

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Juuso Suhonen

BETONIKERROSTALON JULKISIVUN UUSIMINEN JA
LISÄKERROKSIEN RAKENTAMINEN PUUELEMENTEISTÄ

Opinnäytetyö
Lokakuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
013 260 600

Tekijä(t)
Juuso Suhonen

Nimeke
Betonikerrostalon julkisivun uusiminen ja lisäkerroksien rakentaminen puuelementeistä

Toimeksiantaja
Karelia ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä 1960-luvulla rakennetun kerrostalon korjausta ja lisäkerroksien rakentamista kevyillä puurunkoisilla elementeillä. Työssä käydään läpi lähiöiden korjaustarvetta ja puun tarjoamia mahdollisuuksia kerrostalojen korjauksessa. Kerrostalojen korjauksella saadaan niiden rakenteet nykyajan rakennusmääräysten mukaisiksi ja energiatehokkaammiksi. Lisäkerrosrakentamisella on tarkoitus pyrkiä säilyttämään lähiöiden asukasmäärät ja nostamaan talon arvoa sekä samalla hillitsemään yhdyskuntarakenteen jatkuvaa laajenemista.

Toiminnallisessa osuudessa on suunniteltu mallikuvat, joiden avulla voisi toteuttaa kohteen peruskorjauksen Joensuun Rantakylässä. Samaan aikaan on myös tehty vertailua kosteuden tiivistymisestä ja mikrobikasvuston muodostumisesta kahden eri ulkoseinärakenteen välillä. Apuna vertailussa on käytetty Excel-taulukkoa ja WUFI 5.1 pro -ohjelmaa.

Kieli

suomi

Sivuja 46

Liitteet 13

Asiasanat

Lähiöiden saneeraus, julkisivun korjaus, lisäkerrosrakentaminen, puurakentaminen



THESIS
October 2015
Degree programme in Civil Engineering
Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author (s)
Juuso Suhonen

Title
RENOVATION OF CONCRETE APARTMENT HOUSE FACADE AND BUILDING
ADDITIONAL FLOORS WITH WOODEN ELEMENTS
Commissioned by
Karelia university of applied sciences

Abstract

The aim of this functional thesis was to introduce the renovation of an apartment block built in the 1960s and building of additional floors by using light structured wooden elements. Thesis presents the need of renovation in suburbs and opportunities offered by wood construction in the renovation of apartment houses. By renovating apartment houses, their structures can be made more energy efficient and brought up-to-date with the modern building regulations. By building additional floors, the goal is to try to maintain the number of inhabitants in suburbs, raising building value and also at the same time control the continuous expansion of community structures.

In the functional part of this thesis the design drawings for the target building in Rantakylä Joensuu, so that the renovation could be carried out. At the same time, it also made comparisons with condensation and the formation of microbial growth between the two external walls. As an aid in the comparison have been used in an Excel chart and WUFI 5.1 Pro software.

Language

Pages 46

Finnish

Appendices 13

Keywords

Suburb renovation, facade renovation, building additional floors, wood construction

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Taustaa työlle	6
1.2	Lähtökohta ja tavoitteet.....	6
1.3	Työn rajaus.....	7
2	Opinnäytetyössä esiintyvä termistö.....	8
3	Puun mahdollisuudet kerrostalojen korjauksessa	11
3.1	1960- ja 1970-luvulla tehtyjen kerrostalojen korjaustarve ja käytetyt korjausmenetelmät	11
3.2	Puu ulkoseinärakenteen materiaalina	13
3.2.1	TES- menetelmä.....	14
3.2.2	CLT (cross laminated timber).....	16
3.2.3	Puujulkisivut.....	18
3.2.4	Julkisivun paloturvallisuus.....	19
3.3	Ratkaisut lisäkerrosten rakentamiseen	22
3.3.1	Lisäkerrosten rakentaminen suurelementeillä	23
3.3.2	Lisäkerrosten rakentaminen tilaelementeillä	24
4	Mallikohteen ratkaisut	26
4.1	Kohteen tiedot.....	26
4.1.1	Kerrostalon rakenteet	28
4.2	Ulkoseinärakenteen määrittäminen	29
4.3	Ulkoseinärakenteen valinta.....	31
4.3.1	Diffuusion kondenssia kuvaava Excel-taulukko	31
4.3.2	WUFI 5.1 Pro.....	32
4.3.3	Perustelut rakennetyypin valinnalle	35
4.4	Uudet rakenteet ja liitokset.....	36
4.4.1	Yläpohja.....	36
4.4.2	Ulkoseinät	37
4.4.3	Välipohjat.....	38
4.4.4	Väliseinät	40
4.4.5	Tilaelementin ja vanhan yläpohjalaatan liitos.....	40
4.4.6	Uuden ulkoseinäelementin ja vanhan perusmuurin liitos	41

4.4.7 Tilaelementit ja muut rakenteet.....	42
5 Pohdinta.....	43
Lähteet.....	45

Liitteet

Liite 1	Ulkoseinärakenteen U-arvo laskenta
Liite 2	Ulkoseinärakenteen U-arvo laskenta
Liite 3	Ulkoseinärakenteen U-arvon laskenta, lisäeristeen määrä
Liite 4	Diffuusion kondenssia kuvaava Excel-taulukko, vaihtoehto 1
Liite 5	Diffuusion kondenssia kuvaava Excel-taulukko, vaihtoehto 2
Liite 6	Vanhan pohjan rakennekuva 2-3 kerros.
Liite 7	Pohjakuva 4-5 krs.
Liite 8	Julkisivu pohjoiseen
Liite 9	Julkisivu etelään
Liite 10	Julkisivu itään
Liite 11	Julkisivu länteen
Liite 12	Leikkaus rakennuksesta
Liite 13	Pohjakuva: Palkkiarina
Liite 14	Pohjakuva 4-5 krs. (hissin vaihtoehtoinen toteutus)

1 Johdanto

1.1 Taustaa työlle

Suomessa 1960- ja 1970-luvulla rakennetut betonikerrostalot ovat tulossa peruskorjausikään ja niiden arvioitu määrä on jo noin 570 000. Rakennusten iän vuoksi ne vaativat perusteellisen korjaamisen niin sisältä kuin ulkoakin. Huhtikuussa 2011 uudistuneet palomääräykset mahdollistavat rakennusten ulkoseinien korjaamisen ja lisäeristämisen käyttäen keveitä puurunkoisia rakenteita sekä keveiden puurakenteisten lisäkerrosten rakentamisen asuinkerrostaloihin. Näillä toimilla pyritään parantamaan talojen energiatehokkuutta, hillitsemään yhdyskuntarakenteen jatkuvaa laajenemista sekä säilyttämään lähiöiden asukasmäärät. (Koiso-Kanttila, 2011, 6.)

1.2 Lähtökohta ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö käsittelee 1960-luvun lopulla rakennetun betonirakenteisen kerrostalon julkisivun uusimista betonirakenteisesta puurakenteiseen ja kahden lisäkerroksen rakentamista vanhan rakennuksen päälle. Opinnäytetyön aihe tuli Karelia ammattikorkeakoulun tuntiopettaja Timo Pakariselta, jolle lehtori Petteri Härkönen ehdotti minua työn tekijäksi. Ohjauksesta vastasivat Timo Pakarinen ja Petteri Härkönen. Lähtökohtana oli, että rakenteen julkisivun korjaus ja uusiminen suoritettaisiin lisäeristetyllä ja puuverhotulla elementillä ja lisäkerrokset sekä yläpohja tehtäisiin CLT-tilaelementeillä (cross laminated timber). Työn tavoitteena oli suunnitella malliratkaisu, jolla edellä mainittu projekti voidaan toteuttaa.

1.3 Työn rajaus

Oman työni rinnalla Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Santeri Leskinen ja Mika Kinnunen tekevät myös samasta kohteesta omaa opinnäytetyötään. Aiheet on rajattu niin, että minulle kuuluu uusien rakenteiden suunnittelu ja heille taas vanhan rakennuksen kuntoarviointi ja kohteen kustannuslaskenta

2 Opinnäytetyössä esiintyvä termistö

D-s2, d2: ”Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen ja sen leviämiseen sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Opastavissa tiedoissa on taulukko, jossa olevien rakennustarvikkeiden voidaan yleensä katsoa kuuluvan luokkiin A1 ja A1FL ilman testausta ja erillistä luokitusta. Taulukko perustuu EU:n komission päätöksiin 96/603/EY, 2000/605/EY ja 2003/424/EY. Rakennustarvikkeiden luokat lukuun ottamatta lattia-päälysteitä kuvataan merkinnöillä: A1, A2, B, C, D, E, F. Savun tuotto ja palava pisarointi ilmaistaan lisämääreillä s ja d. Savun tuoton luokitus on s1, s2, s3 ja palavan pisaroinnin d0, d1, d2.” (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011 -asetus)

Selostus

- A1** *Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.*
- A2** *Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.*
- B** *Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.*
- C** *Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.*
- D** *Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.*
- E** *Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.*
- F** *Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.*

- s1** *Savuntuotto on erittäin vähäistä.*
- s2** *Savuntuotto on vähäistä.*
- s3** *Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.*

- d0** *Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.*
- d1** *Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.*
- d2** *Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.*

Luettelo 1 RakMK E1, rakennustarvikkeiden paloluokitus

EI30 -rakenne: Kantavat ja osastoivat rakennusosat luokitellaan niiden palonkestävyyden perusteella.

Seuraavat merkinnät kuvaavat rakennusosiin kohdistuvia vaatimuksia:

R kantavuus,

E tiiviys,

EI tiiviys ja eristävyys,

EI₁ tai **EI₂** tiiviys ja eristävyys:

Palonkestävyysaika ilmoitetaan seuraavien merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen minuutteina: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240 yhdellä edeltävistä luvuista. Rakennusosan paloluokka on näistä koostuva merkintä. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011 -asetus)

Hormivaikutus(Savupiippuilmio): Konvektiovirtauksen on todettu lisääntyvän mineraalivillalla eristettyjen seinien sisällä sitä mukaa kun seiniä paksunnetaan ja niiden korkeutta kasvatetaan. (Tolppanen, Karjalainen, Lahtela & Viljakainen, 2013, 59.)

Kyllästyskosteus: Kastepisteessä ilma voi sisältää tietyn määrän vesihöyryä tietyssä lämpötilassa. Kyllästyskosteudeksi kutsutaan tätä vesihöyry- eli kosteusmäärää (Björkholtz, 1997, 43.)

Lämmönjohtavuus: λ , W/(m · K) Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen” (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C4, 2003, 3.)

Puskuliitos: Puskuliitos on heikoin ja alkeellisin liitostapa. Puskuliitoksessa liitetään liitoskappaleen pääty suoraan vastakappaleen pintaan. Liittäminen voidaan tehdä naulaamalla tai metallisella reikälevyllä. (Puuproffa)

P2 – luokan rakennus: Rakennukset jaetaan kolmeen paloluokittain:

P1, P2 ja P3. Kantavien rakenteiden vaatimukset P2 paloluokkaan kuuluvilla rakenteilla voivat olla paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Asettamalla erityisesti vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille saavutetaan riittävä turvallisuustaso. Rakennuksen käyttöta-

vasta riippuen on asetettu rajoituksia niin rakennuksen koosta kuin henkilömäärästäkin. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011 – asetus)

Suhteellinen kosteus:” RH ilmoittaa %-lukuna paljonko kyseisen ilman sisältämä kosteus on sen kyllästyskosteudesta.” (Björkholtz, 1997, 45.)

U-arvo: ” *Lämmönläpäisykertoimella U* tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään $W/(m_2K)$ ” (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C4, 2003, 3.)

Vesihöyryn diffuusio: ”Tarkoittaa kaasuseoksessa (esim. ilma) vakio kokonaispaineessa tapahtuvaa vesihöyrymolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrypitoisuus- tai höyryn osapaine-eroja” (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2, 1998, 2.)

Vesihöyryn konvektio: ”Tarkoittaa kaasuseoksen (esim. ilma) sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkeessä kokonaispaine-eron vaikutuksesta” (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2, 1998, 2.)

Vesihöyrynvastus: ”Ilmoittaa tasapaksun ainekerroksen tai tällaisista muodostuvan tasapaksun kerroksellisen rakenteen pinnoilla eri puolilla vallitsevien vesihöyrypitoisuuksien tai vesihöyryn osapaineiden eron ja ainekerroksen tai rakenteen läpi jatkuvuustilassa pinta-alayksikköä kohti diffusoituvan vesihöyryvirran suhteen.” (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2, 1998, 2.)

3 Puun mahdollisuudet kerrostalojen korjauksessa

3.1 1960- ja 1970-luvulla tehtyjen kerrostalojen korjaustarve ja käytetyt korjausmenetelmät

Suurin Suomessa tehty rakentamisen ponnistus on 1960–1970-luvuilla rakennetut lähiöt. Nämä betonikerrostalot ovat nyt siinä vaiheessa elinkaartaan, että ne vaativat peruskorjausta. Ikänsä vuoksi ne vaativat suuria korjauksia niin sisältä kuin ulkoakin. Korjauksia on jo tehty aikaisemmin näihin lähiöihin, mutta ne ovat olleet vain osittaisia eivätkä ole kohdistuneet koko olemassa olevaan kerrostalokantaan. Nämä korjaukset ovat koskeneet esimerkiksi parvekkeiden korjausta ja uusimista, vedeneristysten uusimista ja ulkoseinien pinnan ja saumauksien uusimista. (Koiso-Kanttila, 2011, 6.)

Tyypillisimpiä laadullisia ongelmia tuon ajan kerrostaloissa ovat muun muassa huonokuntoiset betonisandwich-elementtiset (betoni-eriste-betoni -elementti) ulkoseinät. Sandwich-elementtien betoninlaadun ja raudoituksien sekä elementtien ansaiden ja kiinnikkeiden puutteet ja kosteusvauriot ovat tyypillisiä ongelmia tuon ajan lähiökerrostaloille. Nämä kerrostalot eivät ole myöskään energiatehokkaita ja usein seinissä on lämmöneristettä vain 80–120 millimetriä. Ulkoseinärakenteet ovat usein myös ilmatiiveydeltään huonoja. Edellä mainittuja ongelmia on myös niin ikkunoissa kuin ovissakin, joista johtuvat rakennusten lämpövuodot ja vetoisuus. Vesikatot, saumat, ikkunat ja parvekkeet ovat usein korjauksen tai uusimisen tarpeessa. Näillä aikakausilla tehdyistä kerrostaloista löytyy usein myös esteettömyysongelmia, esimerkiksi niistä usein puuttuu hissi. Ne ovat myös arkkitehtuurisesti yksitoikkoisia ja visuaalisesti köyhiä. (Tolppanen ym., 2013, 97–110.)

Kerrostalojen peruskorjaustarpeeseen ja alueiden eheyttämiseen liittyy myös positiivisia puolia, sillä lähiöiden sijainti kaupunkirakenteessa on usein keskeinen ja täydennysrakentamisen mahdollistaa väljästi rakennettu miljöö. Rakennuksilla on yleensä tukeva runko ja asunnot ja huoneistot ovat mitoitukseltaan

reiluja. Lähiössä ei usein ole suojeltuja tai muuten arvokkaita kohteita, joten suuriakin muutoksia on mahdollista tehdä. (Tolppanen ym., 2013, 97–110.)

Tehokkaimmiksi asuinrakennuksen energiataloutta parantaviksi toimenpiteiksi on havaittu yläpohjan ja ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen ja ilmatiiveyden parantaminen. Muita toimenpiteitä ovat muun muassa ikkunoiden ja ovien uusiminen nykyisten vaatimuksien mukaisiksi, lämmitysjärjestelmän uusiminen ja lämmön talteenotolla varustetun tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmän rakentaminen asuntokohtaiseksi. Näillä toimenpiteillä on mahdollista päästä periaatteessa nollaenergiatasolle lisäämällä taloon energiakorjauksen lisäksi esimerkiksi aurinkokeräimiä tai pientuulivoimalan. Jo suhteellisen pienilläkin investoinneilla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä rakennuksen vuotuisissa käyttökustannuksissa. (Tolppanen ym., 2013, 97–110.)

Vuoden 2011 huhtikuussa voimaan tulleiden uusien palomääräysten myötä lähiöiden korjausrakentaminen muuttui oleellisesti. Nämä määräykset mahdollistavat kerrostalojen lisäeristämisen keveillä puurunkoisilla elementeillä ja keveiden puurunkoisten lisäkerroksien rakentamisen. Yhdyskuntarakenteen jatkuva leviäminen oli perusteena määräyksien muuttumiselle sekä halu säilyttää lähiöiden asukasmäärät niiden palveluiden ja haluttavuuden takia. (Koiso-Kanttila, 2011, 6.)

”Suomen rakentamismääräys-kokoelman osa ”E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011” luo puun käytölle useita merkittäviä uusia mahdollisuuksia uudis- ja korjausrakentamisessa” (Puuinfo, 2011.) Suomen palomääräykset tulevat muutosten myötä lähemmäksi kansainvälisiä käytäntöjä ja mahdollistavat kilpailukykyisen puurakentamisen. Taulukoihin ja lukuarvoihin perustuneet määräykset uusissa määräyksissä muuttuvat niin, että puun käyttö tulee mahdolliseksi aikaisempaa useammassa tilanteissa. Eri materiaaleihin kohdistuvia määräyksiä myös yhdenmukaistetaan. Nykyisillä määräyksillä käytännössä puurunkoisten ja puulla verhottujen kerrostalojen rakentaminen mahdollistuu taulukkomitoitusta käyttäen kahdeksaan kerrokseen asti. Kerrostalot tulee varustaa taulukkomitoitusta käytettäessä automaattisella sammutusjärjestelmällä. 3-4 kerroksisissa rakennuksissa rakenteet tulee verhota 10 minuutin

suojaverhouksella, kun taas 5-8 kerroksiset rakenteet 30 minuutin suojaverhouksella. Uusi määräys mahdollistaa, että puuta voidaan käyttää sisäpinnoissa, kun rakennus on varustettu automaattisella sammutusjärjestelmällä. (Puuinfo, 2011.)

Ilman automaattista sammutusjärjestelmää enintään 4-kerroksisessa betonirunkoisessa talossa voidaan käyttää puuta ulkoverhouksen materiaalina. Automaattista sammutusjärjestelmää ei myöskään tarvita, jos halutaan rakentaa enintään 7-kerroksiseen betonikerrostaloon puusta tehty lisäkerros. (Puuinfo, 2011.)

3.2 Puu ulkoseinärakenteen materiaalina

Puun käyttö lähiöiden korjauksessa mahdollistaa vaipan energiatehokkuuden parantamisen ja uuden ilmeen rakennukselle julkisivumuutoksilla. Puurakenteilla on korkea esivalmistusaste ja niiden rakentaminen tapahtuu nopeasti. Hiilijalanjälki on myös muihin yleisiin materiaaleihin verrattuna selvästi pienempi, minkä takia se on hyvä valinta kestävän kehityksen kannalta. (Tolppanen ym., 2013, 97- 110.)

Seinän runkoratkaisut vaikuttavat oleellisesti lämmöneristykseen ja lämmöneristystyön tekemiseen ulkoseinässä. Yhtenäisesti asennettu mineraalivillatuulen suoja on käyttökelpoinen ratkaisu, kun sisäpuolinen levytys riittää seinärungon jäykistykseksi. Ilma- ja lämmöneristyksen tiiveyden kannalta ristirunkoiset ulkoseinärakenteet toimivat hyvin. Sisäpuolisen ristikoolauksen ansiosta ilman- ja höyrynsulku ei ole altis reikiintymiselle, koska se pystytään sijoittamaan ulomas seinään. Tämä mahdollistaa sähköasennuksien upottamisen ja samalla ristikoolauksella ja eristämällä kantava runko on paremmin suojassa mahdollisessa palotilanteessa. (Tolppanen ym., 2013, 56.)

Nykyisin on hyvä kiinnittää huomiota voimassa olevien energiatehokkuusmääräysten ja rakenteiden eristekerroksien paksuuksien takia myös rakenteiden ilmatiiveyteen. Rakenne on suunniteltava niin, että ulkovaipan sisäpinta on riittä-

vän tiivis, koska ulkoseinärakenteisiin tiivistyvä kosteus johtuu suurimmaksi osin ilmapuodoista kuin diffuusion vaikutuksesta. Ulkovaipan huono ilmanpitävyys tekee rakennuksesta epäviihtyisän ja vetoisan asua. (Tolppanen ym., 2013, 58.)

Puutaloihin suunnitellaan aina riittävä ilman- ja höyrynsulkukerros. Asennusvaiheessa on huomioitava, että liittymäkohdat limitetään huolellisesti. Hyvä ilmatiiveys rakennuksessa mahdollistaa rakenteiden lämpö- ja kosteusfysikaalisen toimivuuden. Rakennuksen energiantalous paranee myös, koska ilmastointijärjestelmää pystytään käyttämään tehokkaasti ilman haitallisia ilmapuotoja. Ulkoseinän lämmöneristävyys alkaa heikentyä sisäisen konvektiovirtauksen myötä, kun eristepaksuus seinässä kasvaa yli 200 millimetriin. Ulkoseinän yläosassa olevaan lämmöneristykseen ulkopintaan voi lisäksi pystysuuntaisen konvektiovirtauksen takia tiivistyä kosteutta. (Tolppanen ym., 2013, 59.)

Ulkoseinien katkaisu kerroksittain välipohjien kohdalla poistaa kuitenkin sekä hormivaikutuksen kuin sisäisen konvektion. Vähintään yhdellä konvektiokatkolla olisi hyvä jakaa myös pystysuunnassa ulkoseinien lämmöneriste. Konvektiokatkon materiaaliksi sopii hyvin ilmatiivis, mutta vesihöyryä läpäisevä materiaali esimerkiksi rakennuspaperi. (Tolppanen ym., 2013, 59.)

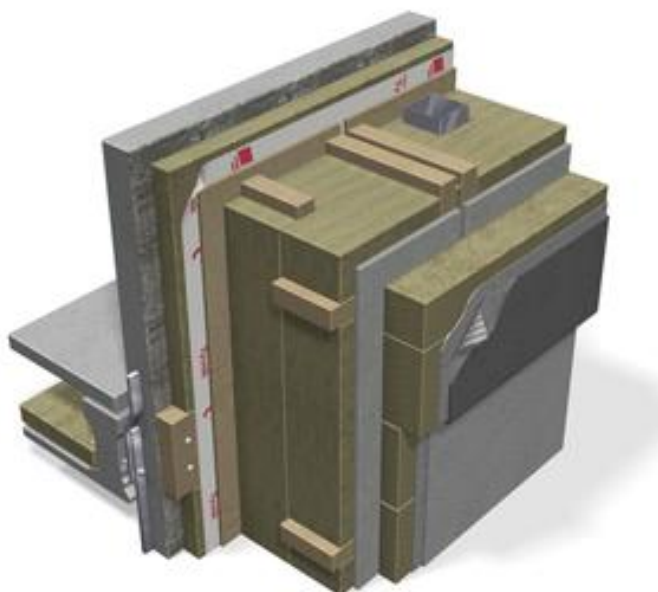
3.2.1 TES- menetelmä

Teknillisen korkeakoulun tutkijat toteuttivat saksalaisten ja norjalaisten yhteistyökumppanien kanssa vuosina 2008–2009 tutkimushankkeen Timberbased element systems for improving the energy efficiency of the building envelope (TES Energy Facade). Tutkimushankkeella pyrittiin kehittämään Euroopan laajuisesti sovellettavissa oleva, puurunkoisiin suurelementteihin perustuva julkisivujen korjausmenetelmä. Korjausmenetelmällä pyritään parantamaan huomattavasti rakennusten energiantehokkuutta (Teknillisen korkeakoulun tutkimusryhmä 2009, 5.)

TES-menetelmää käytetään parantamaan asuinrakennusten energiatehokkuutta ja asumisviihtyvyyttä, parantamalla rakennuksen julkisivujen ilmanpitävyyttä ja arkkitehtonista laatua hyödyntämällä puurunkoisia julkisivuelementtejä. Ele-

menttien asennus tapahtuu vanhan julkisivun päälle tai puretun, ei-kantavan julkisivun paikalle (Teknillisen korkeakoulun tutkimusryhmä, 2009, 5.)

Puurunkoinen TES-elementti sisältää seuraavat rakennekerrokset: Kokoonpuristuva tasausvilla, rakennuslevy, ilmansulku, lämmöneriste, ja runko, tuulen- suoja, ulkoverhous. Itsekantavan puurungon takia saneerattavan kohteen julkisivuja voidaan uudistaa muuttamalla rakennuksen julkisivun materiaaleja, aukotusta tai parvekkeita. (kuva 2) TES-elementissä käytettävien A2, s1-d0 luokan materiaalien vuoksi rakenne täyttää paloturvallisuusvaatimukset (Teknillisen korkeakoulun tutkimusryhmä, 2009, 5.)



Kuva 2 TES -elementin leikkaus, Paroc Oy AB



Kuva 3 TES-elementin asennus, Paroc Oy AB

3.2.2 CLT (cross laminated timber)

CLT on ristiinlaminoitua massiivipuulevyä, joka koostuu ristikkäin liimatuista lamelli- eli puulevykerroksista. Eripaksuisia kerroksia on vaatimuksista riippuen 3, 5, 7 tai 8. CLT:n liimaukseen käytetään formaldehydittömiä liimoja. Stora Enso valmistaa CLT-levyjä suurina 2,95x16 metrin kokoisina levyinä, jonka ansiosta rakentaminen nopeutuu ja samalla puskuliitosten määrä vähenee. Stora Enso CLT-levyt ovat maksimissaan 400 millimetrin paksuisia. (Stora Enso, 2015, CLT image brochure.)

CLT on monipuolinen materiaali, jota voidaan käyttää yhdessä monien muiden rakennusmateriaalien kanssa. CLT:tä voidaan käyttää seinien, kattojen ja välipohjien runkomateriaalina. Puulevyä voidaan työstää arkkitehdin vaatimuksien mukaisiksi millin tarkasti. Valmiit elementit ovat kohteeseen räätälöityjä ja ne pystytään valmistamaan asennusvalmiiksi tehtaalla kuivissa olosuhteissa. Pää-

asiallisia CLT:n käyttökohteita ovat pientalot, kerrostalot, urheilu- ja teollisuushallit, koulut, päiväkodit ja kauppakeskukset (Stora Enso, 2015, CLT image brochure)

CLT-levyillä on hyvä rakenteellinen lujuus. CLT-levyn ristikkäin liimatut lamelli eli puulevykerrokset jakavat kuormat kahteen suuntaan. CLT -rakenteista taloa ei tarvitse erikseen jäykistää sillä CLT-levyt toimivat osana talon kokonaisjäykistämistä. (Stora Enso, 2015, CLT image brochure.)

CLT-levyn lamellien syrjäliimaus mahdollistaa, että erillistä ilman- ja höyrynsulkuu ei tarvita. CLT-levy toimii itse eristävänä materiaalina jolloin lämmöneristettä ei tarvitse käyttää rakenteessa yhtä paljon kuin muissa runkovaihtoehdoissa. Rakenteen käyttö mahdollistaa myös joustavan aukotuksen seinissä ja välipohjissa sekä ulokerakenteet. Ulkoseinärakenteissa on yleensä 3 tai 5 kerroksinen CLT-levy, joka toimii kantavana rakenteena ja samalla talon jäykistävänä osana. Kantavana rakenteena toimiva CLT-levy voidaan tilanteesta riippuen jättää näkyviin tai peittää. Useimmissa tapauksissa suojalevytys tulee kuitenkin asentaa palomääräyksien ja ääniteknisten seikkojen takia. Jos CLT-levy halutaan jättää näkyviin, voidaan se tapauskohtaisesti jättää pois käyttämällä kohteessa toiminnallista palomitoitusta. (Tolppanen ym., 2013, 45.)



Kuva 4 CLT-levy, Stora Enso, CLT info

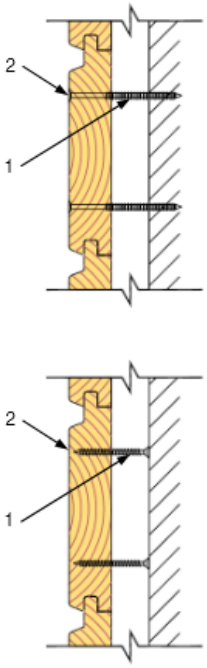
3.2.3 Puujulkisivut

Puujulkisivu, joka on hyvin suunniteltu ja huollettu, kestää vuosikymmeniä. Käytettäessä puuta rakennusmateriaalina on tunnettava sen biologiset ja fysikaaliset perusominaisuudet sekä puisten rakennusosien käyttäytyminen erilaisissa olosuhteissa. Puu tulee suojata vaurioitumiselta ja sen voi hoitaa ensisijaisesti rakenteellisin keinoin kuin myös käyttämällä oikeanlaatuista ja –lujuista puuta oikeassa paikassa. Puurakennuksien julkisivut tulee suojata riittävin rakenteellisin keinoin kosteudelta ja sään vaikutuksilta. Näin ollen rakennuksen ulkoverhous tulisi olla vähintään puoli metriä maan pinnan yläpuolella. Katoissa tulisi olla reilu kallistus ja niihin tulisi asentaa ulkopuolinen vedenpoisto. Räystääiden tulisi olla vähintään 600 millimetriä leveitä ja parvekkeet sekä terassit tulisi myös suojata käyttäen riittäviä katoksia. (Tolppanen ym., 2013, 76.)

Julkisivussa tulisi välttää veden tai lumen kertymiselle alttiita vaakapintoja. Vaakapintoja tehtäessä ne tulisi toteuttaa niin, että lumi ja vesi eivät jää seisomaan pinnalle eivätkä imeytymään puun pintaan. Julkisivujen ulokkeisiin ja ulkoverhoksiin tulee niiden alapäihin asentaa tippanokka. Vesipeltejä tulee käyttää myös ulkoverhouksen alapäissä sekä ikkunoiden kohdalla. Julkisivuverhouksen tuulettuminen tulee aina mahdollistaa, jotta sen kuivuminen mahdollistuu kostumisen jälkeen. Tukevalla kiinnitysalustalla vältetään puuverhouksen haitallinen vääntyileminen. Parhaimpaan lopputulokseen päästään käyttämällä kiinnitysalustaa, joka on kaksi kertaa ulkoverhouslaudan paksuinen. Puun halkeilun ja vääntyilyn välttämiseksi on suositeltavaa käyttää aina 28 millimetriä paksua lautaa tai paneelia puujulkisivun materiaalina. Puun laatuun tulee myös kiinnittää huomiota julkisivuverhouksissa. Hyviä vaihtoehtoja ovat kuusen tai männyn sydänpuu. (Tolppanen ym., 2013, 78–79.)

Julkisivuverhousta kiinnityksessä tulee käyttää ruostumattomia tai kuumasinkittyjä kiinnikkeitä. Parhaaseen lopputulokseen päästään käyttämällä valmiita julkisivuelementtejä, joissa ulkoverhouslaudan kiinnitys tehdään niiden taustalta. Laudoitus tulisi suunnitella niin, että sitä ei jouduta jatkamaan, koska vaurioituminen alkaa usein juuri jatkoskohdista. Jatkoksia käytettäessä ne tulisi aina

pontata ja tehtaalla tehdyt sormijatkokset ovat suositeltavin ratkaisu. (Tolppanen ym., 2013, 80.)

KIINNITYS	TEKIJÄ	PERUSVAATIMUS	PERUSVAATIMUSTA PAREMPI
	1. Liittimen tyyppi	• Taysikantainen kuumasinkitty naula	• Taysikantainen kuumasinkitty kampa- / kierrenaula tai ruuvi (RST)
	2. Liittimen kanta	• Tasan puun pinnan kanssa	• Kiinnitys ulkoverhouslaudan taustalta (elementointi)
<p>MUUTA HUOMIOITAVAA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementoitaessa julkisivut, voidaan ulkoverhouslaudat kiinnittää kiinnityskoolaukseen ruuveilla tuuletusraon puolelta, jolloin vältetään rikkomasta ulkoverhouslautojen pintaa. 			

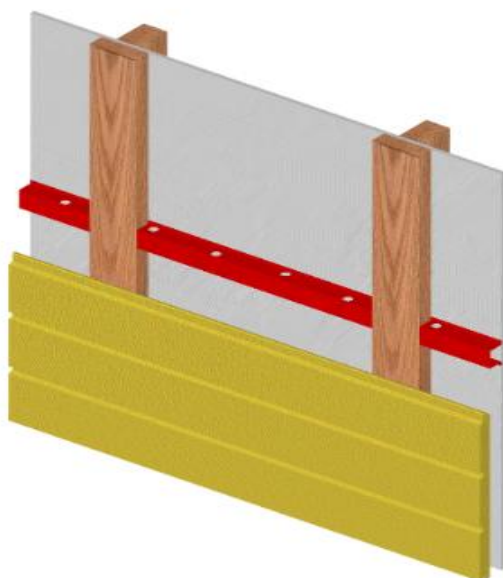
Kuva 5 Ulkoverhouslaudan kiinnitys taustalta, Puuinfo, Pitkäaikainen puujulkisivu, 2012

3.2.4 Julkisivun paloturvallisuus

Lähiökerrostaloissa palokatkoilla voidaan kompensoida puujulkisivusta johtuvia teoreettisia heikennyksiä paloturvallisuuteen. On suositeltavaa, että puujulkisivujen asennuksen yhteydessä myös räystäsrakenteet tehdään paloa pidättäviksi. Betonirakenteisissa P1-luokan lähiökerrostaloissa on yleensä tasakatto yläpohjarakenteena. Tasakatto muutetaan usein talon julkisivua uudistettaessa harjakatoksi, jolloin yläpohjaan syntyy ontelo. Julkisivupalon yhteydessä on mahdollista, että palo leviää onteloon. Betonisen yläpohjarakenteen ansiosta ei palo aiheuta vaaraa talon asukkaille, mutta omaisuusvahinkojen ja pelastushenkilökunnan työturvallisuuden parantamiseksi on kannattavaa pyrkiä estämään palon leviäminen yläpohjan onteloon. (Viljakainen, 2005, 21.)

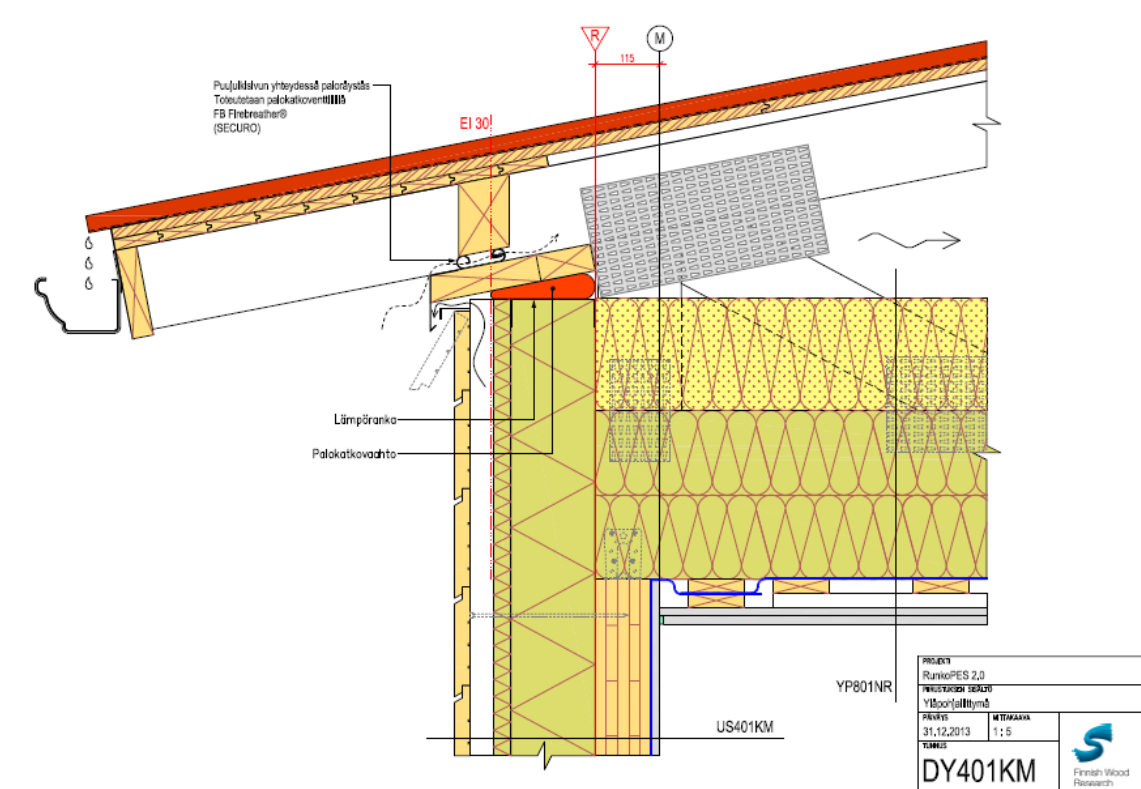
Palo etenee julkisivupalossa niin puujulkisivun pinnalla ja tuuletusraossa. Nopeammin palo etenee kuitenkin tuuletusraossa ja hormivaikutuksen ansioista palo voi levitä suoraan räystäälle asti, jonka takia juuri tuuletusrakoon tulee asentaa palokatkot. Lyhyellä peltistalla kerroksittain katkaistu ulkoverhous on polttokokeiden perusteella huonompi ratkaisu kuin yhtenäinen palokatkoilla varustettu ulkoverhous. ”Tämä johtuu siitä, että julkisivun pinnalla etenevä palo pystyy kiertämään lyhyen palokatkon ja sen kohdalla katkaistu ulkoverhous mahdollistaa tuuletusraossa etenevälle palolle lisähapen saannin”. (Viljakainen, 2005, 22.)

Ulkoverhouksen tuuletusraossa voidaan palokatkoina käyttää katkoja, jotka hidastavat palon leviämistä, mutta eivät estä ulkoverhouksen taustan tuulettumista. Palkokatkoiksi sopivat esimerkiksi teräsreikäprofiilit, joiden toimivuus perustuu savun poistumisen hidastamiseen ja näin tulen hapen saanti vähenee. Jokaisesta kerrosta kohti tulee asentaa yksi palokatko vaakasuunnassa ja sen sijainti kerroksen korkeudella voidaan valita vapaasti. Palon leviäminen tulee estää myös vaakasuunnassa. Ulkoverhouksen kiinnityskoolausta voidaan hyödyntää pystysuuntaisina palokatkoina. Julkisivupalon leviäminen estetään näin sekä pysty- että vaakasuunnassa. (Tolppanen ym., 2013, 154.)

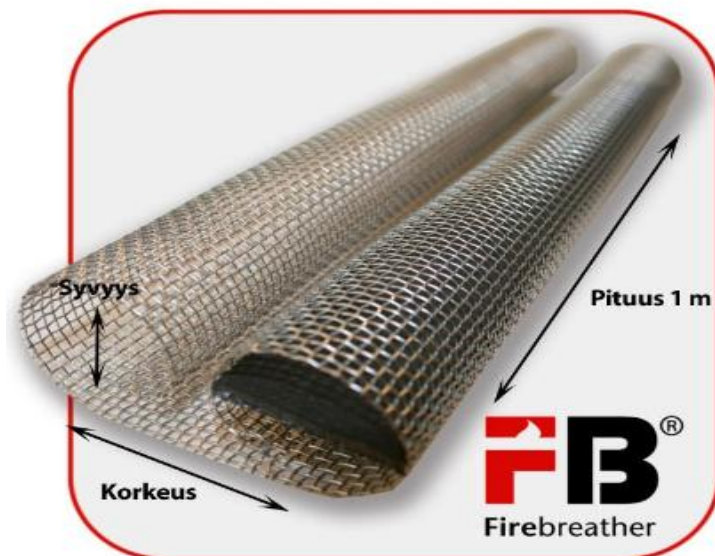


Kuva 6 Palokatko- ja kiinnityskoolausrakenne, Puuinfo, 2011

Osastoivaa räystästä tulee käyttää yli kaksikerroksisessa P2-luokan rakennuksessa, kun julkisivu on tehty D-s2, d2 luokan rakennustarvikkeista, koska julkisivupalon leviäminen tulee estää yläpohjaan ja sen onteloon EI 30 -rakenteella. Suunnittelussa on otettava huomioon palo- ja kosteustekninen yhteen toimivuus. Tämä koskee normaalisti sivuräystäitä, sillä tuuletuksen tuloilma yläpohjassa otetaan sivuräystäiltä. Perinteinen aluskate ruoteineen ei ole mahdollinen, joten vesikatteen alusrakenteena tulee käyttää levytystä. Vaneri sopii tilanteeseen parhaiten, koska vaneri pystyy samalla ottamaan vastaan kuormia, toimimaan vesikatteen kiinnitysalustana, sivuttaistuentarakenteena ja yläpohjan jäykistävänä rakenteena. Julkisivusta palon leviäminen yläpohjaan voidaan estää myös käyttämällä palokatkoventtiiliä, joka estää palon leviämisen, mutta mahdollistaa tuuletusilman läpipääsyn. (Tolppanen ym., 2013, 155–156.)



Kuva 7 Paloräystä, Runkopes 2.0, 2013b



Kuva 8 Firebreather-räystääsventtiili, Securo AS, 2007

3.3 Ratkaisut lisäkerrosten rakentamiseen

Taloyhtiöiden peruskorjausten rahoitustarpeen myötä lisäkerrosrakentaminen puurakenteisilla suurelementeillä vanhoihin kerrostaloihin on yleistymässä. Taloyhtiöiden linjasaneerauksen tai julkisivu- ja energiatehokkuuskorjauksen kustannukset rahoitetaan usein juuri lisäkerrosrakentamisella. Kaupungit ovat suhtautuneet pääasiallisesti positiivisesti hankkeeseen sillä se lisää alueella asuntotarjontaa kuin myös tiivistää kaupunkirakennetta. (Puuinfo, 2014.)

Vuoden 2011 huhtikuussa voimaan tulleiden uusien palomääräysten myötä lähiöiden korjausrakentaminen muuttui oleellisesti. Nämä määräykset mahdollistavat keveiden puurakenteisten lisäkerrosten rakentamisen kerrostaloihin. Yhdyskuntarakenteen jatkuva leviäminen oli perusteena määräyksien muuttumiselle sekä halu säilyttää lähiöiden asukasmäärät niiden palveluiden ja haluttavuuden takia. (Koiso-Kanttila, 2011, 6.)

Enintään seitsenkerroksiseen kivrunkoiseen rakennuksen päälle rakennettava yksi lisäkerros ei edellytä automaattista sammutusjärjestelmää. Puuta voidaan käyttää lisäkerroksessa niin kantavissa rakenteissa kuin julkisivussakin tosin ei

porrashuoneissa. Rakennettaessa lisäkerroksia useampia kuin yksi tulee kerrostalossa käyttää 3-8-kerroksisen puukerrostalon rakenteita. Useampia lisäkerroksia rakennettaessa tulee koko talo varustaa automaattisella sammutusjärjestelmällä. (Tolppanen ym., 2013, 108.)

Niin lisäkerrosrakentamisessa kuin kattorakenteissa ja kattomuodon muutoksissa puu on keveytensä vuoksi huomioitava vaihtoehto. Ilman rakenteiden vahvistamista voidaan usein peruskerrostaloa korottaa kaksi kerrosta. Edellä mainituilla toimenpiteillä pystytään parantamaan kerrostalon arkkitehtonista ilmettä huomattavasti. Julkisivuremontti ja mahdollinen hissien lisäys taloon voidaan myös osittain rahoittaa rakentamalla lisäkerroksia. (Tolppanen ym., 2013, 109.)

Lisäkerrosrakentamiseen voidaan samalla yhdistää julkisivukorjaus ja ne voidaan toteuttaa saman aikaan. Näin lisäkerrosrakentamisesta muodostuu eräänlainen ansaintamenettely, joka samalla rahoittaa julkisivukorjausurakkaa ja mahdollisia muita korjausta vaativia kohteita talossa. (Puuinfo, 2014.)

3.3.1 Lisäkerrosten rakentaminen suurelementeillä

Vanhan yläpohjarakenteen purkaminen on ensimmäinen vaihe lisäkerrosrakentamisessa. Yläpohjarakenne puretaan niin että vanha betoninen yläpohjalaatta jää paikalleen. Yläpohjalaattaan tehdään tarvittavat aukot kuten porrashuoneen aukko ja ne tuetaan asianmukaisesti lisätuilla. Lisäkerroksen ja vanhan ylimmän kerroksen välipohjaksi muodostuu vanha yläpohjalaatta ja uusi korokelattia sekä runkopalkisto. Runkopalkiston ja vanhan yläpohjalaatan liittyminen tulee tutkia äänitekniikan kannalta. (Tolppanen ym., 2013, 109.)

Lisäkerroksien aiheuttamat kuormat tulee hallitusti siirtää vanhan rakenteen kantaville seinille esimerkiksi rakentamalla arinapalkisto. Arinapalkisto voidaan tehdä puu- tai teräspalkeista. Palkistolla pystytään tasaamaan yläpohjalaatan mahdolliset vinoudet ja epäsuoruudet ja samalla se mahdollistaa uudet poikittaisvedot horneille ja viemäreille mikäli ne eivät osu samalle kohdalle uudessa ja vanhassa rakenteessa. (Tolppanen ym., 2013, 109.)

Lisäkerrokset on mahdollista toteuttaa joko rankarunkoisena tai vaihtoehtoisesti CLT-runkoisena puuelementtinä. Puuelementit voivat olla tarvittaessa niin kantavia kuin ei-kantavia ja ne sijoitetaan vanhan betonirungon kantavien seinien kohdille. Lisäkerroksen ulkoseinissä tulee käyttää levyjäykisteitä lisäkerroksen stabiliteetin takia. Ranka- tai CLT-runkoisista puuelementeistä voidaan tehdä myös huoneistojen väliset seinät ja ne pyritään ulkoseinien tapaan sijoittamaan kantavien seinien kanssa samalle kohdalle. Huoneistojen välisten seinien levytyksiä pystytään hyödyntämään lisäkerroksen stabiliteettia suunniteltaessa. (Tolppanen ym., 2013, 109.)

Yläpohja voidaan myös toteuttaa puuelementtejä käyttäen jolloin se tuenta tapahtuu alapuolella oleviin kantaviin seiniin. Yläpohjaelementit tulee suunnitella siten, että ne eivät ole jatkuvia huoneistosta toiseen äänen sivutiesiirtymän takia. Yläpohjan ylä- tai alapintaan tulee lisäkerroksen stabiliteetin takia käyttää levytystä. Mahdollinen katon muodonmuutos pystytään tekemään muuttamalla kantavien seinien yläpään muotoja. CLT-levyistä on myös mahdollista tehdä yläpohjan kantava rakenne. Pelkästään yläpohjaelementin korkeutta muuntamalla voidaan yläpohjan U-arvoa muuttaa ja näin päästä helposti energiatehokkaampaan ratkaisuun. (Tolppanen ym., 2013, 110.)

3.3.2 Lisäkerrosten rakentaminen tilaelementeillä

Tilaelementtirakentaminen tarkoittaa rakentamista valmiista asunomoduuileista. Tilaelementit pystytään valmistamaan täysin sisätiloissa ja rakenne ei altistu sääoloille tai kosteudelle. Tehtaalla pystytään lisäämään elementtiin tarvittava talotekniikka, sprinklaus, ikkunat, ovet, sisäverhoilu sekä kylpyhuone ja keittiökaluksheet. Tehtaalta lähtiessä tilaelementti on täysin asennusvalmis. Asunnon koosta riippuen se voi koostua yhdestä tai useammasta tilaelementistä. Erillisiä kantavia rakenteita ei tarvita, koska tilaelementit ovat itsessään kantavia. Normaaliin elementtirakentamiseen verrattuna tilaelementtirakentamisella saavutetaan 50–70 prosenttia nopeampi rakennusaika. (Puuinfo, 2015c.)

Tilaelementeistä rakennettu lisäkerros voidaan toteuttaa joko ranka- tai CLT-runkoisena. Niin kuin suurelementeissä myös tilaelementtien kantavat seinät

pyritään sijoittamaan alapuolisten kantavien betoniseinien kanssa samalle kohdalle. Tilaelementtejä käyttämällä tämä ei kuitenkaan ole usein mahdollista, koska usein tilaelementin huoneistojen välinen kantava seinä osuu keskellä vanhan yläpohjalaatan jänneväliä. Tässä tapauksessa tulee tilaelementin ja vanhan yläpohjalaatan väliin rakentaa, samoin kuin suurelementeissä, arinapalkisto jolla pyritään siirtämään kuormat betonirungon kantavien seinien päälle. (Tolppanen ym., 2013, 110.)



Kuva 9 Tilaelementtien valmistusta tehtaalla, Puuinfo, Storan Enson tilaelementtirakentaminen, 2015c



Kuva 10 Tilaelementtien asennusta työmaalla, Puuinfo, Storan Enson tilaelementtirakentaminen, 2015c

4 Mallikohteen ratkaisut

4.1 Kohteen tiedot

Kohde on 1960-luvun loppupuolella suunniteltu (ei tarkempaa tietoa valmistushetkestä) kolmikerroksinen kerrostalo. Kiinteistö sijaitsee Rantakylässä Joensuussa (Pataluodon haka, talo 2). Kerrostalo on rakennettu 7130 m²:n kokoiselle tontille jossa on rakennusoikeutta 3351,1 m². Kohde talolla on rakennusoikeutta 1665m² ja vieressä sijaitsevalla kerrostalolla 1665m². Tässä tutkimuksessa tarkasteltavassa kerrostalossa ei ole väestönsuojaa vaan se on sijoitettu viereisen talon yhteyteen. Kerrostalossa on kolme vierekkäistä rappua, joissa jokaisessa on 7 asuntoa (4 kolmiota, 2 kaksiota ja 1 yksiö) eli yhteensä 21 asuntoa. Rakennuksen julkisivuun on suoritettu myöhemmin korjauksia, muun

muassa elementin ulkokuoren pinnan ja saumausten uusiminen. Lisäksi katolle on rakennettu viiri.



Kuva 11 Kohde Pataluodon haka, julkisivu pohjoiseen



Kuva 12 Kohde Pataluodon haka, julkisivu etelään



Kuva 13 Kohde Pataluodon haka, julkisivu länteen

4.1.1 Kerrostalon rakenteet

Talo on tyypillinen 1960–1970-luvulla rakennettu betonisandwich -rakenteinen kerrostalo. Rakennuksen päätyseinät sekä huoneistojen väliset seinät toimivat kantavina rakenteina. Ulkoseinät ovat betonisandwich-elementeistä tehtyjä. Kantavissa seinissä sisäkuori on 150 millimetriä ja ei-kantavissa 80 millimetriä paksu. Eristettä kummassakin ulkoseinässä on 75 millimetriä ja ulkokuori on 60 millimetriä paksu. Huoneistojen väliset seinät toimivat myös kantavina ja samalla jäykistävinä rakenteina. Jäykistävinä rakenteina toimivat myös pituussuuntaiset ulkoseinät, porrashuone sekä välipohjat. Väliseinät ja välipohjat ovat betonia ja niiden paksuus on 160 millimetriä. Yläpohjan kantavana rakenteena toimii betonilaatta, eristettä on 150 millimetriä ja pintamateriaalina on 2-kertainen huopakate. Kyseessä on sisäänpäin taittava tasakatto. Alapohjan rakenteena on maanvastainen betonilaatta (50 millimetriä) ja pintamateriaalina muovimatto. Rakennuksessa on koneellinen ilmanpoisto. (Liite 6)

4.2 Ulkoseinärakenteen määrittäminen

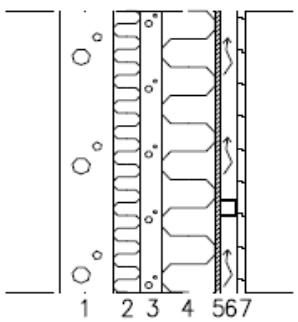
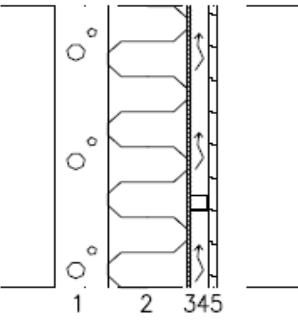
Opinnäytetyö-prosessin edetessä tulimme ohjaaja Timo Pakarisen kanssa siihen tulokseen, että meillä on kaksi vaihtoehtoa toteuttaa julkisivun uusiminen. Ensimmäinen vaihtoehto oli jättää vanhan julkisivun sandwich-elementin ulko-kuori paikoilleen ja suunnitella uusi puurakenteinen julkisivu - elementti asennettavaksi suoraan vanhan päälle. Tässä vaihtoehdossa olisi säästetty purkukustannuksissa ja myös vanhan elementin hyvä kunto puolsi tätä ratkaisua. Toinen vaihtoehto oli purkaa vanha sandwich-elementin kuori ja sen takana oleva eriste pois ja asentaa uusi puurakenteinen julkisivu - elementti kiinni vanhaan sisäkuoreen. Tämä ratkaisu pohjautuu jo käytössä olevaan TES-elementti malliin. (sivu 13–14) Tätä vaihtoehtoa suosi muun muassa tieto, että tällä tyylillä on jo tehty onnistuneita kohteita. Emme myöskään voineet tietää varmasti vanhan elementin eristeen kuntoa ja tällä tavalla vanhaa tuntematonta rakennetta jäisi vähemmän jäljelle.

Ensimmäiseksi määritettiin vanhoille kantavalle ja ei-kantavalle ulkoseinälle U-arvot, jotka jäivät huomattavasti nykyajan määräyksistä. (liitteet 1 ja 2) Vanhojen rakenteiden U-arvojen perusteella määritettiin tarvittavan lisäeristyksen määrä, jolla rakenne saataisiin nykymääräysten mukaisiksi. (liite 3) Liitteissä olevat laskelmat perustuvat Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto, osa C4, lämmöneristys-asetukseen.

Määrittäessä uusia puurunkoisia julkisivu -elementtejä käytettiin apuna Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto, osa C asetuksia ja määräyksiä kosteuden ja eristyksen hallinnasta sekä Mikko Viljakaisen vuonna 2005 julkistettua Puujulkisivu lähiökerrostalossa -ohjetta. Lisäksi käytin apuna E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011 -asetusta.

Vaihtoehtoiset elementit (kuva 14) ovat rakenteeltaan hyvin samanlaisia. Kummassakin elementissä käytetään julkisivuverhouksena ulkoverhouslautaa (28 millimetriä). Elementeissä on käytetty tuulensuojalevynä kipsilevyä (12,5 millimetriä), jolloin se täyttää E1 vaatimukset paloturvallisuudesta. Tuuletusrakoon

asennetaan puinen pystykoolaus (48x48 mm k600), joka toimii julkisivun kiinnitysalustana ja pystypalokatkona. Tuuletusrakoon asennetaan myös vaakasuuntainen peltiprofiili, joka toimii palokatkona. Palokatko asennetaan jokaisen kerroksen korkeuteen. Palokatkon korkeusasema kerroksen korkeudella voidaan kuitenkin valita vapaasti. (sivut 15–17) Ensimmäisessä vaihtoehdossa lisäeristettä rakenteeseen tulee 150 millimetriä ja toisessa taas 220 millimetriä, koska ensimmäisessä vaihtoehdossa vanha eriste ja kuorilaatta jäävät paikoilleen ja näin omalta osaltaan parantavat rakenteen eristävyyttä. Eristeen kohdalla on myös elementin runko, joka on tehty kertopuusta. Ensimmäisessä vaihtoehdossa rungon koko on luokkaa (150x75 mm) ja jälkimmäisessä (220x75 mm). Eristeen sisäpuolelle jäävät vanhat rakenteet, ensimmäisessä vaihtoehdossa koko jo olemassa oleva sandwich-elementti ja taas toisessa vanha kantava sisäkuori. (kuva 14) Ei-kantavissa elementeissä rakenne on sama, ainoastaan sisäkuoren paksuus kaventuu 80 millimetriin.

<p>Vaihtoehto 1.</p> 	<p><u>Rakennekerrokset: (vaihtoehto 1)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 150mm <u>Kantava rakenne</u>, teräsbetoni 2. 75mm <u>Lämmöneriste</u>, mineraalivilla, 3. 60mm <u>Kuorilaatta</u>, teräsbetoni 4. 150mm <u>Lämmöneriste</u>, mineraalivilla, Paroc eXTRA, lamda=0,036W/mK, kertopuu runko 220x75 mm 5. 12,5mm <u>Tuulensuojalevy</u>, kipsilevy, Knauff kxt 13, lamda=0,21W/mK 6. 48mm <u>Tuuletusrako</u>, rako+palokatkot 1kpl/kerros <u>Julkisivun kiinnitysalusta</u>, 48x48mm k600 Pystypalokatkot 7. 28mm <u>Julkisivuverhou</u>, vaakalautoitus
<p>Vaihtoehto 2.</p> 	<p><u>Rakennekerrokset: (vaihtoehto 2)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 150mm <u>Kantava rakenne</u>, teräsbetoni 2. 220mm <u>Lämmöneriste</u>, mineraalivilla, Paroc eXTRA, lamda=0,036W/mK, kertopuu runko 220x75 mm 3. 12,5mm <u>Tuulensuojalevy</u>, kipsilevy, Knauff kxt 13, lamda=0,21W/mK 4. 48mm <u>Tuuletusrako</u>, rako+palokatkot 1kpl/kerros <u>Julkisivun kiinnitysalusta</u>, 48x48mm k600 Pystypalokatkot 5. 28mm <u>Julkisivuverhou</u>, vaakalautoitus

Kuva 14 Ulkoseinä -rakenne vaihtoehdot

4.3 Ulkoseinärakenteen valinta

Ulkoseinärakenteen valintaa tehdessä käytin apuna kosteussiirtymistä rakenteessa kuvaavia Excel laskenta -taulukkoa ja WUFI 5.1 Pro -ohjelmaa. Näillä ohjelmilla pyrimme selvittämään edellä mainittujen vaihtoehtojen erot erilaisissa sääolosuhteissa. Käsilaskennalla (Excel-taulukko) lasketaan rakenteen diffuusiota ajasta riippumattomassa tilassa ja käytetään talvi- ja kesäajan keskiarvo lämpötiloja ja ilman suhteellista kosteutta. WUFI 5.1 Pro -ohjelmalla taas lasketaan diffuusiota kahden vuoden ajanjaksolla. Kummassakin tapauksessa käytetään Jyväskylän sää tietoja. Työssä ei ole tarkoitus tarkastella, kuinka hyviä rakenteet yleisesti ovat vaan vertailla niitä keskenään.

4.3.1 Diffuusion kondenssia kuvaava Excel-taulukko

Kosteuspitoisuudet vaihtelevat jatkuvasti rakennuksen vaipan eri kohdissa. Syy tähän on suuret muutokset ympäröivissä olosuhteissa kuten vuodenaajat, sateet, auringonpaiste, jne.). Rakenne tulee suunnitella niin, ettei kosteuspitoisuus rakenteessa kasva vuosien mittaan. Tulee tarkastella niin ulkoa tulevaa kosteutta ja samalla myös sisältä tulevaa kosteutta. Osa jälkimmäisestä tiivistyy vedeksi jossakin kohdassa rakennetta, mikäli vesihöyryn osapaine ylittää kohdan lämpötilaa vastaavan kyllästyspaineen. (Björkholtz, 1997, 66.)

Laskettaessa käsin diffuusion kondenssia vuosi jaetaan kahteen osaan: tiivistymisjaksoon ja kuivumisjaksoon. Tiivistymisajanjakson pituudeksi valitaan esim. 60 vuorokautta ja vuoden kahden kylmimmän kuukauden keskiarvot ilmastoparametreiksi. Yhtä pitkäksi valitaan myös kuivumisajanjakso. Ulkoilman lämpötilana laskennassa käytetään vuoden kahden lämpimämmän kuukauden keskiarvoja. Tiivistymislaskelmista tulee ilmetä kuinka paljon kosteutta tiivistyy tiivistymisajanjaksona ja mihin kohtaan. Vastaavan kosteusmäärän on poistettava kuivumisajanjakson aikana tiivistyneestä kohdasta. (Björkholtz, 1997, 66.)

Taulukkoon sijoitettiin aluksi rakenteiden materiaalit ja niiden tiedot (paksuus, lämmönjohtavuuden ja vesihöyryn vastuksen arvot). Arvot on otettu suoraan valmistajien sivuilta ja vanhojen rakenteiden vastaavat lukemat ovat arvioita sen

ajan rakennustuotteille. Taulukkoon sijoitettiin myös talven pakkasjakson keskilämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvot. Sisälämpötilaksi määritettiin kummallekin rakenteelle 21 celsiusta ja vesihöyryn osa-paineeksi talvella 658 Pascalia ja kesällä 2064 Pascalia. Vesihöyryn osa-paine sisällä määritettiin laskennassa niin, että ulkoilman kosteusmäärään lisättiin kosteutta 5g/m^3 , johtuen esimerkiksi ihmisten tuottamasta kosteuslisästä. Näiden tietojen avulla pystyimme määrittämään suhteellisen kosteuden arvon sisäilmalle. Kumpaakin rakennetta tarkasteltiin myös kesällä eli kuivumisajanjakson aikana käyttäen kesän keskiarvoja. (liitteet 4 ja 5)

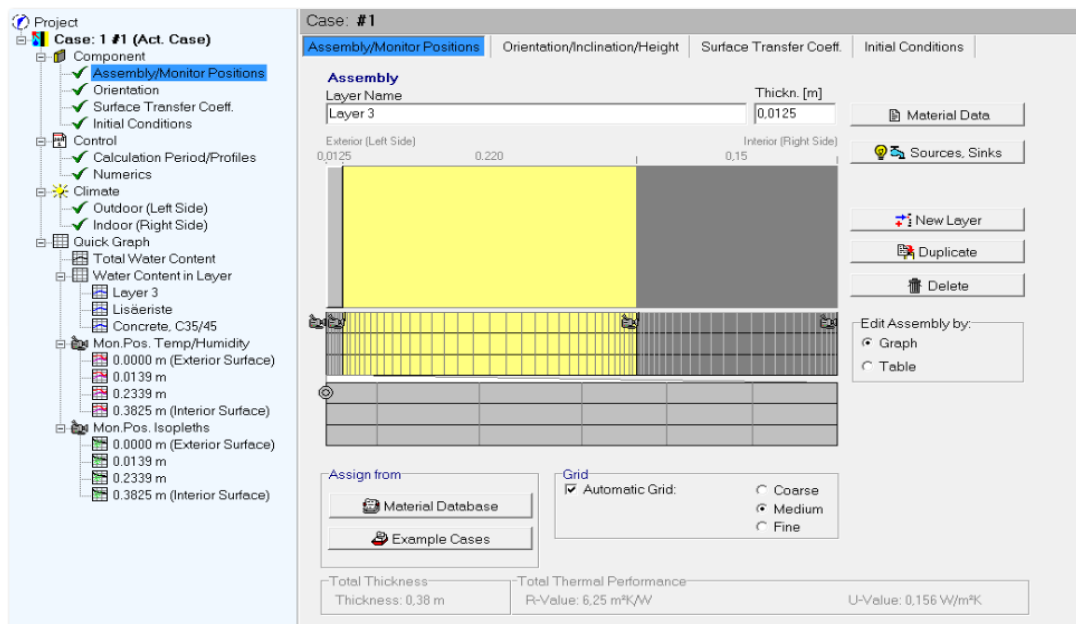
Vertaillen Excelistä saatuja tuloksia rakenteiden välillä näemme, että ne ovat käytännössä lähes samoja. Taulukoista näemme, että kosteus ei tiivisty missään vaiheessa mihinkään kohtaan rakennetta kummassakaan tapauksessa. Tiukimmille kummatkin vaihtoehdot joutuvat tuulensuojalevyn ja lisäeristeen välissä (Suhteellinen kosteus $\text{RH}=87\%$). (liitteet 4 ja 5) Syöttämällä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvojen paikalle sääolosuhteiden ääriarvoja saadaan rakenteeseen tiivistymään hieman kosteutta, mutta eroja rakenteiden välille ei synny huomattavasti. Työssä ei ole tutkittu olisiko kosteus haitallista rakenteelle ja kerkeäisikö se kuivamaan kesän kuivumisjakson aikana vaan tarkoitus oli vertailla rakennevaihtoehtoja keskenään.

4.3.2 WUFI 5.1 Pro

WUFI 5.1 Pro tai tarkemmin (Wärme- und Feuchetransport instationär – Transient Heat and Moisture Transport). Ohjelma on tehty epästationäärisissä tilanteissa rakennuksen vaipan osien kosteus- ja lämpötekniseen tarkasteluun. Epästationäärisellä laskennalla tarkoitetaan ajasta riippuvaa laskentaa, jossa samalla muuttuvat myös ympäristön olosuhteet. WUFI:lla on mahdollista tarkastella rakenteeseen joutuneen kosteuden tai rakennekosteuden kuivumisaikoja, erilaisissa rakenneratkaisuissa sisäisen kondenssin riskiä. WUFI 5.1 Pro -ohjelmalla voidaan tutkia myös rakenteiden kosteuspitoisuuksia pitkällä aikavälillä ja viistosateen merkitystä rakennuskomponentteihin. (Varpiola, 2013, 31.)

WUFI ottaa huomioon lämmönsiirron laskennassa lämmön johtumisen, kosteuden faasimuutosten aiheuttaman lämmön sitoutumisen ja siirtymisen kosteuden mukana, lyhytaaltoisen auringon säteilyn ja yöaikaisen pitkäaaltoisen säteilyjäähtymisen. Ohjelma ei ota huomioon konvektion mukana tapahtuvaa lämmönsiirtoa. Kosteuden siirrossa ohjelma ottaa huomioon vesihöyryn diffuusion, liuoksen diffuusion, pintadiffuusion ja veden kapillaarisen siirtymisen. (Varpiola, 2013, 31.)

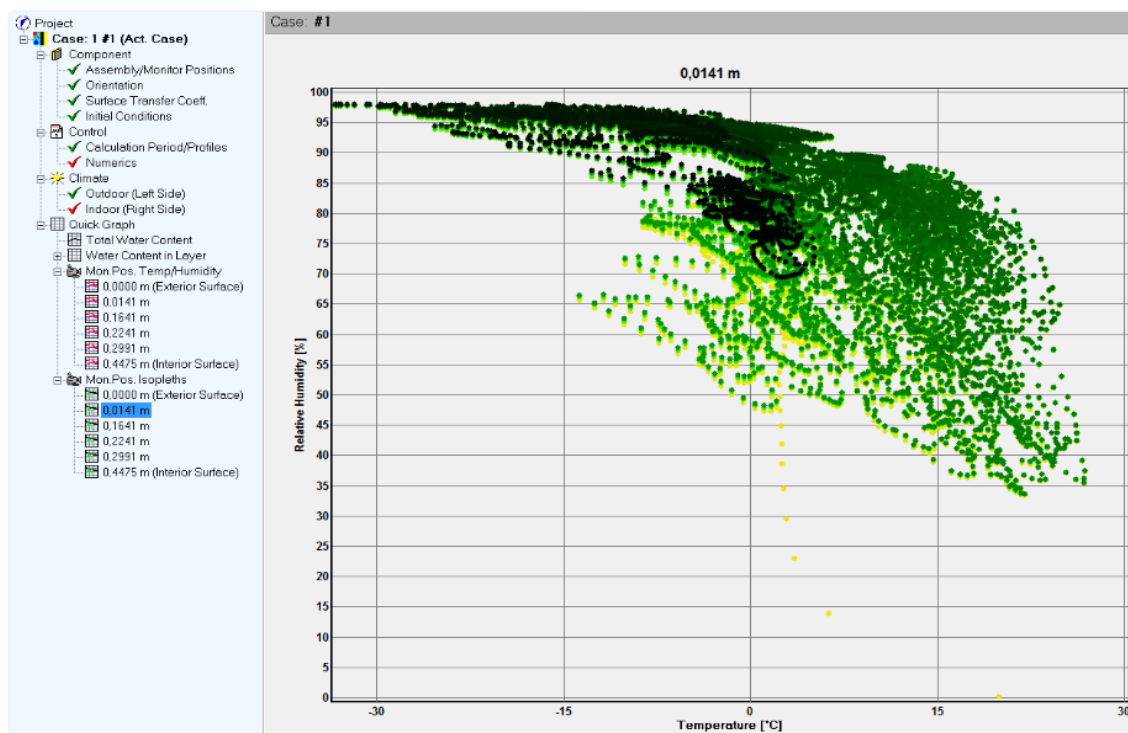
Lähtökohtana oli kaksi erilaista rakennetta (kuva 14), joita oli tarkoitus tarkastella. Syötin kummatkin rakenteet omina projekteinaan ja määritin niille tarvittavat laskenta-arvot. Ohjelmalle tulee antaa muun muassa materiaalin tiedot (paksuus, lämmönjohtavuus, tiheys, ominaislämpökapasiteetti ja huokoisuus). Ohjelmaan tulee syöttää myös vallitsevat sisä- ja ulko-olosuhteet. Ohjelmassa ei itsessään ollut Joensuun säätietoja, joten mallinnuksessa on käytetty Jyväskylän säätietoja samoin kuin Excel-taulukossakin. Mallinnuksessa rakenteita tarkasteltiin parin vuoden ajanjaksolla. Mallinnuksessa ei ole otettu huomioon viistosadetta vaan laskelmat on suoritettu niin, että ulkopuolinen pintavastus alkaa heti tuuletusraosta. Toinen rakennevaihtoehto on lähtötilanteessa muuten rakenteen eroavaisuuksia lukuun ottamatta täysin samanlainen kuin kuvassa oleva vaihtoehto 2. (kuva 15)



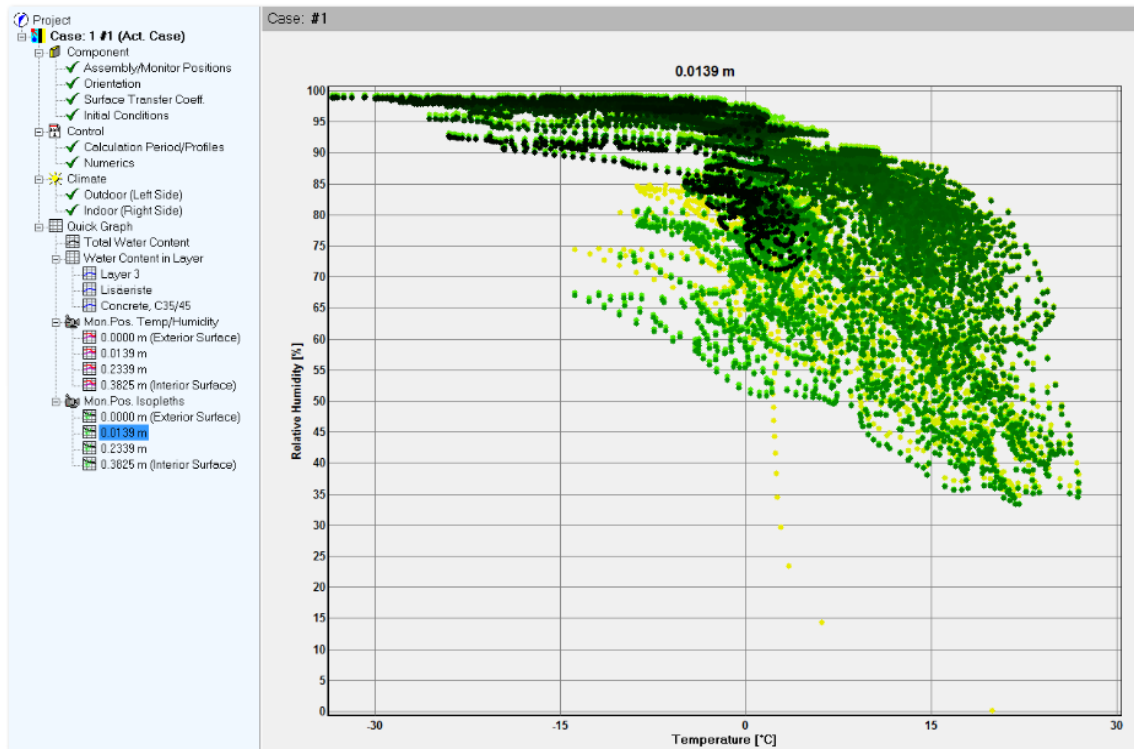
Kuva 15 Lähtötilanne, vaihtoehto 2, ilman vanhaa ulkokuorta

Syötin ohjelmaan tarkastelupisteet jokaisen kerroksen sisä- ja ulkopintaan ja ne näkyvät pieninä videokameran kuvina rakenteen päällä. (kuva 15) Tulosten tarkastelussa oli tarkoitus keskittyä mikrobikasvustoa esittäviin kuvaajiin. Työssä ei ole tarkoitus kertoa kuinka hyviä tai huonoja kyseiset rakenteet ovat yleisesti kosteusteknisesti ajateltuna vaan verrata rakenteita keskenään.

Kummatkin esitettävät kuvaajat (kuva 16 ja 17) on otettu tuulensuojalevyn taustalta, mineraalivillan ulkopinnasta. Kyseiset kohdat on valittu, koska ne ovat mikrobikasvuston muodostumisen kannalta kriittisimmät. Excel-taulukko laskennassa sama kohta oli myös kriittisin kosteuden tiivistymisen suhteen. Kuvista näemme, että ne ovat käytännössä identtisiä. Kumpaankin rakenteeseen mallinnuksen mukaan syntyy mikrobikasvustoa tarkastellun kahden vuoden ajanjakson aikana. Muissa tarkastelupisteissä mikrobikasvuston muodostuminen on huomattavasti vähäisempää ja myöskään niissä ei voi havaita huomattavia eroja rakenteiden välillä.



Kuva 16 Mikrobikasvuston syntyä esittävä kuvaaja, tuulensuojalevyn tausta, rakennevaihtoehto 1



Kuva 17 Mikrobikasvuston syntyä esittävä kuvaaja, tuulensuojalevyn tausta, rakennevaihtoehto 2

Kuvissa 16 ja 17 esiintyvät kuvaajat esittävät lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihdellessa mikrobikasvuston syntyä tietyllä syvyydellä olevalle pinnalle rakenteessa, tässä tapauksessa 0,0139 metriä ulkopinnasta eli tuulensuojalevyn ulkopinnalle. Kuvaajan pysty-akselilla on suhteellisen kosteuden asteikko ja vastaavasti vaaka-akselilla lämpötilaa kuvaava asteikko. Kuvaajalle muodostuvat täplät kuvaavat mikrobikasvustoa ja mitä vaaleampi täplä on kyseessä sitä aikaisemmin mitattu arvo ajanjaksolla. Keltaiset täplät ovat aivan mittauksien alusta ja vastaavasti mustat täplät mittauksien lopulta.

4.3.3 Perustelut rakennetyypin valinnalle

Excel-taulukosta tai WUFI 5.1 Pro -ohjelmasta saaduista tuloksista ei voida selkeästi todeta kumpi rakennevaihtoehto olisi parempi. Excel-taulukon mukaan kosteutta ei tiivisty kumpaankaan rakenteeseen ja arvot vastaavat hyvin paljon toisiaan. WUFI:sta taas näemme, että mahdollista haitallista mikrobikasvustoa voi syntyä, mutta sitä syntyy tarkasteltavan ajanjakson aikana lähes yhtä paljon.

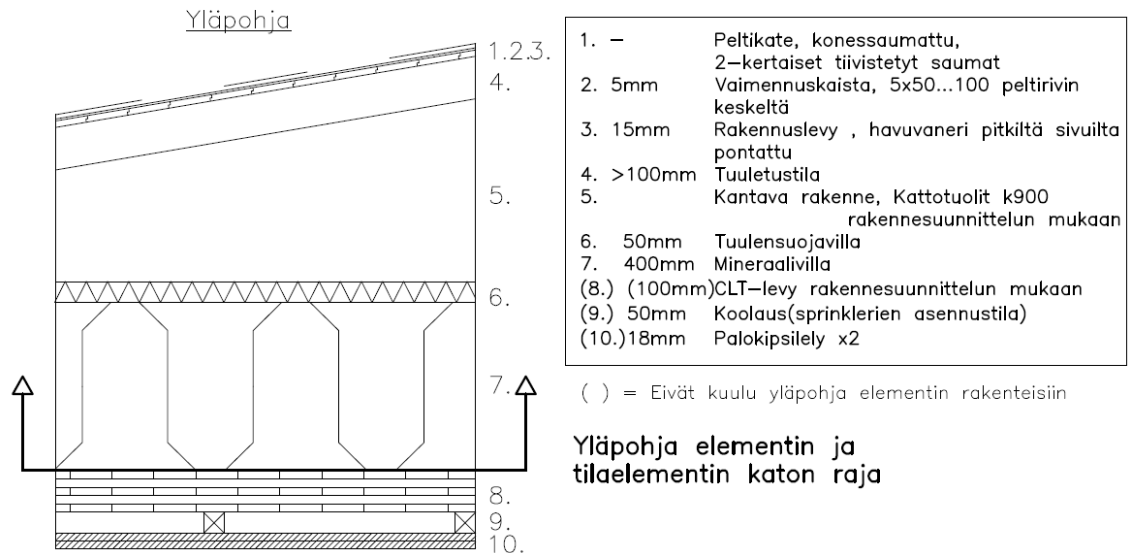
Päätimme tarkasteluamme tuloksia yhdessä ohjaajani Timo Pakarisen, lehtori Petteri Härkösen ja yliopettaja Hannu Tyrväisen kanssa, että valitsemme rakennevaihtoehto 2:n. (kuva 14) Perusteina oli tieto siitä, että kyseisellä tavalla oli jo valmistettu onnistuneita kohteita (sivu 13–14). Emme tiede, missä kunnossa vanha ulkoseinärakenne oli sisältä, jolloin sen vaihtaminen sisäkuorta lukuun ottamatta oli turvallisin vaihtoehto. Rakennuksen paino ei myöskään kasva kohtuuttomasti, koska elementin betoninen ulkokuori poistetaan.

4.4 Uudet rakenteet ja liitokset

Uudet rakenteet ovat ulkoseinäelementtiä lukuun ottamatta kaikki uusissa lisäkerroksissa. Vanhaan alapohjaan, väliseiniin, välipohjiin tai yläpohjan laattaan ei tehdä muita muutoksia kuin puukoolauksen asentaminen kaikkiin välipohjiin automaattista sammutusjärjestelmää varten ja sammutusjärjestelmän peittävän sisäverhouksen asentaminen. Kantaville rakenteille ei ole suoritettu lujuuslaskelmia, joten mallikuvissa annetut mitat ovat suuntaa antavia arvioita. Rakenteita ja liitoksia määritettäessä mallina on osassa käytetty Puuinfon, RunkoPES 2.0:n ja Mikko Viljakaisen vuonna 2005 julkistettua Puujulkisivu lähiökerrostalossa - ohjeen valmiita rakenteita ja liitoksia.

4.4.1 Yläpohja

Vanha yläpohja puretaan yläpohjalaattaa lukuun ottamatta 3. kerroksesta ja uusi yläpohja asennetaan 5. kerroksen päälle. Yläpohjan kattomuoto on harjakatto, joka tuulettuu räystäiltä. Räystäs on suunniteltu niin sanotuksi paloräystääksi, jolloin se on paloturvallisuusmääräysten mukainen. (sivu 21–22) Kantavana rakenteena toimivat kattoristikot. Katon pintamateriaalina on konesaumattu peltikate. (kuva 18) Niin kuin huoneistotkin, myös yläpohja koostuu valmiista elementeistä, jotka asennetaan paikalleen työmaalla. Yläpohja tulee osastoida 400 neliömetrin välein (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet, 2011, 14.)



Kuva 18 Yläpohja, RT 83–11010, Runko PES 2.0, 2015a, mukailien

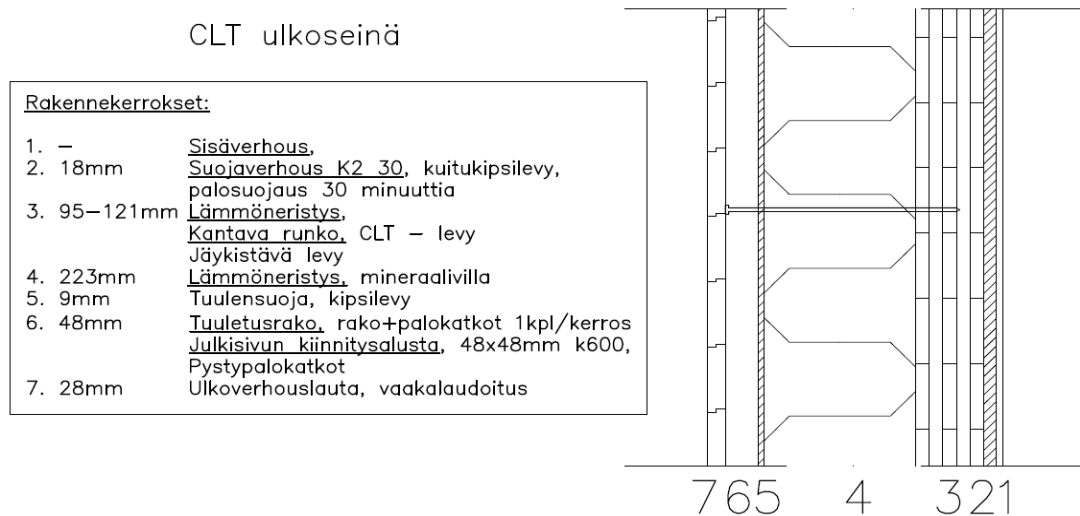
4.4.2 Ulkoseinät

Kerrostaloon tulee 2 uutta erityyppistä ulkoseinää. Ensimmäinen on vanhan sisäkuoren ja uuden puurakenteisen ulkoseinäelementin muodostama ulkoseinä-rakenne. Päädyn valitsemaan tämän rakennetyypin (vaihtoehto 2), vertailemalla kahden ulkoseinän kosteussiirtymistä ja tiivistymistä läpi rakenteen. (sivut 30–35) Ulkoseinäelementti asennetaan kerrostalon kolmeen ensimmäiseen kerrokseen. Rakenteen U-arvo on 0,16 W/(m²K). (Liite 1) Ulkoseinässä on käytetty palomääräysten mukaisia materiaaleja. (kuva 19)



Kuva 19 Ulkoseinä(uusi ulkoseinäelementti)

Toinen kohteessa käytettävä ulkoseinätyyppi on lisäkerroksissa käytettävä CLT -runkoinen tilaelementin ulkoseinä. Ulkoseinän rakenteen U-arvo 0,16 W/(m²K) (lämmöneristeen lamda=0,037w/mk). Rakenteen paloluokitus on REI60 hiiltemämitoituksen mukaan. (kuva 20)



Kuva 20 CLT -rakenteinen tilaelementin ulkoseinä, Puuinfo, 2012, mukailten

4.4.3 Välipohjat

Vanhoihin välipohjiin (1-3 krs.) ei tule muuta muutosta kuin että niihin tehdään puukoolaus (tila sprinkleriputkistolle) ja sisäverhous, koska koko rakennus tulee varustaa automaattisella sammutusjärjestelmällä. Vanha yläpohjalaatta, uusi palkkiarina ja uusi CLT -rakenteinen välipohja muodostavat kerrosten 3-4 uuden välipohjan. Ensimmäisen lisäkerroksen tilaelementin alapohjan ja vanha yläpohjalaatan väliin rakennetaan puu tai teräspalkisto rakennesuunnitelman mukaan, jolla johdetaan ylhäältä tulevat kuormat tasaisesti kantaville väliseinille ja kantaville ulkoseinille. (sivu 23–24) Arinapalkiston alle tehdään tasausvalu mahdollisten yläpohjalaatan epätasaisuuksien takia. Vanhan kolmannen kerroksen katto tulee varustaa automaattisella sammutusjärjestelmällä, josta johtuvat levytys ja koolaus katossa. (kuva 21)

Välipohja 3–4 krs.		Rakennekerrokset:	
	1.	15mm	<u>Lattiapinnoite</u> , Parketti
	2.	40mm	<u>Palosuojaus</u> , pikaplaano
	3.	30mm	<u>Valusuoja/lämmitysputkien kiinnitys</u> , asennuslevy
	4.	140mm	<u>Ääneneristys</u> , askelääneneristysvilla
	5.	400mm	<u>Kantava runko</u> , CLT – levy Jäykistävä levy
	6.	160mm	<u>Kantava rakenne</u> , CLT-levy
	7.	48mm	<u>Palkisto</u> , puu- tai teräspalkit RAK mukaan
	8.	15mm	<u>Kumibitumikeri</u> Tasausvalu
	6.	160mm	<u>Yläpohjalaatta</u> , betonilaatta
	7.	48mm	<u>Puukoolaus</u> , k400(tila sprinkeliputkistolle)
	8.	15mm	<u>Palosuojaus/sisäverhous</u> , palokipsilevy

Kuva 21 3-4 kerroksen välipohja, RunkoPES 2.0, 2015a, mukailten

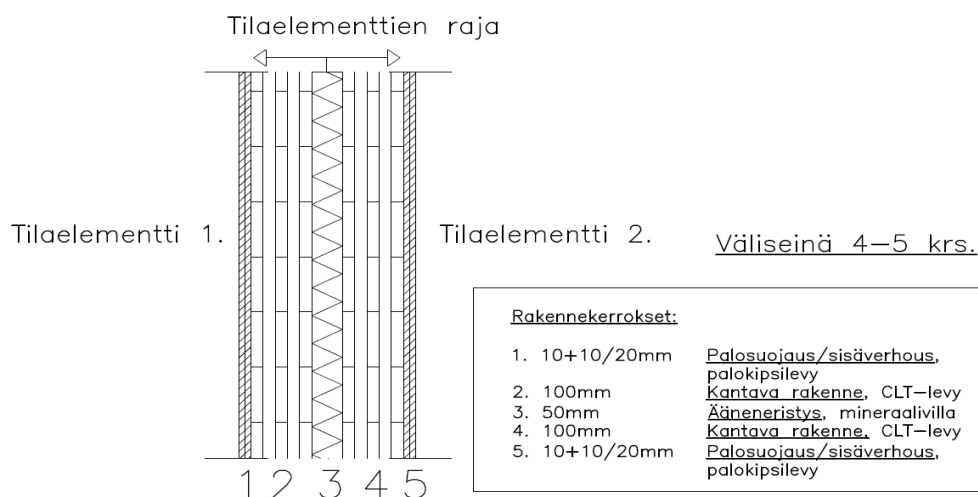
Rakennukseen tulee myös toinen uusi välipohja, joka sijoittuu 4-5 kerroksen väliin. Välipohja koostuu 4. kerroksen CLT-tilaelementin katosta ja 5. kerroksen elementin alapohjasta. 5. kerroksen alapohja on sama kuin edellisessä mainittu 4. kerroksen alapohja. Elementtien väliin asennetaan ääneneristysvilla (50mm) ja alakaton kannatuksesta huolehtii tässä tapauksessa CLT-levy, joka toimii myös tilaelementin kattona. (kuva 22)

Välipohja 4–5 krs.		Rakennekerrokset:	
	1.	15mm	<u>Lattiapinnoite</u> , Parketti
	2.	40mm	<u>Palosuojaus</u> , pikaplaano
	3.	30mm	<u>Valusuoja/lämmitysputkien kiinnitys</u> , asennuslevy
	4.	140mm	<u>Ääneneristys</u> , askelääneneristysvilla
	5.	50mm	<u>Kantava runko</u> , CLT – levy Jäykistävä levy
	6.	80mm	<u>Kantava rakenne</u> , CLT-levy
	7.	15mm	<u>Ääneneristys</u> , mineraalivilla
	8.	48mm	<u>Alakaton kannatus</u> , CLT-levy
	9.	15mm	<u>Palosuojaus</u> , palokipsilevy
	8.	48mm	<u>Puukoolaus</u> , k400(tila sprinkeliputkistolle)
	9.	15mm	<u>Palosuojaus/sisäverhous</u> , palokipsilevy

Kuva 22 4-5 kerrosten välipohja, RunkoPES 2.0, 2015a, mukailten

4.4.4 Väliseinät

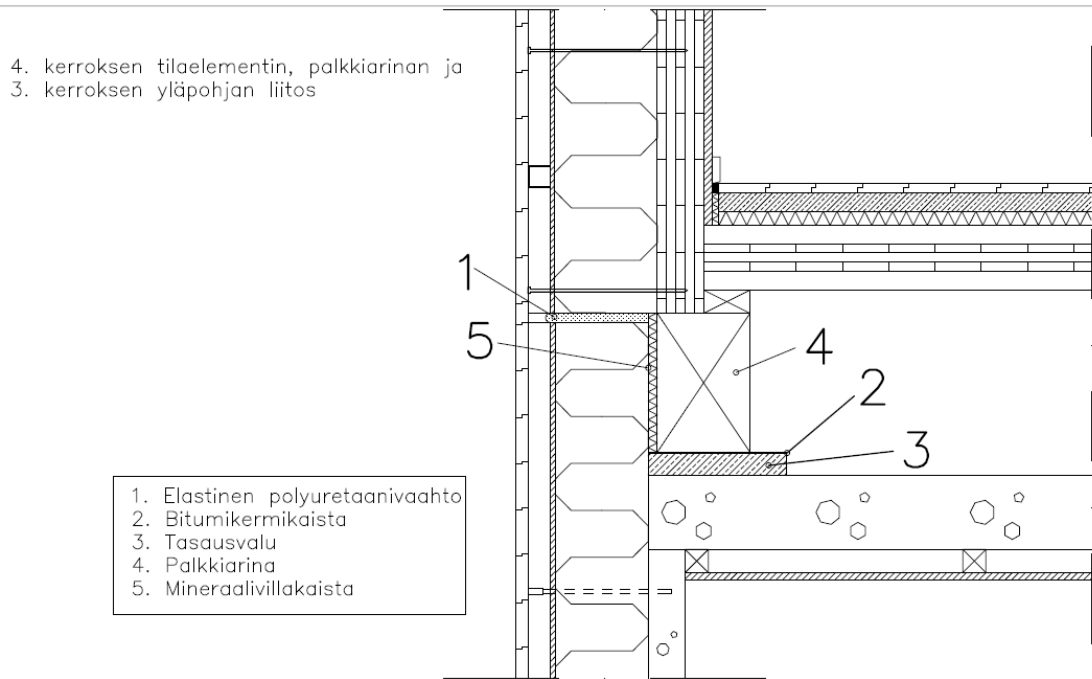
Ensimmäisen kolmen kerroksen kaikki betoniset väliseinät pysyvät muuttumattomina. 4. ja 5. kerroksen huoneistojen väliset seinät rakennetaan CLT-levyistä. Huoneistojen välinen seinä koostuu kahdesta CLT-levystä, ääneneristysvillasta ja kaksinkertaisesta palokipsilevytyksestä kummallakin ulkopinnalla. Huoneisto on tässä kohteessa aina oma tilaelementtinsä, joten ääneneristysvillan kohdalla on elementtien välinen sauma. (kuva 23)



Kuva 23 Huoneistojen välinen seinä, RunkoPES 2.0, 2015a, mukailen

4.4.5 Tilaelementin ja vanhan yläpohjalaatan liitos

Liitoskohta sijaitsee 3. ja 4. kerroksen välissä. Tilaelementin ja vanhan yläpohjalaatan liitoksessa yhdistyvät 3 uutta rakennetta ja yksi alkuperäinen. Uusia rakenteita ovat yläpuolisen tilaelementin alapohja- ja ulkoseinä rakenne, uusi ulkoseinäelementti vanhan kantavan betoniseinän päällä ja palkkiarina. Vanhana rakenteena on paikalleen jäävä betoninen yläpohjalaatta. Ulkoseinä rakenteet liitoskohdat tulee tiivistää eristyksen kohdalla oikeaoppisesti, jotta rakenteeseen ei synny savupiippuilmioita. (sivu 15–16) Palkkiarinan alle tehdään tasausvalu, joka mahdollistaa yläpuolisten kuormien jakamisen tasaisesti alapuolisille kantaville seinille ja samalla palkisto saadaan asennettua varmasti tasaiselle alustalle. Palkkiarinalle ei ole tehty lujuudellista mitoitusta, joten detalji kuvissa esiintyvät mitat ovat arvioita. (kuva 24)

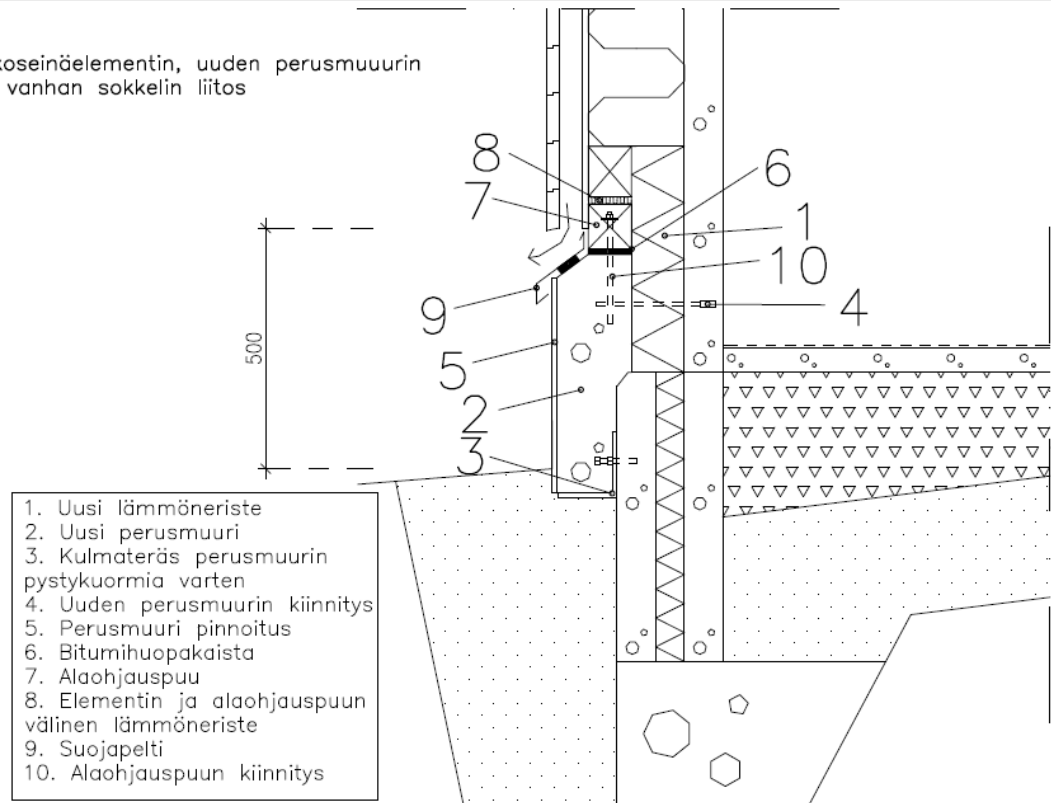


Kuva 24 Tilaelementin ja vanhan yläpohjalaatan liitos, RunkoPES 2.0, 2015b, mukailien

4.4.6 Uuden ulkoseinäelementin ja vanhan perusmuurin liitos

Liitoskohta sijaitsee juuri maanpinnan yläpuolella vanhan perusmuurin ja ulkoseinän välissä. Rakennukseen rakennetaan uusi perusmuuri, jonka avulla ulkoseinäelementistä johtuvat kuormat pystytään viemään tasaisesti perustuksille. Uusi perusmuuri kiinnitetään vanhaan perusmuuriin esimerkiksi kulmaraudalla, jonka avulla saadaan vietyä pystykuormat perustuksille. Vanhan seinän sisäkuoresta ja uudesta ulkoseinäelementistä tulee myös kiinnikkeet perusmuuriin. Vanhan sisäkuoren ja uuden perusmuurin väliin tulee asentaa myös eristyskaisu, jotta lämpövuodot estyvät. Ulkoseinäelementin kiinnitys uuteen perusmuuriin tapahtuu alaohjauspuun avulla. Muuten liitos on hyvin samantyyppinen kuin tavallisimmat puurakenteisten alapohjien liitokset. (kuva 25)

Ulkoseinäelementin, uuden perusmuurin
ja vanhan sokkelin liitos

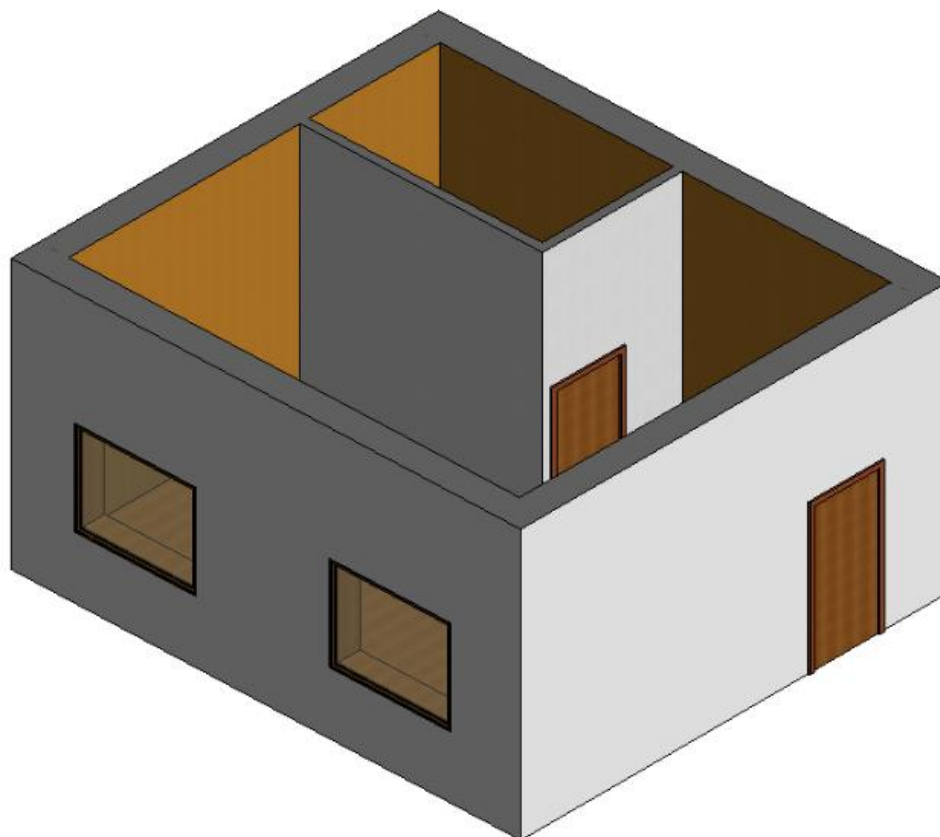


**Kuva 25 Perusmuurin ja ulkoseinän liitos, Mikko Viljakainen, Puujulkisivu lähiökerrosta-
lossa -ohje, 2005, mukailien**

4.4.7 Tilaelementit ja muut rakenteet

Kohteessa käytettävät tilaelementit tulevat suoraan tehtaalta ja työmaalla ainoastaan asennetaan valmiit elementit paikalleen. Elementit koostuvat riippuen niiden sijainnista rakennuksessa joko ulkoseinästä tai huoneistojen välisistä seinistä. Ne rakennetaan tehtaalla niin, että varsinaisia rakennustöitä niihin ei tarvita vaan ne ovat valmiita asuttaviksi lukuun ottamatta sähkö- ja putkiliitännätöitä. (kuva 26) Ainoat suurelementit kohteessa ovat kerrostasojen laatat ja kahden kerroksen portaatt. Kohteen rakennuskuviin on piirretty myös hissi, mutta sen mahdollista liittymistä rakenteeseen ei ole varmistettu. Hissi olisi mahdollista toteuttaa ilman suuria lisäkustannuksia ja isoja muutostöitä niin, että se nousee aina portaiden välitasanteelle eli puoleen väliin kerrosta jolloin se ei täytä esteettömyys vaatimuksia nykyajan kerrostaloissa. Hissi rakennettaisiin ulokkeeseen aivan rapun sisäänkäynnin viereen. (liite 7) Hissi on mahdollista toteuttaa myös vaihtoehtoisella tavalla niin, että vanhat portaatt puretaan pois nykyi-

seltä paikaltaan ja hissi asennetaan vanhaan porraskuiluun. Tällöin taas portaat asennettaisiin ”pattiin” eli ulokkeeseen, missä edellisen vaihtoehdon hissi sijaitsi. Tässä vaihtoehdossa rakennuksen purku- ja korjauskustannukset lisääntyisivät, mutta tällä tavalla esteettömyysvaatimukset eivät olisi ongelma. (liite 14)



Kuva 26 Raakamalli kohteessa käytettävästä tilaelementistä (elementistä puuttuu katto)

5 Pohdinta

Opinnäytetyössä esiteltiin uutta suuntaa lähiöiden korjausrakentamiseen, jonka mahdollistivat uudet palomääräykset 2011. Työssä esiteltiin myös tapaa kasvattaa kerrostalojen asuntojen määrää puurunkoisilla elementeillä. Työn toiminnallisessa osuudessa piirsin rakennuspiirustukset kohteesta ja vertailin kahta erilaista ulkoseinärakennetta käyttäen apuna kosteuden tiivistymistä kuvaavaa Excel-taulukkoa ja WUFI 5.1 Pro -ohjelmaa.

Puu on hyvä materiaali tämän kaltaisissa korjausrakentamisen kohteissa ja se tarjoaa erittäin nopean ja yksinkertaisen tavan tehdä rakennusurakka. Se on hyvä valinta kestävän kehityksen kannalta ja puun käyttö tarjoaa myös kohteelle uuden arkkitehtonisen ilmeen. Lähiöiden saneeraus mahdollistaa erittäin kilpailukykyisen vaihtoehdon niiden purkamisen ja täysin uusien kerrostalojen rakentamisen tilalle. Kohteet saadaan tehtyä nykyajan vaatimuksien mukaisiksi aina passiivitalon vaatimukseen asti. Valmistusasteeltaan korkeimpiin ratkaisuihin päästään käyttämällä ulkoseinän korjauksessa valmiita suurelementtejä ja lisäkerrosrakentamisessa käytännössä muuttovalmiita tilaelementtejä. Haasteita tuovat silti palomääräykset, jotka ovat vieläkin hieman vaikeatulkintaisia ja niistä on monta erilaista näkemystä esimerkiksi lisäkerrosten lukumäärästä.

Minulle työ oli saman aikaan erittäin haastava ja opettava. Haasteeksi muodostui suhteellisen uusi aihe alalla, joten kirjallisuuden tarjoama tietomäärä oli rajallinen. Samalla jouduin etsimään paljon tietoa eri lähteistä opiskelemaan niistä, jonka ansiosta sain tietooni paljon uusia ja hyödyllisiä asioita rakentamisesta. Mallikohteeni on todellinen ja toivon, että tekemääni työtä voisi tulevaisuudessa hyödyntää kohteen mahdollisessa saneerauksessa jollain tavoin.

Lähteet

Björkholz, D. 1997. Lämpö ja kosteus, rakennusfysiikka. Helsinki. Rakennustieto Oy. ISBN 951-682-432-3

Knauf Oy. Tuulensuojakipsilevy. 2014. Knauf Oy.
http://www.knauf.fi/sites/default/files/tko_kxt13_2014.pdf. 27.5.2015

Koiso-Kanttila, J. 2011. Puun mahdollisuudet lähiösaneerauksessa. Teoksessa Soikkeli, A.(toim.) Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa. Oulu. Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto, 6-7,
http://www oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf

Paroc group. Paroc eXtra. 2015. Paroc group. <http://www.paroc.fi/ratkaisutuotteet/tuotteet/pages/yleiseristeet/paroc-extra->. 27.5.2015

Puuinfo. RunkoPES 2.0. 2015a. Puuinfo.
http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2.0_osa_11_rakennetyyppikirjasto_0.pdf. 1.6.2015

Puuinfo. RunkoPES 2.0. 2015b. Puuinfo.
http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2.0_osa_12_liittymadetaljikirjasto.pdf. 1.6.2015

Puuinfo. Stora Enson tilaelementtirakentaminen. 2015c. Puuinfo.
<http://www.puuinfo.fi/tuote/stora-enson-tilaelementtirakentaminen>. 26.5.2015

Puuinfo. Tekninen tiedote, pitkäaikainen puujulkisivu. 2012. Puuinfo.
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/pitkaikainen-puujulkisivu/pitkaikainen-puujulkisivu.pdf>. 3.6.2015.

Puuinfo. Uudistuvat palomääräykset lisäävät puun käyttömahdollisuuksia. 2011. Puuinfo.
<http://www.puuinfo.fi/tiedote/uudistuvat-palom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset-lis%C3%A4%C3%A4v%C3%A4t-puun-k%C3%A4ytt%C3%B6mahdollisuuksia>. 26.5.2015

Stora Enso Wood Products GmbH. CLT image brochure. 2013. Stora Enso Wood Products GmbH.
<http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments/CLT%20Imagebrochure%20EN.pdf>. 22.7.2015

Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T. & Viljakainen M. 2013. Suomalainen puukerrostalo. Helsinki. Opetushallitus. ISBN: 978-952-13-5541-7

Varpiola, J. Lämmön- ja kosteudensiirron simulointi WUFI 5.1 PRO -ohjelmistolla. 2013. Karelia ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma, opinnäytetyö.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60608/Varpiola_Jukka.pdf?sequence=1. 21.7.2015

Viljakainen, M. Puujulkisivu lähiökerrostalossa. 2005. Puuinfo. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puujulkisivu-lahiokerrostaloissa/puujulkisivulahiokerrostalossav101.pdf>.

25.6.2015.

Ympäristöministeriö. 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, kosteus. <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>. 21.5.2015

Ympäristöministeriö. 2008. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten lämmöneristys. http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf. 21.5.2015

Ympäristöministeriö. 2002. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Lämmöneristys. <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>. 21.5.2015

Ympäristöministeriö. 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten paloturvallisuus. http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf. 21.5.2015.

Ulkoseinärakenteen U-arvo laskenta

Betonisandwich-elementin julkisivuverhouksen uusiminen, U-arvo laskenta

Vanha rakenne: Kantava		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi				0,13
teräsbetoni sisäkuori		150	1,7	0,09
Mineraalivilla		75	0,045	1,67
teräsbetoni ulkokuori		60	1,7	0,04
Rse				0,04

Rt	1,96	
U-arvo	0,51	< 0,17(nykyinen määräys, ei toteudu!)

Uudet rakenteet: VE1(Kantava)		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi				0,13
teräsbetoni sisäkuori		150	1,7	0,09
Mineraalivilla		75	0,045	1,67
teräsbetoni ulkokuori		60	1,7	0,04
Mineraalivilla(PAROC eXtra)		150	0,036	4,17
Tuulensuojalevy(Kipsilevy, Knauff)		12,5	0,21	0,06
Rse				0,04

Rt	6,19	
U-arvo	0,16	< 0,17(nykyinen määräys)

Uudet rakenteet: VE2(Kantava)		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi (Sisäpuolinen pintavastus)				0,13
teräsbetoni sisäkuori		150	1,7	0,09
Mineraalivilla(PAROC eXtra)		220	0,036	6,11
Tuulensuojalevy(Kipsilevy, Knauff)		12,5	0,21	0,06
Rse (Ulkopuolinen pintavastus)				0,04

Rt	6,43	
U-arvo	0,16	< 0,17(nykyinen määräys)

Ulkoseinärakenteen U-arvo laskenta

Betonisandwich-elementin julkisivuverhouksen uusiminen, U-arvo laskenta

Vanha rakenne: Ei kantava		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi				0,13
teräsbetoni sisäkuori		80	1,7	0,05
Mineraalivilla		75	0,045	1,67
teräsbetoni ulkokuori		60	1,7	0,04
Rse				0,04

Rt	1,92		
U-arvo	0,52	< 0,17(nykyinen määräys, ei toteudu!)	

Uudet rakenteet: VE1(ei kantava)		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi (Sisäpuolinen pintavastus)				0,13
teräsbetoni sisäkuori		80	1,7	0,05
Mineraalivilla(PAROC eXtra)		220	0,036	6,11
Tuulensuojalevy(Kipsilevy, Knauff)		12,5	0,21	0,06
Rse (Ulkopuolinen pintavastus)				0,04

Rt	6,39		
U-arvo	0,16	< 0,17(nykyinen määräys)	

Uudet rakenteet: VE2(Ei Kantava)		d (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Rsi				0,13
teräsbetoni sisäkuori		80	1,7	0,05
Mineraalivilla		75	0,045	1,67
teräsbetoni ulkokuori		60	1,7	0,04
Mineraalivilla(PAROC eXtra)		150	0,036	4,17
Tuulensuojalevy(Kipsilevy, Knauff)		12,5	0,21	0,06
Rse				0,04

Rt	6,15		
U-arvo	0,16	< 0,17(nykyinen määräys)	

Lisäeristeen määrän laskenta

Betonisandwich-elementin julkisivuverhouksen uusiminen, U-arvo laskenta

Lisäeristeen määrän laskenta:

Lisäeristeen määrä:		Kantava
U-arvo	0,17	Nykymääräysten mukaan
Rt	5,88	m ² K/W
Vanhan rakenteen ja uuden rakenteen erotus		
R(erotus)	3,92	m ² K/W
Uuden eristeen lämmönjohtavuus		
λ	0,036	(W/mK)
Uuden eristeen paksuus minimissään		
d	141	mm

Lisäeristeen määrä:		Ei kantava
U-arvo	0,17	Nykymääräysten mukaan
Rt	5,88	m ² K/W
Vanhan rakenteen ja uuden rakenteen erotus		
R(erotus)	3,96	m ² K/W
Uuden eristeen lämmönjohtavuus		
λ	0,036	(W/mK)
Uuden eristeen paksuus minimissään		
d	143	mm

Diffuusion kondensssia kuvaava Excel-taulukko

Vaihtoehto 1(kantava)															
TALVI		t_e	21	t_e	-8,7										
		RH _i	26,5	RH _e	88										
		p_i	658	p_e	264										
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Tark.	XVI
Ainekerros	d	λ_n	R_i	R/R _T	Δt	t_x	v_x	p_x	δ	z_i	Z/Z _T	Δp	p_x	$p_x < p_x ?$	RH
	m	W/mC	m ² C/W		C	C	g/m ³	Pa	kg/msPa	m ² Pa/kg		Pa	Pa		%
Sisällina						21,0	18,3	2484					658	ei tiivistv	26 %
Rsi			0,130	0,021	0,62	20,4	17,7	2391					658	ei tiivistv	28 %
Teräsbetoni	0,15	1,7	0,09	0,014	0,42	20,0	17,2	2330	2,0E-12	7,5E+10	0,693	273,0	385	ei tiivistv	17 %
Mineraalivilla	0,075	0,045	1,67	0,269	8,00	12,0	10,7	1404	7,0E-11	1,1E+09	0,010	3,9	381	ei tiivistv	27 %
Teräsbetoni	0,06	1,7	0,04	0,006	0,17	11,8	10,6	1388	2,0E-12	3,0E+10	0,277	109,2	272	ei tiivistv	20 %
Mineraalivilla	0,15	0,036	4,17	0,673	20,00	-8,2	2,6	313	7,0E-11	2,1E+09	0,020	7,8	264	ei tiivistv	84 %
Tuulensuoja	0,013	0,21	0,06	0,010	0,30	-8,5	2,5	305	1,6E-09	8,1E+06	0,0001	0,03	264	ei tiivistv	87 %
Rse			0,04	0,006	0,19	-8,7	2,5	300					264	ei tiivistv	88 %
Ulkkolima						-8,7	2,5	300					264	ei tiivistv	88 %
Yhteensä					29,70					1,1E+11	1,00	394			

KESA

KESA															
		t_e	21	t_e	16										
		RH _i	83	RH _e	76										
		p_i	2064	p_e	1384										
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Tark.	XVI
Ainekerros	d	λ_n	R_i	R/R _T	Δt	t_x	v_x	p_x	δ	z_i	Z/Z _T	Δp	p_x	$p_x < p_x ?$	RH
	m	W/mC	m ² C/W		C	C	g/m ³	Pa	kg/msPa	m ² Pa/kg		Pa	Pa		%
Sisällina						21,0	18,3	2484					2064	ei tiivistv	83 %
Rsi			0,130	0,021	0,11	20,9	18,2	2468					2064	ei tiivistv	84 %
Teräsbetoni	0,15	1,7	0,09	0,014	0,07	20,8	18,1	2458	2,0E-12	7,5E+10	0,693	471,3	1593	ei tiivistv	65 %
Mineraalivilla	0,075	0,045	1,67	0,269	1,35	19,5	16,8	2262	7,0E-11	1,1E+09	0,010	6,7	1586	ei tiivistv	70 %
Teräsbetoni	0,06	1,7	0,04	0,006	0,03	19,4	16,7	2258	2,0E-12	3,0E+10	0,277	188,5	1398	ei tiivistv	62 %
Mineraalivilla	0,15	0,036	4,17	0,673	3,37	16,1	13,7	1830	7,0E-11	2,1E+09	0,020	13,5	1384	ei tiivistv	76 %
Tuulensuoja	0,013	0,21	0,06	0,010	0,05	16,0	13,7	1824	1,6E-09	8,1E+06	0,0001	0,05	1384	ei tiivistv	76 %
Rse			0,04	0,006	0,03	16,0	13,7	1820					1384	ei tiivistv	76 %
Ulkkolima						16,0	13,7	1820					1384	ei tiivistv	76 %
Yhteensä					6,19					1,1E+11	1,00	680			

Diffuusion kondensssia kuvaava Excel-taulukko

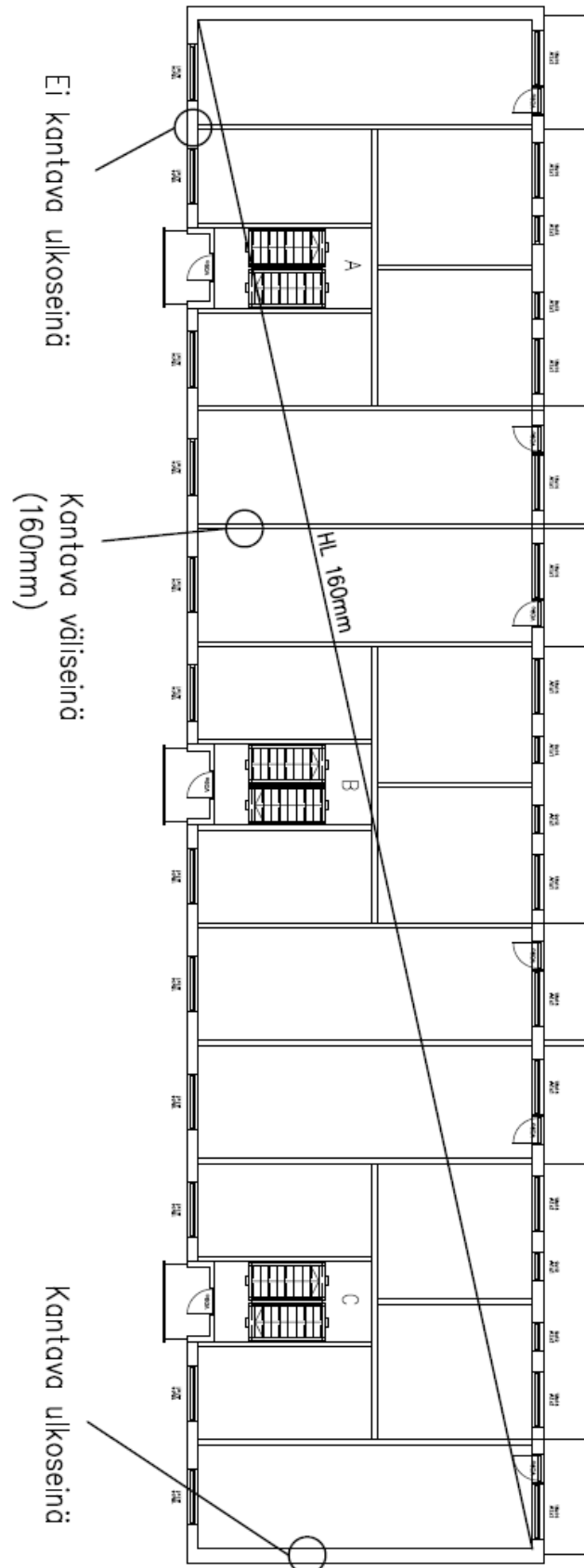
Vaihtoehto 2(kantava)

TALVI		21	t_e	-8,7												
RH _i		26,5	RH _e	88 <th colspan="12"></th>												
p _i		658	p _e	264 <th colspan="12"></th>												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Tark.	XVI	
Ainekerros	d	λ_n	R _i	R _i /R _t	Δt	t _x	v _k	p _x	δ	z	z/z _t	Δp	p _x	p _x <p _x ?	RH	
	m	W/mC	m ² C/W		C	C	g/m ³	Pa	kg/mPa	m ² Pa/kg		Pa	Pa		%	
Sisäilma						21,0	18,3	2484					658	ei tiivisty	26 %	
Rsi			0,130	0,020	0,60	20,4	17,7	2395					658	ei tiivisty	27 %	
Teräsbetoni	0,15	1,7	0,09	0,014	0,41	20,0	17,3	2335	2,0E-12	7,5E+10	0,960	378,1	280	ei tiivisty	12 %	
Mineraalivilla	0,22	0,036	6,11	0,950	28,22	-8,2	2,6	313	7,0E-11	3,1E+09	0,040	15,8	264	ei tiivisty	84 %	
Tuulensuoja	0,013	0,21	0,06	0,010	0,29	-8,5	2,5	305	1,6E-09	8,1E+06	0,0001	0,0	264	ei tiivisty	87 %	
Rse			0,04	0,006	0,18	-8,7	2,5	300					264	ei tiivisty	88 %	
Ulkoilma						-8,7	2,5	300					264	ei tiivisty	88 %	
Yhteensä			6,43	1,000	29,70					7,8E+10	1,00	394				

KESÄ

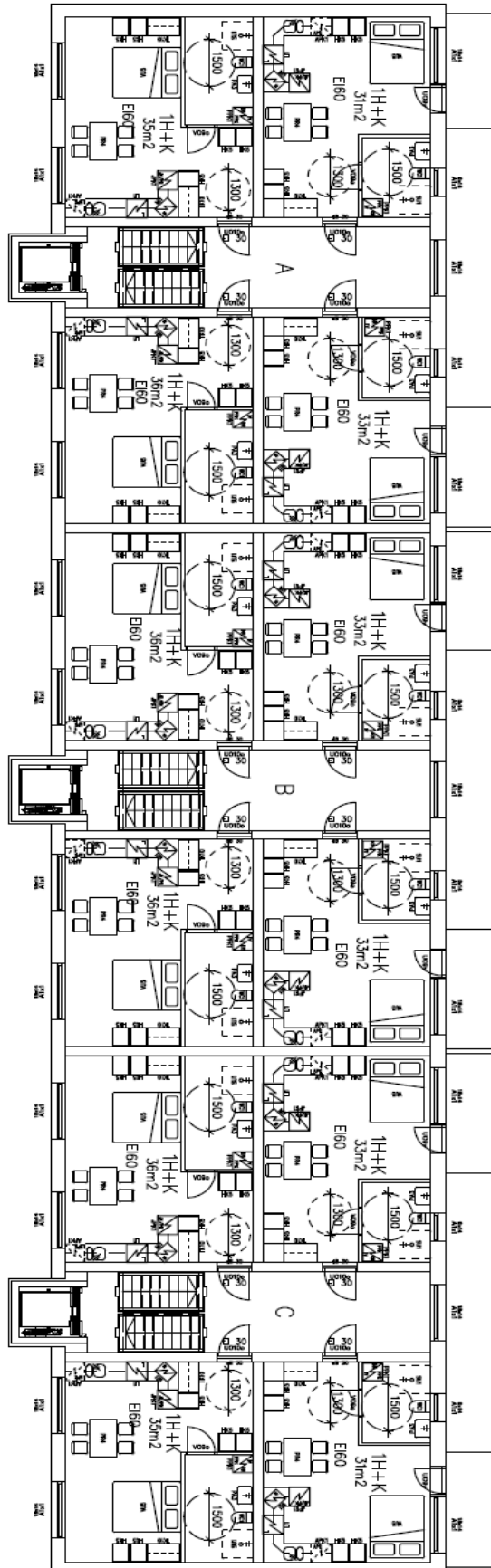
KESÄ		21	t_e	16												
RH _i		83	RH _e	76												
p _i		2064	p _e	1384												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Tark.	XVI	
Ainekerros	d	λ_n	R _i	R _i /R _t	Δt	t _x	v _k	p _x	δ	z	z/z _t	Δp	p _x	p _x <p _x ?	RH	
	m	W/mC	m ² C/W		C	C	g/m ³	Pa	kg/mPa	m ² Pa/kg		Pa	Pa		%	
Sisäilma						21,0	18,3	2484					2064	ei tiivisty	83 %	
Rsi			0,130	0,020	0,10	20,9	18,2	2469					2064	ei tiivisty	84 %	
Teräsbetoni	0,15	1,7	0,09	0,014	0,07	20,8	18,1	2459	2,0E-12	7,5E+10	0,960	652,6	1411	ei tiivisty	57 %	
Mineraalivilla	0,22	0,036	6,11	0,950	4,75	16,1	13,7	1830	7,0E-11	3,1E+09	0,040	27,3	1384	ei tiivisty	76 %	
Tuulensuoja	0,013	0,21	0,06	0,010	0,05	16,0	13,7	1824	1,6E-09	8,1E+06	0,0001	0,07	1384	ei tiivisty	76 %	
Rse			0,04	0,006	0,03	16,0	13,7	1820					1384	ei tiivisty	76 %	
Ulkoilma						16,0	13,7	1820					1384	ei tiivisty	76 %	
Yhteensä			6,43	1,000	5,00					7,8E+10	1,00	680				

Vanha pohjakuva: Ei kantavat - ja kantavat rakenteet

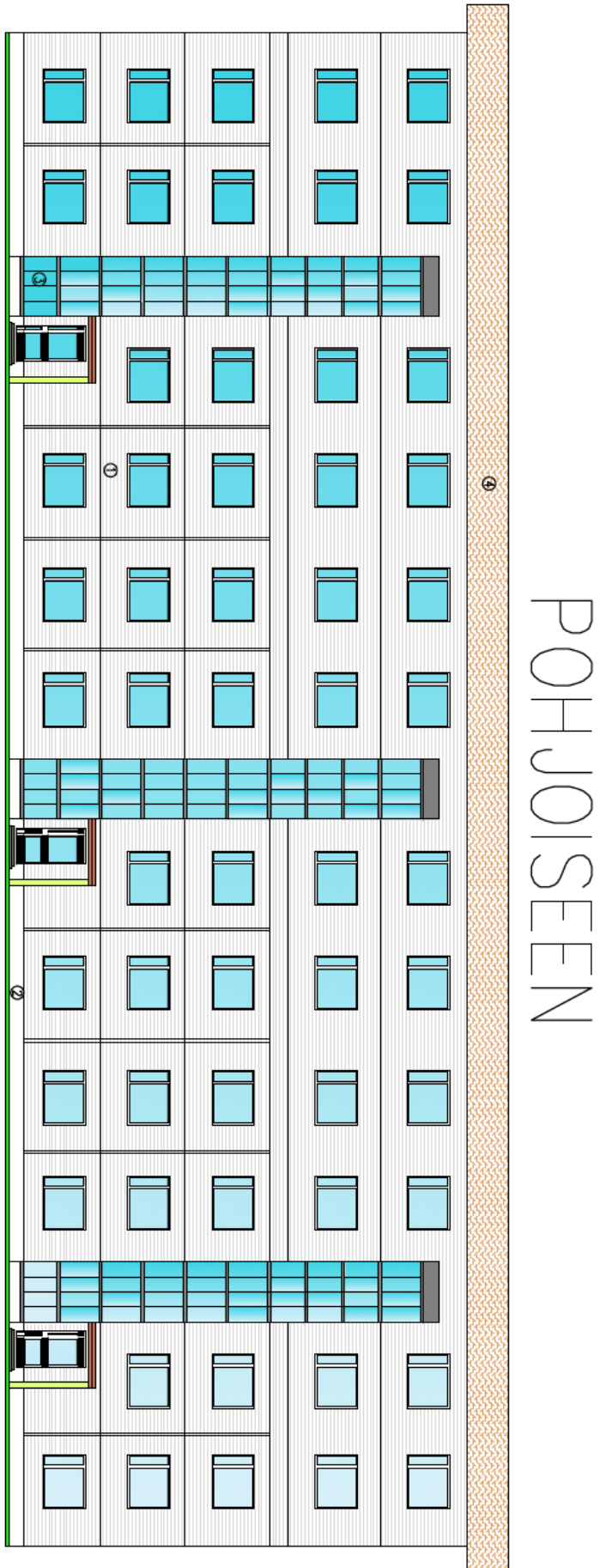


Pohjakuva 4-5 krs.

Pohjakuva kerrokset 4-5.



Julkisivu pohjoiseen



Julkisivu etelään

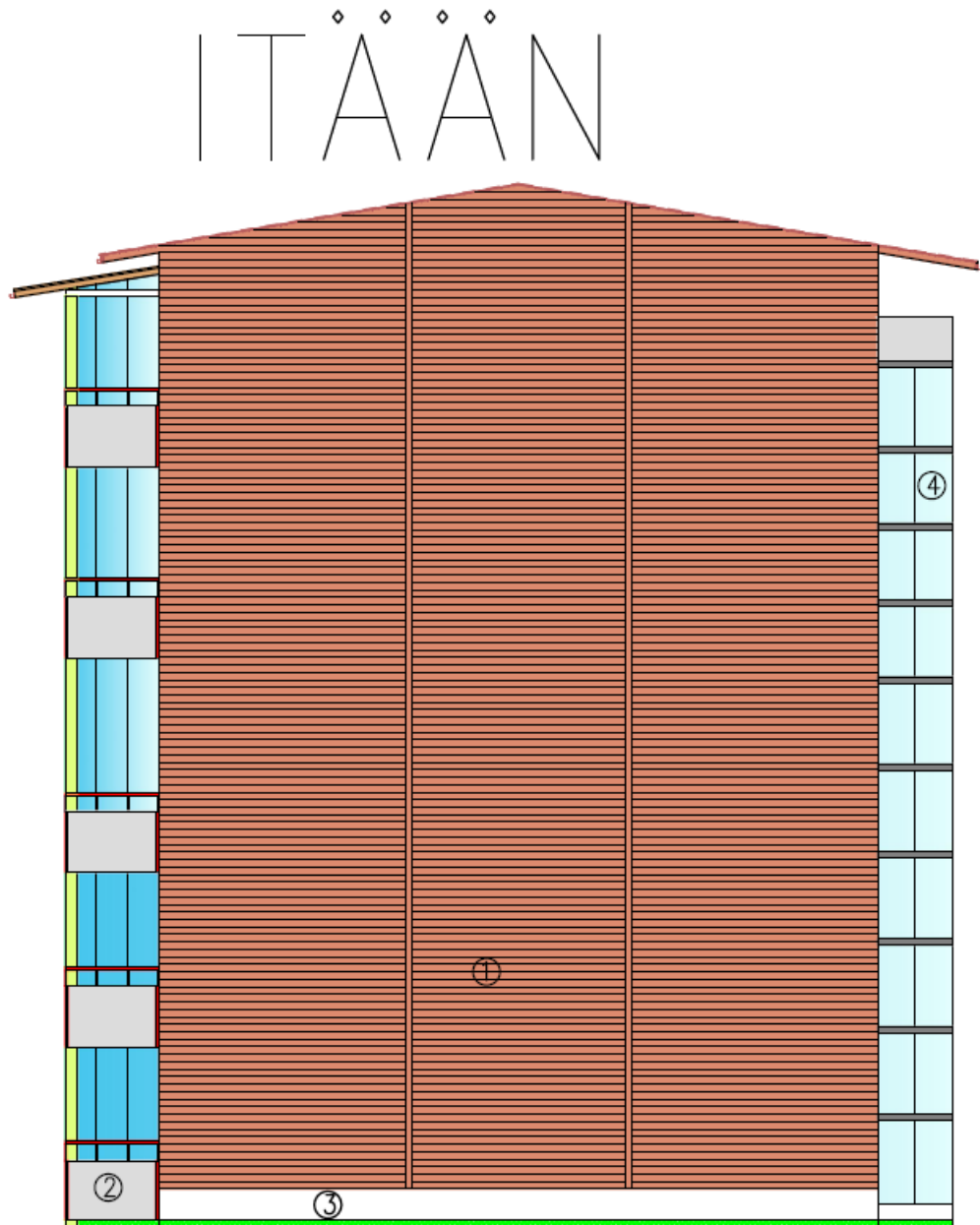
1. Ulkoverhouslautat, valkoinen, puu
2. Parvekekaidasitus, harmaa
Parvekelasitus, väriltön
Parvekekaidat, punainen metalli
Parvekepiilarit, vihräkätköinen puu

3. Sokkeli, rapattu, valkoinen
4. Peltikate, ruskea



ETELÄÄN

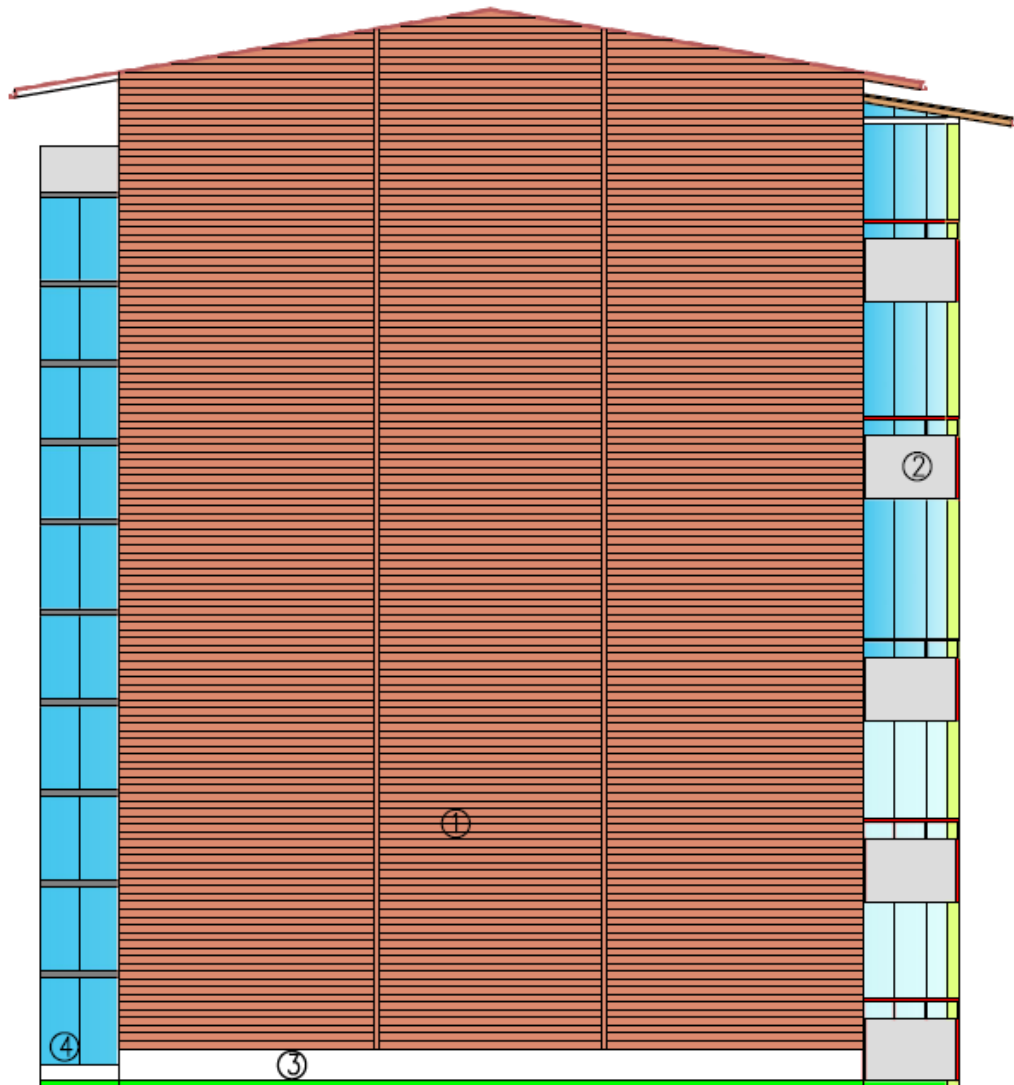
Julkisivu itään



1. Ulkoverhouslauta, ruskea, puu
2. Parvekekaidelasitus, harmaa
Parvekelasitus, väritön
Parvekekaide, punainen metalli
3. Sokkeli, rapattu, valkoinen
4. Hissitornin lasitus, väritön
Hissitornin tukikaiteet, harmaa, metalli

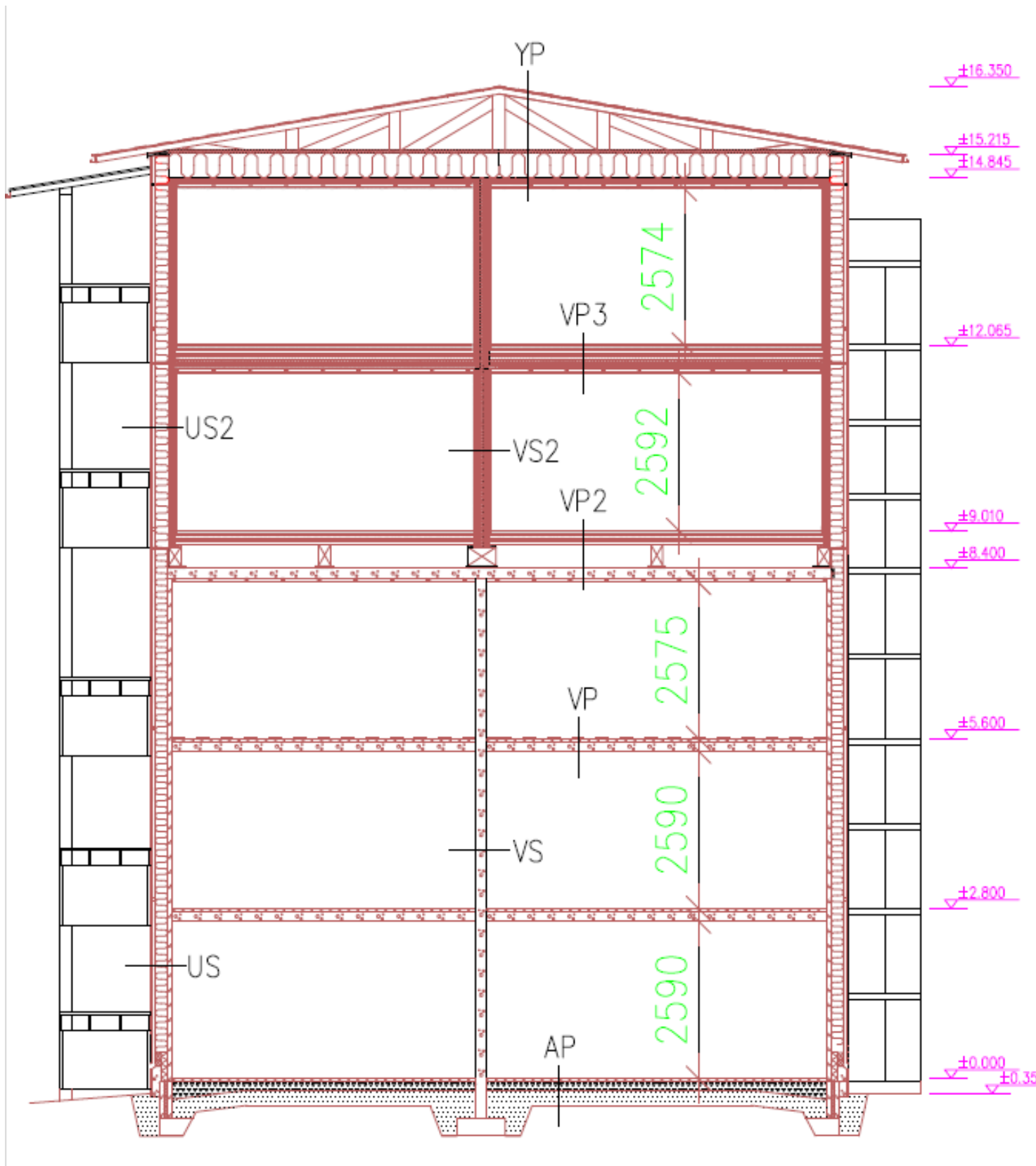
Julkisivu länteen

LÄNTEEN

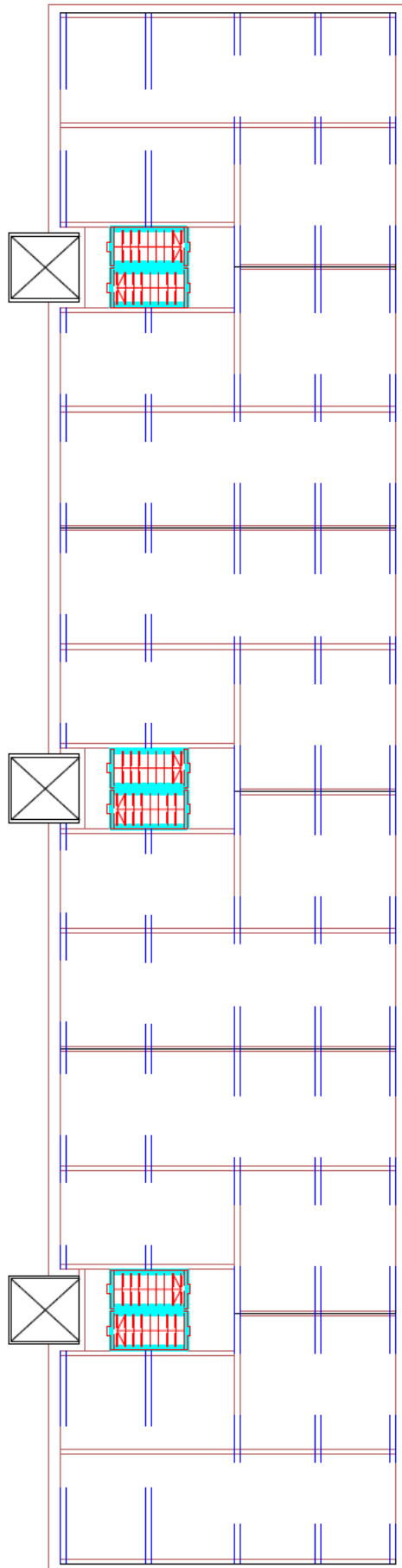


1. Ulkoverhouslauta, ruskea, puu
2. Parvekekaidelasitus, harmaa
Parvekelasitus, väritön
Parvekekaide, punainen metalli
3. Sokkeli, rapattu, valkoinen
4. Hissitornin lasitus, väritön
Hissitornin tukikaiteet, harmaa, metalli

Leikkaus rakennuksesta



Pohjakuva: palkkiarina



Palkkiarinassto

Pohjakuva kerrokset 4-5.
(vaihtoehtoinen toteutus)

