

Juho Manninen

PUUKERROSTALO URAKOITSIJAN NÄKÖKULMASTA

PUUKERROSTALO URAKOITSIJAN NÄKÖKULMASTA

Juho Manninen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohto, talonrakennustekniikka

Tekijä: Juho Manninen
Opinnäytetyön nimi: Puukerrostalot urakoitsijan näkökulmasta
Työn ohjaaja: Hekkanen Martti
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2014 Sivumäärä: 53 + 4 liitettä

Tässä työssä perehdyttiin suomalaiseen puukerrostalorakentamiseen aikavälillä 1995 - 2014. Tavoitteena oli koota tiivistetty tietopaketti puukerrostalorakentamisesta kiinnostuneelle perustajaurakoitsijalle, jonka pohjatieto aiheesta on vähäinen. Työ sopii myös yleisesti puukerrostaloista kiinnostuneelle henkilölle tai puukerrostaloasunnon hankkimista suunnittelevalle.

Työ tehtiin tutkimuksena keräämällä aihealueesta hajallaan olevia tietoja kootusti yhteen pakettiin, lisäämällä mukaan omaa käsitystä ja näkemystä aiheesta. Tiedonhausta teki haasteellista se, että aiheesta on olemassa hyvin vähän kirjallisuutta ja tuoreimmat muutokset alalla ovat tapahtuneet aivan lähiaikoina. Tuorein tieto löytyikin aiheesta tehdyistä tutkimuksista, rakentamismääräyksistä ja erilaisten kehityshankkeiden tiedoista. Tietoa etsittiin myös perehtymällä rakennusosia valmistavien yritysten toimintamalleihin sekä tarjontaan.

Työn tuloksena on yksiin kansiin kerätty tietopaketti puukerrostalorakentamisen tämän päivän tilanteesta, tulevaisuuden mahdollisuuksista ja asioista, joita puukerrostaloprojektissa on hyvä ottaa huomioon. Puurakentamisen voidaan todeta olevan tänä päivänä käännekohtassa. Puukerrostalorakentamisen selkeä kasvu näyttää maassamme todennäköiseltä.

Asiasanat: puukerrostalo, puuelementit, puurakentaminen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	6
2 PUUKERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA	7
2.1 Puukerrostalojen historiaa Suomessa	7
2.2 Puukerrostalot nykypäivänä Suomessa	8
2.2.1 Seinäjoen Lintuviita	9
2.2.2 Rovaniemen Pilke	12
2.3 Puukerrostalot maailmalla	14
3 SUUNNITTELUOHJEET JA MÄÄRÄYKSET	17
3.1 Avoin puurakennesjärjestelmä	17
3.2 TEPUTU-hanke	17
3.2.1 PES-järjestelmä apuun	18
3.2.2 PES-järjestelmän sisältö	19
3.3 Palomääräykset	19
4 TEOLLISEN TUOTANNON HYÖDYNTÄMINEN	20
4.1 Teollinen puuelementtituotanto Suomessa	20
4.1.1 Stora Enso CLT	21
4.1.2 LapWall-elementit	27
4.2 Elementtiasennus ja turvallisuus	28
4.2.1 Asennussuunnitelma	28
4.2.2 Asennustyön aloituskokous	30
4.2.3 Muuta huomioitavaa	30
5 TOTEUTUKSESSA JA SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA	31
5.1 Materiaalitoimitukset ja kosteudenhallinta	31
5.2 Puukerrostalon perustaminen	32
5.3 Puukerrostalon runko	33

5.4 Rungon levyjäykistys	33
5.5 Yläpohjan rakenne	34
5.6 Ulkopuolisen kosteuden hallinta	34
5.7 Ilmatiiveys	35
5.8 Märkätilat	35
5.9 Julkisivuverhous	36
5.10 Välipohjat	36
5.11 LVI- ja sähköasennukset	37
5.12 Parvekkeet	38
5.13 Rakenteiden tiiviys	38
5.14 Sisäpuolen pinnat	39
5.15 Julkisivujen paloturvallisuus	39
6 KESKEISIMMÄT TEKNISET HAASTEET	40
6.1 Äänieristysvaatimusten saavuttaminen	40
6.1.1 Äänieristys sivuttaissuunnassa	41
6.1.2 Välipohjien äänieristys	41
6.1.3 Välipohjan värähtely	43
6.2 Haasteiden merkitys työmaalla 2014	44
7 POHDINTA	46
7.1 Puukerrostalorakentaminen ympäristön kannalta	46
7.2 Puukerrostalorakentamisen haasteita	47
7.3 Markkinatilanne ja asenteet	47
7.4 Teollinen tuotanto pienentää riskiä	48
7.4.1 Säästö tulee rakennusajasta	48
7.4.2 Kosteussuojaus tärkeää	49
7.5 Yhteenveto	49
LÄHTEET	51
LIITE 1. PALOMÄÄRÄYKSET	54
LIITE 2. TIIVEYSVAATIMUKSET	62
LIITE 3. ÄÄNIERISTYSMÄÄRÄYKSET	64
LIITE 4. MITTAUSTULOKSIA	67

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä puukerrostalorakentamisen mielekkyyteen perustajaurakoitsijan näkökulmasta. Työssä tuodaan esille puukerrostalorakentamiseen liittyviä etuja ja haittoja muun muassa kustannuksiin, työmenetelmiin ja rakentamisaikaan liittyen.

Opinnäytetyössä tutkitaan myös puukerrostalorakentamisen historiaa ja yleistymistä Suomessa sekä selvitetään kyseisen rakennustavan yleisyyttä muualla maailmassa. Lisäksi työssä käydään läpi puukerrostalorakentamisen yleistymiseen vaikuttaneita asioita, rakentamiseen liittyviä esteitä sekä rakentamista edesauttavia toimintoja.

Puukerrostalorakentamiseen liittyen on tehty aiemmin mittavia tutkimuksia mm. valtion toimesta, lisäksi ainakin yksi väitöskirja aiheena Puukerrostalorakentamisen esteet ja mahdollisuudet. Myös pienempiä tutkimuksia erilaisista puukerrostaloon liittyvistä aihealueista on tehty useampia. Tässä työssä kootaan yhteen alan tuoreinta tietoa tiiviiksi ja yhtenäiseksi tietopaketti.

2 PUUKERROSTALORAKENTAMINEN SUOMESSA

Suomalainen puukerrostalo on yli kaksikerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus, jonka kantava runko on pääosin puuta. Paloluokaltaan puukerrostalo kuuluu normaalisti luokkaan P2. (1.)

Kerrostalorakentamisessa puuelementtien käyttö ja puurakentaminen on Suomessa vielä lapsenkengissä. Tämä johtuu lähinnä 1960-luvulla alkaneesta betonirakentamisen valtakaudesta, joka on edelleen hyvissä voimissaan. (2.)

Puukerrostalojen rakentaminen oli Suomessa käytännössä lailla kiellettyä 1990-luvun puoliväliin saakka, joten pitkään kokemukseen perustuvaa tietotaitoa ei ole päässyt kyseiselle osa-alueelle kotimaassamme kehittymään. Myös palomääräyksistä ja osin vähäisestä kokemuksesta johtuvat kalliimmat rakennuskustannukset ovat hillinneet puurakenteisten kerrostalojen yleistymistä. (3.)

2.1 Puukerrostalojen historiaa Suomessa

Puukerrostalorakentamisella ei ole ollut Suomessa suurtakaan jalansijaa ja kiinnostus puurakenteisten kerrostalojen toteuttamiselle on ollut vähäistä. Osasyynä tähän on puukerrostalorakentamisesta saadut huonot kokemukset 1990-luvulla, kun Suomeen yritettiin soveltaa Pohjois-Amerikassa käytössä ollutta Platform-tekniikkaa. (4.)

Amerikassa toimiva järjestelmä ei soveltunut sellaisenaan Suomeen ja aiheutti monenlaisia ongelmia. Järjestelmä oli luotu hyödyntämään sikäläistä halpaa työvoimaa ja sisälsi paljon käsityötä, joka tuli Suomen työvoimakustannuksilla liian kalliiksi. (4.)

Ongelmia aiheutti myös ääneneristävyys, koska rakenne oli suunniteltu toimimaan Amerikassa suosituilla paksuilla kokolattiamatoilla. Täkäläisiä kovapintaisia lattiamateriaaleja käytettäessä asumisen äänet kantautuivat liian selvästi huoneistosta toiseen. (4.)

2.2 Puukerrostalot nykypäivänä Suomessa

Nykyisin kasvanut tietoisuus ympäristöasioista sekä ekologisuuden arvostus on vaikuttamassa siihen, että myös puukerrostaloille on avautumassa uudenlaiset mahdollisuudet. (5, s. 12.)

Vuonna 2014 suomessa on jo 39 rakennettua puukerrostaloa, joissa on 753 asuntoa, lisäksi on valmistunut 4 toimistopuukerrostaloja. Määrä on toki vähäinen betonirakenteisiin kerrostaloihin verrattuna, mutta antaa viitteitä muuttuneesta ilmapiiristä. (1.)

Omaa kieltään puukerrostalorakentamisen kasvusta kertoo vuonna 2014 ja 2015 Suomeen valmistuvien puukerrostaloasuntojen määrä, lähiaikoina Suomeen on valmistumassa 2 000 puukerrostaloasuntoa. Kunnilla on kaavoitettuna paikat 4 000 puukerrostaloasunnolle. Kerrostalojen uudistuotannosta puukerrostalojen osuus nousee ensivuonna 10 prosenttiin. Esimerkiksi Vantaalle on rakenteilla Suomen suurin, pinta-alaltaan 10 000 m² puukerrostalo, jossa on 7 kerrosta ja 186 asuntoa. (Kuva 1.) (6.)



KUVA 1. Suomen suurin puukerrostalo valmistumassa Vantaalla, sääsuojassa toteutettuna (6)

Muita puukerrostalohankkeita on suunnitteilla ja työn alla esimerkiksi Helsingin Jätkäsaareen ja Pukinmäkeen, Turkuun, Jyväskylään, Tampereelle, Ouluun sekä Saarijärvelle. Jyväskylään rakennettava kahdeksankerroksinen puukerrostalo tulee olemaan valmistuessaan Suomen korkein. (Kuva 2.) (7.)



KUVA 2. Suomen korkein 8-kerroksinen puukerrostalo rakenteilla Jyväskylässä (7)

Luvuissa 2.2.1 ja 2.2.2 tullaan esittelemään lyhyesti muutama Suomeen lähiaikoina valmistunut puukerrostalo.

2.2.1 Seinäjoen Lintuviita

Luvussa 2.2.1 esitellään yleisluontoisesti vuonna 2013 valmistunut moderni puukerrostalo Seinäjoen Lintuviita (Kuva 3).



KUVA 3. CLT-tilaelementeillä toteutettu puukerrostalo Seinäjoella (1)

Seuraavassa on listattu Seinäjoen Lintuviidan tiedot:

- valmistunut joulukuussa 2013
- seinäjoen kaupungissa Lintuviidan ja Kasperinviidan risteyksessä
- kerrosala 3100 k-m²
- asuntoja 50 kpl
- kuusikerroksinen
- rakennuttanut Lakea Oy
- arkkitehti ja pääsuunnittelija Arkkitehtitoimisto AT
- rakennesuunnittelu Ins. tsto. Pertti Ruuskanen ja Stora Enso Building and Living.

Kohde on Lakea Oy:n ja Stora Enso Building and Livingin yhteistyössä toteutettu puukerrostalohanke. Kohde sijaitsee pienessä puistikossa Lintuviidan ja Kasperinviidan risteyksessä. Kuusikerroksinen puukerrostalo pohjautuu Stora Enson CLT-levyihin perustuvaan Urban MultiStorey -järjestelmään.

Asemakaavamuutoksen valmistuttua projektia on tarkoitus jatkaa toisen vaiheen toteuttamisella kyseiseen kortteliin. (1.)

Kohde on rahoitettu valtion korkotukilainoituksella ja se on Lakea Kiinteistöt Oy:n omistuksessa. Rakennuksen pohjakerros väestönsuojineen ja varastoineen on rakennettu betonista ja näiden päällä olevat viisi kerrosta Stora Enson Hartolan tehtaalla valmistetuista CLT-elementeistä. CLT-puulevyratkaisuissa on pyritty minimoimaan perinteisten puutuotteiden ongelmat kutistumisen ja painuman osalta. Kohteen toteutuksessa välipohja on tuulettuva ja veden pitävä, sprinklerijärjestelmän aktivoitumisesta aiheutuva vesi ei pääse välipohjaan aiheuttamaan kosteusvaurioita laajemmalle alueelle. (1.)

Valmistuessaan Lintuviitan kerrostalokohde oli suurin CLT-elementeillä toteutettu asunekerrostalo Euroopassa. (1.)

2.2.2 Rovaniemen Pilke

Tässä luvussa esitellään lyhyesti Rovaniemelle rakennettu puukerrostalo joka toimii toimisto- ja näyttelyrakennuksena (Kuva 4).



KUVA 4. Rovaniemen Pilke (1)

Rovaniemen pilkkeen sisätiloissa on käytetty runsaasti puuta ja puurakenteita on jätetty näkyville (Kuva 5).



KUVA 5. Rovaniemen pilkkeen sisätilojen tunnelmaa (1)

Seuraavassa on listattu Rovaniemen Pilkkeen tiedot:

- valmistunut vuonna 2010
- Rovaniemellä Arktikum-aukiolla
- rakennuksen pinta-ala 5589 m²
- 4 -kerroksinen toimistorakennus ja näyttelytilat
- rakennuttajana Metsähallitus
- arkkitehtisuunnittelu Arkkitehtityöhuone Artto-Palo-Rossi-Tikka Oy
- rakennesuunnittelu WSP Finland Oy.

Tämä nelikerroksinen toimisto- ja näyttelyrakennus toimii Metsähallituksen toimitalona Rovaniemellä. Talolla haluttiin tuoda esille metsähallituksen ympäristölinjausta, joten puu oli luonnollinen valinta rakennusmateriaaliksi. Huomattavaa on, että kohteen hiilidioksidipäästöt jäävät vain noin 30 %:n vastaavan betonirakennuksen päästöistä. (1.)

Kohteen kantavana rakenteena toimivat liimapuiset pilarit ja massiiviset palkit, jotka ovat parhaimmillaan 1,5 m korkeita. Kohteen runko on toteutettu betonijäykisteisenä pilari-palkki runkona. Kellarikerros on tehty betonista, samoin runkoa jäykistävät hissikuilu ja porrashuoneet. Julkisivu on toteutettu puisilla ulkoseinäelementeillä. Välipohja muodostuu havuvanerin päälle valetusta pintabetonilaatasta, kantavana rakenteena toimivat puupalkit. (1.)

Vesikaton kantavana rakenteena toimivat kattoristikot, jotka on sijoitettu kantavien liimapuupalkkien varaan. Rakennus on jaettu kahteen erilliseen palo-osastoon, joita erottaa koko rakennuksen mittainen, lattiasta kattoon ulottuva osastoiva seinä. Rakennukseen on asennettu automaattinen sammutus- ja savunpoistojärjestelmä. Erikoisuutena mainittakoon rakennuksen ylimmän kerroksen käytävät, jotka suljetaan palon sattuessa savuverholla, joka mahdollistaa turvallisen poistumisen rakennuksesta. (1.)

Rakennuksen sisäänkäynti sijaitsee Ounasjoen puoleisella sivulla, rakennuksen kulmassa. Sisäänkäyntinäkömää hallitsee rakennuksen korkuinen aulatala, sekä lattiasta kattoon ulottuvat korkeat ikkunat, joista avautuu maisema Ounasjoen puolelle. Kohteen keskeisimpinä elementteinä on pidetty tilan tuntua, avaruutta ja luonnonvaloa. Toimistotilat on sijoitettu kahden suuren aulatalan ympärille, tilojen monikäyttöisyyttä ja muunneltavuutta on lisätty puisilla, helposti siirrettävillä väliseinillä. Huoneet on yhdistetty toisiinsa avokäytävällä, joka tarjoaa näköyhteyden kerrosten välillä. (1.)

Rakennuksen pohjakerroksessa sijaitsee tiedekeskus Pilke, rakennuksen korkuinen tila, jonka näyttely kertoo pohjoisten metsien kestävästä käytöstä. Näyttelytilan lattiamateriaalina on tummaksi käsitelty pölkky ja tilaan kuljetaan tammisia portaita pitkin. Rakennuksen julkisivumateriaalina on käytetty tummaksi käsiteltyä kuusta, jonka elävä pinta on haluttu jättää näkyville. Monimuotoiset ja runsaat puupinnat luovat suureen tilaan miellyttävän akustiikan. Vaikuttava ja näyttävä rakennus onkin itsessään näyttelyn mielenkiintoisin aihe, tuoden esille ekologisuutta ja puun nykyaikaista, kestävää käyttöä. (1.)

2.3 Puukerrostalot maailmalla

Useissa maissa puukerrostalorakentaminen on huomattavasti Suomea yleisempää. Puurakenteiset kerrostalot ovatkin osoittautuneet maailmalla turvallisiksi ja kustannustehokkaiksi vaihtoehtoiksi. Seuraavassa esitellään lyhyesti puukerrostalorakentamista Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. (5, s.9.)

Saksa

Saksassa uskotaan puurakentamisen kasvuun tulevaisuudessa, erityisesti ympäristöön liittyvät asiat puhuvat puurakentamisen puolesta. Puurakentamisen kehittämisellä on tavoiteltu myös kustannussäästöjä ja tavoitteisiin on myös päästy. Maassa on järjestetty mm. suunnittelukilpailuja, joissa on määrätty tietty neliöhinta valmiille kerrostalorakennukselle, näin on löydetty paljon uusia ideoita ja innovaatioita puurakentamiseen liittyen. (5, s.13.)

Muu Eurooppa

Taloudelliset ja ekologiset arvot ovat saaneet puurakentamisen suosioon kasvuun Keski-Euroopassa. Sveitsissä on alettu palauttamaan vanhoja puurakentamisperinteitä ja kehitetty runsaasti uusia tekniikoita puurakentamiseen liittyen.

Sveitsin lisäksi puurakentamisen suosio on kasvanut monissa muissa Manner-Euroopan maissa, kuten Ranskassa ja Hollannissa. Myös Skotlannissa ja Englannissa amerikkalaistyylinen puurakentaminen on kasvattanut suosiotaan. (5, s.12.)

Skandinavia

Norjassa on voinut jo kauan rakentaa kolmikerroksisia rakennuksia puusta. Ruotsissa on sallittu nelikerroksiset puukerrostalot vuodesta 1994 lähtien, siellä puukerrostalojen markkinaosuus on noin 20 %. Näissä maissa puukerrostalorakentaminen on siis selvästi Suomea edellä. Myös Tanskasta löytyy puukerrostalorakentamista. (5, s.10.)

Kanada

Valtaosa asuinrakennuksista tehdään Kanadassa puusta. Parhaimmillaan jopa 99 % alle viisikerroksisista rakennuksista on puurakenteisia. Rakentaminen noudattelee hyvin pitkälle samaa kaavaa kuin yhdysvaltalainen puurakentaminen. (5, s. 9.)

Kanadaan ollaan suunnittelemassa jopa 40 kerroksisia puukerrostaloja, toteutuessaan näistä kerrostaloista tulee reilusti maailman korkeimmat puurakenteiset kerrostalot. Korkein tällä hetkellä rakenteilla oleva puutalo on 14-kerroksinen ja sijaitsee Bergenissä. (7)

Yhdysvallat

Puurakentamisen etuina pidetään Yhdysvalloissa edullisuutta ja joustavuutta. Puu on osoittautunut käyttökelpoiseksi materiaaliksi, kovan kilpailun pakottaessa löytämään kustannustehokkaita tapoja rakentaa ostajien toiveiden mukaisia asuntoja. Yhdysvalloissa rakennetuista asuinrakennuksista 70 % on puurakenteisia. Yhdysvaltalaiset puukerrostalot toteutetaan yleensä ns. Platform-tekniikalla, joka tarkoittaa pelkistettynä valmisosista työmaalla koottavaa rakennusta. Viimevuosina myös elementtirakentamisen suosio on alkanut kasvaa. Käytetyt elementtiosat ovat yleensä avoelementtejä ja elementit koostuvat pääosin samoista osista kuin Platform-rungot. (5, s. 9.)

3 SUUNNITTELUOHJEET JA MÄÄRÄYKSET

Puuelementtirakentamista ohjaamaan on yleisten rakennus- ja paloturvallisuusmääräysten lisäksi kehitetty vallitsevia käytäntöjä yhtenäistäviä ja kokoavia järjestelmiä.

Vuonna 1997 Suomeen sai rakentaa puusta korkeintaan 4-kerroksisen asuinkerrostalon, tämä rajoite oli edelleen EU:n jäsenmaana mahdollista asettaa koska EU salli jäsenmaiden asettaa oman palomääräystasonsa. (3.)

3.1 Avoin puurakennejärjestelmä

Avoin puurakennejärjestelmä -opas on koottu vuonna 2001. Teos niputtaa yhteen RT-korteissa ja muissa yhteyksissä toimivaksi todettuja käytäntöjä. Oppaassa esitetään avoimen puurakennusjärjestelmän mukaisten elementtirakenteiden periaatteet ja rakenneyksityiskohdat tärkeimmiltä osin. Järjestelmä on kehitetty pääasiassa projektirakentamisen tarpeisiin. (8. s. 6)

3.2 TEPUTU-hanke

Teollisen puuelementtirakentamisen tuotteistamishankeen (TEPUTU) tarkoituksena oli avoin ja yhtenäinen rakentamisjärjestelmä puuelementtirakentamiseen. Tavoitteena oli saada Suomeen pitkällä tähtäimellä kilpailukyinen puurakennusteollisuus.

Hankkeen tuloksena syntyi seuraavaa:

- runko PES:n, puuelementtirakentamisen avoimen teollisuusstandardin määrittelyt
- rakenneteknisten ratkaisujen yleiset sovellukset vuoden 2012 vaatimustasoon
- suunnitteluohjeina ja tuotemallipohjaisina IT-työkaluina tutkitut ja mitatut pilottikohteet, jotka mahdollistavat ratkaisuiden testaamisen
- erityisesti puurakentamisen tarkoituksiin sovitettut talotekniset ratkaisut
- perusteet liiketoimintamalleille liittyen puukerrostalorakentamiseen
- perusratkaisut kansainvälisesti menestyvän puurakennusteollisuuteen.

- tiedottaminen ja koulutus runko PES-teollisuusstandardin liittyen.

TEPUTU-hankkeelle on luvassa jatkoa, Finnish Wood Researchin tilauksesta BoostBrothers järjesti työpajan, jossa TEPUTU II-hankkeen painotuksia pohdittiin.

Nopeimmin kasvavina markkina-alueina puurakentamisessa pidettiin seuraavia:

- vientimarkkinat, arktinen rakentaminen
- teollinen uudisrakentaminen
- täydennysrakentaminen
- ylläpitopalvelut
- näkyvät rakenteet kuten sisäpinnat ja julkisivut
- korjausrakentaminen.

(9, s. 13.)

3.2.1 PES-järjestelmä apuun

Puuelementtirakentamisen ongelmia ratkaisemaan ja vauhdittamaan puuelementteihin perustuvaa kerrostalotuotantoa, alettiin kehittää käytäntöjä yhtenäistävästä järjestelmästä. (4.)

Varsinainen puuelementtistandardi, betonialan BES-järjestelmää vastaava PES-järjestelmä näki päivänvalon vuonna 2010, kun sitä alettiin testata ensimmäisissä pienemmän mittakaavan rakennuskohteissa. Vuotta myöhemmin oli vuorossa ensimmäiset järjestelmän mukaisesti toteutetut kerrostalokohteet. (9, s. 14.)

Virallisesti PES-hanke saatiin loppusuoralle ja valmiiksi käytettäväksi kaikille halukkaille vuonna 2012. Järjestelmän lanseerauksessa elinkeinoministeriön puurakentamisohjelman kehittämisspäällikkö Markku Karjalainen uskoi sen vauhdittavan teollisen puurakentamisen läpimurtoa. (10)

3.2.2 PES-järjestelmän sisältö

Järjestelmässä on sovittu kaikkia järjestelmään sitoutuneita valmistajia koskevat yhtenäiset moduulimitat, liitosperiaatteet ja perusrakenteiden ratkaisut. Tämän ansiosta eri valmistajien ratkaisut ja tuotteet ovat keskenään yhteensopivia. Suunnittelijat voivat järjestelmän ansiosta suunnitella talon yleisten liitoskäytäntöjen ja mittojen pohjalta ja rakennuksen voi toteuttaa mikä tahansa sopivaksi katsottu taho. (10.)

PES-järjestelmä standardoi vain rungon liitosjärjestelmän. Tämä ei rajoita arkkitehtien vapautta suunnitteluun, eikä myöskään estä yrityskohtaisia variaatioita. Järjestelmän uskotaan helpottavan myös puurakentamiseen liittyvien rakennusmääräysten tulkintaa, määräysten tulkinnoissa on aiemmin esiintynyt runsaasti kuntakohtaista vaihtelua. (10.)

3.3 Palomääräykset

Vuonna 2011 uusittujen, RakMK:n osassa E1 asetettujen paloturvallisuusmääräysten mukaan on mahdollista rakentaa puurunkoisia kerrostaloja kaikissa paloluokissa 2-kerroksisiksi saakka ja P2-paloluokassa on mahdollista rakentaa jopa 8-kerroksisia työ- tai asuinrakennuksia. Taulukko kerrostaloja koskevista paloturvallisuusmääräyksistä on liitteenä 1.(11.)

Puurakenteiset 3-8-kerroksiset asuintalot on varustettava automaattisella sammutuslaitteistolla. Automaattista sammutuslaitteistoa ei kuitenkaan vaadita 3-4 kerrosta korkeisiin asuintaloihin, jossa kukin kerros on keskenään samaa huoneistoa. (11.)

4 TEOLLISEN TUOTANNON HYÖDYNTÄMINEN

Teollisen puurakentamisen alkuvaiheet johtavat Yhdysvaltoihin, jossa 1880 - luvulla sahalaitokset alkoivat valmistaa standardoituja valmistaloja lähialueiden tarpeisiin, aluksi käytössä oli pre-cut-menetelmä eli valmiiksi katkaistusta puutavarasta paikalla kasatut talot. (12, s 14.)

Tehokkuuden ja säästöjen tavoittelemisen vuoksi alettiin kuitenkin siirtyä rakentamaan entistä suurempia rakennuselementtejä valmiiksi tehtaissa, näin säästettiin materiaaleissa sekä tarvittiin pienempi määrä ammattityövoimaa. (12, s 15.)

Nykyään on tarjolla jo varsin kattava valikoima valmiita puuelementtituotteita puukerrostalorakentamisen tarpeisiin, näitä hyödyntämällä tuotantonopeutta, tarvittavia resursseja ja kustannuksia voidaan optimoida tarpeen mukaan. Valmistuotteiden tasalaatuisuus ja hyvät tuotanto-olosuhteet helpottavat laadukkaan lopputuotteen syntymistä, sillä edellytyksellä että asennus ja toimitusketjun laadunvalvonta on myös kunnossa. Seuraavassa luvuissa perehdytään tilamäärän rajoittamiseksi kahden valmisratkaisutoimittajan tuotevalikoimaan, sekä puuelementeistä rakennettaessa huomioitaviin turvallisuusasioihin.

4.1 Teollinen puuelementtituotanto Suomessa

Suurin osa puuelementtivalmistuksesta Suomessa on keskittynyt omakotitaloissa käytettävien elementtien valmistukseen ja näitä yrityksiä onkin toiminnassa runsaasti sekä talopakettivalmistajien että erillisten toimialaan keskittyneiden yrittäjien ylläpitäminä. Myös rivitalo- ja luhtitalotuotannossa on suuremmilla rakennusliikkeillä käytössä omaa elementtituotantoa. (13. s. 17.)

Aiemmin voimassa olleiden palomääräysten rajoittaessa puusta rakennettavien kerrostalojen tuotantoa, myös kerrostaloelementtien valmistajien määrä ja pitkäaikainen kokemus elementtien tuotannosta on vähäistä. Määräykset ovat kuitenkin helpottuneet ja nykyään Suomessa on tarjolla teollisesti valmistettuja puurakenteisia suurelementtejä myös kerrostalorakentamisen tarpeisiin. (13

s.18.) Luvuissa 4.1.1 ja 4.1.2 on esitelty tarkemmin kahden suurelementtejä valmistavan yrityksen tuotantoa.

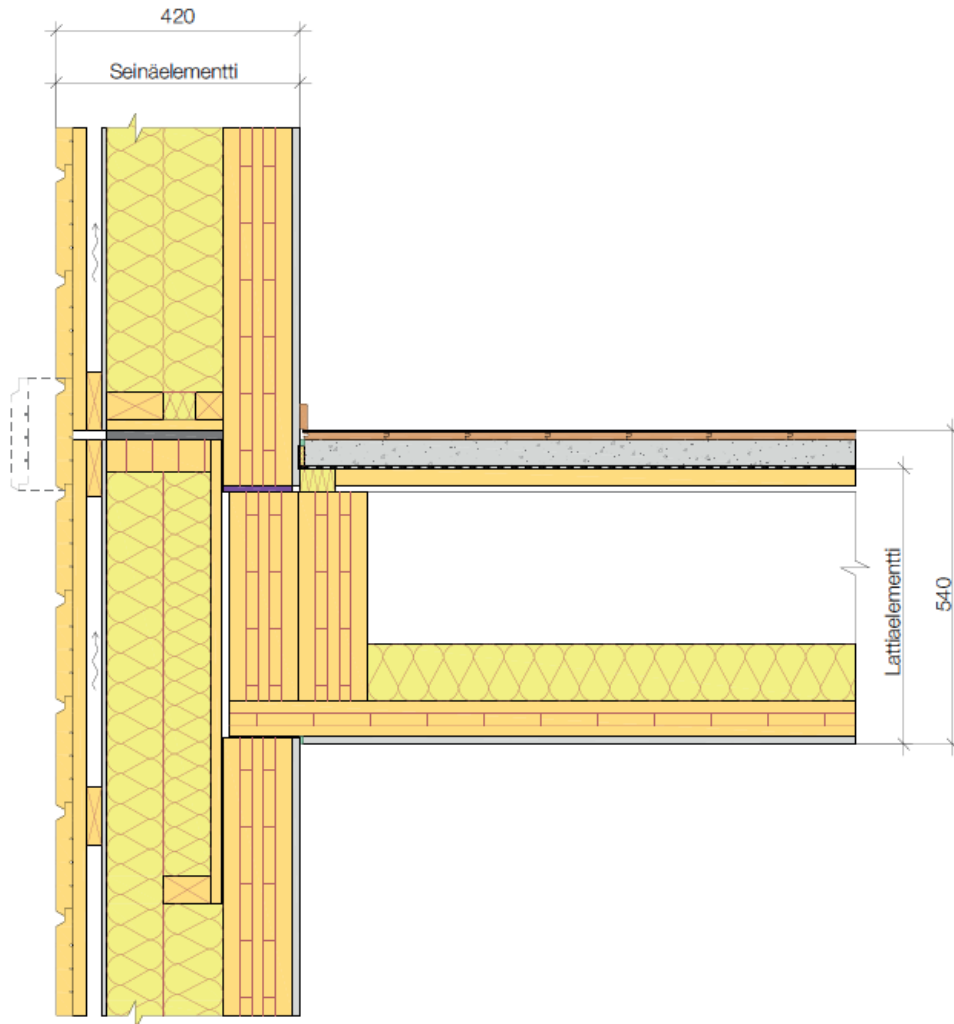
4.1.1 Stora Enso CLT

Stora Enso valmistaa puurakenteisia ristiin laminoituja CLT-elementtejä Itävallan tehtaalta valmistettavista levyistä Suomessa Pälkäneen ja Hartolan yksiköissä. Itävallasta tulevat asennusvalmiit rakennuslevyt rakennetaan valmiiksi elementeiksi Suomessa, jossa elementteihin asennetaan eristeet, ulkoverhous, ikkunat ja ovet asiakkaan tilauksen mukaan. Stora Enson valikoimasta löytyvät myös sekä kevyet että massiiviset seinäelementit, joko puuverhoiltuna tai tuulensuojapinnalla, joka mahdollistaa esimerkiksi tiilipintaisen julkisivun. Yritys tarjoaa erityisesti kaupunki- ja kerrosrakentamista silmälläpitäen kehitettyä Urban MultiStorey -nimistä konseptia, joka on puuelementteihin pohjautuva kokonaisvaltainen rakennusjärjestelmä. (14.)

CLT-levyjä ja elementtejä tarjotaan myös pienempien rakennusyritysten tarpeisiin, passiivitasoenergiatehokkuuteen yltävien rakenteiden saavuttaminen CLT-tekniikan avulla luvataan olevan kustannustehokasta. CLT:n käyttökohteiksi Stora Enso listaa myös talojen välipohjat ja jopa hallien kattorakenteet. (14.)

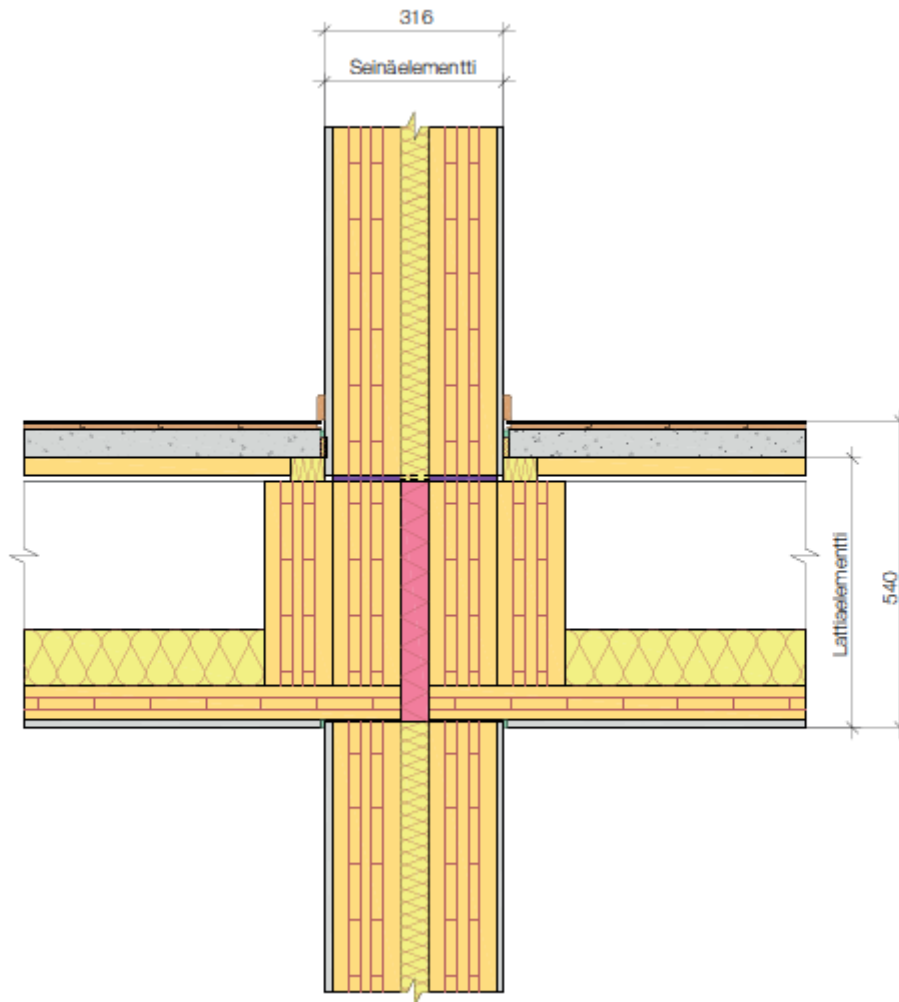
Stora Enso oli kehittämässä omaa CLT-järjestelmäänsä jo ennen kuin PES-järjestelmän suunnittelu oli aloitettu. Stora Enson järjestelmä on kuitenkin muutettu PES-järjestelmän kanssa yhdenmukaiseksi ja ensimmäiset kohteet on luvattu toimittaa PES-järjestelmän mukaisina. Kuvissa alla esimerkkejä Stora Enson CLT-elementtien rakenteista ja liitosratkaisuista. (10.)

Kuvassa 6 näkyvät Stora Enso CLT kantavan seinä- ja lattiaelementin rakenne sekä elementtien välinen liitosratkaisu tiivistyksineen. Pintalattia on toteutettu valetulla kuorilaatalla.



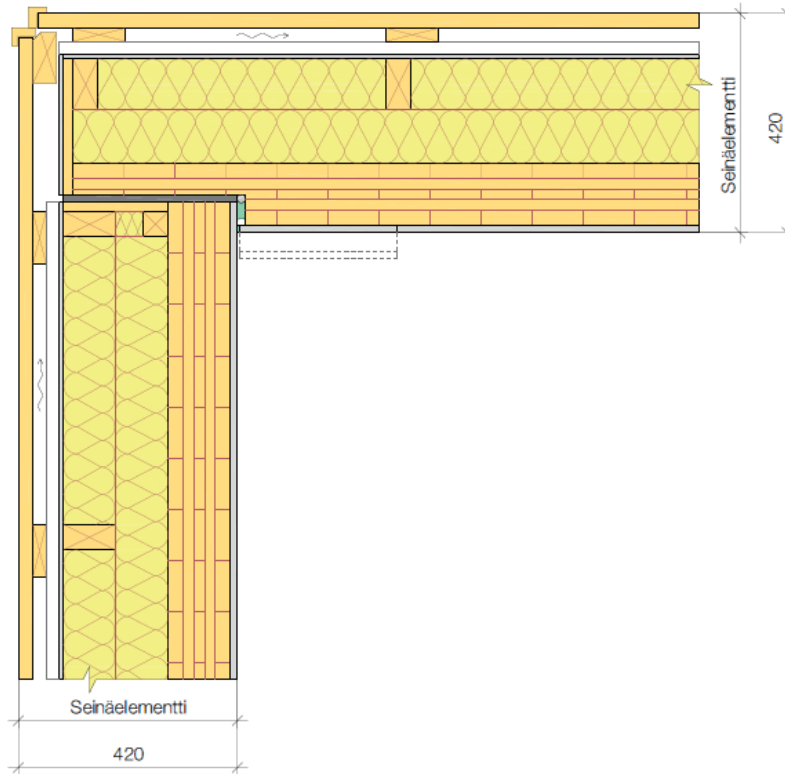
KUVA 6. Stora Enso CLT kantavan seinä- ja lattiaelementin rakenne ja liitos (12)

Kuvassa 7 on esitetty Stora Enso CLT Kantava väliseinä ja välipohja sekä niiden väliset liitosratkaisut. Välipohjassa korkeussuunnassa villahalkaisu, jolla estetään äänen sivutiesiirtymän eteneminen. (Kuva 7)



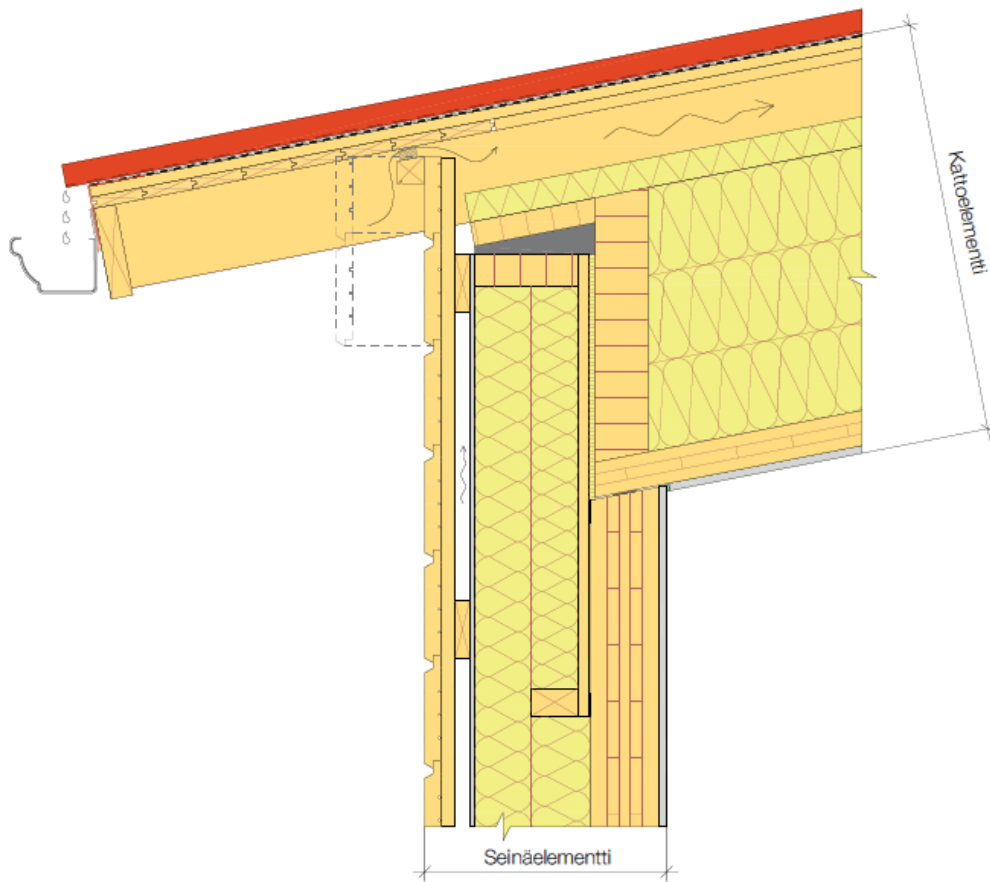
KUVA 7. Stora Enso CLT Kantava väliseinä ja välipohja sekä liitosratkaisut (12)

Kuvassa 8 on esitetty kahden ulkoseinän välinen liitos Stora Enso CLT-elementeillä toteutettuna. Julkisivu voi olla puuverhoiltu tai levypinnalla muurausta varten. (Kuva 8)



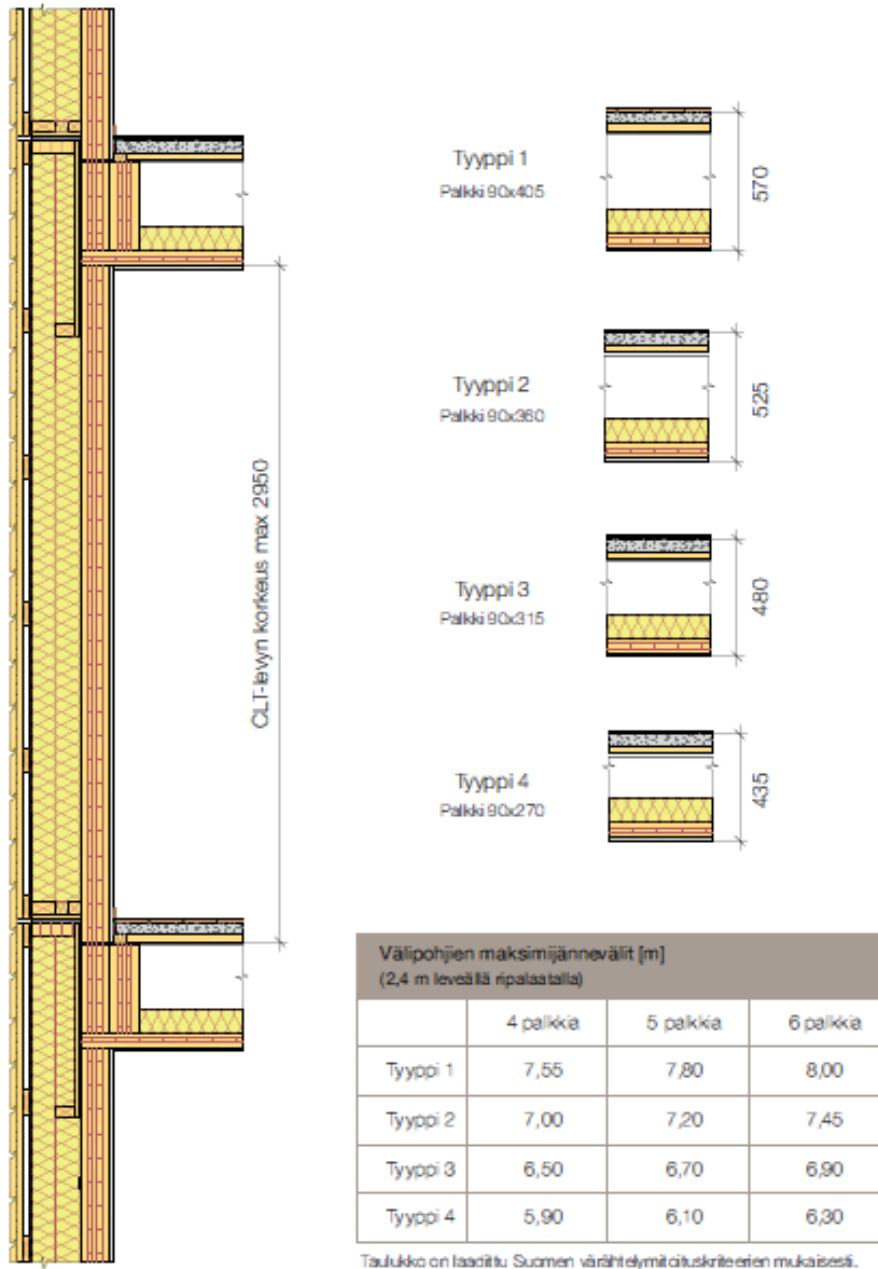
KUVA 8 Kahden ulkoseinän välinen liitos (12)

Myös seinä- ja kattoelementin välinen liitosratkaisu voidaan tehdä CLT-elementeillä toteutettuna. (Kuva 9)



KUVA 9. Stora Enso CLT, seinä- ja kattoelementin välinen liitos (12)

Kuvassa 10 on esitetty erilaisilla palkkivahvuuksilla saavutettavat välipohjien jännevälit ripalaattaa käytettäessä. Taulukon mukaisilla jänneväleillä saavutetaan värähtelymitoitusvaatimusten mukainen rakenne. (Kuva 10)



KUVA 10. Stora Enso CLT suositeltavat välipohjien jännevälit (12)

4.1.2 LapWall-elementit

LapWall valmistaa puurakenteisia elementtejä kerros-, rivi- ja omakotitalorakentamiseen (kuva 11). Myös kasvaville päivä- ja hoivakotimarkkinoille löytyy yrityksen valikoimasta ratkaisut. LapWall kutsuu tehdastaan Euroopan moderneimmaksi puuelementtien tuotantolaitokseksi. (15.)

Tehdasoloissa pitkälle valmistetut laadukkaat ja mittatarkat elementit lisäävät rakentamisen laatua ja nopeuttavat rakennustyötä. Kaikki LapWallin toimittamat elementit on saatavissa asiakkaan haluamilla äärimitoilla, maksimikoon ollessa 12,5 m x 3,20 m. (15.)

Kaikki elementtien valmistuksessa käytettävät raaka-aineet on varastoitu aina katokseen tai tehdashalliin, tällä varmistetaan kuivat hyvälaatuiset rakenteet. LapWallin valikoimaan kuuluu seinäelementtien lisäksi myös esivalmistettuja rakennusosia. (15.)

LapWall lupaa heidän elementtituotteillaan olevan mahdollista lyhentää työmaiden läpimenoaikoja useilla viikoilla. Lisäksi säästöä luvataan myös jätekustannuksissa koska hukkamateriaalia ei näissä työvaiheissa työmaalla synny. (15.)



KUVA 11. LapWallin elementtituotantolinja (15)

Tehtaalla on käytössä 5-akselinen sahalinja, jolla voidaan toteuttaa tehokkaasti myös monenlaiset koneistukset. Linja mahdollistaa osien valmistamisen suoraan CAD -ohjelmasta saadun tiedon perusteella, tehokkaasti ja mittatarkasti. (Kuva 12.)



KUVA 12. LapWall'in 5-akselinen sahauslinja (15)

4.2 Elementtiasennus ja turvallisuus

Elementtiasennus on yleensä erillisellä nostokalustolla tehtävää työtä, keveimpiä käsin asennettavia pienenä elementtejä lukuun ottamatta. Työhön liittyy useita erilaisia riskitekijöitä ja tämän vuoksi elementtiasennustyö onkin suunniteltava huolella. (16.)

4.2.1 Asennussuunnitelma

Elementtirakentamisen suunnitteluun ja asentamiseen antaa ohjeita valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (Vna 205/2009). Rakennuttajan on nimettävä turvallisuuskoordinaattori ja annettava

turvallisuusasiakirjassaan riittävät tiedot rakennushankkeen ominaisuuksista.
(16.)

Rakennesuunnittelijan on annettava elementtien asennussuunnitelmaa varten tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä. Rakenteen vakaus on varmistettava kaikissa rakennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisista nostotavoista, käsittelystä ja työnaikaisista asennustasoista. Suunnitelmien on mahdollistettava turvallinen asennustyö. (16.)

Elementtien asennustyöstä on laadittava kirjallinen asennussuunnitelma työmaalle. Suunnitelman allekirjoittavat rakennesuunnittelija, asennustyön johtaja ja toteuttajan vastaava mestari. Tarvittaessa suunnitelman allekirjoittavat myös elementtitoimituksen vastuuhenkilö ja valmisosasuunnittelija. (16.)

Asennussuunnitelma sisältää

- kohdetiedot työmaasta
- asennettavat elementit
- nostoissa tarvittava nostokalusto ja nostoapuvälineet
- tiedot elementtien kuljetuksesta työmaalla
- kuorman purku, vastaanotto ja varastointi
- nostot, asennus ja asennusjärjestys
- asennustoleranssit ja seurantamittaukset
- asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
- elementtien lopulliset kiinnitykset
- asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset
- suunnittelun varmistukset.

(16.)

Kun asennussuunnitelmaan joudutaan tekemään muutoksia, tulee kaikki oleelliset rakenteelliseen tai työturvallisuuteen vaikuttavat muutokset hyväksyttävä ennen työtä vastaavalla rakennesuunnittelijalla. Elementit on nostettava ja asennettava asennussuunnitelman ja elementinvalmistajan

ohjeiden mukaan. Asennussuunnitelma on myös asennustyön työturvallisuussuunnitelma. (16.)

4.2.2 Asennustyön aloituskokous

Työmaalla pidetään viikkoa ennen asennustöiden aloitusta asennustyön aloituskokous, jossa käydään läpi asennussuunnitelma, työmaan olosuhteet, vastuujako, työturvallisuus ja projektin alkutilanne. Rakennessuunnittelijan tulee olla aloituskokouksessa paikalla. (16.)

4.2.3 Muuta huomioitavaa

Työmaalle saapuville valmisosille tehdään vastaanottotarkastus ja mahdolliset puutteet kirjataan. Asennustyön johtajalla tulee olla vastaava pätevyys. Asennushenkilöstö tulee perehdyttää työmaahan ja heidän kanssaan tehdään riskikartoitus työmaan turvallisuudesta. Asennustyöstä tulee pitää päiväkirjaa. (16.)

Nostolaitteissa ja nostoapuvälineissä tulee olla turvallisuuden kannalta tarpeelliset merkinnät, kuten suurin sallittu kuorma. Korkealla työskenneltäessä on käytettävä putoamiskaiteellisia työtasoja tai henkilönostinta. Mikäli putoamissuojauksen järjestäminen ei ole mahdollista on käytettävä turvaköyttä ja -valjaita. Tikkaita saa käyttää vain lyhytaikaisiin kertaluontoisiin töihin, ei työtasona. Asennustyössä on aina käytettävä suojakypärää. (16.)

5 TOTEUTUKSESSA JA SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA

Luvussa 5 käydään läpi puukerrostalohankkeeseen liittyviä tärkeitä seikkoja, joita on hyvä huomioida suunnittelu- ja toteutusvaiheen aikana.

Puukerrostalojen rakentaminen Suomessa on betonikerrostalorakentamiseen verrattuna tuore ilmiö, joten rakentamiseen liittyvät toteutustavat ja viranomaismääräyksiä tulkinnat voivat vaihdella merkittävästi.

Määräystenmukaisuuteen ja yksityiskohtien toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota jo suunnitteluvaiheessa. Rakentamisaikaisen yhteydenpidon tulee suunnittelijan ja urakoitsijan välillä olla joustavaa ja yhteistyön on jatkettava koko projektin toteutuksen ajan. (Oma havainto.)

Uusien työvaiheiden valmisteluun on käytettävä riittävästi aikaa, jotta projektin sujuva eteneminen tulee varmistettua. Liitosyksityiskohdista voi olla tarpeen tehdä koemalli tai mallihuoneisto, jotta mahdolliset ongelmat ja kehitystarpeet liitosyksityiskohdissa tulevat hyvissä ajoin esille. Myös uuteen työtapaan liittyviin laadunvarmistustoimiin ja mahdollisiin tutkimukseen liittyviin mittauksiin on varattava riittävästi aikaa. Mikäli paikkakunnalla on rakennettu vähän tai ei ollenkaan puukerrostaloja, on varauduttava paikalle saapuviin vierailijoihin ja rakennustavan mukanaan tuomaan julkisuuteen.

5.1 Materiaalitoimitukset ja kosteudenhallinta

Rakennuksessa käytettävien puurakenteiden on oltava riittävän kuivia ennen peittävien rakenneosien asentamista. Puurakenteen kosteuden eli puussa olevan veden massan ja vedettömän puuaineksen massan välinen suhde tulee olla alle 20 %. (17, s. 21.)

Elementeistä rakennettaessa on elementtien ja niissä olevien lämmöneristeiden sääsuojaukseen kiinnitettävä riittävästi huomiota. Elementit on suojattava kosteudelta niin kuljetuksen, varastoinnin kuin asennustyönkin aikana. Ikkunaukoissa ja liitoskohdissa näkyvillä olevien lämpöeristeiden kosteussuojaus on hoidettava erityisen tarkasti. Rakenteissa ei myöskään puurakentamisen yhteydessä saa olla useaa höyrynsulkukerrosta, eli höyrytiivistä rakenneosaa,

joiden välistä kosteus ei pääse kunnolla kuivumaan. Hyväksi havaittua rakentamisjärjestystä ei sovi puukerrostalon tapauksessakaan unohtaa. Kappaletavarasta rakennettaessa lämpöeristystyöt tulee aloittaa vasta, kun vesikatko on paikallaan. (17, s.133 - 135.)

Puukerrostaloa rakennettaessa on materiaalitoimituksissa pyrittävä niin sanottuihin JOT-toimituksiin (just on time). Tämä on tärkeää varastoinnin aikaisten kosteusvaurioiden välttämiseksi, väliaikaisen suojaustarpeen minimoimiseksi sekä työmaa-alueen tehokkaan tilankäytön kannalta. (17, s.133.)

Materiaalitoimitukset ja tilaukset on valmistettava huolellisesti ja riittävän ajoissa, jotta olisi mahdollista varata toimitusajat tarkasti rakentamisaikataulun mukaiseksi. Toimituksien toteutumista on seurattava ja varmistustiedusteluja tehtävä riittävästi lähellä asennusajankohtaa, jotta materiaalitoimitukset eivät haittaa työmaan edistymistä. (17, s. 133 - 135.)

Materiaalien tehokkaan käytön ja työvaiheiden nopeuttamisen vuoksi puutavara on hyvä tilata määrämittaisena sekä selkeästi nippuihin järjestettynä. Valmiselementtien käyttö on kustannustehokkaana ja nopeana rakennustapana myös erittäin suositeltava vaihtoehto. (17, s. 135 - 136.)

5.2 Puukerrostalon perustaminen

Puukerrostalon paino on vain noin 20 % vastaavankokoisen betonikerrostalon painosta, joten usein selvittää huomattavasti keveämmillä perustamisratkaisuilla kuin betonitalon tapauksessa. Rakennettaessa maaperälle, jossa betonikerrostalo vaatisi paalutuksen, on puukerrostalo hyvinkin mahdollista rakentaa matalan anturaperustuksen varaan. Perustusten riittävästä routasuojauksesta on huolehdittava. Mikäli routaeriste halutaan jatkuvana perustuksen alle, on syytä käyttää riittävän kantavuusluokan (pitkäaikainen puristuslujuus min. 200 kPa) painumattomia routaeristeitä, kuten masuunikuonaa, ferrokromikuonaa, betonimursketta tai kevytbetonia. (17, s. 88.)

Alapohjaratkaisuksi puukerrostaloon soveltuu parhaiten perinteinen maanvarainen laatta, paksuudeltaan 80 mm – 150 mm. Paksummalla laattalla saavutetaan parempi lämmönvarauskyky, etenkin lattialämmitystä käytettäessä. (17, s. 89.)

Ryömintätilaista alapohjaa käytettäessä, on alapohjan riittävästä tuuletuksesta huolehdittava kaikkina vuodenaikoina kosteusvaurioiden välttämiseksi. Ryömintätilaisen alapohjan tapauksessa myös alapohjan palo-osastoinneista on huolehdittava. Mikäli huoneistojen välisten seinien perustukset eivät palo-osastoi ryömintätilaa huoneiden välillä, on näille osin tehtävä REI-60 palo-osastoinnit huoneistojen välisen palon leviämisen estämiseksi. (17, s. 90 - 91.)

5.3 Puukerrostalon runko

Puukerrostalon rungon on platform-tekniikalla toteutettuna havaittu painuvan 5-10mm/kerros. Painuminen on otettava huomioon jättämällä asennettaviin rakennuslevyihin pystysuunnassa painuman mukaiset varaukset. Myös pystysuuntaisissa LVI-asennuksissa ja erillisellä rungolla olevissa painumattomissa rakenteissa on tämä painuma otettava huomioon, kun rakenteita liitetään toisiinsa. Painumaa voidaan vähentää käyttämällä määrämittaista puutavaraa, käytettävän puutavaran tulee myös olla mahdollisimman kuivaa. (17, s. 74.)

5.4 Rungon levyjäykistys

Rungon kantavuutta voidaan lisätä tihentämällä runkotolppajakoa rakennuksen alimmista kerroksista, joihin suurin rasitus yläpuoleisten rakenteiden massan vuoksi kohdistuu. Rungon jäykistystä ja tukevuutta voidaan lisätä käyttämällä jäykistelevyjä, tarvittaessa rungon molemmin puolin. Kaikki liitokset on hyvä tehdä naulaliitoksien sijasta ruuviliitoksilla, ruuviliitoksen jäykkyyttä lisäävän vaikutuksen vuoksi. Jos jäykistelevyillä on pienikin mahdollisuus johtua kosteudelle alttiiksi, on käytettävä lastulevyn sijasta vanerilevyä tai muuta kosteusrasitusta paremmin kestävä levytyyppiä. (17, s. 81.)

5.5 Yläpohjan rakenne

Yläpohjissa kantavana rakenteena voidaan käyttää, tavalliseen tapaan, kattoristikkoa. Alapaarre on mitoitettava kantamaan palotilanteen kuormat, liimapuu on materiaalina tavallista puutavaraa paloturvallisempi. Ristikon alapaarre suojataan yläpuolelta lähes palamattomalla 1/I-paloluokan villalla, esimerkiksi kivivillatuotteet. Alapuolelle asennetaan normaali kipsilevytys suunnitellun paloluokan mukaan, esimerkiksi kaksi EI15 kipsilevyä saumat limitettyinä. Erikoislevyillä saadaan EI30-vaatimus täyttymään yhdellä levyllä, joten kaksinkertaisella levytyksellä puukerrostalon yläpohjaan vaadittu EI60-vaatimus täyttyy. (17, s.114 - 117.)

Vesitiiveyden varmistamiseksi vesikaton alapuoleinen osa tulisi pystyä tarkastamaan kokonaisuudessaan. Ullakotilaan tulee suunnitella määräysten mukainen kulkuaukko ja vähintään 300 mm leveä kulkusilta mahdollistamaan huoltotoimet ja mahdolliset sammutustyöt. (17, s118.)

5.6 Ulkopuolisen kosteuden hallinta

Puukerrostalorakentamisessa on noudatettava samoja rakentamistapoja ja toimintamalleja kuin puurakentamisessa yleensäkin. Huomioitava ainakin riittävät tuuletusraot puuverhouksen takana, verhoilun alapinnan ja maanpinnan välinen etäisyys mielellään yli 400 mm, rakennuksen vierustäyttö sellaisesta materiaalista jotta sateella ei kosteaa maa-ainesta pääse roiskumaan julkisivuvuorauksen alaosiin. (17, s. 96.)

Kylmäsiltoja muodostavia rakenteita ei tule käyttää, suoja ja tippapellit tulee toteuttaa tiiviisti ja tippanokat on oltava riittäviä, jotta kosteusrasitus puuverhoukselle olisi mahdollisimman vähäinen. Mikäli puutavaraa käytetään maanvastaisena rakenteena erityistapauksissa, mikä ei ole suositeltavaa, on puutavaran oltava lahosuojattua. Alajuoksu on tehtävä lahosuojatusta puutavarasta, tai perusmuurin ja alajuoksun väliin on asennettava kosteussulku. (17, s. 96.)

5.7 Ilmatiiveys

Alajuoksun ja perusmuurin välinen ilmatiiveys on varmistettava esimerkiksi käyttämällä solumuovista valmistettua sokkelikaistaa. Myös yhteen liitettävien runkotolppien väliin on asennettava tiivistyskaista, esimerkiksi tarkoitukseen sopivasta eristevillanauhasta. Ilmatiiveyden kannalta haasteellisin kohta on välipohjan liitos, jossa välipohja liitetään osittain ulkoseinän sisään. Näiden liitosten tiivistämiseen suositellaan EPDM-kumitiivistettä tai itseliimautuvaa bitumitiivistenauhaa. Mittaustuloksia aiheeseen liittyen on lisätty liitteeksi. (Liite 4) Ilmatiiveyden varmistamiseen on työmaalla kiinnitettävä erityistä huomiota, kaikki liitoskohdat ja höyrynsulkumuovien limitykset on tehtävä määräysten mukaisesti ja toteutusta valvottava erityisen tarkasti. (17, s. 93 - 95.)

Rakennuksen yläpohjan kautta haihtuu merkittävä osa rakennuksen lämmöstä, tästä syystä yläpohjan ilmatiiviys on energiatehokkuuden kannalta erityisen tärkeää. Myös ikkunoiden ja ovien runkorakenteen välinen liitoskohta on tiivistettävä huolellisesti, viimeisin ohjeistus on käyttää sisäpuolella 1/3 rakennevahvuudesta polyuretaanivaahtoa ja ulkopuolisella loppuosalla mineraali- tai kivivillatäytettä. Pelkän uretaanivaahdon käyttö ei ole suositeltavaa, koska rakenteen eläessä voi uretaaniliitos repeytyä tartuntapinnastaan ja näin syntyä vuotava ilmarako. (17, s. 93 - 95.)

5.8 Märkätilat

Puurakenteisessa kerrostalossa suihkutilojen veden käyttö on rajattava tavallista tarkemmin vain suihkun alueelle. Suihkuseinien tai suihkukaapin käyttö on suositeltavaa. (17, s. 110.)

Suosittelavaa on käyttää muovimattoa varmempia vedeneristysratkaisuja. Määräysten mukaisen vedeneristyksen päälle tehty laattapinta johtaa vettä lattiakaivoon tehokkaammin kuin muovimattopinta, koska laatussa olevat pienet terävät kiteet saavat vesipisarot halkeamaan ja näin virtaamaan nopeammin kallistuksen suuntaan.

Kostean tilan väliseinät on hyvä tehdä harkkomuurattuina tai korottaa kivirakenteisen jalustan päälle. Mikäli kostean tilan väliseinät tehdään

puurakenteisina kipsilevyseininä, on suositeltavaa käyttää erityistä märkätilalevyä. Lattiakallistukset tehdään normaaliin tapaan, suihkun alueella 1:50 ja muualla 1:100. Lattian vedeneristyksen on oltava yhtenäinen ja vesitiivis, nostettuna vähintään 150 mm ympäröiville seinille. Märkätilat ja asuintilat tulee erottaa kynnyksellä, kynnys ei kuitenkaan saa olla yli 25 mm korkea, jotta se ei rajoita liikkumista. (17, s.104.)

5.9 Julkisivuverhous

Julkisivuissa käytetyn puuverhouksen vähimmäispaksuus on oltava vähintään 28 mm, käytettävien naulojen ja ruuvien tulee olla kuumasinkittyjä sähkösinkittyä paremman korroosionkeston vuoksi. Suositeltava julkisivuverhouksessa käytetyn puutavaran materiaali on kuusi, sen mäntyä pienemmän vedenimemiskyvyn ja kosteuselämisen vuoksi. Parhaimmillaan puuverhouslaudan tiiveys on asennettaessa lauta sydänpuoli ulospäin ja pitkittäissuunnassa latvapuoli alaspäin. (17, s. 95 - 96.)

Laudoituksen jatkoksia ja jiirejä on vältettävä mahdollisuuksien mukaan, kosteusvauriot alkavat yleensä lautojen suojaamattomista päistä. Myös kosteus- ja lämpötilaeläminen voi aukaista jiirisaumoja ja tästä aiheutuu sekä ulkonäöllistä että kosteusteknistä haittaa. (17, s. 96.)

Pintakäsittelyssä on valittava sellaiset maalaustuotteet jotka mahdollistavat puun hengittämisen, eivätkä muodosta liian tiivistä pintaa. Tavoitteena on mahdollisimman ohut, mutta kuitenkin tiivis maalikalvo. Ohut maalikalvo kuluu ajansaatossa sään vaikutuksesta tai liituuntumalla (öljymaalit), tällä tavoin kulunut maalikalvo voidaan uudistaa huoltomaalauksella aiempaa maalikerrosta poistamatta. (17, s. 27 - 29.)

5.10 Välipohjat

Käytettäessä pitkiä jännevälejä välipohjan kannatinpalkkien suurin sallittu taipuma (L/300) saattaa ylittää pintarakenteiden sallimat enimmäisarvot (RYL 90, taulukko 31:T3). Välipohjan taipumaa voidaan vähentää välipohjan jäykkyyttä lisäämällä, suurempaa materiaalivahvuutta tai erillistä kompaktaa pilari-palkkirunkoa käyttäen. (17, s. 72 - 73.)

Välipohjan palkkien paloeristykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, arimpia kohtia ovat kevytrakenteisten palkkien uumat, jotka on palosuojattava huolellisesti. (17, s.111.)

Kelluvien lattioiden osalta on huomioitava, että pintarakenne jätetään vähintään 5mm irti sivuavista rakenteista, rako toimii myös liikuntasaumana kun lattialevy laajenee ja kutistuu kosteuden vaikutuksesta. Märkätiloissa pintavalu tulee irrottaa välipohjasta 10 mm vahvaa solumuovista eristemattoa käyttäen, maton saumat on teipattava tiiviiksi ennen valua. Lattian pintakerroksen eristepaksuus tulee olla vähintään 50 mm, mikäli väliin aiotaan sijoittaa sähkö- ja putkiasennuksia. Mikäli mattoasennuksia tehdään lastulevypinnalle, on aina käytettävä primeriä, jotta maton ja lastulevyn liimat eivät pääse reagoimaan keskenään aiheuttaen kaasukuplia ja tartunnan heikentymistä. Kelluvissa lattioissa on käytettävä leveydeltään maksimissaan 600 mm levyjä, liiallisen käyristymisen välttämiseksi. Ohuita liimattavia mattoja ei suositella levyalustaisille lattioille, sillä saumat näkyvät helposti läpi. Kuivien tilojen asennuksiin on kehitelty paksuja irralleen asennettavia muovimattoja, nämä ovat myös huoltotoimien kannalta hyvä ratkaisu. (17, s. 108 - 109.)

Välipohjien äänieristävyttä voidaan parantaa akustisella jousimassajärjestelmällä. Metallinen jousiranka asennetaan k400 jaolla ja sen varaan kaksinkertainen 13 mm levytys saumat limittäin, näin saadaan akustisilta ominaisuuksiltaan riittävän vaimentava kokonaisuus. Kaksinkertaisesta levytyksestä ylempi levy tulee asentaa puskuun väliseinän levypintaa vasten, alempi levy jätetään 5 mm vajaaksi ja täytetään elastisella akustomassalla. (17, s. 111 - 114.)

5.11 LVI- ja sähköasennukset

Eniten tilaa vaativat LVI- ja sähköasennukset on paras sijoittaa märkätilojen alakattoihin, jossa tilaa on eniten käytössä matalien huonekorkeuksien takia. Lämpöjohdot ja sähköasennukset voidaan tehdä välipohjien pintarakenteisiin, ylä- tai alapuolelle tarpeen mukaan. (17, s. 124 - 129.) Palkistojen poikkisuunnassa olevat putkistojen vedot välipohjissa ovat ongelmallisia, näihin

on suunnitteluvaiheessa mietittävä toteutuskelpoinen ratkaisu jossa kantavan rakenteen lujuutta ei vaaranneta.

5.12 Parvekkeet

Parvekkeet on paras tukea suoraan puukerrostalon rungosta, ilman erillistä maanvaraista perustusta. Suoraan rakennuksen runkoon asentamalla vältytään hieman painuvan puukerrostalon rungon ja kiinteän parveketornin välisiltä painumaeroilta sekä näistä johtuvilta ongelmilta parvekeoven kynnyksen osalta.

Parvekkeen vedenpitävyydestä on varmistuttava sekä estettävä parveketasoilla olevan veden pääsy rakennuksen seinärakenteisiin. Veden poisto parveketasoilta on suunniteltava ja toteutettava siten, että parvekevedet eivät pois johdettaessa pääse kastelemaan seinärakenteita. Vedenpoistoon on suositeltavinta käyttää syöksytorvia, joilla parvekevedet johdetaan hallitusti maantasolle ja sieltä edelleen rakennuksen sadevesijärjestelmään. Parveketason pintojen on oltava raottomat ja tiiviit palon leviämisen estämiseksi. Pintojen verhoiluun on tarjolla tarkoitukseen sopivia erikoislevyjä, joissa on muun muassa liukuestekuviointi päälypinnalla, joten tuotteilla saadaan suoraan valmista parvekelattia. (17, s. 118 -120.)

5.13 Rakenteiden tiiviys

Monikerroksiset puiset rakennukset ovat erityisen vaativia kohteita niin äänieristyksen, ilmankosteuden kuin vesi- ja paloeristyksenkin kannalta. Kaikkien rakenteita läpäisevien asennusten tiivistäminen on tehtävä tarkasti ja asianmukaisia materiaaleja käyttäen, jotta rakenteisiin ei jää ilma- ja äänivuotoja tai palo-osastointeja heikentäviä aukkoja. Erityisesti on huolehdittava huoneistojen välisten seinien pysty- ja vaakasuuntaisten rakojen tiivistämisestä. Huoneistojen väliseinät on toteutettava siten, että ne eivät muodosta ilmasiltaa ylä- tai alapuolella oleviin huoneistoihin. (17, s. 93 - 95.) Puukerrostalon tiiveys- ja ääneneristysmittausten tuloksia on lisätty liitteeksi työn loppuun. (Liite 4.)

Ei-kantavat väliseinät on hyvä toteuttaa painuman sallivana versiona, esimerkiksi käyttämällä peltirankaista seinää, jonka yläranka asetetaan erillisen

katoon kiinnitetyn painumavaraprofiilin väliin, painumavaraprofiilin ja ylärangan välinen osuus on syytä tiivistää esimerkiksi kivivillakaistalla. Toinen vaihtoehto on jättää pystyrangat 15 mm irti ylärangasta, jolloin välipohjan mahdollinen painuminen ei aiheuta vaurioita rakenteisiin. (17, s. 103.)

5.14 Sisäpuolen pinnat

Puukerrostalon seinäpintojen on täytettävä 1/l luokan pintakerrosvaatimukset, poikkeustapauksissa vähäisiä osia voidaan toteuttaa 2/x luokan materiaaleilla, tällaisia sallitaan esimerkiksi saunatiloissa. Alemman luokan materiaalien käytöstä on kuitenkin hyvä sopia ennakkoon rakennus- ja paloviranomaisten kanssa. (17, s. 100 - 105.)

5.15 Julkisivujen paloturvallisuus

Käytettäessä palavaa julkisivuverhousmateriaalia, on ulkoseinän tuuletusrako erotettava yläpohjan tuuletustilasta, myös palokatkoja on käytettävä. Yläpohjan ja ulkoseinän tuuletusraon erottaminen voidaan toteuttaa raon erottavalla EI30-vaatimuksen täyttävällä umpinaisella kattopinnalla tai umpiräystäällä, jolla on leveyttä minimissään 600 mm. Jos yläpohjan tuuletustila sijaitsee räystään päällä, yli 100 mm etäisyydellä räystään reunasta, voidaan palovaatimus täyttää, mikäli se ei muuten täyty, koolaamalla räystään alareunaan EI30-vaatimuksen täyttävä verhouslevy tai 25 mm umpilaudoitus, joka ylittää katkaisemaan ulkoseinän tuuletusraon yhteyden yläpohjan tuuletustilaan. (17, s. 96 - 98.)

6 KESKEISIMMÄT TEKNISET HAASTEET

Luvussa 6 perehdytään puukerrostalojen kolmeen keskeisimpään tekniseen ongelmakohtaan, jotka on koettu haasteellisiksi puukerrostalon kilpailukyvyyn kehittymisen kannalta. Alussa esitellään ongelmakohdat ratkaisuihin perustuen Markku Karjalaisen vuonna 2002 julkaisemaan väitöskirjaan. Toisessa luvussa avataan asiaa vuoden 2014 näkökulmasta, työtä varten tehdyn sähköpostihaastattelun perusteella. Haastateltavana oli Vantaan Kivistöön rakennettavan Euroopan suurimman puukerrostalon rakennusurakoitsijan toimitusjohtaja. (18, s. 82) Yhtenä suurena haasteena pidetään rakennusvaipan ilmatiiveyden varmistamista. Ilmatiiveyttä koskevia toteutusteknisiä seikkoja on käsitelty luvuissa 5, kappaleessa 5.7 ja 5.13.

6.1 Äänieristysvaatimusten saavuttaminen

Uusimmat rakennusten äänieristystä koskevat määräykset löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C1. Määräykset ovat astuneet voimaan 1.10.1998, siirtymäaika huomioon ottaen kaikkien vuoden 2000 alun jälkeen rakennettujen kerrostalojen on täytettävä nämä määräykset. (18, s. 269.) Äänieristysmääräyksistä tiivistelmä, havainnollistamistaulukko ja termistön selitykset on lisätty liitteeksi. (Liite 2.)

Keveitä puurakenteita käytettäessä äänieristysvaatimusten saavuttaminen on lähtökohtaisesti haastavampaa, verrattuna raskaampaan betonirakentamiseen. Puu ei ole kovinkaan hyvä äänenvaimennusmateriaali itsessään, tästä syystä puurakentamisen äänieristysratkaisuihin on jouduttu kiinnittämään erityistä huomiota. Haastetta lisää myös puurakentamisessa käytettyjen äänenvaimennusratkaisuiden, kuten kaksoisrunkoisten väliseinien, rakenteen jäykkyyttä heikentävä vaikutus. Puurakenteen äänenvaimennusominaisuudet saadaan nostettua määräysten vaatimalle tasolle erilaisia monikerroksisia rakenteita hyödyntämällä. (18, s. 270.)

6.1.1 Äänieristys sivuttaissuunnassa

Puukerrostalojen huoneistojen välinen Ilmaääneneristys on aiheesta Suomessa ja Pohjoismaissa tehtyjen tutkimusten mukaan hyvällä tasolla. Puukerrostaloissa kantavina, huoneistojen välisinä seininä käytettävät kaksoisrunkoiset seinät täyttävät rakenteelta vaaditun 55 dB:n helposti. Yleisesti käytössä oleva 210mm ilmavälillä ja tiheydeltään 15kg/m² molemmin puoleisella levytyksellä toteutetulla väliseinällä on saavutettu yli 60 dB:n ilmaääneneristävyyttä. (18, s. 270.)

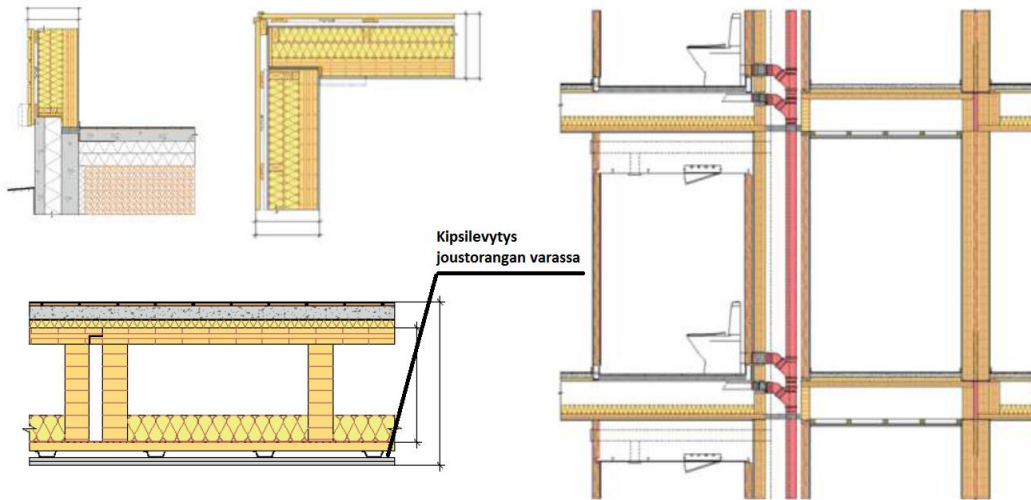
Riittävä sivusuuntainen ääneneristävyyttä on saavutettu myös puurakentamisen yhteydessä ongelmalliseksi koetuilla, matalilla 50-100 Hz taajuuksilla. Edellä mainituista seikoista johtuen, väliseinärakenteita olisi määräysten puitteissa mahdollista tehdä ohuemmiksikin, tällä saavutettaisiin säästöä ainakin tilakustannusten osalta. (18, s. 270.) Mittaustuloksia puukerrostalon väliseinän ääneneristävyydestä on lisätty liitteeksi. (Liite 4)

6.1.2 Välipohjien äänieristys

Puurakenteisten välipohjien suurin ongelma ääneneristävyyden kannalta ovat matalat, alle 100 Hz taajuudella esiintyvät äänet. Rakennusmääräyskokoelman ISO-standardiin perustuva mittaustapa mittaa ääntä taajuusalueella 100 – 3150 Hz. Vaikka rakenteet olisivat voimassa olevien määräysten mukaisia, matalat äänet on koettu muun muassa Suomalaisessa asukastutkimuksessa häiritseviksi, tätä väitettä tukevat myös aiheesta Ruotsissa tehdyt tutkimukset. Ruotsissa onkin kehitetty uusi mittaustapa jota kutsutaan nimellä Bodlundin menetelmä. Bodlundin menetelmällä mitattuna askeläänitasoluku 62 dB (L_B) vastaa ISO-Standardin askeläänitasolukua 48 - 53 dB (L' n, w), tämän menetelmän mittausravot täyttävän rakenteen ilmaääneneristys on myös havaittu riittäväksi. (18, s. 270.) Mittaustuloksia välipohjan ääneneristävyydestä on lisätty liitteeksi. (Liite 4.)

Välipohjien rakenneratkaisuissa on päädytty kahteen perusmalliin, joilla on saavutettu riittävät äänitekniset ominaisuudet. Ensimmäisessä mallissa välipohjan yläpuolinen lattiarakenne on toteutettu kelluvana ja alapuolinen rakenne jousirangan varaan ripustetulla levytyskerroksella. (Kuva 13.) Väliin

jäävä ilmatila voidaan lisäksi täyttää ääneneristysominaisuuksia parantavalla villakerroksella. (18 s. 271, 273.)



KUVA 13. Kipsimassatäytteinen välipohjaelementti, jossa alakatto joustorangan varassa, vasen alareuna, ulkoseinän liitos perustuksiin ja ulkoseinän nurkkaliitos, vasen yläreuna, viemärireititys kerrosten välillä, oikea reuna (12., kuvaa muokattu)

Toisessa mallissa lisätään välipohjan massaa valamalla yläpuolelle betoninen kuorilaatta. Yli 50 mm paksu laatta parantaa äänieristävyyttä riittävästi, jotta se voidaan valaa sivuilta kantavaksi, eikä laatasta näin ollen aiheudu ylimääräistä rasiutusta välipohjan kantaville rakenteille. Valettavasta laatasta on muitakin kuin ääniteknisiä etuja, esimerkiksi LVS-asennukset voidaan kuljettaa pintavalun sisällä, kunhan laatta on yli 50mm paksu. Valettava kuorilaatta myös pienentää suihkun ja muiden tilojen välistä korkeuseroa, koska suihkutiloihin laatta joudutaan riittävien lattiakallistusten vuoksi valamaan joka tapauksessa. Asukastutkimuksissa on todettu kuorilaatalla varustettu välipohja puurakenteista versiota paremmaksi, vaikka merkittävää ääniteknistä eroa ei näiden välipohjaratkaisuiden välille ole mittauksissa saatu. (18, s. 271.)

Jousirangan varaan asennetun, kantavan välipohjan alapuolisen kaksinkertaisen kipsilevytyksen on mitattu parantavan sekä ilma- että

askeläänieristystä 10 dB:n verran. Ääneneristävyys huononee 4 dB:n verran jos käytetään vain yhtä levykerrosta. Jousirangat eivät saa liittyä seinälevyihin missään kohdassa rakennetta ja rungossa olevat LVI-asennukset on pidettävä erillään levypinnoista. Ilman putkituksia olevat sähköasennukset voivat kuitenkin kulkea jousirangan varassa. Rakenteen ilmatiiveydellä on äänieristyksen kannalta suuri merkitys, joten kaksinkertaista levytystä käytettäessä levyjen saumat on limitettävä. Äänen sivutiesiirtymien estämiseksi alapohjan ylempi kipsilevy tulee asentaa puskuun väliseinälevyä vasten, alempi levy jätetään 5 mm irti seinäpinnasta ja rako täytetään akustomassalla. Akustomassalla on täytettävä myös kaikkien rakenteessa olevien läpivientien saumat. (18, s. 274.)

Uivan pintalattiarakenteen avulla on havaittu saavutettavan ilmaääneneristykseen keskimäärin 5 dB:n parannus ja askelääneen 10 dB:n parannus. Keveissä välipohjissa, kuten ripalaattavälipohjissa voi askeläänieristävyyden parannus olla jopa 30 dB. Levyrakenteisten kantavien välipohjien askeläänieristystä matalilla taajuuksilla voidaan parantaa pintalevyä rei'ittämällä, 30 % rei'itys parantaa askeläänieristystä 2 dB:n verran. Välipohjan palkkitilan täyttäminen puhalluseristeellä parantaa askeläänieristystä 3dB:n verran, askeleristykseen on myös huomattu paranevan huonekorkeuden kasvaessa. Kevyet ei-kantavat väliseinät suositellaan rakennettavaksi kelluvan lattian varaan ja seinien yläjuoksut kiinnitettäväksi alakattolevytyksen alapintaan, näin toteutettuna väliseinä ei heikennä välipohjan äänitekniisiä ominaisuuksia. (18, s. 273.)

6.1.3 Välipohjan värähtely

Välipohjan värähtelyä aiheuttaa yläpuolella liikkuvat ihmiset, tavaroiden siirtely ja esimerkiksi pyykkikoneen käyttö. Värähtely aiheuttaa alapuoleisessa asunnossa haitallisia ääniä jotka aiheutuvat rungon liikkeistä, valaisinten ja muiden kattoon kiinnitettyjen laitteiden tärinästä sekä muista yläpuolisen liikkeen aiheuttamista äänistä. (18, s. 279.)

Palkkimaisissa rakenteissa värähtelyn nopeuden (amplitudi) määrää rakenteen ominaistaajuutta pienemmillä taajuuksilla rakenteen jäykkyys, kun taas rakenteen ominaistaajuutta suuremmilla taajuuksilla värähtelyn nopeuteen

vaikuttaa rakenteen massa. Massan ja jäykkyyden lisääntyessä värähtelynopeus pienenee, tasapaksuissa laattamaisissa rakenteissa värähtelytehon määrä riippuu sekä laatan paksuudesta, että jäykkyydestä. (18, s. 279.)

Matalataajuuksista (0 - 8 Hz) värähtelyä aiheuttaa askellus, sen tiheys ja rytmi. Korkeataajuuksista (8 - 40 Hz) värähtelyä aiheuttaa pääasiassa kantapään osuminen lattiaan. (18, s. 279)

Eurokoodi 5 -normi edellyttää välipohjan alimman ominaistajuuden laskemista, taajuuden on oltava vähintään 8 Hz tai sitä suurempi. Välipohjien sallittu puunormien mukainen kokonaistaipuma L/300 tulisi puolittaa, jotta valmiilla välipohjarakenteella saavutetaan yli 8 Hz:n kokonaisjaksoluku. (18, s. 281.)

Välipohjan värähtelyn pienentämisen ja kokonaisjaksoluvun nostamisen keinoina voidaan käyttää välipohjakannakkeiden jäykkyyden lisäämistä, lyhempiä kannakkeiden jännevälejä, poikittaispalkkeja kannakkeiden välissä jäykistämässä rakennetta. Myös rakenteen massan lisäys vähentää välipohjan värähtelyä tehokkaasti. (18,s. 281.)

6.2 Haasteiden merkitys työmaalla 2014

Ptoteuttavaan yritykseen tehtiin sähköpostihaastattelu. Haastattelussa tiedusteltiin miten vuonna 2014 toteutusvaiheessa olevassa puukerrostaloprojektissa koetaan ilmatiiveyteen, äänen sivutiesiirtymään ja välipohjien äänieristykseen liittyvät haasteet.

Haastattelussa kävi ilmi, että äänen sivutiesiirtymien estämistä ei koettu ongelmaksi, oikein toteutettuna ja käyttämällä tarkoitukseen suunniteltuja ääneneristyskumeja liitoksissa asia on saatu ratkaistua. Myöskään ääneneristysvaatimusten täyttämistä ei koettu ongelmaksi, äänieristyksen varmistamiseen on käytetty erilaisia massoja ja ääneneristyskumeja. Lopputuotteessa ei ole havaittu äänitekniisiä ongelmia, suunnitteluvaiheessa oli kuitenkin jouduttu työskentelemään oikeiden ratkaisujen löytämiseksi. Kustannuksiltaan puukerrostalo oli havaittu hivenen betonikerrostaloa kalliimmaksi. Ilmatiiveyden saavuttamista ei koettu ongelmaksi, riittävä

ilmatiiveys oli kohteessa varmistettu ilmatiiveysmittauksin. Ilmatiiveyteen joutuu kiinnittämään erityistä huomiota rakennustavasta riippumatta. Haastattelussa todettiin ilmatiiviiden talojen tekemisen olevan nykyään välttämätöntä. (19.)

7 POHDINTA

Tässä työssä käsiteltiin yleisesti puukerrostalorakentamisen mielekkyyttä rakennusurakoitsijan näkökulmasta. Mielekkyyteen vaikuttavat useat seikat, kuten rakennusteknisen toteutuksen haasteet, työvoiman saatavuus, asuntojen kysyntä, markkinoiden mielenkiinto ja rakentamisen kokonaiskustannukset. Puukerrostalorakentamisen tulevaisuus vaikuttaisi tämänhetkisen tiedon valossa lupaavalta, useat eri seikat puhuvat puunkäytön lisäämisen puolesta kerrostalorakentamisessa. Luvussa 7.1 - 7.5 kootaan yhteen omaa pohdintaa aiheesta sekä kerrataan työn aikana esille nousseita pääkohtia liittyen puukerrostalorakentamisen mielekkyyteen ja tulevaisuudennäkymiin.

7.1 Puukerrostalorakentaminen ympäristön kannalta

Ekologisesta näkökulmasta ajateltuna Suomen metsän puuntuotto sallii nykyistä huomattavasti suuremmat hakkuumäärät, joten uusiutuvaa luonnonvaraa on tarjolla kotimaassa puukerrostalotuotannon tarpeisiin vähintäänkin riittävästi, myös ulkomaille vietäväksi asti. Kotimaisista materiaaleista jatkojalostettuja tuotteita ajatellen puukerrostalorakentamisen yleistyminen on Suomessa hyvä asia, sillä näin voidaan kehittää ja testata tuotteita kotimaassa, missä raaka aine on lähellä. Toimiville puutuoteratkaisuille sekä Skandinaaviselle puurakentamisen osaamiselle on varmasti ulkomaillakin kysyntää. Suomalaiselle raaka-aineelle saadaan sitä parempi hinta, mitä pidemmälle jalostettua lopputuotetta pystymme toimittamaan viennin tarpeisiin. Puun käytön lisääntymisestä hyötyvät arvonnousun myötä myös metsänomistajat ja metsäteollisuus. Työllisyydelle lisääntyvällä puunkäytöllä ja sen tuotteistamisella on niin ikään positiivinen vaikutus.

Puurakentamisen ekologisuutta lisää kasvavan puun kyky sitoa hiilidioksidia. Mikäli metsät saavat uusiutua säännöllisesti ja puu päätyy hyötykäyttöön rakennusmateriaaliksi, vähenee hiilidioksidikuormitus merkittävästi. 1 000 kg kasvavaa puuta kykenee sitomaan 2 000 kg hiilidioksidia. Tästä on hyötyä etenkin tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla myös ilmanlaadun kannalta. Lisäksi puu on uusiutuva raaka-aine ja sen hyötykäyttö aiheuttaa ympäristölle

hyvin vähän pysyvää haittaa verrattuna esimerkiksi betonin raaka-aineena käytettyyn hiekkaan, jota on maaperässä rajallisesti. Maa-ainesten nostamisella on aina jonkinlainen pysyvä vaikutus maisemaan ja ympäristöön.

7.2 Puukerrostalorakentamisen haasteita

Puukerrostalorakentamisen haasteena on, etenkin pienempien toimijoiden näkökulmasta, uuteen rakennustapaan liittyvät riskit.

Puukerrostalorakentamisen suunnitteluun ja toteutukseen ei meillä ole yhtä pitkää, kokemukseen perustuvaa tietotaitoa ja vakiintuneita menettelytapoja kuin betonikerrostalorakentamiseen. Työntekijöiden ja projektinjohdon osaaminen sekä työkokemus on maassamme pääosin betonijärjestelmiin perustuvan kerrostalorakentamisen puolelta, joten alkuvaiheen haasteena on löytää kokenutta työvoimaa.

Hanketasolla puukerrostalorakentamista jarruttaa tällä hetkellä eniten puute pätevistä, puukerrostalokohteiden vaatimista AA-luokan rakennesuunnittelijoista. Uusia koulutusohjelmia puurakentamisen tiimoilta on kuitenkin suunnitteilla, alkaen lähiaikoina käynnistyvästä yliopistotason aiheeseen suuntaavasta koulutuksesta. Alan kasvaessa ja toiminnan lisääntyessä koulutus todennäköisesti laajenee kaikille tasoille, ammatilliseen koulutukseen asti. Työvoimapulaa puukerrostalorakentamisen osalta tuskin tarvitsee tulevaisuudessa kokea.

Suurimpina teknisinä haasteina ovat ääneneristysvaatimusten saavuttaminen etenkin matalien äänien ja äänen sivutiesiirtymien osalta sekä rakennuksen vaipan ilmatiiveyden varmistaminen. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää myös LVI-asennusten reititykseen rakenteissa.

7.3 Markkinatilanne ja asenteet

Puukerrostalorakentamisen kasvua hidastaa kuitenkin osaltaan matala taloussuhdanne ja asuntojen heikko kysyntä, joskin tämän hetken matala yleinen korkotaso paikkaa tilannetta jonkin verran, joten täysin nollassa ei uusien asuntojen kysyntä maassamme kuitenkaan ole. Hyvälle paikalle rakennettuna ja

oikein markkinoituna massasta erottuvalle puukerrostalolle voikin ennustaa keskimääräistä parempaa kysyntää ympäristötietoisten kuluttajien keskuudesta.

Rakennusala perinteisenä ja hitaasti uudistuvana toimialana aiheuttaa oman lisänsä puukerrostalorakentamisen tulevaisuudennäkymiin. Totutut työtavat, yrityksen oma kalusto ja ydinosaaminen pohjautuvat suurelta osin betonikerrostalorakentamisen aikakauteen. Asenne uuteen ja vieraaseen rakennustapaan voi aluksi olla kielteinen ja aiheeseen suhtaudutaan suurella varauksella. Ajan myötä kokemuksen ja tietotaidon lisääntyessä tilanne kuitenkin korjaantunee merkittävästi.

7.4 Teollinen tuotanto pienentää riskiä

Puukerrostalohankkeen suunnittelua ja toteutusta helpottaa useiden toimijoiden laatimat valmiit elementtiratkaisut, joista on runsaasti tietoa tarjolla. Osa toimittajista tarjoaa myös valmiita konsepteja, jopa vesikattopäälle pystytettynä. Valmiina saatavat toimituskokonaisuudet helpottavat tuotannon suunnittelua ja projektin kustannusten hallintaa.

7.4.1 Säästö tulee rakennusajasta

Teollisesti tuotetuista elementeistä erikoistuneen pystytysporukan toimesta rakennettaessa myös rakennusaikaa saadaan merkittävästi lyhennettyä, josta on selvää kustannusetua kokonaisprojektin kannalta. Puurakenteilla ei myöskään ole betonirakenteiden vaatimia kuivumisaikoja, mikä mahdollistaa esimerkiksi syksyllä rakennettaessa kohteen saamisen nopeammin säältä suojaan. Talvisaikaan rakennettaessa puurunkoinen rakennus vaatii vähemmän toimenpiteitä pakkasta vastaan kuin paikalla valettu betoni, jonka lämpimänä pysymisestä on huolehdittava tarkoin.

Puukerrostalojen kokonaiskustannusten on havaittu olevan noin 5-7 % betonirakenteisia kerrostaloja korkeammat, tämä ero tosin tulee luultavasti kaventumaan entisestään kilpailun ja kokemuksen lisääntyessä. Parhaimmillaan puukerrostaloille luvataan valmisosatoimittajien toimesta jopa 50 - 70 % nopeampia läpimenoaikoja, tämä huomioon ottaen puukerrostalon

kokonaiskustannukset ovat betonitaloon verrattuna samalla tasolla, arvioi Puuinfon toimitusjohtaja Mikko Viljakainen. (7.)

Huomioitavaa on myös puukerrostalotyömaan vaatima nostokaluston tarve, joka on huomattavasti vähäisempi verrattuna paikallavalua sisältävään betonirakentamiseen. Betonielementtirakentamiseen verrattuna taas selvittää paljon keveämmällä nostokalustolla ja pienemmillä torninostureilla.

7.4.2 Kosteussuojaus tärkeää

Rakennustyön aikaisen kosteussuojauksen tarve on puurakenteisessa kerrostalossa betonirunkoista versiota suurempi ja siihen on kiinnitettävä tarkempaa huomiota. Suuri suojaustarve kosteuden osalta koskee myös elementtien varastointia ja kuljetusta sekä varastointia työmaalla, mikäli elementtejä ei päästä asentamaan suoraan autosta paikoilleen. Elementtien siirtäminen suoraan kuljetusvälineestä paikoilleen on kuitenkin tavoite, johon tulisi pyrkiä.

Oikein ajoitetuilla ja mitoitetuilla tavaran toimituksilla sekä huolellisella sääsuojauksella kosteuden aiheuttamat haitat saadaan kuitenkin pysymään kurissa. Tarvittaessa koko rakennusprojekti voidaan nykyisin toteuttaa säältä suojattuna teltan alla, jolloin työnaikaisen kosteusrasituksen riski rakenteille on vähäisin. Telttasuojaus edellyttää kuitenkin riittävää työnaikaista ilmanvaihtoa ja on huomattava, että esimerkiksi torninosturilla työskentely vaikeutuu ja vaatii ylimääräisiä työvaiheita perinteiseen malliin verrattuna. Toisaalta telttasuojassa vältetään lumisateiden ja jäänpoiston aiheuttamat työvaiheet talvisaikaan rakennettaessa.

7.5 Yhteenveto

Puukerrostaloa voidaan pitää urakoitsijan näkökulmasta kiinnostavana vaihtoehtona useammastakin syystä. Puukerrostalojen ekologinen maine ja uusi rakentamistapa auttaa erottumaan markkinoilta, jossa betonirakenteisia kerrostaloja on runsaasti. Uusi rakentamistapa sisältää kuitenkin riskejä työvoimaan ja toteutuksen suunnitteluun liittyen. Toisaalta valmistratkaisut ja toimituskokonaisuudet helpottavat projektin suunnittelua ja toteutusta, mikäli

valmisosatoimittajat hinnoittelevat tuotteensa kilpailukykyisesti myös pienemmille rakennusalan toimijoille. Työn tuloksena syntyi tiivistetty tietopaketti aiheesta kiinnostuneelle urakoitsijalle, joka ei ennestään ole puukerrostaloaiheen asiantuntija.

Seuraavassa on listattu tärkeimmät opinnäytetyössä tehdyt havainnot:

- rakennuskustannukset betonitaloja korkeammat
- säästö tulee lyhemmästä rakennusajasta
- ääneneristys aiheuttaa lisäkuluja
- nykyiset teolliset valmisosaratkaisut mahdollistavat nopeamman toteutuksen
- valmisosaratkaisuja käyttämällä saavutetaan riittävä ilmatiiveys ja ääneneristävyys
- ilmatiiveyteen liittyviin ratkaisuihin kiinnitettävä erityishuomiota suunnitteluvaiheessa
- pakollinen sammutusjärjestelmä varmistaa paloturvallisuuden
- voidaan perustaa kevyemmin kuin betonitalo
- voidaan käyttää kevyempää nostokalustoa kuin betonirakentamisessa
- rakennusaikainen suojaus vaatii erityistä huomiota
- LVI-putkijohtojen reititykseen välipohjapalkkijärjestelmien poikkisuunnassa kiinnitettävä huomioita suunnitteluvaiheessa
- rakenteiden liitoskohtien ja läpivientien ilmatiiveyden varmistamiseen kiinnitettävä erityistä huomiota toteutusvaiheessa.

LÄHTEET

1. Valmistuneet puukerrostalot. 2014. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot>. Hakupäivä 21.11.2014.
2. Malmberg, Joonas 2011. Tarkoituksenmukaisista materiaaleista teollisesti valmistettuja tuotteita: 1960- ja 1970-luvun tyyppitalot ja järjestelmäajattelu. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi_FI/Tyyppitalot_ja_jarjestelmaaajattelu/ . Hakupäivä 12.2.2014.
3. Vienonen, Aleks 2010. Suomi on puukerrostalojen takapajula. Saatavissa: <http://www.kansanuutiset.fi/uutiset/kotimaa/2196516/suomi-on-puukerrostalojen-takapajula> . Hakupäivä 12.2.2014.
4. PES vauhdittamaan puukerrostalorakentamista. 2010. Rakennuslehti. Saatavissa <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/21736.html>. Hakupäivä 12.2.2014.
5. Viljakainen, Markku 1997. Puukerrostalo. Tampere: Rakennustieto Oy.
6. Mäki-Petäjä, Päivi 2014. Tällainen on Vantaalle nouseva suurin puukerrostalo. Saatavissa: <http://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/tallinen-on-vantaalle-nouseva-euroopan-suurin-puukerrostalo/4482340> . Hakupäivä 23.11.2014.
7. Pelkonen, Linda 2014. Uusi talovillitys Suomessa: ”Este on korvien välissä”. Saatavissa: www.uusisuomi.fi/asuminen/74485-uusi-talovillitys-suomessa-este-korvien-valissa Hakupäivä 23.11.2014

8. Avoin puurakennusjärjestelmä. 2001. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitte/luohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-elementtirakenteet/elementtirakenteet.pdf>. Hakupäivä 12.2.2014.
9. Haapio, Appu 2013. Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T141.pdf>. Hakupäivä 12.2.2014.
10. Laukkanen, Markku 2012. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoin yhtenäinen avoin standardi. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puurakentamisen-merkittava-puute-poistuu-alalle-vihdoin-yhtenainen-avoin-standardi>. Hakupäivä 12.2.2014.
11. Jantunen, Jorma 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf. Hakupäivä 23.11.2014.
12. Laitinen, Eero 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
13. Vanhanen, Mika 2012. Puuelementtien tuotannon kehitys, seminaariesitys. Saatavissa: http://www.tetraedri.fi/easydata/customers/tetraedri/files/ajankohtaiset/7_mika_vanhanen_seminaariesitys_15102012.pdf. Hakupäivä 2.2.2014.
14. CLT-elementit. 2012. Stora Enso. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/products/wood-products/products/elements/clt-elementit/Pages/default.aspx>. Hakupäivä 2.2.2014.
15. Miksi LapWall-tuotanto. 2014. LapWall Oy. Saatavissa: <http://www.lapwall.fi/miksi-lapwall/tuotanto>. Hakupäivä 2.2.2014.

16. Elementtien asennus. Elementtisuunnittelu.fi. Saatavissa:
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/>. Hakupäivä:
12.2.2014.
17. Karjalainen, Markku 1997. Suomalainen puukerrostalo. Helsinki:
Hakapaino.
18. Karjalainen, Markku 2002. Suomalainen puukerrostalo
puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Oulu: Oulun yliopisto.
19. Airaksela M., toimitusjohtaja, Rakennusliike Reponen Oy. Re:
Puukerrostaloista kysymys. Sähköpostiviesti.
t0maju00@students.oamk.fi 25.11.2014.
20. Puukerrostalo – palomääräykset. 2011. Puuinfo Oy 2014. Saatavissa:
<http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/rakentamismaaraykset/puukerrostalo-palomaaraykset-2011>. Hakupäivä 29.11.2014.
21. Kalliomäki, Pekka 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten
energiatehokkuudesta. Saatavissa:
http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä
29.11.2014.
22. Lahtela, Tero 2004. Äänieristys puutalossa. Saatavissa:
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunniteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf> Hakupäivä:
29.11.2014.
23. Könni ja Virtanen. Puukerrostalon tiiveys- ja äänitekniset kysymykset
sekä asukastyytyväisyys, 2011. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

PALOMÄÄRÄYKSET

P2-LUOKAN PUURUNKOINEN 3-8 -KERROKSIINEN ASUIN- TAI TYÖPAIKKARAKENNUS.

PALOMÄÄRÄYKSET 2011

KERROSLUKU	3 - 4 KRS kaupunkipientalo Kaikki kerrokset samaa asuntoa	3 - 4 KERROSTA	5 - 8 KERROSTA
AUTOMAATTINEN SAMMUTUS- JÄRJESTELMÄ	ei	3-4 krs asuinrakennuksessa vähintään SFS-5980 -standardin 2-luokan vaatimustason mukaan 3-4 krs työpaikkarakennuksessa vähintään SFS-EN 12845 -standardin OH-luokan vaatimustason mukaan. Sammutuslaitteisto tulee varustaa vähintään varmennetulla vesilähteellä.	vähintään SFS-EN 12845 -standardin OH-luokan vaatimustason mukaa´n. Sammutuslaitteisto tulee varustaa vähintään varmennetulla vesilähteellä.
RAKENNUKSEN KOKO	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
korkeus enintään	14m	14m	26m
<i>julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maanpinnasta</i>			

kerrosala	ei rajoitettu	ei rajoitettu	ei rajoitettu
PALO-OSASTON KOKO	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
kerrokset	huoneisto	huoneisto	huoneisto
ullakkotilat enintään	1600m ² jaettuna enintään 400m ² osiin	1600m ² jaettuna enintään 400m ² osiin	1600m ² jaettuna enintään 400m ² osiin
kellaritilat enintään	800m ²	800m ²	800m ²
OSASTOIVIEN RAKENNUSOSIEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
kerrokset			
palokuorma			
- alle 600MJ/m ²	EI 60	EI 60	EI 60
- 600 -1200MJ/m ²	EI 90	EI 90	EI 90
- yli 1200MJ/m ²	EI 120	EI 120	EI 120
ullakkotilat			
- osastoivat rakennusosat	EI 30	EI 30	EI 30
- osiin jakavat rakennusosat	EI 15	EI 15	EI 15

kellaritilat			
palokuorma			
- alle 600MJ/m ²	EI 60, A2-s1, d0	EI 60, A2-s1, d0	EI 60, A2-s1, d0
- 600 -1200MJ/m ²	EI 90, A2-s1, d0	EI 90, A2-s1, d0	EI 90, A2-s1, d0
- yli 1200MJ/m ²	EI 120, A2-s1, d0	EI 120, A2-s1, d0	EI 120, A2-s1, d0
parvekkeet	parvekkeiden palonkestävyysaikavaatimus on puolet kerroksen kantavien rakeneiden vaatimuksesta		
KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
kerrokset			
palokuorma			
- alle 600MJ/m ²	R 60	R 60	R 60
- 600 -1200MJ/m ²	R 120	R 120	R 120
- yli 1200MJ/m ²	R 180	R 180	R 180
kellarikerrokset			
palokuorma			

PALOMÄÄRÄYKSET

Liite 1/4

- alle 600MJ/m ²	R 60, A2-s1, d0	R 60, A2-s1, d0	R 60, A2-s1, d0
- 600 -1200MJ/m ²	R 120, A2-s1, d0	R 120, A2-s1, d0	R 120, A2-s1, d0
- yli 1200MJ/m ²	R 180, A2-s1, d0	R 180, A2-s1, d0	R 180, A2-s1, d0
KANTAVIEN RAKENTEIDEN SUOJAJERHOUSTEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
huonetilan puoli			
- välipohjan yläpinnan suojaerhoitus	ei vaatimusta	ei vaatimusta	K230, A2-s1, d0 tai rakenne, joka vastaavan ajan suojaava kantavaa rakennetta syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta.
- seinä- ja kattopintojen suojaerhoitukset	K210, A2-s1, d0	K210, A2-s1, d0	K230, A2-s1, d0 tai rakenne, joka vastaavan ajan suojaava kantavaa rakennetta syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta.

- ei-kantavat väliseinät	ei vaatimusta	ei vaatimusta	ei vaatimusta
KANTAVIEN RAKENTEIDEN SUOJAJERHOUSTEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
ulkotilan puoli			
- kantavien rakennusosien ulkotilaan tai tuuletusrakoon rajoittuvien osien suojaerho (lukuunottamatta yläpohjaa)	K210, A2-s1, d0	K210, A2-s1, d0	K210, A2-s1, d0, kun julkisivu on vähintään B-s1, d0- luokkaa. Muutoin K230, A2- s1, d0 tai EI 30- rakenne, joka joka vastaavan ajan suojaava kantavaa rakennetta syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta.
PARVEKERAKENTEIDEN SUOJAJERHOUSTEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
varateinä toimivat parvekkeet	K210, A2-s1, d0	K210, A2-s1, d0	K210, A2-s1, d0, kun parveke on vähintään B-s1, d0- luokkaa. Muutoin K230, A2- s1, d0 tai EI 30- rakenne, joka joka

			vastaavan ajan suojaa kantavaa rakennetta syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta.
SISÄPINTOJEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
seinät ja katot			
- automaattisen sammutuslaitteiston suoritustaso vastaa luokkaa OH (SFS-EN 12845)	D-s2, d2, suoja-verhous K210, A2-s1, d0	D-s2, d2, suojaverhous K210, A2-s1, d0	D-s2, d2, suoja-verhous K230, A2-s1, d0
- automaattisen sammutuslaitteiston suoritustaso vastaa luokkaa 2 (SFS-5980)	B-s1, d0 (vähäisissä osissa D-s2, d2 -luokan seinäpinnat sallittu)	B-s1, d0 (vähäisissä osissa D-s2, d2 -luokan seinäpinnat sallittu)	-
lattiat	ei vaatimusta	ei vaatimusta	ei vaatimusta
ULKOSEINIEN ULKOPINTOJEN JA TUULETUSRAON PINTOJEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS

ulkoseinän ulkopinta 1. kerroksessa	B-s2, d0	B-s2, d0	B-s2, d0
ulkoseinän ulkopinta 2. kerroksessa ja siitä ylöspäin	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0
tuuletusraon ulkopinta 1. kerroksessa	B-s2, d0	B-s2, d0	B-s2, d0
tuuletusraon ulkopinta 2. kerroksessa ja siitä ylöspäin	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0	D-s2, d2 tietyin edellytyksin*), muutoin B-s2, d0
tuuletusraon sisäpinta	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
parvekkeet	parvekkeissa noudatetaan ulkoseinän ulkopinnalle ja tuuletusraon sisäpinnalle asetettuja vaatimuksia		
LÄMMÖNERISTEIDEN JA MUIDEN TÄYTTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
ILMANVAIHTO-KANAVIEN LUOKKAVAATIMUKSET	Kaupunkipientalo	3 - 4 KRS	5 - 8 KRS
kanavien seinämät	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
<p>* Enintään 4-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa ja tarkoitukseen so-pivalla automaattisella sammutuslaitteistolla varustetussa enintään 8-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa saa ulkoseinän ja</p>			

tuuletusraon ulkopinnoissa käyttää D-s2, d2-luokan rakennustarviketta rakennuksen *alinta kerrosta sekä uloskäytävien ja varateinä toimivien ikkunoiden tai muiden aukkojen ylä- ja alapuolella olevia pintoja lukuun ottamatta*, kun:

- palon leviäminen tuuletusraossa on rajoitettu vähintään kerroksittain riittävän tehokkaasti,
- palon leviäminen vaakasuunnassa porrashuoneen ulkoseinän tuuletusrakoon on estetty,
- palon leviäminen julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan on estetty EI 30-rakenteella,
- julkisivurakenteen laajojen osien putoaminen palon sattuessa on riittävästi estetty ja
- rakennuksia tai rakennelmia ei sijoiteta alle 8 metrin etäisyydelle julkisivusta, jollei rakenteellisin tai muin keinoin estetä palon leviämistä julkisivuun.

LIITE 2. TIIVEYSVAATIMUKSET

TIIVEYSVAATIMUKSET

Liite 2/1

2.3 Rakennusvaipan ilmanpitävyys

2.3.1

Sekä rakennusvaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku.

Selostus

Rakennusten kosteusteknisestä suunnittelusta on määräyksiä ja ohjeita rakentamismääräyskokoelman osassa C2.

Rakennusvaipan alhainen ilmanvuotoluku ei kuitenkaan takaa vaipparakenteiden moitteetonta toimintaa ilmatiivyyden osalta, koska vaipassa voi silti esiintyä paikallisesti merkittäviä ilmanvuotokohtia. Siksi ilmansulun kaikkien liitosten ja reikien huolellinen tiivistäminen on tärkeää.

2.3.2

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$. Ilmanvuotoluku voi ylittää arvon $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.

Pienempi ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla tai muulla menettelyllä. Asuinkerrostaloissa ilmanpitävyys voidaan osoittaa mittaamalla vähintään 20 % huoneistoista. Ilmanpitävyyden mittaus voidaan suorittaa myös rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla, jolloin enintään 25 % rakennuksen tilojen lämmitetystä netto-alasta voidaan rajata pois mittauksesta. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään $4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$.

Selostus

Ilmanpitävyyden osoittaminen muulla menettelyllä voi olla esimerkiksi teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyä, jolla ilmanpitävyys voidaan luotettavasti arvioida ennakolta.

Tasauslaskennassa ilmanvuotoluvun vertailuarvo on 2 (m³/(h m²)).

2.3.2.1

Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan rakennuksen ilmanpitävyyden mittausvalmiudella.

Selostus

Rakennuksen ilmanpitävyyden mittaaminen painekoemenetelmällä on esitetty standardissa SFS-EN 13829.

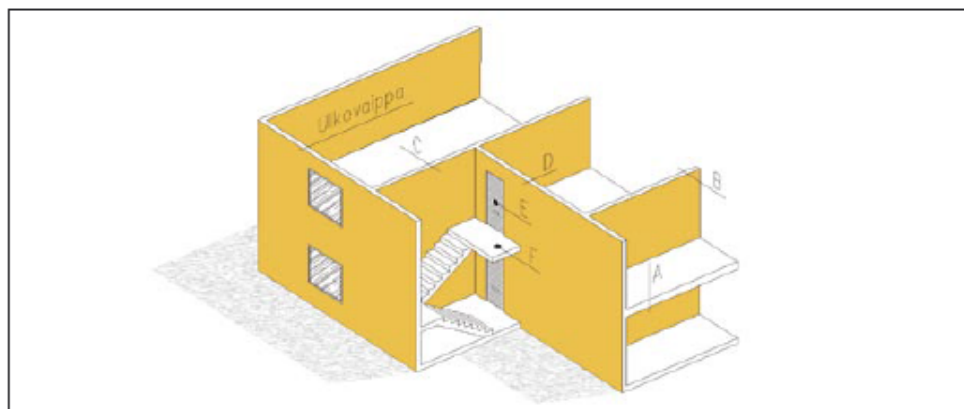
Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta. (s. 10 - 11, 21)

LIITE 3. ÄÄNIERISTYSMÄÄRÄYKSET

ÄÄNIERISTYSMÄÄRÄYKSET

Liite 3/1

Rakenteiden äänieristysvaatimukset asuinrakennuksessa



Tunnus	Selite	Ilmaääneneristysluku	Askeläänitasoluku
A	Huoneistojen välinen välipohja	$R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$
B	Huoneistojen välinen seinä	$R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$	-
C	Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä yhteensä	$R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$	-
D	Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä, kun seinässä on ovi	$R'_{w} \geq 39 \text{ dB}$	-
E	Huoneiston ovi ¹⁾	$R_{w} \geq 37 \text{ dB}$	-
F	Uloskäytävästä huoneistoon	-	$L'_{n,w} \leq 63 \text{ dB}$

¹⁾ Huoneiston ulko-ovena käytetään vähintään ääniluokan 30 dB ovea tai oviyhdistelmää. Tämä vaatimus saadaan täytettyä, kun käytetään huoneiston ulko-ovea tai oviyhdistelmää, jonka laboratoriossa mitattu ilmaääneneristysluku on $\geq 37 \text{ dB}$.

Kuva 6. Rakenteiden ääneneristävyyden vaatimukset asuinrakennuksessa.

R'_{w} [dB]	Kuvaus
< 30	Seinä ei estä seuraamasta tapahtumia naapurihuoneistossa
>35	Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi
>40	Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
>45	Normaali keskusteluääni ei kuulu seinän läpi
>50	Voimakas puhe kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
>55	Voimakas puhe ei kuulu seinän läpi
>60	Voimakas huuto kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää

Taulukko 3. Rakenteen ääneneristävyyden ja puheen yhteys.

Määritelmiä

Seuraavassa esitetään muutamia tärkeimpiä rakennustekniikkaan liittyviä ääniteknikan peruskäsitteitä.

Askelääni

Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa tai esineiden siirtely.

Askeläänitasoluku $L_{n,w}$ tai $L'_{n,w}$ (dB)

Rakenteiden ja tilojen välistä askelääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ja normalisoitua askeläänepainetasoa standardoituun vertailukäyrään. Askeläänitasolukua merkitään symbolilla $L_{n,w}$ (dB), kun kyseessä on rakenteen laboratoriomittaus ja $L'_{n,w}$ (dB), kun kyseessä on mittaus rakennuksessa.

Desibeli (dB)

Tason ja tasoeron yksikkö, jossa tehojen tai tehoon verrannollisten suureiden suhteesta on otettu kymmenlogaritmi ja tämä on kerrottu luvulla 10. Desibeliä käytetään esimerkiksi äänenpainetaso, äänitehotason ja ääneneristävyyden suhteellisen suuruuden ilmaisemiseen.

Ilmaaäni

Äänilähteestä ilman välityksellä ympäristöön leviävä ääni.

Ilmaääneneristysluku R_w tai R'_w (dB)

Rakenteiden ja tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään. Ilmaääneneristyslukua merkitään symbolilla R_w (dB), kun kyseessä on rakenteen laboratoriomittaus ja R'_w (dB), kun kyseessä on mittaus rakennuksessa.

Jälkikaiunta-aika T (s)

Aika, jona äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB.

Koinsidenssi (myötävärähtely)

Koinsidenssiksi kutsutaan tilannetta, jossa teoreettisesti ääretön levymainen rakenne alkaa myötävärähdellä (taivutusvärähtelyä) siihen kohdistuvasta äänestä johtuen siten, että ääni läpäisee levyrakenteen vaimentuen lähinnä vain materiaalin sisäisten häviöiden vuoksi.

Koinsidenssitaajuus

Koinsidenssitaajuudeksi (koinsidenssin rajataajuus) kutsutaan pienintä ilmaäänentaajuutta, jolla levymäisen rakenteen koinsidenssi on teoreettisesti mahdollinen. Se riippuu levyn jäykkyydestä (paksuudesta ja elastisista ominaisuuksista) sekä massasta. Koinsidenssitaajuudella ilmaäänen nopeus on sama kuin levyrakenteessa etenevän taivutusaallon nopeus. Käytännön rakenteissa ääntä kohdistuu rakenteen pintaan yleensä kaikista suunnista ja koinsidenssista eli myötävärähtelystä johtuvaa ääneneristävyyden heikkenemistä havaitaan koinsidenssitaajuuden molemmiin puolin. Tämän takia usein puhutaan koinsidenssialueesta.

Melu

Meluksi kutsutaan kaikkea häiritsevää, haitalliseksi tai vahingolliseksi koettua ääntä.

Ominaistaajuus (resonanssitaajuus)

Ominaistaajuudet ovat rakenteille tai värähtelyjärjestelmille ominaisia taajuuksia, joilla rakenne (värähtelyjärjestelmä) tai sen osat pyrkivät värähtelemään poikkeuttaessa niitä tasapainotilastaan tai annettaessa rakenteelle hetkellinen alkuheräte.

Pinnan absorptiosuhde α

Absorptiosuhde α on pinnasta palaamatta jääneen ja pintaan kohdistuneen äänitehon suhde. Absorptiosuhde ilmoitetaan lukuarvolla, joka on välillä 0,00 – 1,00.

Resonanssi

Resonanssissa jaksollisen herätteen taajuus osuu rakenteen tai värähtelyjärjestelmän ominaistaajuusalueelle, jolloin rakenne alkaa värähdellä voimakkaasti ko. taajuudella. Resonanssissa rakenteen ääneneristävyys heikkenee usein merkittävästi.

Runkoääni

Rakenteessa tai muussa kiinteässä kappaleessa etenevä mekaaninen värähtely, joka aiheuttaa ilmaääntä.

Taajuus f (Hz)

Taajuus ilmoittaa värähdysten lukumäärän aikayksikössä. Taajuuden yksikkö on hertsi (Hz = 1/s). Ihminen kuulee äänentaajuuden välillä 16 – 16000 Hz.

Värähtely

Värähtelyllä tarkoitetaan partikkelin periodista liikettä tasapainoasemansa ympärillä. Värähtelyn aiheuttama häiriö leviää rakenteessa aaltorintamana.

Äänen nopeus c (m/s)

Äänen etenemisnopeus ilmassa on noin 340 m/s (+ 20 °C).

Äänenpainetaso L_p (dB)

Äänenpaineen p ja vertailuäänepaineen p_0 (= 20 μ Pa) suhteen kaksikymmenkertainen kymmenlogaritmi $20 \lg [p/p_0]$.

Sivutiesiirtymä

Äänen kulkeutumista muita reittejä kuin tarkasteltavan rakenteen läpi sanotaan sivutiesiirtymäksi.

Äänieristysvaatimukset asuinrakennuksessa. (22 s. 8-9 ja 17)

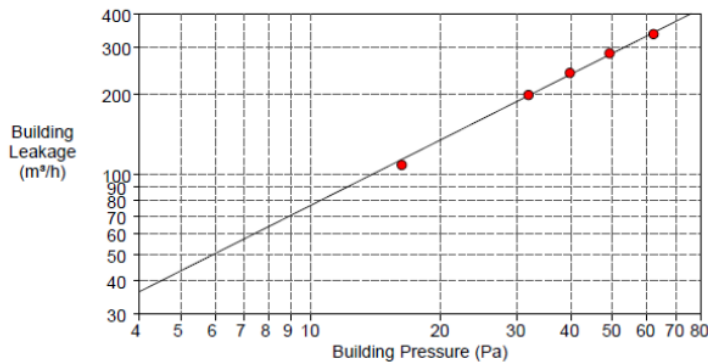
LIITE 4. MITTAUSTULOKSIA

MITTAUSTULOKSIA

Liite 4/1

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 2.5.2011	Technician:		
Test File: PSOAS_ASF21			
Customer: PSOAS	Building Address: Luhtitalo 2 kerros Puulinnankatu 7 F 21 OULU, 900570		
Phone:			
Fax:			
Test Results at 50 Pascals:			
V50: Airflow (m³/h)	285 (+/- 0.9 %)		
n50: Air Changes per Hour (1/h)	2.31		
w50: m³/(h*m² Floor Area)	5.81		
q50: m³/(h*m² Surface Area)	1.72		
Leakage Areas:	85.8 cm² (+/- 4.5 %) Canadian EqLA @ 10 Pa or 0.52 cm²/m² Surface Area 39.3 cm² (+/- 7.1 %) LBL ELA @ 4 Pa or 0.24 cm²/m² Surface Area		
Building Leakage Curve:	Air Flow Coefficient (Cenv) = 11.7 (+/- 11.1 %) Air Leakage Coefficient (CL) = 11.8 (+/- 11.1 %) Exponent (n) = 0.813 (+/- 0.029) Correlation Coefficient = 0.99812		
Test Standard:	EN 13829 Test Mode: Depressurization		
Type of Test Method:	B Regulation complied with:		
Equipment:	Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door		
Inside Temperature:	22 °C	Volume:	123 m³
Outside Temperature:	6 °C	Surface Area:	165 m²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	49 m²
Wind Class:	3 Gentle Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	3 %
Type of Heating:	Kaukolämpö	Year of Construction:	2002
Type of Air Conditioning:	Koneellinen		
Type of Ventilation:	None		



Tiiveysmittauksen tulokset, puurunkoinen kerrostalo.(23)

Date of Test: 3.5.2011
Test File: PSOAS_ASB23

Technician: Seppänen / Uhlbäck

Customer: PSOAS

Building Address: Luhtitalo 2 kerros
Puulinnankatu 7 B 23
OULU,

OULU,
Phone:
Fax:

Test Results at 50 Pascals:

V50: Airflow (m³/h) 266 (+/- 0.5 %)
n50: Air Changes per Hour (1/h) 2.33
w50: m³/(h*m² Floor Area) 5.79
q50: m³/(h*m² Surface Area) 1.66

Leakage Areas:

80.9 cm² (+/- 2.5 %) Canadian EqLA @ 10 Pa or 0.51 cm²/m² Surface Area
37.2 cm² (+/- 3.9 %) LBL ELA @ 4 Pa or 0.23 cm²/m² Surface Area

Building Leakage Curve:

Air Flow Coefficient (Cenv) = 11.1 (+/- 6.1 %)
Air Leakage Coefficient (CL) = 11.3 (+/- 6.1 %)
Exponent (n) = 0.808 (+/- 0.016)
Correlation Coefficient = 0.99943

Test Standard:

EN 13829 Test Mode:

Depressurization

Type of Test Method:

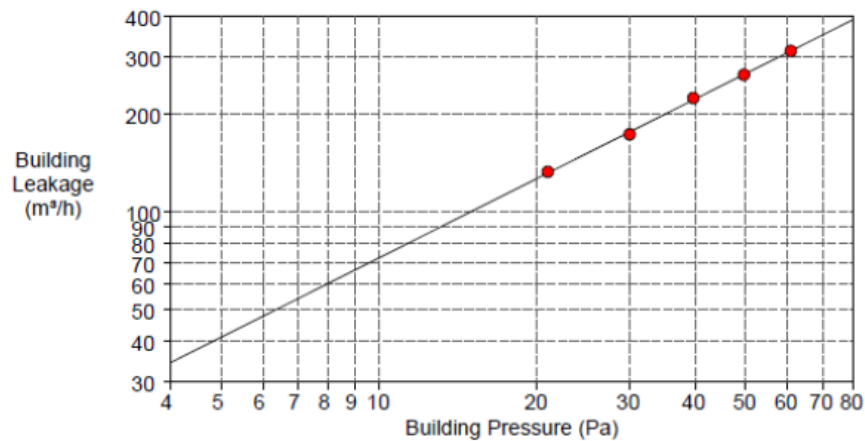
B

Regulation complied with:

Equipment:

Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Inside Temperature:	23 °C	Volume:	114 m ³
Outside Temperature:	4 °C	Surface Area:	160 m ²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	46 m ²
Wind Class:	3 Gentle Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	4 %
Type of Heating:	Kaukolämpö	Year of Construction:	2002
Type of Air Conditioning:	Koneellinen		
Type of Ventilation:	None		



Tiiveysmittauksen tulokset, betoni/sekarunkoinen kerrostalo.(23)

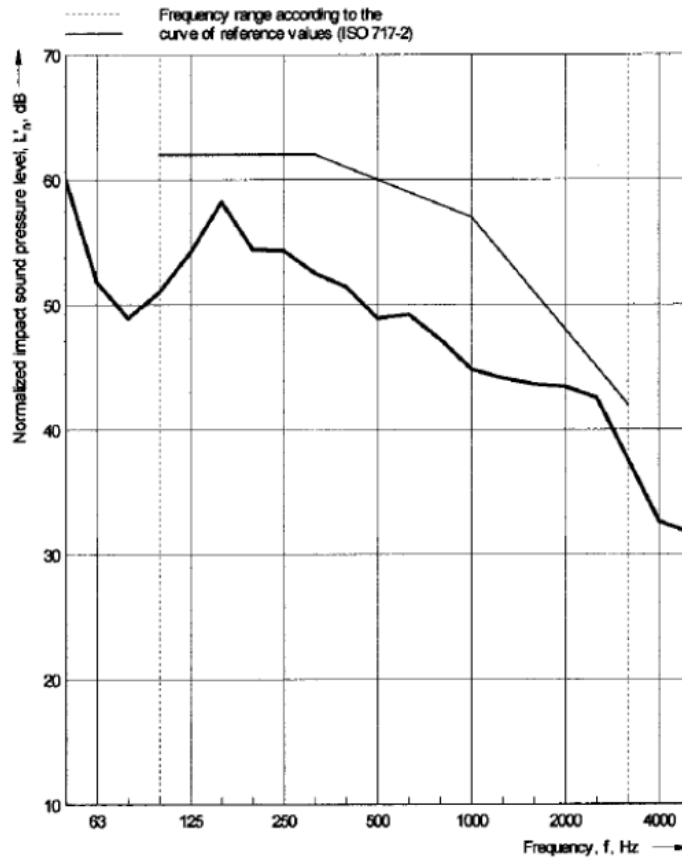
MITTAUSTULOKSIA

Liite 4/3

Object: Askeläänieristävyys Puulinnankatu 7 F AS 22 / As 12

Receiving room volume: 123,0 m³

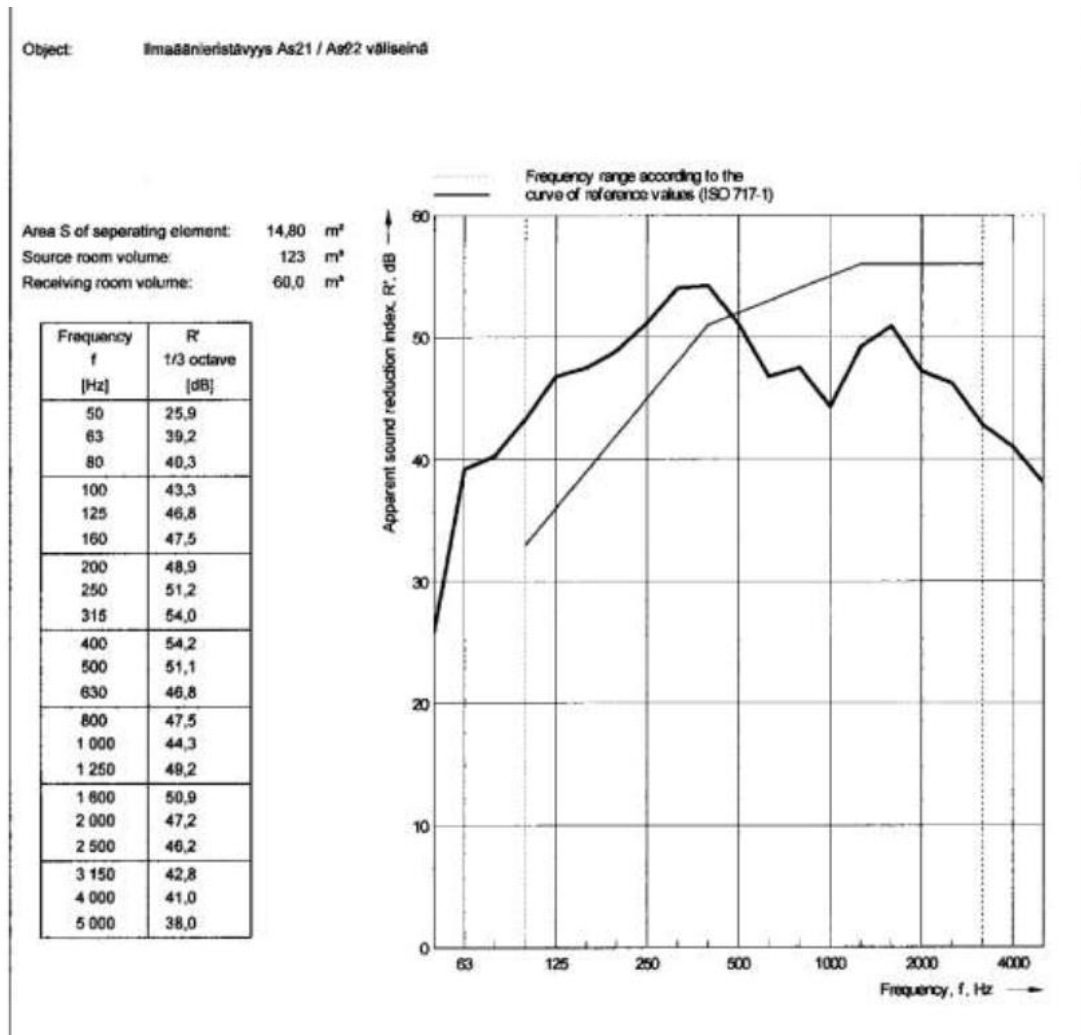
Frequency f [Hz]	L _n 1/3 octave [dB]
50	60,0
63	51,8
80	48,9
100	51,0
125	54,2
160	58,2
200	54,4
250	54,3
315	52,5
400	51,4
500	48,9
630	49,2
800	47,2
1 000	44,8
1 250	44,1
1 600	43,6
2 000	43,4
2 500	42,5
3 150	37,6
4 000	32,6
5 000	31,7



Askeläänimittauksen tulos, puurakenteinen välipohja. Rakenne ylhäältä lukien:
 50mm betonilaatta, 30mm kovavilla, vanerilevytys, 75x225 kertopuupalkit ja
 100mm mineraalivilla, jousiranka, kaksinkertainen kipsilevy.(23)

MITTAUSTULOKSIA

Liite 4/4

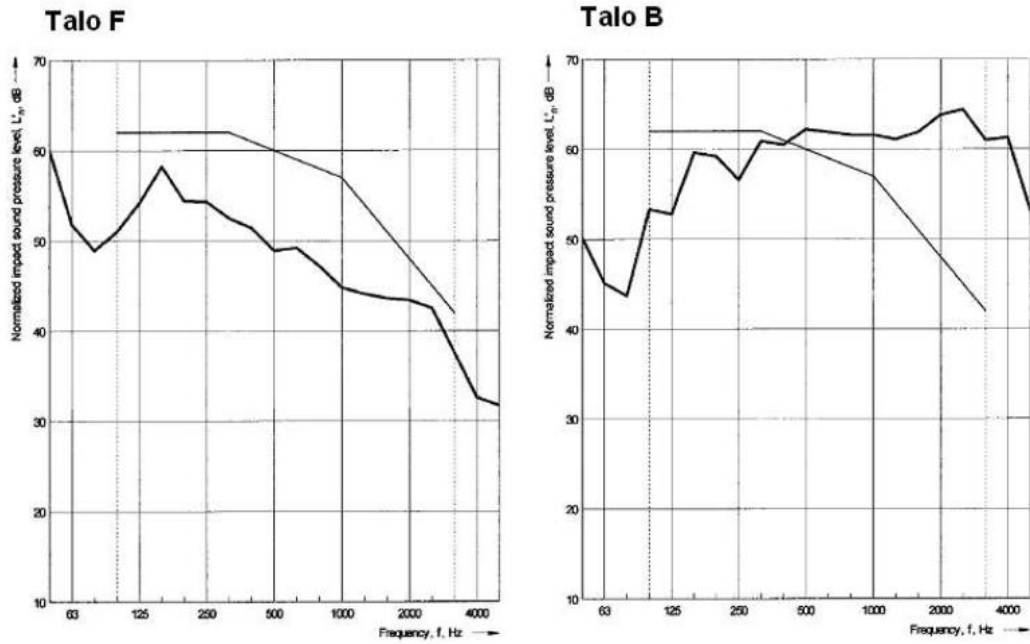


Väliseinän ilmaääneneristävyys, kaksoisrunkotekniikalla toteutettu puurunko.

(23)

MITTAUSTULOKSIA

Liite 4/5



Vertailukäyrä puurunkoisen talon F ja betonirunkoisen talon B askeläänistä. Ohuempi viiva on vertailukäyrä ja paksumpi mittaustulos. (23)

Suomen ensimmäisistä puukerrostalokohteista mitattuja keskimääräisiä askelääneneristysarvoja:

<i>Kohde</i>	<i>Rakenne</i>	<i>Mitattu askeläänentasoluku</i>	<i>(L'_{n,w}) (L'_{B})</i>	
Ylöjärvi	kelluva levyllattia + kertopuupalkit + jousirankakatto	42	56	
Viikki	kelluva levyllattia + sahatavarapalkit + jousirankakatto	51	65	
Oulu (A, B)	kelluva levyllattia + puu-betoni-liittolaatta + jousirankakatto	46	59	
Oulu (C)	kelluva levyllattia + kevytuumapalkit + jousirankakatto	53	64	
Tuusula	kelluva levyllattia + ristikkopalkit + jousirankakatto	52	63	
Lahti(Pinja)	kelluva levyllattia + ristikkopalkit + jousirankakatto	54	65	
Porvoo (Fredrika)	kelluva levyllattia + ristikkopalkit + jousirankakatto	50	61	
Porvoo(Aleksanterinkatu 29). ⁴⁰¹	kelluva betoni-laatta(60 mm) + ristikkopalkit + jousirankakatto	50	60	

Mittaustuloksista havaitaan, että kaikki ensimmäiset puukerrostalokohteet täyttävät varsin hyvin myös uuden RakMK C1:n (1.10.1998) mukaiset tiukennetut askelääneneristysarvot. (As Oy Lahden Pinjan mittauksessa 1 dB:n ylitys).

Puukerrostaloista mitattuja askeläänieristysarvoja. (18)