

Opinnäytetyö (YAMK)

Insinööri (ylempi AMK), rakentaminen

2022

Petra Sistonen

**RANKARUNKOISEN
PUUKERROSTALO-
RAKENTAMISEN
KEHITTÄMINEN**

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö YAMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK), rakentaminen

2022 | 58 sivua

Petra Sistonen

Rankarunkoisen puukerrostalorakentamisen kehittäminen

Puun käyttö rakentamisessa on kasvussa. Puuta pidetään ekologisena rakennusmateriaalina, ja ilmastopoliittiset linjaukset ohjaavat puun käyttöön. Puu eroaa betonista erityisesti rakennusfysikaalisilta ominaisuuksiltaan, ja talotekniikka on huomioitava erilalla. Puurakentamiselle ei ole muodostunut vielä vakiintuneita toimintatapoja ja -ohjeita suunnitteluun ja tuotantoon.

Tämän kehitystyön tavoitteena on koota opit Arkta Rakennus Oy:n ensimmäisestä puukerrostalokohteesta suunnittelu- ja tuotanto-ohjeen muotoon. Ohjeen luomiseksi analysoidaan kohteesta jo aiemmin kerättyä kokemusperäistä tietoa sekä perehdytään puurakentamiseen yleisesti. Nämä ohjeet eivät ole valmiit, vaan näitä tulee jatkossakin kehittää ja ylläpitää. Johtopäätöksenä on havaittu puurakentamisen vaativan betonirakentamista enemmän aikaa ja rahaa suunnitteluun sekä valmisteluun lukuisista yksityiskohdista ja erityisalojen suunnitteluosaamisesta johtuen.

Asiasanat:

puurakentaminen, puukerrostalo, runkojärjestelmä, puurakenteet

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Master of Engineering, Construction

2022 | 58 pages

Petra Sistonen

The development of frame wooden apartment building construction

The use of wood in construction is increasing. Wood is considered an ecological building material and climate policy guidelines guide the use of wood. Wood differs from concrete especially in terms of construction its physical construction characteristics and building technology issues must be taken into account differently. Established operating methods and guidelines are not yet available for wood construction.

The goal of the present development work is to compile design and production instructions based on lessons learned from Arkta Rakennus Oy's first wooden multi-storey building and create a guide by analyzing experience-based information on site and by studying wood construction in general. The instructions are not final, instead, they must continue to be developed and maintained. In conclusion, the planning and preparation of wood construction takes more time and money than concrete construction due to the numerous details and required engineering expertise in specific fields.

Keywords:

wooden construction, wooden apartment building, frame system, wooden structures

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Miksi rakennamme puusta	9
2.1 Puurakentamisen historiaa Suomessa	9
2.2 Poliittika määrittelee ilmastopoliittisia linjauksia	11
2.3 Puurakentamisen vaikutukset ilmastonmuutokseen	14
2.4 Puurakentamisen mahdollisuudet rakentajan näkökulmasta	17
3 Puurakentamisen erityispiirteet	21
3.1 Palotekniikka	23
3.2 Ääni ja Värinämitoitus	24
3.3 Ilmantiiviys ja kosteustekniset näkökohdat ulkoseinässä	25
3.4 Puun suojaus	26
3.5 Painuminen	28
3.6 Runkojärjestelmä ja rakenneratkaisut	29
3.6.1 Kantavat seinät	34
3.6.2 Välipohja	36
3.6.3 Parvekeratkaisut	39
3.6.4 Portaat	39
3.6.5 Hissikuilu	40
3.6.6 Liitokset	40
3.6.7 Rankarunkoisen ulkoseinän yleisimmät virheet ja puutteet	41
3.7 Talotekniikka	42
3.8 Elementit	44
4 Suunnittelu-, hankinta- ja tuotanto-ohjeen sisältö	45
5 Yhteenveto	47
Lähteet	50

Liitteet

Liite 1. Projektiaikataulu malli.

Kuvat

Kuva 1. Euroopan unionissa säädettyjä ilmastopolittisia linjauksia.	11
Kuva 2. Puu- ja betonirakenteisen seinän aiheuttamat päästöt (MetsäGroup 2022).	14
Kuva 3. Rankarunkojärjestelmän toimintaperiaate (Puuinfo 2020).	29
Kuva 4. CLT-levyn rakenne (Puuinfo 2020).	31
Kuva 5. Pilari-palkkijärjestelmä mahdollistaa avarat huonetilat (Mustonen 2017).	32
Kuva 6. Tilaelementeistä koottu talo koostuu esimerkiksi asuinhuoneiston kokoisista lohkoista (Karjalainen 2017).	33
Kuva 7. Isokuusen kohteen ulkoseinä rakenne.	34
Kuva 8. Kantavat huoneistojen väliset seinät Vuoreksen Isokuudessa.	35
Kuva 9. Vuoreksen kuusikon kuivien tilojen välipohjarakenne.	37
Kuva 10. Isokuusen kohteen välipohjan rakennetyyppi märkätiloissa.	38

Taulukot

Taulukko 1 Puurakentajan mahdollisuudet ja haasteet.	17
Taulukko 2 Askeläänen eristävyteen vaikuttavat tekijät.	24

1 Johdanto

Puusta rakentaminen Suomessa ja maailmalla on kasvussa. Pientalorakentamisessa puuta on käytetty pitkään, mutta viime vuosikymmenen aikana puun käyttö julkisissa rakennuksissa sekä sittemmin myös asuinkerrostalorakentamisessa on lisääntynyt. Puuta pidetään ekologisena vaihtoehtona rakentamiseen, ja ilmastotavoitteet ohjaavat rakentamista puun käyttöön.

Arkta Rakennus Oy:ssä on toteutettu Tampereen Vuorekseen kuuden asuinkerrostalon puutalokorttelikonaisuus vuosina 2020–2022. Projektissa on tullut vastaan erinäisiä, pienempiä ja suurempia haasteita niin suunnittelussa kuin tuotannossakin. Puukerrostalorakentaminen on uutta Arkta Rakennuksen toiminnassa. Arkta konsernissa puukerrostalorakentamisesta on laaja-alaista kokemusta pääkaupunkiseudulla jo pidemmältä ajalta Arkta Reposen toimesta. Rakentamisessa puuta pidetään tulevaisuuden tuotteena, ja puurakentaminen on tärkeä strateginen osa-alue myös Arkta Rakennuksen toiminnassa. Koska puukerrostalorakentamista on yrityksessä tehty vasta vähän, ei vielä ole muovautunut hyväksi todettuja toimintatapoja ja -ohjeita suunnittelunohjaukseen ja tuotantoon. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota opit pilottikohteesta suunnittelu- ja tuotanto-ohjeen muotoon Arkta Rakennus Oy:n käyttöön.

Opinnäytetyön alussa perehdytään puurakentamista yleisesti. Teoriaosiossa käsitellään suomalaisen puurakentamisen historiaa, vaikutuksia ilmaston muutokseen, poliittisia linjauksia ja sitä, mitä mahdollisuuksia puurakentaminen tarjoaa rakentajalle. Puurakentamisen erityispiirteitä tarkastellaan puun fysikaalisten ominaisuuksien ja talotekniikan vaikutuksen kautta. Työssä esitellään puurakentamisen runkojärjestelmävaihtoehdot ja eri rakenteet. Kehitystyönä luodaan pohja suunnittelu-, hankinta- ja tuotanto-ohjeelle, joka ei ole valmis, vaan ohjetta tulee ylläpitää ja kehittää eri osapuolten kesken kokemuksen karttuessa puurakentamisesta. Työn painopiste on kehitystyössä eikä aineiston keruuta laajenneta, vaikka pilottikohteen aineistoon perehtyessä

havaittaisiin tietopuutteita. Näitä havaittaessa, tehdään koonti jatkotoimenpide-ehdotuksiin.

Työssä keskitytään puurakentamisen erityispiirteisiin. Työssä ei ole huomioitu muun muassa kaavoituksen ja työturvallisuuden vaatimuksia, sillä näihin tulee kiinnittää huomioita kaikessa rakentamisessa. Työn teoriaosion aineistona on käytetty aikaisemmin koottua aineistoa pilottikohteesta, aiheesta tehtyjä tutkimuksia sekä alan kirjallisuus- ja internetlähteitä.

Puuinfo Oy on suomalainen vastuullinen puunkäytön edistäjä, jonka toiminnan tarkoitus on uusiutuvien puutuotteiden innovatiivisen käytön kasvattaminen. Puuinfon verkkosisältöä on käytetty kattavasti myös tämän opinnäytetyön sisällön tuottamisessa. Monessa aikaisemmin tehdyssä puurakentamiseen liittyvässä tutkimuksessa toistetaan samoja asioita: puurakentamisesta on vasta vähän kokemusta, toimintatavat ja rakenteet eivät ole vakiintuneita, ja puusta rakentaminen on kallista. Puuinfo julkaisee sivuillaan tutkimustuloksia ja artikkeleita, joissa on muunmuuassa yliopistohankkeiden kautta tutkittu puurakentamista. Nimettömänä tehtyjen empiiristen haastattelujen kautta voidaan saada parasta käytäntöön perustuvaa kokemusta hankkeista, sillä tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa on havaittu, että toimijat eivät halua julkaista negatiivisia asioita tehdyistä hankkeista. Pelkästään onnistumisten esille tuominen rajoittaa kuitenkin alan yleistä kehitystä.

Kokemusperäinen tieto perustuu aina siihen, kuinka henkilö kokee asian. Tietoon kytkeytyvät tunteet, ja haastavalla hetkellä voi olla hankala nähdä asian hyviä puolia. Tästä johtuen saatetaan jokin toimintatapa tai ratkaisu tyrmätä täysin. Lisäksi usein asioita ajatellaan vain henkilön omasta näkökulmasta. Esimerkiksi tuotannon parissa työskentelevä henkilö ajattelee asioita tuotannon näkökulmasta ja suunnittelija suunnittelun näkökulmasta. Tästä johtuen, pilottikohteesta kerättyyn aineistoon on suhtauduttava kriittisesti ja asioista keskusteltava avoimesti ja rakentavasti eri osapuolten kesken. Toimintatavat ja -ohjeet vaativat aikaa ja kokemusta, jotta ne muovautuvat käyttöön sopiviksi.

Puurakentamiseen liittyvää kirjallisuutta on löydettävissä rajallisesti. Tämän opinnäytetyön kirjallisuuslähteinä on käytetty Janne Tolppasen yhdessä Markku Karjalaisen, Tero Lahtelan ja Mikko Viljakaisen kanssa kirjoittamaa kirjaa Suomalainen puukerrostalo – rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen sekä Unto Siikasen kirjoittamaa Puurakentaminen kirjaa. Kirjallisuusaineisto on tähän päivään mennessä kymmenkunta vuotta vanhaa ja on ymmärrettävä, että kymmenessä vuodessa on tapahtunut puurakentamisen kehitystä.

Edellä mainittujen kirjallisuuslähteiden alkuteksteissä painotetaan, etteivät kirjat ole oppaaksi vain suunnittelijoille, vaan ne ovat tarkoitettu ohjaamaan kaikkia puurakentamisen parissa työskenteleviä. On havaittavissa, että kirjojen sisällön painopiste on suunnittelussa ja suunnittelun ohjauksessa. Myös rakentajan on ymmärrettävä suunnittelun sisältöä. Kirjallisuuslähteistä ei selviä, mitä rakentamiselta puukerrostalotyömaalla vaaditaan, kuinka suunnitteluratkaisut vaikuttavat tuotannon toteuttamiseen, lopputuotteeseen ja käyttäjään. Tätä tietoa onkin koottava käytännön kautta. On todennäköistä, että alan yritykset haluavat pitää käytännön kokemukset yrityssalaisuutena, sillä rakentaminen on kovasti kilpailtu ala, ja yritysten tavoitteena on tehdä taloudellista tulosta. Tällä opinnäytetyöllä pyritään antamaan tarvittava pohja toimeksiantajayritykselle, syventämään kehitystyön tekijän omaa ymmärrystä puurakentamisesta sekä antamaan kenelle tahansa puurakentamisesta kiinnostuneelle käsitys siitä, mitä puurakentaminen on.

2 Miksi rakennamme puusta

Suomessa materiaalia puurakentamiseen on runsaasti. Maailmalla puukerrostaloja rakennetaan paljon, mutta Suomessa puurakentaminen on vasta yleistymässä. Ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet ohjaavat voimakkaasti puun käyttöön, sillä puuta pidetään ilmastoystävällisenä vaihtoehtona. Rakentajalle puurakentaminen tarjoaa mahdollisuuksia uuden osa-alueen ympärillä, mutta myös haasteita, sillä vakiintuneita tapoja ja osaamista ei vielä ole karttunut.

2.1 Puurakentamisen historiaa Suomessa

Puurakentamista on harjaannutettu Suomessa jo vuosisatoja. Rakennusmuoto on pitkään ollut yleisin rakennusmuoto maassamme, joka maailmallakin tunnetaan tuhansien järvien ja metsien maana. Pulaa raaka-aineesta ei siis Suomessa ole. 1940-luvulle saakka puurakentaminen keskittyi lähinnä hirsirakentamiseen. Vuosikymmenen taitteessa tapahtui nopea muutos rankarakenteisiin seiniin. 1950-luvulla puurakentaminen kääntyi laskuun teräs- ja betonirakentamisen tullessa markkinoille. Uusien rankarakenteiden myötä markkinoille saapui myös uusia materiaaleja, kuten rakennusmuoveja ja mineraalivilloja. Kosteus- ja lämpötekniistä toimivuutta ei vielä ymmärretty täysin kokemuksen puutteen myötä. 1960–70 -luvulla ja osin myöhemminkin rakennetuissa puutaloissa esiintyy paljon kosteus- ja homevaurioita aiheuttaneita rakennusvirheitä. Nämä lienevätkin jättäneet huonon leiman puurakentamiselle. (Luukkonen 2017; Siikanen 2016, 3.)

Suomalainen metsäteollisuus on edistänyt puukerrostalorakentamista 1990-luvun alusta saakka, mutta puisten kerrostalojen rakentaminen on ollut vähäistä. Kolme- ja neljäkerroksisia puisia kerrostaloja on rakennettu vain kymmenen vuosina 1995–2001 (Mikkonen 2022). Vuonna 2014 Suomessa on ollut 39 puista asuinkerrostaloa ja neljä puusta rakennettua toimistokerrostaloa. Puukerrostalo rakentaminen on lisääntynyt 2000-luvun edetessä myös Suomessa (Manninen

2014). Kuitenkin muualla maailmalla, esimerkiksi Kanadassa puukerrostaloja on rakennettu yli sata vuotta (Mikkonen 2022).

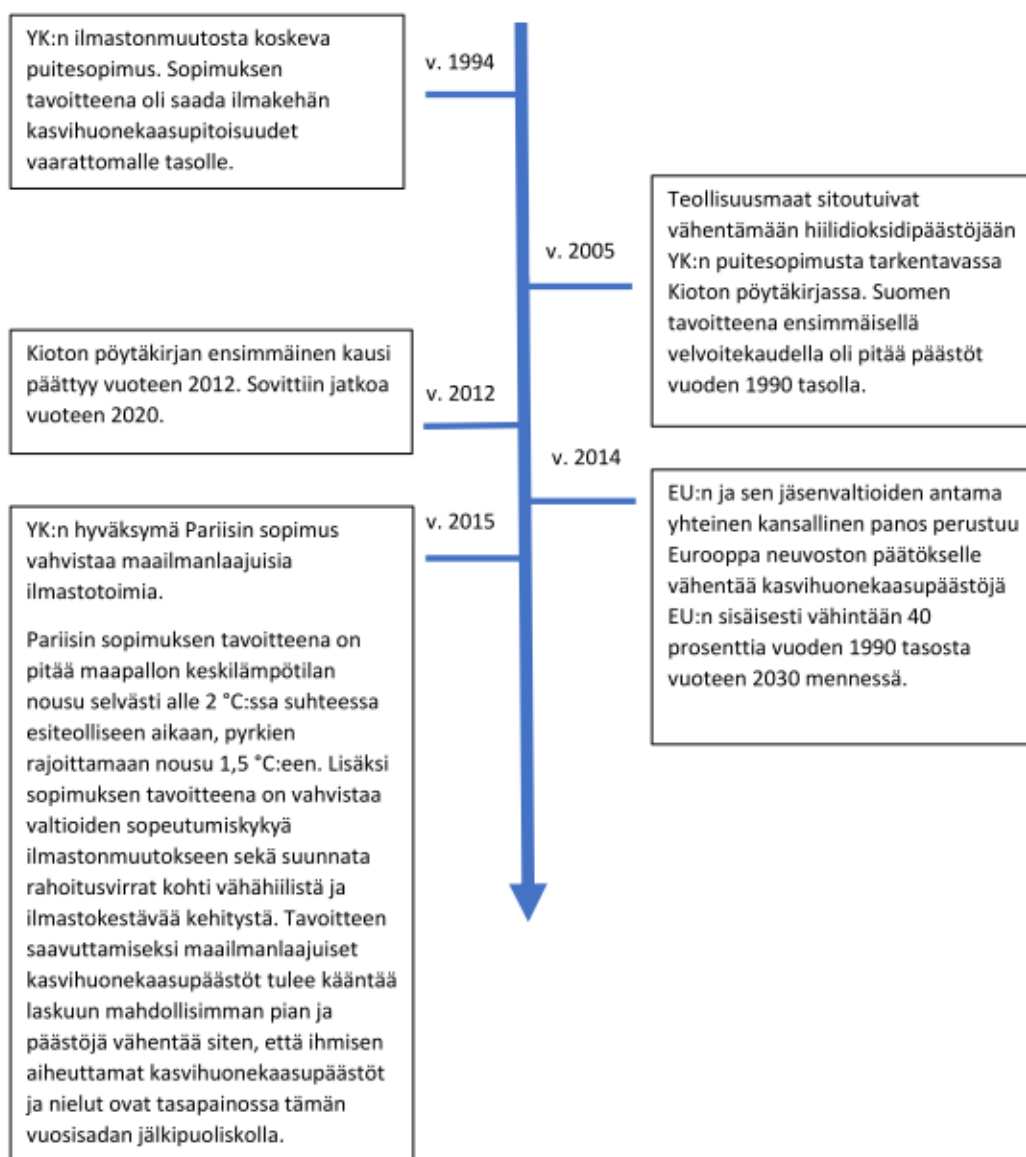
Suurimpana jarruna puurakentamisen kasvulle ovat olleet ennakoasenteet ja palomääräykset. Vuoteen 1997 saakka palomääräykset sallivat vain kaksi kerroksiset puiset pientalot. Vuosien 1997–2010 välillä palomääräykset sallivat neljä kerroksisten puukerrostalojen rakentamisen. (Mikkonen 2022.) Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 3/11 on päivitetty vuonna 2011. Asetus sallii kahdeksan kerroksisten asuinkerrostalojen rakentamisen.

Vuodesta 2011 lähtien puurakentaminen on Suomen valtion toimien ja uusien rakennustekniikoiden myötä alkanut lisääntymään (Luukkonen 2017). ARA-hankkeiden avulla puurakentamisesta on pyritty saamaan kokemusta ja osaamista rakennushankkeiden eri osapuolille (Luukkonen 2017, 52). Edelleen kaivataan lisää tietoa ja kokemusta puurakentamiseen, jotta hankkeisiin uskallettaisiin ryhtyä ja niistä saataisiin taloudellisesti kannattavia.

Jesse Luukkonen (2017) on tutkinut opinnäytetyössään teollisen puurakentamisen edistämistä Suomessa. Tutkimustuloksena on saatu selville, että puu rakennusmateriaalina voi olla yhdenvertainen materiaali runkorakenteina betonin kanssa, mikäli alalle saadaan kilpailua, uudistuksia lainsäädäntöön ja yhtenäisempiä toimintamalleja.

2.2 Poliitikka määrittelee ilmastopoliittisia linjauksia

Euroopan unionissa sovitut ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteet ja toimenpiteet ohjaavat erittäin voimakkaasti Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelua ja toimeenpanoa. Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää toimia kaikilla toimialoilla. Euroopan unionissa tehtyjä ilmastopoliittisia linjauksia on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Euroopan unionissa säädettyjä ilmastopoliittisia linjauksia.

Kansallisella tasolla

Euroopan unionin määrittelemien toimenpiteiden mukaan myös Suomessa on tehty energia- ja ilmastostrategisia toimia jo vuodesta 1994.

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemassa, Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategista vuoteen 2030 (2017), on määritelty seuraavaa:

”Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean lokakuussa 2014 julkaisema mietintö ”Energia- ja ilmastotiekartta 2050” toimii strategisen tason ohjeena kohti tätä tavoitetta. Tiekartassa arvioitiin keinot vähähiilisen yhteiskunnan rakentamiseksi ja Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi 80–95 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä.”

Selonteossa on esitetty tavoitteita kasvihuonepäästöjen pienentämiseksi. Näistä rakentamisen toimialaa voidaan katsoa koskevan tavoitteet, jossa pyritään kehittämään kuntien ja alueiden ilmastoratkaisuja tukevaa työtä muun muassa toteuttamalla kokeilu- ja yhteistyöhankkeita. Kehitetään edelleen asumisessa käytössä olevia ohjauskeinoja ja mahdollistetaan kuluttajien toimia tavoitteena kulutuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen.

Rakennetussa ympäristössä muodostuu merkittävä osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Energian loppukäytöstä rakennusten osuus on noin 38 prosenttia. Rakennettuun ympäristöön liittyvät ilmastonmuutoksen hillinnän toimet muodostuvat alueidenkäytöstä, energiatehokkaasta uudis- ja korjausrakentamisesta, rakennusten ylläpidosta, materiaalitehokkuudesta sekä uusiutuvan energian hyödyntämisestä ja edistämisestä. Alueiden käyttöä ja rakentamista koskevat päätökset vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen, koska infrastruktuuri muuttuu hitaasti. Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on

järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen siten, että niillä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää.

Konkreettisiksi toimiksi rakennetun ympäristön päästöjen pienentämiseksi on esitetty, että uudisrakentamiselle asetetaan energiatehokkuusvaatimusten taso. Energiatehokkuutta ylläpidetään kustannusoptimaalisella tasolla. Edistetään puurakentamista, ja lisätään Suomen metsiin sitoutuneen hiilen varastointia edistämällä puun käyttöä rakentamisessa ottaen huomioon siitä saatu pitkäaikainen nielu.

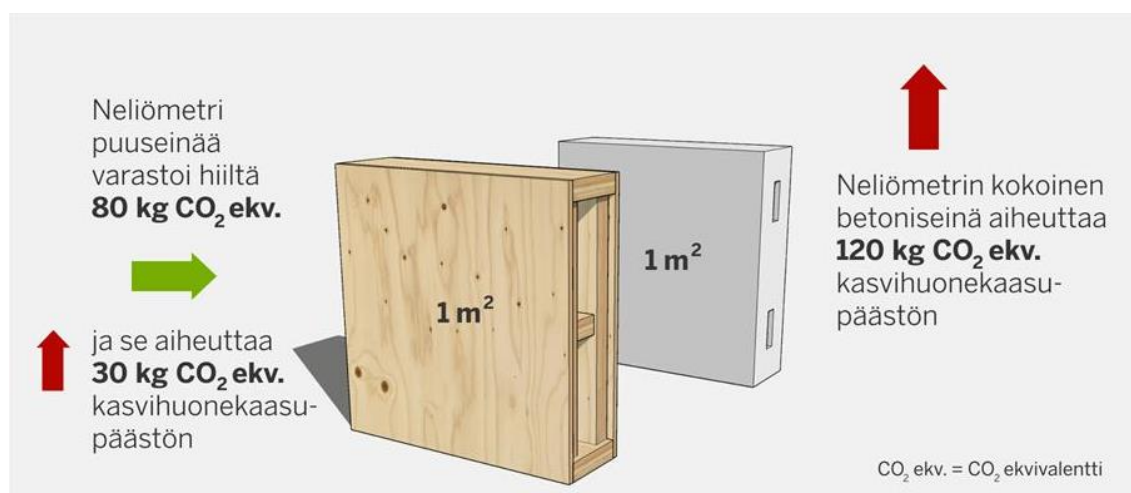
Vuodesta 1994 jokainen hallitus on edistänyt puurakentamista erinäisin ohjelmin (Mölsä 2021):

- Puurakentamisen teknologiaohjelma 1995–98
- Puun vuosi 1996
- Puun aika 1997–2000
- PuuSuomi -toimintaohjelma 1998–2005
- Puurakentamisen edistämishjelma 2004–2010
- Metsäalan strateginen ohjelma 2011–2015
- Kansallinen metsäohjelma 2015

Viimeisimpänä 26.06.2016 ympäristöministeriön toimesta asetettu kehittämishanke ”Puurakentamisen toimenpideohjelma”. Hankkeen tavoitteena on aikavälillä 2016–2022 lisätä puun käyttöä niin kaupunkien rakentamisessa, julkisessa rakentamisessa kuin suurissa puurakenteissakin. Ohjelma pyrkii samalla monipuolistamaan ja kasvattamaan puun käyttöä ja sen jalostusarvoa. (YM 2016)

2.3 Puurakentamisen vaikutukset ilmastonmuutokseen

Puuta markkinoidaan ilmastoystävällisenä rakennusmateriaalina ja hiilinieluna. Kuvassa 2 on verrattu puu- ja betonirakenteisen seinän rakentamisesta aiheutuvia päästöjä.



Kuva 2. Puu- ja betonirakenteisen seinän aiheuttamat päästöt (MetsäGroup 2022).

Alan eri toimijoiden sloganeja

”Puu ainoana rakennusmateriaalina uusiutuu ihmisen elinaikana. Puun käyttö esimerkiksi julkisessa rakentamisessa on tunnistettu Suomessa yhdeksi keinoksi pienentää kuntien hiilidioksidipäästöjä.”
Ramboll Finland Oy (Ramboll 2022)

”Puu on pitkäikäinen, monipuolinen ja vähäpäästöinen materiaali, jonka merkitys rakennusmateriaalina tulee korostumaan tulevaisuudessa yhä entisestään. Puun hyödyntäminen rakennusmateriaalina hillitsee ilmastonmuutosta, sillä se alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä ja vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta. Puurakennukset ja -tuotteet toimivat tehokkaana hiilivarastona ja alentavat kasvihuonepäästöjä.”
(Helsingin yliopisto 2021)

*”Puurakentaminen on ekologista, esteettistä ja kustannustehokasta”
(Sweco 2022)*

Paljon kuulee puhuttavan myös siitä, kuinka puurakenteita muun muassa palomääräysten takia pystytään jättämään hyvin vähän näkyviin. Puupinnat on vuorattava palonkestävällä materiaalilla, kuten kipsilevyllä. Vaihtoehto vuoraukselle on mitoittaa rakenteet niin järeiksi, että niiden hiiltymisaika kestää tarvittavan paloajan. Ilmantiiveyden ja kosteusteknisen toimivuuden takia puutaloissa on höyrynsulkumuovit. Puurakenteet vaativat julkisivussa enemmän huoltoa kuin betonirakenteet. Onko päästölaskelmissa huomioitu, mikä on näiden kaikkien rakennusmateriaalien todellinen vaikutus ilmastoon rakennuksen koko elinkaaren aikana? Puu sellaisenaan saadaan rakennusmateriaalina näyttämään ilmastoystävällisempänä vaihtoehtona kuin betoni.

On tutkittu kohteita, joissa on rakennettu vastaavanlaiset talot puusta ja betonista. Kohteissa on vertailtu myös puu- ja betonirakentamisen eroja ilmastovaikutuksellisesta näkökulmasta. Laskelmat eivät ole julkisia, eikä näistä löydy tietoa, mitä kaikkea laskelmiin on huomioitu. Millä tarkkuudella on huomioitu muun muassa epäsuorat päästöt, rakennuksen huollosta aiheutuvat päästöt sekä käyttöiän jälkeen rakennuksen purkamisesta ja materiaalien uusiokäytöstä aiheutuvat päästöt ja hyödyt.

Mangrove Oy on rakentanut identtiset kerrostalot, joista toinen on rakennettu puusta, toinen betonista. Projektin aikana on laskettu kohteiden hiilijalanjälkeen eli ilmastopäästöihin vaikuttavien valintojen merkitys ja positiivisista ilmastovaikutuksista kertova hiilikädenjälki. Hiilikädenjälkeen vaikuttavat muun muassa rakennuksessa käytettyjen rakennustuotteiden kierrätys- ja uudelleenkäyttömahdollisuus. ”Hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkiraporttien perusteella puukerrostalo osoittaa laskennallisesti olevansa ekologisempi. Näistä vertailukohteista kide on betonirakenteinen, joka aiheuttaa suuremmat päästöt. Vastaavasti puukerrostalo Kirsikan CLT-rungon ansiosta rakennus sitoo hiiltä ja

toimii hiilivarastona koko elinkaarensa ajan” toimitusjohtaja Antti Lundstedt Mangrovelta kertoo. (Projekti uutiset 2022.)

Helsingissä A-Kruunu Oy on yhdessä Rakennusliike Reposen kanssa toteuttanut vastaavanlaisen vertailu kohteen vuonna 2018 (Helsingin kaupunki 2022). Julkaistuissa kokeiluissa yhtäläistä on, että puurakentaminen on betonirakentamista ekologisempaa.

Siparila (2020) avaa verkkoartikkelissaan hyvin päästönäkökulmiaan. ”Rakennussektori tuottaa 30 % kaikista hiilidioksidipäästöistä. Pelkästään 5–12 % maamme hiilidioksidipäästöistä on peräisin rakennustuotteiden valmistamisesta. 90 % niistä aiheutuu sementin ja teräksen valmistamisesta. Lisäksi rakentaminen tulee lisääntymään nykyisestä, koska maapallon väestön on arvioitu kasvavan 11 miljardiin. Siksi rakentaminen ei voi jatkua tulevaisuudessa samoilla menetelmillä kuin tänä päivänä. Se tuottaisi liikaa päästöjä, eikä se olisi millään tapaa kestävää.”

Finnsementti taas on ilmoittanut sementtiteollisuuden osuudeksi 1,6 % Suomen kokonaispäästöistä (Finnsementti 2020, 13). Terästeollisuuden osuus päästöihin on suurempi. Toimijoiden ilmoittamiin päästölukuihin voi suhtautua varauksella. Kuten aiemmin todettua, kullakin toimialalla työskentelevä, haluaa muotoilla ja ilmoittaa luvut niin, kuinka ne näyttävät omalle toimialalle suotuisassa valossa.

2.4 Puurakentamisen mahdollisuudet rakentajan näkökulmasta

Puurakentamisen teorian tietoa kartoittaessa, havaittiin puurakentamisen jakavan mielipiteitä ja herättävän keskustelua. Puurakentaminen tarjoaa mahdollisuuksia, mutta myös haastaa rakentajaa (taulukko 1).

Taulukko 1 Puurakentajan mahdollisuudet ja haasteet.

Mahdollisuudet	Haasteet
+ uudet markkinat, vähän tekijöitä	- puun sääolosuhteiden kestävyys rakennusaikana
+ kilpailu kyvyn lisääntyminen, hintojen alentuminen	- ei vielä vakiintuneita toimintatapoja
+ uusia innovaatioita alalle	- suunnittelu vie enemmän aikaa kuin betonirakentamisessa
+ materiaalin keveys ja rakentamisen nopeus	

Betonirakennusten kanssa työskentelevät vannovat kivirakentamisen nimeen ja he ovat näreissään hallituksen painostuksesta ja ohjauksesta puurakentamiseen. Puurakentamisen kanssa työskentelevät taas luovat kuvaa ratkaisuista ilmasto-ongelmiin.

Myyntivalttina ekologisuus ja nopeus

Ihmisten tullessa kokoajan tietoisemmaksi ekologisuudesta, voi rakennuksen materiaaleilla ja sen jättämällä hiilijalanjäljellä olla vaikutuksia asunnon ostopäätökseen. Tämän lisäksi, merkittävänä puurakentamisen hyötynä esiin nousee nopeus, kuten Mangrovenkin vertailuhankkeessa on huomattu (Projekti uutiset 2022). Puisen kerrostalon kokonaisuakataulua lyhentää erityisesti

se, että mahdollisuus rakennustöiden sisävaiheen aloitukseen on huomattavasti betonirakentamista aikaisemmassa vaiheessa, kun työskennellään sääsuojan alla. Betonille tyypillisiä kuivumisaikoja ei tarvitse vastaavalla tavalla huomioida puurakentamisessa, ja tätä kautta saavutetaan merkittäviä aikataulusäästöjä (Sweco 2022).

Esteettisyys ja kustannustehokkuus

Swecon (2022) mukaan myös esteettisyys ja kustannustehokkuus lisäävät puurakentamisen suosiota. Esteettisyys on mielipide kysymys, mutta kustannustehokkuudestakin on monta näkökulmaa. Seppo Mölsä (2021) on kirjoittanut rakennuslehden artikkelissa puurakentamisen olevan liian kallista ja tästä johtuen sen edistämiseksi siirryttiin pakkoon. Puukerrostalo rakentamista pyrittiin saamaan kasvuun jo 1990-luvulla, tuolloin asiassassa onnistumatta puurakentamisen hintavuuden vuoksi.

Puurakentaminen on edelleen kallista, mutta määräykset ohjaavat rakennusliikkeitä puun käyttöön. Tulevaisuudessa rakennussuunnittelulta tullaan vaatimaan hiilijalanjätkilaskentaa. Päästölaskenta ja kierrätysvelvoitteet ovat puuta suosivia. Kunnat ohjaavat alueita kaavoituksella puurakentamiseen. (Mölsä 2021.)

Helsingin kaupungin Kehittyvä kerrostalo -ohjelmassa saatiin tulos, että puukerrostalot ovat 253 €/m² kalliimpia kuin ”perinteiset” betonirakenteiset kerrostalot. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yhden säästetyn CO₂-tonnin hinnaksi tuli yli 2 500 euroa.

”Puurakentamisella saavutetun hiilisäästön hinta on siis vaatimattomiin hyötyihin nähden todella korkea. Asian hahmottamista auttaa esimerkki: Jos koko Suomen kerrostalorakentamisesta puolet muutettaisiin saman tien tehtäväksi puusta, Suomen kasvihuonepäästöt vähenisivät vain alle 0,3 %, mutta kustannukset olisivat päätähuimaavat.” (Kivifaktaa 2022)

Kannattavuus maailmalla

Puukerrostalo rakentamista tehdään maailmalla esimerkiksi Ruotsissa, Kanadassa ja Yhdysvalloissa.

Pauli Riihimäki (2021) on tehnyt kandidaattityön puukerrostalorakentamisen kannattavuudesta Suomessa. Työssään Pauli on vertailut puukerrostalorakentamista Ruotsissa ja Keski-Euroopassa. Tutkimuksessa havaittiin, että Ruotsissa puukerrostalorakentaminen on perinteistä betonikerrostalorakentamista edullisempaa. Runkomateriaalina puu on betonia edullisempaa, ja myös rakentamisen kokonaiskustannukset kääntyvät puun eduksi. Suomessa kustannukset ovat betonirakentamisen puolella. Suurimpia kustannustekijöitä Suomessa ovat sääsuojaus ja automaattisen sammutusjärjestelmän pakollisuus. Riihimäen analysoinnin perusteella keinot alhaisempiin kustannuksiin on elementtivalmistuksessa.

Samoin kirjoittaa Manninen jo 2014 tehdyssä opinnäytetyössään Puukerrostalo urakoitsijan näkökulmasta: ” Useissa maissa puukerrostalorakentaminen on huomattavasti Suomea yleisempää. Puurakenteiset kerrostalot ovatkin osoittautuneet maailmalla turvallisiksi ja kustannustehokkaiksi vaihtoehtoiksi.”

Mölsän atikkelissa on käsitelty puurakentamista Amerikassa ja todettu, että edullisuus perustuu käsityövaltaiseen, mutta erittäin tehokkaaseen platform-tekniikkaan. Suomessa siihen ei ollut tekijöitä. Elementtipuolella puolestaan puuttui standardisointi, missä betoniteollisuus oli BES-järjestelmänsä ansiosta vuosikymmeniä edellä. (Mölsä 2021.)

Puuinfo on toteuttanut yhdessä Audiomedian kanssa Hyvät käytännöt Euroopassa -hankkeen. Hankkeen tavoitteena on edistää puu- ja rakennusalan yritysten tuotekehitystä ja liiketoimintaa tuomalla Suomessa toimivien alan yritysten tietoon ja kehitystyön kannustimeksi hyviä kansainvälisiä käytäntöjä ja puurakentamisen kasvun trendejä. Hanke sisältää kuusi artikkelikokonaisuutta, joissa käsitellään Kanadan ja koko Pohjois-Amerikan puurakentamisen

käytäntöjä. Artikkelit on vapaasti luettavissa Puuinfon verkkosivuilta. (Puuinfo 2020.)

Puurakentamisen tulevaisuus

Kaikkea ei kannata rakentaa puusta. Betoni on ylivertainen vaihtoehto perustuksiin ja lasi ikkunoihin. Puun etuna on keveys, joten rakennuksia ja rakenteita suunnitellessa onkin hyvä miettiä käyttötarkoitukseen soveltuvia materiaaleja. Materiaalien suunniteltu yhdistely mahdollistaa sen, että kuhunkin tilanteeseen löydetään ominaisuuksiltaan paras tuote, jonka seurauksena toteutetaan entistä kestävämpiä ja innovatiivisempiä rakennuksia. (Metsä Group 2022, Sweco 2022.)

Parhaiden materiaaliominaisuuksien lisäksi kaikessa suunnittelussa ja toteutuksessa on hyvä keskittyä tarkkuuteen rakenteiden mitoituksessa. Kiinnitetään huomiota todenperäisiin arvoihin ja kuormituksiin, eikä mitoiteta rakenteita raskaaksi vain varmuudeksi. Rakenteiden optimoinnilla vähennetään rakentamisen päästöjä ja tuodaan myös resurssi- ja kustannussäästöjä. (Wallenius 2021.)

Valtio on määritellyt tavoitteekseen 2017 Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemassa, Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategista vuoteen 2030, että Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Päästötavoitteet on määritelty vuoteen 2050. Yhtenä tavoitteena on edistää puurakentamista. Tämän perusteella voidaan olettaa, että seuraavatkin hallitukset tulevat jollain tavalla ottamaan kantaa puurakentamisen edistämiseen ja tukemiseen.

3 Puurakentamisen erityispiirteet

Työn toimeksiantaja Arkta Rakennus Oy on rakentanut Tampereen Vuorekseen vuosina 2020–2022 kuuden puukerrostalon kokonaisuuden. Hanke on ollut Arkta Rakennuksen ensimmäinen puukerrostalo hanke Pirkanmaalla.

Tässä luvussa käsitellään puurakentamisen erityispiirteitä verraten betonirakentamiseen. Tarkastelua lähestytään esimerkkikohteessa käytössä olleiden rakenteiden kautta. Esille tuodaan myös vaihtoehtoisia puurakenteita ja toteutustapoja.

Puurungon vaikutus suunnitteluun

Puu rakennusmateriaalina antaa suunnitteluun sekä vapauksia, että rajoitteita. Asuntosuunnittelussa täytyy huomioida asumisesta lähtöisin olevat tarpeet, ja rakennuksen kaupunkikuvaan vaikuttavat asiat, jotka pitää pystyä toteuttamaan valitulla rakennejärjestelmällä

Suunnittelijan on ymmärrettävä rakennejärjestelmän rakenteelliset periaatteet, kuinka valittu rakennejärjestelmä vaikuttaa rakennuksen tilojen ja muotojen suunnitteluun. Keskeisenä rajoittavana tekijänä suunnittelussa on vaakarakenteilla saavutettavat jännemitat, jotka vaikuttavat kantavien linjojen sijoitteluun. Olennaisia asioita puurungon suunnittelussa ovat kantavat linjat, jännemitat, pystymitoitus, seinien aukotus, painumat, kantavien rakenteiden lävistykset ja rungon sovellukset, kuten porrashuone, hissit, parvekkeet ja luhtikäytävät.

Kantavat linjat määrittelevät tilasuunnittelua. Kantavien linjojen määräävänä tekijänä on välipohjatyypillä saavutettavat jännemitat. Riippuen välipohjaratkaisusta, kantavia linjoja tarvitaan puurakentamisessa viidestä kahdeksaan metrin välein. Pidemmät jännevälit aiheuttavat haitallista värähtelyä. Jännemitan kasvatus vaikuttaa rakenteessa palkkikoon kasvattamiseen, josta

seuraa kerroskorkeuden kasvu. Tyypillisesti kantavia linjoja on puukerrostalossa enemmän kuin betonisessa, riippuen toki huoneisto jakaumasta. (Tolppanen 2013, 33.)

Avoin puurakentamisjärjestelmä on kehitetty nopeuttamaan ja yhtenäistämään puurakentamisen käytänteitä. Järjestelmässä tehdasvalmisteisia valmisosia hyödynnetään paikallarakentamiseen, mutta sitä voidaan soveltaa myös elementtirakentamiseen. Järjestelmä perustuu eri valmistajien yleispäteviin ja mitoiltaan yhteensopiviin rakennusosiin. (Siikanen 2016.)

RunkoPES on avoin puuelementtistandardi, joka vakioi puuelementtirakentamista asuntotuotannossa. RunkoPES vakioi muun muassa rakennepaksuudet, liittymien geometrian ja moduuliviivastojen sijainnin. Vakiointi mahdollistaa suunnittelemaan rakennuksen rungon jo, vaikka elementtitoimittajaa ei ole vielä valittu. Geometrian vakiointi mahdollistaa myös sen, että tarvittaessa eri toimittajien elementtejä voidaan yhdistää. (Siikanen 2016.)

Suunnittelijan ja rakentajan on ymmärrettävä rakennusfysikaaliset tekijät, jotka poikkeavat toiminnaltaan betonirakentamisesta. Oikein suunnitelluin ja toteutetuin rakentein vältytään rakennevaurioilta. Rakennukseen ja rakenteisiin vaikuttavia fysikaalisia tekijöitä ovat muun muassa painuminen, ilmanpaineet, kosteus- ja lämpötekijät sekä niiden riippuvuudet toisistaan. Palo- ja äänitekniset asiat eroavat betonirakentamisesta. LVI-tekniikan sijoittelussa on myös omat huomioitavat asiansa. (Siikanen 2016.) Edellä lueteltuihin asioihin on paneuduttu tarkemmin tämän luvun seuraavissa kappaleissa.

3.1 Palotekniikka

Asuinrakennuksissa on toteutettava palo-osastointi huoneistojen ja yleisten tilojen välille. Osastoivan rakennusosien tehtävä on estää palon leviäminen osastosta toiseen sille määritellyn ajan (Tuohimaa 2018). Kantavien rakennusosien tulee kestää paloa sortumatta niille määrätyn ajan. Kantavuusvaatimusta kuvataan merkinnällä R. E- ja I-merkinnät kuvaavat rakennusosiin kohdistuvissa osastointivaatimuksissa tiiviyttä ja eristävyttä. Palonkesto aika ilmoitetaan kirjainmerkinnän jälkeen lukemana, esimerkiksi 15, 30, 60, 90. Numero kuvaa palonkesto aikaa minuutteina. (Tolppanen 2013, 136.)

Betonilla on hyvät palonkesto ominaisuudet. Puu on luonnostaan alttiimpi palovahingoille, joten kantavat rakenteet joudutaan tekemään vastaavia betoni- tai teräsbetonirakenteita järeämpänä, tai suojaamaan paremmin paloa kestäväällä materiaalilla.

Betoni- ja teräsrakentamisessa kantavat rakenteet suunnitellaan yleensä palamattomiksi, kun taas puurakentamisessa paloteknistä suunnittelua täytyy lähestyä erilaisesta näkökulmasta. Puurakenteen kantavuus voidaan mitoittaa kolmella eri periaatteella (KK-Palokonsultti Oy 2022):

- palosuojaamattomalla rakenteella, jossa otetaan huomioon hiiltävän rakenteen tehollisen poikkileikkauksen muuttuminen palon kesto aikana,
- palosuojatulla rakenteella, jossa puuta ei päästetä hiiltymään vaadittuna palon kesto aikana,
- tai näiden yhdistelmällä, jossa palosuojaus suojaa palon alussa puuta hiiltymiseltä ja palon lopussa, suojauksen jo petettyä, pinnan annetaan hiiltä.

Rakenteellisen palosuojauksen lisäksi puutalot varustetaan usein automaattisella sammutuslaitteistolla eli sprinklauksella. Suositeltavin sammutusjärjestelmä puutaloon on korkeapainevesisumuspinklaus (Hi-Fog). Lauetessaan se ei ruiskuta vettä vaan vesisumun, joka tukahduttaa palon tehokkaasti rakenteita kastelematta. Järjestelmä toimii kolmiulotteisesti, jolloin vesisumu pystyy

tukahduttamaan syttyneen palon esimerkiksi pöydän alta, jonne taas suora vesisuihku ei osuisi. (Puurakenteiden paloturvallisuus 2020.)

3.2 Ääni ja Väriämitoitus

Ääneneristävyys on asumisviihtyvyyteen merkittävästi vaikuttava tekijä. Betonitalossa ääneneristävyys perustuu betonin massaun ja liitosten jäykkyyteen.

Puu on kevyttä, jolloin myös vahvuudeltaan betonirakennetta vastaava puurakenne eristää ääntä huomattavasti betonirakennetta huonommin. Puun fysikaalisista ominaisuuksista johtuen, parasta ääneneristävyyttä tavoitellessa puutalon rakenteet suunnitellaan kerroksellisiksi. Usein rakenteet on toteutettu niin, että niissä on hyödynnetty ääntä eristävää materiaalia, ilmaväliä tai näiden yhdistelmää. Toinen ääneneristävyyttä parantava seikka on katkaista rakenteet huoneistojen välille. Riittävän ääneneristävyuden saavuttaminen puukerrostalossa edellyttää huolellista ja kattavaa detaljisuunnittelua. Taulukossa 2 on esitetty askelääneen vaikuttavia tekijöitä. (A-insinöörit 2019.)

Taulukko 2 Askeläänen eristävyteen vaikuttavat tekijät.

Eristävyyttä parantavat tekijät	Eristävyyttä heikentävät tekijät
+ pintarakenteen ja alakaton massan lisääminen	- massan lisäykset alakattoon ilman joustavia liitoksia
+ joustavat liitokset	- jäykät liitokset
+ absorptiomateriaali välipohjan sisällä	- välipohjan sisällä absorptiomateriaalin ylitäyttö
+ lattain pintamateriaali	- kovat lattiapäällysteet.
+ kelluva lattia	

3.3 Ilmantiiviys ja kosteustekniset näkökohdat ulkoseinässä

Puurakenteista ulkoseinää suunniteltaessa ja rakentaessa on ymmärrettävä puurankaisen seinän fysikaalinen toiminta. Rakenne tulee suunnitella lämpö- ja kosteusteknisesti siten, ettei kosteutta tiivisty haitallisissa määrissä rakenteisiin eikä kosteus pääse tiivistymään väärään paikkaan. (Siikanen 2016, 163.)

On tutkittu, että mitä paksumpi eristekerros, sen suurempi konvektiovirtaus rakenteen sisällä. Energiatehokkuusmääräykset kasvattavat rakenteiden eristekerroksia, jonka vuoksi on syytä kiinnittää huomiota rakenteiden riittävään, ehjään ja toimivaan ilman- ja höyrynsulkukerrokseen. Puurakenteisissa seinissä sisäpinnan ilman- ja höyrynsulku toteutetaan useimmiten höyrynsulkumuovilla. Ulkoseinää vasten olevissa märkätiloissa vesieriste ajaa saman asian, jolloin erillistä muovia ei asenneta. Kahden tiiviin kerroksen välistä vesihöyry ei pääse haihtumaan pois. Tällaisissa kohdissa käytetään ilmansulkupaperia, jotta ulkovaipassa säilyy yhtäläinen ilmansulku. Liittymäkohdat on suunniteltava tarkoin, jottei niissä tule epäjatkuvuuskohtia. Mahdollinen kosteuden tiivistyminen ulkoseinärakenteisiin aiheutuu pääasiallisesti sisäpinnan ilmavuodoista. Diffuusion merkitys on pieni. Ulkovaipan epätiivius aiheuttaa vedontunnetta ja vähentää näin asumisviihtyvyyttä. (Tolppanen 2013, 58.)

Korkeissa seinissä yli kahdensadan millimetrin vahvuudessa eristekerroksessa konvektiovirtaus kasvaa niin suureksi, että se heikentää eristeen lämmöneristekykyä. Samalla on riski, että konvektiovirtaus saa aikaan kosteuden tiivistymistä seinän yläosaan, lämmöneristekerroksen ulkopintaan. Tätä ilmiötä voidaan vähentää katkaisemalla ulkoseinä kerroksittain välipohjan kohdalta. Lämmöneristekerros voidaan myös jakaa ohuempiin kerroksiin jakamalla se osiin konvektiokatolla esimerkiksi höyrynsulkupaperilla.

3.4 Puun suojaus

Betonirakentamisessa suojaukseen ei tarvitse runkovaiheessa kiinnittää yhtä tarkasti huomiota, sillä esimerkiksi paikallavalut ja saumat täytyy runkovaiheen jälkeen kuivattaa. Puurakentamisessa kantavat rakenteet ovat kuivia, eikä näitä saa altistaa kosteudelle. Puurungon rakentaminen täytyy tehdä siis säältä suojassa rakenteita kastelematta. Suojausmenetelmän valintaan vaikuttavat merkittävästi runkoratkaisu, rakennusajankohta, aikataulu ja kustannukset.

Rungon sääsuojaus

Rakennuksen runkorakenteet on suojattava kastumiselta, kunnes rakennuksen vaippa on ummessa. Jo se, että rakenteet tehdään elementtirakenteisina vähentää rakentamisen aikaisia kosteusriskejä, kun rakenteet on tehty mahdollisimman valmiiksi ennen työmaalle toimittamista stabiileissa olosuhteissa. (Tolppanen 2013, 32;172.)

Sääsuojaksi on markkinoilla erilaisia vaihtoehtoja riippuen runkojärjestelmästä, suunnitellusta elementtien nostotavasta, käytävissä olevasta tilasta, rakennuksen koosta ja sääsuojan tarpeen kestosta. Suojat ovat pääsääntöisesti alumiinirunkoisia, joiden lohkojako on 2,5 metriä ja suurin jänneväli jopa 40 metriä. Suojat asennetaan kiinni telineisiin, tai niille erikseen rakennettavaan runkoon.

Tavallinen sääsuojatyyppe on alumiinirunkoinen teltta, jossa on varattu tilaa rakennuksen ympärille. Koko rakennus on tällöin teltassa. Nostot tehdään joko teltan sisällä esimerkiksi hiabilla tai ulkopuolelta teltasta lohkoja avaamalla. Markkinoilta löytyy myös telttoja, jotka nousevat rungon mukana. Näihin voidaan asentaa myös siltanosturit, joilla hoidetaan rakennuksen rungon aikaiset nostot. Mikäli vaihtoehtona on avattava teltta malli, tällöin asennustöitä voidaan tehdä vain pouta kelillä. Umpitelta mahdollistaa asennuksen etenemisen säästä riippumatta.

Sääsuojan tuomat hyödyt

Rakennuksen ollessa säältä suojassa, ennaltaehkäistään kosteusvaurioiden syntymistä. Rakennusolosuhteet ja tätä myötä työn tehokkuus ja työturvallisuus paranevat. Talvella vältetään ylimääräisiltä lumitöiltä ja myös lämmitys- ja kuivauskuluissa tulee säästöjä. Säänvaihtelusta johtuvat aikataulu viivästykset vähenevät, ja pölyn leviäminen ympäristöön estyy. Voidaan myös ajatella, että sääsuoja on yrityksen imagoa parantava tekijä. (Ratu S1234 2021.)

Sääsuojasta aiheutuvat haasteet

Mikäli sääsuoja mallina on avattava telttä, on telttä aina avattava nostojen yhteydessä. Tämä on yksi työvaihe lisää. Myös sääsuojauksessa säätilat on otettava huomioon. Teltan ankkurointi on suunniteltava hyvin. Tämä voi vaatia lisätilaa ja erillisiä rakenteita. Sääsuojan sisällä on huolehdittava riittävästä valaistuksesta ja ilmanvaihdosta. Sääsuojan rakentaminen ja purku vaativat oman aikansa rakentamisaikatauluun. Tilan tarve teltalle on suuri. Täsmätoimituksien tärkeys korostuu, sillä materiaaleja ei haluta varastoida teltan ulkopuolella säälle alttiina. (Ratu S1234 2021.)

Kustannukset

Sääsuoja on suuri menoerä. Teltan vuokraus, kuljetus, kasaus, purku, kunnossapito ja muutokset tuovat kustannuksia. Toisaalta teltan alla työskennellessä voidaan saada aikaiseksi myös kustannussäästöjä muun muassa rakennusajan lyhentymisen ja laadukkaan tekemisen myötä.

Julkisivurakenteiden suojaus

Betonirakenteesta poiketen, jotta puurakenne kestää sääolosuhteita rakennuksen julkisivussa, tarvitsee se suojan. Vaihtoehtona puunsuojaukselle on rakenteellinen ja kemiallinen suojaus.

Rakenteellisen suojauksen lähtökohtana on estää veden pääsy rakenteisiin. Tämä toteutuu tavallisissa rakennuksissa julkisivussa muun muassa suojaavien räystäiden, pellityksien, oikein suunnitellun veden ohjauksen ja toimivien rakenteiden avulla. Julkisivurakenteissa tarvitaan rakenteellisen suojauksen lisäksi myös kemiallista suojausta. Vaihtoehtoisia menetelmiä kemialliseen suojaukseen ovat ruiskutus ja sively, upotus, paine- ja tyhjiökyllästys. (Siikanen 2013, 84-95.)

3.5 Painuminen

Puulle ominainen piirre on rakenteiden painuminen. Painuminen johtuu rakennuksen painon aiheuttamasta kokoonpuristumisesta sekä kuivumisen aiheuttamasta puun kutistumisesta. Painumat ovat suurimpia alimmissa kerroksissa. Erityisesti painumisominaisuus on huomioitava, kun puurunkoa yhdistetään painumattomiin rakenteisiin. Liittymäkohtien suunnitteluun onkin perehdyttävä hyvin. Painumat voivat aiheuttaa vaurioita pintamateriaaleissa, lähinnä halkeamia. Painuminen on seinissä vähäistä, mutta vähäisiltäkin ongelmilta välttyäkseen, on hyvä ymmärtää erilaiset ominaisuudet. (Tuohimaa 2018.)

3.6 Runkojärjestelmä ja rakenneratkaisut

Tässä työssä keskitytään ensisijaisesti rankarunkojärjestelmään ja tämän järjestelmän rakenteisiin. Luvussa kuitenkin sivutaan myös vaihtoehtoisia rankajärjestelmiä. Puukerrostalojen runkojärjestelmien toiminnasta ja pystytyksistä on tehty vertailuja opinnäytetöiden ja tutkimusten muodossa.

Rankarunkojärjestelmä

Puukerrostalojen yleisin runkojärjestelmä on rankarunkojärjestelmä. Toimivuus perustuu kantaviin seinälinjoihin vastaavasti kuin betonirakentamisessakin. Menetelmä soveltuu hyvin asuintuotantoon, sillä kantavia linjoja, eli huoneiston välisiä seiniä ja ulkoseiniä on tiheästi. Huoneistojen väliset seinät joudutaan tekemään järeiksi ääni- ja paloteknisistä syistä. Kantavien ja kantamattomien seinien rakenneperiaatteet ovat samanlaiset. (Tolppanen 2012, 40.) Kuvassa 3, on havainnollistettu rankarunkojärjestelmän toiminta.



Kuva 3. Rankarunkojärjestelmän toimintaperiaate (Puuinfo 2020).

Kevytrakenteisen elementin runko koostuu vakiomittaisista runkotolpista, ylä- ja alasidepuista sekä aukkojen kehäpuista. Matalissa taloissa seinärakenne voi olla mitallistettua sahatavaraa. Korkeimmissa rakennuksissa runkotavarana käytetään kerto- tai liimapuuta. Jäykistys tapahtuu levyrakenteilla.

Seinärakenteen toiminnallinen periaate on siis sama kuin puurakenteisen pientalonkin rungossa. Tolppavälit ovat valmiiksi eristettyjä. Elementtien ulkoverhous, ikkunat, pellitykset sekä parvekeovet ovat usein valmiiksi paikoilleen asennettuja.

Rankarunkojärjestelmäsissä taloissa välipohjan rakenne on rankarakenteinen palkkivälipohja, kotelo- tai ripalaatta. Pitkiinkin, jopa 12–14 metrin jännepituuksiin päästään, kun välipohjaelementin korkeutta lisätään.

Rankarakenteista on paljon kokemuksia, ja järjestelmä soveltuu hyvin kuusikerroksisten ja matalampien talojen rakennukseen. Korkean esivalmistusasteen ansiosta pystytysvaihe on nopea. Runkotyö tulee tehdä säältä suojassa. Mentelmä mahdollistaa myös sisävaiheen aikaisen aloituksen heti kerroksen valmistuttua. (Runkojärjestelmät 2020.)

Massiivipuurakenteet

Kantavana rakenteena toimii massiivipuulevyt, kuten CLT. CLT on monikerroslevy, joka koostuu ristiinliimatuista laminoiduista puusaumalevyistä. CLT-rakenteet soveltuvat seiniin, välipohjiin ja kattoihin. CLT-taloissa voidaan käyttää ja yleisimmin käytetäänkin vaakaelementteinä esimerkiksi ripalaattaa tai liittorakenteita betonin kanssa. Kantavuuden lisäksi CLT-toimii rakenteessa myös jäykistävänä rakenteena. Sisäpinnat vaativat useimmiten levytyksen kuitenkin ääni- ja paloteknisistä syistä.

CLT:lle ominaista on hyvä lujuus ja helpot liitostekniikat. Levyrakenteet ovatkin kilpailukykyinen vaihtoehto vaativiin ja korkeisiin puukerrostaloihin. CLT-elementtejä on saatavilla halutun esivalmistusasteen mukaan. Arkkitehtisuunnitteluun CLT materiaalina mahdollistaa joustavia ratkaisuja. CLT-

tekniikka on yleisesti käytetty esimerkiksi Saksassa ja Itävallassa. (Tolppanen 2012, 43.) Kuvassa 4 on kuvattu CLT levyn rakennetta.



Kuva 4. CLT-levyn rakenne (Puuinfo 2020).

Pilari-palkkijärjestelmä

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen runko muodostuu liima- tai kertopuisista pilareista ja palkeista, joiden varaan väli- ja yläpohjatasot sekä ulkoseinät ripustetaan. Rungon jäykistys tehdään mastopilareilla ja vinositein. Välipohjissa yleisin ratkaisu on ripalaatta-välipohjaelementti.

Pilari-palkkijärjestelmän ehdottomana etuna on tilan mahdollinen avaruus ja muuntojoustavuus, kuten voidaan havaita kuvasta 5. Pilarijako määräytyy välipohjien jännemittojen mukaan. Ripalaatta-elementillä päästään seitsemän metrin jännemittoihin.



Kuva 5. Pilari-palkkijärjestelmä mahdollistaa avarat huonetilat (Mustonen 2017).

Runkovaihe tässä menetelmässä on erittäin nopea, vaikkakaan valmiusaste runkovaiheen jälkeen ei ole vastaava, kuin esimerkiksi rankarunkojärjestelmässä. Ensimmäiseksi pystytetään mastopilarit, sitten niiden varaan ripustettavat palkit ja muut pilarit. Vesikatto asennetaan heti, kun runko on valmis. Talolla on katto muutaman päivän kuluessa. Välipohjaelementit asennetaan kurottajan avulla palkkien varaan. Ulkoseinät asennetaan keveinä suurelementteinä. Eristepaksuus ja ulkoverhousmateriaali ovat valittavissa kohteelle asetettujen tavoitteiden mukaan. (Tolppanen 2012, 46.)

Tilaelementtitekniikka

Tilaelementtitekniikassa rakennus kootaan tehtaalla valmiiksi kootuista elementeistä. Tilaelementit ovat esimerkiksi yhden asunnon kokoisia lohkoja. Kuvassa 6 kootaan tilaelementtirakenteista asuinkerrostaloa.



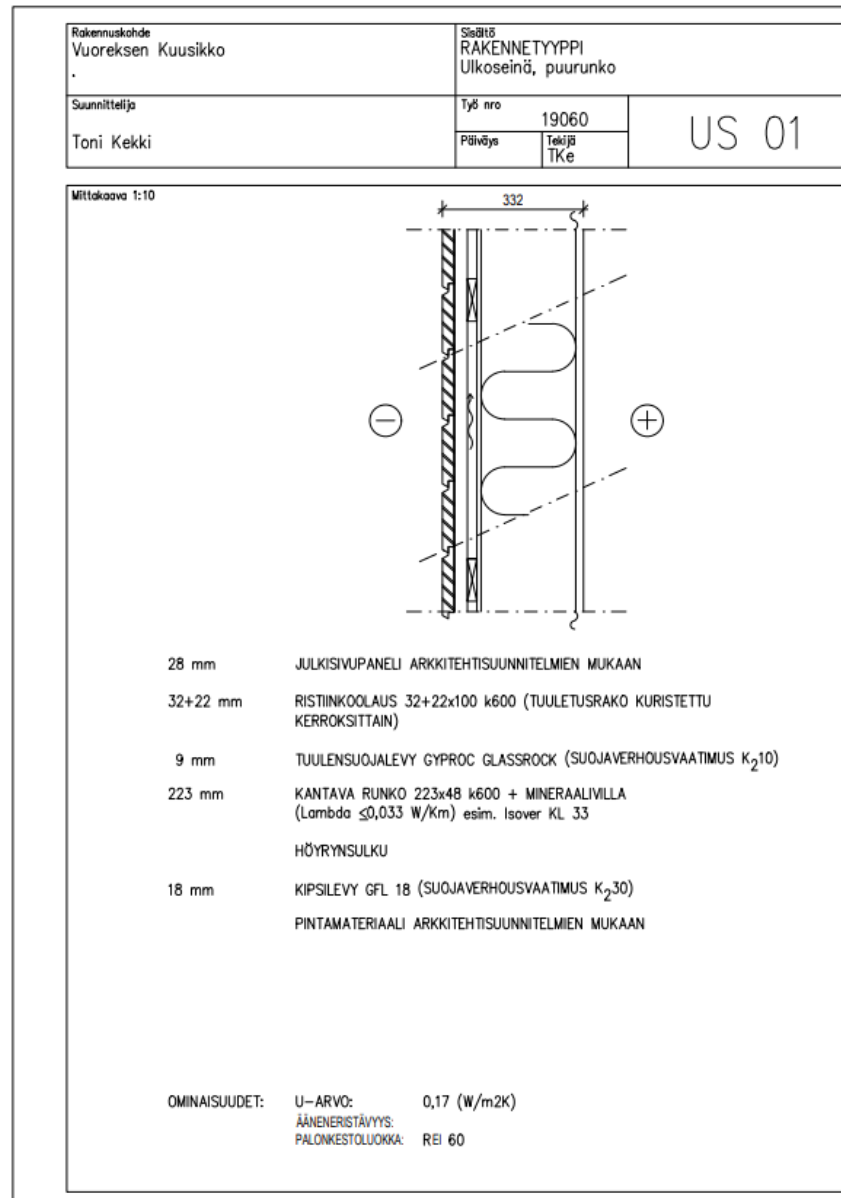
Kuva 6. Tilaelementeistä koottu talo koostuu esimerkiksi asuinhuoneiston kokoisista lohkoista (Karjalainen 2017).

Kantavarakenne tehdään tavallisimmin rankarakenteisena, mutta myös CLT-levyä käytetään. Ääneneristävyys on taloissa hyvä kaksoisrakenteen vuoksi. Tilaelementti tekniikka sopii kohteisiin, joissa tilojen toistuvuus on suuri. Valmistusmitat ja kuljetus rajoittavat tilaelementtien kokoa.

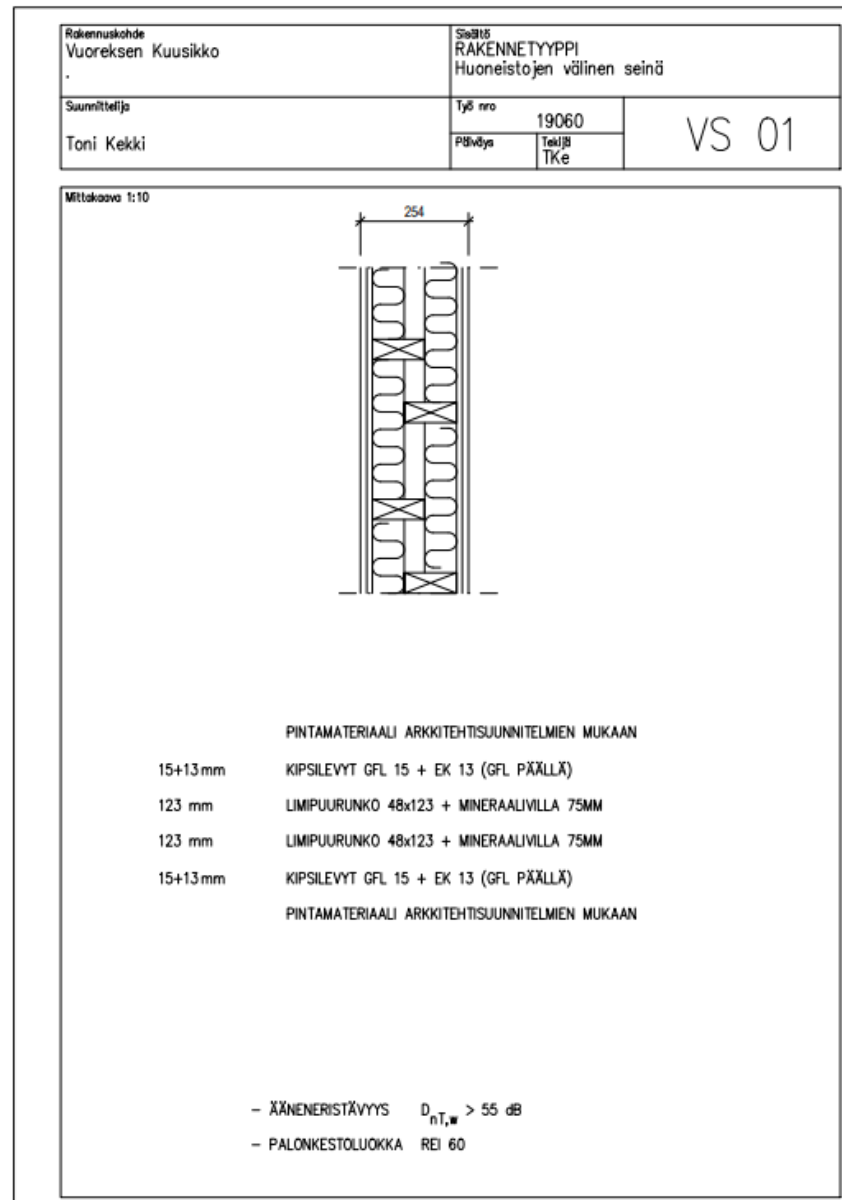
Asennusvaihe on nopea, ja lisäksi valmiusaste elementtiasennuksen päätyttyä talolla voi olla jopa 90 prosenttia. Tilaelementtitekniikka on yleisin tapa rakentaa puukerrostaloja Ruotsissa. (Tolppanen 2012, 49.)

3.6.1 Kantavat seinät

Esimerkki kohteessa on käytetty rankarakenteisia elementtejä. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenneperiaatteeltaan samanlaisia. Kuvassa 7 on esitettyä Vuoreksen kuusikon kantavan ulkoseinän rakennetyyppi ja kuvassa 8 kantava huoneistojen välinen seinä.



Kuva 7. Isokuusen kohteen ulkoseinä rakenne.



Kuva 8. Kantavat huoneistojen väliset seinät Vuoreksen Isokuudessa.

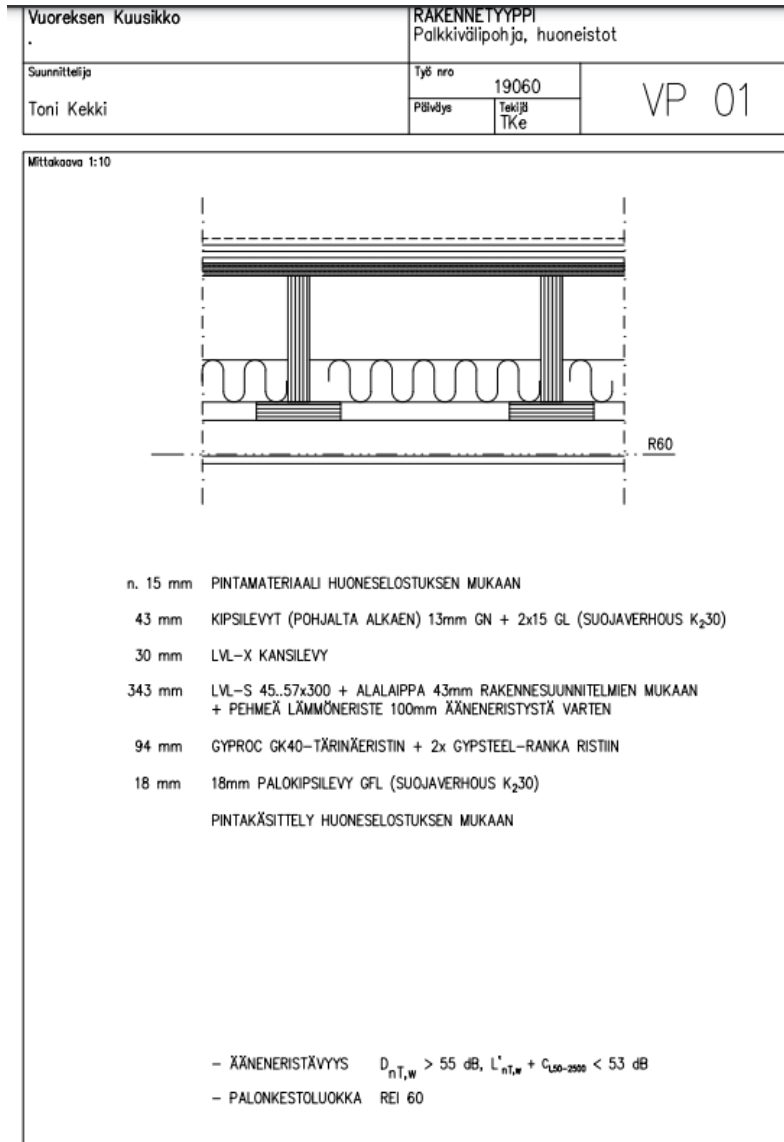
Seinissä on huomioitava palon- ja ääneneristävyys poiketen betonirakenteisten kerrostalojen rakenteissa. Sähkörasioiden asennukset huoneiston välisiin seiniin on mahdollisuus toteuttaa normaaleina pintarasioina, jolloin sähköjohtojen läpimenot vaativat kittauksen. Vaihtoehtona on käyttää upporasioita, jolloin rasioiden tulee olla paloluokiteltuja. Palorasiat ovat esteettisempi vaihtoehto, mikäli ulkoseinissä on käytetty upporasioita, näin asunnon sähkökalustus on yhtäläisemmän näköinen. Palorasiat ovat myös työteknisesti helpommat toteuttaa, kun ei tarvita läpimenon kittausta. (Korpisaari 2022.)

Ääniteknisistä asioista on huomioitava erityisellä tarkkuudella oikeanlaiset ääneneristyskumit. Kumit tulee olla suunniteltuna ja mitoitettuna yläpuolisen kuorman mukaan. Eli esimerkiksi ensimmäisen kerroksen elementtien päälle tulee enemmän kuormaa kuin neljännen kerroksen elementtien päälle. (Korpisaari 2022.)

Huoneistojen väliset seinät tehdään kaksirunkoisina ääneneristys- ja paloteknisistä syistä. Kantavien väliseinien rungon paksuuteen vaikuttavat siihen tulevat kuormat sekä tolppiin kiinnitettävät levytykset. Seinän kantavuutta voidaan parantaa tolppajakoa tihentämällä, tolppien kokoa suurentamalla, tai käyttämällä suuremman lujuusluokan puutavaraa. Isompien runkotalppien käyttäminen on usein tolppajaon tihentämistä taloudellisempi ratkaisu. (Tolppanen 2013, 60.)

3.6.2 Välipohja

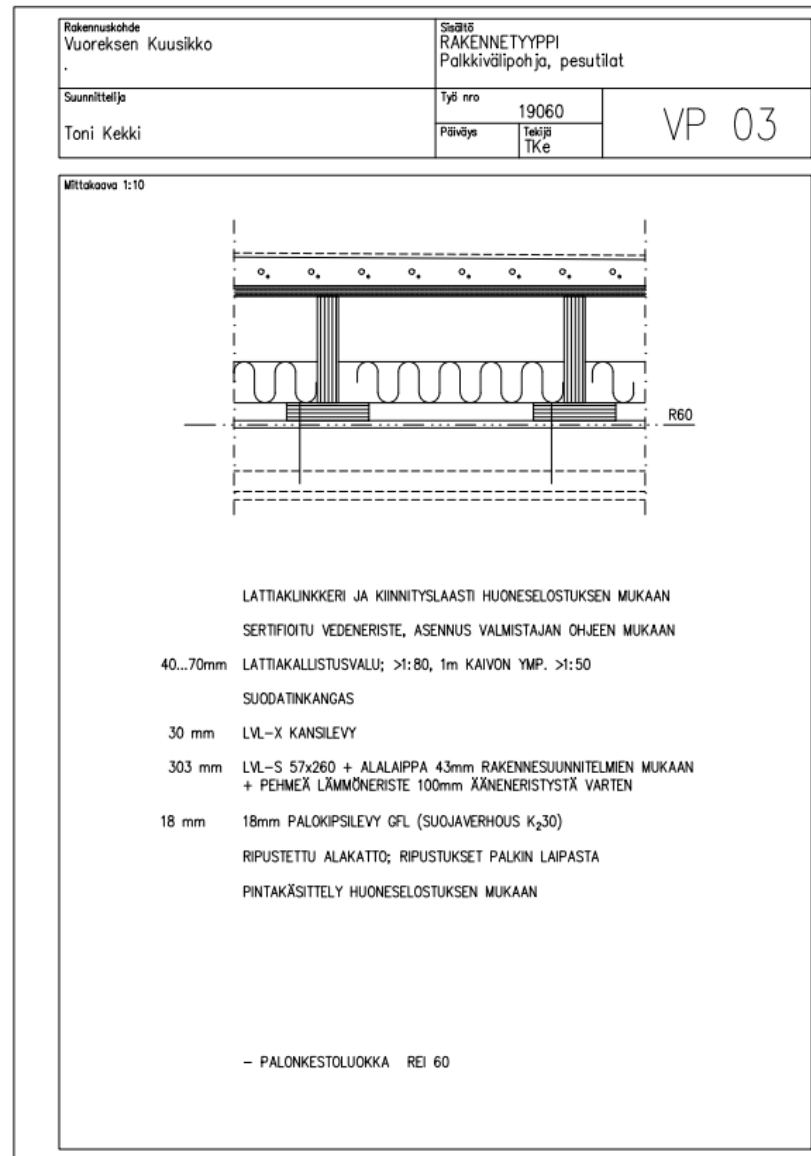
Puurakenteisiin välipohjiin vaihtoehtona voidaan käyttää ripalaattaa, avokotelo- tai kotelolaattaa. Askelääneneristeenä välipohjissa voidaan käyttää betonivalua joko kelluvana tai liittorakenteena tai vaihtoehtoisesti ääneneristävyys- ja palovaatimusten täyttämiseksi voidaan käyttää kipsilevyä, kuten Vuoreksen kuusikossa (kuva 9).



Kuva 9. Vuoreksen kuusikon kuivien tilojen välipohjarakenne.

Välipohjaelementit tulevat työmaalle niin, että kansilevytykset on tehty. Kipsilevytykset, jotka toimivat rakenteen paloeristykseenä, asennetaan työmaalla. Pintamateriaalina käytetään samoja materiaaleja kuin asuinrakentamisessa perinteisestikin. Kantavien rakenteiden alle asennetaan paikalla ääni- ja paloteknisistä syistä ripustettu alakatto. Alakattojen tulee olla rungosta eristetty rakenne ääniteknisyyden toimivuudeksi. (Korpisaari 2022.)

Märkätilojen kohdilla välipohjarakenteen päälle valetaan työmaalla kallistusvalu. Kuvassa 10 on esitettyä kuusikon välipohjarakenne märkätilojen kohdalta.



Kuva 10. Isokuusen kohteen välipohjan rakennetyyppi märkätiloissa.

3.6.3 Parvekeratkaisut

Runko-PES:ssä esitettyjä vaihtoehtoja puurakenteisille parvekelaatoille ovat ripalaatta tai CLT-laatta. Vuoreksen esimerkkikohteessa parvekkeet ovat tehtaalla valmiiksi palosuojattuja CLT-laattoja.

Laatat on asennettu tehtaalla palosuojattujen CLT valmisteisten parvekepilarien päälle. Vaihtoehtona massiivipuurakenteisiin parvekepieliin on esimerkiksi rankarakenteinen elementti. Rakennuksen puoleiselta pitkiltä sivulta laatat tukeutuvat ulkoseinäelementeissä valmiina oleviin palkkeihin. Laatat kiinnitetään ruuviliitoksin palkkiin ja parvekepilareihin.

Laatta on asennettu kallistamaan rakennuksesta ulospäin, jotta vesi ohjautuu oikeaan suuntaan. Laatat on pinnoitettu bitumikermillä ja laatan etuseinään on asennettu tippapelti ja peltinen vesikouru, johon on leikattu ulosheittäjät. Parvekekaiteet tukeutuvat parvekelaattaan, mutta ne on asennettu irti rakenteesta rosterilappujen päälle, jotta vesi pääsee ohjautumaan ulos kaidarakenteen alta. Vuoreksen kohteessa vedeneristys kerroksen päälle on asennettu elementtivalmisteiset puuritulät. Vedeneristyksen toimivuudessa on huomioitava läpiviennit ja liitoskohdat. (Korpisaari 2022.)

3.6.4 Portaat

Vuorekesessa porrassyöksyt ovat esivalmisteisia 2-syöksyisiä keskipalkillisia puuelementtiportaita, joissa on puurunkoinen lepotaso. Askellankut ja lepotason pinta ovat hiottua mosaiikkibetonia. Porraskelmien päällystämiseen voidaan käyttää myös muita vaihtoehtoja, esimerkiksi vinyyliä tai muovimattoa.

Puuelementit on tehtaalla valmiiksi palonsuojalakalla käsiteltyjä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä työmaa-aikaiseen suojaukseen, sillä palonsuojakäsiteltyjen pintojen kolhiintuessa, niitä ei saada hioa työmaalla, sillä silloin palonsuojaus vaurioituu. Porraskuilujen seinämistä saadaan siistit kun porraskelmit siirretään irti seinärakenteesta tasoitus- ja maalaustyön ajaksi. (Korpisaari 2022.)

3.6.5 Hissikuilu

Myös hissikuilu on mahdollista toteuttaa puurakenteisena, kuten Vuoreksen kohteessa. Hissikuilu on rakennettu 100 millimetriä vahvoista CLT-elementeistä. Hissikuilussa on kerroksessa neljä elementtiä, eli jokainen seinä on omana elementtinään. Palonsuojaus on toteutettu kuilun molemminpuolisella kipsilevytyksellä. Vaihtoehtona puukerrostalossa on toteuttaa hissikuilu myös betonirakenteisena.

3.6.6 Liitokset

Puurakentamisessa on paljon erilaisia liitoksia ja detaljeja on huomattavasti enemmän kuin betonirakentamisessa, ja näihin on syytä paneutua huolella suunnittelu ja rakennusvaiheessa.

- Perinteisinä liitoksina pidetään liitoksia, joissa on erilaisia tuki- ja liitosloveuksia tai tapituksia. Näiden toiminta perustuu puristusvoimien vaikutukseen.
- Naulaliitos on yleisin liitostyyppi kevyissä ja toissijaisissa rakenteissa.
- Järeissä rakenteissa käytetään pulttiliitoksia, mutta on nykyään harvinainen kantavissa rakenteissa.
- Puuruuveja käytetään kantavissa rakenteissa lähinnä teräsosien kiinnityksiin.
- Vaarnaliitokset yhdessä pultin kanssa ottavat vastaan leikkausrasituksia.
- Naulalevyliitoksia käytetään esimerkiksi kattokannattajien liitoksissa. Luvanvaraista kantavissa rakenteissa.
- Tappivaarnaliitokset (naulauslevyliitokset), joissa sijoitetaan metallislevyjä puuhun sahattuihin uriin.
- Metallisten liitosten avulla korvataan työmaalla hitaasti tehtäviä liitoksia. Muotokiinnikkeitä käytetään esimerkiksi pienten palkkien, pilareiden ja kattovasojen kiinnityksiin.

(Siikanen 2017, 65.)

Vuoreksen kuusikossa on puurungon liitokset betonirakenteisiin perustuksiin toteutettu betoniruuvein. Ensimmäisen kerroksen parvekepielien liitoksissa sokkeleihin on käytetty metallisia liitoskonsoleita. Levyrakenteiden kiinnityksissä puurunkoon on käytetty naulaliitoksia. Seinä ja välipohjarakenteiden kiinnitykset on toteutettu pääasiassa ruuviliitoksien. Kattotuolien liitoksissa on perinteiseen tapaan käytetty naulalevyjä ja asennuksessa työmaalla kulmarautoja.

3.6.7 Rankarunkoisen ulkoseinän yleisimmät virheet ja puutteet

Rankarunkoinen seinärakenne on herkkä virheille, jotka aiheuttavat erityisesti ongelmia kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Yleisimpinä virheinä ja puutteina rankarunkoisissa ulkoseinä rakenteissa on havaittu seuraavia:

- Höyryn- tai ilmansulussa olevien reikien kautta aiheutuva konvektiovirtaus seinärakenteessa ja seinän läpi.
- Höyrynsulkumuovion sijoitettu seinärakenteessa väärän kohtaan. Tästä seuraten kosteus tiivistyy höyrynsulun väärälle puolelle.
- Betonivalujen kosteuden kuivattaminen unohdetaan (esimerkkinä märkätilojen lattiavalut).
- Levymäisten lämmöneristeiden huolimaton asennus, jolloin eristekerrokseen jää aukkoja/tiiviimpiä kohtia. Huolimaatomasta asennuksesta on seurauksena rakenteen lämmöneristävydyen heikkeneminen ja kosteuden paikottainen tiivistyminen.
- Tuulensuoja ei ole riittävän ilmatiivis, josta aiheutuu pystyvirtausta lämmöneristeessä.
- Seurauksena liian tiiviistä tuulensuojasta vesihöyry voi tiivistyä tuulensuojan sisäpintaan.
- Puutteellinen tuuletus ulkoverhouksen ja tuulensuojan välissä.
- Puisessa ulkoverhouksessa vaakasuoria osuuksia, joissa vesi seisoo.
- Puinen seinärakenne ulotettu liian lähelle maanpintaa.
- Seinän alaosa on upotettu liikaa kiviaineisen perustuksen ja betonisen alapohjalaatan yläpinnan alapuolelle.

- Liian lyhyet räystäät.
- Puutteet ikkuna- ja oviaukkojen pellityksien ja kallistusten suunnittelussa/toteutuksessa.
- Liian ohut ulkoverhouslauta.
(Siikanen 2016, 287.)

3.7 Talotekniikka

LVIS-järjestelmät ovat pitkälti toteutettavissa puukerrostaloissa samalla tavalla kuin muissakin asuinkerrostaloissa. Huoneistojen välisiä seinien ja välipohjien lävistyksiä on hyvä välttää. Mikäli näitä joudutaan tekemään, läpivientien tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä tarkkuutta. LVI-latteistoja ei tule kiinnittää akustiseen jousirangalliseen alakattorakenteeseen. (Tolppanen 2013, 12.)

Lähtökohtana suunnittelulle olisi hyvä miettiä keittiöiden, märkätilojen ja pystyhormien sijoittelua. Näissä tiloissa on eniten LVIS-tekniikkaa ja fiksuilla ratkaisuilla päästään taloudellisempiin lopputuloksiin. Tavoitteena mahdollisimman lyhyet vaakasuuntaiset viemärivedot, pystyhormien sijoitus porrashuoneisiin ja välipohjan palkkirakenteen suuntaiset viemärintiretit. Vältetään vesipisteiden sijoittamista ulko- ja huoneistonvälisiä seiniä vasten lämpö- ja ääniteknisistä syistä. Mikäli käytetään märkätilaelementtejä, suunnitteleamalla keittiö märkätilan viereen, voidaan mahdollistaa myös integroidun keittiön käyttö tai tuoda LVI-tekniikkaa valmiiksi elementissä keittiöseinälle. Jos taas kylpyhuoneet rakennetaan paikalla, suositellaan seinäviemäriä wc-istuimia. Tällöin liitos voidaan tehdä suoraan pystyhormiin ja viemärimelua aiheuttavat vedot lattiarakenteen sisällä vähenevät. (Tolppanen 2013, 115.)

Jos viemäri- ja sprinkleriputkia viedään välipohjarakenteessa, asennussuunta on palkiston suuntainen. Viemäriputket vaativat paljon tilaa ja palkistoja ei voida lävistää satunnaisesti. Reitityksessä tulee huomioida myös palo- ja äänieristyksen vaatima tila sekä se, että märkätilojen kohdalla palkkijako useimmiten on massan vuoksi tiheämpi. Vaihtoehtoinen asennustapa on tehdä viemärihajotukset alapuolisen kylpyhuoneen alaslaskun yläpuolella. Tällöin kuitenkin on palo- ja ääniteknisistä syistä käytettävä dB-viemäreitä, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia. (Tolppanen 2013, 114-115.)

Pystyhormeille vaihtoehtona tekniikkakomero, jota on käytetty Vuoreksen kuusikossa. Tekniikkakomeroon on käynti porraskäytävän puolelta. Tekniikkakomeroon voidaan sijoittaa kaikki säännöllistä huoltoa ja tarkastusta

vaativat laitteet, esimerkiksi huoneistokohtaiset IV-koneet ja vesimittarit. Viemäriinjojen suunnittelussa ja toteutuksessa on myös huomioitava, että mikäli pystytään joudutaan kesken linjan tekemään sivuheitto, vaatii se ääniloukun ja tälle on varattava rakenteisiin tila. (Korpisaari 2022.)

Tolppasen ja muiden (2013, 113; 117.) mukaan puukerrostaloissa voidaan käyttää samoja ilmanvaihtojärjestelmiä kuin muissakin asuinkerrostaloissa. Ilmanvaihtotasennukset ovat palotekniikan ja äänieristyksen takia sijoittaa mieluummin huoneistokohtaisesti alakattotiloihin kuin palkkiväleihin. Palkkiväleissä olevat ilmanvaihtokanavat tulee paloeristää.

Lämpö- ja vesijohtojen putkimateriaaliksi suositellaan käytettäväksi muovia. Muoviputket voidaan asentaa rakenteiden sisään ja muovi materiaalina on ääniteknisesti toimiva eikä vaurioidu rakennuksen vähäisen liikkeen vuoksi. (Tolppanen 2013, 115.) Vesi- ja viemärlaitteistojen suunnittelua ja toteutusta ohjaa tarkemmin ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta (1047/2017).

Tolppasen ja muiden (2013, 118.) mukaan toteutuneissa hankkeissa puukerrostalojen sähköistys on ollut ongelmaton. Puukerrostalojen rakentamiseen on sopinut hyvin putketon asennustapa. Puukerrostalorakentamisessa on myöskin sähkötöiden ja sähköasennusten osalta koettu esimerkiksi lävistykset ja kiinnitykset helpommiksi kuin betonirakentamisessa. Sähköjärjestelmissä puukerrostalojen asennustyöt eivät juurikaan eroa pientalojen sähköasennuksista.

Palotekniset laitteistot

Suomessa vaaditaan automaattista vesisammutusjärjestelmää yli kaksikerroksisille puurunkoisille asuinkerrostaloille. Talon ollessa 3-4 kerroksisia riittää LH-tason (Low Hazard) järjestelmä, kun taas 5–8 kerroksisiin taloihin vaaditaan OH1-tason (Ordinary Hazard) järjestelmä ja varmennettu vesilähde.

Sprinkler-järjestelmän toiminnan ideana on heikentää palamisominaisuuksia palava materiaali kastelemalla. Automaattinen sammutusjärjestelmä reagoi palon aiheuttamaan lämpötilan nousuun. Sprinkler-suuttimet laukeavat suutinkohtaisesti mitoituslämpötilan ylittyessä.

Sprinkler-tyyppejä on kolmea erilaista; perinteinen-, matalapaineinen- ja korkeapaineinen sprinkler. Perinteisessä sprinklerityypissä pisarakoko on suurin, kun taas korkeapaineisessa sprinklerityypissä pisarakoko on pienin. Samalla

määrällä vettä pisarat peittävät sitä suuremman pinta-alan, mitä pienempi on pisarakoko. Korkeapaineisessa sprinklerijärjestelmässä veden määrä on huomattavasti pienempi kuin perinteisessä ja matalapaineisessa sprinklerijärjestelmässä. Rakentamisessa tulee huomioida mahdollinen varmennettu vesilähde, sprinklausjärjestelmän ja laitteiden vaatimat tilat. (Tolppanen 2013, 142.)

Vuoreksen kuusikossa sammutusjärjestelmänä on ollut Marioff HiFog korkeapainesumujärjestelmä, joka mahdollisti maltilliset dimensiot. Putkituksessa jokaisen asunnon jokaiseen huonetilaan on tuotu suutin. Isompiin huonetiloihin kaksi. Parvekkeet suojattiin omalla glykoli täytteisellä AFEL linjalla. Parvekkeiden nousulinja on viety suoraan käytävältä ullakolle, josta tiputettu ulkokautta alaspäin. Suutin jokaiselle parvekkeelle. Vaihtoehtona ulkopuoliselle parvekelinjalle on, että jokaiselle parvekkeelle tuodaan huoneistolinjasta niin kutsuttu kuivasuutin. Sprinkleriputkien asennus suoritettiin heti palokatkolevytysten jälkeen. (Korpisaari 2022.)

3.8 Elementit

Elementit on mahdollista tilata halutun valmiusasteen mukaan eristettynä ja ulkuvuorattuina tai osittain paikalla tehden. Useimmiten elementtitoimitus sisältää elementtisuunnittelun, valmistuksen ja elementtien kuljetuksen. Toimitukseen voi sisällyttää myös asennus.

Toimittajana Vuoreksen kohteissa VVR Wood Oy. Toimitukseen sisältyi puurunkorakenteisten suurelementtien tuoteosatoimituksen, asennuksen sekä puuelementtien valmistussuunnittelun.

Muita mahdollisia vastaavaan toimitukseen pystyviä ja kokemusta omaavia toimittajia rankarunko-järjestelmällä

- Woodcomp-yhtiöt, elementtituotanto Raahessa
- OIVA WOOD SOLUTIONS OY
- FM Haus
- POHJOLA TALOT

4 Suunnittelu-, hankinta- ja tuotanto-ohjeen sisältö

Jotta puurakentamisesta saadaan kannattavampaa, on varattava riittävästi aikaa hankkeen suunnitteluun ja valmisteluun. Rakentamispäätös on tehtävä hyvin varhaisessa vaiheessa, tai hyväksyttävä, että kohteen kannattavuuden laskenta jo itsessään vie rahaa ja aikaa, jotta päästään kiinni todellisiin kuluihin. Tuotanto ja hankintatoimi on saatava mukaan jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tämä edistää rakennusaikaisten virheiden vähenemistä, ja vähentää näin myös virheistä aiheutuvia kustannuksia. Puurakentamisesta ei ole vielä samanlaista kokemusta kuin betonirakentamisesta. Kohdetta on vaikea suunnitella ja kustannuksia arvioida, ilman tuotannon suunnittelua. Ottamalla merkittävien kustannusalojen toimijat mukaan suunnitteluun, voidaan säästää kustannuksissa. Pääurakoitsijan omasta työntekijäryhmästä ei löydy riittävän laajaa osaamista esimerkiksi sääsuojan, puukerrostalon elementtien suunnitteluun sekä LVIS-järjestelmien suunnitteluun, jotta pystyttäisiin ilman alan toimijoita arvioimaan kustannuksia ja parhaita toimintatapoja ennen urakoitsijoiden kiinnitystä kohteeseen. On siis syytä harkita erityisalojen suunnittelupalveluiden ostamista ulkopuolelta.

Puurakennusten suunnittelu ylipäättään on hintavampaa kuin betonitalojen. Tarvitaan tarkempaa detaljitason suunnittelua, erilaisista liitostavoista ja liitosten määristä johtuen. On syytä myös käyttää erityisalojen suunnittelua mukana ääni- ja värinämitoituksessa, paloteknisessä suunnittelussa sekä rakenteiden kosteusteknisessä ja ilmatiiviydellisessä suunnittelussa. Risteävästä tekniikasta ja rakenteiden kerroksellisuudesta johtuen, on suunnittelussa syytä harkita myös mallintamisen käyttöä. Mallintamalla yhteensovitus helpottuu ja hahmotetaan paremmin muun muassa tilantarve sekä päästään paremmin kiinni rakenteiden ja tekniikan toteutettavuuteen.

Pilottikohteen kokemusten ja haasteiden pohjalta on tämän kehitystyön osana luotu puurakentamisen erityispiirteisiin keskittyvä erillinen dokumentti suunnittelun ohjauksen, hankinnan ja tuotannon tueksi. Dokumentissa on lueteltu rakennusosittain tai -alueittain erityispiirteitä, mitä kunkin suunnittelualan tulee ottaa huomioon. Puurakentamisen valmistelu- ja suunnitteluvaiheen tueksi on

kehitetty myös projektiaikataulumalli (Liite 1). Aikataulumalli sopii hyvin pohjaksi sellaisenaan ja se antaa käsityksen, kauanko suunnitteluvaiheeseen tarvitsee varata aikaa sekä missä vaiheessa hankinta ja tuotanto on sitoutettava mukaan.

5 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli koota opit pilottikohteesta suunnittelu- ja tuotantoon ohjeen muotoon Arkta Rakennus Oy:n käyttöön, syventämään kehitystyön tekijän omaa ymmärrystä puurakentamisesta sekä antamaan kenelle tahansa puurakentamisesta kiinnostuneelle käsitys siitä, mitä puurakentaminen on. Tässä työssä on esitetty, millä tavoin asuinpuukerrostalojen rakentaminen eroaa betonikerrostaloista ja miksi ylipäätään Suomessa rakennetaan puukerrostaloja. Työssä on käyty pääpiirteittäin läpi eri runkojärjestelmät ja rakenne-vaihtoehdot. Kehitystyön osana on luotu pilottihankkeen kokemusten perusteella ohje puurakentamisen suunnittelunohjauksen, hankinnan ja tuotannon tueksi sekä projektiaikataulumalli hankkeen alkuvaiheeseen.

Tavoitteet on työssä saavutettu, vaikkakin kehitystyönä luotuja dokumentteja tulee jatkokehittää yhdessä Arkta Rakennus Oy:n projektiorganisaation kanssa, jotta dokumenteissa on huomioitu kaikkien hankkeen eri osapuolten tarpeet. Toimeksiantajalle suositellaan, että Arkta Rakennus Oy:n sisällä pidetään työpaja, jossa puurakentamisen ympärillä työskentelevät ihmiset kertovat näkökantansa kyseisistä dokumenteista ja nimetään henkilö kehittämään dokumentteja kommenttien pohjalta. Dokumentteja tulee päivittää ja kehittää myös, kun kokemusta seuraavista vastaavista hankkeista on saatu.

Kehitystyötä tehdessä on tultu tulokseen, että Arkta Rakennus Oy:n sisällä olisi hyvä pohtia myös, kuinka hoidetaan tiedon kartoittaminen Arktan sisaryhtiöiltä, joissa on pidempiaikaista kokemusta ja osaamista puurakentamisesta. Tärkeää on kartoittaa, kuinka muualla on toteutettu etenkin haasteeksi tulleet rakenteet ja detaljit, joita pilottikohteessa on tullut vastaan. Myös toimivista rakenteista ja toimintatavoista on hyvä tuoda opit myös koko konsernin käyttöön. On havaittu, että kehitystyön tekeminen päivittäisten työtehtävien ohella ei ole tuottavaa. Kehitystyön pariin on nimettävä henkilö, joka käyttää täyden työaikansa kehitystyölle. Tämä voi olla kokonaan uusi henkilö, tai esimerkiksi seuraavaan puukerrostalohankkeeseen kiinnitettävä henkilö, joka tekee kehitystyötä ennen kohteen alkamista ja kohteen valmistuttua. Kehitystyö on aikaa ja rahaa vievää,

mutta jos tehtävää halutaan hoitaa kunnolla, on siihen myös annettava resurssit. Mikäli asioita ei kehitetä, toistetaan samoja virheitä kohteesta toiseen, jotka tuottavat kustannuksia. Voidaan siis todeta, että pitkällä aikavälillä kehitystyön tulokset maksavat itsensä jopa moninkertaisesti takaisin.

Tätä työtä tehdessä, vastaan tuli useasta lähteestä tarve, että puurakentamisen pariin kaivataan kokemusta. Puutetta on kokeneista ja osaavista suunnittelijoista, kuin myös työmaatoimihenkilöistä ja työntekijöistä. Useissa tutkimuksissa on todettu, että puukerrostalorakentamista on tehty vasta vähän aikaa, ja verrokkikohteita karttuessa ja tekemisen vakiintuessa, tekeminen tulee helpottumaan. Yhtäläistä on myös ajatus, että vain aika näyttää, saadaanko puukerrostalorakentamisesta taloudellisesti kannattavaa.

Useat korkeakoulut ovat lisänneet valikoimaansa etenkin suunnittelijoille suunnattua täydennyskoulutusta puu- ja vähähiiliseen rakentamiseen. Myös tuotantoon painottuvaa koulutusta olisi tarpeellista tarjota. Toiminta puukerrostalotyömaalla kuitenkin eroaa betonikerrostalo työmaasta. Käytännön läheistä koulutustarjontaa olisi hyvä olla rakennusfysiikasta, puuelementtien asennuksesta ja liitoksista sekä sääsuojauksesta.

Kehitystyön analysoinnin perusteella toivotaan, että keskustelu toteutetuista kohteista olisi avoimempaa. Jos kohteet kiteytetään julkisuuteen vain saatesanoin, että projekti oli onnistunut ja kaikki osapuolet olivat tyytyväisiä, ei tällä palautteella pystytä toimimaan koko alaa kehittävästi. Esille on tuotava myös epäonnistumiset ja haasteet, jotta puukerrostalorakentamisen kasvulle annetaan mahdollisuudet. Yksittäinen rakennusalan yritys ei voi saada puukerrostalorakentamista kasvuun. Rakennusprojektin ympärille tarvitaan useita eri toimijoita. Tarvitaan suunnittelijat, elementtitoimittaja, rakennusurakoitsija, talotekniset urakoitsijat sekä tilaaja. Jos osapuolet tekisivät yhdessä yritysrajoja rikkovaa yhteistyötä, toimintatavat vakiintuisivat nopeammin. Tällöin suunnittelijat pystyisivät tarjoamaan vakiintuneita ja toimivia suunnitteluratkaisuja, elementtituotanto vakiintuisi ja työstä työmaalla tulisi selkeämpää, jolloin koko toiminnasta saataisiin taloudellisesti kannattavampaa. On kuitenkin ymmärrettävää, että yritykset eivät halua tuoda julkisuuteen

projekteissa vastaan tulleita epäonnistumisia ja haasteita, sillä tämän ajatellaan vaikuttavan yrityksen imagoon negatiivisesti.

Rakennusalan oppilaitokset tekevät paljon tutkimustyötä puurakentamisen parissa. Tämän kehitystyön perusteella suositellaan, että haastattelujen avulla kartoitettava tieto kerättäisiin nimettömänä, jolloin myös epäonnistumisia ja haasteita aiheuttavia vaiheita ja rakenteita voitaisiin tuoda esiin. Kehitystyön tuloksena halutaan haastaa puurakentamisen parissa toimivat yrittäjät avoimeen, alaa kehittävään toimintaan. Voitaisiinko ajatella avoimen alaa kehittävää toiminnan tuovan yritykselle positiivisen leiman koko alaa kehittävänä toimijana, eikä vain jatkuvana onnistujana?

Lähteet

A-insinöörit. 2019. Puurakentaja, välipohjan askelääneneristävyyttä voi parantaa kustannustehokkaasti. Verkkoartikkeli. <https://www.ains.fi/asiantuntija-artikkelit/puurakentaja-valipohjan-askelaaneneristavyytta-voi-parantaa>

E1 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. 06.11.2011. 3/11.

European Commission. 2022. Verkkosivu. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en

Finnsementti. 2020. Ympäristöraportti 2020. Verkkoartikkeli https://finnsementti.fi/wp-content/uploads/Finnsementti_ymparistoraportti_2020.pdf

Helsingin kaupunki. 2022. Puu- ja betonirakentamisen vertailu. Verkkojulkaisu. <https://www.hel.fi/kanslia/kehittyva-kerrostalo-fi/hankkeet/puu-ja-betonirakentamisen-vertailu>

Helsingin yliopisto. 2021. Verkkouutinen. <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/ilmastonmuutos/puurakentamisella-kohti-kestavaa-tulevaisuutta>

Karjalainen, M. 2017. <https://kalajoki.fi/wp-content/uploads/2017/06/Kalajoki.M.Karjalainen.1.6.2017.pdf>

Kivifaktaa verkkosivusto. Case Kuninkaantammi: Puukerrostalon ja betonikerrostalon päästövaikutukset vertailussa. 2022. Verkkoartikkeli. <https://kivifaktaa.fi/faktapankki/kivi-on-ymparistoystavallinen-materiaali/case-kuninkaantammi-puukerrostalon-ja-betonikerrostalon-paastovaikutukset-vertailussa/>

Korpisaari, K, 2022. Henkilöhaastattelu.

KK-palokonsultti. 2022. Puurakentamisen paloturvallisuus. Verkkoartikkeli. <https://www.kk-palokonsultti.com/paloturvallisuus-pintaa-syvemmalta/puurakentamisen-paloturvallisuus/>

Luukkonen, J. 2017. Teollisen puurakentamisen edistäminen asuntotuotannossa. Saatavissa https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121996/Luukkonen_Jesse_2017_02_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mangrove. 2020. IDENTTISET PUU- JA BETONIKERROSTALOT VERTAILUSSA – MODERNI RAKENNUSHANKE TURUSSA SELVITTÄÄ RAKENNUSMATERIAALIEN EKOLOGISUUDEN. Verkkoartikkeli.

<https://www.mangrove.fi/ajankohtaista/identtiset-puu-ja-betonikerrostalot-vertailussa/>

Manninen, J. 2014. PUUKERROSTALO URAKOITSIJAN NÄKÖKULMASTA. Saatavissa

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83888/Manninen_Juho.pdf?sequence=2

Metsä Group. 2022. Jokainen puurakennus on hiilivarasto. Verkkoartikkeli.

<https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/muut/kampanjat/urban-carbon/jokainen-puurakennus-on-hiilivarasto/>

Metsä Group. 2022. Rakennetaan tulevaisuus puusta. Verkkoartikkeli.

<https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/muut/kampanjat/urban-carbon/>

Mikkonen, A. 2022. Puurakentaminen tarvitsee jatkuvuutta.

<http://kirjastolinkit.ouka.fi/kaleva/helmi02/4890603.html>

Mustonen, E. 2017. Korkean massiivipuukerrostalon R 120 liitoksen suunnittelu ja palosuojaus. Saatavissa

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131714/Mustonen_Emma.pdf;jsessionid=6E89FCC2FE05D38DDBDF9286B1700005?sequence=1

Mölsä, S. 2021. Analyysi: Puurakentaminen on liian kallista, siksi sen edistämässä siirryttiin paksoon. Verkkoartikkeli.

<https://www.rakennuslehti.fi/2021/03/analyysi-puurakentamista-on-edistetty-yli-25-vuotta-mutta-vasta-pakko-tuotti-tulosta/>

Puuinfo. 2020. Puurakentamisen hyvät käytännöt Kanadassa.

<https://puuinfo.fi/puulehti/puulehdet/puurakentamisen-hyvat-kaytannot-kanadassa/>

Puuinfo. 2020. Puurakenteiden paloturvallisuus. Verkkoartikkeli.

<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/paloturvallisuus/>

Puuinfo. 2020. Runkojärjestelmät. Verkkoartikkeli.

<https://puuinfo.fi/rakenteet/yhdistelmarakenteet/puukerrostalon-runkojarjestelmat/>

Puuinfo. 2020. <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>

Puuinfo. 2020. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/>

Projekti uutiset. 2022. Kirsikka vai Kide, puu vai betoni. Verkkouutinen. <https://www.projekti uutiset.fi/kirsikka-vai-kide-puu-vai-betoni/>

Ramboll. 2022. Miksi ja mitä tehdä puusta. Verkkosivusto. https://c.ramboll.com/fi/puurakentaminen?utm_term=puurakentaminen&utm_campaign=SEM+/+Puurakentaminen+/+09-21&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5816075018&hsa_campaign=14743487679&hsa_grp=130567808114&hsa_ad=547756885825&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-396064464167&hsa_kw=puurakentaminen&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQjwwJuVBhCAARIsAOPwGAQptg8_B7A66vqg5vFYnUGPGaxY27149NEIXkOXMBdmOA1xD0VaX74aAnzKEALw_wcB

Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Rakennustieto.

Siparila. 2020. Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. Verkoartikkeli. <https://www.siparila.fi/puurakentaminen/>

Sweco. 2022. Puurakentaminen on nousussa – näin Sweco vastaa trendiin. Verkkajulkaisu. <https://www.sweco.fi/ajankohtaista/uutiset/puurakentaminen-on-nousussa-nain-sweco-vastaa-trendiin/>

Tolppanen, J. 2013. Suomalainen puukerrostalo – rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. 2017. Verkkajulkaisu.

<https://tem.fi/documents/1410877/3570111/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf?t=1480670584000>

Wallenius, D. 2021. ”Betonia pitää käyttää siellä, missä sitä tarvitaan, mutta ei muualla” – Rakenteiden optimoinnilla vähennettäisiin betonirakentamisen päästöjä, sanoo nopeasti kasvavan betoniyrityksen toimitusjohtaja. Verkoartikkeli. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/11/betonia-pitaa-kayttaa-siella-missa-sita-tarvitaan-mutta-ei-muualla-rakenteiden-optimoinnilla-vahennettaisiin-betonirakentamisen-paastoja-sanoo-nopeasti-kaasuvan-betoniyrityksen-toimit/>

YK-liitto. 2022. Ilmastopimus -aikajana. <https://www.ykliitto.fi/yk-teemat/kestava-kehitys/ilmastopimus-aikajana>

Ympäristöministeriö. 2016. Puurakentamisen toimenpideohjelma. <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YM025:00/2018>

Projekti aikataulu malli

