

Puuelementti- ja betonielementtirungon kustannusvertailu kerrostalohankkeessa

Kalle Mäki

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2022

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

MÄKI, KALLE:

Puuelementti- ja betonielementtirungon kustannusvertailu kerrostalohankkeessa

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Lokakuu 2022

Suomen siirtyessä kohti hiilineutraalisuutta rakennuttajien on reagoitava uusiin määräyksiin ja minimoitava hankkeen hiilijalanjälki. Puukerrostaloja on ilmestynyt kaavamääräyksiin ja näitä on rakennettu useita kymmeniä ympäri Suomea. Tämä herättää kiinnostusta rungon kustannuksista ja pistää rakennuttajat miettimään puukerrostalorakentamisen kannattavuutta ja riskejä.

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan puisiin ja teräsbetonisiin runkovaihtoehtoihin sekä vertaillaan yhtä puurunkoa yhteen teräsbetonirunkoon pienessä kerrostalohankkeessa. Näitä runkoja vertaillaan suunnittelun, rakennusosien, asennustyön ja lisätöiden osalta, mutta myös ajallisesti.

Tämän työn tavoitteena on saada rakennuttajille ja muille alan ammattilaisille käsitys, mistä runkojen kustannukset koostuvat ja saada heille hinta-arvio. Tavoitteeseen päästiin ja kustannuksiin päästiin kiinni, vaikka rakennusalan kustannustiedot ovat vaikeasti löydettävissä ja usein salassa pidettäviä. Tarkempiin kustannuslaskelmiin tarvitsee kohde aina laskea suunnitelmista ja tarjousten tullessa tarjousten perusteella.

Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin ja hinta-arvio on työn lopussa. Tuloksen perusteella rakennuttajat voivat harkita puista runkoa kerrostaloon. Tätä työtä voisi laajentaa vielä kokonaisen kerrostalon kustannusvertailuun, koska työstä puuttuu rungon materiaalin mukana tulevia lisätöitä tai epäsuoraan vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi teräsbetonisen kerrostalon etuputsityöt tai puurunkoisen kerrostalon sääsuojan jatkuva avaaminen ja sulkeminen.

Asiasanat: puurunko, kerrostalo, kustannukset

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Construction Site Management

MÄKI, KALLE:

Cost comparison of a Prefabricated Wooden and Concrete Frame in a Multi-Story Building Project

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 0 pages
October 2022

As Finland moves towards carbon neutrality, developers must respond to new regulations and minimize the project's carbon footprint. Wooden apartment buildings have now appeared in planning regulations and dozens of these have been built all over Finland. This arouses interest in the costs of the frame and prompts developers to think about the profitability and risks of building wooden apartment buildings.

In this thesis, we familiarize ourselves with wooden and reinforced concrete frame options and compare one wooden frame with one reinforced concrete frame in a small apartment building project. These frames are compared in terms of design, construction parts, installation work and additional work, but also in terms of time.

The goal of this work is to give builders and other professionals an idea of what the costs of frames consist of and to get them a price estimate. The goal was reached and in the end there was an estimate, even though cost information in the industry is difficult to find and often kept secret. For more accurate cost calculations, the building always needs to be calculated from the plans and based on the offers when the offers come.

The objectives of the thesis were reached and the price estimate is at the end of the work. Based on the result, developers can consider a wooden frame for an apartment building. You can expand this work to the cost comparison of an entire apartment building, because the work lacks the additional work that comes with the frame material or indirectly influencing factors. For example, the front plastering of a reinforced concrete apartment building or the continuous opening and closing of the weather protection of a wooden apartment building.

Key words: wooden frame, apartment building, costs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA.....	8
3	PUURUNKOJEN RATKAISUT	10
	3.1 Pilari-, palkki- ja laattajärjestelmä.....	10
	3.2 Suurelementtijärjestelmä.....	11
	3.3 Tilaelementtijärjestelmä	12
	3.4 Hyödyt ja haitat suurelementtijärjestelmästä	13
	3.5 Suurelementtijärjestelmän kustannukset.....	14
	3.5.1 Suunnittelun hinta.....	14
	3.5.2 Puurungon hinta	15
	3.5.3 Asennustyön hinta	16
	3.5.4 Muut kustannukset	17
4	TERÄSBETONIRUNGOT	19
	4.1 Hyödyt ja haitat	19
	4.2 Kustannukset	19
	4.2.1 Suunnittelun hinta.....	19
	4.2.2 Teräsbetonirungon hinta.....	20
	4.2.3 Asennustyön hinta	20
	4.2.4 Muut kustannukset	22
5	PUURUNGON JA TERÄSBETONIRUNGON VERTAILU.....	25
	5.1 Elementtien hintavertailu	25
	5.2 Työnmäärän vertailu	26
	5.3 Muiden kulujen vertailu	26
	5.4 Ajallinen vertailu	26
	5.5 Kokonaisvertailu.....	27
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET.....	30

ERITYISSANASTO

V= Väliseinäelementti

SK = Kantava sisäkuorielementti

L = Laattaelementti

S = Ruutuelementti (Kantava)

1 JOHDANTO

Suomessa ollaan menossa kohti hiilivapaata valtiota ja tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tämä tarkoittaa, että myös rakennusala kohtaa muutoksia tänä aikana. Ympäristöministeriön mukaan noin 33 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä tulee rakennuksista ja rakentamisesta. Heidän tavoitteensa on ohjata rakentamista hiilijalanjäljen kannalta lainsäädännöllä vuoteen 2025 mennessä. Julkisia hankkeita on jo rakennettu hiilineutraalisti ja kaikkien rakennusyritysten on kohta seurattava perässä. Tämä on herättänyt mielenkiintoa puurunkoisia kerrostaloja kohtaan ja näitä on viimeisten vuosien aikana rakennettu kasvavin määrin ympäri Suomea. Tämä puurakentamisen kasvu kerrostalohankkeissa on opinnäytetyön taustalla ja erityisesti hankkeen kustannusten kannalta, koska ihmisiä kiinnostaa lähtökohtaisesti raha.

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla kerrostalon betonirunkoa puurunkoon ja saada käsitys puu- ja betonikerrostalon rungon kustannuksista. Tässä vertailussa rajattiin betonirunko kantavat seinät järjestelmään, jossa välipohjana on paikallavalu massiivilaatta. Puurungon vertailuun valittiin suurelementtijärjestelmä, jossa välipohjana on paikalla rakennettu puupalkisto, koska näitä on helpoin vertailla keskenään ja nämä ovat elementtien asennusten jälkeen valmiusasteeltaan lähellä toisiaan. Tässä työssä ei vertailla maatöitä, perustustöitä, tai muita rakennustöitä, jotka eivät ole vertailun kannalta oleellisia. Puurungon myötä tulevien lisätöiden, kuten vaikeamman kosteudenhallinnan ja sprinklerijärjestelmä on otettu huomioon vertailussa. Kustannuksien laskennassa käytetään esimerkkitilana kerrostaloa, joka sijaitsee Tampereella. Kustannusarvio on 4 300 000 €, pinta-ala on 2 063 brm² ja kerrosmäärä on viisi.

2 KERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA

Suomessa kodit on rakennettu puusta jo satojen vuosien ajan, joten teräsbetoniset elementtitalot ovat Suomen historiassa uusia. Ennen 1800-luvun loppua ei kerrostalorakentamista käytännössä tapahtunut ja vuosisadan lopussakin kerrostalorakentaminen oli vähäistä. Kerrostalot rakennettiin puusta tai tiilistä ja niitä rakennutti varakkaat liikemiehet umpikortteleihin vuokratyöntöön Suomen suurimpiin kaupunkeihin. (Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia: Betoni ry 2020)

Vuosisadan vaihtuessa ulkomailta levisi teräsbetonin käyttö Suomeen ja ensimmäinen teräsbetonirunkoinen kerrostalo nousi Helsinkiin vuonna 1909. Kerrostalorakentamisen buumi alkoi. Tämä jäi kuitenkin lyhyeksi, sillä ensimmäinen maailmansota toi mukanaan lamakauden, joka vaikutti myös Suomeen ja rakentamiseen heikentävästi. Vuonna 1933 valmistui Suomessa vain tuhat asuntoa. Gryndereitä alkoi kuitenkin ilmestyä ja rakentaminen taas kiihtyi vuosikymmenen puolessa välissä, jolloin rakennettiin moninkertainen määrä asuntoja vuoteen 1933 verrattuna. Tämä kiihtyminen taas kerran pysähtyi täysin maailmansodan alkaessa.

Toisen maailmansodan jälkeen syntyvyys oli kovassa nousussa, ja rakennusalan tekijöitä ei ollut rivissä enää täyttä määrää. Tämä johti betonielementtien laajempaan käyttöön ja nopeasti myös standardointiin. Ihmiset muuttivat maalta kaupunkeihin ja kerrostaloasuntojen kysyntä oli suuri. Asuntorakentamisen kiihdyttämiseen valtio perusti vuonna 1949 Aravan, joka myönsi rakennuttajille halpakorkoisia lainoja, jotka olivat valtion tukemia. Tämä nosti asuinrakennusten tuotannon Suomessa noin 30 000 asuntoon vuodessa ja tämä jatkui koko 1950-luvun ajan.

1960-luvulla Suomessa nähtiin paljon vaivaa elementtirakentamisen standardoinniksi. Rakennuttajat, suunnittelijat ja elementtitehtaat täytyi kaikki saada samalle sivulle, jotta alalla voitaisiin tehostaa koko rakennusprosessia. Vuonna 1967 järjestetyssä moduulitapahtumassa saatiin sovittua yhtenäisestä moduulimitasta elementtirakentamiseen, joka on 3M, eli 300 mm. Tämä tarkoittaa

sitä, että elementit ovat valmistajien välillä yhteensopivia, arkkitehdit pääsevät suunnittelemaan moduulimittojen mukaan ja rakennuskustannukset laskevat rakennuttajalle.

Rakentamisen huippu tuli vuonna 1974, jolloin valmistui 46 200 kerrostaloasuntoa. Rakennusliikkeet rakensivat samalla kaavalla isoissa määrin, joka johti siihen, että ihmiset halusivat ohjata rakentamista pois harmaista kuutioista. Arkkitehtuuri alkoi kehittymään reippaasti kerrostalojen kohdalla ja uusia ratkaisuja alettiin kokeilemaan. 1980-luvun lama vähensi asuinkerrostalojen tuotantoa, joka nousi vuosikymmenen lopulla lähes puoleen kaikesta asuintuotannosta.

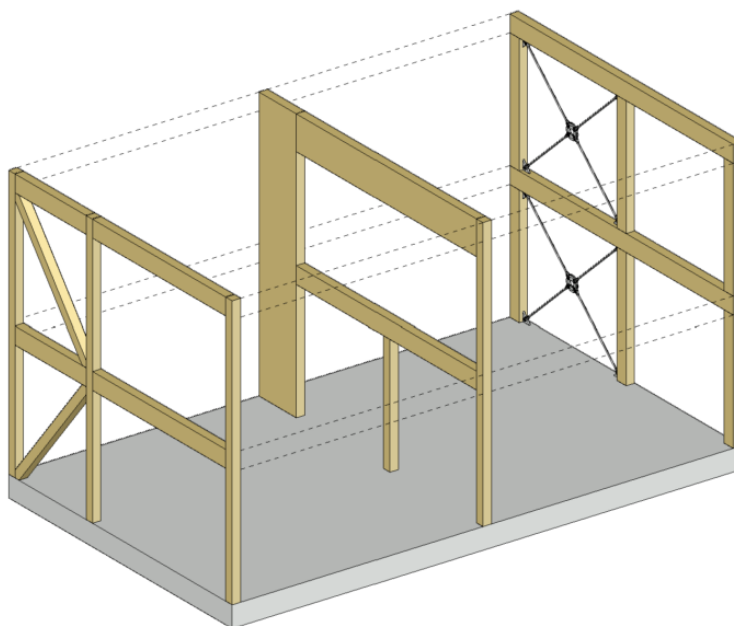
Nyt betonirakentamisen trendi on kallistumassa puurakentamisen suuntaan. Suomen maa- ja metsätalousministeriön sivuilla puurakentamisen tavoiteltu markkinaosuus kaikesta rakentamisesta on 45 % viimeistään vuoteen 2025 mennessä. Hiilineutraalia valtiota kohti mennessä rakennusosalalla joudutaan panostamaan koko hankkeen hiilijalanjäljen minimointiin. (Paavoseppä, L. 2016; Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia: Betoni ry 2020)

3 PUURUNKOJEN RATKAISUT

Puurunkoisia ratkaisuja on Suomessa kolme: pilari-, palkki- ja laattajärjestelmä, suurelementtijärjestelmä ja tilaelementtijärjestelmä. Pilari-, palkki- ja laattajärjestelmää ei juurikaan käytetä Suomessa. Suurelementtijärjestelmä on vaihtoehtoista suosituin ja sallii nopean, turvallisen ja kustannustehokkaan rakentamisvaiheen. Tilaelementtijärjestelmä käytetään myös ja tämän avulla saadaan rakentamisvaihe vielä lyhyemmäksi, mutta rakennuttajan kate menee tällöin suurimmaksi osaksi tilaelementtien toimittajalle.

3.1 Pilari-, palkki- ja laattajärjestelmä

Pilari- ja palkkirunko tehdään massiivisista rakenteista, joka mahdollistaa suurien tilojen luonnin. Rakennuksen kuorma siirtyy palkeilta pilareille, joista kuorma siirtyy pystysuorassa perustuksiin, jota havainnoidaan kuvassa 1. Tämä tarkoittaa, että seinät eivät ole kantavia ja niiden aukotukseen jää paljon mahdollisuuksia. Toisaalta muut runkoratkaisut antavat valmiimman tuotteen suoraan asennettuna, eikä paikalla rakentamiseen kulu resursseja. Yleensä pilari- palkkirunko toteutetaan suuria tiloja vaativille hankkeille, kuten halleille, joissa on suuret jännevälit ja kuormitukset. Nämä kuormitukset luovat erityisiä haasteita pilarien ja palkkien liitosten suunnitteluun, joista ei ole standardia. Kaikki liitokset katsotaan tapauskohtaisesti ja mahdollisia liitostapoja löytyy yhtä paljon kuin suunnittelijoita. Pilarit ja palkit eivät itsessään riitä, vaan järjestelmä vaatii myös jäykisteitä vaakakuormia vastaan. Suomessa tämä kuorma on tuulikuorma ja ratkaisuna on yleisesti diagonaalit jäykisteet palkki- ja pilarilinjoihin. Runko täytyy myös ankkuroida kerroksittain toisiinsa ja perustukseen sen keveytensä vuoksi. (Puuinfo. n.d.)



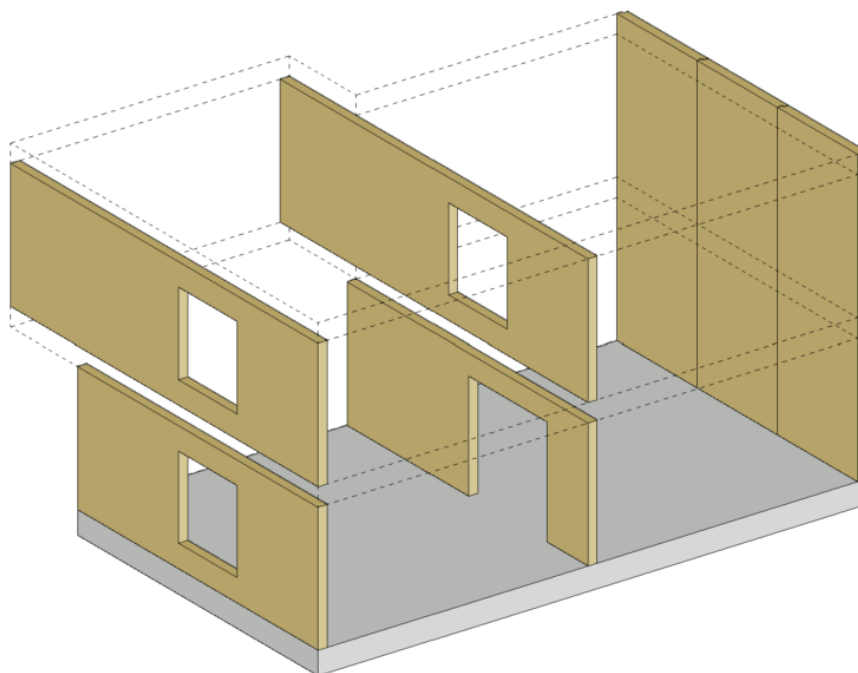
KUVA 1. Pilari-, palkki- ja laattajärjestelmän havainnointikuva. (Puuinfo. n.d.)

3.2 Suurelementtijärjestelmä

Suurelementtijärjestelmä koostuu kantavista seinistä ja välipohjista, jota havainnoidaan kuvassa 2. Nämä kantavat seinät voidaan tehdä CLT:stä tai rankarakenteisesti esimerkiksi viilupuusta. Kerrostalohankkeisiin CLT sopii lujuutensa puolesta paremmin, kuin rankarakenteinen elementti, mutta on hintavampi rankarakenteiseen verrattuna. CLT on myös mittatarkka, joka ainakin teoriassa nopeuttaa asennustyötä. Hinta yleensä ratkaisee, kun täytyy tehdä valinta, joten matalissa kerrostaloissa voi rankarakenteisella seinäelementillä säästää hieman kustannuksissa ja korkeammissa kerrostaloissa voi CLT olla ainoa vaihtoehto lujuusominaisuuksiensa vuoksi. (Puuinfo. n.d.)

Suurelementtijärjestelmässä seinät ja halutessa myös välipohjat tulevat tehtaalta todella valmiina. Valmiusaste tuotteella voi parhaimmillaan olla liitoksia vaille valmis, eli ikkunat asennettuna, pellitettynä ja koko tuote pintamaalattuna. Elementtitehtaalta kannattaa aina kysyä elementtien hintaa eri valmiusasteelle

ja vertailla mitä työn tekeminen työmaalla kustantaisi. Tämän vertailun perusteella on helppo päättää, kuinka valmiina suurelementit halutaan työmaalle. Suurelementeissä kantavat seinät siirtävät kuormaa seinälinjaa pitkin perustuksille asti, mikä rajoittaa kerrosten välisiä huoneistojen tilamuutoksia. Tämän takia seinien paikkaa ei pysty jälkeinpäin muuttamaan, mutta tämä ei yleensä ole ongelma rakentajille. Tuote on valmistettu kuivissa sisätiloissa mittatarkasti ja suunnitellun ääni- ja palovaatimusten mukaisesti, mikä vähentää työmaan kuormaa selvittelyistä ja toteutuksesta. (Puuinfo. n.d.)



KUVA 2. Suurelementtijärjestelmän havainnointikuva (Puuinfo. n.d.)

3.3 Tilaelementtijärjestelmä

Tilaelementit ovat valmiita tiloja, joita yhdistelemällä voidaan saada isompi kokonaisuus, kuten kerrostalo. Tilaelementeissä rajoittava tekijä on yleensä kuljetus, jonka vuoksi tilaelementit eivät yleensä ole edes viittä metriä leveitä, mutta tilaelementtejä yhdistämällä voidaan saada aikaan isompia tiloja.

Tilaelementtijärjestelmässä runko koostuu tilaelementeistä, jonka seinät kantavat tai esimerkiksi erillisestä pilari- palkkirungosta, joka täydennetään

tilaelementeillä. Elementit tulevat tehtaalta lähes täysin valmiina, jolloin vain liitokset jäävät työmaalle. Esimerkiksi kylpyhuone-elementit voivat olla valmiiksi laatoitettuja, kalustettuja ja ainoastaan liitoksia vailla valmiita. Tämä mahdollistaa työmaalla rakennusajan minimoinnin, mutta iso siivu katteista menee tällöin tilaelementtien toimittajalle. Kuvassa 3 valmisteilla oleva tilaelementti. (Puuinfo. n.d.)



KUVA 3. Keskeneräinen tilaelementti (Puuinfo. n.d.)

3.4 Hyödyt ja haitat suurelementtijärjestelmästä

Jokaisessa runkoratkaisussa on omat hyvät ja huonot puolensa. Rakennuttajan on vertailtava eri runkovaihtoehtoja ja mietittävä mikä on paras ratkaisu hankkeeseen, jotta hän pääsee parhaaseen lopputulokseen. Taulukossa 1 esitetään suurelementtijärjestelmän hyötyjä ja haittoja.

TAULUKKO 1. Suurelementtijärjestelmän hyödyt ja haitat

Hyödyt	Haitat
Tuotteet valmistetaan kuivassa hallissa	Työmaalla kosteudenhallintaan tarvitaan erityistä panostamista
Kilpailukykyinen hinta	Puurunkoisessa kerrostalossa vaaditaan automaattinen sammutusjärjestelmä
Suuri valmiusaste	Palotekniset haasteet

Ympäristöystävällinen	
Ei vaadi pitkiä kuivumisaikoja, kuten betoni vaatii	

3.5 Suurelementtijärjestelmän kustannukset

Rungon elementtien kustannukset koostuvat useasta eri osa-alueesta. Suunnittelusta, elementin valmistamisesta, kuljetuksesta ja asennuksesta. Suurelementtijärjestelmässä yleensä elementtien toimittajat suunnittelevat elementtinsä itse, jolloin osa suunnittelun hinnasta on kootun, kuljetetun ja asennetun elementin hinnassa. (Lehti, T. Rakennuskonsultti. 2022. Haastattelu 23.09.2022)

3.5.1 Suunnittelun hinta

Rakennusosien kustannukset 2022 kirjassa suunnittelun hinta kerrostalokohteessa on 59,64 €/brm². Taulukko 2, joka on talonrakennuksen kustannustieto 2009 kirjasta, näyttää miten hankkeen suunnittelukustannukset jakautuvat. (Rakennusosien kustannukset 2022; Talonrakennuksen kustannustieto 2009)

TAULUKKO 2. Suunnittelun hintoja

Pääsuunnittelu	0,2 %	2 €/brm
Arkkitehtisuunnittelu	2,1 %	25 €/brm
Rakennesuunnittelu	1,0 %	12 €/brm
LVI- suunnittelu	0,9 %	11 €/brm
Sähkösuunnittelu	0,8 %	9 €/brm

Rakennesuunnittelu on tällöin 20,3 % suunnittelukustannuksista kerrostalokohteessa. Helsingin kaupungin sivuilla julkaistussa Jätkäsaaren peruskoulun suunnittelupalkkion arviossa rakennesuunnittelun hinnaksi arvioitiin 26 % suunnittelun hinnasta. (Helsinki 2015)

Suunnittelun hinta on pääsuunnittelun, arkkitehtisuunnittelun ja talotekniikan kannalta laskemallisesti sama puukerrostalossa, kuin betonirunkoisessa kerrostalossa. Isoin kustannusero suunnittelussa tulee puukerrostalon

rakennesuunnittelussa, joka on paljon haastavampaa ja kalliimpaa, kuin teräsbetonisen kerrostalon suunnittelu.

Rakennusliike Reposen entisen toimitusjohtajan Mika Airakselan mukaan rakennesuunnittelu maksaa noin kolme kertaa enemmän verrattuna betoniseen kerrostaloon. Tämä tekee rakennesuunnittelun hinnaksi $12,10 \text{ €/brm} \times 3 = 36,30 \text{ €/brm}$. Lisäkustannuksia voi siis arvioida puukerrostalon rakennesuunnittelusta $24,20 \text{ €} / \text{brm}^2 \times 2\,063 \text{ brm}^2 = 49\,924,60 \text{ €}$.
(Rakennuslehti 2014)

3.5.2 Puurungon hinta

Lasketaan puurungon rakennusosien hintoja. Rungon vertailuun otetaan mukaan välipohjat ja seinät, koska oletetaan vesikaton ja perustusten olevan samoja puu- ja teräsbetonirungossa. Puurungon hinnat ovat rakennusosien kustannukset 2022 kirjasta. Hinnat koostuvat elementtien tai paikallarakennettavien rakenneosien materiaalikuluista ja työmenekistä. Taulukossa 3 vertaillaan puurungon osien kustannuksia.

TAULUKKO 3. Puurungon hintoja

Puinen suurelementti	
211,61 €/m ²	Lautaverhoilu ulkoseinäelementti
97,70 €/m ²	Väliseinäelementti
201,58 €/m ²	Puupalkisto

Huoneistojen välisen puupalkiston hinta eriteltynä:

Pintabetonilaatta 60 mm	22,40 €/m ²
Suodatinkangas	1,10 €/m ²
Askeläänieriste, mineraalivilla 30 mm	11,32 €/m ²
Lattialevytys, vanerilevy 18 mm	29,48 €/m ²
Puurunko 405 mm k 400, rakennuspaperi	61,31 €/m ²
Lämmöneriste 100 mm, mineraalivilla	9,80 €/m ²
Kattolevytys, koolaus 50 mm, jousiranka ja kipsilevy 15 mm	
kaksinkertainen levytys	66,17 €/m ²
Yhteensä	201,58 €/m²

Huoneistojen välisen kaksinkertaisen puurunkoväliseinän hinta eriteltynä:

Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 2- kertainen levytys	22,29 €/m ²
Puurunko 97 mm k 600, kantava väliseinä	17,49 €/m ²
Lämmöneriste 100 mm, mineraalivilla	9,07 €/m ²
Ilmarako 30 mm	0,00 €/m ²
Lämmöneriste 100 mm, mineraalivilla	9,07 €/m ²
Puurunko 97 mm k 600, kantava väliseinä	17,49 €/m ²
Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 2- kertainen levytys	22,29 €/m ²
Yhteensä	97,70 €/m²

Lautaverhoillun ulkoseinän hinta eriteltynä:

Ulkoverhouslaudoitus, pystyponttilaudoitus 28 mm	54,63 €/m ²
Jäykkä tuulensuojamineraalivilla 50 mm	15,14 €/m ²
Tuulensuojakipsilevy 10 mm	8,58 €/m ²
Puurunko 225 x 90 k600	63,41 €/m ²
Lämmöneriste 150 mm, mineraalivilla	16,09 €/m ²
Lämmöneriste 50 mm, mineraalivilla	7,98 €/m ²
Jäykistävä kuusivaneri 22 mm	23,49 €/m ²
Seinälevytys, kipsilevy 13 mm, 2- kertainen levytys	22,29 €/m ²
Yhteensä	211,61 €/m²

(Rakennusosien kustannukset 2022)

3.5.3 Asennustyön hinta

Asennustyöhön kuluu aikaa, josta puhutaan työmenekkinä. Työryhmänä on kaksi rakennusammattimiestä ja yksi apumies. Puisen rungon työmenekki esitetään taulukossa 4. (RATU-työsaavutukset 2020)

TAULUKKO 4. Puurungon työmenekit

Puuelementtirunko	
Ulkoseinäelementti	1,61 tth/kpl
Väliseinäelementti	1,31 tth/kpl
Välipohja paikallarakennettu	0,69 tth/m ²

Paikalla rakennettu välipohja:

Paikallarakennetun välipohjan työsaavutus työvuorossa on $8 \text{ h} / 0,69 \times 3 = 34,80 \text{ m}^2$. Taulukon paikallarakennetun välipohjan työmenekissä ei ole otettu huomioon jousirangan asennusta ja kaksinkertaista levytystä, jotka tulevat kerrostalohankkeessa lisänä rakenteeseen. Jousirangan asennus on verrattavissa katon yksinkertaiseen koolaukseen, jossa työmenekki on $0,57 \text{ tth} / \text{m}^2$ työryhmällä, jonka koko on $1 + 0$. Sisäkaton levytyksen aikamenekki taas on $0,17 \text{ tth} / \text{m}^2$ työryhmällä, jonka koko on $1 + 0$. Näiden lisätöiden myötä paikallarakennetun välipohjan työmenekiksi tulee $1,43 \text{ tth} / \text{m}^2$. (Aikataulukirja 2016)

Esimerkkikohteena käytetään opinnäytetyön tekijän nykyistä työmaata, jossa kerrosala on 414 m^2 ja kerroksia kohteessa on 5. Taulukossa 5 esitetään paikalla rakennetun puuvälipohjan työmenekki ja asennustyön hinta.

TAULUKKO 5. Paikalla rakennetun puuvälipohjan laskelmat

$414 \text{ m}^2 / 1,43 \text{ tth} / \text{m}^2$	=	$289,51 \text{ tth} / \text{kerros}$
$289,51 \text{ tth} \times 5$	=	$1\,447,55 \text{ tth}$
$1\,447,55 \text{ tth} \times 40 \text{ €/tth}$	=	$57\,902 \text{ €}$

Seinäelementit:

Esimerkkikohteessa ulkoseinäelementtejä on 82 kpl ja väliseiniä on 81 kpl. Taulukossa 6 esitetään seinien työmenekki aikana ja asennuksen hinta.

TAULUKKO 6. Puurakenteisten seinäelementtien laskelmat

Ulkoseinäelementtien työmenekki	$1,61 \text{ tth} / \text{kpl} \times 82 \text{ kpl}$	=	$132,02 \text{ tth}$
Väliseinäelementtien työmenekki	$1,31 \text{ tth} / \text{kpl} \times 81$	=	$106,11 \text{ tth}$
Seinien työmenekki yhteensä	$132,02 \text{ tth} + 106,11 \text{ tth}$	=	$238,13 \text{ tth}$
Seinien hinta yhteensä	$40 \text{ €} / \text{tth} \times 238,13 \text{ tth}$	=	$9\,525,2 \text{ €}$

Yhteensä:

Yhteensä hinnaksi tulee $57\,902 \text{ €} + 9\,525,2 \text{ €} = 67\,427,20 \text{ €}$.

3.5.4 Muut kustannukset

Sääsuojaus tuo Mika Airaxelan, Rakennusliike Reposen toimitusjohtajan mukaan puurunkoiselle hankkeelle lisäkustannuksia noin 100 €/hum^2 . Hän myös kertoo puukerrostalon vaatiman automaattisen sammutusjärjestelmän tuovan

kustannuksia ylös noin 100 €/hum². NCC:n vastaava työnjohtaja Harri Lampinen kertoi rakennustaidon artikkelissa 5 000 suojattavan neliön sääsuojan maksaneen projektin aikana yli 300 000 €. Tämä tekee siis 60 €/ suojattavalta neliöltä projektin ajalta. Haahtelan talonrakennuksen kustannustiedot 2015 kirjassa sprinklerjärjestelmän hinta vaihteli 21 €/m² – 41 €/m² välillä, riippuen kohteen koosta. Stora Enso building and living yhtiön rakentamisen ratkaisusta vastaava johtaja Matti Mikkola kertoo sprinklausjärjestelmän tuovan lisä kuluja noin 50 €/m² – 60 €/m² hankkeelle. (Sääsuoja on tarpeen puutalolle: Rakennuslehti 2014; Teollisuuden metsänhoitajat ry. 2015; Sääsuojien käyttö kasvaa vauhdilla: Rakennustaito 2016)

Näiden tietojen perusteella arvioidaan sprinklausjärjestelmän tuovan hankkeelle 41 €/m² lisäkuluja. Sääsuojaus tuo esimerkkihankkeelle taas kustannuksia 80 € / hum². Tämä tekee yhteensä $41 \text{ €/m}^2 \times 2\,070 \text{ m}^2 + 80 \text{ € / hum}^2 \times 1\,342,5 \text{ hum}^2 = 192\,270 \text{ €}$.

4 TERÄSBETONIRUNGOT

Teräsbetoniset rungot koostuvat ontelolaatoista tai paikallavaluholvista ja kantavista seinistä tai pilareista, jotka siirtävät painon alas aina perustuksiin asti. Kerrostalohankkeissa teräsbetonirunko on Suomessa ylivoimaisesti suosituin vaihtoehto, vaikka trendi on muuttumassa. Teräsbetonirunkoa käytetään kerrostalo hankkeissa, koska suunnittelu, kosteudenhallinta, lujuusarvot ja kustannukset ovat yleensä halvempia ja helpompia toteuttaa korkeissa rakennuksissa.

4.1 Hyödyt ja haitat

Teräsbetoninen runko on kerrostalokohteissa suosituin valinta Suomessa. Välipohjana osa rakennuttajista suosii ontelolaattoja ja osa suosii paikallavaluholveja. Taulukossa 7 esitetään teräsbetonirungon hyödyt ja haitat.

TAULUKKO 7. Teräsbetonirungon hyödyt ja haitat. Kantavat sandwich elementit ja paikallavaluholvi

Hyödyt	Haitat
Kestävyys ja muokattavuus	Kuivumisajat
Suunnittelun kustannus	Jälkeenpäin työlästä käsitellä
Paloturvallinen	
Tutut työvaiheet	

4.2 Kustannukset

Myös teräsbetonisella rungolla on kustannuksia, jotka koostuvat samoista osaluista, kun puisen rungon kustannukset. Suunnittelusta, rakennusosien materiaaleista, rakennustöistä, asennustöistä ja kuljetuskustannuksista.

4.2.1 Suunnittelun hinta

Rakennusosien kustannukset 2022 kirjassa asuinkerrostalon suunnitteluhinta on 59,64 €/brm². Rakennesuunnittelun hinta on arviolta noin 20 % tästä, eli 11,93 €/brm. Opinnäytetyön tekijän työmaalla 2 063 brm² kerrostalon laskennassa on

varattu 100 000 € suunnittelulle, joka on siis 48,48 €/brm². Jos arvioimme 20 % rakennesuunnittelun osuudeksi tekee tämä 9,69 €/brm². Laskentaa varten käytetään kirjan antamaa hintaa suunnittelusta. 2 063 brm² x 59,64 €/brm² = 123 037,32 €. (Rakennusosienkustannukset 2022)

4.2.2 Teräsbetonirungon hinta

Taulukossa 8 esitetään teräsbetonisien elementtien hintoja. Hinnat koostuvat elementtitarjouksesta ja rakennusosien kustannukset 2022 kirjasta. Tarjoukset ovat vuodelta 2021.

TAULUKKO 8. Teräsbetonirungon hintoja

Elementtityyppi	Elementtitarjous	Rakennusosien kustannukset 2022
V	72 €/m ²	93 €/m ²
S	179 €/m ²	211 €/m ²
Paikallavalettu laatta	-	140,24 €/m ²

Teräsbetoninen väliseinäelementti:

Teräsbetonielementti 180 mm 93 €/m²

Teräsbetoninen sandwich- elementti:

beton sandwich- elementti 460 mm, eriste 240 mm 211 €/m²

Paikallavalettu teräsbetonilaatta

Paikallavalettu teräsbetonilaatta 240 mm 88,40 €/m²

Lattiatasoite, pumpattava, askeläänieriste 30 mm 51,84 €/m²

Yhteensä 140,24 €/m²

4.2.3 Asennustyön hinta

Osaavan ammattimiehen tuntiveloitus on noin 40 €/h 0 % alv. Käytetään esimerkkinä opinnäytetyön tekijän nykyistä työmaata, jotta nähdään kauan asennuksessa, kuluu aikaa viisikerroksisessa kerrostalo kohteessa.

Asennusryhmän koko on 2 + 2 seinissä ja ontelolaatassa 2 + 1.

Ulkoseinäelementtejä on 82 kpl ja väliseiniä on 81 kpl. Taulukossa 9 esitetään teräsbetonisten elementtien työmenekkejä. (RATU-työsaavutukset 2020)

TAULUKKO 9. Teräsbetonielementtien asennuksen työmenekit

Betonielementtirunko	kpl
Ulkoseinäelementti	2,37 tth/yks
Väliseinäelementti	2,52 tth/yks

Seinät:

$$82 \times 2,37 \text{ tth} = 194,34 \text{ tth}$$

$$81 \times 2,52 \text{ tth} = 204,12 \text{ tth}$$

$$194,34 \text{ tth} + 204,12 \text{ tth} = 398,46 \text{ tth}$$

$$398,46 \text{ tth} \times 40 \text{ €} = 15\,938,40 \text{ €}$$

Paikallavaluholvit:

Ratun työsaavutuskortin mukaan paikallavaluholvissa 2 + 1 työryhmällä saadaan aikaan 58 muotti-m² työvuorossa, neljä tonnia terästä raudoitettua ja 114 kuutioita betonia pumpattua ja jälkihoidettua. Nämä työmenekit esitetään taulukossa 10. (RATU-työsaavutukset 2020)

TAULUKKO 10. Paikallavalulaatan työmenekit

	työryhmä	menekki tth/yks
Muottityöt	2 + 2	0,55 m ²
Raudoitus	2 + 1	5,7 tn
Betonointi	2 + 1	0,21 m ³

Esimerkkikohteessa teräsverkot painavat yhden kerroksen holvissa 4 455 kg ja pääteräkset painavat 2 174 kg. Taulukossa 11 esitetään yhden kerroksen holvin työmenekki.

TAULUKKO 11. Paikalla valetun teräsbetonivälipohjan asennustyön työmenekit ja työn hinta

Holvin pääterästen määrä	10 mm pääteräs	=	3,523 km
Pääterästen paino	0,617 kg/m x 3 523 m	=	2 174 kg
Verkkojen paino	5,38 kg/m ² x 404 m ² x 2	=	4 455 kg
Raudoituksen paino yhteensä	4 455 kg + 2 174 kg	=	6 629 kg
Työmenekki raudoituksessa	6,629 tn / (8 / 5,7 x 3)	=	1,57 tv
	1,57 tv (3 työntekijää)	=	37,88 tth
Betonoinnin työmenekki	0,21 tth / m ³ x 0,3 m	=	0,063 tth / m ²
	0,063 tth / m ² x 414 m ²	=	26 tth
Muottitöiden työmenekki	0,55 tth / m ² x 414 m ²	=	227,7 tth
Työmenekki holvilla yhteensä	37,88 tth + 26 tth + 227,7 tth	=	291,56 tth

Holvien työn hinnaksi muodostuu $291,56 \text{ tth} \times 40 \text{ €} / \text{tth} \times 5 = 58\,312 \text{ €}$

Yhteensä:

Seinäelementtien asennustyön ja holvien rakennustöiden työmenekki on yhteensä 398,46 tth ja holvien työmenekki on 1 457,8 tth. Yhteensä tämä tekee rungon työmenekiksi 1 856,26 tth ja rahallisesti 74 250,4 €.

4.2.4 Muut kustannukset

Betonirungon kuivatukseen tarvitaan kuivatuskalustoa, jotta hankkeessa päästään nopeammin eteenpäin. Holvin kuivumisesta täytyy myös varmistua mittaamalla holvin kosteus itse tai ulkopuolista palvelua käyttämällä. Ulkopuoliselta ostettu mittauspalvelu maksaa 500 € / mittauskerta. Tähän kuuluu viiden mittapisteen poraukset, tasausaika, mittaukset ja raportointi. Tämä tekee viiden holvin mittauksien hinnaksi 2 500 €, jos holvit todetaan aina ensimmäisellä kerralla kuivaksi.

Holvin kuivumisnopeus riippuu useasta tekijästä kuten lämpötilasta, ilman kosteudesta, kuivuuko holvi yhteen vai kahteen suuntaan, holvin paksuudesta ja ilman vaihtuvuudesta. Eemi-Joona Heiskanen arvioi opinnäytetyössään 300 mm paksun laatan kuivuvan 24 viikossa tavoitteeseen 85 % RH, kun lämpötila on 25 astetta, suhteellinen kosteus 80 % ja laatan ollessa kahteen suuntaan kuivuva. Tehostamalla kuivatusta tuomalla kalustoa holvin kuivatukseen voidaan saada sama holvi kuivumaan 17 viikossa tavoitteeseen 85 % RH, jos ilman suhteellinen kosteus on 35 %. Tämän arvion mukaan voidaan kuivumista nopeuttaa kahdeksalla viikolla, jos kuivatus onnistuu hyvin. (Heiskanen 2017)

Tarvittavien kosteudenerottimien ja simpukkapuhaltimien määrä voidaan laskea kuivattavan tilan tilavuudesta. Esimerkkikohteen tilavuus on 6 890 m³.

Kosteudenerottimen teknisten tietojen mukaan laitteen läpi kulkee 700 m^3 ilmaa tunnissa, eli kosteudenerottimia tarvitaan 10 kpl kuivatukseen. Simpukkapuhaltimien teknisissä tiedoissa tuotteenvalmistaja ilmoittaa puhaltimen liikuttavan $2\,000 \text{ m}^3$ ilmaa tunnissa, eli puhaltimia tarvitaan 4kpl. Todellisuudessa puhaltimien tehokkuuteen vaikuttaa moni tekijä, kuten seinien ja asuntojen määrä. Tehokkaampi kuivatus saavutetaan, kun otetaan jokaiseen asuntoon puhallin ja työpäivän aikana siirretään puhallinta huoneesta toiseen. Tällöin ilma liikkuu jokaisessa asunnossa ja jokaisessa huoneessa tasaisesti. Valitaan siis laskuun asuntojen mukaan puhallimet, eli 22 puhallinta.

Jatkojohtoja tarvitaan tuomaan sähköä kuivatuskalustolle. Jatkojohtojen määrä vaihtelee kohteittain, mutta lasketaan jokaiseen asuntoon jatkojohto, eli 22 jatkojohtoa.

Seuraavat hinnat ovat opinnäytetyön tekijän tämänhetkisen työmaan vuokrahinnastoa. Laitteiden energiankulutus hinnan jälkeen.

Simpukkapuhallin	2,78 €/pv	0,55 kWh
Kosteudenerotin	6,65 €/pv	0,775 kWh
Jatkojohto 230V 20M	0,48 €/pv	

Energian hinta tulee myös keskusteluun, kun puhutaan kuivatuksen hinnasta. Tällä hetkellä hinta on korkealla, mutta käytetään opinnäytetyön tekijän työmaan sopimusta, joka on $7,0 \text{ c/kWh}$. Sähköä kuluu kuivatukseen $0,55 \text{ kWh} \times 22 + 0,775 \text{ kWh} \times 10 = 19,85 \text{ kWh}$. Tämä tekee 17 viikon ajalta $56\,691,6 \text{ kWh}$. Tämä kustantaa $7,0 \text{ c/kWh}$ hinnalla $3\,968,41 \text{ €}$. Sähkön siirto Tampereella kolmelle 250A sulakkeelle tekee perusmaksultaan $104,5 \text{ €/kk}$ ja energiamaksultaan $4,973 \text{ c/kWh}$. Sähkön siirto maksaa kuivatuksen osalta $3\,842,56 \text{ €}$.

Lasketaan laitteiston vuokra: puhaltimia 22 kpl, kosteudenerottimia 10 kpl, jatkojohtoja 22kpl ja vuokra-ajaksi 17 viikkoa. Tämä tekee yhteensä $(61,16 \text{ € / pv} + 66,5 \text{ € / pv} + 10,58 \text{ € / pv}) \times 119 \text{ pv} = 16\,450,56 \text{ €}$. Tämän kappaleen kustannukset ovat esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Teräsbetonirungon lisäkustannuksia

	yhteensä
Holvin kosteusmittaus	2 500 €
Kuivauskalusto	16 450,56 €
Energian hinta	7 911,06 €
Yhteensä	27 070,26 €

Jokainen lisäviikko kuivatukseen maksaa siis kaluston osalta noin 1 000 € / vk ja energian osalta 712,78 €. Jokainen lisäviikko maksaa myös työmaan yleisiä kuluja, josta lisää kohdassa 5.4.

5 PUURUNGON JA TERÄSBETONIRUNGON VERTAILU

Puurunkoa voidaan vertailla teräsbetonirunkoon monella eri tavalla ja monelta eri osa-alueelta. Vertaillaan runkojen rakennusosien hintaa keskenään, runkojen uniikkeja työvaiheita, suunnittelua, työmenekkiä ja ajallista kestoa.

5.1 Elementtien hintavertailu

TAULUKKO 13. Teräsbetonisten rakennusosien kustannusvertailu vastaaviin puisiin rakennusosiin

Rakennusosa	Teräsbetoninen rakennusosa	Puinen rakennusosa	Rakennusosa
V	72 €/m ²	97,70 €/m ²	Väliseinäelementti
S	170 €/m ²	211,61 €/m ²	Lautaverhoilu ulkoseinäelementti
Paikalla valettu teräsbetoni laatta	140,24 €/m ²	201,58 €/m ²	Puupalkisto

Toni Lehden haastattelussa hän kertoi puisen huoneistojen välisen väliseinäelementin maksavan noin 170 €/m². Korkea hinta verrattuna betoniseen väliseinään johtuu siitä, että betoni täyttää jo itsessään palotekniset ja äänitekniset ominaisuudet, mutta puuelementti vaatii paljon töitä, jotta vaatimukset täyttyvät. Tonin hinta-arviossa on mukana palosuojaus ja elementin asennus, jonka takia hinta eroaa huomattavasti pelkästä rakennusosasta. Huoneistojen välisen betonisen väliseinän hinnaksi hän arvioi 85 €/m². Lehti kertoi myös, että puisten suurelementtien toimittajat suunnittelevat lähes poikkeuksetta elementtinsä itse, joten elementtien neliöhinnassa on myös elementtisuunnittelu mukana. (Lehti, T. Rakennuttajakonsultti. Haastattelu 23.09.2022. Haastattelija Mäki, K. Tampere.)

5.2 Työnmäärän vertailu

Puurakenteisessa rungossa ja teräsbetonirungossa työmäärät eivät ole identtisiä. Taulukosta 15 nähdään, että seinäelementeissä puisten elementtien asennusnopeus on noin 50 % nopeampaa, kuin betonisen elementin asennusnopeus.

TAULUKKO 15. Runko-osien vertailu

Betonelementtirunko	kpl	Puuelementtirunko	kpl
Ulkoseinäelementti	2,37 tth/kpl	Ulkoseinäelementti	1,61 tth/kpl
Väliseinäelementti	2,52 tth/kpl	Väliseinäelementti	1,31 tth/kpl
Paikallavalulaatta	0,615 tth/m ²	Välipohja paikallarakennettu	0,69 tth/m ²

5.3 Muiden kulujen vertailu

Stora Enso building and living yhtiön rakentamisen ratkaisusta vastaava johtaja Matti Mikkola kertoo puurakentamisessa tuplarakenteista aiheutuvan lisäkustannuksia 60 €/m² – 75 €/m². Säästöjä puurakentamisesta taas tulee säästetyistä yleiskuluista säästetyn ajan vuoksi 70 €/m² – 100 €/m² Mikkolan mukaan. Myös nopeampaa vuokratuottoa / nopeampi pääomantuotto säästää 60 €/m² – 80 €/m². (Puu, moderni ratkaisu urbaaniin rakentamiseen: Storaenso. 2015)

5.4 Ajallinen vertailu

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin kuuluu torninosturi, sosiaalitulat, työnjohdon palkka, sähkö, vesi, nosturit, telineet jne. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin vaikuttaa myös oleellisesti työmaan kesto, koska nämä ovat juoksevia kuluja.

Työmaan kesto on aina työmaakohtainen ja täytyy arvioida tapauskohtaisesti. Yleisesti teräsbetoniset kerrostalokohteet kestävät rakennusajaltaan 11–23 kk riippuen kohteen vaativuudesta ja koosta. Arvioidaan laskentaa varten

teräsbetonisen kerrostalokohteen kestoksi 15 kk. (RATU RT 10-11225. Rakennustieto 2016)

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset ovat 16–22 % työmaan kustannuksista tavanomaisessa teräsbetonisessa kerrostalohankkeessa. Esimerkkikohteen kustannusarvio on noin 4 300 000 € ja työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset ovat arvioltaan 16 %, eli 688 000 €. Viidentoista kuukauden ajalta tämä tekee 45 866 € /kk. (Haaranen. 2017)

Puisen suurelementtirungon ja teräsbetoni rungon työtuntien erotus on: 1 730,68 tth - 1 671,1 tth = 59,58 tth. Työtuntien määrä on lähellä toisiaan, mutta suuri ajallinen ero tulee teräsbetonirungon kuivumisajasta. Kohdassa 4.2.4 arvioitiin kuivumisajaksi 17 viikkoa, jolloin ei voi tehdä sisätöitä. Maalauksia, levytyksiä tai mitään pintatöitä ei voi tehdä ennen holvin kuivumista ja vesikaton valmistumista.

Puurunko, joka rakennetaan sääsuojassa ei kärsi samoista kuivumisajan rajoitteista ja mesta on heti vapaana väliseinille ja tämän perään tasoitteelle. Tämän perusteella puurunko pääsee 17 viikkoa, eli 4,25 kk teräsbetonirunkoa edelle. Tämä säästö tekee siis yhteensä 194 933 €.

5.5 Kokonaisvertailu

Puisen suurelementtirungon vertailu teräsbetoniseen runkoon on haastavaa, koska muuttujia on paljon, mutta tässä kappaleessa arvioidaan runkojen hintaa siitä huolimatta.

Esimerkkikohteessa ulkoseinäelementtejä on 889,2 m² ja väliseinäelementtejä 881,4 m². Holvien pinta-ala kohteessa on 2 070 m². Taulukko 10 arvion perusteella tämä tekee puu- ja teräsbetonirungon rakennusosien hinnaksi:

Puinen väliseinäelementti:	86 112,78 €
Lautaverhoiltu ulkoseinäelementti:	188 163,61 €
Puupalkisto välipohja:	417 270,60 €

Yhteensä: 691 546,99 €

Teräsbetoninen väliseinäelementti: 63 460,80 €

Teräsbetoninen sandwichelementti: 151 164,00 €

Paikalla valettu teräsbetonilaatta: 290 296,80 €

Yhteensä: 504 921,60 €

Puurungon asennustyöt: 67 427,20 €

Teräsbetonirungon asennustyöt: 74 250,40 €

Sprinklaus: 84 870,00 €

Rakennusaikainen sääsuoja: 107 400,00 €

Lisäkustannukset puurungon rakennesuunnittelusta: 49 924,60 €

Työmaan yhteis- ja käyttökustannukset 4,25 kk:n ajalta: 194 933,00 €

Kuivatuskaluston vuokra ja sähkö 4,25 kk:n ajalta: 24 280,62 €

Puurunkoisen kerrostalon rungon hinta: 1 001 168,79 €

Teräsbetonisen kerrostalon rungon hinta: 798 385,62 €

Tämän laskelman perusteella kohteessa suurelementeistä tehty puurunko olisi ollut 21 % kalliimpi, kuin teräsbetoninen runko. Koko hankkeen kokonaiskuluissa puurunko toisi noin 5 % lisäkuluja.

6 POHDINTA

Tässä työssä arvioitiin kohteessa puurungon olevan 210 260,87 € kalliimpi, kuin teräsbetoninen runko. Jos rakennusliikkeen kate olisi noin 12 % tai 500 000 € tästä kohteesta, niin teräsbetonisella rungolla tuotto olisi 33 333,33 € / kk. Puurungossa tuotto olisi vain 289 739,13 €, joka tekisi lyhyemmän rakennusajan vuoksi yhteensä 26 952,48 € / kk. Näitä lukuja katsoessa puukerrostalot eivät vielä ole yhtä kustannustehokkaita, kuin teräsbetoniset kerrostalot. Nämä luvut ovat laskettu hintojen arvioista, joten todelliset kustannukset kerrostalohankkeessa ei kohtaa täysin tämän opinnäytetyön kanssa, mutta toivottavasti se osoittaa missä hinnat ovat suurin piirtein tällä hetkellä. Oikeaan kustannusarvioon laskelmat täytyy aina tehdä suunnitelmien ja markkinoiden mukaan.

Suurin ongelma kustannusten kannalta puukerrostalossa on täyttää kaikki ääni- ja palotekniset vaatimukset mitä kerrostaloissa on säädetty. Nämä vaatimukset betoni täyttää itsessään, mutta puurakenteet vaativat lisätöitä. Jos nämä puurakenteet saadaan hinnoiltaan samalle tasolle, kuin teräsbetoniset rakenteet niin uskon puukerrostalorakentamisen kasvavan vielä enemmän kannattavuuden myötä. Tämä vaatii paljon tutkimustyötä, innovaatiota ja kokeiluja mitä useat elementtitehtaat tekevät jo.

Toivon, että opinnäytetyöstäni on hyötyä rakennuttajille, rakennusalan ammattilaisille ja miksei maallikoillekin rungon kustannusten arvioinnissa. Kerrostalorakentamisessa puurunkoiset ratkaisut ovat vasta lasten kengissä ja en malta odottaa mitä tulevaisuus tuo kerrostalorakentamiseen tullessaan.

LÄHTEET

Aikataulukirja 2016. Rakennustieto 2016. Rakennusalan ohjekortti. Helsinki. Julkaistu n.d. Luettu 09.09.2022 <https://rt-rakennustieto-fi>

Haahtela-kehitys oy, 2009. Talonrakennuksen kustannustieto 2009.1. painos. Helsinki: Haahtela kehitys oy.

Haaranen, H. 2017. Puukerrostalo asuntotuotannossa, selvitys taloudellisesta kannattavuudesta. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Heiskanen, E. 2017. Paikallavaletun välipohjan kuivatusmenetelmät. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Helsingin kaupunki: Helsinki 2015. Kaupungin nettisivu. Helsinki. Julkaistu n.d. Luettu 05.10.2022. https://www.hel.fi/static/kv/Tilakeskus/jatkasaari/suunnittelupalkkion_maaritys.pdf

Kemppainen, N. 2008. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset asuntorakentamisessa. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Helsingin ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Lehti, T. Rakennuskonsultti. 2022. Haastattelu 23.09.2022. Haastattelija Mäki, K. Tampere.

Mittaviiva oy, 2022. Rakennusosien kustannuksia 2022. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto oy.

Paavoseppä, L. 2016. Kerrostalorungon kehitys 1880-luvulta 2000-luvulle. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Puuinfo. 2022. Nettisivu. Helsinki. Julkaistu n.d. Luettu 14.09.2022.
<https://puuinfo.fi/>

Puukerrostalo oli nopea tehdä, mutta kallis suunnitella ja rakentaa:
Rakennuslehti 2014. Rakennusalan uutislehti. Helsinki. Julkaistu 26.06.2015.
Luettu 18.10.2022. <https://www.rakennuslehti.fi/2015/06/puukerrostalo-oli-nopea-tehda-mutta-kallis-suunnitella-ja-rakentaa/>

Puu, moderni ratkaisu urbaaniin rakentamiseen: Storaenso. 2015. Seminaari.
Vantaa. Pidetty 06.11.2014. Luettu 29.09.2022.
<https://www.teollisuudenmetsanhoitajat.fi/wp-content/uploads/2015/03/Teollisuuden-metsanhoitajien-syysseminaari-Matti-Mikkola-Stora-Enso.pdf>

RATU RT 10-11225. Rakennustieto 2016. Rakennusalan ohjekortti. Helsinki.
Julkaistu n.d. Luettu 09.09.2022 <https://rt-rakennustieto-fi>

RATU Työsaavutukset 2020: Rakennustieto 2020. Rakennusalan ohjekortti.
Helsinki. Julkaistu n.d. Luettu 09.09.2022. <https://rt-rakennustieto-fi>

Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia: Betoni ry 2020. Suomen
betoniyhdistys. Helsinki. Julkaistu n.d. Luettu 10.10.2020.
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Tehdaan-Elementeista.pdf>

Suomen kerrostalon historia: TM Rakennusmaailma 2017. Rakennusalan lehti.
Turku. Julkaistu 01.11.2017. Luettu 25.09.2022.
<https://rakennusmaailma.fi/suomen-kerrostalojen-historia-kertoo-yhteiskunnan-muutoksesta/>

Sääsuoja on tarpeen puutalolle: Rakennuslehti 2014. Rakennusalan uutislehti.
Helsinki. Julkaistu 26.11.2014. Luettu 18.10.2022.
<https://www.rakennuslehti.fi/2014/11/saasuoja-on-tarpeen-puutalolle-mutta-olisi-turha-lisakustannus-betonitalolle/>

Sääsuojien käyttö kasvaa vauhdilla: Rakennustaito 2016. Rakennusmestarit ja -
insinöörit AMK RKL 2022. Helsinki. Julkaistu 28.10.2016. Luettu 28.09.2022.
<https://rakennustaito.fi/rakentamismaaraykset-3/>