

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutus

Janne Hyttinen

MODUULIRAKENTAMISEN LOGISTIIKKA JA ASENNUS

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2020
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Janne Hyttinen

Nimeke
Moduulirakentamisen logistiikka ja asennus

Toimeksiantaja
Bonava Suomi Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia moduulirakentamisen logistiikkaan ja asennukseen liittyviä asioita ja kuinka asennuksesta ja logistiikasta saataisiin kustannustehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä. Opinnäytetyössä kerrotaan puurakentamisesta, sen historiasta ja esimerkkikohteista, tilaelementtirakentamisesta ja mitä on otettava huomioon eri työvaiheissa ja mahdollisia ongelmia. Kerron myös Bonavasta yrityksenä.

Opinnäytetyössä käytin toiminnallista mallia. Tutkimismenetelmänä käytettiin jo olemassa olevaa teoriaa ja internetlähteitä. Selvitin myös alan ammattilaisilta kyselytutkimuksella, mitä mieltä he ovat tilaelementtirakentamisesta ja mitä on otettava huomioon tässä rakennustavassa.

Opinnäytetyön päämääränä oli miettiä kustannustehokkaampaa ratkaisua tilaelementtien logistiikkaan ja asennukseen liittyen ja siinä onnistuttiin. Kaiken saadun tiedon perusteella luotiin kattava paketti tulevaisuuden tilaelementtirakennusta varten, josta voi kehittää vielä jatkotutkimuksia.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 3
Liitesivumäärä 3

Asiasanat
puurakentaminen, moduulirakentaminen, logistiikka, asennus



THESIS
February 2020
Degree Programme in
Construction Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Author
Janne Hyttinen

Title
Logistics and Installation of Timber Framed Modules.

Commissioned by
Bonava Suomi Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to study the issues related to the logistics and installation of modular construction and how to make them more cost effective and environmentally friendly. The thesis deals with the history of wood construction and its examples, timber framed modules for construction, matters that have to be taken into account at different stages of work and potential problems and also Bonava as a company.

In my thesis I used a functional model. The existing theory, internet sources, and survey research by professionals on what they think about timber framed modules at construction and what to consider in this construction method were used as a research approach.

The aim of this thesis was to think about a more cost-effective solution related to the logistics and installation of the timber framed modules. On the basis of all the information obtained, a comprehensive package for a future element building was created and further studies could be developed.

Language

Finnish

Pages 37

Appendices 3

Pages of Appendices 3

Keywords

wood construction, timber framed modules, logistics, installation

Sisältö

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
1.1 Työnrajaus ja sisältö.....	6
1.2 Tavoitteet.....	7
1.3 Bonava Suomi Oy.....	7
2 Puurakentaminen.....	8
2.1 Yleisimmät rakennejärjestelmät.....	8
2.2 Yleistä puurakentamisesta.....	10
2.3 Puurakentamisen historia.....	11
2.4 Esimerkkikohteita.....	12
3 Tilaelementit.....	15
3.1 Historia.....	16
3.2 Tilaelementin rakenne.....	17
3.3 Moduulirakentaminen.....	18
3.3.1 CELT massiivipuu moduulina.....	19
3.3.2 Elementti Sampo.....	20
4 Tutkimus.....	22
4.1 Tilaelementtien hyödyt.....	22
4.2 Tilaelementtien haitat.....	23
5 Moduuleiden logistiikka.....	23
5.1 Huomioitavaa.....	25
5.1.1 Siirto työmaalle.....	25
5.1.2 Siirto työmaalla.....	27
5.2 Kustannukset.....	27
6 Moduuleiden asennus.....	27
6.1 Huomioitavaa.....	28
6.2 Ongelmat.....	29
6.3 Kustannukset.....	30
6.4 Sääsuojaus.....	30
7 Johtopäätökset.....	34
8 Pohdinta.....	34
Lähteet.....	36

Liitteet

- Liite 1 Logistiikan muistilista
- Liite 2 Asennuksen muistilista
- Liite 3 Elementtien asennussuunnitelma

Käsitteet

Tilaelementti	Rakennuselementti, jossa on valmiiksi rakennettu vähintään ylä- ja alapohja sekä päätyseinät.
Moduulirakentaminen	Tehdasolosuhteissa valmistettujen rakennusosien koostamista.
CLT	Ristiin liimattua massiivipuulevyä, jota käytetään yleisesti talojen rakentamisessa.
Hybridirakenne	Kahden eri materiaalin liittorakenne kuten teräs-puu ja teräs-betoni.
Nokkamies	Työryhmän pomo, joka kommunikoi työnjohdon kanssa asioista.

1 Johdanto

Esivalmisteisia rakennusosia käytetään, jotta rakentamisen tuottavuus paranisi ja rakennusajat lyhenisivät. Moduulirakentaminen käsitetään yleisesti ottaen systemaattiseen mitoitukseen ja esivalmisteisiin rakenneosiin. Modulaarinen rakennustapa on yleistynyt maailmalla viime vuosien aikana, mutta Suomessa tähän rakennustyyliin ei ole vielä oikein päästy kunnolla käsiksi. Tulevaisuudessa asukkaita ajatellen on hyvä olla monipuolista valikoimaa ja on otettava huomioon asukaslähtöisyys entistä tarkemmin. (Kotilainen 2013, 6.)

Aikamme merkittävin haaste on kestäväen rakentamisen kokonaisvaltainen toteuttaminen. Tämän haasteen kannalta on erittäin tärkeää kehittää modulaarista rakentamista eteenpäin. Modulaarinen rakentaminen mahdollistaa rakentamisen entistä energiatehokkaammin, säästeliäämmin ja luo parempaa laatua rakentamiseen. Lisäksi modulaarisesta rakentamisesta on tulossa iso osa tulevaisuuden rakentamista niin digitaalisessa rakennuksen tietomallia hyödyntävässä suunnittelu muodossa, kuin myös teolliseen massatuotantoon perustuvassa rakentamisessa. (Kotilainen 2013, 8.)

1.1 Työnrajaus ja sisältö

Aiheena pelkkä moduulirakentaminen olisi ollut liian laaja, joten sitä rajattiin pelkästään logistiikkaan ja asennukseen. Yritän löytää tietoa, jonka avulla logistiikan ja asennuksen kuluja saataisiin pienennettyä ja niistä saataisiin ympäristöystävällisempiä.

Ideana on hankkia tietoa aiheesta haastattelemalla eri alan yrityksissä toimivia henkilöitä, hakemalla tietoa internetistä ja hyödyntämällä kirjallisuutta.

Opinnäytetyössäni ensin kerron yleisesti puurakentamisesta. Siitä siirryn tilaelementtirakentamiseen, josta kerron yleisesti. Se saa jatkoa moduulirakentamisen hyödyistä ja haitoista. Siitä jatkan sitten kertomalla logistiikkaan ja asennukseen liittyvistä asioista.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä tietoa puu- ja tilaelementtirakentamisesta yleisesti. Kerron kummankin historiasta ja miten on päädytty tämän päivän rakentamiseen. Aion mainita myös erilaisia tilaelementtivaihtoehtoja ja siihen liittyvää yleistietoa.

Minun pitää myös selvittää, kuinka moduulirakentamisen logistiikasta ja asennuksesta saataisiin kustannustehokkaampia ja myös ympäristöystävällisempiä. Yritän myös etsiä kustannuspiikkejä ja mahdollisia syntyviä ongelmia, jotka voitaisiin ennaltaehkäistä.

1.3 Bonava Suomi Oy

Bonava Suomi Oy on perustettu vuonna 2015. Bonavan nimi tulee ruotsin kielen sanoista "Bo" eli asuminen ja "Nav" eli keskipiste ja nämä ovat asioita, joita Bonava edustaa. Bonava Suomi Oy on kansainvälinen yritys, joka rakentaa ihmisille koteja. Bonava toimii Saksassa, Ruotsissa, Suomessa, Tanskassa, Norjassa, Venäjällä, Virossa ja Latviassa. Bonavalla on yhteensä 2100 ammattilaista töissä ja heidän liikevaihtonsa vuonna 2018 oli noin 1,37 miljardia euroa. Bonavan pääkonttori sijaitsee Tukholmassa ja Bonavan toimitusjohtaja on Joachim Hallengren. (Bonava 2019.)

Suomessa Bonava rakentaa Oulussa, Turussa, Tampereella, Jyväskylässä ja eniten Pääkaupunkiseudulla, ja Suomen pääkonttori sijaitseekin Helsingissä. Suomessa Bonavalla on 300 työntekijää ja toimitusjohtajana toimii Juuso Hieta-nen. Vuonna 2018 Bonava Suomen liikevaihto oli 220 miljoonaa euroa.

2 Puurakentaminen

Puutuotteita voidaan käyttää lähes kaikkeen uudis- ja korjausrakentamiseen. Puutuotteilla on myös monia muita eri käyttötarkoituksia ikkunoissa ja ovissa, sisustuksessa ja kalusteissa. Puun käyttöä säätelevät rakentamismääräykset, jotka ovat erilaisia maan mukaan. (Puuinfo, 2019.)

Puutalojen rakentamiseen on monia eri teollisia vaihtoehtoja, joista valitaan sitten kuhunkin kohteeseen sopiva. Kaikissa näissä on kuitenkin yhteistä pitkälle viety teollinen esivalmistus ja nopea rakentaminen. Yleisimmät rakennejärjestelmät ovat kantavat seinät, rankarunkoinen suurelementtitalo, massiivipuinen CLT-tekniikalla tehty kerrostalo, pilari-palkkijärjestelmä, hirsirakenteet ja tilaelementit. (Puuinfo, 2019.)

2.1 Yleisimmät rakennejärjestelmät

Kantaviin seiniin kerroksittain perustuva järjestelmä on puutaloissa yleisin käytetty runkojärjestelmä. Kantavina linjoina talossa toimii yleisesti ulkoseinät ja huoneistojen väliset seinät. Puisilla välipohjarakenteilla voidaan päästä jopa seitsemän metrin jännemittoihin. Kantavia seiniä voidaan toteuttaa käyttämällä rankarakenteisia tai massiivipuusia suurelementtejä. (Puuinfo, 2019.)

Rankarunkoinen suurelementti (kuva 1) on tyypillisin tapa tehdä puurukoinen rakennus. Korkeat rakennukset vaativat seinän rungon olevan vakiomittaista liimatai kertopuuta. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenteeltaan samanlaisia. Välipohjarakenne voidaan valita vapaasti. Jännemittoja voidaan kasvattaa myös hybridirakenteella. (Puuinfo, 2019.)



Kuva 1. Rankarunkoinen suurelementti (Puuinfo).

Seuraavassa kerrostalossa (kuva 2) on kyse seinien toteuttamisesta CLT-massiivipuulevystä. Levyn tehdään tehtaalla valmiiksi aukotukset ja liitokset. Levyn kapasiteetti riittää jopa 12-kerroksisiin taloihin. (Puuinfo, 2019.)



Kuva 2. Massiivipuinen kerrostalo CLT-tekniikalla (Puuinfo).

Pilari-palkkijärjestelmässä (kuva 3) rakennuksen runko muodostuu pilareista ja palkeista, joiden varaan väli- ja yläpohjatasot sekä ulkoseinät asennetaan. Rungossa käytetään liima- tai kertopuuta. Rungon jäykistys onnistuu vinositein jäykkien liitosten avulla tai mastopilareilla. Pilari-palkkijärjestelmällä saadaan pohjaratkaisuun avoimuutta ja mahdollistetaan suuret aukot julkisivussa. (Puuinfo, 2019.)



Kuva 3. Pilari-palkkijärjestelmä (Puuinfo).

Hirsirakenteet ovat perinteinen rakennustapa erityisesti niissä maissa, joissa sitä on ollut paljon tarjolla. Hirrestä tehdään ainakin rakennukseen kantavat rakenteet. Yleisimmät hirsityypit ovat: pyöröhirsi, pelkkahirsi, kelohirsi ja lamellihirsi. (Puuinfo, 2019.)

2.2 Yleistä puurakentamisesta

Uusiutuva puu on puhdas lähiraaka-aine, jota riittää Suomessa myös tulevaisuudessa. Vuoden verran asuntorakentamisessa käyttämämme puu kasvaa takasin jo yhden päivän aikana. Kasvava metsä sitoo myös jatkuvasti hiilidioksidia. Puuta voidaan myös käyttää uusiutuvan energian tuottamiseen, kun se on tullut oman käyttöikänsä päähän. Puu on energiatehokas rakennusmateriaali. Puusta voidaan rakentaa vähintään yhtä energiatehokkaita rakennuksia kuin muistakin rakennusmateriaaleista. (Metsäteollisuus 2010, 3–5.)

Kuluttajat valitsevat nykypäivänä 80 % todennäköisyydellä puun heidän rakennusmateriaaliksensa tai asuinympäristöönsä, jos he saavat valita. Se johtunee puun ominaisuuksista, kuten pehmeästä ja helposti työstettävästä materiaalista. Puun pinnat ovat lämpimät ja miellyttävän tuntuisia. Puutalo myös säästää energiaa, koska puu itsessään tasaa kosteutta asunnossa. Osassa puutaloista myös

käytetään automaattista sammutusjärjestelmää, joka takaa turvallisemman asuminen kuin muista materiaaleista valmistetut talot. (Metsäteollisuus 2010, 7.)

Puurakentamisella on myös hyvin työllistävä asema Suomessa. Sahat ja puuteollisuus tehtaot ovat siellä, missä ovat raaka-aineet. Erilaiset puutuote-, huonekalu ja puusepänteollisuustehtävät työllistävät 40 000 henkilöä eri puolella maamme. Tähän kun vielä lisätään puuhankinnan, puutavaran ja puurakentamisen kanssa työskentelevät henkilöt, niin määrä moninkertaistuu. (Metsäteollisuus 2010, 9.)

2.3 Puurakentamisen historia

Ensimmäiset puurakennukset olivat havuista kasattuja laavuja, jotka toimivat tilapäismajoituksina. Ensimmäiset asuinrakennukset tulevat myöhäiskivikaudelta, jolloin tehtiin niin sanottuja paalu- tai pitkätaloja. Rakennukset pystytettiin asettamalla maahan pystyyn pylviäitä, jotka yhdistettiin toisiinsa ohuemmillä puurungoilla. Rakennukseen tehtiin katto sitten siihen löytyvillä materiaaleilla kuten kaisloilla ja oksilla. (Luukkonen 2017, 10.)

Suomessa hirsirakentaminen alkoi yleistyä rautakaudella, kun tarvittiin asunto, jossa pystyi asumaan vuoden ympäri. Asuntoon laitettiin muutama hirsi päällekkäin perustukseksi. 1000-luvun asuinrakennus sisälsi maalattian, mullasta tehdyn penkin, savella tiivistetyt hirsiseinät, pienet luukut, joita käytettiin ikkunoina. Huoneissa oli yksi ovi ja kattona turvetta tai tuohta. (Luukkonen 2017, 10.)

1500-luvulla rakennukset tehtiin hirsistä. Myös ensimmäiset savupiiput ja lasi-ikkunat tulivat Suomeen. Uudet savupiiput mahdollistivat uuden uuniteknikan, jolloin savunpoisto tehostui. Syrjäseuduilla pihapiiriin kuului yleensä pirtin lisäksi talousrakennus ja sauna. (Luukkonen 2017, 11.)

1700-luvulla sahateollisuus otti ison harppauksen eteenpäin. Hirsirakentaminen säilyi edelleen suosituimpana rakennusvaihtoehtona, mutta huonokokoja saatiin kasvatettua uudella hirsien jakamistekniikalla. Kehitys oli alkuun hidasta johtuen

lainsäädännöllisistä syistä. Pohjan sodan jälkeen alettiin rakentamaan taas taloja uudestaan ja ulkoverhoilussa alettiin käyttämään pystylaudoitusta. 1800-luvulta lähtien kaikki julkiset rakennukset ja kaupunkirakennukset vuorattiin puulaudoituksella. (Luukkonen 2017, 11.)

Toisen maailmansodan jälkeen oli aloitettava taas kaikki alusta. Sotilaat palasivat takaisin ja rupesit rakentamaan uusia kotejaan. Kodit olivat sodan aikana tuhoutuneet, joten tarve oli suuri. Puu oli hyvä rakennusmateriaali, koska sitä oli helposti saatavilla ja sitä osattiin käyttää omatoimisesti. Vuonna 1942 Alvar Aallon toimesta Suomen Arkkitehtiliiton jälleenrakennustoimisto julkaisi tyyppiopirustukset, joiden avulla kuka tahansa pystyi rakentamaan itselleen talon. Tänä päivänä taloa kutsutaan rintamamiestaloksi, mutta silloin se oli jälleenrakennusajan mallitalo. Teollinen hirsituotanto alkoi vuoden 1950 alussa, minkä seurauksena puurakentaminen otti ison harppauksen, jolloin alettiin rakentamaan myös kerros- ja rivitaloja. (Luukkonen 2017, 11.)

1950-luvulla puurakentamisen alkoi hiipua. Vuonna 1946 uusista rakennuksista 85 % rakennettiin puusta, siitä vuosi eteenpäin määrä oli tippunut 43 % ja siitä vielä vuosi eteenpäin niin määrä oli enää vain 26 %. 1960-luvulla levyt tulivat mukaan rakentamiseen. Suosittu materiaali oli lastulevy.

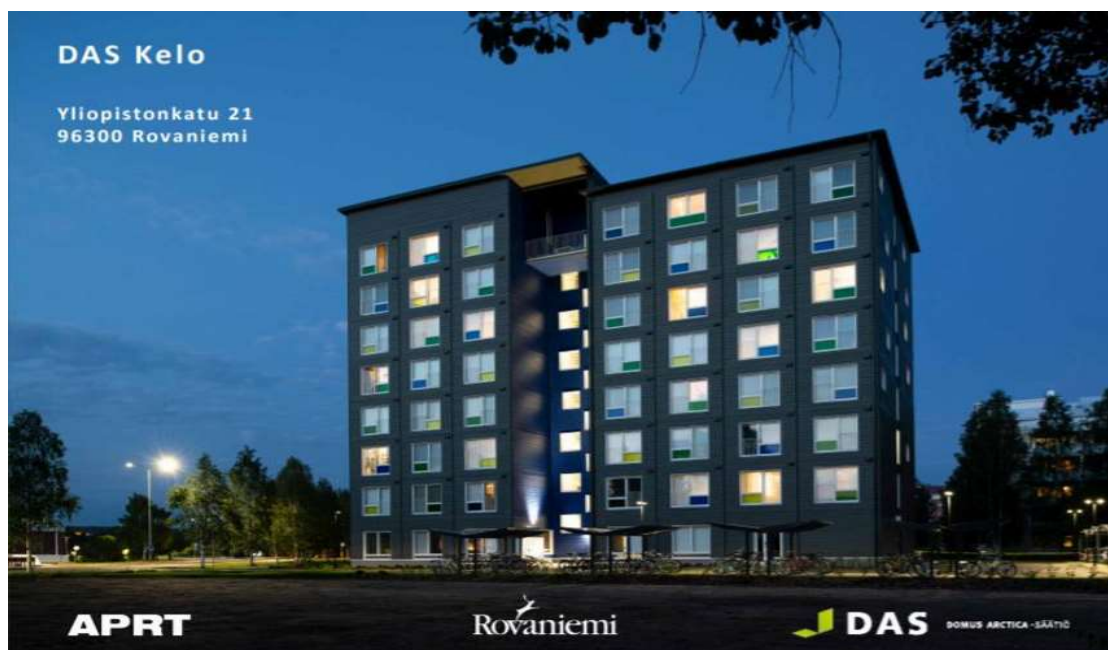
Suomen valtio alkoi 1990-luvun puolivälissä tukemaan puurakentamista ja edistämään hankkeita. Sittemmin puurakentaminen yleistyi taas 2000-luvun alussa. Uusi ekologinen- ja elinkaariajattelutapa yleistyi ja rakennusmääräyksien muuttuminen sekä puun hyvien ominaisuuksien löytäminen vahvisti puun käyttöä rakennusmateriaalina. (Luukkonen 2017, 12.)

2.4 Esimerkkikohteita

DAS on Rovaniemellä toimiva opiskelijoille asuntoja välittävä säätiö, joka on perustettu vuonna 1969. DAS rakennuttaa, vuokraa ja ylläpitää asuntoja omakustanneperiaatteella. Heillä on tällä hetkellä jo 30 kerrostaloa Rovaniemellä, joissa on 1022 asuntoa ja 1650 asukasta. Asuntokanta jakautuu 41 % yksiöihin, 21,2 %

kaksisoihin ja 37,2 % kahden ja kolmen hengen soluasuntoihin. DASilla on neljä periaatetta, joihin se perustaa. Periaatteet ovat edullisuus, hyvä sijainti, pysyvyys ja hyvät palvelut. (DAS.)

DAS Kelo (kuva 4) on kahdeksankerroksinen tilaelementtitalo, jossa on 103 yksiotä. Asumispinta-alaa on 2968,5 m². Asunnot ovat kooltaan 26,5 – 32,5m². Talossa on 20 % puupintaa, käytävät, asuntojen katot ja portaat ovat CLT-pinnalla, muutoin on käytetty kipsilevyä ja maalausta. Kaikissa huoneissa on lattialämmitys ja huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmakone sekä etäluettavat vesimittarit. DAS Kelo panostaa yhteisöllisyyteen. Talossa on yhteisköyttäpesula ja kerho-huone, sauna ja oleskeluhuone kahdeksannessa kerroksessa, polkupyörien huoltotila ja Smart Post -automaatti. Mahdollista on myös sähköauton lataus ja taloon on asennettu aurinkopaneelit ja sähkövarasto. (Case DAS, 3–4.)



Kuva 4. DAS Kelo kerrostalo (Puupäivät, Case Das).

Lakea perustettiin vuonna 1975 nimellä Pohjanmaan Haka Oy. Pohjanmaan Haka Oy rakennutti ensimmäisen kymmenen vuoden aikana 1254 vuokra-asuntoa ja 228 omistusasuntoa. 1990-luvun paikkeilla Pohjanmaan Haka Oy muutti nimensä Pohjanmaan YH-Rakennuttaja Oy:ksi. Yhtiö kerkesi rakentamaan 3759 vuokra-, asumisoikeus-, osaomistus-, palvelukoti- ja omistusasuntoa. Vuonna 2010 yhtiö muutti nimensä Lakea Oy:ksi, ja se on tullut alalla tunnetuksi asumisen

laaja-alaisena kehittäjänä. Yhtiön toimipisteitä on Seinäjoen lisäksi Vaasassa, Kokkolassa, Jyväskylässä ja Riihimäellä. Henkilöstöä on 31. Yhtiö työllistää laajan toimistansa ansiosta tuhansia suomalaisia ympäri maata. (Lakea.)

Seinäjoen Tuohi (kuva 5) on Seinäjoen Pruukinrannassa asuntomessualueella oleva kuusikerroksinen puukerrostalo, joka on pioneerikohde Lakean Sydänpuu-konseptille. Sydänpuu-konsepti tarkoittaa betonirakenteisia kylpyhuonetiloja, jotka on asetettu päällekkäin muodostaen omana itsekantavana rakenteenaan. Muuten asuntojen tilat ovat täysin puusta tehty. Talon putkistot kulkevat betoni-osan sisällä, mistä nimi Sydänpuu on lähtöisin. (Lakea.)

Rakennustyöt aloitettiin vuonna 2016 kesällä ja valmistumisaika oli lokakuussa 2018. Huoneistoja on yhteensä 45 kpl. Rakennuksessa on 23 kpl 34,5m² yksiöitä, 11 kpl 42,5m² kaksioita ja 10 kpl 67m² kolmioita ja yksi 77,5m² kolmio. Kerrosala on 2542m² ja huoneistoala on 1966m². Asunnon on voinut ostaa Lakea Omaksi-rahoitusmallilla, jossa asukas on kohteessa vuokralla maksettuaan käsirahan, vuokrasta lyhennetään pääomailain ja tietyn ajan jälkeen asukas voi lunastaa asunnon omakseen. (Lakea.)



Kuva 5. Seinäjoen Tuohi kerrostalo (Lakea, Seinäjoen tuohi ja sydänpuu kotien salaisuus).

Koas eli Keski-suomen opiskelija- asuntosäätiö SR rakennuttaa ja vuokraa asuntoja opiskelijoille Jyväskylässä. Koas on perustettu vuonna 1975 yleishyödylliseksi säätiöksi. Koasilla on 67 kerrostaloa eri puolilla Jyväskylää. Asuntoja Koasilla on 2436, joista reilu kolmannes on yksiöitä. (Koas.)

Koas rakensi vuonna 2018 Jyväskylän Seminaarinmäelle kaksi nelikerroksista tilaelementtikerrostaloa (kuva 6). Asuntoja kohteessa on yhteensä 103 kpl ja ne on tarkoitettu opiskelijoille. Huoneistojenala yhteensä on 3124m² ja yhteistiloja on jopa 288m² verran. (Elementti Sampo.)



Kuva 6. Koas Seminaarinmäki kerrostalo (Koas, hakijalle).

3 Tilaelementit

Tilaelementiksi luokitellaan rakennuselementti, jossa on rakennettu valmiiksi vähintään ylä- ja alapohjat sekä päätyseinät. Elementissä voi myös mahdollisesti olla sivuseinät osittain tai kokonaan. Tilaelementteihin voidaan asentaa valmiiksi kaikki putki- ja kaapelijärjestelmät ja saniteetti- ja keittiökalusteet. Tilaelementtejä on olemassa kolmea eri perustyyppiä: elementti muodostaa koko rakennuksen,

on osa rakennusrunkoa tai sitten se on rakennuksen sisään asennettava rakennusosa. Tilaelementtitekniikalla saavutetaan kaksoisrakenteen vuoksi hyvä ääneneristys. (Puuinfo.)

Tilaelementit rakennetaan tehtailla ja kuljetetaan rakennustyömaille sovittuina päivinä, joissa on yleensä perustuksen ja talotekniikan liitännät odottamassa valmiina. Tavallisesti omakotitalossa on 2-4 tilaelementtiä. Kerrostalossa on 10 tai enemmän. Yksi tilaelementti painaa yleensä noin 8-16 tuhatta kiloa. Hyvä esimerkki tilaelementistä on työmaalle tarkoitettu työmaatoimisto. (Kotilainen 2013.)

3.1 Historia

1600-luvulta siirtomaiden asutus käynnisti nopealle rakentamiselle tarpeen, johon ei pystytty vastaamaan sen aikaisella rakentamisen tavalla. Näin ollen valmiita rakennuskomponentteja alettiin rakentamaan Euroopassa, josta ne sitten vietiin laivakyydein siirtomaihin. Ensimmäiset siirtomaihin viedyt rakennukset olivat vain puukehikoita, jotka sitten paikan päällä verhoiltiin. Olennainen osa oli rakenteiden keveys ja kokoamisen helppous, koska niitä siirrettiin usein paikasta toiseen. Ideana oli, että rakennuksen pystyi rakentamaan melkein kuka vaan ilman erikoisia työkaluja. (Jokimäki 2009, 4.)

Teollinen vallankumous tapahtui 1800-luvulla ja se vaikutti myös rakentamistapojen kehitykseen. Alettiin käyttämään moduuliverkkoa, jossa pilarit oli kytketty yhteen standardisoituihin kattoristikoihin. Pilarien ja ristikoiden muodostama ranka verhoiltiin. Näin ollen esivalmisteisen osat mahdollistivat nopean purkamisen ja kokoamisen eri paikkaan. Näihin aikoihin kehiteltiin myös uusia liitostekniikoita ja asennuksen apuvälineitä. (Jokimäki 2009, 5.)

Ensimmäiset tilaelementit kehiteltiin 1900-luvulla, kun ensimmäinen maailmansota aiheutti suuren asuntopulan Eurooppaan. Ensin kokeiltiin tehtaissa tuotettuja sarjatuotannolla tehtyjä asuinrakennuksia, mutta tämä ei vielä ottanut tuulta alleen. Useiden tyyppikokeilujen seurauksena 1920-luvulla kuitenkin syntyivät

ensimmäiset tilaelementit ja silloin parhaiksi rakennusmateriaaleiksi valikoitui teräs, puu, muovi ja komposiittirakenteet. (Jokimäki 2010, 6–7.)

Elementtirakentaminen Suomessa on yleistynyt vasta sotien jälkeen 1940-luvun loppupuolella. Silloin tarvittiin nopeasti uusia koteja, joten elementtirakentaminen oli sopiva vaihtoehto siihen. 1960-luvulla alettiin valmistamaan kylpyhuonemoduuleita. Ne olivat sisäpinnoiltaan täysin valmiita käyttöön. Suomessa moduulirakentaminen rajoittui pitkään pelkästään kylpyhuonemoduuleihin (kuva 7) ja työmaakoppeihin. Nykypäivänä se on yleinen, kun on rakennettu kerrostaloja-kin käyttäen pelkästään moduulirakentamista. (Näsänen 2018, 10.)



Kuva 7. Valmis kylpyhuone- elementti. (Joensuun pihapetäjä 2017, 37)

3.2 Tilaelementin rakenne

Tilaelementtitekniikka eroaa suurelementtirakentamisesta ja paikalla rakentamisesta muun muassa suunnittelulähtökohdiltaan ja toteutustavaltaan. Tilaelementit valmistetaan pitkälti esivalmistetuista osakokonaisuuksista ja näin ollen on

aina otettava huomioon logistiikka, joka asettaa vaatimuksia rakenteen kestävyydelle ja keveydelle. (Jokimäki 2010, 12.)

Tilaelementtirakenteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat yksittäiset elementit, kuten kapselimaiset tilaelementit tai kontit. Siihen kuuluvat myös rakennuspaikalla levitettävät ja laajenevat rakenteet, joiden muoto on ennalta määrätty. Tällaisia rakenteita ovat erilaiset kalvo- ja paineilmarakenteet. Toiseen ryhmään kuuluvat esivalmisteiset tilaelementit, jotka kootaan isommiksi kokonaisuuksiksi vasta rakennuspaikalla. (Jokimäki 2010, 13.)

Tilaelementin kantava rakenne voi muodostua monella eri tavalla kuten pilari-palkki rakenteesta, joka on joustava ja sopii avoimeen tilasommitteluun tai kehämäisistä rakenteista. Laattamaisista suurelementeistä, joka on usein sidottu moduuliin ja on jäykkä. Tai sitten yhtenäisestä solumaisesta rakenteesta. Paras vaihtoehto on erilaiset hybridirakenteet, koska ne ovat joustavampia eri mahdollisuuksiin ja mahdollistavat paremmin erilaiset muodot ja pohjaratkaisut. (Jokimäki 2010, 13.)

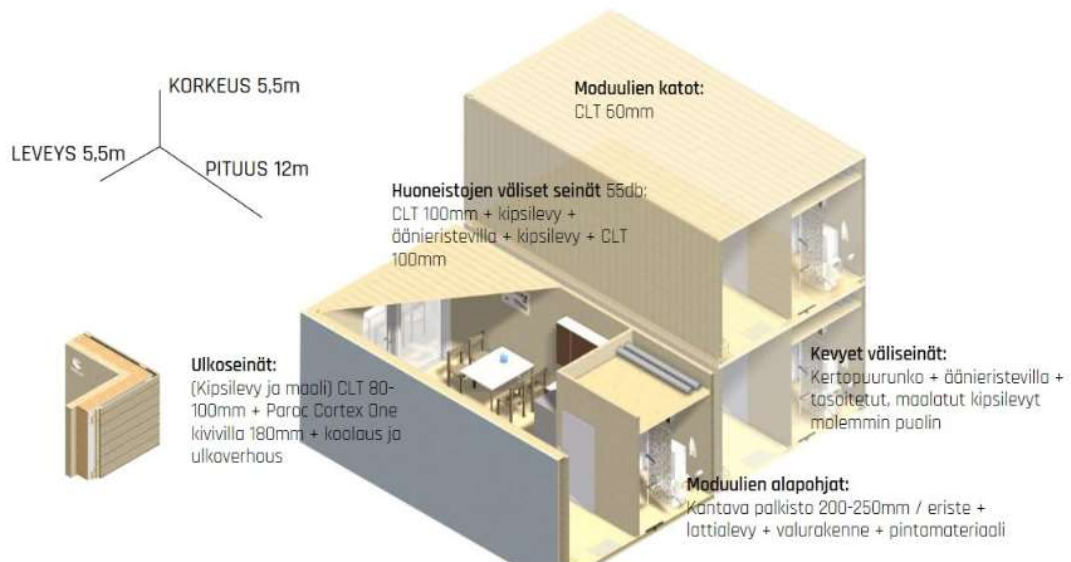
3.3 Moduulirakentaminen

Moduulirakentamisessa saadaan luotua huomattavasti parempaa tuottavuutta ja laadun hallintaa. Työmaaolosuhteissa on paljon enemmän muuttujia, kuten jatkuvasti muuttuva ympäristö, sääolosuhteet, eri alihankkijat, työmaalogistiikka. Nämä kaikki on hallussa, kun rakennetaan tehtaan sisällä. Tällä on myös suuri merkitys työmaan tuottavuuden kannalta, työjohtamisen parantamiseen esimerkiksi aikataulu- ja logistiikkasuunnittelujen myötä. (Lehtisalo 2019.)

Moduulit sopivat myös loistavasti lisärakentamiseen. Moduuleiden avulla saadaan helposti rakennettua arvoa nostattava lisäkerros kerrostaloon. (Pilaster.)

3.3.1 CELT massiivipuu moduulina

Celt on yksi Suomen suurimpiin kuuluvista moduulirakentajista. Se rakentaa moduuleja käyttäen massiivipuuta, joka yhdistettynä teolliseen moduulituotantoon helpottaa rakentamista. Celt-moduuli voi olla jopa 60 m² kokoinen valmis asunto. Celt moduulin maksimimitat ovat: 5,5m leveys 5,5m ja pituus 12m (kuva 8). Celt moduuleita käytetään esimerkiksi parvekkeina, saunoina, katoksina tai vaikka kesäkeittiöinä. (CELT.)



Kuva 8. Celt Moduulin mitat ja rakenteet (Elementti sampo, moduulit).

Eniten Celtin käyttämä rakennusmateriaali on CLT- massiivipuulevy. CLT tarkoittaa ristiin liimattuja puulevykerroksia, joista sitten muodostuu rakennuslevy. Puu rakennusmateriaalina on hyvä, koska se on ympäristöystävällinen ja pitkäikäinen. Eri valmistajien levytuotteissa on myös eroja esimerkiksi valmistusmenetelmien, pintalaatujen, elementtityöstöjen ja saatavuuden osalta. Jotta rakenne on kestävä kerroksia on vähintään kolme, elementin maksimi koko on 3,5m x 12m / 2,95m x 16m ja elementin paksuus on 60mm – 500mm. CLT elementtiä suositetaan, koska se on kantava rakenne,

painumaton, ilmatiivis ja eristävä. CLT rakenne on kosteusteknisesti hengittävä eli se sitoo ja luovuttaa sekä tasaa huonetilan kosteutta. (Celt.)

CLT-rakenteet ovat eristäviä, kantavia ja visuaalisia rakenteita. Tämä mahdollistaa pitkät jännevälit, kaltevat pinnat, monipuoliset aukotukset sekä rakenteen ulkotilaan menevät rakenteet. (Celt.)

Vaivatonta ja nopeaa se on siksi, että puuhun saadaan kiinnitettyä tukevasti. Materiaalit on suorat ja kolhut on suhteellisen helppo paikata mikä tekee rakentamisesta helppoa ja vaivatonta. Pinnat on helppo uusia ja käsitellä mielensä mukaiseksi. Massiivipuurakenne myös mahdollistaa sen, että se ei tarvitse pitkiä kuivumisaikoja työmaalla. (Celt.)

3.3.2 Elementti Sampo

Elementti Sampo mainostaa itseään Suomen suurimpana puukerrostaloelementtien valmistajana. He valmistavat massiivipuuisia CLT taso- ja tilaelementtejä kotimaisesta puusta. Vuonna 2018 he valmistivat 247 kappaletta kerrostaloasuntoja. He työllistävät 65 henkeä Kuhmon tehtaallaan. Heidän tuotteensa ovat tilaelementit ja tasoelementit. (Elementtisampo.)

Elementti Sampo käyttää Suomi Kerrostalojärjestelmä nimistä konseptia rakentaessaan. Sen ansiosta tilaaja tietää jo hankesuunnitteluvaiheessa tuotteen todelliset kustannukset. Tämä mahdollistaa, että tilaelementtikerrostalohanke voidaan viedä läpi tehokkaasti ja vähäriskisesti. Tällä rakennustavalla voidaan rakentaa korkeintaan kuusikerroksinen kerrostalo. (Elementti Sampo.)



Kuva 9. Moduuleitten asennus (Elementti Sampo).

Tilaelementti on valmis asuntolohko, joka on tarpeeksi kestävä kuljetukseen (kuva 10). Tilaelementin hyöty on, että rakennusaika lyhenee ja rakentamisen laatu paranee. Tilaelementin maksimileveys on 5,5 metriä ja maksimipituus on 12 metriä ja maksimikorkeus on 3,4 metriä. Tilaaja voi tietenkin määrittää elementin varustelun itselleen sopivaksi, mikä on mahdollista, kun rakennetaan tehtaassa. (Elementti Sampo.)



Kuva 10. Kuljetusvalmis moduuli ilman suojausta (Elementti Sampo, moduulit).

Tasoelementeillä tarkoitetaan seinä-, alapohja- ja yläpohjaelementtejä. Myös parvekkeet voidaan tehdä tasoelementeillä. Seinäelementin maksimikoko on 3,2mx12m ja ne voidaan varustella taas tilaajan mieleiseksi jo tehtaalla. (Elementti Sampo.)

4 Tutkimus

4.1 Tilaelementtien hyödyt

Kun rakennetaan sisätiloissa, työolot ovat tasaiset. Materiaalihäviöt ovat pienet ja syntyvä rakennusjäte on helppo kierrättää. Kaatopaikkajätettä voidaankin vähentää paikalla rakentamiseen verrattuna jopa 70 %. Työtehtävät onnistutaan myös tekemään nopeammin ja tarkemmin, koska ne toteutetaan tasaisissa ja järjestelmällisissä tehdaslinjastoissa. Työtekijöille pystytään tekemään myös tarkat ja selvät ohjeistukset, jotta ongelmaratkaisukykyä tai suurta ammattitaitoa ei tarvitse olla niin kuin vastaavasti työmaalla olevalla henkilöllä kuuluu, jolloin riski tehdä väärin kasvaa tai jos tietty henkilö on työmaalta poissa, niin koko työvaihe

seisoo eikä etene. Linjastolla työskenneltäessä yhden henkilön poissaolo ei ole ratkaisevassa tekijässä. (Lehtisalo 2019.)

Tehdasolosuhteissa laadun hallinta on myös huomattavasti helpompaa, koska linjastoille voidaan sijoittaa laaduntarkistuspisteet, josta moduuli ei etene seuraavaan työvaiheeseen ennen kuin se on tarkastettu ja todettu hyväksi. Näin rakennusvirheet minimoidaan. Ja koska laatu on hyvää uudelleen rakentamisen ja korjaamisen tarve vähenee. (Lehtisalo 2019.)

Suuri hyöty on myös työturvallisuuden paraneminen, koska rakennetaan hyvissä tiloissa ja olosuhteissa työtapaturvamatkin vähenevät. Myös työntekijöiden ohjeistukseen pystytään paremmin panostamaan ja kiinnittämään huomiota.

4.2 Tilaelementtien haitat

Moduulirakentamisen haittoja voisi olla, että valmista moduulia on vaikea korjata/muunnella myöhemmin. Moduulikehän sisällä tehtävät remontit ja suuret muutoksen jälkikäteen voivat osoittautua kalliiksi ja kohtuuttomiksi.

Moduulirakentamisen haittoja on myös, että moduuleiden kuljetuksessa voi syntyä suuria kustannuksia verrattuna, jos rakennettaisiin työmaalla. Ja kun on moduulirakentamisesta kyse niin ollaan aina säiden armoilla. Voi olla vaikka, että tavoitteena olisi asentaa kuusi moduulia päivässä, mutta säät voivat olla niin huonot, että ei pystytä ja sitten jäädään aikataulusta jälkeen.

5 Moduuleiden logistiikka

Moduulirakentamisessa on huomioitava, kuinka ne saadaan työmaalle ehjänä ja nopeasti. Tehdastuotannosta saatu hyöty saadaan helposti hukattua huonolla logistiikan suunnittelulla ja toteutuksella. Moduuleiden toimitus ja asennusaika on yhdistettävä saumattomasti työmaan aikatauluun. Logistiikasta on otettava huomioon, kuinka moduulit saadaan työmaalle ja myös, kuinka moduuleita siirretään

työmaalla. Moduuleita pyritään myös säilyttämään tontilla hetkellisesti vain lyhyitä aikoja, jotta tontista ei tulisi liian ahdasta ja, että moduulit pysyisivät hyvässä kunnossa eivätkä olisi vain säiden armoilla, joten säilytyspaikkakin on otettava huomioon. Tietenkin myös moduuleitten koko vaikuttaa varastoimiseen ja kuinka monta niitä mahtuu yhteen kyytiin (kuva 11).



Kuva 11. Moduulit kuljetuksessa (Kodumaja, rakennustapa).

Moduulit suojataan tehtaalla kutistemuovilla, joka tarkoittaa sitä, että muovi tiivistyy pintaa vasten lämpöä käyttäen, joten siitä tulee todella tiivis ja hieno paketti. Samaa muovia käytetään muun muassa veneiden suojaamiseen. (Raniplast.) Käytön jälkeen kutistemuovia voi käyttää työmaalla erilaisissa suojauksissa tai sitten se menee kierrätykseen. Loput muovit menevät energiajätteeksi ja sitä kautta ne menevät uusiokäyttöön.

5.1 Huomioitavaa

5.1.1 Siirto työmaalle

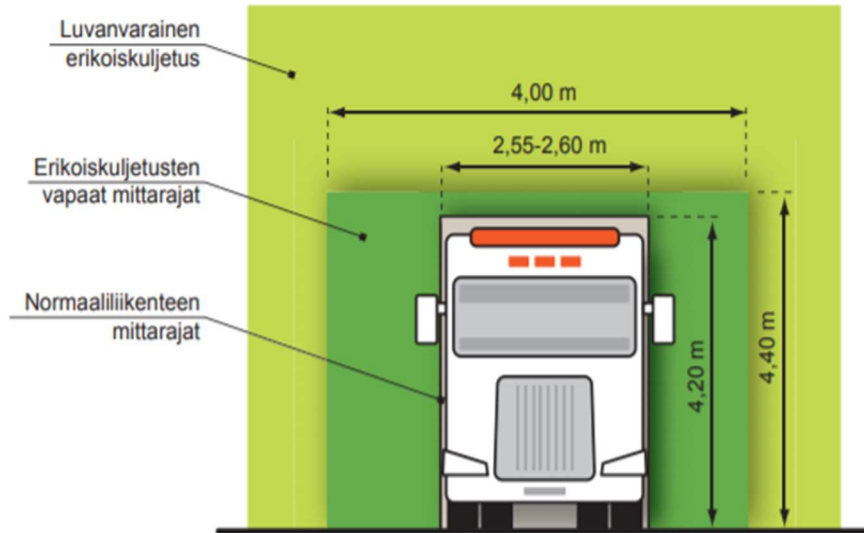
Moduuleiden siirtämisessä Suomen sisällä tehtaalta työmaalle käytetään yleensä puoli- tai täysiperäautoja. Voi myös olla mahdollista, että moduulit tulevat ulkomailta kuten Virossa rahtilaivalla, mutta se taas on sitten aikaa vievää ja epäympäristöystävällistä (kuva 12).



Kuva 12. Moduulit laivassa (Kodumaja, rakennustapa).

Huomioitava on myös teiden ja katujen erilaiset rajoitukset. Jotkut kadut ja tiet eivät esimerkiksi kestä moduuleiden painoa tai ovat liian kapeita moduuleiden kuljetukseen. Moduulit ovat todella painavia jopa 20 tuhatta kiloa, joten jo se mistä saadaan ajaa pitää suunnitella hyvin. Moduulit ovat myös pitkiä ja leveitä, joten ihan joka paikasta ei saa mennä. Normaalit mittarajat liikenteessä ovat korkeudeltaan maksimissaan 4,2 metriä ja leveydeltään 2,6 metriä (kuva 13). Jos nämä rajat ylittyvät puhutaan vapaista mittarajoista, jotka ovat korkeudeltaan 4,4m ja leveydeltään 4m. Tämä luokitellaan jo erikoiskuljetukseksi ja on nouda-

tettava erikoiskuljetuksen merkitsemistä ja varoitustoimenpiteistä annettuja mää-
räksiä. Jos näistä vielä mitat ylittyvät, tarvitaan lisäksi erikoiskuljetuslupa, joka
on reittikohtainen. (ELY-keskus, 3.)



Kuva 13. Erikoiskuljetusmitat (ELY-keskus, erikoiskuljetukset, 5).

Reittien suunnittelussa on otettava huomioon myös, jos matkalle sattuu esimer-
kiksi siltoja. Myös kaupunkikohtaisia rajoituksia on olemassa mitkä tulevat eteen
aika usein. Jos joku kaupunki ei anna käyttää jotain tiettyä katuaan peläten, että
se ruuhkautuisi on mietittävä toinen reitti, mitä kautta moduulit saadaan työ-
maalle.



Kuva 14. Moduuleiden kuljetus (Kodumaja, rakennustapa).

5.1.2 Siirto työmaalla

Moduuleiden siirtely työmaalla on haastavaa. Moduuleiden siirto ei tapahdu ihan pelkästään kurottajan avulla vaan siihen on oltava auto- tai torninosturi. Yleisempi näistä on autonosturi, joka tilataan työmaille aina kun moduulit tulee tai niitä asennetaan paikalleen. Tämän takia moduuleitten siirtely on mahdotonta tai sitten se vie rahaa, jos niitä ei kerralla aseta oikeille paikoille. Yleensä työmaat ovat ahtaita eikä ylimääräistä tilaa totisesti ole. Näin ollen olisi hyvä saada moduulit heti työmaalle tullessaan oikealle paikalle ja oikeaan järjestykseen, jotta ne on sitten helppo asentaa.

5.2 Kustannukset

Kustannukset voivat pomppata huomattaviakin määriä pieleen menneen logistiikan takia. Kustannuksia saadaan pienennettyä niin, että toimitetaan mahdollisimman monta moduulia työmaalle samalla kerralla. Tämä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että ympäristökuorma pienenee ja saadaan myös polttoainekustannuksia ja työntekijöiden liikkumista pienennettyä. On kuitenkin otettava huomioon työmaantila, että mahtuuko moduulit sinne säilöön hetkeksi ja kuinka nopeasti ne olisi tarkoitus asentaa paikalleen.

6 Moduuleiden asennus

Moduuleitten asennuksessa (kuva 15) tulee olla selvät ohjeet työryhmälle. Asennusryhmät olisi hyvä pitää samoina ja yhtenäisinä, jolloin tapahtuisi oppimista ja työn tehokkuuskin paranisi kohde kohteelta. Asennuksen nostotyössä pitäisi pyrkiä saamaan mahdollisimman monta moduulia asennettua päivässä, jolloin taas moduulinkohtainen työkustannus pienenesi.

Ideana on, että moduulit saataisiin samana päivänä asennettua, kun ne tulevat työmaalle, jotta niitä ei tarvitsisi säilöä eikä laatu kärsisi. (Lehtisalo 2019.)



Kuva 15. Saarijärven omatoimi, moduulin asennus (JVR- rakenne 2015).

6.1 Huomioitavaa

Asennuksessa on huomioitava erityisesti sääolosuhteita. Tietenkään nostot eivät ole mahdollista ilman nosturia, joten on huomioitava, että tilataan oikean kokoinen autonosturi paikalle oikeaan aikaan. Pitää myös huolehtia, että on tarvittavat työkalut ja ehkä jopa varakappaleet, jos on helposti särkyviä. On myös tehtävä kaikki ääni- ja palotekniset, kuten tiivisteet ja paljokatkot silloin kun se on mahdollista. Näistä huolehtii työryhmä. Tietenkään elementtien kiinnitystä ei saa unohtaa, koska se on tärkeä asia. Ilman oikeanlaista kiinnitystä elementit voivat kaatua. Yksi hyvä kiinnitystapa on kuvassa 16, jossa on jo valmiiksi tehtaalla asennettu levy, johon sitten toinen elementti ruuvataan kiinni. Ne voidaan myös kiinnittää jykevilla kulmarauodoilla tai täkkipulteilla.



Kuva 16. Elementin kiinnitys. (Jwood, asennus, 51).

Työryhmissä voi olla kokemattomia asentajia, joten on pidettävä huolta, että he saavat asiaankuuluvan perehdytyksen työhön ja, että kaikki asentajat tietävät mitä tekevät. Kun asennetaan tuhansia kiloja painavia moduuleita, on myös huomioitava työturvallisuus.

6.2 Ongelmat

Asennuksen ongelmat voivat syntyä, jos asennukseen suunniteltu työryhmä muuttuu kesken kaiken ja uudet henkilöt pitäisi rauhassa perehdyttää työhön, kun uusi elementti oltaisiin jo valmiina nostamaan paikalleen. On huolehdittava, että työt voidaan hoitaa myös yhden henkilön puuttuttua tai että on oltava varahenkilö, joka osaa hommansa ja voidaan hälyttää toiselta työmaalta paikalle.

Tietenkin sääolosuhteet voivat aiheuttaa ongelmia monellakin tavalla. Jos vaikka on kova pakkanen niin on varauduttava siihen, että koneet eivät käynnisty niin hyvin kuin kesällä,

tämä koskee niin asentajien autoja millä tullaan työmaalle kuin elementtejä toimittavat rekat ja autonosturia, joka nostaa elementit sitten paikalleen.

6.3 Kustannukset

Moduuleitten asennuskustannuksia syntyy autonosturin vuokrasta ja työntekijöiden palkoista. Pitää myös huomioida, että moduuleiden kausaus työmaalle ei ole ilmaista ja jos moduuleiden siirtäminen vaatii jotain erityistoimenpiteitä, niin sekin on otettava huomioon. Suurimmat kustannukset syntyvät moduuleiden siirrosta työmaalle. Tämä asia on hoidettava hyvin ja tarkasti, muuten kustannukset pomppaavat.

Tietenkin kaikkeen on hyvä varautua etukäteen, että ei tarvitse tehdä mitään harmitsemattomia liikkeitä, jotka voivat sitten maksaa. Esimerkiksi, jos ei ole varauduttu, että nostovaijerit ovat vioittuneet, ja sitten niitä pitää äkkiä lähteä etsimään jostain uusia ja silloin työt seisovat ja joudutaan tekemään ylitöitä.

6.4 Sääsuojaus

Kun rakennetaan puusta, on otettava huomioon sääsuojaus. Sääsuojan tarkoituksena on suojata rakentamista ja rakennusmateriaaleja sään aiheuttamilta ongelmilta. Hyvän sääsuojuuksen ja suunnittelun ansiosta voi säästyä paljonkin rahaa ja aikaa. Sääsuojuuksen valintaan vaikuttaa rakennustapa, vuodenaika, rakennuksen koko ja muoto ja tietenkin tilaaja voi vaatia sääsuojuuksen rakentamisen ajaksi. Sääsuojujen toimittajia on useita, mutta suurin osa käyttää alumiinirunkoisia suoja, joissa lohkojako on 2,5 metriä ja suurin jänneväli voi olla jopa 40 metriä. (Puttonen 2018, 21). Tilaelementti kohteissa on otettava huomioon, että elementti nostetaan paikalleen, joten sääsuojan on oltava aukeavaa mallia. Tässä muutama esimerkki vuokraajista.

Ramirent on yksi hyvä sääsuojien vuokraaja ja se tarjoaa monipuoliset vaihtoehdot. Yksi vaihtoehto on sääsuoja siirtokiskoilla (kuva 17). Sen leveys voi olla maksimissaan jopa 40 metriä. Se soveltuu juuri sellaiselle työmaalle, jossa tehdään paljon tavaranoja. Suoja liikkuu kiskoilla, jota voidaan sitten miesvoimin siirrellä aina kun tarve vaatii. (Ramirent).



Kuva 17. Sääsuojat siirtokiskoilla (Ramirent, palvelut).

Toinen hyvä vaihtoehto Ramirentiltä on, työn mukana nouseva sääsuoja siltanosturilla (kuva 18). Tämän tuotteen maksimileveys on 25 metriä. Tuote sopii hyvin puurakentamiseen ja nosturilla voidaan asentaa kerralla jopa 3200 kg painoisia elementtejä. Nostot tehdään suojan päädystä, josta se sitten kuljettaa elementin omalle paikalleen niin, että suoja ei tarvitse ollenkaan avata, suoja myös sisältää tehokkaat LED- valot, jotka mahdollistavat turvallisen työn. Kun kerros on tehty valmiiksi, suoja nostetaan omilla moottoreilla ylemmäksi, jotta seuraavat nostot voidaan aloittaa. (Ramirent.)



Kuva 18. Työn mukana nouseva sääsuoja siltanosturilla (Ramirent, palvelut).

Sääsuojauksen suurin hyöty on, että se pitää koko rakennusajan kohteen kuivana ja ennaltaehkäisee kosteusvaurioita. Se lisää työturvallisuutta ja tehokkuutta. On myös miellyttävämpää rakentaa suojan alla kuivassa, kun ulkona vesisateessa. Sääsuojaus on myös imagoa parantava asia, kun otetaan huomion puun maine rakentamisessa, se on melkein välttämätön. Myös säävaihtelut eivät vaikuta enää työnkulkuun vaan voidaan pysyä sovitussa aikataulussa. (Puttonen 2018, 28.)

Sääsuojaus myös haittaa monia tapahtumia työmaalla. Kun seiniä tai kattoa on avattava nostojen kohdalla, on otettava huomioon säätila, että silloin ei synny kosteusvaurioita. Säätilat on myös otettava huomioon, koska kovan tuulen aikana huolehdittava, että suojaus on ankkuroitu hyvin kiinni, ettei se lähde tuulen mukana. Suojauksessa on myös otettava huomioon työmaan tila ja sen asentamisenkin vie aikaa. (Puttonen 2018, 28–29.)

Suojan hintaan vaikuttavat sen rakentaminen, koko, kunnossapito, kuljetus, muuttaminen ja vuokraus. Yleisin tapa suojauksen hankintaan on sen vuokraus. Myös mahdolliset lisävalot lisäävät kustannuksia. Ja tietenkin kuinka kauan suojasta tarvitaan vuokrata työmaalla.

Vaikka sääsuojauksen hankkiminen maksaakin jonkin verran, on se silti hyvä sijoitus, jos miettii mitä kaikkea voisi tapahtua, jos sitä ei olisi. Puurakenne elää jo pelkästään ilman suhteellisen kosteuden vaihtelujen mukana. Puun kastuminen aiheuttaa sen turpoamista ja jos kastunutta kohtaa ei saada kuivattua tarpeeksi hyvin se homehtuu. Paras ajankohta puurakentamiselle on talvi. Pakkasella pysyvä pitkä jakso takaa pienet riskit kastumisille, mutta silloin tulee lumisade ja se on taas ongelma. Lumi on heti saatava pois rakenteista, että se ei sula sinne ja aiheuta kosteusvaurioita. Joten olisi hyvä, että rakennus olisi suojauksen alla piilossa, jotta sääolosuhteet eivät siihen vaikuta. (Puttonen 2018, 30.)

Yksi vaihtoehto olisi myös, että käytetään tilapäisiä sääsuojauksia (kuva 19). Sen ideana on, että rungoltaan valmiin betonikerroksen päälle asennetaan sääsuojaelementit. Ne ovat pienemmissä osissa, jotka voidaan nostaa sitten rakennuksen

päälle (kuva 20) asennuksen tai työpäivän päätyttyä, kunnes lopullinen vesikatto on paikoillaan. (KKES 2017, 46.)



Kuva 19. Sääsuoja elementti (KKES 2017, 46).



Kuva 20. Sääsuoja elementin asennus paikalleen (KKES 2017, 50).

7 Johtopäätökset

Moduulirakentamisessa on otettava huomioon monia asioita, jotta siitä saadaan kustannustehokasta. Logistiikassa on tärkeää huolellinen järjestely, että moduulit toimitetaan oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Kustannuksia myös pienentää se, että moduulit saataisiin tehtyä mahdollisimman lähellä työmaata, jonne ne ovat menossa, että ei tarvitsisi olla niin paljoa tien päällä. Kuljetuskalustoa kannattaa myös hyödyntää niin paljon kuin mahdollista, että selvittäisiin mahdollisimman vähällä edes- takaisin ajelulla. Moduulit kannattaisi nostaa suoraan kuljetusauton kyydistä paikalleen, tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että on tiedettävä kuinka kauan yhden moduulin asennuksessa kestää, että seuraava moduuli ei tule liian aikaiseen, työmaalle ja näin ollen voi syntyä ruuhkaa.

Asennuksessa tärkeä asia on tietenkin osaava ja ammattitaitoinen työryhmä. Työryhmässä olisi hyvä olla yksi nokkamies, joka sitten jutellee työnjohdon kanssa ja kertoo siitä sitten työryhmälle. Työryhmän olisi hyvä pysyä samana koko asennuksen ajan ja, että kaikki tietävät omat roolinsa työryhmässä. Jos käytetään sääsuojasta, on huomioitava, milloin se aina avataan, että ei tule odotettua. Voisi myös miettiä, onko se koko asennuspäivän ajan auki ja mahdollistaako sää sen. Asennusta nopeuttaa se, että moduulit toimitetaan oikeassa järjestyksessä ja otetaan suoraan auton kyydistä ja laitetaan paikalleen, kun asennus on valmis toinen, auto tulee tilalle ja tyhjänä oleva auto lähtee hakemaan uusia moduuleita tilalle.

8 Pohdinta

Puurakentaminen on hyvässä nousussa Suomessa. Yhä useampi alkaa tajuta puurakentamisen hyvät puolet ja alkaa suosimaan sitä eli oikeaan suuntaan ollaan menossa sen kannalta. Puun soveltuvuus rakentamiseen on huomattu ja sitä on ruvettu hyödyntämään tehokkaasti. Puuta voidaan käyttää niin korjaus- kuin uudisrakentamiseen ja sillä on monta eri käyttötarkoitusta.

Tilaelementeistä rakennetaan yleensä kerrostaloihin kylpyhuonemoduuleita, mutta kyllä sitäkin aletaan käyttämään muuhunkin tarkoitukseen pikkuhiljaa enemmän ja enemmän. Kun on alettu huomaamaan tilaelementtien hyöty rakentamisessa, sitä on ruvettu käyttämään enemmän. Hyvissä tehdasolosuhteissa tehdyt tilaelementit toimitetaan työmaalle ja ovat valmiita asennukseen, sisältäen jo valmiiksi asennetut putkitukset ja saniteettikalusteet. Se myös nopeuttaa ja parantaa rakentamisen laatua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ympäristöystävällisempää ja kustannustehokkaampaa ratkaisua moduuleiden logistiikkaan ja asennukseen. Aloitin työni tarkastelemalla yleisesti puurakentamista ja siirryin sitä kautta tilaelementtirakentamiseen, josta siirryin sujuvasti moduulirakentamiseen. Sain kasaan hyvin tietoa yleisesti ottaen tilaelementtirakentamisesta.

Logistiikasta ja asennuksesta hain tietoa eri yritysten edustajilta, jotka ovat perehtyneet näihin toimintatapoihin. Hankin tietoa myös eri nettisivuilta ja jo tehdyistä tutkimuksista, jotka vaikuttivat mielestäni luetettavilta. Sain kasaan kyseisellä taktiikalla ihan hyvin tietoa, joista myös varmasti on apua tulevaisuudessa. Uskon, että tulevaisuudessa tulee vielä uusia tapoja, joilla saadaan logistiikan ja asennuksen kustannuksia pienemmäksi ja ympäristöystävällisemmäksi, kun moduulirakentamista aletaan käyttämään enemmän työmailla.

Lähteet

- Celt. Moduulit. https://celt.fi/moduulit/?gclid=CjwKCAiAIO7uBRANEiwA_vXQ-wv5-Q-j8rkX07bNpIEK7s3IWWV_59WDKqOgLyY2_z7j2_YoP-ncbtvxoCnoAQAvD_BwE 28.10.2019.
- Celt. CLT. <https://celt.fi/ct/> 25.11.2019.
- DAS. <https://www.das.fi/fi/DAS#>. 18.12.2019.
- Elementti Sampo. <https://www.elementtisampo.fi/>. 18.12.2019.
- Elementti Sampo. KOAS Seminaarinmäki. <https://www.elementtisampo.fi/referenssit/koas-seminaarimaki/>. 18.12.2019.
- ELY-keskus, Erikoiskuljetukset. http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_erikoiskuljetusluvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdf/cbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51. 3.1.2019.
- Jokimäki, S.2010. Näkökohtia tilaelementtiarkkitehtuuriin, sovelluksena koulu. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin koulutusohjelma. Diplomityö. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6573/jokimaki.pdf?sequence=6>. 2.12.2019.
- Jwood. Tulevaisuuden kerrostalo. http://www.jwood.fi/Asennus_Jwood_web.pdf. 15.1.2020.
- Karjalaisen kulttuurinen edistämissäätö. 2017. Joensuun pihapetäjä. Energia- tehokas puukerrostalo. <http://www.joensuunpihapetaja.fi/wp-content/uploads/2017/05/Joensuun-Pihapeta%CC%88ja%CC%88-energiatehokas-puukerrostalo-julkaisu-2017.pdf>. 15.1.2020.
- Kodumaja. Rakennamme sisäelementeistä. <http://www.kodumaja.ee/fi/Rakennustapa-ja--teknologia/Rakennamme-tilaelementeistä> 6.11.2019
- Koas. <https://www.koas.fi/fi/keski-suomen-opiskelija-asuntosaaio/>. 18.12.2019.
- Kotilainen, S. 2003. Moduulirakentaminen. Ratkaisumalleja asuntorakentamisen haasteisiin. Tampereen teknillinen yliopisto. CONCELLS-hanke. 3.1.2019.
- Lakea. Seinäjoen Tuohi ja Sydänpuu- kotien salaisuus. 7.3.2018 <https://lakea.fi/seinajoen-tuohi-ja-sydänpuu-kotien-salaisuus/>. 2.12.2019
- Lehtisalo, T. 2019. Opinnäytetyö-Moduulirakentaminen. Tuomas.Lehtisalo@pilaster.fi. 28.10.2019.
- Luukkonen, J.2017. Teollisen puurakentamisen edistäminen Suomessa. Karelia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121996/Luukkonen_Jesse_2017_02_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 3.12.2019.
- Metsäteollisuus. Puurakentaminen on ratkaisu. 2010. <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/477.pdf>. 3.12.2019
- Näsänen, M.2018. Tilaelementin kehittäminen. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142793/Nasanen_Marko.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 2.12.2019.
- Pilaster, Moduulirakentaminen tuo etuja. <https://pilaster.fi/moduulirakentaminen/>

25.11.2019.

- Puuinfo. Yleisimmät rakennejärjestelmät. <https://www.puuinfo.fi/puu-tieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4trakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t> 31.10.2019.
- Puuinfo. Elementtien asennustyö 1.3.2017. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Elementtien%20asennusty%C3%B6.pdf>. 15.1.2020.
- Puupäivä, Case DAS. https://www.puupaiva.com/sites/default/files/Saviaro_Ylinen_Nieminen_DAS%20Kelo.pdf. 18.12.2019.
- Puttonen, A. 2018. Puukerrostalorakentamisen sääsuojaus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/148995/Puttonen%20Ari.pdf;jsessionid=5542FF80206B58E97D3640BBB635E09F?sequence=1>. 7.1.2020.
- Raniplast, Tuotteet <https://www.raniplast.com/fi/tuotteet/teollisuus/rakentaminen/>. 3.1.2019.
- Ramirent, Sääsuojat. <https://www.ramirent.fi/tutustu-palveluihimme/saasuojat>. 7.1.2020.
- Rakennustuotepalvelut Oy. Puurakenteiset tilaelementtirakennukset. <http://www.rakennustuotepalvelut.fi/tuotepalvelut/elementointipalvelu/tilaelementtirakennukset/> 2.12.2019
- Suuronen, A. 2019. Opinnäytetyö - Moduulirakentaminen. Arttu.Suuronen@jvr-rakenne.fi. 7.11.2019.
- Tolppanen, J – Karjalainen, M – Lahtela, T – Viljakainen, M 2013. Suomalainen puukerrostalo - rakenteet suunnittelu ja rakentaminen. Opetushallitus, Helsinki.
- Wikipedia, Tilaelementtien valmistus ja valmiusaste. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tilaelementti> 25.11.2019.

Logistiikan muistilista

1. Moduulit mahdollisimman läheltä työmaata.
2. Selkeä reittivalinta.
3. Moduulit toimitetaan oikeassa järjestyksessä.
4. Tarkat ajankohdat millon toimitetaan. Otettava huomioon mahdolliset säähaitat
5. Moduulit otetaan auton kyydistä, ja asennetaan heti.
6. Asennuksen jälkeen auto lähtee hakemaan uutta moduulia ja toinen auto tulee tilalle ja näin ollen asennus ei katkea.

Liite 1. Logistiikan muistilista.

Asennuksen muistilista

1. Oikean kokoinen työryhmä. Jos yksi henkilö on poissa, koko asennus ei saa jämähtää.
2. Työryhmän perehdytys. Sama työryhmä koko asennuksen ajan.
3. Tehtävä tarkka aikataulu, milloin moduulit tulee, kuinka kauan asennukset kestävät.
4. Aikataulu toimitettava työryhmälle.
5. Otettava huomioon säähäitä ja toimittajien nosto-ohjeet.
6. Säätuojauksen avaaminen, milloin kannattaa avata, jossitä käytetään.
7. Oikea aikainen rivakka asennus. Muistettava silti työturvallisuus.
8. Ääni- ja paloteknisten asioiden hoito.
9. Elementtien huolellinen kiinnitys.
10. Säätuojan asennus.

Liite 2. Asennuksen muistilista.

Elementtien asennussuunnitelma

- 1. Kuljetus**
 - 1.1 Kuorman purku
 - 1.2 Varastointi
 - 1.3 Työmaatiet
- 2. Työmaa**
 - 2.1 Aikataulu
 - 2.2 Asennusjärjestys
- 3. Nostot**
 - 3.1 Nostokalusto
 - 3.2 Nostoelimet
- 4. Stabiilitteetti**
 - 4.1 Rungon stabiilitteetti
 - 4.2 Elementtien tuenta
- 5. Toleranssit**
 - 5.1 Asennuksen mittatarkkuus
- 6. Voimaliitokset**
 - 6.1 Elementtien väliset liitokset
 - 6.2 Elementtien saumat
- 7. Työturvallisuus**
 - 7.1 Kaiteet, valjaat, henkilönostimet
- 8. Olosuhdehallinta**
 - 8.1 Sääsuojaus
 - 8.2 Paloturvallisuus



1.3.2017

PUUINFO

Liite 3. Elementtien asennussuunnitelma (Puuinfo, 7).