

Janne Asikainen

PERINTEINEN HIRSIRAKENTAMINEN: MASSIIVIHIRSITALO KAITALA 2020

PERINTEINEN HIRSIRAKENTAMINEN: MASSIIVIHIRSITALO KAITALA 2020

Janne Asikainen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, talonrakennus

Tekijä(t): Janne Asikainen
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Perinteinen hirsirakentaminen: massiivihirsitalo Kaitala 2020
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Traditional Log Building
Työn ohjaaja(t): Pekka Kilpinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 57 + 3 liitettä

Hirsirakentamista pidetään perinteisenä suomalaisena rakennusmuotona. Hirsitalot luovat mielikuvan terveellisestä ja turvallisesta asumisesta. Hirsitalojen pitkästä perinteistä huolimatta rakennetaan hyvin vähän perinteisesti käsin veistään hirsitaloja.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata hirsirakentamisen historiaa, ominaisuuksia ja vertailla eri rakennustapoja sekä todistaa, että perinteinen hirsitalo sopii myös nykypäivään. Opinnäytetyössä esitetään referenssikohteen avulla hirsitalon rakentaminen nykypäivän vaatimusten mukaisesti.

Puu- ja hirsirakentamisesta tietoa keräten käytiin läpi puurakentamisen ekologisuutta, terveellisyyttä ja hirsirakentamisen erityispiirteitä.

Uudisrakennuksille asetettuja vaatimuksia tarkastellen käytiin läpi rakennukselta vaadittavat ominaisuudet ja perinteisen hirsirakentamisen kykyä vastata nykypäivän vaatimuksiin.

Tiedonhaun yhteydessä kävi ilmi, että perinteisen hirsirakentamisen edellytyksille on tiettyjä haasteita. Muun muassa metsätalouden strategia aiheuttaa ongelmia massiivisen rakennuspuun saatavuuteen ja toisaalta energiatehokkuusvaatimukset osaltaan luovat tarvetta massiiviselle rakennuspuulle. Rakennusmääräyksiin ja ohjeisiin viitaten esitettiin hirsitalon soveltuminen nykypäivään.

Asiasanat: talonrakennus, hirsirakentaminen, ekologinen rakentaminen.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Bachelor of Construction Management

Author(s): Janne Asikainen
Title of thesis: Traditional Log Building
Supervisor(s): Pekka Kilpinen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020
Pages: 57 + 3 appendices

Building with logs is considered to be a traditional way of constructing in Finland. Log houses are experienced to be healthy and safe to live in. Despite of long tradition of log houses not so many hand carved log houses are built.

The aim of this thesis was to describe the history and features of log building and compare different construction methods and, also prove that a traditional log house is suitable for the present day living, as well. In the thesis a reference target is used to demonstrate how to build a log house according to the requirements for today.

Ecological sustainability, healthiness and special characteristics of log building were examined by gathering and processing related information. The currently required characteristics of house building and the ability of log building to meet these requirements were evaluated by examining official requirements of house building.

When searching the information, it was found out that there are certain challenges to enable traditional log building. Among other things, the strategy of forestry is causing problems for availability of massive building timber and, on the other hand, energy efficiency requirements for their part are creating a need for massive building timber. By referring to the building code and instructions, it was described how a log house can be applicable today.

Keywords: log building, log, timber, tradition, industrial

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 HIRSIRAKENTAMINEN	8
2.1 Hirrenveiston historiaa	9
2.2 Hirsi nykypäivän rakennusmateriaalina	10
2.2.1 Ekologisuus	11
2.2.2 Terveellisyys	11
2.2.3 Metsätalous hirsirakentamisen näkökulmasta	12
2.3 Teollinen hirsirakentaminen	14
2.4 Perinteinen veistotyö	15
3 HIRSISEINÄN TEKNISET ERITYISOMINAISUUDET	17
3.1 Painuminen	17
3.2 Halkeilu	17
3.3 Tiiviys	18
3.4 Säilyvyys	18
3.5 Lämmöntasaaja	19
3.6 Kosteuden tasaaja	19
3.7 Hengittävä rakenne vaiko jotain muuta?	20
4 RAKENNUSMÄÄRÄYKSET	21
4.1 Rakenteiden lujuus	21
4.2 Paloturvallisuus	22
4.3 Sisäilma ja rakennusmateriaalit	24
4.4 Energiatehokkuus	25
4.5 Rakennusmääräykset teollisessa ja perinteisessä hirsirakentamisessa	27
5 MASSIIVIHIRSITALO KAITALA	29
5.1 Taustatietoa	29
5.1.1 Lupaprosessi	29
5.1.2 Kantavat rakenteet	29
5.1.3 Tiiveys ja lämmöneristys	33

5.1.4 LVI-työt	36
5.1.5 Energiatehokkuus	37
5.1.6 Työturvallisuus	38
5.2 Toteutus	38
5.2.1 Rakennusmateriaali	38
5.2.2 Veistotyö	39
5.2.3 Viimeistely	44
5.2.4 Pystytys	45
5.3 Johtopäätökset	47
5.3.1 Ajankäyttö	47
5.3.2 Kustannukset	48
5.3.3 Rakennusvaatimukseen vastaaminen	49
5.3.4 Ongelmakohtat	50
6 YHTEENVETO	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	
Liite 1 Kiilavaarnapalkin periaatekuva	
Liite 2 Työnturvallisuussuunnitelma	
Liite 3 Toteutunut energiatehokkuusluokka	

1 JOHDANTO

Suomessa on vuosisatojen saatossa rakennettu lukemattomia määriä hirsitaloja. Arkeologisissa tutkimuksissa havaitut merkit ensimmäisistä varaustekniikalla tehdyistä hirsitaloista ovat 1000-luvulta. Pääperiaate on ollut tähän päivään saakka samanlainen, jossa hirsiin työstetään varaus alla olevan hirren muotoja mukailleen ja nurkat salvotaan toisiinsa tiiviisti liittyviksi rakenteiksi. (1.)

Aika on muuttanut hirsirakentamistakin. Vanhoista kirveellä veistetyistä ja samalella tilkityistä hirsirakenteista on edetty teollisesti tuotettuihin mittatarkkoihin ja tiiviisiin hirsirakenteisiin. Teollisen hirsituotannon mahdollistamat edut puumateriaalin vaatimuksissa, kustannustehokkuudessa ja rakenteen ominaisuuksissa ovat kiistatta ajaneet perinteisen käsityön edelle.

Teollisen hirsirakentamisen eduista huolimatta on olemassa asiakasryhmä, joille rakennetaan yhä massiivihirsisiä aitoja hirsitaloja. Massiivihirsitaloja tuotetaan sekä teollisesti että perinteisesti käsin veistämällä. Häviävän pieni osa uudisrakennuksista veistetään perinteisesti käsin massiivihirrestä. Osaltaan tämä johtuu teollisen hirsirakentamisen kustannustehokkuudesta, riittävän massiivisen rakennuspuun huonosta saatavuudesta ja ammattitaitoisten hirrenveistäjien puutteesta. Nykyajan vaatimukset asettavat myös tiettyjä haasteita perinteisille hirsitaloille mm. rakenteen lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon muodossa. Yleisesti massiivihirttä pidetään rakennusteknisesti huonompana kuin teollisesti tuotettua liimattua lamellihirttä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on osoittaa, että perinteisellä rakentamistavalla massiivihirrestä on mahdollista rakentaa rakennusmääräykset täyttävä laadukas asuinrakennus. Opinnäytetyössä tarkastellaan hirsirakenteiden ominaisuuksia, vertaillaan teollista ja käsityönä tapahtuvaa hirsituotantoa sekä kuvataan referenssikohteen avulla perinteisen hirsitalon valmistus.

2 HIRSIRAKENTAMINEN

Hirsiset talot ja aitat ovat kuuluneet jo vuosisatoja suomalaiseen kulttuurimaisemaan. Jokainen voikin mielessään nähdä hirsisen pirtin mäntykankaalla tai komean kartanon kohoavan peltomaisemassa.

Hirsirakentamisesta voidaankin puhua perinteisenä puurakentamisen lajina. Hirsirakentamisen määritelmät täyttyvät, kun kantavat seinät tehdään vaakasuuntaan varatuista hirsistä, jossa nurkat ovat salvoksin liitetty toisiinsa tiiviiksi rakenteeksi (kuva 1). Toinen, joskin Suomessa harvinainen tapa rakentaa hirrestä on käyttää pystyhirsiiä. Pystyhirren etuna on painumattomuus. Hirsi itsessään on höyläämällä, sorvaamalla tai veistämällä valmistettu, massiivinen, vähintään 68 mm paksu puinen rakennustarvike. Hirsitalo on rakennus, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on hirsi, jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm. Pääasiassa raaka-aineena käytetään mäntyä, kuusta ja haapaa, joista mänty on suosituin. (2; 3, s.1; 4.)



KUVA1. Mäntytukista sahatuista pelkkahirsistä valmistettu kehikko

2.1 Hirrenveiston historiaa

Eurooppalaisen hirsirakentamisen alkujuuret ajoittuvat vuoden 1500 eKr. Italiaan. Varhaisimmat Suomea koskevat hirsilöydöt ovat vuosilta 400–900 jKr. Tärkeimpänä vanhan Laatokan alueelta tehty hirsikehikkolöytö, josta on voitu määritellä huonetilan käyttöön liittyviä yksityiskohtia. (1, s. 10–11.)

Vanhin Suomessa säilynyt hirsirakennus on Kokemäellä sijaitseva Pyhän Henrikin kappeli, jonka jäljellä oleva osa on 1400-luvulta. Vielä pystyssä olevat vanhat puukirkot ovat hirsirakennustaidon hienoimpia esimerkkejä. (1, s. 10–11.)

Merkittävä osa rakennuskannasta ennen 1800-luvun lopun puumarkkinoiden tuomaa taloudellista nousua oli yksinkertaisia vaiheittain rakennettuja torppia (kuva 2). Rakentamista ohjasivat voimavarat, käsillä olevat materiaalit ja työtavat. (1, s. 18.)



KUVA 2. Hailuodossa sijaitseva 1800- ja 1900-lukujen taitteessa rakennettu tölli. Todennäköisesti vaiheittain saunasta taloksi rakennettu.

1800-luvulla kaupungeissa alettiin tekemään nurkkasalvokset kirkoista tuttuina hammas- tai lohenpyrstötyyppisinä lyhytnurkkina ja hirsikehikot vuorattiin laudoi-

tuksella. Tapitus eli hirsien ”sitominen” toisiinsa on suhteellisen tuore tulokas hirsirakentamisen alalla. Tapitus on myös peräisin 1800-luvulta (1, s. 48). Kansainväliset tyylivirtaukset alkoivat vaikuttamaan voimakkaasti ja muovasivat kaupunkikuvaa, kaupungit toimivat taasen esimerkkinä maaseudun rakentajille. Hirsipinnat alkoivat hävitä näkyvistä laudoitusten ja tapetointien alle (1, s. 26).

Hirsirakentaminen lähes loppui hetkellisesti 1940- ja 1950-lukujen taitteessa rannakarantamisen yleistyessä. Metsähallituksen savottakämppien rakentaminen kuitenkin säilytti käsityötaidon elossa. Hirsirakentamisen teollistumisen katsotaan alkaneen 1950-luvulla. (5, s. 42.)

Hirsirakentamisen uuden nousun aikoihin 1970- ja 1980-luvuilla teollinen rakentaminen kehittyi kovasti. Haettiin ratkaisuja tiiveyteen, lämmöneristykseen ja kuitistumiseen liittyviin ongelmiin, ja tähän tarkoitukseen kehitettiin mm. lamellihirsi 1980-luvulla (5, s. 48). Samoihin aikoihin innostuttiin uudelleen hirrenveistosta omatoimisena rakennustapana, mahdollisesti moottorisahojen tuoman helpotuksen ansiosta. Tuolloin rakennettiin pääasiassa pyöröhirsimökkejä ja -huviloita. (6, s. 5.)

2.2 Hirsi nykypäivän rakennusmateriaalina

Hirsirakentaminen on kestänyt hyvin aikaa ja säilyttänyt arvonsa vuosikymmenestä toiseen. Aikojen saatossa rakentaminen on kehittynyt ja hirsiiä on alettu valmistaa myös teollisesti, mikä osaltaan on johtanut hirsirakennusten monimuotoisuuden lisääntymiseen, eikä arkkitehtuuri ole hirsirakentamisessa enää rasite. Ihmisten tietoisuus ja mielikuvat asumisterveydestä sekä ekologisuudesta ovat hirsirakentamisen puolestapuhujia.

Nykyään 2/3 mökkirakentajista valitsee hirren ja omakotirakentamisessakin hirsirakentamisen suosio on kohonnut nousuun 2010-luvulla. Hirsitalojen osuus nykyisin rakennettavista omakotitaloista Suomessa on n. 20 % ja Euroopassa hirsitalojen osuus on hyvin pieni. (7; 8; 5.)

2.2.1 Ekologisuus

Hirsi- ja puurakentaminen on tutkitusti ekologista. Puu on nykyisellä metsien käytöasteella yli sata prosenttisesti uusiutuva materiaali ja puurakentamisen määrää voitaisiinkin lisätä ekologisesti kestävästi. Puun jalostaminen rakennusmateriaaliksi kuluttaa paljon vähemmän energiaa kuin muiden rakennustuotteiden. Hirsirakentamisessa sivutuotteena syntyvä hukkapuu kyetään pääsääntöisesti hyödyntämään muuhun rakennuskäyttöön ja bioenergiana (10; 11). Omaan kokemukseen pohjautuen myös perinteisessä hirsirakentamisessa hyödynnetään hukkapuu tehokkaasti muuhun rakentamiseen ja energialähteeksi. Ainoastaan työstössä syntynyt sahanpuru jää käyttämättä.

Puu tarvitsee kasvaakseen ilman hiilidioksidia. Puut kasvavat yhteyttämällä vettä ja hiilidioksidia auringon valon avulla. Ilmankehän hiilidioksidista tulee puun rakennusainetta ja happi vapautuu takaisin ilmakehään. Puu siis sitoo koko kasvu-aikansa ilman hiilidioksidia ja tämä hiili on sitten sitoutuneena puurakenteisiin koko rakennuksen käyttöiän. Hirsirakentaminen on tässä suhteessa erinomainen pitkän käyttöikänsä ja lähes kokonaan puisen rakenteensa ansiosta. Esimerkiksi 180 m²:n talon hirsikehikon hiilinielu on 24 tonnia, kun taas valmistuksen ja 50 vuoden kunnossapidon päästöt ovat vain 2,5 tonnia. (10; 11.)

Hirsi on myös hyvin kierrätettävä. Käytöstä poistetuista rakenteista saatava puutavara voidaan käyttää uudelleen rakennusmateriaaliksi tai bioenergiaksi. Energiantuotannossa vapautuvat päästöt eivät myöskään ole yhtään suurempia kuin tuotteeseen sitoutunut hiilimäärä. Nykyvaatimuksin toteutetut hirsitalot ovat myös tiiviitä ja energiatehokkaita.

2.2.2 Terveellisyys

Hirsitalo mielletään yleisesti lämpimäksi, luonnonmukaiseksi ja kestäväksi kodiksi. Hirsitaloihin yhdistetään myös terveellinen ja puhdas sisäilma.

Viimeaikaiset tutkimustulokset vahvistavat mielikuvia. Hirsirakennusten on todettu herättävän myönteisiä tunnetiloja ja lievittävän stressiä (9). THL:n Altti-tutkimukseen perustuvassa selvityksessä todetaan hirsitalossa asuvien olevan

neljä kertaa todennäköisemmin tyytyväisempiä sisäilman laatuun puutaloasukkaisiin verrattuna ja yli kuusi kertaa todennäköisemmin tyytyväisiä sisäilman laatuun kivitaloasujiin verrattuna (5).

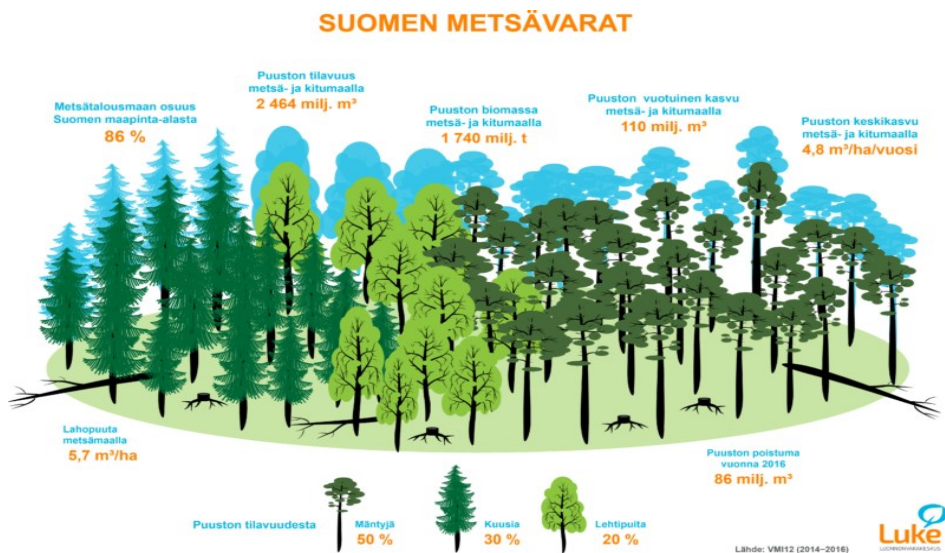
Hirsitalon hyvä sisäilma perustuu massiivisen hygroskooppisen rakenteen luonnolliseen kykyyn tasapainottaa sisäilman kosteutta ja lämpötilavaihteluja. Hirsirakenteisissa taloissa sisäilman suhteellinen kosteus asettuu luonnostaan 30-55 %:n välille. (3, s. 4.)

Puun antibakteeristen ominaisuuksien on todettu vähentävän pintojen kautta tapahtuvan kontaminaation todennäköisyyttä. Tutkimuksilla on myös näytetty toteen männyn ja kuusen uutteen ehkäisevän mm. MRSA:n eli stafylokokkibakteerien kasvua. Puusta haihtuvilla VOC-yhdisteillä on todettu olevan antibakteerisiä ominaisuuksia useita tauteja aiheuttavia bakteerikantoja vastaan. VOC-yhdisteet ovat puusta haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (12.)

2.2.3 Metsätalous hirsirakentamisen näkökulmasta

Pohjoisella havumetsävyöhykkeellä kasvava tiheäsyinen mänty on mitä parhainta rakennusmateriaalia hirsitaloihin, ehkä jopa parasta (13). Tätä arvokasta raaka-ainetta ei kuitenkaan hyödynnetä maksimaalisesti rakentamiseen. Parhaassa kasvuvaiheessa oleva mänty päätty todennäköisemmin paperin raaka-aineeksi kuin hirsitalon seinään. Hirsitalon seinään käytetty tukkipuu sitoisi hiiltä kymmeniä vuosia toisin kuin paperituotteet. Esimerkiksi vuonna 2018 sahatavaran osuus kaikesta kaadetusta puusta oli vain viidennes. (14.)

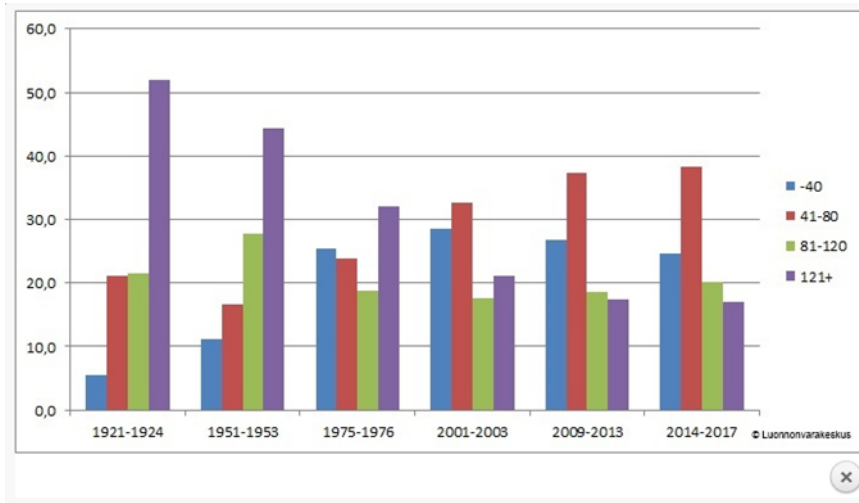
Tuoreimmista metsävarantotiedoista on nähtävillä, että Suomessa metsän vuosittainen kasvu on hakattavaa määrä suurempi (kuva 3).



KUVA 3. Suomen metsävarat (15)

Hakattavan metsän määrästä ja metsävarannoista ei voida kuitenkaan vetää suoraan johtopäätöstä, että Suomessa olisi hyvä tilanne perinnehirsirakentamisen näkökulmasta. Nopeasti talousmetsissä kasvanut puuaines ei ole yhtä hyvää rakennusmateriaalia kuin tiukkasyinen tasapaksu mäntytukki. (6, s. 15.) Sotien jälkeen aloitetut laajat uudishakkuut ja metsätalouden nykyinen linja ovat johtaneet vanhan puun määrän on vähenemiseen metsissämme (16). Tästä syystä laadukkaiden ja hirsirakentamiseen riittävän järeiden honkatukkien löytäminen onkin jo haasteellista. Erityisesti Pohjois-Suomessa on suuria vaikeuksia saada hyvää raaka-ainetta. (17.)

Metsämaan ikäluokka osuuksia tarkastelemalla voidaan havaita yli 120-vuotiaan metsäosuuden suuri lasku (kuva 4). Pohjois-Suomen oloissa 120-vuotiaan männyn halkaisija rinnan korkeudelta on noin 35 cm ja tästä voidaan sahata n. 20 cm:ä paksua pelkkahirttä. 20 cm:n paksuinen pelkkahirsi alkaa olla vähimmäispaksuus talon rakentamiseen (17). Tilastosta käy myös ilmi 41–80-vuotiaan metsämaan osuuden huomattava kasvu.



KUVA 4. Metsämaan ikäluokkien osuus (%) metsämaan alasta Pohjois-Suomessa (16)

Biotalouskuume tuo vielä oman mausteensa muutoinkin jo heikkoon rakennuspuun saatavuuteen. Puun riittävydessä voi tulla ongelmia, jos suunnitelmissa olevat biojalostamohankkeet toteutuvat. Esimerkiksi Kainuussa tämä näkyy jo viinonumana metsien kehitysluokkajakaumassa. Vanhoja yli 100-vuotiaita metsiä on vähän ja tästä syytetään eduskunnan Metsähallitukselle asettamia liian suurista tuottotavoitteista. (18.)

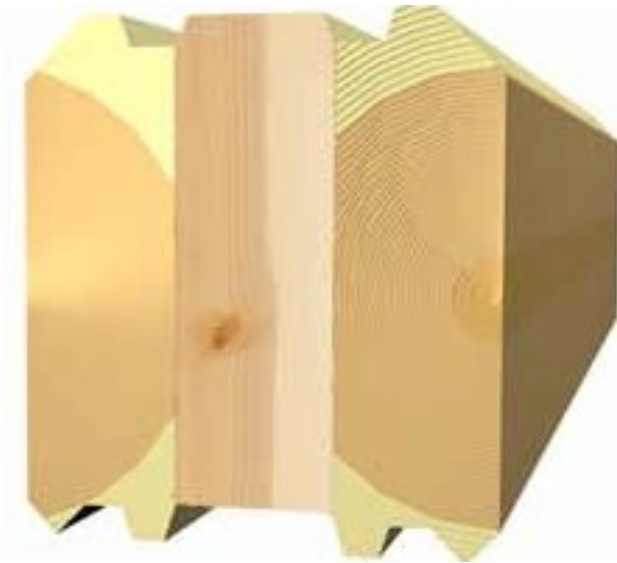
2.3 Teollinen hirsirakentaminen

Teollinen hirsirakentaminen jakautuu lamellihirren ja höylähirren valmistamiseen. Höylähirsi on yhtenäistä massiivipuuta ja lamellihirsi kostuu useista yhteen liimatuista puuosista. Yhteistä on kuitenkin koneellinen työstö mittatarkoiksi rakennustuotteiksi (19). Teollisen hirsirakentamisen on katsottu alkaneen 1950-luvulla. Teollistunut, yhtenäinen, jatkuvasti kehittyvä ja täysin automatisoitunut prosessi on puutuotealalla harvinaisuus. Puutuotannon toimialalla hirsirakentaminen on siis hyvin voimakkaasti teollistunut. Nykyisin 70 prosenttia Suomessa rakennettavista uusista hirsitaloista on teollisesti tuotettuja. (20, s. 10–11.)

Nykyinen teollinen valmistus perustuu tietokoneavusteiseen mallinukseen ja suunnitteluun (CAD, Computer-aided Design). Hirsirakennuksen puuosien työstö tapahtuu suunnitteluprosessissa tuotetun datan avulla. (21.) Teollisen valmistuk-

sen mukanaan tuomat lamellihirsi ja sormijatkaminen mahdollistavat periaatteessa hyvinkin pitkät hirret. Näin ollen puustosta johtuva n. 7 metrin hirsipituus ei rajoita enää rakentamista. (22.)

Uusimpana innovaationa teollisen hirsirakentamisen alalla on painumaton hirsi (kuva 5). Painumattomassa hirsirakenteessa osa hirsilamelleista on liimattu syyn suunnassa pystysuoraan. Pystylamellin ansioista kuivumisesta aiheutuva painuminen on mahdollisimman vähäistä. (23.)



KUVA 5. Painumaton hirsi, keskimäinen lamelli pystysuunnassa (3)

2.4 Perinteinen veistotyö

Perinteiseksi veistotyöksi mielletään massiivihirsistä käsityönä tapahtuva veistotyö. Perinteisen veiston perusteena on pyrkiä siirtämään alemman hirren muodot ylempään hirteen. Tätä voitaisiin käyttää perinteisen veistotyön määritelmänä verraten teolliseen hirsituotantoon, jossa hirret työstetään kauttaaltaan vakioimitoihin. Aikoinaan lähes kaikki asumukset on veistetty käsityönä hirrestä. Nykyään perinteisin tavoin rakennetaan joitakin kymmeniä hirsikoteja vuodessa. (17.)

Aika on tuonut mukanaan kehitystä myös perinteiseen veistotyöhön. Tärkeimpinä uusista työtavoista voitaneen mainita alivaraustekniikka ja Robert W. Chambersin kehittämä hirrenvalintamenetelmä. Chambersin menetelmä perustuu hirsien mittaamiseen. Mittauksesta saatujen tulosten perusteella kaavoja hyödyntäen

lasketaan sopiva hirsi. Alivaraustekniikassa huomioidaan puun kuivumisesta aiheutuva kutistuminen veistämällä nurkkasalvos hieman tiukalle. Alivaraustekniikalla toteutetut nurkkasalvokset painuvat puun kutistuessa tiiviisti kiinni. (6, s. 6, 31.)

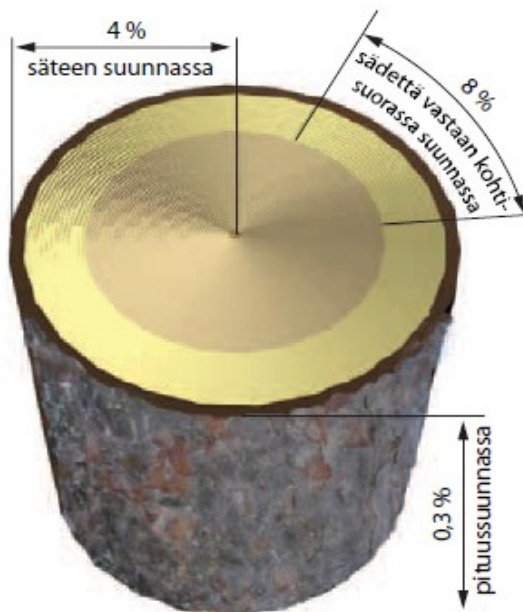
3 HIRSISEINÄN TEKNISET ERITYISOMINAISUUDET

3.1 Painuminen

Hirsirakenne painuu ajan myötä ja painuminen tulee ottaa huomioon hirsirakennusta suunniteltaessa. Painuminen aiheutuu suurimmalta osin hirren kuivumisesta johtuvasta kutistumisesta ja taakan alla tiivistymisestä. Tavanomaiset hirsirakenteet painuvat n. 10–50 mm/seinän korkeusmetri. Tarkalla työstöllä, huolellisella rakennusmateriaalin kuivatuksella ja seinien kiristämällä läpipulttauksen avulla päästään n. 10 mm:n painumaan seinämetriä kohden. (5, s. 82.) Sisällä olevat väliseinät painuvat pienemmän kosteuspitoisuuden vuoksi hieman enemmän, kuin ulkoseinät (24, s. 3). Hirsivalmistajilta saatava painumaton hirsi käyttäytyy painumisen osalta kuin normaali rankarakenne (3, s. 4).

3.2 Halkeilu

Hirressä tapahtuu aina pintahalkeilua. Perussyynä halkeamiin on hirren kutistuminen eri tavoin eri suunnissa. Suurin kutistuma on poikkileikkauksen kehän eli tangentin suunnassa. Säteen suunnassa kutistuminen on selvästi pienempää ja pituussuuntaan lähes olematon (kuva 6). Kun puu kutistuu kehän suunnassa enemmän kuin säteen suunnassa, syntyy väistämättä halkeamia. Puu halkeaa yleensä siitä kohdin, missä etäisyys pinnasta ytimeen on lyhin. Halkeamia voidaan ohjata tekemällä hirren varaukseen sydänhalkaisu. Rakennusaikana halkeamien suuruutta ja määrää voidaan rajoittaa lämmittämällä rakennus hitaasti lopulliseen huonelämpötilaan ja välttämällä kosteudenpoistajien käyttöä. (5, s. 83–84.)



KUVA 6. Puun kutistuminen eri suunnissa (3)

3.3 Tiiviys

Hirsiseinän tiiviyteen vaikuttavat ratkaisevasti varauksen leveys ja muoto, käytettävä eriste sekä nurkkasalvosten tyyppi (5, s. 84). On hyvinkin todennäköistä, että teollisesti valmistettu ponttihirsi solukumieristein on tiiviimpi kuin käsin veistetty pellavalla eristetty hirsirakenne.

3.4 Säilyvyys

Hirren säilyvyyteen vaikuttaa eniten puun kosteuspitoisuus. Lahottaja- ja sinistäjäsiemien kasvun edellytyksenä on puun yli 20 %:n kosteuspitoisuus ja +5 °C:n lämpötila. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa pitkäaikaisesti yli 85 % voi puun kosteuspitoisuus saavuttaa nämä arvot. Pakkasella ilman suhteellinen kosteuspitoisuus voi olla pitkiäkin aikoja yli 85 %, mutta lämpötila ei ole riittävä homeen ja lahoamisen etenemiselle. (25.)

Kun rakenne on kerran kuivunut haluttuun kosteustilaan, ei se helposti saavuta tuota haitallista kosteuspitoisuutta. Varausten muotoilulla ja rakenteen eristämi-

sellä perustuksista on kuitenkin tarpeen estää ylimääräinen kosteusrasitus. Oikein toteutettu hirsitalo on erittäin pitkäikäinen, koska käsittelemätön puu pehmenee vain 3–5 mm sadassa vuodessa. (5, s.84–85; 3, s.5; 26, s.22).

3.5 Lämmöntasaaja

Hirsitaloista puhuttaessa nousee usein esille lämmönvarauskyky ja talon viileys kesähelteillä. Viileyden tunteesta osa selittyy varmasti sillä, että perinteisissä hirsitaloissa on pienet ikkunat ja pitkät räystäät vähentämässä auringon lämmittävää vaikutusta. Tutkitusti puupinnat toimivat lämmöntasaajina ja ilmiötä hyödyntämällä voidaan säästää energiaa (27).

Lämmöntasausominaisuus perustuu ilmankosteuden faasimuutoksessa vapautuvaan lämpöön. Faasimuutoksessa vesi käy läpi muutoksen höyrystä nesteeksi ja päinvastoin. Energiaa, joka vapautuu tai sitoutuu faasimuutoksen aikana, sanotaan piileväksi lämmöksi (latent heat). Kun puupinta imee ilmasta kosteutta, lämpöä vapautuu. Kun puupinta kuivuu eli luovuttaa kosteutta, lämpöä sitoutuu rakenteeseen. Kylmässä ilmassa suhteellinen kosteus nousee helpommin ja hirsi hygroskooppisena materiaalina alkaa tasaamaan kosteutta itseensä. Tämä johtaa lämpöenergian vapautumiseen. Vastaava ilmiö toisinpäin tapahtuu sitten kesähelteillä hirsitalossa. (27.)

3.6 Kosteuden tasaaja

Puu on hygroskooppinen materiaali. Hygroskooppisella materiaalilla tarkoitetaan materiaaleja, jotka sitovat kosteutta itseensä ja luovuttavat kosteutta pyrkien tasapainokosteuteen ympäristön kanssa. Tämä ominaisuus mahdollistaa puurakenteen kyvyn tasata sisäilman suhteellisen kosteuden vaihtelua. Hirsirakenne toimii ikään kuin kosteuspuskurina. Kun huoneilman kosteuspitoisuus nousee esimerkiksi kylpemisen ansiosta, hirsirakenteeseen sitoutuu kosteutta. Näin kosteuspitoisuus ei nouse helposti häiritsevän korkeaksi. Vastavuoroisesti sisäilman kuivuessa hirsirakenteesta vapautuu kosteutta sisäilmaan. Tutkimusten mukaan käsittelemättömät puupinnat alentavat kosteuden vaihtelusta johtuvia ääriarvoja jopa 63 prosenttia kipsirakenteiseen huonetilaan verrattuna. (28.)

3.7 Hengittävä rakenne vaiko jotain muuta?

Hirsirakenteesta puhutaan hengittävänä materiaalina ja pahimmillaan jopa ajatellaan rakenteen hengittävän varauksista ja nurkista. Tämä ei ole kuitenkaan suotavaa. Hirsirakenteen tulee olla tiivis ja ilmavirtojen hallittuja (3).

Hengittävää rakennetta ei tulisi myöskään sekoittaa hygroskooppisuuteen ja kosteuspuskurointiin. Tarkalleen hengittävä rakenne tarkoittaa sellaista rakennuksen ulkovaipan rakennetta, joka sallii ilman sisältämien kaasujen osapaineiden tasoittumisen diffuusiona rakenteen läpi. Käytännössä hirsirakenteessa kaasujen kulkeminen koko rakenteen läpi on harvinaista. Hirsirakenteessa ”hengittäminen” onkin rakenteen sisä- ja ulkopintojen kykyä tasata ilman kosteutta. Oikeastaan hirsirakenne ei välttämättä hengitä. (29.)

4 RAKENNUSMÄÄRÄYKSET

Oli kyseessä sitten perinteinen maaseudulla sijaitseva hirsitalo tai kaupungin kaavatontilla sijaitseva elementeistä koottu moderni talo, niin rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että se täyttää olennaiset tekniset vaatimukset. Suomessa viranomaiset valvovat ja ohjaavat rakentamista. Rakentamisen yleinen ohjaus perustuu lain ja asetuksen tasoisiin säännöksiin. Tärkeimpänä ohjauksena vuonna 2000 voimaan tullut maankäyttö- ja rakennuslaki. (30.)

Tarkemmat rakentamista koskevat säännökset ovat koottuna Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Määräyksiä täydennetään ja ohjataan erinäisillä ohjeistuksilla sekä standardeilla. Perinteistä ja teollista hirsirakentamista ohjaavat hirsitalon suunnitteluperusteet-ohjekortti (RT 82–11168). Hirsitalon laatuvaatimukset-standardi (SFS 4895, RT 14–10436) ja RunkoRYL 2010 kappale 722 Hirsityö. Muutoin noudatetaan yleisiä rakennusmääräyksiä ja ohjeita. Huomion arvoisena seikkana voidaan todeta tavanomaisten hirsirakennusten yleensä poikkeavan muista rakennetyypeistä vain ulkoseinien osalta (24).

4.1 Rakenteiden lujuus

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Kantavia rakenteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien kansallisten valintojen mukaan. (31.)

Hirsikehikko on puurakenne, jolle aivan samoin kuin muillekin puurakenteille määritellään lujuusvaatimukset. Hirsirakentamisessa kantavien puurakenteiden mitoituksessa noudatetaan Eurokoodia. Höylähirsillä lujuusluokka voidaan käyttää luokkaa C22, lamellihirsillä C24 ja pyöröhirsillä luokkaa C30 (3, s. 7). Perinnerakentamisessa lujuusluokitukset aiheuttavat omat haasteensa. Osa perinteisen hirrenveiston taitajista onkin suorittanut tarvittavan koulutuksen saadakseen luokitella visuaalisesti itse sahattua puutavaraa. Visuaalisella luokituksella voidaan päästä lujuusluokkaan C24. Yleisesti perinnerakentamisessakin käytetään

liittyvissä kantavissa rakenteissa valmiiksi lujuusluokiteltua ja CE-hyväksyttyä sahatavaraa (17). Kantavien rakenteiden mitoitus voidaan tarvittaessa tehdä myös laskennallisesti tai testauksen kautta perustellen (24, s. 5).

Hirsikehikko jaotellaan Eurokoodi 5:n mukaan käyttöluokkaan 2. Ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Käyttöluokassa 2 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä 20 prosentin kosteuspitoisuutta.

Hirsirakentamisessa on muutamia erityishuomioita vaativia asioita kantavia rakenteita tehdessä ja suunnitellessa. Painumattomat kantavat rakenteet on varustettava kierrejaloilla tai painumavarapaloilla. Hirsiseinät tulee jäykistää yhtenäiseksi rakenteeksi puutapituksilla ja poikittaisseinillä (3, s. 4). Puutapein tehtävässä vaarnausliitoksessa jäykistävän seinän yläpään leikkausvoimakestävyys on kuitenkin rajallinen. Pyöreässä reiässä oleva neliön muotoinen puutappi ei omaa suurtakaan leikkausvoimakestävyyttä vain tapin särmien toimiessa leikkaurasituksessa. Haluttaessa suurempia leikkauslujuusominaisuuksia on ainakin painumattomissa hirsirakenteissa suositeltavaa käyttää vinoruuvausmenetelmää. Vinoruuvauksessa vaarnoina käytetään 45°:n kulmaan ruuvattavia, leikkausvoimalle mitoitettuja ruuveja. Ruuvien etuna on mm. taipumattomuus, jolloin hirsien välinen sivuttaissiirtymä on mahdollisimman pieni. (32.) Vinoruuvauksen soveltuvuus perinnerakentamiseen on kyseenalainen puun luontaisen painumisen vaikutuksesta. Hirsirakenteelle ominaisten halkeamien ei ole todettu heikentävän rakenteen lujuusarvoja (24, s. 3).

4.2 Paloturvallisuus

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta annetaan velvoittavia vaatimuksia, joiden mukaan uusi rakennus on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että palon syttymisen vaara on mahdollisimman pieni. Rakennus ja sen rakennusosat eivät palon vaikutuksesta saa sortumalla aiheuttaa vaaraa määrättyä aikana palon alkamisesta. (33.)

Hirsirakenne on paloturvallisuuden näkökulmasta hyvä materiaali. Vaikkakin hirsi on palava, se ei ole helposti syttyvä materiaali. Voidaan sanoa hirren olevan paloturvallinen. Palaessaan hirren pinta hiiltyy tasaisesti n. 1,0 mm:n minuutissa.

Näin ollen hirsirakenteen kestävyys ja mahdollinen sortuminen on hyvin ennakoitavissa. Palotilanteessa syntyvä hiilipinta (kuva 7) hidastaa puun palamista ja näin saadaan aikaa turvalliselle poistumiselle rakennuksesta. Esimerkiksi palonkestävyys REI 30 saavutetaan jo 92 mm paksulla höylä- ja 150 mm paksulla pyöröhirrellä. (22.)



KUVA 7. Täyden palon vaiheessa olleen asuinrakennuksen hirsiseinää (34)

Rakennukset luokitellaan kolmeen paloluokkaan P1, P2 ja P3. Tavanomaiset enintään 2-kerroksiset, asuinkäyttöön tarkoitetut hirsitalot kuuluvat paloluokkaan P3 ja niitä käsitellään yhtenäisenä palo-osastona. Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen (33).

Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen, leviämiseen ja savun tuottoon sekä palavaan pisarointiin. Hirsi määritellään kuuluvan luokkaan D-s2, d0. D-luokka kuvaa tarvikkeita, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä. Lisämääre s2 tarkoittaa, että savuntuotto on vähäistä ja d0, että palavia pisaroita tai osia ei esiinny (17, s.5). P3-luokan asuinrakennuksien sisäpintojen rakennusmateriaalin tulee olla vähintään luokkaa D-

s2, d2. Hirsi täyttää tämän luokkavaatimuksen, kuten muut tavanomaiset puurakenteet (33). Voidaan todeta, että paloturvallisuusmääräykset eivät aseta minikäänlaisia erityisvaatimuksia tavanomaisille 1–2-kerroksisille hirsitaloille.

4.3 Sisäilma ja rakennusmateriaalit

Hyvän rakentamistavan mukaan rakennukset tulee toteuttaa siten, että ne ovat terveellisiä ja turvallisia koko rakennuksen käyttöiän. Käytettävistä rakennusmateriaaleista ei saa aiheutua haitallisia päästöjä sisäilmaan ja ympäristöön (35).

Sisäilma

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennuksen sisäilmaan vaikuttavat tekijät, kuten kosteuskuormitus, käyttötarkoitus ja rakennustuotteiden päästöt. Vaikka hirsi hygroskooppisena massiivirakenteena pystyy hyvin tasaamaan rakennuksen kosteutta ja lämpötilan vaihteluja, hirsirakentaminen ei poikkea muista rakenteista määräysten näkökulmasta. LVI-vaatimukset, jotka oleellisesti vaikuttavat rakennuksen sisäilmaan ja terveellisyyteen, ovat hirsirakentamisessa samat kuin muutoinkin. Suunnitteluvaiheessa lämpöhäviölaskentaan vaikuttava ilmanvuotoluku on hirsirakenteella suurempi kuin erillisillä höyrynsuluilla toteutetuilla taloilla. Ilmanvuotoluvulla (q_{50}) kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa (m^3/m^2h). Hirsirakenteen painuminen tulee huomioida putkistojen ja kanavien kannakoinnissa sekä läpivienneissä. Putkistojen ja kanavointien vetämisellä alapohjan, välipohjan tai yläpohjan rakenteissa pystytään minimoimaan painumisen aiheuttamat ongelmat. (36;37.)

Tiiviys

Hirsirakenteen ilmanpitävyyden tulee olla ihan yhtä hyvä kuin minkä tahansa muunkin rakenteen. Rakenteen tiiveydellä ehkäistään hallitsematon ilmavirta ja annetaan edellytykset ilmanvaihdon tarkoituksenmukaiselle toiminnalle. Ilmanpitävyydellä myös ehkäistään vuotoilman mukana kulkevan vesihöyryn siirtyminen rakenteisiin. Erityistä huolellisuutta tulee kiinnittää rakenneosien liitosten ja läpivientien tiiveyteen. Tiivistyksessä on myös huomioitava hirsirakenteelle ominainen painuminen. (3.)

Materiaali

Rakentamisessa tulee käyttää tuotteita, joista ei aiheudu haitallisia päästöjä sisäilmaan. Hirsirakentaminen on tässä suhteessa vahvoilla. VTT:n tutkimusraportin mukaan käsittelemätön mäntypuu on allergisoimaton, M1-luokitusta vastaava materiaali, eikä siitä vapaudu haitallisia emissioita huoneilmaan. Teollinen ja perinteinen hirsirakentaminen eivät eroa tässä suhteessa ominaisuuksiltaan. Lamellihirsissä käytetystä liimastakaan ei tutkitusti vapaudu päästöjä sisäilmaan. (10.)

4.4 Energiatehokkuus

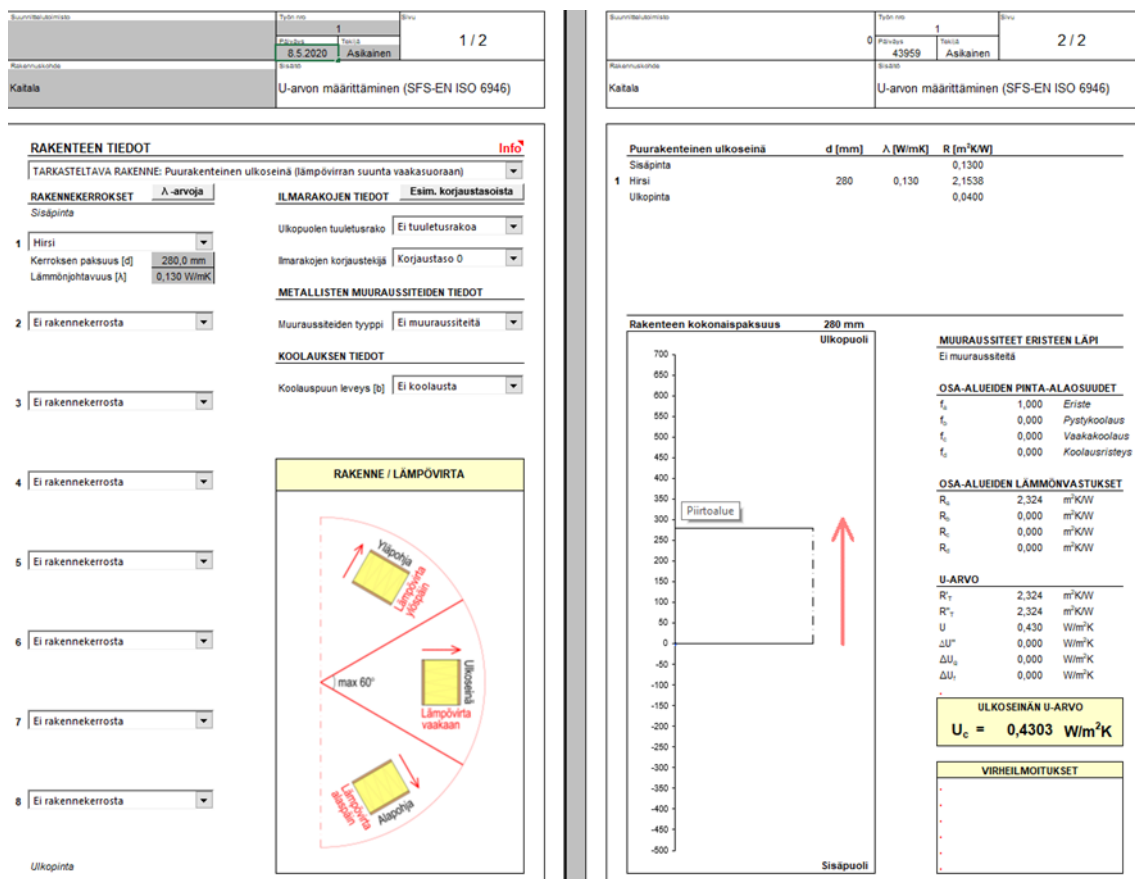
Rakennusten energiatehokkuus on nykyaikana yksi tärkeä ominaisuus rakennusta tarkastellessa. Suomessa on sitouduttu kasvihuonepäästöjen vähentämiseen. Yhtenä keinona tavoitteeseen pääsemiseen pyritään lähes nollaenergiarakentamiseen. Energiatehokas rakentaminen väistämättä asettaa tiukkoja vaatimuksia rakennusten energiatehokkuusvaatimuksille. Rakennusten tulee olla laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luku) tai rakenteellisen energiatehokkuuden mukainen. Uudet energiatehokkuutta koskevat velvoittavat asetukset tulivat voimaan 1.1.2018 (38). Energiatehokkuusmääräykset eivät koske rakennuksia, joiden lämmitetty nettoala on alle 50 m²:ä, ja loma-asuntoja, joihin ei tule kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää (22).

U-arvo

U-arvolla eli lämmönläpäisykertoimella kuvataan rakennusosien lämmöneristyskykyä. Hirsiseinän lämpöhäviö-laskennassa on saatu helpotuksia suhteessa muuhun rakentamiseen. Massiivipuuseinän, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm:ä, vertailuarvona käytetään arvoa 0,40 W/ (m² K). Esimerkiksi puurankaseinällä vertailuarvo on 0,17 W/ (m² K). Käytännössä hirsirakenne on energiatehokkaampi kuin laskelmat antavat olettaa. U-arvon laskennassa ei huomioida hirren lämmönvarauskykyä. (38; 39.)

Hirsirakentamisen näkökulmasta U-arvovaatimukset eivät ole ylitsepääsemättömiä, joskin aiheuttavat haasteita. On huomioitava, että hirsiseinällä ei kovin helposti saavuteta vertailuarvona olevaa 0,40 W/ (m² K) lämmönläpäisykertoimen

arvoa. Erityisesti perinteisen hirsirakentamisen näkökulmasta on haasteellista saada puupintainen vaatimukset täyttävä talo. Esimerkiksi referenssikohteen ulkoseinän toteutunut U-arvo 280 mm paksulla pelkkahirrellä oli 0,43 W/ (m² K) (kuva 8). Pelkkahirren paksuuden tulisi olla vähintään 200 mm:stä ylöspäin, jotta saataisiin mielekäs rakenne eikä täytyisi tehdä aivan mahdollottoman paksuja alapohjia ja yläpohjia kompensoimaan seinien heikkoa U-arvoa (17). On kuitenkin hyväksyttävää kompensoida jonkin osa-alueen vertailulämpöhäviötä suurempaa lämpöhäviötä muissa rakenteissa määräyksiä paremmalla ratkaisulla (24, s.6). Teollisesti tuotetulla lamellihirrellä pystytään helpommin kasvattamaan seinärakenteen paksuutta, kun materiaalin saatavuus ei ole ongelmana.



KUVA 8. 280 mm paksun pelkkahirsiseinän U-arvo on 0,43 W/ (m² K) standardin SFS-EN ISO 6946 mukaan laskettuna (40)

E-luku

E-luvulla kuvataan rakennuksen laskennallista ostoenergian kulutusta lämmitettyä nettoalaa kohden vuoden aikana. E-luku ilmoitetaan yksiköllä kWh/m² vuodessa. E-luku lasketaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan ja siihen vaikuttavat muun muassa lämmitysmuoto, ilmanvaihto sekä rakennuksen tiiveys. Hirsirakentamiseen on annettu helpotuksia E-luvun raja-arvoihin. E-luvun raja-arvot voidaan ylittää käyttötarkoitukseluokassa 1a 20 prosentilla, 1 b-c 15 prosentilla ja muissa luokissa 10 prosentilla. Pienissä omakotitaloissa saadaan jopa 20 prosentin helpotus. Tällä helpotuksella pystytään tietyin edellytyksin mahdollistamaan painovoimaisen ilmanvaihdon käyttäminen hirsitaloissa. (36.)

4.5 Rakennusmääräykset teollisessa ja perinteisessä hirsirakentamisessa

Perinteisesti rakennettuun massiivihirsitaloon sovelletaan samoja hirsirakentamisen ohjeistuksia, kuin teollisesti tuotettuihin hirsitaloihin. Molemmissa rakennusratkaisuissa liittyvät rakenteet kuten, alapohja, välipohja ja yläpohja rakennetaan pääsääntöisesti samoin kuin rankarakenteisissäkin puutaloissa. Näin ollen voidaan määräysten näkökulmasta ajatella, että suurimmat erot tulevat ulkoseinissä ja arkkitehtuurisissa ratkaisuissa. Esimerkiksi rakennusalueen kaavoitus voi asettaa rajoitteita näkyviin jäävälle hirsipinnalle ja nurkkasalvoksille.

Teollisen hirsirakentamisen etuna on selkeästi se, että talovalmistajien toimittamista hirsityypeistä on tutkittua tietoa lujuuden ja tiiveyden osalta (10). Puutavara on lujuusluokiteltua ja CE-hyväksyttyä. Nämä osaltaan helpottavat hankkeen suunnittelua sekä toteuttamista. Höylätty ja mittatarkka ponttihirsi on myös tiiviimpi. E-luvun laskennassa saadaan helpotusta, kun voidaan käyttää pienempää ilmanvuotolukua. Nykypäivän suosittuun pelkistettyyn rakennustyyliin teollinen tuotanto pystyy myös vastaamaan paremmin muun muassa jiirinurkkien ja pelkistettyjen hirsiprofiilien avulla (41).

Perinteisellä hirsirakentamisella on kuitenkin omat asiakkaansa. Esimerkiksi metsänomistaja voi hyödyntää omia metsävarojaan hirsitaloon. Omasta puusta rakentaminen on mahdollista, joskin aiheuttaa hieman enemmän vaivannäköä. Kantaviin rakenteisiin on käytettävä lujuusluokiteltua sahatavaraa tai näytettävä laskelmin toteen rakenteen kestävyys. Perinteisen rakentamisen etuna voidaan

ajatella uniikkia ulkonäköä. Taitava omatoimirakentaja voi myös säästää omasta puusta tekemällä sievoisen summan rahaa.

Rakenteelliselta toimivuudeltaan teollisesti ja perinteisin tavoin valmistettu hirsitalo ovat lähes verrannollisia. Molemmissa on massiivinen puurakenne kantavana ulkoseinänä ja liittyvinä rakenteina lujuusluokitellusta puutavarasta valmistetut ristikot sekä palkistot.

5 MASSIIVIHIRSITALO KAITALA

Opinnäytetyön esimerkkikohteena käytetään Hailuotoon 2019–2020 rakennettua hirsitaloa. Talon hirsikehikon on veistänyt perinteisin menetelmin kokenut hirrenveistäjä keväällä 2019. Rakennusmateriaalina hirsikehikossa on massiivinen mäntypuinen pelkkahirsi.

5.1 Taustatietoa

Suunnittelun lähtökohtana oli rakentaa perinteinen hirsitalo ympärivuotiseen asumiseen. Talo tulee toteuttaa ilman lisäeristeitä, niin että sisä- ja ulkopinnat jäävät piilutetulle hirsipinnalle. Rakennusteknisissä ratkaisuissa pyritään noudattamaan perinteitä ja vanhoja hyväksi koettuja rakennustapoja. Talon tulee täyttää nykyajan vaatimukset niin asumismukavuuden kuin rakennusmääräystenkin osalta. Rakennuttaja halusi ehdottomasti massiivista aitoa hirttä.

5.1.1 Lupaprosessi

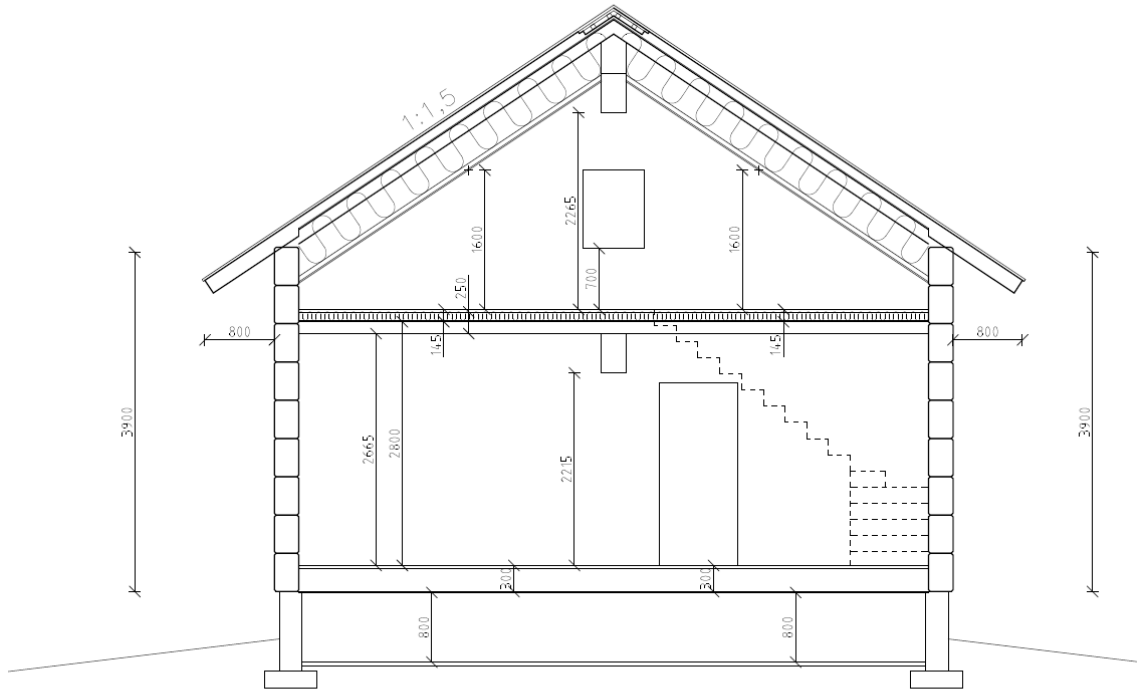
Uuden rakennuksen rakentamiseen vaaditaan aina maankäyttö- ja rakennuslain mukainen rakennuslupa, joten rakennusprosessi polkaistiin käyntiin aloittamalla lupaprosessi. Rakentamista ohjaa ja valvoo paikkakunnan rakennusvalvonta. Rakennuslupaa haettaessa täytetään rakennuslupahakemus ja rakennushanke ilmoitus. Todistetaan rakennuspaikan hallintaoikeus, suoritetaan naapurien kuuleminen ja täytetään vastaavan työnjohtajan hakemus. Lisäksi tarvitaan selvitys kiinteistön jätevesijärjestelmästä, rakennepiirustukset, energiatodistus, selvitys kunnallis- ja sähköteknisistä rakenteista asemapiirustuksineen. (42.)

5.1.2 Kantavat rakenteet

Referenssikohteessa kantavana rakenteena toimii hirsistä valmistettu kehikko. Yläpohjan kuorman jakavat hirsirungolle kurkihirsi eli yläpohjan pääkannatinpalkki ja naulalevyrakenteiset lapepalkit eli NR-palkit. Välipohjan kuorma jakautuu hirsikehikolle välipohjan pääkannatinpalkin ja vuoliaisten kautta. Alapohjan

kuorman jakavat suoraan perustuksille alapohjan pääkannatinpalkki ja lattianis-
kat. Kaikissa liittyvissä rakenteissa kuorma jakautuu hirsikehikolle primääripalkin
ja sekundääripalkkien avulla (kuva 9).

LEIKKAUS A-A 1:50



KUVA 9. Leikkauskuvasta ilmenee kantavien rakenteiden toimintaperiaate

Yläpohja

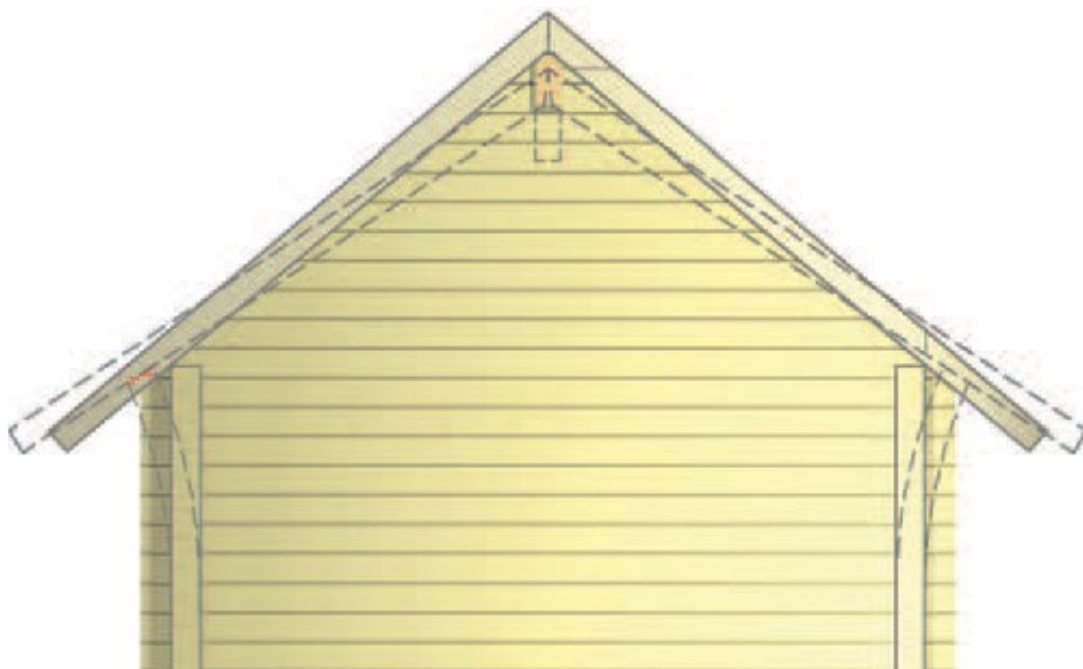
Yläpohjan rakenne muodostuu jänneväliltään 9840 mm olevasta 280 x 800 mm:n kiilavaarnapalkista (liite 1) ja siihen tukeutuvista NR-palkeista (kuva 10). NR-pal-
kit on mitoitettu Eurokoodi 5:n mukaan. Kiilavaarnapalkin lujuus on näytetty to-
teen Eurokoodi 5:n mukaan laskelmin, kokeneen suunnittelijan tekeminä. Käsi-
työnä omasta sahatavarasta valmistetun kiilavaarnapalkin lujuuslaskelmassa ei
voida huomioida rakenteen todellista lujuutta. Käytännössä laskelmissa joudu-
taan käyttämään huonoa lujuusluokkaa (C18) eikä voida hyödyntää kiilaraken-
teen tuomaa etua.



KUVA 10. Yläpohjan kantava rakenne

Alppisalvos Oy on tutkinut omissa kokeissaan kiilavaarnapalkkien taipumia. Suoritetuissa kokeissa palkkina käytettiin kahta mäntypuista lähtötilanteessa latvaläpimitaltaan 290 mm olevaa hirttä. Hirret liitettiin toisiinsa tammikiiloin ja kierretangoin. 7,2 m:n jännevälillä, palkin keskeltä 9590 kg:n painolla kuormittaen mitattiin palkin keskeltä 43 mm:n taipuma. Hirsien välinen liukuma oli 3-4 mm (43). Tästä voitaneen todeta rakenteen olevan aika luja.

Yläpohjarakenteessa tulee huomioida hirsikehikon painumasta aiheutuvat liikkeet. Jos päätykolmiot ovat hirsirakenteiset kuten, tässä kohteessa ja kattorakenteet tukeutuvat hirsirakenteeseen, kiinnityspisteiden korkeuserosta johtuva painumaero aiheuttaa kattokannattajien työntymisen ulospäin (kuva 11). Lapepalkit kiinnitettiin kurkihirteen nivelperiaatteella kulmaraudoin ja lapepalkkien yläpaarre jäi ylhäältä 30 mm auki. Seinärunkoon kattoristikot kiinnitettiin liukukiinnikkeillä.



KUVA 11. Hirsikehikon painumisesta aiheutuva kattorakenteiden liike (3)

Välipohja

Välipohjan kantavan rakenteen muodostavat tässä kohteessa hirsirunkoon salvottu pääkannatinpalkki ja pääkannatinpalkkiin salvotut orret (kuva 12). Rakenteen kantavuus näytettiin toteen Eurokoodi 5:n mukaisin laskelmin.

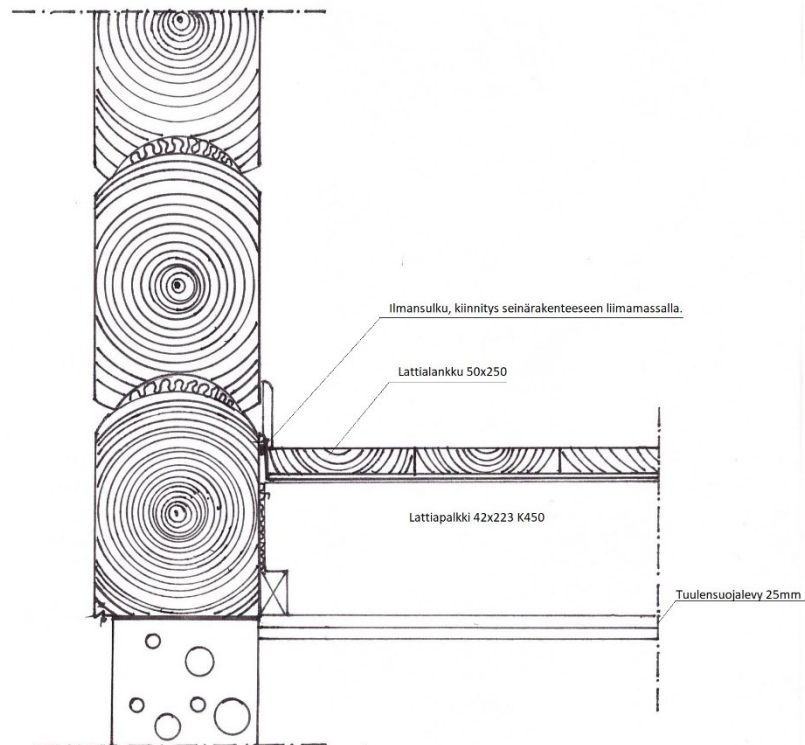


KUVA 12. Välipohjarakenne. Orret tukeutuvat pääkannatinpalkkiin

Välipohjarakenteessa ei ole juurikaan painumisesta johtuvia erityistarpeita. Kantava rakenne liittyy kauttaaltaan samaan hirsikertaan.

Alapohja

Alapohjarakenteeksi referenssikohteessa valikoitui tuuletettu puualapohja eli rossipohja. Suunnittelun apuvälineenä käytettiin Puuinfon 8.8.2011 julkaisemaa teknistä tiedotetta, Tuuletettu puualapohja. Referenssikohteessa puualapohja liitettiin alimpaan hirsikertaan ohjauspuulla ja kulmaraudoilla (kuva 13). Alapohjarakenteessa pääkannatinpalkki ja lattianiskat ovat lujuusluokiteltua (C24) puutavaraa.



KUVA 13. Alapohjan liittyminen hirsikehikkoon

5.1.3 Tiiveys ja lämmöneristys

Hirsitalossa tiiveys on yksi olennaisen tärkeä ominaisuus rakenteen toimivuuden kannalta. Hyvällä rakennuksen vaipan tiiveydellä estetään hallitsematon vuotoilma ja taataan hallittu ilmanvaihdon toiminta. Ilmanpitävä rakenne estää haitallisen vesihöyryn kulkeutumisen rakenteisiin. Erityistä huomioita tulee kiinnittää

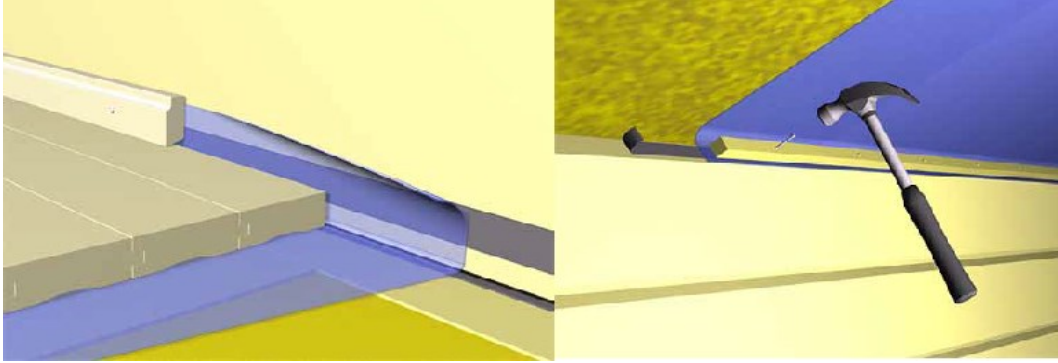
rakennuksen vaipan eri rakenneosien liitosten ja läpivientien tiiveyteen (3, s. 4–5).

Referenssikohteessa hirsirakenteen ilmanpitävyydestä on pyritty huolehtimaan tinkimättömän tarkalla varausten ja salvosten työstöllä. Veistotyön perustuessa alivaraustekniikkaan. Eristeenä hirsien varauksissa ja salvoksissa käytettiin ionisoitua 100-prosenttista lampaanvillaa. Nurkkasalvosten lämpöloviin asennettiin lisäksi turpoava solukumikaista (kuva 14). Lampaanvillan käyttö on harkittu riski. Se on Suomessa harvinainen eristemateriaali, joten siitä on vähän kokemusperäistä ja tutkittua tietoa Suomen oloissa. Ei vielä tarkkaan tiedetä kotimaisten hyönteisten mieltymyksiä lampaanvillaan (6, s. 57). Ionisoinnilla villa on kuitenkin oletettavasti saatu hyönteisiä kiinnostamattomaksi ja hajuttomaksi.



KUVA 14. Varauksissa lampaanvilla, nurkissa lisänä turpoava solukumi

Yläpohjan ja alapohjan ilman pitävyydestä huolehtii ilmansulkupaperi. Ilmansulkupaperi kiinnitettiin tiiviisti hirsikehikkoon liimamassan ja puusoirojen avulla (kuva 15).



KUVA 15. Ilmansulun ohjeelliset liitosratkaisut RT 82–11168:n mukaan (3)

Vinon yläpohjan liitos päätykolmioon toteutettiin referenssikohteessa oman suunnittelun tuloksena kehitettyyn uratiivistykseen (kuva16). Tässä mallissa päätykolmioihin työstetään väljät urat, joihin höyrynsulku painetaan laudalla ja tiivistetään solukumitiivisteellä. Lautojen päädyissä mahdollistetaan painumisen aiheuttama sivuttaisliike n. 30 mm:n raolla. Uraan painettavaa lautaa ei tule kiinnittää uuraan muutoin, kuin painamalla kattorakenteeseen tuleva harvalaudoitus sitä vasten. Kyseisen ratkaisun etuna voidaan pitää täysin tiivistä rakennetta. Tällä ratkaisulla saadaan myös varauksen kohdalla oleva rako puupinnalle, ylimääräisen ilmansulun poisleikkaamisen jälkeen. RT-kortissa 82–11168 oleva ohjeellinen vinon yläpohjan liitosratkaisu olisi tässä tapauksessa aiheuttanut ongelmia massiivisen hirren suurten varausten takia.



KUVA 16. Havainnekuva vinon yläpohjan liitoksesta päätykolmioon (3)

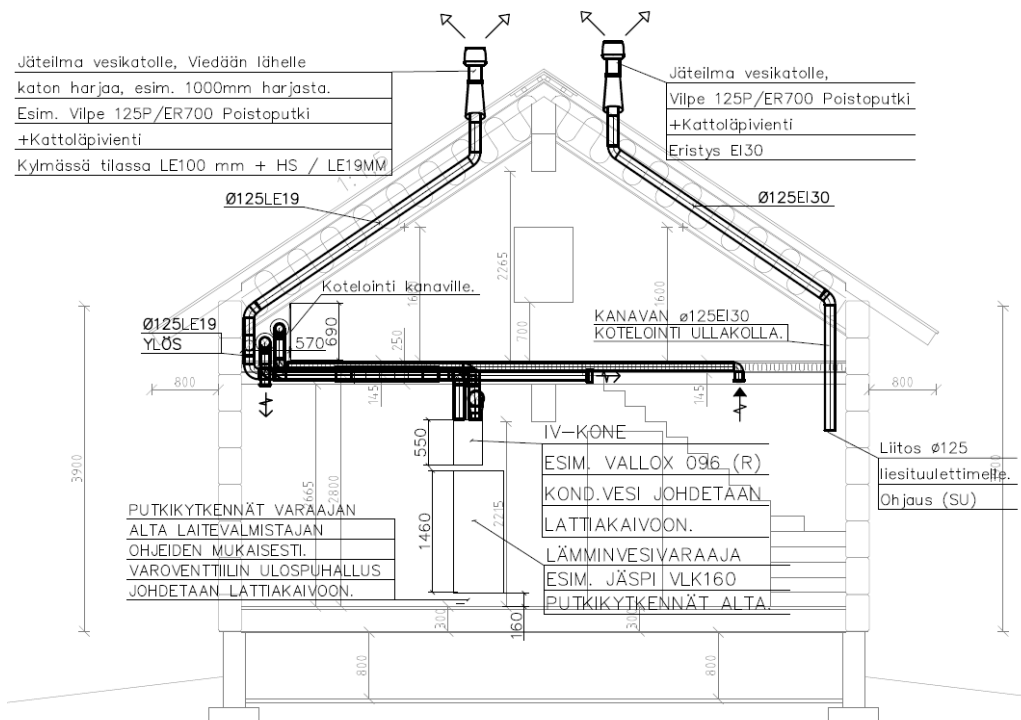
5.1.4 LVI-työt

LVI-vaatimuksiin suhtaudutaan teollisesti tuotetuissa ja perinteisissä hirsitaloissa kuten muissakin rakennustavoissa. Käyttötarkoitus, sijainti ja pinta-ala määrittävät tarvittavat ominaisuudet ja tekniikan (37).

Rakennusteknisesti hirsitalossa on muutamia huomioitavia seikkoja. Kanavien ja putkistojen suunnittelussa ja asennuksessa tulee huomioida rakennuksen painumisesta aiheutuvat liikkeet. Pääsääntöisesti viemäroinnit ja vesijohdot vedetään alapohjarakenteessa ja IV-kanavat välipohja- ja yläpohjarakenteessa (37).

Referenssikohteessa toteutettiin IV-kanavoinnit väli- ja yläpohjarakenteissa (kuva 17). IV-kone asennettiin kattokiinnityslevyllä suoraan välipohjaan. Näin koneelta lähtevät tulo- ja poistoilmakanavat voidaan asentaa samaan välipohjarakenteeseen. IV-koneen tuloilmakanava tulee koneen kiinnityspisteen korkotasosta seinän läpi. Täältä osin painumiseroja ei synny. Jäteilmakanavoinnit asennettiin kiinteästi yläpohjaan. Yläpohjarakenteen liukuminen ulospäin huomioitiin jättämällä kanavien ja seinän väliin 60 mm:n liikuntarako.

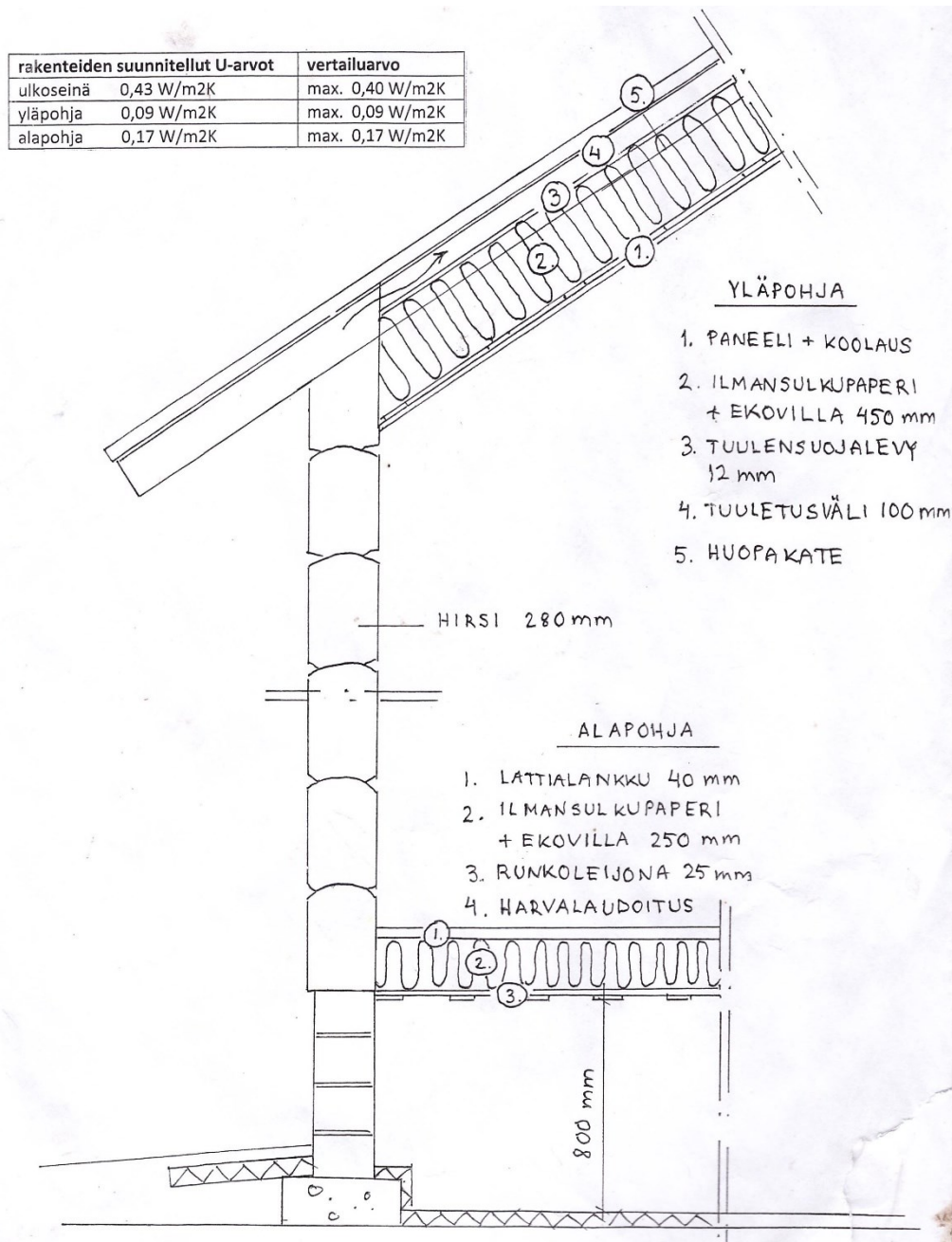
KAUS A-A 1:50



KUVA 17. Leikkauskuvasta ilmenee IV-kanavien sijoittelu

5.1.5 Energiatohokkuus

Referenssikohteessa jouduttiin kompensoimaan seinien hieman vertailuarvoa suurempaa lämpöhäviötä määräyksiä paremmalla IV-koneella ja varaavalla tulisijalla. Yläpohjan ja alapohjan rakenteet toteutettiin vertailuarvon mukaisin rakentein (kuva 18).



KUVA 18. Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt

5.1.6 Työturvallisuus

Työturvallisuudesta huolehtiminen on tärkeää rakentamisen joka vaiheessa ja kuuluu osaltaan jokaiselle työmaalla toimivalle. Työn ennakkosuunnittelulla ja valmistelulla voidaan tapaturmariskejä vähentää. Työmaan siisteys ja järjestys ovat perusta työturvallisuudelle. Hirsirungon pystytyksessä tulee käyttää telineitä, kun kehikko on noussut n. 1,5 metrin korkeuteen. Raskaiden hirsien nostoon tulee käyttää nosturia. Perusvarustuksena turvajalkineet, kypärä, huomiovaatetus ja putoamisvaarallisessa työssä suojavaljaat. Henkilösuojainten tulee täyttää valtioneuvoston päätöksessä henkilösuojaimista (1406/93) annetut vaatimukset ja olla CE-merkittyjä. (3, s. 15.)

Yksi hyvä apuväline työturvallisuuden lisäämiseen on työn turvallisuussuunnitelma. Turvallisuussuunnitelma tehdään yhteistyössä työnjohdon ja työntekijöiden kanssa. Erityistä huolellisuutta tulee noudattaa korkeariskisissä ja kertaluonteisissa työvaiheissa. Turvallisuussuunnitelman tarkoituksena on poistaa turvallisen työnteon esteitä.

Hirsikehikon pystytys sisältää monia riskialttiita työvaiheita. Erityisesti hirsien nostotyö ja paikalleen asennus ovat riskialttiita työvaiheita. Todellisuudessa välillä voi joutua kiipeilemään hirsikehikon päällä ilman telineitä ja asianmukaisia putoamissuojaimia. Työn suunnittelulla nämä vaaralliset työvaiheet voidaan minimoida ja niihin osataan suhtautua riittävällä vakavuudella. Referenssikohteessa tehtiin työn turvallisuussuunnitelma hirsikehikon pystytysvaiheesta (liite 2).

5.2 Toteutus

5.2.1 Rakennusmateriaali

Perinteinen hirsirakentaminen asettaa omat haasteensa materiaalin hankintaan. Ihanteellista olisi, jos rakennepiirustusten valmistumisen jälkeen päästäisiin valitsemaan kohteeseen sopivat puut suoraan metsästä. Näin voitaisiin valita mahdollisimman tasavahvaa ja kohteeseen sopivaa puuta. Käytännössä nykyaikana on tyydyttävä materiaaliin, jota sattuu olemaan saatavilla (17).

Perinteisessä hirsirakentamisessa merkittävänä haasteena tällä hetkellä on tarpeita vastaavan materiaalin heikko saatavuus. Materiaalin hankinta asettaa myös merkittäviä rajoitteita rakennusaikataululle. Puut tulee kaataa ja kuoria talvella, jolloin puut ovat lepotilassa. Talvella kaadetut puut eivät myöskään sinisty helposti. Puiden tulee myös kuivua vähintään kesän yli, mielellään jopa 1–2 vuotta. Näin saadaan minimoitua veistämisen jälkeinen kutistuminen ja vääntyily. Ulkoilmassa hitaasti kuivatettu hirsi myös halkeilee vähemmän. (6, s. 13,19.)

Rakennuspuun tulee olla mahdollisimman tasakokoista, vähäoksaista ja suorasyistä puuta. Hidaskasvuinen havupuu on lujempaa, kuin nopeasti kasvanut talousmetsän puu. Jos kevätkasvun vuosirenkaat ovat yli 5 mm leveitä on kyseessä nopeasti kasvanut, todennäköisesti voimakkaasti latvaa kohti oheneva puu, jonka käyttöä tulee välttää hirsirakentamisessa. (6, s. 13–15.)

Referenssikohteen rakennusmateriaalina käytettiin massiivista rakennevahvuudeltaan 280 mm:ä paksua, keskikorkeudeltaan 460 mm:ä ja pituudeltaan vaihtelevaa pelkkahirttä. Puutavara on vuosien saatossa ympäri Kainuuta kaadettua ja pelkaksi vannesahalla sahattua hirttä. Hirret on sahaamisen jälkeen kuivattu rakennuskuivaksi ulkootapelissa, sateelta ja auringon paisteelta suojattuna. Puun ikä keskimäärin 150–200 vuotta. Kyseinen hitaasti kasvanut Pohjois-Suomen mänty on tiukkasyistä ja tasavahvaa. Kestävän sydänpuun osuus on suuri.

5.2.2 Veistotyö

Perinteinen hirrenveisto on nopeutunut aikojen saatossa huomattavasti. Uusien tekniikoiden ja työkalujen avulla veistotyöstä on saatu kohtuullisen kustannustehokasta toimintaa. Hirrenvalintaan käytettävällä Chambersin menetelmällä saadaan valittua sopivin hirsi. Alivaraustekniikalla kehikosta saadaan pidemmällä aikavälillä aiempaa tiiviimpi. Tarkkuuskynävara mahdollistaa kertapudotusmenetelmän käytön ja nykyaikaisilla työkaluilla veistotyö käy tarkasti ja nopeasti. (6, s. 6.)

Referenssikohteen hirsikehikon veistotyön teki Eero Ämmänpää, utajärveläinen hirsirakentamisen ammattilainen. Veistotyö tehtiin valmiiksi veistokentällä Utajärvellä, mistä kehikko sitten kuljetettiin lopulliseen rakennuspaikkaan Hailuotoon.

Ensimmäisiä työvaiheita veistotyössä on hirsilistan tekeminen. Listaan kirjataan hirsien tyvi- ja latvaläpimitat ja lasketaan keskiarvot. Listauksen mukaan Chambersin kaavoja hyödyntäen valitaan kulloinkin sopivin hirsi (6, s. 31–32).

Ennen varsinaisen veistotyön aloittamista rakennusalueelle asemoidaan nurkkapukit rakennuksen pohjakuvan mukaisesti (kuva 19). Tasakorkoon sahattujen nurkkapukkien päältä kehikon kasaus aloitetaan puolikkailla hirsillä. Puolikkaan hirren koolla voidaan täsmätä ovi- ja ikkunaukkojen korkotasoja (6, s. 33).



KUVA 19. Nurkkapukit rakennusalueella

Varsinaisessa veistotyössä lamasalvostekniikalla toteutettavassa rakennuksessa sovitetaan erikokoiset ja -muotoiset hirret yhteen. Risteävien seinien liitoskohtiin veistetään halutut salvokset ja päällekkäisten hirsien alaosiin sahataan varaukset. Rakennus kohoaa hirsi kerrallaan samoja työvaiheita toistaen. (6, s. 44.)

Tärkeänä apuvälineenä veistotyössä on tarkkuuskynävara. Tarkkuuskynävara muodostuu kahdesta piirtävästä ja säädettävästä kärjestä, jotka pysyvät suorassa libellien avulla. Tällä työkalulla kopioidaan alemman hirret muodot asemoituun hirteen ja salvosten kohdalta saadaan keskeiset pisteet piirrettyä kulloinkin työstettävään hirteen (kuva 20). Tarkkuuskynävara mahdollistaa kertapudotusmenetelmän käytön veistotyössä. Kertapudotusmenetelmässä piirretään kaikki

tarvittavat sahausviivat kerralla. Tämän jälkeen hirsi pudotetaan pukeille ja työstetään kerralla valmiiksi. Näin saadaan turhat nostot pois ja työ nopeutuu. (6, s. 6.)



KUVA 20. Tarkkuuskynävara eli vatupassiharppi tositoimissa

Nurkkasalvos- ja varaustyylejä on useita erilaisia. Referenssikohteessa käytettiin umpivarausta (kuva 21) ja lohenpyrstönurkkaa. Umpivarauksessa ylemmän hirsren varaus kantaa reunoiltaan ja eriste on varauksen sisällä, jolloin se ei näy valmiissa seinässä. Umpivarausta ei voi tilkitä jälkikäteen, joten varauksen tiiveys ja toimivuus riippuu veistotyön ja puun laadusta. Onnistuneessa umpivarauksessa suurin osa painosta on reunoilla, joita keskikohdan eristetty osuus hieman kannattelee, muttei ota kuitenkaan kiinni pohjasta. (6, s. 52.)



KUVA 21. Umpivarauksen työstöä jyrsinkursolla

Referenssikohteeseen valittu lohenpyrstönurkka (kuva 22) on suosittu salvostyyppi nopean veiston ja näyttävän ulkonäön ansiosta. Yleensä nurkkaliitokset kannattaa kuitenkin suojata säältä laudoituksin. Lohenpyrstönurkan heikkoutena on risteävien hirsien välinen pystysauma, joka saattaa väljentyä ajan kanssa. Tätä pyrittiin ehkäisemään alivaraustekniikalla, jolloin varaukseen jää hieman enemmän puuta. Painuessaan ja kuivuessaan rakenne painuu tiiviimmin kiinni (6, s. 70). Lisäksi nurkkiin sahattiin lämpölovet, joihin asennettiin turpoava tiiviste ja villakaista (kuva 14).



KUVA 22. Lohenpyrstönurkka

Joskus hirsikehikko on järkevää veistää kahdessa osassa, jotta saadaan vältettyä korkealla työskentelyä ja vaativia nostoja. Referenssikohteessa päätykolmiot rakennettiin alas pudotetun ylimmän hirsikerran päälle maatasossa. Näin saatiin työturvallisuutta paremmaksi ja siinä sivussa työtahtikin nopeutuu.

5.2.3 Viimeistely

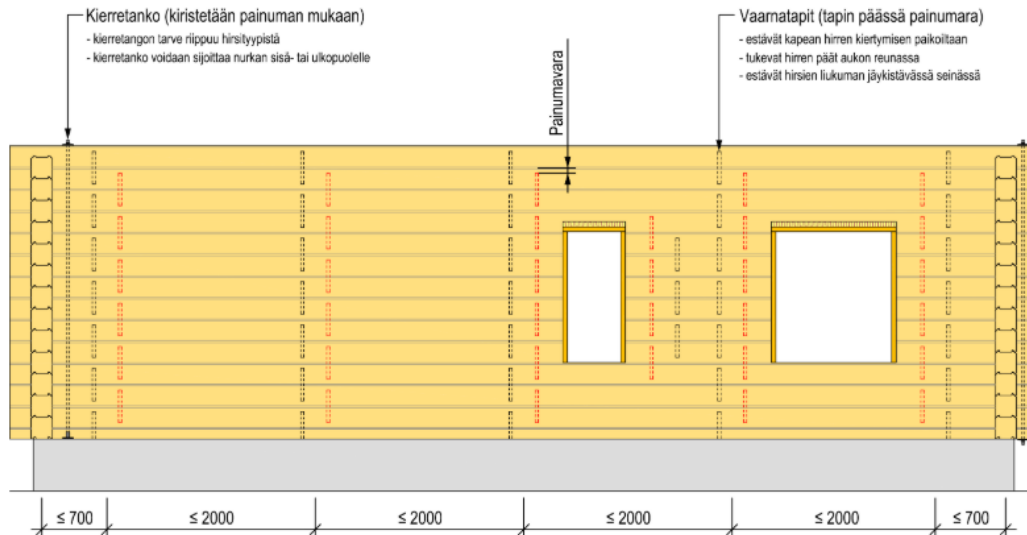
Referenssikohteessa kehikon purku ja viimeistely tehtiin samanaikaisesti. Viimeistelyvaiheessa seinäpinnat piilutettiin kirveellä ja tehtiin aukkojen tarkat sahauskset. Porattiin tapitusreiät ja sähköjohtovaraukset.

Piiluamisella tarkoitetaan pelkkahirsien sivujen veistämistä erityisellä piilukirveellä. Näin seinäpinnalle saadaan perinteinen olemus. Piiluamisella on myös rakenteen toimintaan vaikuttava merkitys. Sileäksi veistetyssä seinässä on vähemmän kosteutta imevää pinta-alaa, joten hirret eivät sinisty niin helposti kuin karkealle sahapintaiselle puulle kävisi (kuva 23) (6, s. 22).



KUVA 23. Väliseinän piilutusta

Tapitusten (vaarnaus) tehtävä on estää hirsien sivuttaista siirtymää. Tässä tapauksessa tapituksella sidottiin aina kaksi hirsikertaa yhteen (44). Tapituksessa tulee huomioida hirsien painuminen käyttämällä reikää lyhempiä tappeja.



KUVA 24. Hirsiseinän tapituksen periaatekuva (44)

Hirsikehikkoa purkaessa hirret merkitään siten, ettei sekaannuksen vaaraa ole, eivätkä merkit jää näkyviin valmiissa rakennuksessa. Purkamisessa kannattaa myös huomioida ylimääräisten siirtojen välttäminen. Hirret siirretään suoraan valmistuneesta kehikosta auton lavalle. Näin saadaan alimmat hirret automaattisesti kuorman päällimmäisiksi. (6, s. 92–93.)

5.2.4 Pystytys

Pystytystyö on periaatteessa hirsikehikon viimeisin, joskaan ei vähäisin työvaihe. Onnistuneen pystytyksen jälkeen on ihailtavana tiivis, suorassa seisova ja luja hirsitalo (kuva 25).



KUVA 25. Referenssikohde Kaitala juuri pystytettynä ja katettuna

Pystytysvaiheessa perustusten ympäristöön tulee jättää riittävä liikkumisvara (n.4 metriä). Luonnollisesti ensimmäisenä asennettavat tarvikkeet lähimmäs perustusta. Mahdollisuuksien mukaan tulee välttää hirsien tarpeetonta varastointia. Joskus kuitenkin joudutaan tekemään väliaikaisvarastoja ja silloin tulee huolehtia materiaalin suojaamisesta auringolta, kosteudelta ja lialta. (3, s. 14.)

Hirsirakennuksen pystyttämistä tulee välttää sateisella säällä. Pystytyksen yhteydessä tehtävän varausten eristystyön aikainen sade mahdollistaa eristemateriaalin kastumisen. Eristeiden kastuminen taasen antaa mahdollisuuden mikrobien kasvulle. Hirsirungon valmistuttua tai keskeytyessä pidemmäksi aikaa tulee kehikko suojata. Erityisesti tappirei'istä varauksiin mahdollisesti valuva vesi on haitallista ja se tulisi estää tehokkaasti. (3, s. 15.)

Referenssikohteessa pystytys tehtiin sateettomana päivänä, eikä erityisiä suojaamistarpeita ilmennyt työn aikana. Sateen sattuessa eristystyö olisi tehty telttakatoksessa ja tarpeen tullen pystytystyö olisi keskeytetty kokonaan.

Kehikon kasausvaiheessa tulee ehdottomasti huomioida kapillaarisen kosteuden nousun ehkäisy perustuksista hirsirakenteeseen (3, s. 6). Tässä kohteessa kosteuseristys toteutettiin asentamalla bitumikaista kauttaaltaan perustusten ja hirsikehikon väliin (kuva 26).



KUVA 26. Ensimmäisen hirsikerran asennus bitumikaistan päälle

Ensimmäisen hirsikerran asentamisen ja tarkastusmittausten jälkeen pystytystyö jatkuu asennusjärjestyssä ja hirsien merkintöjä noudattaen. Maatasossa hirret eristetään valmiiksi. Asennettaessa hirret tapitetaan ja vedetään suunnitelmien mukaiset LVIS-varausten suojaputket porattuihin reikiin. Hirsikehikko saadaan tavanomaisesti pystytettyä 1–2 työpäivän aikana.

5.3 Johtopäätökset

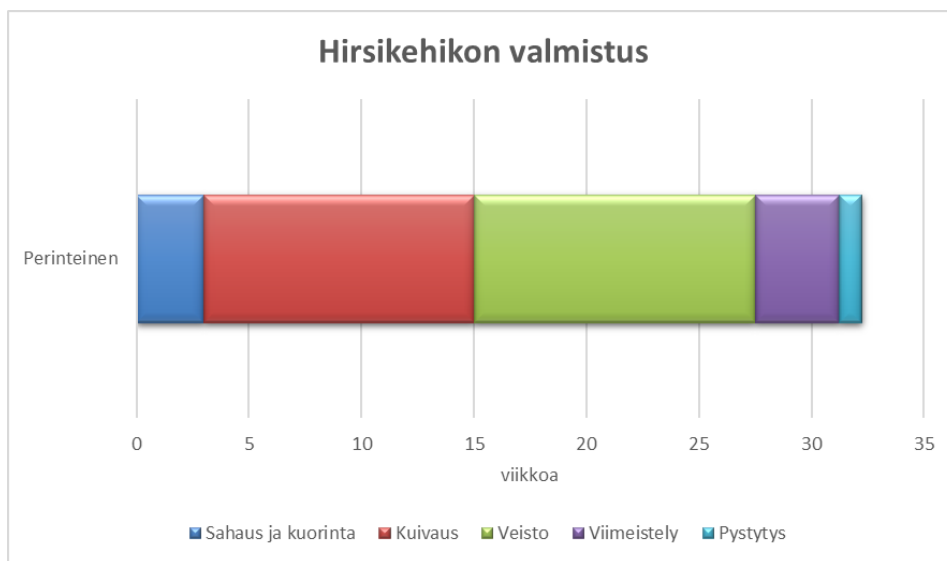
5.3.1 Ajankäyttö

Ajankäytöllisesti perinteinen hirsirakentaminen asettaa suuria rajoitteita. Kiireellisen rakennuttajan on viisaampaa kääntyä talotoimittajan puoleen tai valita eri rakennusmateriaali. Pelkästään puutavaran kuivuminen asettaa omat ajalliset haasteensa. Pelkkahirren tulisi kuivua vähintään kesän (3kk.) yli ennen työstöä. 3 kuukauden kuivamisen aikana suurin osa kosteudesta on jo poistunut. Parempaan lopputulokseen päästään vielä pidemmällä kuivamisajalla. Esimerkiksi

vasta n. 1 vuoden kuivuttuaan hirren soluseinämiin sitoutunut vesi alkaa poistua, mikä johtaa puun kutistumiseen ja lopulliseen kuivumiseen. Tavoitteena on n. 20 % tasapainoinen kosteuspitoisuus. (6, s. 19.)

Suuri käsityön osuus luonnollisesti vaikuttaa aikatauluun. On rajallista, mitä kokenutkin ammattimies ehtii saada päivässä aikaiseksi. Hirsien koolla on myös oleellinen vaikutus keihikon nousunopeuteen, mitä pienempi hirsi sitä enemmän on nurkkia salvottavana, varauksia sahattavana ja hirsiiä asemoitavana. Vastakohtaisesti referenssikohteen suuret hirret asettivat haasteita logistiikan näkökulmasta.

Kuvassa 27 oleva hirsikehikon valmistusaikataulu kuvaa referenssikohteen toteutunutta aikaa muutoin paitsi kuivumiselle aikataulussa esitetään minimi kuivumisaika.

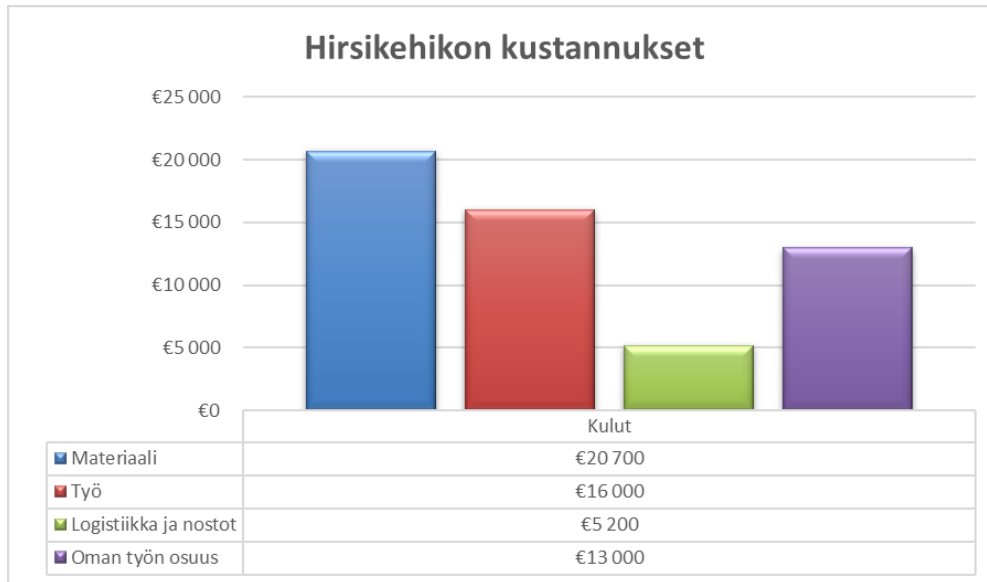


KUVA 27. Yhdeltä veistäjältä ja apumieheltä 80 m²:n puolitoistakerroksisen talon hirsikehikon valmistukseen kulunut aika

5.3.2 Kustannukset

Perinteisesti veistetyn hirsikehikon kustannukset muodostuvat pääasiassa puutavarasta ja työntekijän palkkakuluista. Referenssikohteen toteutuneita kuluja tarkastellessa voidaan havaita työn suuri osuus kulujen muodostumisessa (Kuva 6). Hirsikehikot ovat kuitenkin uniikkeja ja tapauskohtaisia, joten kuluja on vaikea

verrata muihin rakennustapoihin ja materiaaleihin. Kulujen muodostumiseen vaikuttavat hirsien koko ja saatavuus, nurkkasalvos- ja varaustyyli, viimeistelytaso ja rakenneratkaisut.



KUVA 28. Hirsikehikon toteutuneet kustannukset

5.3.3 Rakennusvaatimukseen vastaaminen

Perinteisellä tavoin toteutetun hirsitalon suunnittelussa ja rakentamisessa tulee kiinnittää erityisesti huomiota uudisrakennuksen energiatehokkuusvaatimukseen ja kantavien rakenteiden lujuuden osoittamiseen. Tarvittaessa kompensoidaan rakennuksen seinien suurehkoa lämpöhäviötä muissa rakenteissa tai teknisissä ratkaisuissa.

Hirsirakentamiseen liittyvien ohjeistusten mukaan tehden voidaan kohtuudella rakentaa vaatimukset täyttävä asuintalo. Referenssikohde Kaitala saatiin esitetyllä tavalla energiatehokkuusluokkaan C (liite 3) ja muutoinkin kyettiin täyttämään rakennusmääräykset.

Kantavissa liittorakenteissa lujuusluokitellun puutavaran käytöllä voidaan helpottaa prosessia. Huomion arvoisena seikkana voidaan todeta, että perinteisessä rakentamisessa ei seinien osalta pystyttäne kilpailemaan tiiveydellä teollisen hirsituotannon kanssa.

5.3.4 Ongelmakohtat

Ongelmakohtina perinteisessä rakentamisessa voidaan pitää tiukkoja energiatehokkuusvaatimuksia ja tarpeettoman tiukkaa suhtautumista oman sahatavaran käyttöön kantavissa rakenteissa. Tämän asian kanssa on kuitenkin elettävä ja ongelmat ovat ratkaistavissa. Helpoimmalla pääsee, kun käyttää suosiolla lujuusluokiteltua sahatavaraa ja panostaa suunnittelun laatuun.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä esitettyjä asioita tarkastelemalla voidaan todeta hirsirakentamisen olevan perinteinen rakennustapa. Hirsirakentaminen on säilyttänyt arvonsa vuosikymmenestä toiseen ajoittaisesta hiipumisesta huolimatta. Nykyaikaa voidaan ajatella hirsirakentamisen uutena kulta-aikana ihmisten asumisterveystietoisuuden nousun ansiosta ja teollisen hirsirakentamisen vastaamisesta tähän huutoon tutkituin tiedoin. Teollinen hirsirakentaminen on aikojen saatossa kehittynyt vastaamaan rakennuttajien tarpeisiin monipuolisesti. Perinteisen hirsirakentamisen sinnitellessä vanavedessä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin hirren ominaisuuksia rakennusmateriaalina ja teollisen sekä perinteisen hirsirakentamisen eroja. Lopputulemana voidaan todeta että käsin veistetyt sekä teollisesti tuotetut hirsitalot ovat ominaisuuksiltaan lähes verrannollisia. Kummassakin ratkaisussa on samat massiivipuun hyvät ja huonot ominaisuudet sekä energiatehokkuusvaatimusten aiheuttamat haasteet. Teollisen tuotannon etuna voidaan pitää talotoimittajien tutkittua tietoa käytetyistä rakenneratkaisuista ja uusien innovaatioiden tuomaa arkkitehtuurista vapautta.

Referenssikohteen avulla kuvattiin perinteisen hirsirakentamisen pääpiirteet ja soveltaminen nykyaikaan. Esiin tulleet seikat huomioiden voidaan todeta, että tietyn edellytyksin on mahdollista rakentaa perinteinen hirsitalo ympärivuotiseen asuinkäyttöön. Suurimmat haasteet muodostavat energiatehokkuusvaatimusten ehdot yhdessä massiivisen puutavaran heikon saatavuuden kanssa. Tarpeeksi massiivisella rakennuspuulla (paksuus > 200 mm:ä) ja kompensoimalla seinärakenteen suurta lämpöhäviötä kyetään kohtuudella toteuttamaan voimassa olevat vaatimukset täyttävä talo.

Opinnäytetyön tiedonhankinnan yhteydessä esiin tulleet tiedot riittävän massiivisen puutavaran huonosta saatavuudesta herättävät huolta Suomen metsien todellisesta tilasta. Tässä olisi ehdottomasti aihetta tutkimuksille ja tilanteen korjaamiselle tulevaisuutta ajatellen. Vanhat puut tahtovat olla suojelualueilla, jolloin niitä ei voi eikä tulekaan voida hyödyntää rakennusmateriaalina. Onko tilanne to-

della sellainen, että perinteinen hirsirakentaminen hiipuu pois puutavaran puutteessa? Kuitenkin veistäjien ammattitaidon ja työmenetelmien kehittyessä perinerakentamiselle olisi jatkossakin edellytyksiä.

LÄHTEET

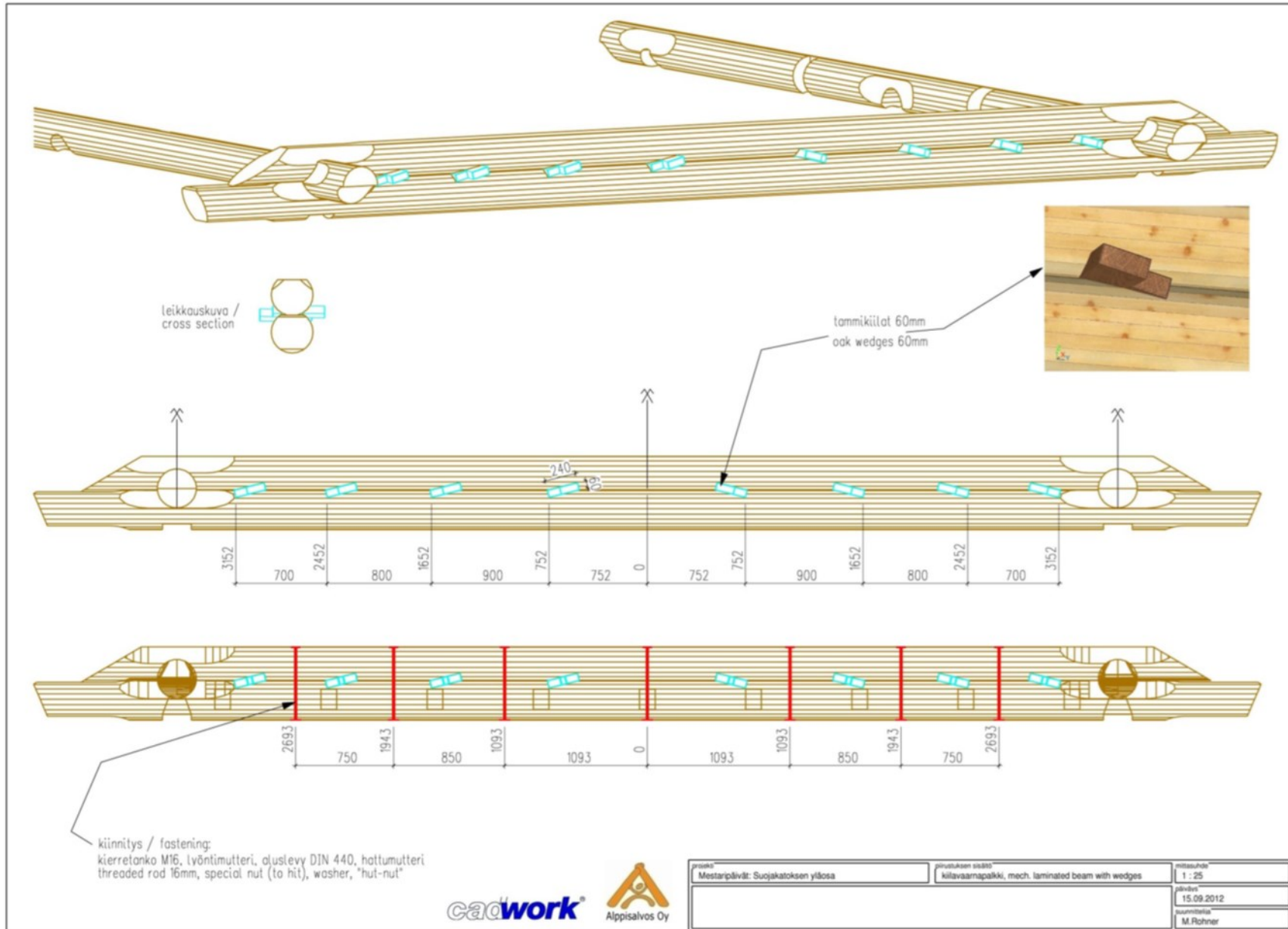
1. Vuolle-Apiala, Risto 1996. Hirsitalo. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK.
2. Hirsirakentamisen määritelmiä. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puu-info.fi/puutieto/puurakenteet/hirsirakentamisen-m%C3%A4%C3%A4ritelmi%C3%A4>. Hakupäivä 25.3.2020.
3. RT 82-11168. 2014. Hirsitalon suunnitteluperusteet. RT-ohjekortti. Rakennustieto.
4. A 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamis-maarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä: 1.4.2020.
5. Saarelainen, Eero 1993. Hirren maailma. Jyväskylä: Rakentajan Tietokirjat RATK Oy.
6. Hiltunen, Jarmo 2017. Uudistunut perinteinen hirrenveisto. Helsinki: Rakennustieto Oy.
7. Hirsi pysynyt Mökkiläisten suosikkimateriaalina. 2019. Suomi rakentaa. Saatavissa: <https://www.suomirakentaa.fi/lomarakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/hirsirakentaminen>. Hakupäivä: 20.4.2020
8. Suurimmat hirsitalotoimittajat. 2020. Suomi rakentaa. Saatavissa: <https://www.suomirakentaa.fi/talopaketit/hirsitalopaketit/suurimmat-hirsitalotoimittajat>. Hakupäivä: 20.4.2020
9. Anttila, Mira – Pekkonen, Maria – Haverinen-Shaughnessy, Ulla 2012. Asumisterveys ja -tyytyväisyys hirsitalossa. Altti-tutkimukseen perustuva selvitys. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino.
10. RT 103043. 2019. Modernit Honka-hirsitalot. RT tuotetieto. Honkarakenne Oyj.

11. Ympäristö- ja resurssitehokkuus. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/ymp%C3%A4rist%C3%B6tehokkuus>. Hakupäivä: 20.4.2020
12. Vainio-Kaila, Tiina 2017. Antibacterial properties of Scots pine and Norway spruce. Väitöskirja. Helsinki: Aalto yliopisto, kemian tekniikan korkeakoulu. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/28650>. Hakupäivä: 21.4.2020.
13. Lujaa puuta pohjoiselta havumetsävyöhykkeeltä. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/lujaa-puuta-pohjoiselta-havumets%C3%A4vy%C3%B6hykkeelt%C3%A4>. Hakupäivä 2.5.2020
14. Eskonen, Hanna 2019. Metsähakkuita miljardilaskun uhalla: käsikirjoitus. Yle. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2019/10/28/metsahakkuita-miljardilaskun-uhalla-kasikirjoitus>. Hakupäivä 1.5.2020
15. Uusimmat metsävaratiedot saatavilla Luken tilastopalvelussa. Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutinen/uusimmat-metsavaratiedot-saatavilla-luken-tilastopalvelussa/>. Hakupäivä 2.5.2020
16. Metsävarat. Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/metsavarat/>. Hakupäivä: 2.5.2020
17. Ämmänpää, Eero 2020. Hirrenveistäjä. Haastattelu 29.4.2020
18. Mainio, Tapio 2018. Ajolahti Kainuusta – biotalouskuume ja hakkuut vievät perheen toimeentulon. Aikakausilehti Apu. Saatavissa: <https://www.apu.fi/artikkelit/ajolahti-kainuusta-biotalouskuume-ja-hakkuut-vievat-perheen-toimeentulon> Hakupäivä: 29.4.2020
19. Hirsityypit ja perusprofiilit. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsityypit-ja-perusprofiilit>. Hakupäivä 2.5.2020
20. Kostianen, Teijo 2011. Hirsirakentamisen teollistuminen. Taloushistorian Pro Gradu-tutkielma. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, historian ja etnologian laitos.

21. Suunnittelusta se lähtee. Hirsitaloteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.hirsikoti.fi/fi/suunnittelijalle>. Hakupäivä 18.4.2020
22. Hirsitalon suunnittelu. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsitalon-suunnittelu>. Hakupäivä: 20.4.2020
23. Tyylikäs ja turvallinen: Aidosti painumaton hirsi. Honka Oy. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/hirsitalon-rakentaminen/hirsivaihtoehdot/painumaton-hirsi/>. Hakupäivä 18.4.2020
24. Hirsitalon Suunnitteluperusteet. 2012. Hirsitaloteollisuus HTT RY. Saatavissa: <http://www.hirsikoti.fi/fi/suunnittelijalle>. Hakupäivä: 20.4.2020
25. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia> Hakupäivä 14.5.2020
26. Tiainen, Anni-Riikka – Pihlajaniemi, Janne – Lakkala, Matti 2017. Arkkitehdin hirsioapas. Oulu. Oulun Yliopisto.
27. Puupintojen vaikutukset lämmöntasaajana. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puupintojen-vaikutukset-lammontasaajana>. Hakupäivä: 12.5.2020.
28. Puu sisäilman kosteuden tasaajana. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana>. Hakupäivä: 12.5.2020
29. Hengittävä rakenne. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/hengitt%C3%A4v%C3%A4-rakenne>. Hakupäivä: 12.5.2020
30. Rakentamisen ohjaus – tavoitteena laadukas rakennettu ympäristö. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus. Hakupäivä 19.4.2020

31. Rakenteiden lujuus ja vakaus. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ ja_ vakaus. Hakupäivä: 21.4.2020.
32. Tekninen tiedote, P2-luokan hirsirakennus. 2016. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/articles/p2-paloluokan-hirsirakennus>. Hakupäivä: 18.5.2020.
33. RT 103043. 2019. Modernit Honka-hirsitalot. RT tuotetieto. Honkarakenne Oyj.
34. Palontutkimusraportti. 2020. Jokilaaksojen Pelastuslaitos.
35. Terveellisyys. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys Hakupäivä 23.4.2020.
36. A 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys. Hakupäivä: 5.5.2020
37. Mainio, Iiro 2020. LVI-insinööri. Puhelinhaastattelu 7.5.2020.
38. Kalliomäki, Pekka 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Rakennusteollisuus. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/toimialat/tuoteteollisuus/rm-jaosto/pekka-kalliomaki-19042018.pdf>. Hakupäivä 22.4.2020.
39. Saatsi, Pekka 2017. Massiivirakenne on terveellinen, kestävä ja ekologinen. Saatavissa: <https://www.saatsi.fi/blogi/massiivirakenne-terveellinen-kestava-ekologinen/>. Hakupäivä 23.4.2020.
40. U-arvo laskuri. Puuinfo Oy. saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat/puurakenteen-u-arvon-m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen>. Hakupäivä: 2.5.2020.

41. Kontion hirsiratkaisut – viimeisintä hirsiteknologiaa. Kontiotuote Oy. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/hirsiratkaisut/>. Hakupäivä 2.5.2020.
42. Rakennusluvut. Hailuodon kunta. Saatavissa: <https://www.hailuoto.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakennuspaikat-ja-rakentaminen/rakentamisen-luvat/rakennuslupa/> hakupäivä: 11.5.2020
43. Hirsirakenteiden kuormitustesti. 2012. Alppisalvos Oy. Saatavissa: <http://www.alppisalvos.fi/2012/arkisto/55-hirsirakenteiden-kuormitustesti>. Hakupäivä: 11.5.2020
44. Hirsirakentamisen rakenteellisia yksityiskohtia. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/node/3333> Hakupäivä: 14.5.2020.



Työn turvallisuussuunnitelma (TTS)

Työn turvallisuussuunnitelmalla (TTS) poistetaan turvallisen työnteon esteitä. Työnjohtajan vastuulla on, että **suunnitelma tehdään yhdessä työntekijöiden kanssa jokaisesta alkavasta työmaan viikkosuunnitelmaan merkitystä tehtävästä sekä jokaisesta korkean riskin työvaiheesta erikseen ennen sen aloittamista**. Aliurakoitsijan tekemän suunnitelman tarkastaa ja hyväksyy pää-toteuttajan työnjohtaja, jolle jää kopio suunnitelmasta. Tehtäväsuunnitelma tai muu vaarat käsittelevä suunnitelma voi korvata TTS:n.

Projekti/ urakka	Työnumero	Päivämäärä
OKT Asikainen	1	20.8.2019
Työ, jota TTS koskee	Työn kesto	
Hirsikehikon pystytys	3 tv	
Työn vaaroille altistuvat:	työn kesto	
<input checked="" type="checkbox"/> Työryhmän työntekijät	<input checked="" type="checkbox"/> Työnjohto	
<input type="checkbox"/> Muut työntekijät, kolmas osapuoli	<input checked="" type="checkbox"/> Harjoittelijat, kesätyöntekijät tms.	
	3 tv	
Mitä työssä tehdään? Kirjaa työn vaiheet järjestyksessä. Esim. aloita materiaalin tuomisesta ja päättää alueen siivoukseen.	Vaiheen vaarat Kirjoita vain numero alla olevasta taulukosta	Miten vaarat hallitaan? Mieti tärkeysjärjestyksessä : poistetaan, korvataan vaarattomammalla, rajataan altistumista, yleinen/tekninen suojaus, henkilönsuojaus
Hirsikuorman purku	6. 11. 14. 15. 21.	Työntekijöiden ohjeistus, nosturin vaara-alueella työskentely kielletty. Työergonomia. Rajataan altistumista
Hirsien eristys	7. 21.	Asianmukaiset henkilönsuojaimet, Nosturin vaara-alueella työskentely kielletty. Rajataan altistumista
Hirsien asennus	9. 10. 11.12. 13. 14. 15. 21.	Putoamissuojaus, telineet. Rajataan altistumista
Hirsien tapitus	9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 21.	Putoamissuojaus, telineet. Rajataan altistumista
Sääsuojaus	10. 15. 4.	Putoamissuojaus, telineet. Asianmukainen valaistus. Rajataan altistumista
Loppusiivous	4. 12. 13. 23.	Asianmukainen valaistus. Siivoustyö suoritetaan vasta aiempien työvaiheiden loputtua. Rajataan altistumista

Työn vaarat (poimi vaaraa vastaava numero yllä olevaan taulukkoon)		Muut vaaratekijät
1. Melu	10. Putoaminen	19. Toiset urakoitsijat / yhteensovitus
2. Tarinä	11. Esineen putoaminen	20. Viestintä (esim. kielimuuri)
3. Sähköisku	12. Kompastuminen	21. Liikkuvat ajoneuvot, nosturit
4. Puutteellinen valaistus	13. Liukastuminen	22. Hankala sääolosuhde / lämpöolot
5. Lentävät hiukkaset, kipinät	14. Vaara-alueella työskentely	23. Ilman epäpuhtaudet; pöly, kaasu
6. Puristuminen	15. Käsien tehtävät siirrot	24. Home, bakteerit, asbesti, kreosootti
7. Viihto, leikkaantuminen, hiertymä	16. Kemikaalit	25. Työ tiellä tai tien penkalla
8. Takertuminen	17. Polttoaineet, palavat kaasut	26. Työ veden äärellä
9. Isku	18. Vuodot	27. Muu, mikä
Sitoutuminen turvalliseen työhön		
Työn turvallisuussuunnitelman osapuolet ovat vastuussa tämän työtehtävän turvallisesta toteuttamisesta. Työnjohtaja vastaa, että tässä sovitut asiat käydään läpi uusien työntekijöiden kanssa.		
Työnjohtajan allekirjoitus	Nimenselvennys	Puhelin
	Janne Asikainen	
Työntekijöiden edustajan allekirjoitus	Nimenselvennys	Puhelin

ENERGIATODISTUS 2018









Rakennuksen nimi ja osoite: OKT Asikainen
HAILUOTO

Pysyvä rakennustunnus:
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2019
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Yhden asunnon talot

Todistustunnus: 156632

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haattaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:

	Energiatehokkuusluokka
	
	
	
	
	
	
	

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku $\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$
 Uuden rakennuksen E-luvun vaatimustaso

134
 ≤ 116

Todistuksen laatija:
Holappa, Rauno

Yritys:
Insinööritoimisto Rauno Holappa

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

17.9.2019

Viimeinen voimassaolopäivä:

17.9.2029