

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka  
Tuotantojohtaminen  
2018

Sakari Leinonen

LUHTITALON  
KUSTANNUSHINTAVERTAILU  
CLT-TILAELEMENTTIEN JA  
PAIKALLA RAKENNETUN  
TALON VÄLILLÄ

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma | Tuotantojohtaminen

Kevät 2018 | 38 + 32  
Ohjaaja Esa Lenonen

Sakari Leinonen

# LUHTITALON KUSTANNUSHINTAVERTAILU CLT-TILAELEMENTTIEN JA PAIKALLA RAKENNETUN TALON VÄLILLÄ

Työn tavoitteena on vertailla CLT-tilaelementti rakenteisen ja paikalla rakennetun luhtitalon kustannuseroja sekä tutkia CLT-tilaelementtirakentamisen mahdollisuuksia. Työ on laadittu Rakennustoimisto Laamo Oy:lle ja Arjasmaa yhtiöille.

Kustannuslaskelma tehtiin Suisto-nimisestä kohteesta. Suisto sijaitsee Turun Raunistulassa. Suisto on kaksikerroksinen luhtitalo, johon on laadittu asema- ja pohjakuva sekä luonnoskuvia julkisivuista. Kustannuslaskelma laadittiin molemmista rakenneratkaisusta. Paikallaan rakennetun rakenneratkaisut pohjautuivat aikaisempiin kohteisiin, joita Rakennustoimisto Laamo Oy on tehnyt. CLT-tilaelementtien hinnat perustuivat Pyhännän Rakennustuote Oy:n tarjoukseen. Kohteen yleishinnoittelu pohjautui Rakennustoimisto Laamo Oy:n hintatietoihin. Laskelmat pyrittiin pitämään mahdollisimman samanlaisina, jotta ne ovat vertailukelpoisia.

Tilaelementeillä rakentaminen on nopeampaa kuin paikallaan rakennettuna, mutta se on kalliimpaa, jos suunnitelmat ei ole optimoitu tilaelementtejä varten. Jos Suisto lähdetään tekemään tilaelementeillä, tulee huoneistoja kaventaa, jotta tilaelementit tulisi edullisemmaksi ja saavutettaisiin parempi kannattavuus.

Suiston rakentaminen on halvempaa tehdä näillä suunnitelmillä paikallaan rakennettuna kuin tilaelementeillä. Jos Suiston suunnitelmia vaihdetaan tilaelementeille sopivammiksi, ovat tilaelementit edullisempi tapa toteuttaa. Tulevaisuudessa kohteiden suunnittelu tulee pohjautua joko tilaelementeillä tekemiseen tai suoraan paikalla rakentamiseen, jotta saavutetaan molemmissa ratkaisuissa kustannustehokkuus.

ASIASANAT:

kustannuslaskelma, CLT, tilaelementit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Engineering | Production Management

Spring 2018 | 38 + 32  
Instructor Esa Leinonen

Sakari Leinonen

## A COST CALCULATION COMPARISON BETWEEN CLT-PREFABRICATED UNITS AND IN-SITU BUILDING OF A BALCONY ACCESS BLOCK

The purpose of the thesis was to compare the prices of prefabricated units made of cross laminated timber and in situ build balcony access block and the possibilities of CLT-prefabricated elements. The thesis were commissioned by Rakennustoimisto Laamo Oy and Arjasmaa yhtiöt.

The cost calculation was made from project called Suisto. Suisto is located in Turku district Raunistula. Suisto is a two-storey balcony access block. There have been drawn layout, ground plan and sketches from frontal side. Two cost calculations were made, one on an in-situ building solution and other one with the CLT-prefabricated unit solution. The in-situ built balcony access block structural solutions were based on Rakennustoimisto Laamos previous projects. The CLT-prefabricated unit prices based on an offer from Pyhännän Rakennustuote. The pricing was based on Rakennustoimisto Laamo's price quotations.

Building with prefabricated units is faster than in-situ constructing but also more expensive if the plans are not optimized to prefabricated units. If Suisto would be built with a prefabricated units, apartments should be more narrow to make it more cost-efficient.

It is cheaper to make Suisto in-situ than with prefabricated units if these drawing are going to be used. If planning is based on prefabricated units, it lowers the cost. In the future, planning should be based on in-situ building or in prefabricated units. It is not money-wise to mixture plans together.

### KEYWORDS:

CLT, prefabricated element, cost calculation

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 MONIKERROSLEVY CLT</b>	<b>9</b>
2.1 CLT ulkomailla ja Suomessa	9
2.2 CLT:n käyttökohteet ja tekniset tiedot	10
2.3 Monikerroslevyn ja viilupuun ero	12
<b>3 TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN</b>	<b>13</b>
3.1 Tilaelementin kuljettaminen maateitse	14
3.2 CLT-tilaelementit	14
3.3 CLT-tilaelementtien paino ja leveys	16
3.4 CLT-tilaelementtien asennus	18
<b>4 KUSTANNUSLASKELMAN LAATIMINEN</b>	<b>19</b>
4.1 Rakennushankkeen vaiheet	19
4.1.1 Tarveselvitysvaihe	20
4.1.2 Hankesuunnitteluvaihe	20
4.1.3 Rakennussuunnittelu	21
4.2 Rakentaminen ja käyttöönotto	22
4.3 Tilaajan kustannuslaskenta	22
4.4 Urakoitsijan kustannuslaskenta	24
4.4.1 Standardikustannuslaskenta	24
4.4.2 Standardikustannuslaskennan määrälaskenta	25
4.4.3 Standardikustannuslaskennan hinnoittelu	25
4.4.4 Kohdekohtainen kustannuslaskenta	26
4.4.5 Kohdekohtainen määrälaskenta	26
4.4.6 Kohdekohtaisen laskelman hinnoittelu	26
4.4.7 Käyttö- ja yhteiskustannusten hinnoittelu	27
<b>5 VERTAILTAVIEN CLT-TILAELEMENTTI JA PAIKALLA RAKENNETTAVAN LUHTITALON LÄHTÖTIEDOT</b>	<b>28</b>
5.1 Palomääräykset	28
5.2 Rakennuksen tontti	28

5.3 Huoneistot ja piha	29
5.4 Rakennuksen runko ja julkisivu	30
5.5 Tilaosat ja talotekniikka	31
5.6 Työmaatekniikka	31
<b>6 KUSTANNUSLASKELMA PAIKALLAANRAKENNETTUNA</b>	<b>32</b>
6.1 Rakennuttajan kustannukset	33
6.2 Maa- ja pohjarakentaminen	33
6.3 Perustukset	34
6.4 Runko- ja vesikattorakenteet	34
6.5 Täydentävät rakenteet	35
6.6 Pintarakenteet, kalusteteet ja konetekniset työt	35
6.7 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	36
6.8 Yhteenveto	37
<b>7 KUSTANNUSLASKELMA CLT-TILAELEMENTEILLÄ LASKETTUNA</b>	<b>38</b>
7.1 Maa- ja pohjarakentaminen ja perustukset	39
7.2 Runko- ja vesikattorakenteet	39
7.3 Täydentävät rakenteet ja pintarakenteet	41
7.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	41
7.5 Yhteenveto	42
<b>8 MATRIISIVERTAILU LUHTITALON PAIKALLA RAKENNETUN JA CLT-TILAELEMENTTITALON VÄLILLÄ</b>	<b>43</b>
<b>9 PÄÄTELMÄT</b>	<b>45</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>46</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Kustannuslaskelma paikalla rakennettuna

Liite 2. Kustannuslaskelma tilaelementin kanssa

## KUVAT

Kuva 1. Monikerroslevy CLT	9
Kuva 2. Stora Enson P3-paloluokan CLT-rakenteinen ulkoseinäratkaisu	10
Kuva 3. Stora Enson P3-paloluokan CLT-rakenteinen alapohjarakenteen detalji	11
Kuva 4. Viilupuu LVL	12
Kuva 5. CLT-tilaelementti	13
Kuva 6. CLT-tilaelementin levyjako	15
Kuva 7. CLT-tilaelementin mitat ja maksimiaukon koko	16
Kuva 8. Tilaelementti ilman märkätilaa	17
Kuva 9. Tilaelementti märkätilalla	17
Kuva 10. tilaelementti isommalla märkätilalla	18
Kuva 11. Kustannusten muodostuminen rakennushankkeessa	20
Kuva 12. Ohjaus- ja arviontimenettely hankkeen kustannusten määrittelyssä	22
Kuva 13. Suunnitteluvaiheen rakennusosalaskenta	23
Kuva 14. Kohdekohtainen hinnoittelu.	27
Kuva 15. Virusmäentie 69 kaavoitusmerkinnät	29
Kuva 16. Asemakuva ja huoneistojen pohjakuvat.	30
Kuva 17. Talo 80 -rakentamisnimikkeet	32
Kuva 18. Anturoiden ja paalujen sijainnit paikalla rakennettavassa luhtitalossa.	34
Kuva 19. Anturoiden ja paalujen sijainti merkattu keltaisella tilaelementistä valmistetussa luhtitalossa.	39
Kuva 20. Esimerkkiratkaisu puurakenteisesta luhtikäytävästä	40
Kuva 21. Kustannusvertailu laskelmien välillä.	43

## TAULUKOT

Taulukko 1 Tilaajan kustannuslaskenta tilalaskelman avulla	23
Taulukko 2. Yhteenveto laskelmasta paikallaanrakennettuna.	37
Taulukko 3. Yhteenveto tilaelementtien kanssa laskettuna.	42
Taulukko 4. Matriisivertailu paikalla rakennetun ja CLT-tilaelementtitalon välillä.	43

# KÄYTETYT LYHENTEET

$B_{\text{roof}(t_2)}$	Katteen paloluokkamerkintä (Katepal Oy 2015)
D-s2 d2	Paloluokkamerkinnät, missä D tarkoittaa lämmöntuottoa ja liekin leviämistä, s2 savuntuottoa ja d2 palavien pisaroiden osien muodostumista (Puuinfo Oy 2012)
REI	R tarkoittaa kantavuutta, E tiiveyttä ja I eristävyyttä. Ne voidaan kirjoittaa yhteen tai erikseen, ja ne ilmaisevat paloluokkaa. Kirjainten perään tulee luku, joka kertoo minuutteina kyseisen ominaisuuden keston. (Paroc Oy 2018).
T3-aika	Tehollinen aika, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä (Lindberg ym. 2013, 9)
T4-aika	Kokonaisaika, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset (Lindberg ym. 2013, 9)

# 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on vertailla CLT-tilaelementeistä ja paikallaanrakennetun luhtitalon kustannuksia. Työ laaditaan Rakennustoimisto Laamo Oy:lle sekä Arjasmaa yhtiölle, jotta voidaan jatkossa tuottaa mahdollisesti CLT-tilaelementeillä valmistettuja rakennuksia. Tutkittavana kohteena on Suisto-niminen luhtitalo, jota on suunniteltu toteuttavaksi Turun Raunistulaan. Kustannustasovertailu suoritetaan laatimalla rakennusosalaskelma paikalleen rakennettuna sekä CLT-tilaelementeillä tehtynä. Laskelmasta laaditaan matriisitaulukko, missä vertaillaan rakennusten hintaeroa eri rakenneosista ja valmistusnopeutta.

CLT-tilaelementtien kustannuksia on selvitetty CLT-tilaelementtien toimittajilta. Luhtitalon laskelmaa varten pyydettiin ennakkotarjous PRT-Pro -nimiseltä yritykseltä, joka tuottaa CLT-tilaelementtejä Pyhännällä. PRT-Pro antoi laskelmaa varten ennakkotarjouksen CLT-rakenteisista tilaelementeistä, luhtikäytävästä ja parvekkeista.

Paikalla rakennettu talo on laskettu betonirunkoisena, jossa käytetään mahdollisimman paljon betonielementtejä ja valmiita ratkaisuja. Betonielementtien hinnat pohjautuvat Rakennustoimisto Laamo Oy:n aikaisempien kohteiden hinnastoon, johon on tullut samantlaisia betonielementtejä. Betonirakenteiden suunnittelua on tutkittu Laamolla työskentelevän Matti Jalosen kanssa, joka vastannut useammassa KVR-kohteessa suunnitteluohjauksesta.

Puurakenteiden suosio on kasvanut rakentamisessa viime vuosina, mikä on luonut tarpeen tutkia puurakentamisen mahdollisuuksia. Muutokset rakennusmääräyskokoelmiin on tukenut puurakentamista ja ohjannut sen kustannuksia alaspäin, mikä oli työn idean suurin inspiraatio.



## 2 MONIKERROSLEVY CLT

Monikerroslevy eli CLT (*cross laminated timber*) on massiivipuulevy, joka valmistetaan liimaamalla lautoja tai rimoja useaan kerrokseen ristikkäin (kuva 1. Tämä luku kertoo CLT:n historiasta, nykyhetkestä, käyttökohteista ja teknisistä ominaisuuksista.



Kuva 1. Monikerroslevy CLT (Pinomatic Oy 2017).

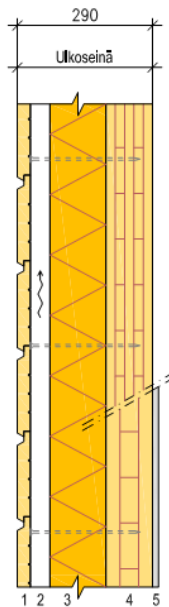
### 2.1 CLT ulkomailla ja Suomessa

CLT-puurakenne esiteltiin 1990-luvun alkupuolella Saksassa ja Itävallassa. 1990-luvun puolivälissä Itävallassa perustettiin kehitysryhmä CLT:tä varten, minkä kehityksen lopputuloksena on nykyinen CLT. Kehityksen jälkeen oli muutama vuosi vähemmän hiljaisempaa CLT:n käytön suhteen Itävallassa ja Saksassa, mutta 2000-luvun alkupuolella kysyntä lähti kasvuun pääasiassa tehokkuuden, paremman markkinoinnin, tehokkaamman jakeluketjun ja vihreän ajattelun takia (FPInnovations 2011). CLT:tä valmistetaan Euroopassa noin 675 tuhatta kuutiota vuodessa (CBI 2017).

Suomessa on tällä hetkellä kolme isompaa tehdasta, jotka valmistavat CLT:tä rakennusteollisuutta sekä kuluttajia varten. Ennen Suomessa valmistamista CLT-elementit tuotiin Stora Enson Itävallan ja Sveitsin tehtailta. Vuonna 2014 CrossLam Kuhmo Ltd alkoi valmistaa ja toimittaa CLT-ementtejä Kuhmossa (Yle 2014).

## 2.2 CLT:n käyttökohteet ja tekniset tiedot

Yleisimmät käyttökohteet ovat välipohja, ulkoseinät, väliseinät ja yläpohja. CLT-levy voidaan jättää pinnoittamatta kipsilevyllä, jos kohde on P3-paloluokan kohde. P1- ja P2-paloluokan kohteissa tulee olla kipsilevyt seinillä, välipohjassa sekä yläpohjassa. Yli kaksikerroksisessa puukerrostalossa tulee olla aina sprinklerisammutusjärjestelmä (Tolppanen ym. 2013, 137). Eristeiden asennus CLT-rakenteessa toteutetaan kuin tavallisessa puurunkoisessa rakenteessa, eli CLT-rangan eristeet tulevat ulkopuolelle. CLT-rakenteissa ei tarvitse sisäpuolelle asentaa lämmöneristettä. Höyrynsulku tulee ulkopuolelle. (Puinfo Oy 2017.) Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen CLT:n ulkoseinäratkaisu. Plusmerkki viittaa sisäpuoleen ja miinusmerkki ulkopuoleen.



Tekniset tiedot	
U-arvo	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Palotekninen soveltuvuus	max 2 krs. P3-paloluokan rakennus

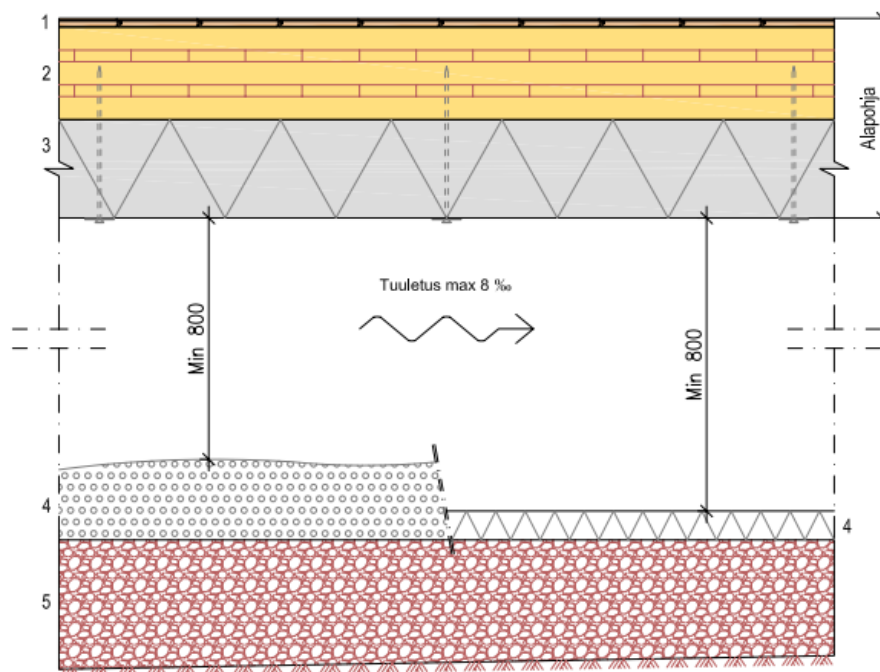
Nro.	Tarkoitus	Tuote	Paksuus
1	Julkisivuverhous	Projektikohtainen	
2	Tuuletusrako	Projektikohtainen	
3	Lämmöneristys	Polyuretaani (λ=0,023 W/mK)	120 mm
4*	Kantava rakenne	CLT	≥100 mm
5	Sisäverhous	Projektikohtainen	

\* rakennesuunnitelmien mukaan



Kuva 2. Stora Enson P3-paloluokan CLT-rakenteinen ulkoseinäratkaisu (Stora Enso Oy 2013).

CLT-levyn tyypillinen paksuus vaihtelee 60 mm:n ja 320 mm:n välillä, enintään kuitenkin 400 mm. Yhden lamellikerroksen paksuus vaihtelee 20 mm:n ja 50 mm:n välillä. Kerroksia on yleensä kolme tai viisi. Kantavan seinän minimipaksuus on noin 80 mm (Puuinfo Oy 2016). Leveys on enintään 3,2 metriä, ja pituus on enintään 16 metriä. CLT-elementin kosteuspitoisuus on 12 % yksikköä  $\pm 2$  %, ja sen lujuusluokka on C24. Rakenteellisena mitoituspainona käytetään 5,0 kN/m<sup>3</sup>. Eniten käytetty puulaatu on kuusi. Liimana toimii polyuretaaniliima (Puuinfo Oy 2017). CLT-levy toimii myös alapohjaratkaisuna. Kuvassa 3 on esitetty P3-paloluokan CLT-rakenteinen tuulettuva alapohjarakenne, missä levyt ovat reunapalkin päällä. CLT-levyn tulee olla vähintään 160 mm paksu, jos sitä käytetään alapohjarakenteena.



Tekniset tiedot	
U-arvo	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Palotekninen soveltuvuus	max 2 krs. P3-paloluokan rakennus

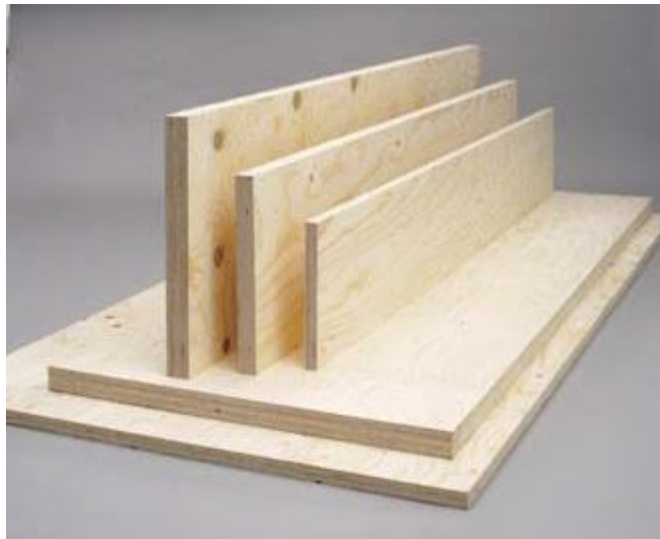
Nro.	Tarkoitus	Tuote	Paksuus
1	Lattialinnoite	Projektiokohtainen	
2*	Kantava rakenne	CLT	≥160 mm
3	Lämmöneristys	EPS-eriste (Platina) (λ=0,031 W/mK)	170 mm
4	Lämmöneristys	Kevytsora EPS-eriste	100...200 mm 50 mm
5	Salaojituskerros	Salaojasora	≥ 200 mm

\*) rakennesuunnitelmien mukaan

Kuva 3. Stora Enson P3-paloluokan CLT-rakenteinen alapohjarakenteen detajji (Stora Enso Oyj 2013).

### 2.3 Monikerroslevyn ja viilupuun ero

Monikerroslevy (kuva 1) ja viilupuu (kuva 4) muodostetaan liimaamalla puuta päällekkäin. Erona kuitenkin on, että viilupuussa liimataan viiluja päällekkäin ja monikerroslevyssä liimataan lautoja päällekkäin (Metsälehti 2018).



Kuva 4. Viilupuu LVL (Puuinfo Oy 2018).

LVL on rakennusteknisesti vaativampien rakennusten materiaali kuin CLT. LVL:n valmistus lisää järeiden kuusitykkien kysyntää Suomessa. CLT kasvattaa puolestaan myös pienempien tukkipuiden markkinoita, sillä sen valmistukseen käy myös keskikokoinen tukkitavara. CLT:n valmistukseen voidaan käyttää keskilaatuista tai alemman keskilaadun mänty- ja kuusisahatavaraa (Metsälehti 2018).

LVL:n enimmäisleveys on 2,5 metriä ja pituus 25 metriä. Maksimipaksuus on 75 mm, ja tiheys on 510 kg/m<sup>3</sup>. Vaakarakenteisessa LVL:n jännevälialue on 5–12 metriä (Stora Enso Oyj 2018). Kertopuun jännevälit ylettyvät jopa 10 metriin asti (Metsä Wood 2015). LVL:n käyttökohteet ovat samat kuin CLT:n, mutta enimmäispaksuudesta aiheutuvan paksuuden takia LVL:ää käytetään enemmän pilari- ja palkkijärjestelmänä kuin kantavana seinärakenteena. LVL toimii paremmin toimistorakennuksissa tai halleissa, joissa tarvitaan mahdollisimman paljon tilaa. CLT toimii paremmin asuinrakennuksissa ja kouluissa, joissa rakenneratkaisut eivät muutu paljoa rakennuksen valmistumisen jälkeen.

### 3 TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN

Tilaelementtitekniikka on rakentamistapa, jossa rakennus kootaan erillisistä tehtaalla valmiiksi kootuista tilayksiköistä. Tilaelementti (kuva 5) muodostuu tavallisesti kantavasta rungosta ja rajaavista pinnoista. Rajaavat pinnat ovat valmiit seinät, lattiat ja katot. Elementit valmistetaan kokonaan säältä suojassa tehdasolosuhteissa. Elementtiin asennetaan tehtaalla ikkunat, LVIS-varustus ja kalusteet. Tilaelementin kantava rakenne voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, esimerkiksi pilari-palkkitekniikalla, kehärakenteella tai laattaisilla suurelementeillä (Puuinfo Oy 2017).



Kuva 5. CLT-tilaelementti (Puuinfo Oy 2018).

Tilaelementtejä on rakennettu maailmanlaajuisesti monesta eri materiaalista. Niitä on tehty tietävästi betoni-, teräs-, puu- ja muovirunkoisia. Suomessa tilaelementtitaloja on aloitettu tekemään 1970-luvulta lähtien. Ensimmäisenä kohteena oli betonirunkoinen kerrostalokohde, joka tehtiin pilottihankkeena. Teräsrakenteinen viisikerroksinen asuintalo tehtiin 2012 ja vuonna 2013 tehtiin massiivipuurakenteinen asuintalo Seinäjoelle (Kotilainen & Hedman 2015, 30).

Tilaelementtirakentamista on tutkittu kansainvälisesti. Tutkimustulokset ovat osoittaneet, että tilaelementeillä rakentaminen on tuottavampaa ja tehokkaampaa kuin perinteinen paikalla rakentaminen sekä kustannusten että materiaalin menekin suhteen. Tilaelementtirakentamisen suurin etu on toteutusprosessin nopeus, joka vähentää aikataulupaineita tuotantoprosessissa ja parantaa työvoiman käyttöä (Kotilainen & Hedman 2015, 31).

Puusta tehtyjä tilaelementtejä rakentavat Suomessa talotehtaat, isommat puutoimittajat, kuten Stora Enso, sekä yleisesti elementteihin keskittyneet yritykset, esimerkiksi Lapwall ja PRT-Pro. Omakotitalojen tilaelementit eivät poikkea mittasuhteista verrattuna muihin tilaelementteihin, vaan perustuvat samantyyliiseen moduulirakentamiseen (Kannustalot Oy 2015; Kotilainen ja & Hedman 2015, 55).

### 3.1 Tilaelementin kuljettaminen maateitse

Tilaelementit valmistetaan tehdasoloissa ja siirretään asennuspaikalla, mikä tuo rajoituksia tilaelementin kuljettamiseen. Tilaelementin kokoa rajoittavat sekä liikennelainsäädäntö että tilaelementtirakentamiseen liittyvät tehtaiden tuotantolinjojen ja nostolaitteiden rajoitukset. (Kotilainen & Hedman 2015, 32).

Suomessa maantieliikenteessä kuljetettavien esineiden pituutta ei varsinaisesti rajoiteta vaan vastaan tulee kalustosta aiheuttava rajoitus. Normaali liikenteessä suurin sallittu korkeus on 4,4 metriä ja leveys 2,55/2,6 metriä EU-maissa, Islannissa, Liechtensteinissa ja Norjassa rekisteröidyillä kalustoilla. Jos kuljetus on leveämpi kuin 4 metriä tai korkeampi kuin 4,4 metriä, tarvitaan kuljetukselle erityislupa. Jos kuljetuksen leveys on yli 7 metriä, tulee ottaa yhteys poliisiin, joka päättää, onko poliisisaattue tarpeellinen (Kotilainen & Hedman 2015, 34-35.)

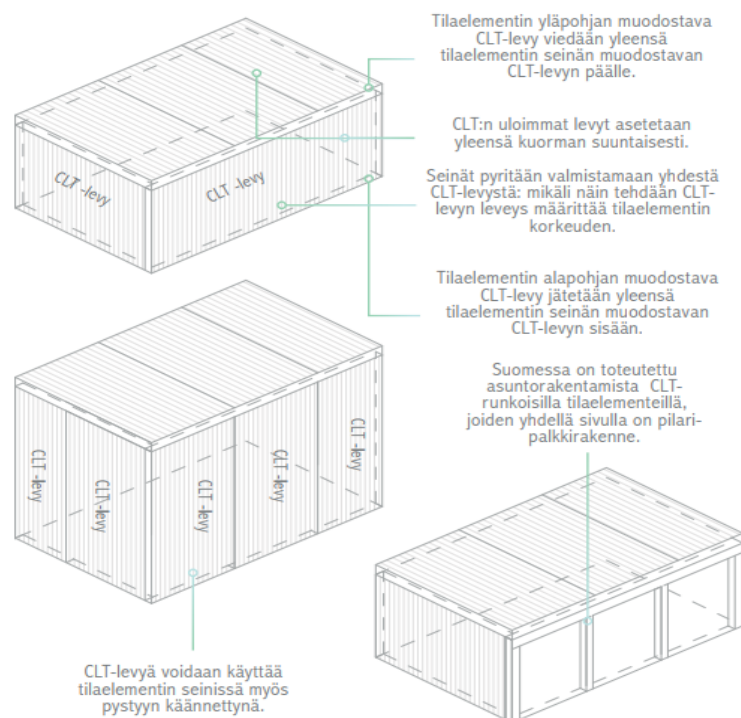
### 3.2 CLT-tilaelementit

CLT-tilaelementit muodostuvat CLT:stä, mistä tulee ala- ja välipohja, ulko- ja väliseinät sekä ylä- ja välipohja. Tilaelementtejä voi kasata päällekkäin, jotta niistä voidaan muodostaa useampikerroksisia asuintaloja. Rakennusta voidaan jäykistää teräsjäykisteillä,

jos rakenne tarvitsee lisäjäykisteitä korkeutensa tai muun kuorman takia (Kotilainen & Hedman 2015, 49).

CLT-levyn uloimmat puulevyt asetetaan yleensä kuorman suuntaisesti, esimerkiksi tilaelementin seinissä pystysuunnassa ja tilaelementin ala- ja yläpohjassa yleensä lyhyemmän sivun suuntaan. Tilaelementteihin voidaan tehdä aukkoja, mutta niitä suositellaan tehtävän päätyihin ennemmin kuin sivuille. Jos halutaan aukko tilaelementin sivulle, tulee siihen tehdä rakenteellinen tukiratkaisu. (Kotilainen & Hedman 2015, 50.)

Tilaelementin seinäaukon enimmäisleveydeksi suositellaan vuonna 2015 käytössä olevilla rakenneratkaisuilla maksimissaan kahta metriä, mutta huoneistojen sisäinen aukon kohta voidaan toteuttaa myös pilari-palkkiratkaisulla, jolloin tilaelementin aukko on pila-reineen suurempi, esimerkiksi 3,5 metriä leveä. Kuvassa 6 on nähtävillä leveämpi aukko, joka on toteutettu pilari-palkkiratkaisulla. Tilaelementtijako erottuu asunnoissa paksumpina väliseiniä, jotka on nähtävillä aukkojen kohdilla. (Kotilainen & Hedman 2015, 50.)



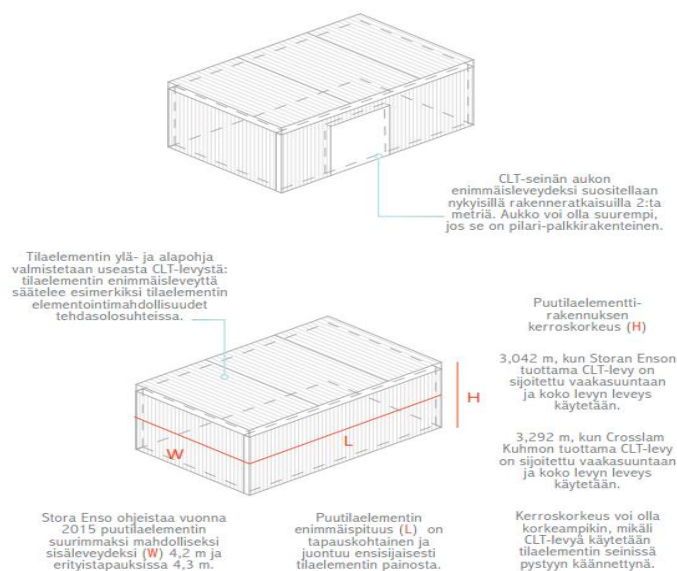
Kuva 6. CLT-tilaelementin levyjako (Kotilainen & Hedman 2015, 53).

Massiivipuorakenteisissa tilaelementeissä märkätilat on toteutettu pääosin tehdasvalmisteisina kylpyhuonetilaelementteinä. Kylpyhuonetilaelementit kannatetaan erillisillä palkeilla tilaelementeissä. Palkkien suuruus riippuu kylpyhuonetilaelementin koosta. Mitä suurempi kylpyhuonetilaelementti on, sitä vähemmän se tarvitsee palkkituentaa. (Kotilainen & Hedman 2015, 52.)

### 3.3 CLT-tilaelementtien paino ja leveys

CLT-tilaelementtien painon mitoitus ei tule työmaan nostokalustosta tai siirtokalustosta, vaan tehtaiden linjastosta ja niiden kestävydestä. Stora Enson Hartolan tehtaalla voidaan koota maksimissaan 16 tonnia painavia tilaelementtejä, koska tuotantokoneet eivät kestä painavampaa kuormaa. (Kotilainen & Hedman 2015, 58.)

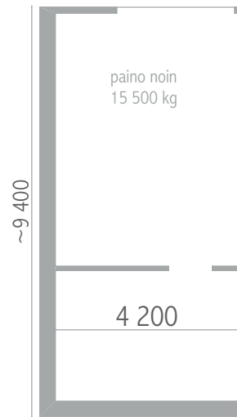
Tilaelementin leveyden tulisi olla alle 4,2 metriä tai erityistapauksissa 4,3 metriä. Pituutta ei ole rajattu tilaelementeissä, mutta tilaelementtien paino tulee ensimmäisenä rajoittavana tekijänä. Leveämmät tilaelementit joudutaan kuljettamaan erikoiskuljetuksena, joka kasvattaa tilaelementtien kustannuksia. Kalliimmat kuljetuskustannukset heikentävät tilaelementtien kannattavuutta (Kotilainen & Hedman 2015. s.55).



Kuva 7. CLT-tilaelementin mitat ja maksimiaukon koko (Kotilainen & Hedman 2015, 54).



Tilaelementti, mikä tulee ilman märkätilaa yhdellä väliseinällä, painaa noin 3,5 kN/m<sup>2</sup> (Kotilainen & Hedman 2015, 52). Kuvassa 8 on esimerkki tilaelementistä, jossa ei ole märkätilaa. Sen paino on lähes maksimitasoa (noin 15 500 kg).



Kuva 8. Tilaelementti ilman märkätilaa (Kotilainen & Hedman 2015, 59).

Jos CLT-runkoisessa tilaelementissä on kylpyhuone, neliökuorma on noin 4 kN/m<sup>2</sup>. (Kotilainen & Hedman 2015, 52). Kuvassa 9 on esimerkki tilaelementistä, missä on märkätila.



Kuva 9. Tilaelementti märkätilalla (Kotilainen & Hedman 2015, 53).

Jos tilaelementissä on isompi märkätila saunalla ja erillisellä vessalla, neliökuorma on 4,3 kN/m<sup>2</sup>. Kuvassa 10 on esimerkki tilaelementistä, missä on isompi märkätila saunalla.



Kuva 10. tilaelementti isommalla märkätilalla (Kotilainen & Hedman 2015, 53).

### 3.4 CLT-tilaelementtien asennus

Tilaelementtityön asennusvaiheet ovat aloittavat työt, tilaelementtien asennus, ylläpitävät työt ja lopettavat työt. Työt aloitetaan valmistelevilla töillä, mitkä ovat muun muassa suunnitelmien, kiinnitysalustan ja nostokoneen tarkastus ja tilaelementtien vastaanotto ja tarkastus. Tilaelementtien asennus aloitetaan suojiin poistamisella ennen elementin nostoa. Tilaelementti nostetaan liinoilla oikeaan paikkaan ja siirretään oikealle paikalleen asennuskankien avulla. Tilaelementti kiinnitetään paikoilleen tilaelementissä olevien teräslevyjen tai ruuvien avulla aluspuuhun, minkä jälkeen saumat tiivistetään elastisella polyuretaanilla. Tiivistyskohta peitetään saumalaudalla. Työt todetaan valmiiksi, kun työvälineet on pistetty sivuun, kalusto on viety pois, asennustyö on jälkisuojattu ja työkohta on hyväksytysti luovutettu (Ratu 0425 2014, 1).

Tilaelementin karkeutettu työmenekki on T3-aikaa 2,5 tth/kpl ja T4-aikaa 3,0 tth/kpl. Päivittäinen työsaavutus 4 asentajan työryhmällä on 11–13 kpl/työvuoro (Ratu 0425 2014, 1).

## 4 KUSTANNUSLASKELMAN LAATIMINEN

Kustannuslaskenta on toimenpide, jonka avulla selvitetään kohteiden kustannukset ennen, kesken ja jälkeen projektien. Pienissä ja keskisuurissa rakennusalan yrityksissä kustannuslaskenta on enemmänkin kustannusarviointia kuin puhdasta kustannuslaskentaa (Enkovaara ym. 1995, 1).

Kustannuslaskelmia tehdään Talo- nimikkeistöjen avulla, joita on tehty 70-luvulta asti. Uusin nimikkeistö on Talo 2000 -nimikkeistö, mutta kaikkia laskentanimikkeistöjä käytetään vielä tänä päivänä (Rakennustieto Oy 2018).

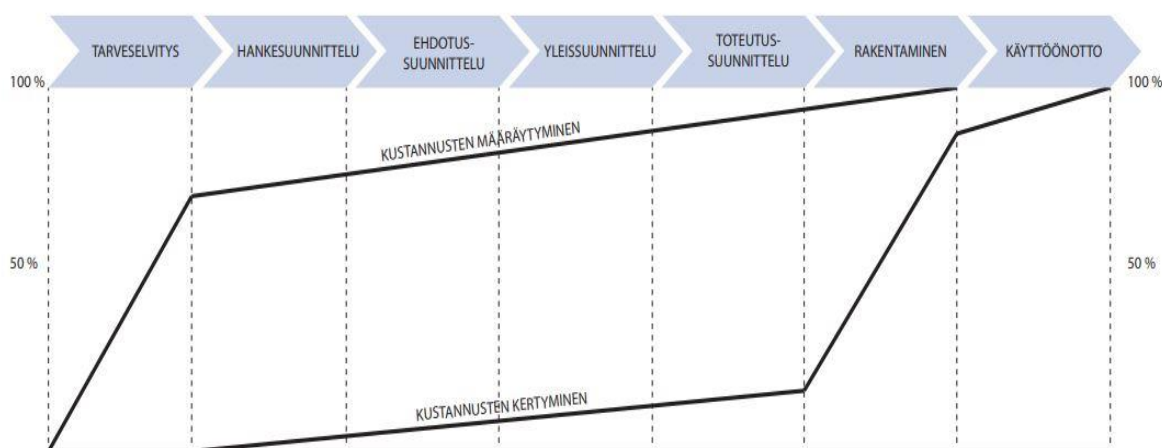
Rakennusprojektissa tilaajalla ja urakoitsijalla on omat kustannuslaskentansa. Tilaaja laatii rakennushankkeen tarjouspyyntövaiheeseen saakka kustannuslaskentaa. Tarjouspyyntövaiheessa urakoitsija osallistuu laatimalla kustannuslaskennan projektista ja esittää siitä tarjouksen tilaajalle. Jos urakoitsijan esittämä tarjous on yhtä suuri tai pienempi kuin tilaajan laatima arvio hankkeesta, lähtee urakka toteutumaan. (Lindholm 2009, 3–5.)

### 4.1 Rakennushankkeen vaiheet

Kustannuslaskelman laatimisen tarkkuus vaihtelee rakennusprojektin eri hankevaiheissa. Rakennushankkeella on eri vaiheita, joita jaotellaan viiteen eri vaiheeseen. Ne ovat

- tarveselvitys
- hankesuunnittelu
- rakennusvaiheensuunnittelu
- rakentaminen
- käyttöönotto (RT 10-10387 1989).

Kustannushallinnan kannalta hanke jaetaan vaiheittain. Tarveselvitysvaiheessa ennustetaan kustannuksia, hankesuunnitteluvaiheessa määritetään kustannuksia, rakennesuunnitteluvaiheessa ohjataan kustannuksia ja toteutusvaiheessa hanke lasketaan. Kuva 11 näkyy kustannusten muodostuminen rakennushankkeen eri vaiheissa.



Kuva 11. Kustannusten muodostuminen rakennushankkeessa (RT 10-11226 2016,1).

#### 4.1.1 Tarveselvitysvaihe

Tarveselvitysvaiheessa tilaaja tutkii, onko mahdolliselle rakennushankkeelle kysyntää ja tarvetta jatkoa ajatellen. Selvitysvaiheessa laaditaan karkeat kuvaukset tarvittavasti hankesista ja tiloista. Tarveselvityksen pohjalta päätetään, lähdetäänkö kohteelle tekemään hankesuunnittelua. Tarveselvitysvaiheen kustannuslaskelmataso on karkea kustannusarviointi. Tarvesuunnitteluvaiheessa kohteen kustannuksista muodostuu n. 70 %. (Lindholm 200, 6–9.)

#### 4.1.2 Hankesuunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään yksityiskohtaisesti hankkeen kokonaisuus, mikä käsittää toteutustavan, sisällön ja toteus mahdollisuuden. Kustannuslaskelma laaditaan käyttäen hankeohjelman avulla. Hankeohjelmassa määritetään hankkeen laajuus, laatu, aikatavoitteet ja katto kustannuksille, jotka toimivat hankesuunnitelman puitteina. Hankeohjelman pohjalta laaditaan tilaohjelma, missä kerrotaan tilakoot, korkeudet, kalustetaso ja pintarakenteiden laatutaso. (Vuorela ym. 2001, 52.)

Hankintasuunnitteluvaiheessa on järkevää käyttää jo arkkitehtisuunnittelua, jotta tilaohjelmassa huomioidaan tarvittavat vaatimukset tilojen käyttöjen suhteen. Hankeohjelmavaiheessa tulee tarkistaa kohteen rakennettavuus, kunnallistekniikan saatavuus, omistussuhteet ja käsittelyajat muun muassa rakennusluvan suhteen. (Vuorela ym. 2001, 52.)

#### 4.1.3 Rakennussuunnittelu

Kun hankesuunnittelu on tullut valmiiksi ja tilaaja on vahvistanut sen, toimii hankesuunnitelma suunnitteluohjeena suunnittelijoille, jotka voivat alkaa laatimaan varsinaista toteutus suunnitelmaa. Rakennussuunnittelu tarkentuu suunnittelutyön edetessä, ja se jaetaan viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat

1. ehdotusvaihe (L1)
2. luonnosvaihe (L2)
3. pääpiirustusvaihe (T1)
4. työpiirustusvaihe (T2)
5. täydentävä suunnittelu T3 (Vuorela ym. 2001, 54).

Pääsuunnittelija eli yleensä arkkitehti toimii vastuuhenkilönä jokaisessa vaiheessa. Ehdotusvaiheessa laaditaan asemapiirustus, pohjapiirustukset ja leikkaukset. Suunnitelmissa kuvataan tiloja, niiden massoitteita ja toiminnallisia ratkaisuja (Vuorela ym. 2001, 54).

Luonnosvaihe sisältää asemapiirroksen, pohjapiirustukset, leikkaukset, rakennusselostuksen ja selvityksen tilaohjelman noudattamisesta (Vuorela ym. 2001, 54).

Pääpiirustusvaiheessa laaditaan kaikki pääpiirustukset, mitoittamattomat työpiirustukset ja alustavat suunnitelmat. Tässä vaiheessa talotekniikka-, rakenne- ja pohjarakenne suunnittelija laatii omat suunnitelmat kohteeseen. Pääpiirustusvaiheen kuvilla voidaan hakea rakennuslupaa ja alkaa pyytämään urakkatarjouksia kohteesta. Kun rakennuslupa on saatu ja urakkatarjouksen voittaja on saatu, lähdetään rakentamaan kohdetta. Rakennusprojektia varten tehdään työpiirustukset ja täydentävä suunnittelu detaljia varten (Vuorela ym. 2001, 55).

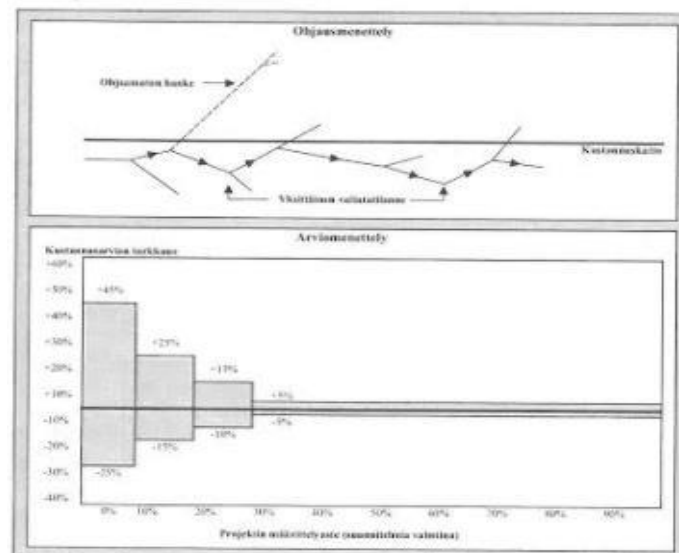
## 4.2 Rakentaminen ja käyttöönotto

Rakentaminen alkaa, kun on tehty urakkasopimus rakennusurakasta. Urakka voidaan sopia yrityksen sisäisesti eli omana työnä tai teettää urakoitsijalla. Rakentamisen aikana laaditaan työnaikaista kustannuslaskentaa ja valvotaan, jotta kustannukset eivät ylitä (Lindholm 2009, 6).

Käyttöönottovaiheessa rakennus luovutetaan käyttöön käyttäjille. Tilaaja ja rakennusurakoitsija laativat jälkilaskennan tässä vaiheessa, jotta voidaan selvittää rakennusprojektin kannattavuus ja sen onnistuminen (Lindholm 2009, 6).

## 4.3 Tilaajan kustannuslaskenta

Tilaajan kustannuslaskenta tarkoittaa hankkeen kustannustavoitteen asettamista ja suunnitelmien kustannusohjausta tavoitteen mukaisesti. Kustannusohjauksen (kuva 12) ideana on estää päätösten ja valintojen toteutuminen kohteelle, jotka muodostavat tarpeettomia ja kohtuuttomia kustannuksia hankkeelle (Lindholm 2009, 8). Kustannuksista kertyy 80 % rakennusprojektin aikana, mutta niistä määräytyy suunnitteluvaiheessa jo 80 %.



Kuva 12. Ohjaus- ja arviontimenettely hankkeen kustannusten määrittelyssä (Vuorela ym. 2001, 108).

Tilaaajan kustannuslaskenta suoritetaan tekemällä kustannusarvio, josta muodostetaan kustannustavoite. Kustannustavoitteeseen päästään kustannusohjauksella. Kustannusarvio voidaan muodostaa eri tavoilla, joita on muun muassa tilalaskenta ja tavoitehintamenettely (katso Taulukko 1).

Taulukko 1 Tilaaajan kustannuslaskenta tilalaskelman avulla (Lindholm 2009, 12).

tila	m <sup>2</sup> /tila	kpl	m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€
1h + kk	25	32	800	1 900	1 520 000
2h + kk	35	102	3570	2 000	7 140 000
2h + k	52	102	5304	2 100	11 138 400
3h + k	63	135	8505	2 100	17 860 500
4h + k	76	32	2432	2 100	5 107 200
Saunaosasto	29	3	87	2 500	217 500
Talopesula	20	3	60	2 800	168 000
Varastotila	50	3	150	1 500	225 000
<b>Tila yhteensä (alv 0 %)</b>					<b>43 376 600</b>

Jos kohde saa investointipäätöksen, lähdetään suorittamaan rakennesuunnittelua. Rakennesuunnitteluvaiheessa arkkitehti- ja rakennekuvien valmistuessa, voidaan alkaa laatia tarkempaa laskelmaa ja käyttää yksikköhintoja suunniteltujen määrien perusteella. Suunnitteluvaiheen kustannuslaskelmatapa on rakennusosalaskenta (kuva 13), jossa määrät mitataan kuvista tai mallinnetaan ja hinnoitellaan käyttäen valmiita käyviä keskimääräisiä kustannuksia kullekin osalle (Lindholm 2009, 16).

Talo 2000 RO	Nimike	Yks	Lasketut määrät ja hinnoittelut			
			määrä	yks/brm <sup>2</sup>	€/yks	€/brm <sup>2</sup>
122	<b>Runkorakenteet</b>					
1221	<b>VSS-rakenteet</b>	vsm <sup>2</sup>	45	0,105	300	31,40
	K-väestönsuoja					
1222	<b>Kantavat betoniseinät</b>	m <sup>2</sup>	200	0,465	60	27,91
	elementtiseinät					
1225	<b>Maanvarainen laatta</b>	rm <sup>2</sup>	25	0,058	32	1,86
	120 mm					
1226	<b>Elementtilaatat</b>	m <sup>2</sup>	75	0,174	60	10,47
	Ontelolaatta 320 mm					
122	<b>Yhteensä</b>				<b>452</b>	<b>71,64</b>
	Kohteen lähtötiedot määrälaskennasta					
	Hinnat yrityksen tai ohjelmiston tiedostoista					
	Kohdekohtaiset tunnusluvut. ioita voidaan verrata muihin kohteisiin					

Kuva 13. Suunnitteluvaiheen rakennusosalaskenta (Lindholm 2009, 16).

#### 4.4 Urakoitsijan kustannuslaskenta

Urakoitsijan kustannuslaskenta tarkoittaa urakoitsijan tarjouksen pohjaksi tekemää laskentaa kohteesta kohteen kustannusten budjetointia ja valvontaa sekä kohteen toteutuneiden kustannusten pohjalta tehtyä jälkilaskentaa. Urakoitsija saa lähtötiedoksi tilaajalta urakkaehdot ja kohteen tekniset asiakirjat. Asiakirjojen laajuus vaihtelee urakkamuodosta riippuen (Lindholm 2009, 20).

Kustannuslaskennan tarkkuus ja tapa vaihtelevat teknisten asiakirjojen sisällöstä riippuen. Kustannuslaskenta tapoja on standardikustannuslaskentatapa ja kohdekohtainen kustannuslaskenta. Standardikustannuslaskentaa voidaan kutsua myös *rakennusosalaskennaksi* ja kohdekohtaistakustannuslaskentaa *suoritekustannuslaskennaksi* (Lindholm 2009, 21)

##### 4.4.1 Standardikustannuslaskenta

Standardilla kustannuslaskentatavalla tarkoitetaan vakioitujen tietojen käyttöä kustannuslaskennassa. Vakioituja tietoja saadaan alustavista tuotantosuunnitelmista, joista voidaan muodostaa rakennusosalaskenta. Rakennusosarakenteet muokataan kohdekohtaisesti soveltumaan hankkeen suunnitelmaratkaisuja. Rakennusosien yksikkökustannukset ovat yrityksen panoshinnaston mukaisia. Yleisiä hintatietoja ei tule käyttää laskelmassa. Osa hintatiedoista, mitä yrityksen sisällä ei ole tiedossa, voidaan hankkia ennakkotarjouksilla (Lindholm 2009, 23).

Rakennusosia käyttämällä laskennassa saadaan työmäärää kohtuullistettua. Tarkkuus riittää tarjouslaskennan perustaksi, jos rakennusosarakenteet laaditaan huolella. Rakennusosalaskelmaa voidaan laatia myös puutteellisten suunnitelmien avulla. Laskelman tulee olla yhtenäinen, selkeä ja lyhyt (Lindholm 2009, 23).



#### 4.4.2 Standardikustannuslaskennan määrälaskenta

Standardissa kustannuslaskennassa määrät mitataan käyttäen Talo 80 -, Talo 90 - tai Talo 2000 -määrälaskentaohjeita, jotka pohjautuvat rakennusosien mittaukseen. Määrälaskentaohjeissa on määritetty tarkemmat ohjeet jokaiselle rakennusosalle erikseen. Rakennusosista muodostetaan luettelo, joka luodaan käyttäen määrämittaamenetelmiä (Lindholm 2009, 24).

Kun suoritetaan määrälaskentaa, tulee laskennan sisältää teoreettiset lasketut määrät. Kohteen laatu-, olosuhde- ja työmenetelmät eivät vaikuta määräluetteloon, vaan ne huomioidaan hinnoittelua laatiessa. Määräluetteloa ei tule hinnoitella ilman suunnitelmia, koska niissä ilmoitetaan kohteen laatuvaatimukset. Työsuorituksista muodostuvat hukat ei tule sisällyttää määrälaskentaan (Talo 2000 tuotantonimikkeistö 2018).

#### 4.4.3 Standardikustannuslaskennan hinnoittelu

Tarjouslaskentavaiheessa määrälaskennan tuloksena hinnoitellaan rakenneluettelo rakennusosien yksikkökustannuksilla. Yksikkökustannukset voidaan laskea hankkeen rakennusosarakenteiden, yrityksen panosrakenteiden tai hankkeen panoshinnaston avulla. Hinnoittelussa tulee huomioida kohteen luonne, sijainti, aikataulu ja laatuvaatimukset. Rakennusosarakenteisiin tulee huomioida teoreettisten työmenekkien lisäksi hukka, joka muodostuu työmenetelmistä sekä tarvittavat tarvikkeet töiden suorittamista varten (Lindholm 2009, 24–25).

Kun rakennusosarakenteen tarvikkeet ja panosrakenteen osoittamat muut panokset hinnoitellaan panoshinnoin, saadaan laskelma, joka osoittaa rakennusosan yksikkökustannukset. Urakoista tai rakenneosista, joista on pyydetty ennakkotarjous, laaditaan vertailulaskelma yrityksen laatimaan omaan hintaan. Ennakkotarjouksen perusteella tarvittaessa muutetaan panoshintaa oikeaan suuntaan (Lindholm 2009, 24–25).

#### 4.4.4 Kohdekohtainen kustannuslaskenta

Kohdekohtainen kustannuslaskentaa käytetään, kun kohteen kuvat ovat tarpeeksi valmiita, jotta voidaan laatia yksityiskohtaisia tuotanto- ja panosratkaisuja. Kohdekohtainen kustannuslaskenta eroaa standardikustannuslaskennasta hankkeeseen perustuvien määrien, hintojen ja panostietojen takia (Lindholm 2009, 23). Suoritelaskennassa määräluettelo esitetään rakennusosanimikkeiden lisäksi suorituksina, jotka hinnoitellaan panoksien hintatietoihin perustuen. *Suoritelaskenta*-käsite tulee Talo 80 -nimikkeistöstä, jossa nimikkeiden pääryhminä ovat suoritukset, rakennusosat ja kustannuslajit. Uudemmissa nimikkeistöissä sana *suorite* on vaihtunut *työlajiksi* Talo 90 -nimikkeistössä ja *tuotantonimikkeeksi* Talo 2000 -nimikkeistössä (Lindholm 2009, 25-26).

#### 4.4.5 Kohdekohtainen määrälaskenta

Kohdekohtaisessa määrälaskennassa suoritetaan määrälaskenta kohteen rakennusosien määrät piirustuksista ja määräluetteloista. Usein kuitenkin on käytössä pelkästään piirustukset. Määrälaskenta suoritetaan käyttäen samoja ohjeita kuin rakennusosien kustannuslaskenta suoritetaan. Määrät lasketaan teoreettisena eli M2-menekkinä eikä oteta hukkaa huomioon (Lindholm 2009, 26).

Määrälaskenta voidaan ulkoistaa myymällä määrälaskenta ulkopuoliselle yrityksille, jotka laskevat määrät piirustuksista ja toimittavat valmiin määräluettelon. Määrälaskennan ulkoistamisessa tulee muistaa, että työn tilaaja on vastuussa mahdollisista virheistä määrälaskennassa ja kantaa riskin sen sisällöstä (Lindholm 2009, 26).

#### 4.4.6 Kohdekohtaisen laskelman hinnoittelu

Kohdekohtainen hinnoittelu (kuva 14) pohjautuu rakennusosan lajitteluun, joka kohdistetaan työhön (kustannuslaji 1 eli KL1), materiaaleihin (KL2), alihankintoihin (KL 3), omiin palveluihin (KL4) ja muihin (KL5). Työ käsittää yrityksen omien työntekijöiden suorittaman työn. Työ hinnoitellaan käyttäen kokonaistyöaika (T4-aika), mikä sisältää häiriöt ja tauot. Materiaaleiden laskemiseen tulee lisätä menetelmästä, työvaiheesta ja työmaasta aiheutuvat lisät, jotka saadaan käyttämällä työmaamenekkiä (M5-menekki). Työajat ja materiaalimenekit ovat saatavilla yrityksen omien tiedostojen lisäksi RT-korteista ja

Ratu-tiedostoista. Alihankinnat tulee perustua ennakkotarjouksiin tai aliurakoitsijoiden antamiin hinnastoihin. Omat palvelut käsittävät yrityksen sisäisiä hankintoja esimerkiksi vuokrataan kalustoa yrityksen varastoyrityksestä. Muut käsittävät kaikki muut, mitkä ei sovellu muihin kustannuslajeihin (Lindholm 2009, 26–28).

	AK	Ryhmä	Koodi	Selle	Määrä	Yks	h/yks	h	EUR/h	PL	EUR/yks	EUR/yht	Kiinti	Ryhmä	Kerros
✓	A		1611150	Anturoiden alapuolinen mursketäyttö, h = 300 mm, m3	256	m2	0,095	24,3	10,51	1	1,76	451			
										2	4,11	1 051			
										3	5,20	1 330			
										4					1,00
										5					1,00
											11,07	2 833			

Kuva 14. Kohdekohtainen hinnoittelu.

Panospohjainen suoritehinnoittelu sisältää useita mahdollisia virhelähteitä, koska rivejä on selvästi enemmän kuin rakennusosalaskelmassa. Laskelmassa ja hinnoittelussa tulee erityisesti kiinnittää huomiota työryhmien, työ- ja materiaalimenekkien ja työn ja materiaalien oikeaan tasoon (Lindholm 2009, 26–28).

#### 4.4.7 Käyttö- ja yhteiskustannusten hinnoittelu

Varsinaisen rakennustyön lisäksi työmaasta muodostuu kustannuksia työnjohdosta ja työmaatekniikasta, joita kutsutaan *käyttö- ja yhteiskustannuksiksi*. Työmaatekniikka käsittää kaikki työmaata palvelevat asiat, kuten nostimet, parakit, työkoneet ja jätteiden huolto. Käyttö- ja yhteiskustannukset lisätään rakennusosaan, jonka avulla saadaan määritettyä työmaakustannukset. Talo 80 -nimikkeistöissä sosiaalikulut ja palkanlisät merkitään yhteiskustannuksiin, jotka voidaan kirjata rakennusosan kohdalle tai kaikki erikseen loppuun (Lindholm 2009, 28).

Käyttö- ja yhteiskustannuksista muodostuu pääasiassa työmenekistä, mutta olennainen osa on työmaan kesto ja laajuus. Työmaan kesto määrittää esimerkiksi työnjohdon ja työmaarakennusten tarpeen. Työsuoritukset ja niiden menetelmätavat määrittävät nosturien, työkoneiden ja käyttötarvikkeiden tarpeen. Käyttö- ja yhteiskustannukset ovat aina yrityskohtaisia, joten niiden määrittelyyn tulee erityisesti kiinnittää huomiota yrityksen sisällä (Lindholm 2009, 28-31).

## 5 VERTAILTAVIEN CLT-TILAELEMENTTI JA PAIKALLA RAKENNETTAVAN LUHTITALON LÄHTÖTIEDOT

Laskettavana kohteena oli Turun Raunistulassa sijaitseva kaksikerroksinen luhtitalo, jonka nimeksi on annettu Suisto. Talosta on laadittu asemakuva, pohjakuva ja arkkitehdin luonnokset julkisivuista sekä pihasta. Suisto on hankesuunnitteluvaiheessa. Palomääräykset tarkistettiin erikseen, koska niihin tuli muutoksia vuoden 2018 alussa. Tässä luvussa kerrotaan lähtötiedot, minkä pohjalta laskentaa on lähdetty tekemään. Valittuja ratkaisuja on avattu tarkemmin omissa kustannuslaskelma luvuissa.

### 5.1 Palomääräykset

Asuintalo, joka tehdään kaksikerroksisena luhtitalona, voidaan tehdä paloluokkaan P3, kun henkilömäärä on alle 150 ja vierekkäiset huoneistot ovat eri palo-osastoja. Rakennuksen korkeus saa olla maksimissaan 9 metriä korkea ja kerrosala 1 600 m<sup>2</sup>. Palo-osastot tulee olla huoneistojen välissä, myös kellarissa sekä ullakolla. Osastoivat osat rakennuksessa ovat vähintään REI 30 minuuttia (Puuinfo Oy 2018)

Rakennuksen vaatimus pintaluokissa on seinien osalta D-s2, d2 tai parempi. Esimerkiksi kipsilevy tai CLT-levy riittää sisäpuoliseksi pinnaksi täyttämään tämän palovaatimus. Kellarissa on ainoastaan lattiapinnan osalta palovaatimus, joka on D<sub>fi</sub>-s1. Rakennettavaan luhtitaloon tuo ei koske, koska kohteeseen ei tule kellariin lattioita (Puuinfo Oy 2018).

Vesikatteen ulkopinnan palovaatimus on B<sub>roof(t2)</sub>, jonka alla tulee olla D-s2, d2 tason tai parempi rakenne. Vesikatteen palovaatimus voidaan täyttää kumibitumikermin kanssa (Katepal Oy 2015).

### 5.2 Rakennuksen tontti

Rakennuksen tontti on rinnetontti, joka viettää toiseen suuntaan. Tontin korkoerot ovat noin metrin luokkaa. Pihalla on tällä hetkellä tiheästi kasvavaa puustoa. Alueella on vanhoja rakennuksia sekä uusia kerrostaloja. Tontti on kooltaan 2 195 m<sup>2</sup>. Kohde on kaa-voitettu (kuva 15) tällä hetkellä AP-4-tunnuksella eli asuinpientalojen korttelialueeksi.

Asemakaavassa on määrätty julkisivumateriaaliksi peittomaalattu lauta, sisäänkäynti tulee olla sivusta tai pihan kautta, pihalla tulee olla puustoa tai oleskelualuetta jokaista asuntoa kohti 10 m<sup>2</sup> ja auto- ja pyöräpaikkoja tulee olla kutakin asuntoa kohden kaksi kappaletta.



Kuva 15. Virusmäentie 69 kaavoitusmerkinnät (Turun kaupunki 2018).

Rakennusoikeus on merkattu numeroilla tonttiin, joka on yhteensä 960 m<sup>2</sup>. Rakennuksen maksimikerrosluku on määritetty roomalaisilla numeroilla.

### 5.3 Huoneistot ja piha

Luhtitalo koostuu 12 asunnosta, jotka ovat kaikki huoneistoalaltaan 56 m<sup>2</sup>. Jokaiseen huoneistoon kuuluu oma varastokoppi, joka on ulkopuolisessa piharakennuksessa. Autopaikkoja on asemaakaavasta poiketen yksi kappale asuntoa kohden. Vieraspaiikkoja on kuusi kappaletta. Taloyhtiöllä ei ole yhteisiä tiloja eikä väestönsuojaa, koska rakennuksen koko on alle 1 200 m<sup>2</sup> (SPEK 2018). Pihalla on yhteinen jätekatos, minne tulee

roska-astiat. Liikennealueet päällystetään asfaltilla ja muihin alueisiin kylvetään nurmikko. Talon tekninen tila tehdään varastorakennuksen yhteyteen, minne tulee kaukolämmön jakokeskus. Jokaiseen huoneistoon tulee oma ilmanvaihtokone ja sähkökeskus.

Rakennuksen huoneistoala on 672 m<sup>2</sup> ja tilavuus 1 680 m<sup>3</sup>. Rakennus liitetään kunnallistekniikkaan. Pihalle tulevat luiskat sekä portaat tehdään betonista.



Kuva 16. Asemakuva ja huoneistojen pohjakuvat.

#### 5.4 Rakennuksen runko ja julkisivu

Talon pohjaolosuhteita ei ole selvitetty, joten perustamistavasta ei saada tarkkaa varmuutta. Oletuksena on tehty, että talo perustetaan teräsbetonipaalujen varaan ja niiden päälle asennetaan anturat. Anturoiden päälle asennetaan kantavat sokkelielementit, ja kantavien väliseinien väliin tulevat kantavat teräsbetonipalkit. Alapohja asennetaan sokkelien päälle, jotta avulla rakennukseen tulee tuulettuva alapohja. Kohteessa huoneistojen väliset seinät ovat kantavia väliseiniä. Kaikki muut ulkoseinät ovat kantavia paitsi parvekkeen lasiseinä. Välipohjassa on uiva lattia ääneneristävyyden parantamiseksi kerrosten välillä. Talon katto on puurakenteinen, joka tehdään paikalleen rakennettuna kattoristikoiden kanssa. Vesikatteena on kumibitumikermi.

Julkisivuna on puuverhoilu, joka tehdään kaksikertaisella koolauksella julkisivuun tuuletuksen takia. Parvekkeiden puoleinen ulkoseinä tehdään kokonaan lasisena. Parvekkeelle ja luhtikäytävään tulevat kaiteet. Luhtikäytävän edessä on näkösuojana puusäleikkö. Ikkunat ja ulko-ovet ovat vakiotasoisia rautakauppamalleja.

## 5.5 Tilaosat ja talotekniikka

Rakennuksen tilaosia ei ole määritelty arkkitehdin puolesta lainkaan. Kohde on suunnattu vuokra-asumista varten, joten kohteen referenssitaso on otettu muista Rakennustoimisto Laamo Oy:n tekemistä ja laskemista kohteista, mitkä on suunnattu vuokrakäyttöön. Väliseinät ovat puurakenteisia väliseiniä. Ovet ovat rautakauppatasoisia liukuovia.

Lattiapinnoiksi kuivissa tiloissa huoneistoissa valittiin laminaatti ja kattoon kipsilevy, joka ruiskutasoitetaan. Seinät ylitasoitetaan ja maalataan kaikissa kuivissa tiloissa maalarinvalkoisella sävyllä. Kylpyhuoneet ovat ainoita märkätiloja, jotka vesieristetään ja laatoitetaan. Märkätilojen katot paneloidaan vakiopaneelilla. Kiintokalusteet ovat MDF-runkoisia kalusteita. Kodinkoneet ovat markkinoiden edullisimpia. Huoneistoon sisältyvät perusvarusteet, kuten suihkuseinä, vessapaperirullateline ja saippuateline.

Talotekniikan varustelutaso on edullisimmasta päästä. Jokaisessa huoneistossa on oma ilmanvaihtokoneyksikkönsä, missä on lämmöntalteenotto. Vesi- ja sähkökalusteet ovat vakiotasoisia.

## 5.6 Työmaatekniikka

Työmaatekniikka eli työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset ovat aina rakennusliikekohtaisia, joten niitä on vaikea vakioida. Niiden kustannusrakenne muodostuu yrityksen koosta ja toimintamallista. Työmaatekniikka pohjautuu työmaan kokonaiskestoön, siellä tarvittaviin työkaluihin ja organisaatioon (Enkovaara ym. 1995,100).

Suiston työmaatekniikka pohjautuu Rakennustoimisto Laamo Oy:n aikaisempiin tilastoihin ja työmaihin.

## 6 KUSTANNUSLASKELMA PAIKALLAANRAKENNETTUNA

Kustannuslaskelma laadittiin käyttäen standardia kustannuslaskentaa. Massoittelu laadittiin käyttäen BlueBeam Revu -ohjelmaa, jonka kanssa määrät saatiin digitaalisesti mitattua. Kustannuslaskelma luotiin käyttämällä Tocoman Kustannuslaskenta -ohjelmaa.

Kustannuslaskelma laadittiin käyttäen Talo 80 -nimikkeistöä. Laskelman otsikot on esitetty rakentamismikkeiden mukaan, jotka esitetään kuvassa 18.

0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikattorakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pintarakenteet	6 Kalusteet, varusteet, laitteet	7 Kone-tekniiset työt	8 Työmaan käyttö-kustannukset	9 Työmaan yhteis-kustannukset
01	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31	41 Ikkunat	51 Vesikate	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäri-työt	81 Työn- aikai- set ra- kenteet	91 Työmaan hallinto
02 Rahoitus- kulut	12 Maan- kaivu	22 Perus- muurit, -paikit ja -pilarit	32 Kantavat välisei- nät ja pilarit	42 Erityis- ikkunat	52 Sisäsei- nien pin- taraken- teet	62 Varusteet	72 Ilman- vaihto- työt	82 Työnai- kaiset asen- nukset	92 Avusta- vat rakennus- työt
03 Suunnit- telu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja paikit	43 Ovet	53 Sisäkatto- jen pin- taraken- teet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkö- työt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomai- sen toi- minnan eri- tyiskus- tann.
04 Yhtiö- kulut, osuudet korvaukset	14 Pohjaraken- teet ja -vah- vistus	24	34 Portaat	44 Erityis- ovet	54 Porras- huoneen pin- taraken- teet	64 Tilaryh- mälalus- teet	74 Siirto- tekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -väli- neet	94 Talvi- lisätyöt
05 Rakennut- taminen ja väl- vonta	15 Salaojat ja putki- johdot	25 Väestön- suoja- rakenteet	35 Ulko- seinät	45 Kevyet väli- seinät	55 Ulko- seinien pin- taraken- teet	65	75	85 Työmaan käyttö- tarvikkeet	95 Urakka- hinnan muutokset
06 Liittymis- maksut	16 Täyttö ja ti- vistyys	26 Maan- varainen laatta	36 Ulkotasot ja par- vekkeet	46 Erityis- välisei- nät, jako- seinät	56 Lattian pin- taraken- teet	66	76	86 Käyttö- aineet ja energia	96 Sopimus- pohjaiset erityis- kustann.
07 Markki- nointi	17 Rakennus- alueen rakenteet	27 Erityis- rakenteet	37 Ullakko- ja katto- rakenteet	47 Kaiheet, hoitota- sot ja -silat	57 Erityis- tilojen pin- taraken- teet	67 Väestön- suoja- varusteet	77	87 Työmaa- kuljetuk- set	97 Työnteki- jöiden paikan- lisat
08 Ulkomai- set toimin- nan erityis- kustann.	18 Ulko- varusteet	28 Ulko- puoliset rakenteet	38 Tila- elementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat, piiput	58 Maalaus, tapetointi	68	78 Rakennut- tajan hankinto- jen apu.	88 Ulkomaisen toiminnan erityis- kustann.	98 Työnteki- jöiden sos.kulut
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

Kuva 17. Talo 80 -rakentamismikkeet (Talo 80 -määrälaskentaohje 1989).

Suiston hinnoittelu pohjautu Rakennustoimisto Laamo Oy:n vastaavanlaisten kohteiden hintatasoon. Hinnat tarkistettiin Matti Jalosen kanssa erikseen. Jalonen toimii Laamolla hankintainsinöörinä ja vastaa suuremmista hankinnoista. Ennakkotarjouksia pyydettiin pelkästään maanrakennuksesta, jonka antoi Koneurakointi Heino Oy. Tässä luvussa mainitut kustannukset ovat kaikki arvolisäverottomia kustannuksia. Koko laskelma on esitetty liitteessä 1.



## 6.1 Rakennuttajan kustannukset

Rakennuttajan kustannukset käsittävät kohteen suunnittelun. Tontti, liittymä ja muut tyyppilliset rakennuttajan kustannukset on jätetty huomioimatta laskennassa. Ne tulevat laskennan päälle. Suunnittelukustannusten hinnoittelu pohjautu rivitalokohteiden neliöpohjaiselle suunnittelutasolle. Suuruutta myös tarkistettiin käyttäen 5 % -sääntöä eli suunnittelukustannusten osuus on noin 5 % koko projektin kustannustasosta.

Rakennuttajan kustannukset ovat tässä projektissa 62 500,00 €, ja niiden prosenttiosuus on 4,2 % koko projektista.

## 6.2 Maa- ja pohjarakentaminen

Maa- ja pohjarakennus -littera käsittää tässä laskelmassa pihalle tulevat erilliset piharakennukset, pihalla tehtävät pintatyöt, maanrakennustyöt ja rakennuksen paalutuksen. Kohteesta ei ole laadittuna pohjatutkimuksia, mikä vaikeutti maarakenteiden hinnoittelua. Maanrakennustöistä pyydettiin sen takia ennakkotarjous, koska tiedettiin, että Koneurakointi Heino on tehnyt lähialueella maanrakennustöitä ja heillä on jokin käsitys mahdollisista pohjaolosuhteista. Koneurakointi Heinin ennakkotarjous käsitti massan vaihdon, routaeristeiden asennuksen ja pihojen tasauksen, mutta ei viimeisiä pintoja. Asfaltti ja nurmikko laskettiin vastaavien kohteiden hintoja käyttäen.

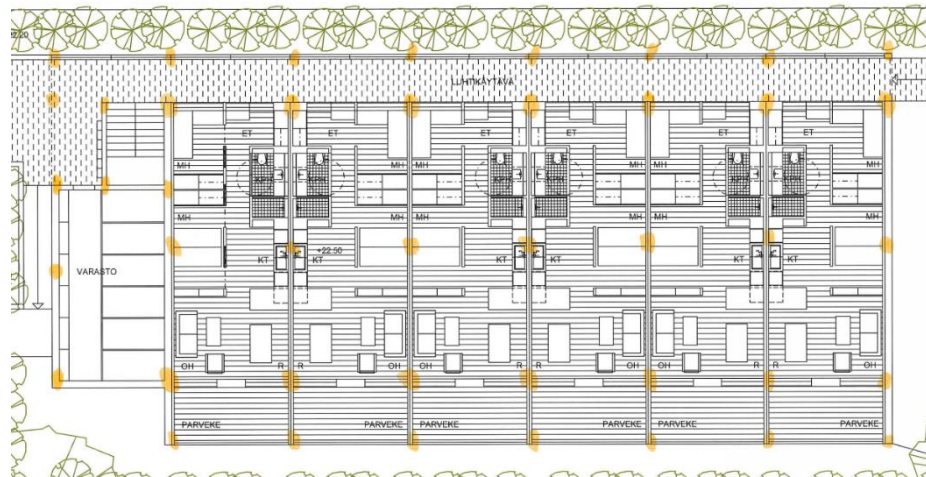
Kohteen paalutustarpeesta ei ole tietoa, mutta kohteeseen tehtiin varaus mahdolliselle tarpeelle. Kuvassa 19 on nähtävillä paalujen sijainnit, jotka on merkattu keltaisilla pisteillä. Paalut laskettiin viisi metriä pitkinä teräsbetonipaaluina, joiden koko on 250 x 250 mm.

Pihalle piirretty jätekatos on laskettu tehdasvalmisteisena jätekatoksena. Pensaikot ja puut on huomioitu asemakuvan mukaisesti. Parkkiruudut on laskettu asemakuvan mukaan. Maa- ja pohjarakentamisen kustannukset ovat tässä projektissa 121 144,00 €, ja niiden kokonaisosuus on 8,2 %.

### 6.3 Perustukset

Rakennuksen perustus on paaluanturaratkaisu. Paaluanturoiden sijainnit esitetään kuvassa 18. Sokkelit ovat sandwich-elementtejä, jotka on huomioitu metrin korkeaksi. Sokkelin hinnoittelu pohjautuvat aikaisempiin kohteisiin ja niistä saatuihin neliöhintoihin. Rakennuksen kantavien väliseinien alle on laskettu 380 x 480 mm:n kokoinen betonipalkki (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018).

Portaat ja invaluiska on huomioitu arkkitehdin asemakuvan mukaisesti toteutettavaksi. Tukimuuria on laskettu vain rakennuksen kohdalla. Rakennusten eteen on laskettu pinta-laatta, joka pinnoitetaan sirotteella. Perustukset ovat tässä projektissa 99 579,00 €, ja niiden kokonaisuus on 6,7 %.



Kuva 18. Anturoiden ja paalujen sijainnit paikalla rakennettavassa luhtitalossa.

### 6.4 Runko- ja vesikattorakenteet

Rakennuksen alapohjana toimii 320 mm:n ontelolaatta, jonka alapuolelle tulee 170 mm:n EPS-levy. Ontelolaatat asennetaan sokkelien ja elementtipalkkien päälle, jonka päälle tehdään uiva rakenne. Ensimmäisen kerroksen ulkoseinät tehdään betonisina sandwich-elementteinä. Kantavat väliseinät ovat betonielementtiseiniä. Parvekkeen puoleinen seinä tehdään kokonaan lasisena, mikä on huomioitu täydentäviin rakenteisiin. Parvekelaatat tehdään betonielementteinä (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018).

Välipohjana on 320 mm:n ontelolaatta, jonka päälle tehdään uiva lattia. Rakennuksen varastonpuoleinen seinä on betonirakenteinen, mutta muut ovat puurakenteisia. Kanta-  
vat väliseinät ovat puurakenteisia. Parvekkeen seinä on lasirakenteinen, ja se tukeutuu IPE-teräspalkkiin (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018).

Vesikatto on puusta tehty, ja se tehdään ristikkojen kanssa. Ristikot ylettyvät luhtikäytävään asti. Vesikaton pintarakenne on kumibitumikermistä tehty. Eristeenä toimii puhallusvilla (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018).

Portaat tulevat porraselementtinä, jotka kiinnitetään betoniseiniin kiinni. Luhtikäytävän runko tukeutuu 150 x 150 mm:n teräspilareihin, jotka ovat ensimmäisessä kerroksessa molemmilla puolilla viiden metrin välein. Toisessa kerroksessa on 100 x 100 mm:n teräspilarit kannattamassa vesikattoa luhtikäytävän osalta. Luhtikäytävä toteutetaan betonielementteinä, jotka ovat huoneiston levyisiä. Varastossa on välipohjana 320 mm:n ontelolaatta ja teräsbetoniseinät (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018).

Runko- ja vesikattorakenteet ovat koko projektin suurin osuus 358 415,00 euron suuruudella. Koko projektin suuruudesta summa on 24,2 %.

## 6.5 Täydentävät rakenteet

Ikkunat ja lasiseinät ovat kolmikerroslasista tehtyjä ja puurakenteisia. Ikkunoiden ja ovien U-arvo on alle 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunat ja ovet ovat tehtaan vakiotuotteita. Huoneistojen välitiet ovat puusta tehtyjä liukuovi, jotta saadaan tilan käyttö maksimoitua. Heloitus ja lukitus ovat Abloyn vakiomallia.

Kevyet väliseinät ovat teräsrakenteisia kipsilevyseiniä. Kylpyhuoneiden seinät eristetään villalla ääneneristyksen parantamiseksi, mutta muita kevyitä seiniä ei eristetä. Kipsistä tehdään myös huoneistojen hormit, ja niihin asennetaan tarkastusluukut. Parvekkeille ja luhtikäytävään tehdään pinnakaiteiset teräskaiteet. Täydentävien rakenteiden suuruus tässä projektissa on 145 339,00 €, ja niiden kokonaisosuus on 9,8 %.

## 6.6 Pintarakenteet, kalusteteet ja konetekniset työt

Huoneistojen kuivien tilojen lattiat ovat laminaattipintaisia. Seinät ovat ylitasoitettu ja maalattu. Katot on laskettuja kipsilevykattoja, jotka ovat ruiskutasoitettuja. Märkätilat

ovat vesieristettyjä. Märkätilojen seinä ja lattia on laatoitettu. Katto on puupaneelista tehty. Varastojen seinät ovat betonipintaisia. Talon julkisivu on puupaneelilla verhoiltu. Parvekkeen seinät myös verhoillaan puulla. Luhtikäytävän katot verhoillaan puupaneelilla. Pintarakenteiden suuruus on 194 293,00 €, ja kokonaisuus on 13,1 %.

Kalusteet ovat vakioituja MDF-kalusteita. Kodinkoneet ovat markkinoiden halvimmasta päästä. Kaapistot ovat liukuovella avautuvia. Suihkuseinä ja vessapaperitelineet ovat ainoat huoneiston varusteet. Kalusteiden, varusteiden ja laitteiden suuruus on 91 632,00 €, ja kokonaisuus on 6,2 %.

Talon lämmitysmuotona on kaukolämpö. Lämmönjakokeskus tulee varastoon. Huoneistojen lämmitys tapahtuu lattialämmityksenä. Ilmanvaihto tapahtuu jokaisessa huoneistossa olevalla omalla ilmanvaihtokoneella. Kaikissa huoneistossa on oma sähkökeskussensa. Koneteknisten töiden osuus on 264 000,00 €, ja kokonaisuus on 17,8 %.

#### 6.7 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Työmaan kestoksi on mitoitettu yksi vuosi, joka toimii työmaarakennusten, työkoneiden, työkalujen, käyttötarvikkeiden, sähkön, lämmityksen, veden ja työnjohdon kertoimena. Ajoneuvonosturi on huomioitu työmaan perustamista varten. Muut nostot on laskettu suoraan niihin kohdistuviin litteroihin, eikä niitä ole eritelty käyttö- ja yhteiskustannuksissa. Työmaalle on huomioitu yksi telinetorni katolle. Sääsuojaa ei ole laskettu työmaalle, vaikka se saattaa olla tarpeellinen, koska työmaalla tulee huomioida kosteudenhallinta-asetuksen vaatimukset.

Projektiin ei ole laskettu täysipäivästä työjohtoa koko projektin ajaksi. Sisävalmistusvaiheeseen saakka tarvitsee olla yksi täysipäiväinen työnjohtaja, mutta loppuosalle riittää osa-aikainen työnjohtaja. Siivousta on laskettu 40 tuntia kuukaudessa, joka todellisuudessa kohdistuu loppua kohti enemmän. Lumi- ja jäätyöt on huomioitu kevyenä talvena. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten osuus on 144 625,00 €, ja kokonaisuus on 9,8 %.

## 6.8 Yhteenveto

Laskelman kokonaissumma on 1 481 527,00 €, jonka virhemarginaali on  $\pm 5$  %, joka on kokonaissummasta 74 076,00 €. Tarkkuuttaa saadaan paremmaksi, kun viedään suunnittelua pidemmälle ja poistetaan oletuksia. Virhemarginaali on arvioitu vastaavista Laamon kohteista. Taulukossa 2 on esitetty laskelma kokonaisuudessaan.

Taulukko 2. Yhteenveto laskelmasta paikallaanrakennettuna.

	h	työ	aine	Alih	omat palv	muut	yhteensä	os%			
0 Rakennuttajan kustannukset				62 500			62 500	4,2			
1 Maa ja pohjarakennus	133	4 531	15 937	100 675			121 144	8,2			
2 Perustukset	508	21 723	21 504	56 352			99 579	6,7			
3 Runko- ja vesikattorakenteet	1 883	68 832	85 077	204 506			358 415	24,2			
4 Täydentävät rakenteet	657	22 753	53 146	69 440			145 339	9,8			
5 Pintarakenteet	1 128	38 338	25 487	130 467			194 293	13,1			
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	48	1 632	12 000	78 000			91 632	6,2			
7 Konetekniset työt				264 000			264 000	17,8			
8 Työmaan käyttökustannukset	60	2 040	35 100	12 500	3 600		53 240	3,6			
9 Työmaan yhteiskustannukset	1 380	81 800	3 000	6 585			91 385	6,2			
YHTEENSA	5 797	241 650	251 252	985 025	3 600		1 481 527	100,0			
Sosiaalikulut											
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSA</b>		<b>241 650</b>	<b>251 252</b>	<b>985 025</b>	<b>3 600</b>		<b>1 481 527</b>	<b>100,0</b>			

## 7 KUSTANNUSLASKELMA CLT-TILAELEMENTEILLÄ LASKETTUNA

Kustannuslaskelma CLT-tilaelementeillä tehtiin Talo 80 -nimikkeistön kanssa. Laskelman otsikot ovat samoja kuin paikallaanrakennetussa luhtitalossa, mutta osa litteroista on erilaiset. Tässä luvussa mainitut summat ovat kaikki arvonlisäverottomia.

Laskelmien erot ovat maa- ja pohjarakentamisen, perustusten, rungon ja vesikattorakenteiden, täydentävien rakenteiden, pintarakenteiden ja työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten osalta. Tässä luvussa on avattu pelkästään erot kustannuslaskelmien välillä. Kohdat, jotka ovat samoja molemmissa laskelmissa, ei ole avattu enää tässä luvussa.

Oleellisempina eroina laskelmissa oli runko- ja vesikattorakenteiden suuruus CLT-tilaelementtien kustannuslaskelmassa. CLT-tilaelementit on kohdistettu runko- ja vesikattorakenteet rakennusosaan, joka pitää sisällään täydentäviä rakenteita, pintarakenteita, kalusteet, varusteet ja laitteet. Osa talotekniikasta on myös CLT-tilaelementtilitterassa. Näitä kustannuksia ei voi purkaa litterasta, koska ne ovat suurempaa kokonaisuutta, mutta paikallaanrakennetussa laskelmassa on pyritty laskemaan samantasoisilla tuotteilla, jotta kustannustaso on mahdollisimman samanlainen.

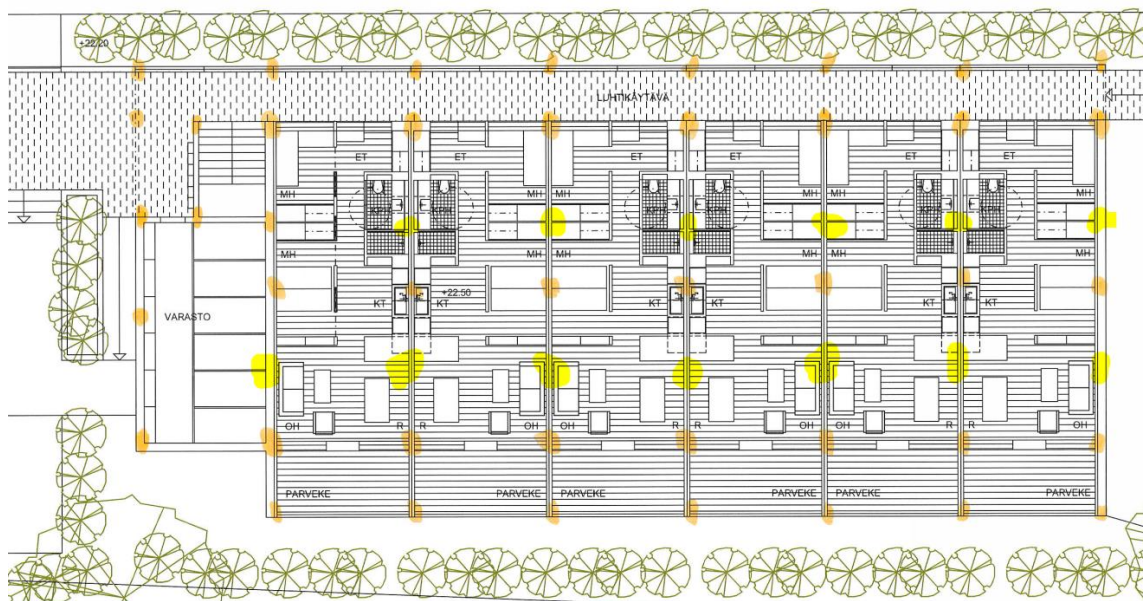
Kustannuserot on ilmoitettu tässä luvussa plus- tai miinusmerkillä. Etumerkki viittaa siihen, onko rakennusosa halvempi tai kalliimpi kuin paikallaan rakennettuna.

Suunnitelmakustannukset ovat aluksi samaa tasoa kuin paikalla rakennetussa talossa, koska detaljien suunnittelua tehdään enemmän ensimmäisissä projekteissa. Suunnitelmakustannukset pienenevät, kun tehdään useampia projekteja (M. Jalonen, henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2018). Tässä luvussa avataan ainoastaan muutokset paikalla rakennettuun laskelmaan eikä toisteta samoja kohtia uudelleen.

## 7.1 Maa- ja pohjarakentaminen ja perustukset

Tilaelementeistä rakennettavassa luhtitalossa on kaksi riviä paaluja sekä anturoita enemmän kuin paikalla rakennetussa luhtitalossa. Lisätyt paalut ja anturat ovat samoja kuin muut paalut ja anturat ovat. Uuden anturalinjan päälle asennetaan 380 x 480 mm:n teräsbetonielementtipalkki, joka tukeutuu anturoiden päälle. Kuvassa 21 on nähtävillä uusien anturoiden sijainnit.

Kustannusvaikutus erilaiselle perustukselle on +18 480,00 €.



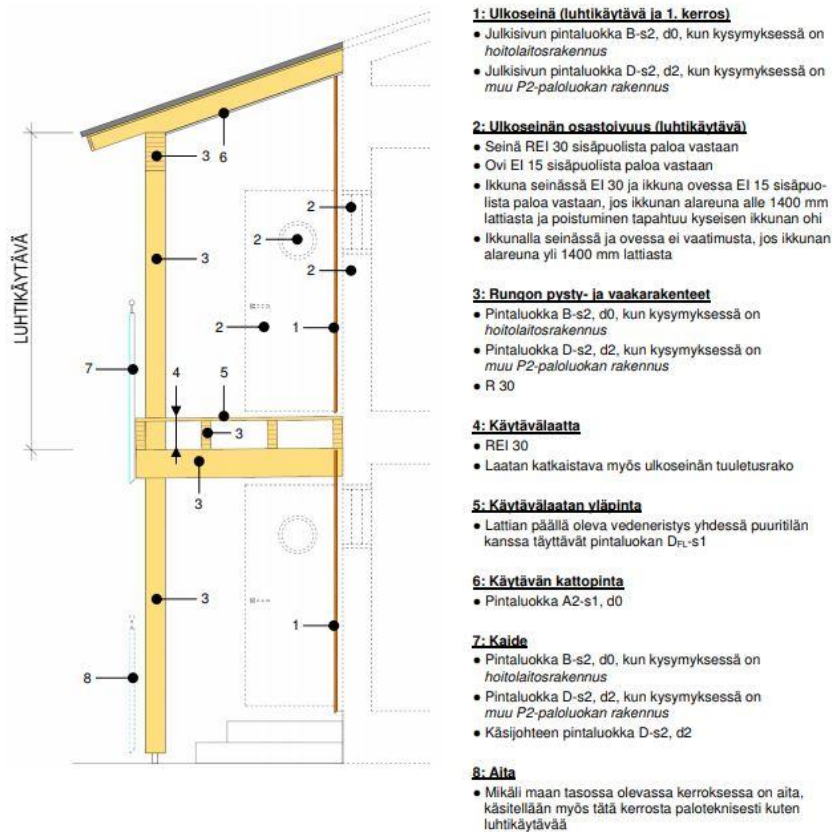
Kuva 19. Anturoiden ja paalujen sijainti merkattu keltaisella tilaelementistä valmistetussa luhtitalossa.

## 7.2 Runko- ja vesikattorakenteet

Alapohja, välipohja, kantavat väliseinät ja ulkoseinät ovat tilaelementissä, joka on CLT-rakenteinen. Yksi tilaelementti on yhden huoneiston kokoinen. Ensimmäisen kerroksen tilaelementit asennetaan sokkeleiden ja betonipalkkien päälle. Toisen kerroksen tilaelementit asennetaan ensimmäisen kerroksen tilaelementtien päälle. Tilaelementit sisältävät valmiit tilapinnat ja talotekniikan liitosvalmiina. Tilaelementtien toimitusaika on 14–20 viikkoa. Yläpohja on rakenteeltaan samanlainen kuin paikallaan rakennetussa luhtitalossa (PRT-Pro Oy 2018).

Luhtikäytävä ja parvekkeet ovat puurakenteisia, koska ne ovat helpompia liittää CLT-rakenteeseen kuin betoniset laatat. Luhtikäytävä ja parveke toteutetaan CLT:stä. Luhtikäytävä tuetaan puurakenteisilla pilareilla ensimmäisestä kerroksesta, mikä on nähtävillä kuvassa 22. Varaston ja porraskuilun seinät tehdään puurakenteisina. Varaston välipohja on puurakenteinen.

Kustannusero tilaelementeillä laskettuna ja paikallaan rakennettuna on +226 204,00 €. Ero on laskettu summaamalla pääryhmät 3, 4, 5, 6 ja 7 yhteen ja vertailemalla näiden eroja keskenään.



Kuva 20. Esimerkkiratkaisu puurakenteisesta luhtikäytävästä (Puuinfo Oy 2013).



### 7.3 Täydentävät rakenteet ja pintarakenteet

Tilaelementtien mukana tulevat huoneistojen ikkunat ja ovet, joten varastojen ovet jäävät ainoastaan erikseen asennettaviksi. Huoneistojen väliseinät ovat CLT-rakenteisia väliseiniä kipsiväliseinien sijasta.

Julkisivupanelointi tulee tilaelementtien kohdalla tilaelementtien mukana, mutta varastorakennuksen julkisivun joutuu paneloimaan erikseen.

Kustannusero täydentävien rakenteiden ja pintarakenteiden osalta on esitetty kohdassa 7.2.

### 7.4 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Työmaan kestoksi mitoitettiin 7 kuukautta. Mitoitus pohjautuu eniten tilaelementtien toimitusaikaan ja sen jälkeisiin töihin. Tilaelementtien asennus on nopea prosessi, mutta itse valmistus vie suurimman osan aikaa. Työmaan kesto vaikuttaa työmaarakennuksiin, työjohtoon, sähkөөn, veteen, lämmitykseen ja talvitöihin.

Työmaan suojaukseen on laskettu vähemmän rahaa, koska sisävalmistusvaihe jää lähes kokonaan pois.

Työmaata ei ole laskettu toteutettavaksi sääsuojan kanssa. Sääsuojaan kuitenkin tulee varautua, mikä tuo mahdollisesti lisäkustannuksia käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Telineitä on laskettu siten, että saadaan telinetorni katolle.

Kustannusvaikutus tälle on -54 270,00 €.

## 7.5 Yhteenveto

Laskelman kokonaissumma on 1 657 972,00€, jonka virhemarginaali on  $\pm 5$  %, joka on kokonaissummasta 82 898,60 €. Virhemarginaali on arvioitu aikaisemmista Laamon koh-teista. Kokonaissummaa saataisiin pienemmäksi, jos kohde olisi suunniteltu tehtäväksi tilaelementeillä ja mitat olisi määritelty tilaelementtien mukaan. Asunnon sisämitan tulisi olla 4,2 metriä nykyisen 4,8 metrin sijasta. Kustannusvaikutus tuolle 0,6 metrille on noin 250 €/m<sup>2</sup> (T.Sallila, henkilökohtainen tiedonanto 12.1.2018). Taulukossa 3 on yhteenveto laskelmasta.

Taulukko 3. Yhteenveto tilaelementtien kanssa laskettuna.

	h	työ	aine	Alih	omat palv	muut	yhteensä	os%	EUR/	EUR/	EUR/
0 Rakennuttajan kustannukset				47 000			47 000	2,8			
1 Maa ja pohjarakennus	146	4 957	18 354	100 813			124 124	7,5			
2 Perustukset	579	25 489	25 344	65 776			116 609	7,0			
3 Runko- ja vesikattorakenteet	941	36 635	41 549	1 055 204			1 133 387	68,4			
4 Täydentävät rakenteet	10	340	754	29 990			31 084	1,9			
5 Pintarakenteet	623	21 182	11 805	18 425			51 412	3,1			
6 Kalusteet, varusteet, laitteet											
7 Konetekniset työt				64 000			64 000	3,9			
8 Työmaan käyttökustannukset	30	1 020	21 350	11 500	2 100		35 970	2,2			
9 Työmaan yhteiskustannukset	696	45 600	3 000	5 785			54 385	3,3			
YHTEENSA	3 025	135 222	122 156	1 398 494	2 100		1 657 972	100,0			
Sosiaalikulut											
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSA</b>		<b>135 222</b>	<b>122 156</b>	<b>1 398 494</b>	<b>2 100</b>		<b>1 657 972</b>	<b>100,0</b>			

## 8 MATRIISIVERTAILU LUHTITALON PAIKALLA RAKENNETUN JA CLT-TILAELEMENTTITALON VÄLILLÄ

Matriisivertailun ideana on luoda taulukko, jossa vertaillaan eri asioita paikallaanrakennetun ja CLT-tilaelementeillä tehdyn luhtitalon välillä. Matriisivertailu (katso taulukko 4) on laadittu koskien Suistoa ja siihen rakennettavaa luhtitaloa. Rasti tarkoittaa edullisempaa tai parempaa vaihtoehtoa. Vertailtaviksi kohdiksi on valittu asioita, joita pyydettiin vertailemaan Rakennustoimisto Laamo Oy:ssä.

Tulokset voivat olla erilaiset toisissa kohteissa, mihin tämä vertailu ei ota kantaa. Kohtia avataan tarkemmin taulukon alapuolella.

Taulukko 4. Matriisivertailu paikalla rakennetun ja CLT-tilaelementtitalon välillä.

	Paikallaan rakennettu	CLT-tilaelementtitalo
Rakentamisen hinta	X	
Rakentamisaikataulu		X
Ekologisuus	X	X
Kustannustensidonnaisuus		X
Suunnitelmien muunneltavuus	X	
<b>Rastien määrä yhteensä</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Rakentamisen hinta on halvempi paikallaan rakennettuna näillä suunnitelmilla verrattuna tilaelementtiratkaisuun. Hinta ero on 176 455,00 €. Vertailu laskelmien välillä on kuvassa 24. Jos suunnitelmat muunneltaisiin tilaelementtiratkaisulle suotuisammiksi, tilaelementeillä toteutettu luhtitalo olisi edullisempi.

	Paikallaanrakennettu	CLT-tilaelementin kanssa tehty	Ero laskelmien välillä
Rakennuttajan kustannukset	62 500,00 €	47 000,00 €	15 500,00 €
Maa ja pohjarakennus	121 144,00 €	124 124,00 €	2 980,00 €
Perustukset	99 579,00 €	116 609,00 €	17 030,00 €
Runko- ja vesikattorakenteet	358 415,00 €	1 133 387,00 €	774 972,00 €
Täydentävät rakenteet	145 339,00 €	31 084,00 €	114 255,00 €
Pintarakenteet	194 293,00 €	51 412,00 €	142 881,00 €
Kalusteet, varusteet, laitteet	91 632,00 €	0,00 €	91 632,00 €
Konetekniset työt	264 000,00 €	64 000,00 €	200 000,00 €
Työmaan käyttökustannukset	53 240,00 €	35 970,00 €	17 270,00 €
Työmaan yhteiskustannukset	91 385,00 €	54 385,00 €	37 000,00 €
<b>Yhteensä alv 0%</b>	<b>1 481 527,00 €</b>	<b>1 657 972,00 €</b>	<b>176 445,00 €</b>

Kuva 21. Kustannusvertailu laskelmien välillä.

Tilaelementeillä tehty talo on nopeampi tehdä kuin paikalla rakennettu. Aikatauluero kohteella on viisi kuukautta alustavan arvion mukaan. Työmaan kesto on arvioitu Laamon aikaisemmin kohteiden perusteella.

Puurakenteinen talo on lähtökohtaisesti ekologisempi kuin betonirakenteinen. Vuonna 2018 massiivipuurakenteisen ulkoseinän vaadittu U-arvo on 0,4. Betonirakenteiselle ulkoseinälle vaadittu U-arvo on 0,17. Korkeampi U-arvo kasvattaa lämmitysenergian tarvetta 60– 130 % (Rakennusteollisuus Oy 2018).

Kustannustensidonnaisuudella viitataan projektin hintasidonnaisuutta, joka tuo projektin ennustavuutta paremmaksi. Tilaelementtiratkaisulla pelkästään tilaelementit sitovat kustannuksia 58 % koko projektin suuruudesta. Mitä enemmän kustannuksia on sidottu, sitä pienemmällä todennäköisyydellä projektissa kustannukset tulevat muuttumaan.

Suunnitelmien muunneltavuus on mahdollista molemmilla rakennustavoilla, mutta paikalla rakennetussa kustannukset eivät muutu yhtä radikaalisti kuin tilaelementeillä tehtynä. Kun tehdään tilaelementeillä, suunnittelun pitää lähteä siitä, että tilaelementit määrittävät suunnitelmat ja muut ehdot tulevat niiden mukaan (Kotilainen & Hedman 2015, 61).

## 9 PÄÄTELMÄT

Tilaelementtirakentaminen on kasvanut suosiotaan viime aikoina. Suurimpia syitä siihen on ihmisten muuttaminen pienempiin asuntoihin, rakennusten nopeampi tarve saada käyttöön ja kosteusongelmien ennaltaehkäisy. Tilaelementtirakentaminen tukee pienien asuntojen valmistamista, koska niitä voidaan valmistaa vain yhtä tai kahta tilaelementtiä, jolloin päästään yksinkertaisilla ratkaisuilla eikä jouduta tekemään pilari-palkkitukiratkaisuja seinärakenteiden tilalle. Kosteusongelmia ehkäistään, kun työt tehdään tehdasolosuhteissa säältä suojassa. Mahdolliset rakenteiden kastumisriskit ovat ainoastaan asennusaikana ja ennen kuin saadaan vesikatto tilaelementtien päälle.

Suistoon tilaelementit eivät sovellu suoraan, vaan ne vaativat suunnitelmien muutosta. Alussa oli jo tiedossa, että ne eivät sovellu täydellisesti kyseiseen kohteeseen. Soveltuvuus oli kuitenkin oletettua parempi. Suunnitelmien muuttamisella tilaelementeille soveltuvammaksi eli kaventamalla huoneistojen kokoa 4,2 metriin, saadaan tilaelementtien hinnasta pois noin 200 €/m<sup>2</sup>. Huoneistojen käytettävyys muuttuu toki silloin, mutta rakennusliikkeelle siitä tulee tuottoisampi kohde.

Tilaelementtien suhteellinen hyöty on parempi, mitä suurempi kohde on kyseessä, koska tilaelementeillä saadaan valmista pintaa nopeammin kuin paikallaan rakennettuna. Rajoittavia tekijöitä on kuitenkin tilaelementin valmistusmateriaali ja niiden muodot. Tilaelementtien valmistaminen muusta kuin puusta tuo ongelman painon suhteen, mikä rajoittaa niiden liikuttamista. Kun tehdään useampia kerroksia kuin kaksi, puun palo-ominaisuudet alkavat tuoda rajoituksia, mikä heikentää kustannustehokkuutta. Tilaelementtien muodot rajoittavat tilaelementit laatikkomaiseen kokoon, mikä tuo suunnitteluun rajoittavuuksia. Se voidaan myös kääntää eduksi oikein käytettynä, mutta aina se ei sovellu esimerkiksi arkkitehtuuriin tai tontin muotoon.

## LÄHTEET

CBI Ministry of Foreign Affairs 2017. Exporting cross laminated timber (CLT) to Western Europe. Viitattu 18.12.2017 <https://www.cbi.eu/market-information/timber-products/cross-laminated-timber/europe/>.

Enkovaara, E.; Haveri, H. & Jeskanen, P. 1995. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö RTS.

Katepal Oy 2015. Kumibitumikermin eristeominaisuudet. Viitattu 22.2.2018 <http://www.katepal.fi/ohjeet/suunnittelijoille/mitae-etuja-katepal-kumibitumikate-tarjoaa/>.

Kiintopuu Oy 2017. Mikä clt – perustietoja cltsta. Viitattu 14.12.2017 <http://www.kiintopuu.fi/fi/etusivu/mika-clt-perustietoa-cltsta.html>.

Kotilainen, S. & Hedman, M. 2015. Asukaslähtöinen Puukerrostalokortteli tilaelementeistä. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto Arkkitehtuurin laitos.

Lindberg, R.; & Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2013. Aikataulukirja 2013. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Lindholm, M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. 2009. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Metsälehti Oy 2018. CLT & LVL – puurakentamisen tulevaisuus? Viitattu 04.03.2018 <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/clt-lvl-puurakentamisen-tulevaisuus/>.

MetsäWood Oyj 2018. KERTO® KANTAVIIN RAKENTEISIIN. Viitattu 31.03.2018 <https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Kerto-kantaviin-rakenteisiin-suomi.pdf>.

Paroc Oy 2018. Paloluokitus. Viitattu 4.3.2018. <http://www.paroc.fi/knowhow/palo/paloluokitus>.

Pinomatic Oy. CLT-levy. Viitattu 14.12.2017 [http://www.pinomatic.fi/site?node\\_id=194](http://www.pinomatic.fi/site?node_id=194).

Puuinfo Oy 2018. CLT-tilaelementti. Viitattu 28.12.2017 <http://www.puuinfo.fi/file/6997>.

Puuinfo Oy 2018. Insinööripuutuotteet. Viitattu 14.12.2017 <http://www.puuinfo.fi/puutieto/insin%C3%B6%C3%B6ripuutuotteet/moni>.

Puuinfo Oy 2018. P2-paloluokan max 2. krs asuin- ja työpaikkarakennuksen CLT-rakennetyypit. Viitattu 31.3.2018 <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluty%C3%B6kalut/p2-paloluokan-max-2-krs-asuin-ja-ty%C3%B6paikkarakennuksen-clt-rakennetyypit>.

Puuinfo Oy 2018. Parveke ja luhtikäytävä (max 2/ P3). Viitattu 4.3.2018 <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/parveke-ja-luhtik%C3%A4yt%C3%A4v%C3%A4-max-2p3>.

Puuinfo Oy 2018. Pintojen ja katteiden paloluokat 2012 Viitattu 14.12.2017. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/pintojen-ja-katteiden-paloluokat.pdf>

Puuinfo Oy 2018. Puuinfo palomääräystaulukko 2018 pdf. Viitattu 22.2.2018 [https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Palo\\_LIITE%201%20Palom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ystaulukoja%20Kommenttiversio%201.pdf](https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Palo_LIITE%201%20Palom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ystaulukoja%20Kommenttiversio%201.pdf).

Puuinfo Oy 2017. Yleisimmät rankajärjestelmät. Viitattu 18.12.2017 <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>.

PRT-Pro Oy 2018. PRT-Pro:n tilaelementin rt-kortti. Viitattu 4.3.2018 [http://www.prt-pro.fi/uploads/files/Tuoteryhmakortti\\_tilaelementti.pdf](http://www.prt-pro.fi/uploads/files/Tuoteryhmakortti_tilaelementti.pdf).

Rakennustieto Oy 2018. Talo 2000 -tuotantonimikkeistö. Viitattu 23.2.2018 [https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot\\_21.html](https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot_21.html).

Rakennusteollisuus Oy 2018. Rakentamisen säädökset muuttuvat. Viitattu 4.3.2018 <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2017/kiertue/rakmk-uusiminen-paivitetty-180122.pdf>.

Ratu 0425. 2014. Puuelementtirakentamine, tilaelementit. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SPEK 2018. Väestönsuojan vaatimukset. Viitattu 23.2.2018 <http://www.spek.fi/Suomeksi/Turvatietaa/Vaestonsuojelu/Vaestonsuoja>.

Storan Enso Oyj 2018. LVL by Stora Enso. Viitattu 31.03.2018 [http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments/LVL\\_by\\_Stora\\_Enso\\_Technical\\_brochure\\_032018\\_EN\\_light.pdf](http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments/LVL_by_Stora_Enso_Technical_brochure_032018_EN_light.pdf).

Talonrakennushankkeen kulku – kustannusten muodostuminen ja ohjaus. RT10-11226. Kesäkuu 2016.

Tolppanen, J.; Karjalainen, M. ; Lahtela, T. & Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo – Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki. Opetushallitus.

Vuorela, K.; Urpola, J. & Kankainen, J. 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo: Otava Media Oy.

Yle Oy 2017. Kuhmossa tehdään puurakentamisen teollisuushistoriaa – CLT-levyihin kohdistuu isoja odotuksia. Viitattu 14.12.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-7552868>.

**Liite 1. Paikalla rakennetun luhtitalon  
kustannuslaskelma**

**Liite 2. Kustannuslaskelma tilaelementin kanssa**