

Janne Koivunen

PUUELEMENTTIEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN  
VALMISTUKSESTA KÄYTTÖÖNOTTOON

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
2019

## PUUELEMENTTIEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN VALMISTUKSESTA KÄYTTÖÖNOTTOON

Koivunen, Janne  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2019  
Sivumäärä: 41  
Liitteitä: 15

Asiasanat: puuelementti, kosteus, elementtitehdas, suhteellinen kosteus

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia puuelementtien käyttäytymistä valmistuksesta käyttöönottoon, kosteuden näkökulmasta. Selvitettiin kokonaisuutena puuelementtirakentamisen liittyvää teoriaa, lakeja ja määräyksiä pohjustamaan mittauksia ja pohdintoja. Tutustuttiin elementtitehtaan toimintaan, elementtien kuljetukseen ja asennukseen työmaalla. Tutkittiin myös varastointia sekä tehtaalla ja työmaalla. Elementtiin asennettiin tehtaalla dataloggereita kaksi (2) kappaletta ja poistettiin noin kuukausi elementin asennuksen jälkeen. Dataloggerit seurasivat elementin kosteutta, lämpötilaa ja kiihtyvyyttä. Loggereista saatujen mittaustuloksien avulla tulkittiin, että puuelementeissä ei ollut vaurioita aiheuttavaa kosteutta.

# THE MOISTURE BEHAVIOUR OF WOOD ELEMENTS FROM MANUFACTURING TO INTRODUCTION

Koivunen, Janne

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Construction and Civil Engineering

May 2019

Number of pages: 41

Appendices: 15

Keywords: wood element, moisture, element factory, relative humidity

---

The purpose of this thesis was to study the behaviour of wood elements from manufacturing to introduction, from moisture point of view. As a whole, the theory was studied, laws and regulations relating to wood element construction to formulate measurements and cogitations. A closer look was taken with the operation of the element factory, the transportation and installation of the elements. Storage at the factory and at the site were also studied. Two (2) dataloggers were installed to the element at the factory and were removed about a month after the elements installation. Dataloggers followed the moisture, temperature and acceleration of the element. The results of the loggers were used to interpret that in the wood elements there was no moisture which could have done damage.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KÄSITTEET .....	6
3	PUURAKENTAMINEN .....	7
3.1	Rakennustuotteiden ominaisuudet .....	7
3.2	Rakenteiden lujuus ja vakaus.....	8
3.3	Puurakenteen fysikaalinen toiminta.....	9
4	TUTKITUT KOHTEET .....	10
4.1	Kiinteistö Oy Karjarannan Helmi .....	11
4.2	Porvoon Keva.....	11
4.3	Asunto Oy Tattarikatu 7.....	13
5	ELEMENTTIEN VALMISTUS .....	14
5.1	Elementtitehdas.....	14
5.2	Käytettävät materiaalit .....	15
5.3	Työmenetelmät .....	16
5.4	Varastointi tehtaalla .....	17
6	ELEMENTTIEN KULJETUS .....	18
7	ELEMENTTIEN ASENNUS.....	19
7.1	Varastointi ja suojaus työmaalla .....	19
7.2	Kiinnitys ja tuenta.....	20
8	ENNEN KÄYTTÖÖNOTTOA.....	21
9	ELEMENTTIEN KOSTEUS .....	22
9.1	Valmistusvaiheessa .....	23
9.2	Kuljetuksessa .....	24
9.3	Varastoinnin aikana .....	24
9.4	Asennuksen aikana ja jälkeen .....	24
10	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Kasveja, jotka muodostavat puuta, kasvaa maailmassa kymmeniä tuhansia eri lajeja (Siikanen 2016, 21). Materiaalikäytössä niistä on vain pieni osa. Erilaisia hyötykäyttö mahdollisuuksia voi siis löytyä vielä paljon. Ihmiset ovat aina käyttäneet puukasveja hyödykseen hyvin kekseliäästi. Puista on tehty suoja, metsästysvälineitä ja saatu myös ravintoa ja lämpöä. Suomessa on osattu hyödyntää monin eri tavoin suurta metsäkantaa ja metsät voivat olla hyvin suuria energiavarastoja.

Puu on hyvin perinteinen rakennusmateriaali ja on ekologisuuden lisäksi lämmin, miellyttävä ja monipuolinen. Ominaisuuksista nousee yksi yli muiden, olosuhteisiin mukautuminen, joka mahdollistaa loputtomia muotoja ja persoonallisuuksia näkyviin. Oikealla puun valinnalla ja rakennustavalla saa toteutettua hyvin pitkäikäisiä rakennuksia ja rakenteita.

Puuelementtirakentaminen on nykyaikaa ja kovaa vauhtia kasvava rakennustapa. Yleisemmin puuelementtien käyttö on alkanut toisen maailmansodan jälkeen, mutta suurissa kohteissa, esimerkiksi kerrostaloissa, vasta 1990-luvun lopulla. Puun käyttö isoissa kohteissa on aikaisemmin ollut lähinnä verhoilua sisällä tai ulkona. (Laitinen 1995, 17)

Tässä työssä selvitettiin kokonaisuutena puurakentamisen liittyvää teoriaa, lakeja ja määräyksiä pohjustamaan mittauksia ja pohdintoja. Perehdyttiin suurimmaksi osaksi kosteusteknisiin aiheisiin ja sivutaan myös lujusteknisiä asioita. Käydään läpi myös tehtaan toimitatapoja, elementtien kuljetusta, suojausta ja varastointia tehtaan sekä työmaan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia puuelementtien käyttäytymistä valmistuksesta käyttöönottoon, kosteuden ja lujouden näkökulmasta. Selvitetään kokonaisuutena puurakentamisen liittyvää teoriaa, lakeja ja määräyksiä pohjustamaan mittauksia ja pohdintoja.

## 2 KÄSITTEET

puuelementti	puusta tehty esimerkiksi seinä
loggeri	syklissä määrättyjä tietoja tallentava laite
nippu	useamman elementin paketti
anisotrooppinen	aineen fysikaaliset ominaisuudet eivät ole samoja joka suuntaan
RH%	Relative Humidity = suhteellinen kosteusprosentti
kapillaarinen vedenliike	huokoiset aineet voivat siirtää vettä huokosissaan ja kuljettaa myös muihin materiaaleihin
konvektio	lämpötilaerojen aiheuttama kuljettuminen

### 3 PUURAKENTAMINEN

Puurakentamista säätelee pääasiassa Maankäyttö- ja rakennuslaki. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta, jota ylläpitää Ympäristöministeriö, löytää rakentamista koskevat ohjeet ja säännökset. Kokoelman määräykset koskevat yleisesti uuden rakennuksen rakentamista, mutta rakennuksen muutos- ja korjaustyössä määräyksiä sovelletaan vain, jos toimenpiteen laatu ja laajuus tai sen osan muutettava käyttötapa sitä edellyttävät. Ohessa lyhyesti mainintoja puurakentamisen ohjeista, säännöksistä ja määräyksistä.

#### 3.1 Rakennustuotteiden ominaisuudet

Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö pyrkii varmistamaan, että tuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista arvioitaessa tuotteen soveltuvuutta rakennettavaan kohteeseen. Energiamerkintää koskevien säädösten noudattamista valvoo Turvatekniikan keskus, paremmin tunnettu lyhenteellä Tukes. Tukesin ylläpitämällä ekosuunnitelu.info -verkkosivuilta löytyy tietoa energiamerkintään liittyvistä tuoteryhmäkohtaisista säädöksistä (Ekosuunnittelun www-sivut 2018).

”Rakennustuotteen, joka on tarkoitettu käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohteessa, tulee olla turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää tässä laissa säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöajan.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 152 §)

Mikä luokitellaan rakennustuotteeksi? Tuote, joka tulee kiinteäksi osaksi rakennusta, esimerkiksi elementit, ikkunat ja sahatavara. Jos tuote kuuluu harmonisoitujen tuotestandardien soveltamisalaan ja/tai sille on haettu ETA, pitää kelpoisuus osoittaa CE-merkinnällä. Puuelementeissä ei vaadita CE-merkkiä, koska niille ei ole määritelty harmonisoitua tuotestandardia. Toisaalta, elementteihin käytettävissä tuotteissa on oltava CE-merkintä.

Tuotteiden ekosuunnittelun vaatimuksilla, jotka säädetään ecodesign-direktiivissä (2009/125/EY) ja kansallisesti energiatehokkuuslaissa (Energiatehokkuuslaki 1429/2014), pyritään parantamaan energiatehokkuutta yhdistämällä ympäristö- ja elinkaariajattelunäkökohdat rakennustuotteiden suunnitteluvaiheeseen. Tuotteiden energiatehokkuutta koskevien direktiivien ja sääntelyn määrä ja merkitys kasvavat tauotta. Direktiivien nojalla asetetaan tuotteiden valmistuksen vaatimuksia sekä ohjataan kuluttajia valitsemaan ympäristö-ystävällisempiä ja parempia tuotteita. (Ympäristöministeriön www-sivut. 2019).

### 3.2 Rakenteiden lujuus ja vakaus

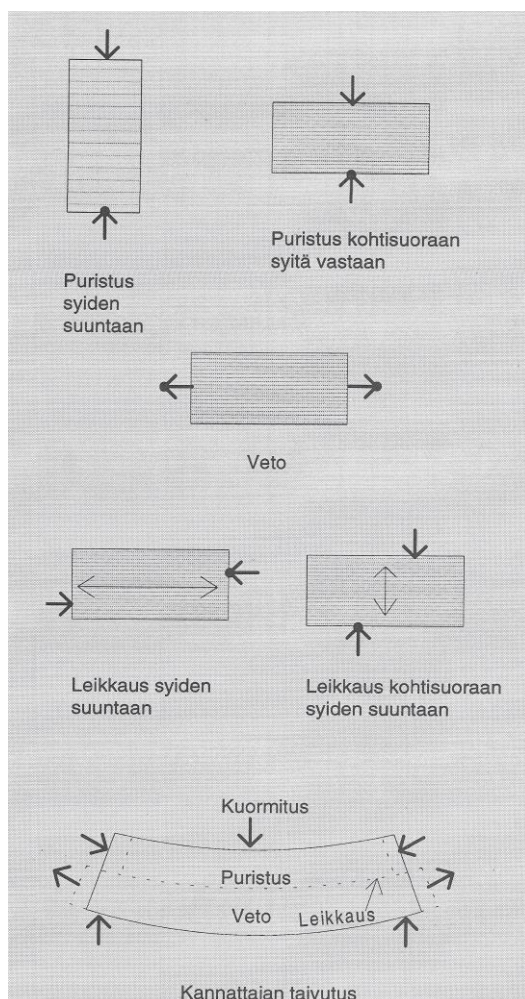
“Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin taikka luotettaviin koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Rakennuksen rakentamisessa on käytettävä rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia rakennustuotteita.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 117 b §)

Puutavaraa käytettäessä rakennusmateriaalina siltä vaaditaan tiettyjä lujuusominaisuuksia, esimerkkinä veto-, puristus-, taivutus- ja leikkauslujuus, myös kulutuksenkestävyys pitää ottaa huomioon. Betonin C30/37 lujuusluokkaan verrattuna keskimääräiseen puun lujuusluokkaan C24:n puristuslujuus on vastaava (Laitinen 1995, 32). Puun lämpötiloista johtuva eläminen on selkeästi betonin tai teräksen elämistä pienempää. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL) esittää vaatimukset rakennuksessa käytettävistä materiaaleista.

Kohteen suunnittelu ja rakentamisvaihe on toteutettava siten, että kuormitukset eivät aiheuta lujuutta ja vakautta haittaavia muodonmuutoksia tai sortumista. Puurakenteiden kantavuus on riippuvainen kosteusoloista ja ajasta. Puun palotekniset ominaisuudet pitää ottaa myös huomioon kantavuutta laskettaessa. Lujuuslajitellun sahatavaran käyttö on kasvamassa, esimerkiksi kattotuoleissa, ja sen käyttöä edellytetään kantavissa rakenteissa rakentamismääräyksien toimesta.



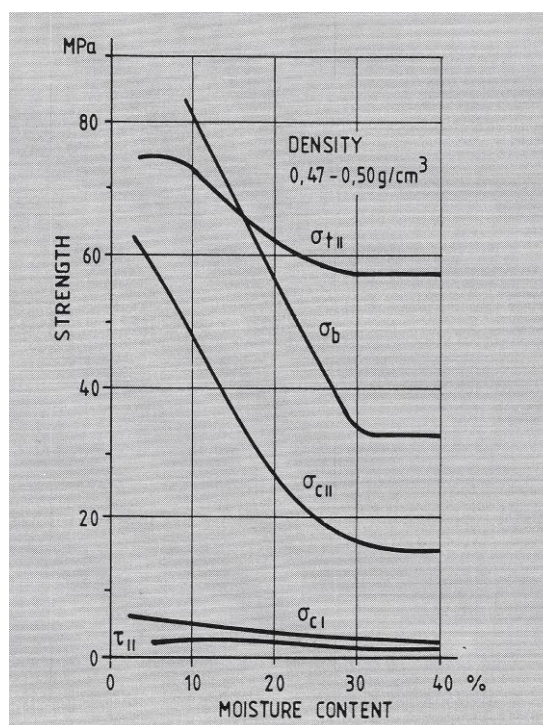
### 3.3 Puurakenteen fysikaalinen toiminta



Kuva 1 Puun vetolujuus on suurempi kuin puristuslujuus. (Laitinen 1995, 31).

Normaaleissa olosuhteissa puu sisältää aina hieman vettä ja pyrkii kosteustasapainoon lähiympäristön kanssa. Koska liika kosteus voi olla haitallista rakenteiden toimivuudelle, puu kuivataan lähelle tuotteen lopullista kosteutta ennen varsinaista käyttöä. Rakentamisvaiheessa puun kosteudella on suuri merkitys sen säilymiselle ja eritoten lujuudelle. Kosteutta puussa voi olla monesta syystä, sateen tai

Puu turpoaa ja kutistuu kaikkiin suuntiin eri tavalla ja lujuus muuttuu joka suunnassa, joten puu on anisotrooppinen materiaali. Puun syiden poikkisuuntainen puristuslujuus on yli 5 kertaa pienempi kuin sydensuuntainen puristuslujuus (Kuva 1). Pituussuuntainen vetolujuus on vain 2-3 kertaa pienempi sydensuuntaiseen vetolujuuteen nähden. Puun lujuus muuttuu tiheyden funktiona ja kasvaa nopeasti kosteuden pudotessa puun kyllästyspisteen alapuolelle (Kuva 2). Liimapuu ja kertopuu ovat hyviä esimerkkejä, miten saadaan poistettua luonnonmateriaaleille tyypillisiä ominaisuuksien epätasaista jakautumista.



Kuva 2 Kosteuden vaikutus männyn lujuusarvoihin. (Laitinen 1995, 32).

pohjaveden tuomana, vuotona tai kapillaarisesti (maakosteus). Joskus myös suuri ilmankosteus voi aiheuttaa suhteellisen kosteuden nousemisen ja myöhemmin kosteuden tiivistymisen rakenteeseen. Pitkässä altistuksessa kosteuden luiottamia yhdisteitä voi vapautua materiaaleista ja kosteus voi edistää ja aiheuttaa kemiallisia reaktioita.

Luonnollinen konvektio seinärakenteessa kuljettaa pieniä määriä lämpöä ja kosteutta huokoisessa eristeessä, mikä pitää huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Ilmanvaihdosta johtuva pakotettu konvektio (yli- tai alipaine) voi siirtää lisää kosteutta rakenteisiin. (Siikanen 2014, 34).

Kun puuta lämmitetään puun rakenneaineiden pehmeneminen aiheuttaa koko rakenteen pehmenemisen. Tätä ominaisuutta käytetään esimerkiksi puun taivuttamisessa. Puun palaessa hiiltyminen hidastaa pinnan palamista ja sisäkerrosten lämpenemistä ja täten myös pehmenemistä (Siikanen 2014, 84).

#### 4 TUTKITUT KOHTEET

Tutkittavana olleet kiinteistöt olivat Siklatilat Oy:n tuotantoa. Siklatilat Oy on osa Sikla-konsernia, johon myös elementit toimittanut tehdas Siklaelementit Oy kuuluu. Siklan toimintamalli perustuu tuoteosarakentamiseen, jolla parannetaan tuottavuutta ja asiakaslähtöisyyden kautta tarpeidenmukaisuutta. Malli helpottaa rakennuksien suunnittelua ja nopeuttaa selvästi toteutusta.

Kaikissa kohteissa, joita esitellään, tehtiin kantava runko betonista ja ulkoseinät puuelementeistä. Osa betoniseinistä tehtiin paikallavaluna ja osa elementein. Holvit kaikissa olivat onteloista tehtyjä. Suurimmassa osassa puuelementeistä oli ikkunat ja ovet asennettu tehtaalla, työmaalla asentamisen nopeuttamiseksi.

Tutkimisen kohteena oli pääasiassa puuelementtien suhteellinen kosteus, jota mitattiin elementin sisälle laitetuilla loggereilla. Mittauksissa saatiin myös lämpötila- ja kiihtyvyystietoja, joiden avulla voitiin tehdä havaintoja avustamaan kosteusmittausten tulkintoja. Elementti, johon loggerit asennettiin, valittiin pohjakuvien perusteella.

Kriteereinä olivat ensimmäinen kerros, sopiva pituus, läpivientien määrä ja valmistuksen ajankohta.

#### 4.1 Kiinteistö Oy Karjarannan Helmi

Helmi, Mehiläisen Villa Luoto, oli ensimmäinen kohde, jossa tutustuttiin puuelementtien käyttöön ja asennukseen. Kohde sijaitsee Porissa Karjarannassa, Asuntomessujen (2018) alueella (Kuva 3).



Kuva 3 Karjarannan Helmi, julkisivu pohjoiseen.

Kohteeseen asennettiin lähes 100 kappaletta puuelementtejä kahteen kerrokseen U-malliseen pohjaratkaisuun. Vesikatto muodostui viidestä puuelementtilohkosta, jotka tehtiin maassa ennen asennusta. Elementtien sijoituskuva ja detaljit löytyvät liitteistä (Liitteet 1-4).

#### 4.2 Porvoon Keva

Porvoon keskustan läheisyydessä sijaitseva kohde oli 2-kerroksinen, 25-asuntoinen palvelutalo sosiaali- ja oleskelutiloineen (Kuva 4). Tässä projektissa tehtiin kosteusmittaukset yhden elementin osalta, valmistusvaiheesta asennukseen. Vesikatto tehtiin ahtaalla tontilla 4 lohkosta, kuten edellisessä kohteessa Villa Luodossa.



Kuva 4 Porvoon kohde (Stenholm 2019)

Kohde oli mielenkiintoisen haastava, koska väestönsuojan betoniseinää vasten asennettavaan päätyelementtiin rakenteeseen ei suunniteltu ilmarakoa, suunnittelijat vakuuttelivat monesti rakenteen olevan toimiva. Osa paikallavalu seinistä jouduttiin siirtämään 20-30 mm sisään, jotta saatiin ulkoseinäelementti sopimaan paikalleen. Syy tähän oli mittavirhe suunnitelmissa ja asia huomattiin jo työmaan perustamisvaiheessa, joten suuria kustannuksia tai vahinkoja ei tullut.

Julkisivupaneeli loppui elementtien valmistusvaiheessa tehtaalta, joten työmaalla tehtiin muutamaa elementtiin julkisivun asennus paikanpäällä (Kuva 5). Pohjakuvia ja detaljeja kohteesta löytyy liitteenä, (Liitteet 5-6).



Kuva 5 Julkisivun kulma etelään.

### 4.3 Asunto Oy Tattarikatu 7

Tattarisuolla Helsingissä sijaitseva asuntotuotantokiinteistö oli kolmas kohde, jota tutkittiin (Kuva 6). Kohde oli 14 asunnon luhtityylinen kaksikerroksinen rivitalo. Perustukset ja maanvarainen ensimmäisen kerroksen lattia olivat paikallavaluja, kun taas kantavat seinät ja holvi asennettiin elementeistä. Tässä kohteessa vesikatto tehtiin myös paikalla perinteiseen tyyliin, koska kattolohkojen tekemiseen ei löytynyt tilaa tontilta eikä naapurustosta. Pohja-, rakenne- ja detaljikuvia kohteesta löytyy liitteistä, (Liitteet 7-11).



Kuva 6 Julkisivu etelään.

Tontin koko ja pohjaveden läheisyys teetti useita haasteita jo suunnittelupöydällä. Nosturin ja kaivinkoneiden valintaan vaikutti pääsy työskentelyalueille ja kapasiteetti. Työskentelytavat kohteessa helpottuivat, kun suunnittelussa muutettiin elementtien kokoja pienemmiksi. Rappauslevyn asennus julkisivuihin tehtiin koko kohteessa telineiltä, koska levyt ovat herkkiä rikkoutumaan kuljetuksessa. Toisessa kerroksessa huoneistojen väliset seinät olivat puurakenteiset.

## 5 ELEMENTTIEN VALMISTUS

### 5.1 Elementtitehdas

Elementti, joka oli mittausten kohteena, valmistettiin Limingassa sijaitsevassa Siklaelementit Oy tehtaassa (Kuva 7). Tämä elementtitehdas valmistaa kaikki Sikla-konsernin käyttämät puuelementit. Tehtaan esitteli tehtaanjohtaja Juha Kurtti. Tehdas työllistää noin 40 ihmistä, joista 5 on työnjohtajia ja 3 suunnittelijoita. Tehtaan kapasiteetti on noin 40 metriä ulkoseinää yhdessä vuorossa noin 10 henkilöllä. Elementtien kokoa rajoittaa ensimmäisenä kuljetuskalusto ja toisena tehtaan linjaston suuruus. (Juha Kurtti, henkilökohtinen tiedonanto 25.10.2018)

Olosuhteet elementtien valmistusympäristössä olivat mahdollisimman kontrolloidut, jotta konsernin laadunvarmistus toteutuisi. Hallissa oli kosteuden ja ilmanpuhtauden hallintaan panostettu suuren puun- ja villantyöstön määrän vuoksi. Suunnittelussa käytettiin puurakenteisten elementtien mitoitukseen Finnwood®-ohjelmistoa, joka käyttää Eurokoodi 5:a (EN 1995-1-1), Suomen kansallisia liitteitä ja RIL 205-1-2017 ja RIL 205-2-2009 -suunnitteluohjeita kuormituksen ja valitsemien rakennemallien mitoituksessa. (Juha Kurtti, henkilökohtinen tiedonanto 25.10.2018)



Kuva 7 Elementtitehtaan julkisivu 8-tielle.

Tehtaalla asennettiin kaksi loggeria Porvoon kohteen ensimmäisen kerroksen elementtiin (Liite 12). Elementti valittiin ensimmäisestä kerroksesta pidemmän asennusaikaisen altistusjakson vuoksi. Läpivientien määrä piti olla hillitty, jotta välttyttiin datan vääristymiltä. Elementin valmistus ajankohta määräsi myös tehtaan tutustumisen ajankohdan.

## 5.2 Käytettävät materiaalit

Tehtaalla käytettävä rakennus-materiaali (Kuva 8) oli laadukasta, osin kotimaista ja hyvin suojassa pohjoisen Suomen olosuhteilta. Tehtaalle saapuvalla materiaalille tehdään vastaanotto-tarkastus, jossa tarkastetaan mahdolliset vauriot ja dimensiot yms. Kosteudelle herkeimmät materiaalit pidettiin tarkemmin suojatulla alueella. Hyvänä esimerkkinä oli kipsilevyniput, joita käytetään tehtaalla runsaasti (Kuva 9). Eniten kuluvilla tuotteilla varastointi aika on korkeintaan muutamia vuorokausia.



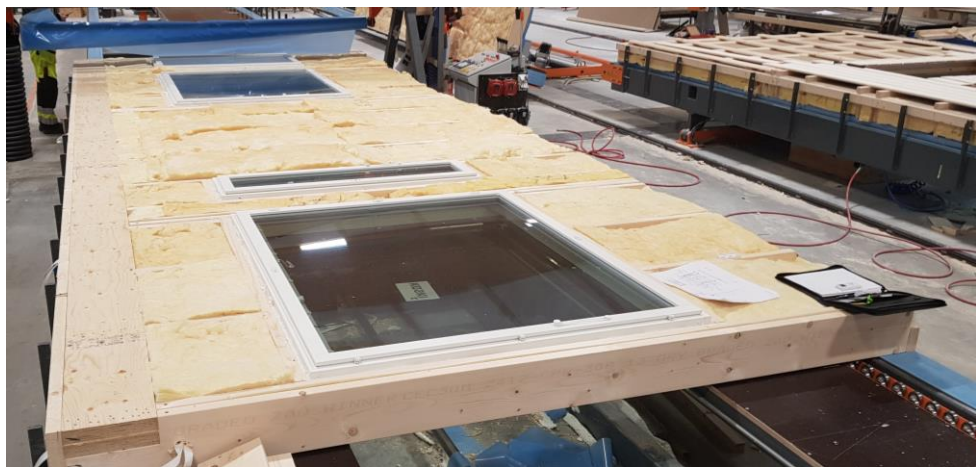
Kuva 8 Materiaalin varastointi.



Kuva 9 Kipsilevyt kosteudelta suojassa.

### 5.3 Työmenetelmät

Tehtaalla oli pitkälle kehitetty linjasto (Kuva 10), jotka mahdollistavat tehtaanjohtajan sanoin yksin työskentelynkin. ”Täällä voisi tehdä töitä yksinkin, vaikka omakotitalon”, kommentoi tehtaanjohtaja Juha Kurtti (henkilökohtinen tiedonanto 25.10.2018). Työturvallisuus edellä suunniteltu linjasto mahdollistaa kymmenien elementtien valmistuksen päivässä. Elementtien valmistuksen laadunvalvonnassa käytetään elementin mukana kulkevaa elementtipiirustusta ja elementtikohtaista tarkastuspöytäkirjaa, jonka täyttämisestä vastaa jokainen elementtiä työstävä työpiste.



Kuva 10 Elementti villoitettavana ennen höyrysulun asentamista.

Elementit kasataan vaakatasossa useimmiten ulkopuoli alaspäin ja käännetään linjan päässä vieressä olevalle linjalle. Toisessa linjassa asennetaan tuulensuoja, koolaus, mahdollinen ulkoverhous ja linja päässä käännetään pystyyn (Kuva 11). Linjastolta elementti siirtyy odottamaan niputusta. Nippu muodostuu keskimäärin viidestä tai



Kuva 11 Elementti tarkastettavana.



kuudesta elementistä, jotka ovat asennusjärjestyksen ja koon mukaan lajiteltu. Niput siirretään suojaus (kts. 5.1) jälkeen ulos varastointi tiloihin. Suurimmat elementit painavat noin 2000 kg , pituus max. 13500 mm ja korkeus max. 3750 mm. Kuljetuksessa, jos kokonaiskorkeus ylittää 5000 mm, silloin kuljetus pitää hoitaa etuauton kanssa.

#### 5.4 Varastointi tehtaalla

Elementtien varastointi tehtaalla oli toteutettu suhteellisen tehokkaasti vaatimattomaan varastointitilaan nähden (Kuva 12).



Kuva 12 Elementtiniput odottamassa kuljetusta.

Sääsuojauksen ansiosta varastointiaika voi olla hyvinkin pitkä, mutta tehtaalla on pidetty kahden viikon suurinta toteutunutta säilytysaikaa hyvänä perustana. Niput pyritään pitämään kohteittain ja asennusjärjestyksen mukaan ojennuksessa, että kuljetuksen kautta asennukseen siirtyminen olisi mahdollisimman jouhevaa.

## 6 ELEMENTTIEN KULJETUS

Elementit pakattiin linjaston lopussa ennen ulos vientiä. Elementtinippujen pakkaamisessa (Kuva 13) suojana käytettiin edullista ja kotimaista kalvoa, johon käytetään jonkun verran kierrätysmateriaalia. 0,12mm ohut RaniProtec Pro- kalvo on valittu ekologisuuden, mittailaus ja logo mahdollisuuksien perusteella.



Kuva 13 Yksittäisiä elementtejä suojattavana.

Elementtiniput kuljetettiin umpinaisessa kuorma-autossa, jotta välttyttiin kuljetuksen aikaisista lika- ja kosteusvaurioista. Kuorma-autossa oli hydraulisesti toimiva, täysin aukeava kansi (Kuva 14). Kannen mukana aukesi vasen kylki. Kuljetukset ovat suunniteltuja suhteellisen pitkälle, että saadaan hyödynnettyä sekä tontin tila että tehtaan tuotanto.



Kuva 14 Elementit pakattuna ja sidottuna kuljetusta varten. (Kurtti 2019)

Varastointialue työmaalla oli ennalta määrätty ja ajoissa tiedossa, jotta elementtinippujen nosto häiritsisi tiellä kulkijoita mahdollisimman vähän. Niput purettiin autonosturilla tontille niille tehdyille pedeille, joista elementit nostettiin yksitellen asennettavaksi (Kuva 15).



Kuva 15 Autonosturilla nostetut elementtiniput työmaan varastointi paikalla.

## 7 ELEMENTTIEN ASENNUS

### 7.1 Varastointi ja suojaus työmaalla

Elementtien varastointi työmaalla pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä, mutta joskus työmaaolosuhteet vaativat joskus jopa kahden viikon varastointia. Elementteihin tehdyt suojat poistettiin vähitellen asennusten myötä. Elementtiniput tuettiin vinotuilla kaatumisien välttämiseksi (Kuva 15). Kaikki työmaat onnistuivat varastoinnin tavoitteissa.



Kuva 16 Huoneistonvälisen elementin suojaus.

Kun tehtaan suojaukset puretaan, on elementin päällä noin 1 metrin levyinen muovikaistale. Se suojaa elementtiä rakenteen sisälle pääsevältä kosteudelta. Joissakin elementeissä ei tätä kaistaletta ole, esimerkiksi väliseinäelementeissä, joten pitää yläpää väliaikaisesti suojata. Kuten Tattarikadun kohteessa (Kuva 16), olivat toisen kerroksen elementit erikseen suojattava. Ulkoseinien suojaukset purettiin kattotuolien asennuksen yhteydessä ja väliseinien vasta aluskatteen valmistuttua. Jos vesikatto asennettiin lohkoina, purettiin väliaikaissuojaukset kokonaan lohkon alta.

## 7.2 Kiinnitys ja tuenta

Asennuksien turvallisuuteen oli panostettu työturvallisuuslakien puitteissa ja yrityksen omalla ohjeistuksella. Yrityksen sisällä on parannettu työturvallisuutta esimerkiksi kommunikoinnilla ja sisäisillä koulutuksilla.

Elementit ensimmäisessä kerroksessa kiinnitettiin alapäästä 150 mm puuruuveilla alajuoksuun, jotka olivat kiinnitetty aikaisemmin sokkeliin betoniruuvein. Yläpäästä 40 millimetriä leveällä reikävanteella, ruuvein elementistä ja spike-lyöntinauloin ontelolaattoihin (Liite 6 tai 10).

Toisen kerroksen elementit kiinnitettiin puuruuveilla 1. kerroksen elementtien päällä olevaan juoksuun (Liite 6 tai 10). Yläpää tuettiin elementtinvinotuilla ontelokentästä väliaikaisesti ennen kattotuolien asennusta. Vinotuet poistettiin, kun kattotuolit oli asennettu ja nurjahdus- ja vinotuet olivat vesikaton osalta paikoillaan.

## 8 ENNEN KÄYTTÖÖNOTTOA

Elementin sisäpuolella höyrysulku tiivistetään ja tarkistetaan huolellisesti. Kun tiiveys on varmistettu tehdään rakenne loppuun, joka yleensä koostuu koolauksesta, villoituksesta ja levytyksestä (Kuva 17). Huoneistojen väliset betonielementtiseinät ja puuelementti muodostavat raon, joka pitää paloturvallisuuden vuoksi tiivistää palovillalla. Betonielementin pää ulottuu alle 40mm etäisyydelle höyrysulusta, koska levytyksen pinta on oltava tasoitettavissa betonipinnan kanssa.

Ulkopuolella varmistetaan saumojen kosteudenpitävyys esimerkiksi elementtisaumamassalla tai teipillä, jonka jälkeen asennetaan ulkoverhous. Pinnat maalataan ja rakenne on valmis.



Kuva 17 Väliseinien ja yläpohjan valmistusvaihe.

## 9 ELEMENTTIEN KOSTEUS

Dataloggeria eli tietojen tallenninta käytetään yksittäisien lukemien ja mittaussarjojen tallentamiseen ja lukemiseen. Loggerit ovat erityisesti suunniteltuja valvomaan tuotteiden tai rakenteiden lämpötila- ja kosteusarvoja. Mittauslukemat tallennetaan kiinteään muistiin tai muistikortille, joista tieto voidaan siirtää haluttuun järjestelmään. Kiihtyvyyss lukuja laite tarkkailee koko keston ajan ja tallentaa tiedot, kun asetettu raja-arvo on ylitetty. Käytössä minulla oli kaksi (2) kappaletta Testo 184 G1-loggeria (Kuva 18), joilla voidaan mitata suhteellista kosteutta (jatkossa puhutaan RH-prosentista), lämpötilaa ja kiihtyvyyttä pysty, vaaka ja kierto suunnassa.

Loggerit asennettiin elementtitehtaalla valmistusvaiheessa, Porvoon kohteen ensimmäisen kerroksen elementtiin, lokakuussa 2018. Mittaukset päättyivät joulukuun 2018 alussa, kun elementti oli asennettuna. Tutkimuksen kokonaiskesto oli hieman alle 39 vuorokautta. Mittauksissa keskityin kosteus- ja lämpötilatuloksiin. Mittaustuloksien kaavioissa (Liitteet 13-14) oli mukana myös kiihtyvyys, jonka kautta pystyi selvittämään onko elementti saanut kovia iskuja nostoissa, onko elementti

kaatunut. ja/tai onko kuljetuksessa elementit liikkuneet odottamattomasti.

Karkeasta taulukosta (Taulukko 1) voi nähdä, miten kosteus muuttuu eri vaiheissa ja mikä oli vaiheen kesto. Liitteinä ovat loggereiden tuottamat tarkemmat kaaviot mittauksista elementin kahdessa eri osassa ja elementtikuva, jossa osoitetaan loggereiden sijoittelu (Liite 12).

Kosteusvaatimukset ovat mikrobi-kohtaisia, esimerkiksi homesienillä ja hiivoilla alin kasvun mahdollistava rakenteen huokosilman suhteellinen kosteus  $RH_{min} = 65 - 85 \%$  joillakin bakteereilla, mm. aktinobakteereilla  $RH_{min} = 95 \%$  ja sinistäjä- ja



Kuva 18 Testo 184 G1- loggeri (Testo-ohjekirja 2018)

lahottajasienillä RH > 95 %. Vaikka suotuisissa olosuhteissa mikrobikasvusto voi kehittyä muutamassa päivässä, olivat elementit vaihtelevissa kosteus- ja lämpöolosuhteissa. Tällaisissa olosuhteissa mikrobikasvu hidastuu selkeästi. (Sisäilmayhdistyksen www-sivut 2019).

Taulukko 1 Lukemia loggereiden mittauksista.

Ajankohta	Kesto (vrk)	Loggeri 1, RH%	Loggeri 2, RH%
Valmistus	1	50-60	45-55
Varastointi tehtaalla	13	55-75	50-70
Kuljetus	2	70-80	65-70
Varastointi työmaalla	7	80-85	70-80
Asennus	1	80-85	80-85
Asennettuna	15	65-92	75-88

### 9.1 Valmistusvaiheessa

Tehtaalla oli hyvin kontrolloitu ilmankosteus jo työolosuhteiden pakosta. Suuren puumäärän ja -työstämisen vuoksi kosteus oli hallissa alhainen, siksi sumutettiin ilmaan vettä pieniä määriä säännöllisesti. Näin saatiin suhteellisen kosteuden tasapaino ylläpidettyä 50-60 RH%.

Kosteuden mittaus elementeissä alkoi aikaisessa vaiheessa, kun elementtien runko oli valmis ja villoitusta tehtiin. Porvoon Kevan elementteihin asennettiin loggereita kaksi (2) kappaletta tehtaalla yhteen elementtiin (Liite 12). Ensimmäinen loggeri (nro 1) sijoitettiin elementin ikkuna-aukon alle villatilaan ja toinen (nro 2) koko elementin korkeaan villatilan yläosaan.

Elementti tehtiin valmiiksi ja niputettiin yhdessä muutaman kohteen elementin kanssa, jonka jälkeen tehtiin suojaus sisätiloissa, ennen ulos vientiä ja kuljetusta kohteeseen. Niput säilytettiin suojattuna asennukseen asti myös kuljetuksen aikana. Säilytyksen aikana RH ei noussut yli 80 %. Säilytysaika oli tehtaalla noin 13 vuorokautta. Varastoinnissa ollessa elementteihin ei tullut vaurioita alhaisen lämpötilan johdosta, koska vesipitoisuus matalissa lämpötiloissa on huomattavan pieni.

## 9.2 Kuljetuksessa

Elementtiniput kuljetettiin umpinaisessa kuorma-autossa, jotta välttyttiin kuljetuksen aikaisista lika- ja kosteusvaurioista. Kuljetus tapahtui marraskuussa, joten olosuhteet olivat kosteat ja sateiset. Matkanaikainen RH vaihteli 65-80 % välillä, joka on hyvä merkki kuljetustavalle. Tapa on hyvä, koska jopa olosuhteiden ollessa huonot, ovat elementit hyvin suojattuna. Kuljetusaika oli noin 2 vuorokautta, koska kuljetusmatka oli lähes 500 kilometriä Limingasta Porvooseen. Niput purettiin autonosturilla nostoliinon avulla, ettei suojausta tarvitse irroittaa eikä elementit kärsisi nostoista.

## 9.3 Varastoinnin aikana

Varastointi tehtaalla oli pisin ajanjakso (13 vrk), kun elementit olivat suojan sisällä, myös kohteessa jouduttiin varastoimaan suojatut niput asennusta odottamaan. Tehtaalla elementtiniput saivat olla pitkään ja hyvän suojauksen johdosta kosteus mitattavassa elementissä nousi vajaat 20 %-yksikköä. Olosuhteet syksyn sateissa huomioon ottaen suhteellisen kosteuden nousu oli vähäistä. Mittauskaaviosta tuli ilmi, että työmaalla varastoinnin aikana kosteus pysyi tasaisena noin 85 RH-prosentissa asennukseen asti. Varastointi kesti noin 7 vuorokautta, mutta lämpötila pysyi alle +10°C ja ilman vesipitoisuus matalana.

## 9.4 Asennuksen aikana ja jälkeen

Suojaukset purettiin asennusten edetessä vähitellen, jotta asennuksen aikana ei pääsisi suoraa kosteutta (esimerkiksi sade) elementteihin. Suojausten poistaminen ja asennus tekivät mittauksissa selkeän piikin käyrälle, vaikka elementti suojattiin hetkellisesti asennuksen jälkeen (katso kuva 17), ennen vesikaton asennusta. Vaihteleva suhteellinen kosteus vesikaton asennuksen jälkeen alkoi tasaisesti laskea, joka tarkoittaa rakenteessa olevan ilman vesipitoisuuden vähenevän. Jos lasku alkaa selkeästi viiveellä tai epätasaisesti, on todennäköisesti rakenteessa ollut kondensoitunutta kosteutta.



## 10 POHDINTA

Koko tutkimuksen aikana keskimääräinen suhteellinen kosteus ei noussut yli 77 prosentin, koska elementin elinkaari ennen käyttöönottoa on suunniteltu niin, ettei se ole suojaamatta missään vaiheessa. Varsinaisia raja-arvoja ei tälle mittayksikölle ole rakentamisessa. Mutta, kun suhteellinen kosteus saavuttaa 100%:n rakenteissa, veden tiedetään tiivistyvän ja aiheuttavan vaurioita pitkällä aikavälillä.

Jo 60 RH-prosentissa voi ilmetä kondensaatiota ja bakteerikasvustoa elementin sisä rakenteissa, mutta havainnot näistä ei löytynyt poistettaessa dataloggereita joulukuussa 2018. Tämä todennäköisesti johtui todella vaihtelevista olosuhteista (mikrobikasvu hidastuu) ja ilman vähäisestä vesipitoisuudesta alle +10°C lämpötiloissa. Sinistäjä- ja lahottaj sienien vaatimaa suhteellisen kosteuden arvoa 95 %, ei mittauksissa todettu olevan ollenkaan, joten puurakenteisen elementin lujuudelle vaarallisia mikrobeja ei ole päässyt muodostumaan.

Mittaustuloksista ja lähteistä saaduista tiedoista voidaan päätellä, että tämän opinnäytetyön tutkimilla ennaltaehkäisy tavoilla voidaan välttää kosteuden aiheuttamia vaurioita hyvin tehokkaasti.

## LÄHTEET

Ekosuunnittelun www-sivut. 2018. Viitattu 14.12.2018.  
<https://www.ekosuunnittelu.info/>

Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429 muutoksineen.

Finlex www-sivut. 2018. Viitattu 12.12.2018. <https://www.finlex.fi/fi/>

Laitinen, E. 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 muutoksineen.

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistyksen www-sivut 2019. Viitattu 27.5.2019.  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/>

Suomen RakMK. Puurakenteet, ohjeet, 2016. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto

Testo 184 dataloggerin pdf-ohjekirja, laitteen muistissa. 2018.

Ympäristöministeriön www-sivut. 2019. Viitattu 15.12.18. <https://www.ym.fi/fi-FI>

**RAK**

Mittakaava

1:10

Päivämäärä

Muutos

LIITE 2

US2:

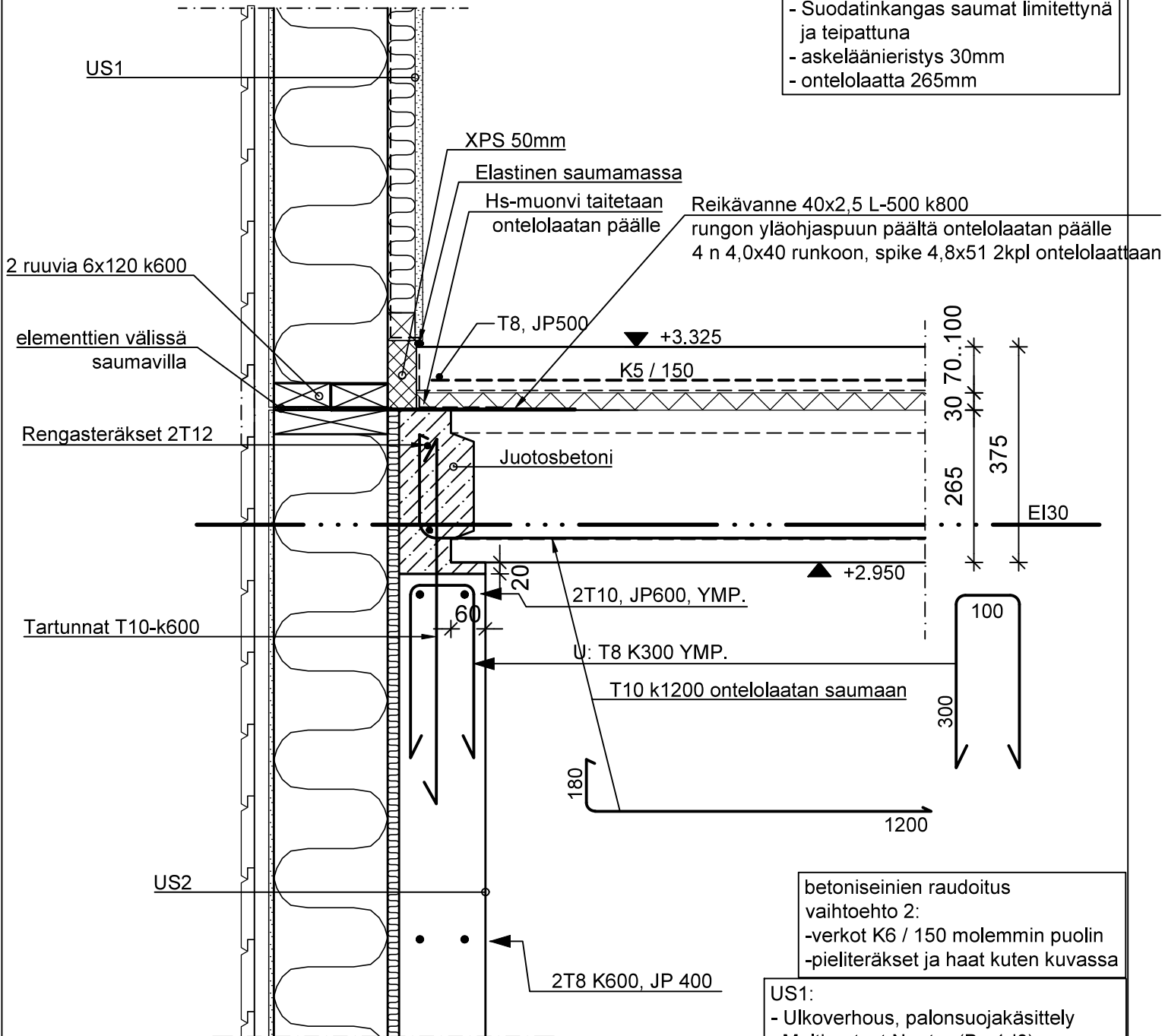
- Ulkoverhous
- koolaus 25x100 k600
- tuulensuojakipsilevy 9mm
- runko 42x198 k600 välissä kivivilla 200mm
- villamatto Esim. KH-20
- betonirunko 150mm

**HUOM! KOSKIEN KAIKKIA ULKOSEINIÄ:**

ulkoseinän ulkop. B-s2, d0, palosuojamaalattu puu  
tuuletusraon ulkop. B-s2, d0, palosuojamaalattu puu  
tuuletusraon sisäp. B-s1, d0, palosuojamaali, luokka B-s1,d0 EN

VP

- pintabetoni 70..100mm
- Suodatinkangas saumat limitettynä ja teipattuna
- askeläänieristys 30mm
- ontelolaatta 265mm



betoniseiniä rauditus

vaihtoehto 2:

- verkot K6 / 150 molemmin puolin
- pieliteräkset ja haat kuten kuvassa

US1:

- Ulkoverhous, palonsuojakäsittely Multiprotect Neutra (B-s1d0)
- koolaus 25x100 k600
- tuulensuojakipsilevy 9mm
- runko 42x198 k600 välissä kivivilla 200mm
- hyörynsulkumuovi, PEL-muovi 0.2mm saumat teipataan tiiviiksi
- vaakakoolaus 48x48 k600 välissä min.villa 50mm
- kipsilevy 13mm

**RAK**

Mittakaava

1:10

Päivämäärä

Muutos

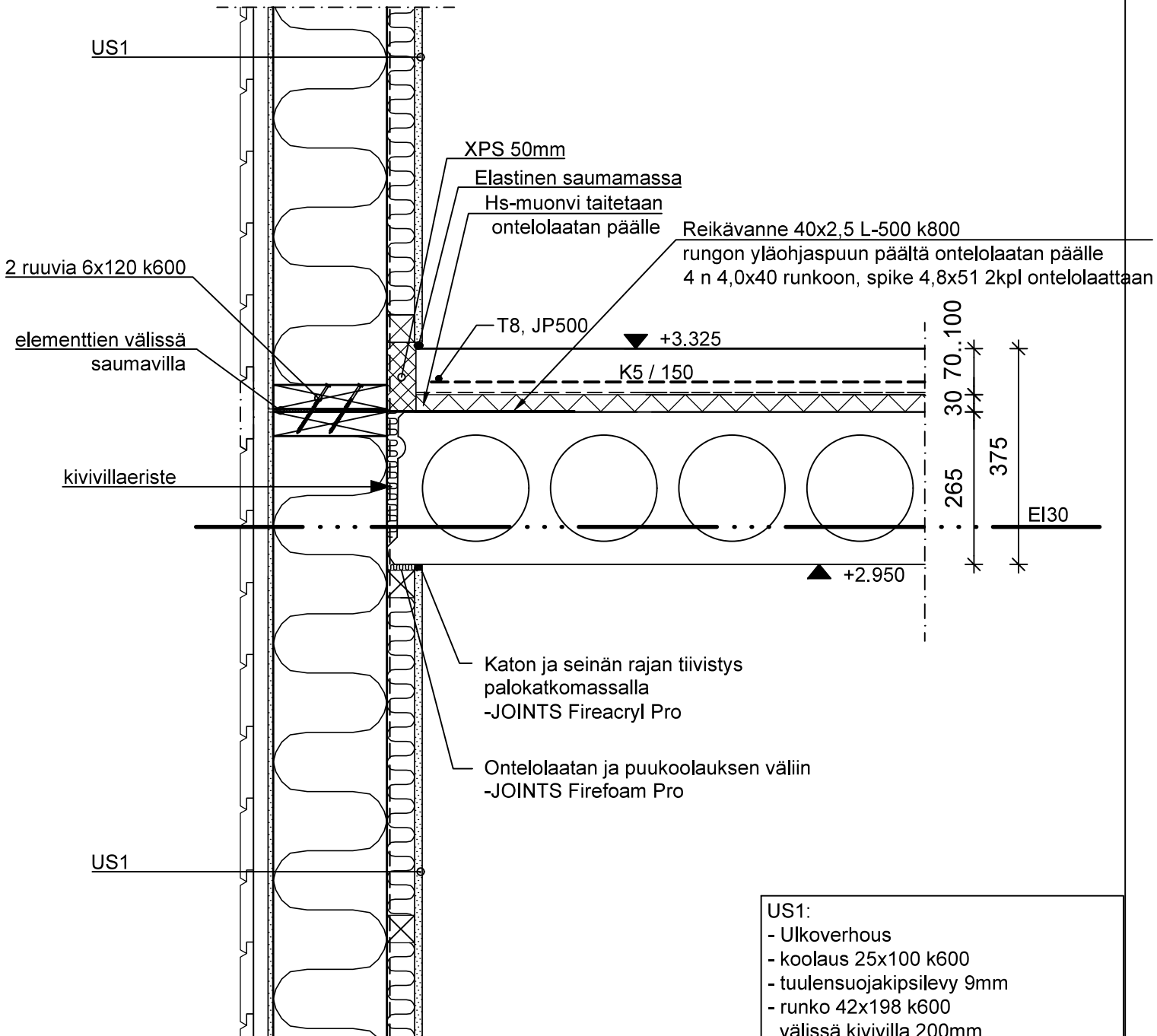
LIITE 3

US2:

- Ulkoverhous
- koolaus 25x100 k600
- tuulensuojakipsilevy 9mm
- runko 42x198 k600 välissä kivivilla 200mm
- villamatto Esim. KH-20
- betonirunko 150mm

VP

- pintabetoni 70..100mm
- Suodatinkangas saumat limitettynä ja teipattuna
- askeläänieristys 30mm
- ontelolaatta 265mm





# RAK

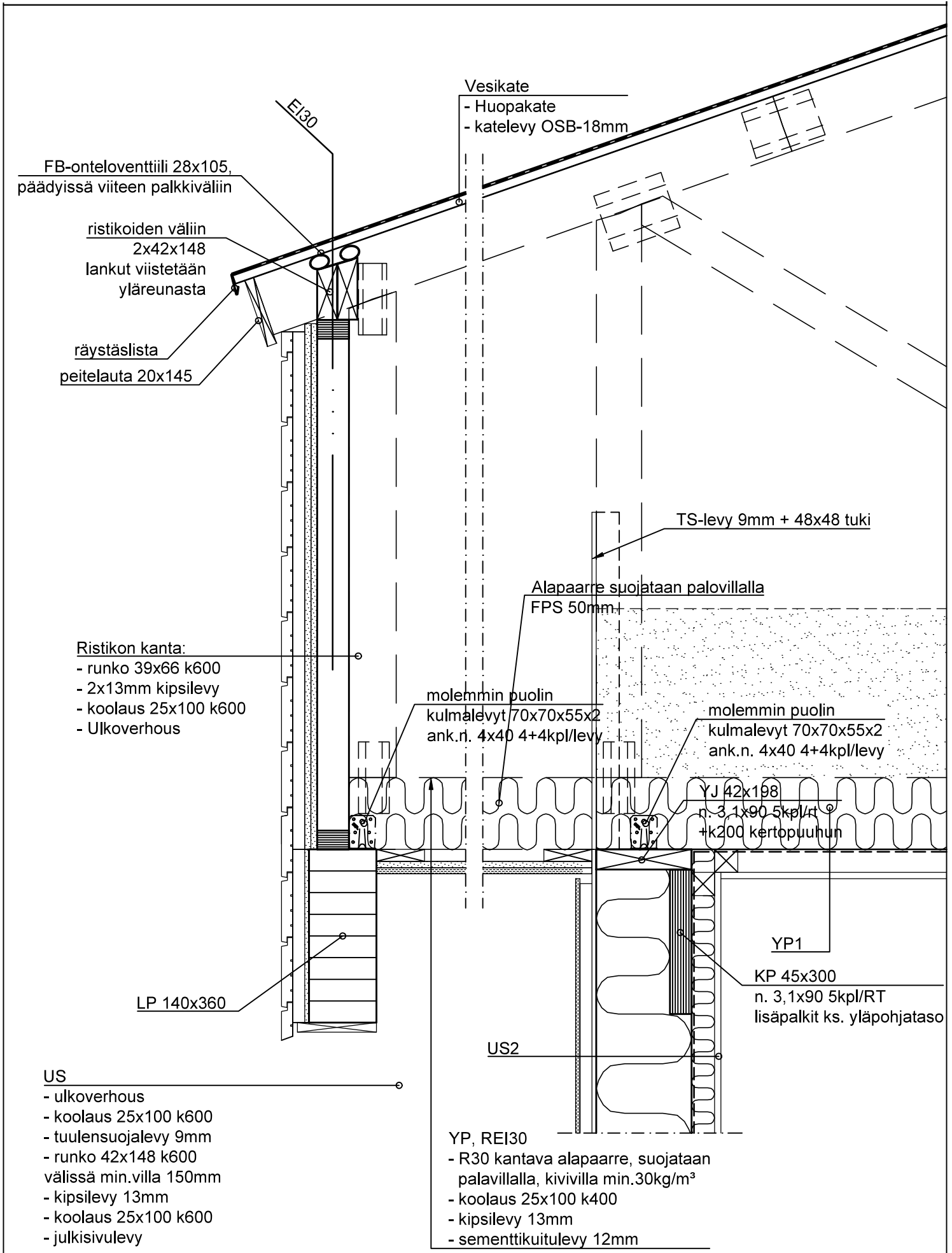
Mittakaava

1:10

Päivämäärä

Muutos

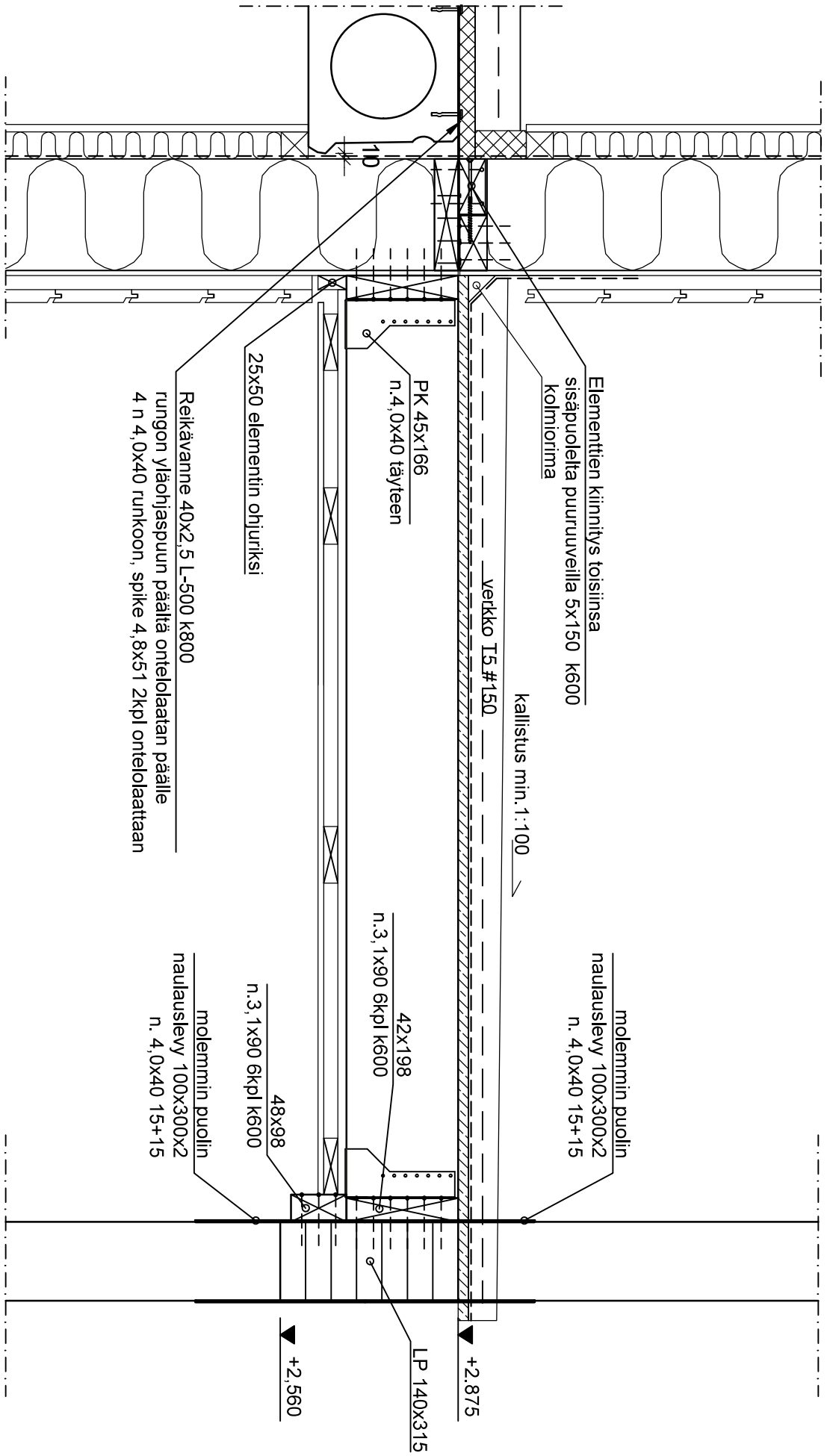
LIITE 4





RAK	Mittakaava 1:10	Päivämäärä	Muutos
-----	--------------------	------------	--------

LIITE 6



**Radontiivistys**

DELTA(R)-RADONSUOJA  
(SP Swedish National Testing and  
Research Institute nro P00806)

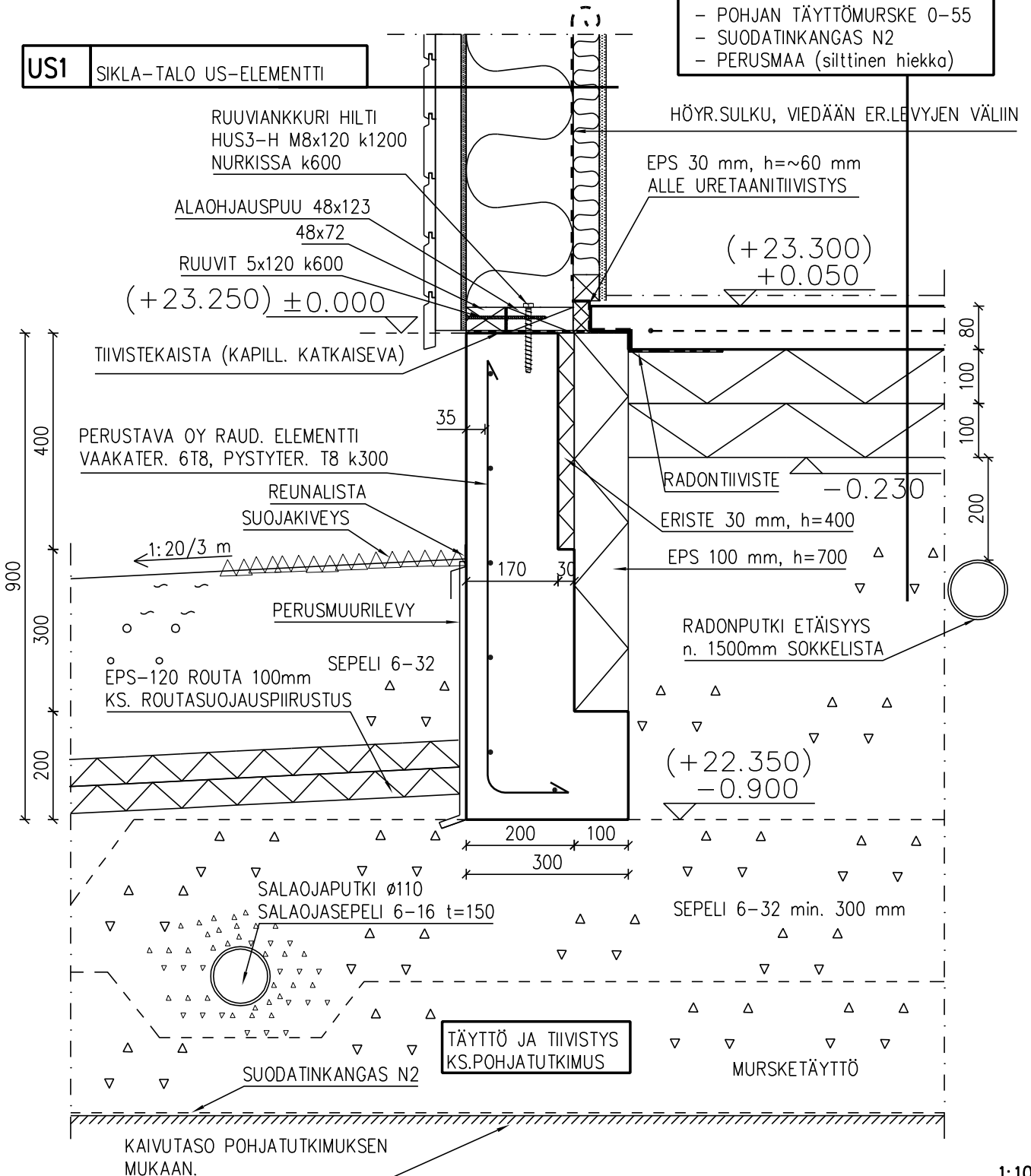
\*TÄYTÖN MAX. RAEKOKO  
- LUONNONKIVIAINEKSILLA 20 mm  
- MURSKATUILLA 16 mm

LIITE 9

**US1** SIKLA-TALO US-ELEMENTTI

**AP 1**

- PINTAMATERIAALI
- TB-LAATTA 80 mm  
+ VERKKO 5-150
- EPS LATTIA 100+100 mm
- KAPILLAARIKATKO,  
SEPELI 5-16 n. 300 mm
- ROUTIMATON TÄYTTÖ \*)
- SEPELI 6-32 min. 300 mm
- POHJAN TÄYTTÖMURSKKE 0-55
- SUODATINKANGAS N2
- PERUSMAA (silttinen hiekka)



**RAK**

Mittakaava

1:10

Päivämäärä

Muutos

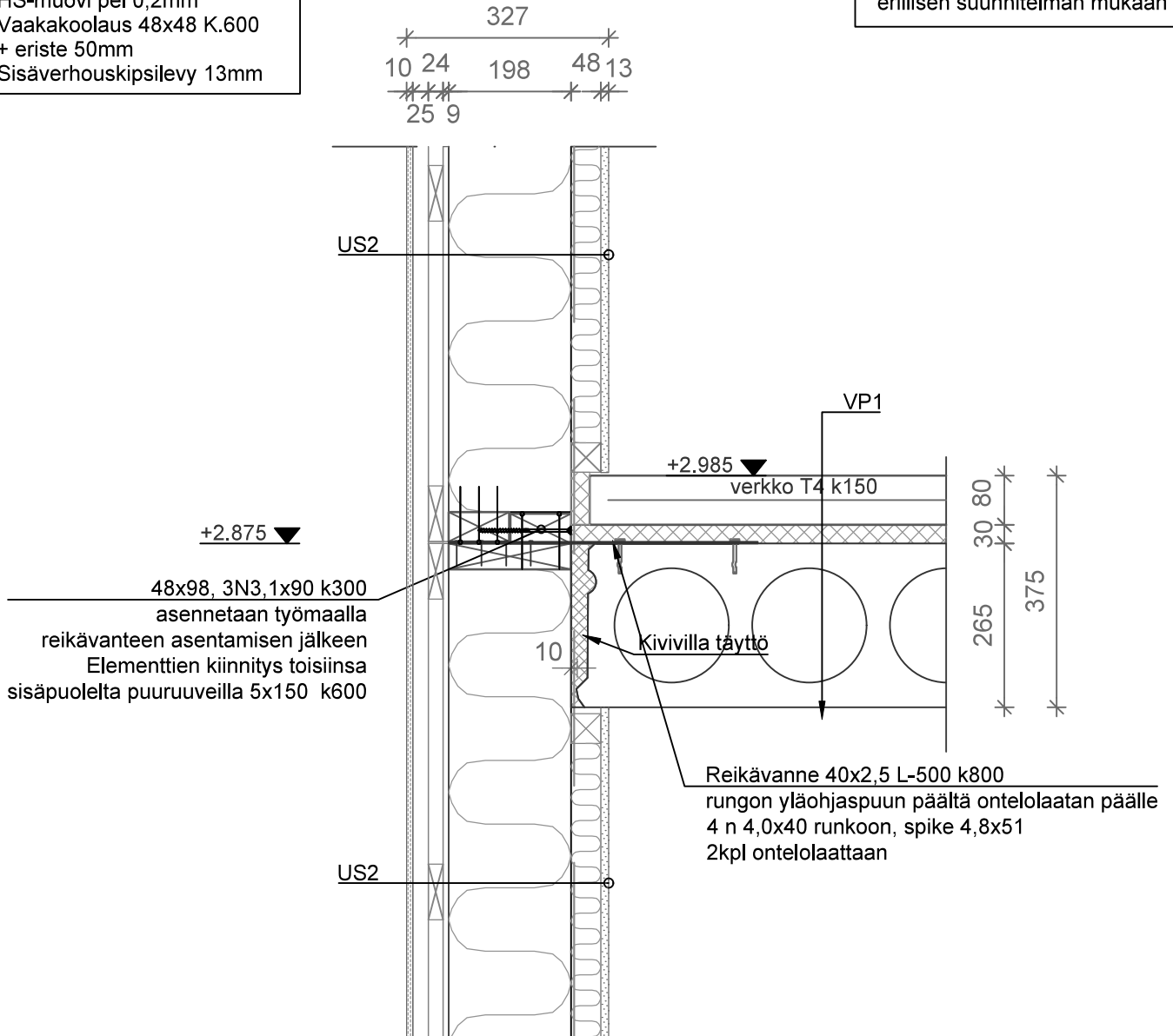
LIITE 10

US 2, R30

- rappauslevy + rappaus
- Tuuletuskoolaus ristiin  
2x24x90 K.600
- Tuulensuojakipsilevy 9mm
- Pystyrunko 42x198 K.600 C18  
+ eriste 200mm
- HS-muovi pel 0,2mm
- Vaakakoolaus 48x48 K.600  
+ eriste 50mm
- Sisäverhouskipsilevy 13mm

VP1, REI30

- VP1, REI30
- Pintalaatta H=80mm,  
verkko T4 k150
- askeläänieriste,  
esim. Isover FLO 30mm
- Ontelolaatasto H=265,  
erillisen suunnitelman mukaan





**RAK**

Mittakaava

1:10

Päivämäärä

4.12.2018

Muutos

**A**

LIITE 11

Alapaarre on palonaikainen palkki R30, kiepahdustuenta 32x100, n. 3,1x90 2kpl/liitos päälle 50x100, naulaus yhteen 3,1x90 k300 tuentavälit katso ristikkovalmistajan suunnitelmat

A - A

tuulensuojavilla 50 mm

kipsilevy 13 mm

24x48 ristikon kylkeen  
n. 2.8x60 k40024x90 k400  
n.3.1x90 3 kpl/liitos

VK 1

Ruoteet 25x100 K.300  
3,1x90 2n/liitos

Vesikate valmistajan ohjeen mukaan

Ääniloukku, ristikkovälissä

- tuulensuojavilla 50mm
- tuulensuojavillan tyyppi ääniselvityksen mukaan
- kipsilevy 9mm
- koolaus 24x90 k400

Kondenssisuojattu aluskate  
noin. 150mm irti räystäältä

+6.300

1200

HUOM! ei saa jäädä rakoa

Ristikon kainaloon 25x100  
3,1x90 4n/ristikkoAlapaarrteen kiepahdustuenta  
Alte 32x100, päälle 48x98Kulmalevyt 60x60x2,5 mol.puol ristikkoo  
ankkurinaulat 40x4 8n/kulmalevy

+5.704

Otsalauta 20x170 hs.  
Naulat 2,3x50 3n/liitosAluslauta 20x120  
Naulat 2,3x50 2n/liitosYläjuoksun kiin. r.tolppaan  
nauloilla 3,1x90, 5N/RtolppaKP palkin kiinnitys runkotolppiin  
nauloilla 3,1x90, 5N/Rtolppa

YP 1, R30

- 2x13mm kipsilevy TAI GF15 palosuojal.
- Koolaus 48x48 K.300, kiinnitys kampanauloilla 3,1x90 2kpl / liitos
- HS-muovi pel 0,2mm
- Ristikot rakennesuunnittelun mukaan alapaarre suojataan koko vahvuudelta levykivivillalla
- yläpohjaeristeen paksuus toimitussisällön mukaan

VK 1

- Peltikate, rivisaumakate
- Ruoteet 25x100 K.300
- Tuuletusrimat 25x50 K.900
- Kondenssisuojattu aluskate
- Päätyräystäselementti 42x123 K.600
- Aluslaudat 20x120 K.126

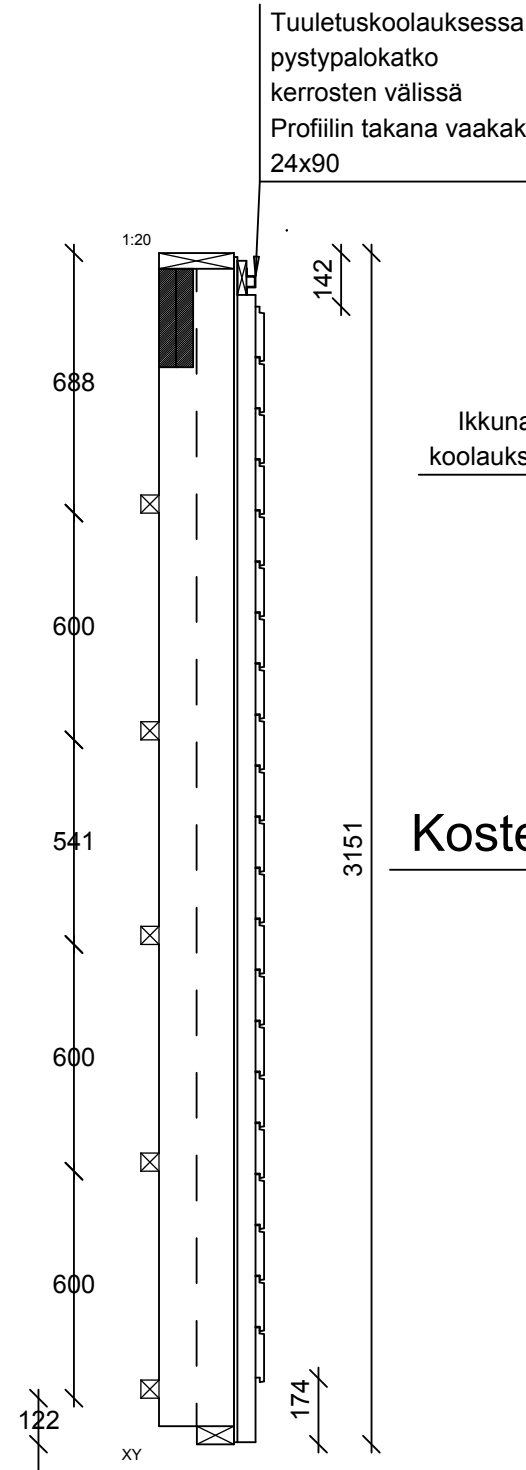
ulkoseinäelementin  
elementtisuunnitelman  
mukaan

US1

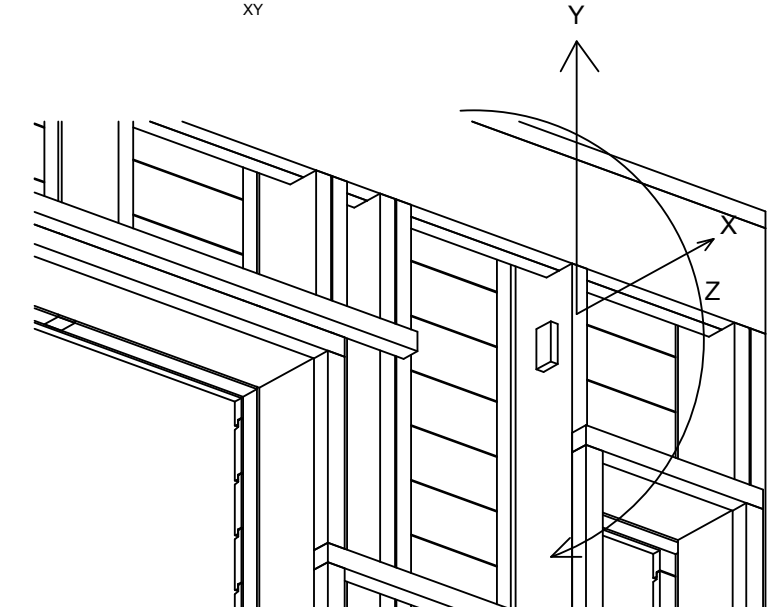
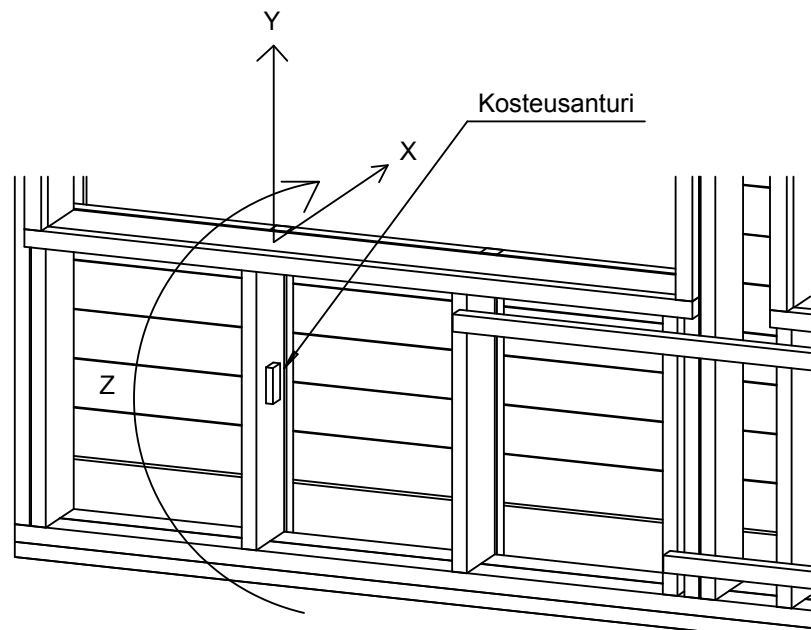
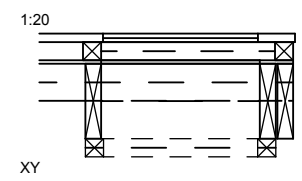
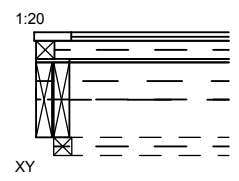
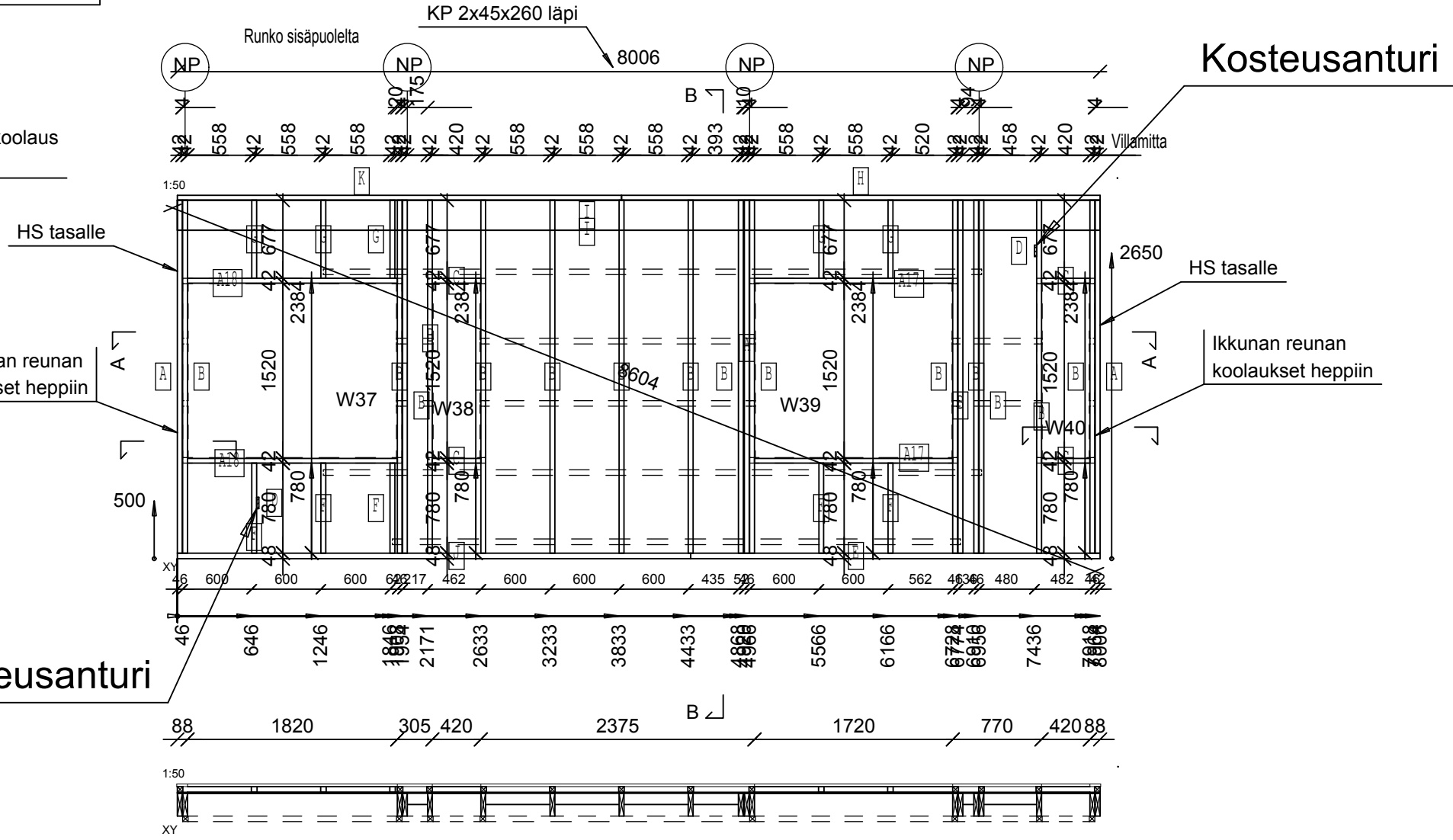
US 1, R30

- rappauslevy + rappaus
- Tuuletuskoolaus ristiin 2x24x90 K.600
- Tuulensuojakipsilevy 9mm
- Pystyrunko 42x198 K.600 C18 + eriste 200mm
- HS-muovi pel 0,2mm
- Vaakakoolaus 48x48 K.600 + eriste 50mm
- Sisäverhouskipsilevy 13mm

TUNNUS	LKM	MATERIAALI	KUVAUS	PITUUS	LOVEUS
E	1	48x98	ALAJUOKSU	3552	
J	1	48x98	ALAJUOKSU	4454	
A17	2	42x198	AUKON VAAKAP	1720	
A18	2	42x198	AUKON VAAKAP	1820	
C	4	42x198	AUKON VAAKAP	420	
F	5	42x198	KLOSSI	780	
G	5	42x198	KLOSSI	677	N:1-90-260
D	2	20x50	OSA	99	
I	2	KP 45x260	PALKKI	8006	
A	3	42x198	TOLPPA	3061	N:1-90-260
B	16	42x198	TOLPPA	3061	N:1-90-260
H	1	42x198	YLÄJUOKSU	4152	
K	1	42x198	YLÄJUOKSU	3854	



Tuuletuskoolauksessa pystypalokatko kerrosten välissä  
Profiilin takana vaakakoolaus 24x90



A= 25.23

Elementin paino: 1218.3 kg



# Measurement Report

15.01.2019,17:20 UTC+03:00,created by testo 184 G1

Datalogeri nro 1.

## General Information

Title	Opinnäytetyö, Janne Koivunen
E-Mail to	
Sender	
Receiver	
Comment	Puuelementtien käyttäytyminen valmistuksesta käyttöönottoon

## Device Configuration

Type	testo 184 G1 V01.42 2015-10-10	Channels activated	Temperature Humidity Acceleration
Meas. Interval	60 min	Current Mode	End
Start/Stop	Button/Button	Record Duration	38.9 d
Start Date/Time	25.10.2018 15:24 UTC+03:00	No. of Values	934
Stop Date/Time	03.12.2018 13:23	Remaining Battery	80 d
Start Delay	30 min	Calibration Date	03.07.2018
Configured by	24.10.2018 19:50 UTC+03:00	Check Sum	E0A4CF31032CDF6939278DBD1DC4F9D8

## Channel Statistics

	Maximum/Time	Minimum/Time	Average	MKT
Temperature	15.3°C 25.10.2018 15:54	-5.9°C 29.10.2018 10:54	4.3°C	5.2°C
Humidity	92.0% 15.11.2018 14:54	47.3% 26.10.2018 17:54	76.4%	--
Shock	27.8g 25.10.2018 20:37	--	--	--

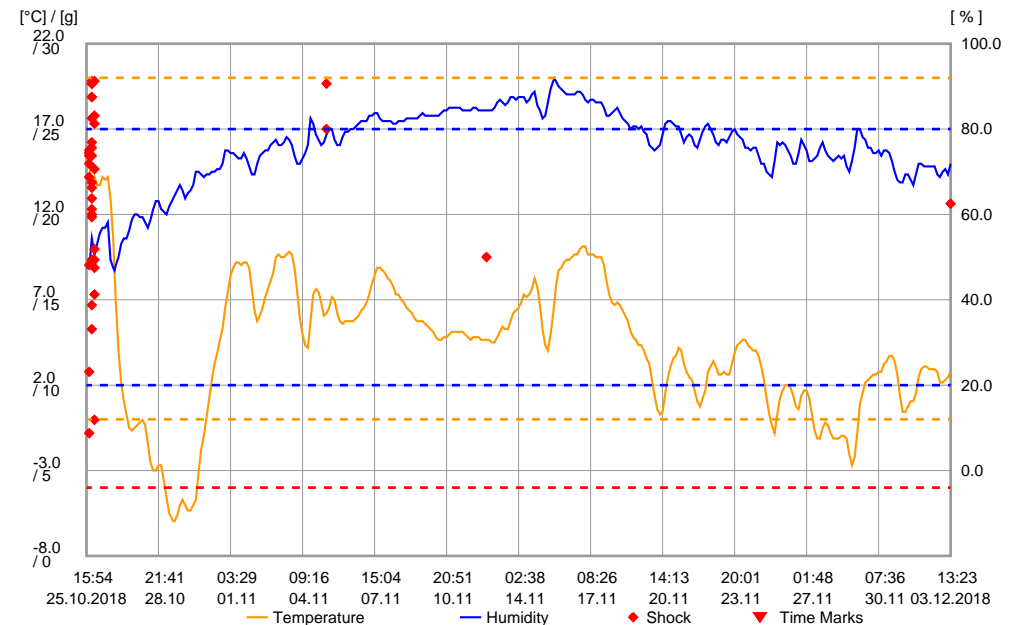
RESULT:  OK  ALARM

## Alarm Settings & Results

	Limit Value	Type	Allowed Time	Status	No. of Violations	Total Time	Longest Time
Temp.	>20.0°C	sin.	--	OK	--	--	--
Temp.	<0.0°C	cum.	60 min	ALARM	3	139.0 h	84.0 h
Temp.	70.0°C	disable	--	--	--	--	--
Temp.	-20.0°C	disable	--	--	--	--	--
MKT	5.0°C	disable	--	--	--	--	--
Hum.	>80.0%	sin.	--	ALARM	8	15.1 d	13.2 d
Hum.	<20.0%	sin.	--	OK	--	--	--
Shock	>4.0g	sin.	--	ALARM	689	--	--

## Graph

Time Marks





# Measurement Report

15.01.2019,17:18 UTC+03:00,created by testo 184 G1

Datalogeri nro 2.

## General Information

Title	Opinnäytetyö, Janne Koivunen
E-Mail to	
Sender	
Receiver	
Comment	Puuelementtien käyttäytyminen valmistuksesta käyttöönottoon

## Device Configuration

Type	testo 184 G1 V01.42 2015-10-10	Channels activated	Temperature Humidity Acceleration
Meas. Interval	60 min	Current Mode	End
Start/Stop	Button/Button	Record Duration	38.9 d
Start Date/Time	25.10.2018 15:25 UTC+03:00	No. of Values	934
Stop Date/Time	03.12.2018 13:23	Remaining Battery	81 d
Start Delay	30 min	Calibration Date	02.07.2018
Configured by	24.10.2018 19:52 UTC+03:00	Check Sum	A68538CE6D158B6649421ECB4CB52A4E

## Channel Statistics

	Maximum/Time	Minimum/Time	Average	MKT
Temperature	15.6°C 25.10.2018 15:55	-5.7°C 29.11.2018 00:55	3.3°C	4.6°C
Humidity	88.3% 29.11.2018 06:55	46.1% 25.10.2018 15:55	74.8%	--
Shock	27.8g 25.10.2018 20:31	--	--	--

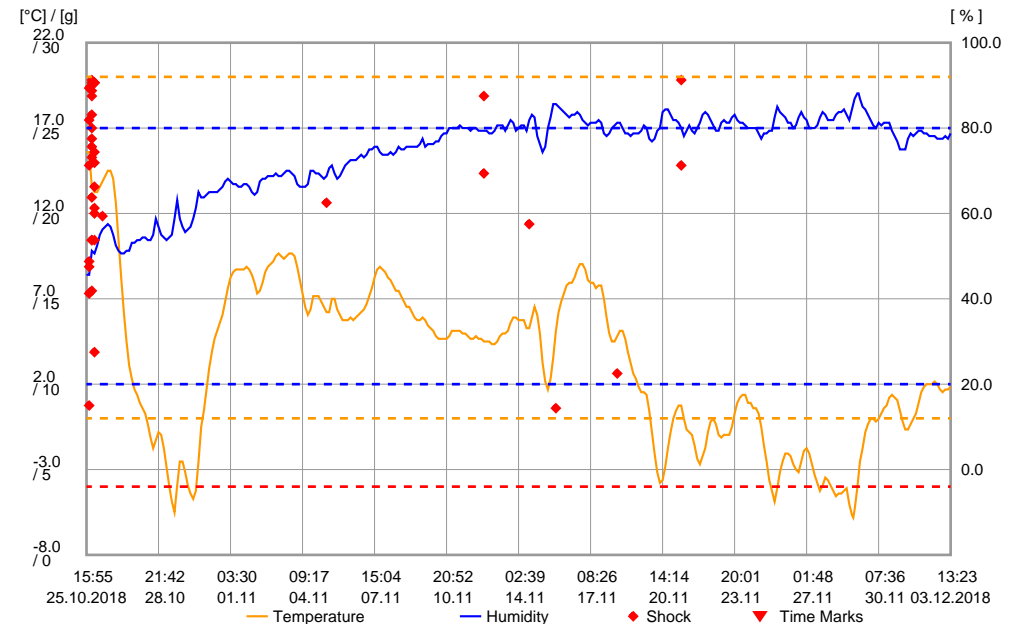
RESULT:  OK  ALARM

## Alarm Settings & Results

	Limit Value	Type	Allowed Time	Status	No. of Violations	Total Time	Longest Time
Temp.	>20.0°C	sin.	--	OK	--	--	--
Temp.	<0.0°C	cum.	60 min	ALARM	7	11.1 d	119.0 h
Temp.	70.0°C	disable	--	--	--	--	--
Temp.	-20.0°C	disable	--	--	--	--	--
MKT	5.0°C	disable	--	--	--	--	--
Hum.	>80.0%	sin.	--	ALARM	16	14.9 d	129.0 h
Hum.	<20.0%	sin.	--	OK	--	--	--
Shock	>4.0g	sin.	--	ALARM	1024	--	--

## Graph

Time Marks



<b>Ominaisuus</b>	<b>Arvot</b>
Mittauskanavat	5 sisäistä
Mittausparametrit [yksikkö]	lämpötila [°C, °F], suhteellinen kosteus [%], kiihtyvyyv [g, m/s <sup>2</sup> ]
Mittausskaala	-20 ... +70 °C 0 ... 100 % 0 ... 28 g
Tarkkuus	±0,5 K (0,0 ... 70°C), ±0,8 K (-20 ... -0,1 °C) ±2% RH ( +25°C:ssa, 20 ... 80 % RH) ±3% RH ( +25°C:ssa, <20 % ja >80 % RH) ±1% RH hystereesissä ±1% RH/ vuosi mittauksessa ±1,1 m/s <sup>2</sup> +5 % lukemasta
Suhteellisen kosteuden vasteaika	t <sub>90</sub> < 10 min
Resoluutio	0,1°C 0,1% RH 0,1 g
Käyttölämpötila	-20 ... +70 °C
Varastointilämpötila	-50 ... +70 °C 30 ... 60% RH
Paristotyyppi	CR2450, vaihdettavissa
Pariston käyttöikä	120 pvä (15 min mittaussyklillä, +25°C:ssa)
Suojausluokka	IP30
Mittaus intervalli	1 min:sta 24 tuntiin (lämpötila ja suhteellinen kosteus) 1 sekunti (kiihtyvyys)
Skannaus taajuus	1600 Hz (kiihtyvyys)
Muisti	64000 mittausta (lämpötila ja suhteellinen kosteus) 1000 mittausta (kiihtyvyys)
Dimensiot	44 x 12 x 97 mm
Direktiivit, standardit, sertifikaatit	2014/30/EC, HACCP-sertifiointi