

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VAPAA-AJAN ASUNNON SEINÄRAKENTEIDEN TOTEUTUKSEN AIKATAULU- JA KUSTANNUSVERTAILU

TEKIJÄ Jenni Nevalainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jenni Nevalainen	
Työn nimi Vapaa-ajan asunnon seinärakenteiden toteutuksen aikataulu- ja kustannusvertailu	
Päiväys 30.3.2023	Sivumäärä/Liitteet 34/6
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Raija Ruusunen	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa tilaajalle käsitys vapaa-ajan asunnon seinärakennerratkaisujen eroista hinnan ja toteutuksen suhteen. Opintyössä vertailtiin CLT-, hirsi- ja rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon seinärakenteen kustannuksia, toteutusaikataulua sekä ominaisuuksia tilaajan toiveiden pohjalta. Pääpaino toteutuksessa oli CLT- ja hirsirakenteissa, mutta rankarakenteinen otettiin mukaan tuomaan vertailupohjaa.</p> <p>Työssä perehdyttiin yleisesti CLT:n ja hirren ominaisuuksiin ja käyttöön. Myös rankarunkoista toteutusta käsiteltiin puurunkoisena vaihtoehtona. Opinnäytetyön vertailua varten tietoa etsittiin internetlähteistä, mutta kysyttiin myös suoraan valmistajilta. Kustannus- ja aikatauluvertailu suoritettiin tarjouksiin pohjautuen. Rankarakenteista seinää varten työn aikataulu laskettiin itse, mutta materiaalikustannukset laskettiin materiaaliluetteen pohjalta pyydetyistä tarjouksista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin vertailukelpoiset tulokset kolmen seinärakennerratkaisun välille. Lisäksi tilaajalle syntyi työn pohjalta käsitys seinärakenteiden lämpöteknisestä toiminnasta ja toteutuksesta aiheutuvista kustannuksista. Opinnäytetyön pohjalta olisi kiinnostavaa laajentaa tutkimusta aukotusten määrän ja koon vaikutukseen elementtien sekä hirsirakenteiden hinnassa.</p> <p>Vaikka hinta ei ollut vertailussa ainoa määräävä tekijä, kalleimmaksi seinärakenteeksi tulosten perusteella osoittautuivat CLT-elementeistä toteutetut seinät. Rankarakenteinen seinärakenne oli selkeästi edullisin toteuttaa. Vertailuun otettiin mukaan vain tilaajan reunaehdot täyttäviä vaihtoehtoja.</p>	
Avainsanat Vapaa-ajan asunnot, puurakentaminen, kustannukset, aikataulut	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Jenni Nevalainen	
Title of Thesis Schedule and cost comparison for the implementation of wall structures in a free-time apartment	
Date 30.3.2023	Pages/Appendices 34/6
Client Organisation /Partners Raija Ruusunen	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this thesis was to provide the client with an understanding of the differences between the wall structure solutions of a free-time apartment in terms of price and implementation. The study compared the costs, implementation schedules, and features of CLT, log, and stud-framed free-time apartment wall structures based on the client's requirements. The main focus was on CLT and log structures, but stud-framed structures were also included to provide a basis for comparison.</p> <p>The study generally looked into the properties and use of CLT and logs, and also covered stud-framed construction as a wooden alternative. Information for the comparison was sought from online sources and directly from manufacturers. The cost and schedule comparison was based on quotes. The schedule for the stud-framed wall was calculated in-house, while the material costs were calculated based on the material list and requested quotes.</p> <p>The results of the thesis provided comparable results for the three wall structure solutions. In addition, the client gained an understanding of the thermal performance of the wall structures and the resulting costs of implementation. Based on the thesis, it would be interesting to expand the research to the impact of the number and size of openings on the cost of CLT elements and log structures.</p> <p>Although price was not the only decisive factor in the comparison, walls made from CLT elements were the most expensive wall structure according to the results. The stud-framed wall structure was clearly the cheapest to implement. The only options that met the client's requirements were taken into consideration for comparison.</p>	
<p><b>Keywords</b> Free-time apartment, timber construction, cost, schedule</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tilaaaja ja lähtötiedot .....	6
1.2	Toteutuksen reunaehdot .....	6
2	RAKENTAMISEEN LIITTYVÄT TAUSTATEKIJÄT .....	8
2.1	Rakentamista koskevia asetuksia .....	8
2.2	U-arvo.....	10
2.3	Määrälaskenta ja menekit.....	13
2.4	Tarjouspyyntö ja toimitusehdot.....	14
3	RAKENTEIDEN VERTAILU.....	16
3.1	CLT.....	16
3.2	Hirsi.....	17
3.3	Rankarakenteinen .....	20
3.4	Rakenneratkaisujen yhteenveto .....	21
4	AIKATAULU- JA KUSTANNUSVERTAILU .....	23
4.1	Toteutuksen kulku .....	23
4.2	CLT-rakenteinen vapaa-ajan asunto .....	23
4.3	Hirsirunkoinen vapaa-ajan asunto .....	25
4.4	Rankarunkoinen vapaa-ajan asunto.....	25
5	TULOKSET .....	29
6	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET .....	33
	LIITE 1: RAKENNUKSEN POHJAKUVA .....	35
	LIITE 2: RAKENNUKSEN JULKISIVUKUVAT .....	36
	LIITE 3: ULKOSEINÄN RAKENNE (RATU 82–11006 ULKOSEINÄRAKENTEITA 2010).....	37
	LIITE 4: ULKOSEINÄN RAKENNE MÄRKÄTILA (RATU 82–11006 ULKOSEINÄRAKENTEITA 2010)..	38
	LIITE 5: VÄLISEINÄN RAKENNE (RATU 82–10903 VÄLISEINÄRAKENTEITA 2010) .....	39
	LIITE 6: VÄLISEINÄN RAKENNE MÄRKÄTILA (RATU 82–10903 VÄLISEINÄRAKENTEITA 2010) ....	40

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Rakennuksen korkeuden määrittäminen (Muokattu lähteestä Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta 848/2017, 4§, 8§).....	8
KUVA 2. Kuvaleike Puuinfon verkkosivuilta Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus. (Puuinfo 2020.).....	9
KUVA 3. Kuvaleike Ympäristöministeriön verkkosivuilta Loma-asumiseen suunnitellun pientalon lämpöhäviön vertailuarvoja. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 24§.) .....	11
KUVA 4. Laskuesimerkin seinärakenne. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.) .....	11
KUVA 5. Rakennepaksuudet ja lämpövastukset. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.) .....	12
KUVA 6. Kokonaislämmönvastuksen yläkiarvon laskenta. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.) .....	12
KUVA 7. Kokonaislämmönvastuksen alakiarvon laskenta. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.) .....	13
KUVA 8. Kokonaislämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.) .....	13
KUVA 9. CLT elementin rakenne (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.).....	16
KUVA 10. Puutavaran osien nimeäminen (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.) .....	16
KUVA 11. Hirsiprofiileja (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.).....	18
KUVA 12. Havainnollistava kuva salvoksesta hirsirakentamisessa. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.) .....	19
KUVA 13. Hirren paksuus verrattuna teholliseen paksuuteen. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.).....	20
KUVA 14. Havainnekuva rankarungosta (Muokattu lähteestä Puuinfo 2020.) .....	21
KUVA 15. Kuvaleike Kotilehto verkkosivuilta Paavo 30b CLT-huvilasta (Kotilehto julkaisuaika tuntematon) ..	24
KUVA 16. AutoCAD piirros rakennuksen päädyistä (Muokattu lähteestä Kotilehto julkaisuaika tuntematon) ..	26
KUVA 17. Määräluettelo .....	27
KUVA 18. Seinärakenteiden menekit .....	27
KUVA 19. Koonti saaduista tuloksista .....	29

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on vapaa-ajan asunnon kustannus- ja aikatauluvertailu. Vapaa-ajan asunnon toteutuksen aikataulua ja kustannuksia vertaillaan CLT-, hirsi- ja rankarakenteisen toteutuksen välillä. Tarkoituksena on kuvata miten eri rakennustapa vaikuttaa rakentamisen kustannuksiin ja rakennusaikaan. Opinnäytetyön vertailua varten tietoja etsittiin internetlähteistä, mutta kysyttiin myös suoraan valmistajilta.

Opinnäytetyössä vertailussa huomioidaan vain seinärakenteet, muiden rakenteiden oletetaan olevan täysin vastaavanlaiset kaikkien toteutustapojen välillä. Työn tavoitteena on vertailla eri toteutusvaihtoehtoja toisiinsa. Opinnäytetyön pääpaino on CLT- ja hirsirakenteisissa toteutuksissa, mutta rankarakenteinen vaihtoehto on otettu mukaan tuomaan lisää vertailunäkökulmaa.

Koska valmiita CLT-rakenteisia malleja on vähiten saatavilla, valitsee tilaaja ensimmäisenä CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon. CLT-rakenteinen vapaa-ajan asunnon pohjalta tilaaja asettaa reunaehdot, joiden avulla hirsirakenteiset vapaa-ajan asunnot valitaan vertailua varten. Rankarakenteinen vapaa-ajan asunto tehdään vastaamaan CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon mallia.

Hirsirakenteisen ja CLT-rakenteisen toteutuksien hinnat on tarkoitus selvittää tarjouspyyntöjen avulla. Rankarakenteisesta toteutuksesta tehdään piirustukset, joita hyödynnetään määräluettelon tekoon. Määräluettelosta esitetään tarjouspyyntö materiaalien kustannuksien selvittämiseksi. Työkustannukset rankarakenteiselle vapaa-ajan asunnolle lasketaan itse.

### 1.1 Tilaaja ja lähtötiedot

Opinnäytetyössä tilaajana toimii Raija Ruusunen. Tilaaja kertoi tarpeestaan verrata eri runkoisten vapaa-ajan asuntojen hintaa, ominaisuuksia sekä toteutusaikataulua. Tämän tarpeen takia tuli tilaajalta ehdotus, että asiaa alettaisi pohtia opinnäytetyössä. Erityistä kiinnostusta oli seinärakenteiden vaikutukseen hinnan ja teknisen toteutuksen osalta. Opinnäytetyötä koskeva vapaa-ajanasunto rakennettaisiin tulevaisuudessa Liperiin Käsämään

Tilaaja valitsi ensimmäisenä CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon mallin. Valinta tehtiin CLT-rakenteisesta vapaa-ajan asunnosta ensin, koska suhteellisen uutena toteutustapana CLT-rakenteisia vapaa-ajan asuntoja on vähiten tarjolla valmiina. Valitun vapaa-ajan asunnon pohjalta asetettiin reunaehdot hirsi- ja rankarakenteiselle vapaa-ajan asunnolle. Toteutuksen tuli olla vähintään kolmenvuodenajan käyttöön soveltuva vapaa-ajan asunto.

Rakenteista pääpaino oli CLT ja hirsirakentamisessa, mutta myös rankarakenteinen vaihtoehto haluttiin tuomaan vertailunäkökulmaa. Hintatiedot ja aikataulu haluttiin tietää seinärakenteiden osalta materiaalien ja työn suhteen. Tarjouksissa tuli huomioida myös kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset.

### 1.2 Toteutuksen reunaehdot

Reunaehdot toteutustavoille määräytyivät CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon pohjalta. Vapaa-ajan asunnon kerrosalan tuli olla kaikilla rakennevaihtoehdoilla 25–30 m<sup>2</sup>. Sauna sekä terassi täytyi kuulua valittuihin malleihin. Kompostoiva WC sai sisältyä vapaa-ajan asuntoon. WC:n sisältyminen ei

ollut pakollista, sillä se voisi todellisuudessa olla erillisenä rakennuksena vapaa-ajan asunnon yhteydessä.

Toimeksiantaja halusi erityisesti seinärakenteiden kustannusten ja lämpöarvojen vertailun. Vertailun ajatuksena oli, että perustukset, katto sekä pohjarakenteet toteutetaan kaikilla rakennevaihtoehdoilla samalla tavalla. Tästä johtuen hintavertailuun ja toteutusaikatauluun huomioitiin vain seinärakenteiden osuudet. Kustannus- sekä toteutusaikataulueroja tulee tällöin ainoastaan seinien materiaaleista, niiden toimituksesta ja pystytyksestä.

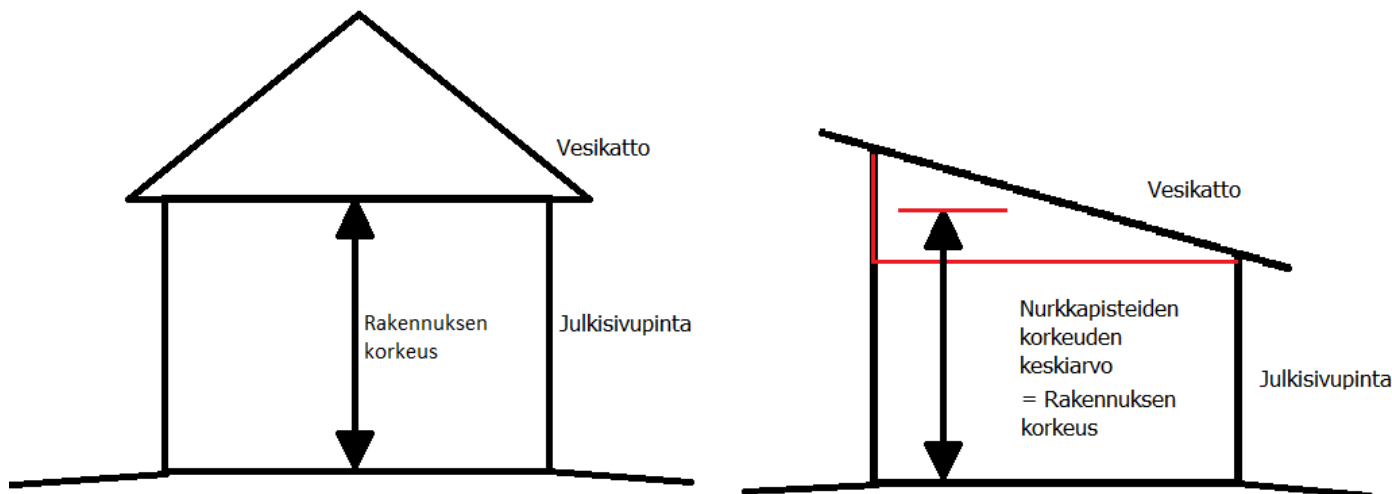
CLT-rakenteinen ja rankarakenteinen vapaa-ajan asunto tehtiin samanlaisella pohjakuvalla. Hirsirakenteisesta pyrittiin löytämään samalla tai mahdollisimman vastaavalla pohjakuvalla oleva vapaa-ajan asunto. Materiaalin lisäksi huomioitiin kuljetuskustannukset ja seinien pystytyksen aiheuttamat työkustannukset.

## 2 RAKENTAMISEEN LIITTYVÄT TAUSTATEKIJÄT

### 2.1 Rakentamista koskevia asetuksia

Rakentamista koskevat määräyksiä käsitellään Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) ja rakentamista koskevia määräyksiä sovelletaan ympäristöministeriön asetuksissa. Olennaisesti määräykset ja säädökset käsittelevät rakennuksen teknisiä vaatimuksia sekä rakentamista koskevia yleisiä edellytyksiä, lupamenettelyitä ja viranomaisvalvontaa. Rakentamista koskevat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. (Ympäristöministeriö, julkaisuaika tuntematon.)

*Paloturvallisuuden* suhteen rakennukset luokitellaan paloluokkiin. Paloluokitus määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen ja koon mukaan. Vapaa-ajanasunnot ja pientalot kuuluvat molemmat P3 luokkaan. Paloluokka määrittää rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa sekä henkilömäärää koskevia rajoituksia. P3-palolukanluokan rakennus saa olla korkeintaan kaksi kerroksinen ja sen kerrosala voi olla enintään 2 400 m<sup>2</sup> yksikerroksisella ja 1 600 m<sup>2</sup> kaksikerroksisella rakennuksella, jos rakennuksessa ei ole automaattista sammutusjärjestelmää. Jos rakennuksessa on automaattinen sammutusjärjestelmä voi yksikerroksinen rakennus olla kerrosalaltaan enintään 4 800 m<sup>2</sup> ja kaksikerroksinen 2 400 m<sup>2</sup>. P3-paloluokkaan kuuluvan asuinrakennuksen korkeus saa olla enintään 9 metriä. Rakennuksen korkeuden määräytymistä on havainnollistettu (kuva 1). Korkeus määritetään maan pinnasta mitattuna julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeuteen. Jos katto on pulpettimallinen tai muuten epätasainen korkeuden suhteen lasketaan korkeus nurkkapisteiden korkeuden keskiarvona. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta 848/2017, 4§, 8§.)



KUVA 1. Rakennuksen korkeuden määrittäminen (Muokattu lähteestä Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta 848/2017, 4§, 8§)

Rakennuksen pinnoille on asetettu luokkavaatimuksia. Asunnot, joihin luetaan myös loma-asumiseen tarkoitetut rakennukset ja jotka kuuluvat paloluokkaan P3, sisäpuolisia pintoja koskee luokkavaatimus D-s2, d2<sup>(1)</sup>. Ulkoseinän ulkopintaa sekä tuuletusvälin ulkopintaa koskee myös luokitus D-s2, d2. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta 848/2017, 23§, 26§)



Pintojen luokkavaatimuksen merkinnän isokirjain kertoo materiaalin paloon osallistumisen ja s kertoo savuntuoton määrän, pieni d kirjain puolestaan osoittaa materiaalista aiheutuvien palavien pisaroiden ja osien tuottoa. (Puuinfo 2020.) Luokkavaatimusten merkintöjä tarkemmin esitettynä (kuva 2).

Taulukko 9. Rakennustarvikkeen luokkamerkinnän muodostuminen yleisesti.					
Osallistuminen paloon		Savun tuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä
Ei osallistu paloon	A1	Erittäin vähäinen Vähäinen Muu kuin s1 tai s2	s1 s2 s3	Ei esiinny Nopeasti sammuvia esiintyy Muu kuin d0 tai d1	d0 d1 d2
Osallistuu erittäin rajoitetusti	A2				
Osallistuu hyvin rajoitetusti	B				
Osallistuu rajoitetusti	C				
Osallistuminen hyväksyttävää	D				
Käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
Käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

KUVA 2. Kuvaleike Puuinfon verkkosivuilta Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus. (Puuinfo 2020.)

*Energiatehokkuutta* koskevassa laissa on säädetty velvollisuudesta hankkia ja käyttää energistodistusta. Laki koskee rakennuksia, joissa energiaa käytetään rakennuksen sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseen. Uudisrakentamista varten tarvitaan energiatodistus, jolla osoitetaan arvioitu energiatehokkuus rakennukselle. Energiatehokkuutta koskevat säädökset eivät kuitenkaan kosketa loma-asumiseen tarkoitettuja rakennuksia, lukuun ottamatta rakennuksia, joita käytetään majoituselinkeinoon harjoittamiseen. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013, 3§, 5§) Koska suunniteltu rakennus tulisi olemana vapaa-ajan asunto ei siitä tarvitse laatia energiatodistusta. Myös rakennuksen koon puolesta luetaan rakennus energiatehokkuus säädöksen ulkopuolelle. Säädös ei koske pinta-alaltaan alle 50 m<sup>2</sup> olevia rakennuksia (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013, 3§, 5§) ja suunniteltu rakennus on pinta-alaltaan 25–30 m<sup>2</sup>.

*Rakennusten ääniympäristöön* liittyvien määräyksien soveltamisesta on kerrottu Ympäristöministeriön asetuksessa. Asuinrakennusten suhteen asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa on asuntoja, majoitus tai potilashuoneita. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017.) Koska haluttu rakennus olisi vapaa-ajan asunto, joka ei koostu useammasta asunnosta tai huoneistosta ei asetus koskettaisi suunnitteilla olevaa rakennusta.

Koska rakennus oli alle 50 m<sup>2</sup> vapaa-ajan asunto, ei sitä koskenut asetukset energiatehokkuuden tai ääniympäristön suhteen. Paloturvallisuuden osalta vähimmäisvaatimus pintarakenteille seinissä oli D-s2, d2 luokitus. Hirsi kuuluu luokkaan D-s2, d0 (Puuinfo 2020) eli sen luokitus oli vaatimusta parempi. Opinnäytetyötä varten CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon tarjous kysyttiin Kotilehdon mallistosta. Koska Kotilehdon CLT-elementit ovat Hoiskon valmistamia saatiin elementtien paloluokitus suoraan valmistajan sivuilta. Hoiskon CLT—levyt kuuluvat paloluokkaan B-s1 (Hoisko julkaisuaika tuntematon), d0 eli levyt olivat reilusti vaatimuksia paremmat paloluokitukseltaan. Puutuotteet kuuluvat luokkaan D-s2, d0 (Puuinfo 2020), joten rankarakenteisen toteutuksen osalta ulkoverhous ja täyttää luokkavaatimuksen, sisäpinnan kipsilevyn paloluokka on A2-s1, d0 joten se on paljon vaadittua paloluokkaa parempi.

## 2.2 U-arvo

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakennusosan lämmöneristyskykyä. Eli kuinka paljon rakenne, rakennusosa tai materiaali estää lämmön siirtymistä toiselle puolelle. U-arvon yksikkö on  $W/(m^2K)$ . Pienempi U-arvo tarkoittaa parempaa eristyskykyä, jolloin lämpö säilyy paremmin rakenteen halutulla puolella. (Raksystems 2017.)

Materiaalin U-arvo lasketaan jakamalla materiaalin lämmönjohtavuus  $\lambda$  materiaalin paksuudella  $d$ . Rakenteen U-arvo saadaan laskettua, jos tiedetään rakenteen materiaalien paksuudet sekä niiden lämmönjohtavuudet. (Puuinfo 2015.)

Rakenteen lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla

$$U = 1 / (R_{si} + R_{su} + R_1 + \dots + R_n) \quad (1)$$

Missä  $R_{si}$  on sisäilman ja seinän läpimenovastus,  $R_{se}$  ulkoilman ja ulkoseinän läpimenovastus ja  $R_1 \dots R_n$  materiaalikerroksien lämpövastuksia

Lämpövastus  $R$  lasketaan kaavalla

$$R = d / \lambda \quad (2)$$

Missä  $d$  on ainekerroksen paksuus metreinä ja  $\lambda$  ainekerroksen lämmönjohtavuus

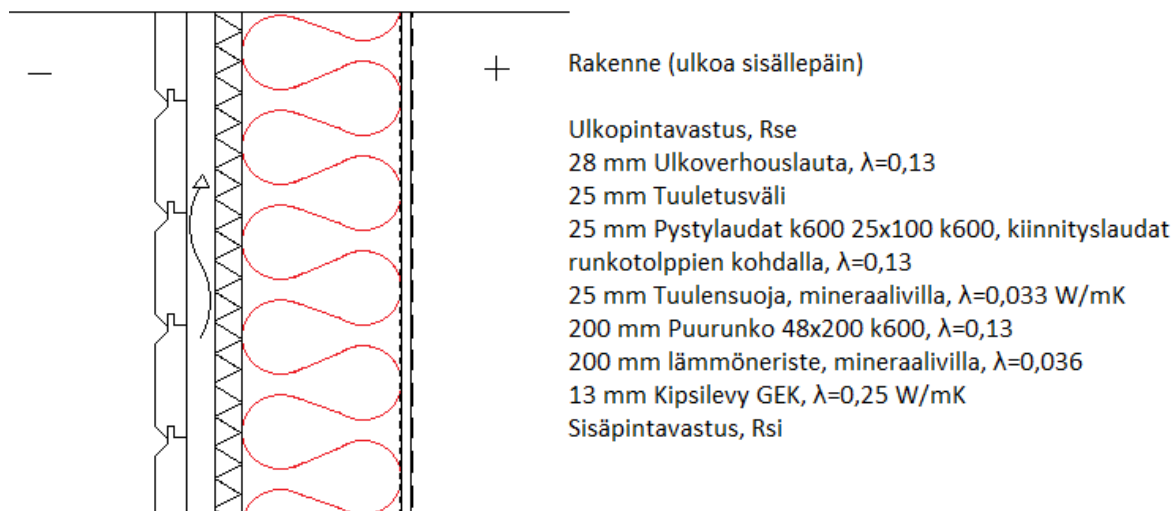
Ympäristöministeriön asetuksessa on annettu lämmönläpäisykertoimien vertailuarvoja. Näitä arvoja käyttämällä voidaan laskea rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo. Vertailuarvo on suurin sallittu arvo, jonka rakennuksen vaippa voi saada lämpöhäviötä laskettaessa. Asetus ei koske alle 50  $m^2$  kokoisia rakennuksia (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 24§.) Asetuksen loma-asumiseen tarkoitettun pientalon vertailulukuja on esitettyä kuvassa 3, jotta saadaan vertailupohjaa seinärakenteiden lämmönläpäisykertoimien suuruuteen.

Loma-asumiseen suunniteltavan pientalon, joka on tarkoitettu käytettäväksi vähintään neljä kuukautta vuodessa, rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo on laskettava käyttämällä rakennusosien lämmönläpäisykertoimina seuraavia vertailuarvoja:

- a) seinä  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- b) massiivipuuseinä, jonka rakenteen keskimääräinen paksuus vähintään  $130 \text{ mm}$   $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja  $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- e) maata vasten oleva rakennusosa  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

KUVA 3. Kuvaleike Ympäristöministeriön verkkosivuilta Loma-asumiseen suunnitellun pientalon lämpöhäviön vertailuarvoja. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 24§.)

Esimerkilasku seinärakenteen u-arvosta. (puuinfo 2015.) Esimerkissä laskettiin u-arvo kuvitteelliselle seinärakenteelle, laskennassa käytetty rakenne on esitetty ulkoa sisälle päin materiaalikerroksittain. (Kuva 4.)



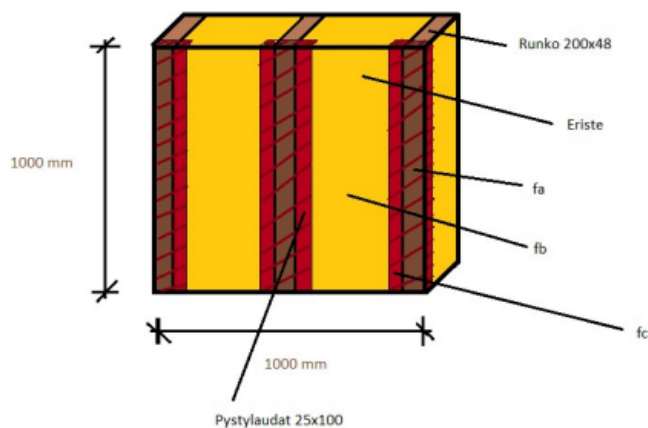
KUVA 4. Laskuesimerkin seinärakenne. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.)

Laskennan aluksi muutettiin seinän materiaalipaksuuksien yksikkö millimetreistä metreiksi ja laskettiin materiaalikerroksille lämpövastus  $R$  ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ). (puuinfo 2015.) Lämpövastus laskettiin käyttämällä kaavaa (2). Kuvassa 5 on esitetty laskussa käytetyn seinän rakennekerroksien paksuuden yksikönmuunnos millimetreistä metreiksi sekä rakennekerroksien lämpövastukset.

Rakennekerros	mm	m (d)	$\lambda$	$R=d/\lambda$	
1 Ulkopintavastus, R <sub>se</sub>				0,13	
2 Ulkoverho	28	0,028	0,13	0,22	Ei huomioida
3 Tuuletusväli	25	0,025			Ei huomioida
4 Pystylaudat 25x100 k600	25	0,025	0,13	0,19	
5 Tuulensuoja	25	0,025	0,033	0,76	
6 Puurunko 48x200 k600	200	0,2	0,13	1,54	
Lämmöneriste	200	0,2	0,036	5,56	
7 Kipsilevy	13	0,013	0,25	0,052	
8 Sisäpintavastus, R <sub>si</sub>				0,13	

KUVA 5. Rakennepaksuudet ja lämpövastukset. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.)

Kun rakennekerroksille oli laskettu lämpövastukset, laskettiin kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo  $R'_{T}$  (kuva 6). Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvoksi saatiin  $R'_{T} = 6,538 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .



Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo  $R'_{T}$

Lasketaan rakenteen runkojen ja eristeiden osuus (alue 1000x1000mm)

Pystylaudat	$1000\text{mm}/600 \text{ mm} =$	1,667
Runko	$1000\text{mm}/600 \text{ mm} =$	1,667
Risteysalueet	$1,667 \times 1,667 =$	2,778

$$f_a = \frac{2,778 \times 48 \times 1000}{1000 \times 1000} = 0,013$$

$$f_c = \frac{1,667 \times 100 \times 1000 - (2,778 \times 25 \times 100)}{1000 \times 1000} = 0,160$$

$$f_b = 1 - f_a - f_c = 0,827$$

$$R_{ta} = 0,025/0,13 + 0,025/0,033 + 0,2/0,13 + 0,013/0,25 + 0,13 + 0,13 = 2,800$$

$$R_{tb} = 0,025/0,033 + 0,2/0,036 + 0,013/0,25 + 0,13 + 0,13 = 6,625$$

$$R_{tc} = 0,025/0,13 + 0,025/0,033 + 0,2/0,036 + 0,013/0,25 + 0,13 + 0,13 = 6,817$$

$$1/R'_{T} = f_a/R_{ta} + f_b/R_{tb} + f_c/R_{tc} = 0,013/2,800 + 0,827/6,625 + 0,16/6,817 = 0,153$$

$$R'_{T} = 1/0,153 = 6,538 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

KUVA 6. Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvon laskenta. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.)

Seuraavaksi laskettiin rakenteelle kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo  $R'_{T}$  (kuva 7). Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvoksi saatiin 6,643 m<sup>2</sup>K/W.

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo  $R'_{T}$

pystylaudat + eriste	$f_{4a}=100\text{mm}/600\text{ mm} =$	0,167	
villan osuus	$f_{4b}=(600-100)\text{mm}/600\text{ mm} =$		0,833
$R_{4j}=1/(0,167/0,19+0,833/5,56)=$		0,972	
Runko+eriste	$f_{6a}=48\text{mm}/600\text{mm} =$	0,08	
Villan osuus	$f_{6b}=(600-48)\text{mm}/600 =$		0,92
$R_{6j}=1/(0,08/1,54+0,92/5,56)=$		4,599	

$$R'_{T}=R_{4j}+R_{5}+R_{6j}+R_{7}+R_{si}+R_{su}= 0,972+0,76+4,599+0,052+0,13+0,13= 6,643 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

KUVA 7. Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvon laskenta. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.)

Kun rakenteelle oli määritetty kokonaislämmönvastuksen ylä- ja alalikiarvo, voitiin laskea rakenteen kokonaislämmönvastus (kuva 8). Kokonaislämmönvastukseksi saatiin 6,591 m<sup>2</sup>K/W. Kokonaislämmönvastuksen avulla voitiin laskea rakenteen korjaamaton lämmönläpäisykerroin käyttämällä kaavaa (1). Rakenteen lämmönläpäisykerroimen arvoksi saatiin 0,152 W/m<sup>2</sup>K.

Rakennusosan kokonaislämmönvastus

$$RT= (R'_{T}+R''_{T})/2 = (6,538+6,643)/2= 6,591$$

Korjaamaton lämmönläpäisykerroin

$$U=1/RT= 1/6,591= 0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$$

KUVA 8. Kokonaislämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2015.)

Vapaa-ajan asunto on kokonsa puolesta niin pieni, ettei vertailuarvojen täyttymistä voida vaatia. Vertaaminen vertailuarvoihin antaa kuitenkin paremman käsityksen seinärakenteen lämpöteknisestä toiminnasta.

## 2.3 Määrälaskenta ja menekit

Määrälaskennan avulla saadaan tehtyä määräluettelo. Määrälaskennalla voidaan selvittää tarvittavien materiaalien määrät ja niiden odotetut hävikit. Tietojen pohjalta voidaan ennustaa tulevia kustannuksia ja laskea aikataulu työn toteutukselle. Määrät voidaan laskea muun muassa mittaamalla, tietomalleista, työselostuksista tai arvioimalla. Laskenta tulee suorittaa huolellisesti, määrälaskennan virheiden syynä voi olla laskuvirhe, puuttuvat nimikkeet tai esimerkiksi saman nimikkeen laskemisesta useampaan kertaan. (Savonia AMK opetusmateriaali julkaisuaika tuntematon)

Menekkien avulla voidaan laskea työn suoritukseen kuluva aika ja ajan myötä työsuorituksen toteutukseen tarvittavien työvuorojen määrä. Menekkien laskennan avulla voidaan verrata menetelmien ja materiaalien sekä tuotantotapojen välisiä eroavaisuuksia keston ja kustannusten suhteen. menekit voidaan laskea T3 tai T4 menekkeinä riippuen halutusta laskentatarkkuudesta. T3 menekeillä tarkoitetaan työvuoroaikoja, työvuoroaikoihin ei sisälly yli tunnin mittaisia keskeytyksiä tai häiriöitä. T3 menekkejä käytetään vaihe- ja viikkoaikataulujen suunnittelussa sekä tehtäväsuunnitelmien laadinnassa. T4 menekit kuvaavat kokonaisaikaa, joten niihin sisällytetään yli tunnin mittaiset keskeytykset ja häiriöt. T4 menekkejä käytetään kustannusten arvioinnissa sekä yleisaikataulujen laadinnassa. (Ratu KI-6035 Rakennustöiden menekit 2020 2019).

Menekkejä laskettaessa on menekit eritelty uudiskohteille ja korjauskohteille erikseen. Tämä johtuu siitä, että korjausrakentamisen menekeissä on huomioitu purkamisesta, kunnostuksesta ja uudelleen rakentamisesta aiheutuvat toimenpiteet. (Ratu KI-6035 Rakennustöiden menekit 2020 2019).

Rankarakenteisen toteutuksen työmenekit laskettiin käyttämällä T3 menekkejä. Koska toteutuksen laajuus oli niin pieni ja sisälsi vain seinien rakentamista koskevat työvaiheet, pidettiin T3 menekkien käyttämistä riittävänä toteutuksen aikataulun selvittämiseksi.

## 2.4 Tarjouspyyntö ja toimitusehdot

Tarjouspyynnön avulla tilaaja määrittelee halutut tuotteet tai palvelut sekä niiden toteutusta koskevat ehdot. Tarjouspyyntöjen on oltava sisällöltään niin selkeät että sen pohjalta saadut tarjoukset ovat keskenään vertailukelpoisia. Tarjouspyynnössä on etsittävä tarjouksien antamiselle määräaika, jonka jälkeen tulleita tarjouksia ei enää hyväksytä tarjousten vertailuun mukaan. Tarjouspyynnön vastaanottajan pitää voida pyynnön tietojen avulla arvioida haluaan ja kykyään tuottaa pyydetty tuote tai palvelu ehtojen mukaisesti. (Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon)

Toimitusehtojen sopimusasiakirjoista pätevyysjärjestyksessä ensimmäisenä on sopimus, kirjallinen tilaus tai tilausvahvistus. Näiden jälkeen tulee rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot. Asiakirjojen tarkoitus on täydentää toisiaan ja varmistaa että tilaus sekä toimitus toteutetaan molempien osapuolien oikeuksien kunnioittaen. Hankinta- ja toimitusehdoissa hinta tarkoittaa arvonlisäverotonta hintaa. Hinta on kiinteä, ellei toisin sovita. Arvonlisäveron osuus lasketaan toimituksen hintaan. Tavarank maksu suoritetaan sovitun hinnan ja aikataulun mukaan. Jos tästä poiketaan, on sopimusta rikkonut osapuoli velvollinen hyvittämään sopimusrikkomuksen esimerkiksi viivästyskorroa maksamalla. Tavarank omistusoikeus siirtyy ostajalle vasta koko kauppahinnan maksamisen jälkeen, jos maksua ei kuitenkaan suoriteta eräpäivään mennessä tai sen jälkeen kirjallisesta pyynnöstä huolimatta, voi myyjä kieltää tavarank toimituksen. (Ratu 17–10721 Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot 2000.)

Toimitettun tavarank tulee täyttää Suomen lakien ja asetusten määrittämät vaatimukset toimitushetkellä. Lisäksi tavarank tulee vastata sovittua laadullisesti, määrällisesti sekä muilta ominaisuuksiltaan niin että sopimus tilatun tuotteen kokonaisuudesta toteutuu. Toimitusta koskevat piirustukset, ohjeet ja muut asiakirjat ovat vain tilaajan ja toimittajan käyttöön, eikä niitä saa luovuttaa tai jakaa eteenpäin ilman toisen osapuolen lupaa. Tavarank luovutusta ennen tilaajalla on oikeus valvoa kysyä valmistus ja toimitusaikatauluun liittyen tilauksen toteutumisesta. Toimituksen jälkeen on toimitettu tavara tarkastettava silmämääräisesti, kuljetuksen tai toimituksen yhteydessä aiheutuneet viat tai puutteet on ilmoitettava välittömästi. Viat ja puutteet, joita ei toimitushetkellä voi havaita on ilmoitettava heti, kun ne on mahdollista havaita. Jos virheitä tai puutteita ei kohtuullisen ajan kuluessa ilmoiteta, ei ostaja voi vaatia hyvitystä. Ilmoitetusta virheestä myyjä on velvollinen hyvittämään tai korvaamaan tuotteen omalla kustannuksellaan. (Ratu 17–10721 Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot 2000.)

Tuotteet on toimitettava sovitussa aikataulussa, jos jostain syystä toimitus viivästyy, on tästä toista osapuolta tiedotettava viipymättä. Viivästyneestä toimituksesta on ostajalla oikeus vaatia viivästys-

sakkoa. Muuhun vahingonkorvaukseen myyjä ei ole velvollinen viivästymisen johdosta, ellei viivästy- mistä ole aiheutettu törkeään tuottamuksellisesti tai tahallisesti. Jos ostajan vuoksi toimitus viivästyy, on myyjä siitä huolimatta oikeutettu saamaan maksu ajoissa sopimuksen mukaan sekä saamaan korvauksen viivästymisen aiheuttamista kuluista. Poikkeuksen näihin tekee viivästymisen aiheutumisen ylivoimaisen esteen takia. (Ratu 17–10721 Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimituseh- dot 2000.)

Tuotteella on takuu luovutushetkestä alkaen 36 kuukauden ajan, ellei toisin ole sovittu. Takuun ei kata normaalista käytöstä ja kulumisesta aiheutuneita vikoja tai vikoja, jotka on aiheutettu tahalli- sesti tai piittaamattomuuttaan tuotteelle. Takuuajan umpeuduttua myyjä on edelleen vastuussa vir- heistä, jotka voidaan osoittaa aiheutuneen myyjän törkeästä laiminlyönnistä tai jos ostajalla ei koh- tuuden mukaan ole ollut mahdollisuutta havaita virhettä aiemmin. (Ratu 17–10721 Rakennustuottei- den yleiset hankinta- ja toimitusehdot 2000.)

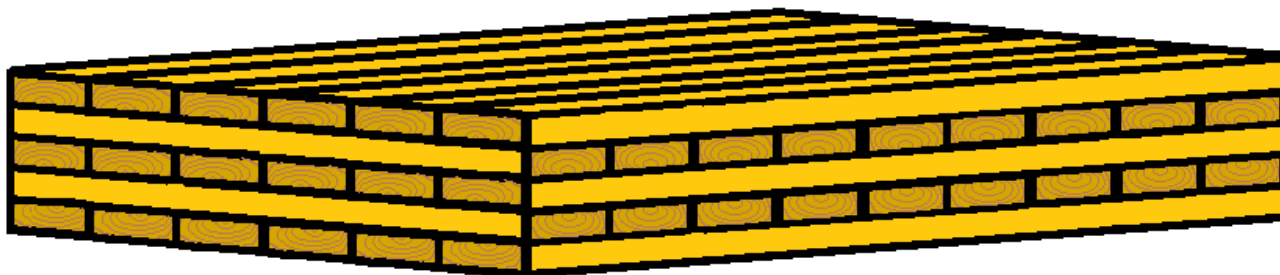
Sopimus voidaan purkaa, jos toinen sopimuksen osapuolista rikkoo sopimusta olennaisesti tai jos sopijapuolista toinen on sellaisessa taloudellisessa tilanteessa, että sopimuksen purkaminen katso- taan perustelluksi. Sopimus voidaan purkaa kumman tahansa osapuolen toimesta ylivoimaisen es- teen johdosta, joka estäisi sopimuksen toteutumisen pitkäksi ajaksi. (Ratu 17–10721 Rakennustuot- teiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot 2000.)

Ainoastaan rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon seinien materiaalit olisi ollut mahdollista noutaa myyjältä suoraan, sillä hirret ja CLT-elementit vaativat niiden kuljetukseen soveltuvan kaluston. Koska rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon materiaalmäärät olivat myös kohtalaisen suuria, oli viisainta kysyä niillekin toimitus suoraan kohteelle. Toimitusehtojen avulla varmistuttaisiin tilattujen tuotteiden laadusta ja oikeellisuudesta ja virhetilanteissa voitaisiin sopimusten pohjalta todeta kor- vausvelvollinen osapuoli. Lisäksi hirren ja CLT:n osalta seinärakenteiden rakentaminen kysyttiin osana tarjousta, joten toimituksen ja työn toteuttaminen kuului samaan kokonaisuuteen.

### 3 RAKENTEIDEN VERTAILU

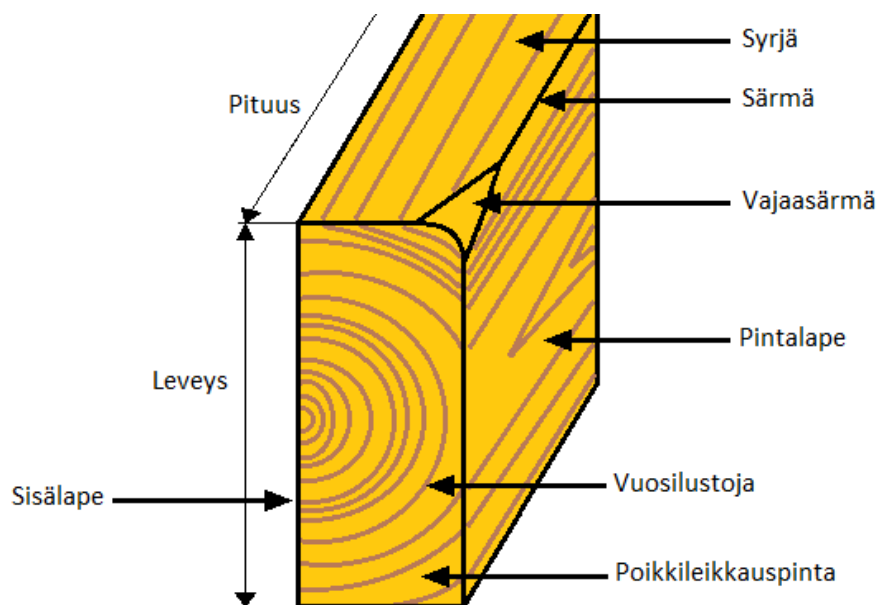
#### 3.1 CLT

CLT (Cross laminated timber) eli suomennettuna ristiinliimattupuu. CLT elementit valmistetaan liimaamalla ristikkäin useita lautakerroksia toisiinsa, jolloin lopputuloksena on luja ja jäykkä puulevy. Yleensä levyssä on kolme tai viisi kerrosta, mutta niitä voi olla enemmänkin. (Puuinfo 2023.) Viisi kerroksisen levyn rakenne (kuva 9).



KUVA 9. CLT elementin rakenne (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.)

CLT:n raaka-aineena on yleensä kuusi tai mänty, mutta sitä voidaan valmistaa myös muista puulajeista. Levyjä voidaan valmistaa useammalla tavalla, kuten tyhjiön tai prässien avulla liimaamalla. Liimaustekniikoita on kaksi. Laudat voidaan liimata ensin syrjistä ehyiksi kokonaisuuksiksi ja sen jälkeen päällekkäin ristiin ladottuna. Toinen vaihtoehto on liimata puut suoraan ristikkäin, jolloin liimaa tulee ainoastaan puun lappeelle. (Kuva 10.) Levyt työstetään oikean kokoisiksi ja muotoisiksi liimaamisen jälkeen. Tämä koskee myös aukotuksia, talotekniikan, kiinnitysten sekä nostojen vaatimia lävistyksiä. Valmiiden levyjen mittatarkkuus on +/- 1 mm. (Puuinfo 2023.)



KUVA 10. Puutavaran osien nimeäminen (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.)

CLT-elementtejä voidaan käyttää kantavina ja ei kantavina rakenteina niin seinissä, lattioissa kuin katoissakin. Elementit voivat olla kooltaan 3,5 metriä leveitä ja jopa 22 metriä pitkiä, vaikka yleisemmin elementtien pituus on enintään 13,5 metriä. CLT-elementit suunniteltiin aluksi mataliin ja keskikorkuisiin rakennuksiin, mutta nykyään sen käyttö on yleistynyt myös korkeiden rakennusten runkomateriaalina. (Arch 20.)



CLT on vakaampi ja teknisiltä ominaisuuksiltaan muuttumattomampi muihin puurakenteisiin verrattuna. Ominaisuuksien vakauteen vaikuttaa CLT elementtien ristiin liimattu rakenne, joka vähentää puun kosteuselämisestä aiheutuvia muutoksia. Ekologisuuden kannalta puu rakennusmateriaalina sitoo hiilidioksidia pitkäaikaisesti ja valmistukseen kuluva energia on vähäisempää kuin teräksen tai betonin valmistuksessa. (Arch 20.)

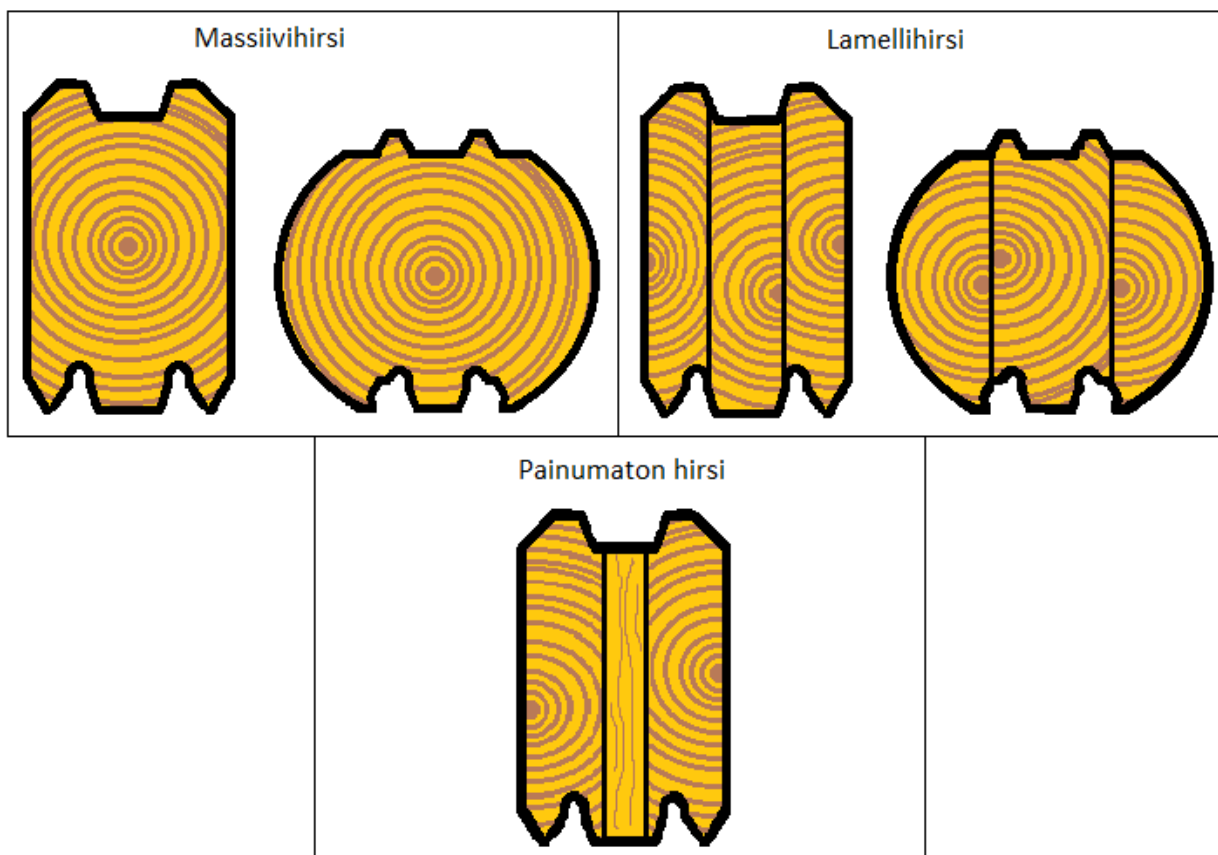
Elementtien valmistus tehtailla kasausvalmiiksi komponenteiksi vähentää rakennustyömaalla syntyvän jätteen määrää sekä helpottaa ja nopeuttaa rakennusprosessia. Lisäksi mittatarkasti, yksilöllisesti valmistetut elementit mahdollistavat joustavan toteutuksen aukotusten ja rakennuksen muodon toteutuksen suhteen. Mittatarkkuus ja elementtien kasauksen nopeus pienentää kokonaiskustannuksien määrää tuotanto- sekä rakennusvaiheessa. (Arch 20.)

CLT on kehitetty Itävallassa 1990 luvun alkupuolella, jolloin sitä käytettiin puukerrostalojen rakentamiseen. Suomeen ensimmäinen CLT levyjä tuottava tehdas valmistui Kuhmoon vuonna 2014. Ennen kuin Suomeen valmistui oma tehdas, tuotiin CLT levyjä Suomeen Stora Enson tehtaalta Itävallasta. (Yle uutiset 2016.)

Keski-Euroopassa CLT levyjen käyttö on suosittua rakentamisessa, mutta myös suomessa sen suosio on kasvussa. "CLT-levylle ei ole toistaiseksi olemassa harmonisoitua eurooppalaista tuotestandardia, joten levyt voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan. CLT-levyn tekniset ominaisuudet ja rakenteiden mitoitus ovat valmistajakohtaisia." (Puuinfo 2023).

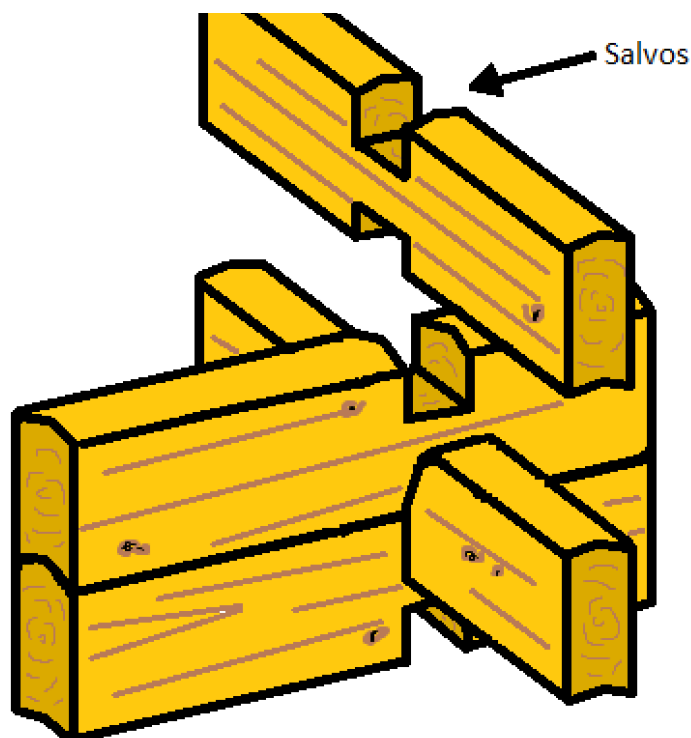
### 3.2 Hirsi

Hirsirakentamisella tarkoitetaan perinteistä puurakentamisen tapaa, jossa kantavat seinät tehdään hirrestä. Hirrellä tarkoitetaan kokopuista paksua rakennustarviketta, joka valmistetaan veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla. Sen raaka-aineena on yleensä kuusi tai mänty. Hirsi voi olla pyöröhirttä tai kulmikasta. Hirsityypit luokitellaan niiden muodon ja koostumuksen mukaan massiivi- ja lamelli-hirsiin, hirsien eri profiileja esitetty (kuva 11). Lamellihirressä hirsi koostuu useammasta toisiinsa liimatusta lamellista. Samansuuntaisista lamelleista koostuvaa hirttä sanotaan lamellihirreksi, mutta lamellihirttä, jossa keskilamelli on pystysuuntainen, kutsutaan painumattomaksi hirreksi. Painumattomasta hirrestä valmistetut seinät ovat CLT levyseinien kaltaisia, molemmissa toteutustavoissa rakenteen pystylamellit kantavat pystykuorman. Massiivihirsi koostuu puolestaan vain yhdestä puusta, joka on työstetty haluttuun muotoon. (Puuinfo 2023.)



KUVA 11. Hirsiprofiileja (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.)

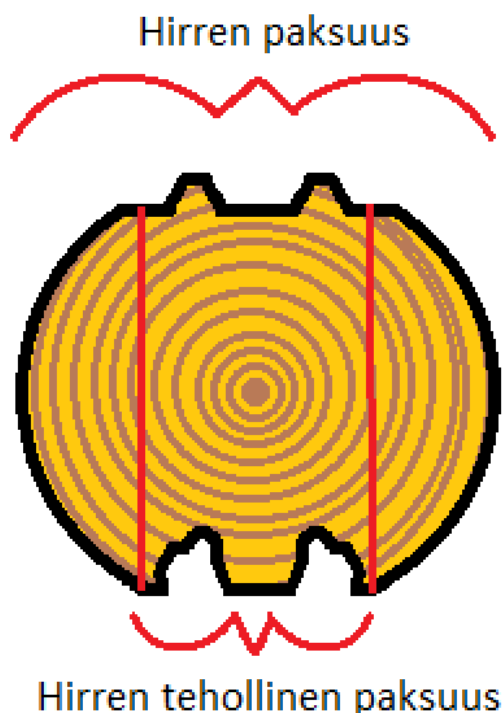
Suomessa hirret ladotaan yleensä vaakasuunnassa päällekkäin ja ne yhdistetään toisiinsa salvoksilla. Salvoksella tarkoitetaan hirsien liitosta (kuva 12). Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa myös pystyhirrestä, pystyhirren etu vaakahirteen verrattuna on sen painumattomuus. Hirren painumalla tarkoitetaan seinärakenteen laskeutumista, joka johtuu puun kuivumisen, rakennuksen painon ja saumojen tiivistymisen yhteisvaikutuksesta. 1920-luvulle saakka lähes kaikessa rakentamisessa hirsi toimi pääasiallisena rakennusmateriaalina. Tämän jälkeen hirren käyttö väheni ja sen pääasialliseksi käyttökohteeksi muodostui vapaa-ajan asunnot. Nykyään hirsi on jälleen yleistynyt rakentamisessa ja se soveltuukin käytettäväksi erikokoisissa ja käyttötarkoituksellisissa rakennuksissa. Rakentamista suunniteltaessa on huomioitava hirren painuminen sekä halkeilun hallinta. (Puuinfo 2023.)



KUVA 12. Havainnollistava kuva salvoksesta hirsirakentamisessa. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.)

Teollinen valmistaminen mahdollistaa aiempaa pidempien hirsien valmistuksen ja antaa näin joustovaraa rakenteiden suunnittelussa. Hirsirakenne ei vaadi erillistä verhousta, kuten panelointia, vaan se toimii itsessään rakenteen sisä- ja ulkopintana, kantavana runkona sekä lämmöneristeenä. Tähän kuitenkin vaikuttaa rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennetta koskevat äänieristykselliset ja palotekniset vaatimukset, rakentamista koskevia säädöksiä on esitetty opinnäytetyön luvussa 2.3. Hirsi on hengittävä materiaali, jonka kosteustekninen toiminta on yksi syy sen suosioon. Hirsi sitoo hyvin kosteutta itseensä huoneilmasta, kun huoneilmankosteus on suuri. Vastavuoroisesti hirsi luovuttaa kosteutta kuivempaan huoneilmaan. Pintakäsittely kosteuden siirtymistä estävillä pinnoitteilla estää tai heikentää hirren luontaista kosteuselämistä. (Puuinfo 2023.)

Hirsirakentamista varten on valittava sopiva hirsi, joka toimii mahdollisimman hyvin rakennuksen kokoon ja käyttöön nähden. Hirsityyppjä ja profiileja valitessa on syytä ottaa huomioon hirren tehollinen paksuus eli hirren tasapaksu osuus (kuva 13). Lisäksi tulee huomioida hirsityypin vaikutus painumaan. Hirren painuma on 10–50 mm jokaista korkeusmetriä kohtaan. Jos painuma hirrellä on 20 mm korkeusmetriä kohden ja seinä on kolmen metrin korkuinen, painuu seinä laskennallisesti 60 mm verran. Massiivihirsi painuu enemmän kuin lamellihirsi, kun taas painumattoman hirren painuma on verrattavissa muuhun puurakentamiseen. Ulkoseinissä hirsien painuma on vähäisempää kuin sisäseinissä, tämä johtuu sisäseinien pienemmästä kosteuspitoisuudesta. (Puuinfo 2020)



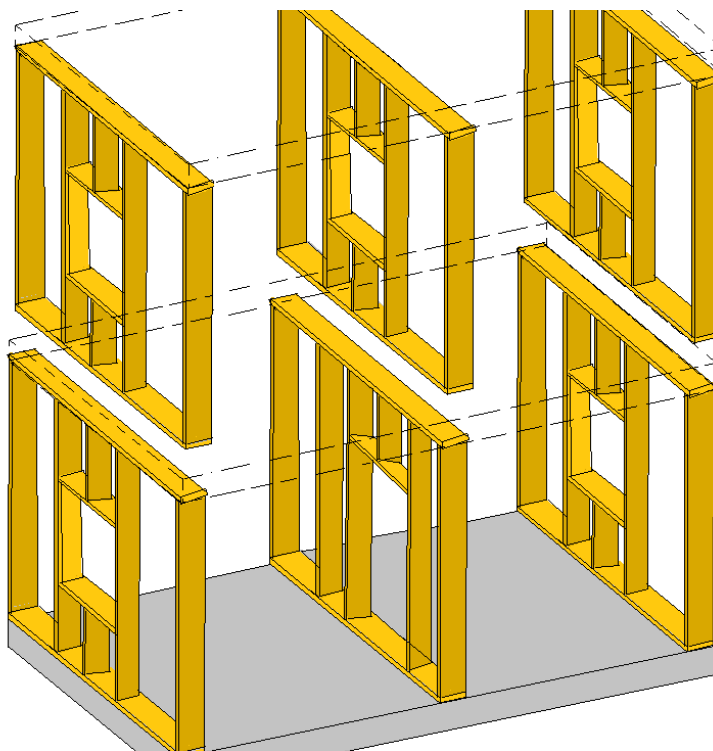
KUVA 13. Hirren paksuus verrattuna teholliseen paksuuteen. (Muokattu lähteestä Puuinfo 2023.)

Hirren paksuus vaikuttaa rakennuksen toimivuuteen, liian ohut hirsi ei eristä riittävästi, jolloin kylmä ilma pääsee kulkemaan hirren läpi. Liian paksun hirren valinta puolestaan estää hirsirakenteen hengittämistä ja heikentää näin huoneilmanlaatua. Hirsimökkiä varten hirren paksuuteen vaikuttaa olennaisesti mökin koko sekä suunniteltu käyttöaika. Pienikokoiseen kesäkäyttöiseen mökkiin riittää alle 200 mm paksuinen hirsiseinä mutta mökin koon kasvaessa tulee myös hirren paksuuden kasvaa. Puolestaan hirsistä omakotitaloa rakennettaessa 180 mm on pienin sallittu hirren paksuus ja lämmönläpäisykerroin saa olla enintään  $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Kun kesäkäytössä olevan mökin seinään voi riittää alle 200 mm hirsi, on omakotitalon seinään suositeltavaa käyttää 200–225 mm paksua hirttä ja pyöröhirttä käyttäessä 250–280 mm paksuista hirttä. Paksumpi hirsi eristää lämpöä tehokkaammin kuin ohut, mutta on myös pitkäikäisempi vaihtoehto. Kulmikas lamellihirsi on lämpöominaisuuksiltaan ja kestävyydeltään pyöröhirttä parempi vaihtoehto. (Kultahirsitalot 2022.)

### 3.3 Rankarakenteinen

Rankarungolla tarkoitetaan kantavaseinäistä rakennusjärjestelmää. Se voi olla kerroskohtainen tai kahden kerroksen korkuinen. Tämä määrittää vaakarakenteiden kiinnitysjärjestelmän. Kerroskohtaisena vaakarakenteet sijoitetaan kantavien seinien päälle ja puolestaan kahden kerroksen korkuisena vaakarakenteet kiinnitetään kantavien seinien kylkeen. Vaakarakenteet voidaan toteuttaa palkkirakenteisena tai laattarakenteisena. Rankarungossa kantavat seinät välittävät pystykuormia. Niiden kantokykyä rajoittavat rangan tukipainekestävyys sekä nurjahduskestävyys. (Puuinfo 2023.)

Tavallisesti kantavat seinät toimivat myös jäykistävinä rakenteina. Eri kerroksien kantavat seinät tulee sijoittaa samalla kohtaa jäykistyksen ja pystykuormien takia (kuva 14). Tämä antaa rajoitteita muun muassa rakenteisiin tehtävien aukotuksien koon ja sijoittelun suhteen. (Puuinfo 2023.)



KUVA 14. Havainnekuva rankarungosta (Muokattu lähteestä Puuinfo 2020.)

### 3.4 Rakennratkaisujen yhteenveto

CLT-elementit koostuvat useista lamellikerroksista ja ovat näin jäykkiä ja lujia rakenteita, jotka voivat toimia rakenteen kantavana ja jäykistävänä rakenteena. Valmiiden mittatarkkojen elementtien kasaus on nopeaa, jolloin rakennusaika ja siitä koituvat kustannukset ovat pienempiä paikallarakennettuun rankarunkoon verrattuna. Myös työmaalla syntyvän jätteen määrä vähenee. (Arch 20.)

Hirsi- ja CLT-rakenteet ovat puusta valmistettuja tuotteita, joihin ei tarvitse lisätä ylimääräisiä materiaalikerroksia. Puu on ekologinen tuote, joka sitoo hiiltä pitkäksi aikaa. Sen kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta ympäröivään huoneilmaan parantaa huoneilman laatua ja pitää huoneilman kosteusprosentin suhteellisen tasaisena. (Puuinfo 2023.)

Rankarunko vaatii useita materiaalikerroksia, joista jokaisella on oma käyttötarkoituksensa. Rakennekerroksien materiaalivalinnoilla ja niiden paksuuksilla voidaan vaikuttaa seinän rakennusfysikaaliseen toimivuuteen. (Puuinfo 2020.) Rankarakenteisessa toteutuksessa seinäpinnat vaativat verhoilun, kun taas CLT ja hirsi toimivat sellaisenaan sisäpinoilla, ulkopuolikaan ei vaadi kuin öljyämisen tai maalauksen.

Kerroksissa kantavat linjat sijoitettava päällekkäin (kuva 14), joka rajoittaa aukotuksien sijoittelua ja kokoa. (Puuinfo 2020.) Rakenteen hyvinä puolina on sen edullisuus ja mahdollisuus vaikuttaa materiaaliratkaisuihin. Rankarakenteella saadaan seinille CLT- ja hirsirunkoihin verrattuna helpommin hyvän lämmönläpäisykerroin.

Hirsirakentamisen haittapuolena on hirsien painuminen. Lisäksi massiivihirren lämpöarvo on lamelli-hirteen nähden huonompi, pyöröhirressä tulee huomioida hirren tehollinen paksuus (kuva 13). Painumattomasta hirrestä valmistetut seinät ovat CLT levyseinien kaltaisia, molemmissa toteutustavoissa rakenteen pystylamellit kantavat pystykuorman (Puuinfo 2020)

Tässä opinnäytetyössä rakenneratkaisuja vertailtiin toimeksiantajan esittämien toiveiden pohjalta. Toiveiden pohjalta vertailu oli rajattu koskemaan vain seinärakenteita sekä ainoastaan edellä esitetyjä toteutustapoja.

## 4 AIKATAULU- JA KUSTANNUSVERTAILU

### 4.1 Toteutuksen kulku

Työn toteutus alkoi CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon valinnalla. Sopivan vapaa-ajan asunnon löydyttyä pohdittiin eri rakenteiden välille raunaehtoja. Tilaaja asetti reunahtoja muun muassa vapaa-ajan asuntojen koon ja pohjakuvan suhteen.

Kun reunaehdot oli määritelty, alettiin vapaa-ajan asuntojen malleja etsiä hirsirakenteisena. Sopivien vaihtoehtojen löydyttyä oli tarjouspyyntöjen tekemisen aika. Tarjouspyynnöt tehtiin alustavasti puhelimitse, tämän jälkeen tarjousta koskevia tarpeita ja toiveita eriteltiin sähköpostitse laitatussa viestissä. Tarjouspyyntöjä tehtiin CLT-rakenteisesta sekä hirsirakenteisista vapaa-ajan asunnoista.

Tarjouspyynnöt koskivat vain seinärakenteita. Tarjouksista pyrittiin saamaan tiedot materiaalikuluista, toimitusaikataulusta sekä rakentamisen kustannuksista ja kestosta. Lisäksi toimituksen hinta pyydettiin erittelemään tarjouksiin. Tarjouksen yhteydessä pyydettiin ilmoittamaan valmistajan antama U-arvo tarjotulle seinärakenteelle. Kaikissa tarjouspyynnöissä tuotiin esille, että niitä käytettäisiin osana opinnäytetyötä sekä se, että työn tilaaja oli aidosti kiinnostunut kyseisistä vapaa-ajan asunnoista.

Rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon osalta tehtiin CLT-rakenteista vastaavat piirustukset. Piirustuksien pohjalta tehtiin määräluettelo. Määräluettelosta pyydettiin tarjouksia, materiaalien hinnan selvittämiseksi. Rankarakenteiselle vapaa-ajan asunnolle laskettiin työ kustannukset itse.

Tarjouksia vapaa-ajan asunnoista pyydettiin CLT-rakenteisena yhdestä paikasta ja hirsirakenteisena neljästä paikasta. Rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon materiaaleille kysyttiin tarjousta kahdesta eri paikasta.

### 4.2 CLT-rakenteinen vapaa-ajan asunto

CLT rakenteinen vapaa-ajan asunto valittiin ensimmäisenä, sillä CLT-rakenteisten valmiiden mallien tarjonta oli kaikkein vähäisintä. Tilaajalle mieleinen vaihtoehto löytyi Kotilehdon nettisivulta. Malliksi valikoitui Paavo 30B CLT-huvila. (kuva 15.) Vapaa-ajan asunnon kokonaisala valitussa mallissa oli 30.0 m<sup>2</sup> ja huoneistoala on 23.0 m<sup>2</sup>. Vapaa-ajan asunto koostuu tuvasta, makuuhuoneesta, pesuhuoneen ja WC:n yhdistelmästä sekä saunasta. Lisäksi siinä on parvi ja pieni terassi.



KUVA 15. Kuvaleike Kotilehto verkkosivuilta Paavo 30b CLT-huvilasta (Kotilehto julkaisuaika tuntematon)

Halutusta mallista kysyttiin tarjousta seinäelementtien osalta toimituksen ja kasauksen kanssa. Tarjousta kysyttiin alustavasti puhelimitse ja sen jälkeen laitettiin sähköpostia, jossa eriteltiin tarjousta koskevia reunaehtoja ja tarpeita.

Tarjouksella haluttiin selvittää vain seinien osuuden hinta, niiden toimituskustannukset sekä pystytyksestä aiheutuvat kulut. Tarjouksen pohjalta oli tarkoitus saada tietoa valmistajan CLT-elementtien paksuudesta ja sen vaikutuksesta U-arvoon.

Kotilehdon tarjouksen pohjalta saatiin CLT-elementtiseinälle kaksi eri vaihtoehtoa paksuuden suhteen. Paksumpi elementti soveltuu huvilaan, joka tulee ympärivuotiseen käyttöön ja ohuempi rakenteinen elementti sopii kolmenvuodenajan käytössä olevaan huvilaan. Ohuemman elementin paksuus oli 90 mm ja valmistajan sille ilmoittama U-arvo oli 1,01. Paksumman elementin paksuus oli 150 mm ja valmistajan sille ilmoittama U-arvo oli 0,65. (Sukari 2023.)

Tarjouksen kokonaishinta elementin paksuuden mukaan oli 19 420–25 190 €. CLT-elementeille hinnaksi tarjouksen pohjalta saatiin 150 mm paksulla rakenteella 22 490,00 €. 90 mm paksulla rakenteella CLT-elementtien hinta oli 16 720 €. Rahti sisältyy tarjouksen hintaan, joten sitä ei ole eritelty tarjouksessa omaksi kulueräksi. Elementtien toimitus tilauksesta oli keskimäärin yhdestä kahteen kuukauteen. Tilausta varten tuli olla voimassa oleva rakennuslupa. (Sukari 2023.)

Asennuskustannukset pysyivät samana elementin paksuudesta riippumatta. Asennuksen hinnaksi annettiin tarjouksessa 2 700 €. Asennuksen hintaan on huomioitu työn lisäksi matkakulut ja yöpymiskulut. Asennuksen arvioitu kesto oli yksi päivä. (Sukari 2023.)



#### 4.3 Hirsirunkoinen vapaa-ajan asunto

Hirsisten toteutusten osalta tarjouksia kysyttiin useammasta paikasta. Kysytyt tarjoukset tehtiin eri valmistajien sivuilta löytyneistä valmiista mökkimalleista. Mallit valittiin niin, että tilaajan reunaehdot täyttyivät. Reunaehtojen täyttymisen lisäksi pyrittiin pohjakuva pitämään mahdollisimman samantyyllisenä eri valmistajien mallien välillä, niin että pohja muistuttaisi CLT-elementtistä huvilaa mahdollisimman paljon.

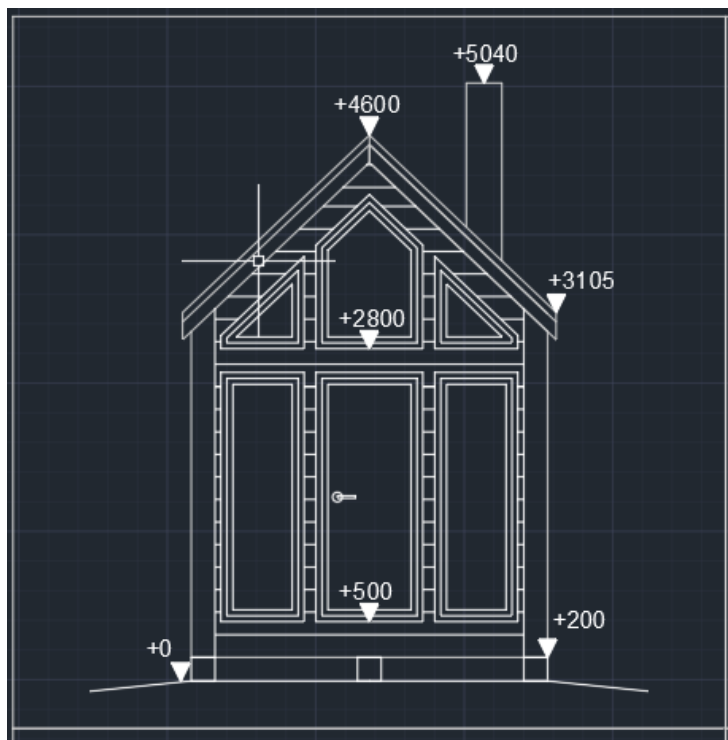
Tarjouksia kysyttiin soittamalla ensin kuhunkin yritykseen ja sopimalla tarjouksen antamisesta ja sen lähtökohdista. Tämän jälkeen yrityksille laitettiin sähköpostia, jossa tarkemmin eriteltiin haluttuja tietoja. Kysytyt tiedot olivat vastaavat, kuin CLT:lle tarjousta kysyttäessä. Tarjouspyynnöistä ainoastaan yhteen saatiin vastaus.

Tarjouspyyntöä varten valittiin vapaa-ajan asuntomalli, joka oli kerrosalaltaan 25 m<sup>2</sup> ja huoneistoalaltaan 23 m<sup>2</sup>. Vapaa-ajan asunnossa oli tupa, pesuhuone sekä sauna. Lisäksi vapaa-ajan asunnon kahta sivua reunusti yhtenäinen terassi.

Tarjouksen hirsi oli 134x195 mm kuusivalmisteinen hirsi, jonka valmistajan antama U-arvo oli 0,78. Tarjouksen kokonaishinta hirsirakenteiselle toteutukselle oli 19 500 €. Hirsikehikon hinnaksi annettiin 14 200 €, rahdin hinta oli 2 400 € ja tontilla asennuksen hinta 2 900 €. Toimitusaika tilauksesta alkaen oli viidestä kuuteen kuukautta. Seinien kasaus paikan päällä kestää yhden päivän (Miettinen 2023.)

#### 4.4 Rankarunkoinen vapaa-ajan asunto

Rankarakenteisesta toteutuksesta tuotettiin AutoCAD 2023 ohjelman avulla pohjapiirros ja julkisivukuvat (liite 1, 2). Piirustukset tehtiin vastaamaan mahdollisimman pitkälti CLT-elementtistä toteutusta. Kuvassa 16 on esitetty AutoCAD 2023 ohjelmalla piirretty rakennuksen pääty. Piirustuksien tarkoituksena on toimia määrälaskennan pohjana yhdessä rakennekuvien kanssa. Pohjapiirustus ja julkisivukuvat löytyvät liitteenä opinnäytetyön lopusta.



KUVA 16. AutoCAD piirros rakennuksen päädyistä (Muokattu lähteestä Kotilehto julkaisuaika tuntematon)

Seinärakenteelle vaihtoehtoisia ratkaisuja etsittiin RT-kortiston valmiista rakennetyypeistä. Ulkoseinien rakenteeksi valittiin liitteissä 3 ja 4 esitetyt RT US 701 ja märkätilojen kohdalle RT US 702, RT kortit löytyvät liitteinä opinnäytetyö lopusta. (Ratu 82–11006 Ulkoseinä rakenteita 2010) Seinän ulkopinta tehtiin vaakasuuntaisella ulkoverhouslaudalla, että saatiin puupintainen julkisivu, joka ulko­näöllisesti vastasi hirsi ja CLT toteutuksia. Väliseinien rakenteeksi valittiin liitteissä 5 ja 6 esitetyt RT VS 701 ja märkätilojen kohdalle RT VS 702 (Ratu 82–10903 Väliseinärakenteita 2007).

Koska hirsi ja CLT ei vaadi sisäseiniltä pinnoitusta, valitaan rankarakenteiseen toteutukseen mahdollisimman helposti toteutettava pintavaihtoehto tekemällä sisäseinät levyseininä, jotka vaativat vain maalauksen. Rankarakenteisen toteutuksen kerrosala on 27m<sup>2</sup> ja ulkoseinien U-arvo RT korttien mukaan toteutetulla rakenteella on 0,16 W/m<sup>2</sup>K.

Rankarunkoisen mökin hinta selvitettiin materiaalien osalta tarjouksen perusteella. Materiaaleja koskevaa tarjousta varten tehtiin määräluettelo tarvittavista rakennusmateriaaleista. Määräluettelo laadittiin pohja- ja julkisivukuvia sekä rakennekuvia hyödyntäen. Määräluettelo toteutettiin Excel laskentaohjelmalla. Laskentaan huomioitiin seinien materiaalikustannukset ilman ikkunoita ja ovia sillä kaikkien toteutustapojen ajatellaan olevan samalla ratkaisulla lukuun ottamatta seinien rakenteita. Materiaalien tarvittavat määrät laskettiin seinäneliöiden mukaan. Aukotuksia ei vähennetty laskennasta ikkunaseinämän osalta vaikkakin piirustuksissa niiden määrä siinä olikin suuri, katso (kuva 13). Ikkunaseinämän aukotuksia ei huomioitu koska aukotuksien määrä vaihteli rakennustavan mukaan ja näin saatiin pidettyä seinään kuuluvien materiaalien määrä keskivertona.

Määräluetteloä hyödynnettiin tarjouspyyntöä varten (kuva 17). Tarjouspyynnöllä oli tarkoitus saada rakennusmateriaaleille vertailukelpoinen hinta. Materiaalikuluihin lisättiin toimituskulut sekä erikseen käsin lasketut työkustannukset seinien rakentamisen osalta.

Määräluettelo		
Ulkoerohouslauta 23*195mm		76,6 m2
Lauta vajaasärmä 25*100 mm k600		127,6 jm
Tuulensuoja, mineraalivilla 25mm		76,6 m2
Mitallistettu 48*223 k600		180,1 jm
Isover KL 37 125*565*870 mm		17,1 m3
höyrynsulkumuovi		76,6 m2
Gyprok GN 13 1200*2600 mm		45 kpl
Harmony sisustusmaali 9l A valkoinen sävytettävissä		14,6 l
Valtti plus Color Kuullote puulle ECV 2,7l		9,6 l
vedeneriste Kiilto Kerafiber		8,8 l
kevytlaasti Weber Supra Light Fix		7,4 kg
Seinälaatta Cello Primus 10*20 valkoinen kiiltävä fasetti 1m2		15,0 m2

KUVA 17. Määräluettelo

Seinien rakentamisen työmenekit laskettiin Rakennus menekit 2020 avulla T3 menekkeinä (Ratu KI-6035 Rakennustöiden menekit 2020 2019). Kuvassa 18 on esitetty työmenekit ja niiden muodostuminen. Menekkien pohjalta saatiin selville työhön kuluvat tunnit ja työvuorot.

Seinä rakenne menekit		määrä	tth
<b>paikallarakennettu ulkoseinä</b>			
Tavarin vastaanotto, väliavarastointi	0,01 tth/seinä-m2	81,0 m2	0,8
materiaali siirrot	0,5 tth/seinä-m2	81,0 m2	40,5
ala ja yläsidepuut	0,02 tth/seinä-m2	81,0 m2	1,6
runkotolpat k600	0,14 tth/seinä-m2	127,6 m2	17,9
ikkuna- ja oviaukkojen teko	0,4 tth/kpl	11,0 kpl	4,4
Lämmöneristys k600	0,04 tth/m2	76,6 m2	3,1 Vähennetty aukotukset
tuulensuoja	0,07 tth/m2	76,6 m2	5,4 Vähennetty aukotukset
höyrynsulku	0,02 tth/m2	76,6 m2	1,5 Vähennetty aukotukset
levytys	0,12 tth/m2	22,2 m2	2,7
Siivous	0,01 tth/m2	127,6 m2	1,3
	yhteensä	761,2 m2	79,1
<b>julkisivuverhous</b>			
koolaus	0,04 tth/m2	76,6 m2	3,1
laudoitus (ponttilaudoitus)	0,3 tth/m2	76,6 m2	23,0
aukkojen vaikutus	0,2 tth/kpl	11 kpl	2,2
	yhteensä	164,1 m2	28,2
<b>Väliseinä</b>			
Tavarin vastaanotto, väliavarastointi	0,01 tth/seinä-m2	16,4 m2	0,2
Mittaus	0,03 tth/seinä-m2	16,4 m2	0,5
puurungon pystytys k600	0,14 tth/seinä-m2	16,4 m2	2,3
eristys	0,04 tth/seinä-m2	16,4 m2	0,7
levytys 1 kipsilevy/puoli	0,2 tth/seinä-m2	32,9 m2	6,6
Suojaus ja siivous	0,01 tth/seinä-m2	16,4 m2	0,2
	yhteensä	115,0	10,4
<b>Märkätilat</b>			
2-kertainen siveltävä vedeneristys	0,11 tth/m2	15,0 m2	1,6
laastien valmistus	0,04 tth/m2	15,0 m2	0,6
Laatoitus käsin siirrot	0,02 tth/m2	15 m2	0,3
seinälaatoitus 100*200 mm2	0,37 tth/m2	15,0 m2	5,5
Saumaus 100x200 mm2	0,11 tth/m2	15 m2	1,7
Siivous	0,01 tth/m2	15 m2	0,2
	yhteensä	89,9	9,9
	<b>Työvuoroja kaikkiaan (8h/tv)</b>		<b>15,9</b>

KUVA 18. Seinärakenteiden menekit.

Tuntien perusteella laskettiin rakentamisen kustannukset, kertomalla työtunnit tuntipalkalla. Kirvesmiehen tuntipalkaksi päätettiin 25,5 €. Tuntipalkka on vain suuntaa antava, koska todellista tarjoustai sopimusta työn toteutukselle ei ole. Rakennusalan työehtosopimuksessa erittäin kokeneen ammattilaisen tuntipalkka alkaen 1.6.2022 on 17,81 € (Rakennusliitto julkaisuaika tuntematon), työhön valittiin työehtosopimuksen suosituspalkkaa suurempi tuntipalkka. Tuntipalkkaan laskettiin sosiaalikulut, joiden osuus oli 71,4 % (Rakennusteollisuus 2018, jäsenkirje Talo/42/2018). Tuntipalkka sosiaalikulut mukaan luettuna saatiin laskemalla tuntipalkka kerrottuna sosiaalikulujen osuudella  $25,5 \times 1,714$ . Kokonaistuntipalkaksi saatiin 43,71 €. Tunnit saadaan kertomalla työvuorot kahdeksalla. Työtunteja oli 127,2 tuntia. Työn kustannukset saatiin laskemalla kokonaistuntipalkka kerrottuna täysillä työtunneilla  $128 \text{ h} \times 43,71 \text{ €}$ . Työn kustannuksiksi tuli 5559,92 €.

Ensimmäisestä tarjouksesta saatiin rakennusmateriaalien kustannuksiksi 5 539,05 €. Tehdasrahti puille oli 125 € ja rakennusmateriaalien toimittaminen kohteeseen maksoi 230 €. Ensimmäisen rankarakenteisen tarjouksen yhteenlaskettu hinta oli 5894,05 €. (Vatanen 2023.) Toisessa tarjouksessa rakennusmateriaalien kustannukset olivat 6 252,47 € ja tilauksen toimittaminen kohteeseen maksoi 210,80 €. Tarjouksen yhteenlaskettu hinta oli 6463,27 €. (Vilen 2023.)

Kun tähän lisättiin rakentamisesta syntyneet kustannukset, oli rankarakenteisen toteutuksen kokonaishinta ensimmäisellä tarjouksella 11 453,96 € ja toisella tarjouksella 12 023,19 €. Rakennusvaiheen kestoksi saatiin yksitoista työpäivää.

## 5 TULOKSET

Saaduista hinnoista, U-arvoista sekä toteutusaikatauluista koottiin taulukko helpottamaan tulosten vertailua (kuva 19). Tuloksien oikeellisuuteen ja vertailukelpoisuuteen vaikuttaa mahdolliset laskuvirheet sekä tarjouksien vähäinen määrä. Hirsirakenteista laitettiin useampia tarjouksia eri valmistajille, mutta vain yhdeltä saatiin vastaus tarjouspyyntöön. CLT-rakenteisesta vapaa-ajan asunnosta tarjousta kysyttiin vain yhdestä paikkasata vähäisen tarjonnan vuoksi. Rankarakenteisen vapaa-ajan asunnon materiaaleista kysyttiin kaksi tarjousta, molemmista paikoista saatiin tarjoukset. Koska CLT-rakenteiselle ei erikseen ollut määriteltynä rahdin osuutta hinnasta, ei toimituskustannusten vertailu

	Materiaalit	Rakentaminen	Rahti	Yhtensä	Toteutusaikataulu (tv)	U-arvo
CLT 90 mm	16720	2700		19420,00	1	1,01
CLT 150 mm	22490	2700		25190,00	1	0,65
Hirsi 134x195	14200	2900	2400	19500,00	1	0,78
Rankarunko 1	5539,05	5559,92	355	11453,97	16	0,16
Rankarunko 2	6252,47	5559,92	210,8	12023,19	16	0,16

onnistunut opinnäytetyössä.

KUVA 19. Koonti saaduista tuloksista.

Kokonaisuudessaan toteutushinta seinärakenteiden osalta oli kallein 150 mm paksulla CLT-elementillä. Hirsirakenteisen ja 90 mm paksun CLT-rakenteen kokonaishinnat olivat lähes täysin samansuuriset, eroa näiden välillä oli vain 80 €. Rankarakenteinen toteutus oli kokonaishinnaltaan suurin piirtein puolet halvempi hirsitoteutukseen ja ohuempaan CLT toteutukseen verrattuna.

Myös toteutuksen materiaalikustannukset olivat kaikkein suurimmat CLT-rakenteisena tehtynä. Rankarakenteinen toteutus oli materiaalikuluiltaan huomattavan paljon edullisempi kuin muut toteutukset. On otettava kuitenkin huomioon mahdolliset laskuvirheet sekä esimerkiksi kiinnitystarvikkeiden puuttuminen materiaali luettelosta. Ohuemman CLT-rakenteen ja hirsirakenteen välinen ero materiaalikustannuksissa oli 2 520 €. Paksumman CLT-rakenteen ja hirsirakenteen välinen ero materiaalkuluissa oli 8 290 €. Hirsirakenteen ja paksumman CLT-rakenteen välinen hintaero on melko huomattava, kun seinärakenteen paksuuden erot ovat vain 16 mm. Puolestaan CLT-elementtien keskinäinen materiaalikustannusten hinta oli seinärakenteen paksuuden eroihin nähden suhteellisen pieni.

Rankarunkoisen toteutuksen U-arvo oli selvästi parempi, kuin CLT:llä tai hirrellä, mutta koska CLT tai hirsi toteutuksiin ei kuulu lämmöneristettä oli tulos täysin odotettavissa. Hirren ja CLT:n U-arvojen vertailu olisi ollut paremmin toteutettavissa, jos rakenteiden paksuudet olisi olleet yhtäläiset tai seinät olisi toteutettu samoilla U-arvoilla ja vain rakenteiden paksuudet olisivat eronneet toisistaan. Kun hirren paksuus on 134 mm ja CLT-rakenteen paksuus oli 150 mm, rakenteiden paksuusero oli vain 16 mm. 16 mm ero rakennepaksuuksissa aiheutti U-arvossa 0,13 W/m<sup>2</sup>K eron. Kun 90 mm paksua CLT elementin lämpöarvoa ja paksuutta verrattiin hirsirakenteeseen, huomattiin näiden välisen paksuuseron olevan 44 mm ja U-arvojen välisen eron olevan 0,23 W/m<sup>2</sup>K. 90 mm paksun CLT elementin lämpöarvo oli 1.01, kun levyn paksuus lisääntyi 60 mm levyn lämpöarvo parani 0.36 W/m<sup>2</sup>K. Laskennallisesti elementin lämpöarvo parani 0,006 W/m<sup>2</sup>K jokaista paksuuteen lisättyä millimetriä kohden, näin ajateltuna 134 mm paksu CLT elementti olisi U-arvoltaan 0,746 W/m<sup>2</sup>K. Tämän perusteella

voidaan olettaa, että saman paksuisina rakenteinakin toteutettuna olisi CLT elementtien U-arvo ollut vähän hirsiseinän U-arvoa parempi.

U-arvossa kaikki rakenneratkaisut täyttivät seinärakenteet osalta Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 24§ loma-asumiseen tarkoitettun pientalon lämmönläpäisykertoimen vertailuarvon asettaman vaatimuksen (kuva 3). Tilaajan toiveena oli kohtalaisen hyvä U-arvo valitulle seinärakenteelle, joten vertailuarvoa parempi tulos oli vain eduksi rakenteiden valintaa miettiessä. Vaatimus ei kuitenkaan täyty 90 mm paksu CLT-rakenteen kohdalla, joka oli paksuudeltaan liian pieni ja lämmönläpäisykertoimeltaan liian iso. Tämä ei kuitenkaan asetuksen osalta haitannut sillä se ei kosketa alle 50 m<sup>2</sup> olevia rakennuksia, mutta se toimi hyvänä vertailukohdana seinän lämmönläpäisykertoimen arvioinnissa. Koska tilaaja halusi seinärakenteen lämmönläpäisykertoimen olevan kohtalaisen hyvä, todettiin 90 mm paksun CLT-rakenteen lämmönläpäisykerroin riittämättömäksi. Päätökseen vaikutti paremmalla lämmönläpäisykertoimella varustetun hirsisen vapaa-ajan asunnon samansuuruinen hinta. 90 mm elementtien heikon U-arvon vuoksi ainoaksi mahdolliseksi CLT-rakenteeksi jäi 150 mm paksu elementti, tämän vuoksi CLT-rakenteen hinta oli toteutusta ajateltuna selkeästi kallein vaihtoehto.

Toteutusaikataulun ja kustannusten suhteen CLT- ja hirsirakenteinen ovat lähestulkoon saman hintaisia. Kaikista toteutustavoista rankarunkoinen oli rakennusvaiheeltaan kallein. Rankarunkoisen toteutuksen työkustannukset ovat suurin piirtein tuplasti kalliimmat kahteen muuhun toteutustapaan verrattuna. Kuitenkin hintaero jää hyvin pieneksi, jos huomioidaan, että rankarakenteisten seinien rakennusaika kestäisi 15 työvuoraa pidempään. Jos rankarakenteisen työkustannukset olisivat päiväkohtaisesti samansuuruisia kahden muun toteutuksen kanssa, olisi työkustannusten suuruus 29 700–31 900 €, joka on enemmän kuin 150 mm CLT-rakenteisen vapaa-ajan asunnon seinärakenteiden hinta kokonaisuudessaan. Rankarakenteisen työkustannukset olivat noin 350 € työvuoraa kohtaan. Rankarakenteisen toteutuksen osalta rakennustyön kustannukset ovat tosin vain suuntaa antavia, sillä opinnäytetyötä varten ei kysytty tarjousta rakennustyölle vaan se laskettiin itse 43,71 € tuntipalkalla, jossa oli sosiaalikulut huomioituna.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa seinien kustannus ja toteutusaikataulun vertailua CLT, hirsi ja rankarungon välillä. Vertailua oli tarkoitus tehdä CLT ja hirsi toteutusten välillä valmistajilta saatujen tarjousten pohjalla. Rankarungon osalta tavoitteena oli tehdä määräluettelo seinän materiaaleista. Määräluettelon tekemistä varten piirrettiin pohja- ja julkisivukuvat. Määräluetteloa käytettiin materiaaleja koskevan tarjouksen saamiseksi. Toteutusaikataulut seinärakenteiden osalta oli tarkoitus saada tarjousten pohjalta, paitsi rankarungolle, jolle toteutusaikataulu laskettiin itse. Tavoitteena oli vertailla rakenteita ja niiden toteutuksia toisiinsa niin, että tilaajalle syntyisi käsitys eri toteutustapojen ominaisuuksien ja kustannusten suhteen.

Tarjouspyyntöjä varten löydettiin sopivat pohjaratkaisut hirsi- ja CLT-rakenteisena, jotta tilaajan asettamat reunaehdot täyttyivät. Rankarungon piirustukset tehtiin vastaamaan CLT-rakenteista. Tarjouspyyntöjen osalta tavoitteeseen ei päästy sillä hirsirakenteista, joista kysyttiin useampia tarjouksia, saatiin vain yksi vastaus. CLT:n ja rankarungon osalta tarjouksiin vastattiin toivotussa laajuudessa, vaikka tarjouksia kysyttiin vain yksittäisistä paikoista. Tarjousten pohjalta saatiin kuitenkin tehtyä vertailua ja tilaaja sai käsityksen toteutusaikataulusta ja kustannuksista toteutustavasta riippuen. Rakenteiden vertailussa olisi rankarunkoiselle voinut tarjouksia kysyä valmiista elementtisistä, jolloin hinnat olisivat voineet olla vielä vertailukelpoisempia. Rankarungon osalta olisi voinut laskea esimerkiksi RT kustannuslaskennan avulla vertailuhinnan seinien toteutukselle.

Ennen opinnäytetyön tekoa oli ennakoajatuksena toteutusten aikataulun ja hinnan suhteen, että CLT olisi materiaalina huomattavasti kahta muuta kalliimpi. Kuitenkin CLT-elementtisien kasauksen oletettiin olevan toteutusaikataulullisesti pitkäkestoisin. Hirsirakentamisen ajateltiin olevan hinnallisesti edullisempi CLT-elementteihin verrattuna, mutta kuitenkin pääsevän toteutusaikataulullisesti lähestulkoon CLT-elementtisien tasolle. Rankarungon osalta materiaalikulujen odotettiin olevan huomattavasti pienimmät kahteen muuhun toteutustapaan verrattuna. Kuitenkin seinien rakentamisvaiheesta aiheutuvien kustannusten ajateltiin olevan paljon suuremmat kuin CLT- ja hirsiseinien pystyttämistä syntyvien kustannusten.

Yllätyksellistä opinnäytetyön tuloksissa oli rakentamisvaiheen kustannusten osuudet. CLT- ja hirsirakenteisen vapaa-ajan asunnon rakennuskustannukset olivat lähes samansuuruiset. Rankarunkoisten seinien rakentaminen oli kallein toteuttaa, mutta ero jäi pieneksi, kun huomioon otettiin rankarunkoisten seinien rakennusajan pituus. Myös CLT-elementtien ja hirsien välinen hintaero jäi paljon odotettua pienemmäksi, koska hintaeron odotettiin olevan selkeästi kalliimpi CLT toteutuksessa. Kuitenkin tilaajan toimesta ohuemman CLT-rakenteen heikko U-arvo johti sen hylkäämiseen mahdollisena toteutusvaihtoehtona. Tämä vaikutti toteutusten hintaeron suuruuteen sillä 134 mm paksun hirren ja 150 mm paksun CLT-elementtien materiaalikustannusten välinen hintaero oli noin 8000 €. Kuitenkaan kokototeutukselle, joka huomioi materiaalit, rahdin ja työn osuudet ei jäänyt hintaeroa kuin alle 6000 €. Valinnan johdosta CLT:n hinta nousi ennako odotusten mukaisesti kalleimmaksi vaihtoehdoksi.

Jatkoa ajatellen olisi kiinnostavaa selvittää aukotusten määrän ja koon vaikutus elementtien hintaan. Nousisiko elementtien hinta, jos aukotuksia olisi paljon, jolloin elementtejä joutuisi työstämään

enemmän. Vai olisivatko elementit edullisempia silloin, kun aukotuksia on paljon, koska elementtien lopullinen materiaalmäärä olisi pienempi. Olisiko aukotusten muodolla vaikutusta elementtien hintaan, esimerkiksi pyöreiden aukotusten tekoa voitaisiin verrata täysin vastaavan rakennuksen hintaan, jossa aukotukset olisivat neliömääräisesti yhtä suuria, mutta nelikulmaisen muotoisia. Samaa vertailua voisi pohtia myös hirsirakenteen osalta.

Luotettavuuden osalta opinnäytetyössä on pyritty viittaamaan aktiivisesti lähteisiin. Lähteiden suhteen on pyritty olemaan kriittisiä ja tietoa on haettu monipuolisesti eri lähteistä, jotta tiedot olisivat mahdollisimman luotettavia. Itsetehdyissä laskuissa ja piirustuksissa mahdollisuus inhimillisiin virheisiin, joten niiden oikeellisuus ja luotettavuus olisi kyseenalaistettava. Eettisyyden näkökulmasta käytetyille kuville ja tiedoille on kirjattu lähteet. Tarjouksen antaneita on tiedotettu tarjousten käyttötarkoituksesta ja heiltä on kysytty ja saatu lupa saatujen tulosten käyttöön ja julkaisuun opinnäytetyössä.



## LÄHTEET

Arch20 julkaisuaika tuntematon. All you need to know about cross laminated timber CLT. Verkkojulkaisu. <https://www.arch2o.com/cross-laminated-timber-clt/>. Viitattu 15.3.2023

Kultahirsitalot 2022. Riittävä hirren paksuus – näin valitset oikean paksuisen hirren. Verkkojulkaisu. Julkaistu 20.6.2022. <https://www.kultahirsitalot.fi/yleinen/riittava-hirren-paksuus-nain-valitset-oikean-paksuisen-hirren/>. Viitattu 19.3.2023

Kotilehto Julkaisuaika tuntematon. Paavo CLT-huvila. Verkkojulkaisu. <https://www.kotilehto.net/paavo30-clt-huvila/>. Viitattu 21.3.2023

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>. Viitattu 13.3.2023

Miettinen, Markku 2023. Tarjoustu Luoto 25c mökistä. Yksityinen sähköpostiviesti 7.3.2023. Viestin saaja: Jenni Nevalainen

Puuinfo 2015. Esimerkkilaskelma, Ulkoseinän U-arvo ja vesihöyryn diffuusio. Verkkojulkaisu. Julkaistu 5.11.2015. [https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Moduuli\\_5\\_Esimerkki\\_1\\_Ulkosein%C3%A4n-U-arvo.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Moduuli_5_Esimerkki_1_Ulkosein%C3%A4n-U-arvo.pdf). Viitattu 23.3.2023

Puuinfo 2020. Hirsirakenteet. Verkkojulkaisu. Julkaistu 14.7.2020. <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/>. Viitattu 13.3.2023

Puuinfo 2020. Hirsirakenteet, ominaispiirteitä. Verkkojulkaisu. Julkaistu 14.7.2020. <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>. Viitattu 19.3.2023

Puuinfo 2020. 4 Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus. Verkkojulkaisu. Julkaistu 14.7.2020. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/4-Rakennustarvikkeiden-ja-pintojen-luokitus.pdf>. Viitattu 17.3.2023

Puuinfo 2020. Rankarakenteet. Verkkojulkaisu. Julkaistu 11.6.2020. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/rungon-toimintaperiaate/>. Viitattu 14.3.2023

Puuinfo 2020. Rankarakenteet. Seinän ominaisuudet. Verkkojulkaisu. Julkaistu 9.6.2020. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/seinan-ominaisuudet/>. Viitattu 25.3.2023

Puuinfo 2023. Monikerroslevy (CLT). Verkkojulkaisu. Julkaistu 16.1.2023. <https://puuinfo.fi/puutieto/insinööriotteet/monikerroslevy-clt/>. Viitattu 3.3.2023

Rakennusliitto julkaisuaika tuntematon. Rakennusala työehtosopimus 2022–2024. Verkkojulkaisu [https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2022/04/Rak\\_Tes\\_2022\\_2024.pdf](https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2022/04/Rak_Tes_2022_2024.pdf). Viitattu 21.3.2023

Rakennusteollisuus julkaisuaika tuntematon. Tarjouspyyntö. Verkkojulkaisu. <https://www.rt.fi/Toimialat/Talonrakennusteollisuus/Lakiasiat-oikeustapaukset/Hankintalaki-julkiset-hankinnat/tarjouspyynto/>. Viitattu 30.3.2023

Rakennusteollisuus 2018. Jäsenkirje Talo/42/2018, Rakennusalan toimihenkilöiden sosiaalikulut ja niiden muutokset 1.1.2019 lukien. Verkkojulkaisu. Julkaistu 18.12.2018. <file:///C:/Users/Dell/Downloads/rakennusalan-toimihenkiloiden-sosiaalikulut-janiiden-muutokset-1.1.2019-lukien.pdf>. Viitattu 25.3.2023

Raksystems 2017. U-arvo. Verkkojulkaisu. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rakersystems.fi/sanasto/u-arvo/>. Viitattu 25.3.2023

Ratu KI-6035 Rakennustöiden menekit 2020 2019. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25380#page=1>. Viitattu 21.3.2023

Ratu 17–10721 Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://fasmer.fi/wp-content/uploads/2020/11/RYHT-2000-RT-10721.pdf>. Viitattu 26.3.2023

Ratu 82–11006 Ulkoseinärakenteita 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/9157#page=1>. Viitattu 21.3.2023

Ratu 82–10903 Väliseinärakenteita 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/10173#page=1>. Viitattu 21.3.2023

Savonia AMK julkaisuaika tuntematon. Rakentamistalous 3, kustannusarviolaskenta. <https://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=15835#section-1>. Viitattu 30.3.2023

Sukari, Jaakko 2023. Hinta clt elementeille opinnäytetyötä varten. Yksityinen sähköpostiviesti 20.3.2023. Viestin saaja: Jenni Nevalainen

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2002. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. <file:///C:/Users/Dell/Downloads/C4s.pdf>. Viitattu 17.3.2023

Vatanen, Jukka 2023. K-raudan tilauksenne / tarjouksenne: 5122468016. Yksityinen sähköpostiviesti 22.3.2023. Viestin saaja: Jenni Nevalainen

Verohallinto 2023. Vakituinen vai vapaa-ajan asunto. Verkkojulkaisu. Päivitetty 1.1.2023. <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/asuminen/kiinteistovero/vakituinen-vai-vapaa-ajan-asunto/>. Viitattu 19.3.2023

Vilen, Noora 2023. Tarjousta opinnäytetyötä varten. Yksityinen sähköpostiviesti 24.3.2023. Viestin saaja: Jenni Nevalainen

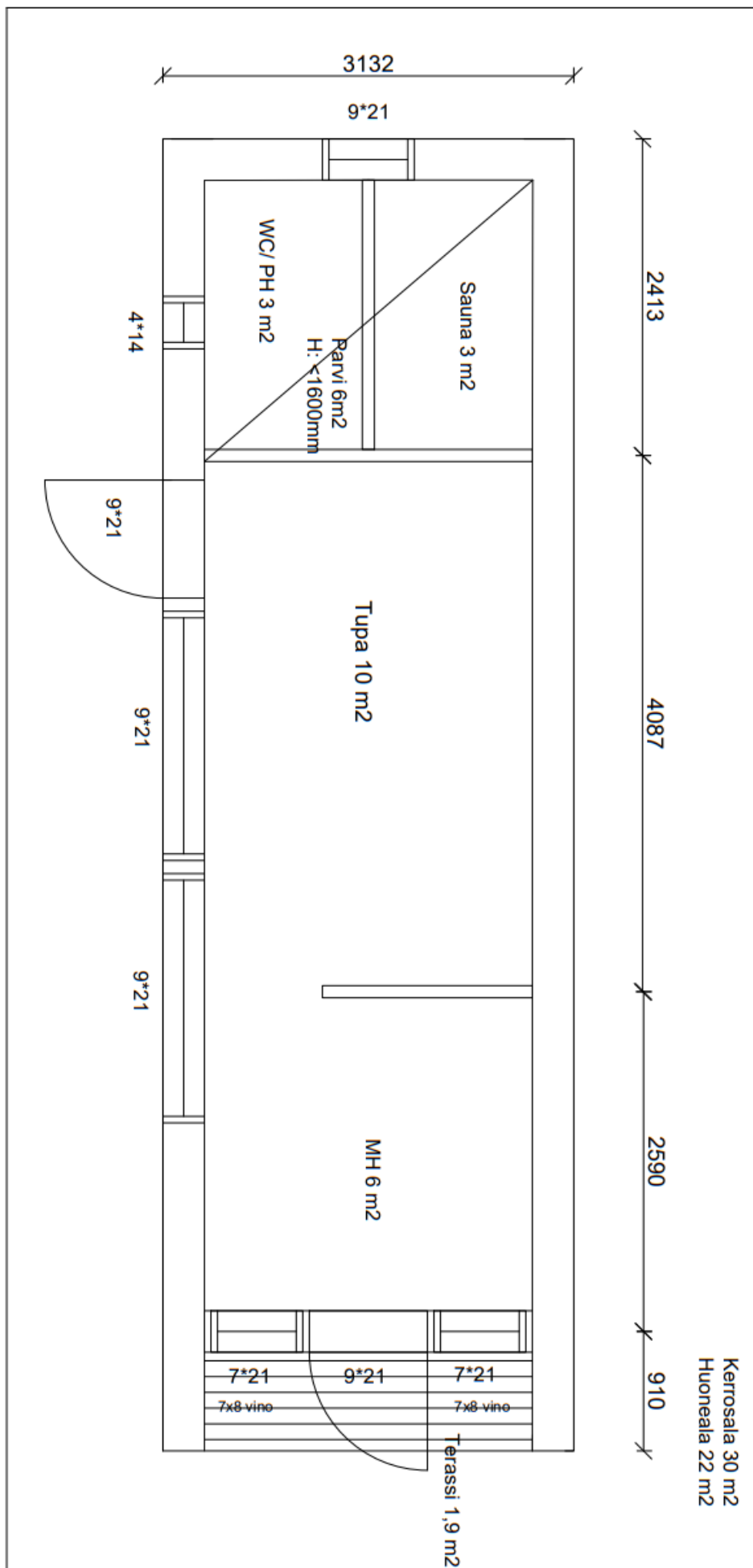
Yle uutiset 2014. Kuhmossa tehdään puurakentamisen teollisuushistoriaa - CLT-levyihin kohdistuu isoja odotuksia. Verkkojulkaisu. Päivitetty 7.9.2016. <https://yle.fi/a/3-7552868>. Viitattu 3.3.2023

Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkojulkaisu. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Viitattu 19.3.2023

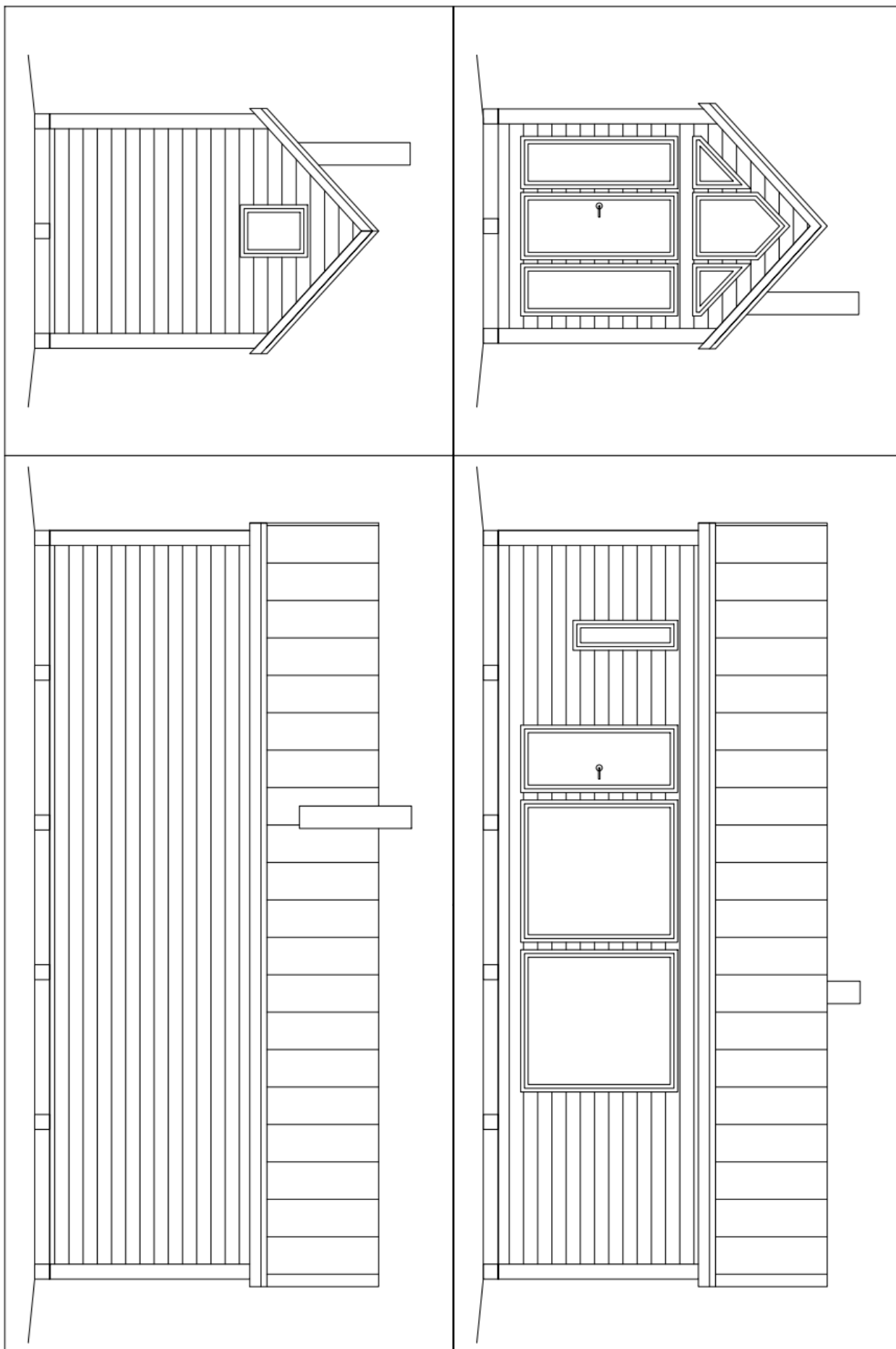
Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796#Pidm45053758587520>. Viitattu 19.3.2023

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Lidm45053758356784>. Viitattu 19.3.2023

## LIITE 1: RAKENNUKSEN POHJAKUVA



## LIITE 2: RAKENNUKSEN JULKISIVUKUVAT



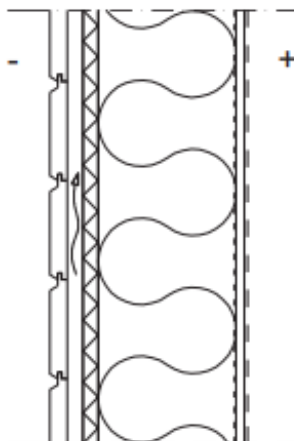
## LIITE 3: ULKOSEINÄN RAKENNE (RATU 82–11006 ULKOSEINÄRAKENTEITA 2010)

RT 82-11006

ohjeet - 24

Rakennuskohde	Puurunkoinen seinä Mineraalivillaeriste Puuverhous	RT US 701
Suunnittelija		US

Mittakaava 1:10



## Rakennekerrokset:

28 mm	Pintakäsittely rakennuselostuksen mukaan
22...25 mm	Ulkoverhous rakennuselostuksen mukaan, ulkoverhouslautaa (vähintään 24 mm)
	Tuuletusväli
25 mm	Pystylaudat, 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
223 mm	Tuulensuoja, mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
	Kantava rakenne rakennus suunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
0,2 mm	Lämmöneriste, 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
9...15 mm	Ilman- ja höyrynsulku, polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
	Rakennuslevy, esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

## Ohjeet:

Jos ulkoverhous tehdään pystyverhouslaudoin, asennetaan vaakasuuntaisten kiinnityslautojen alle (tuulensuojalevyn päälle) lisäksi vähintään 15 mm paksut rimat tuuletusvälin ilmankierron varmistamiseksi.

Tuulensuojalevynä voidaan käyttää esimerkiksi säänkestävää puukuitulevyä. Tuulensuojalevyt saumataan tiiviisti lämmöneristeen tuotehyväksyntäpäätöksen mukaisesti.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää esimerkiksi puhallettavaa puukuituvillaa.

Runkoa vasten, rakennuslevyn alle voidaan asentaa esimerkiksi 9 mm havuvaneri.

Ks. myös taulukko 1.

## Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K

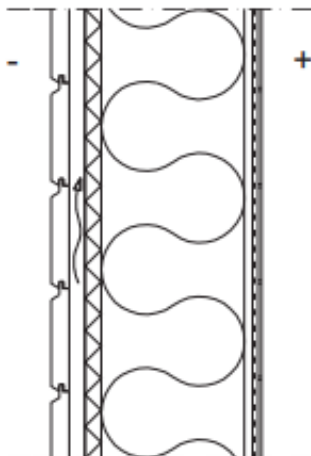
## LIITE 4: ULKOSEINÄN RAKENNE MÄRKÄTILA (RATU 82–11006 ULKOSEINÄRAKENTEITA 2010)

RT 82-11006

ohjeet - 25

Rakennuskohde	Puurunkoinen seinä Mineraalivillaeriste Puuverhous	RT US 702
Suunnittelija	Märkätila	US

Mittakaava 1:10



## Rakennekerrokset:

28 mm	<b>Pintakäsittely</b> rakennusselostuksen mukaan
22...25 mm	<b>Ulkoverhous</b> rakennusselostuksen mukaan, ulkoverhouslauta (vähintään 24 mm)
	<b>Tuuletusväli</b>
	<b>Pystylaudat</b> , 22...25 mm k 600 kiinnityslaudat runkotolppien kohdilla
25 mm	<b>Tuulensuoja</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
223 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennusuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
	<b>Lämmöneriste</b> , 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
≥ 12 mm	<b>Rakennuslevy</b> vedeneristysjärjestelmän mukaan
	<b>Vedeneriste</b> , sertifioitu vedeneristysjärjestelmä, liittymän lattian vedeneristeeseen oltava yhtenäinen
	<b>Kiinnityslaasti</b> , vedenkestävä
	<b>Seinäpinta</b> huoneselosteen mukaan, laatoitus

## Ohjeet:

Tuulensuojalevynä voidaan käyttää esimerkiksi säänkestävää puukuitulevyä. Tuulensuojalevyt saumataan tiiviisti lämmöneristeen tuotehyväksyntäpäätöksen mukaisesti.

Seinärunгон mitat ja jakoväli sekä jäykistys rakennusuunnitelman mukaan.

Laatoitusalustana oleva rakennuslevy jäykistetään asentamalla lisäkoolaus, esim. 45 x 45, kantavien runkotolppien keskiväleihin.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää esimerkiksi puhallettavaa puukuituvillaa.

Vedeneriste liitetään tiiviisti viereisten rakenteiden vedeneristeeseen tai höyrynsulkuun.

Ks. myös taulukko 1.

## Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin  $U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K

## LIITE 5: VÄLISEINÄN RAKENNE (RATU 82–10903 VÄLISEINÄRAKENTEITA 2010)

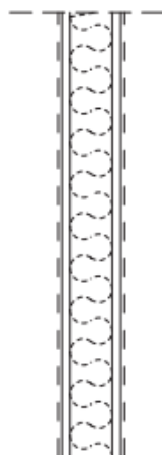
RT 82-10903

ohjetiedosto

30

Rakennuskohde	Puurunkoseinä	RT VS 701
Suunnittelija		VS

Mittakaava 1:10



Rakennekерrokset:

≈ 8 mm  
66 mm

**Seinäpinta ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan  
**Rakennuslevy** rakennuslостuksen mukaan  
**Kantava rakenne**, puurunko k 600, mitallistettu  
**Ääneneriste**, tarvittaessa  
**Rakennuslevy** rakennuslостuksen mukaan  
**Seinäpinta ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan

Ohjeet:

Ääneneristävyyden parantamiseksi seinärakenteessa voidaan käyttää eristeenä puukuitu- tai mineraalivillaa.

Seinän kokonaispaksuus suositellaan mitoittavaksi siten, että se vastaa välilövien va-kiokarmisyyttä.

Kalusteiden ja raskaiden kiinnitysten kohdalla seinärunko vahvistetaan väliseinäjärjestelmä-toimittajan tai rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

Runkoa vasten, rakennuslevyn alle voidaan tarvittaessa asentaa esimerkiksi 9 mm:n havu-vaneri lisäjäykisteeksi ja varusteiden kiinnittämiseksi, yms.

Ks. myös taulukko 1.

Ominaisuudet:

## LIITE 6: VÄLISEINÄN RAKENNE MÄRKÄTILA (RATU 82–10903 VÄLISEINÄRAKENTEITA 2010)

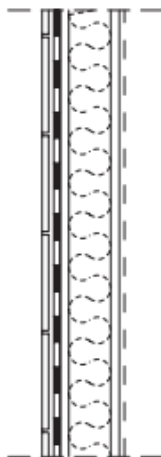
31

ohjetiedosto

RT 82-10903

Rakennuskohde	Puurunkoseinä	RT VS 702
Suunnittelija	Märkätilä	VS

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

- Seinäpinta** huoneselosteen mukaan, laatoitus  
**Kiinnityslaasti**, vedenkestävä, tartuntasilta tarvittaessa  
**Vedeneriste**, sertifioitu vedeneristysjärjestelmä, liittymän lattian vedeneristeeseen oltava yhtenäinen  
 $\geq 8$  mm **Rakennuslevy**, vedeneristysjärjestelmän vaatimusten mukaan  
 $66$  mm **Kantava rakenne**, puurunko k 400, mitallistettu  
**Ääneneriste**, tarvittaessa  
 $\geq 8$  mm **Rakennuslevy** rakennusselostuksen mukaan  
**Seinäpinta ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan

Ohjeet:

Vedeneriste liitetään tiiviisti viereisten rakenteiden vedeneristeeseen tai höyrynsulkuun.

Ääneneristävyyden parantamiseksi seinärakenteessa voidaan käyttää eristeenä puukuitu- tai mineraalivillaa.

Kalusteiden ja raskaiden kiinnitysten kohdalla seinärunko vahvistetaan väliseinäjärjestelmätoimittajan tai rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

Runkoa vasten, rakennuslevyn alle voidaan tarvittaessa asentaa esimerkiksi 9 mm:n havuvanerin lisäjäykisteeksi ja varusteiden kiinnittämiseksi, yms.

Ks. myös taulukko 1.

Ominaisuudet: