

Ville Mikkola

# CLT-rakentamisen kannattavuus

## Luhtitalon kustannusvertailu

Opinnäytetyö  
Rakennustekniikka

Marraskuu 2015



**KYAMK**  
University of Applied Sciences

<b>Tekijä (tekijät)</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Ville Mikkola	Rakennusinsinööri	Marraskuu 2015
Opinnäytetyön nimi CLT – rakentamisen kannattavuus Luhtitalon kustannusvertailu		39 sivua 14 liitesivua
Toimeksiantaja Digipolis, Olament Oy		
Ohjaaja Yliopettaja Tarmo Kontro, Lehtori Anu Kuusela		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Opinnäytetyön lähtökohtana oli tarkastella CLT-rakentamisen (cross laminated timber) kokonaiskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ja kannattavuutta. Työn tilaajana toimi Kemin teknologiakylä Digipolis. Mukana opinnäytetyöprosessissa oli myös Olament Oy (Vivola), jonka kautta tutkittava kohde saatiin arvioitavaksi.</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee CLT-tekniikan kilpailukykyä verrattuna betonitekniikkaan. Opinnäytetyössä pyrittiin huomioimaan, että CLT-rakentamisen kustannuksia tulisi aina katsoa enemmän kokonaisuuden kannalta kuin yksittäisten rakenteiden näkökulmasta, jotta se pystyy olemaan kilpailukykyinen. Opinnäytetyössä käydään läpi myös rakennushankkeen kulkua ja hinnan syntymistä.</p> <p>Työn tarkoituksena oli tuottaa arkkitehtisuunnitelmien pohjalta rakennusosa-arvio pääosin betonirakenteiselle luhtitalohankkeelle. Syntyneen rakennusosa-arvioinnin perustella yritettiin päätellä myös, mitkä olisivat vastaavat CLT-rakenteella toteutetun hankkeen kustannukset. Hankkeen laskennassa käytettiin apuna niin Haahtela Oy:n hinta- ja tavoitearvotietoja kuin työn toimeksiantajan arvioita. Kohde oli suunniteltu rakennettavaksi Vantaalla.</p> <p>Tulosten perusteella voidaan päätellä CLT-tekniikan olevan erittäin kilpailukykyinen verrattuna betonitekniikkaan. Erityisesti nopea ja helppo asennus antavat CLT-rakenteelle ja siitä tehdyille tilaelementtiratkaisuille kilpailuedun. Jotkut kohdat kustannusvertailussa ovat kokemukseräisiä ja tarkkojen tietojen puuttuminen vaikutti hieman vertailun lopputuloksen. Suunta on kuitenkin hyvin lähellä oikeaa ja sitä pystytään soveltamaan jatkossa niin tutkimuksessa, myynnissä kuin markkinoinnissakin.</p>		
<b>Asiasanat</b> CLT, kokonaiskustannukset, rakennusosa-arvio, vertailu, kustannusarvio		

Author (authors) Ville Mikkola	Degree Bachelor of engineering	Time November 2015
Thesis Title Profitability of CLT Construction Cost comparison of Balcony Access Houses		39 pages 14 pages of appendices
Commissioned by Digipolis, Olament Oy		
Supervisor Tarmo Kontro, Principal Lecturer, Anu Kuusela, Lecturer		
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to inspect factors and profitability of CLT construction total costs. This thesis was commissioned by technology village Digipolis in Kemi. Olament Oy (Viivola), which provided the examined target, also participated in the thesis process.</p> <p>The thesis deals with competitiveness of CLT technique compared to building with concrete. View. To assess the competitiveness, the thesis aimed to consider expenses of CLT from the total cost point of. The thesis also discusses the flow of the building project, and matching and formation of price.</p> <p>The aim was to produce a cost estimate for individual structural elements of a balcony-access house, mainly built with concrete on the basis of architectural plans. CLT construction costs were compared to the resulting building estimate, and a basis for the total project costs was sought. Both price and target value data of Haahtela Oy and the commissioner's estimated values were used in project calculation. The house was to be built in Vantaa.</p> <p>Based on the results it can be concluded that CLT technology is very competitive compared to concrete technology. In particular, the fast and easy installation gives CLT structures and modular units a competitive advantage. Some items in the cost comparison are empirical, and the lack of accurate information affected the comparison results. However, the approximate results was obtained and can be implemented in the future research, sales, and marketing.</p>		
<p><b>Keywords</b> CLT, the total cost, building estimate, comparison, cost estimate</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET .....	7
3	CLT-RAKENTAMINEN .....	7
3.1	Historia .....	9
3.2	Valmistus .....	10
3.3	Ominaisuudet ja kilpailukykyyn vaikuttavat tekijät.....	12
4	TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN.....	14
5	RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET .....	15
5.1	Tarveselvitys (TS).....	16
5.2	Hankesuunnittelu (HS).....	17
5.3	Rakennussuunnittelu (RS).....	18
5.4	Rakentaminen (RA) .....	19
5.5	Käyttöönotto (KO) .....	19
5.6	Rakennuksen käyttö ja elinkaariajattelu.....	20
6	HINNAN MUODOSTUMINEN RAKENNUSHANKKEESSA .....	20
6.1	Tilat.....	21
6.2	Rakennuspaikan olosuhteet .....	22
6.3	Valitut suunnitteluratkaisut.....	22
6.4	Toteuttamismuoto .....	23
6.5	Toteuttamisaikataulu.....	24
7	HINNAN SYNTYMINEN RAKENNUSHANKEESSA.....	24
7.1	Hinnan syntymisen arviointi .....	24
7.2	Hinnan syntymiseen vaikuttavat tekijät .....	25
8	KUSTANNUSVERTAILUVAIHTOEHDOT .....	25
8.1	Tavoitehintamenettely.....	25
8.2	Rakennusosa-arvio menettely .....	26
8.3	Suoritepohjainen kustannusarviolaskenta .....	26
8.4	TALO-2000 -nimikkeistö .....	27
8.5	Kustannustieto Taku® -järjestelmä.....	27

9	LUHTITALON KUSTANNUKSET .....	28
9.1	Hankekuvaus .....	28
9.2	Lähtökohdat .....	28
9.3	Pohja, tilat ja tontti .....	29
9.4	Pintamateriaalit .....	30
9.5	Alueosat .....	30
9.6	Talo-osat .....	31
9.6.1	Yläpohja (YP) ja tuulettuva alapohja (AP2) .....	31
9.6.2	Ulkoseinät (US1/US2) .....	32
9.6.3	Välipohja (VP), parveke ja luhtikäytävät .....	32
9.7	Tilaosat .....	32
9.8	Tekniikkaosat .....	33
9.9	Muut kustannuslaskennassa huomioidut tekijät .....	33
9.10	Kustannusarvioiden vertailu .....	34
9.10.1	Runkorakenteiden vertailu .....	34
9.10.2	Hankkeen kustannusosa-arvioiden vertailu .....	34
9.10.3	Johtopäätökset .....	36
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET	
	Liite 1. Runkorakenteiden vertailu	
	Liite 2. Rakennusosa-arvio betonirunko	
	Liite 3. Rakennusosa-arvio CLT	

## 1 JOHDANTO

Puu on tulevaisuuden rakennusmateriaali ja se on kasvattanut merkitystään jatkuvasti. Puun kyky sitoa itseensä hiilidioksidia ja toimia hiilivarastona tuo merkittävän vaikutuksen kasvihuoneilmiön ja ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Puu on luonnostaan energiatehokas rakennusaine, koska sillä on kyky eristää lämpöä, mutta se on silti hengittävä. Se on uusiutuva ja kierrätettävä materiaali, minkä johdosta se on erittäin ekologinen materiaali. Puurakennusmateriaalien elinkaari ei välttämättä lopu rakennuksen elinkaaren loppuessa, vaan sitä voidaan hyödyntää joko energiaksi tai kierrätykseen. Kierrätyspolttoainetta voidaan käyttää muun muassa rinnakkaispolttoaineena teollisuudessa.

Puu on alkanut kasvattamaan suosiotaan rakennusmateriaalina. Monet uudet puukerrostalohankkeet ovat kasvattaneet puun osuutta rakennuksilla. Puulle on löydetty sijaa myös vanhojen kerrostalojen korjaamisessa tai laajentamisessa. Lisäksi useita muita käyttökohteita puulle on löydetty esimerkiksi julkisessa rakentamisessa. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla on asunnoista tällä hetkellä huutava pula. Usean ison kaupungin asuntojonotilastojen kärjessä ovat pääasiassa yksinelävät, ja yksiöiden kysyntä on tällä hetkellä suuri. Tässä opinnäytetyössä käytettävässä esimerkkitilanteessa on juuri tähän kysyntään vastaava pohjaratkaisu.

Oikeilla valinnoilla pystytään vaikuttamaan puun osuuteen rakentamisessa. CLT:n käyttö rakenteissa on yksi tapa lisätä sitä. CLT:llä on useita ominaisuuksia, joiden avulla se pystyy kilpailemaan muiden materiaalien kanssa. Lyhyet pystytysajat, moduulien pitkälle viety valmiusaste ja työstettävyys ovat avainroolissa yrityksen menestymiselle, koska nämä seikat tuovat selvää kustannussäästöä. CLT-tekniikka mahdollistaa lujan ja tiiviin massiivirunkorakenteen, joka on myös helppo ja nopea pystyttää. Keski-Euroopassa puurakentaminen ja CLT ovat kasvussa. Suomessa puurakentamisen menestyksen tiellä on kuitenkin ollut kompastuskiviä, kuten rakennusmateriaaleja eriarvoisesti kohtelevat palomääräykset, mistä johtuen se on esimerkiksi jäänyt betoniteollisuuden jalkoihin.

CLT-rakentamisen menestymiseen vaikuttavia tekijöitä on monta. Osasyynä, miksi CLT-rakentaminen ei ole yleistynyt, on ollut korkeat kustannukset muihin materiaaleihin verrattuna. Tämä on monesti johtunut siitä, että on lähestytty kustannuksia vain materiaalikustannuksien näkökulmasta.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Opinnäytetyön aihe saatiin Kemin teknologiakylä Digipolikselta. Digipolis tunnetaan koetalohankkeesta, jonka myötä on saatu paljon tutkimustietoa CLT:stä. Koetalo hankkeesta oli tehty aikaisemmin kustannusvertailulaskelma eri materiaalien välillä, mutta sen ei katsottu olevan tarpeeksi kattava. Opinnäytetyön tarkoituksena oli katsoa CLT:tä kokonaisen hankkeen näkökulmasta ja saada sen kautta selville ne seikat millä se pystyisi olemaan kilpailukyinen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Vantaalle suunnitellun betonirunkoisen luhtitalohankkeen kustannuksia rakennusosa-arvion avulla ja vertailla niitä vastaavaan CLT-rakenteeseen. Opinnäyte kuvaa myös rakennushankkeen kulkua ja sille syntyviä sekä aiheutuvia kuluja.

## 3 CLT-RAKENTAMINEN

CLT-levyt ovat ristikkäistä liimatuista puukerroksista valmistettuja massiivipuisia rakennusmateriaaleja. Kerrokset voivat olla eripaksuisia, ja yleensä kerrosmäärät ovat joko 3,5,7 tai 8 riippuen rakenteellisista vaatimuksista. Lamellien kiinnittämiseen käytettävät liimat vaihtelevat eri valmistajien välillä. Nämä ovat yleensä formaldehydittömiä ja ympäristöystävällisiä. Koot vaihtelevat toimittajan mukaan. Suomessa Stora Enso toimittaa CLT-levyt maksimissaan 2,95 x 16 m kokoisena. Levyt valmistetaan Itävallassa. (1.) Toinen CLT-levyn valmistaja on 2014 valmistuksensa aloittanut CrossLam Kuhmo, jonka CLT-levyt tehdään täysin Suomessa ja suomalaisesta puusta. CrossLam on ensimmäinen Suomessa CLT-puulevyjä valmistava yritys. (2.) Kerrospaksuudet levyssä vaihtelevat 20 – 70 mm ja koko levyn paksuus 60 – 400 mm (3). Kuvassa 1 on 7-kerroksinen CLT-levy.



Kuva 1. CLT –levy (4).

CLT-levyjä käytetään ala- ja yläpohjassa, välipohjassa, ulkoseinissä ja väliseinissä. Levyjä voidaan käyttää näkyvänä pintana. CLT-levyjä voidaan lisäksi yhdistää muihin Suomessa käytettäviin rakennejärjestelmiin ja rakenteisiin. (3.)

CLT on Keski-Euroopassa nopeasti yleistynyt puurakentamismuoto, joka on alkanut yleistymään myös Suomessa. CLT-puurakenteet soveltuvat käytettäväksi moneen rakennusprojektiin. Rakenteita voidaan käyttää pien- ja rivitaloissa, liiketilarakentamisessa, julkisessa rakentamisessa ja maisemarakentamisessa. Se soveltuu erittäin hyvin ominaisuuksiensa puolesta lisäksi kerrostalorakentamiseen. Rakenteen keveys ja samalla hyvät lujuusominaisuudet antavat CLT:lle etulyöntiaseman verrattuna betoniin. (3.) Toisaalta kerrostalohankkeen pitkät pystytysvaiheet täytyy huomioida rakenteiden suojauksessa mikä lisää kustannuksia. Kuvassa 2 nähdään Berliiniin rakennettu kerrostalohanke. Sisäpinnat ovat vielä tässä vaiheessa käsittelemättömät. CLT-levyt voidaan jättää myös pintakäsittelemättä asiakkaan näin halutessaan. CLT-levyä on saatavilla näkyvällä tai ei-näkyvällä pinnanlaadulla.





Kuva 2. CLT-talo Berliinissä, Saksassa (3).

### 3.1 Historia

CLT kehitettiin alunperin Sveitsissä 1970-luvulla. Sen jälkeen se on kasvattanut suosiotaan Keski-Euroopassa, jossa tällä hetkellä on monia toimijoita ja valmistajia. Varsinainen CLT-levyn kehitystyö alkoi 1990-luvun puolivälin tienoilla Itävallassa teollisuusakatemioiden avulla. 2000-luvun alussa CLT-rakentaminen kasvoi merkittävästi markkinoinnin ja tuotehyväksyntöjen myötä. Kasvuun vaikutti myös rakentamiskulttuurin muuttuminen ympäristöystävällisempään suuntaan. (5.) Itse ristiinlaminointia tekniikkana on jo pitkään käytetty lujutensa ja jäykkyytensä vuoksi veneenrakentamisessa, mutta rakennusteollisuudessa CLT-rakentamisen läpimurto on vasta alkanut viime vuosien aikana (6).

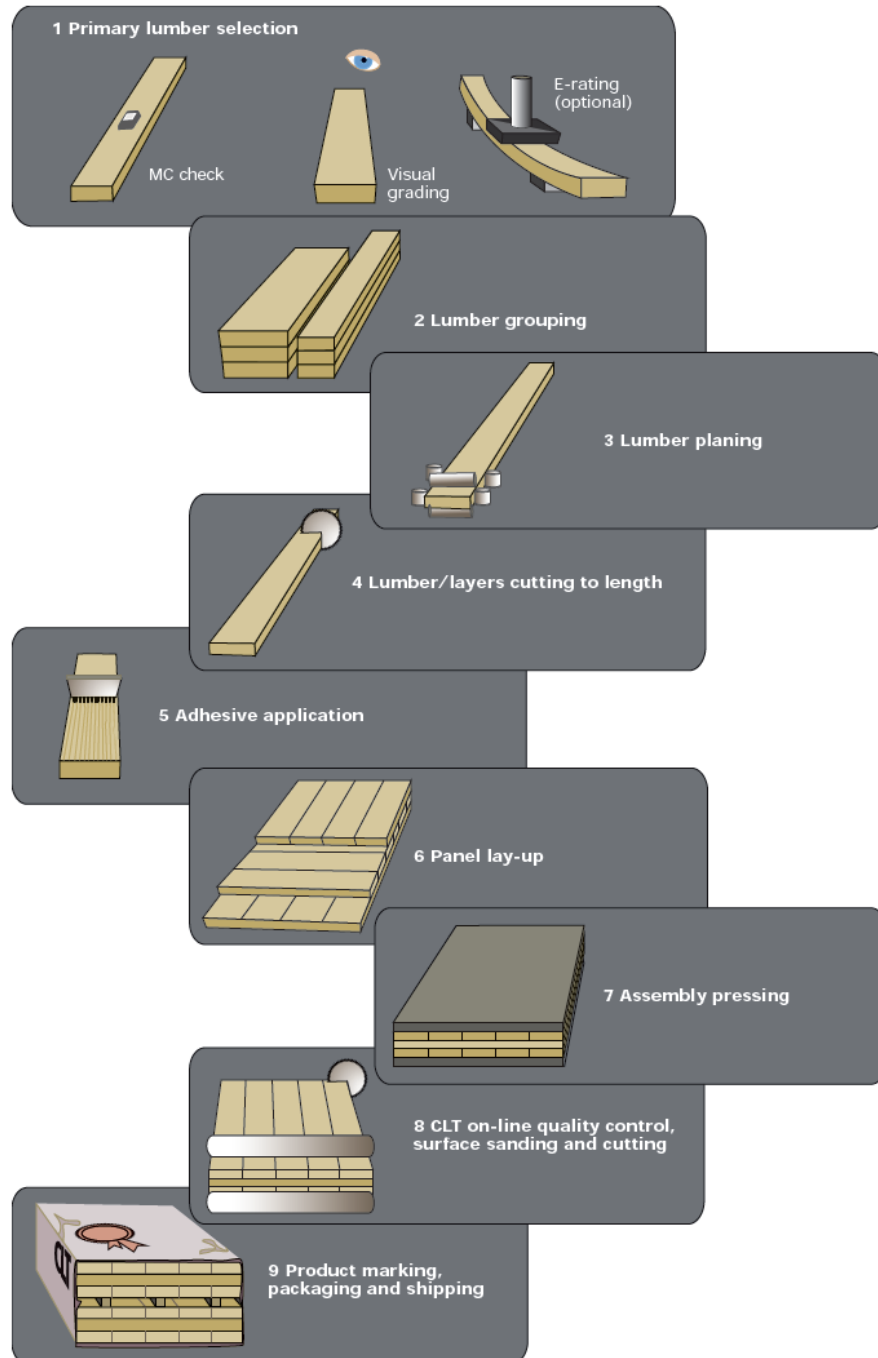
### 3.2 Valmistus

Valmistusprosessi alkaa raaka-aineen valinnalla. Raaka-aineena käytetään lujuslajiteltua sahatavaraa. Käytettäessä ulkovarastointia tulee sahatavara kuivata ennen valmistusta optimaalisiin lukemiin. Yleensä tämä tarkoittaa noin 12 % kosteutta ( $\pm 3$  %). Puun eläminen ja halkeilu saadaan näin minimoitua. Lautatavara höylätään oikeisiin mittoihin, jonka jälkeen kappaleet ladotaan vierekkäin ja suoritetaan liimoitus. Tämän jälkeen suoritetaan seuraavan kerroksen ladonta, joka asennetaan kohtisuoraan edelliseen kerrokseen nähden. Muodostuneet kerrokset puristetaan yhteen valmiiksi CLT-levyksi. Käytettävät liimat eivät tarvitse erillistä lämmitystä, vaan osat voidaan puristaa yhteen ilman sitä. Yleisimmin käytetyt liimat ovat PUR- ja PRF-pohjaiset liimat. Levy leikataan ja työstetään koneellisesti, esimerkiksi CNC-koneella, suunnitelmien mukaiseksi. Kappaleeseen tehdään varaukset ja roiloukset ja se leikataan rakennuskohteen vaatimiin mittoihin. Lopuksi CLT-levy pakataan ja toimitetaan asiakkaalle. (2.)

CLT prosessina on melko automaattinen eikä se vaadi paljoakaan käsintehtyä työtä. Kuvasta 3 selviää kyseisen prosessin kulku. Kohdissa 1–2 suoritetaan puutavaran valinta ja lajittelu. Samalla tarkkaillaan puutavaran laatua. Laaduntarkkailua suoritetaan niin koneellisesti kuin silmämääräisesti. Puutavaralle saatetaan tehdä lisäksi mekaanisia rasiuskokeita. Eripituiset kappaleet lajitellaan omiin nippuihin. Kohdissa 3–4 kappaleet höylätään ja katkaistaan haluttuihin mittoihin. Jos puun oma pituus ei riitä, käytetään sormijatkettuja kappaleita. Kohdissa 5–6 kappaleet liimataan ja vaaka- ja pystysuunnassa olevat kerrokset ladotaan linjalle kohtisuoraan toisiaan nähden. Seuraavassa käsittelyvaiheessa kappaleet puristetaan yhteen. Tämän jälkeen CLT-levy käy läpi vielä laaduntarkkailun, hionnan, koneistukset ja leikkaamisen. Viimeisessä työvaiheessa levyt merkitään, pakataan ja lähetetään asiakkaalle.

Valmistuksen etuna on levyn pitkälle viety valmiusaste, joka nopeuttaa työmaan läpivientiaikoja. Pitkälle viety valmiusaste voi olla lisäksi heikkous. Työmaalla ei enää voida tehdä suuria muutoksia levyjen liitoksiin, koska kappaleiden paino rajoittaa niiden käsittelyä. Pienet muutokset kuten urat ja reiät ovat kuitenkin mahdollista työstää käsityökalujen avulla. Tilaelementti ratkaisuihin tämän tarve on erittäin pieni, koska suurin osa liitoksista tehdään jo tehtaalla.

Valmistustavan merkittävänä etuna on lisäksi hyvä rakenteellinen vahvuus johtuen ristikkäin liimatuista kappaleista. Osa kappaleista tulee tehtaalle määrämittäisenä ja ne lisäävät valmistusprosessin nopeutta. Pituussuunnassa levy on monesti sormijatkettu ja näin saadaan hyödynnettyä sahauksessa ylijäävät kappaleet ja vähennettyä hukan määrää.



Kuva 3. CLT -levyn valmistusprosessi (5).

### 3.3 Ominaisuudet ja kilpailukykyyn vaikuttavat tekijät

Puu koetaan luonnonläheiseksi ja puhtaaksi materiaaliksi. Terveellisellä sisäilmalla on suuri merkitys tämän päivän rakentamisessa. Sisäilman tulee olla hajuton, pölytön, meluton, vedoton ja lämpötilaltaan miellyttävä. Puulla on todettu olevan lisäksi antibakteerisia ominaisuuksia, joka tuovat käyttäjälle hygieenisyyttä. CLT mahdollistaa rakenteen, joka on höyrynsuluton ja imee epäpuhtauksia huoneilmasta. Kosteuden imeytyessä puuhun siirtyvät lisäksi bakteerit puun huokosiin ja näin huoneilma puhdistuu. Monet haittatekijät, kuten pöly, vähenevät, minkä seurauksena ilmanvaihdon tarve pienenee. Tämän myötä energiantarve pienenee ja tuo itse rakennuksen käyttäjälle säästöjä verrattuna muihin materiaaleihin. Puusta voidaan rakentaa erittäin ilmatiiviitä rakenteita ja ne voivat olla kaiken tarvitsemansa energian tuottavia rakennuksia. Tästä esimerkkinä Aalto yliopiston kehittelemä Luukku-talo, jonka ilmanpitävä levyrunko ja tarkkaan suunnitellut yksityiskohdat antavat hyvän lämmöneristyskyvyn ja minimoidun lämpövuodon rakennukselle. (7.)

Eri materiaaleilla rakennetut rakennukset eivät eroa energiatehokkuusvaatimuksiltaan, joten käytönaikaiset energiakustannukset ovat myös samat kaikilla materiaaleilla. Erot rakennuksen energiankulutuksessa johtuvat lähinnä vain käyttäjän omista asumistottumuksista. (7.)

Nykyisten energiamääräysten ja rakennusprosessien vaatimuksien myötä CLT-puutalojen kilpailukyky on lisääntynyt huomattavasti, koska CLT pystyy vastaamaan näihin hyvin verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Niissä olevien tuotteiden valmistuksen energiankulutus ja ympäristövaikutukset ovat tulleet esille koko elinkaaren ajalle. (3.) Lisäksi rakennusten koko elinkaaren hiilijalanjälkeä on alettu tutkimaan suunnitteluvaiheessa. Näin saadaan optimoitua oikeanlainen rakenne, joka tuottaa mahdollisimman pienen hiilijalanjäljen elinkaarensa aikana. Tässä CLT-rakenne on parempi verrattuna esimerkiksi betoniin, koska CLT sitoo itseensä merkittävästi hiiltä pitkiä aikoja, jopa satoja vuosia. Kun puutuotteen elinkaari on päättynyt, se yleensä poltetaan ja hyödynnetään energiaksi. Puun polttaminen ei lisää hiilidioksidin määrää ilmassa enempää kuin se on kasvuaikana itseensä varastoitunut. (23.) On kuitenkin muistettava tarkastella ilmiötä kokonaisen rakennuksen ja kaiken sen rakennustuotteiden kannalta, koska voidaan nopeasti hukata CLT:llä saadut hyödyt.

CLT:n suurimpia hyötyjä ovat rakentamisen nopeus, koska elementtien valmistus tapahtuu pääsääntöisesti hallituissa kuivissa tuotantotiloissa ja työmaa-asennusaika on lyhyt. Verrattuna esimerkiksi betoniin CLT-rakentaminen on niin sanottua kuivaa rakentamista, eli se ei tarvitse erillisiä kuivumisaikoja. Levyyn pinta on pinnoitettavissa välittömästi asennuksen jälkeen. (8.) Koska elementtejä ei tarvitse kuivattaa, ei tarvita kuivumisajan työmaalämmitystä, mikä tuottaa merkittäviä taloudellisia säästöjä lämmityslaitteiden vuokra- sekä energiankulutuksen kulujen jäädessä huomattavasti alhaisemmiksi. Työmaa-aikaisen lämmitysajan lyhentyminen keventää jonkin verran rakentamisaikaisia ilmastokuormitusta. Työmaita lämmitetään sähköpuhaltimin, nestekaasulämmittimin sekä polttoöljytoimisin lämmittimin. Työmaa-aikainen ilmastollinen kuormitus on riippuvainen lämmitystavan valinnasta ja –kauden kestosta.

CLT elementeillä saavutetaan lyhyempi rakennusaika betonirakentamiseen verrattuna ja säästöä muun muassa työmaan ylläpitoajan lyhenemisen vaikutuksesta (vakuutukset, sosiaalililat, henkilöstö, sähkö, vesi jne). Kokonaistyömaa-aika voi jopa puolittua CLT:illä verrattuna betoniin. Tässä opinnäytetyössä huomataan, että kokonaistyömaa-ajalla on merkittävä vaikutus kokonais kustannusten kannalta katsottuna.

CLT-levyyn on sitoutuneena paljon kosteutta, joka tekee siitä paloturvallisen rakennusmateriaalin. CLT-massiivipuulevy sitoo itseensä jopa 12 % kosteuden, jonka täytyy haihtua kokonaan, ennen kuin palaminen voi alkaa. Palotilanteessa massiivipuulevy myös hiiltyy pinnalta muodostaen paloa suojaavan kerroksen, joka suojaa sisempiä lamellikerroksia ja näin säilyttää kestäväyytensä. (9.) Palotilanteen jälkeiseen korjaamiseen käytetään yleensä hiontaa, pyyhkimistä tai pesua. Jaakko Salmisen (22) tekemästä opinnäytteestä CLT-rakennellevyn korjausrakentaminen löytyy käytännön kokeilla tehdyt tutkimukset palotilanteen jälkeisestä korjaamisesta.

Puukerrostaloilta vaaditaan enemmän paloturvallisuuden osalta kuin muilta taloilta. Rakenteita koskee sama 60 min palonkestävyys kuin muitakin taloja, mutta tiettyjä rakenteita joudutaan suojaamaan korkeudesta riippuen kipsilevyllä koteloimalla palon leviämisen estämiseksi. Kaikki tilat joudutaan varustamaan automaattisella palonsammutusjärjestelmällä ja kaikissa asunnoissa tulee olla vähintään kaksi hätäpoistumistietä. Nämä seikat ovat vahvasti kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ja vaikuttavat puurakentamisen kannattavu-

teen. Turvallisuuden kannalta on merkityksentöntä, mistä materiaalista runko on tehty, koska palon sattuessa myrkyllisten savukaasujen määrä riippuu lähinnä asunnossa olevasta irtaimistosta. (7.)

Puu materiaalina on helposti työstettävissä, ja CLT-levyn työstöllä päästään jopa 1mm tarkkuuteen. Puun uusio- ja hyötykäyttö purettaessa lisäävät kilpailukykyä. CLT-rakenteen liitokset ovat yksinkertaisia ja ne ovat helppoja kiinnittää. CLT-levy on kevyt verrattuna betonielementtiin eivätkä elementtien tai kappaleiden siirrot edellytä järeitä nostureita. (10.) Tämä tuo säästöjä niin mahdollisten konevuokrakulujen myötä kuten myös ajallisesti.

CLT nähdään myös vientituotteena. Jäykkyyssominaisuuksien puolesta se soveltuu erittäin hyvin esimerkiksi maanjäristysalueille. (3.) CLT-moduulirakentamista on suunniteltu käytettävän hyväksi myös katastrofialueiden jälleenrakentamiseen ja kaupunkien slummien uudelleen rakentamiseen. (11.) CLT-elementtien rakenteen keveys tuo merkittävän edun betoniin nähden, joita ei ole edes järkevää kuljettaa vientitarkoituksissa.

#### 4 TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN

Tilaelementti on rakennuselementti, joka sisältää vähintään ylä- ja alapohjan sekä päätyseinät. Suurin osa tilaelementeistä on puurakenteisia ja CLT:n käyttö niissä on lisääntymässä. Tilaelementit ovat monesti pitkälle vietyjä kokonaisuuksia, jotka valmistetaan tehtaassa säältä suojassa. (12.)

Suurimmat edut tilaelementtirakentamisessa on rakentamisen nopeus, joka teollisella valmistuksella saavutetaan. Tilaelementtirakentaminen pienentää merkittävästi aikaan sidonnaisia kustannuksia, koska esimerkiksi perustukset ja tilaelementit voidaan rakentaa samaan aikaan. Laatu on erittäin tasaista ja rakenteet loppuun asti mietittyjä. Tilaelementit voidaan varustella lähes kokonaan, jolloin työmaalla ei enää tarvitse kuin tehdä tarvittavat saumaukset ja liitännät. (12.)

Huonona puolena tilaelementeillä on niiden suuri koko ja niiden työmaalle kuljettamisen haasteet. Yli 3 m leveä kuljetus luokitellaan erikoiskuljetuksiksi ja se on kokonaiskustannuksia lisäävä tekijä. Kuljetettavalta rakenteelta vaaditaan lujuutta muodonmuutoksien välttämiseksi. Kuljetettavan kappaleen pai-

non noustessa myös kustannukset nousevat. Tiestö ja sillat voivat asettaa kuljetukselle erityisrajoituksia, mutta esimerkiksi liikennevirastolla on hyvät palvelut tällaista ennakkosuunnittelua varten.

Tontin sijainnilla on merkittävä rooli suunniteltaessa rakennettavaa rakennusta ja ei ole itsestään selvää onnistuuko tilaelementtien toimitus ylipäättänsä. Esimerkiksi vaikea maasto voi vaikeuttaa tarvittavien nosturien tai toimituksen pääsyn tontille.

Etuna verrattuna perinteiseen rankapystytykseen on se, että tilaelementtirakentamisen kustannukset ovat paremmin ennalta tiedossa ja pystytysurakan hinta on yleensä kiinteä.

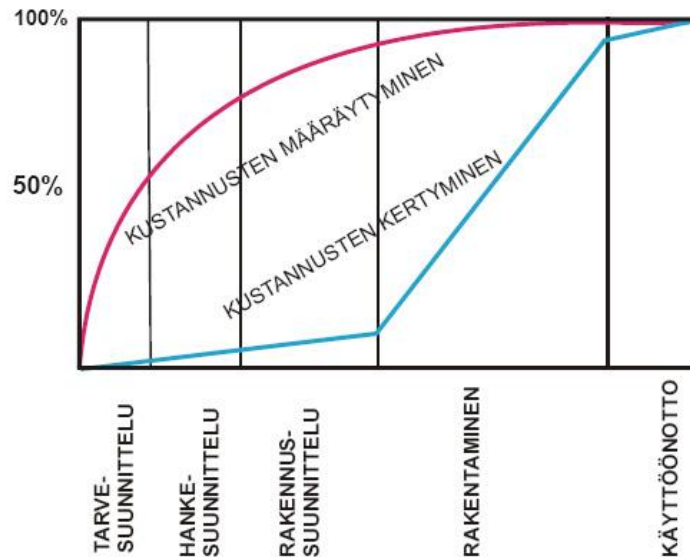
## 5 RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET

Rakennushanke jakautuu useaan eri vaiheeseen. Hankkeen jokaiseen vaiheeseen osallistuu myös useita eri osapuolia, joilla on omat tehtävänsä. Lopputuloksena syntyy joukko asiakirjoja, päätöksiä sekä rakennussuorituksia.

RT 10–10387 –ohjekortista (13) selviää hankkeen vaiheet.

- tarveselvitys (TS)
- hankesuunnittelu (HS)
- rakennussuunnittelu (RS)
- rakentaminen (RA)
- käyttöönotto (KO) (13).

Kustannukset määräytyvät suurelta osin hankkeen alkuvaiheessa ja kertyvät pääosin rakentamisvaiheessa. Kuva 4 havainnollistaa hankkeen kustannusten kertymistä ja määräytymistä. Kuvasta huomataan, että kustannuksista noin 75 % määräytyy yksinomaan tarve- ja hankesuunnittelussa. Ennen kuin rakentaminen on edes alkanut, on kustannuksista määrätty jo lähes 90 %. Kustannusten kertyminen alkaa voimakkaasti vasta rakentamisen alettua, jonka jälkeen kustannusten määräytyminen on enää vähäistä.



Kuva4. Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen (14).

Rakennusprojektin eri vaiheet usein limittyvät. Valittu toteuttamismuoto määrää sijoittuvatko eri rakennusvaiheet rinnakkain vai peräkkäin projektin edessä. (15.)

## 5.1 Tarveselvitys (TS)

Tarveselvityksessä on tarkoitus tuoda esiin tilojen tarpeellisuus. Tarveselvitys sisältää rakennusohjelman, aikataulun sekä hankkeen kustannus- ja kannattavuusarviot. (16.)

Selvityksessä määritellään tarvittavat tilat, rakenteet ja niille asetetut vaatimukset. Tarveselvityksessä on tärkeää selvittää valittujen tilojen kelpoisuus suhteessa kustannuksiin. Selvityksen pohjalta rakennuttaja päättää, ryhtyykö hankkeeseen vai ei. Yleensä toteutusvaihtoehtoja on useampi kuin yksi. Rakennusohjelmassa kuvataan hankkeiden laajuutta ja hintatasoa ja näiden suunnitelmien pohjalta valitaan soveltuvin ratkaisu. Hankepäätös tehdään tarveselvityksen perusteella. (16.)

Hankkeen tilaajan tai sijoittajan näkökulmasta tulee osata aistia tulevilta asiakailta heidän halunsa ja tarpeensa. Rakennushankkeissa tehtävä tarveselvitys tulisi ottaa selvästi osaksi kokonaissuunnitelmaa. Tilaajan on tiedettävä minkä tyyppisiä asuntoja rakennettavalle asuinalueelle halutaan. Esimerkiksi onko enemmän tarvetta yksioille kuin kaksioille. Onko tulevilla asukkailla tai tilan-



käyttäjillä erikoisvaatimuksia kuten liikuntarajoitteisuutta. Asettaako alue jotain vaatimuksia, kuten paalutusta, korkoeroja tai kaavamääräyksiä.

Nykypäivän trendi näyttäisi painottuvan enemmän yksin elämiseen eli yksiöiden kysyntä tulee kasvamaan entisestään. Suurin osa kaupungeille tulevista asuntohakemuksista on juuri yksiöihin. Asukkaat arvostavat entistä enemmän asumismukavuutta, mikä lisää rakennuksille asetettuja vaatimuksia. Nykytilanteen analysointi ja kysynnän oikein tulkitseminen hankkeen alkuvaiheessa on elintärkeää yritykselle ja sitä ei pidä väheksyä. Oikein tulkittujen valintojen pohjalta voidaan tehdä onnistuneita päätöksiä ja edetä varmalla pohjalla itse hankesuunnitteluun.

## 5.2 Hankesuunnittelu (HS)

Tarveselvityksessä tehdyt kartoitukset tarkentuvat hankesuunnitteluvaiheessa. Hankesuunnittelun pääasiallisin tehtävä on tuottaa hankesuunnitelma. Suunnitelmasta selviää oleelliset tiedot hankkeesta. Hankesuunnitelma antaa vastauksia esimerkiksi hankkeen laajuuteen, kustannuksiin ja aikatavoitteisiin. Hankkeohjelma sisältää oleellisen ja tarvittavat tiedot päättäjille tehdä investointipäätös ja se toimii hyvänä projektin johtamisen työkaluna. (16.)

Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä käyttäjä, rakennuttaja ja suunnittelija. Lähtökohdat ja tarpeet määrittelee käyttäjä. Rakennuttajan tehtävä on toimia asiantuntijana, joka vastaa sisällön ja rakennustoiminnan läpiviennin onnistumisesta. Suunnittelijan tehtävä tässä vaiheessa on kerätä tarvittavat tiedot rakennussuunnittelua varten. Monesti arkkitehtisuunnittelu olisi hyvä ottaa tässä vaiheessa mukaan asiantuntijan roolissa. (16.)

Esisuunnitteluvaiheessa, jota hankesuunnittelukin on, tehdään yleensä kallemmat ratkaisut ja valinnat. Siksi onkin tärkeää, että hankesuunnittelusta ei pidä tinkiä. Hankesuunnittelu korostuu CLT-rakentamisessa. Rakenteet ja liitokset ovat pitkälle suunniteltuja ja valmiiksi työstettyjä ennen työmaalle viemistä. Esisuunnittelussa tulee ottaa huomioon useita eri asioita, jotka vaikuttavat kustannuksiin. Näillä voidaan tehdä kustannussäästöjä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi aukoista leikattujen osien hyödyntäminen portaiden tai terassin rakenteisiin. CLT:llä toteutetun rakennuksen talotekniikan reitit voidaan suunnit-

tella etukäteen ja jyrsiä jo tehtaalla. Tämä nopeuttaa asennuksia ja vaikuttavat työmenekkien myötä kokonaiskustannuksiin.

### 5.3 Rakennussuunnittelu (RS)

Rakennussuunnittelu on rakennushankeen toiminnallisten ja teknisten ratkaisujen jalostamista aikaisemmista vaiheista saatujen tietojen perustella (13). Materiaalivalinnat korostuvat tässä vaiheessa.

Tilaaajan vahvistettua hankesuunnitelman voidaan edetä rakennussuunnittelu- vaiheeseen. Hankesuunnitelma toimii suunnittelun apuna, jolla saadaan aikaan varsinaiset suunnitelmat. Jos suunnittelijavalintoja ei ole vielä tehty, ne tehdään tässä vaiheessa. (16.)

Rakennussuunnittelu jakautuu viiteen eri vaiheeseen:

- Ehdotusvaihe (L1)
- Luonnosvaihe (L2)
- Pääpiirustusvaihe (T1)
- Työpiirustusvaihe (T2)
- Täydentävä suunnittelu (T3) (16).

Ehdotusvaiheessa saadaan aikaan perusratkaisu, jossa huomioidaan hankkeen tavoitteet. L1-suunnitelmat käsittävät asemapiirustuksen, pohjapiirustukset ja leikkaukset. Ehdotuspiirustusten avulla tutkitaan eri ratkaisuja, joista valitaan toteuttamiskelpoisin. (13.)

Luonnosvaihe eli L2-vaihe sisältää asemapiirroksen, pohjapiirustukset, leikkaukset, tilaohjelman ja rakennusselostuksen (16). Luonnossuunnitelmissa esitetään myös ympäristösuunnitelma, perustamistapa, LVIS-tekniset järjestelmät, keskeiset rakenteet ja päämateriaalit. Tässä vaiheessa suunnitelmaa yritetään havainnollistaa mahdollisimman hyvin eri keinoin. (13.)

Pääpiirustusvaiheessa (T1) arkkitehti laatii pääpiirustukset ja mitoittamattomat työpiirustukset hankkeesta. Tämän jälkeen siirrytään T2-vaiheeseen, jossa muut suunnittelijat, kuten rakennesuunnittelija ja LVIST-suunnittelija laativat omat asiakirjansa ja suunnitelmat rakennuslupaa varten. Työpiirustusvaiheen aikana suunnittelijat tekevät toteutus suunnitelmat ja urakoitsijat jättävät tarjouksensa. Rakennuttaja valitsee urakoitsijoiden tarjouksista kokonaistaloudellisemman, joka ei välttämättä ole halvin tarjous. (16.)

Rakennusluvan myöntämisen jälkeen pidetään aloituskokous, jonka jälkeen voidaan aloittaa rakennustyöt. T3-vaihe tehdään rakennustyön aikana, jossa tarkennetaan ja täydennetään suunnitelmia. (16.)

#### 5.4 Rakentaminen (RA)

Rakentamisvaiheessa rakennetaan aikaisemmissa vaiheissa suunniteltu kohde. Rakentaminen alkaa urakkasopimuksen solmimisesta ja se toteutetaan urakkasopimuksen puitteissa. Rakennuttajaa ja urakoitsijaa koskevat velvoitteet ja vastuut, jotka käyvät ilmi urakka-asiakirjoista. (13.)

Rakennustöiden valvonnasta laaditaan valvontasuunnitelma. Rakennustyötä valvotaan eri osapuolten toimesta. Rakennuttaja valvoo rakennushankkeen etenemistä työmaakokouksien avulla tai erillisen valvojan avulla. Viranomaisvalvonnat suoritetaan erilaisilla rakennustöiden tarkastuksilla. Lopputarkastuksen jälkeen rakennuttaja voi siirtyä vastaanottotarkastusvaiheeseen. (16.)

Rakentaminen päättyy kohteen luovuttamiseen rakennuttajalle, jolloin vastaanottotarkastus suoritetaan. Jos kohteessa havaitaan puutteita, urakoitsija korjaa ilmenneet kohdat. Tämän jälkeen sovitaan rakennuksen takuu-aika ja menettelytavat. Vaikka urakoitsijan vastuu päättyy tähän, se on vastuussa töistään 10 vuotta luovutuksesta. (16.)

#### 5.5 Käyttöönotto (KO)

Käyttöönottovaiheeseen osallistuvat käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelija ja rakentaja. Käyttöönottovaiheessa rakennuksen käyttö opastetaan tilaajalle tai käyttäjälle. Tämä tarkoittaa rakennuksen ohjaus- säätö- ja valvontalaitteiden liittyvien komponenttien hallinnan osaamista. Ohjeet kerätään arkistoksi, joka sisältää ajankohtaiset toimintakaaviot, piirustukset ja käyttö- ja huolto-ohjeet. (16.)

Piha-alueista ja sisätiloista laaditaan erilliset suunnitelmat, joista selviävät hoitoon ja siivoukseen liittyvät asiat. Rakennuttaja teettää rakennukselle suoje-lusuunnitelman, joka koostuu palontorjunta-, väestönsuojelu- ja vartiointisuunnitelmista. (13.)

## 5.6 Rakennuksen käyttö ja elinkaariajattelu

Rakennuksen käyttö on kustannuksiltaan kallein ja pitkäaikaisin vaihe rakennuksen elinkaaren aikana. Käyttöön sisältyy monia kustannuksia kuten isännöinti-, siivous-, lämmitys-, sähkö-, jätehuolto- ja korjauskustannukset. (16.)

Elinkaarella tarkoitetaan jaksoa aina rakentamisen ja maankäytön suunnittelusta rakennuksen purkuun. Elinkaaren pituudet vaihtelevat erityyppisillä rakennuksilla. Kustannuksia tarkasteltaessa vertailut eivät voi rajoittua vain pelkkien investointien tarkasteluun, vaan hanketta on aina tarkasteltava elinkaariajattelun näkökulmasta. Alun hankinnat voivat nostaa kustannuksia hetkellisesti, mutta pienentävät koko elinkaaren kustannuksia. (17.)

Tarkasteltaessa elinkaarikustannusten muodostumista suurin vaikutus on hankkeen alun ratkaisuilla ja päätöksillä. Näiden vaikutus vähenee lähestyttäessä itse rakennuksen käyttöönottoa. Hankesuunnittelulla on suurin rooli elinkaarikustannuksien muodostumisessa. Siinä määritetään pitkälti kustannusten taso. Projektin hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään ja arvioidaan vaihtoehtoiset toteuttamistavat. (17). Hankesuunnittelu siis kartoittaa, tullaanko rakennuksessa käyttämään materiaalina juuri esimerkiksi CLT:tä.

## 6 HINNAN MUODOSTUMINEN RAKENNUSHANKKEESSA

Rakennushankkeessa on monia asioita, jotka vaikuttavat lopullisen hinnan muodostumiseen ja siihen, tuleeko kokonaishankkeesta kannattava. Rakennuksen lopullinen hinta määräytyy yleensä tarpeen synnyttämistä päätöksistä ja vaatimuksista. Toisaalta on haluja, jotka eivät perustu tarpeeseen. (18.)

Hankkeen kustannuksia voivat aiheuttaa lisäksi esimerkiksi osaamattomuus ja ammattitaidottomuus. Asennusvirheistä aiheutuvat kustannukset vähentävät lopullisen katteen määrää ja vaikuttavat näin yrityksen menestymiseen. CLT-rakentamisen yhtenä heikkoutena on levyn korkea hinta. Esimerkiksi 200 mm vahvuinen kantava betoninen ontelolaatta on noin puolet edullisempi materiaalikustannuksiltaan kuin vastaava CLT-rakenteinen levy. CLT-rakentamisen kilpailukykyä tarkasteltaessa ja vertailtaessa sitä muihin materiaaleihin, tulee aina katsoa hankkeen kokonaiskustannuksia eikä yksittäisiä osia siitä.

Rakentamisen yleisimpiä menojen aiheuttajia ovat

- Tilat
- Olosuhteet
- Valitut suunnitteluratkaisut
- Toteuttamismuoto
- Toteuttamisaikataulu (18.)

Hintoihin ja kustannuksiin vaikuttaa myös kunkin hetken suhdannetilanne, yleinen hintatason kehitys, urakkahintojen kehitys ja paikallinen kilpailutilanne (18).

## 6.1 Tilat

Valmiin rakennushankkeen laatutason määrittää tilaaja. Tilat ja niille asetetut vaatimukset ovat kokonaisuuteen hintaeroja aiheuttava tekijä. Kaikki perusratkaisut valitaan yleensä suunnitteluvaiheessa ja hankkeen onnistuminen edellyttääkin asiantuntevaa ja huolellista suunnittelua. (18.)

Tilan tarpeen aiheuttaa aina jokin ulkopuolinen impulssi. Impulssi voi olla esimerkiksi väestön aiheuttama asuntopula. Tila on käyttäjälle kohde, jolta vaaditaan eri ominaisuuksia eri tilanteissa. (18.)

Tilan suuruuden määrittää toiminta, jota tilassa harjoitetaan, ja hankkeen laajuuteen vaikuttaa tilojen eri mitoitus. Eri materiaaleista rakennettujen rakenteiden välillä voi olla eroja ja nämä vaikuttavat rakennuksen lopullisiin mittoihin. (18.) Esimerkiksi yhtä rakennuksen CLT-ulkoseinärakennetta voidaan joutua suurentamaan talotekniikan reittejä varten, kun betonilla se voidaan sijoittaa suoraan valuun tekemättä mittaeroja eri seinien välille.

Suurin hankkeen menoihin vaikuttava ja hintaeroja aiheuttava tekijä on tilat ja niille asetettavat vaatimukset. Tilojen vaatimusten eroista johtuen tilojen hinnoissa voidaan havaita huomattavia vaihteluita eivätkä ne ole verrattavissa keskenään. (18.)

## 6.2 Rakennuspaikan olosuhteet

Maaston muodot ja maaperän vaatimukset vaikuttavat rakennuskustannuksiin. Mikäli maaperä ei ole tarpeeksi kantavaa, joudutaan joko turvautumaan paalutukseen tai maamassan vaihtoihin. Mitä monimuotoisempi tai suurempi rakennus on pinta-alaltaan, sitä enemmän kustannukset kasvavat. CLT keveys puolesta voisi keventää myös perustuksia. Laskennallisesti kuitenkin lumi- ja hyötykuormat ovat ratkaisevia, joten perustuksissa ei synny eroja betonin ja CLT:n välillä. (18.)

Rakennus tulee suunnitella aina tontille sopivaksi. Rakennuspaikan olosuhteisiin kohdistuu monesti resurssien käyttöä kuten massanvaihtoa, paalutusta, louhintaa ja täyttöjä. Nämä resurssit eivät aiheudu rakennuksessa harjoitetusta toiminnasta. (18.)

Ajallisia olosuhteiden muutoksia kutsutaan kausivaihteluiksi. Näitä ei yleensä pystytä muuttamaan, mutta niihin pystytään sopeutumaan. Talven tuomat haasteet lisäävät muun muassa työmenekkien ja työmaan energiankulutusta. Suunnittelija pystyy vaikuttamaan valinnoilla merkittävästi talven tuomiin kustannuksiin, mutta olosuhteiden aiheuttamat kustannukset eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä. Vaikka työmenekit lisääntyvätkin talvella tehdyssä työssä, työn yksikköhinta kuitenkin alenee. Tähän on syynä se, että talvella työvoimaa on saatavilla enemmän ja näin se on halvempaa kuin kesällä. (18.)

Mahdollisesti korkealla esivalmistustuotannolla voitaisiin tasoittaa kausivaihtelua. Asennusajat ovat niin lyhyitä, että perustuksia voitaisiin tehdä silloin, kun niille on otollisin aika ja elementtejä asentaa lähestulkoon ympäri vuoden.

## 6.3 Valitut suunnitteluratkaisut

Hankkeen vaiheisiin voidaan parhaiten vaikuttaa suunnitteluvaiheessa. Huolelliset tehdyt suunnitteluasiakirjat auttavat tavoitteisiin pääsyä. Huolimattomalla suunnittelulla, jolla ei ole selkeitä tavoitteita, aiheutetaan turhia kustannuksia ja aikaviiveitä. Suunnittelun kustannukset ovat tyypillisesti noin 10 % kokonaiskustannuksista, mutta toisaalta siinä määritellään 90 % koko projektin kustannuksista. (18.)

On tärkeää pysyä suunnitelluissa ratkaisuissa. Korkean esivalmistusasteen etuja on, että työnjohto ei ala suunnittelemaan kohdetta ja ratkaisuja uudelleen, vaan yritetään tehdä niin kuin on suunniteltu. Kun työmaalla ei rakenneta suunnitelmista poiketen ja tehdä ”as built”-kuvia, ei virheillekään anneta niin paljon sijaa.

Suunnittelijoiden tavat massoitella tiloja vaihtelevat, ja monesti tuloksena on toisistaan poikkeavia resurssien määriä, jakaumia ja yksikköhintoja. Suunnittelukäytäntöön vaikuttavat myös ajan trendit. Trendit määräävät esimerkiksi suunnitellaanko pienipiirteisempää ja detaljoidumpaa, joka sitoo paljon enemmän resursseja kuin yksinkertaiset ja selkeät linjaukset. (18.)

#### 6.4 Toteuttamismuoto

Toteuttamismuodolla tarkoitetaan sitä, miten työ ja tarvikkeet hankitaan. Eri-laisia toteuttamismuotoja kannattaa tutkia, koska monesti ratkaisut ovat tapauskohtaisia. (19.)

Se, miten iso hanke on, vaikuttaa kustannuksiin. Hankekoon kasvaessa työmaan perustamisesta ja johtamisesta aiheutuvat kustannukset pienenevät rakennettavaa neliometriä kohden. Isosta hankekoosta on hyötyä, jos siinä esiintyy toistettavia asioita, kuten samoja suunnitteluratkaisuja. Hankekoon pienuudellakin on merkitystä esimerkiksi, jos kerrosala on alle 1200 k-m<sup>2</sup>, väestönsuojaa ei tarvitse rakentaa. (19.)

Tässä opinnäytetyössä oleva rakennus on alle 1200 k-m<sup>2</sup>, jonka takia siinä ei erillistä väestönsuojaa välttämättä tarvitse olla. Työmaan perustamisesta ja johtamisesta aiheutuneet kustannukset olivat hankekoon pienuudesta johtuen neliometriä kohden suhteellisen korkeat betonilla, mutta CLT:llä kokonaisrakennusaika vaikutti voimakkaasti johtamiskuluihin alentaen niitä.

Rakentamisen aikana hanke jaetaan yleensä erilaisiin hankintakokonaisuuksiin. Hintaeroja aiheutuu hankintojen kilpailuttamis- ja sopimustekniikoiden välillä, mutta myös toteuttamismuodon valinnalla on merkitystä. Tämä riippuu muun muassa hankkeen luonteesta ja vallitsevasta kilpailutilanteesta. (18.)

Hankintojen liian suuri koko vaikuttaa myös tekijöiden valikoitumiseen, koska pienurakoitsijalla ei välttämättä ole samoja vakuuksia kuin suuremmilla toimijoilla (18).

## 6.5 Toteuttamisaikataulu

Huonosti toteutetut aikataulut aiheuttavat ongelmia työmaalla. Ne voivat johtaa hätäisiin päätöksiin, sopimukseen tai rakennusvirheisiin. Aikataulun pettäminen aiheuttaa aina ylimääräisiä kuluja ja lisää esimerkiksi työmaakaluston vuokratuloja. CLT:n etuina ovat sen yksinkertaiset liitokset rakenteissa, joiden avulla minimoidaan rakennusvirheet, saadaan nopeutettua pystytystä ja näin saavutettua joustoa tai säästöä työmaan kokonaisajassa.

Toteuttamisaikataulun määrittää yleensä rakennustyön suorittamiseen tarvittava aika. Laitehankinnat ja pitkän toimitusajan omaavat koneistot voivat kuitenkin olla rakennusaikaa säätelevä tekijä. Useita tutkimuksia rakennusajan ja hintojen välisestä suhteesta on tehty, mutta selvää optimiaikaa ei ole löydetty. Liian lyhyt rakennusaika johtaa vuorotyöhön ja nostaa kustannuksia, kun taas liian pitkä tehottomuuteen ja aikasidonnaisiin työmaakustannuksiin. (18.)

## 7 HINNAN SYNTYMINEN RAKENNUSHANKEESSA

Rakentamisen menot syntyvät resursseista kuten työ, tarvittavat materiaalit, energia ja pääoma. Suurin osa näistä syntyy rakennustyön aikana. On tärkeää huomata, että vaikka suunnittelu-aika on ajallisesti pisin, se ei ole kallein vaihe. Luovan työn osuus ei perustu menekkeihin vaan siitä maksetaan työn suoritusnopeudesta riippumatta. (18.)

### 7.1 Hinnan syntymisen arviointi

Arviolaskennassa, jossa käytetään pohjana suunnitelmia, mitataan materiaali- ja työmenekkejä, työmenekejä ja niiden yksikköhintoja. Tällainen tarkastelu luonteeltaan on toteavaa ja siinä selvitetään resurssien käytöstä syntyviä hintoja. (18.)



## 7.2 Hinnan syntymiseen vaikuttavat tekijät

Pääasiallinen rakennukseen sitoutuva resurssi on työtä. Jos itse materiaalin tuotantoketjua tarkastellaan, on sekin hintasisällöltään pääasiallisesti työtä. Eri materiaalien hintaerot muodostuvat yleisesti niihin tuotantoketjun aikana uh-  
rattujen resurssien määrästä. Se, kuinka paljon raaka-aineen saattamiseksi rakennusmateriaaliksi on kulunut energiaa tai kuinka pitkä sen jalostusketju on ollut, vaikuttaa oleellisesti materiaalin arvon muodostumiseen. Lisäksi materiaalin arvostuksen ja harvinaisuuden tuomat erot vaikuttavat hintaeroihin. Halukkuus suorittaa jokin työ tai tehtävä vaikuttaa myös hinnanmuodostukseen. Halukkuus vaikuttaa joka tasolla riippumatta siitä miten sitä mitataan. (18.)  
Tähän vaikuttavat muun muassa sen hetkinen työtilanne. Työstä voidaan ehkä pyytää palkkaa enemmän, jos työtä on tarjolla enemmän.

## 8 KUSTANNUSVERTAILUVAIHTOEHDOT

Kustannusvertailulaskelmia käytetään, kun halutaan selvittää, miten säästää kustannuksissa ja nostaa yrityksen kilpailukykyä. Laskelmissa voidaan esimerkiksi vertailla kokonaisten rakenteiden tai yksittäisten osien välisiä kustannuseroja. Kustannusvertailulla haetaan ennen kaikkea varmuutta yrityksen toiminnalle. Laskelmat tehdään yleensä joko tilalaskentana tai rakennusosaelaskentana. (18.)

Yksittäisten CLT-rakenteiden kustannusvertailuja on jo jonkin verran saatavilla, mutta kustannusvertailuja kokonaisten hankkeiden osalta ei ole vielä kovinkaan paljon julkaistu.

### 8.1 Tavoitehintamenettely

Tavoitehintamenettely on Haahtela-kehitys Oy:n tuotenimi, jolla määritellään ja arvioidaan rakennushankkeen tai olemassa olevan kiinteistön hintaa. Ennen menetelmän käyttöä tulee olla laadittu tilaluettelo ja määritelty keskeiset tiloille asetetut vaatimukset. Tavoitehintamenettelyn avulla rakennukselle saadaan uudis-, korjaus- tai nykyhintaa. (18.)

Tässä opinnäytetyössä suoritettu vertailu ei ole toteutettu tavoitehintamenettelyllä, koska sen ei katsottu olevan tarpeeksi tarkka. Kustannusvertailu toteutettiin rakennusosa-arvio menettelyn avulla. Tavoitehintamenettely saattaa kuitenkin monessakin tapauksessa olla riittävä arviomaan hankkeen suuruutta ja antamaan suuntaviivoja päätöksille.

## 8.2 Rakennusosa-arvio menettely

Rakennusosa-arviointi on Haahtela-kehitys Oy:n tuotenimi, jolla tarkoitetaan rakennuksen hinnan arviointia. Arviointi tapahtuu jakamalla rakennus nimikkeistön mukaisiin rakennusosiin. Rakennusosat mitataan ja hinnoitellaan rakennusosahinnaston mukaisiin yksikköhintoihin. Rakennusosa-arvioinnilla voidaan määrittellä rakennukselle uudis- tai korjaushinta. (18.) Tämän opinnäytteen kustannusvertailu toteutettiin kahden eri rakennusosa-arvion perusteella.

Rakennusosa-arviointimenettely on tarkempi tapa arvioida kuin tavoitehintamenettely, mutta se on myös monimutkaisempi. Tällä menetelmällä voidaan arvioida korjaushankkeiden budjetteja, suunnitteluratkaisujen mukaisia hintoja ja rakennuksen hintaa. (18.)

## 8.3 Suoritepohjainen kustannusarviolaskenta

Suoritepohjainen kustannusarvio on arvioista tarkin. Se on työläin tapa ja vaatii aina tarkat suunnitelmat hankkeesta. Suoritepohjainen kustannusarvio voidaan toteuttaa, jos suunnitelmista voidaan tehdä yksiselitteiset määräluettelot. Määräluettelon suoritteet ja tarvikkeet hinnoitellaan sen hetken hintatasoon. Suoritepohjaista kustannuslaskentaa käytetään yleensä tarjoushinnan määrittämiseen, mutta se soveltuu myös yksittäisten työvaiheiden tai rakennusosien hinnan määrittelyyn. (18.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin suoritepohjaista kustannusarviolaskentaa osana rakennusosa-arviota runkorakenteiden arvioinnissa. Eri rakenteista tehtiin määräluettelot, jossa olivat suoritteet ja tarvikkeet. Näissä esiintyvät hinnat ovat tämän opinnäytetyön tekoajankohdan hintatason mukaisia.

#### 8.4 TALO-2000 -nimikkeistö

Tämän opinnäytetyön vertailussa käytettiin hyväksi Talo 2000 -nimikkeistöä. Talo 2000 -järjestelmä on Haahtela-kehitys Oy:n tuotenimi. Talo 2000 -järjestelmä koostuu tila-, hanke-, tuotanto-, rakennustuote- ja kalustonimikkeistöistä. (20.)

Tilanimikkeistö jakaa rakennuksen huoneistotyypeiksi. Hankenimikkeistö jakautuu osiin, jotka kuvaavat fyysisiä rakennusosia. Näihin kuuluvat esimerkiksi runko, vesikatto, anturat, tuennat, maanosat ja päällysteet. Hankenimistöön kuuluu myös tehtäviä, kuten hanke-, kiinteistö- ja käyttäjätehtäviä. Tuotannonimikkeistön tarkoitus on jakaa hanke hankintoihin, toimituksiin ja tehtäviin. Rakennustuote- ja kalustonimikkeet ovat niin sanottuja panosnimikkeitä. Rakennustuotteenimikkeitä ovat sellaiset nimikkeet, jotka rakentamisen aikana kiinnitetään pysyvästi rakennukseen tai kulutetaan loppuun rakentamisen aikana. Kalustonimikkeistöllä tarkoitetaan koneita, laitteita ja välineitä, jotka eivät jää pysyväksi osaksi rakennusta. (20.)

Talo 2000 -nimikkeistö ei välttämättä sovellu esimerkiksi omakotitalohankkeelle tai pienelle rakennusyriykselle, koska nimikkeistö katsoo asioita isompien hankkeiden näkökulmasta. Tässä opinnäytteessä katsottiin Talo 2000 -nimikkeistön olevan kuitenkin käyttökelpoinen.

#### 8.5 Kustannustieto Taku® -järjestelmä

Kustannustieto Taku® -ohjelmiston avulla yritys voi arvioida hankkeen hintaa eri tilanteissa. Ohjelma perustuu tavoitehintamenettelyyn, jolla voidaan laskea uudis- ja korjausrakentamisen budjetteja ja arvioida ylläpitokustannuksia. Ohjelma sisältää myös rakennusosa-arviomenettelyn, jolla pystytään arvioimaan luonnosvaiheen suunnitelmien kalleutta. (21.)

Ohjelma käyttää hyväkseen Talo 2000 -nimikkeistöä ja laskentamenetelminä ovat hinnanarviomenettely, tavoitehintamenettely sekä rakennusosa-arviomenettely. Ohjelmassa olevat hintatiedot pysyvät ajan tasalla Haahtela -indeksin avulla. (21.)

Ohjelmaa käytettiin hyväksi alustavissa rakennusosa-arvioissa. Lopulliset laskelmat tehtiin Excel -taulukko-ohjelmalla, jotta laskentapohja olisi helposti muutettavissa ja jota yritys voisi hyödyntää jatkossa.

## 9 LUHTITALON KUSTANNUKSET

### 9.1 Hankekuvaus

Kohteena oli Vantaalle suunniteltu betonirunkoinen luhtitalo ja sille tuli suorittaa rakennusosa-arviointi. Laskenta suoritettiin arkkitehtipiirustuksien perusteella ja siitä pyrittiin tekemään mahdollisimman realistinen. Saadun rakennusosa-arvioinnin perusteella pyrittiin arvioimaan CLT-rakenteella valmistetun hankkeen kustannukset. Kustannuksien arvioinnissa apuna oli Olament Oy:n Timo Isotalus.

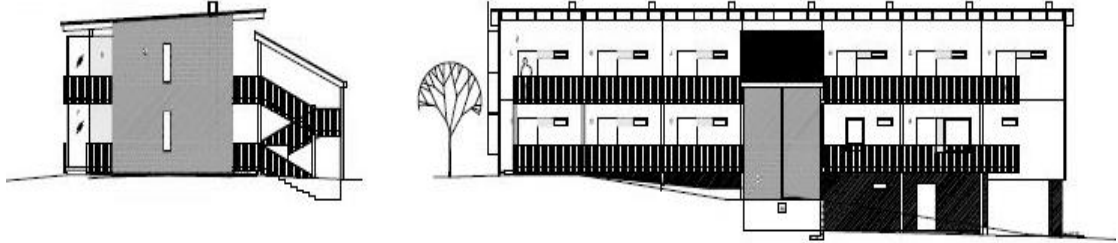
Kustannusarviossa betonirunko oletettiin valmistettavan suurelementeistä ja CLT-runko tehtaalla valmistettuina tilaelementteinä. Runkorakenteista, joissa muodostui kustannuseroja, tehtiin tarkempi vertailu.

### 9.2 Lähtökohdat

Kustannusarvio laadittiin talonrakennuksen kustannustietokirjan mukaisella rakennusosa-arviomenetelmällä. Apuna rakenteissa käytettiin myös Rakennusosien kustannuksia -kirjaa. Hintoina laskennassa käytettiin pääkaupunkiseudun hintatasoa joiden Haahtela-indeksi oli 85,0 rakennuskustannusindeksin ollessa 125,6.

Laskelmat tehtiin ainoastaan arkkitehtipiirustusten pohjalta, koska muita suunnitelmia kohteesta ei ollut saatavilla. Tilaohjelmat laadittiin suunnitelmista mittaamalla. Tarkemmat rakenneratkaisut sekä materiaalmääritykset saattavat vaikuttaa lopulliseen rakentamisen hintaan. Tämä johtuu siitä, että laskelmissa arvioitiin joitakin rakenteita ilman, että niitä oli tarkemmin tarkasteltu esimerkiksi rakennesuunnittelun näkökulmasta. Laskelma antoi kuitenkin hyvän ja suhteellisen todenmukaisen pohjan kahden eri materiaalilla toteutetun hankkeen vertailulle, koska rakenteiden poikkeaminen todellisista rakenteista

oli niin vähäistä, että sillä ei kokonaisuuden kannalta katsottu olevan suurta merkitystä.



Kuva 5. Hankkeen julkisivu

### 9.3 Pohja, tilat ja tontti

Luhtirakennus koostui 11 kappaleesta 22,2 m<sup>2</sup> 1hh+kk asuntoja ja yhdestä 68,2 m<sup>2</sup> 4h+k asunnosta. Isoon asuntoon kuului myös 45,6 m<sup>2</sup> harraste-, varasto- ja saunatilat, jotka sijaitsivat kellarikerroksessa. Kellarikerroksessa oli myös tekninen tila ja yleisesti kaikille käytössä olevat varastotilat. Maan tasossa olevasta kellarikerroksesta hieman alle puolet oli tuulettuvaa alapohjaa.



Kuva 6. Hankkeen pohjapiirros

Tilojen bruttopinta-ala oli 469 m<sup>2</sup> ja rakennuksen tilavuus 1915 m<sup>3</sup>. Tontin pinta-ala oli 1551 m<sup>2</sup>, joka oli pääasiassa helppoa maastoa rakentaa. Rakennus tuli myös liittää kaupungin vesi- ja viemäriverkoston.

#### 9.4 Pintamateriaalit

Yleisesti pintamateriaaleiksi valittiin hankintakustannuksiltaan edulliset materiaalit. Kuivissa tiloissa lattiapinnoissa käytettiin kaikissa huoneistoissa samaa lattiamateriaalia riippumatta rungosta. Betoniset seinäpinnat tasoitettiin ja maalattiin ulko- ja sisäpuolelta. CLT-rakenteessa seinäpinnoiksi ulko- että sisätiloihin valittiin kuultavat puunsuojat, koska laskennassa käytetty CLT-levy oli laadultaan näkyviin jätettävää ja näin sen pinta saatiin hyödynnettyä. Myös CLT-rakenteessa katot käsiteltiin kuultavalla puunsuojalla. Kosteiden tilojen seinien ja lattian kosteuseristyksen laskennan osalta CLT-rakenteilla käytettiin TKR-pinnoitetta. TKR-pinnoite on lattiapinnoite, joka koostuu uusiutuvista, kasviöljypohjaisista luonnonvaroista ja on siten sekä käyttäjälle, että lopputuotteena turvallinen ratkaisu. TKR-pinnoite on joustava, mutta silti sitkeä, vesitiivis, mutta diffuusioavoin ja se vaimentaa ääntä ja kestää värähtelyä ja tärinää.

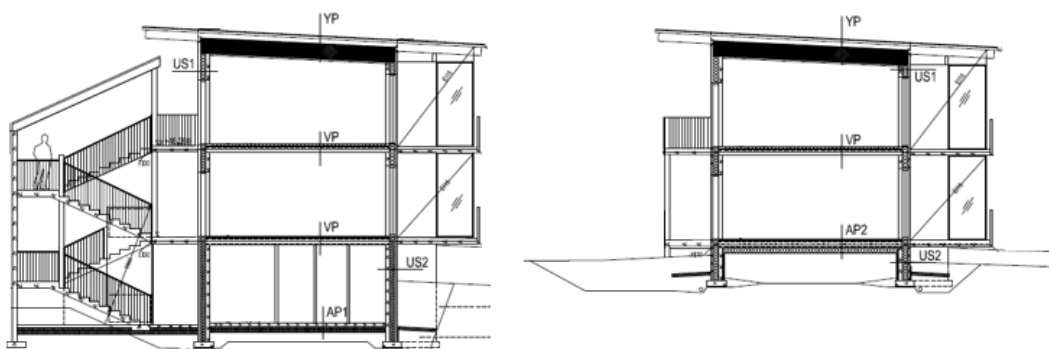
#### 9.5 Alueosat

Kustannusvertailussa alueosat olivat kummallekin laskennalle samat, joten eroja tämän suhteen ei syntynyt. Tontti oli laskennassa helppomaastoinen ja raivauksia oli suhteellisen vähän. Laskennassa otettiin huomioon maanrakennustyöt seinälinjojen kohdalla ja rakennuksen sisällä. Kaivettu jätemaa ajateltiin ajettavan pois eikä sitä katsottu hyödynnettäväksi, koska tilaa sille ei tontilla ollut. Rakennukseen laskettiin normaalit täyttöosat. Laskennassa otettiin huomioon salaojat ja kanaalit viemäreitä sekä sähköjohtoja varten. Näille laskettiin myös asianmukaiset maa-ainestäytöt. Liikennealueiden päällysteeksi valittiin kivituhkapinnoite ja parkkialueille asfalttipinnoite. Lisäksi kasvillisuudelle laskettiin jonkin verran kustannuksia.

## 9.6 Talo-osat

Laskelmissa pyrittiin etsimään betoniselle rakenteelle rakennevahvuudeltaan ja ominaisuuksiltaan mahdollisimman vastaavanlainen CLT-rakenne. Piirustuksissa esiintyvä pystyportaikko päätettiin jättää huomioimatta laskelmissa, koska opinnäytetyö haluttiin rajata näin. Luhtikäytävät ja parvekkeet sisältyivät kuitenkin laskelmiin.

Anturaksi valittiin maanvaraisantura hintaluokassa 4. Kellarikerroksen seinärakenteet olivat laskennassa molemmilla vaihtoehdoilla samat. Alapohjarakenteita oli kaksi erilaista. Maanvarainen alapohja oli laskennassa kummallekin vaihtoehdolle sama. Tuulettuvan alapohjan osalta laskettiin kummallekin rakenteelle oma kustannuksensa. Kustannuseroja syntyi niin ulko- ja väliseinien kuin ylä- ja välipohjien välillä.



Kuva 7. Hankkeen rakenneleikkaukset

### 9.6.1 Yläpohja (YP) ja tuulettuva alapohja (AP2)

Vesikattorakenne pidettiin kummassakin vertailussa samana. Kattomateriaaliksi oli valittu 2-kerrosbitumikermi, jonka alla on havuvaneri. Kattovasat muodostuivat 57 x 450 mm viilupuupalkista ja eristevahvuutena oli 400 mm mineraalivilla.

Betonirunkoisessa rakennuksessa alakatto oli lautakoolattu, johon oli ruuvattuna 2-kertainen kipsilevy kiinni, jonka jälkeen levy tasoitettiin ja maalattiin. Rakenteessa oli myös höyrynsulku. Vastaavassa CLT-rakenteessa oli vain 60 mm CLT-levy, joka käsiteltiin kuultavalla puunsuojalla. Levy oli laatuluokalta VI eli toiselta puolelta näkyvä pinta.

### 9.6.2 Ulkoseinät (US1/US2)

Maan yläpuolinen ulkoseinärakenne oli suunniteltu betonista, jossa oli kantava betonielementti, eriste, tuulensuoja ja kuorielementti. Korvaavaksi rakenteeksi valittiin samankaltainen kantava CLT-rakenne, jossa eristys tapahtui tuulensuojaeristeellä, joka kiinnitettiin suoraan levyyn eristekiinnikkeillä. Ulkokuori laskettiin CLT:llä, joka sävytettiin kuultavalla puunsuojalla. Kellarin ja maan vastainen seinä (US2) oli kummassakin vertailussa sama.

### 9.6.3 Välipohja (VP), parveke ja luhtikäytävät

Välipohja oli suunniteltu rakennettavaksi betonisella ontelolaatalla. Korvaavaksi rakenteeksi valittiin 140 mm kantava CLT-levy. Kumpaankin rakenteeseen laskettiin askeläänieristeen tuomat kustannukset. CLT-levyllä rakennettun rakenteen etuna on, että parvekkeet ja luhtikäytävät pystytään samalla rakentamaan tuomalla ne runkolinjasta yli eli lisäämällä välipohjan leveyttä. Tämä tuo kustannusetua niin materiaali- että työvaihenäkökuilmasta.

## 9.7 Tilaosat

Rakennusosa-arviossa tilaosiin kuuluvat muun muassa pintarakenteet. Lattiapinnaksi kaikkiin kuiviin tiloihin valittiin tammiparkettilattia ja kosteisiin tiloihin laatoitukset. Kosteiden tilojen seinät vedeneristettiin ja katot lakattiin. Saunan pinnat paneloitiin ja käsiteltiin saunasuojalla.

Välioviksi valittiin maalatut laakaovet, jotka olivat hintaluokaltaan edulliset. Keittiöön ja WC -tiloihin valittiin keskihintaiset kalusteet. Luukku tuulettuvalle alapohjalle huomioitiin tässä kohtaa laskelmia.

Huoneistoja jakavat seinät oli suunniteltu rakennettavaksi 180 mm teräsbetonielementeistä. Korvaavaksi rakenteeksi valittiin 2 x 80 mm CLT-levyrakenne, jonka välissä oli 50 mm mineraalivilla. Tämä on koettu riittäväksi rakenteeksi eristämään huoneistojen välisiä ääniä. Kellarikerroksen muut väliseinät olivat tarkoitus toteuttaa betonielementein. Vertailuun valittiin 80 mm CLT-levy, jonka molemmat puolet olivat näkyvää laatua.



## 9.8 Tekniikkaosat

Laskelmissa lämmitysmuodoksi valittiin maalämpö. Lämpöpumppua varten suunniteltiin porattavaksi 4 maalämpökaivoa ja mukaan laskettiin 1000 l lämmivesivaraaja. Lämmönjakotavaksi oli suunniteltu vesikiertoinen lattialämmitys. CLT-runkoiseen laskelmaan päätettiin valita lämmönjakotavaksi radiaattorit, koska puu itsessään on jalalle lämmin materiaali toisin kuin betoni. Huoneistot olivat suhteellisen pieniä, joten vesikiertoista lattialämmitystä ei nähty tarpeelliseksi, koska tilat olivat lämmitettävissä myös radiaattorein. Lattialämmityksen tuominen CLT-rakenteeseen olisi lisännyt materiaali- ja asennuskustannuksia myös rakennepaksuudet olisivat kasvaneet.

Putkisto-, ilmastointi- ja sähköosat laskettiin käyttäen apuna Haahtela Oy:n talorakennuskirjasta löytyviä laskentaesimerkkejä. Tieto-osien laskennassa huomioitiin rakennukselle tulevat antenni- ja tiedonsiirtojärjestelmät

## 9.9 Muut kustannuslaskennassa huomioidut tekijät

Laskennassa otettiin huomioon työmaanjohtosta ja suunnittelusta aiheutuvat kustannukset. Koneista ja laitteista aiheutuvat käyttö- ja ylläpitokustannukset huomioitiin laskennassa

Yksi tärkeä osa-alue laskennassa oli työmaanostot, joita arvioitiin CLT-rakenteelle kertyvän noin puolet vähemmän kuin betonirakenteelle koska CLT-rakenne toimitettaisiin tilaelementteinä. Lisäksi kokonaisrakennusaika lyheni huomattavasti CLT-rakenteen ja niistä tehtyjen tilaelementtien vuoksi. Keskimäärin yhden tilaelementin nosto maksoi noin 200 € / moduuli ja yhden moduulin nostoon kului aikaa noin 1 tunti. Kustannuksissa otettiin huomioon, että CLT:llä kokonaisrakennusaika lyheni 6 kuukaudesta noin 4 kuukauteen. Tämä vaikutti muun muassa hankkeen rahoitukseen liittyviin kustannuksiin, koska rakennusajan aikaiset korkomenot pienenevät.

## 9.10 Kustannusarvioiden vertailu

### 9.10.1 Runkorakenteiden vertailu

Suunnitellun runkorakenteiden yhteiskustannukset olivat noin 292000 €. Tähän kustannusvertailuun valitut CLT-rakenteet osoittautuivat noin 5400 € edullisemmaksi. Yhtenä syynä tähän oli betonisten parveke-elementtien kalleus ja CLT-rakenteen vedeneristämisen yksinkertaisuus TKR-pinnoitteen avulla. Kustannusedun CLT:lle muodosti myös välipohjan rakenne, joka piti sisällään parvekkeet ja luhtikäytävät. Vertailtaessa ulkoseiniä CLT oli kustannustehokkaampi, mutta nämä kustannussäästöt tulivat huoneistojen välisten seinien vertailussa lähes saman arvoisena takaisin. Väliseinät toivat lisäksi hieman kustannuksia alaspäin vertailtavalla rakenteella.

RUNKORAKENTEIDEN VERTAILU	Määrä m2	Betoni		CLT		ero	selite
		€/m2	Arvio €	€/m2	Arvio €		
YP (yhteinen)	341	162	55136	162	55136	0	
YP	189	47	8934	70	13179	4245	
VP	280	96	27003	93	39791	12788	(CLT 499m2)
AP1	75	42	3154	42	3154	0	
AP2 (tuulettuva)	83	114	9451	110	9090	-361	
US1	426	218	92887	197	83962	-8926	
US2 (kaikki)	156	219	34318	219	34318	0	
HVS	195	109	21172	148	28744	7572	
VS	90	83	7506	71	6390	-1116	
PARVEKE	148	106	15688	55	8140	-7548	(levyn määrä CLT:ssä VP:ssä)
LUHTIKÄYTÄVÄ	86	195	16770	55	4730	-12040	(levyn määrä CLT:ssä VP:ssä)
<b>Yhteensä</b>			<b>292020</b>		<b>286634</b>	<b>-5386</b>	

Kuva 8. Rakenteiden vertailun yhteenveto

Lisäsäästöjä pystyttäisiin saavuttamaan pysyttäessä täysin samassa kattorakenteessa kuin on alun perin suunniteltu. Tätä kautta voitaisiin hankkia noin 4000 € säästöt. Kuvassa 8. olevasta taulukosta käy ilmi kummankin vertailtavan vaihtoehdon rakenteiden kustannukset ja niiden erot. Taulukosta voi havaita lisäksi rakenteet, jotka olivat yhteisiä ja joiden erot eivät vaikuta laskelman lopputulokseen.

### 9.10.2 Hankkeen kustannusosa-arvioiden vertailu

Hankkeesta selvästi suurimman osan niin ajallisesti kuin kustannuksiltaan muodostavat rakennusosat. Rakennusosat tässä hankkeessa muodostivat karkeasti noin puolet kustannuksista. Rakennusosissa CLT-rakenteinen ra-

kennus oli hieman kalliimpi kuin betonirakenteinen. Suurimmat erot kuitenkin syntyivät hanketehtävissä ja kiinteistötehtävissä. Näihin vaikutti voimakkaasti rakennusaika. Tämän hankkeen suunniteltu betonirakenteinen rakennus tulisi maksamaan noin 963000 € ja vertailtava CLT-rakenteinen noin 60000 € vähemmän. Tekniikkaosissa tuli hieman säästöä kustannuksissa CLT:n eduksi, johtuen betoniin asennettavien lämpöjohtojen myötä, joita ei rakenteeseen tarvinnut asentaa. Kummassakaan rakennusosa-arvioissa ei otettu huomioon käyttäjätehtävistä tai hankevarauksista johtuvia kustannuksia, koska näiden kustannuksien koettiin pysyvän samoina kummassakin vertailussa.

HANKKEEN RAKENNUSOSA-ARVIOT	Betoni		CLT		ero
	Arvio €	%	Arvio €	%	
Rakennusosat	524291	54 %	525623	58 %	1332
Tekniikkaosat	178559	19 %	177114	20 %	-1445
Hanketehtävät	168349	17 %	134486	15 %	-33863
Kiinteistötehtävät	92696	10 %	64969	7 %	-27727
Käyttäjätehtävät	0	0 %	0	0 %	0
Hankevaraukset	0	0 %	0	0 %	0
<b>Hanke yhteensä</b>	<b>963894</b>		<b>902192</b>		<b>-61702</b>

Kuva 9. Hankkeen rakennusosa-arvioiden vertailu

Rakennusosat jakautuivat alueosiin, talo-osiin ja tilaosiin. Alueosan sisältö ja kustannukset olivat kummallekin arviolle samat. Talo-osien kustannuserot muodostuvat runkorakenteiden ja tilaosien väliseinärakenteiden eroista, jotka olivat noin 5000 €. Tekniikkaosien kustannuserot selittyvät sillä, että betonirakenteella suunnitellulla rakenteella käytettiin vesikiertoista lattialämmitystä, kun taas CLT-rakenteisella radiaattoreilla toteutettua lämmitysjärjestelmää..

Rakennusosat	Betoni		CLT		ero
	Arvio €	%	Arvio €	%	
ALUEOSAT	72533	14 %	72533	14 %	0
TALO-OSAT	311615	59 %	306491	58 %	-5124
TILAOSAT	140143	27 %	146599	28 %	6456
<b>Yhteensä</b>	<b>524291</b>		<b>525623</b>		<b>1332</b>
<b>Tekniikkaosat</b>					
PUTKIOSAT	110862	62 %	109417	62 %	-1445
ILMANVAIHTO-OSAT	24074	13 %	24074	14 %	0
SÄHKÖOSAT	26579	15 %	26579	15 %	0
TIETO-OSAT	17044	10 %	17044	10 %	0
LAITEOSAT	0	0 %	0	0 %	0
<b>Yhteensä</b>	<b>178559</b>		<b>177114</b>		<b>-1445</b>
<b>Hanketehtävät</b>					
HANKKEEN JOHTOTEHTÄVÄT	3658	2 %	3658	3 %	0
SUUNNITTELUKOHTEHTÄVÄT	43049	26 %	42905	32 %	-144
RAKENTAMISEN JOHTOTEHTÄVÄT	76447	45 %	51590	38 %	-24857
TYÖMAATEHTÄVÄT	45195	27 %	36333	27 %	-8862
	<b>168349</b>		<b>134486</b>		<b>-33863</b>
<b>Kiinteistötehtävät</b>					
MAA-ALUE	17424	19 %	16744	26 %	-679
RAHOITUS ja MARKKINOINTI	75272	81 %	48224	74 %	-27047
	<b>92696</b>		<b>64969</b>		<b>-27727</b>

Kuva 10. Hankkeen rakennusosa-arvioiden vertailu

Hanketehtävät muodostivat suurimmat kustannussäästöt. Noin 34000 € säästöt pitivät sisällään hankkeen johtotehtäviä, suunnittelutehtäviä ja työmaatehtäviä. Kiinteistötehtävät, joita olivat maa-alue tehtävät ja rahoitustehtävät muodostivat myös suuren osan kustannussäästöjä verrattavalla rakenteella. Nämä kumpikin osio olivat laskennallisesti voimakkaasti sidottuja aikaan, joten CLT-rakenteet hyötyivät kustannuksellisesti siitä.

### 9.10.3 Johtopäätökset

Näissä vertailuissa aikataulun huomioiminen perustui Olament Oy:n kokemuksiin ja omaan kirjalliseen tutkimukseen. CLT-rakenteen edut tulevat vahvimmin esiin hankkeen lopullisissa kokonaiskustannuksissa. Tähän vaikuttavat eniten tämän rakentamistavan nopeus ja helppous.

CLT osoittautui tässä kustannusvertailussa edullisemmaksi tavaksi toteuttaa hanke. Ero suunnitellun betonirakenteen ja CLT:n välillä oli noin 60000 €. Tämä säästö tuli pääasiassa hankkeen johtotehtävien ja rahoituksen myötä, koska rakennusaika lyheni huomattavasti CLT:llä. Runkorakenteet toivat vertailtavalla rakenteella säästöä kustannuksissa. Kustannussäästöt olivat noin 5000 €. Tämä selittyy pääasiassa sillä, että luhtikäytävät ja parvekkeet pystytettiin toteuttamaan CLT:llä yhtenäisenä jatkamalla välipohjan leveyttä.

Tarkempi ajallinen tarkastelu ja dokumentointi olisi tärkeä jatkotutkimuskohde. Myös paloturvallisuuteen liittyviä seikkoja ei tässä laskennassa otettu tarkasti huomioon. Esimerkiksi CLT-rakenteen mahdollisesti tarvitsema sprinklerijärjestelmä saattaa tuoda huomattavia kustannuksia. Rahtikustannuksia ei myös ole tässä kummallekaan rakenteelle huomioitu. Rahtiin vaikuttaa erityisesti tehtaan ja työmaan välinen etäisyys. Arvioitu puisten tilaelementtien rahtikustannus Olament Oy:ltä Kuopiosta Vantaalle olisi noin 660 € / moduuli. Joten tälle hankkeelle CLT-rakenteisena voidaan huomioida noin 8000 € rahtikulut.

CLT-rakenteen kannattavuutta tulisi siis aina arvioida ennen kaikkea kokonaisuuden kannalta. CLT-rakenne ei välttämättä ole rakenne joka paikkaan vaan eri rakenteita tulisi osata käyttää niille sopivissa kohdissa. Yhdistämällä oikeanlaiset rakenteet saavutetaan onnistunut ja kustannustehokas hanke.

Opinnäytetyö sujui mielestäni hyvin ja oli oman oppimiseni kannalta erittäin hyödyllinen prosessi. Opin hyödyllistä tietoa muun muassa CLT:een valmistuksesta, rakennushankkeen kulusta ja hinnan aiheutumisesta sekä syntymisestä. Kustannusvertailun tekeminen kasvatti minua ammatillisesti, joka on varmasti hyödyksi tulevaisuuden kannalta.

## LÄHTEET

1. Stora Enso, 2014. CLT -esite. Saatavissa: <http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments/CLT%20image%20brochure%20FI.pdf> [viitattu 22.09.2015]
2. Cross Lam. CLT-tuotteita suomalaisesta puusta. Saatavissa: [http://www.karelia.fi/puurakentaminen/files/CLT-elementtien\\_tuotanto.pdf](http://www.karelia.fi/puurakentaminen/files/CLT-elementtien_tuotanto.pdf) [viitattu 22.09.2015]
3. Kiintopuu, 2014. Perustietoa CLT:stä. Saatavissa: <http://www.kiintopuu.fi/fi/etusivu/mika-clt-perustietoa-cltsta.html> [viitattu 22.09.2015]
4. Pinomatic, 2015. Kuva CLT levystä. Saatavissa: [http://www.pinomatic.fi/site?node\\_id=194](http://www.pinomatic.fi/site?node_id=194) [viitattu 23.09.2015]
5. FBInnovations, 2011. CLT-handbook-Cross laminated timber. FBInnovations. Québec, QC. Special Publication SP-528E.
6. Virta, J. 2014. Metsäteollisuuden merkittävä uusinvestointi Kuhmoon. Lehdistöiedote 29.1.2014. Saatavissa: <http://www.woodpolis.fi/binary/file/-/id/3/fid/657> [viitattu 29.09.2015]
7. Puuinfo. Puukerrostalo esite. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puukerrostalo/215937puuinfokerrostaloosite.pdf> [viitattu 30.09.2015]
8. Stora Enso, 2012. Puurakentamisen läpimurto tilaelementeillä video. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=UT-P4nyn5ys> [viitattu 30.09.2015]
9. Stora Enso. 2013. CLT tekniset tiedot. Saatavissa: <http://www.clt.info/fi/tuote/tekniset-tiedot/> [viitattu 30.09.2015]
10. Teriö, O. 2012. CLT-rakenteiden kilpailukytekijät puukerrostalorakentamisessa. 23.2.2012. Saatavissa: [http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentamisen-roadshow-2012/Olli%20Teri%C3%B6-CLT\\_120223.pdf](http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentamisen-roadshow-2012/Olli%20Teri%C3%B6-CLT_120223.pdf) [viitattu 29.09.2015]
11. Puuinfo, 2014. CLT-tuotanto käynnistyy Suomessa kasvavien markkinoiden odotuksien -artikkeli 11.09.2014. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tiedote/clt-tuotanto-k%C3%A4ynnistyy-suomessa-kasvavien-markkinoiden-odotuksien> [viitattu 10.10.2015]
12. Rakennustuotepalvelut Oy. Puurakenteiset tilaelementtirakennukset. Saatavissa: <http://www.rakennustuotepalvelut.fi/tuotepalvelut/elementointipalvelu/tilaelementtirakennukset/> [viitattu 09.10.2015]
13. Rakennustieto Oy, 1989. RT 10–10387. Talonrakennushankkeen kulku. Saatavissa: <http://kirkkonummi01.hosting.documenta.fi/kokous/20141616-7-6.PDF> [viitattu 11.10.2015]
14. Rajala, M. 2005. Kustannuksien määräytyminen rakennusprojektissa kuva. Saatavissa: <http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/L5-0.htm> [viitattu 09.10.2015]

15. Kankainen, J., Junnonen, J-M. 2001. Rakennuttaminen. Tampere: Rakennustieto.
16. Vuorela, K., Urpola, J., Kankainen, J. 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Helsinki: Jasur.
17. Rakennusteollisuus. Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/> [viitattu 12.10.2015]
18. Haahtela, Y., Kiiras, J. 2015. Talonrakennuksen kustannustieto. Tampere: Tammerprint Oy
19. Eloranta, R. 2014. Asuntojen rakennuskustannukset. Rakennusfoorum 7.10.2014. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5oJ5FjIGF/LVcdpLi5V/Rakennusfoorumi071014REloranta.pdf> [viitattu 10.10.2015]
20. Rakennustieto. Talo 2000 -nimikkeistö. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot\\_21/talo2000.html](https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot_21/talo2000.html) [viitattu 15.10.2015]
21. Haahtela -kehitys Oy, 2015. Kustannustieto Taku -järjestelmä. Saatavissa: <https://www.haahtela.fi/fi/ohjelmistot/kaikki/taku-2/taku-yhteenveto> [viitattu 08.10.2015]
22. Salminen, J. 2015. CLT-rakennellevyn korjausrakentaminen. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90945/CLT-rakennellevyn%20korjausrakentaminen.pdf?sequence=1> [viitattu 12.11.2015]







ALAPOHJAT						
	aine- vahvuus mm		Materiaali- kustannus euro/m2	Työ- menekki tth	Työ- kustannus euro/m2	Kustannus yhteensä euro/m2
<b>YHTEINEN RAKENNE AP1</b>						
	100	Kantava TB-Laatta	17,9	0,21	6,4	24,3
	200	100+100 EPS-ERISTELEVY	13,36	0,15	4,2	17,56
		<b>Yhteensä</b>	<b>31,26</b>	<b>0,36</b>	<b>10,6</b>	<b>41,9</b>
<b>SUUNNITeltu RAKENNE (BETONI)</b>						
	40	Lattiamassa + 30mm askelääni	40,48	0,27	7,58	48,06
	200	Kantava ontelolaatta	44,53	0,09	3,85	48,38
	200	100+100 EPS-ERISTELEVY	13,36	0,15	4,2	17,56
		<b>Yhteensä</b>	<b>98,37</b>	<b>0,51</b>	<b>15,63</b>	<b>114</b>
<b>VERTAILTAVA RAKENNE (CLT)</b>						
	22	Huokoinen puulevy (askeläänieriste)	5,24			5,24
	140	Kantava CLT-levy, NVI	83	0,09	3,85	86,85
	200	100+100 EPS-ERISTELEVY	13,36	0,15	4,2	17,56
		<b>Yhteensä</b>	<b>101,6</b>	<b>0,24</b>	<b>8,05</b>	<b>109,65</b>

ULKOSEINÄ						
	aine- vahvuus mm		Materiaali- kustannus euro/m2	Työ- menekki tth	Työ- kustannus euro/m2	Kustannus yhteensä euro/m2
<b>YHTEINEN RAKENNE (US2)</b>						
		Silikaattimaali	4,1	0,07	1,93	6,03
	70	Betonielementin ulkokuori	113,28	0,26	10,34	123,62
	50	Tuulensuojalevy, eristekiinnike	14,29	0,1	3,38	17,67
	150	Lämmöneriste, mineraalivilla	17,37	0,07	1,94	19,31
	130	Kantava betonielementti	14,82	0,91	29,67	44,49
		Seinätaasoitus 2,5kertaa	1,47	0,1	2,89	4,36
		Seinämaalauus, maali 2 kertaa	1,1	0,1	2,79	3,89
		<b>Yhteensä</b>	<b>166,43</b>	<b>1,61</b>	<b>52,94</b>	<b>219,4</b>
<b>SUUNNITELTU RAKENNE (BETONI)</b>						
		Silikaattimaali 2 kertaa	4,1	0,07	1,93	6,03
	80	Betonielementin ulkokuori	113,28	0,26	10,34	123,62
	50	Tuulensuojalevy, eristekiinnike	14,29	0,1	3,38	17,67
	150	Lämmöneriste, mineraalivilla	17,37	0,07	1,94	19,31
	120	Kantava betonielementti	13,68	0,91	29,67	43,35
		Seinätaasoitus 2,5kertaa	1,47	0,1	2,89	4,36
		Seinämaalauus, maali 2 kertaa	1,1	0,1	2,79	3,89
		<b>Yhteensä</b>	<b>165,29</b>	<b>1,61</b>	<b>52,94</b>	<b>218,2</b>
<b>VERTAILTAVA RAKENNE (CLT)</b>						
		Kuultavapuunsuoja 2 kertaa	2,8	0,07	1,93	4,73
	60	CLT-levy, VI	65			65
	180	Tuulensuojaeriste (Paroc)	35			35
		Eristekiinnikkeet	0,8			0,8
	100	CLT-levy, VI	87			87
		Kuultavapuunsuoja 2 kertaa	2,8	0,07	1,93	4,73
		<b>Yhteensä</b>	<b>190,6</b>	<b>0,07</b>	<b>1,93</b>	<b>197,26</b>

<b>VÄLISEINÄT</b>						
	<b>aine- vahvuus</b>		<b>Materiaali- kustannus</b>	<b>Työ- menekki</b>	<b>Työ- kustannus</b>	<b>Kustannus yhteensä</b>
	mm		euro/m2	tth	euro/m2	euro/m2
<b>SUUNNITELTU RAKENNE (BETONI) (HVS)</b>						
		Seinämaalaus, maali 2 kertaa	1,1	0,1	2,79	3,89
		Seinätasoitus 3kertaa	3,19	0,2	5,59	8,78
	180	Teräsbetonielementti	74,11	0,23	9,29	83,4
		Seinätasoitus 3kertaa	3,19	0,2	5,59	8,78
		Seinämaalaus, maali 2 kertaa	1,1	0,1	2,79	3,89
		<b>Yhteensä</b>	<b>82,69</b>	<b>0,83</b>	<b>26,05</b>	<b>108,7</b>
<b>VERTAILTAVA RAKENNE (CLT) (HVS)</b>						
	80	CLT-Levy, VI	71			71
	50	Mineraalivilla	3,69	0,07	1,94	5,63
	80	CLT-Levy, VI	71			71
		<b>Yhteensä</b>	<b>74,69</b>	<b>0,07</b>	<b>1,94</b>	<b>147,63</b>
<b>SUUNNITELTU RAKENNE (BETONI) (VS)</b>						
	180	Teräsbetoniväliseinä	74,11	0,23	9,29	83,4
		<b>Yhteensä</b>	<b>74,11</b>	<b>0,23</b>	<b>9,29</b>	<b>83,4</b>
<b>VERTAILTAVA RAKENNE (CLT) (VS)</b>						
	80	CLT-Levy, BVI	71			71
		<b>Yhteensä</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>71</b>



## LIITE 2. Rakennusosa-arvio betonirunko

		<b>Rakennusosa-arvio</b>			
Tontti	<b>1551 m2</b>	Paikkakunta		<b>Vantaa</b>	
Bruttoala	<b>469 m2</b>	Ajankohta		<b>10/2015</b>	
Tilavuus	<b>1915 m2</b>	Hahtela-indeksi		<b>85,0</b>	
<b>TALO2000 / Nimike</b>		Yksikkö	Määrä	€/yks	Euroa
<b>RAKENNUSOSAT</b>					<b>524290,9</b>
<b>ALUEOSAT</b>					<b>72532,8</b>
111	<b>Maaosat</b>				<b>53073,9</b>
1111	Raivaustehtävät				
	Raivaus, vähän puita	m2	1551	0,9	1395,9
	Pintamaan poisto, ei kuljetusta	m2	1000	1,5	1500
1112	Kaivannot				
	Tasokaivuu 0,5m (kulj. 20km+kaatop.maksu)	m2	1551	10,4	16130,4
	Tasokaivuu 1,0m (kulj. 20km+kaatop.maksu)	m2	200	18	3600
	Vesi- ja viemäri liittymien kaivu katualueelle, tavanomainen	erä	1	1720	1720
	Kaivumassojen kaatopaikkamaksu, maa	m3	200	2,7	540
	Normaaliperustukset, kaivussyvyys 1,7m, keskikokoiset ulkopuoli	jm	132,2	26	3437,2
	Normaaliperustukset, kaivussyvyys 1,0m, keskikokoiset sisäpuoli	rm2	188,37	7,2	1356,3
1113	Kanaalit				
	Kanaalinkaivu h=1,5, normaali	urm2	1551	1,1	1706,1
1114	Täyttöosat				
	Jätevesiviem. Alussorastus, keskik.rakennus	m2	1551	4,2	6514,2
	Kanaalin täyttö ja alussorastus h=1,5	jm	40	37	1480
	Viem. routa eristys, syvyys 1.0	jm	40	14	560
	Normaaliperustukset, täyttökorkeus 1,7m, keskik. ulkopuoli	jm	61,8	52	3213,6
	Tuuletetu alapohja	rm2	97	7,5	727,5
	Täyttö tavanomaisissa tiloissa (100m2)	m3	91	27	2457
1116	Kuivatusosat				
	Alueen salaojitus, paljon	m2	1551	0,6	930,6
	Perustukset salaojitetaan, ulkoseinä 0,2/rm2	rm2	188,4	9,9	1865,16
	Betonikaivo + kansi 3m	kpl	2	890	1780
	Rumpuputki d300	jm	40	54	2160
113	<b>Päällysteet</b>				<b>14570</b>
1131	Liikennealueiden päällysteet				
	Sora/kivituha, routiva pohjamaa	m2	200	11,3	2260
1132	Paikoitusalueiden päällysteet				
	Asfalttipäällysteet, routiva pohjamaa	m2	75	23	1725
1133	Oleskelu- ja leikkialueiden päällysteet				
	Kestopuuritilä	m2	15	29	435
1134	Kasvillisuus				
	Nurmikko multa muualta 20cm	m2	1200	6,9	8280
	Pensasistutusalue (3kpl/m2), tavanomainen	m2	10	35	350
	Istutettava puu, tavanomainen	kpl	20	76	1520
114	<b>Alueen varusteet</b>				<b>4888,9</b>
1141	Talovarusteet				
	Asuinrakennukset, hajanainen pihapiiri	brm2	469	3,1	1453,9
1142	Oleskeluvarusteet				
	Pihapöytä l. 700	kpl	2	365	730
	Pihapenkki	kpl	2	310	620
1143	Leikkivarusteet				
	Hiekkalaatikko	kpl	1	550	550
1144	Alueopasteet				
	Alueopasteet	erä	1	200	200
115	<b>Alueen rakenteet</b>				
1155	Alueen pysäköintirakenteet				
	Valaisin pylvään perustukset	kpl	5	225	1125
	Liikennemerkki	kpl	1	210	210

<b>TALO-OSAT</b>					<b>311614,9</b>
121	<b>Perustukset</b>				
1211	Anturat				
	Maanvaraisantura, hintaluokka 4	m2	200	14	2800
122	<b>Alapohjat (saadut kustannukset erillisen laskennan avulla)</b>				
	AP1	m2	75,35	41,86	3154,2
	AP2	m2	82,9	114	9450,6
	VP	m2	280	96,44	27003,2
123	<b>Runko (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	US1	m2	425,64	218,23	92887,4
	US2	m2	120	219,37	26324,4
	US2 (1m korkeus)	m2	36,44	219,37	7993,8
124	<b>Julkisivut (pinnat sisältyy US1 ja US2)</b>				
1242	Ikkunat				
	Ikkuna 3 x 6	kpl	13	177	2301,0
	Ikkuna 12 x 12	kpl	1	284	284,0
	Ikkuna 21 x 4	kpl	14	459	6426,0
1243	Ulko-ovet				
	Ulko-ovet, maalattu	kpl	14	309	4326,0
	Ulko-ovet, lasiaukolla	kpl	14	349	4886,0
1242-1243	Ulko-ovet + ikkunat helat ja lukot	erä	1	1200	1200,0
1244	Julkisivuvarusteet	erä	1	2800	2800,0
125	<b>Ulkotasot (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	Parveke	m2	148	106	15688,0
	Luhtikäytävät	m2	86	195	16770,0
	Kaiteet	jm	250	85	21250,0
126	<b>Vesikatot (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	YP (yhteinen)	m2	341	161,69	55136,3
	YP	m2	189	47,27	8934,0
1264	Vesikattovarusteet				
	Vesikattovarusteet	erä	1	2000	2000,0
<b>TILAOSAT</b>					<b>140143,1</b>
131	<b>Tilan jako-osat</b>				
1311	Väliseinä (kustannukset erillisen vertailun avulla)				
	HVS	m2	194,7	108,74	21171,678
	VS	m2	90	83,4	7506
1315	Väliovet				
	Vakiolaatuinen sisäovi, maalattu laakaovi	kpl	21	170	3570
	Palo-ovi, E60 9x21, umpiovi, maalattu	kpl	1	1640	1640
	Saunan lasiovi	kpl	1	147	147
1317	Tilaportaat				
	Asunnon sisäinen porras, vakio puurak.	kpl	1	1610	1610
132	<b>Tilapinnat</b>				
	Saunan panelointi	m2	16,2	56	907,2
	Seinäpinnat saunasuoja	m2	16,2	3	48,6
	Seinäpinnat vedeneriste	m2	338,1	24	8114,4
	Seinäpinnat laatoitus	m2	338,1	82	27724,2
	Kattopinnat saunasuoja	m2	3,5	3	10,5
	Kattopinnat lakkaus	m2	79	5	395
	Lattiapinnat tammiparketti	m2	254,5	44	11198
	Lattiapinnat laatta	m2	91	67	6097
	Lattiapinnat vedeneriste	m2	82,5	24	1980
	Jalkalistat	jm	250	4	1000
	Sisäpuolinen listoitus, ikkunat ovet	jm	410	4	1640
133	<b>Tilavarusteet</b>				
	Kalusteet	erä	4	7063,39	28253,56

	Saunan lauteet	erä	1	515	515
	Muut tilaosat	brm2	469	35	16415
134	<b>Muut tilaosat</b>				
	Luukku 800 x 800mm, tuulettuva alapohja	kpl	1	200	200
<b>TEKNIikkaOSAT</b>					178558,63
<b>PUTKIOSAT</b>					<b>110861,6</b>
	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot, rivitalo	1 erä	1	6094,41	6094,41
	Vesi- ja viemärijohdot,	brm2	469	33	15477
	Vesi- ja viemärikalusteet, rivitalo	brm2	469	16,51	7743,19
211	<b>Lämmitys</b>				
2113	Lämpöjohdot				11256
	Betonilattia	brm2	469	24	11256
2115	Erityinen lämmitys				
	Maalämpö	kW	85	313	26605
	Maalämpökaivot (200m)	kpl	4	7070	28280
	Lämminvesivaraaja 1000L	kpl	1	4150	4150
<b>ILMANVAIHTO-OSAT</b>					<b>24073,77</b>
	IV-kanavat ja kanavaosat	brm2	469	30,63	14365,47
	IV-koneet ja asennukset	brm2	469	20,7	9708,3
<b>SÄHKÖOSAT</b>					<b>26579,26</b>
	<b>Sähköistys</b>				
	Rivitalo	brm2	469	37,46	17568,7
231	<b>Sähköenergian tuotto ja syöttö</b>				0
2312	Pääkeskukset				
	Pääkeskus	kpl	1	1000	1000
234	<b>Valaistus</b>				
	Valaistus, rivitalo	brm2	469	17,08	8010,5
<b>TIETO-OSAT</b>					<b>17044</b>
2411	Säätökeskukset				
	Keskitt.val.järj. 50...100	kpl	24	255	6120
	Tuloilmakojeiden säätölaitteet	kpl	1	3570	3570
	Lämmön talteenottolaitteiden säätöl.	kpl	1	2460	2460
	Lämmönsäätöautomaatiikan viritys (100 p.)	erä	1	450	450
243	<b>Viestintä</b>				
2433	Tiedonsiirtojärjestelmä				
	Datapiste yhteiskaapelointina	piste	12	116	1392
2435	Antennijärjestelmät				
	Antennispiste	piste	12	141	1692
	Antenni + vahvistin	kpl	1	1360	1360
<b>LAITEOSAT</b>					
<b>HANKETEHTÄVÄT</b>					168349,0
Osat 11... 24 yhteensä					678775,8
Osat 11... 25 + 34 yhteensä					748044,3
Osat 11... 25+ 33 +34 yhteensä					824491,3
<b>HANKEEN JOHTOTEHTÄVÄT</b>					<b>3658,2</b>
311	<b>Rakennuttaminen</b>				





## LIITE 3. Rakennusosa-arvio CLT

		<b>Rakennusosa-arvio</b>			
Tontti	<b>1551 m2</b>	Paikkakunta		<b>Vantaa</b>	
Bruttoala	<b>469 m2</b>	Ajankohta		<b>10/2015</b>	
Tilavuus	<b>1915 m2</b>	Haahtela-indeksi		<b>85,0</b>	
<b>TALO2000 / Nimike</b>		Yksikkö	Määrä	€/yks	Euroa
<b>RAKENNUSOSAT</b>					<b>525623,3</b>
<b>ALUEOSAT</b>					<b>72532,8</b>
111	<b>Maaosat</b>				<b>53073,9</b>
1111	Raivaustehtävät				
	Raivaus, vähän puita	m2	1551	0,9	1395,9
	Pintamaan poisto, ei kuljetusta	m2	1000	1,5	1500
1112	Kaivannot				
	Tasokaivuu 0,5m (kulj. 20km+kaatop.maksu)	m2	1551	10,4	16130,4
	Tasokaivuu 1,0m (kulj. 20km+kaatop.maksu)	m2	200	18	3600
	Vesi- ja viemäri liittymien kaivu katualueelle, tavanomainen	erä	1	1720	1720
	Kaivumassojen kaatopaikkamaksu, maa	m3	200	2,7	540
	Normaaliperustukset, kaivussyvyys 1,7m, keskikokoiset ulkopuoli	jm	132,2	26	3437,2
	Normaaliperustukset, kaivussyvyys 1,0m, keskikokoiset sisäpuoli	rm2	188,37	7,2	1356,3
1113	Kanaalit				
	Kanaalinkaivu h=1,5, normaali	urm2	1551	1,1	1706,1
1114	Täyttöosat				
	Jätevesiviem. Alussorastus, keskik.rakennus	m2	1551	4,2	6514,2
	Kanaalin täyttö ja alussorastus h=1,5	jm	40	37	1480
	Viem. routa eristys, syvyys 1.0	jm	40	14	560
	Normaaliperustukset, täyttökorkeus 1,7m, keskik. ulkopuoli	jm	61,8	52	3213,6
	Tuuletettu alapohja	rm2	97	7,5	727,5
	Täyttö tavanomaisissa tiloissa (100m2)	m3	91	27	2457
1116	Kuivatusosat				
	Alueen salaojitus, paljon	m2	1551	0,6	930,6
	Perustukset salaojitetaan, ulkoseinä 0,2/rm2	rm2	188,4	9,9	1865,16
	Betonikaivo + kansi 3m	kpl	2	890	1780
	Rumpuputki d300	jm	40	54	2160
113	<b>Päällysteet</b>				<b>14570</b>
1131	Liikennealueiden päällysteet				
	Sora/kivituikka, routiva pohjamaa	m2	200	11,3	2260
1132	Paikoitusalueiden päällysteet				
	Asfalttipäällysteet, routiva pohjamaa	m2	75	23	1725
1133	Oleskelu- ja leikkialueiden päällysteet				
	Kestopuuritilä	m2	15	29	435
1134	Kasvillisuus				
	Nurmikko multa muualta 20cm	m2	1200	6,9	8280
	Pensasistutusalue (3kpl/m2), tavanomainen	m2	10	35	350
	Istutettava puu, tavanomainen	kpl	20	76	1520
114	<b>Alueen varusteet</b>				<b>4888,9</b>
1141	Talovarusteet				
	Asuinrakennukset, hajanainen pihapiiri	brm2	469	3,1	1453,9
1142	Oleskeluvarusteet				
	Pihapöytä l. 700	kpl	2	365	730
	Pihapenkki	kpl	2	310	620
1143	Leikkivarusteet				
	Hiekkalaatikko	kpl	1	550	550
1144	Alueopasteet				
	Alueopasteet	erä	1	200	200
115	<b>Alueen rakenteet</b>				
1155	Alueen pysäköintirakenteet				
	Valaisin pylvään perustukset	kpl	5	225	1125
	Liikennemerkki	kpl	1	210	210

<b>TALO-OSAT</b>					<b>306491,4</b>
121	<b>Perustukset</b>				
1211	Anturat				
	Maanvaraisantura, hintaluokka 4	m2	200	14	2800
122	<b>Alapohjat (saadut kustannukset erillisen laskennan avulla)</b>				
	AP1 (yhteinen)	m2	75,35	41,86	3154,2
	AP2	m2	82,9	109,65	9089,985
	VP	m2	499	92,97	46392,03
123	<b>Runko (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	US1	m2	425,64	197,26	83961,7
	US2	m2	120	219,37	26324,4
	US2 (yhteinen) (1m korkeus)	m2	36,44	219,37	7993,8
124	<b>Julkisivut (pinnat sisältyy US1 ja US2)</b>				
1242	Ikkunat				
	Ikkuna 3 x 6	kpl	13	177	2301,0
	Ikkuna 12 x 12	kpl	1	284	284,0
	Ikkuna 21 x 4	kpl	14	459	6426,0
1243	Ulko-ovet				
	Ulko-ovet, maalattu	kpl	14	309	4326,0
	Ulko-ovet, lasiaukolla	kpl	14	349	4886,0
1242-1243	Ulko-ovet + ikkunat helat ja lukot	erä	1	1200	1200,0
1244	Julkisivuvarusteet	erä	1	2800	2800,0
125	<b>Ulkotasot (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	Parveke (pelkkä pinnoite)	m2	234	55,5	12987,0
	Kaiteet	jm	250	85	21250,0
126	<b>Vesikatot (saadut kustannukset erillisen vertailun avulla)</b>				
	YP (yhteinen)	m2	341	161,69	55136,3
	YP	m2	189	69,73	13179,0
1264	Vesikattovarusteet				
	Vesikattovarusteet	erä	1	2000	2000,0
<b>TILAOSAT</b>					<b>146599,0</b>
131	<b>Tilan jako-osat</b>				
1311	Väliseinä (kustannukset erillisen vertailun avulla)				
	HVS	m2	194,7	147,63	28743,561
	VS	m2	90	71	6390
1315	Väliovet				
	Vakiolaatuinen sisäovi, maalattu laakaovi	kpl	21	170	3570
	Palo-ovi, E60 9x21, umpiovi, maalattu	kpl	1	1640	1640
	Saunan lasiovi	kpl	1	147	147
1317	Tilaportaat				
	Asunnon sisäinen porraskäytävä, vakio puurak.	kpl	1	1610	1610
132	<b>Tilapinnat</b>				
	Saunan panelointi	m2	16,2	56	907,2
	Seinäpinnat saunasuoja	m2	16,2	3	48,6
	Seinäpinnat vedeneriste	m2	338,1	24	8114,4
	Seinäpinnat laatoitus	m2	338,1	82	27724,2
	Kattopinnat saunasuoja	m2	3,5	3	10,5
	Kattopinnat lakkaus	m2	79	5	395
	Lattiapinnat tammiparketti	m2	254,5	44	11198
	Lattiapinnat laatta	m2	91	67	6097
	Lattiapinnat vedeneriste	m2	82,5	24	1980
	Jalkalistat	jm	250	4	1000
	Sisäpuolinen listoitus, ikkunat ovet	jm	410	4	1640
133	<b>Tilavarusteet</b>				
	Kalusteet	erä	4	7063,39	28253,56
	Saunan lauteet	erä	1	515	515

	Muut tilaosat	brm2	469	35	16415
134	<b>Muut tilaosat</b>				
	Luukku 800 x 800mm, tuulettuva alapohja	kpl	1	200	200
<b>TEKNIikkaOSAT</b>					177114,11
<b>PUTKIOSAT</b>					<b>109417,08</b>
	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot, rivitalo	1 erä	1	6094,41	6094,41
	Vesi- ja viemärijohdot,	brm2	469	33	15477
	Vesi- ja viemärikalusteet, rivitalo	brm2	469	16,51	7743,19
211	<b>Lämmitys</b>				
2113	Lämpöjohdot				10533,74
	Vesikiertoinen patterilämmitys	brm2	469	22,46	10533,74
2115	Erityinen lämmitys				
	Maalämpö	kW	85	313	26605
	Maalämpökaivot (200m)	kpl	4	7070	28280
	Lämminvesivaraaja 1000L	kpl	1	4150	4150
<b>ILMANVAIHTO-OSAT</b>					<b>24073,77</b>
	IV-kanavat ja kanavaosat	brm2	469	30,63	14365,47
	IV-koneet ja asennukset	brm2	469	20,7	9708,3
<b>SÄHKÖOSAT</b>					<b>26579,26</b>
	<b>Sähköistys</b>				
	Rivitalo	brm2	469	37,46	17568,7
231	<b>Sähköenergian tuotto ja syöttö</b>				0
2312	Pääkeskukset				
	Pääkeskus	kpl	1	1000	1000
234	<b>Valaistus</b>				
	Valaistus, rivitalo	brm2	469	17,08	8010,5
<b>TIETO-OSAT</b>					<b>17044</b>
2411	Säätökeskukset				
	Keskitt.val.järj. 50...100	kpl	24	255	6120
	Tuloilmakojeiden säätölaitteet	kpl	1	3570	3570
	Lämmön talteenottolaitteiden säätöl.	kpl	1	2460	2460
	Lämmönsäätöautomatiikan viritys (100 p.)	erä	1	450	450
243	<b>Viestintä</b>				
2433	Tiedonsiirtojärjestelmä				
	Datapiste yhteiskaapelointina	piste	12	116	1392
2435	Antennijärjestelmät				
	Antennipiste	piste	12	141	1692
	Antenni + vahvistin	kpl	1	1360	1360
<b>LAITEOSAT</b>					
<b>HANKETEHTÄVÄT</b>					134486,4
Osat 11... 24 yhteensä					678663,6
Osat 11... 25 + 34 yhteensä					739070,6
Osat 11... 25+ 33 +34 yhteensä					790660,6
<b>HANKEEN JOHTOTEHTÄVÄT</b>					<b>3658,2</b>
311	<b>Rakennuttaminen</b>				
	Projektin yleisjohto		7,8	469	3658,2

