



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PUUASUINKERROSTALON RAKENNERATKAISUT SUOMESSA JA RUOTSISSA

Julia Herkert

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

HERKERT, JULIA:

Puuasuinkerrostalon rakenneratkaisut Suomessa ja Ruotsissa

Opinnäytetyö 60 sivua
Huhtikuu 2017

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Tampereen kaupungin puurakentamisen kehittämissuunnitelmaa. Kehityssuunnitelmaan liittyen Tampereen kaupunki tilasi Tampereen ammattikorkeakoululta neljä puurakentamiseen liittyvää opinnäytetyötä ja tämä työ on yksi niistä. Osa tästä opinnäytetyöstä toteutettiin osittain yhteistyössä kahden muun opiskelijan kanssa, joiden opinnäytetyöt liittyivät myös tilattuun kokonaisuuteen. Yksilötyönä toteutetussa osuudessa tutkittiin, eroavatko puukerrostalojen rakenneratkaisut Suomessa ja Ruotsissa. Kolmen opiskelijan yhteistyönä lopuksi pohdittiin vielä, miten puurakentamista voitaisiin edistää Suomessa.

Työn tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kirjallisuus- sekä tapaustutkimusta. Puukerrostalorakentamisen taustoja selvitettiin kirjallisuustutkimuksen avulla. Selvitys kattaa lyhyesti puukerrostalorakentamisen historiaa sekä esittelee yleisellä tasolla puukerrostalorakentamisen tilanteen molemmissa maissa. Puukerrostalojen rakenneratkaisut käytiin lävitse teoreettisesti sekä esittelemällä ja analysoimalla Suomessa ja Ruotsissa toteutettuja puukerrostalokohteita.

Tutkimuksessa saatiin selville, että Ruotsilla on Suomeen verrattuna noin kahdenkymmenen vuoden etumatka puukerrostalojen rakentamisessa. Suurin syy Ruotsin etumatkaan ovat maassa aiemmin lieventyneet palomääräykset, joiden ansiosta puukerrostalojen rakentamistekniikoita on päästy kehittämään paljon Suomea aikaisemmin. Ruotsin etumatkasta huolimatta tällä hetkellä molemmissa maissa hyödynnetään kuitenkin samanlaisia rakenneratkaisuja. Suomesta poiketen Ruotsissa kuitenkin suurin osa puukerrostalojen rungoista toteutetaan tilaelementtitekniikalla.

Työn suositukset sekä jatkotutkimusehdotukset toteutettiin yhdessä kahden muun opiskelijan kanssa. Jokainen työ lähestyi puukerrostalorakentamista hiukan erilaisesta näkökulmasta, ja lopuksi nämä näkökulmat yhdistettiin. Yhteistyöryhmä nosti tärkeimmäksi kysymykseksi, kuinka puurakentamisella voidaan vastata tämän hetken ja tulevaisuuden rakentamisen haasteisiin. Vastausta kysymykseen pohdittiin mm. rakennustekniikan sekä markkinoinnin näkökulmista. Tiedostamalla rakennusten tulevat loppukäyttäjät sekä heidän tarpeensa voidaan puukerrostalorakentamisen hyviä ominaisuuksia hyödyntää markkinoinnissa monipuolisemmin. Jatkossa olisikin hyvä tutkia esimerkiksi minkälaisia asioita kerrostaloasukkaat toivovat asunnoiltaan ja kuinka esimerkiksi puun antibakteerisuutta voitaisiin hyödyntää asuin- ja julkitilarakentamisessa.

Asiasanat: puukerrostalo, rakenneratkaisu, tilaelementti, komponentti, markkinointi

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

HERKERT, JULIA:

Apartment buildings and their structural solutions in Finland and Sweden

Bachelor's thesis 60 pages

April 2017

This thesis was part of wooden construction development program lead by city of Tampere. As part of this program city of Tampere commissioned four theses from Tampere University of Applied Sciences and this is one of them. Part of this thesis was realized with two other students whose theses were also part of the program. This thesis studies how structural solutions in wooden construction differs between Finland and Sweden. The deliberation part of this thesis was done in cooperation with the two other students.

Two research methods were used. Backgrounds of wooden apartment buildings were studied by literature review. Study included short summary of the history of wooden apartment buildings and introduction to structural solutions in both Finland and Sweden. Structural solutions were also studied with case study as method. Recent cases were chosen from both Finland and Sweden.

From the research, it was found that Sweden has almost twenty-years advantage over Finland in the field of wooden apartment buildings. Main reason for this is that the fire regulations were mitigated earlier than in Finland which allowed advances in construction solutions. Despite this head start it was found that the construction solutions are basically the same. But unlike in Finland in Sweden box units are the most used solution.

Recommendations and further research proposals were done together with the two other students. Each thesis approached wooden apartment construction from different point of view and in the end these were combined. Research group concluded that, how wooden structures can respond to the challenges in construction of today and tomorrow, was the most crucial question. The answer was considered, among other views, from the point of construction solutions and marketing. Considering the end users and their needs it is possible to emphasize the good qualities of wood and use this in marketing. In the future, it would be good to research for example what are the qualities that the end user wishes from their apartment. The antibacterial qualities of wood could for example be utilized in apartment and public projects.

Keywords: wooden apartment building, structural solution, box unit, component, marketing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tausta.....	6
1.2	Tarkoitus ja tavoitteet	6
1.3	Tutkimusmenetelmät	7
1.4	Työn rajaukset.....	7
2	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	8
2.1	Kirjallisuustutkimus.....	8
2.2	Tapaustutkimus	8
3	SUOMEN PUUKERROSTALORAKENTAMISEN NYKYTILA	10
3.1	Suomalaisten puukerrostalojen kehitys	10
3.2	Rakentamistekniikat.....	13
3.2.1	Rankarakenteet.....	14
3.2.2	Massiivipuorakenteet	16
3.2.3	Pilari – palkki -rakenteet	19
3.2.4	Tilaelementit	20
3.3	Suomalaisia puukerrostalokohteita 2010-luvulla.....	22
3.3.1	PuuMera – Vantaa.....	22
3.3.2	Latokartanon puukerrostalokortteli – Helsinki	24
3.3.3	Puukuokka 1 – Jyväskylä.....	27
4	RUOTSIN PUUKERROSTALORAKENTAMISEN NYKYTILA	30
4.1	Ruotsalaisten puukerrostalojen kehitys	30
4.2	Rakentamistekniikat.....	35
4.3	Ruotsalaisia puukerrostalokohteita 2010-luvulla.....	35
4.3.1	Kombohus Plus - Valsta.....	36
4.3.2	Strandparken – Tukholma.....	38
4.3.3	Skagerhuset – Tukholma.....	42
5	VERTAILU SUOMI – RUOTSI.....	47
6	TULOSTEN TARKASTELU	49
6.1	Menetelmien arviointi.....	49
6.2	Menetelmien luotettavuus.....	49
7	POHDINTA.....	50
7.1	Tulosityhteenvedo.....	50
7.2	Suosituksset.....	50
7.3	Jatkotutkimusehdotukset.....	53
	LÄHTEET.....	54

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

Puukerrostalo	Kerrostalo, jonka kantavan rungon materiaali on puu.
Komponentti	Rakennuksessa oleva yksittäinen rakenneosai tai rakenneosakokonaisuus.
CLT	CLT eli Cross Laminated Timber on ristikkäin liimatuista puulevyistä valmistettu massiivipuulevy, jota hyödynnetään rakennusteollisuudessa esimerkiksi kantavan rungon valmistuksessa. CLT:n hyödyntäminen Suomalaisissa puukerrostalokohteissa on kasvussa.
LVL	LVL eli laminated veneer lumber on ristikkäin liimatuista viiluista valmistettu massiivipuulevy, jota hyödynnetään rakennusteollisuudessa esimerkiksi kantavan rungon valmistuksessa. LVL:n hyödyntäminen Suomessa on kuitenkin vielä hyvin marginaalista.
Insinööripuutuote	Yleisnimitys rakennuksessa oleville puisille komponenteille, jotka valmistetaan yhdistämällä valmiiksi jalostettua puutavaraa. Esimerkiksi CLT ja LVL ovat insinööripuutuotteita.
Pilari- palkki -runko	Yksi rakennusten rakentamistekniikka. Tekniikassa rakennuksen kantavana runkona toimii pilari-palkki -järjestelmä.
Pilari-palkki -järjestelmä	Pilareista ja palkeista muodostuva rakennuksen kantava runko.
Muuntojoustava	Tila joka voidaan tarvittaessa järjestellä helposti tai pienellä vaivalla uudelleen tai uuteen käyttötarkoitukseen.
Varustetaso	Tarkoittaa tilassa tai elementissä vakiona olevien komponenttien määrää. Tilat ja elementit voivat olla varustetasoltaan erilaisia.
Hiilijalanjälki	Tarkoittaa tuotteesta, toiminnasta tai palvelusta sen elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonepäästöjä.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Vuonna 2011 Suomen työ- ja elinkeinoministeriö käynnisti valtakunnallisen puurakentamisohjelman osana Metsäalan strategista ohjelmaa. Ohjelman keskeisiä tavoitteita olivat puun käytön ja puurakentamisen lisääminen sekä uuden yritystoiminnan luominen uusien puuinnovaatioiden ja -tuotteiden avulla. Ohjelma saatiin päätökseen vuoden 2015 loppupuolella ja ohjelman tärkeimpänä saavutuksena pidettiin puun käytön lisääntymistä suurimittakaavaisessa teollisessa kerrostalorakentamisessa. (1; 2.)

Tampereen kaupunki oli mukana valtakunnallisessa puurakentamisohjelmassa ja haluaa edelleen kaupungin kehitysstrategiassaan edistää puurakentamista. Kaupunki solmi puurakentamisen kehittämiseen liittyvän yhteistyösopimuksen työ- ja elinkeinoministeriön, Tampereen teknillisen yliopiston, Tampereen ammattikorkeakoulun sekä Luonnonvarakeskuksen kanssa vuosille 2016-2020. (3.)

Tampereen ammattikorkeakoulu tilasi, osana Tampereen kaupungin puurakentamisen edistämissopimusta, neljä puurakentamiseen liittyvää opinnäytetyötä. Ensimmäinen tähän kokonaisuuteen liittyvä opinnäytetyö valmistui keväällä 2016 ja se käsitteli puusiltojen elinkaarikustannuksia. Kolme muuta opinnäytetyötä tehtiin kevään 2017 aikana ja tämä työ on yksi niistä. Kaksi muuta opinnäytetyötä olivat

- Puuasuinkerrostalojen jakelukanavat, tekijänä liiketalouden opiskelija Janita Korpela sekä
- Puuasuinkerrostalojen rakentamisen edistäminen Suomessa, tekijänä rakennustekniikan opiskelija Juha Ryhänen.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin osittain yhteistyössä näiden kahden opiskelijan kanssa.

1.2 Tarkoitus ja tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan Suomessa ja Ruotsissa rakennettavien puukerrostalojen rakenneratkaisuja. Työn osatavoitteena on selvittää eroavatko Ruotsissa hyödynnetyt rakenneratkaisut, puukerrostalojen imago tai esimerkiksi puukerrostalojen rakentamista koskeva lainsäädäntö oleellisesti Suomen olosuhteista. Tämä osuus opinnäytetyöstä on toteutettu yksilötyönä.

Työn päätavoitteena on pohtia, miten Suomessa voitaisiin edistää puurakentamista. Tämä osuus työstä on toteutettu yhteistyössä, samaan kokonaisuuteen kuuluvien opinnäytetöiden tekijöiden, Korpelan sekä Ryhäsen kanssa. Kaikissa kolmessa opinnäytetyössä on lähestytty puurakentamista hiukan eri näkökulmista. Nämä näkökulmat on tarkoitus yhdistää ja jokaisen työn lopusta löytyy yhteisesti kirjoitettu pohdintaosuus.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen teoriaosuus alkaa tiivistetyllä katsauksella Suomen puukerrostalorakentamisen nykytilaan. Tämä osuus toteutettiin kirjallisuusselvityksenä. Työn varsinaisessa ydinosuudessa tutkitaan puurunkoisten kerrostalojen rakenneominaisuuksia sekä kustannuksia maailmalla. Tätä tietoa vertaillaan Suomessa käytettäviin ratkaisuihin. Tutkimuksen ydinosuus toteutettiin tapaustutkimuksena.

1.4 Työn rajaukset

Työn tutkimusosuudessa käsitellään Suomen ja Ruotsin asuinpuukerrostalojen rakentamistekniikoita valmistuneiden kohteiden avulla. Työssä esiteltävät puukerrostalokohteet ovat vähintään neljä kerroksisia ja ne on toteutettu erilaisilla rakentamistekniikoilla.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Koska työssä tutkitaan puukerrostaloja kokonaisvaltaisena ilmiönä, on tutkimus laadultaan kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Laadullista tutkimusta voidaan toteuttaa erilaisilla menetelmillä joiden yhteisenä piirteenä ovat mm. tutkittavan asian taustan, tarkoituksen sekä merkityksellisyyden näkökulmat. (4.) Tämän vuoksi työn tutkimusmenetelmiksi valikoituivat kirjallisuus- sekä tapaustutkimus.

2.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimuksella kartoitetaan tutkittavan aihealueen taustatietoutta. Tutkimuksen avulla saadaan selville, mitä tutkimuksia ja teoksia aiheeseen liittyen on jo tehty. (5) Kirjallisuustutkimus eli kirjallisuusselvitys on teoreettinen tutkimusmenetelmä, joka auttaa tutkijaa selventämään oman tutkimuksensa kysymyksenasettelua sekä aihealueen rajaamista. (5; 6.)

Kirjallisuustutkimuksessa aiheeseen liittyvä aineisto kerätään yleensä kirjoista, aikakauslehdistä, tilastoista sekä erilaisista tietokannoista. Lähdeaineistosta poimitaan se tieto, joka valaisee tutkittavaa ongelmaa. Kerätystä lähdeaineistosta on tärkeää poistaa ylimääräinen sekä epäluotettava aineisto. Tämä prosessi auttaa tutkijaa syventämään omaa ymmärrystään aihealueeseen. (5.)

Kirjallisuustutkimuksessa lähdekritiikki on oleellisessa osassa. Tutkija hakee lähdekirjallisuudesta objektiivista tietoa, joten on tärkeää varmistua siitä, että lähteistä löytynyt faktatieto todella pitää paikkansa. Samalla tutkijan on pohdittava, onko hyödynnetyn lähteen tieto ajantasaista ja tarpeeksi kattavaa. Kirjallisuustutkimuksessa suurin osa raportin sisällöstä koostuu lähdeaineistojen poiminnoista sekä tulkinnoista. (5.)

2.2 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus on tutkimusstrategia, jossa tarkastellaan syvällisesti vain yhtä tai muutamaa kohdetta tai ilmiökokonaisuutta. Tapaustutkimuksessa tuotetaan valituista tapauksista yksityiskohtaista tietoa. Tutkimuksen avulla pyritään osoittamaan, että yksittäisistä tapauksista saaduilla tuloksilla on laajempi merkitys. (7.)

Tapaustutkimus on niin sanottu intensiivinen tutkimusmenetelmä ja se kohdistuu yleensä ajankohtaisiin asioihin. Tutkimus toteutetaan yleensä analysoimalla kirjallista materiaalia, mutta joissain tapauksissa aineistoa voidaan täydentää myös haastatteluilla. Tapaustutkimus voidaan toteuttaa monella eri tavalla, mikä antaa tutkijalle tiettyä vapautta tutkimuksen toteuttamiseen. (8, 23.)

Tutkimusmenetelmä ei yksinään sovellu suuren mittakaavan yleistävään tutkimukseen. Kuitenkin esimerkiksi yhdistettynä kirjallisuustutkimukseen, tapaustutkimuksen käyttö on perusteltua. Tapaustutkimuksessa saatu tarkempi kohdekohtainen tieto täydentää kirjallisuustutkimuksessa saavutettua yleistä tietoa tutkimusaiheesta. (7.)

3 SUOMEN PUUKERROSTALORAKENTAMISEN NYKYTILA

3.1 Suomalaisten puukerrostalojen kehitys

Suomen asuntokannasta noin 44 % on kerrostaloja (9). Tänä päivänä kerrostalojen pääasiallinen rakennusmateriaali on betoni ja kerrostalot rakennetaan pääosin elementtirakenteisina. Ensimmäiset elementtitekniikalla valmistetut kerrostalot rakennettiin jo 1950-luvulla ja elementtitekniikka syrjäytti paikallarakentamisen kustannussyistä 70-luvulla. (10) Betoniteollisuus on kerrostalojen valmisosissa huomattavasti edellä puuteollisuutta. Betoniteollisuus kehitti jo 70-luvulla yleiset elementtisuunnittelun standardit eli BES-runkojärjestelmän. Järjestelmän ansiosta eri valmistajien rakennusosat saatiin yhteensopiviksi. Rakennusosien yhteensopivuus puolestaan helpotti ja nopeutti elementtirakenteisten talojen suunnittelua sekä toteutusta. (11.) Puurakenteille vastaava järjestelmä kehitettiin vasta 2000-luvun alun jälkeen (12). Betonielementtien ja niiden liitosten standardisointi mahdollisti myös urakoitsijoille helpomman valmisosien kilpailutuksen. Valmiiden standardien ansiosta usean eri toimijan valmisosat sopivat keskenään yhteen. BES-runkojärjestelmän ansiosta betonirakenteisten kerrostalojen kilpailukyky kasvoi. (11.)

Suomalaisten puukerrostalojen kehittäminen lähti liikkeelle 1990-luvun alussa, kun puulle etsittiin uusia käyttötarkoituksia. Jo ensimmäisten puukerrostalokohteiden perustavoitteet olivat kunnianhimoiset. Tavoitteena oli rakentaa asuttavuudeltaan ja arkkitehtuuriltaan korkeatasoisia kerrostaloja ja samalla kehittää niiden toteutukseen tarvittavat arkkitehtoniset, rakenteelliset ja rakennusfysikaaliset suunnitteluratkaisut. Vuosia 1995-2001 voidaan kutsua puukerrostalojen koerakentamisen ajaksi (kuva 1). (13, 82.)

NAANTALIN PUUKERROSTALOT 2000



RAISION PUUKERROSTALOT 1997



TUUSULAN HYRYLÄN PUUKERROSTALOT 1997



KUVA 1. Esimerkkikohteita puukerrostalojen koerakentamisen ajalta (14, muokattu).

Tämän ajanjakson aikana pyrittiin kehittämään avointa puurakennusjärjestelmää sekä uusia puupohjaisia tuotteita ja rakennusosia. Kehitystyön tarkoituksena oli saada puurakentamisesta kilpailukykyistä, omakotitalojen ja mökkien lisäksi, myös kerrostalotyömaille. (13, 83.)

Puurakenteisten kerrostalojen haasteina on yleisesti pidetty palo-, ääni ja kosteusteknisiä ominaisuuksia. Näiden teknisten ominaisuuksien lisäksi yhtenä suurena esteenä on pidetty puurakenteiden yleisten mitoitus- ja liitosjärjestelmien puuttumista. Puisten kerrostalojen suunnittelu ja kilpailutus koetaan haasteelliseksi, sillä suunnittelu ja toteutuskäytännöt vaihtelevat kohdekohtaisesti. Puutuoteteollisuus käynnisti 2010-luvulla hankkeen, jonka tavoitteena oli luoda puuelementtirakentamisen yhteiset mitoitus- ja liitosjärjestelmät. Hankkeen lopputuloksena syntyi Runko-PES-järjestelmä, jossa on sovittu mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakenne-ratkaisut. Runko-PES-hankkeen keskeiset tavoitteet olivat samat kuin jo aikanaan BES-runkojärjestelmän. Tavoitteena oli luoda yhtenäinen avoin standardi, joka mahdollistaa helpomman, nopeamman ja kustannustehokkaamman elementtisuunnittelun. (12.) Tällä kertaa kehityskohteena vain oli puu betonin sijaan.

Myös Suomen laki on omalta osaltaan jarruttanut puurakenteisten kerrostalojen kehitystä. Ensimmäiset helpotukset lain osalta astuivat voimaan vuonna 1997, jolloin paloturvallisuusmääräykset sallivat korkeintaan nelikerroksisten puukerrostalojen rakentamisen.

Vuoden 2011 lakimuutos mahdollisti jopa kahdeksan kerroksisten puukerrostalojen rakentamisen. Korkeat, 3 - 8-kerroksiset, puukerrostalot tulee kuitenkin varustaa automaattisella sammutuslaitteistolla. (12; 15.) Samanlaista velvoitetta automaattisiin sammutusjärjestelmiin ei laissa ole kirjattu esimerkiksi betonisille kerrostaloille. Automaattisten sammutusjärjestelmien lisäys puukerrostaloihin nostaa jonkin verran niiden rakennuskustannuksia. Esimerkiksi Vantaan Kivistöön rakennettu Euroopan suurin puukerrostalo (kuva 2) valmistui 30 prosenttia nopeammin kuin vastaavankokoinen betonikerrostalo olisi rakentunut. (16.)



KUVA 2. Vuonna 2015 Vantaan Kivistöön valmistunut toistaiseksi Euroopan suurin puukerrostalo PuuMera (17).

Rakentamisnopeudessa saatu kustannusetu katosi kuitenkin puurakentamisen lisäkuluihin, joihin kuuluvat mm. pakollinen sprinklaus sekä sääsuojaus (16).

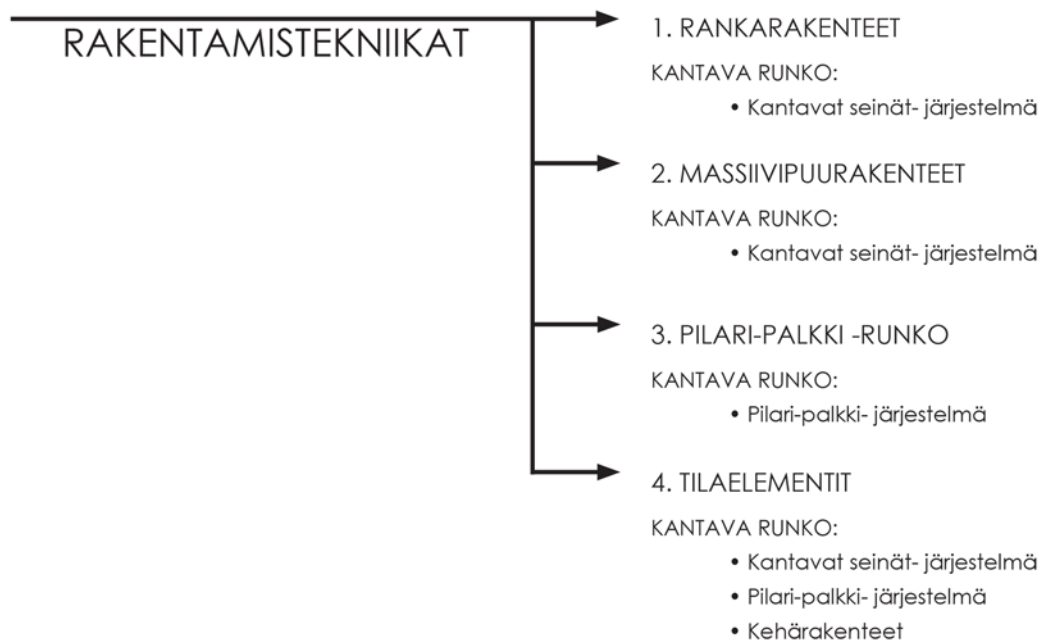
Suomessa on periaatetasolla laajat mahdollisuudet puukerrostalojen rakentamiselle. Uudistunut lainsäädäntö mm. palomitoituksen osalta sekä yhtenäistettyjen suunnitteluperusteiden (Runko-PES) antavat hyvät lähtökohdat sekä suunnittelulle että toteutukselle. Silti rakennusalalla ajatellaan edelleen, ettei Suomesta löydy tarvittavaa kokemusta, hankeosa-
puolten osaamista eikä tietotaitoa puurakentamisen ratkaisuksista ja ominaisuuksista. Tämä

selvisi Puuinfon 2016 toteuttamassa kyselytutkimuksessa. Runko-PES ei kyselytutkimukseen osallistuneiden mielestä tarjoa vielä riittävän vakioituja rakenne- ja mitoitusratkaisuja. Tähän toivotaan edelleen parannusta. (18.)

Puisten kerrostalojen rakentaminen on koko ajan kasvussa, mutta siitä huolimatta puukerrostalojen rakentaminen ei vielä ole Suomessa laajamittaista. Lähestulkoon kaikelle, mistä puurakentamista on kritisoitu, on löydetty ratkaisu. Paloturvallisuuden nimissä talot varustetaan automaattisilla sammutusjärjestelmillä, kosteudenhallinnan vuoksi rakennusaikana talot sääsuojataan jne. Kiinnostusta laajamittaiseen puurakentamiseen kyllä löytyy, mutta kukaan ei tahdo olla koerakentaja. Puukerrostalorakentamisessa eletään taitekohdassa, joko laajamittaisempi rakentaminen käynnistyy tai kerrostalokohteet jäävät yksittäistapauksiksi. (18.)

3.2 Rakentamistekniikat

Puukerrostaloja voidaan toteuttaa tällä hetkellä usealla rakentamistekniikalla (kuva 3).

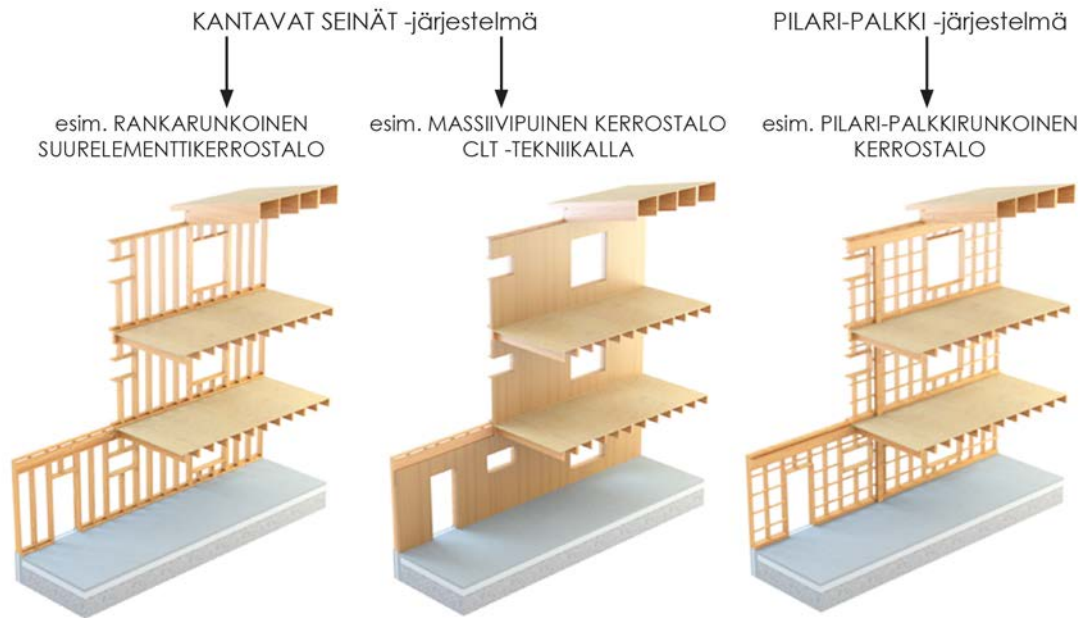


KUVA 3. Suomessa käytössä olevat rakentamistekniikat ja niiden kantavat rungot.

Ensimmäiset puukerrostalot rakennettiin Suomeen pitkälti rankarakenteisina. Elementtitekniikka ja valmiit tuoteosat ovat kuitenkin kehittyneet 1990-luvulta. Nykyaikaiset puukerrostalot rakennetaan kuitenkin jo lähes poikkeuksetta massiivipuu- tai tilaelementeistä. Myös pilari-palkki järjestelmä ja erilaiset hybridirakenteet ovat yleistyneet. (19, 1.)

Kantava runko (kuva 4) vaihtelee eri rakennustekniikoiden välillä ja eri runkojärjestelmiä voidaan myös yhdistää.

PUUKERROSTALOJEN RUNKOJÄRJESTELMÄT



KUVA 4. Puukerrostaloissa käytettyjen runkojärjestelmien esittely (20, muokattu).

Kantavat seinät -järjestelmässä kuormat siirtyvät kantavien ja jäykistävien seinien välityksellä perustuksille. Perustukset kiertävät tällöin nauhana ympäri koko rakennuksen. Pilari-palkkijärjestelmässä runko koostuu momenttijäykästi perustuksissa kiinni oleviin pilareihin ja niiden väliin tuleviin palkkeihin. Tällaisella rungolla varustettu puukerrostalo perustetaan pilarianturoille. (21, 82.)

Kerrostalokohteissa käytettävä runkojärjestelmä ja sitä kautta määräytyvä rakentamistekniikka määritellään tapauskohtaisesti. Rakennuksen tilat, muoto ja aukotuksen suunnittelu ohjaavat runkojärjestelmän valintaa. Valittu järjestelmä määrittää vaakarakenteiden jännemitat sekä kantavien linjojen sijoittelun. (19,1; 20.)

3.2.1 Rankarakenteet

Kantaviin seiniin perustuva rankarakenne on yleisimmin käytetty puurunkojen rakentamistekniikka. Rankarakenteista on pitkäaikaista kokemusta, sillä samalla periaatteella rakennetaan myös puurakenteiset pientalot. Pientalojen rungosta poiketen puukerrostalojen

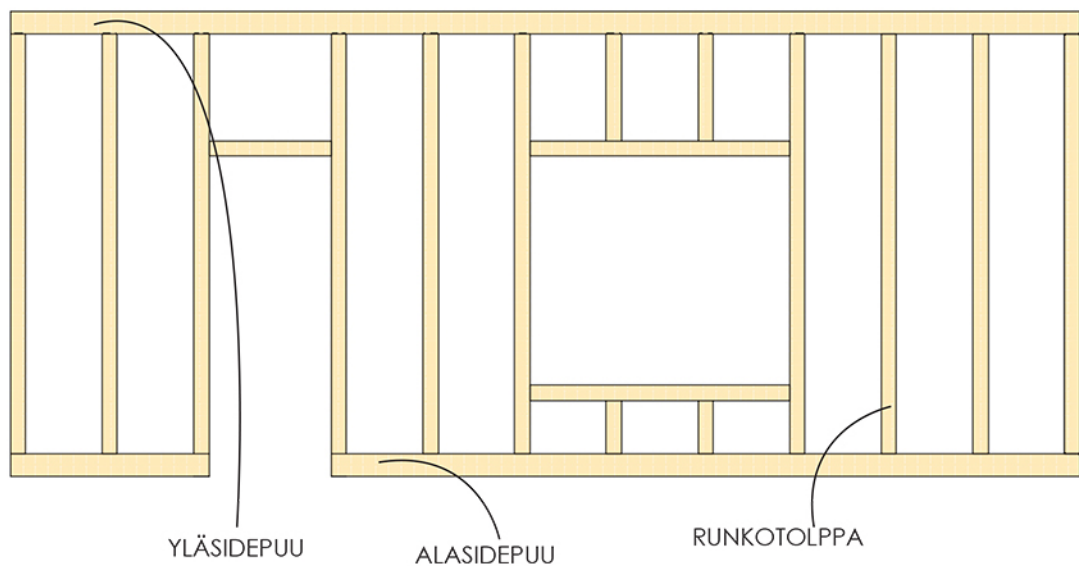
runko toteutetaan yleensä sahatavaran sijasta liima- tai kertopuusta. Runkoja ei myöskään toteuteta paikallarakennettuna vaan runko nostetaan pystyyn rankarakenteisista suurelementeistä (kuva 5)



KUVA 5. Rankarunkoisen elementin valmistus Timbeco woodhouse:n tehtaalla (22).

Suurelementin rungon peruseriaate on sama kuin paikalla rakennetun pientalon rungon. Suurelementti koostuu: runkotolpista, ala- ja yläsidepuista sekä ikkuna- ja oviaukkojen kehäpuista (kuva 6). (19, 1; 20; 23)

RANKARUNKOINEN SUURELEMENTTI



KUVA 6. Esimerkki rankarakenteisesta suurelementistä.

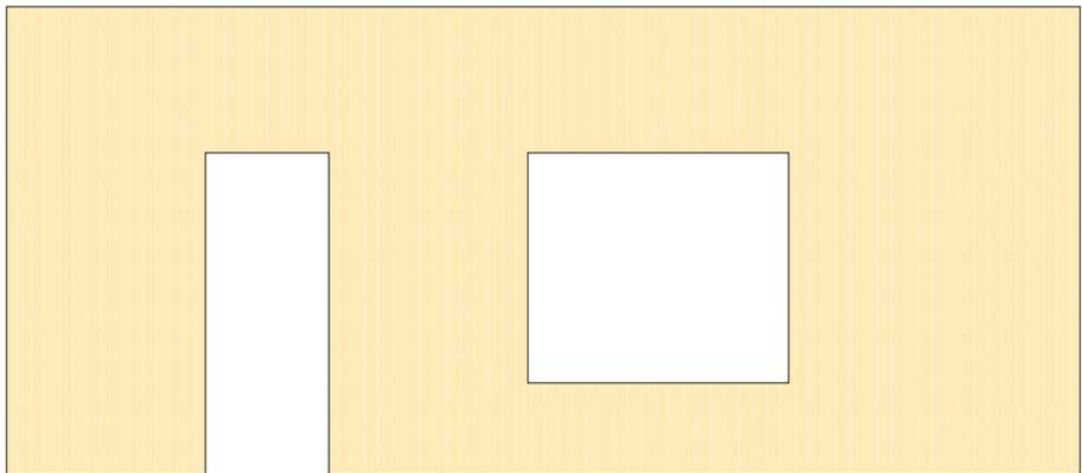
Kantavina linjoina toimivat rakennuksen ulkoseinät ja osa väliseinistä. Lattiat ja osa seinistä toimivat yleensä myös talon jäykistävinä rakenteina. Järjestelmä toimii parhaiten lyhyen jännevälillä rakennuksissa (4-6m). Maksimissaan puisilla välipohjarakenteilla päästään noin 7 metrin jännemittoihin. Mikäli puuta yhdistetään esimerkiksi betonin kanssa, ns. hybridirakenne, voidaan päästä myös pidempiin jänneväleihin. (19, 1; 20.)

3.2.2 Massiivipuorakenteet

CLT tai LVL- elementit

Kantavaseinäisen talon rakenteet voidaan rankarakenteen sijaan toteuttaa myös massiivipuorakenteisena (kuva 7). Kerrostalon kantavana linjoina toimivat siis tässäkin rakennustavassa rakennuksen ulkoseinät sekä osa väliseinistä.

MASSIIVIPUINEN CLT-ELEMENTTI



KUVA 7. Esimerkki massiivipuisesta CLT-elementistä.

Massiivipuiset elementit toimivat myös jäykistäväinä rakenteina seinissä ja välipohjissa. Elementit toteutetaan yleensä CLT-rakenteisina (kuva 8), mutta yhtä hyvin ne voitaisiin toteuttaa myös LVL-levystä. (19, 1–2; 23.)



KUVA 8. Esimerkki CLT-elementillä rakennetusta kerrostalon rungosta Kanadassa (24, muokattu).

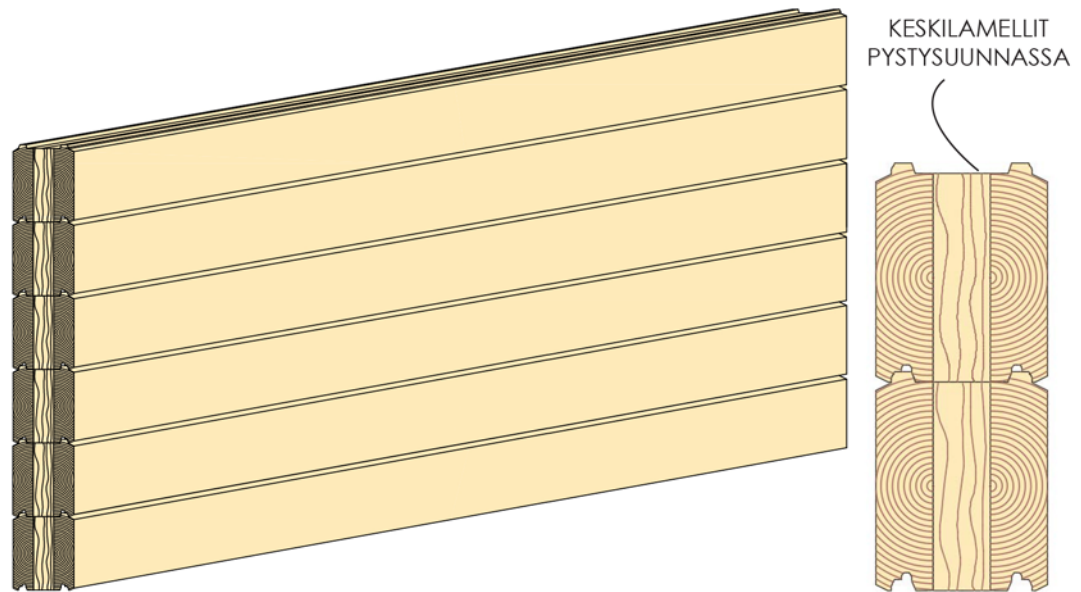
Massiivipuinen rakenne mahdollistaa vapaamman aukotuksen kuin esimerkiksi rankarakenteisessa elementissä. Rankarakenteisessa elementissä aukotuksen sijoitteluun vaikuttavat mm. runkotolppien jako. CLT-rakenteisen massiivielementin kanssa tästä ei tarvitse huolehtia. Massiivinen rakenne mahdollistaa myös ulokerakenteet. (19, 1–2; 23.)

Painumattomat hirsirakenteet

Kantavia seiniä voidaan toteuttaa myös hirsirakenteisena. Hirsi oli Suomessa rakennusten pääasiallinen runkoratkaisu aina 1920-luvulle saakka, jolloin rankarunko syrjäytti hirren. Tuolloin hirsirakentaminen siirtyi lähinnä vapaa-ajan asuntojen runkoratkaisuksi. Hirsitalojen etuna pidetään kosteusteknistä turvallisuutta sekä hyvää sisäilman laatua. Käsittelemätön hirsipinta pitää luonnostaan sisäilman kosteuden suositusalueella 30%...60% RH. Hirsirakentamisen huonoja puolia ovat materiaalin halkeilu sekä suuri painuma, joka täytyy huomioida suunnittelussa. (25.)

Aikaisemmin hirsirakentaminen ei ole soveltunut korkeaan rakentamiseen liian suurten painumien vuoksi. Viime vuosina hirsirakentamista on kuitenkin kehitetty eteenpäin ja markkinoilta löytyykin nykyään erikoishirttä, jota kutsutaan nimellä painumaton hirsi. Tämä erikoishirsi mahdollistaa korkeampien rakennusten, kuten kerrostalojen, toteutuksen hirrestä. Hirren painumattomuus perustuu keskimmäisten lamellien pystyasentoon (kuva 9). (26.)

PAINUMATTOMATON HIRSI



KUVA 9. Periaatekuva painumattomasta hirrestä ja siitä valmistetusta seinärakenteesta.

Ensimmäinen hirsirakenteinen puukerrostalo valmistui Ähtäriin 2016 vuoden lopulla (kuva 10). Tämä nelikerroksinen puukerrostalo ei ole ns. tavallinen asuinkerrostalo vaan lomahuoneistokohde. (27.) Nähtäväksi jää yleistyykö tämä puukerrostalon runkotyyppi myös perinteisessä asuinkerrostalorakentamisessa.

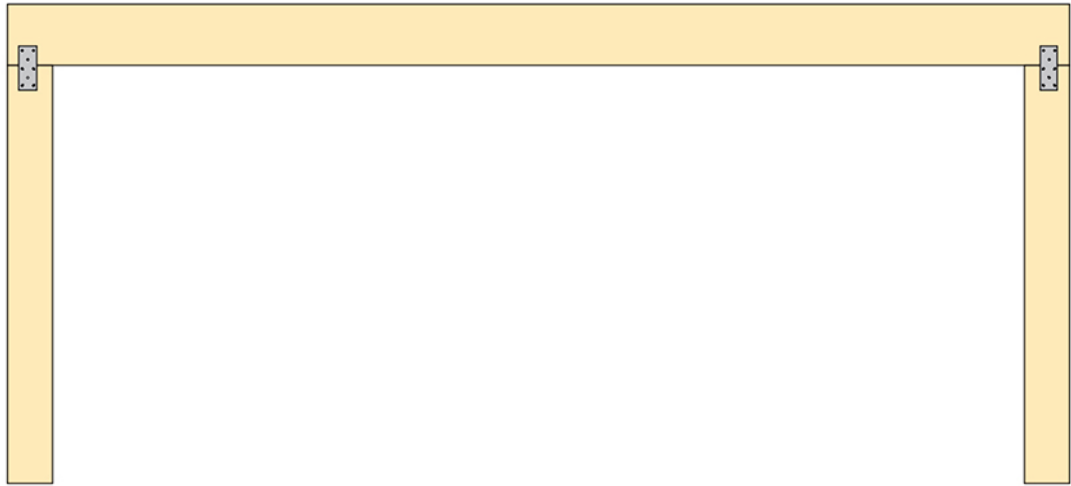


KUVA 10. Ähtäriin valmistuneen hirsirunkoinen puukerrostalo rakentamisvaiheessa (28, muokattu).

3.2.3 Pilari – palkki -rakenteet

Puukerrostalo voidaan toteuttaa myös pilari-palkki tekniikalla. Tällöin kerrostalon kantavan rungon muodostavat viilupuiset pilarit sekä palkit (kuva 10). Ulkoseinät sekä väli- ja yläpohjatasot ripustetaan kantavan rungon varaan. Rungon kokonaisjäykistys hoidetaan mastopilareiden avulla.

PILARI-PALKKI -RUNKO



KUVA 11. Esimerkki pilari-palkki -rungosta.

Pilari-palkki -tekniikka mahdollistaa muuntojoustavamman tila- ja arkkitehtisuunnittelun. Kantava runko ei ole sidottu tiheään runkotolppajakoon kuten rankarunko saatikka umpinainen massiivirakenteeseen. Myös suuret aukotukset julkisivuissa ovat helposti toteutettavissa pilari-palkki tekniikalla. Rakennustekniikan huonoksi puoleksi voitaisiin ajatella tilojen vähäistä varustetasoa rungon pystytyksen jälkeen (kuva 11). (20; 23.)



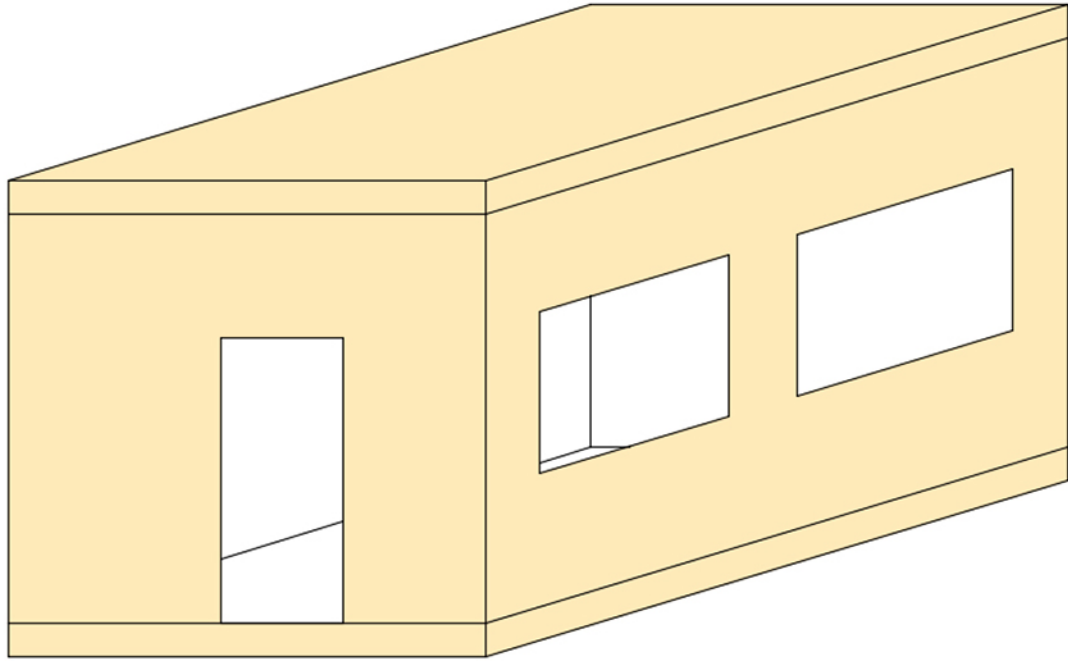
KUVA 12. Metsä Wood -kerrostalojärjestelmää käyttäen rakennettu Piispalan nuorisokeskus pilari-palkki -rungon pystytyksen jälkeen (29).

Rankarunkoiset ulkoseinäelementit saadaan elementtitehtaalta jopa valmiiksi julkisivuverhoiltuna, ikkunat sekä parvekkeenovet paikoilleen asennettuna. (30.) Tämä on mahdollista myös massiivielementeillä. Pilari-palkki -rungossa pääosat toimitetaan yksittäisinä osina: mastopilarit, pilarit, palkit, välipohjaelementit sekä kevyet ulkoseinäelementit. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että myös pilaripalkkirunkoinen puukerrostalo rakentuu nopealla aikataululla. (20; 23.)

3.2.4 Tilaelementit

Tilaelementtitekniikka on suhteellisen uusi rakentamistapa, jossa rakennus kootaan tehtaalla täysin esivalmistetuista erillisistä tilayksiköistä (kuva 12). Tämä rakentamismenetelmä on vakiintunut etenkin Ruotsissa, mutta myös Suomessa on toteutettu onnistuneita kohteita tilaelementeillä. Tilaelementtien kantava runko voidaan toteuttaa joko kantavat seinä -järjestelmällä, pilari-palkki -runkona tai kehärakenteena. (23.)

TILAELEMENTTI



KUVA 13. Esimerkki tilaelementistä.

Tilaelementti koostuu kantavan rungon lisäksi rajaavista pinnoista: valmiista seinistä, lattiasta ja katosta. Tilaelementtitekniikan vahvuuksia ovat kerrostalon hyvä ääneneristävyyttä sekä nopea rakentamisaika. Tilaelementistä rakennetun puukerrostalon ääneneristys on erityisen hyvä, sillä tilayksiköiden väliset väliseinät ja välipohja muodostuvat kaksoisrungoksi. (19, 2) Myös rakennustyövaihe valmiiden tilaelementtien ansiosta on nopea. Kuusikerroksisen asunokerrostalon työmaan läpimenoaika voi olla jopa alle kaksi kuukautta. Elementteihin asennetaan yleensä jo tehtaalla ikkunat, LVIS-varusteet ja kalusteet, joka omalta osaltaan nopeuttaa rakentamisaikataulua. (23.)

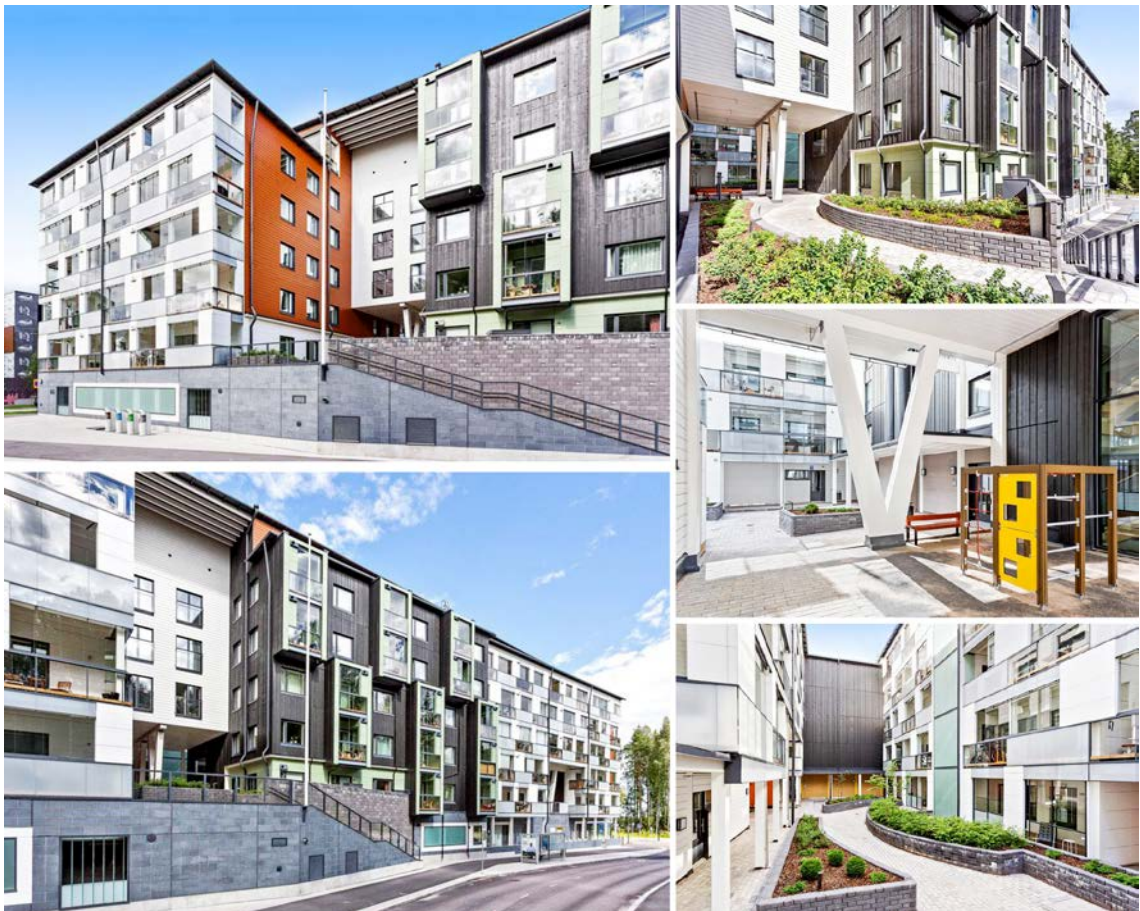
Tilaelementtien huonona puolena voidaan ajatella elementtien rajattua kokoa. Erityisesti kuljetukset ja nostot asettavat rajoituksia tilaelementtien enimmäismitoille ja painolle. Tilaelementtien tyypilliset enimmäismitat ovat 12 x 4,2 x 3,2 metriä, mutta tapauskohtaisesti voidaan suunnitella hiukan suurempiakin. Rajattu elementtikoko vaikuttaa kuitenkin vahvasti sekä rakennuksen tila, että arkkitehtisuunnitteluun. Tämän vuoksi tekniikka soveltuu erityisesti pienasuntoihin. (23.)

3.3 Suomalaisia puukerrostalokohteita 2010-luvulla

Suomeen on vuosina 2000-2016 on rakennettu 32 asuinpuukerrostaloa, joissa asuntoja on yhteensä 987 kappaletta (14). Suomen puukerrostalojen rakentamisessa hyödynnetään monipuolisesti eri runkojärjestelmiä. Tässä luvussa esitellään näillä eri tekniikoilla toteutettuja puukerrostalokohteita viime vuosilta.

3.3.1 PuuMera – Vantaa

Vuoden 2015 asuntomessuille Vantaan Kivistöön rakennettu puukerrostalokohde, PuuMera, on toistaiseksi Euroopan suurin asuinkäyttöön tarkoitettu puukerrostalo (kuva 13). Rakennuksen asuinpinta-ala on yli kymmentuhatta neliometriä ja siinä on yhteensä 186 asuntoa. Kohteen rakennuttajana toimi Suomen Vuokrakodit Oy sekä TA-Asumisoikeus Oy, joten 107 asuntoa on vuokrakäytössä ja loput asumisoikeusasuntoja. (14.)



KUVA 14. Vuonna 2015 Vantaan asuntomessuille valmistunut PuuMera (31, muokattu).

Kohteen arkkitehtisuunnittelusta vastasi Vuorelma Arkkitehdit Oy ja rakennesuunnittelun toteutti Sweco Rakennetekniikka Oy. Hankkeen pääurakoitsijana toimi Rakennusliike

Reponen Oy, jonka toimitusjohtaja Mika Airaksela on tituleerattu Suomessa puurakentamisen innovaattoriksi sekä kestävän kehityksen edistäjäksi. (14; 32.)

PuuMera on jatko Airakselan, vuonna 2011 Vierumäelle, rakentamalle PuuEra -kerrostalokohteelle. PuuEra-hanke oli koerakennuskohde, jossa testattiin uudenlaista puukerrostalojen hybridirakennejärjestelmää. Hankkeessa yhdistettiin eri materiaalien hyvät ominaisuudet toimivaksi kokonaisuudeksi. Samalla Airaksela kehitti myös yhdessä yhteistyökumppaneidensa kanssa puuelementtisuunnittelua sekä työmaatekniikkaa. Esimerkiksi PuuEra kohteesta oppineena PuuMerassa elementtien asennus toteutettiin kokonaan säältä suojassa teltan alla (kuva 14). Suomessa ei aiemmin ole asennettu elementtejä huiputetulla työmaalla. (33, 19; 14.)



KUVA 15. PuuMerassa elementtiasennus suoritettiin kokonaan teltan suojissa (34, muokattu).

Seitsemänkerroksinen PuuMera rakennettiin jännepunostetun betonikannen päälle. Betoniseen ensimmäiseen kerrokseen sijoitettiin pysäköinti, asuntojen aputilat, tekniset tilat sekä rakennusalueen kaavan määräämä liiketila. Yläpuolella sijaitsevat puurakenteet on sijoitettu osittain eri linjaan alapuolisten betonirakenteiden kanssa. Kantavana runkojärjestelmänä talossa ovat rankarakenteiset suurelementtiseinät sekä liittorakenteiset palkki-välipohjalaatat. Talon jäykistyksen hoitavat ristirunkoiset väliseinäelementit, joiden levytykset ja ankkuroinnit on tarkastettu jäykkyyslaskelmien perusteella. (33, 19–20.)

Rakennuksen ulkoseinäelementit varustettiin jo tehtaalla julkisivupaneelein ja levytyksin. Myös ikkunat ja parvekeovet pellityksineen asennettiin jo tehtaalla valmiiksi. Työmaan

asennettavaksi jäi vain yksi vaakapaneeli sekä nurkkarimat elementtien välisiin saumoihin. Välipohjat toteutettiin puuvalmiista elementeistä, joihin tehtiin pintavalu työmaalla. Myös portaat toteutettiin puurakenteisina (kuva 15). Palosuojatun liimapuun ansiosta portaat hyväksyttiin käyttöön palo- ja rakennusviranomaisten toimesta. (33, 20.)



KUVA 16. PuuMeran portaikko ja rappukäytävä (33, 22; 35, muokattu).

Kohteen puuelementit on pyritty hankkimaan kotimaisilta puuosatoimittajilta. Koskisen Oy toimitti kohteen suurelementit, välipohjaelementit tulivat Heinolaan perustetulta VVR Wood Oy:ltä, kuusamolainen Pölkky Oy toimitti puumateriaalin sahatavarasta liimapuuhun ja Kuusamon Hirsitalot Oy työsti kohteen runkorakenteet. Kohteen hiilijalanjäljestä tahdottiin jo rakennusvaiheessa mahdollisimman pieni. Tämän lisäksi kohde täyttää VTT:n asettamat vaatimukset passiivienergiatasosta. (36.)

3.3.2 Latokartanon puukerrostalokortteli – Helsinki

Suomen suurin puukerrostalohanke, Viikin Latokartanon puukerrostalokortteli, valmistui Helsinkiin vuonna 2012 (kuva 16). Kortteli muodostuu viidestä, 3-4 kerroksisesta, puukerrostalosta, joissa on yhteensä 104 asuntoa. Hanke toteutettiin osana Helsingin kaupungin Kehittyvä kerrostalo -ohjelmaa. (14.)



KUVA 17. Havainnekuva Helsingin Viikkiin rakennetusta puukerrostalokorttelista (37).

Kohteen arkkitehti- ja pääsuunnittelusta vastasi Arkkitehtitoimisto HMV Oy ja rakennesuunnittelusta vastasivat A-insinöörit Suunnittelu Oy yhdessä Insinööritoimisto Asko Kerosen kanssa. Puukerrostalon rakennuttajana toimi Peab Oy ja rakennuksen runko perustuu Metsä Woodin Kerrostalojärjestelmään (kuva 17). (14.)



KUVA 18. Viikin puukerrostalokortteli (37; 38, muokattu)

Metsä Woodin kerrostalojärjestelmä sisältää kertopuu-rakenteisen pilari-palkkirungon, välipohjat, kattoelementit ja puuelementteinä toimitetut ulkoseinät (kuva 18). Myös talojen parvekerakenteet ja aurinkolipat on toteutettu Kerto- ja liimapuurakenteisina. (14.)



KUVA 19. Metsä Woodin kerrostalojärjestelmä (39, muokattu)

Pilari-palkki -rungolle tyypillisesti Viikin kerrostalokorttelin runkotyövaiheet olivat nopeita. Kunkin kerrostalon runkotyöt saatiin valmiiksi kahdessa viikossa. (40.)

VTT suoritti Viikin puukerrostalokorttelin rakentamisen yhteydessä tutkimuksen puisten kerrostalojen energiankulutuksesta sekä hiilijalanjäljestä. Tutkimuksessa laskettiin yhteen puukerrostalon tuottamiseen kulunut energia ja hiilijalanjälki sekä sadan vuoden

elinkaaren aikainen hiilijalanjälki. Laskelmat osoittivat, että puisen kerrostalon hiilijalanjälki olisi 45 prosenttia pienempi kuin uuden betonikerrostalon. (41.)

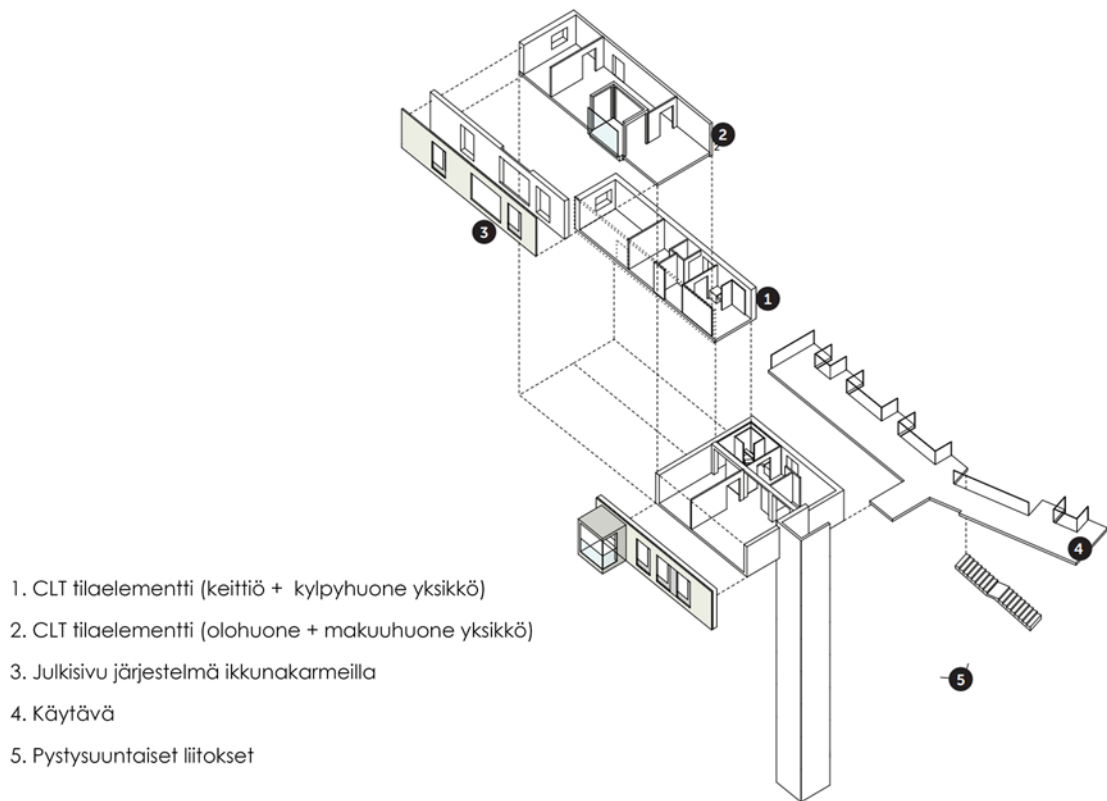
3.3.3 Puukuokka 1 – Jyväskylä

Vuonna 2014 valmistunut, toistaiseksi Suomen korkein puukerrostalo, Puukuokka 1 (kuva 19) sijaitsee Jyväskylässä. Kerrostalossa on kahdeksan kerrosta ja se on ensimmäinen osa kolmen puukerrostalon kokonaisuudesta. Kerrostalossa on 58 asuntoa, joiden valmistuksessa on hyödynnetty uusiutuvia rakennusmateriaaleja sekä energianlähteitä. (42; 43.)



KUVA 20. Jyväskylän Puukuokka 1 (44, muokattu)

Kohteen arkkitehti- ja pääsuunnittelusta vastasi OOPEA arkkitehdit Oy ja rakennesuunnittelun toteutti Insinööritoimisto Pertti Ruuskanen Oy (14). Puukerrostalon rakennuttajana on toiminut Lakea Oy ja rakennuksen runko koostuu Stora Enson tilaelementeistä. Tilaelementtien (kuva 20) materiaalina toimii CLT. Elementit on koottu Suomessa Hartolan tehtaalla. (43.)



KUVA 21. Puukuokan elementtiratkaisut esitettynä räjäytyskuvana (33, 16, muokattu).

CLT toimii tilaelementtien (kuva 21) runkorakenteena ulkoseinissä, lasitetuissa parvekkeissa, huoneistojen välisissä seinissä, välipohjissa sekä yläpohjassa. Poikkeuksena kylpyhuone-elementit, jotka toteutettiin teräsohutlevyrakenteisina. Rakennuksen kevyet väliseinät ovat kipsiväliseiniä ja kattorakenteena toimii puurunkoinen bitumikermikate. (33, 15–17; 45.)



KUVA 22. Tilaelementin nosto Puukuokka yhden rakentamisvaiheessa (43).

Jyväskylän Puukuokka 1 sai vuoden 2015 Puupalkinnon. Palkinto myönnettiin pääasiassa innovatiivisen massiivipuulevyihin perustuvan tilaelementtitekniikan vuoksi. Tämän lisäksi rakennuksessa on hyödynnetty puuta rakennusmateriaalina myös näkyvissä sisäpinnoissa sekä parvekkeissa (kuva 22). Kaikessa tässä on onnistuttu palomääräyksiä noudattaen. (33.)



KUVA 23. Puukuokka 1, sisätilat (33, 15–17, muokattu)

4 RUOTSIN PUUKERROSTALORAKENTAMISEN NYKYTILA

4.1 Ruotsalaisten puukerrostalojen kehitys

Suomen lisäksi myös Ruotsissa puurakentamisella on vahvat perinteet. Ruotsissa vanhin säilynyt puurakennus on 1300-luvulta ja puiset rakennukset mielletään vahvasti Ruotsalaiseen kulttuuriperintöön. (46.) Puurakentamisen perinne katkesi kuitenkin Ruotsissa, ja Suomessa, 1960-luvun jälkeen. Molemmissa maissa puurunkoisten kerrostalojen kerros-luku rajattiin tuolloin kahteen. (47, 12.) Ruotsissa palomääräykset muuttuivat jo vuonna 1994, jolloin Ruotsissa sallittiin toiminnallinen palomitoitus kantavien runkojen suunnittelussa. Toiminnallinen palomitoitus mahdollistaa mm. suuremmat palo-osastokoot, kevyemmät rakenteet sekä edullisemmat palotekniset laitteistot (48). Palo-uudistusten tarkoituksena oli edistää puurakentamista, mutta myös saada asuntorakentamiseen uutta ilmettä, taloudellisuutta sekä ekologisuutta. (13, 77–78.) Ensimmäinen nelikerroksinen puukerrostalo valmistuikin Ruotsissa jo vuonna 1996. Tässä kohtaa Suomessa valmistui vasta ensimmäinen kolmikerroksinen puukerrostalo ja sekin rakennettiin poikkeusluvalla. (47, 12.)

Uudistuneiden palomääräysten jälkeen Ruotsissa on kehitetty määrätietoisesti ja laaja-alaisesta puurakentamista. Mukana kehitystyössä ovat olleet Ruotsin valtio, rakennusalan oppilaitokset, puutuotteiden toimittajat sekä muut rakennusalan toimijat. (49.) Ruotsissa on käynnistetty vuosien saatossa useita puurakentamisen kehitysohjelmia. Esimerkiksi Trästad 2012- ohjelma, jonka tarkoituksena oli neljän maakunnan alueella kehittää puuhun perustuvia rakennustekniikoita. Mukana ohjelmassa oli yhteensä 16 kuntaa ympäri Ruotsin. (50, 15.) Ohjelma saa Ruotsissa myös jatkoa Trästad 2020-ohjelmalla, jossa mukana on jo 30 kuntaa (51).

Ruotsin Puu ja Huonekaluteollisuuden -liitto, TMF, teetti vuonna 2015 tutkimuksen Ruotsissa valmistuneiden puukerrostaloasuntojen määristä vuosina 2008-2015. Tutkimus koski pelkästään ns. tavallisia asuinkerrostaloasuntoja, ei esimerkiksi opiskelija- tai ryhmäasuntoja ns. sosiaalista asuntotuotanto. Vuosina 2012-2013 puukerrostaloasuntojen markkinaosuus oli noin 10 prosenttia (taulukko 1), kun vastaava luku Suomessa oli vain noin prosentin luokkaa (52, 32; 53). Ruotsissa kuitenkin kuntien omistama sosiaalinen asuntotuotanto kattaa noin puolet koko puukerrostalorakentamisesta. Kun huomioidaan

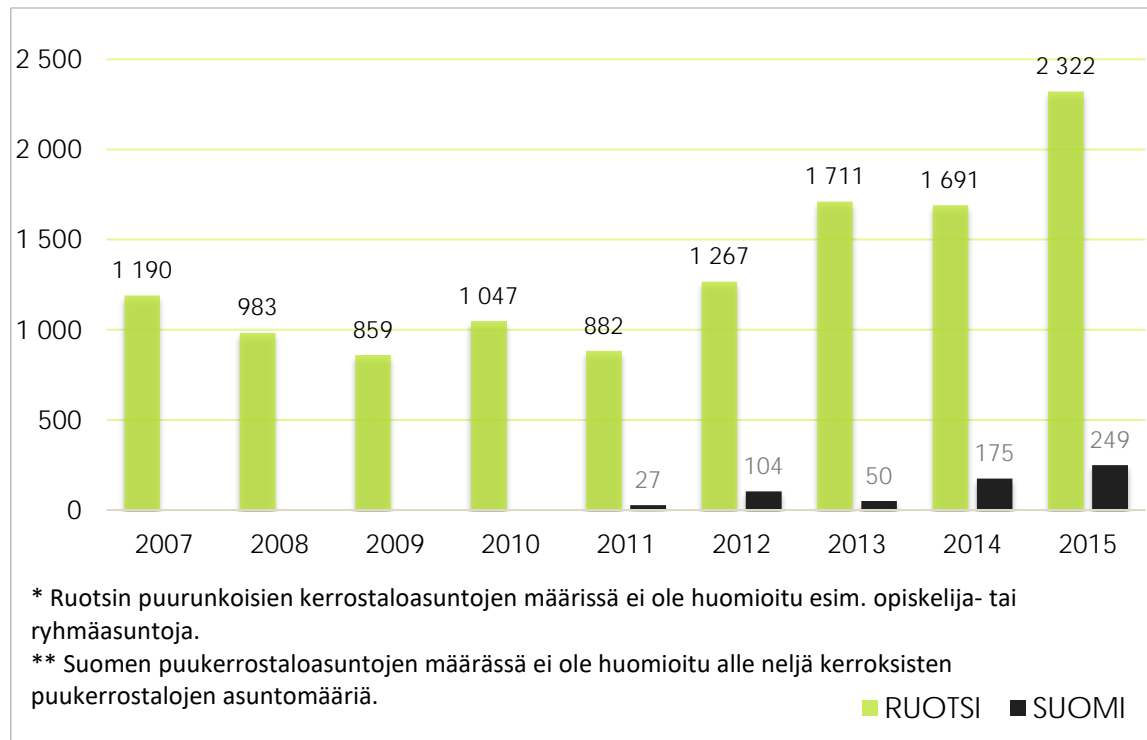
kerrostaloasuntojen määrissä myös sosiaalinen asuntotuotanto, saadaan puukerrostaloasuntojen markkinaosuudeksi jo 20 prosenttia vuonna 2012. (51.)

TAULUKKO 1. Puurunkoisten asuinkerrostaloasuntojen määrä vuosina 2007-2015 Ruotsissa (53; 14).

PUUKERROSTALOASUNTOJEN OSUUS RUOTSIN ASUINKERROSTALORAKENTAMISESTA						
VUOSI	ASUNTOJA YHT.	PUURUNKO	BETONIRUNKO	TERÄSRUNKO	MUU	PUURUNKOISTEN ASUNTOJEN OSUUS
2007	16 310	1190	14675	356	89	7,3%
2008	9 019	983	7928	0	108	10,9%
2009	6 961	859	6005	27	70	12,3%
2010	12 127	1047	11018	62	0	8,6%
2011	13 398	882	12258	129	129	6,6%
2012	12 520	1267	11035	143	75	10,1%
2013	16 951	1711	14917	293	30	10,1%
2014	19 216	1691	17019	506	0	8,8%
2015	26 727	2322	23916	489	0	8,7%

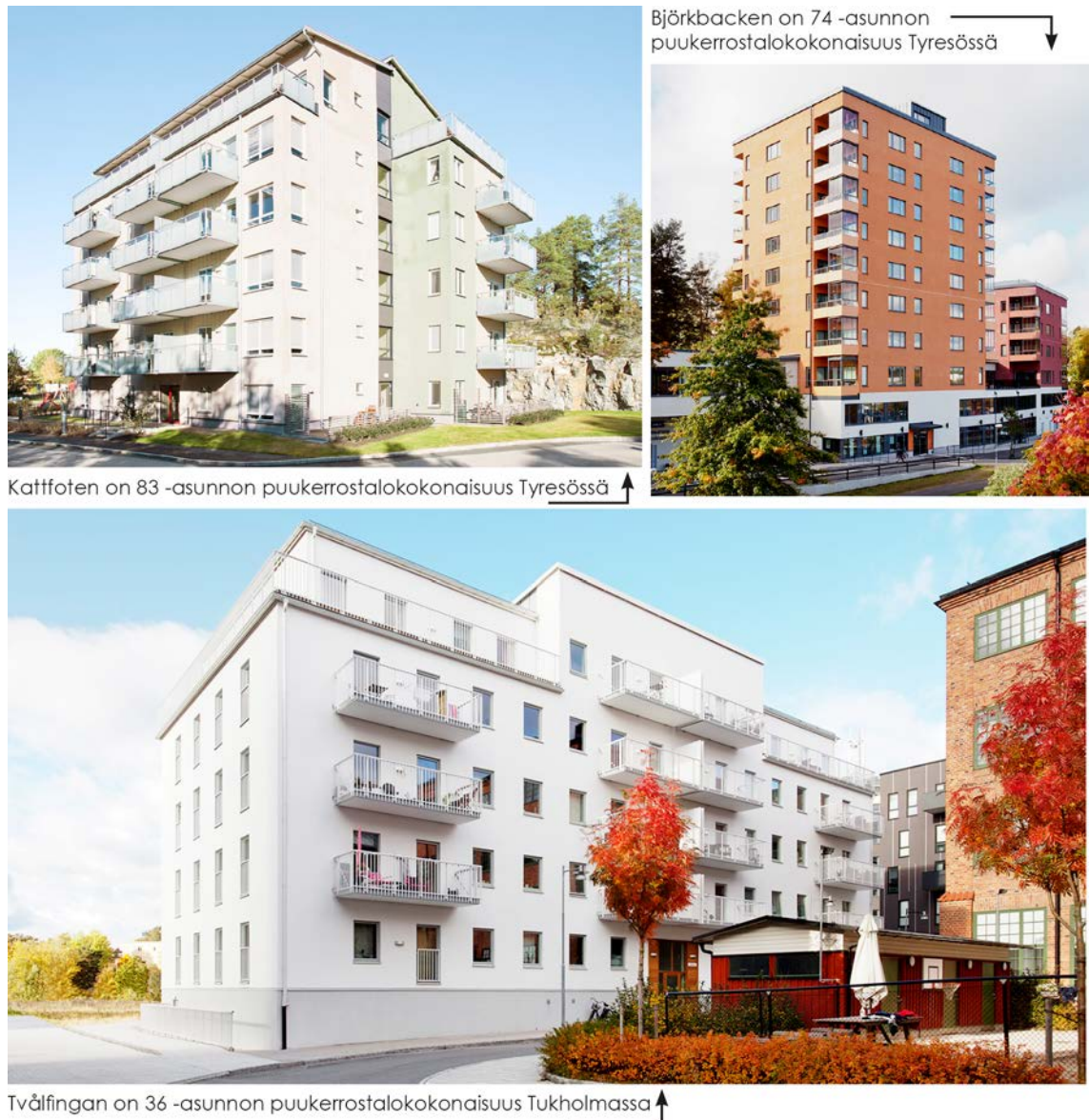
TMF:n tutkimuksesta voidaan kuitenkin päätellä, ettei tavallisten puukerrostaloasuntojen rakentaminen ole Ruotsissa kasvanut merkittävästi viimeisen kymmenen vuoden aikana. Rakennusala elää tällä hetkellä murroksessa. Kaupungistuminen, väestön ikääntyminen, hidas talouskasvu sekä rakennuskannan korjaustarpeiden lisääntyminen vaikuttavat vahvasti rakentamisen suhdanteisiin. Murros on koko Euroopan laajuinen ja vaikuttaa tällä hetkellä myös Ruotsin puukerrostalorakentamiseen. Puukerrostaloasuntojen markkinaosuus Ruotsissa oli viime vuonna enää vain noin kuusi prosenttia. Suomessa vastaava luku oli noin neljän prosentin luokkaa. Kun prosenttiosuudet muunnetaan asuntomääräksi, rakennetaan Ruotsissa kuitenkin edelleen selkeästi Suomea enemmän puukerrostaloasuntoja. Ruotsissa puukerrostaloasuntoja rakennetaan vuodessa vajaa 3000 kappaletta kun Suomessa vastaava luku on alle 1000 asuntoa (kuvio 1). (54.)

PUURUNKOISTEN KERROSTALOASUNTOJEN MÄÄRÄ



KUVIO 1. Puurunkoisten kerrostaloasuntojen määrä vuosina 2008-2015 Ruotsissa ja Suomessa (53; 14).

Puinen runko ei kuitenkaan vielä ole automaattinen vaihtoehto kerrostalokohteissa betonin rinnalla. Samoin kuin Suomessa, myös Ruotsissa puukerrostalorakentaminen herättää vielä ihmetystä. Suomesta poiketen Ruotsissa on kuitenkin jo useampi toimija puukerrostalojen saralla. (55.) Esimerkiksi Ruotsin vanhin ja suurin tilaelementtien valmistaja Lindbäcks Bygg AB aloitti toimintansa jo vuonna 1994 (56). Vuoteen 2011 mennessä yritys oli valmistanut jo yli 5600 puukerrostaloasuntoa, kun taas Suomessa ensimmäinen tilaelementtikohde valmistui vasta vuonna 2013. (57, 9; 14) Lindbäcks Bygg:n valmistamissa tilaelementeissä runko on rankarakenteinen ja tilaelementtejä pystytään valmistamaan jopa 20 kappaletta viikossa. Yrityksen toiminta perustuu tilaelementtitekniikan tuomaan rakentamisnopeuteen sekä asuntokokojen ja pohjaratkaisujen optimointiin. (58.) Lindbäcks Bygg:n rakentamat puukerrostalot eivät juurikaan eroa ulkonäöllisesti betonirakenteisista kerrostaloista (kuva 23).



KUVA 24. Lindbäcks Bygg AB:n toteuttamia puukerrostalokohteita Ruotsissa (59, muokattu).

Yrityksen toiminta perustuu palvelukonseptiin, joka tarjoaa asiakkaalle valmiin tuotteen. Tuotteen myynnin kannalta haasteellisinta on saada asiakas hyväksymään ostamansa talokonsepti sellaisenaan. Rakennusalalla on yleisesti totuttu siihen, että rakennusten ominaisuuksia ja teknisiä yksityiskohtia voidaan tapauskohtaisesti muunnella. Lindbäcks Byggin tilaelementtikohteissa asiakkaalla on mahdollista vaikuttaa lopputuotteen ominaisuuksiin ja ulkonäköön, ei teknisiin yksityiskohtiin. (58.) Yrityksellä on Ruotsissa vakiintuneet markkinat ja se kilpailee muiden isojen rakennusliikkeiden kanssa samoista kohteista (60). Lindbäcks Bygg AB:n lisäksi Ruotsissa toimii myös useita muita kotimaisia puuelementti valmistajia esimerkiksi Martinsons AB sekä Moelven AB (61, 12–16).

Maasta löytyy myös ainakin yksi pelkästään puurukoisia kerrostaloja tuottava rakennuttaja Folkhem Production AB (62).

Tähän asti Ruotsalaiset puukerrostalot ovat olleet yleensä 4-8 kerroksisia (63). Alan toimijoiden keskuudessa uusin trendi, ainakin ideatasolla, on kuitenkin erittäin korkeiden puukerrostalojen rakentaminen. Maan pääkaupunkiin Tukholmaan on suunnitteilla useampi yli kaksikymmentä kerroksinen puurunkoinen kerrostalo/liikerakennus (kuva 24). (64.)

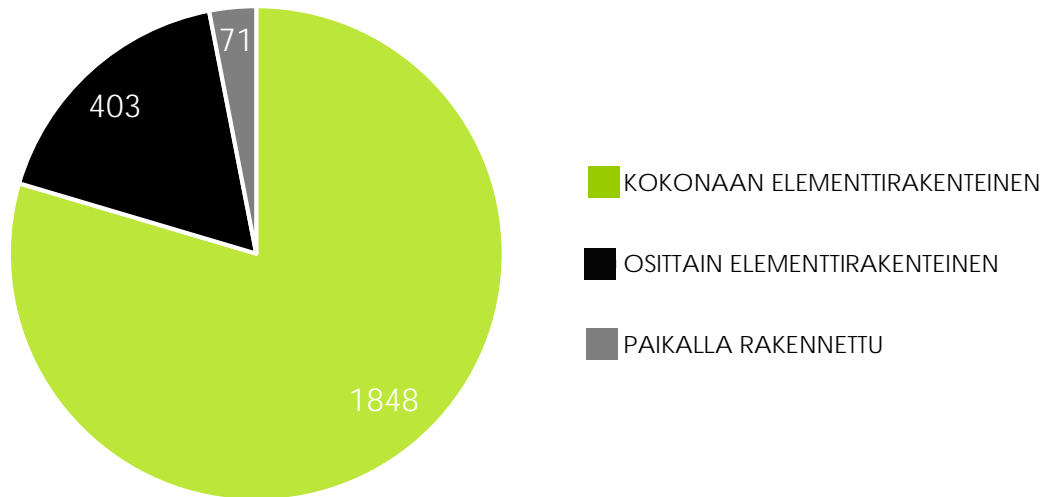


KUVA 25. Ruotsiin on suunnitteilla useampi yli 20-kerroksinen puukerrostalo (65; 66; 67, muokattu).

4.2 Rakentamistekniikat

Suurin osa Ruotsalaisista puukerrostaloista rakennetaan kokonaan elementtirakenteisina. Esimerkiksi vuonna 2015 Ruotsissa rakennettiin 2322 puukerrostaloasuntoa, joista 1848 asuntoa toteutettiin kokonaan elementtirakenteisena (kuvio 2). (53.)

PUUKERROSTALOASUNTOJEN RUNGON TOTEUTUSMUOTO



KUVIO 2. Suurin osa puukerrostalojen rungoista toteutettiin kokonaan elementtirakenteisena vuonna 2015 (53).

Puukerrostalojen rakentamistekniikat Ruotsissa ovat lähes täysin samoja kuin Suomessa (46). Erityisesti tilaelementtitekniikkaa pidetään Ruotsissa puukerrostalorakentamisen läpimurtona ja se onkin yleisin puukerrostaloissa hyödynnetty rakentamistekniikka (46; 68).

4.3 Ruotsalaisia puukerrostalokohteita 2010-luvulla

Tässä kappaleessa esitellään kolme 2010-luvulla rakennettua Ruotsalaista puukerrostalokohdetta, joista kaksi on toteutettu tilaelementtitekniikalla ja yksi tasoelementeillä. Tilaelementtitekniikalla toteutettuja kohteita esitellään kaksi, sillä se on hallitsevin puukerrostalojen rakentamistapa Ruotsissa.

4.3.1 Kombohus Plus - Valsta

Ruotsin Valstaan valmistui vuoden 2016 loppuun mennessä kuusi Lindbäcks Byggin tilaelementeistä valmistettua puukerrostaloa (kuva 25). Kaksi kerrostaloista on kahdeksanterroksisia ja loput kerrostalot viisikerroksisia. Kerrostaloissa on yhteensä 210 asuntoa ja asuntokoot vaihtelevat 1h+k asunnoista aina 4h+k asuntoihin. Kohteen arkkitehtisuunnittelusta vastasi White Arkitekter AB ja kohteen rakennuttajana toimi Sigtunahem AB. Kohde on ehdolla Ruotsin vuoden 2017 rakennukseksi. (69.)



KUVA 26. Havainnekuva Valstaan valmistuneista puukerrostaloista (70).

Kohde toteutettiin kokonaisurakkana ja kohteen pääurakoitsijana toimi tilaelementit toimittanut Lindbäcks Bygg. Kaikki kuusi kerrostaloa ovat variaatioita yrityksen Kompohus plus -talomallistosta (kuva 26). Kerrostalojen ensimmäinen kerros on toteutettu betonirakenteisena ja loput kerrokset tilaelementtitekniikalla. Tilaelementtien kantava runko on rankarakenteinen. Lindbäcks Bygg:lle tyypillisesti rakennuksesta ei huomaa ulkoapäin, että kyseessä on puurakenteinen kerrostalo. Ainoa viite tästä ovat ripustetut parvekkeet, joita ei tyypillisesti hyödynnetä betonirunkoisissa kerrostaloissa. Ensimmäisen kerroksen betonirungon toteutuksesta vastasi WSP. (71.)



KUVA 27. Kaikissa kerrostaloissa ensimmäisen kerroksen julkisivumateriaali on puinen, muutoin julkisivut ovat rapattuja (72, muokattu).

Lindbäcks Byggin Kompohus Plus-mallisto on kehitetty osana SABO:n järjestämää kerrostalo-konsepti kilpailua. Lindbäcks Byggin ehdotus oli yksi kolmesta voittaneesta ehdotuksesta yhdessä Skanskan ja NCC:n ehdotusten kanssa. Kaksi muuta ehdotusta olivat kokonaan betonirakenteisia. (60, 4,5,15,24.) Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag, SABO, on ruotsalaisten kuntien omistamien julkisten asuntoyritysten järjestö, joka tukee ja auttaa jäsenyrityksiään.

Kerrostalot sijaitsevat aivan Valstan keskustassa ja rakentamisen aikana keskustan toimintojen tuli olla käynnissä täysin normaalisti. Tämä oli ratkaiseva tekijä kerrostalojen

runгон valintaprosessissa. Puurunkoisista tilaelementeistä rakennettavien kerrostalotyömaiden läpimenoaika on lyhyt. Tilaelementit on paketoitu huolella ja ne asennetaan sitä mukaa kun ne saapuvat työmaalle (kuva 27). Lisäksi elementtien kuljetukset on suunniteltu lähes minuutin tarkkuudella, joten työmaaliikenteestä aiheutuvat haitat saadaan minimoitua. (71.)



KUVA 28. Tilaelementit valmistetaan tehtaalla, jonka jälkeen ne paketoidaan huolellisesti (73; 74, muokattu).

4.3.2 Strandparken – Tukholma

Strandparken koostuu neljästä kahdeksankerroksisesta puukerrostalosta Sundbybergin alueella Tukholmassa (kuva 28). Hankkeen rakennuttajana toimi Folkhem Production AB ja rakentaminen tapahtui vuosina 2011-2013. (75.) Kerrostaloissa on yhteensä 124 asuntoa ja hankkeen arkkitehtisuunnittelusta vastasi Wingårdh Arkitektkontor AB (76). Koh-

teen pääasiallisena kantavana runkona toimivat massiivipuiset tasoelementit sekä liimapuiset palkit. Kaikkien neljän puukerrostalon päärunгон elementtitoimituksista vastasi Martinsons AB. (77, 20–23)



KUVA 29. Vuonna 2013 Tukholmaan valmistunut kahdeksan kerroksinen puukerrostalo (75; 77, 22, muokattu).

Suurin osa rakennuksen rungosta on toteutettu CLT rakenteisena. CLT:tä on hyödynnetty mm. ulko- ja väliseinissä, portaikoissa sekä lattiaelementeissä. CLT rakenteisten ulko- ja väliseinien elementtikoko oli suurimmillaan 12 x 2,4 metriä. Myös kohteessa hyödynnetyt liimapuupalkit olivat massiivikokoisia. Kooltaan 330 x 450 millimetrin kokoiset kantavat liimapuupalkit mahdollistivat kohteessa jopa yhdentoista metrin mittaiset avoimet

jännevälit. Kantavien palkkien lisäksi myös kattoelementtien kantava runko on liimapuurakenteinen. (78.)

Massiivipuisten julkisivu- ja väliseinäelementtien esivalmistusaste oli korkea. Elementtien ikkuna- ja oviaukot sekä talotekniikan läpiviennit tehtiin valmiiksi jo tehtaalla. Suunnittelun onnistumisen kannalta oleellista oli kaikkien projektiin osallistuvien tahojen tiivis yhteistyö jo heti projektin alussa aina kohteiden valmistumiseen saakka. Suuret sekä hyvin varustellut elementit mahdollistivat nopean rakentamisajan. Yhden kerroksen elementtien asennus vei aina noin kymmenen päivää ja sisätyövaiheen työntekijät pääsivät viimeistelemään pintoja elementtiasentajien siirtyessä asentamaan seuraavaa kerrosta. Koko työmaa pyöri 22 rakennusmiehen voimin. Asennus- ja rakennustöiden aikana kohteen sääsuojana toimi Martinsons:n asennusjärjestelmä, johon on integroitu sääsuojan lisäksi elementtien nostimet sekä nosturitelinet (kuva 29). (78.)



KUVA 30. Strandparkissa elementtien asennus tehtiin teltan alla (78; 79, 30, muokattu).

Kohteen rakennuttaneella Folkhem AB:lla on kahdenkymmenen vuoden kokemus puisten pientalojen rakentamisesta, mutta viime vuosina yritystoiminta on siirtynyt enemmän ja enemmän suuren mittakaavan puurakentamiseen. Strandparken-hanke oli Folkhemin pilottikohte, joka sai paljon huomiota myös maailmanlaajuisesti. Kaikkien neljän kerrostalon rakentamiseen tarvittiin 28 000 m² CLT- levyä, 180 m³ liimapuuta sekä 14 000 m² setripuista pärettä. Kokonsa lisäksi kohteiden suunnittelussa ja muotokielessä on otettu selvä irtiotto perinteisestä puurakentamisesta. Jyrkät sekä räystäättömät katot on suunniteltu huolellisesti. Myös esimerkiksi julkisivussa on hyödynnetty uudenlaista tekniikkaa: puisten elementtien saumat on piilotettu uudella päre- tekniikalla. (78.)

Puun käyttö rakennuksissa ei rajoittunut pelkästään runkoon. Muovin määrä rakennuksissa on haluttu minimoida. Tämän vuoksi esimerkiksi asuntojen lattiapinnat ovat puisia (kuva 30) ja puu on näkyvästi esillä myös rakennusten rappukäytävissä (kuva 31). Rakennusten sisäilma on raikasta ja puu tuoksuu koko rakennuksessa.



KUVA 31. Asuntojen sisäpinnoilla puu on näkyvillä maltillisesti ja tyylikkäästi (80, muokattu).

Folkhemin markkinointijohtaja Sandra Frank kertoi vuoden 2016 Helsingin Puupäivillä, Strandparken-rakennusten positiivisista terveystaikutuksista. Frank kertoi astmaa sairastavasta pojasta, joka muutettuaan asumaan Strandparkeniin pystyi lopettamaan astmalääkityksensä. (80) Mikäli tällaisia kokemuksia asukkailta saadaan enemmänkin, voitaisiin tätä kenties tulevaisuudessa hyödyntää asuntojen markkinoinnissa.



KUVA 32. Puu on näytävästi esillä myös rakennusten yleisissä tiloissa (80, muokattu).

4.3.3 Skagerhuset – Tukholma

Vuonna 2013 Tukholmaan valmistui 80 metriä pitkä ja neljä kerrosta korkea puukerrostalo Skagerhuset (kuva 32). Kohteessa on 33 asuntoa ja se on rakennettu 112:sta puurun-koisesta tilaelementistä. (81; 82 ss. 14,17) Kohteen rakennuttajana sekä pääurakoitsijana on toiminut ruotsalainen Åke Sundvall AB, joka rakentaa, vuokraa ja myy asuntoja. Arkkitehtisuunnittelusta vastasi Björn Ahrenby OWC Arkitekter AB:sta. Rakennesuunnitelmat toteutti ruotsalainen insinööritoimisto Byggnadstekniska Byrån AB. (82, 14, 17.)



KUVA 33. Vuonna 2013 Tukholmaan valmistunut Skagerhuset (81, muokattu).

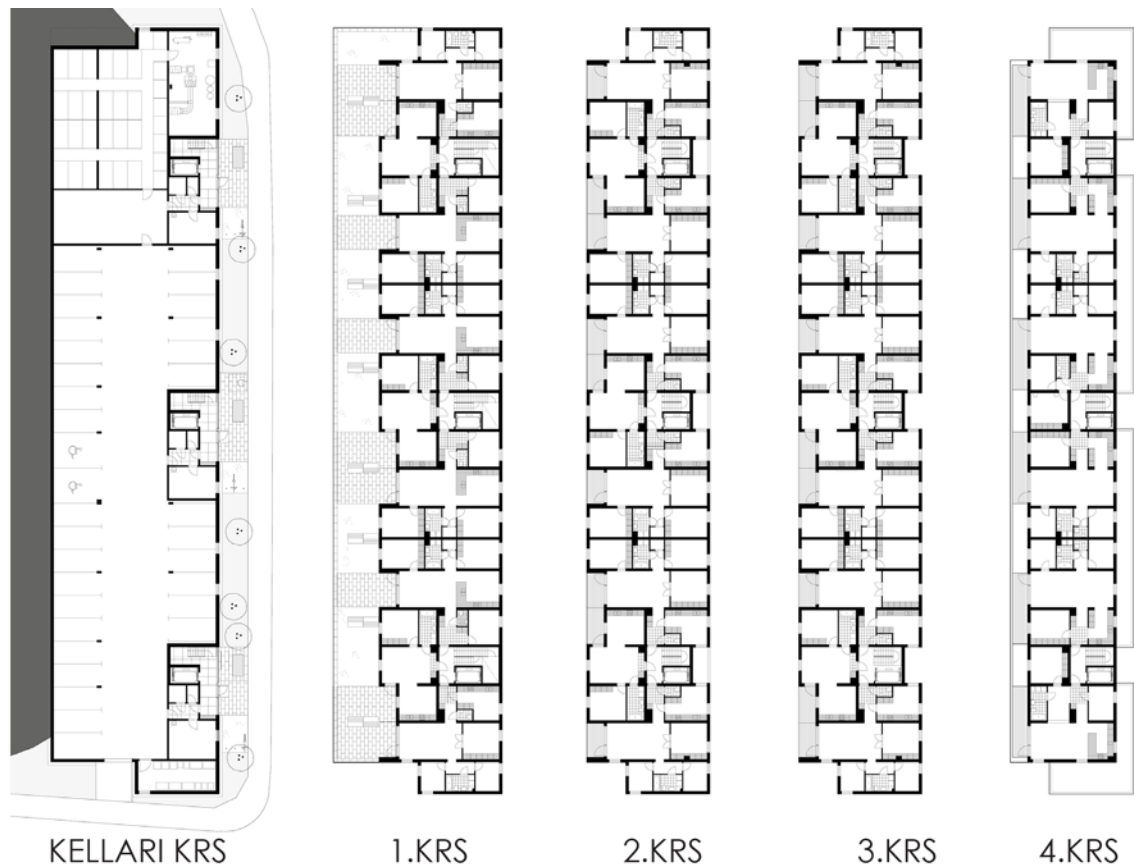
Kohteen tilaelementit on toimittanut pohjoismaalainen Moelven Byggmodul AB, joka on osa Finnforest konsernia. Moelven AB:n toimittamissa tilaelementeissä kantava runko on rankarakenteinen (kuva 33). Tämän lisäksi elementtien valmistuksessa on hyödynnetty liimapuurakenteisia palkkeja. (82, 14, 17; 83; 84.)



KUVA 34. Tilaelementtien rakentamisvaiheita Moelven tilaelementtitehtaalla (83, muokattu).

Kohteen suunnittelussa johtavana suunnitteluperiaatteena oli tehokas raaka-aineiden hyödyntäminen sekä ympäristön huomioiminen (81). Tilaelementtitekniikan ansiosta kohde saatiin valmiiksi alle vuodessa. Valmiiksi kalustetut tilaelementit mahdollistivat myös tehokkaan työmaalogistiikan. Lyhyen rakentamisajan ja tarkkaan suunniteltujen tilaelementtitoimitusten ansiosta rakentamisesta naapurustoon aiheutuvat melu ja ulkonäköhaitat saatiin minimoitua. (82, 14, 17)

Rakennuksen arkkitehtuuri ja tilaratkaisut ovat muotoutuneet tilaelementtitekniikan ehdoilla. Tilaelementtitekniikalle tyypillisesti pohjaratkaisuista on muodostunut tehokkaita ja kompakteja kokonaisuuksia (kuva 34).



KUVA 35. Rakennuksen suunnittelu on edennyt tilaelementtitekniikan ehdoilla (75, muokattu).

Rakennuksen julkisivu on pitkä ja linjakas, muutamia ulokkeita ja sisäänvetoja lukuun ottamatta (kuva 35). (82, 14, 17)



KUVA 36. Punasetriä on hyödynnetty julkisivussa eri levyisinä paneelina (81, muokattu).

Pitkä julkisivu on toteutettu eri levyisistä paneeleista. Paneelin materiaalina on käsittelemätön punasetri. Sama materiaali jatkuu julkisivusta myös sisätiloihin (kuva 36). (81.)



KUVA 37. Valokuvia kellarikerroksen sisääntuloaulasta (81, muokattu).

5 VERTAILU SUOMI – RUOTSI

Vaikka Ruotsissa puukerrostalorakentaminen näyttäisi tällä hetkellä elävän tasaisempaa aikakautta, on maassa silti jo yli kahdenkymmenen vuoden kokemus puukerrostalojen rakentamisesta. Vertailtaessa Ruotsin ja Suomen puukerrostalorakentamisen kehitystä voidaan erot tiivistää kahteen pääsyyhyn. Ensimmäinen syy löytyy Ruotsin aiemmin lieventyneistä sekä hyvin erilaisista palomääräyksistä. Lisäksi Ruotsissa palomitoitus tapahtuu toiminnallisena palomitoituksena, jonka hyödyntäminen Suomessa on erittäin vähäistä. Ruotsissa toiminnallisen palomitoituksen järjestelmät ovat jo hyvin pitkälle viedyttä, mutta Suomessa tämän mitoitustekniikan osaavia henkilöitä on vain vähän. (48.) Suomessa palomitoitus tapahtuu pääsääntöisesti standardoituun lämpötila-aikakäyrään perustuvalla mitoitusmenettelyllä (85).

Palomääräykset

Suomessa puukerrostalojen korkeus on edelleen rajattu palomääräyksissä. Tällä hetkellä rakentamiskorkeus on rajattu 26 metriin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yli kahdeksankerroksisia puukerrostaloja ei saa Suomessa rakentaa. (86.) Ruotsissa puun käyttöä materiaalina ei ole juurikaan rajoitettu palomääräysten osalta. Puukerrostalojen korkeus rajoittuu kuitenkin käytännön rakennustekniikkaan. (48.) Suomen ja Ruotsin palomääräykset eroavat toisistaan myös automaattisten sammutusjärjestelmien osalta. Ruotsissa puurunkoisia kerrostaloja ei tarvitse varustaa automaattisilla sammutusjärjestelmillä, mikäli rakennuksen julkisivu ei ole toteutettu palavasta materiaalista. Ruotsalaisessa puukerrostalokannassa onkin paljon rapatulla julkisivulla olevia puukerrostaloja. (47, 22–23, 99.) Tällä tavoin on voitu välttää automaattisten sammutusjärjestelmien aiheuttamat lisäkulut.

Suomen palomääräykset ovat uudistumassa vuoden 2018 aikana. Uudistus on tällä hetkellä lausuntokierroksella, mutta joitakin helpotuksia puurakentamiseen liittyen on luvassa. Esimerkiksi jatkossa puurunko saa ainakin osittain jäädä näkyville puukerrostaloissa. (87, 8.)

Tilaelementit

Paloasioiden lisäksi toinen suuri ero Ruotsin ja Suomen puukerrostalorakentamisessa, on tilaelementtitekniikan yleisyys Ruotsalaisessa puukerrostalorakentamisessa. Elementtitekniikat pääsivät luonnollisesti kehittymään Ruotsissa paljon ennen Suomea, sillä rakentaminen oli mahdollista paljon aikaisemmin. Ruotsista löytyy useita kotimaisia elementtivalmistajia. (46.) Suomessa ensimmäinen kotimainen tilaelementtivalmistaja, Elementti Sampo, aloitti toimintansa vasta vuonna 2015. Ensimmäinen yrityksen tilaelementtistä rakennettu asuinpuukerrostalo valmistuu vuoden 2017 aikana Tampereen Vuorekseen.

Palvelut

Tilaelementtitekniikan hyödyntäminen tuo mukanaan myös palvelukonseptin, jota Suomessa ei vielä juurikaan rakentamistuotteiden markkinoinnissa osattu hyödyntää (88). Esimerkiksi Keski-Euroopassa ja Ruotsissa palveluliiketoiminta on nostanut puutuotteiden kilpailukykyä. Riittävän yksityiskohtaisella tuoteosatoimittajien omalla suunnitellulla sekä yritysten tarjoamilla neuvontapalveluilla tuotteista on saatu haluttavampia. (89)

Ruotsista opittua

Tässä kohtaa on kuitenkin hyvä pysähtyä pohtimaan seuraavaa: Ruotsi on saavuttanut jo Suomessa peräänkuulutetun niin sanotun ”tavallisen” puukerrostalon rakentamisen, sillä ainakin yhdellä yrityksellä on maassa vakiintuneet markkinat. Kuitenkin Ruotsissa puukerrostalorakentaminen ei ole kasvanut enää räjähdysmäisesti viime vuosina. Tästä voitaisiin päätellä, ettei Ruotsissakaan olla vielä keksitty sitä, millä puukerrostalorakentamisesta saataisiin todellinen kilpakumppani betonikerrostaloille. Tietynlainen Ruotsalaisten puukerrostalorakentamisen käytäntöjen matkiminen ja opetteleminen voi olla hyödyllistä Suomessa, mutta ehkä olisi syytä olla tässä kohtaa kaksi askelta edellä ja keskittyä löytämään täysin uusia ratkaisuja tai lähestymistapoja. Esimerkiksi erilaiset puun, betonin ja teräksen hybridirakenteet voisivat olla puurakentamisen tulevaisuutta Suomessa. Myös painumattomasta hirrestä valmistetut puukerrostalot voisivat olla tulevaisuuden puurakentamista.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Menetelmien arviointi

Tutkimukseen valitut tutkimusmenetelmät tuottivat kattavasti aiheeseen liittyvää materiaalia. Kirjallisuustutkimus antoi hyvän viitekehyksen ja pohjan tarkemmin valittaviin tutkimuskohteisiin. Tapaustutkimus olisi yksinään tuottanut liian kohdennettua tietoa. Kuitenkin yhdistettynä kirjallisuustutkimukseen yksittäiset kohdetiedot ja esittelyt saatiin sidottua laajempaan kokonaisuuteen.

Molempien menetelmien avulla hankittu tieto saatiin lähinnä alan julkaisuista sekä internetlähteistä. Tutkimuksesta olisi voinut saada vielä kattavamman ja informatiivisemmän mikäli tutkimusmenetelmiin olisi lisätty asiantuntijoiden haastatteluja sekä kohdekäyn- tejä. Itse tehtyjen konkreettisten havaintojen avulla tutkimuksesta olisi voitu saada vielä mielenkiintoisempi.

Osa työstä toteutettiin kolmen opiskelijan yhteistyönä, mikä syvensi aiheeseen liittyvää tietoa. Samalla yhteistyö auttoi pohtimaan tutkittavaa aihetta useasta eri näkökulmasta. Osa opinnäytetöiden tekstiosuuksista toteutettiin yhdessä. Tämä lisäsi hiukan opinnäyte- työn toteutuksen haastavuutta, mutta mahdollisti samalla laajemman lähtöaineiston hyö- dyntämisen. Kolmen opiskelijan kokonaan yhteinen opinnäytetyö olisi ollut liian haasta- vaa toteuttaa käytettävissä olleen ajan puitteissa. Osittainen yhteistyö antoi opinnäyte- töille selkeästi lisäarvoa.

6.2 Menetelmien luotettavuus

Yleisesti ottaen menetelmien avulla hankittua tietoa voidaan pitää luotettavana, sillä sama tieto löytyi yleensä useammasta eri lähteestä. Käytetyt lähteet olivat pääsääntöisesti am- mattijulkaisuja. Kuitenkin rakentamismääriin liittyvä tieto oli usein kovin ristiriitaista, eikä lähteissä selvennetty millä kriteereillä lukuarvot oli saatu.

Oman haasteensa tutkimuksen luotettavuudelle asetti vieraskielinen materiaali. Lähes puolet tutkimuksen lähdeaineistosta oli vieraskielistä, jolloin väärinymmärtämisen mah- dollisuus on aina suurempi.

7 POHDINTA

Tässä pohdintaosuudessa käsitellään työn tulokset, suositukset sekä jatkotutkimusehdotukset. Luvun tulosityhteenvedo on toteutettu yksilötyönä, mutta suositukset sekä jatkotutkimusehdotukset on toteutettu yhteistyössä kahden muun opiskelijan kanssa.

7.1 Tulosityhteenvedo

Ruotsilla on Suomeen verrattuna noin kahdenkymmenen vuoden etumatka puukerrostalojen rakentamisessa. Suurin syy Ruotsin etumatkaan on maassa aiemmin lieventyneet palomääräykset, joiden ansiosta puukerrostalojen rakentamistekniikoita on päästy kehittämään paljon Suomea aikaisemmin. Etumatkasta huolimatta Ruotsissakaan puinen runko ei ole vielä automaattinen vaihtoehto betoniselle rungolle kerrostaloissa.

Yleisesti ottaen molemmissa maissa hyödynnetään täysin samanlaisia rakenneratkaisuja puukerrostaloja rakennettaessa. Ruotsissa kuitenkin suurin osa puukerrostalojen rungoista toteutetaan tilaelementtitekniikalla, jossa puurunkoisten kerrostalojen rakentamisnopeus on parhaimmillaan.

7.2 Suositukset

Tutkimustöiden päätarkoituksena oli selvittää, miten puurakentamista voitaisiin edistää Suomessa. Jokainen työ lähestyi kysymystä hiukan eri näkökulmasta ja lopulta kolme opiskelijan keräämä tutkimustieto yhdistettiin näihin suosituksiin. Yhdessä käytyjen keskustelujen pohjalta esiin nousi kaksi yleisesti rakentamiseen liittyvää haastetta:

- mikä Suomen asuntorakentamisessa ei tällä hetkellä toimi sekä
- mitä Suomen asuntorakentamisen tulevaisuuden tulisi olla?

Rakentamisen tämän päivän ja tulevaisuuden haasteita ovat mm. kosteusongelmat, rakentamisen yleinen laatutaso sekä keskustojen täydennysrakentaminen. Näiden lisäksi rakentamisessa tuntuu olevan hukassa se, kenelle asuntoja rakennetaan. Oikea kysymys onkin, miten puurakentaminen voisi vastata näihin haasteisiin?

Kenelle rakennetaan?

Suurin osa tämän hetken kerrostaloista suunnitellaan ja toteutetaan sijoittajien ehdoilla maksimaalisen voiton saavuttamiseksi. Loppukäyttäjä tuntuu unohtuneen rakennus- ja suunnitteluprosessista, johon se todellisuudessa kuuluisi oleellisena osana. Sijoittajia ja loppukäyttäjiä kiinnostavat asuntorakentamisessa eri asiat. Siinä missä sijoittaja on kiinnostunut maksimaalisesta voitosta, loppukäyttäjää voisi kiinnostaa esimerkiksi terveellinen, turvallinen, viihtyisä sekä pitkäikäinen asunto. Oleellista on myös pohtia minkälainen kohderyhmä asuntoja tulevaisuudessa ostaa. Painottuuko ostajakunta esimerkiksi enemmän ikääntyvään väestöön Suomen ikäjakauman perusteella.

Miksi puukerrostalo?

Kysymyksen vastaus riippuu pitkälti siitä, kenelle puukerrostaloa ollaan myymässä. Sijoittaja voi kiinnostua puurakentamisesta esimerkiksi sen nopeuden ansiosta. Tulevaisuudessa rakentaminen keskittyy yhä enemmän suurten kaupunkien täydennysrakentamiseen. Kaupunkiympäristössä rakentaminen on haastavaa, sillä tilaa on vähän ja keskustan palveluiden tulee olla käytössä myös rakentamisen aikana. Puukerrostalotyömaiden ehdoton etu on työmaiden nopea läpimenoaika sekä tarkkaan mietitty työmaalogistiikka. Varsinkin tilaelementtitekniikassa myös työmaajätteiden sekä työmiesten määrä työmaalla on vähäinen. Tämän ansiosta työmaa-alueista saadaan pienempiä ja työmaan ympäristöä rasittava meluhaitta on vähäisempää.

Loppukuluttajaa taas voisi kiinnostaa puurakentamisessa moni muukin asia. Esimerkiksi sijoittaja voi tyrmätä puurunkoisen kerrostalovaihtoehdon, sillä rakennusvaiheen sääsuojaus nostaa rakennuksen rakennuskustannuksia verrattaessa esimerkiksi vastaavaan betonirakenteiseen kerrostaloon. Loppukuluttaja taas voi arvostaa vaihtoehtoa, sillä rakentamisen kuivaketju säilyy sääsuojatulla työmaalla huomattavasti paremmin ja kosteusvaurioita ei pääse syntymään jo heti rakentamisen aikana.

Kuiva rakentaminen edesauttaa myös rakennuksen sisäilman laatua. Puu ei tarvitse kuivumisaikaa rakennuksen valmistuttua, toisin kuin betonikerrostalo, mikä vaikuttaa rakennuksen sisäilman laatuun. Hyvän sisäilman lisäksi puurunkoisissa rakennuksissa on tut-

kitusti myös muita positiivisia fysiologisia ja psykologisia vaikutuksia asukkaisiin. Tällaisten terveyttä edistävien positiivisten viestien luulisi kiinnostavan erityisesti rakennusten loppukäyttäjiä.

Tällä hetkellä puukerrostalorakentamiseen ohjataan joillain paikkakunnilla suoraan myös asemakaavoissa. Esimerkiksi Helsingistä löytyy alueita, joiden asemakaavassa on määriteltä, että alueelle saa rakentaa vain puurunkoisia kerrostaloja. Tällä tavoin on saatu lisättyä puurunkoisten kerrostalojen rakentamista ja näin voidaan toimia myös tulevaisuudessa. Tässä kohtaa on kuitenkin hyvä pohtia sitä, saadaanko tällä tavoin rakennettua loppukäyttäjällä aina paras mahdollinen asunto. Kaavassa määrätty runkomateriaali voi myös vääristää kilpailutilannetta ja asettaa runkomateriaalit eriarvoiseen asemaan. Tämä saattaa pidemmällä aikavälillä jopa myös heikentää puun kilpailukykyä sekä haluttavuutta.

Näiden argumenttien lisäksi ei voida jättää huomioimatta puurakentamisen ekotehokkuutta. Tulevaisuudessa tämä argumentti tulee kiinnostamaan yhä enemmän sijoittajia sekä kohteiden loppukäyttäjiä ympäristötietoisuuden lisääntyessä. Yleiset energiamääräykset kiristyvät koko ajan mikä ohjaa tulevaisuudessa myös rakentamista enenevässä määrin. Valittu rakennusmateriaali ei vaikuta rakennuksen käytönaikaisiin päästöihin eikä kustannuksiin, sillä kaikki talot tehdään samojen määräysten mukaisesti. Kuitenkin puurakenteisen kerrostalon rakentamisen aikaiset päästöt ovat 20-30 % pienemmät verrattuna betoniseen kerrostaloon, mikä on huikea etu. Metsät ovat Suomen tärkein luonnonvara ja puuteollisuuden lisääminen voisi tuoda myös lisää työpaikkoja Suomeen. Näin välttyttäisiin materiaalin ulkomailta tuonnilta sekä vähennettäisiin kuljetuspäästöjä.

Markkinointi

Puurakentamisen tehokkuus tai positiiviset ominaisuudet eivät kuitenkaan yksinään riitä puurakentamisen kasvuun, mikäli asuntojen markkinointi sekä kohderyhmä ovat pielessä. Suomessa puuasuinkerrostalojen markkinointi on vielä varsin marginaalista eikä puurunkoisten asuntojen hyviä ominaisuuksia osata vielä täysin hyödyntää. Esimerkiksi puhdas sisäilma voisi nousta hyväksi myyntiargumentiksi. Tämän lisäksi puu mielletään yleisesti lämpimäksi ja kodikkaaksi materiaaliksi. Tulevaisuudessa puurunko saa myös näkyä enemmän rakennuksen valmiissa sisäpinnoissa. Tämä saattaa omalta osaltaan nostaa asuntojen haluttavuutta, jos sitä vain osataan markkinoida oikein.

Suomessa kuluttajat ovat yleisellä tasolla valmiita maksamaan laadukkaista tuotteista sekä palveluista hiukan enemmän. Asuntomarkkinoilla tästä hyvänä esimerkkinä voitaisiin pitää Tampereen keskustassa rakenteilla olevaa betonirunkoista Luminary-kerrostalokohdetta. Kohteiden markkinointiin on panostettu poikkeuksellisen paljon mm. laadukkaiden mainosmateriaalien avulla. Asukkaille on myyty mielikuva laadukkaasta asumisesta. Tämän tyylistä visuaalista markkinointia voitaisiin hyödyntää enemmän myös puuasuinkerrostalojen markkinoinnissa.

7.3 Jatkotutkimusehdotukset

Suomalaista puukerrostalorakentamista on tutkittu suhteellisen paljon rakennetekniikan sekä rakennusfysikaalisten tekijöiden näkökulmasta. Puurunkoisten kerrostalojen rakennustekniset haasteet on jo ratkaistu, joten tulevaisuudessa tutkimusten suunta voisi siirtyä uusiin näkökulmiin. Tulevaisuudessa tutkimusten suunta voisikin painottua enemmän markkinointiin sekä kohderyhmien analysointiin. Hyviä jatkotutkimusideoita voisivat olla esimerkiksi:

- Kuka tulevaisuudessa asuu kerrostaloissa sekä minkälaiset arvot ja ominaisuudet asukkaille ovat tärkeitä? Miten puurakentaminen vastaa asukkaiden tarpeisiin?
- Kuinka puun antibakteerisuutta voitaisiin hyödyntää asuin- ja julkitila rakentamisessa?
- Miten puun psykologiset ja fysiologiset terveystvaikutukset vaikuttavat asukkaiden terveyteen sekä asukasviihtyisyyteen?
- Mikä merkitys mielikuvamarkkinoinnilla on puurunkoisten asuntojen myynnissä?
- Voisiko hirsirunkoinen puukerrostalo olla tulevaisuuden kerrostalorakentamista?
- Voidaanko massiivipuurakenteella vaikuttaa asuinkerrostalon sisäilmastoon?
- Tulisiko haastavien puurakenteiden teknistä osaamista lisätä koulutuksella?

Jokaisella rakennusmateriaalilla löytyy materiaalille ominaiset hyvät sekä huonot puolet sekä perusteltu paikkansa rakennustuotannossa. Vaikka puu toimii kerrostalorakentamisessa yksinään olisi hyvä jatkossa tutkia myös erilaisten hybridirakenteiden toimivuutta Suomessa.

LÄHTEET

1. Laukkanen, M. 2014. Vapaavuori: Puurakentamista edistettävä osana Suomen biotalousstrategiaa. 05. 03 2014. Viitattu 02. 03 2017.
<http://www.puuinfo.fi/tiedote/vapaavuori-puurakentamista-edistett%C3%A4v%C3%A4-osana-suomen-biotalousstrategiaa>
2. Viljakainen, M. 2011. Puuinfon Markku Karjalaisesta Työ- ja elinkeinoministeriön puurakentamisohjelman vetäjä. 30.12.2011. Viitattu 02.03.2017.
<http://www.puuinfo.fi/tiedote/puuinfon-markku-karjalaisesta-ty%C3%B6-ja-elinkeinoministeri%C3%B6n-puurakentamisohjelman-vet%C3%A4j%C3%A4>
3. Tampereen kaupunki. 2016. Tampereesta puurakentamisen tutkimus- ja innovaatio-toiminnan keskus – puukerrostalojen rakentaminen käyntiin Vuoreksessa. 21.11.2016. Viitattu 02.03.2017. http://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2016/11/21112016_1.html
4. Jyväskylän yliopisto. 2015. Laadullinen tutkimus. 23.04.2015. Viitattu 10.10.2016.
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>
5. Routio, P. 2007. Tiedon hakeminen teksteistä. 03.08.2007. Viitattu 10.10.2016.
<http://www2.uiah.fi/projects/metodi/040.htm>
6. Jyväskylän yliopisto. 2015. KOPPA: Teoreettinen tutkimus. 23.04.2015. Viitattu 21.03.2017. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/tutkimusstrategiat/teoreettinen-tutkimus>
7. Routia, P. 2007. Tapaustutkimus. 03.08.2007. Viitattu 13.03.2017.
<http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/071.htm>
8. Yin, R.K. 1987. Case Study Research. Design and Methods, 8. Beverly Hills: Sage Publications.
9. Puuinfo Oy. 2016. LUKUJA JA LASKELMIA 30122016. 30.12.2016. Viitattu 02.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/LUKUJA%20JA%20LASKELMIA%2030122016.pdf>
10. Mäkiö, E.; Malinen, M.; Neuvonen, P.; Vikström, K.; Mäenpää, R.; Saarenpää, J.; Tähti, E. 1994. Kerrostalot 1960-1975. Helsinki: Rakennustieto Oy.
11. Tekes. 2016. Suomen kaupungistuminen yllytti yrityksiä innovoimaan. 05.10.2016. Viitattu 06.10.2016. <https://www.tekes.fi/nyt/uutiset-2016/suomen-kaupungistuminen-yllytti-yrityksia-innovoimaan/>
12. Laukkanen, M. 2012. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoin yhtenäinen avoin standardi. 10.04.2012. Viitattu 02.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/puurakentamisen-merkitt%C3%A4v%C3%A4-puute-poistuu-alalle-vihdoin-yhten%C3%A4inen-avoin-standardi>

13. Karjalainen, M. 2002. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa, 77–78, 82–83. Oulun yliopisto. Arkkitehtuurin osasto. Väitöskirja. Saatavilla: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514266188.pdf>
14. Puuinfo Oy. 2016. Valmistuneet puukerrostalot. 30.06.2016. Viitattu 02.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/articles/valmistuneet-puukerrostalot>
15. Tarvas, T. 2015. Lakimuutos antoi vauhtia buumille. 22.02.2015. Viitattu 10.01.2017. Saatavilla: <http://www.hs.fi/koti/art-2000002802545.html>
16. Mölsä, S. 2015. Puukerrostalo oli nopea tehdä mutta kallis suunnitella ja rakentaa. 26.06.2015. Viitattu 10.01.2017. Saatavilla: <http://www.rakennuslehti.fi/2015/06/puukerrostalo-oli-nopea-tehda-mutta-kallis-suunnitella-ja-rakentaa/>
17. Koskisen Oy. 2015. Kivistön puukerrostalo valmistui vuoden 2015 Asuntomessuille Vantaalle. Viitattu 10.02.2017. <http://www.koskisen.fi/referenssit/kiviston-puukerrostalo-vantaa-2015/>
18. Rakennuslehti. 2016. Kysely: Puukerrostalojen rakentamista vauhdittamaan tarvitaan lisää osaamista ja valmiita ratkaisuja. 10.11.2016. Viitattu 17.01.2017. Saatavilla: <http://www.rakennuslehti.fi/2016/11/kysely-puukerrostalojen-rakentamista-vauhdittamaan-tarvitaan-lisaa-osaamista-ja-valmiita-ratkaisuja/>
19. Heikinheimo, A. 2012. Puukerrostalo, 1–2. Viitattu 10.01.2017. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120501.pdf>
20. Puuinfo Oy. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Viitattu 10.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>
21. Kryssi, E. 2013. Puukerrostalo, 82. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Saatavilla: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21966/Kryssi.pdf?sequence=1>
22. Timbeco Woodhouse. Kerrostalojen rakentaminen. Viitattu 10.01.2017. <http://www.timbeco.ee/fi/elementtitalot/kerrostalojen-rakentaminen/>
23. Puuinfo Oy. Puukerrostalon rakenteet. Viitattu 10.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/puukerrostalon-suunnittelu/puukerrostalon-rakenteet>
24. Foresterie Nordic. La cité verte, block C. Viitattu 10.01.2017. <http://nordic.ca/en/projects/structures/la-cite-verte>
25. Puuinfo Oy. Hirsitalon suunnittelu. Viitattu 27.03.2017. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsitalon-suunnittelu>
26. Pluspuu Talot Oy. HIRSITALOJEN RAKENTEET. Viitattu 27.03.2017. <http://www.pluspuu.fi/rakenteet/>
27. Ykköset! 2016. Naava Chalet lomahuoneistojen rakentaminen käyntiin Ähtärissä. 11.02.2016. Viitattu 27.03.2017. <http://www.ykkoset.fi/uutisarkisto/naava-chalet-lomahuoneistojen-rakentaminen-kayntiin-ahtarissa/>

28. Naava Villas Oy. Rakennusvaiheen kuvat. Viitattu 24.03.2017. <http://naavavillas.fi/>
29. MetsäWood Oy. Piispalan nuorisokeskus. Viitattu 10.01.2017. <http://www.metsa-wood.com/fi/media/referenssit/Pages/Piispalan-nuorisokeskus.aspx>
30. Koskisen Oy. Puukerrostalot puuelementeistä. Viitattu 10.01.2017. <http://www.koskisen.fi/tuotteet/puukerrostalot/>
31. Vuorelma Arkkitehdit Oy. Puumera Kivistö. Viitattu 10.01.2017. <http://www.arkki.com/project/as-oy-puumera-kivisto/>
32. Pro Puu Oy. 2015. Mika Airaksela. Viitattu 17.01.2017. <http://www.propuu.fi/pro-fin/index.php/fi/mika-airaksela>
33. Lassila, A. 2015. Kokonainen kortteli. PUU 3/2015, 19–22. Saatavilla: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puu_3_15_low.pdf
34. RKL Reponen Oy. Työmaakuvia. Viitattu 17.01.2017. <http://www.puumera.fi/albumi/tyomaakuvia/>
35. Peltoranta, J. 2015. Vantaan asuntomessuille Euroopan suurin puukerrostalo. 18.08.2015. Viitattu 24.01.2017. <http://www.projektiuutiset.fi/vantaan-asuntomessuille-euroopan-suurin-puukerrostalo/>
36. Laukkanen, M. 2014. Jättielementeistä nousee Euroopan suurin puukerrostalo Vantaalle 08.07.2014. Viitattu 17. 01 2017. <http://www.puumera.fi/uutiset.html?7>
37. Helsingin kaupunki. Finnforest–Peab puukerrostalo. Viitattu 14.01.2017. <http://www.kerrostalo.hel.fi/hankkeet/finnforest-peab-puukerrostalo>
38. MetsäWood Oy. Viikin puukerrostalot. Viitattu 14.01.2017. <http://www.metsa-wood.com/fi/media/referenssit/Pages/Viikin-puukerrostalot.aspx>
39. Puuinfo Oy. MetsäWood Kerrostalojärjestelmä. Viitattu 25.10.2016. <http://www.puuinfo.fi/tuote/mets%C3%A4-wood-kerrostaloj%C3%A4rjestelm%C3%A4>
40. Tuominen-Halomo, A. 2012. Viikin puukerrostalo joutui heti kovaan testiin. 12.03.2012. Viitattu 14. 01 2017. <http://www.helsinginuutiset.fi/artikkeli/98110-viikin-puukerrostalo-joutui-heti-kovaan-testiin>
41. Rakennuslehti. 2012. Viikin puukerrostalokortteli valmistui. 04.09.2012. Viitattu 17.01.2017. Saatavilla: <http://www.rakennuslehti.fi/2012/09/viikin-puukerrostalokortteli-valmistui/>
42. Lakea Oy. 2016. Valmistuneita kohteita. Viitattu 04.10.2016. <http://www.lakea.fi/Valmistuneet-kohteet>
43. Stora Enso Oy. 2013. Puukuokka Jyväskylä, Suomi. Viitattu 04.10.2016. <http://www.clt.info/fi/projektit/detail/?slideId=6429&category=>

44. SKV Kiinteistönvälitys. 2015. Kohde 8165669. Viitattu 25.10.2016. <http://www.skv.fi/kohde/8165669>
45. SKV Kiinteistönvälitys. Asunto Oy Jyväskylän Puukuokka 1, Syöttäjänkatu 1, Jyväskylä (Kuokkala). Viitattu 06.10.2016. <http://www.skv.fi/uudisyhtio/86129>
46. Swedish Wood. Wood in the construction process. Viitattu 07.02.2017. http://www.swedishwood.com/about_wood/choosing-wood/building-with-wood/
47. Wood Focus Oy. 2005. Paloturvallinen puutalo, 12, 22–23, 99. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy. Saatavilla: http://www.oamk.fi/~pekkaki/puurakenteet_2/suunnitteluohjeita/Paloturvallinen_puutalo.pdf
48. Kaitila, O. 2010. Toiminnallisella paloturvallisuussuunnittelulla kohti edistyskellisempää rakentamista. Viitattu 28.01.2017. Saatavilla: <http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/5veWeZYwk.html>
49. Metsäntutkimuslaitos Oy. Ruotsissa puurakentamisella laaja hyväksyntä. 18.02.2013. Viitattu 12.03.2017. <http://www.metla.fi/uutiskirje/puu/2013-01/uutinen-2.html>
50. Varis, R. 2011. Puurakennus sijoituskohteena, 15. Puumies 4/2011, 15. Saatavilla: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puusuomi/Puurakentaminen_on_ekoteko_jutut_Puumies042011.pdf
51. Laukkanen, M. 2012. Teollinen tuotanto puurakentamisen menestyksen takana Ruotsissa. 27. 04 2012. Viitattu 19.03.2017. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/teollinen-tuotanto-puurakentamisen-menestyksen-takana-ruotsissa>
52. Iäs, V. 2013. Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet. Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus, 32. Tampereen teknillinen yliopisto. Väitöskirja. Saatavilla: <https://tutcris.tut.fi/portal/files/2652042/ijas.pdf>
53. TMF. 2016. Andel nybyggda lägenheter i ordinära. Viitattu 08.02.2017. <http://www.tmf.se/siteassets/statistik/traandel/andel-paborjade-lagenheter-2007-2015.pdf>
54. Pajakkala, P. 2016. Puurakentaminen kärsinyt sekä suhdanteista että rakennemuutoksista. Luento. Puumarkkinapäivät. 24.11.2016. Vantaa. Saatavilla: <http://www.forecon.fi/fi/yritys/tiedotteet/puurakentaminen-k%C3%A4rsinyt-sek%C3%A4-suhdanteista-ett%C3%A4-rakennemuutoksista>
55. Gustafsson, A; Eriksson, P-E; Engström, S; Wik, T; Serrano, E. 2012. Handbok för beställare och projektörer, 51–80. Saatavilla: <http://www.svensktra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdfer/handbok-flervaningshus-i-tra.pdf>
56. Lindbäcks Bygg AB. From local mill to industrial production. Viitattu: 01.03.2017. <http://www.lindbacks.se/en/bygg/om-lindbacks-bygg/var-historia/>
57. Boverket. 2006. Bostäder byggda med volymentelement, 9, 14. Kalskrona: Boverket. Saatavilla: http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/bostader_byggda_med_volymentelement.pdf

58. Laukkanen, M. 2012. Ruotsin puukerrostalorakentamiseen mallia Japanin autoteollisuudesta. 03.10.2012. Viitattu 05.03.2017. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/ruotsin-puukerrostalorakentamiseen-mallia-japanin-autoteollisuudesta>
59. Lindbäcks Bygg AB. Lindbäcks referenser. Viitattu 15.03.2017. <http://www.lindbacks.se/bygg/referenser/>
60. SABO. 2013. SABOs KOMBOHUS PLUS: Skanska, NCC och Lindbäcks Bygg - tre genomarbetade huskoncept, 4–5, 15, 24. Viitattu: 05. 03 2017. http://www.sabo.se/kunskapsraden/sabos_kombohus/kombohus_plus/Documents/SABOs%20Kombohus%20Plus%20-%20Tre%20genomarbetade%20huskoncept.pdf
61. Brant, K; Gullbring, L. 2009. Här är vi idag, 12–16. Trä! 3/2009, 12–19. Saatavilla: <http://www.svensktra.se/tidningen-tra/2009-3/>
62. Folkhem Produktion AB. Historien om Folkhem Trä. Viitattu: 12.03.2017. <http://www.folkhem.se/sv/historien-om-folkhem-tra>
63. Karjalainen, M. 2016. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. 29.12.2016. Viitattu 21. 10 2016. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>
64. Kvint, Annica. 2016. Hög tid för trä? 17.11.2016. Viitattu 05.03.2017. <https://arkitektur.se/tema/hog-tid-tra/>
65. Mairs, Jessica. 2016. Anders Berensson proposes wooden skyscraper with decorative facade for Stockholm. 25.04.2016. Viitattu 10.03.2017. <https://www.dezeen.com/2016/04/25/anders-berensson-architects-tratoppen-wooden-skyscraper-concept-stockholm-cross-laminated-timber/>
66. Tham&Videgård Arkitekter. Wooden Highrise apartments. Viitattu 10.03.2017. <http://www.tvark.se/wooden-highrise-apartments/>
67. Møller, C.F. 2013. HÖGHUS I TRÄ. 05.06.2013. Viitattu 10.03.2017. <http://www.cfmoller.com/g/-sv/wooden-skyscraper-i13256.html>
68. Svenskt Trä. 2003. Byggsystem. 01.09.2003. Viitattu 01.03.2017. <http://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/>
69. Bennewitz, E. 2017. Snabb process fram till färdiga hus i Valsta. 01.01.2017. Viitattu: 03. 06 2017. <http://byggindustrin.se/artikel/fordjupning/snabb-process-fram-till-fardiga-hus-i-valsta-24498>
70. Alpab AB. References. Viitattu 24.03.2017. <http://alpab.nu/references/>
71. Svensk byggtjänst. 2017. Valsta tävlar med volymer och vinklar. 02.16.2017. Viitattu 06. 03 2017. <https://omvarldsbevakning.byggtjanst.se/artiklar/2017/februari/valstatavlar-med-volymer-och-vinklar/>
72. My Newsdesk. Bilder & Videor. Viitattu 24.03.2017. https://www.mynewsdesk.com/se/byggindustrin/latest_media

73. Fastighet & Bostadsrätt. 2014. Lindbäck's Bygg etablerar ny fabrik i Piteå. 01.10.2014. Viitattu 24.03.2017. <http://www.fastighetochbostadsratt.com/Industriellt-byggande/53196-Lindbacks-Bygg-etablerar-ny-fabrik-i-Pitea.html>
74. Dagens Arbete. 2017. De bygger sin drömfabrik. 20.01.2017. Viitattu 25.03.2017. <http://da.se/2017/01/de-bygger-sin-dromfabrik/>
75. Svenskt Trä. 2016. Strandparken. Viitattu 16.02.2017. <http://www.svensktra.se/tra-priset/traprisbockerna/strandparken/>
76. Sveriges Träbyggnads Kansli. Strandparken Sundbyberg. Viitattu 16.02.2017. <http://www.trabyggnadskansliet.se/inspiration/flervaningshus/strandparken-sundbyberg>
77. Ehrlemark, B. 2009. Uppvisning i uppförande. Trä! 3/2013, 20–23. Saatavilla: <http://www.svensktra.se/siteassets/5-tidningen-tra/2-tidningen-i-pdf/tra-2013-nr-3.pdf>
78. European Wood China. Strandparken. Viitattu 23.02.2017. <http://www.european-wood.org.cn/cms/page/en/residential-case-studies/31>
79. Brandt, K. 2015. Forskningsresultat kan påverka byggreglerna. Trä! 3/2013, 30–31. Saatavilla: <http://www.svensktra.se/siteassets/5-tidningen-tra/2-tidningen-i-pdf/tra-2015-nr-1.pdf>
80. Frank, S. 2016. Markkinointijohta Folkhem AB. Luento. Helsingin Puupäivät 10.11.2016. Saatavilla: <http://www.puupaiva.com/sites/default/files/Calm%20healthy%20and%20planet%20friendly%20buildings.pdf>
81. OWC Arkitekter AB. SKAGERSHuset. Viitattu 08.02.2017. <http://www.owc.se/page/skagershuset>
82. Ayre, M. 2014. LÅNGSTRÄCKT FASAD I INNOVATIVA MODULER. Trä! 2/2014, 14, 17. Saatavilla: <http://www.svensktra.se/siteassets/5-tidningen-tra/2-tidningen-i-pdf/tra-2014-nr-2.pdf>
83. Moelven AB. 2017. Byggmoduler & byggbodas - Moelven Byggmodul AB. Viitattu 09.02.2017. <https://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Byggmoduler/Flerbostadshus/>
84. Finnforest Oy. 2004. Finnforest Oyj:n tytäryhtiön Moelvenin omistus pohja laajenee. 02. 06.2004. Viitattu 09.02.2017. <https://news.cision.com/fi/finnforest/r/finnforest-oyj-nytytaryhtion-moelvenin-omistus-pohja-laajenee,e105651>
85. Hietaniemi, J. 2012. Palotekninen suunnittelija. Toiminnallinen palomitoitus. Luento. Helsingin Puupäivät 29.11.2012. Saatavilla: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/moduuli-2/43toiminnallinenpalomitoitus.pdf>
86. Puuinfo Oy. 2011. Puukerrostalo - palomääräykset 2011. 18.04.2011. Viitattu 10.01.2017. <http://www.puuinfo.fi/rakentamism%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset/puukerrostalo-palom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset-2011>

87. Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta, 8. 13.12.2016. Viitattu 08.04.2017. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ ja_ lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_ luonnoksesta_ ymparistomin\(41409\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ ja_ lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_ luonnoksesta_ ymparistomin(41409))

88. Kiinteistöposti. 2015. Puurakentamisen liiketoiminnan kehittämiseksi profesuuri. 05.03.2015. Viitattu 19.03.2017. <http://www.kiinteistoposti.fi/uutiset/puurakentamisen-liiketoiminnan-kehittamiseksi-professuuri/>

89. Puuinfo Oy. 2016. Keski-Euroopan puurakentaminen on suunnittelijavetoista. 11.01.2016. Viitattu 19.03.2017. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/keski-euroopan-puurakentaminen-suunnittelijavetoista>