

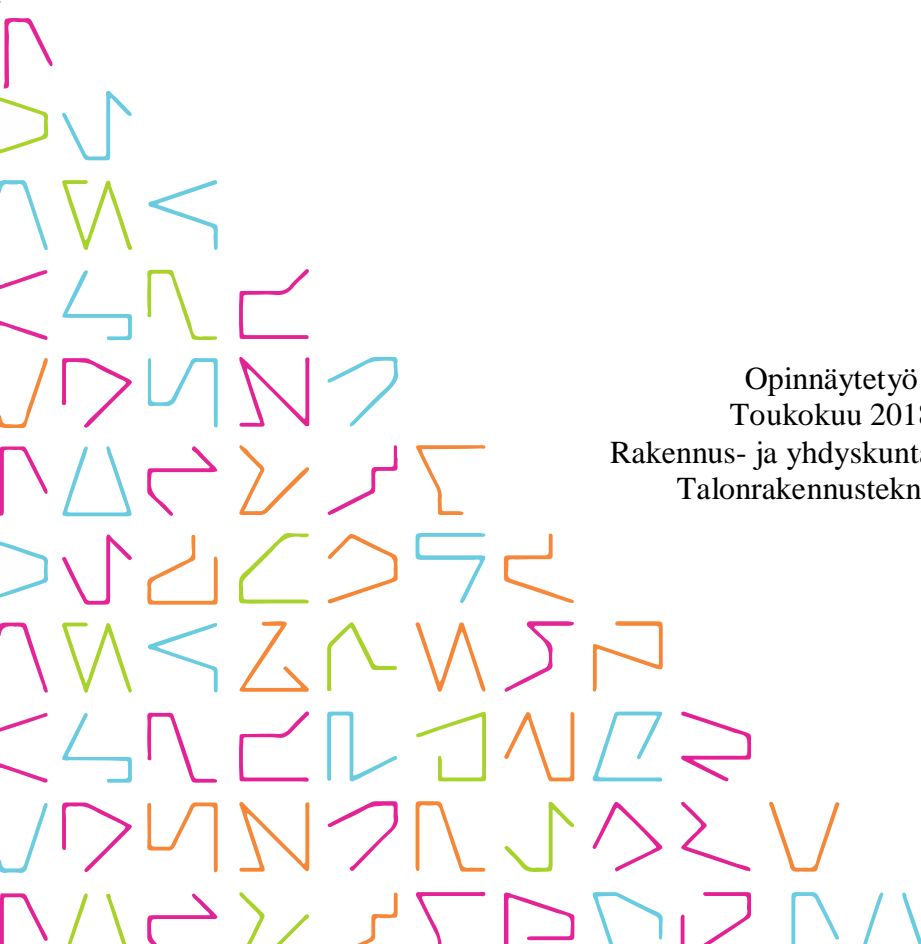


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PUUJULKISIVUELEMENTIN KÄYTTÖ BETO- NIKERROSTALOISSA

Joonas Vainonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

VAINONEN, JOONAS

Puujulkisivuelementin käyttö betonielementtirakentamisessa

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 7 sivua

Toukokuu 2018

Puujulkisivuelementtejä on käytetty kerrostalorakentamisessa, mutta huonoin lopputuloksiin. Ongelmia on ollut erityisesti asennettavuudessa, tiiviyydessä ja kosteudenhallinnassa. Tällä hetkellä puujulkisivuelementtejä käytetään pääosin parvekkeiden taustaseiniinä. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus löytää työkaluja ja ratkaisuja näihin ongelmiin. Tarkoituksena on luoda yksinkertainen ja toimiva ratkaisu puujulkisivuelementtien käyttöön huomioiden palotekniikka, kosteudenhallinta, äänitekniikka ja käytännöllisyys. Työn pääaihealueina ovat puujulkisivuelementin suunnittelu, asennus ja tuotanto.

Tällä hetkellä työmaiden ongelmana on betonisandwich-elementtien todella pitkät toimitusajat, jotka ovat Tampereen alueella jopa 7–8 kuukautta. Puujulkisivuelementti tuo tähän ongelmaan ratkaisun. Elementit voidaan valmistaa joko elementtitehtaalla 1–3 kuukauden toimitusajalla tai vaihtoehtoisesti työmaalla.

Työhön haastateltiin Skanska Talonrakennus Oy:stä suunnittelupäällikköä tuomaan työhön työmaa näkökulmaa, Teeri-Kolmio Oy:stä tuotantopäällikköä saamaan ajatuksia elementtivalmistajan näkökulmasta ja Sweco Rakennetekniikka Oy:stä puurakenteiden suunnittelijaa, joka on ollut suunnittelemassa esimerkiksi Kainuun uutta sairaalaa.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään pelkästään uudisrakentamista mutta näitä asioita voidaan myös soveltaa korjausrakentamisessa. Rakennetyyppinä käytetään ainoastaan puurunkoista julkisivuelementtiä betonirunkoisissa kerrostaloissa. Tarkoituksena on kehittää puujulkisivuelementin käyttöä suunnittelun, asentamisen ja tuotannon näkökulmasta. Opinnäytetyön tavoitteena ja lopputuloksena luodaan Sweco Rakennetekniikka Oy:lle suunnittelupaketti, jonka perusteella puujulkisivuelementtiä voidaan tarjota rakennerratkaisuna asiakkaalle. Swecolle luodaan myös detaljikirjasto puujulkisivuelementeistä ja niiden käytöstä perustapauksissa, joiden perusteella suunnittelua viedään eteenpäin.

Asiasanat: rakennesuunnittelu, elementtisuunnittelu, puujulkisivuelementti, puurakentaminen, puukerrostalo, betonikerrostalo

ABSTRACT

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

VAINONEN, JOONAS
Prefabricated Wooden Facades in Block of Flats

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 7 pages
May 2018

Prefabricated wooden facades have been used in apartment building but with the worst results. Problems have been encountered in installability, tightness and moisture management. Now, wooden façade elements are mainly used as backbones for balconies. The aim of this thesis was to develop tools and solutions to these problems. The aim was to create a simple and functional solution for using wooden façade elements in concrete blocks of flats, considering fire-fighting, moisture management, sound technology and practicality. The main topics discussed in this thesis are design, installation and production of wooden façade elements.

At present, the long delivery time of concrete elements is problematic for construction sites. For example, in the Tampere area the delay can be up to 7 or 8 months. The prefabricated wooden facade brings a solution to this problem. The elements can be manufactured either at an element factory within 1-3 months or, alternatively, on site.

Data were collected by interviewing three professionals in the field. A planning manager from Skanska to get a working site perspective on the subject matter, a production manager from Teeri-Kolmio Oy to bring in ideas from an element manufacturer's point of view, and from Sweco Rakennetekniikka Oy, a designer of wooden structures, who has been planning for example a new hospital in Kainuu.

This thesis deals solely with new construction but these issues can also be applied to the renovation building site. Only wooden façade elements in concrete blocks of flats are used as structural types. The aim is to develop the use of a wooden façade element from design, installation and production perspective. The aim and the result of the thesis is to create a design package for Sweco Rakennetekniikka Oy, whereby the prefabricated wooden facade can be provided as a structural solution for the customer. Sweco is also creating a detailed library of prefabricated wooden facades and their basic use cases, which will then allow further development of the design.

Key words: structural desing, element desing, prefabricated wooden facade, timber construction, wooden building, concrete building

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn rajaus	5
2	PUUJULKISIVUELEMENTTI.....	6
2.1	Puurakentaminen tällä hetkellä.....	6
2.2	Rakennetyyppi	7
2.2.1	Julkisivu vaihtoehdot	8
2.3	Palotekniikka	8
2.3.1	Ulkoseinän ja ontelolaattavälipohjan polttokoe	9
2.3.2	Puujulkisivun palokatko.....	11
2.4	Kosteudenhallinta.....	13
2.5	Äänitekniikka.....	16
3	SUUNNITTELU	18
3.1	Lähtötiedot.....	18
3.2	Elementtitehtaiden vaatimukset.....	18
3.3	Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät	19
3.4	Asennustoleranssit	21
3.5	Liitokset.....	24
3.5.1	Elementin liitos perustuksiin	24
3.5.2	Elementin liitos betoniseen väliseinään	24
3.5.3	Elementin liitos välipohjaan.....	25
3.5.4	Nurkka- ja jatkosliitos.....	25
3.5.5	Elementin liitos yläpohjaan.....	26
3.6	Palomääräysesimerkki.....	27
3.7	Kainuun uusi sairaala	30
4	SUUNNITTELU ESIMERKKI	33
4.1	Perustus.....	33
4.2	Seinärakenne.....	33
4.3	Välipohja	34
4.4	Kantava väliseinä	34
5	POHDINTA	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Puujulkisivuelementin rakennetyyppi.	38
	Liite 2. Detaljit.	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää perusratkaisut puujulkisivuelementtien käytölle betonikerrostalorakentamisessa. Tällä hetkellä puujulkisivuelementtejä käytetään asuinkerrostaloissa pääosin vain parvekkeen taustaseininä. Ongelmia on ilmennyt etenkin liitoksien tiiviudessa, joihin tässä opinnäytetyössä on haettu ratkaisuja.

Työn alussa käsitellään puujulkisivuelementtiä ja puurakentamista yleisellä tasolla, kuten esimerkiksi mitä asioita puurakentamisessa täytyy ottaa huomioon ja mitä ympäristöministeriön asetuksia kyseiseen aiheeseen liittyy.

Kolmannessa luvussa käsitellään mitä tulee ottaa huomioon suunnitellessa puujulkisivuelementtiä. Luvussa on otettu huomioon niin työmaa, elementtivalmistaja ja rakennesuunnittelijan tehtävät. Yhtenä suurena osa-alueena käsitellään palotekniikkaa, joka on suuressa roolissa puurakenteita suunnitellessa.

Luvussa neljä esitellään esimerkkitapahtumana asuinkerrostalo, jossa käytetään puujulkisivuelementtiä. Esimerkin tuloksena luotiin liitteenä olevat detailjipiirustukset. Kyseisiä detailjeja voidaan käyttää suunnittelun perusteena uusissa kohteissa, joissa käytetään puujulkisivuelementtiä. Viimeisessä luvussa pohditaan opinnäytetyön tuloksia.

1.1 Työn rajaus

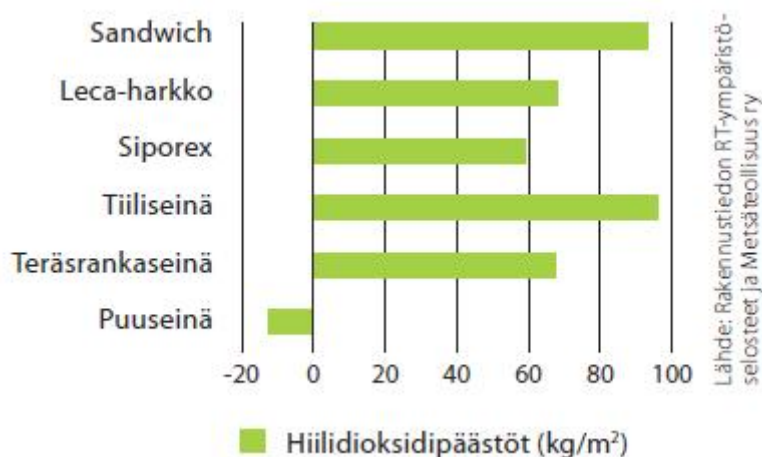
Opinnäytetyössä käsitellään vain uudisrakentamista ja keskitytään betonirunkoisiin asuinkerrostaloihin. Korjausrakentamiseen ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa, koska sillä puolella kohteet suunnitellaan tapauskohtaisesti ja ne ovat yksilöllisiä. Toki tämä opinnäytetyö antaa myös korjausrakentamisen puolelle perusteita suunnitteluun.

2 PUUJULKISIVUELEMENTTI

2.1 Puurakentaminen tällä hetkellä

Puurakentaminen on kasvussa Suomessa ja Euroopan alueella puurakentamiselle on vahva poliittinen tuki. Suomessa tämä näkyy esimerkiksi alkuvuodesta voimaan tulleesta rakennuksen paloturvallisuuden liittyvästä asetuksesta, jossa puurakentamisen toteutukseen tuli helpotuksia. Suomen metsissä on puuta enemmän kuin sitä kulutetaan. Tällä hetkellä suomalainen metsä kasvaa 30 miljoonaa m³ vuodessa yli kulutustason. Materiaalista ei ole siis pulaa puurakentamisessa. Vaikka puurakentaminen kasvaa, niin puun markkinaosuus rakennusmateriaalina pienenee. Tällä hetkellä puun markkinaosuus rakentamisessa on noin 40 % kun taas vastaavasti Euroopassa se vaihtelee neljän ja yhdeksän prosentin välillä.

Puun käyttöön rakennusaineena liitetään ekologisia arvoja. Puun jalostukseen ja valmistukseen kuluu vähemmän energiaa kuin esimerkiksi betonilla. Kun energiankulutus on pienempää, se vaikuttaa myös hiilidioksidipäästöihin. Suomessa rakennustuotteiden valmistus aiheuttaa 5–12 % koko maan energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä. Kuten alla olevasta kuviosta huomataan, puuseinä sitoo hiilidioksidia, kun muut vertailussa tuottavat sitä.



KUVIO 1. Ulkoseinämaterialien tuottaman CO₂-päästöt seinäneliötä kohti (Puurakentaminen PDF, Metsäteollisuus)

Sementin ja teräksen valmistus aiheuttaa näistä päästöistä yli 90 %. Muita vahvuuksia puurakentamisessa on rakenteiden keveys ja korkean esivalmistusasteen mahdollisuus. (Puurakentaminen Euroopassa, LeanWOOD, VTT)

Tällä hetkellä puutalojen yleisimpinä rakennejärjestelminä ovat rankarunkoinen suurelementtitalo, CLT-tekniikalla tuotettu talo, pilari-palkkijärjestelmä, tilaelementtitekniikka ja hirsirakenteet. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä puujulkisivuelementin ja betonirungon yhdistelmä ei ole kovin yleinen. Yhtenä syynä on se, että rakennuksen runko koostuu kahdesta materiaalista, betoni kantavana runkorakenteena ja puuelementti ei-kantavana rakenteena. Kyseiseen rakennejärjestelmään ei ole saatavilla valmiita rakenneratkaisuja vaan ne suunnitellaan kohdekohtaisesti. Yhtenä isona tunnettuna kohteena on Kainuun uusi sairaala, jota esitellään tämän opinnäytetyön yhdessä luvussa.

Betonirakentamisessa on jo 1970-luvulta lähtien ollut käytössä BES-järjestelmä eli Betonielementtistandardi, jota käytetään tänä päivänäkin betonielementtirakenteiden suunnittelussa. BES-järjestelmää on kehitetty jatkuvasti ja näin betonielementtirakentaminen on paljon edellä puuelementtirakentamista. Puuelementtirakentamisen vastaava järjestelmä RunkoPES julkaistiin vuonna 2012, joten tämä avoin puuelementtistandardi on melko uusi järjestelmä. RunkoPES:in tarkoituksena on vakioida puuelementtirakentamisessa käytettäviä rakenneratkaisuja. Se on ensisijaisesti kohdistettu suurelementtien suunnitteluun mutta järjestelmää voidaan soveltaa myös muuhun puurakentamiseen, esimerkiksi tilaelementtien suunnitteluun. RunkoPES antaa periaatteellisia rakenneratkaisuja, joita sovelletaan tapauskohtaisesti. (RunkoPES 2.0, Osa:0)

2.2 Rakennetyyppi

Yleisesti puujulkisivuelementin rakenne koostuu sisäverhouksesta, höyrynsulusta, rungosta ja tuulensuojasta. Tapauskohtaisesti myös julkisivumateriaali on kiinnitettynä elementtiin. Elementti ei yleensä toimi rakennuksen kantavana rakenteena vaan se kantaa itse itsensä. Rakennuksen kantavana rakenteena toimii betoniset väliseinät ja päätyseinät, joko elementeistä tai paikallavaluna. Välipohjana toimii yleisesti ontelolaatta tai paikallavaluholvi.

2.2.1 Julkisivu vaihtoehdot

Puujulkisivuelementillä voi olla julkisivuna mikä materiaali tahansa. Yleisimmät materiaalit julkisivussa on puupaneeli tai rakennuslevy, jonka pinta rapataan. Julkisivumuurausta käytettäessä ei elementtiin tarvita koolauspuita ulkopuolelle vaan elementin ulkopinnassa on tuulensuojana kipsilevy.

2.3 Palotekniikka

Puu on palava rakennusmateriaali, jota pidetään yleisesti puurakenteiden ongelmana. Vastaavasti puun käyttäytymistä palotilanteessa on tutkittu paljon, joten rakenteen mitoittaminen palotilanteessa on tarkkaa. Puu hiiltyy palossa n. 1 mm/minuutti.

Vuoden 2018 alussa tuli voimaan uusi asetus rakennusten paloturvallisuuteen. Asetus antaa vaatimuksia rakennusosille, materiaaleille ja sammutuslaitteistoille.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta antaa lähtökohdat paloturvalliseen suunnitteluun:

'' Pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää paloturvallisuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset.

Paloturvallisuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, jos rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen tässä asetuksessa esitettyjä luokkia ja lukuarvoja.

Paloturvallisuusvaatimukset täyttyvät myös, jos rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täytyminen on todennettava tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö. Oletettuun palonkehitykseen perustuvassa suunnittelussa on käytettävä menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu. Suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä.

Rakennusten paloturvallisuuteen liittyvä asetus 848/2017 tuli voimaan 1.1.2018. Uuden asetuksen myötä uusissa puukerrostaloissa saa olla entistä enemmän näkyvää puupintaa sisäpinnossa. Normaalitylanteessa kun runkorakennetta ei suojaverhoilla, puupintaa voi jäädä näkyviin 20 prosenttia katto- ja seinäpinta-alasta. Jos rungon kantavuusvaatimusta palotilanteessa nostetaan 90 minuuttiin, tällöin puuta voidaan jättää seiniin ja kattoihin 80 prosenttia pinta-alasta.

Ulkoseinälle ei ole normaalissa tilanteessa tarvetta palo-osastoinnille. Osastoivina rakenteina käytetään yleensä sisäpuolisia rakenteita eli väliseiniä, välipohjia ja yläpohjia. P1- ja P2-paloluokan rakennuksessa ullakkotila tai yläpohjan ontelo osastoidaan. Vaikka ulkoseinälle ei ole osastointi vaatimuksia, puujulkisivuelementtien liitokset osastoiviin rakenteisiin on kestettävä osastolle määritetty palonkesto-aika tiiviyden ja eristävyyden osalta. Elementtien puujulkisivuissa on otettava huomioon palotilanne. Julkisivun tuuletusrakoon on asennettava palokatko 1 kpl/kerros esimerkiksi elementtien vaakasauman kohdalle. Palokatkolle on asetettu vaatimuksia, joita käsitellään luvussa 2.3.2 *Puujulkisivun palokatko*. (Paloturvallinen puutalo)

2.3.1 Ulkoseinän ja ontelolaattavälipohjan polttokoe

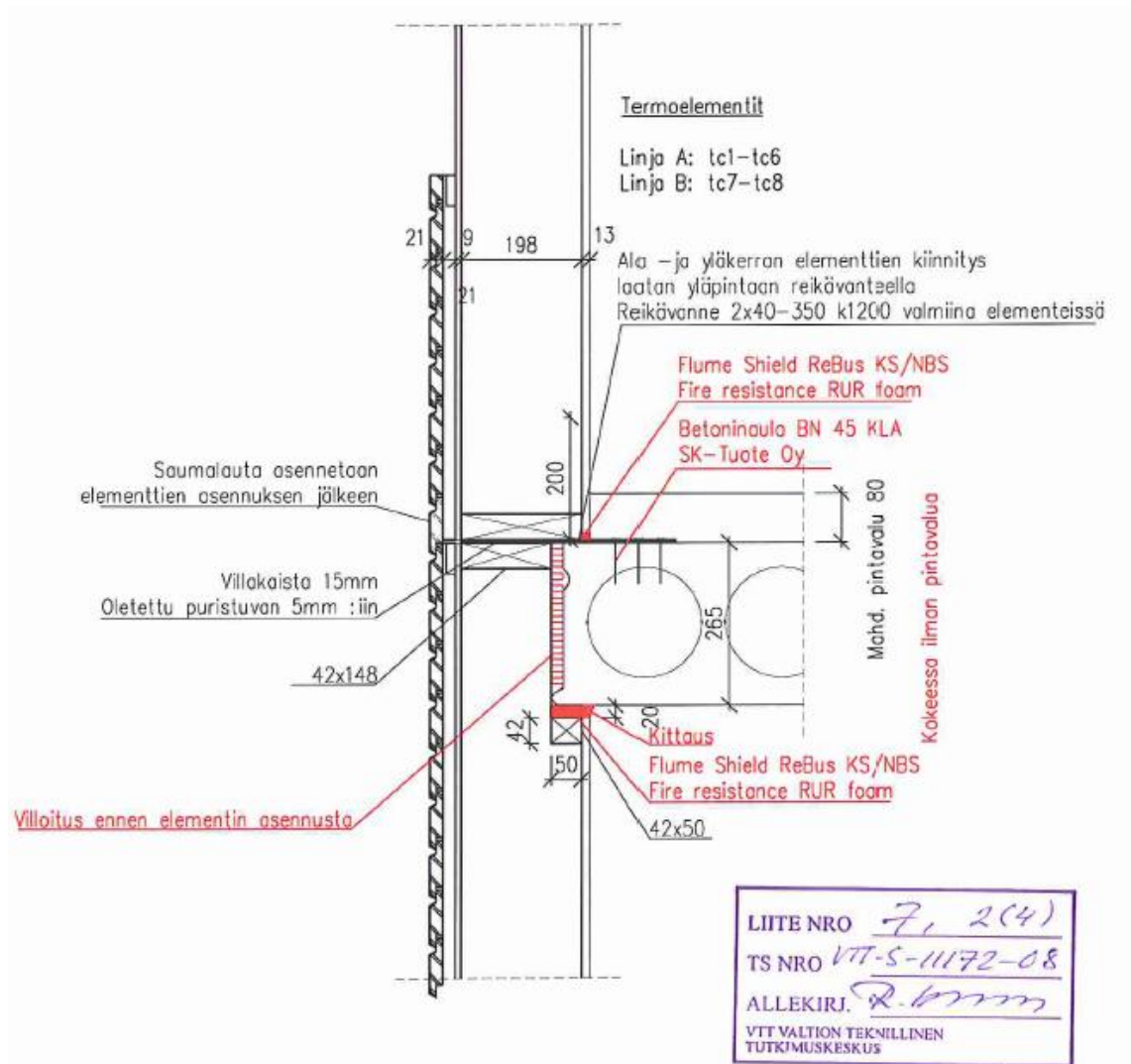
VTT suoritti 28.8.2008 palonkestävyyskokeen, jossa tutkittiin kantamattoman puurunkoisien ulkoseinän ja betonisen ontelolaattavälipohjan liitoksen palonkestävyyttä. Ulkoseinärakenteena sisäpinnasta lueteltuna tässä kokeessa oli:

- 13 mm kipsikartonkilevy
- höyrinsulkumuovi 0,2 mm
- puurunko 42x198 k 600 + lasivilla 200 mm (tiheys 14,6 kg/m³)
- tuulensuojakipsilevy 9 mm
- pystykoolaus 21x50 k 600
- vaakapanelointi UYV 21x95



KUVA 1. Polttokokeessa käytetty rakenne (Palonkestävyyskokeen testausseoste VTT)

Elementin ja ontelolaatan välinen sauma tiivistettiin kivivillakaistalla ja laatan molemmin puolin palosuojalla polyuretaanivaahdolla ja lopuksi paisuvalla polyakryylikitillä. Koe osoitti ulkoseinäelementin kestävän tiiviys- ja eristyskykyvaatimukset 36 minuutin ajan ja 37 minuutin kohdalla yläpuolisen elementin ulkovuoraus syttyi palamaan. Elementin ja ontelolaatan liitoksen kautta palo ei päässyt leviämään. Myös elementin ja väliseinän liitos piti palon syttymispuolella eikä merkkejä palosta ollut väliseinän toisella puolella.



KUVA 2. Kokeessa käytetty välipohjaliitoksen detelji (Palonkestävyyskokeen testausse-
loste VTT)

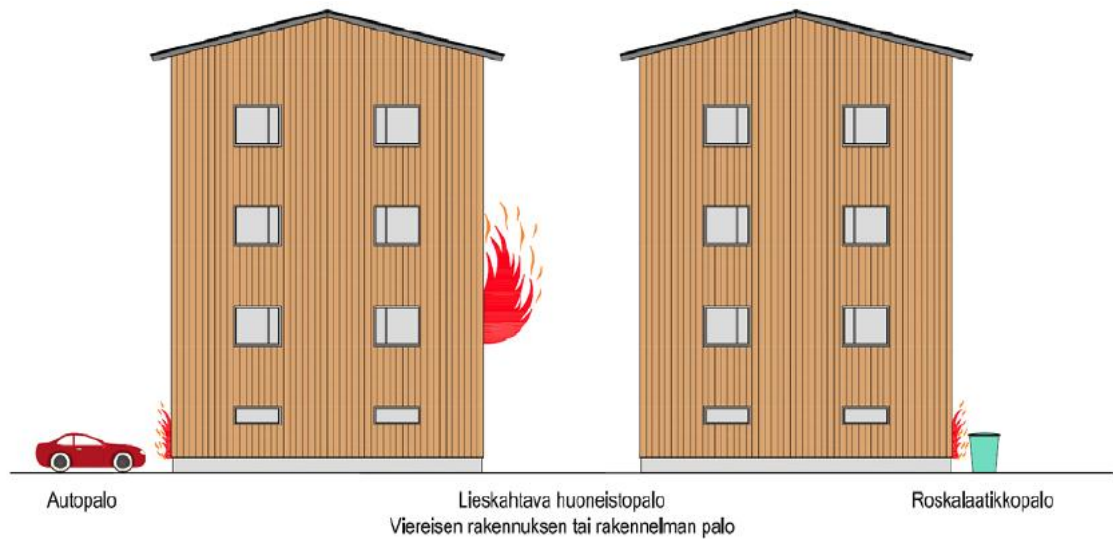
2.3.2 Puujulkisivun palokatko

Ympäristöministeriön 28.11.2017 antamasta asetuksesta rakennusten paloturvallisuudesta ja pykälästä 26 ilmenee seuraavaa:

“ 3) Palon leviämisen tuuletusvälissä on oltava rajoitettu kerroksittain ja palon leviäminen vaakasuunnassa osastoidun porrashuoneen ulkoseinän tuuletusväliin on oltava estetty.

4) Palon leviämistä julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan on rajoitettava niin, että se vastaa EI 30 -rakennusosaa

5) Julkisivurakenteen laajojen osien putoamista palon sattuessa on rajoitettava''



KUVA 3. Tyypilliset julkisivupalon aiheuttajat. (Tekninen tiedote, Puujulkisivun palokatko. Puuinfo)

Elementeissä täytyy olla vaakasuuntaiset palokatkot tuuletusväleissä vähintään jokaisessa kerroksessa. Tuuletusvälissä vaakasuuntaisessa palokatkossa voidaan käyttää esimerkiksi rei'itettyä palokatkoprofiilia. Profiilin rei'itys eli reikien koko ja k-jako, mitoitetaan tapauskohtaisesti niin että reikien pinta-ala on n. 5 % tuuletusraon poikkipintalasta. Kyseisen palokatkoprofiilin toiminta perustuu siihen, että tuuletusrakon syntyvä savu pakkautuu ja hidastaa näin palon hapensaantia. Tutkimuksen mukaan profiilia käyttäessä tuuletusraon ilmavirtaus pienenee ja parantaa ulkoverhouslaudan pitkäikäisyyttä. (PuuInfo, tekninen tiedote, puujulkisivun palokatko)



KUVA 4. Palokatko profiili rakenteessa. (Tekninen tiedote, Puujulkisivun palokatko. Puuinfo)

2.4 Kosteudenhallinta

Rakenteen kosteudenhallinta on otettava huomioon aina suunnittelusta käyttöön ja ylläpitoon saakka. Pienillä laiminlyönneillä kosteus voi päästä rakenteen sisään ja aiheuttaa ongelmia. Kuivaketju10 on mainio työkalu kosteudenhallintaan, joka on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli. Tällä toimintamallilla pyritään vähentämään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen elinkaaren aikana. Rakentamisen Laatu eli RALA ry vastaa Kuivaketju10 ylläpidosta ja jatkokehityksestä. Tässä työkalussa on annettu toimintaohjeita ja riskilistoja tilaamiseen, suunnitteluun, toteutukseen ja käyttöön, joita seuraamalla varmistetaan rakennuksen ja rakenteiden kosteustekninen toiminta.

Elementin rakennesuunnittelun kannalta on otettava erityisesti huomioon höyrynsulun tiiviys ja yhtenäisyys, jolloin diffuusion pääsy rakenteeseen on estetty. Elementin on muodostettava kokonaisuus, joka estää veden pääsyn rakenteen sisään. Edellä mainitut asiat on otettava myös liitosten suunnittelussa huomioon. (Asetus 782/2017) Suurin ongelma kohta rakenteen tiiviiden suhteen on juuri elementtien liitoksissa, jolloin höyrynsulun on limityttävä tiiviisti. Tiiviudessa on havaittu ongelmia ikkuna- ja oviliittymissä, jota kautta

sadevesien on havaittu kulkeutuvan rakenteen sisään. Kosteudenhallinnassa detaljien suunnittelu on avainasemassa rakenteen toimivuuden kannalta. (Kuivaketju10)

Elementti on valmistettava kuivissa olosuhteissa ja säältä suojassa ja rakennusmateriaalien on oltava kuivia. Kun elementti on valmiina, se asetetaan elementtitelineelle muiden elementtien kanssa, jonka jälkeen se suojataan muovein. Suojauksessa on otettava huomioon, että paketti pääsee tuulettumaan, joten se jätetään alapäästään auki. Suojaus on tehtävä huolella, sillä elementtipaketti voi seisoa elementtitehtaan pihalla jopa 3 kk. Myös kuljetuksen aikana elementtipaketille tulee kosteusrasitusta esimerkiksi vesisateen aikana.



KUVA 5. Valmiita elementtejä suojattuna elementtitehtaan pihalla.

Lähtökohtaisesti elementit asennetaan saman tien kuorman saapuessa työmaalle. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, joten työmaalla on huolehdittava elementtien suojauksesta niiden seisoessa työmaalla. Elementit on otettava tarpeeksi irti maasta, jotta paketti pääsee tuulettumaan, etenkin talvella on kiinnitettävä erityistä huomiota, jolloin lunta voi

kinostua elementtien juureen ja näin tukkia tuuletuksen pääsyn pakettiin.



KUVA 6. Valmiita elementtejä varastoituna työmaalla. (Skanska Talonrakennus Oy)

Asennuksen aikana ja sen jälkeen veden pääsy rakenteeseen on estettävä. Elementin yläpäässä voidaan käyttää muovikaistaa mutta parempi vaihtoehto on käyttää elementin höyrinsulkua. Höyrinsulku vedetään elementin yläpään yli ja se limitetään ylemmän elementin höyrinsulun kanssa seuraavan kerroksen elementtiä asennettaessa. Suojaus asennusvaiheessa voi aiheuttaa ongelmia mutta tarkkaan suunniteltu detajjiikka ja työjärjestys

tuo

onnistuneen

lopputuloksen.



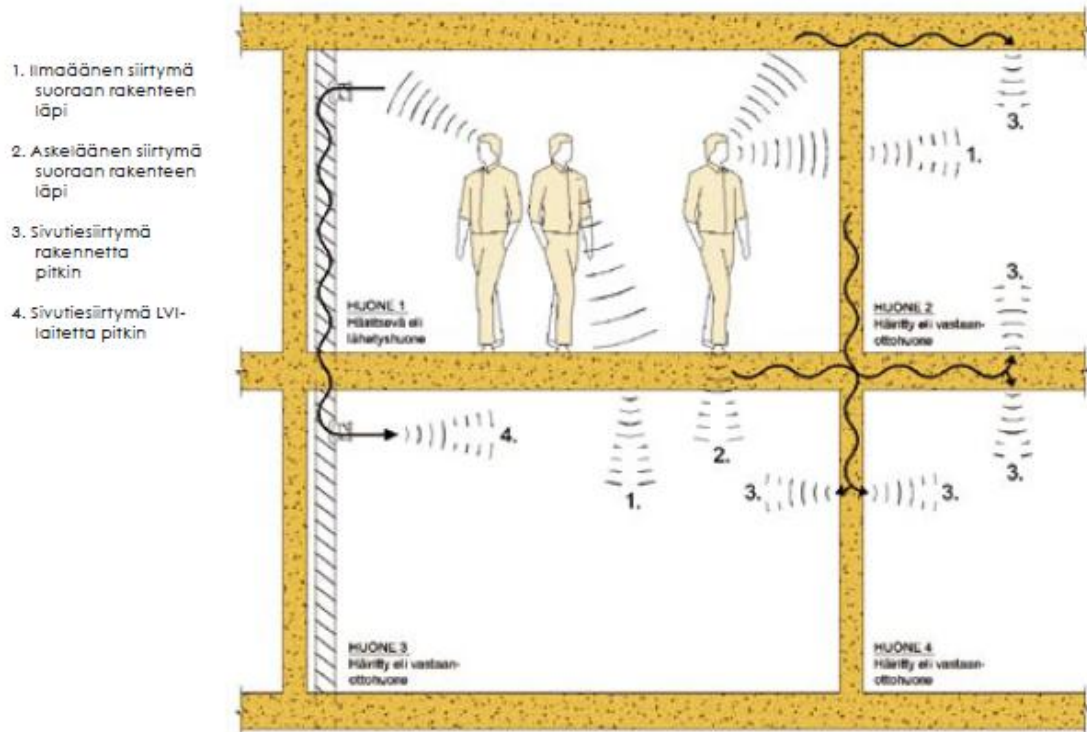
KUVA 7. Elementin yläpää suojattu muovilla. (Skanska Talonrakennus Oy)

2.5 Äänitekniikka

Kaupungeissa kaavoituksessa keskitytään tiiviiseen kaupunkirakentamiseen, joka edellyttää rakennuksen entistä parempaa ääniteknistä suunnittelua. Kaavoituksessa on huomioitu ääneneristävyys ja se merkataan kaavaan kaavamerkintänä tai -määräyksenä. Puurakenteisen ulkovaipan haasteena on rakenteen keveys, jolloin rakenteen massalla ei saada ääneneristävyysvaatimuksia täytettyä. Ulkovaipan ääneneristävydessä ei huomioida pelkästään seinärakennetta vaan myös ovet, ikkunat ja yläpohja.

Ilmassa kulkeutuvaa ääntä kutsutaan ilmaääneksi, vastaavasti rakennuksen rungossa kulkeutuvaa ääntä kutsutaan runkoääneksi. Rakennuksessa ilmaääntä synnyttää ihmisen toiminnot ja rakennuksessa olevista laitteista. Rakennukseen kulkeutuu ääniä myös ulkopuolelta kuten liikennemelusta ja lento- ja rautatieliikenteestä. Ääni voi edetä rakennuksessa monin eri tavoin. Ilmaääni, esimerkiksi ihmisen puhe, voi siirtyä suoraan rakenteen läpi tai sivutiesiirtymänä esimerkiksi LVI-laitetta tai rakenneosien liitoksia pitkin.

Rakennesien liitosten ja mahdollisten läpivientien tiiviys on suuressa roolissa hyvässä äänitekniikassa. Asuinrakennuksissa yhtenä yleisimpänä äänilähteenä on askelääni, joka siirtyy suoraan välipohjan läpi alla olevaan huoneistoon. Hyvällä suunnittelulla varmistetaan rakennuksen hyvä ääneneristävyys.



KUVA 8. Äänen etenemisreitit rakennuksessa (Ääneneristys puutalossa, Wood Focus Oy)

Rakenteen ilmatiiveys on tärkeä ääneneristävyys suhteen. Ääni kulkee ilmanvälityksellä, jolloin tiivis rakenne hidastaa äänen kulkua tehokkaasti. Detaljeja suunniteltaessa voidaan parantaa ääneneristävyttä oikeilla ratkaisilla. (Ääneneristys puutalossa)

Lähtökohtana rakennus on suunniteltava ääniteknisesti ottaen huomioon rakennuspaikan melu- ja värinäolosuhteet ja tietenkin rakennuksen käyttötarkoitus. Huomioon otettavaa on suunnitellaanko opetustiloja, sairaaloita, toimistotiloja tai asuinrakennuksia, sillä jokaisella kohteella on omat vaatimuksensa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään asuinrakennuksiin. Asetuksen tärkeimpänä vaatimuksena on rakennuksen vaipan suunnittelu niin että, sen ääneneristävyys on vähintään 30 desibeliä. (Asetus 796/2017)

3 SUUNNITTELU

3.1 Lähtötiedot

Elementtien suunnittelun aloittamiseen vaaditaan tiettyjä lähtötietoja, joita lueteltuna alla:

- Rakennuksen ja rakenteen paloluokka
- Ääneneristysvaatimus
- U-arvo vaatimus
- Julkisivupiirustus
- Asemakaava
- Sähkökuvat
- Pohjakuva

3.2 Elementtitehtaiden vaatimukset

Elementtitehtaalle lähtevät kuvat piirretään tehtaan vaatimusten mukaisesti. Osa tehtaista haluaa vain yhden kuvan elementistä, toiset oman kuvan rungosta, julkisivusta, koolauksista ja levytyksistä. Jotkin tehtaot ottavat mittatiedot suoraan kuvista, joiden perusteella robotit leikkaavat puut oikean mittaisiksi. Kuvista ja niiden sisältämistä tiedoista on siis sovittava tehtaan kanssa aina erikseen. Esimerkkinä alla lueteltuna mitä tietoja Teeri-Kolmio vaatii elementin valmistamiseen:

- Rakenne- ja arkkitehtikuvat
- Sähkö- ja iv-kuvat
- Työmaan tiedot
- Runko- ja julkisivuelementtikuvat

Elementtitehtailla on myös vaatimuksia elementtien enimmäiskokoihin. Nämä on varmistettava tehdaskohtaisesti. Teeri-Kolmion enimmäismitat ovat:

- Runkokorkeus 3,85 m
- Pituus 13,5 m

Kuljetuspituutena on hyvä olla kuitenkin vain 12 m. Elementtien pituuksiin vaikuttaa myös työmaan sijainti.

3.3 Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät

Rakennustieto on kasannut rakennesuunnittelijan työturvallisuus tehtävät RT-korttiin RT 10-11011. Ohjeessa käsitellään tehtävät suunnitelmalliseen ja ennakoivaan työturvallisuuden toteuttamiseen. Rakennesuunnittelijan on huolehdittava siitä, että hän saa tarvittavat tiedot edellä mainittujen tehtävien toteuttamiseen.

Kesäkuussa 2009 tuli voimaan Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009). Asetuksessa on otettu kantaa omassa luvussa työturvallisuuteen elementtirakentamisessa. Elementtirakentamisessa rakennesuunnittelija vastaa siitä, että rakennesuunnitelmat ja erityissuunnitelmat eivät ole työturvallisuuden kannalta ristiriidassa ja rakennesuunnittelijan täytyy antaa asennussuunnitelman laatijalle riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnityksestä. Elementin rakenteellinen vakavuus täytyy säilyä asennustyön kaikissa vaiheissa. Huomiota on hyvä keskittää etenkin elementin nostoon sijoittamalla elementin nostolenkit oikein ja merkkeamalla ne selkeästi suunnitelmiin. Asennussuunnitelman laadintaan ja kokoamiseen tarvittavia tietoja lueteltuna alla:

- rungon stabiliteettikuvaus asennuksen aikana
- väliaikaisten tukien käyttö ja purkuajankohta
- mahdollisten vinoon asennettavien rakenteiden tuenta asennusaikana
- ristikoiden ja korkeiden palkkien kiepahdustuenta
- liitosten kiinnitykset
- pintakäsittelyvaatimukset
- asennussuunnitelman hyväksyminen osaltaan

Työturvallisuuteen liittyviä suunnittelijan tekemiä päätöksiä on myös asennusaikaisen tuennan suunnittelu. Elementti voidaan tukea välipohjaan alla olevan kuvan mukaisesti.



KUVA 9. Puujulkisivuelementin asennusaikainen tuenta. (Skanska Talonrakennus Oy)

Elementtiin asennetaan nostolenkit ja niiden tulee olla hyväksytyjä ja mitoitettuja. Elementtisuunnittelija määrittää nostolenkkien paikan elementin painopisteen mukaan, jotta elementti pysyy suorassa sitä nostettaessa paikalleen. Elementin nostopisteet on merkattava elementtiin, jos niitä ei ole merkattu, elementtiä ei saa nostaa, siirtää eikä asentaa

ilman luotettavaa selvitystä (Asetus 578/2003). Nostolenkeistä on esitetty kuva liitteessä 2 tunnuksella DET5.

3.4 Asennustoleranssit

Suunnittelussa on aina otettava huomioon toleranssit. Toleransseja on määritelty elementin valmistukseen ja asennukseen. Tässä opinnäytetyössä otetaan huomioon myös betonirakenteen ja puuelementin toleranssierot. RunkoPES 2.0 puuelementtistandarsissa on määritelty seinäelementeille valmistustarkkuuksia eli toleransseja. Alla olevassa taulukossa on määritelty toleranssit pituudella, korkeudella, paksuudella, ristimitalle, suoruu-delle, aukkojen sijainnille ja liittyvien rakenteiden loveuksille. Mitat otetaan tehtaalla, kun puun kosteuspuiteisuus on 15 %. Valmistusluokkaa 2 käytetään kun rakennetaan enintään 2-kerroksista rakennusta ja valmistusluokkaa 3 kun rakennetaan yli 2-kerroksista rakennusta.

TAULUKKO 1. Seinäelementtien valmistusluokkien toleranssit. (RunkoPES 2.0. Osa 9)

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1
Pituus (rakennuksen pituussuunnassa)			
< 3 m	± 3 mm	± 4 mm	± 7 mm
3...10 m	± 0,10 %	± 0,15 %	± 0,25 %
> 10 m	± 10 mm	± 15 mm	± 25 mm
Korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)			
< 3 m	± 3 mm	± 4 mm	± 7 mm
3...10 m	± 0,10 %	± 0,15 %	± 0,25 %
> 10 m	± 10 mm	± 15 mm	± 25 mm
Paksuus			
- ilman tuuletusrakoa ja ulkoverhousta	± 3 mm	± 3 mm	± 5 mm
- julkisivuverhouksen kanssa	± 6 mm	± 6 mm	± 8 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero			
< 3 m	± 3 mm	± 4 mm	± 7 mm
3...10 m	± 0,10 %	± 0,15 %	± 0,25 %
> 10 m	± 10 mm	± 15 mm	± 25 mm
Suoruus (koko elementin pituus)			
- pituus (rakennuksen pituussuunnassa)	± 0,1 %	± 0,15 %	± 0,25 %
- korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)	± 0,1 %	± 0,15 %	± 0,15 %
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	± 5 mm	± 10 mm	± 15 mm
Liittyvien rakenteiden loveus			
- loveen pituus, syvyys, leveys	+ 2 mm	+ 4 mm	+ 6 mm

Alla olevassa kuvassa esitetty seinäelementtien valmistustarkkuuksien selitykset, jossa

$\Delta 1$ = pituus

$\Delta 2$ = korkeus

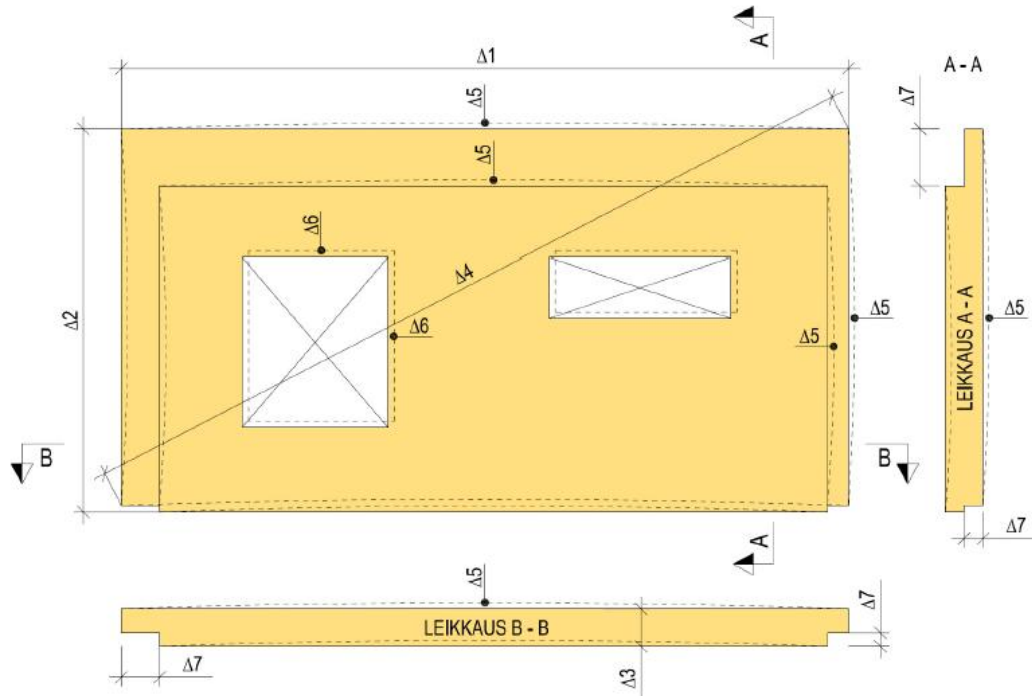
$\Delta 3$ = paksuus

$\Delta 4$ = nurkkapisteen välisten ristimittojen ero

$\Delta 5$ = suoruuksuus

$\Delta 6$ = ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti

$\Delta 7$ = liittyvien rakenteiden loveus



KUVIO 2. Seinäelementin valmistustarkkuuksien selitykset. (RunkoPES 2.0)

Puujulkisivuelementtien saumoissa tulee ongelmia, jolloin kaksi eri materiaalia kohtaa. Jokaisella materiaalilla on omat toleranssinsa. Tästä syystä on hyvä jättää ulkovooraus työmaalla tehtäväksi, etenkin kun käytetään rakennuslevyä ulkopinnassa, kun taas esimerkiksi puupaneelijulkisivu antaa hieman enemmän anteeksi. Tämä antaa myös vapauksia arkkitehtuuriin, kun jokaista elementin saumaa ei tarvitse erikseen saumata tai peittää, tällöin saadaan laajaa yhtenäistä pintaa julkisivulle. Alla olevassa kuvassa voi havaita kuinka paljon elementtien välille voi syntyä heittoa. Kuvassa olevat elementit

ovat myös vaurioituneet kuljetuksen ja asennuksen aikana.



KUVA 10. Julkisivuelementin vaurioita ja mittatarkkuuden poikkeamia. (Skanska Talonrakennus Oy)

Toleranssien vuoksi paras laatu sisä- ja ulkopinnoille saadaan, kun sisäpinnan levy ja ulkokuoraus tehdään työmaalla. Tämä lisää tietenkin työmaalla tehtävää työtä ja näin nostaa kustannuksia.



KUVA 11. Puujulkisivuelementin sisäpinta ilman levytystä. Kainuun uusi sairaala. (Sweco Rakennetekniikka Oy)

3.5 Liitokset

Liitoksissa liittyy yleensä kaksi tai kolme rakennusosaa yhteen ja puujulkisivuelementin käytössä kohtaa myös kaksi eri materiaalia – puu ja betoni. Kummallakin materiaalilla on erilaisia ominaisuuksia. Liitos on suunniteltava mahdollisimman yksinkertaiseksi niin elementtivalmistajalle kuin elementin asentajalle ja se tehdään paloturvalliseksi, jotta tulipalo ei pääse leviämään liitoksen kautta toiseen palo-osastoon. Liitos tehdään ilmatii- viiksi, jotta saavutetaan ääneneristävyyden vaatimukset ja varmistetaan liitoksen toiminta kosteusteknisesti oikein. Elementti voidaan kiinnittää betonirunkoon joko välipohjasta tai väliseinistä.

3.5.1 Elementin liitos perustuksiin

Elementin kantaessa itse itsensä se on kiinnitettävä perustuksiin tukevasti kiinni, jotta kuormat pääsevät kulkeutumaan perustuksiin asti. Elementti voidaan myös roikottaa betonirungosta, jolloin elementin ei tarvitse tukeutua perustuksiin.

3.5.2 Elementin liitos betoniseen väliseinään

Tavoitteena on luoda helposti asennettava ja toimiva liitosdetalji huomioiden, kosteus, palo, ääni ja asennettavuus. Liitoksen suunnitteluun liittyy erityisesti kantaako elementti itsensä vai roikotetaanko se betonirungosta. Jos elementti on itsekantava, tällöin liitos mitoitetaan vain tuulenpaineesta aiheutuvalla veto- tai puristusrasitukselle. Elementin kiinnitys väliseinään on oltava yksinkertainen, jotta asentaminen onnistuu nopeasti ja helposti, mitä enemmän työvaiheita asennus sisältää, sitä enemmän virheiden todennäköisyys kasvaa. Elementin ja väliseinän väliin tulee laittaa höyrynsulku, joka jatkuu katkeamattomana liitoksen läpi. Väliin asennetaan myös villakaista, jolloin asennusvara saadaan täytettyä ja liitoksesta tulee tiivis.

Sisä- ja ulkopinnan saumoihin laitetaan palonkestävää elastista saumamassaa tehostamaan liitoksen palokestävyyttä. Puujulkisivuelementit voidaan lisäksi kiinnittää toisiinsa yläjuoksuista naulauslevyin.

Toinen vaihtoehto on käyttää puujulkisivuelementtien jatkoksessa paisuvaa tiivistenauhaa, jolloin höyrynsulku käännetään elementtien päihin.

3.5.3 Elementin liitos välipohjaan

Puujulkisivuelementti kiinnitetään ylä – ja alapäästä betoniseen välipohjaan teräsosin. Kuten alla olevasta kuvasta näkyy, yläpäästä kiinnittäessä teräsosa lävistää höyrynsulun, joten se on teipattava huolellisesti tiiviiksi. Teräsosat voivat olla kiinnitetty elementteihin tai ne voivat olla välipohjassa valmiina kiinnitettyinä.



KUVA 12. Elementin kiinnitys välipohjaan teräsosin. Kainuun uusi sairaala. (Sweco Rakennetekniikka Oy)

3.5.4 Nurkka- ja jatkosliitos

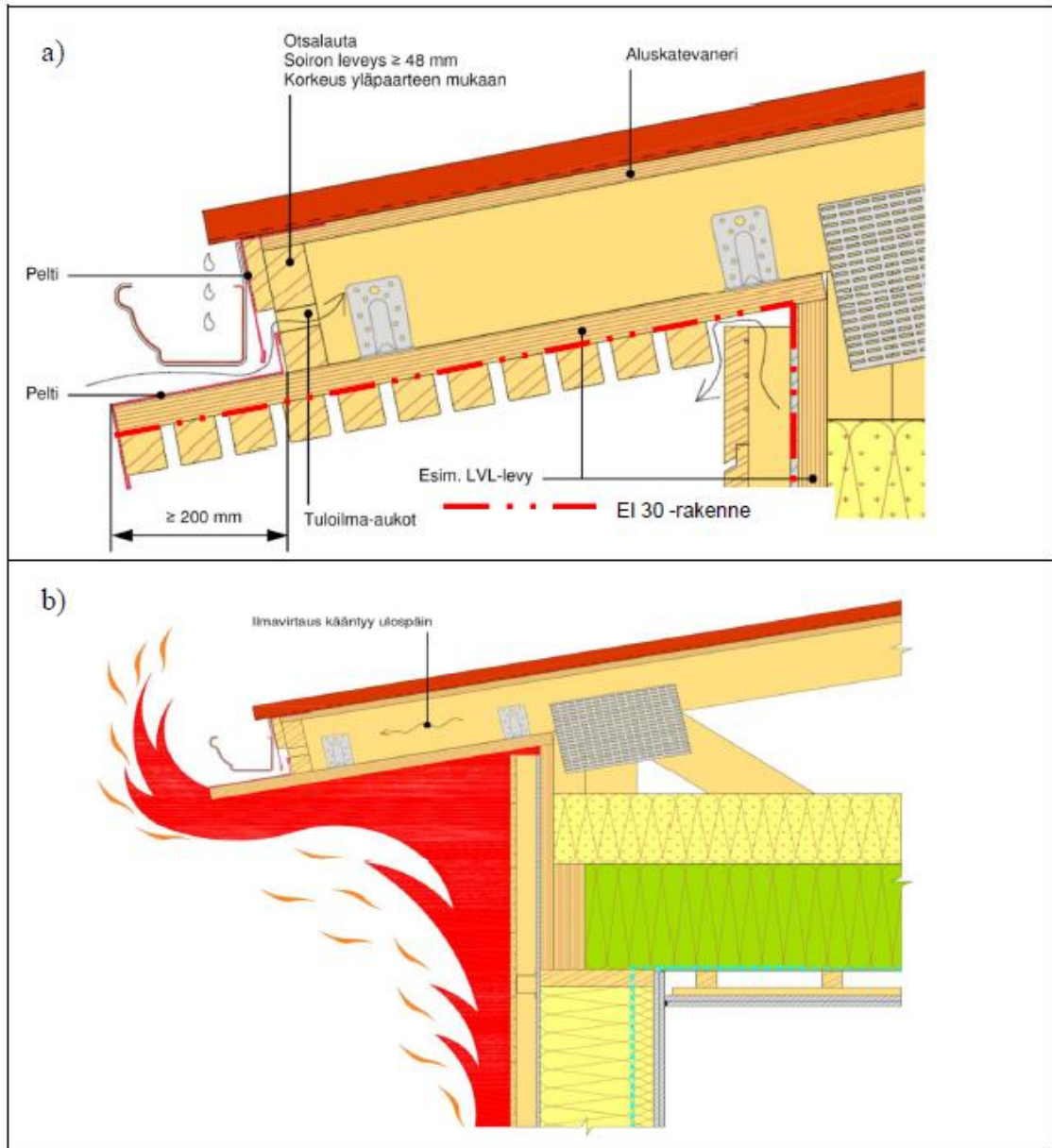
Puujulkisivuelementtien keskinäisessä liitoksessa voidaan käyttää normaaleja puuelementtien liitoksia. Liitoksesta on tehtävä tiivis, kuten muistakin liitoksista, jotta se toimii palo-, ääni- ja kosteusteknisesti oikein. Höyrynsulkujen limitys vähintään 200 mm.

Elementit voidaan kiinnittää toisiinsa vinoruuvamalla tai yläpäästä naulalevyllä.

3.5.5 Elementin liitos yläpohjaan

Yläpohja vaatii tuuletuksen, joka hoidetaan yleensä räystäään kautta. Tämä voi aiheuttaa hankaluuksia paloteknisessä suunnittelussa, jolloin palon pääsy yläpohjan ontelotilaan on estettävä. Kun palo pääsee yläpohjaan, se on hankalasti sammutettavissa. Palon leviäminen voidaan estää paloräystäillä. Paloräystäs suositellaan tehtäväksi palokatkotuotteilla, jolloin tuuletusraot saadaan suljettua palon syttyttyä. Palokatkotuotteena voidaan käyttää esimerkiksi VTT:n lausunnon (VTT-S-06137-12) Firebreather® räystäsventtiili -tuotetta, jolla on EI30 palonkesto aika. Venttiilien määrä ja paikka räystäillä määritetään jokaiselle kohteelle erikseen.

Elementin liitoksessa yläpohjaan ei eroa normaalista puuelementtirakentamisesta juuri lainkaan. Liitoksessa on otettava kuitenkin huomioon, joudutaanko räystäs suunnittelemaan paloräystäänä vai normaalina räystäänä. Alla olevassa kuvassa on esitetty Puuinfon ratkaisumalli tuulettuvasta paloräystästä.



KUVA 13. Paloräystään ratkaisumalli tuulettuvasta räystäästä. (Puuinfo, Tekninen tiedote, paloräystä)

3.6 Palomääräysesimerkki

Tässä esimerkissä kerrotaan esimerkki palomääräyksistä ja vaatimukset täyttävistä rakenteista. Esimerkkinä on P2 luokan asuinkerrostalo, jossa on 5–8 kerrosta ja henkilömäärä rakennuksessa on alle tuhat. Rakennuksessa kantavina rakenteina toimii betoniset väliseinät ja rakennuksessa käytetään puujulkisivuelementtejä. Alla olevassa taulukossa kerrotaan rakennuksen laajuuteen liittyvät vaatimukset.

TAULUKKO 2. Palomääräysvaatimukset ja rakennuksen laajuus

Laajuus	Vaatus
Korkeus	alle 28 m
Kerrosala	alle 12000 m ²
Henkilömäärä	alle 1000 henkilöä
Palo-osasto kerroksissa	Huoneistoittain
Palo-osasto kellarissa	alle 800 m ²
Palo-osasto ullakolla tai yläpohjassa	alle 1600 m ²
Sprinklaus	Tiloissa ja parvekkeilla, hätäkeskukseen kytkettynä
Sähköverkkoon kytketty palovaroitin	Asunnossa

Asetuksessa määritellään paloluokittain rakennusosille vaatimuksia. Vaatimuksissa otetaan huomioon rakenteen kantavuus (R), eristävyys (I) ja tiiviys (E). Edellä mainituille ominaisuuksille asetetaan palonkestävyysajat. Esimerkkikohteen vaatimukset palonkestäjä ja rakennustarvikkeille on kerrottu alla olevassa taulukossa.

TAULUKKO 3. Palomääräysvaatimukset ja rakennusosat

Rakennusosa	Vaatus
Lämmöneristeet puurungossa	A2-s1, d0
Kantavat ja jäykistävät rakennusosat kerroksessa	R 60
Kantavat ja jäykistävät rakennusosat kellarissa	R 60 rakennustarvikkeet vähintään A2-s1, d0
Osastoivat rakennusosat kerroksessa	REI 60
Osastoivat rakennusosat kellarissa	REI 60 rakennustarvikkeet vähintään A2-s1, d0
Osastoivat rakennusosat ullakolla tai yläpohjassa	REI 30
Osastoiva rakennusosa kerroksen ja ala- ja yläpohjan välillä	REI 60

Rakennuksen pintamateriaaleille on kerrottu vaatimukset asetuksessa. Pinnoille on asetettu vaatimukset materiaalin osallistuminen paloon, savuntuottoon ja palavaan pisarointiin.

TAULUKKO 4. Palomääräysvaatimukset ja pintaluokat

Pintaluokka	Vaatus
Seinä- ja kattopinta kerroksessa	D-s2, d2 kun käytetään suojaverhousta
Seinä- ja kattopinta kellarissa	B-s1, d0
Lattiapinta kellarissa	D _{FL} -s1
Ulkoverhouksen ulkopinta	B-s2, d0
Tuuletetun ulkoverhouksen taustapinta	B-s2, d0
Ulkoverhouksen koolaus	D-s2, d2
Ulkoseinän tuulensuojan tai lämmöneristeen ulkopinta	A2-s1, d0
Vesikatteen ulkopinta	B _{ROOF(t2)}

Suojaverhous mahdollistaa puupinnan käytön seinä- ja kattopinnoissa. Suojaverhouksen vaatimuksena tässä esimerkissä on K2 30, A2-s1, d0. Tämä vaatimus mahdollistaa sen, ettei kantamattomia väliseiniä tarvitse suojaverhoilla ja alle 20 prosenttia pintojen pinta-alasta saa olla suojaverhoamatonta pintaa.

Betonirakenteiden osalta REI 60 saavutetaan 80 mm massiivisella välipohjalaatalla, kun betonin lujuus on alle C50/60. Seinän osalta, kun käyttöasteena on 70 % ja altistus toiselta puolelta, seinän paksuutena riittää 130 mm.

TAULUKKO 5. Kantavien seinien vähimmäismitat palotilanteessa (Taulukkomitoitus, elementtisuunnittelu.fi)

Standardi- palon- kestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä.

TAULUKKO 6. Yhteen suuntaan kantavien massiivilaattojen vähimmäismitat (Taulukkomitoitus, elementtisuunnittelu.fi)

	Laatan vähimmäispaksuus h_s (mm)		Keskiöetäisyys a (mm)
	$\leq C50/60$	Korkealujuusbetoni	
REI 30	60	63	10
REI 60	80	86	20
REI 90	100	109	30
REI 120	120	132	40
REI 180	150	167	55
REI 240	175	195	65

3.7 Kainuun uusi sairaala

Sweco Rakennetekniikka Oy on mukana suunnittelijana Kainua-allianssissa, joka rakentaa Kajaaniin Kainuun uuden sairaalan. Tilaajana allianssissa on Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä ja palveluntuottajana mukana on Skanska Talonrakennus Oy ja Caverion Suomi Oy. Tilaajan yhtenä tavoitteena on hyödyntää puurakentamista hankkeessa. Hankkeessa on käytetty puujulkisivuelementtejä, jonka vuoksi tätä on käytetty materiaalina tämän opinnäytetyön tekemiseen. Tähän opinnäytetyöhön on haastateltu Sweco Rakennetekniikan työntekijää, joka on ollut suunnittelemassa elementtejä kyseiseen kohteeseen.

Kainuun uudessa sairaalassa puujulkisivuelementeissä oli julkisivu ja koolaukset kiinnitettyinä elementteihin tehtaalla mutta sisäkoolauksen villoitus ja sisälevytys tehtiin työmaalla. Julkisivussa elementtien saumoihin asennettiin alumiinilistat. Alla on kuvia kyseisen kohteen puujulkisivuelementeistä.



KUVA 13. Puujulkisivuelementti. Kainuun uusi sairaala. (Sweco Rakennetekniikka Oy)



KUVA 14. Puujulkisivuelementti. Kainuun uusi sairaala. (Sweco Rakennetekniikka Oy)



KUVA 14. Puujulkisivuelementin asennusta Kainuun uudella sairaalalla. (Kainua.fi)

4 SUUNNITTELU ESIMERKKI

Tässä kappaleessa esitellään esimerkkikohteena kerrostalo, jossa käytetään puujulkisivuelementtejä. Kerrostalossa on anturaperustus, sokkeli ja holvi paikallavaluna sekä betonielementteinä kantavat väliseinät, huoneistojen väliset seinät sekä päätyseinät. Esimerkissä esitetään perustapausten detaljeja, jotka on esitetty liitteinä.

Vesikatolta tulevat kuormat siirtyvät betonielementtejä pitkin aina perustuksiin asti, joten puujulkisivuelementeille tulee vain kuormaksi elementtien oma paino ja tuulesta syntyvä tuulenpaine.

4.1 Perustus

Perustuksena käytetään nauha-anturaa ja betonirakenteista sokkeliä. Sokkelin päälle kiinnitetään alajuoksu, jonka päälle puujulkisivuelementti asennetaan. Detalji on esitetty liitteessä 2, tunnuksella DET1.

4.2 Seinärakenne

Seinärakenteena käytetään puujulkisivuelementtiä ja betonielementtejä kantavina väliseinäinä, päätyseinänä ja huoneistojen välisenä seinänä. Puujulkisivuelementin rakenne lueteltuna sisäpinnasta ulkopintaan on seuraava:

- 15 mm A2-s1. d0 -vaatimukset täyttävä palokipsilevy
- 50 mm lämmöneriste (0,037 W/mK) + puurunko C24 48x48 k600
- 0,2 mm höyrinsulku, PE kalvo
- 200 mm lämmöneriste (0,037 W/mK) + puurunko C24 48x198 k600
- 9 mm tuulensuojakipsilevy
- tuuletusväli ja koolaus julkisivumateriaalin mukaan

Kyseisellä rakenteella päästään U-arvoon 0,17 W/(m²K), joka on tämän hetkisen ympäristöministeriön asetuksen mukainen. Rakenteen palonkestävyydeksi tulee EI30. Puuta käytettäessä julkisivumateriaalina on huolehdittava palokatkoista tämän opinnäytetyön kohdan 2.3.2 mukaan. Seinärakenne kuvattu liitteessä 1.

4.3 Välipohja

Välipohjana käytetään paikallavalettua välipohjaa. Puujulkisivuelementti kiinnitetään välipohjaan teräsosin elementin ylä- ja alapäästä. Liitteessä 2 on detaljit kyseisestä liitoksesta tunnuksella DET2 ja DET2.1

4.4 Kantava väliseinä

Kantavana väliseinäenä käytetään tässä esimerkissä betonista väliseinäelementtiä, jonka paksuus on 180 mm. Sisäpuolinen levytys ja villoitus on suunniteltu tehtäväksi työmaalla mutta elementti on mahdollista myös villoittaa ja levyttää tehtaalla. Elementti kiinnitetään vain välipohjaan, joten sitä ei kiinnitetä väliseinään. Höyrinsulku viedään elementtien päihin ja lisäksi liitokseen asennetaan 300 mm höyrinsulkukaista. Saumaväliin leitetään mineraalivillakaista ja lisäksi tuulensuojapintaan paisuva tiivistysnauha. Sisäpuolen nurkkiin tulee elastinen palomassa ja tarvittaessa nurkkalista. Lisäksi elementit kiinnitetään yläpäästään toisiinsa lyöntilevyin.

Liitteessä 2 on kuvattu kyseinen liitos tunnuksella DET3.

5 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli löytää perusratkaisuja puujulkisivuelementin käytölle. Työssä luotiin detaljit Sweco Rakennetekniikalle detaljit, joita apuna käyttäen puujulkisivuelementtien käyttöä voidaan suunnitella. Tarkoituksena oli luoda kokonaistaloudellisesti hyviä ratkaisuja ja rakenteellisesti oikein toimivia vaihtoehtoja.

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelminä haastatteluja, kirjallisuutta ja tietoa internetistä. Puuninfo.fi sivustolta löytyi eniten tietoa ja esimerkkiratkaisuja aiheeseen liittyen. Haastatteluiden tarkoituksena oli kerätä tietoa puujulkisivuelementin käytön ongelmakohtista ja löytää niihin ratkaisuja. Haastatteluista ilmeni, että puujulkisivuelementtien käyttö olisi hyvä ratkaisu mutta työmaalla tekijät ovat tottuneet betonirakenteisiin elementtitaloihin. Työmaalla löytyy kyllä osaamista puujulkisivuelementtien käyttöön mutta hyviksi totuttuja tapoja on vaikea alkaa muuttamaan. Yksi haaste on juuri saada työmaan asenteet muuttamaan myönteisempään suuntaan puujulkisivuelementtien käytössä. Puujulkisivuelementtien käytöstä ei yksinään löytynyt paljoakaan tietoa tai kirjallisuutta mutta puurakentamisesta yleisesti löytyi kyllä paljon. Puurakentamiseen liittyvää aineistoa sovellettiin tätä työtä tehdessä.

Tämä työ antaa ratkaisut vain perustilanteisiin, joten ratkaisuja täytyy jatkojalostaa, jotta näitä voidaan käyttää hankalammissa kohteissa ja erikoisemmissa rakenteissa. Jatkojalostamista vaatii myös liitosten suunnittelu entistäkin tarkemmaksi, jotta työmaalla ei jouduta tekemään monia työvaiheita elementin asentamisen jälkeen. Ihanne tilanne olisi se että, kun elementti tulee työmaalle, se asennetaan, saumataan, tasoitetaan ja maalataan sisäpinnasta. Tällöin elementin käyttö olisi tehokkainta. Näillä perusratkaisuilla keskityttiin rakennetekniseen toimivuuteen enemmän kuin asennettavuuteen.

LÄHTEET

Asetus 578/2003. Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta. Helsinki: Valtioneuvosto. Luettu 26.5.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578>

Asetus 782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö. Luettu 26.3.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Asetus 796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki: Ympäristöministeriö. Luettu 26.3.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>

Asetus 848/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Helsinki: Oikeusministeriö. Luettu 26.3.2018. <http://www.ym.fi/download/name/%7B66288BFB-A697-4FCB-B602-CE0316F2C37B%7D/134002>

Finnish Wood Research Oy. 2013. RunkoPES 2.0. Osa 0: Sisältö. Finnish Wood Research Oy. Luettu 26.3.2018. https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2.0_osa_0_sisalto.pdf

Finnish Wood Research Oy. 2013. RunkoPES 2.0. Osa 9: Suurelementtien valmistustarkkuudet. Finnish Wood Research Oy. Luettu 26.3.2018. https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2.0_osa_9_suurelementtien_valmistustarkkuudet.pdf

Jylänki, H. tuotantopäällikkö. 2018. Teeri-Kolmio Oy. Haastattelu 20.4.2018. Haastattelija Vainonen, J.

Puuinfo. 2017. Paloturvallinen puutalo. Asuin- ja toimitilarakentaminen. Puupäivän kommenttiversio 2017. Helsinki: Puuinfo Oy.

Puuinfo. 2012. Tekninen tiedote. Paloräystäs

Puuinfo. 2016. Tekninen tiedote. Puujulkisivun palokatko.

Puuinfo. 2016. Tekninen tiedote. Suojaverhous.

Rantanen, J. suunnittelupäällikkö. 2018. Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu 9.4.2018. Haastattelija Vainonen, J.

RT 10-11011. 2010. Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Luettu 26.3.2018. RT-kortisto.


RT 10-11011. 2010. Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Luettu 26.3.2018. RT-kortisto.

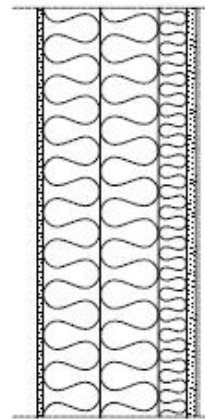
Tähtinen, H. projektipäällikkö. 2018. Sweco Rakennetekniikka Oy. Haastattelu 23.4.2018. Haastattelija Vainonen, J.

Woodfocus Oy. 2004. Ääneneristys puutalossa. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje. Woodfocus Oy. Luettu 26.3.2018. <https://www.puu-info.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Puujulkisivuelementin rakennetyyppi.

	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		US1
		PVM.	PIIRTÄJÄ	
KOHDE Opinnäytetyö esimerkki ULKOSEINÄ, EI-KANTAVA PUELEMENTTI		SISÄLTÖ Puurunkoinen ulkoseinä Tuulensuojalevy, sisäpuolinen lisäkoolaus		



RAKENNE VASEMMALTA OIKEALLE:

9 mm	TUULENSUOJAKIPSILEVY, suojaverhousluokka K ₂ 10
198 mm	LÄMMÖNERISTE, 200 mm mineraalivilla KL37 ($\lambda_d = 0,037$ W/mK) +puurunko C24 42x198-k600
0,2 mm	HÖYRYNSULKU, PE kalvo, saumat koolauksen kohdalla 200 mm limittäin ja teipattu, reunat taitetaan elementin sivuille/päihin
48 mm	LÄMMÖNERISTE, 50 mm mineraalivilla KL37 ($\lambda_d = 0,037$ W/mK) +puurunko C24 48x48-k600
15 mm	A2-s1, d0-vaatimukset täyttävä PALOKIPSILEVY, asennetaan työmaalla PINTAMATERIAALI/ -KÄSITTELY ARK.huoneselityksen mukaan

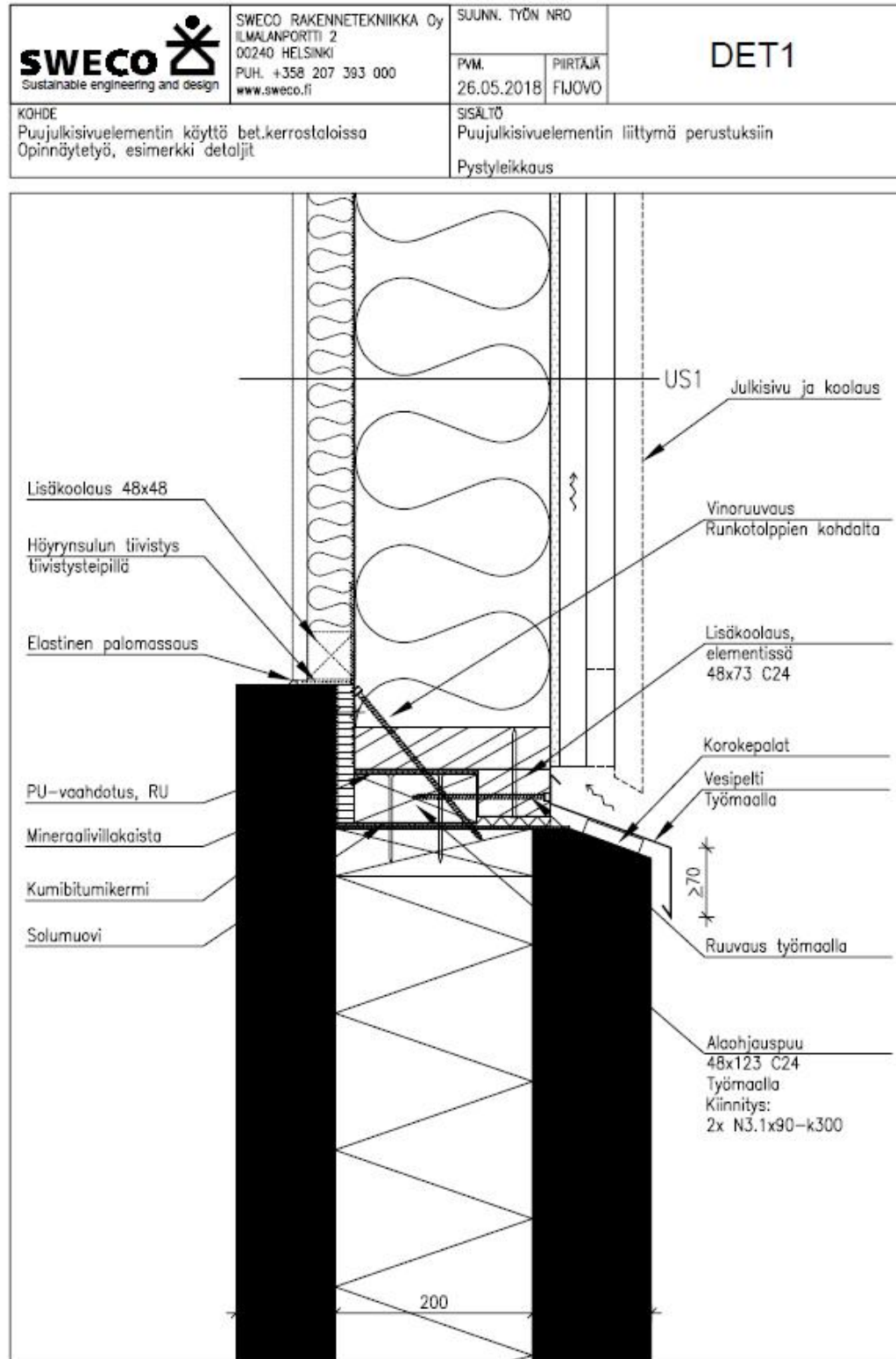
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:


- Tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakennuksen alaosaan sekä ovien että ikkunoiden päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- Höyrynsulun saumat limitetään 200mm sekä puristetaan koolauksella tai teipataan
- Sähköasennuksissa ja läpiviennissä huomioitava levyvalmistajan tyyppihyväksyntä
- Levyjen varastointi ja asennus levyvalmistajan ohjeen mukaan
- Julkisivupalon leviäminen tuuletusraossa pystysuunnassa katkoistaan kerroksittain tuuletuspellityksellä ja vaakasuunnassa raon sulkemisella koolauslaudoin palo-osastorajojen mukaisesti
- Julkisivulaudan palosuojatarve erillisen suunnitelman mukaan

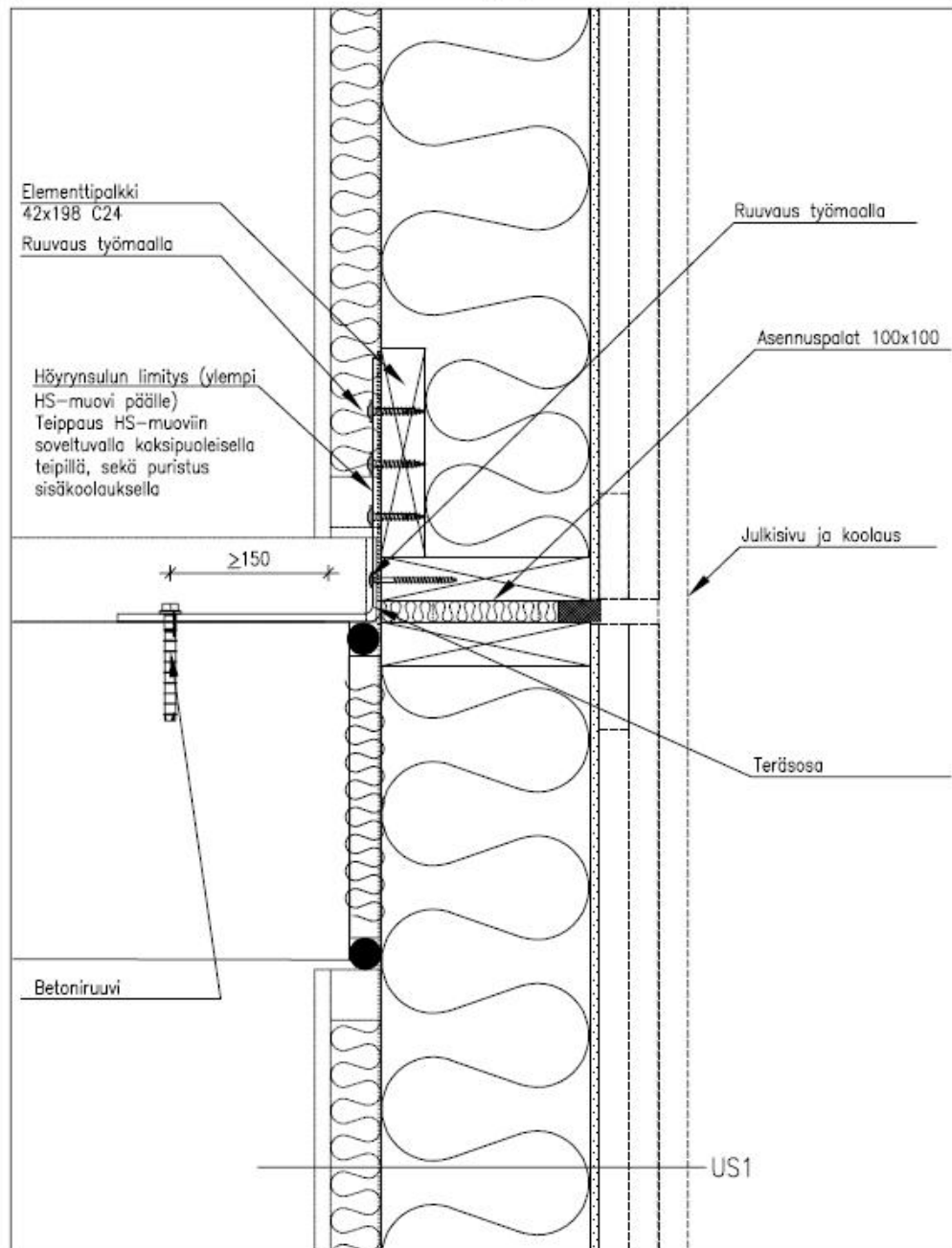
LÄMMÖNLÄPÄISYKEROIN: 0,17 W/m²K
 PALONKESTÄVYYS: EI30


Liite 2. Detaljit.

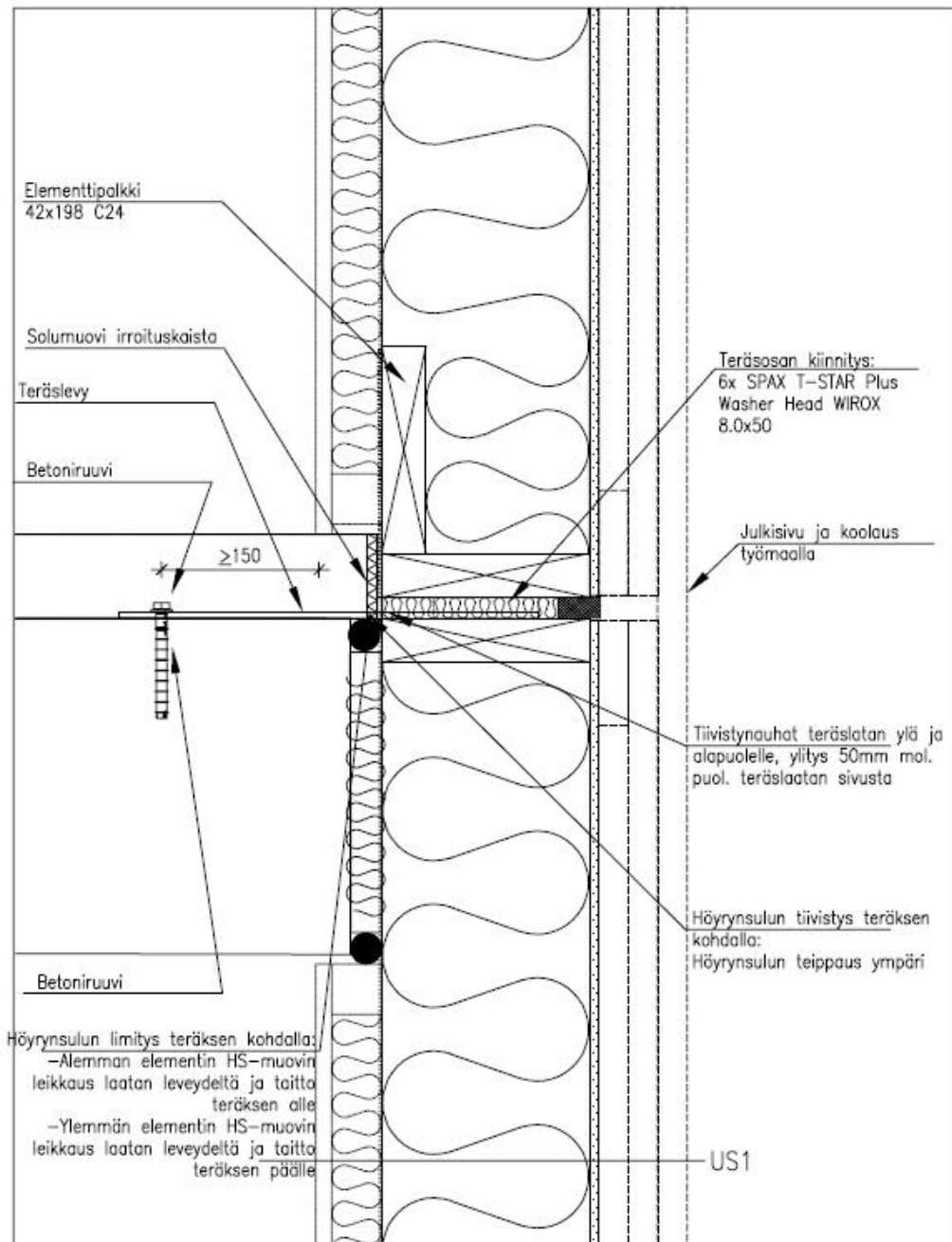
1 (6)




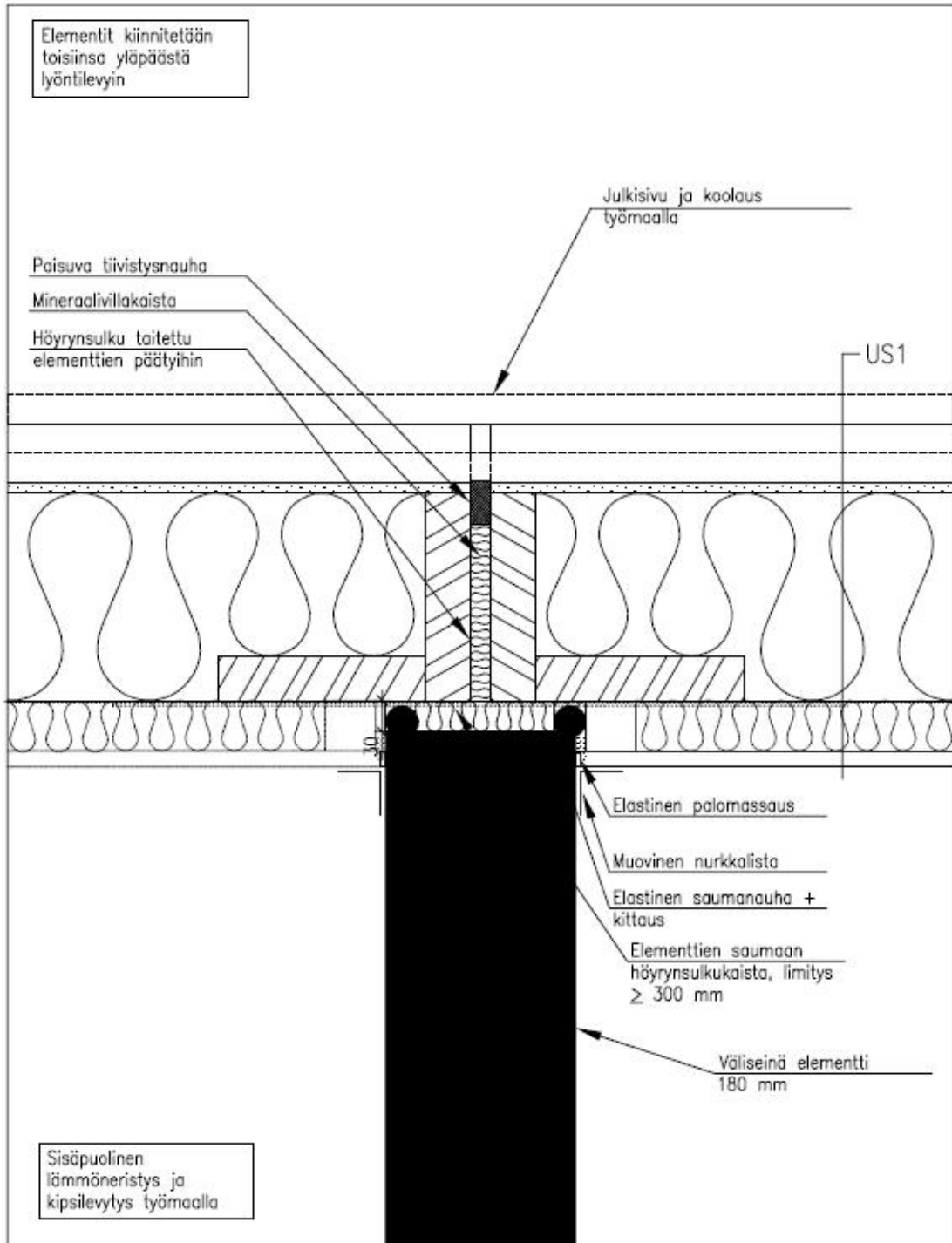
 Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		DET2
		PVM.	PIIRTÄJÄ	
KOHDE Puujulkisivuelementin käyttö bet.kerrostaloissa Opinnäytetyö, esimerkki detaljit		SISÄLTÖ Puujulkisivuelementin liittymä välipohjaan Elementin alapään kiinnitys Pystyleikkaus		
		26.05.2018	FIJOVO	




 Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		DET2.1
		PVM. 26.05.2018	PIIRTAJA FJJOVO	
KOHDE Puujulkisivuelementin käyttö bet.kerrostaloissa Opinnäytetyö, esimerkki detaljit		SISÄLTÖ Puujulkisivuelementin liittymä välipohjaan Elementin yläpään kiinnitys Pystyleikkaus		

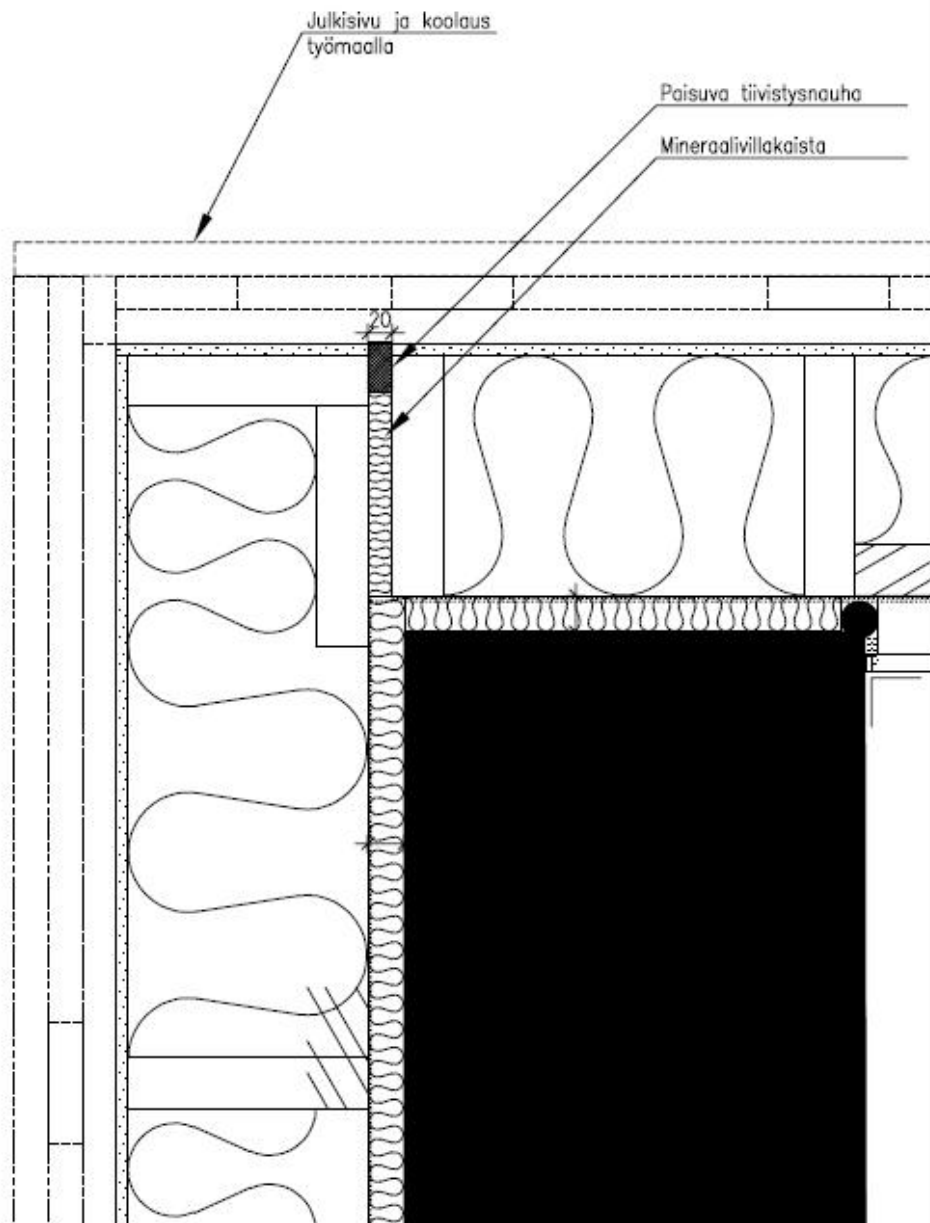



	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		DET3
		PVM. 26.05.2018	PIIRTÄJÄ FIJOVO	
KOHDE Puujulkisivuelementin käyttö bet.kerrostaloissa Opinnäytetyö, esimerkki detaljit		SISÄLTÖ Puujulkisivuelementin liittymä väliseinään Vaakaleikkaus		



	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		DET4
		PVM.	PIRTÄJÄ	
KOHDE Puujulkisivuelementin käyttö bet.kerrastaloissa Opinnäytetyö, esimerkki detaljit		26.05.2018	FIJOVO	SISÄLTÖ Puujulkisivuelementin ulkonurkka Päättyseinällä betonielementti Vaakaleikkaus

Elementit kiinnitetään
toisiinsa yläpäästä
lyöntilevyin



	SWECO RAKENNETEKNIikka Oy ILMALANPORTTI 2 00240 HELSINKI PUH. +358 207 393 000 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO		DET5
		PVM.	PIIRTAJA	
KOHDE Puujulkisivuelementin käyttö bet.kerrostaloissa Opinnäytetyö, esimerkki detaljit		26.05.2018	FIJOVO	SISÄLTÖ Elementin nostolenkki

