



Pientalon puuelementtien vertailu perustajaurakoinnissa

Esko Salminen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

SALMINEN, ESKO:

Pientalon puuelementtien vertailu perustajaurakoinnissa

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2021

Opinnäytetyön aiheena on pientalokohteen puuelementtien vertailu perustajaurakoinnissa. Opinnäytetyö tehtiin Rakennusliike Omakiinteistö Oy:lle Vuoreksen tulevaan rivitalokohteeseen. Tässä opinnäytetyössä vertailtiin kolmea puuelementtiratkaisua, jotka olivat CLT-elementti, puurunkoinen elementti ja lamellihirsi. Vertailussa otettiin huomioon tuotteen käytön sisäilma- ja terveysvaikutukset ja tuotteiden kustannukset.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda sekä Vuoreksen kohteeseen että tuleviin kohteisiin auttava materiaali puuelementtiratkaisujen valintaan. Opinnäytetyössä materiaalien ominaisuuksia sekä puunkäytön sisäilma- ja terveysvaikutuksia tarkasteltiin kirjallisuus- ja tutkimuslähteiden avulla. Materiaalien kustannuksia vertailtiin elementtitoimittajien tarjouspyyntöjen ja kustannuslaskennan perusteella. Kustannuslaskennassa huomioidtiin julkisivuverhoukset ja sisätilan töitä.

Puun käytön sisäilma- ja terveysvaikutuksilla on lähdetietojen perusteella suurin vaikutus tasata ja vähentää sisäilman suhteellisen kosteuden suuria vaihteluita parantaen koettua sisäilman laatua. Elementtimateriaalien ominaisuudet eivät poikenneet paljoa toisistaan, suurin ero oli asennuksessa lamellihirrellä CLT-levyyn ja puurunkoiseen elementtiin verrattuna. Toimituskustannuksissa lamellihirsi oli kallein ja puurunkoinen elementti edullisin. Jälkitöiden kustannuksissa lamellihirsi oli edullisin ja CLT kallein.

Opinnäytetyö vertailun lopputuloksena päädyttiin puurunkoiseen elementtiratkaisuun sen kilpailukykyisen hinnan ja kattavan toimitussisällön ansiosta.

Asiasanat: CLT, puurunkoinen elementti, lamellihirsi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

SALMINEN, ESKO:

Comparison of Wooden Elements of a Detached House in Founder Contracting

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 7 pages

May 2021

The topic of the thesis is the comparison of the wooden elements of a detached house project in founder contracting. The thesis was commissioned by Rakennusliike Omakiinteistö Oy for the future terraced house project in Vuores. In this thesis, three wooden element solutions were compared, which were the CLT-element, the timber framed element and the laminated log. The comparison considered the indoor air and health effects of the use of the product and the cost of the products.

The purpose of the thesis was to create material that will help the Vuores site, as well as future sites, in the selection of wooden element solutions. In the thesis, the properties of materials and the indoor air and health effects of wood use were examined with the help of literature and research sources. The costs of the materials were compared based on invitation for bids and cost calculations from element suppliers. The cost calculations considered the façade cladding and the work in the interior.

According to the source data, the indoor air and health effects of wood use have the greatest effect on equalizing and reducing large emissions of relative indoor air humidity and improving the perceived indoor air quality. The properties of the element materials did not differ much from each other. The biggest difference was in the installation with laminated log compared to the CLT-board and the timber framed element. In terms of delivery costs, the laminated log was the most expensive and the timber framed element was the cheapest. In post-production costs, the laminated log was the cheapest and the CLT the most expensive.

As a result of the comparison, the thesis ended up with a wooden frame element solution due to its competitive price and comprehensive delivery content.

Key words: CLT, timber framed element, laminated log

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	PERUSTAJAURAKOINTI	6
3	PUUN KÄYTÖN SISÄILMA- JA TERVEYSVAIKUTUSET	8
	3.1 Puun vaikutus sisäilman kosteuteen	8
	3.2 Hengittävä rakenne	10
4	CLT-ELEMENTTI	11
	4.1 Yleistä	11
	4.2 CLT-elementin rakenne	12
5	PUURUNKOINEN ELEMENTTI	14
	5.1 Yleistä	14
	5.2 Puurunkoisen elementin rakenne	15
6	LAMELLIHIRSI	17
	6.1 Yleistä	17
	6.2 Lamellihirsiseinän rakenne	19
7	RAKENNUSKOHDE	20
8	KUSTANNUKSET	22
	8.1 CLT-elementti	22
	8.1.1 Toimituksen hinta	22
	8.1.2 Jälkitöiden hinta	24
	8.2 Puurunkoinen elementti	24
	8.2.1 Toimituksen hinta	24
	8.2.2 Jälkitöiden hinta	26
	8.3 Lamellihirsi	27
	8.3.1 Toimituksen hinta	27
	8.3.2 Jälkitöiden hinta	28
9	YHTEENVETO	29
10	POHDINTA	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	34
	Liite 1. Rakennuskohteen ARK-kuvat	34
	Liite 2. Kustannuslaskelma julkisivu verhous	39
	Liite 3. Kustannuslaskelma sisäpuolentyöt	40

1 JOHDANTO

Puurakentamisella on pitkät perinteet Suomessa ja puunkäytön suosio on vaihdellut vuosien varrella. Puun käyttö rakentamisessa on lisääntynyt lähiaikoina niin pientalo- kuin isoissa julkishankeissa. Tätä on edesauttanut puun ekologisuus ja kehittyneet elementtiratkaisut.

Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun talonrakennustekniikan koulutusohjelmassa kevään 2021 aikana. Opinnäytetyön aihe sai alkunsa Rakennusliike Omakiinteistö Oy:n syksyllä 2021 alkavasta perustajaurakointi kohteesta Vuoreksen Isokuudessa. Kohteeseen on suunnitteilla rivitaloja, jotka halutaan toteuttaa puuelementeistä.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla eri puuelementtiratkaisuja, jotka voisivat sopia kohteeseen ja näin ollen toimia auttavana materiaalina puuelementtien valinnassa. Nämä puuelementit ovat CLT elementti, rankarunkoinen elementti ja lamellihirsi. Tavoitteena on myös pystyä hyödyntämään opinnäytetyötä materiaalina tulevilla projekteilla.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan puuelementtien ominaisuuksia ja materiaalien terveys- ja sisäilmavaikutuksia kirjallisuuslähteiden avulla pientalorakentamisen näkökulmasta. Lisäksi työssä vertaillaan elementtien kustannuksia elementtitehtailta pyydettyjen tarjousten avulla. Lopuksi työssä tarkastellaan elementtien lopputöiden kustannuksia kustannuslaskennalla.

2 PERUSTAJAURAKOINTI

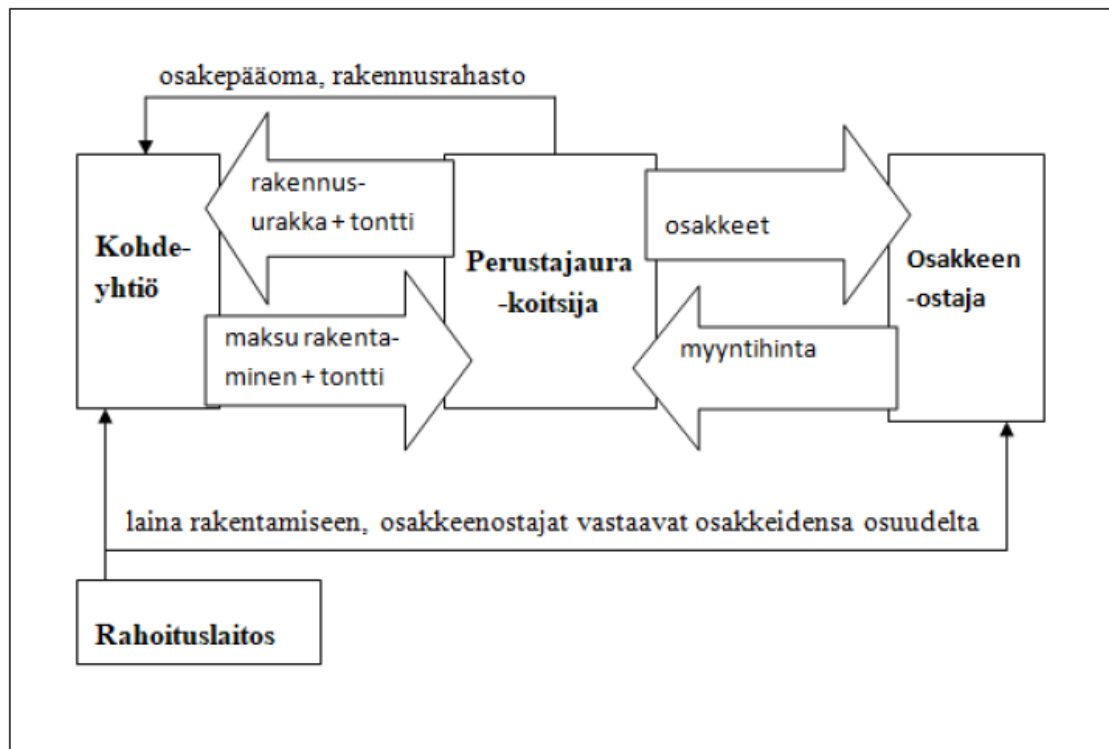
Kirjanpitolautakunta kuvaa yleisohjeessaan perustajaurakointia eli gryndausta liiketoimintana, jossa rakennusliike suunnittelee, markkinoi, rakentaa ja myy asuntoja tai liike- ja toimistotiloja siten, että ostaja saa hallintaoikeuden kyseisiin tiloihin hankkimalla omistukseensa asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön osakkeita (Kirjanpitolautakunta 2017). Perustajaurakointi on yksi yleisimmistä suomalaisista rakentamisen tavoista ja se sisältää useita eri asioita ja vaiheita sekä käytännön että juridiikan näkökulmasta.

Kirjanpitolautakunnan yleisohjeen mukaan perustajaurakoinnissa rakennusliike hankkii aluksi tontin perustettavan kohdeyhtiön eli asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön nimiin, joka siirtyy kohdeyhtiön hallintaan, kun kohdeyhtiö on perustettu ja kirjattu kaupparekisteriin. Rakennusliike aloittaa kohteen suunnittelun, laatii rakennuslupaan vaadittavat suunnitelmat ja muut rakennusta koskevat suunnitelmat. Rakennushankkeen käynnistettyä rakennusliike solmii rakennushanketta koskevat sopimukset kohdeyhtiön kanssa ja puolesta esimerkiksi vesi-, viemäri- ja sähkö sopimukset sekä tekee tarvittavat urakkasopimukset muiden urakoitsijoiden kanssa. Rakennusliike suorittaa rakentamispalvelun. Kohdeyhtiön nimissä laaditaan turva-asiakirjoista taloussuunnitelma mm. rahoituksesta. Rakennusliike hoitaa tarvittavan rahoituksen kohdeyhtiölle ja solmii tarvittaessa asuntokauppalain mukaiset sopimukset rahoituslaitoksen ja vakuutusyhtiön kanssa. (Kirjanpitolautakunta 2017.)

Tontin rahoitus tapahtuu kirjanpitolautakunnan yleisohjeen mukaan kohdeyhtiön omalla eli rakennusliikkeen kohdeyhtiöön tekemällä sijoituksella sekä yleensä myös osin ulkoisella pääomalla (kohdeyhtiöön otettavilla lainoilla). Huoneistojen markkinointi ja hallintaan tapahtuva myynti osakkeiden ostajille alkaa pääsääntöisesti jo rakentamisaikana. (Kirjanpitolautakunta 2017.)

Perustajaurakoitsijan tulot koostuvat kirjanpitolautakunnan yleisohjeen mukaan osakkeiden myynnistä ulkopuolisille ja menot vastaavasti rakentamis- ja tonttikustannuksista eikä kohdeyhtiön osakkeiden hankinnasta (Kirjanpitolautakunta 2017).

Kuvio 1 kuvaa visuaalisesti perustajaurakoinnin liiketoimintaa. Eri osapuolet ovat kuvattuna laatikoissa ja nuolet osoittavat rahan sekä suoritteiden kulkua osapuolten välillä.



KUVIO 1. Perustajaurakoinnin liiketoiminnankuvaus (Kaltio 2018, 12).

3 PUUN KÄYTÖN SISÄILMA- JA TERVEYSVAIKUTUKSET

3.1 Puun vaikutus sisäilman kosteuteen

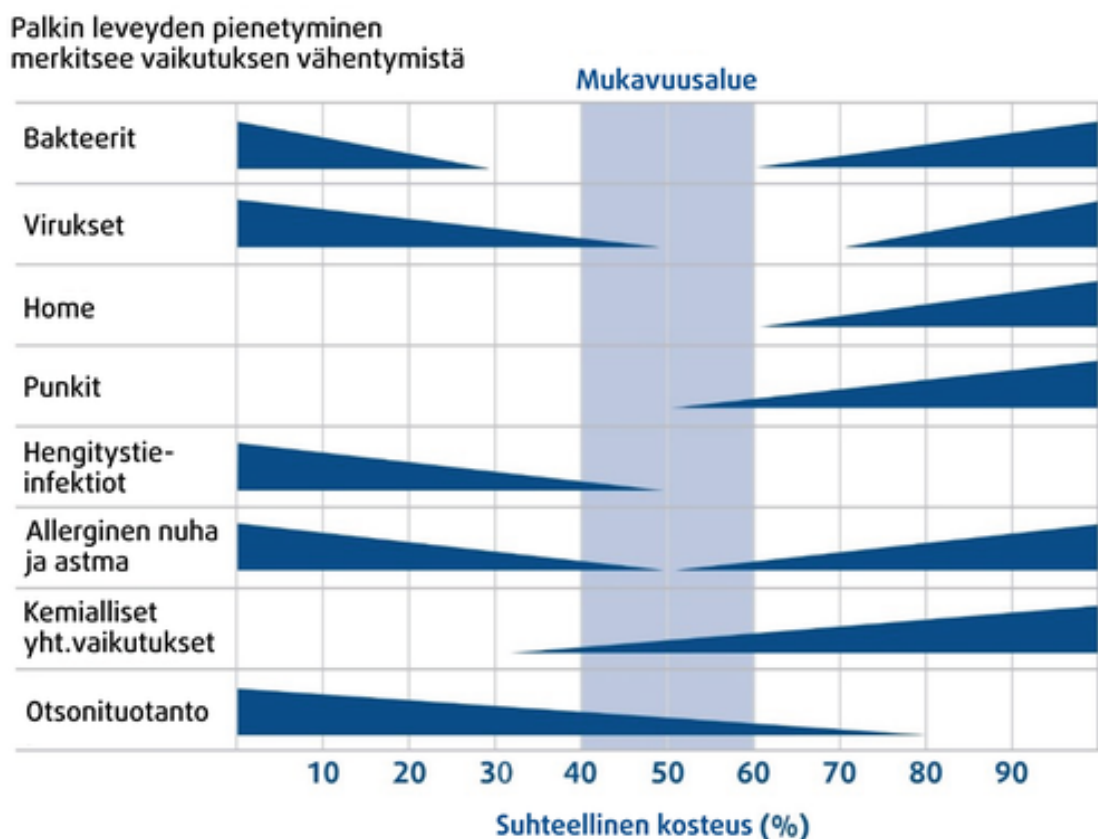
Kokko (2002) kertoo huoneilman suhteellisella kosteudella olevan suoria ja myös välillisiä vaikutuksia huoneilman laatuun. Sisäilman ongelmat ovat monesti otsikoissa ja tavalliset ihmiset sisäilmasiantuntijoiden tavoin alkavat yleisesti olla tietoisia siitä, että sisäilman suhteellisen kosteuden ääripäät voivat aiheuttaa ongelmia. Suomen vaihtelevassa ilmastossa huoneilman suhteellinen kosteus on korkeimmillaan kesällä, kun ulkoilma on kosteaa ja vastaavasti matalimmillaan talvipakkasilla. Huoneilman kosteus ei ole vakaa ja tasainen, vaan muuttuu tyypillisesti nopeasti kosteudentuoton määrän vaihdellessa sisätiloissa. Sisäilman suhteellinen kosteus ja laatu vaihtelee rakennuksittain ja niissä jopa huonetiloittain ilmanvaihdon toiminnasta, rakenteiden ominaisuuksista ja rakennuksen käyttötavasta riippuen. Ongelmallisia esimerkkejä ovat asunnot ja tilat, joissa liian korkean tai matalan suhteellisen kosteuden seurauksena esiintyy epäviihtyisyyttä ja jopa terveydellisiä haittoja. (Kokko, E 2002, 6.)

Puupintoja käyttämällä voidaan vähentää rakennusten sisäilman kosteuden muutoksia. Näkyvää puupintaa esimerkiksi CLT-levyä tai lamellihirttä käyttämällä sisäilman kosteus pysyy paremmin tasaisena ja koetun ilman laatu paranee. Sisäilman kosteuden vuorokausivaihteluun vaikuttaa tilan käytöstä aiheutuva kosteus. Vuodenajat ja sadejaksot vaikuttavat sisäilman kosteuteen pidempiaikaisesti. Sisätilojen puupinnat sitovat itseensä sisäilman kosteutta alentaen vuorokausivaihtelun huippuarvoja ja parantaen koetun sisäilman laatua. Tällöin koneellisen ilmanvaihdon tarve vähenee ja energiaa säästyy verrattaessa tilanteeseen, jossa huoneen pinnat on verhoiltu materiaalilla, joka on vesihöyryä läpäisemätön. (Puuinfo Oy 2020a.)

Materiaalit, jotka sitovat itseensä ilman kosteutta ja luovuttavat tätä kosteutta takaisin sisäilmaan kutsutaan hygroskooppiseksi materiaaliksi. Puu on siis hygroskooppinen materiaali. Hygroskooppiset pintamateriaalit madaltavat sisäilman suhteellisen kosteuden huipun vaihteluja kosteuspuskuroinnin avulla. Puumateriaalin kosteuden puskurointitehokkuuteen vaikuttavat puupinnan syysuunta,

puulaji ja pintakäsittely. Kosteuden puskurointikyky on parhaimmillaan, kun puun pintaa ei olla käsitelty. Puun pintaa käsiteltäessä on tärkeää hengittävien pintakäsittelyaineiden käyttö. (Puuinfo Oy 2020a.)

Tasainen sisäilman suhteellinen kosteus parantaa oleskeluviihtyisyyttä asuintiloissa, suuret heitellyt sisäilman kosteudessa altistavat mahdollisuuden haitallisille tekijöille. Kuviossa 2 esitetään yhteenveto erilaisista vaikuttavista tekijöistä. Osa tekijöistä muuttuu ongelmalliseksi matalassa suhteellisessa kosteudessa ja vastaavasti toiset korkean suhteellisen kosteuden alueella.



KUVIO 2. Suhteellisen kosteuden vaikutus eri tekijöihin (Systemair Oy n.d)

Puuinfon verkkosivuilla kerrotaan käsittelemättömän puupinnan voivan alentaa sisäilman kosteuden vaihtelun ääriarvoja jopa 63 prosenttia, kun sitä verrataan tilaan, jonka seinät ovat maalattua kipsilevyä. Lisäksi sisäilman kosteus pysyy pidemmän aikaa optimaalisella tasolla. (Puuinfo Oy 2020a.)

3.2 Hengittävä rakenne

Puun hygroskooppisuutta ja kosteuspuskurointia ei tule sekoittaa hengittävään rakenteeseen. Hengittävä rakenne on rakenne, johon ympäristöstä voi helposti siirtyä diffuusiolla vesihöyryä ja jossa vesihöyry voi sitoutua hygroskooppiseen materiaaliin tai vapautua siitä ja siirtyä helposti takasin ympäristöön. Vesihöyryn lisäksi hengittävään rakenteeseen voi diffuusioitua myös muita kaasuja kuten hiilidioksidia. Hengittävä rakenne ei tarkoita, että ilmavirta kulkisi vapaasti rakenteen läpi. Kyseinen tilanne on aina rakennusvirhe. Myös hengittävän rakenteen kuuluu toimia ilmatiiviinä. (Puuinfo Oy 2020b; Kokko 2002, 9.)

Puuinfor verkkosivuilla kerrotaan hengittävän rakenteen voivan parantaa sisäilman terveellisyyttä. Tämä perustuu ajatukseen, jossa hengittävä rakenne auttaa rakennuksen ilmanvaihdon tavoin siirtämään sisäilman hiilidioksidia ulkoilmaan ja vastaavasti ulkoilman happea sisäilmaan. Haasteelliseksi Suomen ilmastossa hengittävän rakenteen tekee se, että myös vesihöyry on yksi ilmaseoksen kaasuista. Vesihöyryn liike rakenteissa on rakennusfysiologisesti avainasemassa, puhutaan rakennuksissa vesihöyrynläpäisevyydestä ja höyrynsuluista rakenteiden vertailuissa. (Puuinfo Oy 2020b.)

Puuinfor verkkosivuilla mainitaan vesihöyryn kulkeutumisesta yksiaineisissa seinärakenteissa esimerkiksi lamellihirressä olevan toimiva rakenne, koska rakenteessa ei ole erillisiä rajapintoja, joihin kosteus voisi optimaalisissa oloissa tiivistyä. Nykyisin suurin osa rakenteista ovat kerroksellisia ja vesihöyryn tiivistyminen rakenteeseen on estettävä. Sisäpintamateriaalin vesihöyrynvastuksen pitää olla joka tapauksessa noin viisinkertainen rakenteen ulkopuolella olevaan tuulensuojaan verrattuna, vaikka ei käytettäisikään perinteistä höyrynsulku-muovia. Hengittävälle rakenteelle tuulensuojan hyvä lämmöneristävyys on eduksi. (Puuinfo Oy 2020b.)

4 CLT-ELEMENTTI

4.1 Yleistä

CLT eli Cross Laminated Timber on massiivipuulevystä valmistettu elementtityyppi, joka valmistetaan liimaamalla ristiin lamelli- eli puulevykerroksia (KUVA 1). Kerroksia voi olla 3–10 rakenteellisesta tarpeesta ja käyttökohteesta riippuen. CLT Finland Oy:n tehtaan (CLT Finland Oy 2020) yleisimmät levy paksuudet ovat 90–300 mm:n vahvuisia ja elementtien maksimipituus 12 m ja maksimikorkeus 3,5 m. Elementtien leveyspaksuudet ja maksimit mitat vaihtelevat tehdas kohtaisesti. Massiivipuuna käytetään havupuuta C24-lujuusluokiteltuna ja visuaalisesti lajiteltuna. Se on teollinen puutuote, joka valmistetaan aina asiakasmittoihin. (CLT Finland Oy 2020.)



KUVA 1. CLT-levy (Stora Enso 2016)

CLT patentoitiin Ranskassa 1980-luvulla, mutta CLT-levyn kehitys lähti kasvuun Etelä-Saksassa ja Itävallassa 1990-luvulla. CLT oli alun perin kehitetty vähentämään puuteollisuuden ylijäämäpuuta. CLT-levyissä pystyttiin hyödyntämään huonompilaatuista puutavaraa, joka oli mitoiltaan lyhyttä ja laadulta heikkoa.

Ristiinlaminoinnin ja liimaamisen avulla ylijäämäpuu muuttui laadukkaaksi runkomateriaaliksi. (Mayo 2015, 15–17.)

CLT on äärimmäisen monipuolinen materiaali, jota käytetään rakennusmateriaalina ulko- ja väliseinärakenteissa sekä ala- ja välipohjarakenteissa. CLT-levyä voidaan myös käyttää yläpohjarakenteissa. CLT on luja ja ympäristöystävällinen rakennusmateriaali. Rakenteellisilta ominaisuuksiltaan CLT-levyt ovat jäykkiä, kestäviä ja myös kevyitä. Yksi CLT-levyn eduista on sen tilaa säästävä rakenne. CLT rakenteiset ulko- ja sisäseinät ovat ohuempia kuin esimerkiksi tiiliseinät. Tämä mahdollistaa lisäneliöitä asuintilaan. CLT-levyt ovat tiiviitä ristiin liimauksen ansiosta ja toimivat myös rakenteen höyrysulkuna ja näin ollen erillistä höyrysulkua ei tarvita. (Oy Crosslam kuhmo Ltd 2019.; Stora Enso 2016.)

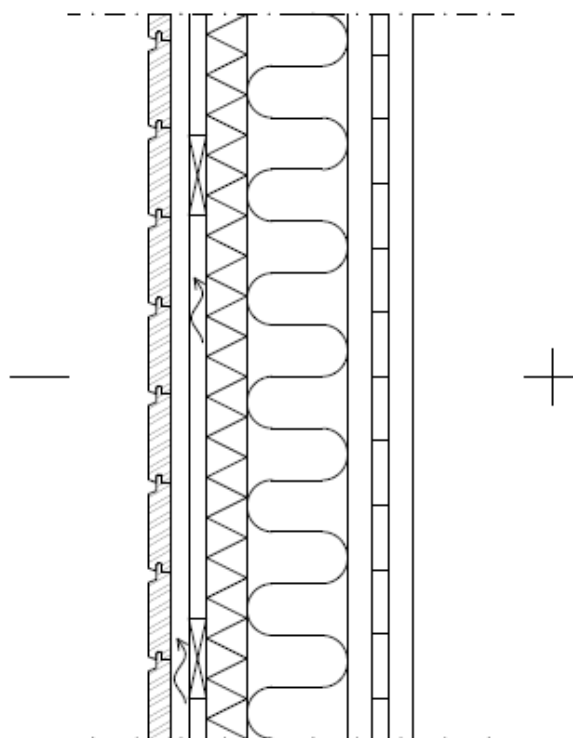
Crosslamin verkkosivuilla ilmoitetaan CLT-levyjen liimojen olevan yksikomponenttisiä formaldehydittömiä polyuretaaniliimoja. Käytetyt liimat ovat ympäristöystävällisiä ja vähäpäästöisiä eikä niistä haihdu epäpuhtauksia sisäilmaan. Liimoilla kerrotaan olevan tiukin M1-päästöluokitus. (Oy Crosslam kuhmo Ltd. 2019.)

CLT suurelementtiin on mahdollista asentaa ulkoverhous, lämmöneristeet, ikkunat, ovet ja LVIS varaukset valmiiksi tehtaalla. Korkea esivalmisteluaste vähentää merkittävästi koko rakennusprojektiin käytettävää aikaa ja rahaa. Yleisimmin CLT suurelementit valmistetaan eri tehtaalla missä CLT-levyt on CNC-työstetty. (Stora Enso 2016.)

4.2 CLT-elementin rakenne

CLT suurelementit ovat rakenteeltaan joko pelkkää massiivipuuta hirsirakenteen tapaan tai lisäeristettyjä elementtejä. CLT:n lisäeristetyssä suurelementissä on useita rakennekerroksia (KUVA 2). Sisäpuolella näkyvänä materiaalina voi olla CLT-levy palo- ja äänitekniisten toiminnan puitteissa. Jos palo- ja äänitekniisyys määrittäminen ei toteudu käytetään yleisesti kipsilevytystä. Esimerkiksi huoneistojen välisissä seinissä tarvitaan lisälevytyks, jotta vaadittu äänieristävyys saadaan toteutettua. Tämä lisälevytys voidaan asentaa esimerkiksi huoneistojen seinän

väliin jäävään ilmatilaan, jolloin saadaan näkyvä CLT pinta näkyviin. Näkyvää CLT-levyä käyttäessä tulee käyttää näkyvän pintalaadun levyä. Keskimmäinen kerros on vaippamainen tuulensuojakerroksen sisältävä lämmöneristyskerros, joka asennetaan CLT-levyn ulkopuolelle. Ulkopuolella elementtiä suojaa ulkoverhous. Verhouksen ja eristeen väliin jätetään yhtenäinen tuuletusväli, kuivattamaan rakenteita. Eristämättömän CLT elementin ulkopinta kuuluu käsitellä tai verhoilla säältä suojaan. (Oy Crosslam kuhmo Ltd. 2019; Puuinfo Oy 2020c; Celt Oy 2017.)



RAKENNE ULKOA SISÄLLE:

	Ulkoverhous
44 mm	Tuuletusrako ja ristiinkoolaus 22x100 k600
50 mm	Tuulensuoja ja lämmöneriste
125 mm	Lämmöneriste ja koolaus 50x125 k600
	Kantava runko, ristiinlaminoitu massiivipuu – CLT-elementti, tässä 80mm

KUVA 2. Esimerkki rakenneleikkaus lisäeristetystä CLT elementistä

5 PUURUNKOINEN ELEMENTTI

5.1 Yleistä

Puurunkoisen elementin kantava runko on toteutettu yleisimmin rakennesahatarasta, joka on mitallistettua ja lujuusluokiteltua kuusi- tai mäntysahataravaa. Yleisimmät mitat mitä käytetään sahatavaralla ovat 48x98/123/173/198 millimetriä. Tavallisesti mitallistaminen tapahtuu höyläämällä sahatavaran kaikilta sivuilta noin yhden millimetrin verran. Yleisin lujuusluokka mitä käytetään, on C24. (Puuinfo Oy 2020d.)

Vanhin järjestelmällinen elementtirakentaminen on käynnistynyt Yhdysvalloissa 1880-luvulla, jolloin rakennukset koottiin ennakolta valmiiksi määrämittaan katkotuista tarvikkeista. Myöhemmin kyseisestä menetelmästä kehittyivät varsinaiset puuelementtijärjestelmät. Puurunkoisten elementtien nykyaikainen puuteollisuus alkoi varsinaisesti jo 1920-luvulla Ruotsissa. Saman vuosikymmenen lopulla myös Suomessa aloitettiin valmistamaan teollisesti puutalojen elementtejä, tämä oli kuitenkin alkuvaiheessa hyvin hajanaista. (Laitinen 1995, 15–17.)

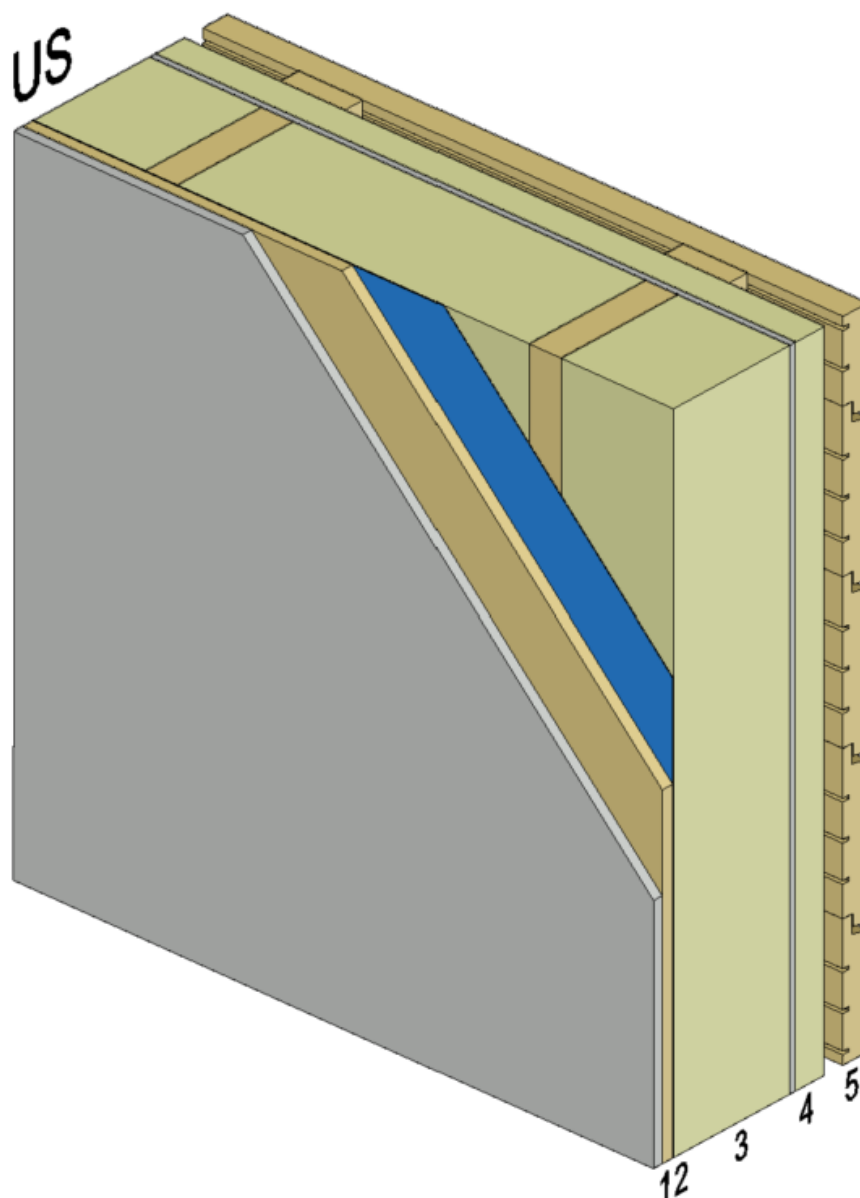
Suurelementtirakentaminen on yleisin puuelementtirakentamisen muoto, sillä tarkoitetaan suuria, kokonaisen seinän kokoisia yhtenäisiä rakenteita. Puurunkoiset suurelementit mahdollistavat tehokkaan ja laadukkaan rakentamisen kaikkina vuodenaikoina, sillä rakenteet saadaan nopeasti sää suojaan noudattamalla kuivaketjua. Suurelementtejä käyttämällä saadaan kustannustehokkaasti laadukkaita rakenteita. Elementit valmistetaan tehdasoloissa ja näin ollen pysyvät suojassa sää vaihteluilta. Suurelementit nopeuttavat rakentamista työmaalla valmiilla kokonaisuudellaan. Suurelementtien asennus onnistuu nopeasti nostamalla suurelementit paikalleen nostokaluston avulla. (Puuinfo Oy 2020e.)



KUVA 3. Puurunkoinen suurelementti elementtitehtaalla (LapWall Oy 2018)

5.2 Puurunkoisen elementin rakenne

Puufinon verkkosivuilla kerrotaan rankarunkoisen suurelementin rakenteen koostuvan useista rakennekerroksista, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Rakennekerroksia on yleensä viisi kappaletta (KUVA 4). Ensimmäinen kerros sisäpuolelta on levytys, joka vaikuttaa erityisesti seinän palo-, ääni- ja jäykistystekniseen toimintaan. Levykerros toimii myös sisäpuolen pintamateriaalina, jonka voi halutessaan joko maalata tai tapetoida. Toinen kerros on ilman- ja höyrynsulkukerros, joka toteutetaan yleensä tähän tarkoitukseen olevalla muovikalvolla. Nykyään on käytössä myös erilaisia ratkaisuja kuten ilman- ja höyrynsulkukan-kaita, joilla voidaan tehdä rakenteista hengittävämpiä. Erityisenä haasteena on höyrynsulkukerroksen jatkuvuus rakennusosien liitosaluilla, johon pitää kiinnittää huomiota suunnittelussa ja työmaalla. Kolmas kerros on rankarakenne, joka toimii kantavana rakenteena. Rankojen välit täytetään lämmöneristeellä. Neljäs kerros on tuulensuoja kerros, joka parantaa rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Tuulensuojakerroksena voidaan käyttää tuulensuojalevyjä tai tuulensuojaeristeitä. Viimeisenä kerroksena on tuuletusväli ja ulkoverhous. Ulkoverhous voidaan toteuttaa kaikilla tähän tarkoitukseen olevilla tuotteilla. (Puufinon Oy 2020f.)



KUVA 4. Puurunkoinen suurelementti (Puuinfo Oy 2020f.)

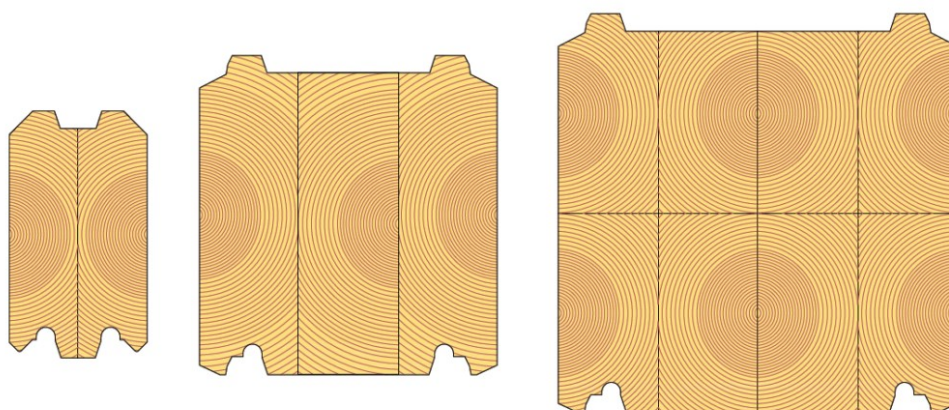
Suurelementit ovat yleensä hyvin varusteltuja, elementit saapuvat työmaalle hyvin pitkälti viimeisteltynä. Elementteihin asennetaan tehtaalla valmiiksi ulkoverhouspaneelit, ikkunat, ovet ja pellitykset. Tämä säästää aikaa ja rahaa työmaalla. Tämän järjestelmän suurimpia etuja muihin järjestelmiin verrattuna ovat vähäinen materiaalihukka, mahdollisuus ympärivuotiseen tuotantoon ja tuotteen laadun tasaisuus riippumatta vuodenajoista.

6 LAMELLIHIRSI

6.1 Yleistä

Puuinfo verkkosivuilla kerrotaan hirren olleen pääasiainen rakennusmateriaali lähes kaikessa rakentamisessa 1920-luvulle asti. Sen jälkeen hirttä käytettiin pitkään vapaa-ajan rakennuksissa. Nykyisin hirren käyttö on lisääntynyt erikoisissa ja käyttötarkoituksissa rakennuksissa. Käyttö on kasvamassa erityisesti julkisissa rakennuksissa esim. päiväkotij- ja koulurakennuksissa. (Puuinfo Oy 2020g.)

Hirren käytön lisääntymiseen on vaikuttanut hirren kehitys, 1980-luvulla perinteisestä höylähirrestä kehitettiin lamellihirsi (Honkarakenne Oyj n.d.). Lamellihirren rakenne koostuu toisiinsa liimatuista yhden suuntaisista lamelleista eli puusoiroista. Lamellihirsi (KUVA 5) liimataan kahdesta tai useammasta lamellista toisiinsa joko pysty-, vaaka, tai ristisaumoista. Ympäristöystävällinen liima-aine ei vaikuta hirren hengittävyys, sillä se läpäisee kosteutta aivan kuten puu. Raaka-aineena käytetään kuusi tai mäntysahatavaraa. Lamellirakenne mahdollistaa poikkileikkaukseltaan suurien hirsien valmistamisen. Perinteisen hirsiseinän enimmäispituus on ollut saatavilla olevasta puustosta johtuen noin 7 metriä. Lamellihirren sormijatkaminen mahdollistavat periaatteessa hyvinkin pitkät hirsit. Lamellihirsi runko rakennetaan paikalla, valmiiseen mittaan sahatuista hirsistä. (Puuinfo Oy 2020g; Honkarakenne Oyj n.d.)

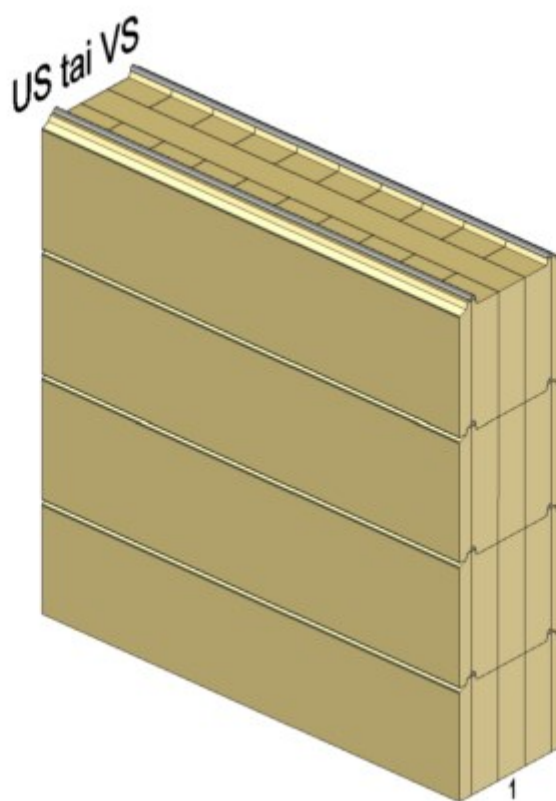


KUVA 5. Lamellihirsi poikkileikkaus (Puuinfo Oy 2020.)

6.2 Lamellihirsiseinän rakenne

Hirsiseinän rakenne koostuu yleisimmin pelkästä hirrestä (KUVA 7), jolloin hirsi on näkyvillä sisä- ja ulkopinnoilla. Joissakin tapauksissa rakennusosilta vaaditaan parempaa äänieristävyyttä, jolloin hirsiseinään joudutaan lisäämään levymäisiä rakennekerroksia ääniteknisen toiminnan parantamiseksi. Samoin menetellään myös paloteknisten vaatimusten kanssa. (Puuinfo Oy 2020i.)

Hirsiseiniä on myös mahdollista lisäeristää ulko- ja sisäpuolelta. Lisäeristys suositellaan tehtäväksi ulkopuolelle. Sisäpuolista lisäeristystä käyttäessä rakenne tulee varustaa erillisellä höyrynsululla. Täyshirsi seinän keskipaksuuden on oltava vähintään 180 mm, jotta U-arvo vaatimus $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ täyttyy. Eristetyllä hirsi rakenteella saavutetaan melko helposti U-arvo $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Puuinfo Oy 2020i.)



KUVA 7. Esimerkki rakennetyyppi lamellihirsi rakenteesta. (Puuinfo Oy 2020.)

7 RAKENNUSKOHDE

Rakennusliike Omakiinteistö Oy:n perustajaurakointi kohde sijaitsee Tampereen Vuoreksessa Isokuusen alueella. Isokuuseen suunnitellaan arkkitehtuuriltaan yhtenäistä puusta rakennettua aluetta, jossa on puukerrostaloja, puisia liikerakennuksia ja puisia pientaloja. Toteutuessaan alue on yksi suurimmista nykyaikaisista puukaupunkiympäristöistä Suomessa. Isokuusesta rakennetaan noin 4 000 asukkaan alakeskus palveluineen. Alue sijaitsee Vuoreksen pohjoisosassa, Särkijärven ja Virolaisen asuinalueen välissä. (Vuores n.d.)

Tontti on asuinrakennusten korttelialuetta ovela tontti, minkä pinta-ala on 4 114 m² ja rakennusoikeus 1 200 kerrosalaneliömetriä. Tontille voi kaavan mukaan rakentaa enintään kolmekerroksisia asuinrakennuksia. Tontti sijaitsee kaavan alueella, missä yleismääräyksissä on määritelty runkomateriaalista ja julkisivumateriaalista. Runkomateriaalin tulee olla pääosin puuta ja julkisivumateriaali kokonaan puuta.

Tontille on tarkoitus rakentaa kaksi rivitaloa rinnakkain (KUVA 8). Asuntoja on tulossa yhteensä 12 kappaletta, molempiin rivitaloihin 6 asuntoa. Rivitalot ovat peilikuivia toisistaan ja ne rakennetaan kahdessa eri osassa.



KUVA 8. Tietokonemallinnus Isokuusen rivitaloista

Asunnot ovat keskenään pohjaratkaisulta samanlaisia, lukuun ottamatta kahta päätyasuntoa, joissa on vähemmän neliöitä teknisestilän takia. Asunnoissa on kolme kerrosta, ylin kerros on avoin parvi. Asunnoissa on kolme makuuhuonetta, keittiö-olohuone, kaksi WC:tä, sauna, pesuhuone ja harrastustila. Asunnot ovat 112 m² ja 101 m².

Asuntojen kellaritilat ensimmäisen kerroksen välipohjaan saakka rakennetaan betonielementeistä, kosteusteknisistä syistä. Betonielementtejä tässä opinnäytetyössä ei käsitellä. Muut rakenteet on tarkoitus rakentaa puusta.

Tontille ajo tapahtuu yläpihalta, jossa on myös autokatos jokaiselle asunnolle. Alapihalle tehdään pysäköinti neljälle vieraspaikalle ja erillinen talovarasto rakennus. Myös lasten leikkipaikka on suunniteltu tehtäväksi alapihalle rivitalojen väliin.

8 KUSTANNUKSET

Tässä kappaleessa esitellään rakennuskohteen elementtien kustannuksia. Kustannukset on esitetty yhden rivitalon kustannuksilla. Kustannuksissa pyritään selvittämään elementtivaihtoehtojen toteutuksista syntyviä kuluja. Tämän avulla voidaan selvittää mikä on tarkasteltavista runkovaihtoehtoista edullisin. Eri toimittajien tuottamien tuotteiden tasavertainen hintavertailu on suhteellisen haastavaa, sillä toimituksissa on eroavaisuuksia tuotteiden varustetasossa ja laajuudessa.

Elementtikustannukset toteutettiin elementtitoimittajilta pyydettyjen tarjouslaskelmien avulla. Laskelmien pohjana toimivat rakennuskohteen ARK-piirustukset (liite 1). Tarjouskyselyitä lähetettiin 14 kappaletta ja tarjouksia saatiin kuusi (6) kappaletta. Toimitussisältö vaihtelee toimittajakohtaisesti, toimitusten sisällöt ovat eriteltynä toimituskohtaisesti. Elementtitoimittajien nimiä ei julkaista vaan toimittajat on esitetty numeroin.

Jälkitöiden kustannukset toteutettiin kustannuslaskennalla. Kustannuslaskennassa laskettiin sisäpuolen työt ja julkisivunverhoilu. Sisäpuolentöissä laskettiin pintojen levytys-, tasoitus- ja maalaustyöt. Julkisivunverhoilussa laskettiin koolaukset, paneloinnit ja pintakäsittelyt. Laskennat toteutettiin RT-kortiston kustannuslaskurilla. Elementtikustannuksen tulokset on esitetty seuraavassa luvussa elementti tyypeittäin.

8.1 CLT-elementti

8.1.1 Toimituksen hinta

CLT elementtien osalta hintatiedot perustuvat elementtitoimittajien lähettämiin tarjouksiin kohteesta. Tarjoukset on annettu toisen- ja kolmannen kerroksen elementeistä. Tarjoukset on esitetty toimitussisältöineen ja kustannuksineen alla.

Yrityksen 1 tarjouksen (taulukko 1) toimitussisältöön kuuluu:

- rakennesuunnitelmat
- elementtisuunnitelmat
- ulkoseinät
- huoneistojen väliset seinät
- parven välipohja
- yläpohja
- vesikaton kantavat rakenteet
- räystäät
- vesikaton alusrakenteet
- näkyviin jäävien CLT-pintojen käsittely
- toimitus
- asennus

Yrityksen 1 toimituksen ulkoseinät ovat rakenteeltaan 100 millimetriä paksua CLT-levyä varustettuna 180 millimetriä paksulla PAROC One tuulensuojalla ja ristikoolauksella. Huoneistojen väliset seinät koostuvat kahdesta 100 millimetriä paksusta CLT-levystä, jotka ovat varustettuna kipsilevyllä ja 30 millimetrin äänieristevillalla. Vesikaton kantavat rakenteet koostuvat I- tai LVL-palkeista (70x500). Vesikaton alusrakenteet sisältävät aluskatteen, tuuletusrimat ja ruo-
teet, mutta ei itse vesikatetta. Parven välipohjarakenteena on 120 millimetriä paksu CLT-levylaatta.

Yrityksen 2 tarjous (taulukko1) sisältää kolme CLT-levy vaihtoehtoa. Toimitussisältöön kuuluu:

- elementtisuunnitelmat
- ulkoseinät
- huoneistojen väliset seinät
- näkyviin jäävine CLT-pintojen käsittely
- varaston ulkoseinät
- terassin ja sisäänkäynnin väliseinät
- asennustarvikkeet
- toimitus

Yrityksen 2 toimituksen ulkoseinät koostuvat pelkästään CLT-levystä taulukossa 1 esitetyillä paksuuksilla. Huoneistojen väliset seinät koostuvat kahdesta 90 millimetriä paksusta CLT-levystä. Varaston ulkoseinät ja sisäänkäynnin väliseinät ovat 90 millimetriä paksua CLT-levyä.

TAULUKKO 1. Tarjoukset CLT

Yritys	Tarjous (ALV. 0 %)
1	252 000 €
2	
Vaihtoehto CLT 200	104 280 €
Vaihtoehto CLT 240	115 380 €
Vaihtoehto CLT 100	86 230 €

8.1.2 Jälkitöiden hinta

CLT-elementtien osalta sisäpuolen materiaalit ovat tarjouksessa valmista pintaa ja ne eivät aiheuta lisäkustannuksia. Tarjouksista saatujen CLT elementtien toimitussisältöön ei kuulunut julkisivun verhousta, joten nämä kustannukset on laskettu erikseen RT-kustannuslaskurilla. Julkisivuverhous laskettiin 28x170 paneelilla, jonka kustannukseksi tuli 26 368 € (ALV. 0 %). Kustannuslaskelmat on esitetty liitteessä 2.

8.2 Puurunkoinen elementti

8.2.1 Toimituksen hinta

Puurunkoisten elementtien osalta hintatiedot perustuvat elementtitoimittajien lähettämiin tarjouksiin kohteesta. Tarjoukset on annettu toisen- ja kolmannen kerroksen elementeistä. Tarjoukset on esitetty, toimitussisältöineen ja kustannuksineen alla.

Yrityksen 3 tarjouksen (taulukko 2) toimitussisältöön kuuluu:

- elementtisuunnittelu
- ulkoseinät
- huoneistojen väliset seinät
- varaston ulkoseinät
- parven välipohja
- toimitus

Yrityksen 3 toimituksen ulkoseinät koostuvat sisäpuolen koolauksesta, höyrynsulusta, runkotolpista (48x197), isoverin 200 millimetrin lämmöneristeestä, tuulensuojalevystä, ulkopuolenkoolauksesta ja pintakäsittelystä ulkoverhouspaneelista (23x145). Huoneistojen väliset seinät koostuvat kahdesta puurungosta (48x98), jotka sisältävät lämmöneristeet ja tupla kipsilevyt. Parven välipohjan kantavarakenne on kertopuurunkoa (45x300) ja pintalevynä toimii OSB-levy. Yrityksen 3 toimitus ei sisällä asennusta, yläpohja- ja vesikattorakenteita, mikä näkyy tarjouksen hinnassa.

Yrityksen 4 tarjouksen (taulukko 2) toimitussisältöön kuuluu:

- elementtisuunnittelu
- ulkoseinät
- varaston ulkoseinät
- huoneistojen väliset seinät
- parven välipohja
- sisääntulokatokset
- kattoristikot
- ikkunat asennettuna
- parvekkeen runkoelementit
- vesikattorakenteet ilma vesikatetta
- räystäät
- toimitus
- asennus

Yrityksen 4 toimituksen ulkoseinät koostuvat sisäpuolen kipsilevystä, höyrynsulkuovista, koolauksesta (48x48), 50 millimetrin lämmöneristeestä, runkotolpista (42x198), 200 millimetrin lämmöneristeestä ja tuulensuojalevystä. Huoneistojen väliset seinät koostuvat kahdesta puurungosta (48x73), jotka sisältävät lämmöneristeet ja tupla kipsilevyt. Toinen kipsilevykerros toimitetaan irrallaan täysinä levyinä. Parven välipohjarakenne on OSB-levy ja välipohjapalkisto rakennussuunnitelmien mukaan. Vesikattorakenteet sisältävät kattoristikot, aluskatteet, tuuletusrimat ja ruoteet. Vesikattorakenteisiin kuuluu myös räystäät aluslaudoituksilla.

TAULUKKO 2. Tarjoukset Puurunko

Yritys	Tarjous (ALV. 0 %)
3	84 450 €
4	182 823 €

8.2.2 Jälkitöiden hinta

Puurunkoisten elementtien toimitussisältöön ei kuulunut sisäpuolen töitä. Elementit ovat sisäpuolelta koolaus tai kipsilevypinnalla. Sisäpuolen työt on laskettu RT-kustannuslaskurilla ja kustannukseksi saatiin levytyksestä, tasoituksesta ja maalauksesta yhteensä 17.449,00 € (ALV. 0 %). Kustannuslaskelmat on esitetty liitteessä 3. Julkisivu verhoukset kuuluivat yrityksillä 3 ja 4 toimitussisältöön ja eivät näin ollen aiheuta lisäkustannuksia.

8.3 Lamellihirsi

8.3.1 Toimituksen hinta

Lamellihirsi rakenteiden osalta hintatiedot perustuvat elementtitoimittajien lähettämiin tarjouksiin kohteesta. Tarjoukset on annettu toisen- ja kolmannen kerroksen rakenteista. Tarjoukset on esitetty, toimitussisältöineen ja kustannuksineen alla.

Yrityksen 5 tarjouksen (taulukko 3) toimitussisältöön kuuluu:

- rakennekuvat/pääpiirustukset
- ulkoseinät
- kevyet väliseinät
- yläpohja
- vesikattorakenteet
- parven välipohja
- parveke
- kerrostenväliset portaat
- ikkunat
- ulko-ovet
- väliovet
- toimitus
- asennus

Yrityksen 5 toimituksen ulkoseinät ovat painumatonta lamellihirttä (205x275). Yläpohjan kantavat rakenteet ovat lape/vaarnapalkkia (42x198). Vesikaton rakenteet sisältävät peltikatteen (Classic C, Ruukki 50 plus), ruoteet, tuuletusriemat, aluskatteen, tuuletusrakorimat, tuulensuojakankaan, yläpohjan lämmöneristeet, ilmansulkupaperin ja sisäkaton.

Yrityksen 6 tarjouksen (taulukko 3) toimitussisältöön kuuluu:

- pääpiirustukset
- ulkoseinät
- huoneistojen väliset seinät
- yläpohja
- vesikattorakenteet ilman vesikatetta
- huoneistojen väliset seinät
- parven välipohja
- toimitus
- asennus

Yrityksen 6 toimituksen ulkoseinät ovat painumatonta lamellihirttä (202x260). Huoneistojen väliset seinät ovat myös lamellihirttä (202x260) Yläpohjan kantavat rakenteet ovat liimapuupalkkia rakennesuunnitelmien mukaan. Vesikaton rakenteet sisältävät aluskatteen, ruoteet, tuuletusrimat, kattokannattajat, lämmöneristyksen ja räystäät. Parven välipohja sisältää liimapuupalkit rakennesuunnitelmien mukaan, eristeet ja sisäkaton koolauksen.

TAULUKKO 3. Tarjoukset lamellihirsi

Yritys	Tarjous (ALV. 0 %)
5	387 097 €
6	312 050 €

8.3.2 Jälkitöiden hinta

Lamellihirrestä koostuvat seinät ovat tarjouksessa valmista seinäpintaa sekä rakennuksen ulko- että sisäpuolella, joten lisäkustannuksia ei toteudu lamellihirren ulkoseinistä. Yrityksen 5 toimitussisältöön ei kuulunut huoneistojen välisiä seinä, tämä on hyvä pitää mielessä hintavertailua tehdessä. Huoneistojen välisistä seinistä ei ole toteutettu kustannuslaskentaa. Yrityksen 5 toimitussisältö oli muuten hyvin laaja sisältäen kevyet väliseinät, rappuset ja ovet.

9 YHTEENVETO

Tämä kappale sisältää tulosten vertailun. Vertailun tulokset perustuvat edellä esitettyjen kappaleiden tuloksiin. Elementtitapavertailun tulokset on esitetty seuraavassa.

Toimitussisällöissä oli eroavaisuuksia mutta jokaiselta elementtityypiltä oli yksi samankaltainen toimitussisältö, jota pystyi käyttämään vertailussa. Toimituskustannuksista lamellihirsi oli kallein ja puurunkoinen elementti edullisin. Suurimmat jälkitöiden kustannukset olivat CLT-elementillä julkisivuverhouksen takia. Lamellihirrelle ei tullut jälkitöiden kustannuksia toimitussisällön sisä- ja ulkopintamateriaalin käsittelyn ansiosta. Puurunkoisen elementin jälkitöiden kustannukset koostuivat sisäpintojen viimeistelystä ja olivat 51 % edullisemmat CLT-elementtitekniikkaan nähden.

Vuoreksen kohteen osalta elementtitapojen vertailun lopputulokset on esitetty taulukossa 4. Taulukon 4 hintatiedot perustuvat materiaalin ja jälkitöiden hintaan. Taulukon 4 tiedoista käy ilmi, että kyseessä oleva lamellihirsi on kallein toteuttaa. Lamellihirren toimitussisältö on kuitenkin laajin muihin toimitussisältöihin verrattuna. Taulukossa toiseksi kalleimmaksi rakenteeksi ilmeni CLT-elementti. CLT-elementin toimitussisältö oli suppeampi kuin edullisimmaksi osoittautuneen puurunkoisen elementin. Vertailun mukaan puurunkoisella elementillä toteutettuna rakentamiskustannukset ovat noin 39 % edullisemmat CLT-elementtitekniikkaan verrattuna.

TAULUKKO 4. Kustannusten keskiarvot elementtityypeittäin

Rakenne	Hinta (ALV. 0 %)
CLT-elementti	278 368,00 €
Puurunkoinen elementti	200 272,00 €
Lamellihirsi	349 573,50 €

Puun sisäilma hyödyt toteutuvat parhaiten CLT- ja lamellihirsirakenteissa sisätiloissa näkyvän puupinnan ansiosta. Puurunkoisessa rakenteessa, jossa seinät on levytetty ei puun sisäilmanhyödyt toteudu. Tämän vaikutuksia ja hyötyjä esimerkiksi osakkeiden myyntiin ja hinnoitteluun kyseisessä kohteessa on vaikea arvioida. Puun käytön sisäilmavaikutuksesta asuntokauppaan ei löytynyt lähteitä, joita olisi voinut hyödyntää vertailussa. Uskoakseni joitakin vaikutuksia asialla olisi, esimerkiksi asunnot voisivat mennä kaupaksi nopeammin massiivipuupintojen ansiosta.

Perustajaurakoinnissa kustannukset ovat isossa roolissa liiketoiminnan ylläpitämiseksi. Kustannusten, materiaaliominaisuuksien ja puun sisäilmavaikutusten yhteenvedona puurunkoinen elementti nousee kyseisessä kohteessa järkeväksi valinnaksi. Yrityksen 4 hyvin kattava toimitussisältö ja kilpailukykyinen hinta nostavat tämän elementtitoimittajan järkevimmäksi valinnaksi. Yrityksen 4 valintaan tässä tapauksessa painotti eniten kustannukset.

10 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin eri puuelementtien sopivuutta Vuoreksen Isokuusen perustajaurakointi kohteeseen. Työssä käsiteltiin materiaalien ominaisuuksia puuelementtirakentamisessa ja niiden vaikutuksia sisäilmaan. Isossa osassa työtä oli eri elementtimateriaalien ja jälkitöiden kustannusten esittely. Opinnäytetyössä käsitellyt elementit rajoutuivat kolmeen elementtiin, jotka olivat asema-kaavoituksen puitteissa sopivia kohteeseen. Työssä ei käsitelty puun ekologisuutta ja materiaalien kerronta pyrittiin pitämään tiiviinä. Mielenkiintoista olisi ollut vertailun vuoksi selvittää pitkästä tavarasta rakennetun talon kustannukset.

Jatkotutkimusaiheena voisi tarkastella puun käytön sisäilmavaikutusta asunto-kauppaan. Esimerkiksi onko sisäilma-asiat merkittävä tekijä asuntomarkkinoilla ja voiko se esimerkiksi olla asia, jonka tärkeys saattaisi kasvaa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyöprosessin aikana opin paljon opinnäytetyön eri aiheista ja tiedonhausta. Työssä käytettiin laajasti lähteitä eri osa-alueilta, joukossa oli myös kaupallisia lähteitä suoraan materiaalien valmistajilta, jotka vaikuttivat hyvin paikansapitäviltä ja luotettavilta. On kuitenkin hyvä muistaa, että kaupallisten lähteiden tarkoituksena on markkinoida tuotetta mahdollisimman hyvässä valossa.

Tarjouspyyntövaihe vei oletettua pidemmän ajan. Tarjouskyselyn lähettämisestä tarjouksen saantiin saattoi kestää useita viikkoja. Kaikkiin tarjouskyselyihin ei myöskään tarjottu mikä tuli yllätyksenä. Opinnäytetyössä esitetyt hinnat ovat suuntaa antavia, verrattaessa muihin rakennuskohteisiin.

Vuoreksen kohteen materiaaliksi vertailujen jälkeen valittiin puurunkoinen elementti. Elementtivalinnan jälkeen kohteelle haetaan rakennuslupaa. Elementti-toimittajaan on oltu yhteydessä ja kohteen elementtisuunnittelu on aloitettu.

LÄHTEET

Celt Oy. 2017. Suurelementit. Luettu 10.2.2021. <https://celt.fi/suurelementit/>

CLT Finland Oy. 2020. HOISKO CLT -elementin tekniset ominaisuudet. Luettu 21.1.2021. <https://hoisko.fi/clt/tekniset-ominaisuudet/>

Honkarakenne Oyj. n.d. Hirsitalon rakentaminen. Painumaton hirsi. Luettu 24.11.2020. <https://www.honka.fi/fi/hirsitalon-rakentaminen/hirsivaihtoehdot/painumaton-hirsi/>

Kaltio, S. 2018. Perustajaurakoinnin uuden tilinpäätöskäsittelyn vaikutus tilinpäätösperiaatteiden toteuttamiseen. Johtamiskorkeakoulu. Tampereen yliopisto. Pro gradu -tutkielma

Kirjanpitolauslautakunta. 2017. Kirjanpitolauslautakunnan yleisöjen perustajaurakoinnin käsittely tilinpäätöksessä ja toimintakertomuksessa. Luettu 22.1.2021. <https://kirjanpitolauslautakunta.fi/-/perustajaurakoinnin-kasittely-tilinpaatoksessa-ja-toimintakertomuksessa>

Kokko, E. 2002. Hengittävä puukuiturakenne. Fysikaalinen toimintaperiaate ja vaikutus sisäilmaan. Vammala: Kirjapaino Oy.

Laitinen, E. 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mayo, J. 2015. Solid Wood: Case Studies in Mass Timber Architecture, Technology and Design. Lontoo: Routledge.

Oy Crosslam Kuhmo Ltd. 2019. CLT-levyn ominaisuudet. Luettu 18.1.2021. <https://www.crosslam.fi/tuotteet/crosslam-levy-ja-sen-ominaisuudet.html>

Puuinfo Oy. 2020a. Puu sisäilman kosteuden tasaajana. Luettu 23.2.2021. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana/>

Puuinfo Oy. 2020b. Hengittävä rakenne. Luettu 23.2.2021. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/hengittava-rakenne/>

Puuinfo Oy. 2020c. Massiivipuulevyrakenteen Seinän ominaisuudet. Luettu 8.12.2020. <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/seinan-ominaisuudet/>

Puuinfo Oy. 2020d. Materiaalivaihtoehdot. Luettu 8.1.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/materiaalivaihtoehdot/>

Puuinfo Oy. 2020e. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Luettu 8.1.2021. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/>

Puuinfo Oy. 2020f. Seinän ominaisuudet. Luettu 14.1.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/seinan-ominaisuudet/>

Puuinfo Oy. 2020g. Hirsirakenteet ominaispiirteitä. Luettu 15.2.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>

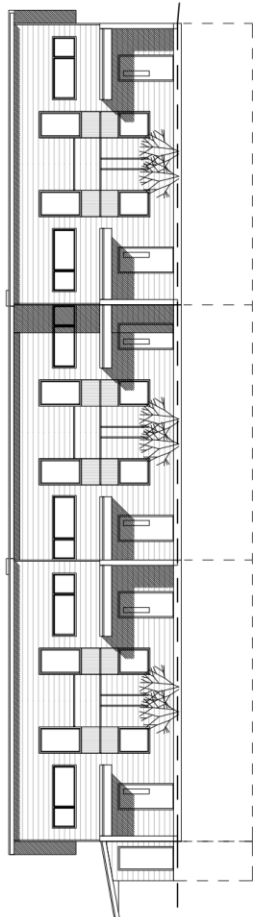
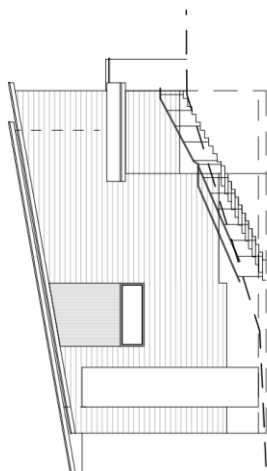
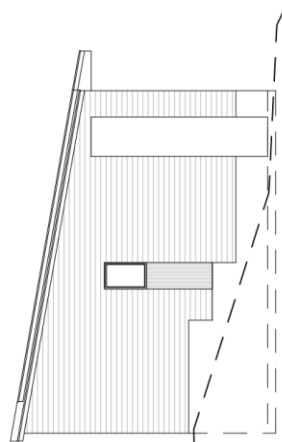
Puuinfo Oy. 2020h. Hirsityypit ja perusprofiilit. Luettu 15.2.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/materiaalivaihtoehdot/>

Puuinfo Oy. 2020i. Hirsirakenteet. Luettu 18.2.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/hirsirakenteet/>

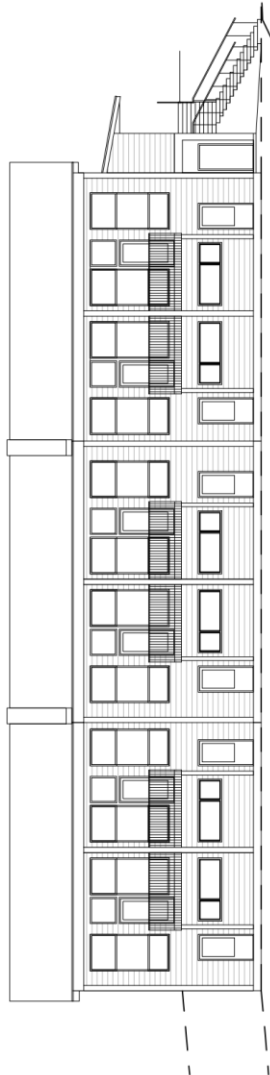
Stora Enso. 2016. Puu – maailman vanhin ja myös modernein rakennusmateriaali. Luettu 25.1.2021. https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/Product-brochures/Wood-products/CLT-Imagebrochure_final-2016-04-25_FI-WEB.pdf

Systemair Oy. n.d. Kosteuden säätö asuinrakennuksissa. Luettu 5.3.2021. <https://www.systemair.com/fi/tuki/kiva-tietaae/kosteuden-saaetoe-asuinrakennuksissa/>

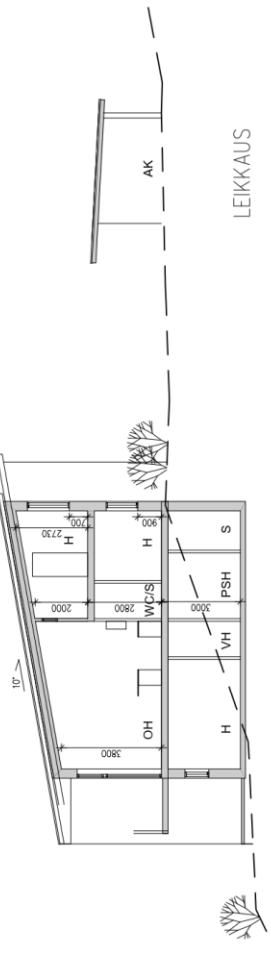
Vuores. n.d. Asuinalueet. Luettu 10.3.2021. <https://vuores.fi/vuores/asuinalueet>



SISÄÄNKÄYNTI



ALAPIHA



AK

LEIKKAUS

OMAKIINTEISTÖ VUORES

1.2.2021 LUONNOKSET 1:200

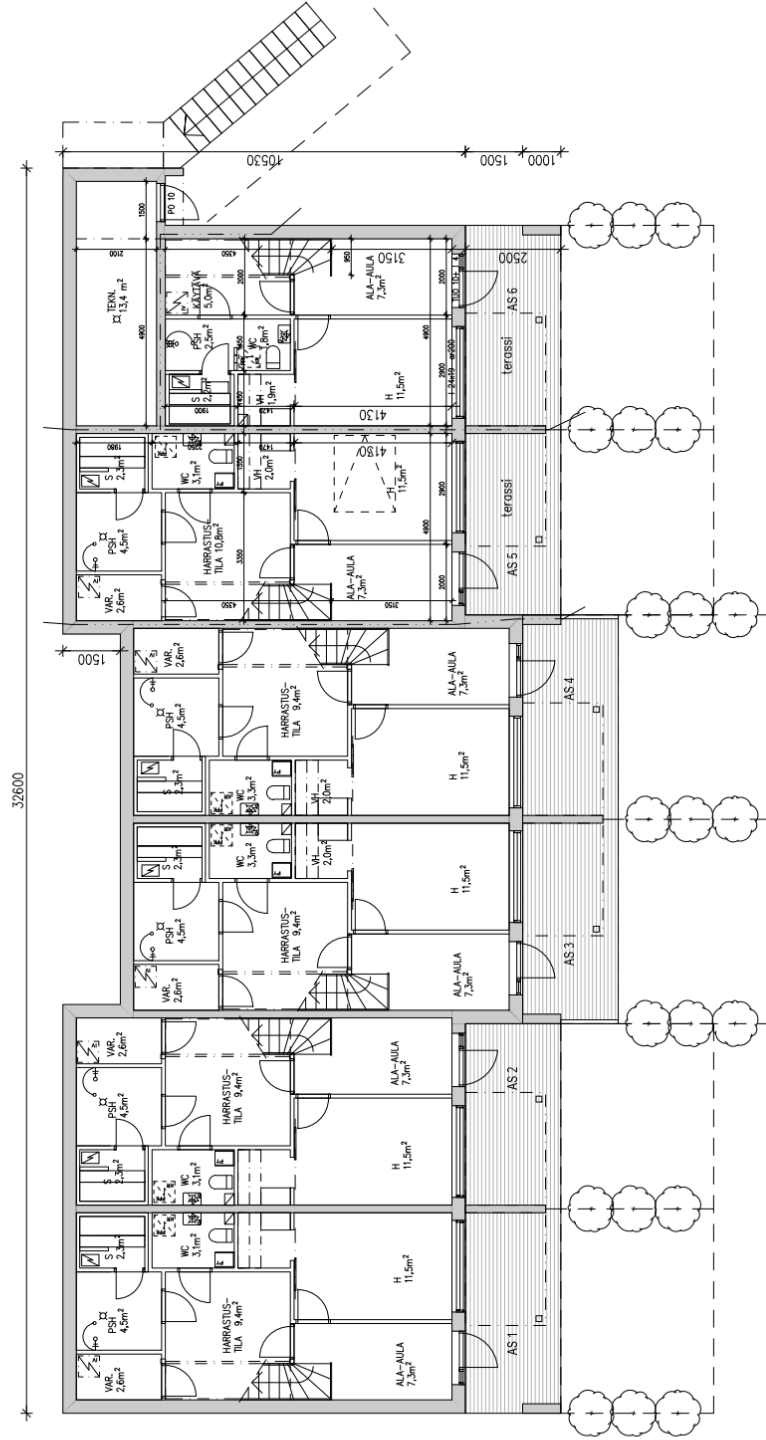
KOKO RAKENNUS (6 asuntoa)

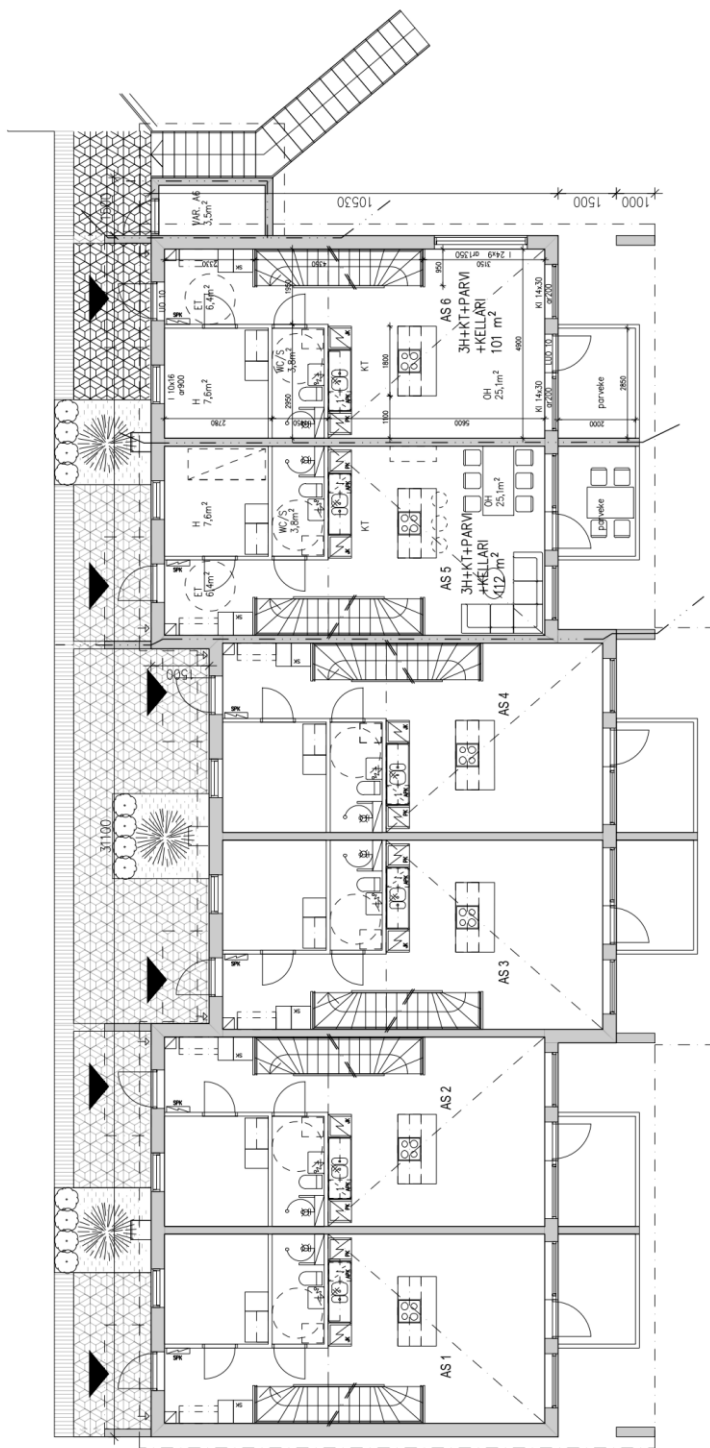
RAK.OIKEUDELLINEN KERROSALA 575 m²



OMAKIINTEISTÖ VUORES

11.3.2021 POHJAPIIRROS 1.KRS 1:100





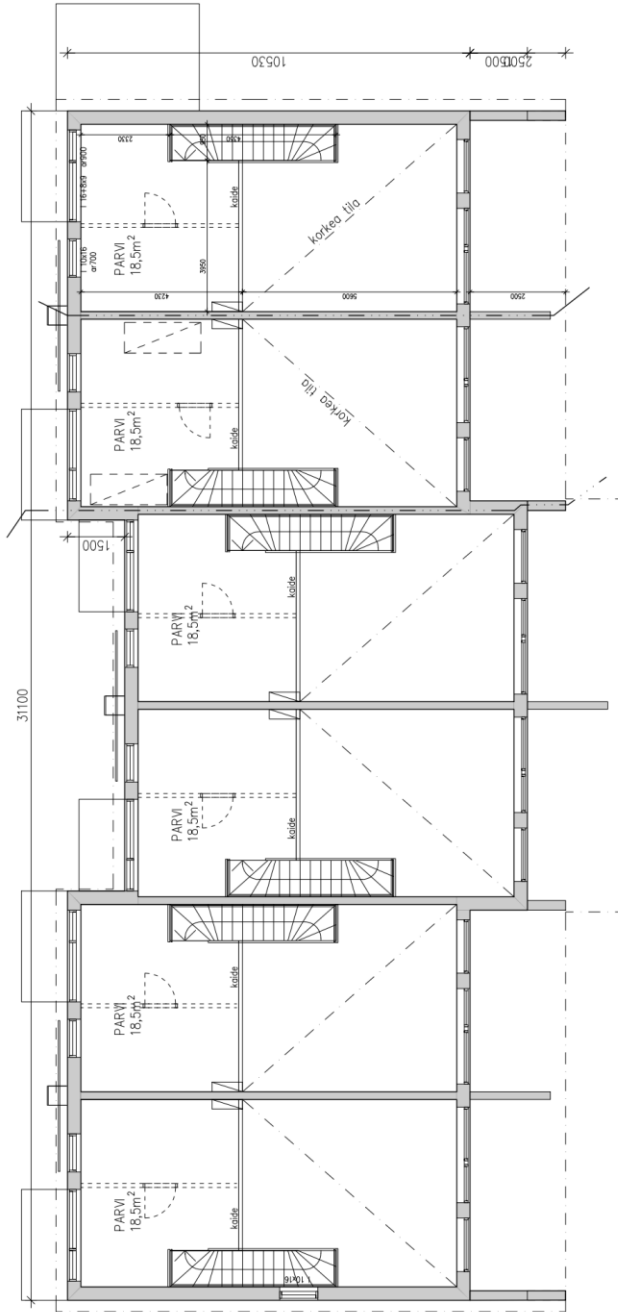
OMAKIINTEISTÖ VUORES

11.3.2021 POHJAPIIRROS 2.KRS 1:100



OMAKIINTEISTÖ VUORES

11.3.2021 POHJAPIIRROS 3.KRS 1:100



3. KRS

Liite 2. Kustannuslaskelma julkisivu verhouk.

1 (1)

Kustannuslaskelma

Raporttityyppi:	Tiivis	Tulostuspäivä:	08.04.2021
Hanke:	Vuores	Muokauspäivä:	08.04.2021
Laskelmat:	Julkisivu verhouk 20x145 paneeli	Laskelman laajuus:	m ²
Rakennuslupa:		ALV-%:	24,00
Osoite:		Kaikki kust./laajuus ALV 0 %:	0 €/m ²
Osoite 2:		Kaikki kust./laajuus sis. ALV:	0 €/m ²
Postinumero:		Laskelmien kaikki kust. yht. ALV 0 %:	22 814,98 €
Postitmp:		Laskelmien kaikki kust. yht. sis. ALV:	28 290,57 €
Maa:			

Laskelma Julkisivu verhouk 20x145 paneeli

TALO2000	Kustannuserä	Määrä	Yksikkö	Hankinnat ja palvelut (ALV 0 %)	Materiaalit (ALV 0 %)	Työ (ALV 0 %)	Tunnit (tth)	Yhteensä (ALV 0 %)
	Yhteensä			1 134 €	7 860 €	13 820 €	421	22 815 €
3422	Telineet, julkisivuteline (suorat pinnat, syvyys 0,7 m), vuokra 1 kk	540,00	m2	1 134,00 €	0,00 €	2 033,03 €	73,28	3 167,03 €
1241	Ulkomaalaus 2 kertaa, puunsuoja-aine	540,00	m2	0,00 €	1 411,56 €	2 344,96 €	68,31	3 756,52 €
1241	Ulkoseinän lautaverhouk, vaakapaneeli 20 mm	540,00	m2	0,00 €	6 448,93 €	9 442,50 €	279,45	15 891,43 €

Liite 3. Kustannuslaskelma sisäpuolentyöt.

1 (1)

Kustannuslaskelma

Raporttityyppi:	Tiivis	Tulostuspäivä:	08.04.2021
Hanke:	Vuores	Muokauspäivä:	30.03.2021
Laskelmat:	Sisäpuolentyöt levytyt	Laskelman laajuus:	m ²
Rakennuslupa:		ALV-%:	24,00
Osoite:		Kaikki kust./laajuus ALV 0 %:	0 €/m ²
Osoite 2:		Kaikki kust./laajuus sis. ALV:	0 €/m ²
Postinumero:		Laskelmien kaikki kust. yht. ALV 0 %:	17 448,14 €
Postitmp:		Laskelmien kaikki kust. yht. sis. ALV:	21 635,69 €
Maa:			

Laskelma Sisäpuolentyöt

TALO2000	Kustannuserä	Määrä	Yksikkö	Hankinnat ja palvelut (ALV 0 %)	Materiaalit (ALV 0 %)	Työ (ALV 0 %)	Tunnit (tth)	Yhteensä (ALV 0 %)
Yhteensä				0 €	2 485 €	6 570 €	191	9 055 €
1326	Tasotuskäsittely, seinä, tasoitus 2,5 kertaa, kipsilevy	780,00	m2	0,00 €	1 422,19 €	4 333,24 €	126,48	5 755,43 €
1326	Maalaus 2 kertaa, seinä, levytinta	780,00	m2	0,00 €	1 062,52 €	2 236,58 €	64,58	3 299,09 €

Laskelma levytys

TALO2000	Kustannuserä	Määrä	Yksikkö	Hankinnat ja palvelut (ALV 0 %)	Materiaalit (ALV 0 %)	Työ (ALV 0 %)	Tunnit (tth)	Yhteensä (ALV 0 %)
Yhteensä				0 €	3 818 €	4 575 €	140	8 394 €
1325	Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 1-kertainen	780,00	m2	0,00 €	3 818,26 €	4 575,36 €	139,93	8 393,61 €