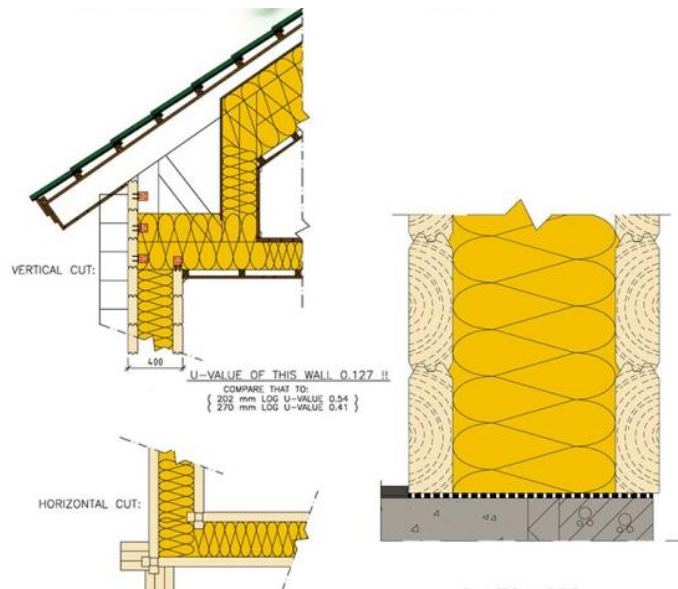
Nykypäivänä rakentamiseen ja suunnitteluun kuuluu myös rakentamisen energiatehokkuus, joka myös vaikuttaa olennaisesti kustannustehokkuuteen. Hirren käyttö matalaenergiarakentamisessa on mahdollista, mutta tarkoittaa käytännössä lämpöhirren tai lisäeristeen käyttöä. Massiivihirrellä rakennepaksuudet kasvavat niin suuriksi, ettei matalaenergiarakentaminen ole järkevää. Jotta massiivihirrellä (mänty, jonka tiheys on n. 500 kg/m^3) saavutettaisiin vuoden 2012 määräysten mukainen ulkoseinän U-arvo ($0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), täytyisi seinän paksuuden olla noin 750 mm. Joka tapauksessa rakennekerrokset kasvavat kun rakennetaan energiatehokkaita hirsirakennuksia, jolloin täytyy varmistua rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta.

Seinävahvuuden lisäksi myös vaakasaumojen tiiveydellä on merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen. Hirsiseinässä vaakasaumojen yhteispituus on hyvin suuri seinän pinta-alaan verrattuna, mikä korostaa saumojen merkitystä. Saumojen tiiveyttä voidaan parantaa tiivistemateriaalin valinnalla sekä hirsien välisten ponttien profiililla. Myös hirren tuleva eläminen ja vääntyileminen on minimoitava tiiveyden säilyttämiseksi.



Kuva 24. Hirsiseinän vaakasauma. [Honkarakenne 2014.]

Energiatohokkaaseen hirsirakentamiseen pyrittäessä on huomioitava hirsien massiivisuus, lisäeristeiden määrät ja sijainnit, hirsien välisten saumojen tiiveys ja talotekniset järjestelmät. Myös uudet innovaatiot, kuten lämpöhirsi, jossa on kahden hirsikerroksen välissä eristekerros, mahdollistavat entistä energiatohokkaampia rakenteita. Jotkut valmistajat mainostavat, että heidän lämpöhirsillään voi saavuttaa jopa A-energialuokan hirsitalon.



Kuva 25. Lämpöhirsi. [Eurohonka 2014.]

Yleensä käsi-kädessä energiatohokkuuden kanssa kulkee myös ekologisuus. Tässä yhteydessä ekologisuudella tarkoitetaan kestävä kehityksen mukaista rakentamista. Kestävä kehitys mukaisesti rakennetussa hirsitalossa on kaikilla käytetyillä materiaaleilla omalta osaltaan vaikutusta hirsitalon kokonaisekologisuuteen. Talossa käytetty hirsityyppi voidaan valita siten, että koko sen valmistusprosessi huomioidaan ja tehdään valinta ekologisuuden näkökulma huomioiden. Silloin kiinnitetään huomiota esimerkiksi hirren alkuperään, hirren valmistustapaan, liimahirressä käytettyyn liimaan ja mahdolliseen eristeeseen.

Ratkaisut eivät välttämättä ole aina yleisiä ns. hyväksi todettuja ratkaisuja, joita on totuttu käyttämään vaan esimerkiksi erikoisemmat eriste tai tilke valinnat, saattavat tulla vaihtoehtoiksi. Erikoisemmista materiaalivehtoehtoista johtuen voivat kustannukset kasvaa suuremmiksi, jolloin haetaan kuluttajalle sopiva raja, jossa kustannukset kohtaavat ekologiset vaatimukset. Ekologiseen rakentamiseen pyrkiessä

on suunnittelijan pidettävä mielessä, että talon rakenteellinen ja kosteustekninen toiminta ei saa heikentyä ekologisten materiaalivalintojen takia.

Usein hirsitalorakentamisesta kiinnostuneiden välillä käydään keskustelua, siitä onko lämpöhirsi edelleen, sanan alkuperäisessä mielessä, oikea hirsirakenne vai onko kyseessä enemmänkin puu-sandwich-elementti. Eriävistä mielipiteistä huolimatta on tosiasia se, että nykypäivän ja tulevaisuuden rakentamiseen kuuluu erottamattomasti energiatehokkuus, ja uusia keksintöjä sekä innovatiivista ajattelua ratkaisuiden miettimisessä tarvitaan.

4.4 Paloturvallisuus

Tulipalossa rakennus ja rakenneosat altistuvat korkeille lämpötiloille, jotka aiheuttavat kantokyvyn heikkenemistä ja vaarallisten kaasujen muodostumista. Tulipalossa lämpötila voi nousta jopa 1200 °C:seen ja koska puun syttymislämpötila on 250 °C - 350 °C, luokitellaan puu palavaksi materiaaliksi. Paloturvallisuus on siis aina otettava huomioon puurakentamisessa. [Siikanen 2008: 48.]

4.4.1 Puun käyttäytyminen tulipalossa

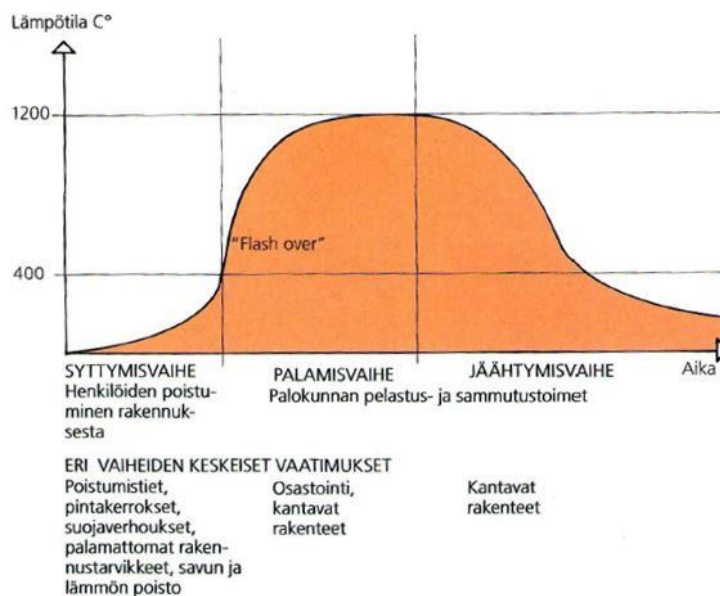
Puu on palava materiaali, joka syttyy melko alhaisissa lämpötiloissa palamaan. Puun palaminen kuitenkin hidastuu sitä mukaan, kuin puun pinta hiiltyy. Puun pinnan hiiltyminen on palonkestävyyden kannalta sille edullinen ominaisuus, koska se toimii palonsuojana puun pinnalla. Kuvassa 26 on havainnollistettu puun hiiltymisen vaikutus poikkileikkaukseen. Mitä paksumpi rakenneosa on, sitä enemmän pinnan hiiltyminen suojaa puuta, koska jäljelle jäävän palamattoman poikkileikkauksen pinta-ala suhteessa palaneeseen pinta-alaan on suurempi. Voidaan jopa todeta, että kantavat puu-rakenteet ovat monesti turvallisempia kuin teräksiset tai teräsbetoniset rakenteet. [SFS 2003; SFS 2004; Siikanen 2008: 48.]



Kuva 26. Puun palaminen ja hiiltyminen. [AK 2014; Siikanen 2008: 166.]

4.4.2 Suunnittelu

Tulipalon vaihteita voidaan kuvata ns. standardipalokäyrällä, jossa käyrä osoittaa lämpötilan muutoksen ajan suhteen tulipalon kehityksessä (katso kuva 27). Standardipalokäyrää saadaan käyttää eurokoodien mukaisessa suunnittelussa.



Kuva 27. Standardipalon mukainen palon kehittyminen. [Siikanen 2008: 165.]

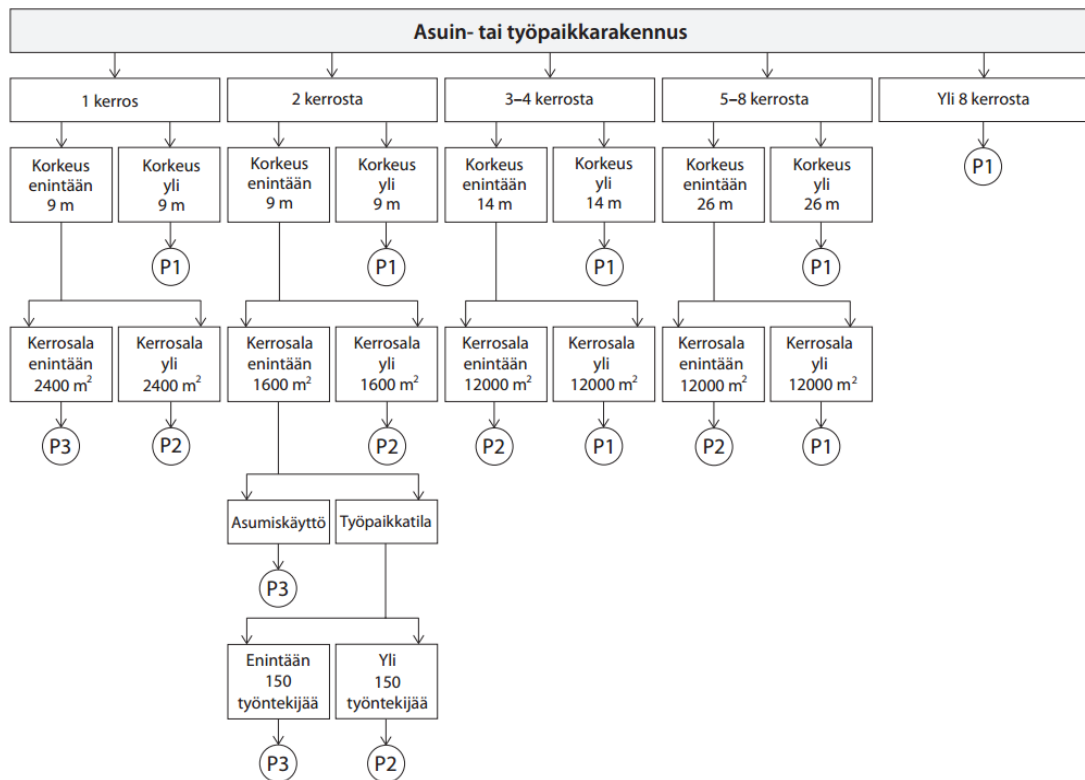
Hirsitalon suunnittelua palonkestävyyden kannalta helpottaa se, että puun käyttäytyminen tulipalossa tunnetaan hyvin. Puusta voidaan suunnitella kantavia rakenteita palonkestävyyden kannalta, koska puusta valmistettujen rakenneosien palonkestävyys tulipalossa pystytään määrittelemään melko tarkasti.

Palosuunnittelussa käytetään luokitusjärjestelmää, jossa omiin luokkiinsa jaotellaan rakennukset (P1-P3), rakenneosat (R, E, I, M) ja materiaalit (A1, A2, B, C, D, E, F). [HTT 2012; Paroc 2014; Siikanen 2008.]

Rakenteiden palomitoituksen perusajatuksena on, että tarkasteltavat rakenteet täyttävät niiltä vaaditut vaatimukset vaaditun ajan. Jos rakennuksen paloluokka asettaa kantaville rakenteille vaatimuksia kestävyys suhteen, täytyy rakenteen kestävyys kantokyvyn suhteen osoittaa laskelmien perusteella. Kantavissa rakenteissa vaatimukset kohdistuvat rakenteen kantavuuteen. Kantavan rakenneosan hiiltyessä, täytyy jäljelle jäävän vaurioitumattoman poikkileikkauksen kestää palotilanteen kuormat sortumatta.

4.4.3 Paloluokat

Rakennukset jaotellaan paloluokkiin P1, P2 ja P3, joista P1 on vaativin paloluokka. Kaikki rakennukset saa tehdä luokkaan P1 ja rakennus, joka saadaan tehdä luokkaan P3, saadaan halutessa tehdä myös luokkaan P2. Tämä tarkoittaa siis, että rakennuksen saa aina tehdä vaativamman paloluokan vaatimuksilla, mutta se on rakennettava vähintään sille määräytyvän paloluokan vaatimusten mukaisesti. Kuvassa 28 näkyvä kaavio ohjeistaa rakennuksen paloluokan määrittämisessä. [HTT 2012; RT 08-11139 2014.]



Kuva 28. Kaavio asuin- tai työpaikkarakennuksen paloluokan määrittämisestä. [RT 08-11139 2014.]

Paloluokan määräytymiseen vaikuttaa mm. rakennuksen kerroslukumäärä, korkeus, kerrosala ja käyttötarkoitus. Kuvasta 28 voidaan määrittää, että 1-2-kerroksinen alle 9 m korkea asuinrakennus, jonka kerrosala on alle 1600 m², kuuluu paloluokkaan P3. Yleensä asuinkäyttöön tarkoitettut normaalikokoiset talot kuuluvat siis luokkaan P3, mutta talon voi halutessaan kuitenkin tehdä luokkaan P2 tai P1. [HTT 2012; RT 08-11139 2014.]

Rakenneosat luokitellaan niiden palokäyttäytymisen mukaan luokkiin, joiden tunnuksat ovat R, E, I ja M. Kirjaimet kuvaavat tiettyjä ominaisuuksia, joita rakenteelta voidaan vaatia palotilanteessa.

R = Kantavuus (*Resistance*). Aika minuutteina, jonka rakenne kestää sortumatta palotilanteessa.

E = Tiiviys (*Integrity*). Aika minuutteina, jonka rakenteen tiiviys säilyy liekkejä ja kaasuja vastaan palotilanteessa.

I = Eristävyys (*Insulation*). Aika minuutteina, jonka rakenteen kylmä puoli pysyy alle määrätyn lämpötilan.

M = Iskunkestävyys palotilanteessa. Lisävaatimus rakenteen kyvystä kestää iskuja muiden vaatimusten täytyttyä. [Paroc 2014; SFS 2004.]

Esimerkiksi REI 60 -luokan rakenneosalta vaaditaan, että sillä säilyy vaatimukset kantavuuden, tiiviyn sekä eristävyys suhteen 60 minuutin ajan. Rakenneosien vaatimukset määräytyvät rakennuksen paloluokan perusteella, P3-luokassa ei esimerkiksi ole erityisiä vaatimuksia kantaville rakenteille. Osastoivien rakenteiden vaatimus P3 luokan rakennuksissa on EI 30, eli 30 minuutin kestävyys tiiviyn ja eristävyys osalta. [Ympäristöministeriö, 2011.]

Lisäksi rakenteissa käytetyillä materiaaleilla on oma luokitus, joka kertoo materiaalin ominaisuuksista palotilanteessa. Materiaalit on luokiteltu niiden palamisen perusteella luokkiin A1, A2, B, C, D, E ja F, jossa A1 ei myötävaikuta palamiseen ollenkaan. Materiaaliluokkia tarkennetaan tunnuksilla s1-s3, jotka ilmaisevat savunmuodostusominaisuuksia, sekä tunnuksilla d0-d2, jotka ilmaisevat palavien pisaroiden muodostumista. Rakennuspuutavaran materiaaliluokitus on D-s2, d2; mikä tarkoittaa, että sen osallistuminen paloon on hyväksyttävissä (D), sen savuntuotto on vähäistä (s2), mutta sen palamisesta syntyy pisaroita tai osia, jotka eivät sammu nopeasti (d2). Jos hirsipinta lakataan tai pinnoitetaan huokoisella puukuitulevyllä, muuttuu sen luokitus luokkaan E-s1, d0. [Pohjanmaan PL 2014; Ympäristöministeriö 2011.]

4.4.4 Palosuojaus

Puiset rakenteet ja rakennukset ovat yleisen käsityksen mukaan herkkiä palolle, mutta todellisuudessa varsinkin järeiden puurakenteiden palonkestävyys on melko hyvä johtuen puun palokäyttäytymisestä. Puun pinnan hiiltyminen toimii tavallaan palonsuojakerroksena palamattomalle puulle, jolloin puu ei menetä koko kantokykyään kovin nopeasti. Tämä on eduksi esimerkiksi järeissä kattopalkeissa tai pilareissa, joissa vastaavan kestävyys omaava teräspalkki menettää kantokykynsä huomattavasti helpommin pehmentyessään lämpötilan noustessa. Yleensä puu ei tarvitse kantavuuden takia erillistä palonsuojausta, jos se kestää määräysten vaatiman ajan

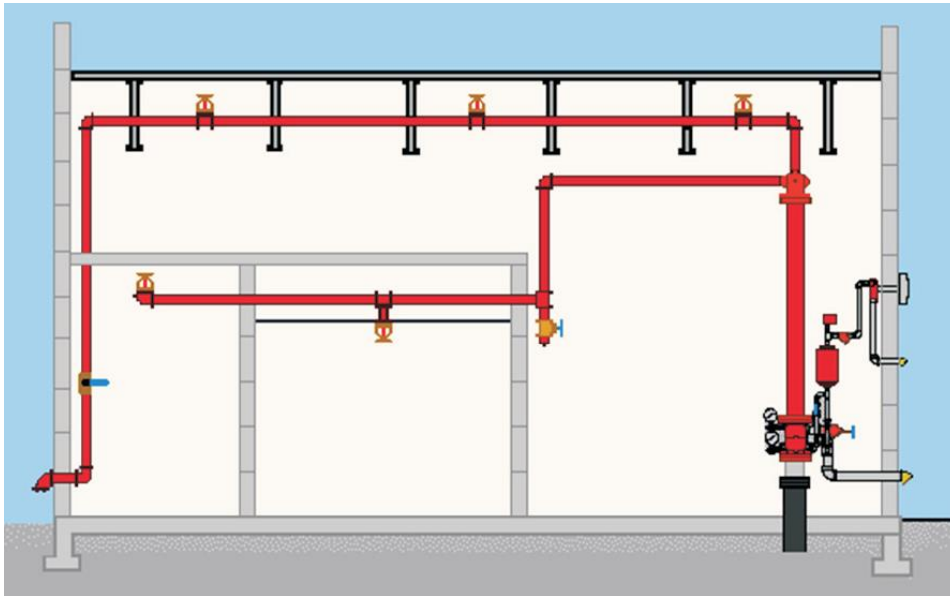
murtumatta tulipalossa. Palon leviämisen kannalta palosuojausta voidaan kuitenkin vaatia monessa tapauksessa. [Siikanen 2008.]

Puupintoja voidaan palosuojata koteloimalla ne heikosti palavilla ja lämpöä eristävillä materiaaleilla, kuten mineraalivillalla ja kipsilevyillä. Kemiallinen palosuojaus on myös mahdollista, kuten teräksisillä rakenteillakin. Kemiallisen palosuojauksen todentaminen perustuu valmistajien tekemiin kokeisiin, joissa on pystytty varmentamaan pinnan kestävyys tietyn ajan palolle altistuttuaan. Kemiallisella palosuojauksella tarkoitetaan esimerkiksi palosuojamaaleja, joiden toiminta perustuu niiden kuumuudesta aiheutuvaan paisumiseen ja siitä syntyvään eristekerrokseen sekä palon heikompaan leviämiseen. Yleensä palosuojamaalit voivat suojata puuta tulipalolta noin 15 minuuttia maalista ja valmistajasta riippuen, eikä se ulkonäöllisesti eroa juurikaan normaalista maalauksesta. [Siikanen 2008; Teknos 2014.]

Lisäksi voidaan puun palokestävyyttä parantaa käyttämällä sen yhteydessä puukuitueristettä, johon on valmistusvaiheessa lisätty palonestoaineita. Hirsirakentamisessa esimerkiksi tilkemateriaalin valinta palokäyttäytymisen näkökulmasta, vaikuttaa huomattavan paljon hirsiseinän paloturvallisuuteen. Jos puisiin kantaviin rakenteisiin liittyy teräksisiä osia ja jos rakenteilta vaaditaan tiettyä palonkestoaikaa, on teräsosat suojattava palolta. [RT-38196 2012; Siikanen 2008.]

4.4.5 Sprinklerijärjestelmä

Sprinklerijärjestelmällä tarkoitetaan automaattista sammutuslaitteistoa, jonka tehtävänä on reagoida alkavaan tulipaloon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Yleensä automaattinen sammutuslaitteisto toimii palohälyttimenä ja -ilmoittimena sekä alkusammuttajana tai palon hidastajana, kunnes palolaitos saapuu paikalle. Sprinklerijärjestelmän tarkoituksena ei ole korvata muita sammutustoimenpiteitä, mutta se toimii yhdessä muiden menetelmien kanssa luoden paloturvallisen ympäristön. [CEA 2007; RT 63-10990 2010.]



Kuva 29. Periaatekuva automaattisesta sprinklerijärjestelmästä. [RT 63-10990 2010.]

Sprinklerijärjestelmä koostuu vesilähteestä ja yksittäisistä sprinklereistä sekä niiden välisestä putkistosta. Järjestelmä toimii siten, että kun lämpötila sprinklerin läheisyydessä kohoaa tarpeeksi korkeaksi, laukeaa sprinkleri vapauttaen vesisumusuihkeen. Jokainen sprinkleri toimii itsenäisesti, eikä koko järjestelmä siis laukea samanaikaisesti, tämä rajoittaa vapautuneesta vedestä aiheutuvia jälkivaurioita. Sprinklereiden laukeamislämpötilaa voidaan korottaa tilan käytön mukaan, jotta vältetään vääriä hälytyksiä ja turhilta vesivahingoilta. [CEA 2007; RT 63-10990 2010.]

5 Hirsitalon rakentaminen vaativissa olosuhteissa

Tiukentuvat energiamääräykset ja nykyajan vaatimukset saattavat vaikuttaa, etenkin pääasiallisesti asuinrakennuksina toimivien hirsitalojen, rakentamisen määrään. Vaikka energiamääräyksissä on annettu erikoishelpotuksia hirsirakenteille ja markkinoilta löytyy yhä enemmän matalaenergiarakentamiseen soveltuvia hirsityyppejä sekä ratkaisuja, suhtautuu moni skeptisesti hirsitalorakentamisen tulevaisuuteen, etenkin ympärivuotisessa käytössä olevien asuinrakennuksien kohdalla.

Loma- ja vapaa-ajan asuntona hirsitalo-markkinat ovat edelleen vahvoilla, mistä johtuen hirsitaloja rakennetaan usein saareen tai ranta-alueille. Veden läheisyyteen rakennettaessa on tarkemmin huomioitava siitä aiheutuvat erikoispiirteet, kuten vedenpinnan nousu, veden kapillaarinen nousu perustuksissa, meri-olosuhteiden suolarasitukset ja mahdollisesti voimakkaammat tuuliolosuhteet. Rakentaminen muuttuu myös hieman vaativammaksi logistiikan ja muiden rajoitusten takia kun taloa rakennetaan esimerkiksi saareen.

5.1 Saareen rakentaminen

Saareen rakennettaessa varsinkin rakentamisen toteuttamiseen liittyvät haasteet näyttelevät suurta roolia. Haastavampi sijainti vaikuttaa sekä rakenneratkaisuihin, että materiaalien toimittamiseen rakennuspaikalle. Esimerkiksi suurien betonivalujen suorittaminen saarella ei ole välttämättä järkevää tai edes mahdollista. Tyypillisesti saattaa maanvarainen massiivinen lattialaatta olla järkevää korvata, kevyemmällä ja helpommin kuljetettavalla vaihtoehdolla, kuten kevytsoraharkko-pilareilla. Materiaalivalinnoilla ja rakenneratkaisuilla on vaikutusta logistiikan kustannuksiin, siksi valintaperusteet ovat hieman erilaiset kuin normaaleissa olosuhteissa. Joissain tapauksissa voi materiaalina hieman kalliimpi vaihtoehto olla kokonaisuuden kannalta halvempi vaihtoehto logistiikan vaikutuksen takia. Vaikeasta logistiikasta johtuen tulee tavarantoimitusten lukumäärä yhdeksi määräväksi tekijäksi rakennuksen rakentamisen kokonaiskustannuksien määräytyessä.

Saareen rakennettaessa aiheutuu rakennusmateriaalien logistiikasta haasteita, jotka joudutaan ratkomaan jollain tavalla. Rakennusmateriaalit voidaan kuljettaa saareen

esimerkiksi proomun avulla, mikä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia normaaliin rakentamiseen verrattuna. Proomu mahdollistaa suurien tavaramäärien kuljettamisen yhdellä kertaa, mutta suuren kokonsa takia sillä ei pääse joka paikkaan ongelmitta. Proomua käytettäessä onkin syytä suunnitella huolellisesti käytettävä ajoreitti sekä toimittaa tarvittavat tavarahankinnat lähtösatamaan ajoissa ennen lastausta, jotta lastaus sujuisi mahdollisimman jouhevasti ilman odotteluja. Määrälaskentaan, työvaihesuunnitteluun ja aikataulusuunnitteluun täytyy kiinnittää erityisesti huomiota, logistiikan tehostamiseksi. Nämä työmaasuunnittelutehtävät tulee tehdä tarkasti ja niitä tulee seurata ja päivittää jatkuvasti rakentamisen edetessä, jotta osataan reagoida esimerkiksi rakennusmateriaalien lisätarpeeseen mahdollisimman ajoissa. Jokainen ylimääräinen kuljetuskerta tuo merkittäviä lisäkustannuksia rakentamiseen. Aikataulujen jatkuva seuranta ja muutoksiin reagoiminen on hyvin tärkeätä, koska vaikeasta sijainnista johtuen, ei aikataulutuksessa välttyä yllättäviltä muutoksilta yhtä helposti kuin normaaliolosuhteissa rakentaessa.

5.2 Rannalle rakentamisessa huomioitavia asioita

Rantaolosuhteissa erityishuomiota on kiinnitettävä mm. maa-aineksen värähtelyherkkyyteen, suurempiin tuulikuormiin sekä tuulen ja veden aiheuttamaan paineellisen veden kosteusrasituksiin. Julkisivu myös vanhenee rantaolosuhteissa nopeammin, johtuen veden pinnan heijastaman UV-säteilyn lisävaikutuksesta. Jos rakennetaan merenrannalle tuo omat lisärasituksensa myös suolapitoinen merivesi, joka aiheuttaa esimerkiksi teräsbetonin raudoitteelle vaikeammat olosuhteet korroosion suhteen. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi altistuu rakennus helpommin suoraan vedestä aiheutuville ongelmille, kuten aallokon aiheuttamille kosteusrasituksille sekä kapillaariselle vedennousulle perustuksissa. [Helsingin kaupunki 2009; Ympäristöministeriö 2013.]

5.2.1 Maa-aineksen värähtely

Rakennuksen läheisen maa-aineksen värähtely voi johtaa rakenteellisiin vaurioihin tai taloteknisten järjestelmien ja putkiverkostojen vaurioitumiseen tai virheelliseen toimintaan. Rantaolosuhteissa, maa-aineksen suuresta vesipitoisuudesta johtuen, maan värähtelyherkkyys on huomioitava tarkemmin kuin muualla. Värähtelyherkkyyden huomioiminen korostuu suurien ja raskaiden rakennuksien sekä erityisesti

värähtelyherkkien maa-ainesten kohdalla. Pienet ja kevyehköt rakennuksetkin voivat kuitenkin myös altistua ongelmille. Pahimmillaan voi maa-aineksen värähtelystä aiheutua jopa sortumia jotka voivat aiheuttaa merkittäviä vaaratilanteita. [Ympäristöministeriö 2013.]

Maa-aineksen värähtely voidaan huomioida esimerkiksi perustusten suunnittelussa. Jos maa-ainekseen tiedetään olevan erityisen värähtelyherkkää, voidaan rakennuksen kohdalta tehdä maa-aineksen vaihtoa ja jopa stabilointia. Lisäksi voidaan perustukset suunnitella siten, että ne kestävät mahdollisimman hyvin mahdollisesta värähtelystä aiheutuvia liikkeitä vaurioitumatta. Esimerkiksi teräspaalujen päälle valettu teräsbetoninen antura-sokkeli-perustus on hyvin vakaa verrattuna yksittäisiin anturoilla varustettuihin pilareihin. Jos perustukset voidaan tehdä suoraan kallion päälle ilman liian suuria kaivuutöitä, on se myös vakaa vaihtoehto.

5.2.2 Tuulikuormat ja paineellinen vesi

Ranta-alueille rakennettaessa täytyy huomioida suurempi tuulen mitoitussarvo. Monesti, varsinkin merenrannalla, saattaa tietyistä ilmansuunnasta puhaltava tuuli olla paljon suurempi kuin normaaleissa tuuliolosuhteissa. Tämä aiheuttaa suurempia tuulikuormia rakenteille, mikä on huomioitava suunnittelussa. Erityisen herkkiä suurille tuulikuormille ovat talot ja rakennukset, joiden tuulelle altis seinäpinta-ala on suuri ja joiden oma paino on pieni, kuten esimerkiksi suurille veneille tarkoitettut venevajat. Hirsirunko, joka on toteutettu oikeaoppisesti, on usein melko jäykkä rakenne jonka oma painokin on melko suuri, jolloin se on myös vakaa tuulen voimia kohtaan. Suurentuneen tuulikuorman vaikutukset on aina huomioitava ja tarkasteltava tapauskohtaisesti.

Voimakkaan tuulen ja veden yhteisvaikutuksesta aiheutuva paineellinen vesi voi aiheuttaa tuulenpuoleiselle julkisivulle normaaliolosuhteita suuremmat kosteusrasitukset. Hirsirakentamisessa suuremmat julkisivun kosteusrasitukset johtavat lähinnä lyhyempiin ulkopinnan huoltoväleihin ja hirsipinnan uudelleen käsittely on tehtävä useammin. Julkisivun ulkopinnan lisäksi on huomioitava, että tuuli pyrkii kuljettamaan vettä räystäistä, pellityksistä ja rakenteiden liittymäkohdista sisään rakenteisiin, minkä takia yksityiskohtien on oltava toimivia ja tiiviitä. [Helsingin kaupunki 2009.]

Paineellisen veden vaikutus on huomioita erityisen hyvin hirsien vaakasaumojen tiikemateriaalin valinnassa, jonka on kestävä kosteusrasituksia ja toimittava siten, ettei se ime itseensä vettä enemmän kuin se ehtii luovuttamaan. Räystäät ja ikkunat ovat varustettava myrskypelleillä, jotka estävät veden kulkeutumisen rakenteiden sisään. Myös hirsien varaustyyppin valintaa kannattaa miettiä paineellisen veden näkökulmasta, koska eri varaustyyppien tiiveydet ovat erilaiset.

Kosteusrasitusten lisäksi myös auringon säteilemä UV-säteily vanhentaa puupintoja ja pinnoitteita. Veden läheisyydessä olevan talon julkisivu vanhenee normaalia nopeammin, koska veden pinta toimii heijastuspintana ja voimistaa siten säteilyn vaikutusta. Yhdessä suuremmat kosteusrasitukset ja UV-säteilymäärät vanhentavat huomattavan nopeasti julkisivuja ja siksi niiden kuntoa tulee tarkkailla ja huoltaa enemmän. Pintakäsittelyainetta valitessa voidaan valita paremmin näitä vaativampia olosuhteita kestävä pintakäsittelyaine.

5.2.3 Meriveden vaikutus

Merivesi ja meren läheisyyden ilma on suolapitoista ja aiheuttaa metallisten rakenneosien korroosiolle otollisemmat olosuhteet. Tämä tulee huomioida esimerkiksi harjaterästen suojaetäisyyksillä perustuksissa, varsinkin jos rakennettavan talon perustamissyvyys on alhainen ja meriveden pinta voi yltää perustuksiin asti. Eurokoodi 2:n mukaisessa betonirakenteiden suunnittelussa määritellään teräsbetonisten rakenneosien betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimus rasitusluokkien perusteella. [Helsingin kaupunki 2009; SFS 2005.]

Taulukko 4.1 Ympäristöolosuhteisiin liittyvät rasitusluokat standardin EN 206-1 mukaisesti

Luokan merkintä	Ympäristön kuvaus	Opastavia esimerkkejä paikoista, joissa rasitusluokkia voi esiintyä
4 Meriveden kloridien aiheuttama korroosio		
XS1	Kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksissa meriveteen	Lähellä rannikkoa tai rannikolla olevat rakenteet
XS2	Pysyvästi veden alla	Merirakenteiden osat
XS3	Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä	Merirakenteiden osat

Kuva 30. Eurokoodi 2:en rasitusluokitus meriveden läheisyydessä. [SFS 2005.]

Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimus $c_{min,dur}$ (mm)							
Vaatimusluokka	Taulukon 4.1 mukainen rasisitusluokka						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Kuva 31. Eurokoodi 2:n betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimuksen määrittäminen. [SFS 2005.]

Jos rakenneosa on kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, muttei kuitenkaan suorassa kosketuksissa meriveden kanssa, valitaan kuvan 30 taulukosta luokka XS1. Normaaleissa olosuhteissa betonisten perustusten luokka on yleensä XC1, joten betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimus kasvaa 10 mm:stä 20 mm:iin rasisitusluokkaan XS1 kuuluvissa rakenteissa, kuten kuvan 31 taulukosta voi lukea (vaatimusluokka S1). [SFS 2005.]

Jos varaudutaan siihen, että perustukset ovat pysyvästi veden pinnan alapuolella tai vuoroveden ja roiskeveden vyöhykkeellä, kasvaa luokitus XS2:een tai XS3:een. Silloin betonin vähimmäisarvo vaatimukseksi valitaan 25 mm (XS2) tai 30 mm (XS3) jos tarkastellaan edelleen vaatimusluokka S1 rakenteita. [SFS 2005.]

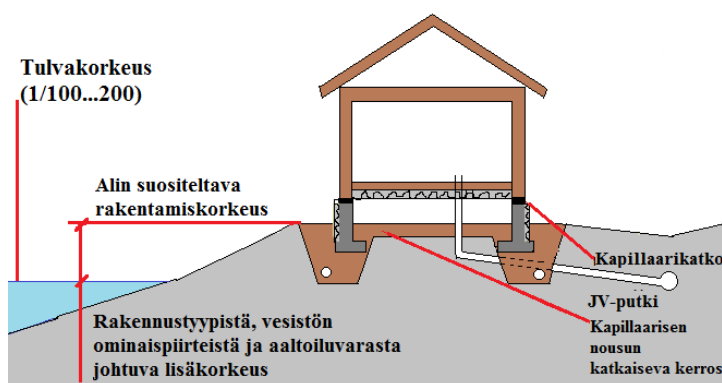
Betonipeitteen vähimmäisarvosuosituksistakin nähdään selvästi, kuinka suuri vaikutus meriveden sisältämällä klorideilla on terästen korroosiosuojaustarpeelle. Koska korrosiolle altistuneiden betoniterästen korjaus on erittäin haasteellista ja suuritöistä kannattaa varsinkin vaativissa olosuhteissa valita terästen suojaetäisyydet varmalle puolelle.

Perustusten lisäksi meriveden vaikutus on huomioitava muissakin metallisissa osissa. Perustuksissa esiintyvän mahdollisen meriveden vaikutus on ilmeistä, mutta myös ilmassa kosteuden mukana liikkuvalla suolalla on vaikutusta. Esimerkiksi julkisivussa käytettävät metallisten materiaalit ovat alttiina voimakkaammalle korroosion vaikutukselle. Lisäksi voi eri metallien yhdisteleminen aiheuttaa niiden välille syntyvän jännitesarjan takia korroosion voimistumista. Tällöin vesi tai ilman kosteus toimii välittäjäaineena metallien välillä. [Helsingin kaupunki 2009.]

Talon julkisivua täytyy tarkastella kokonaisuutena eri metallien suhteen ja niiden valinta tulee tehdä siten, että niiden yhtenäinen korroosionkestävyys olisi mahdollisimman hyvä.

5.3 Rakennuksen korkeusasemat veden läheisyydessä

Veden läheisyyteen rakennettaessa on syytä miettiä rakennettavan talon korkeusaseman valintaa kunnolla. Rakennuksen korkeusasemaa on verrattava vedenpinnan korkeusasemaan ja mahdolliset tulvat tai muut vedenpintaa korottavat ilmiöt on huomioitava korkeusasemaa määriteltäessä. Esimerkiksi Helsingissä alin suositeltava rakentamiskorkeus ilman aaltoiluvaraa on + 2,8 m [Ympäristöministeriö 2013: 36]. Alimman rakentamiskorkeuden määritelmä on, että kyseisen korkeuden alapuolella ei saa olla kastuessaan vaurioituvia rakenneosia, kuten alapohjarakenteita. Alapohjan on oltava reilusti ylempänä kuin alin rakentamiskorkeus, jottei kovan tuulen aiheuttama aallokko kastele sitä. Rakentamiskorkeuden määrittäminen on kuitenkin tehtävä aina tapauskohtaisesti. [Ympäristöministeriö 2013.]



Kuva 32. Alin suositeltava rakentamiskorkeus havainnollistettuna. [Ympäristöministeriö 2013.]

Alin rakentamiskorkeus määritellään perustuen tietyn ajanjakson välein toistuvaan tulvakorkeuteen. Rakennuksen alin rakentamiskorkeus riippuu siten myös rakennuksen tyyppistä ja käyttötarkoituksesta. Kuvassa 33 on taulukoitu käyttötarkoituksen mukaisesti alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseen käytettäviä tulvan toistumisaikoja. Esimerkiksi ranta-saunan, jonka mitoitus perustuu kerran 40 vuodessa (tai useammin) toistuvaan tulvaan, alin rakentamiskorkeus on huomattavasti alhaisempi kuin sairaalan, jonka korkeusasema on määriteltävä harvemmin kuin kerran 250 vuodessa toistuvan

tulvan mukaan. Lähtökohtana sairaalan rakentamiskorkeudessa on, että tulvan yltäminen sairaalan korkeudelle olisi käytännössä mahdotonta sen käyttöiän aikana. [Ympäristöministeriö 2013.]

Tulvan taso	1/50	1/100	1/250	1/1000
Sairaala				◆
Terveyskeskus			◆	◆
Vanhainkoti / hoitolaitos			◆	◆
Päiväkoti		◆	◆	
Peruskoulu / lukio		◆	◆	
Valtatie ja kantatie		◆	◆	
Seututie ja yhdystie		◆	◆	
Paikallistie	◆	◆		
Rautatie			◆	◆
Teollisuusalue			◆	◆
Liikerakennusalue		◆	◆	
Toimistorakennusalue		◆	◆	
Varastorakennusalue		◆	◆	
Asuinrakennus		◆	◆	
Asuntoalue			◆	◆
Vapaa-ajan asunto	◆	◆		
Rantasauna	◆	◆		

Kuva 33. Rakennusten alimpien rakentamiskorkeuksien määrittelemiseen käytettäviä tulvien toistumisvälejä. [Ympäristöministeriö 2013.]

Talon korkeusasemaa ei voida muuttaa jälkeenpäin, joten sen valinnassa ei saa tehdä hätäisiä päätöksiä. Rakentamalla talo turvalliselle korkeudelle vedenpintaan nähden, saadaan hyvät lähtökohdat turvallisen ja terveellisen talon rakentamiselle.

5.4 Tulva-alueella

Tulva-alueille rakennettaessa on vedenpinnan ajoittaisen nousun vaikutukset huomioitava, jotta vältetään veden aiheuttamilta vaurioilta. Suunnitteluvaiheessa voidaan tulvat huomioida kaikkein parhaiten, kun taas olemassa olevan talon sijaintiin tai korkeuteen on vaikeampi vaikuttaa. Vanha tulva-alueella oleva, ajoittain veden varaan joutuva rakennus, on vaikea suojata tulvien aiheuttamilta ongelmilta. Vanhojen tulva-alueella sijaitsevien rakennusten kanssa joudutaan usein turvautumaan erilaisiin tulvasuojarakenteisiin.



Kuva 34. Talo, jossa tulvaan on varauduttu korkeusaseman korottamisella. [ODN 2014.]

Uutta rakennusta suunniteltaessa on huomioitava mm. rakennuksen korkeusasema ja sijainti sekä käytettävät rakenneratkaisut. Tulvan aiheuttamia ongelmia vastaan varautuessa voidaan, rakennusta suunniteltaessa huomioitavia seikkoja, pitää ensisijaisina ratkaisuina. Sijaintiin voidaan vaikuttaa rakennuspaikkaa valittaessa ja varsinkin erityisesti tulvalle alttiilla alueella voi sijainnin valintaan vaikuttaa tulvan mahdollisuus. Sijainnin lisäksi rakennuksen korkeusasema vaikuttaa tulvista aiheutuvien ongelmien välttämiseen. Saatavilla on tietoja paikkakohtaisista tulvakorkeuksista, joiden perusteella pystytään arvioimaan tulevia mahdollisia tulvakorkeuksia. Mikäli rakennus päätetään rakentaa tulvalle alttiille paikalle ja tontin korkeusaseman tiedetään olevan mahdollisten tulvien aiheuttaman veden pinnan alapuolella, täytyy siihen varautua oikeanlaisilla rakenneratkaisuilla. [Helsingin kaupunki 2009: 7; Ympäristöministeriö 2002.]



Kuva 35. Tulva, jossa vedenpinnan korkeus aiheuttaa rakennuksille ongelmia. [Ympäristöministeriö 2002.]

Jos rakennus päätetään rakentaa tulva-alueelle ja korkeusasema on alhainen, täytyy tulvaan varautua. Tulvaan voidaan varautua tulvasuojarakenteilla ja siten, että tulvan vaikutuksen alaisiksi joutuvat rakenteen kestävät veden vaikutuksia vaurioitumatta [Helsingin kaupunki 2009]. Esimerkiksi rakentamalla alimman kerroksen kivirakenteisena voi olla tulvaan varautumisen kannalta järkevää. Silloin täytyy kuitenkin olla erityisen tarkkana kivirakenteiden ja niihin liittyvien rakenteiden rajapinnan kapillaarikatkon kanssa. Jos alin kerros on tulvaan varautumisen takia kivirakenteinen voi mahdollisen tulvan sattuessa kerroksesta poistaa vettä kestävämmät tavarat ja joko antaa vedenpinnan laskea itsestään tai rajoittaa veden pinnan korkeutta pumppaamalla vettä pois sieltä.

Perustamistapaa valittaessa täytyy tulva-alueella myös huomioida, että maan kyllästyessä vedellä huononevat sen lujuusominaisuudet. Lisäksi voi tulviva vesi laskiessaan kuljettaa hienoaineista maa-ainesta pois perustusten läheisyydestä, mikä voi vaikuttaa niiden toimintaan. [Helsingin kaupunki 2009.] Tämän takia kannattaa tulva-alueella rakentaessa suunnitella perustukset kestävämmän talon kuormat vaikka ympäröivää maa-ainesta poistuisi sen läheisyydestä. Perustusten toiminta ei saa olla riippuvainen pois kulkeutuvasta maa-aineksesta.

5.5 Lämmittämättömän rakennuksen säilyminen

Tarkastellaan hirsirakennuksia, jotka ovat jostain syystä joko kokonaan lämmittämättömänä tai asumisviihtyvyyttä alhaisemmissa lämpötiloissa talvikautena. Talon rakenteet on normaalisti suunniteltu olosuhteisiin, jossa sisälämpötila on aina n. +20 °C. Jos taloa kuitenkin käytetään siten, että sisälämpötila laskee reilusti +20 °C alhaisemmaksi tai jopa samaksi ulkoilman kanssa, täytyy rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta arvioida uudella tavalla.

5.5.1 Talon lämpötila lämmityskaudella

Hirsitalo, jossa oleskellaan vain osa vuodesta tai epäsäännöllisesti, ei välttämättä vaadi jatkuvaa sisäilman lämmittämistä, ainakaan samassa määrin kuin vakituksessa asumiskäytössä oleva talo. Usein ns. vapaa-ajan asunnot tai vuokratyössä olevat huvilat ovat tällaisia taloja. Silloin talon lämmitys lämmityskaudella voidaan toteuttaa muutamalla eri tavalla.

Lämmittämätön talo on sellainen, joka jätetään täysin kylmäksi talven ajaksi. Perusvaatimuksena kylmänä pidettävälle talolle on, että talossa ei ole jäätyviä vesikalusteita eikä vesiputkia, tai ne tyhjennetään vedestä ennen kuin talo jätetään kylmäksi. Vesijärjestelmillä voi myös olla erillinen lämmitys, joka estää niiden jäätyksen. Rakenteellisesti talo voi säilyä täysin vaurioitumatta kylmänäkin jos talossa käytetyt vaipparakenteet toimivat hyvin myös kylmissä olosuhteissa. Rakenteet on tutkittava tällöin myös kylmien olosuhteiden suhteen. [TTY 2010.]

Peruslämmön ylläpitäminen talossa tarkoittaa, että talon sisäpuolinen lämpötila säädetään pysyvän tiettyssä määritellyssä lämpötilassa. Lämmitys voidaan toteuttaa termostaateilla, jotka on säädetty haluttuun lämpötilaan. Peruslämpö tarkoittaa usein +5 - +7 °C lämpötilaa [TTY 2010: 14].

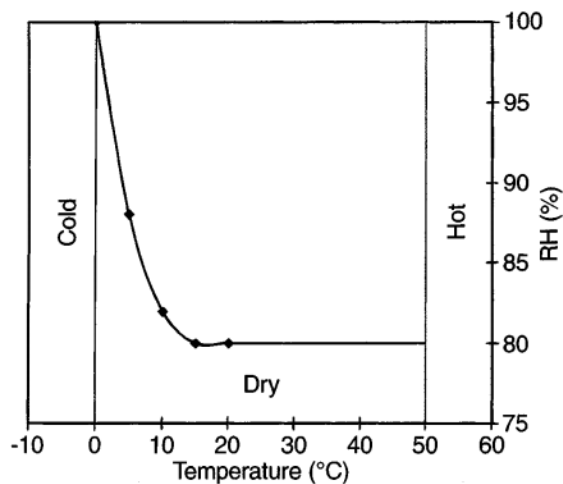
Lisäksi on tehty tutkimuksia, joiden pohjalta on ideoitu termi ”kuivanapitolämmitys”. Kuivanapitolämmityksellä tarkoitetaan peruslämmön kaltaista lämmitystä, mutta sisälämpötila olisi vain n. 3 - 5 °C ulkoilman lämpötilaa korkeampi [TTY 2010: 73]. Piironen & Vinha tekivät vuonna 2010 tutkimuksen kyseisestä aiheesta, jossa he tutkivat kuitenkin ainoastaan massiivihirsisiä seinärakenteita. Kuivanapitolämmityksen toimivuutta lisäeristettyjen hirsiseinien kohdalla ei voi kyseisen tutkimusten perusteella

taata, koska niiden kosteustekninen käyttäytyminen on erilaista kuin massiivihirsiseinän. Energian säästön kannalta kuivanapitolämmityksen merkitys peruslämpöön verrattuna voi olla merkittävä. [TTY 2010: 72-73.]

Edellä mainittujen lämmitystapojen vaikutus rakenteiden toimintaan on huomioitava, mikäli halutaan säilyttää talo terveenä mahdollisimman pitkään.

5.5.2 Homeriskit

Sisälämpötilan erot ovat tärkeitä huomioita, koska homehtuminen on yksi suurimmista ongelmista vapaa-ajan asunnoille. Jotta rakenteiden homehtuminen pystyttäisiin estämään, täytyy tuntea homeelle otolliset olosuhteet ja suunniteltava rakennus siten, että sellaisia olosuhteita ei synny. Homekasvustolle otolliset olosuhteet ovat lämpötilan ollessa +20 °C ja +50 °C välillä ja suhteellisen kosteuden ollessa vähintään 80 %. Lämpötilan ollessa 0 °C ja +20 °C välillä, on suhteellisen kosteuden oltava kuvan 36 esittämän käyrän mukainen.



Kuva 36. Matemaattinen malli homekasvun kannalta otollisista olosuhteista puupinnalla. [Hukka & Viitanen 1999.]

Lämpötilan ollessa alle 0 °C ei home kasva, muttei olemassa oleva home kuitenkaan poistu pinnoilta vaan menee ainoastaan lepotilaan jatkaakseen kasvua heti kun olosuhteet ovat sopivat. Lisäksi on huomioitava, että sisäilman kannalta ovat myös kuolleet homeitiöt vaarallisia ihmiselle.

Mahdollisten homevauroiden kannalta olisi tutkittava tarkemmin erilaisia rakenneyhdistelmiä erilaisissa olosuhteissa, joista voitaisiin päätellä mahdollisia riskiyhdistelmiä. Kriittiset, mahdollisia ongelmia aiheuttavat asiat, voisivat olla suurista lämpötilanvaihteluista aiheutuvat kosteusolosuhteet, rakenteiden riittävät kuivumisominaisuudet, talvievierailuista aiheutuvat hyvin nopeat ja lyhyaikaiset lämpötilan muutokset, sekä mahdolliset lämpötilan muutoksista aiheutuvat lämpöliikkeet ja niistä aiheutuvat seuraukset.

6 Erikoisolosuhteiden huomioiminen hirsitalon rakentamisessa

Tässä osuudessa tarkastellaan hirsitalon rakentamista saareen todellisen kohteen muodossa. Kohteen rakentamista tarkastellaan työmaasuunnittelun sekä rakenneratkaisuiden suunnittelun näkökulmasta, kohteen ollessa vasta käynnissä. Luku perustuu rakennuttajan/vastaavan mestarin kanssa käytyihin keskusteluihin sekä haastatteluun, jonka kysymykset on esitetty liitteessä 1. [Liite 1.]

6.1 Kohteen esittely

Esimerkkikohteen talo, jonka rakennuttaa tämän työn tilaaja P.W. Brandt Oy, rakennetaan Helsingin saaristoon eikä rakennettavalle saarelle ole pääsyä muutoin kuin vesiteitse veneellä tai proomulla. Rakennettava talo on yksi kerroksinen teollisesti valmistettava massiivihirsitalo, joka tulee toimimaan asukkailleen loma-asuntona. Taloon tulee sähkö ja vesi, mutta WC on korvattu kompostoivalla käymälällä.

Talo jätetään kylmäksi talven ajaksi, joten tässä kohteessa vaativiksi olosuhteiksi voidaan luetella saareen rakentaminen, rannalle rakentaminen sekä kylmäksi jätettävän talon säilyminen.

6.2 Työvaiheet

Talon rakentaminen alkoi tontin raivaamisella sekä vanhan purkukuntoisen talon hallitulla ja luvallisella polttamisella. Talon polttaminen tuli vaihtoehdoksi vaikean sijainnin ja kohtuuttoman vaikean purkamisen sekä puisen purkujätteen hävittämisen takia. Poltto suoritettiin paloviranomaisen luvalla ja valvomana, jolloin toimenpide oli

turvallinen. Vanhat perustusrakenteet jätettiin jäljelle ja ne tulitaisiin jättämään uuden talon alle piiloon.

Vanhojen perustusrakenteiden ympäriltä oli kaivettava reilusti maa-ainesta pois, koska uuden talon kerrosala olisi suurempi kuin vanhan talon. Tontilla osoittautui olevan kalliota melko lähellä maan näkyvää pintaa, joten sen esiin kaivaminen oli järkevin ratkaisu ja uudet perustukset pystyttäisiin aloittamaan suoraan kallion päältä. Uuden talon perustusten suhteen päädyttiin pilariperustus-ratkaisuun, mm. vedenpinnan läheisyyden takia sekä alapohjarakenteiden riittävän tuuletuksen takia. Lisäksi todettiin, että käyttämällä perustuksina kevytsoraharkko-pilareita, olisi työn toteuttaminen ja tavarantoimittaminen helpompaa ja tehokkaampaa vaikean sijainnin takia. Massiivisten betonivalujen suorittaminen saarella olisi vaikeaa sekä kallista.

Rakentamisen kannalta ensimmäisiä toimenpiteitä oli suorittaa tontilla mittauksia, joiden avulla pyrittiin selvittämään perustuksiin tarvittavia harkko- sekä betoni-määriä mahdollisimman tarkasti. Harkkojen määrään oli kiinnitettävä huomiota erityisen tarkasti, koska tavarantoimitus saareen tapahtuisi proomun avulla, eikä ylimääräisiä harkkoja olisi järkevää tuoda takaisin saaresta. Taloon tulee 70-80 pilaria, mukaan lukien terassin pilarit, joten pilareiden korkeus oli mitattava tarkasti pienenkin virheen kertautuessa suureksi. Jatkuvalla tavaramenekkien seurannalla pyrittäisiin reagoimaan nopeasti mahdollisiin lisähankintoihin.

Perustusmateriaalien saareen toimittamisen jälkeen on vuorossa perustusten rakentaminen, joiden on oltava valmiit ennen hirsitalon toimitusta. Hirsitalon rungon pystyttäminen päätettiin tilata hirsirungon valmistavalta yritykseltä ja pystyttämisen urakkaan sisällytettiin rungon pystyttäminen vesikattoon asti. Hirsirungon pystyttämisen jälkeen työvaiheina ovat ulkopuolisten terassirakenteiden teko, alapohja-rakenteiden teko, märkätilojen teko ja muiden sisälvalmistusvaiheen tehtävien teko, sähkö- ja LVI-töineen.

Rakennus-urakka on tarkoitus saattaa valmiiksi kesäkauden aikana ennen seuraavaa talvea, jolloin saarelle pääsy keskeytyy.

6.3 Projektissa huomioitavat erityispiirteet

6.3.1 Logistiikka

Tavarantoimittaminen rakennuspaikalle tulee olemaan yksi suurimmista eroavaisuuksista normaaliin hirsitalon rakentamiseen verrattuna. Tontin sijainnin suhteen on mahdollista toimittaa tavarat proomulla, koska tontti sijaitsee rannan läheisyydessä ja rannan muoto mahdollistaa proomun ajamisen rantaan asti. Proomun valinta tavarantoimittajana olikin melko selkeä valinta, koska muita vartenotettavia vaihtoehtoja ei ollut. Tilanteessa, jossa koko talon rakentamiseen tarvittavat tavarat on toimitettava saareen proomulla, on hyväksyttävä, että logistiikasta aiheutuvat kustannukset kasvaisivat huomattavasti tavalliseen mantereella rakentamiseen verrattuna. Aikataulut ja määrälaskennat sekä työmaasuunnittelut on myös tehtävä erityisen huolellisesti.

Suurimpia haasteita logistiikan suhteen ovat seuraavien rahtien toimittaminen saareen:

- perustusmateriaalien sekä muiden työmaan aloitukseen liittyvien tavaroiden toimittaminen
- hirsitalopakettin, raskaan vuolukivitakan sekä niihin liittyvien tavaroiden toimittaminen saareen
- muiden rakentamiseen liittyvien pienempien tavaroiden, kuten terassi-puutavaroiden, harmaavesisuodattimen ja sisävalmistusvaiheen materiaalien toimittaminen saareen.

Lisäksi on huomioitava, että edellä mainittujen kuormien painojen takia ne jouduttaisiin mahdollisesti ajamaan osissa, jolloin ajokertojen määrä kasvaisi useampaan. Tästä johtuen myös ajettavat kuormat on suunniteltava siten, että jokainen kuorma olisi täysi, koska proomukuljetus maksaa yhtä paljon riippumatta kuorman määrästä.

6.3.2 Aikataulutus sekä työmaasuunnittelu

Aikataulullisesti on yhteensovitettava tavarantoimitus rantaan, proomukuljetus saareen sekä työvaiheiden toteutus saarella. Kuljetusten on yhteensovitettava työvaiheiden

toteuttamisen kanssa ja saarella käynnissä olevien töiden on jatkuttava saumattomasti logistiikasta huolimatta.

Monien osa-alueiden yhteensovittaminen vaatii mahdollisten myöhästymisten ja muiden ennalta arvaamattomien viivästymisten ennakoimista ja ongelmatilanteisiin varautumista työnjohtamisen kannalta. Myöhästymisten ja tavarantoimittajien väärinkäsitysten lisäksi on huomioitava, että tietyissä olosuhteissa proomukuljetus ei onnistuisi kovan merenkäynnin takia, saaren sijaitessa melko avoimaisessa paikassa saaristossa. Tästä johtuen pieni ennakoiminen tavarantoimituksessa on järkevää.

Työmaasuunnittelussa täytyy kiinnittää huomiota logistiikan toimintaan lähtörannalla ja rakennuspaikan rannalla sekä tavaran varastointiin rakennuspaikalla. Rakennuspaikalla varastoitava tavaramäärä tulee olemaan suuri ja työmaan tehokkaan toimimisen kannalta tavaran sijoittelu tontille on mietittävä huolellisesti. Saarella ei tule olemaan suuria kaivinkoneita muulloin kuin proomun lastin tyhjentämisen yhteydessä, joten tavaroiden siirtely myöhemmässä vaiheessa on vaikeaa.

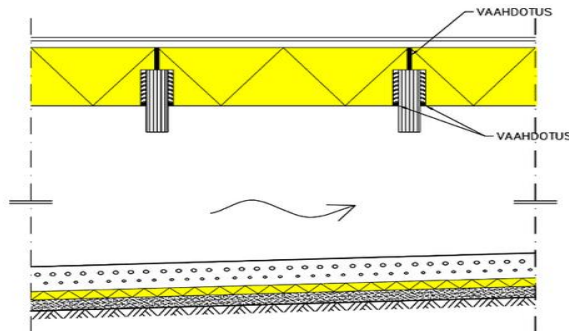
6.3.3 Kylmäksi jätettävä rakennus

Talo päätetään tässä tapauksessa jättää kylmäksi, koska vaikea sijainti vaikeuttaa talolle pääsemistä meren ollessa talvella jäässä. Näin ollen ei taloa tulisi käyttämään lainkaan n. 6 kk aikana. Näin pitkän ajan tyhjiällä olevan talon lämmittämisen tyhjänä todettiin olevan myös kustannusten puolesta kannattamatonta. Talon ei kuitenkaan haluta kärsivän lämmittämättömyydestä, minkä takia suuret sisäilman lämpötilavaihtelut haluttiin huomioida jo suunnitteluvaiheessa rakenneratkaisuja päätettäessä.

Päätös jättää talo kylmäksi talven ajaksi vaikutti rakenneratkaisuihin jonkin verran ja tiettyihin ratkaisuihin päädyttiin osittain tästä johtuen.

Talon **alapohja** päätettiin toteuttaa hyvin tuulettavana rossipohjana joka lepää pilareiden varassa. Alapohjarakenteena päätettiin käyttää, kuvan 37 mukaista, puisten kannatinpalkkien varassa lepäävää suulakepuristettua polystyreeni- eli XPS-eristettä. XPS-eristeeseen päädyttiin sen hyvien säilymisominaisuuksien takia. Lisäksi tässä rakenneratkaisussa saadaan yhdellä materiaalilla kantavuus, eristävyys ja höyrynsulku, jolloin rakenteessa on vähemmän materiaalien rajapintoja. Rakenne tulee olemaan

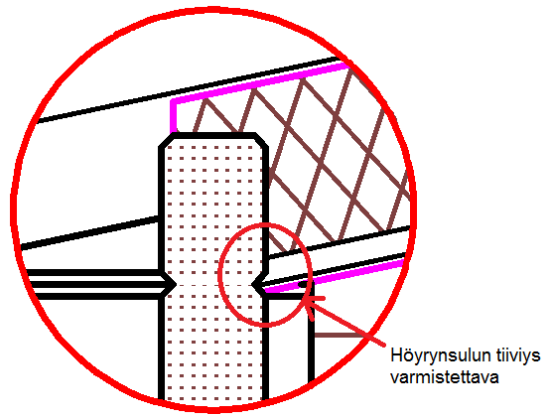
myös työmaan toteutuksen kannalta hyvä ratkaisu sen nopean valmistumisen sekä helpohkon asennuksen takia. Tässä kohteessa yksinkertainen alapohjarakenne on järkevä ratkaisu myös logistiikan suhteen.



Kuva 37. Esimerkkikohteen alapohjarakenteen periaatekuva. [Finnfoam 2014.]

Rakenteissa esiintyvät rajapinnat voisivat kosteuden kondensoitumisen kannalta olla kriittisiä kohtia, kuten myös höyrynsuluton alapohja-rakenne. Valitussa alapohjarakenteessa, voidaan XPS-levyjen saumat vaahdottaa polyuretaani-vaahdolla joko pelkästään yläpinnasta tai sekä ylä-, että alapinnasta. Näin saadaan varmistettua rakenteen höyrytiiveys. Yleensä riittää kuitenkin pelkkä yläpuolinen vaahdotus. Kannatinpalkkien pintaan mahdollisesti tiivistyvä kosteus saadaan minimoitua hyvällä tuuletuksella ja palkit voidaan tarvittaessa pinnoittaa maalaamalla tai muulla vastaavalla tavalla jos kondensoitumisvaara todetaan.

Yläpohja päätettiin toteuttaa mineraalivilla-eristeellä, jonka ulkopuolella on tuulensuojalevy sekä 125 mm tuuletusrako. Riittävän suurella tuuletusraolla haluttiin varmistaa, rakenteen kunnollinen tuulettuminen. Rakenteessa sijoitetaan höyrynsulku eristekerroksen sisäpintaan. Yläpohjarakenteeksi valittiin mineraalivillainen rakenne, koska halutaan varmistua ulkoseinän ja yläpohjan liittymäkohdan toimivuudesta, joka tässä tapauksessa on vino rakenne. Toteutuksessa on oltava erityisen tarkkana höyrynsulun tiivistämisessä yläpohjan ja seinien liittymäkohdissa sekä läpivientien kohdalla. Kuvassa 38 näkyy katon höyrynsulun ja seinän liitoskohta.



Kuva 38. Hirsiseinän ja yläpohjan liittymäkohta.

Esimerkkikohteen yläpohjarakenne (ulkoa): peltikate, harvalaudoitus (22*100 mm), tuulensuojalevy (9 mm), naulalevypalkki k900 + mineraalivilla (400 mm), höyrynsulku, koolaus k600 (50*50 mm), sisäkattopaneeli (15 mm).

Veden jääytymisestä aiheutuviin ongelmiin **vesijärjestelmissä** ja **putkistoissa**, tullaan varautumaan siten, että kun talo laitetaan talvikuntoon, tyhjennetään putkisto ja järjestelmät vedestä. Putkistojen tyhjentäminen vaatii oma-aloitteisuutta talon käyttäjiltä, mutta huolellisesti toteutettuna, ei tällä tavoin aiheudu ongelmia veden jääytymisestä. Putkisto ja vesijärjestelmät voitaisiin myös varustaa lämmityslaitteistolla, mutta tässä tapauksessa sitä ei nähdä tarpeelliseksi. Talossa ei tule olemaan vesikiertoista lämmitysjärjestelmää, jolloin tyhjennettäväksi jää lähinnä keittiön, WC:n ja märkätilojen vesipisteiden/viemäreiden putkistot, sekä mahdolliset vettä sisältävät laitteet, kuten esimerkiksi astianpesukone. Taloa ei myöskään varusteta WC:n suhteen vesiviemäroinnillä, vaan WC on korvattu kompostoivalla käymälällä.

Märkätilan seinärakenteet valittiin toteutettavan XPS-pohjaisilla märkätila-levyillä, jotka toimivat sekä vedeneristeenä että laatoituksen alustana. Märkätilassa tärkeänä huomiona pidettiin laatoituksen alustan mahdollisimman pientä elämistä hirsiseinien painumisesta johtuvista liikkeistä sekä lämpötilojen muutoksista aiheutuvista liikkeistä. Hirsitaloissa on märkätilojen toteuttaminen yleisesti huomioitava hyvin tarkasti, koska pienetkin liikkeet voivat märkätilojen vesieritysten kohdalla aiheuttaa mittavia vahinkoja, joita on hyvin vaikea korjata jälkepäin. Levyt kiinnitetään koolauspuihin, jotka on kiinnitetty hirsirunkoon liukuman sallivilla kiinnikkeillä. Näin toteutettuna hirren painuminen ei aiheuta pakkovoimia levyrakenteeseen vaan saa laskeutua painumisen

myötä vapaasti. Hirsiseinän ja märkätilalevyn välinen tila tuuletetaan alaslasketun katon yläpuoliseen tilaan.

Lisäksi päädyttiin varaavan tulisijan materiaalin suhteen vuolukiveen, ilman pinnoitteita. Tähän ratkaisuun päädyttiin osittain siksi, ettei takan pinnoitteiden irtoamista ja halkeilua tapahtuisi talven vaikutuksesta johtuen. Takan haluttiin olevan yhtä materiaalia joka kestää lämpötila-muutosten seuraukset mahdollisimman hyvin. Hormiksi valittiin teräs-hormi, jolloin halkeamilta vältyttäisiin myös hormin osalta.

6.4 Kohteen yhteenveto ja päätelmät

Kohteen vaativista piirteistä huolimatta, hankeeseen päätettiin lähteä. Jos suunnittelu tehdään huolellisesti ja kaikkeen pyritään varautumaan mahdollisimman hyvin, on vaativammankin rakennuskohteen toteuttaminen mahdollista ilman ongelmia. Kustannukset ja toteutuksen aikataulu eivät välttämättä ole verrattavissa normaaleissa olosuhteissa rakennettaviin, mutta lopputuloksena kohde voi olla sijaintinsa suhteen erityinen ja ainutlaatuinen. Ongelmista ja vaikeuksista ei siis kannata lannistua vaan ne kannattaa ottaa haasteina, jotka ovat voitettavissa.

7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin hirsitalon rakentamista nykypäivän vaatimusten mukaan rakennettuna. Työssä perehdyttiin hirsirakentamiseen sekä perinteisenä, että nykyaikaisena rakennustapana ja selvitettiin nykypäivän vaatimusten tuomia haasteita ja mahdollisuuksia hirsirakentamisessa. Tutkimuksessa perehdyttiin hirsi- ja puurakentamiseen sekä yleisesti rakentamiseen liittyviin lähteisiin, joista koottiin nykypäivän hirsirakentamiseen ohjeistava kokonaisuus.

Tällä hetkellä rakentamiseen vaikuttavat voimakkaasti tiukentuneet energiamääräykset sekä kestävä kehityksen mukainen rakentaminen. Tiukentuneiden energiamääräysten myötä tulleet uudet lämmönläpäisyarvot, vaikuttavat hirsirakentamiseen siten, että lisäeristämättömien massiivihirsiseinien käyttäminen rakentamisessa vaikeutuu. Hirsitalojen saamista helpotuksista huolimatta joudutaan uusia rakenneratkaisuja kehittämään jatkuvasti, jotta pysytään kehityksessä mukana.

Energiamääräykset johtavat siihen, että yhä useampi hirsitalo rakennetaan vapaa-ajan asunnoksi eikä vakituiseksi asunnoksi. Etenkin vapaa-ajan rakennukseksi hirsirakennuksia on vielä täysin mahdollista rakentaa lisäeristämättömillä massiivihirsiseinillä ilman, että hirren paksuus kasvaa järjettömän suureksi. Vapaa-ajan asuntojen sijaitessa usein erikoisemmissa olosuhteissa kuin vakituiset asunnot, oli tässäkin työssä järkevää keskittyä hieman vaikeiden olosuhteiden tuomiin lisähaasteisiin hirsitalon rakentamisessa. Työssä päätettiin selvittää saareen, rantaolosuhteisiin ja tulva-alueelle rakentamisesta aiheutuvat huomiot sekä osan vuodesta kylmillään olevan rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta aiheutuvat huomiot.

Saareen rakentaessa täytyy huomioida, että kulku rakennuspaikalle on vaikeampaa kuin normaaleissa olosuhteissa. Rakennusmateriaalien kuljettaminen työmaalle on vaikeampaa ja hitaampaa, mistä johtuen toimitusajat pitenevät ja logistiikan kustannukset kasvavat.

Ranta-olosuhteisiin rakennettaessa on, normaalien rakentamisessa huomioitavien asioiden lisäksi, huomioitava veden läheisyydestä aiheutuvat vaikutukset taloon. Näitä ovat mm. maa-aineksen värähtely, paineellisen veden vaikutus, meriveden vaikutukset

sekä voimakas veden kapillaarinen nousu perustusrakenteissa. Veden vaikutusten lisäksi ovat tuuli-olosuhteet usein myös keskimääräistä vaativammat.

Tulva-alueelle rakentaminen tuo vaatimuksia perustamis- ja rakentamiskorkeuteen. Ensisijaisesti on pyrittävä rakentamaan talo sellaiseen korkeuteen, ettei mahdollinen tulva yllä rakennuksen rakenteiden korkeudelle. Myös perustusten kapillaarikatkojen merkitys korostuu tulva-alueelle rakentaessa. Jos talo kaikesta huolimatta päätetään rakentaa tulvalle alttiiseen korkeuteen, täytyy veden kanssa kosketuksiin joutuvat rakenteet, suunnitella siten, että ne kestävät vaurioitumatta veden vaikutukset.

Osan vuodesta kylmillään olevan rakennuksen kosteustekninen toiminta saattaa olla erilainen kuin koko vuoden lämpimänä olevan talon. Talon rakenteiden kosteustekninen toiminta saattaa muuttua erilaiseksi kun sisälämpötila on normaalia, +20 °C, alhaisempi. Erityisesti lisäeristettyjen seinärakenteiden kohdalla on tutkittava tarkkaan olosuhteita, joita saattaa syntyä sisälämpötilojen muuttuessa normaalia kylmemmiksi.

Lisäksi tässä työssä tarkasteltiin esimerkkikohdetta, joka rakennetaan ranta-olosuhteisiin saareen. Lisäksi esimerkkikohde tullaan pitämään kylmänä talven ajan, joka myös vaikutti joihinkin valintoihin.

Tätä insinööriä voidaan hyödyntää apuvälineenä hirsitaloa rakentaessa ja se sopii johdatukseksi hirsitalo-rakentamiseen. Aiheena hirsitalon rakentaminen on hyvin laaja, joten tässä työssä keskityttiinkin lähinnä suunnittelijan tai itselleen hirsitalon rakennuttavan henkilön näkökulmaan ja tämän hetken vaatimusten täyttämiseen taloa rakentaessa. Hirsirakentamisesta löytyy kattavia teoksia, joihin on viitattu tässäkin työssä, mikäli aiheesta haluaa tietää enemmän.

Tähän työhön on tiivistetty nykypäivän vaatimuksia, joita hirsitaloa rakentavan on tiedettävä. Varsinaisten hirsirakentamisen tietojen ja taitojen lisäksi on hirsitaloa rakentavan tunnettava muitakin yleisiä rakentamiseen liittyviä vaatimuksia ja määräyksiä. Rakentamiseen liittyvät määräykset ja ohjeistukset muuttuvat ja kehittyvät koko ajan, miksi onkin tarpeellista päivittää tietojansa säännöllisesti ollakseen ajan tasalla.

Lähteet

Björkholtz, Dick. 1997 (1. Painos 1987). Lämpö ja kosteus (2. Painos). Rakennustieto Oy.

CEA 4001: 2007 - 06 (fi). Sprinklerilaitteistot. Suunnittelu ja asentaminen. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/pelastustoimen_laitteet/aineisto/sprinklerilaitteistot_suunnittelu.pdf>. Haettu 27.3.2014.

Eurokoodi help desk. Verkkodokumentti. <<http://www.eurocodes.fi/>>. Luettu 5.3.2014.

Helsingin kaupunki. 2009. Rantarakentamisen ohjeisto. Saatavissa verkkodokumenttina: <http://www.ksv.hel.fi/kerrostalo/pdf/rakentamisen_ohjeisto_2009.pdf>. Luettu 28.3.2014.

Hirsitaloteollisuus HTT Ry 4/2012. Hirsitalon suunnitteluperusteet.

Hukka, A., Viitanen, H. A. 1999. A mathematical model of mould growth on wooden material. Wood Science and Technology 33. s. 475-485. Saatavissa verkkodokumenttina: <http://www.civil.uwaterloo.ca/beg/ce708/woodsci_viitanen_mold_model.pdf>. Haettu 4.4.2014.

Karhumuovi. Tietoa muoveista. Verkkodokumentti. <<http://www.karhumuovi.fi/kestomuovi.html>>. Luettu 5.2.2014.

Lauharo, Kimmo. 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. Oy Unipress Ab.

Maanrakennus- ja rakennusasetus. 10.9.1999/895.

Maanrakennus- ja rakennuslaki. 5.2.1999/132.

Paroc. Paroc Oy Ab:n kotisivut. Verkkodokumentti. <<http://www.paroc.fi/knowhow/palo/paloluokitus>>. Luettu 20.3.2014.

Pohjanmaan pelastuslaitoksen kotisivut. Verkkodokumentti.

<http://www.pohjanmaanpelastuslaitos.fi/Suomeksi/Turvallisuuspalvelut/Rakenteellinen_paloturvallisuus/Paloluokat>. Luettu 20.3.2014.

Rakennustieto RT. 2010. Sprinklerilaitteistot. RT 63-10990.

Rakennustieto RT. 2012. Ekovilla lämmöneristeet. Muutettu eripainos kortista RT-38196.

Rakennustieto RT. 2014. Rakennusten paloluokat ja paloluokan määrittäminen. RT 08-11139.

SFS Suomen standardisoimisliitto. 2003. SFS-EN 1991-1-2 + AC. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset.

SFS Suomen standardisoimisliitto. 2004. SFS-EN 1995-1-2 + AC. Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Puurakenteiden palomitoitus.

SFS Suomen standardisoimisliitto. 2005. SFS-EN 1992-1-1 +AC. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

SFS Suomen standardisoimisliitto. 2008. SFS-EN 1995-1-1. Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

Siikanen, Unto. 2008. Puurakentaminen. Tampere: Esa Print Oy.

Teknos. Puun palosuojauksesta. Verkkodokumentti.

<<http://www.wood.teknos.fi/?pageid=H14374&lang=7>>. Luettu 27.3.2014.

TKK Teknillinen korkeakoulu. 1998. Lehtinen, Teppo, Viljanen, Martti & Hänninen, Jari. Massiivihirsistä tehtyjen ulkoseinien käyttö asuinrakentamisessa. Espoo 1999: Libella Painopalvelu Oy

TTK Tampereen teknillinen korkeakoulu. 1997. Koski, Tarja, Lindberg, Ralf & Vinha, Juha. Lisäeristettyjen hirsiseinien kosteustekninen kunto. Tampere. Saatavissa verkkodokumenttina: <<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21706>>. Haettu 3.4.2014.

TTY Tampereen teknillinen yliopisto. 2010. Piironen, Jarkko & Vinha, Juha. Vakiotehoisen kuivanapitolämmityksen vaikutus hirsimökkien lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Tampere. Saatavissa verkkodokumenttina: <<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/16427>>. Haettu 4.4.2014.

Vuolle-Apiala, Risto. 2001. Hirsityöt. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Vuolle-Apiala, Risto. 2012. Hirsitalo ennen ja nyt. Porvoo: Bookwell Oy.

Ympäristöministeriö. 2002. Ollila, Markku (toim.). Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa. Helsinki.

Ympäristöministeriö. 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Löytyy verkkodokumenttina: <<http://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>>. Luettu 20.3.2014.

Ympäristöministeriö. 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Saatavissa verkkodokumenttina: <<http://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>>. Haettu 18.2.2014.

Ympäristöministeriö. 2012. Tasauslaskentaopas 2012. Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. Saatavissa verkkodokumenttina: <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_2012_tasauslaskentaopas.pdf>. Haettu 8.4.2014.

Ympäristöministeriö. 2013. Opas alimpien suositeltavien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi. Luonnos, päiväys 14.11.2013.

Kuvalähteet

AK Design & Inspiration. Puu tulipalossa. Verkkodokumentti.

<<http://www.andrewkelsall.com/bonfire-burning-kindle-red-flames>>. Haettu 1.4.2014.

Eurohonka. Lämpöhirsi. Verkkodokumentti.

<<http://www.eurologhouses.fi/tekniikkaa/matalaenergia-hirsitalo>>. Luettu 18.2.2014.

Finnfoam. Alapohja-rakenne. Verkkodokumentti.

<<http://www.finnfoam.fi/info/suunnittelijoille/rakennekuvat/tyypit/puurakenteinen-tuulettuva-alapohja/>>. Luettu 10.4.2014.

Groton timberworks. Japanilaista puurakentamista. Verkkodokumentti.

<<http://grotontimberworks.com/specialtygallery.html>>. Luettu 12.3.2014.

Hongos. Valokuva käsin veistetystä hirsitalosta. Verkkodokumentti.

<http://www.hongos.fi/en/gallery/buildings/perinnetalo_piikalampi/>. Haettu 4.2.2014.

Honkarakenne. Painumaton hirsi. Verkkodokumentti. <<http://pro.honka.fi/honka-fusiontm-hirsi>>. Haettu 12.3.2014.

Honkarakenne. Hirren vaakasauma. Verkkodokumentti.

<<http://www.honka.com/fi/terveellisen-ja-ekologisen-asumisen-merkitys-kasvaat-alopaketin-valinnassa>>. Haettu 18.2.2014.

Honkatalot. Valokuva lamellihirrestä. Verkkodokumentti.

<<http://www.honkatalot.fi/ajankohtaista/2012.html>>. Haettu 4.2.2014.

Ihoti. Valokuva pilarin säätökierretangosta. Verkkodokumentti.

<<http://www.ihoti.com/board/showthread.php?t=2286>>. Haettu 6.2.2014.

Kuvakokoelmat. Valokuva salvosnurkasta. Verkkodokumentti.

<https://www.kuvakokoelmat.fi/pictures/view/KK1929_443>. Haettu 29.1.2014.

ODN, Online Debate Network. Valokuva tulva-alueelle rakennetusta talosta. Verkkodokumentti. <<http://www.onlinedebate.net/forums/showthread.php/26664-Return-Low-Elevation-Flood-Prone-Areas-to-Nature>>. Haettu 28.3.2014.

Paleo-planet. Valokuva kivikautisesta sahasta. Verkkodokumentti. <http://paleoplanet69529.yuku.com/reply/463004/Re-Latest-Work#.Uujlk_n8K70>. Haettu 29.1 2014.

Syötehuvilat. Valokuva höylähirrestä. Verkkodokumentti. <<http://www.syotehuvilat.fi/?if=hirsivalikoima>>. Haettu 4.2.2014.

Tekniikka & Talous. Painumaton hirsi. Verkkodokumentti. <<http://www.tekniikkatalous.fi>>. Haettu 12.3.2014.

Wikikko. Valokuva männystä ja kelojuusta. Verkkodokumentti. <<http://wikikko.info/wiki/Puu>>. Haettu 29.1.2014.

Liite 1: Haastattelukysymykset

Hirsitalon itselleen rakennuttavan Peter Brandtin (RI, DI) haastattelu 11.4.2014.

1. Miksi olette päättänyt, että talo tulee olemaan kylmänä talviaikana?
2. Mihin ratkaisuihin päätös kylmäksi jättämisestä on vaikuttanut?
 - a. rakenneratkaisujen osalta?
 - b. vesijärjestelmien jäätyminen suhteen?
3. Miten vertaisit kylmäksi jättämistä peruslämmön ylläpitämiseen tai ”kuivanapitolämmitykseen”, joka on 3 - 5 °C ulkoilmaa lämpimämpi lämpötila?
 - a. olisiko jompikumpi edellä mainituista vaihtoehdoista mahdollinen kylmänä pitämisen tilalle?
 - b. onko edellä mainituissa lämmitystavoissa joitain piirteitä joiden takia ne eivät sovellu teidän kohteeseen?