



Joni Lomakin

## Julkisivuelementtiratkaisut toimitila- hankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

4.1.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Joni Lomakin
Otsikko:	Julkisivuelementtiratkaisut toimitilahankkeessa
Sivumäärä:	36 sivua + 3 liitettä
Aika:	4.1.2024
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Sakari Pesonen Työpäällikkö Aleksi Valli (Hartela Etelä-Suomi Oy)

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Hartela Etelä-Suomi Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia, kertoa ja selvittää kahden eri julkisivuelementtiratkaisun käyttökelpoisuutta toimitilahankkeissa. Hartela rakentaa asuin-, liike- ja toimitilarakennuksia. Aihetta tutkittaessa tietoa kerättiin eri internet- ja kirjallisuuslähteistä. Myös Hartelan toimihenkilöiden haastatteluista saatiin oleellista informaatiota.

Tutkimuksessa tarkasteltavat julkisivuelementtiratkaisut olivat puuelementti sekä betoninen sandwich-elementti. Opinnäytetyössä paneuduttiin näiden kahden edellä mainitun julkisivuelementtiratkaisun rakennusteknisiin ominaisuuksiin sekä positiiviselta, että negatiiviselta kantilta. Tutkimuksessa otettiin tarkasteluun myös puun ja betonin ympäristövaikutukset. Tämä oli oleellinen osa tutkimusta, sillä vuonna 2023 ei voida sivuuttaa kestäväen kehityksen vallitsevia trendejä. Tämä oli mielenkiintoinen aspekti rakennusmateriaalien muiden ominaisuuksien lisäksi.

Opinnäytetyön esimerkkikohteena käytettiin Helsingin Ilmalaan valmistuvaa toimitilarakennusta, Ilmalan Auraa. Kyseinen kohde tulee olemaan merkittävä maanmerkki keskeisellä sijainnilla ja se tarjoaa muuntojoustavuutensa vuoksi monipuolisia sekä työpäivän sujuvaa kulkua tukevia työskentelytiloja eri alojen osaajille.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin vertailu puusta sekä betonista julkisivuelementtien rakennusmateriaaleina. Oikeanlainen rakenneosan valinta säästää kustannuksissa ja helpottaa työmaan läpivientä, kun itse rakentaminen tulee ajankohtaiseksi.

Avainsanat: betoni, julkisivu, julkisivuelementti, puu, puuelementti, sandwich-elementti

---

## Abstract

Author: Joni Lomakin  
Title: Facade Element Solutions in Office Space Project  
Number of Pages: 36 pages + 3 appendices  
Date: 1 January 2024

Degree: Bachelor of Construction Management  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: Building Construction  
Supervisors: Sakari Pesonen, Senior Lecturer  
Aleksi Valli, Project Manager, Hartela Etelä-Suomi Oy

---

This thesis was conducted for Hartela Ltd. The goal of the thesis was to investigate, report and figure out the usability of two different facade element solutions in office space projects. Hartela Ltd specializes not only in residential construction but also in office space projects, so a small survey of the various options was required. While investigating the topic, the needed information was collected from various internet and literature sources. Essential information was also obtained from interviews with Hartela Ltd staff members.

The facade element solutions under review were a wood element and a concrete sandwich-element. The thesis focused on the architectural characteristics of the two above-mentioned facade element solutions, as well as positive and negative aspects. The study also reviewed at the environmental impacts of wood and concrete. This was an essential part of the study, as the prevailing trends of sustainable development cannot be ignored in 2023. This was an interesting aspect in addition to the other properties and costs of building materials.

Ilmalan Aura, an office premise located in Helsinki, was utilized as an example project in the thesis. Ilmalan Aura will be a major landmark with a central location and, due to its adaptability, it will offer versatile working spaces for experts in various fields.

The result of the thesis was a comparison of wood and concrete as building materials for facade elements. Choosing the right structural element saves costs and makes life easier at the site when construction itself becomes topical.

Keywords: concrete, facade, facade element, office premises, sandwich element, wood, wood element

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Hartela yrityksenä	1
1.2	Työn rajaukset	2
2	Tietoperusta	2
2.1	Rakennuksen julkisivu	2
2.2	Julkisivun tehtävä rakenneosana	2
2.3	Julkisivun arkkitehtuuri	3
2.4	Julkisivun kunnon ylläpitäminen	5
2.5	Teollinen valmisosarakentaminen	5
2.6	Betoni rakennusmateriaalina	6
2.7	Puu rakennusmateriaalina	7
2.8	Betoninen sandwich-elementti	8
2.9	Puinen julkisivuelementti	10
2.10	LapWall-LEKO-puujulkisivuelementti	11
2.11	Toimitilahankkeen runkoratkaisut	12
3	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	13
4	Tutkimusmenetelmät	14
5	Opinnäytetyön tutkimuskohde	14
5.1	Ilmalan Aura	14
6	Ilmalan Auran haastattelut	16
6.1	Haastatteluiden toteutus	16
6.2	Runkotyönjohtaja (Ilmalan Aura)	16
6.3	Julkisivupellityksen työnjohtaja (Ilmalan Aura)	18
6.4	Projektipäällikkö (Ilmalan Aura)	20
7	Rakenteiden vertailu	22
7.1	Lujuusominaisuudet	22
7.2	Kosteudensieto	22

7.3	Lämpötekniset ominaisuudet	23
7.4	Palonkestävyys	24
7.5	Valmiusaste	25
7.6	Käyttöikä	25
7.7	Ekologisuus	26
8	Vertailun johtopäätökset	29
9	Oma pohdinta tutkimuksesta	31
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1: Ilmalan Auran runkotyönjohtajan haastattelukysymykset	
	Liite 2: Ilmalan Auran julkisivupellityksen työnjohtajan haastattelukysymykset	
	Liite 3: Ilmalan Auran projektipäällikön haastattelukysymykset	

## Lyhenteet

CO<sub>2</sub>: Hiilidioksidi, hiilestä ja hapesta koostuva kemiallinen yhdiste.

dB: Desibeli. Äänenvoimakkuutta kuvaava suhdeluku.

MPa: MegaPascal. Ilmanpainetta kuvaava yksikkö.

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Hartela Etelä-Suomi Oy:lle. Tutkimuksessa on tarkoituksena kartoittaa potentiaalisia julkisivuelementtiratkaisuja toimitilahankkeessa. Opinnäytetyössä vertaillaan puu- sekä betonista sandwich-elementtiä. Tutkimuksessa tarkastellaan niiden käyttökelpoisuutta sekä rakennusteknisiä ominaisuuksia. Tutkimuksessa paneudutaan myös elementtiratkaisujen tuomiin logistisiin sekä kosteudenhallinnallisiin asioihin. Tarkasteltavana kohteena on myös puun sekä betonin vaikutus ilmastoon. Hartelan tavoitteena on saada rakenneosien esivalmiusaste mahdollisimman suureksi työvaiheiden läpimenoajan minimoimiseksi. Tästä syystä tämän opinnäytetyön aihe käsittelee elementtirakentamista. Betonielementit ovat pitkään hallinneet rakennusalaan valmisosarakentamisen suhteen. Tästä syystä onkin paikallaan tarkastella myös muiden rakennusmateriaalien käyttökelpoisuutta elementtirakentamisessa. Opinnäytetyön tutkimuskohteena käytetty Ilmalan Aura soveltuu tutkimukseen siellä käytetyn puisen julkisivuelementin vuoksi. Tänä päivänä niin asuin- kuin myös toimitilahankkeissa korostuu viihtyvyyden ja käytännöllisyyden lisäksi myös kestävään kehityksen trendit.

## 1.1 Hartela yrityksenä

Hartela on vuonna 1942 Turussa perustettu rakennusliike. Aluksi yritys tunnettiin Urakoitsijat Oy nimellä. Nykymuotoinen Hartela muodostui vuonna 1959. Yritys toimii niin asuin- kuin myös toimitilarakentamisen parissa. Vuodesta 2017 asti Hartela on toiminut aiempaa näkyvämmiin yhden Hartela nimen alla. Paikallisesti toimivien tytäryhtiöiden nimiksi tulivat silloin Hartela Etelä-Suomi Oy, Hartela Länsi-Suomi Oy, Hartela Pirkanmaa Oy ja Hartela Pohjois-Suomi Oy. Hartelan tärkeimpiin arvoihin on kuulunut sen 80-vuotisen historian aikana korkea laatu. Yrityksen tärkeimpiin arvoihin kuuluu ammattitaito, asiakaslähtöisyys ja aloitteellisuus. (1.)

## 1.2 Työn rajaukset

Tutkimuksessa vertaillaan Hartelan näkökulmasta sopivia julkisivuelementtiratkaisuja. Hartela Etelä-Suomi Oy:n rakentamissa toimitilakohteissa on pääsääntöisesti käytetty betonista julkisivuelementtiä. Opinnäytetyön tutkimuskohteessa, Ilmalan Aurassa on käytetty betonielementin sijaan puuelementtiä. Puuelementin lisäksi opinnäytetyössä paneudutaan tutkimuskohteessa käytettyyn julkisivun peltiverhoukseen. Työssä ei käydä läpi kaikkia olemassa olevia elementtiratkaisuja, vaan paneudutaan kahteen edellä mainittuun rakenneratkaisuun. Tutkimuksessa ei käsitellä rakenneratkaisujen kustannuksia.

## 2 Tietoperusta

### 2.1 Rakennuksen julkisivu

Julkisivuksi kutsutaan rakennuksen ulkopintaa. Julkisivut muodostuvat umpipinoista, ovi- ja ikkuna-aukoista, katoksista, räystäistä ja parvekkeista. Ulkopinnan muodostavat ulkoseinät. Julkisivun tyyli määrittää rakennuksen käyttötarkoituksen ja luonteen. Julkisivun ulkoasua, muun muassa värejä säädellään alueittain rakennusmääräyksillä. Ulkoasun lisäksi rakennusmääräykset määrittelevät myös julkisivun rakennusteknisiä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi palonkestävyyttä. (2, s. 73.)

Julkisivua on yleisesti pidetty rakennuksen yhtenä merkittävimmistä näkyville jäävistä rakenteista. Nimensä mukaisesti julkisivut ovat julkisia, ja tämän vuoksi huolella suunniteltu ratkaisu luo joko hyvän tai negatiivisen kuvan koko rakennuksesta. (3, s. 8.)

### 2.2 Julkisivun tehtävä rakenneosana

Riippumatta siitä onko kyseessä asuin- vai toimitilarakennus, julkisivun tarkoituksena on erottaa käytettävät sisätilat ulkoilmasta. Pohjoisilla leveyspiireillä julkisivun merkittävin tehtävä on suojata käytettäviä tiloja sään vaikutuksilta, kuten



tuulelta ja kosteudelta. Julkisivurakenne toimii myös lämmöneristeenä. Edellä mainittujen ominaisuuksien takia julkisivun tehtävää kuvataan aktiiviseksi. Aktiivisten tehtävien lisäksi julkisivu toimittaa myös passiivista roolia. Julkisivun passiivinen tehtävä on kertoa rakennuksen sisällöstä sekä käyttötarkoituksesta. (3, s. 8.)

Näyttävä sekä toimiva julkisivu on omiaan kertomaan Suomen ammattitaitoisesta rakentamiskulttuurista. Taidon lisäksi rakennuksen kasvot eli julkisivu kertoo vallitsevasta aikakaudesta ja sen trendeistä sekä rakentamisen kulttuurista. (3, s. 8.)

### 2.3 Julkisivun arkkitehtuuri

Oikeanlaisella arkkitehtuurilla saadaan parhaassa tapauksessa luotua rakennuksesta maamerkki, joka kestää aikaa. Teknisten partikkelien lisäksi julkisivu sisältää useita abstrakteja tekijöitä. Abstrakteihin tekijöihin lukeutuu esimerkiksi seuraavat osat, joilla on suuri merkitys kokonaisuuteen:

- aukkojen ja umpipintojen väliset suhteet
- ikkunoiden puitejako
- ikkunapintojen syvyys suhteessa umpipintaan
- toistuvien aukkojen rytmi
- koristekuviot ja ornamentit
- pintojen materiaali ja väri. (3, s. 8.)

Arkkitehtuuri muodostuu edellä mainittujen tekijöiden summasta. Rakennukseen valittu tyyli kertoo ajan kuvasta ja vallitsevista trendeistä. Arkkitehtuuria kuvataan myös rakennustaiteeksi. Kuten kaikki muukin taide, niin rakennustaide uusiutuu aika-ajoin ja vallitsevat trendit vaihtuvat säännöllisin väliajoin. Vanhat

trendit voivat saada uusia tulkintoja ajan saatossa ja nykyaikaiset rakennusmateriaalit mahdollistavat vanhojen tyylien jäljittämisen entistä paremmin. (3, s. 8.) Alla oleva toimitilarakennus (kuva 1) on hyvä esimerkki siitä, että kuinka keskelle kaupungin sykettä saadaan esimerkiksi erilaisia muotoja ja värejä hyödyntäen luotua aikaa kestävä maamerkki, joka luo puoleensavetävän vaikutuksen.



Kuva 1. Hartelan rakentama toimitilakohde Helsingin Ilmalassa. (4.)

Käytettävän julkisivuelementin lisäksi rakennettavaan kohteeseen on valittava sopiva julkisivuverhous. Rakennetun ja rakennettavan ympäristön käyttöä säädelään ja valvotaan. Sovitut normit ovat yhteisesti hyväksytyjä Suomessa ja rakentaminen on aina luvanvaraista. (3, s. 8.)

Ennen julkisivun suunnittelua on perehdyttävä ja sitouduttava noudattamaan kohteen kaavamääräyksiä. Maankäyttö- ja rakennuslain 54 §:n mukaan asema-kaava laaditaan siten, että luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle palvelujen alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle. Rakennettua ympäristöä sekä luonnonympäristöä ei saa muuttaa tai hävittää näille ominaisia arvoja. Pähkinänkuoressa voidaan sanoa, että kaavamääräykset sanelevat suurilta osin rakennuksen ulkoasun. (5.)

## 2.4 Julkisivun kunnon ylläpitäminen

Rakennusteknisten aspektien lisäksi julkisivuratkaisuissa on huomioitava myös niiden kunnon ylläpitäminen rakennuksen elinkaaren ajan. Suomen rakennuskantaa pidetään verrattain nuorena. Suomessa rakennuksen keski-ikä on vain noin 25 vuotta. Julkisivujen, kuten myös muun korjausrakentamisen on tärkeitä rakennuskantamme vaalimiseen. Ammattitaitoisella korjausrakentamisella saavutetaan energiatehokkuutta, joka luonnollisesti tarkoittaa siitä säästyvien resurssien hyödyntämistä muille sektoreille. Korjausrakentaminen myös työllistää monia rakennusalan ammattilaisia, joten alalla toimien on tärkeä ymmärtää oman roolin yhteiskunnallinen merkitys. (3, s. 12.)

Kestävän kehityksen periaatteen mukaisesti on omaksuttava julkisivuihin liittyvät huolto- ja korjaustoimenpiteet. Rakentavan tahon on siis varattava riittävästi resursseja ja sitouduttava julkisivua koskeviin korjaustoimenpiteisiin koko elinkaaren ajan. Tarvittavien huolto- ja korjaustoimenpiteiden tuntemus on vähintäänkin yhtä tärkeää, kuin itse rakentaminen. Jo rakennusvaiheessa on tärkeää nähdä tulevaisuuteen, sillä tietyt julkisivuratkaisut ja rakennusmateriaalit vaativat enemmän toimenpiteitä huolto- ja korjausprosessia silmällä pitäen. (3, s. 7.)

## 2.5 Teollinen valmisosarakentaminen

Valmisosarakentamisella tarkoitetaan rakennettavan kohteen kokoamista valmiista osista rakennuspaikalla. Valmisosarakentamisella saadaan korkeampi esivalmiusaste. Valmisosarakentaminen säästää huomattavasti aikaa verrattuna paikalla tehtyihin rakenteisiin nähden. Työmaan näkökulmasta valmiina saapuvat elementit tarkoittavat eri osien, tässä tapauksessa elementtien liittämistä toisiinsa sekä muihin rakenneosiin. Yleisin Suomessa käytetty valmiselementti on valmistettu betonista (6.)

Valmiselementtejä käytetään kaikenlaisissa talonrakentamisissa. Valmiista elementeistä saadaan rakennettua omakoti- ja rivitaloja, asuinkerrostaloja, toimisto-, liike- ja julkisia rakennuksia. Talonrakennuksen lisäksi valmiita

elementtejä hyödynnetään infrarakentamiseen, jolloin käyttökohteena ovat esimerkiksi sillat, tunnelit, jäteveden puhdistamot sekä erilaiset energialaitokset.

(7.)

Teollisella valmisosarakentamisella pyritään ensisijaisesti nopeaan ja taloudelliseen kokonaistoteutukseen. Kokonaistoteutuksen ajalliseen keston vaikuttaa elementtien viimeistely elementtitehtaalla. (6.) Korkea rakenneosan valmiusaste korostuu varsinkin suuren kokoluokan hankkeissa, joihin luokitellaan tutkimuksen esimerkkikohde Ilmalan Aura.

## 2.6 Betoni rakennusmateriaalina

Betonin suosio perustuu sen useisiin hyviin ominaisuuksiin, kuten edulliseen hintaan, lujuuteen, jäykkyyteen sekä muokattavuuteen. Betonia on hyvin saatavilla ja valmistus on helppoa. Betonin osuus julkisivurakentamisesta on noin 15% ja runkorakentamisesta noin 45%. (6.)

Betonielementtirakenteet ovat Suomessa yleisin tapa toteuttaa seuraavanlaiset monikerroksiset rakennukset:

- varastorakennukset
- teollisuusrakennukset
- asuinkerrostalot
- toimistorakennukset
- liiketilat.

Valmiit betonielementit ovat hyvä ratkaisu monikerroksisiin rakennuksiin, sillä useimmiten niiden rungon rakentamisen läpivientiaika on moninkertainen suhteessa pieniin ja mataliin rakennuksiin. (8, s. 427.)

## 2.7 Puu rakennusmateriaalina

Puun käyttö rakennusmateriaalina on yleistynyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Ympäristöministeriön päivitetyn strategian mukaan vuoteen 2035 mennessä tavoitteena on rakennusten elinkaaren vähähiilisyys sekä materiaalitehokkuus. Konkreettisia tavoitteita on vähentää luonnonvarojen käyttöä sekä lisätä energiatehokkuutta. (9, s. 4.)

Tärkeimpiä puusta valmistettuja rakennustyyppejä:

- pitkästä tavarasta tehdyt paikallarakennetut kohteet
- pilari-palkkirungot
- paikallarakennetut massiivipuiset rakennukset
- tilaelementtitoiteutukset
- rankarunkoiset taso- ja tilaelementtitoiteutukset. (10, s. 14.)

Betonisten valmiselementtien lisäksi myös puusta valmistetut elementit ottavat entistä enemmän jalansijaa markkinassa. Suomessa valmista puuelementtiä on käytetty 1970-luvulta lähtien, mutta suurelementteihin siirryttiin 2000-luvun alussa. (11, s. 6.)

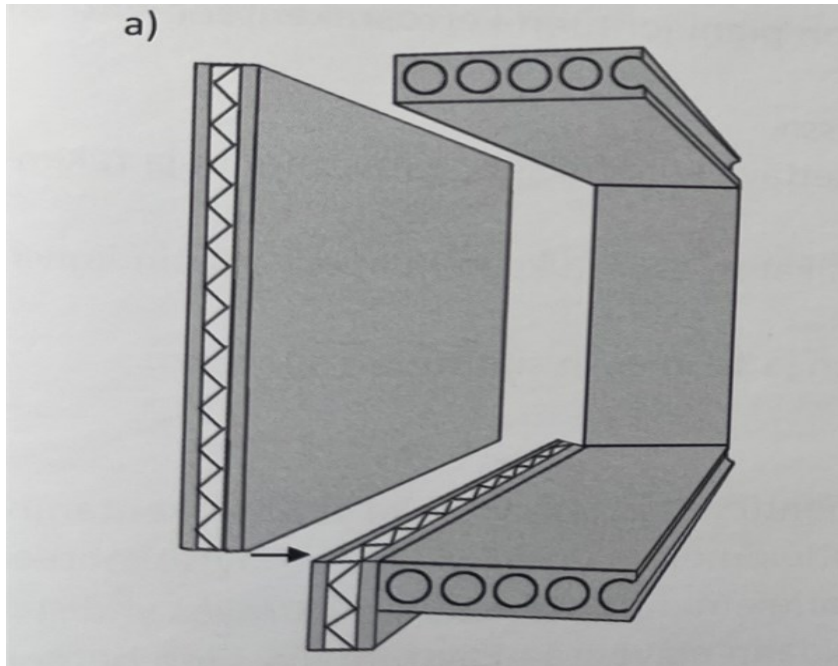
Puuelementit soveltuvat niin liike- kuin myös asuinrakentamiseen. Puiset valmiselementit voivat olla joko yksi- tai monikerroksisia. Monikerrosseinäelementit soveltuvat esimerkiksi kerrostalokohteen runkoratkaisuksi. Yksikerrosseinäelementtejä hyödynnetään vastaavasti pientalokohteissa. Puiset julkisivuelementit ovat ratkaisu myös niin sanotussa hybridirakentamisessa, jossa rungon

materiaali voi olla esimerkiksi puuta, betonia tai terästä. Puusta valmistetaan seinäelementtien lisäksi myös kattoelementtejä. (12.)

## 2.8 Betoninen sandwich-elementti

Sandwich-elementti, eli yhteen sidottu rakenne on osa rakennuksen ulkoseinä-rakennetta. Elementti asennetaan valmiina komponenttina paikoilleen. Elementin sisä- ja ulkokuoret valmistetaan teräsbetonista ja niiden välissä on lämmöneriste. Lämmöneriste sekä ulko- ja sisäkuoret asennetaan samassa tuotantoprosessissa elementtitehtaalla kuivissa olosuhteissa. Sisä- ja ulkokuori sidotaan yhteen ansailla tai pistokkailla, jotka kulkevat lämmöneristeen läpi. Diagonaaliinsaot tai pistokkaat mahdollistavat ulko- ja sisäkuoren yhteistoiminnan. (8, s. 449.)

Sandwich-elementit jaotellaan käyttöalueen ja muodon perusteella nauha- ja ruutuelementeiksi. Ruutuelementillä tarkoitetaan elementtiä, joka muodostuu yhden kerroksen korkuisista elementeistä. Nauhaelementti puolestaan muodostuu yhden huoneen levyisistä elementeistä. Toiminnan perusteella elementit luokitellaan kantaviin ja ei-kantaviin julkisivuelementteihin. Toimistorakennuksissa yleisesti käytetty ulkoseinäratkaisu on ei-kantavat ruutu- tai nauhasandwich-elementit. (8, s. 450.) Tällaisessa tapauksessa elementit tuetaan kerroksittain vaakarakenteisiin, kuten esimerkiksi välipohjien laattoihin (kuva 2).

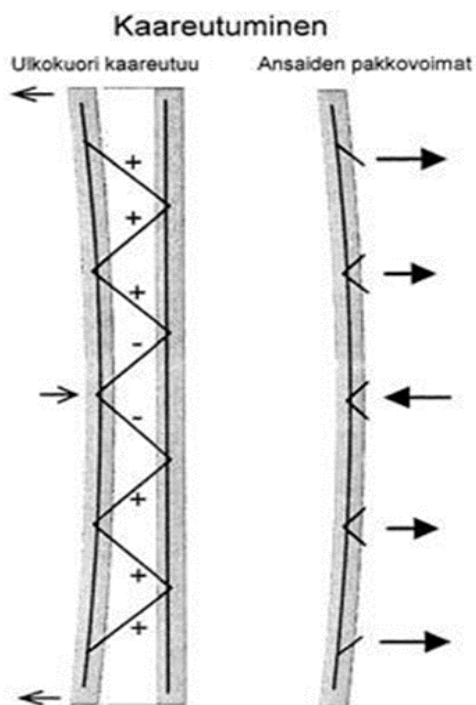


Kuva 2. Betoninen sandwich-elementti ja liittyminen välipohjiin. (13, s. 449.)

Betonisten sandwich-elementtien maksimikorkeus vaihtelee. Niin sanottujen normaalien elementtien maksimikorkeus on 3600-4200 mm. Tässä mitassa on huomioitu myös tartunnat. Tätä korkeimpien elementtien kohdalla tulee varautua erikoiskuljetukseen sekä -nostoon. Myös elementtien asennussuunnitelmassa on huomioitava erityisen korkeat elementit. (14.)

Sandwich-elementin sisäkuoren paksuus on normaalisti 150 mm ja ei-kantavan kuoren 80 mm. Ulkokuoren paksuus asettuu 70-85 mm väliin, riippuen halutusta raudoitustyyppistä sekä pintamateriaalista. (14.)

Kuorien välinen toiminta perustuu diagonaaliansaiden toimintaan, joilla kuoret sidotaan toisiinsa. Ansaiden tehtävä on ripustaa ulkokuori sisäkuoreen ja estää ulkokuoren kaareutuminen (kuva 3). Kaareutuminen voi aiheutua ilman kosteus- ja lämpötilavaihteluista tai kuivumiskutistumisesta. Elementin ulkokuori joutuu alttiiksi kutistumalle auringon paisteen aiheuttaman kuivumisen vuoksi, jolloin ulkokuori alkaa kaareutumaan keskeltä sisäänpäin. (14.)



Kuva 3. Sandwich-elementin kaareutuminen. (15.)

## 2.9 Puinen julkisivuelementti

Puisten julkisivuelementtien tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa asuin-kerrostalot ja liikerakennukset. Yleisesti puujulkisivuelementin rakenne koostuu rungosta, höyrynsulusta, tuulensuojalevystä, pysty- ja vaakakoolauksesta, lämmöneristeestä, sisäpuolisesta levytyksestä, sekä ulkoverhouksesta. Ulkoverhous suunnitellaan tapauskohtaisesti.

Sisäpuolinen levytys mahdollistaa seinän palo- ja ääniteknisen toiminnan. Sisäpuolisen levytyksen lisäksi myös rakenteen tuulensuojakerros vaikuttaa edellä mainittuihin tekniisiin ominaisuuksiin. Suosituksena on, että tuulensuojalevytyksen ulkopuolelle tulee lämmöneristekerros. Lämmöneristekerros parantaa elementin lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Levytyksellä parannetaan myös palo- ja ääniteknisiä ominaisuuksia.

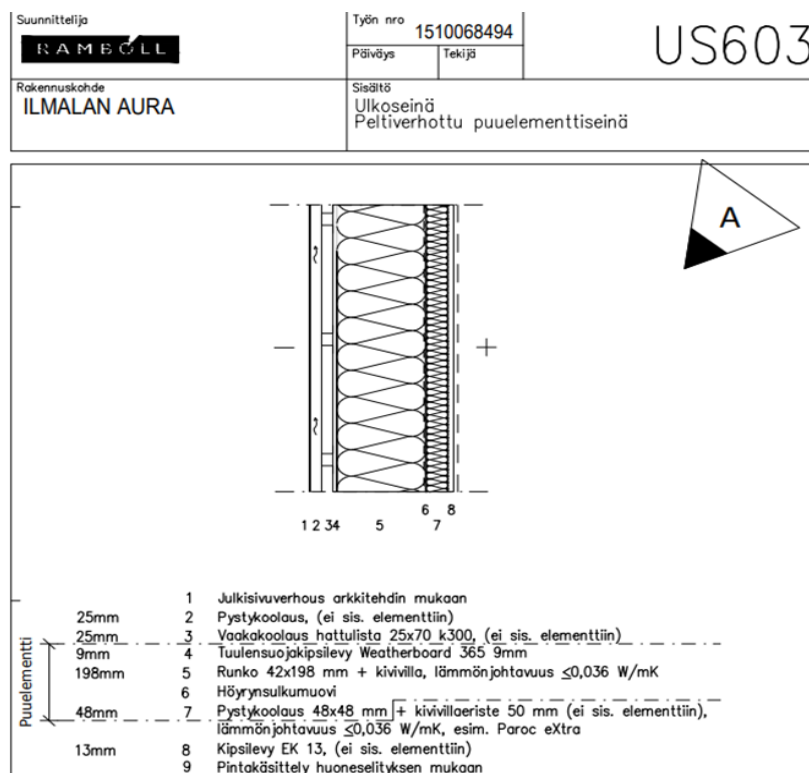
Höyrynsulku toteutetaan esimerkiksi muovikalvolla. Tällä varmistetaan, että vesihöyry ei pääse liikkumaan rakenteessa, eikä ilmavirtaus siirry rakenteiden läpi.



Höyrynsulkumuovin liitokset on toteutettava oikein ja siinä olevat reiät täytyy sulkea höyrynsulkuteipillä. Rakenteen kuivana pysymisen edellytyksenä on huolehtia myös yhtenäisestä tuuletusvälistä, jotta esimerkiksi sadekeleistä johutuva kosteus pääsee tuulettumaan. Tuuletusväli sijaitsee ulkoverhouksen taustalla. (16.)

## 2.10 LapWall-LEKO-puujulkisivuelementti

Opinnäytetyön tutkimuskohteessa Ilmalan Aurassa julkisivuelementtinä on käytetty LapWall-LEKO-puuelementtiä (Kuva 4.) Elementti oli saatavilla ilman julkisivuverhusta, joka tehtiin erillisenä urakkana. Julkisivumateriaaliksi valikoitui peltiverhous. Kyseinen elementti sopii käytettäväksi kohteisiin, joissa on erillinen kantava runko. Elementti luokitellaan siis ei-kantavaksi. Tyypillisiä käyttökohteita kyseiselle elementille ovat liike- ja asuinrakennukset. Elementtien toimittaisälttöön kuului julkisivuelementit, elementtisuunnittelu sekä sääsuojaus. (17.)



Kuva 4. LapWall-LEKO-puujulkisivuelementin detaljikuva. (18.)

Puujulkisivuelementtien rakenne voi vaihdella elementtitoimittajan sekä elementtityypin mukaan. Yleisesti puujulkisivuelementin rakenne koostuu sisäverhouksesta, höyrynsulusta, rungosta ja tuulensuojasta. Joissain tapauksissa julkisivuverhoukset on osana elementtiä. Alla LapWall-LEKO-puujulkisivun rakenne sekä tekniset ominaisuudet:

- tuulensuojakipsilevy 9 mm
- runko 42x198+kivivillaeriste 200 mm
- höyrynsulkumuovi
- pystykoolaus 48x48. (19, s. 17.)

LapWall-LEKO-puujulkisivuelementin tekniset ominaisuudet:

- u-arvo=0,16W/m<sup>2</sup>K
- paloluokka=EI60
- äänieristävyys=42 dB
- elementin paino= maksimissaan 50 kg/m<sup>2</sup>. (19, s. 17.)

## 2.11 Toimitilahankkeen runkoratkaisut

Toimisto- ja liiketilahankkeissa käytetään yleisesti joko pilari-palkkijärjestelmää tai kantavat-julkisivut runkojärjestelmää. Suomessa yleisin tapa toteuttaa toimisto- ja liikerakennus on pilari-palkkirunkojärjestelmä. Järjestelmän ideana on, että palkkilinjat ovat rakennukseen nähden pituussunnassa. Tyypillisesti vaakarakenteena käytetään ontelo- tai kuorilaattoja sekä suorakaide- ja leukapalkkeja. (8, s. 429.)

Toimistorakennuksien runko on suunniteltava siten, että se rajoittaa mahdollisimman vähän sisätilojen tilamuutoksia. Muuntojoustavuudella pystytään takaamaan, että käytettävien tilojen vuokralaisten tilantarpeet saadaan huomioitua paremmin. (8, s. 429.)

### 3 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Erilaisten julkisivuelementtien käyttökelpoisuuksien kartoittaminen toimitilahankkeissa on noussut ajankohtaiseksi. Yrityksessä koetaan, että vertailu erilaisista julkisivuelementeistä palvelisi tulevaisuuden hankkeita mietittäessä. Työn lopputuloksena syntyi vertailuraportti kahdesta eri julkisivuelementtiratkaisusta. Tarkasteltavat julkisivuelementtiratkaisut olivat puinen julkisivuelementti ja betoninen sandwich-elementti. Puista julkisivuelementtiä käytettiin opinnäytetyön tutkimuskohteessa. Valmista raporttia voidaan hyödyntää tulevissa toimitilahankkeissa. Yritys on yleisesti käyttänyt toimitilahankkeissaan betonista sandwich-elementtiä ja tutkimuskohteessa käytettävä ratkaisu on tässä mittakaavassa poikkeuksellinen. Puuelementistä saatava data on tärkeää tulevaisuuden hankkeiden kannalta, jos yrityksen tahtotilana on käyttää sitä jatkossakin.

Tutkimusongelmana työssä on sopivan julkisivuelementtiratkaisun löytäminen toimitilakohteelle. Tutkimuksen tulee antaa vastaus seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat esimerkkikohteessa käytetyn julkisivuelementtiratkaisun vahvuudet ja heikkoudet?
- Olisiko betoninen sandwich-elementti ollut parempi tai yhtä toimiva?

Osana opinnäytetyötä tehtiin tutkimus, jossa vertailtiin kahden eri julkisivurakenteen soveltuvuutta Hartelan tuotantoon. Tarkoituksena oli luoda vertailuraportti kahdesta eri rakenteesta. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selvitys puisen julkisivuelementin sekä betonisen sandwich-elementin eduista sekä heikkouksista.

## 4 Tutkimusmenetelmät

Kyseessä on toimintatutkimus. Toimintatutkimukselle ominaisesti lähtökohtana oli jo olemassa oleva konkreettinen tehtävä, johon opinnäytetyön avulla etsittiin ratkaisua. (20.) Tutkimuksessa hyödynnettiin tutkimuskohdetta, jossa olin itse työnjohtoharjoittelijana. Omat kokemukseni työmaalta toi lisänäkemyksiä tutkimukseen. Osana tutkimusta kerättiin aineistoa esimerkkikohteen työmaalta sekä internet- ja kirjallisuuslähteistä. Kerättyä aineistoa hyödynnettiin opinnäytetyön tietoperustassa. Kerätyn aineiston avulla kartoitettiin vaihtoehtoisen julkisivuelementtiratkaisun mahdollisuutta sekä kerättiin tietoa olemassa olevasta tutkimuskohteesta käytetystä rakenneratkaisusta. Tutkimuksessa hyödynnettiin Ilmalan Auran työmaan toimihenkilöiden haastatteluja. Haastatteluissa hyödynnettiin valmiiksi laadittuja haastattelurunkoja.

## 5 Opinnäytetyön tutkimuskohde

### 5.1 Ilmalan Aura

Opinnäytetyön tutkimuskohteena toimi Hartelan rakentama toimitilahanke, Ilmalan Aura (kuva 5). Julkisivuelementtinä käytettiin puista elementtiä. Rakennuksen runko on terästä. Kohteen julkisivuverhouksena on käytetty metalliverhousta.

Tutkimuskohteen on määrä valmistua vuoden 2024 aikana. Hartelan vaalimien arvojen mukaisesti valmiissa rakennuksessa yhdistyy luotettavuus, ympäristöystävällisyys sekä halu tehdä viihtyisiä tiloja.



Kuva 5. Havainnekuva Ilmalan Aura. (21.)

Rakennus käsittää viisi kerrosta sekä parkkihallin. Rakennus pitää sisällään tavanomaisten toimistotilojen lisäksi ravintolan, liike-, neuvottelu- ja sosiaalitiloja. (kuva 6.) Bruttoneliömetrejä kohteessa on noin 17 000. (22.)



Kuva 6. Ilmalan Auran tilajako. (23.)

## 6 Ilmalan Auran haastattelut

### 6.1 Haastatteluiden toteutus

Haastattelut toteutettiin syksyllä 2023 opinnäytetyöprosessin aikana. Haastattelut saatiin toteutettua vaivattomasti, sillä haastateltavat henkilöt kuuluivat tutkimuskohteen työmaaorganisaatioon. Tutkimuskohteen ainutlaatuisuuden vuoksi kysymyksillä kerättiin tietoa puujulkisivuelementeistä. Haastattelukysymysten avulla pyrittiin saamaan tietoa puujulkisivuelementin vahvuuksista ja heikkouksista. Tutkimuskohteessa käytettyä puujulkisivuelementtiä ei oltu käytetty tässä suuruusluokassa Hartela Etelä-Suomi Oy:n rakennushankkeissa aikaisemmin.

### 6.2 Runkotyönjohtaja (Ilmalan Aura)

Asennustyöhön liittyen toteutettiin haastattelu Ilmalan Auran runkovaiheen työnjohtajan kanssa, jossa käytettiin LapWallin sääsuojattua puujulkisivuelementtiä.

- Logistiikka

Osa elementeistä oli huomattavan suuria, joten ahdas työmaa sekä pienet elementeille tarkoitetut varastointipaikat eivät olleet optimaalisin yhtiölle. Kohteen kerrokset olivat osassa paikkaa suunniteltu siten, että elementeiltä vaadittiin pitkiä jännevälejä. Suurimmat elementit olivat jopa 15 metriä pitkiä. Elementtejä toimitettiin työmaalle suurissa erissä, koska niiden kuljetusmatka oli pitkä. Näin voitiin säästää kuljetuskustannuksissa. Elementtejä tuotiin työmaalle yhdellä kertaa koko kerroksen tarpeiden verran. Kokonaisuudessaan elementtejä toimitettiin kohteeseen 147 kappaletta. Elementtien kokonaisneliömäärä oli 4110 m<sup>2</sup>. Ajoneuvoyhdistelmä ei mahtunut kääntymään työmaalle kunnolla työmaan haastavien ajojärjestelyiden vuoksi. Ajoreitti elementtien varastointipaikalle oli ahdas ja sinne johtava tie kapea.

- Nostot

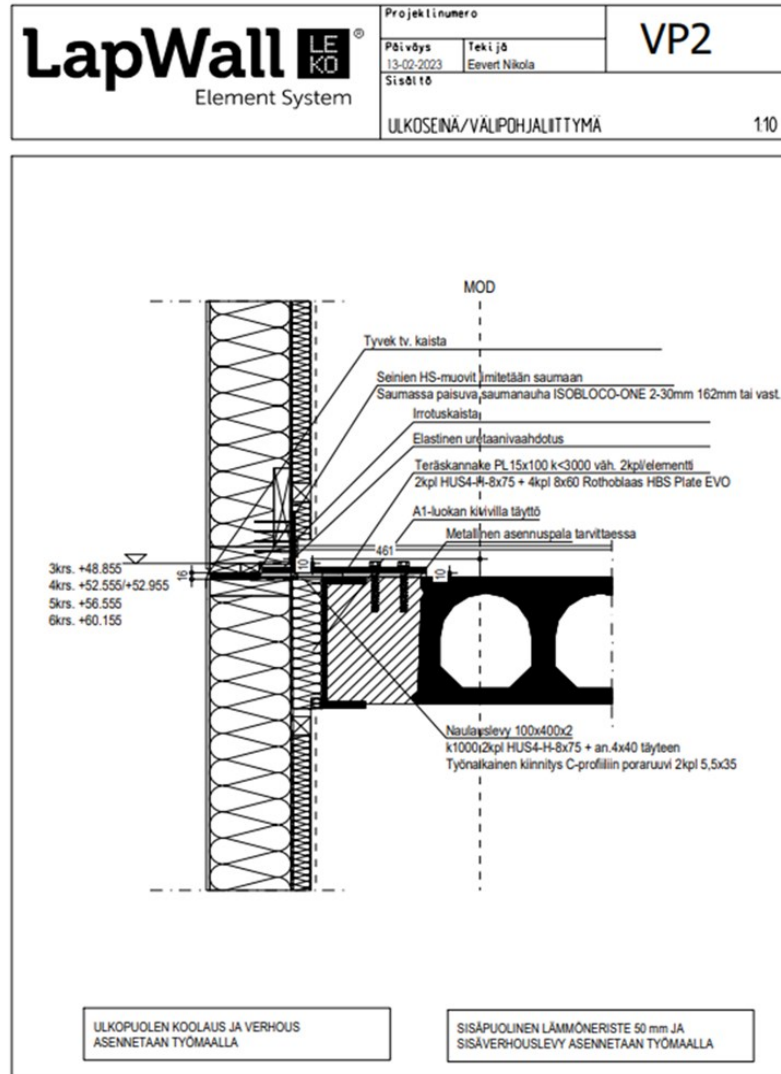
Elementtiasennukset toteutettiin pääsääntöisesti talviaikaan. Puuelementtien keveyden takia tuuli pääsi tarttumaan niihin, mikä vaikeutti elementtien paikalleen saantia. Tällaisissa tapauksissa torninosturin kuljettajalta vaadittiin erityistä tarkkuutta sekä ammattitaitoa. Myös elementtiasennusryhmä sai olla tarkkana. Osa elementeistä pääsi vääntymään nostojen yhteydessä tuulen, elementtien pituuden ja kevyen rakenteen takia.

- Kosteudenhallinta

Toimituserien ollessa suuria, puuelementit joutuivat pitkäksi aikaa sään armoille. Elementtikauppaan kuului elementtien suojaus, mutta ajoittain ne pääsivät vaurioitumaan. Kosteus aiheutti lieviä vaurioita elementtien koolauksiin sekä lämmöneristevilloihin. Vaurioituneet materiaalit jouduttiin vaihtamaan. Elementtien ikkunat pääsivät myös vaurioitumaan kosteuden vuoksi. Kosteus aiheutti ikkunoiden karmien vaurioitumista, jonka vuoksi ikkunoita jouduttiin säätämään jälkikäteen. Kosteuden ja sen jälkeisen kuivumisen takia puu reagoi joko turpoamalla tai kutistumalla, mikä aiheutti sen muodon muutoksen.

- Asennus

Pääsääntöisesti elementtiasennus sujui hyvin. Puuelementit tuettiin kerroksittain teräspalkkeihin. Haasteita tuotti elementteihin tarkoitetut tukiraudat (kuva 8), jonka detalji oli työnjohdon näkökulmasta liian yksinkertainen. Työmaalla jouduttiin tekemään tukiraudan hitsaustyötä sekä lisäämään ruuvikiinnityksiä enemmän kuin mitä detaljissa oli. Elementtien koko sekä valmiit ikkunat aiheuttivat myös jonkin verran haasteita. Ikkunoiden painon takia elementit olivat epätasapainossa, jolloin asennuksen yhteydessä jouduttiin käyttämään lyhennysketjuja. Elementtiasennuksen suunnitelmissa asennustoleranssit olivat liian teoreettisia, eli niitä ei huomioitu tarpeeksi.



Kuva 7. Puuelementin ja välipohjaliittymän tukirauta. (24.)

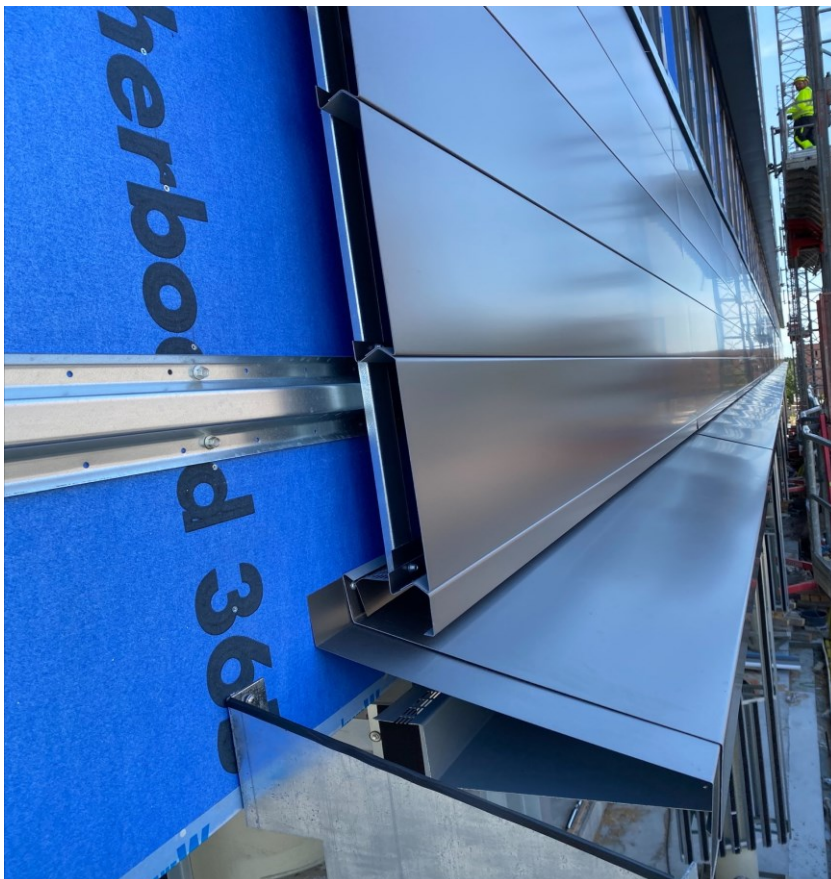
### 6.3 Julkisivupellityksen työnjohtaja (Ilmalan Aura)

Julkisivupellityksen asennustyöhön liittyen haastateltiin työvaiheesta vastuussa olevaa työvaihemestaria.

Työvaihemestarin näkökulmasta katsottuna kohteen julkisivupellitykseen liittyvät suunnitelmat ja detaljit olivat pääsääntöisesti käyttökelpoisia. Jotkut detaljit liittyen esimerkiksi aurinkolippoihin ja muihin rakennuksen julkisivun ulokkeisiin tuottivat haasteita (kuva 8). Haasteista johtuen työmaalla jouduttiin joltain osin



etenemään mallitöiden osalta. Mallityön perusteella pyrittiin varmistamaan rakenneratkaisun toimivuus. Osittain tästä johtuen urakkaan valittu aliurakoitsija piti tarpeellisena työmaalla tapahtuvaa tarkemittausta. Tarkemittauksella he pyrkivät varmistamaan materiaalien yhteensopivuuden rakennekuvien kanssa. Tästä johtuen työsaavutus ei aina ollut suunnitellun mukaista.



Kuva 8. Julkisivun aurinkolippa ja sen liittyminen varsinaiseen pellitykseen.

Pellityksen suuren määrän vuoksi aliurakoitsijan riittävä osaaminen ja resurssit nousivat keskiöön. Haastattelussa nousi esiin urakoitsijan ajoittaiset puutteet koskien henkilöresursseja sekä pellityksen asentamiseen, että siihen liittyviin materiaaleihin. Rakennusmateriaalien tehdastuotanto ei pysynyt aina asennusprosessin mukana, joka aiheutti viivästyksiä työmaalla. Toisin sanoen, vaikka henkilöresursseja olisi ollut oikea määrä, niin materiaalien puuttuessa vapaata mestaa ei päästy hyödyntämään.

Työmaan ahdas tila ei tuottanut ongelmia pellityksen suhteen. Tarvittavat materiaalkuormat saatiin varastoitua ennakkoon määritetyille varastointipaikoille ongelmitta.

Työvaiheessa jouduttiin käyttämään paljon erilaisia nostoapuvälineitä. Rakennettavan kohteen ollessa korkea jouduttiin käyttämään telineitä sekä mastolavoja. Edellä mainitut apuvälineet toivat luonnollisesti lisäkustannuksia. Kustannusten näkökulmasta oli tärkeää, että työt oltaisiin saatu suoritettua ennalta määritellyn aikataulun puitteissa. Jokainen lisäpäivä ylimääräistä asennusaikaa tarkoitti lisää vuokra-aikaa niin telineille kuin myös mastolavoille. Vuokra-ajan lisäksi luonnollisesti telineiden asennus sekä purku toi lisäkuluja. Sama päti myös mastolavoihin.

Ennalta määritetyn aikataulun noudattaminen oli tärkeää. Tarvittavat telineet sekä nostimet olivat sijoitettuina sellaisiin paikkoihin, joissa tehtiin muun muassa maanrakennustöitä. Telineet ja nostimet piti saada nopeasti purettua, jotta seuraavat työvaiheet eivät myöhästyisi. Tältä osin julkisivupellitys oli tahdistava työvaihe. Tämän takia oli tärkeää löytää myös osaava ja yhteistyökykyinen telineurakoitsija.

#### 6.4 Projektipäällikkö (Ilmalan Aura)

Haastattelu toteutettiin Hartela Etelä-Suomi Oy:n projektipäällikön kanssa.

Kohteen suunnitteluvaiheessa oli selvää, että halutaan löytää julkisivuelementti-vaihtoehto, joka on esivalmiusasteeltaan mahdollisimman suuri. Julkisivuelementin valintaan vaikutti myös rakennuksen runkoratkaisu. Puujulkisivuelementin valinta tarkoitti sitä, että runkoratkaisua oli mahdollista keventää. Tämä johti siihen, että rungon kustannuksia saatiin pienennettyä. Nykyinen, valittu runkoratkaisu ei olisi kestänyt esimerkiksi betonielementin kuormia. Julkisivuelementtejä mietittäessä betoninen elementti ei noussut missään vaiheessa konkreettiseksi vaihtoehdoksi.

Rakennettavan kohteen suunnittelussa ympäristövaikutukset nousivat keskeiseen rooliin. Betonielementin hiilidioksidipäästöt verrattuna puuelementtiin ovat suuria, joten puuelementin valinta oli tässä mielessä selkeä.

Positiivisia puolia mietittäessä esille nousi puujulkisivuelementin hinta. Hintaa hyvänä ja kilpailukykyisenä. Positiiviseksi seikaksi nousi myös puuelementin ominaisuudet lämpöä eristävänä rakenteena. Vaadittavat lämpötekniset vaatimukset saatiin vaivoitta täytettyä LapWallin elementtiratkaisulla.

Alkuperäisenä ideana oli saada kohteeseen julkisivuelementti, jonka valmiusaste olisi mahdollisimman suuri. Suunnitteluvaiheessa oli toiveena, että itse elementin lisäksi siihen saataisiin myös ulkoverhous. Kyseinen elementti olisi ollut materiaaliltaan puun sijasta terästä. Tällainen kokonaan valmis paketti olisi Hartelan näkökulmasta ihanteellisin. Nykyisen ratkaisun, eli puuelementin sekä erillisen peltiverhouksen yhdistelmä koitui haasteelliseksi niin työmaalla kuin myös toimistolla. Tähän liittyy vahvasti arkkitehtuuri, joka osaltaan sanelee kohteiden ulkonäköä. Ilmalan Aurassa on esimerkiksi lukuisia ulokkeita sekä aurinkolippoja, joiden haastavuus on noussut esille juuri asennusvaiheessa. Voidaan sanoa, että mitä enemmän erilaisia muotoja ja niihin liittyviä rakennedetaljeja on, niin sitä enemmän haasteita ilmenee. Ongelmallisena pidettiin myös sitä, että vakioitujen työtapojen puuttumisen takia työmaalla joudutaan soveltamaan ja tekemään paljon mallitöitä. Mallitöiden avulla voidaan olla varmoja ratkaisujen toimivuudesta ja käyttökelpoisuudesta. Arkkitehtuuri asettaa ajoittain suuriakin haasteita hankkeiden julkisivuihin liittyen, joka osaltaan rajaa joitakin muuten käyttökelpoisia julkisivuratkaisuja. Toisaalta tämä on sellainen asia, johon rakentavan tahon on hyvin haastava vaikuttaa.

Tulevaisuuden kannalta kohteen projektipäällikkö piti puuelementin käyttöä erittäin potentiaalisena vaihtoehtona perinteiselle betonielementille.

## 7 Rakenteiden vertailu

### 7.1 Lujuusominaisuudet

Betonin suosio perustuu sen kestävyteen rakennusmateriaalina. Betonin tärkeimmät ominaisuudet ovat betonin lujuus ja säilyvyys erilaisia rasituksia vastaan. Sillä on kyky kestää suuria puristusvoimia. Betonin puristuslujuus on 30-80 MPa. Betoni luokitellaan puristuslujuuden perusteella lujuusluokkiin. Muut suunnittelussa käytettävät mekaaniset ominaisuudet saadaan lujuuskuokan perusteella. Puristuslujuus määritellään kohteeseen käyttötarkoituksen mukaan. (8, s. 84–85.) Betonin heikkouksia on muun muassa sen pieni vetolujuus verrattuna sen puristuslujuuteen. Betonin vetolujuus on vain noin kymmenesosa puristuslujuudesta. (8, s. 89.) Tämän vuoksi betonirakenteissa käytetään raudoitusta, joka antaa sille tarvittavan vetolujuuden ja sitkeyden. (8, s. 84-85, 89.)

Myös puuta pidetään kestävyydeltään hyvänä rakennusmateriaalina. Puu ottaa hyvin vastaan sekä puristus- että vetovoimaa. Puu on yhtäaikaista kevyt sekä luja materiaali. Puun lujuuteen rakennusmateriaalina vaikuttaa se, että missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Tasa-aineisella, virheettömällä puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus. (25.)

### 7.2 Kosteudensieto

Betonilla on kyky kestää hyvin kosteutta. Betonille itsessään kosteus ei aiheuta haittaa, vaan yleensä siitä tulee lujempaa, mitä kosteammassa olosuhteissa sitä säilytetään. Kosteudensietokyvyn ansiosta betonista valmistetaan kosteuden ja veden kanssa kosketuksissa olevia rakenteita, kuten esimerkiksi siltoja sekä perustuksia. (6, s. 527.) Vesivahingon sattuessa betonirakenteille riittää usein kuivatus, eikä rakenteita tarvitse vaihtaa. Orgaanisten materiaalien puuttuessa betoni ei voi toimia mikrobien kasvualustana. (6, s. 144.)

Vaikka betoni itsessään kestää hyvin kosteutta, niin sandwich-elementin eristeosa on herkkä kosteudelle. Lämmöneriste on tärkeää pitää kuivana, jotta se ei asennuksen jälkeen päästä kosteutta sisäilmaan. Sandwich-elementin kosteudenhallinnan edellytys on uritus. Tyypillisesti sandwich-elementissä käytetään uritettua mineraalivillaa. Uritus sijaitsee eristeen ulkokuoren sisäpinnassa. (26.)

Puu on materiaalina arka ja altis kosteusvaurioille. Kosteuden imeytyessä puuhun aiheutuu kosteusliikkeitä. Kosteusliikkeet saavat aikaan homeongelmia, puun turpoamista sekä halkeilua. Halkeilu aiheuttaa pahimmillaan vaurioita runkorakenteisiin. Homeongelmien myötä riski rakennuksen sisäilman heikkenemiselle on suuri. Puurakenteita käytettäessä on kiinnitettävä huomiota rakenteen riittävään tuuletukseen. Riittämätön tuuletus julkisivurakenteen ja tuulensuojalevyn välissä aiheuttaa vaurioita siitä syystä, että kertynyt kosteus ei pääse poistumaan rakenteesta. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että puu alkaa vaurioitumaan, kun sen kosteusprosentti on pitkiä aikoja yli 20. Puun homehtuminen alkaa muutamassa kuukaudessa, jos sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy tänä aikana yli 80%:n. (27.)

### 7.3 Lämpötekniset ominaisuudet

Lämmöneristävyys on betonisen sandwich-elementin tärkein asia, mitä tulee energiatehokkuuteen. Betonisandwich-rakenteen betonikuoret ovat lähes ilmatiiviitä ja läpivirtausta voi normaalisti tapahtua vain saumoista ja halkeamista. Lämmöneristysmateriaalin valintaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa asetetut kohteen reunaehdot, kuten esimerkiksi äänieristävyys, kosteuden- ja palonkestävyys. Sandwich-elementissä käytetään kovia ja pehmeitä eristeitä. Tyypillisesti lämmöneristeenä käytetään uritettua mineraalivillaa. Uritus on edellytys sille, että rakennukseen saadaan tuuletus ulkokuoreen. Uritus sijaitsee eristeenä käytetyn mineraalivillan ulkokuoren sisäpinnassa. (26.)

Ulkoseinien osalta U-arvo, eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä. U-arvon ollessa pieni, sitä paremmin se eristää lämpöä. U-arvon yksikkönä käytetään  $W/m^2 \cdot K$ . Arvo kertoo, että kuinka monta wattia

lämpötehoa siirtyy rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden. Ulkoseinän U-arvo saa olla enintään  $0,17\text{W/m}^2\text{K}$ . (26.)

Puun huokoisuuden vuoksi sen lämmönjohtavuus on suhteellisen vähäinen. Lämmönjohtavuuteen vaikuttaa syiden suunta. Puun lämmönjohtavuus on melkein kaksinkertainen syiden suunnassa verrattuna sen lämmönjohtavuuteen syitä vasten kohtisuorassa. Mitä kosteampi puutavara on, niin sen lämmönjohtavampi se myös on. (28.) Puisen julkisivuelementin kohdalla pätee samat kriteerit kuin betonisessa ulkoseinäelementissä, mitä tulee lämmönläpäisykertoimiin. Rakennusmateriaalina puuta pidetään yleisesti hyvänä sen eristävyyden takia. (26.)

#### 7.4 Palonkestävyys

Betoni on paloturvallinen materiaali. Ominaisuuksiltaan betoni on palamaton materiaali ja tämän takia sitä käytetään rakennuksissa ja rakenneosissa, joissa vaaditaan palamattomuutta. Korkeissa lämpötiloissa betoni säilyttää hyvin ominaisuutensa sekä varaa lämpöä itseensä. Betoni myös suojaa raudotteita tehokkaasti lämpötilan nousulta. Tulipalo saavuttaa yleensä maksimilämpötilansa jo alle tunnissa ja lämpötila voi nousta jopa  $1200\text{ }^\circ\text{C}$ :een. (8, s. 120.) Rakenteen tulee tulipalossa täyttää asetetut vaatimukset määrätyn ajan keston verran.

Yleensä puu syttyy  $250\text{-}300\text{ }^\circ\text{C}$ :ssa. Puu luokitellaan palavaksi materiaaliksi, mutta myös samaan aikaan paloturvalliseksi. Paloturvalliseksi sen tekee se, että palotilanteessa puu hiiltyy tasaisesti. Palaessa puu hiiltyy noin yhden millimetrin minuutissa, joten sen kuormankestävyys ja sortuminen on helposti enustettavissa. Puurakenteilla voidaan saavuttaa 30, 60, 90 ja 120 minuutin palonkesto aika. Vaadittava palonkesto aika saadaan aikaan rakenteiden suojaverhouksella, usein kipsilevyllä. Palotilanteessa kipsissä oleva kidevesi höyrystyessään pitää levyn lämpötilan palon vastakkaisella puolella. Tämän reaktion ansiosta puu ei pääse syttymään niin helposti. (29.)

Rakenteen tulee tulipalossa täyttää asetetut vaatimukset määrätyn ajan keston verran. Tämä pätee niin betoniin, kuin myös puihin rakenteisiin. Aikoina käytetään yleisesti 30, 60, 90, 120, 180 tai 240 minuuttia. Vaatimuksia merkitään kirjain-numeroyhdistelmillä. Esimerkkinä; Jos rakenteelta vaaditaan samanaikaisesti osastoitavuutta, eristävyyttä ja kantavuutta 60 minuutin ajan, niin käytetään kirjain-numeroyhdistelmää REI60. (8, s. 130.)

## 7.5 Valmiusaste

Betonisen sandwich- ja puuelementin valmiusasteiden vertailu ei ole yksinkertaista. Kummankin julkisivuelementin valmiusaste saadaan tehdasoloissa suureksi, mutta niiden mahdollinen julkisivuverhoilu vaikuttaa lopputulokseen suuresti. Yksinkertaisesti voidaan ajatella, että käyttämällä betonista julkisivurakennetta se voidaan jättää ulkopuolelta niin sanotusti betonipinnalle. Hartelalla on tästä kokemuksia lähihistoriasta Ilmalan Asemalle valmistuneesta toimitilahankkeesta (kuva 4). Käyttämällä esimerkiksi valkobetonia pinnasta saadaan tyylikäs, mutta hinta on myös melko korkea. Käyttämällä betonista elementtiä sisäpuolisiksi töiksi jää elementin sisäpuolen tasoitus sekä maalaus.

Opinnäytetyön tutkimuskohteessa Ilmalan Aurassa käytetty puujulkisivuelementti oli sinällään valmiusasteeltaan suuri, jos ei huomioida siihen sisältyvää julkisivupellitystä. Elementin sisäpuolisiksi töiksi jäi sisäpuolen levytys, eristys ja maalaus. Kosteusvaurioista johtuen elementin lämmöneristeilloja sekä puuri-moja jouduttiin myös vaihtamaan. Kohteen arkkitehtuurisista vaatimuksista johtuen puuelementtiin ei saatu sellaista pakettia, joka olisi sisältänyt myös ulko-verhouksen.

## 7.6 Käyttöikä

Betonin laaja käyttö rakennusmateriaalina perustuu sen pitkään käyttöikänsä. Se vaatii vähäistä huoltoa sen elinkaaren aikana. Tavallisesti betonirakenteet suunnitellaan kestävänsä vähintään 50 vuoden ajan. Käyttöikänsä vaikuttaa betonin lujuusluokka, vesi-sideainesuhde, sementin määrä, lisäaineistus, betonin

paksuus sekä raudoitteiden määrä. (8, s. 144.) Betonisen sandwich-elementin sisä- ja ulkokuorella on eri pituiset käyttöiät. Tyypillisesti sisäkuori suunnitellaan 100 vuoden käyttöikänsä. Ulkokuoren ollessa altis olosuhteille, se suunnitellaan vastaavasti 50 vuoden käyttöikänsä. (14.)

Samoin kuin betonirakenteiden kohdalla, niin myös puurakenteiden käyttöikänsä vaikuttaa niiden huolellinen suunnittelu ja käyttötarkoitus. Jopa yli sadan vuoden toiminnallinen kestävyys on mahdollista saavuttaa, kun rakenteeseen valitaan sopiva ja laadukas puumateriaali. Puurakenteiden kestävyys vaikuttaa sen ulkoiset rasitukset, sillä puu on altis kosteusvaurioille. (30, s. 2. )

## 7.7 Ekologisuus

Merkittävä ero puu- ja betonielementin välillä syntyy niiden aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Alla betonisen sandwich-elementin sekä LapWall-LEKO-puujulkisivuelementin muodostamat hiilijalanjäljet. Arvot ovat suuntaa antavia, sillä ne vaihtelevat esimerkiksi toimittajan mukaan. Arvot on esitetty moduuleissa A1-A3, joka tarkoittaa päästöjen syntymistä raaka-aineiden hankinnasta ja kuljetuksesta tehtaalle aina tuotteiden valmistuksesta tehtaalla syntyviin päästöihin. (31.) Arvoissa ei siis ole huomioitu koko elinkaaren aikana syntyviä päästöjä.

Sandwich-elementti:

Sisäkuori: 80 mm

Eriste: 220 mm

Ulkokuori: 80 mm

Hiilijalanjälki= 90 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>2</sup>. (32.)

LapWall-LEKO puujulkisivuelementti:



Tuulensuojakipsilevy: 9 mm

Runko: 42x198+kivivillaeriste 200 mm

Pystykoolaus 48x48

Hiilijalanjälki= 46,95 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>2</sup>. (18, s. 17.) Hiilijalanjälkeen laskettiin myös elementin sisäpuolinen lämmöneristevilla ja kipsilevy. Nämä eivät kuuluneet kauppaan, vaan asennettiin työmaalla jälkityönä.

Alla olevissa taulukoissa kootusti luvussa 7 esitettyjen rakenteiden ominaisuuksia.

Taulukossa 1 on kuvattuna yleisempiä betonisen sandwich-elementin vahvuuksia ja heikkouksia julkisivurakenteena.

Taulukko 1. Betonisen sandwich-elementin vahvuudet ja heikkoudet.

Vahvuudet	Heikkoudet
Lujuus	Hiilijalanjälki
Kosteudensieto	
Lämmönjohtavuus	
Palonkesto	
Valmiusaste	
Käyttöikä	
Edullinen hinta	

Taulukossa 2 on kuvattuna puuelementin vahvuuksia ja heikkouksia julkisivurakenteena.

Taulukko 2. Puisen julkisivuelementin vahvuudet ja heikkoudet.

Vahvuudet	Heikkoudet
Lujuus	Palava materiaali
Keveys	Arka kosteudelle
Lämmönjohtavuus	Orgaaninen materiaali
Ekologisuus	
Valmiusaste	
Eristävyys	

## 8 Vertailun johtopäätökset

Kummatkin vertailtavat elementtivaihtoehdot sopivat rakennusteknisten vaatimusten kannalta käytettäväksi. Betonielementin käyttöä puoltaa ehdottomasti sen kyky sietää kosteutta. Työmaalla elementtien varastointi- ja asennusvaiheessa pyritään luonnollisesti välttämään rakenneosien kastumista, mutta inhimillisten virheiden sattuessa betoninen rakenne kestää enemmän räsitystä kuin puinen. Toki optimaalinen tilanne olisi se, että rakenteet pysyisivät kuivina koko niiden elinkaaren ajan, mutta tämä tuskin lienee mahdollista.

Lujuusominaisuuksien puolesta betoninen sandwich-elementti ja puinen julkisivuelementti kestävät vertailua. Oikeanlaisella suunnittelulla molemmista rakenteista saadaan tarpeeksi kestäviä. Ei-kantavina rakenteina vertailtavat elementit eivät joudu ottamaan niin paljon kuormia vastaan. Esimerkiksi toimitilahankkeissa valitulla runkojärjestelmällä on suuri rooli, mitä tulee rakennuksen kantavuuteen. Käyttämällä puista julkisivuelementtiä rakennuksen runko voi olla kevytrakenteisempi. Tämä vaikuttaa luonnollisesti kustannuksiin positiivisesti.

Valmiusastetta tarkasteltaessa elementtien välillä syntyy suuri ero. Käyttämällä betonista sandwich-elementtiä työmaalle jääviä työvaiheita on vain muutamia. Jos rakennuksen julkisivu jää betonipinnalle, niin työmaalla tehtäviksi työvaiheiksi jää ainoastaan elementin sisäpuolen tasoitus ja maalaus. Sandwich-elementin ulkopinta pystytään jo valmistusvaiheessa tekemään valmiiksi. LapWall-LEKO-puujulkisivuelementin suurin ongelma oli siihen liittyvä julkisivun pellitys, joka aiheutti työmaalle paljon työtä. Puujulkisivuelementin kohdalla kustannuksia nosti sisäpuolen villoitus sekä levytys. Edellä mainitut työvaiheet suoritettiin pääosin aliurakoitsijan toimesta, joka toi lisäkustannuksia. Kustannukset nousivat melko suuriksi, sillä villoitettavaa ja levytettävää pinta-alaa oli viiden kerroksen verran. Bruttoneliömetrejä rakennuksessa on noin 17 000, joten ulkoseinien osuus tästä on huomattava. Levytettävää ja eristettävää ulkoseinää kohteessa oli noin 4000 m<sup>2</sup>.

Hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa puinen julkisivuelementti on ekologisempi ratkaisu kuin betoninen sandwich-elementti. Luvussa 7.7 esitettyjen lukujen perusteella puisen julkisivuelementin hiilijalanjälki on noin kaksi kertaa pienempi kuin sandwich-elementillä. Muutenkin betoni rakennusmateriaalina tuottaa enemmän hiilidioksidipäästöjä. Tässä mielessä Hartela yrityksenä onnistui toteuttamaan ideologiaansa, kun tavoitteena oli rakentaa ympäristövaikutukset etusijalla.

Vähäinen kokemus puujulkisivuelementtien käytöstä ohjaa varmasti helpommin käyttämään betonista vaihtoehtoa, mutta tutkimuskohteesta saatu data puoltaa jatkossa käyttämään tai edes harkitsemaan puisen elementin käyttöä. Lopputulemana voidaan todeta, että betoninen elementti kestää paremmin ulkoisia

rasituksia kuin puinen elementti, jonka takia se on luotettavampi rakennusmateriaali. Kestävyyssominaisuuksiltaan molemmat vaihtoehdot ovat käyttökelpoisia oikeanlaisella rakennesuunnittelulla. Hartelan tavoitteena on löytää esivalmiusasteeltaan paras rakenneratkaisu julkisivuelementiksi ja tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että betonisella elementillä se on suurempi. Niin kuin tutkimuksessa on esitetty, arkkitehtuuriset vaatimukset sanelevat suurilta osin rakentamista. Ilmalan Aurassa haasteeksi osoittautui liian vaativat seikat arkkitehtuurin puolesta, jolloin puujulkisivun esivalmiusastetta ei saatu toivotun kaltaiseksi.

Opinnäytetyön toisena tutkimusongelmana oli selvittää, että olisiko betoninen sandwich-elementti parempi, tai yhtä toimiva kuin puinen julkisivuelementti. Tutkimuksen perusteella käyttämällä betonista sandwich-elementtiä oltaisiin saavutettu sama lopputulos, kuin puisella julkisivuelementillä. Valmiusasteen ja kosteudenhallinnallisten aspektien puolesta betonista sandwich-elementtiä voidaan pitää luotettavana ja jopa parempana rakenneratkaisuna kuin puista julkisivuelementtiä.

## **9 Oma pohdinta tutkimuksesta**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kerätä tietoa kahden eri julkisivuelementtiratkaisun ominaisuuksista ja käyttökelpoisuuksista. Rakennusteknisten ominaisuuksien lisäksi työssä esiteltiin puun sekä betonin perustietoja sekä niiden historiaa. Tutkimuksessa sivuttiin myös julkisivun ominaispiirteitä ja sen vaikutuksista rakennuksen luonteeseen sekä soveltuvuutta ympäröivään maisemaan.

Itselleni tuli yllätyksenä tutkimusta tehtäessä rakennusvalvonnan sekä lupa-arkkitehdin näkemysten vaikutukset julkisivun ulkonäköön. Tästä syystä vertailu erilaisten julkisivuratkaisujen välillä on haastavaa. Rakennuksen sijainnilla ja ympäröivällä maisemalla on niin suuri vaikutus tähän kokonaisuuteen, että yhtenäisten toimintatapojen löytäminen on melkein mahdotonta. Toki varmasti hyvät välit rakentavan tahon ja viranomaisten välillä sekä aikaisemmat onnistuneet rakennusprojektit osaltaan helpottavat yhteisymmärrykseen pääsyä.

Betonielementtien ja betonin käyttö ylipäättänsä ovat ensimmäisiä asioita, mitkä yleensä tulevat mieleen, kun puhutaan rakentamisesta. Aihetta tutkiessani itsellenikin oli vahva ennakkokäsitys siitä, että betoni on jopa luonnollinen valinta rakennusmateriaaliksi, kun mietitään julkisivurakentamista. Tähän ennakkokäsitykseen vaikutti oma tietämykseni siitä, että Hartela yrityksenä on käyttänyt aikaisemmissa toimitilakohteissaan juuri betonielementtejä.

Nykyajan trendit ja lisääntynyt tietotaito ovat ajaneet rakentavat sekä tilaavat tahot pohtimaan myös muita vaihtoehtoisia ratkaisuja. Betonin hyvät puolet rakentamisessa ovat kiistattomia sen pitkän historian vuoksi. Näyttöä sen hyvistä puolista löytyy monen vuosisadan ajan. Betonielementtiteollisuuden kehittyminen on mahdollistanut asuinrakentamisen kasvun räjähdysmäisesti ja tämän ansiosta lukemattomat ihmiset ovat saaneet kodin itselleen. Betonin pitkä historia toimivana rakennusmateriaalina perustuu sen lukuisiin hyviin ominaisuuksiin, joiden avulla voidaan täyttää rakennustekniset vaatimukset kohteessa kuin kohteessa. Betonin pitkä historia edesauttaa myös siihen liittyvissä korjaus- ja huoltotoimenpiteissä, koska sen ominaisuudet ja niin sanotut tyyppiviat tunnetaan hyvin. Puurakentamisen kasvuun voi vaikuttaa myös osajien vähyys sen saralla. Uskon, että esimerkiksi vanhemman sukupolven rakennesuunnittelijat eivät ole yhtä halukkaita ottamaan haltuun uutta osaamis sektoria kuin uudet tulokkaat. Nähtäväksi jää, että tullaanko tulevaisuudessa esimerkiksi oppilaitoksissa painottamaan entistä enemmän juuri esimerkiksi puurakentamisen mahdollisuuksia.

Vihreät betonit kehittyvät koko ajan ja niiden hiilijalanjälki tulee olemaan pienempi. Kuten työssä tuli ilmi, niin myös puulla on sellaiset ominaisuudet, joilla tarvittavat vaatimukset rakenteissa saadaan täytettyä. Mitä yleisemmäksi puurakentaminen tulee, niin sitä enemmän sen käytöstä saadaan dataa. Hartela Etelä Suomi Oy:n rakentama Ilmalan Aura ja muut tämän kokoluokan hankkeet ovat oivia suunnannäyttäjiä, mitä tulee puurakentamiseen. Betonin yksi valtti on ollut tähän asti sen verrattain edullinen hinta ja tätä voikin vielä tässä vaiheessa pitää sen etuna verrattuna puuhun. Ymmärrettävästi raha ohjaa paljolti rakennushankkeita. Niin kauan, kun yrityksiensä tavoitteena on tehdä mahdollisimman

paljon voittoa ne luonnollisestikin hakevat aina kokonaisedullisimman ja samaan aikaan parhaimman tavan rakentaa. Kysynnän kasvaessa puurakentamisen hintoja saadaan varmasti alaspäin.

Betonin jalansija elementtirakentamisessa on niin vahva, että sen syrjäyttäminen vaatii paljon tekemistä. Kestävän kehityksen paineen vaikutusta rakentamiseen on vaikea arvioida, mutta lienee selvää, että rakentaminen olisi oiva sektori edesauttaa tulevien sukupolvien hyvinvointia. Nähtäväksi jää, että milloin puu tai jokin muu materiaali syrjäyttää betonin, vai käykö näin koskaan. Itse uskon, että betonin tähän asti saavuttama vankka jalansija rakentamisessa pitää pintansa, mutta saa puusta rinnalleen haastajan. Selvää on, että jos puurakentamisen volyyymia halutaan nostaa, niin se vaatii koko rakennusalan yhteisön panostusta.

## Lähteet

- 1 Hartela Oy. Verkkoaineisto. Tietoa meistä. <https://www.hartela.fi/fi/tietoa-meista/>
- 2 Jokinen, Teppo. 2017. Arkkitehtuurin sanakirja. Kirjallisuusaineisto.
- 3 Suonto, Yrjö. 1997. Verkkoaineisto. Julkisivujen korjausopas. Julkisivuyhdistys R.Y. Verkkoaineisto. <https://julkisivuyhdistys.fi/tietoa-julkisivuista/juko-ohjeistokansio/>
- 4 Kuva 1. Verkkoaineisto. Hartela. Toimitilat. Toimitilahaku. Ilmalan Asema. Verkkoaineisto. <https://www.hartela.fi/fi/toimitilat/toimitilahaku/ilmalan-asema/>
- 5 Finlex. Verkkoaineisto. Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki). Verkkoaineisto. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L5/>
- 6 Suomen Betoniyhdistys. Verkkoaineisto. Betonitieto. Valmisosarakentaminen. Verkkoaineisto. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/valmisosarakentaminen.html>
- 7 Elementtisuunnittelu. Verkkoaineisto. Valmisosarakentaminen. Talonrakentaminen. Verkkoaineisto. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/talonrakentaminen>
- 8 Suomen betoniyhdistys. Betonitekniikan oppikirja. 2020. Kirjallisuusaineisto.
- 9 Koivisto, Kiia. 2021. Hiilijalanjälki betoni- ja puukohteissa. Tampereen Yliopisto. kandidaatintyö. Kandidaatintutkielmat.
- 10 Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. Parempi ympäristö tuleville sukupolville. Verkkoaineisto. <https://ym.fi/documents/1410903/132424356/YM-strategia-2035-0509-FI.pdf/50b5e9e7-fa3a-bce5-7559-d59fe840291d/YM-strategia-2035-0509-FI.pdf?t=1662373012732>
- 11 Koivuneva, Joonas. 2015. Puuelementtien asennus sekä niitä ohjaavat määräykset. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 Elo, Henri. 2023. Verkkoaineisto. Salkunrakentaja. LapWall luottaa puuelementtien kasvuun. Verkkoaineisto. <https://www.salkunrakentaja.fi/2023/09/lapwall-puuelementit-tehdasvierailu/>



- 13 Kuva 2. Suomen betoniyhdistys. Betonitekniiikan oppikirja. 2020. Kirjallisuusaineisto.
- 14 Elementtisuunnittelu. Verkkoaineisto. Julkisivut. Julkisivujärjestelmät. Sandwich-julkisivut. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>
- 15 Kuva 3. Elementtisuunnittelu. Verkkoaineisto. Julkisivut. Julkisivujärjestelmät. Sandwich-julkisivut. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>
- 16 Puuinfo. 2020. Verkkoaineisto. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/seinan-ominaisuudet/>
- 17 LapWall. Verkkoaineisto. Raferenssit. <https://lapwall.fi/referenssit/>
- 18 Kuva 4. Hartelan työmaa-aineistot. Ilmalan Aura. RAK. Toteutuspiirustukset.
- 19 LapWall-tuoteluettelo. Verkkoaineisto. LapWall LEKO-elementit ympäristöystävälliseen rakentamiseen. <https://lapwall.fi/wp-content/uploads/2022/12/LapWall-tuoteluettelo-11-2022-webrgb.pdf>
- 20 Karelian opinnäytetyön ohje. Verkkoaineisto. Opinnäytetyön eri muodot. <https://libguides.karelia.fi/c.php?g=679019&p=4901221>
- 21 Kuva 5. Hartelan työmaa-aineisto Havainnekuva Ilmalan Aura. ARCO CEDERQVIST & JÄNTTI ARKKITEHDIT.
- 22 Ilmalan Aura. Hartelan työmaa-aineisto. PINTA-ALAT. ARCO CEDERQVIST & JÄNTTI ARKKITEHDIT.
- 23 Kuva 6. Hartelan työmaa-aineisto. Havainnekuva Ilmalan Aura. ARCO CEDERQVIST & JÄNTTI ARKKITEHDIT.
- 24 Kuva 7. Hartelan työmaa-aineisto. Ilmalan Aura. RAK. Toteutuspiirustukset.
- 25 Puuinfo. Verkkoaineisto. 2020. Puun ominaisuudet. Lujuusteknisiä ominaisuuksia. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/>
- 26 Elementtisuunnittelu. Verkkoaineisto. Julkisivut. Lämpö- ja kosteustekniikka. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/lampo-ja-kosteustekniikka>

- 27 Pellinen, Jenni. Lehtori Metropolia AMK. Luento 2021. Puurakenteet.
- 28 Puuinfo. Verkkoaineisto. 2020. Puun ominaisuudet. Puurakenteiden paloturvallisuus. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/paloturvallisuus/>
- 29 Puuinfo. Verkkoaineisto. 2020. Puun ominaisuudet. Lämpötekniisiä ominaisuuksia. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lampoteknisia-ominaisuuksia/>
- 30 Viitanen, Hannu. 2019. Verkkoaineisto. Vaativien puurakenteiden suunnittelu. Elinkaarisuunnittelu. [https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/47\\_Puurakennuksen-elinkaarisuunnittelu.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/47_Puurakennuksen-elinkaarisuunnittelu.pdf)
- 31 Tarket. Verkkoaineisto. Kuinka ympäristöselosteita kuvataan. Verkkoaineisto. [https://kohdemyynti-lattiat.tarkett.fi/fi\\_FI/node/kuinka-ymparistose-losteita-luetaan-16303](https://kohdemyynti-lattiat.tarkett.fi/fi_FI/node/kuinka-ymparistose-losteita-luetaan-16303)
- 32 Sandwich-elementti. Verkkoaineisto. Hiilijalanjäljen muodostuminen moduuleissa A1-A3. Verkkoaineisto. [https://betoni.com/wp-content/uploads/2021/05/Sandwich-elementti\\_sisakuori-80-mm\\_eriste-220-mm\\_ulkokuori-80-mm.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2021/05/Sandwich-elementti_sisakuori-80-mm_eriste-220-mm_ulkokuori-80-mm.pdf)

## **Ilmalan Auran runkotyönjohtajan haastattelukysymykset**

- Miten puuelementteihin liittyvä logistiikka hoitui työmaalla?

-Liittyikö puuelementtien nostoihin haasteita?

-Miten kosteudenhallinta sujui työmaalla ja vaurioituiko elementtejä sään vaikutuksesta johtuen?

-Sujuiko puuelementtien asennusprosessi työmaalla hyvin? Tuottiko asennusvaihe haasteita työnjohdon näkökulmasta?

## **Ilmalan Auran julkisivupellityksen työnjohtajan haastattelukysymykset**

-Oliko julkisivupellitykseen liittyvät detaljit ja suunnitelmat käyttökelpoisia?

-Sujuiko julkisivupellityksen asennus jouhevasti? Oliko valittu urakoitsija varautunut kohteen laajuuteen?

-Aiheuttiko työmaan ahdas tila haasteita logistiikan kannalta?

-Minkälaisia nostoapuvälineitä työvaiheessa jouduttiin hyödyntämään?

-Oliko julkisivupellitys tahdistava työvaihe? Jos oli, niin mitä tässä tapauksessa piti ottaa huomioon?

## **Ilmalan Auran projektipäällikön haastattelukysymykset**

-Miten Ilmalan Aurassa päädyttiin puisiin julkisivuelementteihin? Oliko betoninen julkisivuelementti konkreettinen vaihtoehto?

-Oliko puun alhaisella hiilijalanjäljellä vaikutusta siihen, että päädyttiin puuelementtiin?

-Mitä positiivisia seikkoja on noussut esiin koskien puuelementtejä?

-Minkälainen ratkaisu oli alun perin ideana? Minkälaisia haasteita valittu ratkaisu on tuottanut?

-Onko valittu puujulkisivuelementti potentiaalinen vaihtoehto myös tulevaisuudessa?