

PUURAKENTEISEN ALUEKOHTIEN ELEMENTOINNIN SUUNNITTELU



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Kevät, 2021

Mika Kurtti

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö keskittyi Kreos Oy:n toteuttaman aluerakennuskohteen elementointiprosessin toteutusvaiheisiin. Tavoitteena oli kehittää yritykselle toimiva konsepti hankkeiden elementtisuunnitteluun ja niiden tuotannon vakioimiseen.

Opinnäytetyössä pureuduttiin esimerkkihankkeen elementtien suunnitteluun, suunnittelun lähtökohtiin, vaatimuksiin, eri elementtityyppien rakenteiden esittelyyn ja liitosdetaljeihin. Toteutuspuolta käytiin läpi suunnittelijan näkökulmasta. Elementoinnissa on vaatimuksia valmistustilan, tekotavan, suojauksen, varastoinnin, siirtotöiden ja nostojen osalta ja nämä kaikki täytyy suunnitella hyvin etukäteen, jotta saadaan laadukas, taloudellisesti ja turvallisesti toteutettu lopputulos.

Työssä tarkasteltiin hankkeen kustannuksia litteratasolla, omavalmistuksella saavutettavia etuja, laatudokumentteja ja suunnitelmia. Lopussa pohditaan prosessin kannattavuutta ja kelpoisuutta yrityksen käyttöön myöhemmissä hankkeissa.

Avainsanat Elementtirakentaminen, elementtisuunnittelu, aluerakentaminen, suunnittelu

Sivut 35 sivua ja liitteitä 23 sivua

Author	Mika Kurtti	Year 2021
Subject	Design of Elements for a Wooden-Structured Building Site	
Supervisor	Mika Kärri	

ABSTRACT

This thesis focuses on the implementation stages of the prefabrication process of an area construction project by Kreos Oy. The aim was to develop a functional concept for the company to do the element design of projects and standardize their production.

The thesis deals with the design of the elements of the example project, the starting steps of the design, the requirements, the presentation of the structures and the connection details. The implementation side is reviewed from the designer's perspective. Prefabrication has requirements in terms of the manufacturing space, methods, covering, storage, transferring and lifting, and all of these must be planned well in advance to achieve a high-quality, economically and safely implemented result.

The work examines the costs of the project, the benefits of self-manufacturing, quality documents and final plans. At the end, the profitability and suitability of the process for the company's use in future projects is discussed.

Keywords Prefabricated construction, element design, area building, designing

Pages 35 pages and appendices 23 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kohteen tiedot.....	2
3	Elementtien suunnittelu.....	3
3.1	Valmisosarakentamisen normit	3
3.2	RunkoPES	4
3.3	Suunnitelmien sisältö.....	4
3.4	Elementtien dimensiot.....	5
3.5	Elementeissä käytettävät materiaalit	7
3.6	Suunnittelun laadunvalvonta	8
3.7	Tuotannon laadunvalvonta	8
3.8	Rakenteiden kelpoisuus	9
3.9	Valmistuksen mittatarkkuudet	10
3.10	Suunnittelun aloitus	11
3.11	Elementtien painon mitoitus	12
3.12	Elementtien nimeäminen	13
3.13	Aukkojen mitoitus	13
3.14	Käytettävät suunnittelutyökalut	13
3.15	Esimerkkikohteen suunnittelun lähtökohdat	14
3.16	Rakennusosat	15
3.16.1	Seinäelementit	17
3.16.2	Terassiseinäkkeet	22
3.16.3	Päätykolmiot	23
3.16.4	Räystääselementit.....	24
3.16.5	Palokatkoelementit	25
3.17	Liitosdetaljit.....	27
3.18	Elementtituotannon tilavaatimukset.....	28
3.19	Suojaus ja varastointi	29
3.20	Lopputarkastelu	30
3.20.1	Litteraseuranta	30
3.20.2	Kustannustarkastelu.....	31
3.20.3	Aikataulu- ja suunnitteluhyödyt.....	32
4	Johtopäätökset ja pohdinta.....	33

Lähteet.....	36
--------------	----

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Suovapolku 3:n asemapiirros.....	3
Kuva 2. Suovapolku 3 C seinäelementtikartta.....	16
Kuva 3. Elementin katkaisuluettelo.....	17
Kuva 4. Paritalon seinäelementin poikkileikkaus.....	18
Kuva 5. Ulkoseinäelementin sivukuvanto mittoineen.....	20
Kuva 6. Ulkoseinän rakennetyyppi.....	21
Kuva 7. Terrassiseinäkkeen rakennetyyppi.....	23
Kuva 8. Päätymion rakennetyyppi.....	24
Kuva 9. Päätymion seinäelementin poikkileikkaus.....	25
Kuva 10. Palokatkoelementin rakennetyyppi.....	27
Kuva 11. Elementtien nurkkaliitosdetalji.....	28
Kuva 12. Elementtien kokoamista halliolosuhteissa.....	29
Kuva 13. Suojattuja ja varastoituja elementtiniippuja.....	30
Kuva 14. Näkymä kohteen litteralistauksesta.....	31
Taulukko 1. Käytettävät rakennusmateriaalit.....	7
Taulukko 2. Seinäelementtien valmistustarkkuudet. (RT-14-11016, 2010, s. 239).	11
Taulukko 3. 3 metriä korkean puuelementin metripaino.....	12
Taulukko 4. Osastovien rakennusosien luokkavaatimukset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 927/2020).	26
Taulukko 5. Elementtien tarjousvertailu.....	32
Taulukko 6. Omavalmiste-elementtien kokonaiskustannukset.....	32

Liitteet

Liite 1	Suovapolku 3A pääpiirustukset
---------	-------------------------------

- Liite 2 Elementin liitos alajuoksuun
- Liite 3 Elementit rakennusten päädyissä
- Liite 4 HVS liitos ulkoseinään
- Liite 5 Elementin nurkkaliitos
- Liite 6 Suovapolku 3A elementtisuunnitelmat
- Liite 7 Suovapolku 3B yläpohjataso elementtitunnuksineen
- Liite 8 Elementtisuunnittelun tarkastuskortti
- Liite 9 Elementtien tarkastuskortti

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyö keskittyy puurakenteisten omakoti- ja paritalojen elementtien ja elementtituotannon suunnitteluun. Valmistuvaa työtä ja sen tuloksena syntyvää suunnitteluohjetta käytetään Kreos Oy:n nykyisessä Vantaan Suovapolku 3:n aluehankkeessa, sekä yhtiön tulevilla kohteilla.

Kreos Oy on vuonna 2020 perustettu yhtiö, joka keskittyy rakennushankkeiden suunnitteluun, kehittämiseen ja tuotantoon pääkaupunkiseudulla. Yhtiön tavoitteena on tehdä kestävä, laadukasta asuntotuotantoa kuluttajien ja asuntosijoittajien tarpeisiin. Yhtiö keskittyy aluerakentamishankkeisiin, joissa saavutettava synergiaetu nostaa hankkeiden kannattavuutta.

Opinnäytetyössä käydään esimerkkikohteen elementointi läpi vaihe vaiheelta. Prosessin lähtökohdista ovat arkkitehdin lupakuvat ja niiden pohjalta tehdyt puurakennesuunnitelmat. Työssä kerrotaan mitä lähtötietoja suunnittelija tarvitsee, millaisia vaatimuksia suunnittelulle on, minkäkokoisia ja painoisia elementteistä voi suunnitella ja millaisia materiaaleja niissä voidaan käyttää. Elementtien omatuotanto oli yritykselle erittäin potentiaalinen rakennustapavaihtoehto, koska yrityksen sisällä oli valmiudet suunnitteluun, tuotannon suunnitteluun ja tuotantoon. Työn tuloksena syntyy kokonaiskuva elementtisuunnittelusta ja elementtien toteutuksesta perinteisestä tehdasvalmistuksesta poikkeavalla tavalla. Yritykselle valmistuu myös suunnitteluvaiheen ja toteutusvaiheen tarkastuskortit.

Teoriatiedon lähteinä työssä on pyritty käyttämään voimassa olevia lakeja, viranomaislähteitä, asetuksia ja määräyksiä, joista saadaan tiedon hakuhetkellä ajankohtaista faktatietoa. Lisäksi tietoa on haettu kolmannen osapuolen toimijoilta, lähinnä alan yhdistyksiltä, järjestöiltä ja suurilta yrityksiltä.

Työn kiinnostavin asia etenkin oman yritystoimintamme kannalta oli lopputarkastelu, jolla selviää, oliko elementointi kokonaisuudessaan taloudellisesti kannattava prosessi verrattaessa sitä saatuihin elementtitoimittajien tarjouksiin. Myös aikatauluja vertaillaan keskenään ja pohditaan omatuotannolla saavutettuja etuja sekä mahdollisia haittoja. Työn

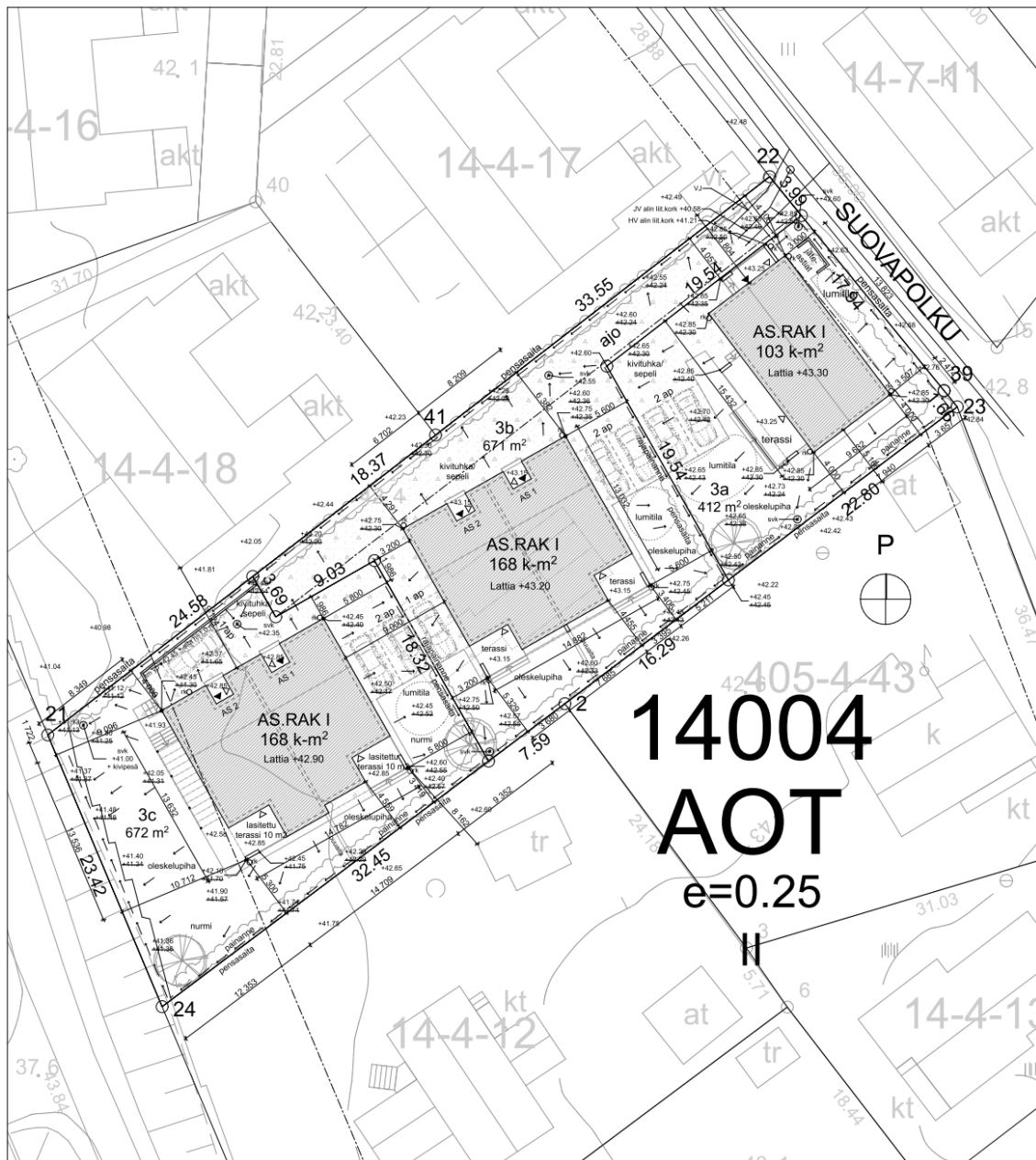
liitteisiin on koottu kohteen pääpiirustukset (liite 1), muutama esimerkki kaikista Suovapolku 3:n hankkeessa käytetyistä elementtityypeistä (liite 6), tarkastuskortit (liitteet 8 ja 9) ja muita suunnittelua sekä esimerkkihanketta havainnollistavia piirustuksia. Lopussa pohditaan myös opinnäytetyöprosessin vaikutusta minuun itseeni, sen vaikutusta suunnittelutaitoihini sekä kykyyni hahmottaa ja hallita projektikokonaisuuksia.

Opinnäytetyön suunnitteluosiossa keskitytään elementtien suunnitteluun ja siinä on jätetty pois varsinaiset puurakenteiden mitoitus, jotka tehtiin erillisenä kokonaisuutena kohteen rakennesuunnittelun yhteydessä.

2 Kohteen tiedot

Kreos Oy:n Vantaan Suovapolku 3:n aluehanke koostuu pinta-alaltaan 1855 m²:n suuruisesta tontista, joka lohkottiin kolmeen osaan. Kaksi tonteista jaettiin hallinnanjakosopimuksella puoliksi, jolloin niille saatiin suunniteltua paritalot. Pienin tontti jäi omakotitalolle, joten hankkeen asuntomääräksi muodostui 5. Kaikki käytettävissä oleva rakennusoikeus hyödynnettiin tehokkaalla suunnittelulla, jolloin rakennettavia kerrosneliöitä kohteeseen tuli yhteensä 439 m². Kohteen maapohja on kantavaa, joten perustukset ja alapohjalaatta voitiin toteuttaa maanvastaisina rakenteina. Kuvassa 1 on esitetty kohteen asemapiirros, josta selviää rakennusten asemointi tontilla.

Kuva 1. Suovapolku 3:n asemapiirros



3 Elementtien suunnittelu

3.1 Valmisosarakentamisen normit

Käytössä oleva tekninen säännöstö sisältyy pääosin standardeihin, joiden ohessa julkaistaan yhdistystasojen ohjeita. Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) sisältää velvoittavia määräyksiä ja ohjeita hyväksytyille ratkaisuille. Siihen kuuluu useita eri osia mm. rakenteiden lujuudelle, paloturvallisuudelle, äänen-, lämmön-, ja kosteudeneristykselle sekä käyttö- ja

huoltoturvallisuudelle. Eri osat annetaan ympäristöministeriön asetuksilla maankäyttö- ja rakennuslain nojalla. (Elementtisuunnittelu.fi, n.d.).

Suunnittelijan täytyy tutustua RakMK:n aineistoon ja sisäistää omaa työtään koskevat määräykset ja ohjeistukset ja suunniteltava rakenteet ja rakennusosat niiden puitteissa.

3.2 RunkoPES

Varsinkin aloittelevan suunnittelijan on hyvä tutustua Puuinfon internetsivuilla vapaasti saatavilla olevaan RunkoPES-aineistoon. RunkoPES on Finnish Wood Research Oy:n kehittämä avoin puuelementtistandardi, jolla suomalaisen asuntotuotannon puuelementtirakentamista saadaan vakioitua. Sitä voidaan käyttää kaikenkokoisissa rakennushankkeissa pientaloista kerrostaloihin voimassa olevien rakentamismääräysten mukaisesti. Se keskittyy ensisijaisesti suurelementteihin, mutta sen määritelmiä voidaan soveltaa myös muissa rakenteissa. (Puuinfo, 2020)

RunkoPESin avulla rakennuksia voidaan suunnitella yhtenäisiä ja yleisesti hyväksytyjä periaatteita noudattaen, vaikka hankkeen lopullista toteuttajaa ei olisikaan vielä tiedossa. Sen viitekehyksessä toimien eri valmistajien ja toimijoiden ratkaisut ja menetelmät on helppo sovittaa ja liittää toisiinsa niin työmaalla kuin suunnittelupöydällä.

RunkoPES vakioi rakennepaksuudet, liittymien ja liitosten geometrian ja moduuliviivastojen sijainnin. Vakioinnin ansiosta esimerkiksi liitostavat ovat yksinkertaisia, liittimet vakioituja, elementtisaumat tiiviitä, lujuusrakenteet suoraviivaisia ja rakenteet ilmatiiviitä sekä kosteusteknisesti turvallisia. (Finnish Wood Research Oy, 2013, s. 1)

RunkoPESin rakenneratkaisut ovat periaatteellisia, mutta niistä saa nopeasti käsityksen elementtisuunnittelun kokonaisuudesta ja detaljiikasta. Esimerkkikohteen tyyppiseen rakenteeseen se ei välttämättä sellaisenaan sovellu suoraan, mutta antaa ideoita ja oikeanlaista viitekehystä suunnittelutyöhön.

3.3 Suunnitelmien sisältö

Puurakenteiden rakennesuunnitelmissa esitetään yleensä vähintään seuraavat asiat:

- seuraamusluokka
- rakenteen käyttöluokka ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- rakenneosien R/e/I/M-palonkestävyysluokka ja palokäyttätymisluokka
- käytetyt ominaiskuormat ja kuormaluokka
- täydelliset tiedot rakenteiden mitoista ja sijainnista
- toteutusluokka
- toleranssiluokka
- aineiden ja tarvikkeiden tunnistetiedot
- liitoksissa ja saumakohdissa mahdollisesti tarvittavat kosteuslaajenemisvarat
- rakenteiden jäykistäminen asennusaikana ja lopputilanteessa
- säilyvyyden edellyttämiä pinta- ja suojakäsittelyjä sekä suojauksia koskevat tiedot.

(Ympäristöministeriö, 2016)

Tehdasvalmisteisten rakenneosien osalta on sisällön suhteen lisävaatimuksia. Niissä täytyy esittää seuraavat asiat:

- rakennustuotteen kelpoisuuden ja suunnittelun arviointia varten tarvittavat tiedot
- rakenneosista käytetty CE-merkintämenetelmä (M1, M2, M3a tai M3b)
- elementin paino ja painopisteen paikka
- vähimmäistukipinnat
- nostokohdat
- käsittely-, tuenta- ja nosto-ohjeet tarvittaessa

(Ympäristöministeriö, 2016)

3.4 Elementtien dimensiot

Kuljetusteknisistä syistä elementeillä on olemassa yleiset maksimidimensiot, jotka on otettava huomioon suunnittelussa. Erikoiskuljetuksen, eli normaaliliikenteen mittarajat ylittävän kuljetuksen suurin korkeus maasta mitattuna saa olla 4,4 metriä, enimmäisleveys 4,0 metriä ja maksimipituus 16 metriä. Nämä ovat vapaita mittarajoja, joiden puitteissa pysyttäessä ei tarvita erikoiskuljetuslupaa, kunhan noudatetaan erikoiskuljetuksen

merkitsemistä ja varoitustoimenpiteistä annettuja määräyksiä. (Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 1715/1992 § 29)

Yksi alan suurimmista puuelementtivalmistajista, LapWall (2020, s. 5) ilmoittaa suunnittelijan käsikirjassaan seuraavia maksimimittoja:

Lämmin ulkoseinäelementti

- Maksimikorkeus 3650 mm
- Maksimipituus 12500 mm

Muut elementit

- Maksimikorkeus 3800 mm
- Maksimipituus 12500 mm

(LapWall, 2020, s. 5)

Elementtien mitoituksessa on siis suositeltavaa tarkastaa kuljetuksen hoitavalta yritykseltä heidän käyttämänsä kuljetuskaluston mitat, verrata niitä kuljetusteknisiin maksimimittoihin ja suunnitella elementit näiden tietojen pohjalta.

3.5 Elementeissä käytettävät materiaalit

Kreos Oy:n tuottamissa elementeissä käytetään taulukossa 1 esitettyjä rakennusmateriaaleja:

Taulukko 1. Käytettävät rakennusmateriaalit

Käytettävät materiaalit		
Sahatavara	Lujuusluokka	Pituus
48x73	C24	6000 mm
48x98	C24	6000 mm
48x123	C24	6000 mm
48x148	C24	6000 mm
48x198	C24	6000 mm
Eristeet	Paksuus	
Kivivilla	100 mm	
Kivivilla	200 mm	
Levyt	Paksuus	Pituus
GTS9 tuulensuojalevy	9 mm	3000 mm
GN13 kipsilevy	13 mm	3000 mm
Puutavara	Ominaisuus	
48x48	mitallistettu	
25x100 ST	täyssärmä	
20x120 HS	hienosahattu	
20x145 HS	hienosahattu	
Höyrynsulkumuovi	Paksuus	
SFS 4225 1500/3000 mm	0,2 mm	
Kiinnikkeet		
Konenaula 90x31 ks kampa		
Puuruuvi 5x100		
Puuruuvi 6x100		
Huopanaula ks 32 mm		
Sinkilä 140/6		

Sahatavarana käytetään ainoastaan C24-lujuusluokan mitallistettua puutavaraa. Vakioeristeenä käytetään kivivillaa ja levyt ovat kaikki helposti työstettäviä ja asennettavia kipsilevyjä. Sekalainen puutavara on taulukon mukaista käyttötarkoitukseensa käsiteltyä puutavaraa. Höyrynsulkumuovina käytetään 0,2 mm

vahvuista SFS 4224-sertifioitua kalvoa ja elementteihin tarvittavat kiinnikkeet on vakioitu yllä olevassa taulukossa.

3.6 Suunnittelun laadunvalvonta

Suunnittelun laatu kuvaa sitä, kuinka hyvin tuote on suunniteltu täyttämään sille asetetut odotukset. Suunnitelmien on oltava tilaajan tarpeiden ja toivomusten mukaisia ja täytettävä sen lisäksi viranomaisten ja hyvän rakennustavan asettamat vaatimukset. Laadukkaiden suunnitelmien on oltava toteutuskelpoisia, ristiriidattomia ja riittävän tarkkoja työmaan tarpeisiin. Oleellista on, että suunnitellut rakenteet ovat turvallisia, ottavat huomioon loppukäyttäjän ja koko rakennuksen elinkaaren. (Rakennustieto Oy, 2017, s. 11)

Kohteen suunnittelun yhteydessä ylläpidetään jokaisen elementin kohdalla tarkastuskorttia. Kortissa listataan kaikki suunnittelun vaiheet ja sen avulla on helppo tarkastaa, että kuva sisältää tarvittavan tiedon. Suunnitelman valmistuttua lista tarkastetaan, kuitataan ja arkistoidaan. Kortin avulla on myöhemmin helppoa paikallistaa ongelmia aiheuttanut tekijä tai suunnitteluvirhe. Tarkastuskorttien lisäksi kuvat käytetään tarkastettavana toisella suunnittelijalla, koska hyväkään suunnittelija ei aina havaitse omia virheitään. Ulkopuolisen tekemä tarkastelu eliminoi tehokkaasti kuviin jääneet mahdolliset puutteet ja virheet. Suunnittelija vertaa myös valmistuneita elementtisuunnitelmia kohteen rakennesuunnitelmiin käyttämällään suunnitteluohjelmalla. Elementeistä tarkastetaan mitat, aukkojen sijainnit, palkit ja muut mahdolliset tekijät siirtämällä elementtikuvat rakennekuvien päälle.

3.7 Tuotannon laadunvalvonta

Tuotannon laatua rakentamisessa saadaan, kun työ tehdään aikataulussa, se pysyy kustannustavoitteessa ja se tehdään turvallisesti sekä laatutavoitteiden mukaisesti hyvää rakennustapaa noudattaen. Työssä pitää käyttää oikeita työmenetelmiä, olosuhteet vastaavat työn ja materiaalien vaatimuksia ja työ voidaan tehdä ilman häiriöitä.

Rakennuskohteen turvallisuus pitää sisällään sekä työntekijöiden, rakennuksen käyttäjien ja rakennustyön vaikutuspiirissä olevien turvallisuuden, että kohteen ympäristön turvallisuuden. Sen lisäksi, että lopputulos vastaa asiakkaan vaatimuksia, asiakaskeskeistä

laatua on myös se, että yhteistyö hankkeen osapuolten välillä toimii ja tilaaja on pidettävä koko ajan tietoisena hankkeen kulusta. (Rakennustieto Oy, 2017, s. 11)

Laadunseurannassa ja dokumentoinnissa käytetään hanketta varten suunniteltuja elementtien tarkastuskortteja. Kaikilla kappaleilla on oma tarkastuskorttinsa, jonka täyttämisen elementin valmistaja aloittaa samalla, kun ottaa uuden elementin työn alle. Korttiin merkitään ensimmäiseksi elementtitunnus ja siinä on oma kohtansa elementtityön jokaiselle työvaiheelle. Vastuuhenkilö merkitsee kuhunkin kohtaan päivämäärän, kellonajan ja työstä vastuussa olleen asentajan nimen. Elementin valmistuttua työjohtaja tarkastaa, että elementti vastaa suunnitelmia ja tarkastuskortti on täytetty oikein. Kun elementti on hyväksytty, työjohtaja skannaa täytetyn lomakkeen yrityksen sähköiseen arkistoon, sekä arkistoi fyysisen lomakkeen kansioon. Tällä tavalla on helppoa myöhemmin kysyttäessä osoittaa dokumenttien avulla, että elementin rakenteet on toteutettu määräysten ja sallittujen toleranssien mukaan. Dokumentoinnin avulla on myös ongelmien ilmetessä helppoa paikantaa virheen aiheuttanut tekijä ja tarvittaessa parantaa yrityksen prosesseja ongelmia aiheuttaneen asian osalta.

3.8 Rakenteiden kelpoisuus

Suomessa on käytössä laki rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012. Laissa säädetään menettelyistä sen toteamiseksi, täyttääkö käytetty tuote maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) tai sen nojalla säädetyt tekniset vaatimukset.

Tuotteen kelpoisuuden toteamiseksi on olemassa kolme erilaista menettelyä

- tyyppihyväksyntä
- varmennustodistus
- valmistuksen laadunvalvonta

Omaan käyttöön elementtejä valmistaessa edellä kuvatun kaltainen valmistuksen laadunvalvontadokumentointi eli rakennuspaikkakohtainen varmentaminen on yleensä riittävä käytettyjen materiaalien CE-merkintöjen ohella osoittamaan materiaalien kelpoisuuden rakentamiseen. Isommat elementtitehtaat hankkivat yleensä omille

tuotteilleen varmennustodistukset, joilla he pystyvät osoittamaan tuotteidensa kelpoisuuden. (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012)

Puuelementtejä koskeva CE-merkintä on tulossa käyttöön lähivuosina, mutta siihen velvoittavaa standardia ei ole vielä hyväksytty, joten varmennustodistus on rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen ohella ainoa käytössä oleva tapa osoittaa elementtien kelpoisuus. Varmennustodistus sitoo rakennusvalvontaviranomaisia koko maassa ja sen avulla isompien toimijoiden ei tarvitse käyttää resursseja rakennuspaikkakohtaiseen varmennukseen. Se hankitaan käytännössä niin, että varmennustodistuksen arviointi tehdään varmennustodistuksen käyttämiseen liittyvänä alkutarkastuksena ja sen perusteella laadunvalvonnan varmentaja arvoi (ja hyväksyttää rakennusvalvonnalla) itse kohteen elementteihin liittyvään tarkastukseen tarvittavan laajuuden. Prosessin lopputuloksena elementtivalmistaja saa varmennustodistuksen, jolla se pystyy osoittamaan kaikille maan rakennusvalvonnoille omien elementtiensä rakenteiden kelpoisuuden. (Oulun rakennusvalvonta, 2021)

3.9 Valmistuksen mittatarkkuudet

Elementtirakentamisessa käytetään RT 14-11016 RunkoRYL 2010, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset – dokumentaatiota. Se on Rakennustieto Oy:n julkaisema teos, jonka viimeisin laitos on julkaistu vuonna 2010. Teoksen osassa 72 – Puuelementtirakentaminen, käydään lävitse puurakenteisten elementtien, sekä niistä tehtävien rakennusosien laatuvaatimukset. Elementtien eri mitoituksilla on toleranssirajat, jotka eivät saa ylittyä.

Elementtien valmistuksen sallitut mittapoikkeamat on ilmaistu RunkoRYL 2010:n taulukossa 721:T1 (taulukko 2). Poikkeamat tarkastellaan aina elementin huonoimmasta kohdasta. Taulukon sallitut mittapoikkeamat koskevat elementtejä, joiden puuosien kosteus on 15 % puun kuivapainosta. Taulukossa on kuvattu kaksi eri luokkaa, 1 ja 2. Luokka 1 on näistä yleisimmin käytetty ja sitä käytetään asuin-, liike-, toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosissa. Luokka 2 on käytössä rakennuksissa, joissa ei vaadita erityistä mittatarkkuutta, kuten varastoissa. Esimerkkikohteen ollessa asuntotuotantoa, käytetään luonnollisesti Luokka 1:n mukaisia poikkeamia. (RT 14-11016, 2010, s. 239)

Taulukko 2. Seinäelementtien valmistustarkkuudet. (RT-14-11016, 2010, s. 239).

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus < 2,1 m	± 3 mm	± 5 mm
– pituus 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Korkeus		
– korkeus < 3,0 m	± 3 mm	± 5 mm
– korkeus 3,0...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla	± 3 mm	± 5 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä	± 4 mm	± 6 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin suurin mitta ≤ 2,1 m	± 4 mm	± 7 mm
– elementin suurin mitta 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin suurin mitta > 6,0 m	± 15 mm	± 28 mm
Suoruus ¹⁾		
– pituus	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus	± 1,5 ‰	± 1,5 ‰
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	± 3 mm	± 5 mm

¹⁾ Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

3.10 Suunnittelun aloitus

Elementtisuunnittelu aloitetaan tarkastamalla kohteen lähtötiedot. Suunnittelu kannattaa tehdä aina varsinaisen rakennesuunnittelun yhteydessä, mikäli se on mahdollista. Näin suunnittelija pystyy alusta asti tiedostamaan elementtirakenteen ja sovittamaan rakenneosat sen mukaisiksi ja liittämään esimerkiksi elementtien liitosdetaljit osaksi kohteen rakenneleikkauksia. Usein kohteeseen tehdään rakennesuunnitelmat kuitenkin erikseen, ja elementtisuunnittelija lähtee tekemään omaa suunnitteluaan näiden pohjalta.

Suunnittelijan tarvitsemia lähtötietoja ovat:

- kohteen pääpiirustukset (asemapiirros, pohjapiirustukset, julkisivut ja leikkaus)
- perustusten tasokuvat ja leikkaukset
- rakennuksen tasokuvat
- korkoleikkaukset
- rakenneleikkaukset
- rakennuksen jäykistyslaskelma
- ikkunaluettelo

- mahdollinen sähkösuunnitelma

Lähtökohtaisesti suunnittelija tarvitsee kaiken materiaalin PDF- ja DWG-muodossa. Lisäksi suunnittelija voi tarvita tiedon päätykolmioiden tuuletusrilöiden paikoista, kulkusiltojen tukikorkeudesta ja huoltoluukkujen paikoista. (LapWall, 2020, s. 8)

3.11 Elementtien painon mitoitus

Elementtien suunnittelun yhteydessä mitoitetaan kunkin elementin paino. Elementeissä käytetään kapasiteetiltaan 500 kg:n nostoliinoja, joiden määrä suhteutetaan kappaleen painoon. Laskelmien perusteella alle 6-metriset elementit voidaan nostaa kahdesta nostopisteestä ja yli 6-metriset neljästä nostopisteestä. Painon määrittämisen jälkeen suunnittelija määrittää elementin painopisteen ja nostoliinojen paikat.

Suunnittelun helpottamiseksi suunnittelijan käyttöön luotiin työkalu (taulukko 3), jolla suunnittelija voi määrittää maksimissaan 3 metrin korkeisen seinäelementin maksimipainon. Taulukon pohjatietoja saatiin RT 07-11195 kortista ja rakennusmateriaalien valmistajien omilta internetsivuilta.

Taulukko 3. 3 metriä korkean puuelementin metripaino

Puuelementin metripaino	
Tuote	Paino/kg/m ²
Eriste, Paroc eXtra 200 mm	6
Puurunko 48x198	15
Tuulensuojakipsi	7,2
25x100 koolaus	6,6
48x48 koolaus	5
Paino yhteensä	39,8
Elementin kokonaiskorkeus, metriä	3
Elementin paino/m	119,4

3.12 Elementtien nimeäminen

Elementtikuvat tallennetaan kohteen rakennekuvien Elementtikuvat -alikansioon.

Elementtien nimeämisessä käytetään kirjain- ja numerotunnuksia. Kaikki seinäelementit nimetään etuliitteellä U, jonka perään tulee kyseisen elementin numerotunnus, esimerkkinä U-12. Räystääselementtien etuliitteenä on kirjain G, jonka perään taas kirjataan numerotunnus, esimerkkinä G-5. Tulostettavat suunnitelmatiedostot nimetään elementtitunnuksen mukaan, kuten U12.pdf. Jos kuva sisältää kaksi elementtiä, tiedosto nimetään esimerkiksi U17_U18.pdf.

3.13 Aukkojen mitoitus

Suunnittelija käyttää ulkoseinien suunnittelun lähtömateriaalina arkkitehdin piirtämiä kohteen pääpiirustuksia. Seinien ulkolinjat asemoidaan sokkeliin nähden rakennesuunnitelmien mukaisesti. Aukkojen osalta ikkunoiden ala- ja yläreunojen korot tarkastetaan pääpiirustuksista ja mitoitetaan elementteihin niiden mukaan. Aukkojen moduulikoot löytyvät myös pääpiirustuksista ja suunnittelija mitoittaa runkoaukot niin, että karmien ympärille jää 15 mm asennusväli. Esimerkiksi 13 x 15 mitalla merkityn ikkunan aukon koko on 1320 x 1520 mm. Arkkitehdin suunnittelema ikkunoiden keskikohta pidetään ennallaan ja reunamittoja levennetään tarvittaessa.

3.14 Käytettävät suunnittelutyökalut

Elementtien suunnittelussa käytettiin Autodeskin AutoCAD- ja Kymdatan CADs-sovelluksia. Molemmat ovat vektorigrafiikkaohjelmia, joilla työskentely perustuu graafisiin objekteihin ja muotoihin. Elementtisuunnitteluun on olemassa valmiita työkaluja, mutta totesin vapaasti käytettävissä olevien vaihtoehtojen olevan varsin suppeat ja lopputulosten vaativan joka tapauksessa manuaalista jälkikäsittelyä. Päädyinkin piirtämään kaikki kuvat käsin ja samalla sain kartutettua omaa suunnittelukokemustani peruspiirtämisen osalta.

Tietokoneena opinnäytetyön tekemisessä toimi Lenovon P50 mobiilityöasema Windows 10 Pro- käyttöjärjestelmällä.

3.15 Esimerkkikohteen suunnittelun lähtökohdat

Suovapolku 3:n rakennushankkeen toteutusmuotoa suunniteltaessa mietittiin useampia vaihtoehtoja. Esillä olivat pitkästä tavarasta rakentaminen, pre-cut-rakentaminen ja elementtirakentaminen. Tiukan aikataulun ja talvirakentamisen ollessa kyseessä, päätettiin unohtaa kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa ja keskittyä kohteen toteuttamiseen suurelementeillä. Suurelementteihin päädyttiin, koska niillä saadaan muodostettua rakennuksen eri osat nopeasti ja tehokkaasti mahdollisimman pienellä saumamäärällä. Rakennuksen ulkovaipan rakenteiden jokainen sauma muodostaa riskin kylmäsilan muodostumiselle.

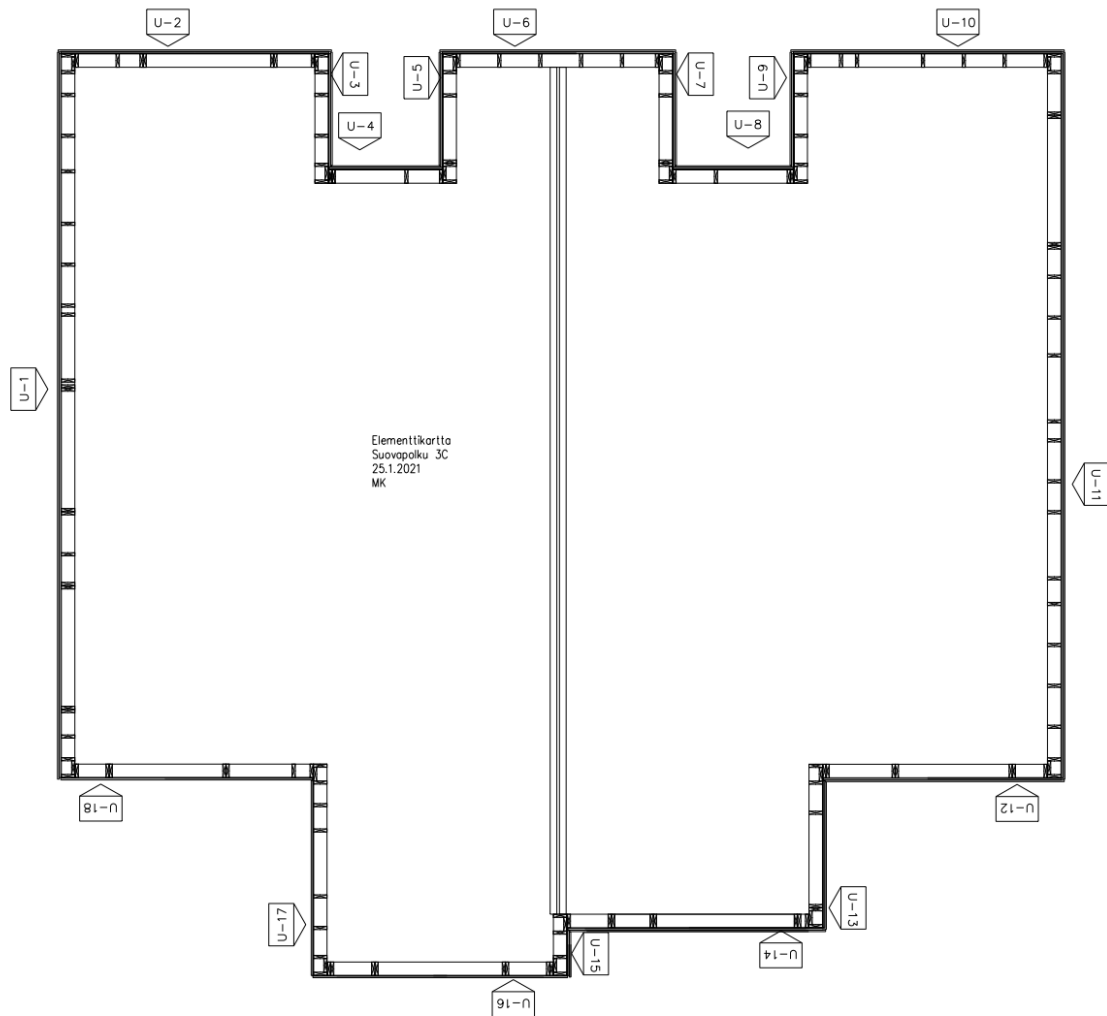
Kohteeseen pyydettiin tarjouksia neljältä kotimaiselta elementtivalmistajalta, sekä yhdeltä virolaiselta toimijalta. Saapuneista tarjouksista tehtiin Excel-muotoinen tarjousvertailu, jonka avulla kilpailevista tarjouksista saatiin keskenään vertailukelpoisia. Tarjouksia tarkastellessa huomattiin, että kotimaisten toimijoiden tarjoukset olivat sekä sisällöltään, että hinnaltaan hyvin lähellä toisiaan. Suurin yllätys oli, että virolaisen toimijan antama tarjous oli selkeästi kallein. Osin tämä selittyy sillä, että heidän mukaansa iso osa heidän jälleenmyymästään puutavarasta tulee nimenomaan Suomesta ja tässä ketjussa tulee mukaan huomattavasti ylimääräisiä rahtikuluja. Tarkempi kustannustarkastelu ja vertailu tehdään tämän opinnäytetyön luvussa 3.18. Tarjousvertailun jälkeen tiedusteltiin kaikkien toimijoiden tehtaiden resurssitilannetta. Hyvin nopeasti kävi selväksi, että tilauskannat olivat yllättävän isoja, jolloin työmaan yleisaikataulua tarkastellessa kävi ilmi, että luvatuilla toimitusajoilla työmaalle olisi tullut useamman viikon seisahdus. Seuraavaksi mietittiin mahdollista elementtien valmistusta työmaalla. Kohteen tontti oli ahdas, senhetkinen lumimäärä runsas, valmistettavien elementtien määrä suuri ja osa elementeistä yli 10 metrin pituisia, joten sekään ei tuntunut järkevältä toteutustavalta. Työmaan ympäristöä kartoittaessa havaittiin lähistöllä oleva, tyhjältä vaikuttava teollisuushalli. Hallin omistajan kanssa sovittiin tapaaminen, jossa hän osoittautui suostuvaiseksi hallin vuokraukseen. Käytettävissä oleva tila havaittiin riittäväksi ja tarkoitukseen soveltuvaksi, joten se päätettiin vuokrata ja työmaan osalta edetä omavalmisteisten elementtien toteutuksella.

3.16 Rakennusosat

Kohteen elementointi koostui viidestä rakennusosasta. Päämassan muodostivat ulkoseinäelementit, joita kohteessa oli yhteensä 40 kappaletta. Pisimmät elementit olivat paritalojen päätyseinä, ja pituutta niillä oli 10618 millimetriä. Erilaisia terassiseinäkkeitä kohteessa oli 8 kappaletta, räystääselementtejä 12 kappaletta, päätykolmioelementtejä 6 kappaletta ja palokatkoelementtejä 2 kappaletta. Yhteensä elementtejä valmistettiin 68 kappaletta. Huoneistojen välisiä seinä ei tässä kohteessa toteutettu elementteinä, koska ne asennettiin reunavahvistetun laatan päälle, jota ei vielä elementtien pystytysvaiheessa ollut valettu. Elementtien massoittelussa lähdettiin liikkeelle siitä, että kaikki mahdolliset ulkoseinät haluttiin toteuttaa yhdestä elementistä. Paritalojen pisimmät päätyseinät oli vielä mahdollista toteuttaa yhdestä elementistä, mutta omakotitalon pitkät seinät jouduttiin jakamaan kahdeksi elementiksi. Kaikki muut rakennusosat oli mahdollista valmistaa täytenä suurelementtinä yhdestä kappaleesta.

Elementtikuvien lisäksi kaikista rakennuksista tehtiin elementtikartta (kuva 2), johon merkittiin elementtien sijainnit tunnuksineen. Kartan perusteella asentajien on helppo lajitella elementit asennusjärjestykseen ja varmistaa että kaikki kappaleet menevät oikeaan paikkaan. Elementtien tunnukset merkittiin myös rakennusten yläpohjatasokuvaan (liite 7).

Kuva 2. Suovapolku 3 C seinäelementtikartta



Piirsin kaikista elementeistä sivukuvannon, kuvannon päältä ja poikkileikkauksen. Kuviin merkittiin elementit päämitat, tolppajako, aukkomitoitukset, aukkotunnukset, eristeiden mitat, kappaletunnukset, ristimitat, vaakakoolaukset ja viitemerkinnät. Kaikille elementeille tehtiin myös katkaisuluettelo (kuva 3), jonka perusteella tekijän on helppo tehdä kaikki elementin kokoamiseen tarvittavat osat etukäteen. Lomakkeen perustiedoissa ja asettelussa hyödynsin CADSin luomaa lomakepohjaa. Muutaman kuvan valmistuttua seuraavien tekeminen oli nopeaa ja jouhevaa. Edellistä kuvaa pystyi hyödyntämään pitkälle, mutta suunnittelussa täytyy tällöin olla erittäin tarkkana, jotta esimerkiksi katkaisuluetteloon ei jää mitään edellisen elementin mittatietoja tai kappalemääriä. Tarkastuskortin käyttämisestä oli tässä yhteydessä suurta hyötyä.

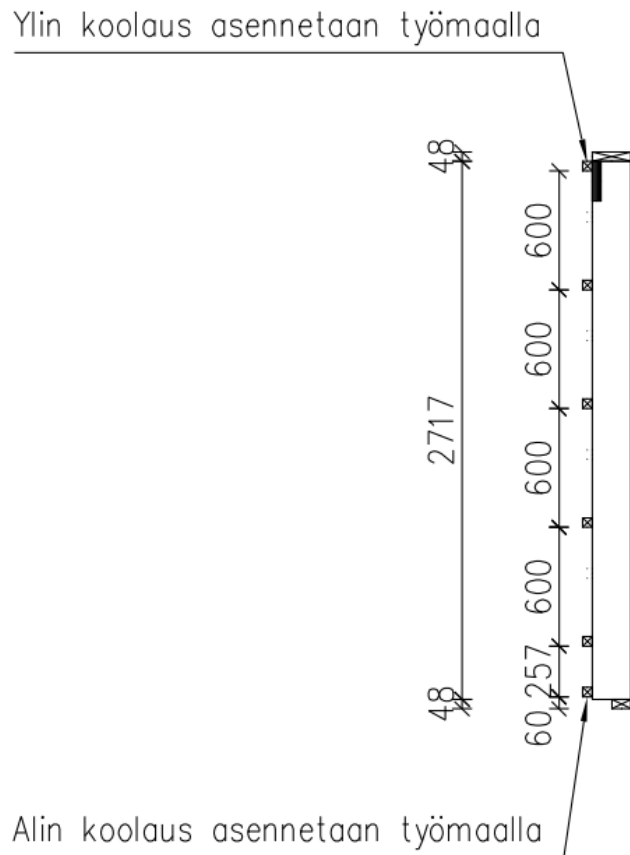
Kuva 3. Elementin katkaisuluettelo

KATKAISULUETTELO	U-11				
Tunnus	Koko	Pituus	Mat.	Lovia	Kpl
A1	48X198	3270	C24		1
A2	48X198	3600	C24		1
A3	48X198	3748	C24		1
A4	48X198	1820	C24		2
A5	48X198	920	C24		1
A6	48X198	920	C24		1
B1	48X98	5393	C24		1
B2	48X98	5225	C24		1
R1	48X198	2717	C24		22
R2	48X198	549	C24		3
R3	48X198	1552	C24		3
R4	48X198	349	C24		4
C1	51x200	10618	KP		1

3.16.1 Seinäelementit

Aloitin elementtien suunnittelun seinäelementeistä. Olin tehnyt aiemmin kohteen puurakennesuunnittelun, joten minulla oli käytettävissä tarkat tiedot kohteen runkotolpista, aukkopalkeista ja kehäpalkeista. Seinäelementtien korkeus määriteltiin rakennuksen korkoleikkauksuvien avulla. Paritalojen B ja C huonekorkeudeksi oli määritelty 2700 mm, joten runkotolpan pituudeksi määräytyi 2717 mm. Ylä- ja alajuoksun kanssa elementin kokonaiskorkeudeksi muodostui 2813 mm. Omakotitalo A:n huonekorkeudeksi oli määritelty 2800 mm, joten sen runkotolpat olivat 10 mm pidemmät ja seinäelementtien kokonaiskorkeudeksi muodostui 2913 mm. Paritalon seinäelementin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 4.

Kuva 4. Paritalon seinäelementin poikkileikkaus



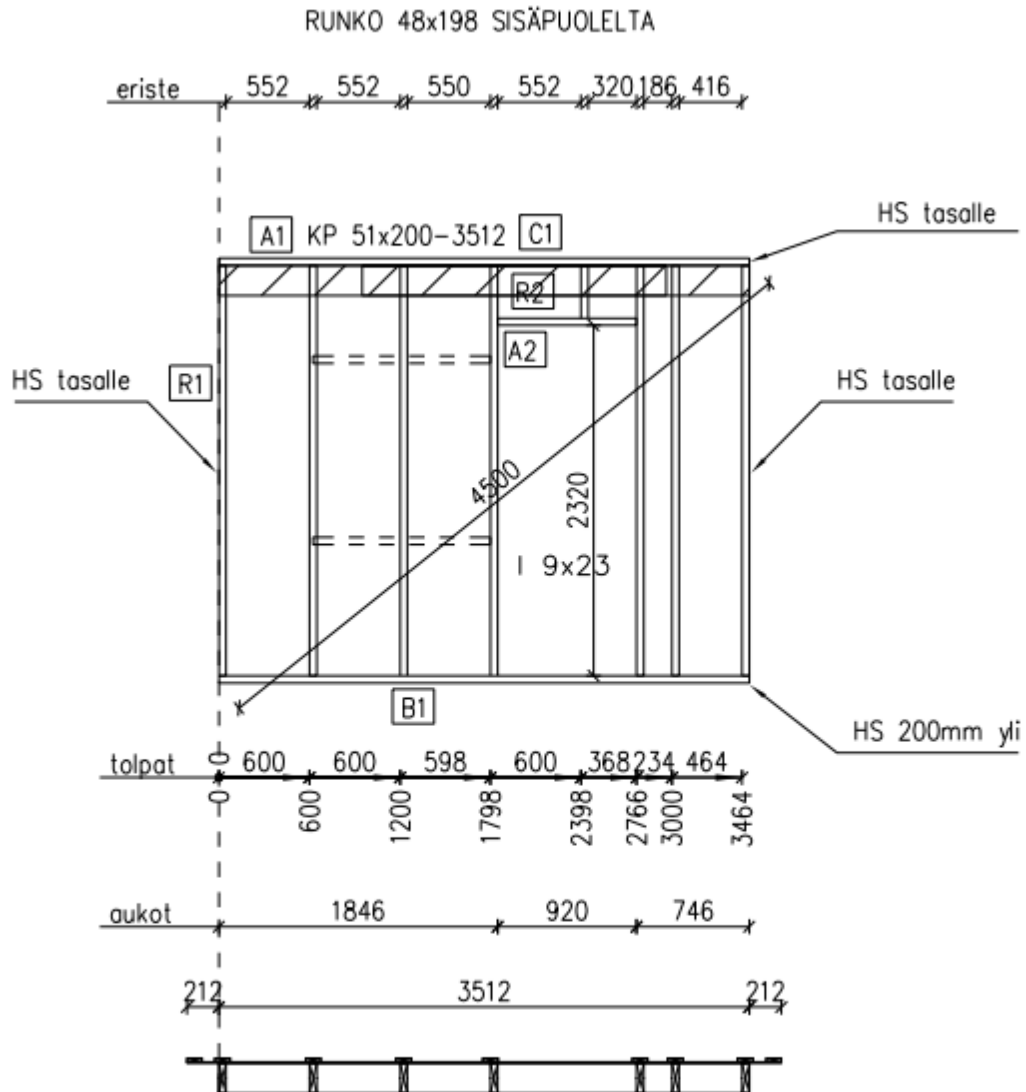
Elementtien alajuoksu koostuu C24-lujuusluokan 49x98 mm mitallistetusta lankusta, joka asennetaan elementtien ulkopintaan. Rakennusten sokkeliin kiinnitetään myös vastaava 48 x 98 lankku 100 mm sokkelin ulkopinnasta sisäänpäin, jolloin elementit on helppo asentaa paikalleen ja kiinnitys tapahtuu ruuvaamalla alajuoksut toisiinsa 6 x 160 puuruuveilla 600 mm jaolla. Ulkoseinäelementti sijoittuu perustusten päälle niin, että puurungon ulkoreuna on sokkelin ulkopinnan kanssa tasan. Sokkelin yläpinta on 170 mm leveä, joten tällä tavalla maksimoidaan sokkelin päälle jäävän alajuoksupinnan ala. Sisempi, sokkeliin kiinnitettävä 48 x 98 mm alajuoksu jää 72 mm sokkelin betoniosan päälle, joten sitä kiinnittävät kiila-ankkurit tai betoniruuvit saa vielä helposti kiinnitettyä perustuksiin riittävän kauas reunasta. Mitä lähemmäs sokkelin reunaa alajuoksu joudutaan kiinnittämään, sitä helpommin voi tulla lohkeamisia ja muita ongelmia kiinnityksen kanssa.

Rankarungon pystytolppina toimivat 48 x 198 lankut, jotka asennetaan lähtökohtaisesti 600 mm jaolla. Jako täsmää tällöin sekä eristeiden, että tuulensuojalevyjen mitoitukselle.

Tuulensuojalevy toimii sekä rakennuksen tuulensuojana, että hoitaa osaltaan rakennuksen levyjäykistystä. Runkotolppien sijoitteluvaiheessa suunnittelijan on tarkastettava jäykistyslaskelmista seinäosalla tarvittavien täysien kipsilevyjen määrä ja tarvittaessa siirrettävä tolppia niin, että levy määrä täyttyy.

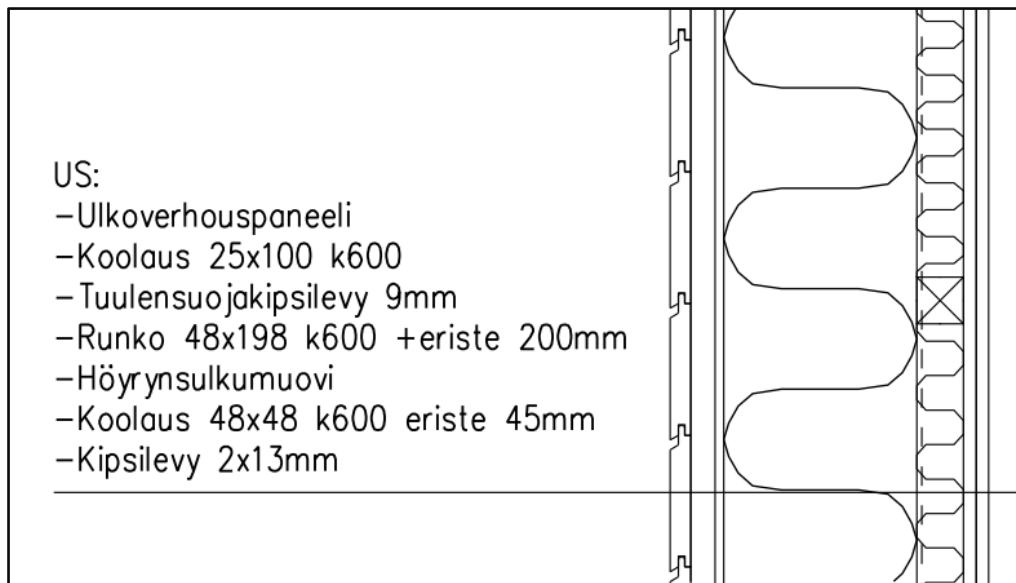
Kertopuiset 51 x 200 mm kehäpalkit upotetaan seinätolppien yläosaan loveuksella, jolloin ne jäykistävät myös koko elementin yläosat. Kehäpalkin tarkoitus on ottaa vastaan rakennuksen vesikatolta tulevat kuormat ja jakaa ne eteenpäin runkotolppia myöten perustuksille. Rakennusten päätyseinille ei tule vesikaton kuormia, mutta niiden yläosat sidottiin myös vastaavalla kertopuupalkilla, jolloin elementtien käsittely helpottuu. Suurimmissa aukoissa on lisäksi toinen 51 x 200 mm kertopuupalkki, jotta murtorajatilan rakennemitoitukset saadaan täyttymään. Esimerkkikohteessa käytetty kehäpalkki on mitoitettu kestämään kaikkien vakiorakenteisten asuntojen vesikatoilta tulevan kuorman maksimissaan 12 metrin jännevälillä omaavilla kattoristikoidilla. Näin palkki saadaan yrityksen vakioituksi rakenneratkaisuksi, jolloin elementtisuunnittelussa voidaan lähtökohtaisesti aina käyttää kyseistä palkkia. Koko on lisäksi tavarantoimittajien yleinen varastokoko, jolloin saatavuuden pitäisi olla aina hyvä. Rungon eri osat on esitetty kuvassa 5.

Kuva 5. Ulkoseinäelementin sivukuvanto mittoineen



Seinien yläjuoksuna toimii 48 x 198 lankku, joka asennetaan tolppien päähän lappeelleen. 198 mm puurunko villoitetaan 200 mm mineraalivillalla, joka toimii rakennuksen pääasiallisena lämmöneristeenä. Tämän lisäksi höyrinsulkumuovin sisäpuolelle koolaustilaan asennetaan vielä 50 mm mineraalivilla. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 määrittää, että ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen eli u -arvon on oltava vähintään $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Edellä kuvattu seinärakenne (kuva 5) täyttää tämän määräyksen.

Kuva 6. Ulkoseinän rakennetyyppi



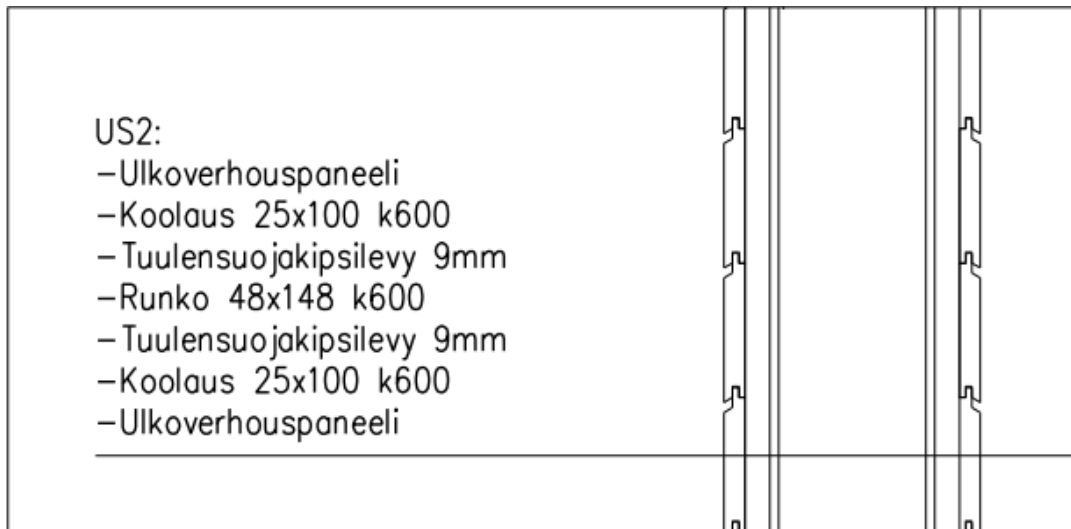
Rungon ulkopinnassa on GTS9 tuulensuojalevy, joka kiinnitetään 32 mm pituisilla huopanauloilla rakennesuunnittelijan ohjeistamalla liitinjaoilla. Levyn ulkopinnassa on 25x100 laudasta tehty pystykoolaus runkotolppien kohdalla, joka toimii tuuletusvälinä ja ulkoverhouspaneelin kiinnityspuuna. Koolaus jätetään elementin yläosasta n. 250 mm vajaaksi, jotta ristikoiden kannassa olevat jatkokoolaukset saadaan limittymään ja kiinnittymään ulkoseinäelementin ulkopintaan. Ulkopinnalta elementit jätetään koolauspinnalle, koska rakennukset ovat yksikerroksisia ja iso osa seinistä on pieniä elementtejä. Julkisivuverhous saadaan tällöin tehtyä riittävän helposti elementtien pystytyksen jälkeen. Kaksikerroksisissa taloissa julkisivuverhous kannattaisi ehdottomasti kiinnittää valmiiksi elementteihin, jolloin saadaan aikatauluhyötyjä ja työturvallisuus paranee.

Rungon sisäpintaan asennetaan höyrynsulkumuovi, joka ehkäisee ilmavuotoja ja estää vesihöyryä pääsemästä rakennuksen lämmöneristeisiin. Ennen höyrynsulkumuovin asentamista, asentaja merkitsee värilangalla vaakakoolausten linjat. Muovi niitataan niin, että niitit jäävät aina asennettavan koolauksen alle puristuksiin. Höyrynsulkumuovi vedetään ehjänä kaikkien ikkunoiden ja aukkojen ylitse, jolloin se toimii aukkojen suojamuovina ikkunoiden ja ovien asennukseen asti. Höyrynsulkumuovin päälle laitetaan elementtikuvien mukaisesti paikkoihin 48x48 vaakakoolaus. Osa koolauksista jätetään suunnitelmista tässä vaiheessa tietoisesti pois, jotta höyrynsulun limitykset ja puuttuvat suikaleet päästään asentamaan vapaasti elementtien pystyttämisen jälkeen. Asentajan on myös päästävä ruuvaamaan elementti reunimmaisen runkotolpan sisäpuolelta kiinni viereiseen elementtiin. Suurimpien aukkojen alareunaan ruuvataan 48x98 vahvikelankut, jotta 48x98 alajuoksu ei pääse missään tapauksessa peittämään nostojen yhteydessä. Sähköjohdot ja rasioinnit tehdään vasta elementtien pystytyksen jälkeen, joten sisäpuolen 50 mm vaakavilloitus ja sisäverhouslevyt jätetään tässä kohteessa elementeistä pois.

3.16.2 Terassiseinäkkeet

Rakennusten takaterassien seinäkkeet tehdään elementteinä. Seinäkkeiden rakennetyyppi on esitetty kuvassa 7. Ne koostuvat 48x148 mm C24-lujuusluokan mitallistetusta lankusta. Seinäkkeen rungossa on alajuoksu, pystytolpat ja yläjuoksu. Lisäksi tolppien yläosaan asennetaan lovetuna talon kehäpalkin kanssa yhteneväinen 51x20 kertopuu, joka ottaa vastaan vesikatolta aukkopalkin kautta seinäkkeelle välittyviä kuormia. Seinäkkeiden toiselle puolelle asennetaan valmiiksi GTS 9 tuulensuojalevy, sekä 25x100 pystykoolaus. Toinen puoli jätetään avoimeksi, jotta seinäke pystytään kiinnittämään alajuoksun läpi betonisokkeliin. Tässä voidaan vaihtoehtoisesti käyttää 48 mm ja 98 mm alajuoksuja, jotka ruuvataan yhteen elementin pystytyksen yhteydessä.

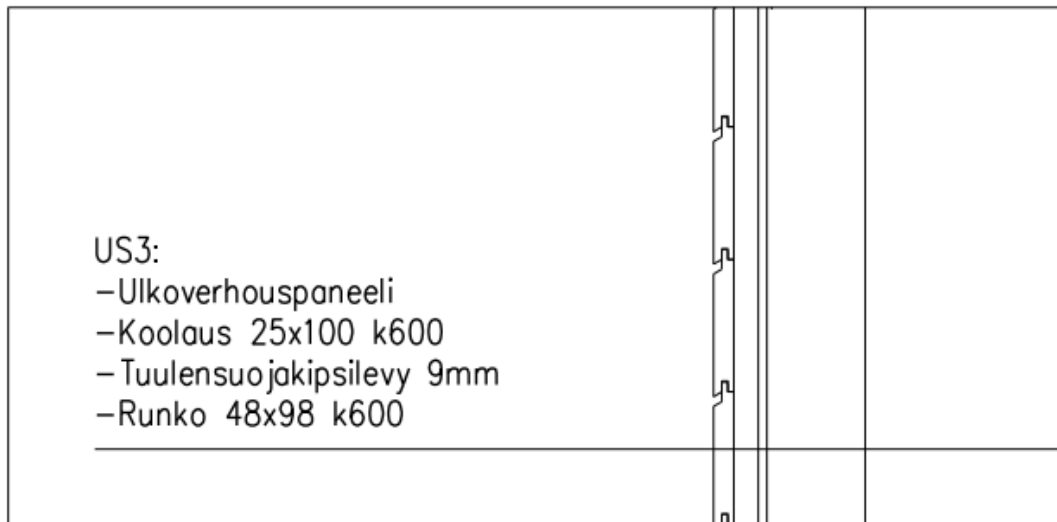
Kuva 7. Terrassiseinäkkeen rakennetyyppi



3.16.3 Päätykolmiot

Rakennusten päätyseinien päälle tulevien päätykolmioiden runko tehdään 48x98 lankusta. Rungon ulkopintaan asennetaan GTS 9 tuulensuojalevy, jonka päälle 25x100 pystykoolaus. Suunnittelussa huomioidaan päätykolmioiden mahdolliset palkkilävistyksset, sekä tolppien yläosan ja yläjuoksujen leikkauskulmat. Päätykolmioiden yläjuoksu mitoitetaan kattoristikoiden yläpaarteen alapinnan kanssa tasan, jotta räystääelementti voidaan tukea päätykolmion päälle. Päätykolmioiden runkoon tehdään valmiiksi huoltoluukkuaukot ja rungon sisäpintaan kiinnitetään terrassien aukoille vaadittavat palkit. Huoltoluukkujen aukkoja mitoittaessa on tärkeää huolehtia, että aukon alareuna on noin 150 mm yläpohjan eristeen yläpinnan yläpuolella. Tässä pitää huomioida myös mahdollinen sisäkaton korotus, jotta aukon alareuna ei missään tapauksessa tule eristeen tasoon tai sen yläpinnan alapuolelle. Päätykolmioelementit asennetaan ulkoseinäelementtien ulkopinnan kanssa tasan ja sivuseinillä ne ulottuvat rungon ulkoreunaan asti. Päätykolmioiden rakennetyyppi on esitetty kuvassa 8.

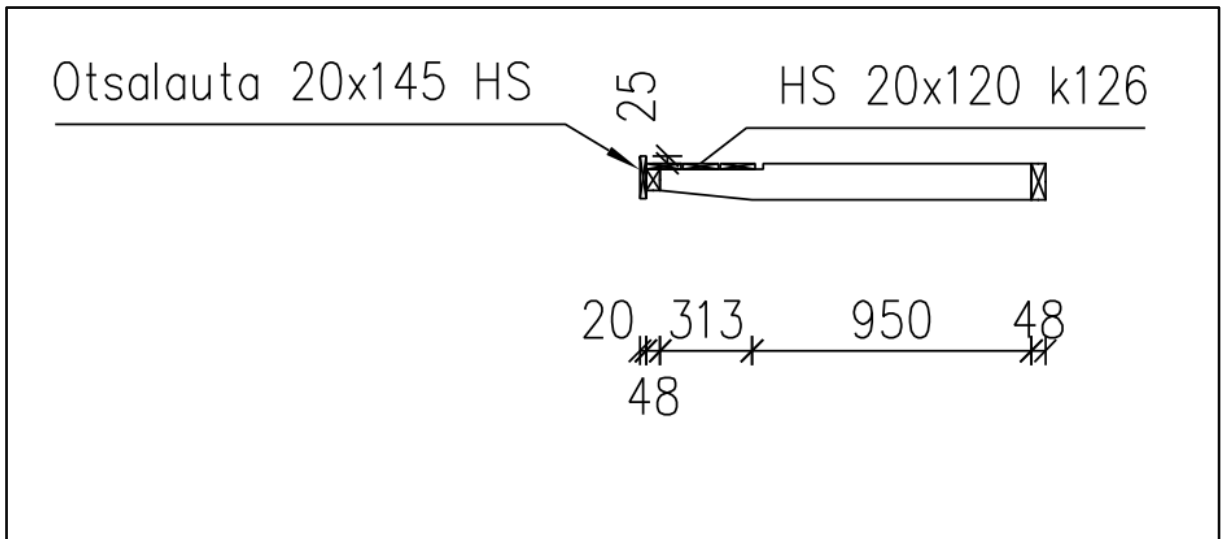
Kuva 8. Päätykolmion rakennetyyppi



3.16.4 Rästäselementit

Jokaiselle lappeelle tehdään oma rästäselementti, joka ulottuu rästään ulkoreunasta ensimmäisen ristikon kylkeen, tukeutuen päätykolmion rungon päälle. Rästää tehdään 48x123 lankusta, jotta mitoitus käy yhteen ristikoiden yläpaarten mitoituksen kanssa. Elementin sisäreunassa on 48x123 lankku, jonka kyljestä päistään viistetyt 48x123 päätyvasat lähtevät. Rakennuksessa on avorästää, joten varsinainen aluslaudoitus on valmiiksi asennettuna vasojen yläreunaan tehdyssä loveuksessa. Rästäselementteihin asennetaan myös otsalaudat, joiden yläjiiri on leikattu valmiiksi kulmaan. Elementin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 9.

Kuva 9. Päätystäselementin poikkileikkaus



3.16.5 Palokatkoelementit

Palokatkoelementit valmistetaan ulkomitoiltaan kohteen kattoristikoiden mukaisiksi, lukuun ottamatta räystääslityksiä. Suunnittelija tarkastaa kohteen arkkitehti- ja rakennesuunnitelmista rakenneosan paloluokituksen ja suunnittelee rakenteen sen mukaan. P3-paloluokituksen rakennuksissa, kuten tavallisissa omakotitaloissa ja paritaloissa osastoivien rakennusosien luokkavaatimus on EI30, eli 30 minuutin kestävyys paloa vastaan (taulukko 4).

Taulukko 4. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 927/2020).

	Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku sekä palokuormaryhmä MJ/m ²					
	P1			P2 yli 2 kerrosta	P2 1–2 kerrosta	P3
	yli 1 200	600–1 200	alle 600	-	-	-
Kerrokset, yleensä	EI 120 ¹⁾ (EI 60 *) ¹⁾	EI 90 ¹⁾ (EI 60 *) ¹⁾	EI 60 ¹⁾	EI 60 ²⁾	EI 30	EI 30
- yli 56 metriä korkea rakennus	EI 90, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	ei mahd.	EI 30	ei mahd.
- yläpohja, jos yläpohjalla on osastoivuusvaatimus	EI 60	EI 60	EI 60	EI 60 ²⁾	EI 30	EI 30
- tuotanto- ja varastotilat, pinta-alaosastointi	EI-M 90, A1 ⁴⁾	EI-M 90, A1 ⁴⁾	EI-M 90, A1 ⁴⁾	ei mahd.	EI-M 90 ⁴⁾	EI-M 60 ⁴⁾
- autosuojat	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60	EI 30
Ullakon osastoivat seinät, pinta-alaosastointi	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30
Kellarikerrokset	EI 120, A2 (EI 90, A2 *)	EI 90, A2 (EI 60, A2 *)	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 60, A2	EI 30, A2 ³⁾

¹⁾ Yli 2-kerroksisen P1-paloluokan rakennuksen uloskäytävien osastoivat rakennusosat on tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista.
²⁾ Huom. 24 §:n 3 momentissa esitetyt vaatimukset.
³⁾ Yhdelle asunnolle kuuluvassa kellarissa luokkavaatimus on EI 30.
⁴⁾ Osastoivassa rakennusosassa olevan oven tai vastaavan rakennusosan palonkestävyysajan on oltava vähintään sama kuin sitä ympäröivältä osastoivalta rakennusosalta vaadittu palonkestävyysaika. P1-paloluokan rakennuksessa ovi tai vastaava rakennusosa on tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista.
A1 Tarvikkeet A1 luokkaa
A2 Tarvikkeet vähintään A2-s1, d0 -luokkaa
* Kun rakennus tai tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Suovapolku 3:n palokatkoelementtien runko koostuu 600 mm jaolla olevasta 48x98 puurungosta. Ennen molemminpuolista levytystä runko villoitetaan alaosaan 100 mm vahvuisella mineraalivillalla 600 mm korkuisesti, jotta rungon kohdalle yläpohjaeristeseen ei pääse muodostumaan kylmäsiltaa. Lopuksi elementin molemmin puolin asennetaan 13 mm kipsilevy, jolloin rakenne saadaan määräysten mukaiseen EI30-paloluokkaan. Paritaloasunnoissa palo-osastointi jatkuu lattiasta rakennuksen vesikatteeseen asti. Palokatkoelementin rakennetyyppi on esitetty kuvassa 10.

Kuva 10. Palokatkoelementin rakennetyyppi

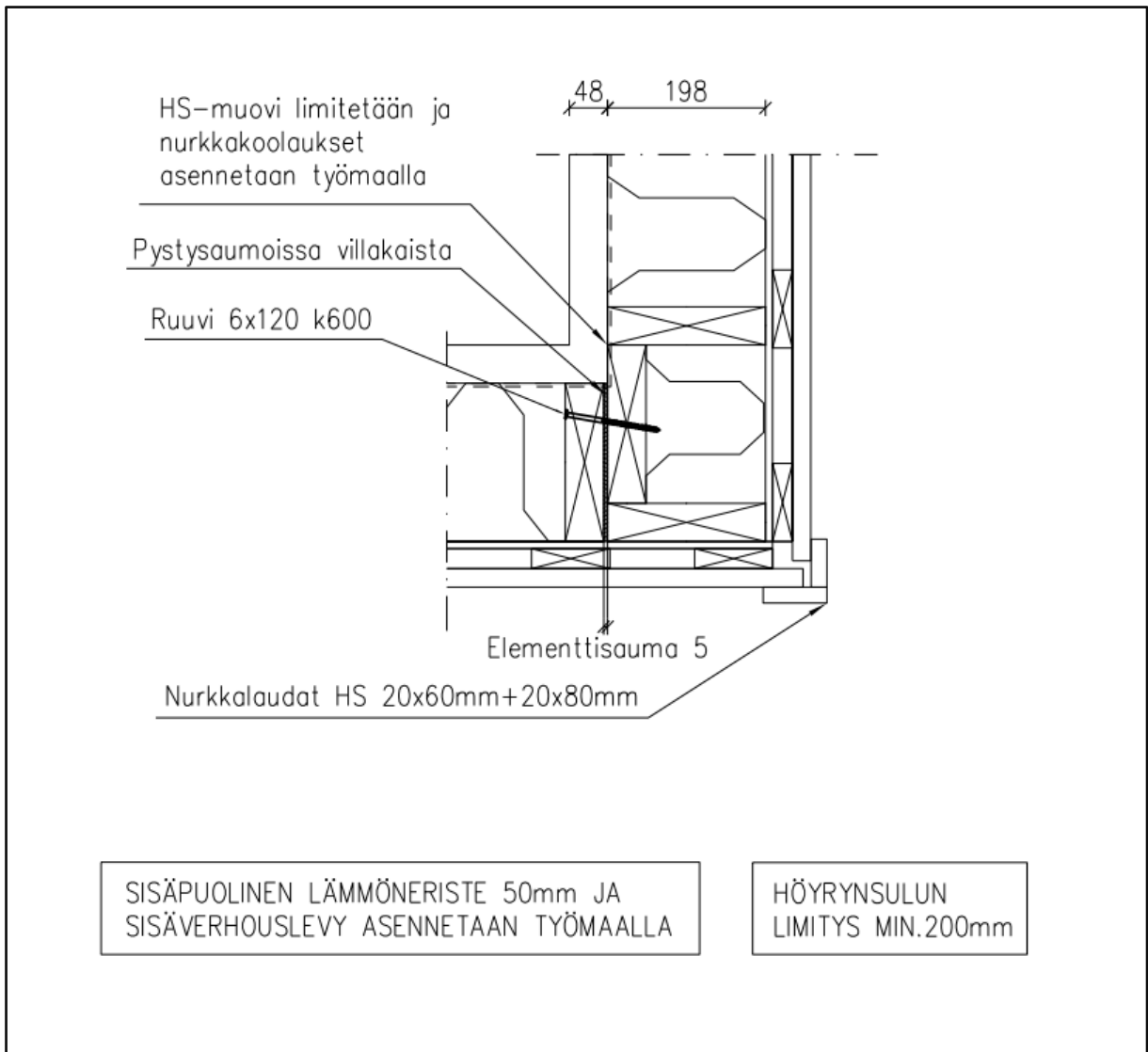
PK: –Kipsilevy 13mm –Runko 48x98 k600 –Kipsilevy 13mm		

3.17 Liitosdetaljit

Elementeissä on muutamia liitoksia, joille suunnitellaan vakiodetaljit. Niihin kuuluvat nurkkaliitos (kuva 11), jatkoliitos, huoneistojen välisen seinän liitos ulkoseinään, sekä elementtien ankkurointi alajuoksuun. Piirretyt detaljit löytyvät opinnäytetyön liitteistä 2–5. Liitosdetaljien tarkoituksena on toimia ohjeistuksena elementtien valmistajalle ja asentajalle, jotta kaikki liitokset saadaan limittymään ja toimimaan oikealla tavalla. Detaljeissa esitetään eristekaistojen sijainti, ruuvien koot ja ruuvaustiheydet sekä muut tarvittavat valmistuksessa ja asennuksessa tarvittavat tiedot. Detaljeja suunnitellessa pyritään keskittymään yleisesti käytössä oleviin liitostyyppeihin, jotka on havaittu toimiviksi ja asentajaystävällisiksi.

Yleensä elementtirakentamisessa käytetään 10–15 mm asennusvälyksiä, jotta kappaleet saadaan varmasti sopimaan paikalleen. Tämä kohteen erikoisuutena kaikissa saumoissa käytettiin vain 5 mm asennusväliä. Tällä varmistetaan liitosten tiiveys, mutta se tuo lisää tarkkuusvaatimuksia elementtien valmistus- ja asennusvaiheeseen. Liitoksiin asennettiin ennen elementtien yhteen liittämistä Isoverin SK-C villakaista, joka puristui tiukasti liitosväliin ja ehkäisee tehokkaasti elementtisaumaan mahdollisesti muodostuvan kylmäsilan. Pienestä asennusvälistä huolimatta asennus onnistui erinomaisesti, ja kaikista liitossaumoista saatiin tällä menetelmällä erittäin tiiviitä.

Kuva 11. Elementtien nurkkaliitosdetalji.



3.18 Elementtituotannon tilavaatimukset

Elementtien valmistukseen suunnitellussa tilassa kartoitetaan tilantarve, jonka elementtien kokoaminen vaatii. Suunnittelija tarkastaa kohteen elementtien dimensiot ja luonnostelee sen pohjalta minimitalan, jonka elementtien valmistus vaatii. Esimerkkikohteessa tarvikkeet varastoitettiin lajiteltuna hallin reunoille ja hallin lattialle jäi noin 10 x 13 m tila, jossa elementtejä mahtui työstämään (kuva 12). Yhteensä koko valmistuksen, valmistustarvikkeiden ja välivarastoitavien elementtien vaatima pohja-ala oli 12 x 20 m, eli 240 m².

Kuva 12. Elementtien kokoamista halliolosuhteissa



3.19 Suojaus ja varastointi

Valmiit elementit välivarastoidaan sisätiloihin yhteen ruuvatuiksi nipuiksi. Nipuista tehdään noin metrin levyisiä ja niihin tehdään tukevat tuennat 48x98 lankusta. Nipuissa täytyy olla aluslankut neljässä kohdassa ja ne tuetaan vinotuilla sekä pätyihin ruuvatuilla vanerilapuilla. Nipun valmistuessa se kuljetetaan nostimella ulos ja suojataan aumamuovilla. Aumamuovi on pääasiassa maatalouden tarpeissa käytettävä, suurikokoinen ja kestävä muovikalvo, joka soveltuu erittäin hyvin elementtien suojaukseen. Elementtien ollessa nipuissa, niitä ei saa missään tapauksessa nostaa elementtien nostoliinoista, vaan nippujen nostossa on käytettävä erillisiä liinoja, joiden kapasiteetti nipun nostamiseen on tarkastettu. Elementit on aina suojattava säätä ja mekaanista rasitusta vastaan, jotta ne eivät pääse kastumaan tai vaurioitumaan varastoinnin aikana. Nippujen suojauksen jälkeen suojamuoviin merkitään selkeästi nipussa olevien elementtien tunnuksat. Lisäksi

ulkovarastoinnissa (kuva 13) nippujen alle tehdään lankkukehikot, jotka pitävät elementit irti maasta, ja mahdollistavat nostoliinojen vaivattoman asennuksen.

Kuva 13. Suojattuja ja varastoituja elementtinippuja



3.20 Lopputarkastelu

3.20.1 Litteraseuranta

Koko hankkeen ajan kuluja seurattiin tarkasti litteratasolla yrityksen käytössä olleen taloushallintajärjestelmän avulla. Elementtivalmistusta varten hankitut materiaalit, tilavuokrat, konevuokrat, kalustohankinnat, nostokulut, tehdyt työtunnit ja muut elementtien suunnitteluun ja omavalmistukseen liittyneet kulut kirjattiin yrityksen taloudenseurantajärjestelmään oman litteransa alle (kuva 14).

Kuva 14. Näkymä kohteen litteralistauksesta

Kulut	
Jakso 31.3.2021	
Projektilaji	
1264 1264	Ääniloukut
0000 0000	Yleiset
1220 1220	Työt/urakka
1223 1223	Lattiaeristeet
1238 1238	Yläpohjan eristeet
3424 3424	Muu työmaan kalusto (vuokrakoneet)
3311 3311	Työmaan yleisjohto
2200 2200	IV tarvikkeet
1261 1261	Vesikattorakenteet (ruoteet reivauslaud..
1333 1333	Kiinnikkeet (naulat,ruuvit,kulmaraudat ..
1262 1262	Vesikatteet
3223 3223	Rakennesuunnittelu
3313 3313	Hankintatehtävät
1236 1236	Ulkoseinien koolaukset (sisä ja ulkop.)
1222 1222	Maanvaraiset laatat (sis betonit ja terä..
3416 3416	Työmaan puhtaanapito ja suojaus
4213 4213	Rahoituskulut
1237 1237	Kattoristikot

3.20.2 Kustannustarkastelu

Valmiiden suurelementtien tarjouksia saatiin yhteensä viisi kappaletta. Tarjoajissa oli mukana neljä kotimaista toimijaa ja yksi virolainen. Saaduista tarjouksista tehtiin excel-muotoinen tarjousvertailu (taulukko 5). Osa tarjouksista oli hieman eriäviä keskenään toimitussisällön osalta. Tällaisessa tapauksessa kyseiselle rakennusosalle on selvitetty tarkka hinta ja se on joko vähennetty tarjouksesta tai lisätty sen hintaan. Tämä toimenpide oli välttämätön, jotta tarjouksista saatiin keskenään oikeasti vertailukelpoisia. Taulukossa 6 näkyy yrityksen taloudenseurantajärjestelmästä tulostettu näkymä, josta selviää elementtivalmistuksen toteutuneet kulut.

Taulukko 5. Elementtien tarjousvertailu

Suovapolku 3, elementtien tarjousvertailu					
Hinnat alv 0%	Yritys 1	Yritys 2	Yritys 3	Yritys 4	Yritys 5
Tarjoushinta	112 500 €	80 500 €	69 700 €	71 900 €	72 200 €
Ulkoseinäelementit	X	X	X	X	X
Päätymalmit	X	X	X	X	X
Räystäät	X	X	X	X	X
Terassiseinäkkeet	X	X	X	X	X
Palokatko yläpohjaan	X	X	X	X	X
Vertailuhinta	112 500 €	80 500 €	69 700 €	71 900 €	72 200 €

Taulukko 6. Omavalmiste-elementtien kokonaiskustannukset

Kulut				
Jakso 31.3.2021				
Projektilaji	Jakso	Jakso (budj.)	Kuluva tilikausi	
1231 1231 Runkopuutavara/elementit	-13 859	0	-53 447	
Yhteensä	-13 859	0	-53 447	

Yllä olevia taulukoita 5 ja 6 vertaamalla nähdään, että elementtien omavalmistuksella saatiin halvimpaan elementtitarjoukseen nähden 16253 euron säästö. Prosenteissa kustannussäästö on 23,3 %. Säästö on erittäin merkittävä ottaen huomioon, että elementtivalmistuksen tehokkuutta voidaan tulevissa vastaavissa hankkeissa nostaa entisestään. Myös suunnittelu nopeutuu, sillä jatkossa elementtisuunnittelun avuksi kannattaa ottaa valmistyökaluja. Ennusteen mukaan elementtien omavalmistuksessa voitaisiin saavuttaa jopa yli 25 % säästö verrattuna tehdasvalmisteisten elementtien ostamiseen kolmannelta osapuolelta.

3.20.3 Aikataulu- ja suunnitteluhyödyt

Elementtivalmistajat tarjosivat elementtejä esimerkkikohteeseen niin, että niiden toimitukset olisivat jakautuneet 2–3 kuukauden aikajaksolle. Omavalmistuksella tuotanto saatiin käyntiin 1 viikon kuluessa hallin vuokrauspäätöksestä ja kohteen kaikkien elementtien valmistaminen vei yhteensä neljä viikkoa. Tässä tapauksessa aikatauluhyöty oli todella merkittävä, tosin tulevissa kohteissa oikea-aikaisella elementtien tilauksella vastaava hyöty

pienenisi selkeästi. Omavalmistuksella voidaan kuitenkin työllistää yrityksen omaa henkilöstöä, reagoida reaaliaikaisesti työmaan aikataulumuutoksiin ja tehdä nopeitakin reagointeja tuotannossa.

Suuri hyöty saadaan myös suunnittelupuolella, jossa ei tarvitse tyytyä elementtivalmistajan vakioratkaisuihin, vaan voi rohkeasti kokeilla uusia asioita esimerkiksi detaljiikassa ja massoittelussa. Omavalmistuksella voidaan myös elementoida muita työmaan rakenteita kuten terasseja, jotka eivät kaikkien elementtivalmistajien valikoimiin kuulu tai jotka olisivat turhan kalliita.

4 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi esimerkkikohteen elementointi läpi suunnittelijan näkökulmasta. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen, ajankohtainen ja tarpeellinen omalle yrityksellemme. Taustatietoja kerättiin eri verkkojulkaisujen, yhdistysten, elementtivalmistajien, ympäristöministeriön ja rakennustiedon sivuilta. Olen tehnyt ennen tätä suunnittelutyötä muutamien omakotitalojen rakennesuunnitelmia, mutta tässä projektissa piirsin ensimmäistä kertaa puuelementtejä. Kohteen ollessa oma hankkeemme oli erittäin motivoivaa tehdä suunnittelu alusta alkaen itse. Laadunvalvontaan tuli kiinnitettyä erityistä huomiota, koska tiesin että jokainen suunnitteluvirhe tulisi näkymään työmaalla ja olisin itse niistä vastuussa. Kaikki meni erinomaisesti ja ainoastaan kahden terassiseinäkkeen korkeutta jouduttiin lyhentämään hieman, jotta ne saatiin sopimaan paikalleen. Suunnittelu onnistui näin 97-prosenttisesti, jota pidän onnistuneena tuloksena ensimmäisessä suunnittelemassani elementtikohteessa.

Sain mielestäni koostettua selkeän kokonaisuuden elementtisuunnittelussa vaadittavista asioista ja soveltuvista rakenneratkaisuista, jolloin toinen suunnittelija pystyy sen perusteella toteuttamaan toisen kohteen elementtisuunnittelun meidän yrityksellemme sopivalla tavalla. Suunnittelussa oli myös palkitsevaa, kun pystyin käyttämään hyväkseni aiempaa kokemustani suunnittelusta ja etenkin elementtien asennuksesta. Pystyin näkemään kokonaisuuden myös asentajan näkökulmasta ja pyrkimään sellaisiin ratkaisuihin, jotka helpottavat elementtien valmistusta ja asennustyötä.

Elementtien omatuotanto on myös osa kestävästä kehityksestä. Tavallisesti rakennustyömaiden tarvikehukka varsinkin pitkistä tavarasta rakennettaessa on merkittävä, sillä osa tavarasta pääsee kastumaan, kolhiintuu, vaurioituu tai jää käyttämättä. Elementointi minimoi tarvikehukkaa ja tuo lisäksi huomattavia säästöjä logistiikassa. Rakennusosien ollessa valmiiksi suunniteltuja ja tuotannon ollessa omissa käsissä, voidaan tarvikkeiden hankintaan, puutavaran pituuteen ja käytettäviin materiaaleihin vaikuttaa merkittävästi.

Lopullisessa kustannustarkastelussa nähdään selkeästi, että hanke oli kokonaisuudessaan kannattava. Kohteiden koon kasvaessa myös saatavat kustannussäästöt tulevat kertautumaan, mutta suurempi valmistusvolyymi tuo mukanaan toki myös haasteita. Tuotantotapa otetaan käyttöön ainakin osassa Kreos Oy:n tulevista kohteista. Yksi suurimmista haasteista on varmasti sopivan valmistustilan löytäminen, joten yrityksen johto tekee päätöksen elementoinnista kohdekohtaisesti. Olemme yhtiökumppanini kanssa erittäin tyytyväisiä työn lopputulokseen ja tuleamme ehdottomasti kehittämään ja laajentamaan syntyneitä suunnitteluopasta jatkossakin. Työn tuloksen syntyneet detaljikirjasto, lomakepohjat ja tarkastuskortit tullaan lisäämään yrityksen rakennekirjastoon tulevaisuuden käyttöä varten.

Lyhyesti tiivistettynä, tuotantotavan positiivisina puolina voidaan pitää hintaa, aikataulua, muokattavuutta, suunnittelun joustavuutta ja tietyissä määrin myös ekologisuutta. Negatiivisia/työllistäviä puolia ovat taas sopivan tilan löytäminen, valmistustapojen vaatimattomuus tehdasolosuhteisiin verrattuna, turvallisten työolojen varmistaminen ja valvontatehtävien sekä kokonaisvaltaisen laadunvalvonnan viemä aika.

Kehitysehdotuksiakin kertyi prosessin aikana ja sen päätyttyä useita.

Tuotantoa voisi tehostaa entisestään vakioimalla mittoja jatkossa enemmänkin rakennusmateriaalien vakiomittojen mukaan. Huonekorkeuden voisi sovittaa niin, että tuulensuojalevyjen vakiokorkeudet 2700 tai 3000 mm sopisivat ulkoseinille sellaisenaan, jotta niitä ei tarvitsisi leikata lainkaan ja tämä myös poistaisi valmistuksesta yhden työvaiheen kokonaan. Tämäkin asia vaatii elementoinnin päättämistä heti jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin mahdollinen tieto toivotusta huonekorkeudesta on jo arkkitehdinkin tiedossa. Jatkossa myös runkotolpat voisi olla mahdollista tilata höyläämöltä valmiiksi oikean pituisina ja lovettuina, koska työmaaolosuhteissa niiden tekeminen ei koskaan ole niin nopeaa kuin tehtaalla. Uskon että tässä myös höyläämön kustannus kyseisestä toimenpiteestä on vähemmän kuin yritykselle koituvat tilakustannukset ja

työntekijöiden palkkakulut. Sahauksen jäädessä suurilta osin pois, pienenee myös materiaalihukka ja mahdolliset siivouskustannukset.

Runkotolppien sijoittelussa suunnittelija voisi kiinnittää huomiota siihen, että mahdollisimman suuren osan eristeistä saisi asennettua täysleiveinä etenkin rakennuksen nurkissa. Tiivistettynä suunnittelijan pitäisi pyrkiä siihen, että elementtien valmistajille tulisi mahdollisimman vähän työstöä linjastolla. Tuotanto on erittäin jouhevaa ja nopeaa kun voidaan keskittyä pelkästään elementin valmiiden osien kasaukseen ja kiinnitykseen.

Tämän opinnäytetyön tekeminen kartutti suunnittelukokemustani huomattavasti. Huomasin piirtämistaitojeni karttuvan koko ajan ja viimeiset elementtikuvat valmistuivat moninkertaisesti nopeammin kuin alkupään kuvat. Yhtiökumppanini tarkasti tekemäni piirustukset ja sain häneltä arvokasta palautetta, jonka perusteella pystyin parantamaan ja kehittämään omaa tekemistäni. Koulun opinnot suoritettiin monimuoto-opiskeluna, joten on ymmärrettävää, ettei siellä ehditä opettelemaan kaikkia perussuunnittelurutiineja niin perinpohjaisesti, joten tämän opinnäytetyön tekeminen paikkasi sen aukon omalla kohdallani. Opinnäytetyöprosessi kehitti minua suunnittelijana ja ihmisenä kohti sitä päämäärää, minkä haluan tulevaisuudessa saavuttaa.

Lähteet

Elementtisuunnittelu.fi (n.d.). *Normit ja standardit*. Haettu 28.5.2021 osoitteesta

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit>

Finnish Wood Research Oy. (2013). *RunkoPES 2.0*. [https://puuinfo.fi/wp-](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_0_Sis%C3%A4lt%C3%B6.pdf)

[content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_0_Sis%C3%A4lt%C3%B6.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_0_Sis%C3%A4lt%C3%B6.pdf)

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120954>

LapWall. (2020). *Suunnittelijan käsikirja*.

https://issuu.com/lapwall2016/docs/lapwall_suunnittelijan_kasikirja_/1?ff=true

Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 1715/1992.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19921715>

Oulun rakennusvalvonta (2021). *Puurakenteisten elementtien kelpoisuus*. Haettu 23.4.2021

osoitteesta https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/ajankohtaista/-/asset_publisher/GXQVQkozDXQv/content/puurakenteisten-elementtien-kelpoisuus

Puuinfo (2020). *RunkoPES 2.0*. Haettu 28.5.2021 osoitteesta

<https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/runkopes-2-0/>

Rakennustieto Oy. (2017). *Rakennustöiden laatu 2017*.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029>

RT 14-11016 (2010). Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, talonrakennuksen runkotyöt.

Helsinki: Rakennustieto Oy. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11016>

Ympäristöministeriö. (2016). Rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus, puurakenteet. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/lopullinen-](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf/7b5d70f7-f18f-66fe-8da1-d467e39c5ffe/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf?t=1603260650690)

[puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf/7b5d70f7-](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf/7b5d70f7-f18f-66fe-8da1-d467e39c5ffe/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf?t=1603260650690)

[f18f-66fe-8da1-d467e39c5ffe/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf?t=1603260650690](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/lopullinen-puurakenteet-F48BD8DA_D384_481B_BC09_FE51691B8BE8-123939.pdf?t=1603260650690)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun

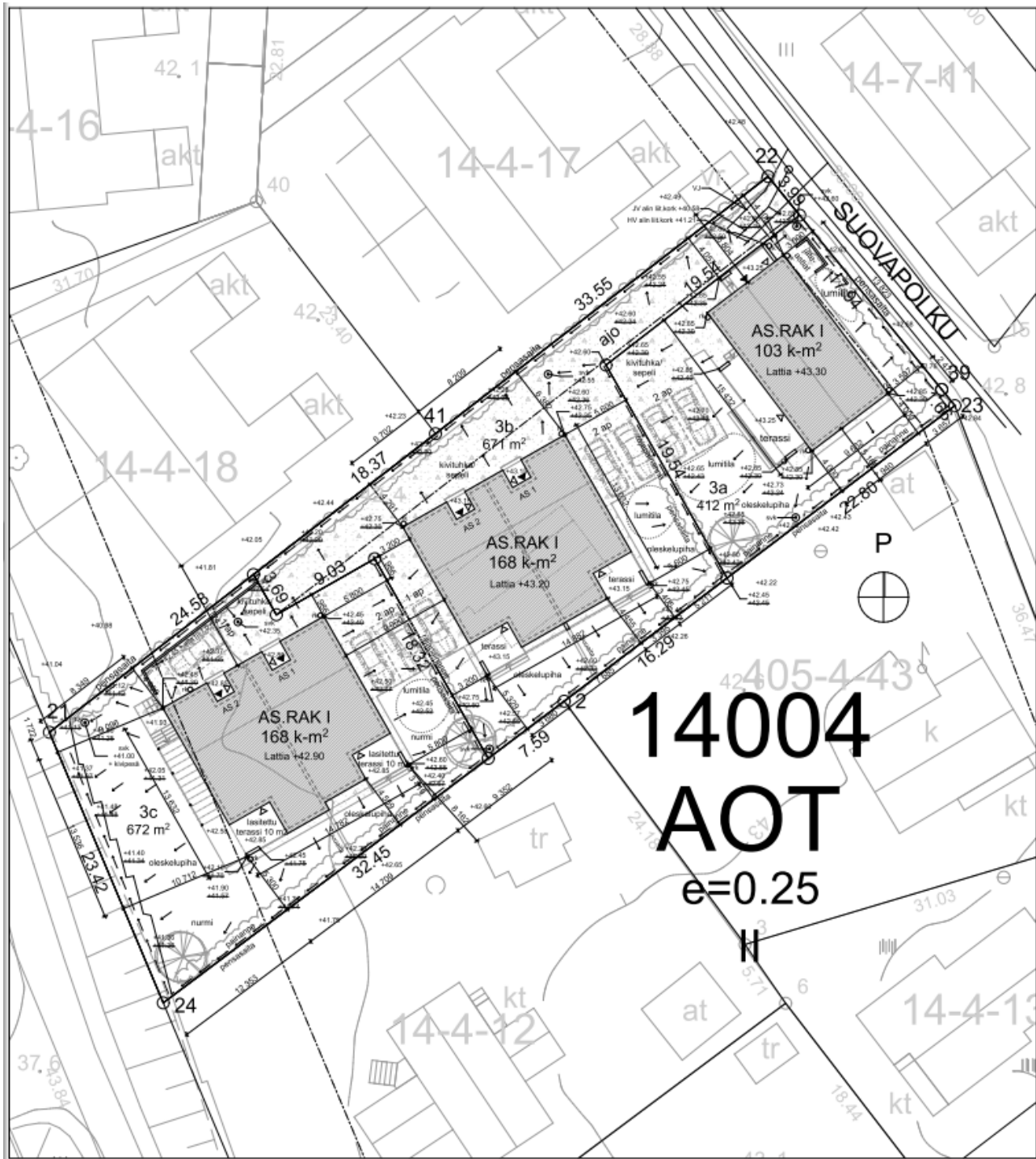
ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 927/2020.

[https://ym.fi/documents/1410903/0/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf/49651307-fa45-3224-2fe4-](https://ym.fi/documents/1410903/0/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf/49651307-fa45-3224-2fe4-3c5cdb768743/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf?t=1606918869122)

[3c5cdb768743/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf?t=1606918869122](https://ym.fi/documents/1410903/0/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf/49651307-fa45-3224-2fe4-3c5cdb768743/Yma+paloturvallisuusasetuksen+muuttamisesta+FI.pdf?t=1606918869122)

Ympäristöministeriö. (n.d.). Puurakentamisen ohjelma. <https://ym.fi/puurakentaminen>

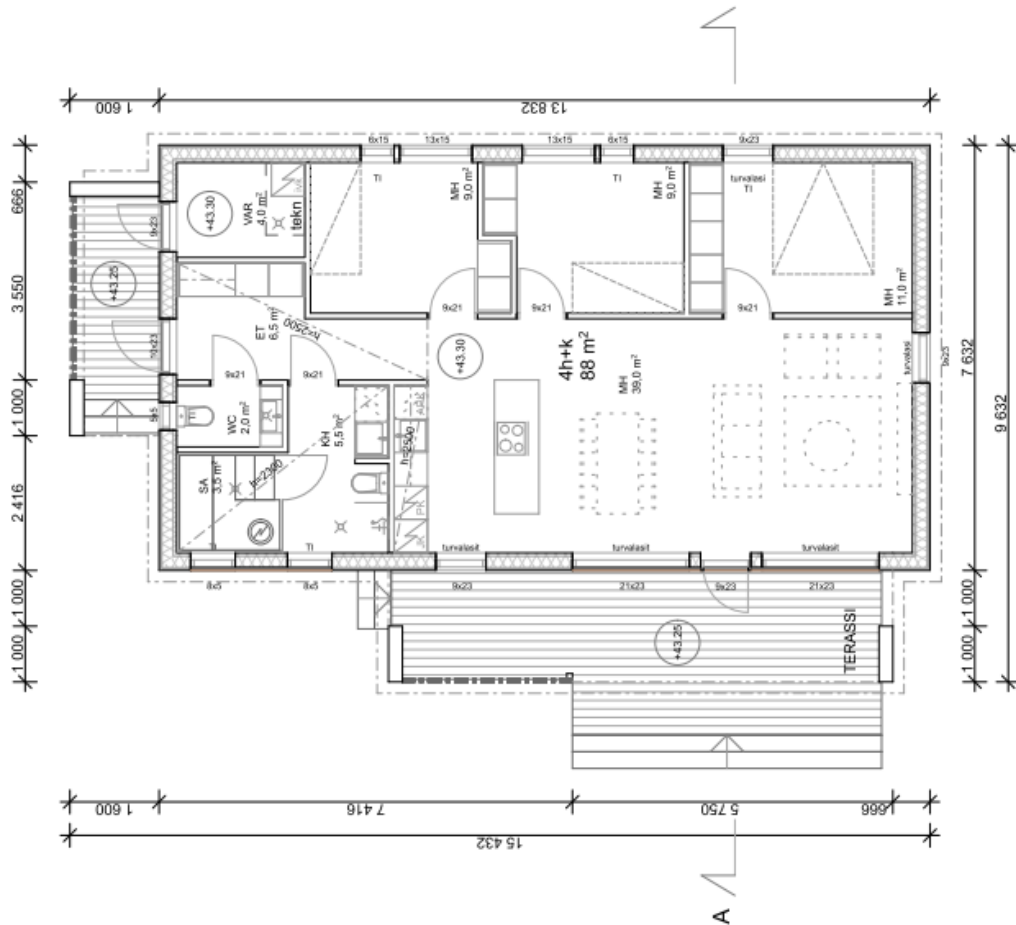
Liite 1: Suovapolku 3A pääpiirustukset

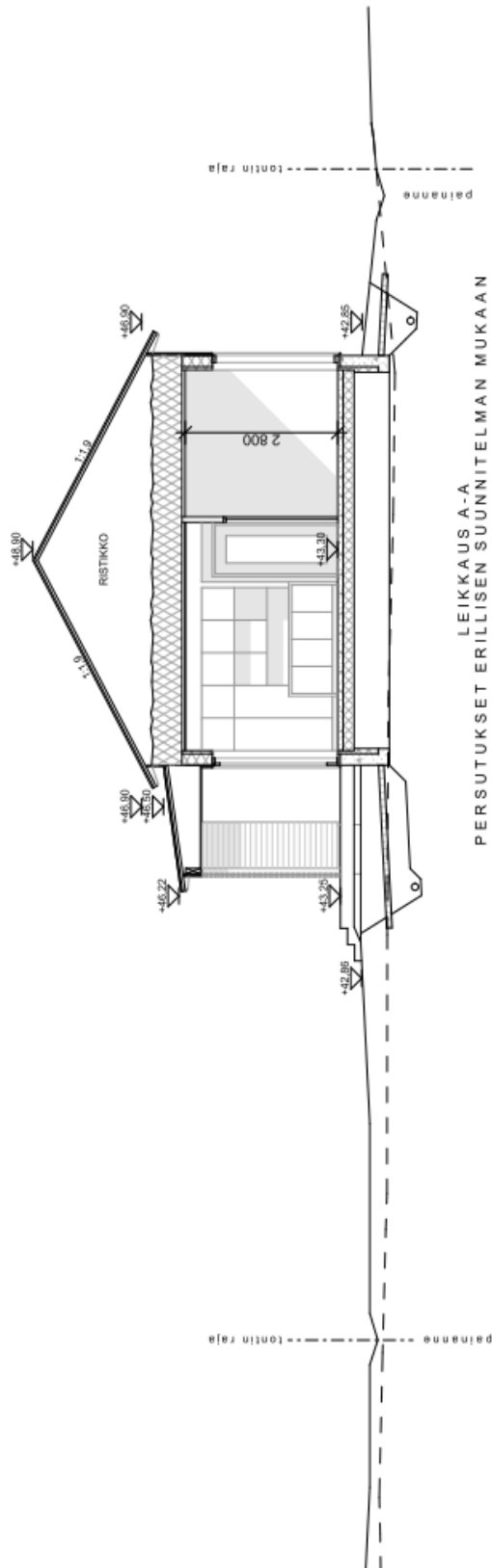


RAKENNUKSEN PALOLUOKKA ON P3
 ASUINTILOJEN VAPAIEN KULKUAUKKOJEN
 LEVEYS VÄHINTÄÄN 800mm
 KONEELLINEN ILMANVAIHTO LTO:LLA
 ERILLISEN SUUNNITELMAN MUKAAN,
 HYÖTYSUHDE VÄHINTÄÄN 66%
 RAKENNUSTEN ASUINHUONEET JA KEITTO
 VARUSTETAAN SÄHKÖVERKKOON
 KYTKETTYILLÄ PALOVAROITTIMILLA
 ASUINHUONEISSA RAKMK:N MUKAINEN
 TUULETUSIKKUNA
 LÄMMITYSMUOTO: POISTOILMALÄMPÖPUPPU
 LÄMMITYSTAPA: VESIKIERTOINEN
 LATTIALÄMMITYS

TI= TUULETUSIKKUNA
 turvalasi = karkaistu ja/tai laminoitu lasi sisä- ja
 ulkopuolella
 turvalasi = karkaistu ja/tai laminoitu lasi sisäpuolella

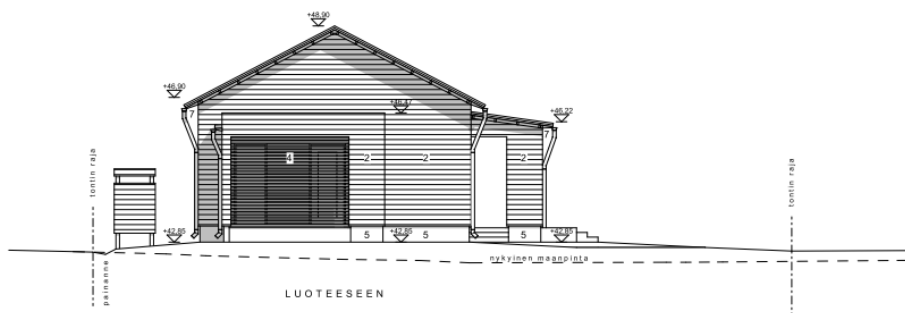
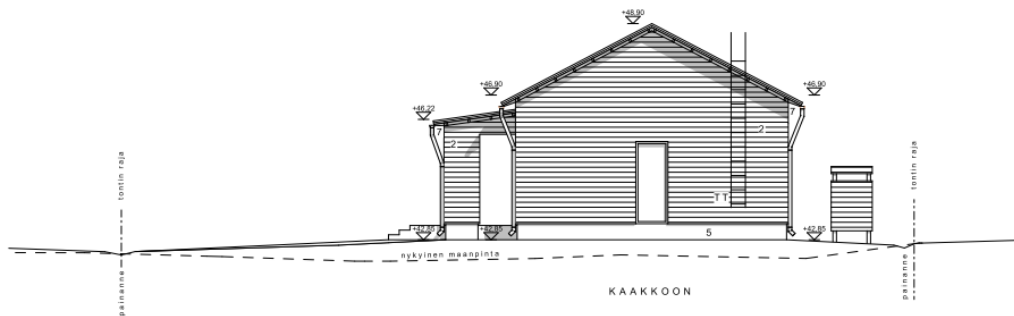
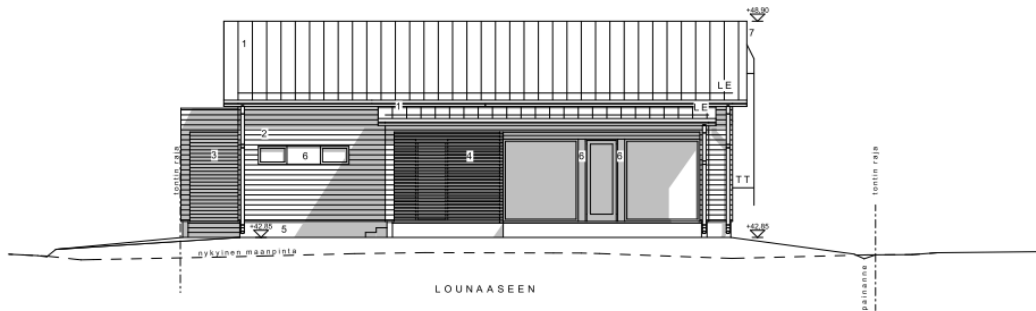
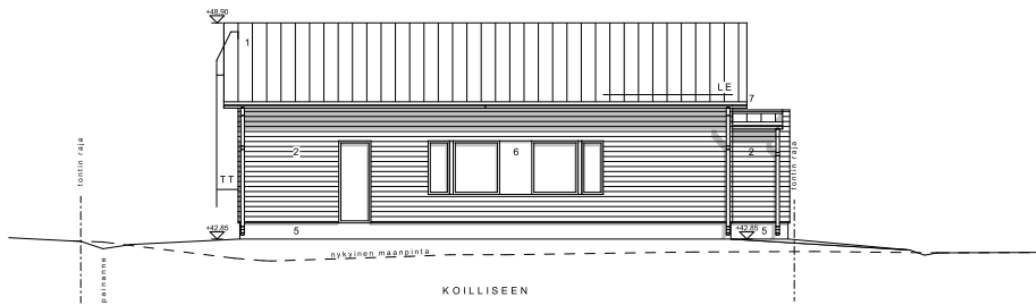
PINTA-ALAT	
KOKONAISALA	106 m ²
KERROSALA	106 k-m ²
KERROSALA US=250mm	103 k-m ²
HUONEISTOALA + VARASTO	88 hu-m ² 4 m ²
TILAVUUS	392 m ³





LEIKKAUS A-A
PERSUTUKSET ERILLISEN SUUNNITELMAN MUKAAN

YP	(U-arvo 0,08 W/m ² K)	US	(U-arvo 0,17 W/m ² K)	AP	(U-arvo 0,16 W/m ² K)
32 mm	OHUTPELTIKATE RUODELAUDOITUS 32X100 mm, VALMISTAJAN OHJEEN MUKAAN	23 mm	ULKOVERHOUSPANEELI UTS 23X120 mm	80...100 mm	LAUTAPARKETTI ALUSMATERIAALEINEEN / MÄRKÄTILOISSA LATTIALAATTA + VEDENERIESTE
50 mm	KOROKERIMA 50X50 mm ALUSKATE	50 mm 9 mm 198 mm	RISTIKKOOLAUS 2X25X100 mm, k600 TUULENSUOJAKIPSILEVY 9 mm PUURUNKO 48x198 mm k600 + MIN.VILLAERISTE 200 mm	200 mm	TB-LAATTA 80-100 mm LÄMMÖNERIESTE 2X100 mm POLYSTYREENI KARKEA TÄYTTÖSORA / HIEKKAANTURAN ALAPINTAAN ASTI
550 mm	KÄTTORISTIKOT k900 JA TUULETETTU TILA, RÄYSTÄILLÄ TUULENOHJAIMET	48 mm	HÖYRYNSULKUMUOVI KOOLAUS 48x48 mm k600	>300 mm	KAPILLAARISORA VÄH. 300 mm SUODATINKANGAS TIIVISTETTY PERUSMAA
48 mm	PUHALLUSVILLAERISTE 550 mm HÖYRYNSULKUMUOVI	13 mm	+ MIN. VILLAERISTE 50 mm KIPSIKARTONKILEVY 13 mm EK TASOITUS JA MAALAUUS		
13 mm	KOOLAUS 48x48 mm k400 KIPSIKARTONKILEVY NK TASOITUS JA MAALAUUS				



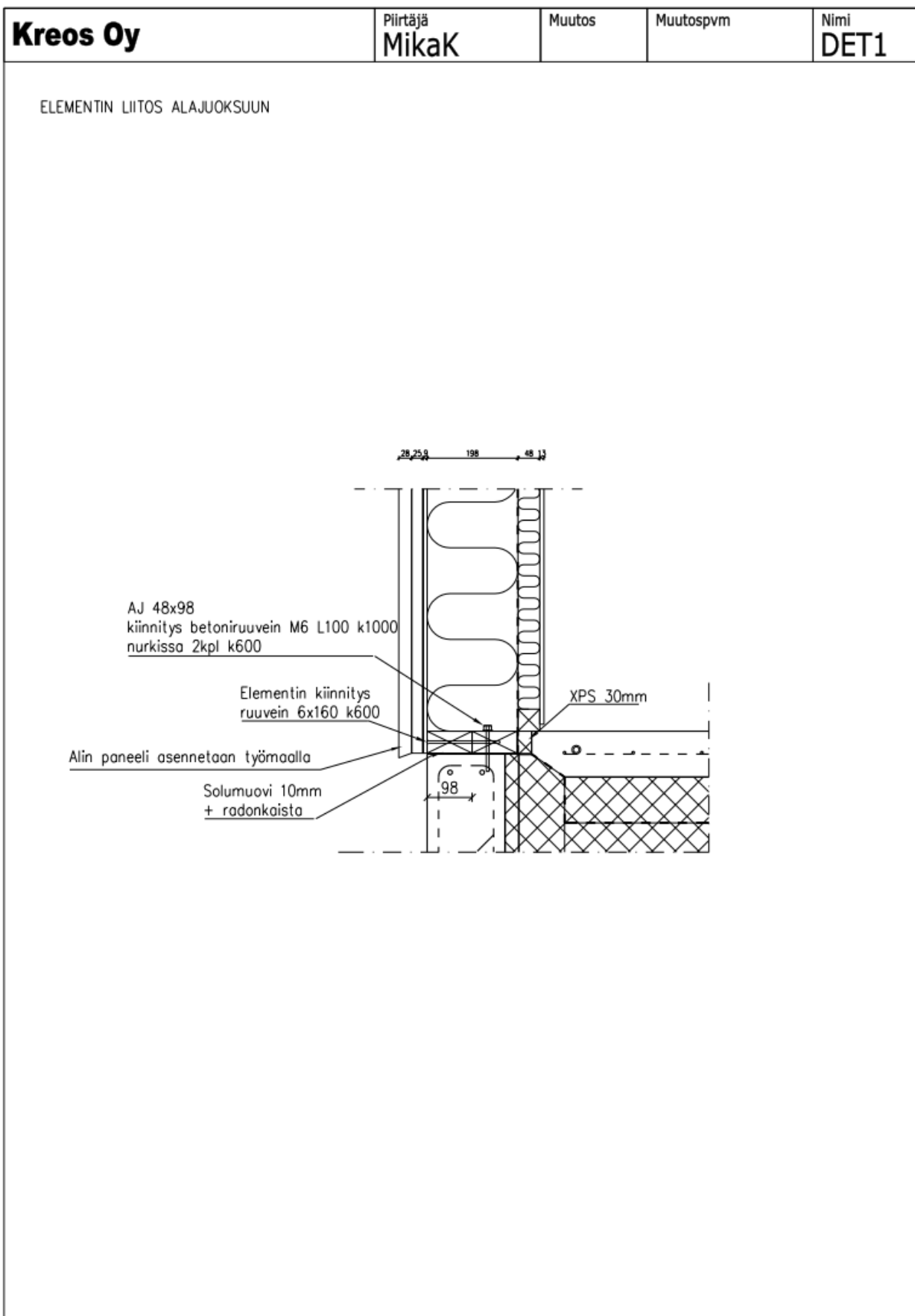
JULKISIVUMATERIAALIT JA -VÄRIT

1. RIVISAUMAKATE, MUSTA RR33
2. ULKOVERHOUSPANELI UTW 23X145 MM, PEITTOMAALATTU, VALKOINEN, TIKKURILA 619X
3. ULKOVERHOUSPANELI UTW 23X95 MM, KUULTOKÄSITELTY
4. PUURIMA, HIENOSAHATTU 47X47 MM, KUULTOKÄSITELTY
5. TB-SOKKELI, LUONNONHARMAA
6. JULKISIVUVANERI, PEITTOMAALATTU, OKRA
7. AVORÄYSTÄS, PEITTOMAALATTU, VALKOINEN, TIKKURILA 619X

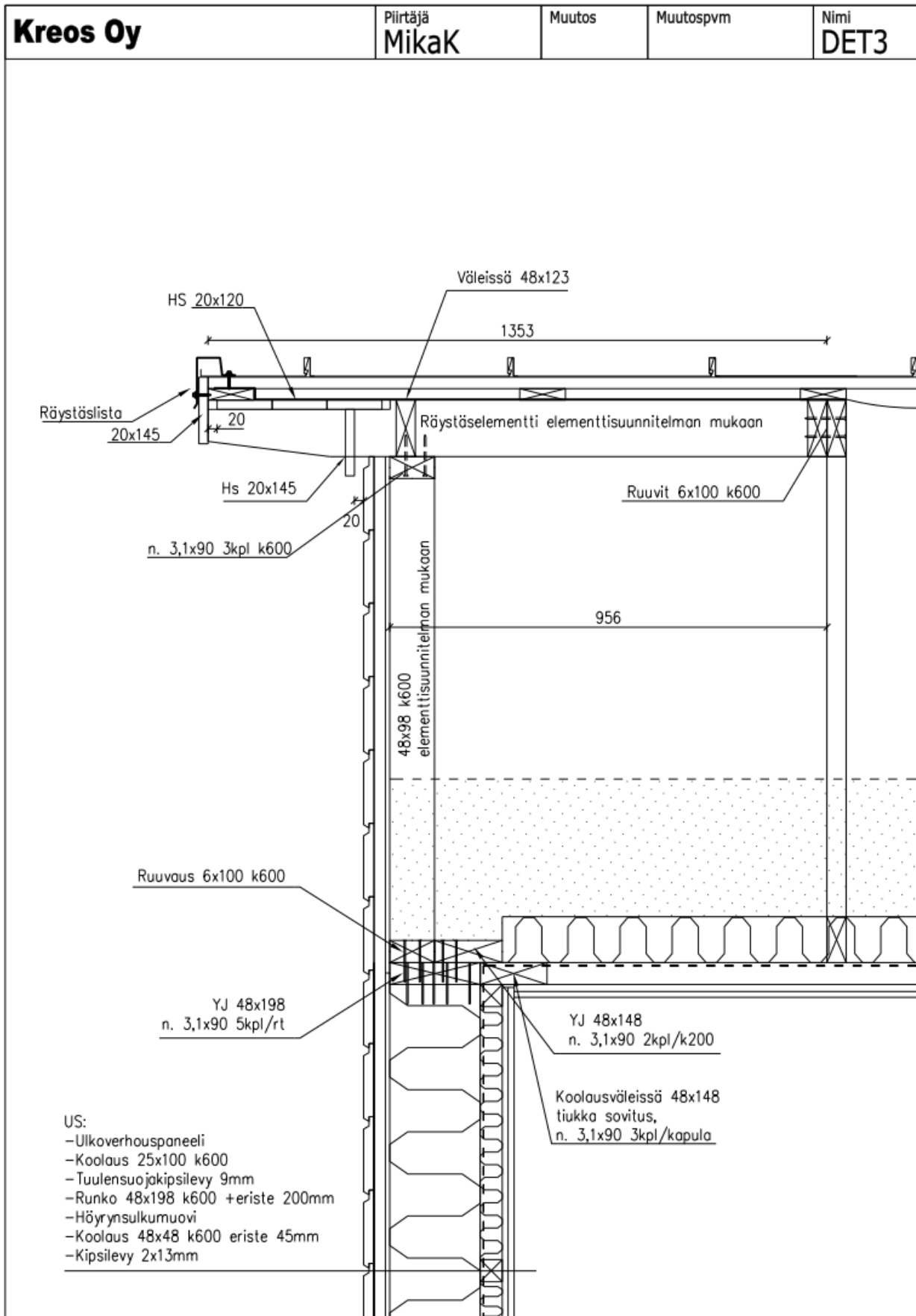
IKKUNAT JA OKRA
 KATTOTURVA TUOTTEET MUSTA RR33
 PELLITYKSET, TALOTIKKAAT, SADEVESIKOUTUT JA -SYÖKSYT, VALKOINEN

TT = TALOTIKAS
 LE = LUMIESTE

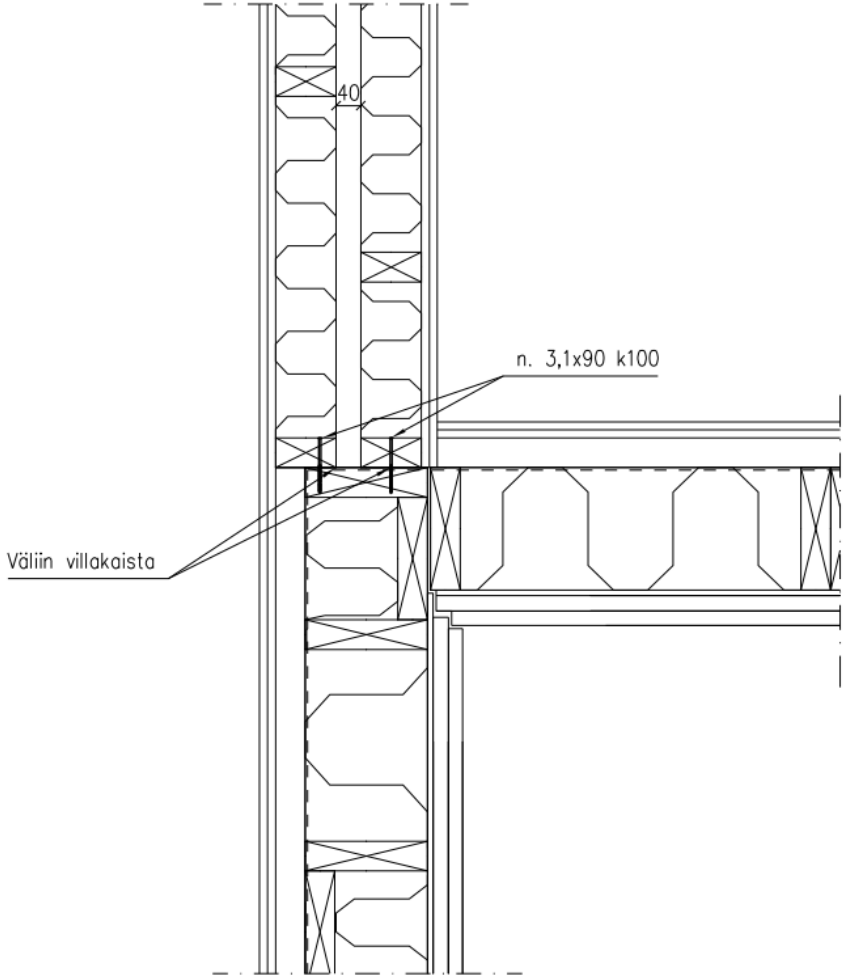
Liite 2: Elementin liitos alajuoksuun



Liite 3: Elementit rakennusten päädyissä



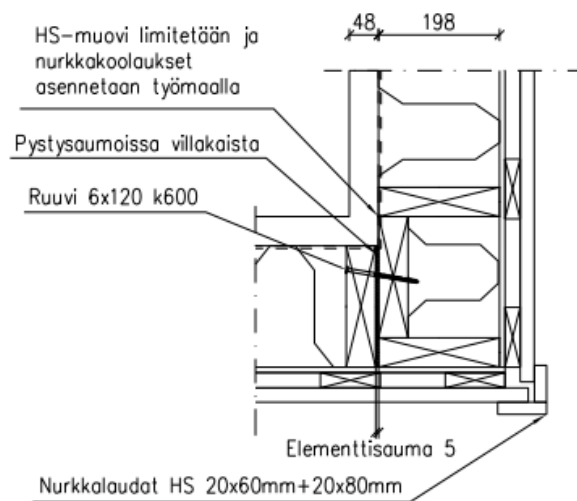
Liite 4: HVS liitos ulkoseinään

Kreos Oy	Piirtäjä MikaK	Muutos	Muutospvm	Nimi DET9
<p data-bbox="188 405 435 432">HVS LIITOS ULKOSEINÄÄN</p>  <p data-bbox="778 949 810 976">40</p> <p data-bbox="443 1413 600 1440">Völiin villakaista</p> <p data-bbox="959 1211 1106 1238">n. 3,1x90 k100</p>				

Liite 5: Elementin nurkkaliitos

Kreos Oy	Piirtäjä MikaK	Muutos	Muutospvm	Nimi DET10
-----------------	--------------------------	--------	-----------	----------------------

ELEMENTIN NURKKALIITOS



SISÄPUOLINEN LÄMMÖNERISTE 50mm JA
SISÄVERHOUSLEVY ASENNETAAN TYÖMAALLA

HÖYRYNSULUN
LIMITYS MIN.200mm

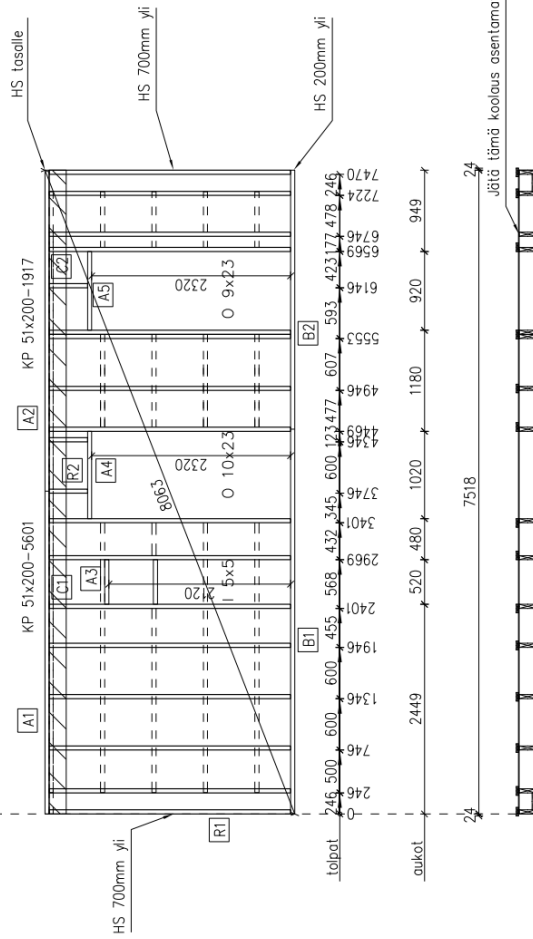
Liite 6: Suovapolku 3A elementtisuunnitelmat

RYÖY NO.
1/1

KATKAISULUETTELO	U-1	Pituus	Mot.	Lovia	Kpl
Tunnus	Koko				
A1	48X198	3770	C24		1
A2	48X198	3748	C24		1
A3	48X198	520	C24		2
A4	48X198	1020	C24		1
A5	48X198	920	C24		1
B1	48X98	4493	C24		1
B2	48X98	3025	C24		1
C1	51x200	5601	KP		1
C2	51x200	1917	KP		1
R1	48X198	2817	C24		18
R2	48X198	449	C24		3

RUNKO 48x198 SISÄPUOLELTA

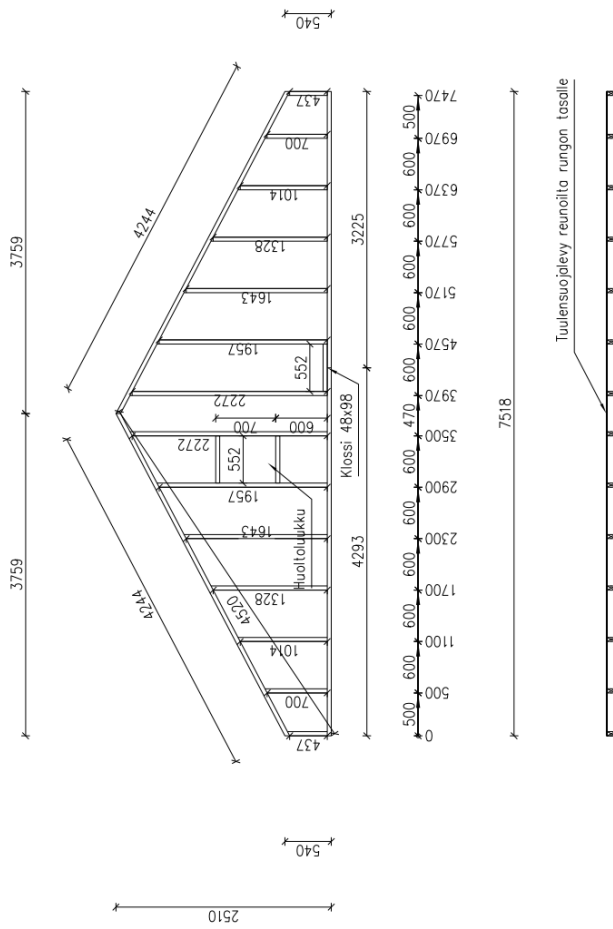
eriste 198,452 * 552 * 552 * 407 * 520 * 384 * 297 * 552 * 75,429 * 559 * 497 * 375,129 * 430 * 198



RAKENNUSLUVAN TUNNUS	NO.
TYÖN NIMI	RAKENNEPIIRUSTUS
ELEMENTTI	Suovapolku 3A
U-1	Kaivola puuelementti
PK	U-1
MAK	1:50
SIUNN.	TARK.
PVM	11.2.2021
SIUNN-ALA	TYÖN NO.
PIIR. NO.	RAK
MUUTOS	TIEDUSTO

PUUELEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKOHDISSA ERISTEIDEN REUNOJEN TULEE OLLA TIIVIT. KAIKKIEN LÄPIMENTIEN TIIVEYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRYN- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMITIÄTÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

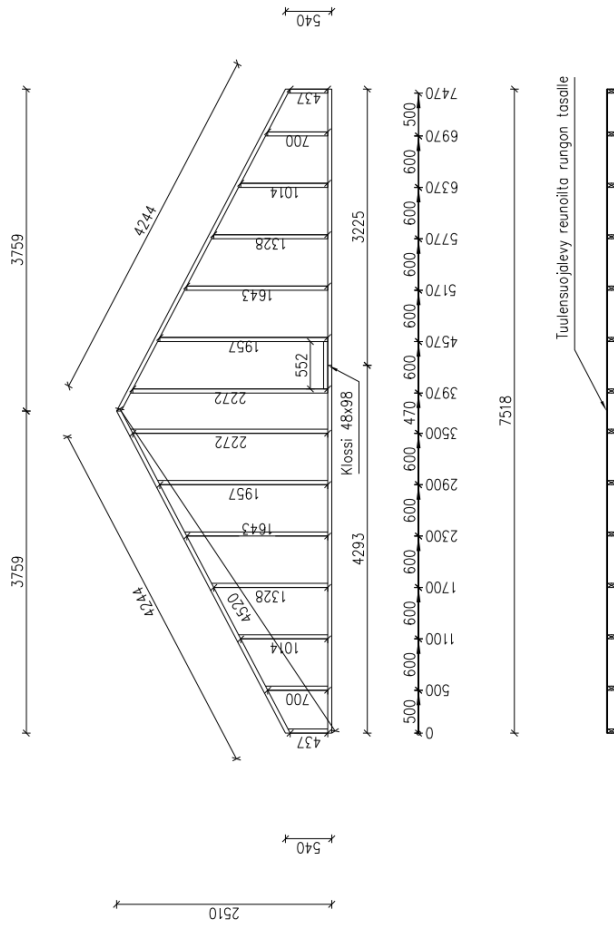
Runko 48x98 ulkopuolelta



RAKENNUSLUOVAN TUNNUS	
RAKENNEPIIRUSTUS	NO.
TYÖN NIMI	
Suovapöykä 3A	
ESKUSI VI	KPL
Käytävä puuelementti	
U-7	MK
1:50	
PVM	SUUN.
TARK.	
15.2.2021	SUUN.
SUUNALA	TYÖN NO.
PRK. NO.	MUUTOS
RAK	RAK
TIEDOSTO	

PUUELEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENETTAVA TIIVIESTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKOHDISSA ERISTEIDEN REUNOJEN TUULEE OLLA TIIVIT. KAIKKIEN LÄPVIENTIEN TIIVYYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRY- JA ILMANSUUN JATKOKSET LIMITÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

Runko 48x98 ulkopuolelta



RAKENNUSLUOVAN TUNNUS	
NO.	RAKENNEPIIRUSTUS
TYÖN NIMI	
Suovapöykä 3A	
ELEMENITTI	
Kantava puuelementti	
KPL	U-8
MK	1:50
SUUN.	
PVM	TARK.
15.2.2021	
SUUNAJA	TYÖN NO.
RAK	PIIR. NO.
MUUTOS	
TIEDOSTO	

PUIELEMENITTI
 ELEMENITIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKOHDISSA ERISTEIDEN
 REUNOJEN TUULEN OLLA TIIVIT. KAIKKIEN LÄPIMENTIEN TIIVYYS PITÄÄ TARKASTAA.
 HÖYRYN- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMITÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

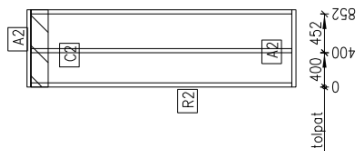
KATKAISULUETTELÖ		U-9/U-10		Leviä	
Tunnus	Koko	Pituus	Mat.		Kpl
A1	48x148	900	C24		2
R1	48x148	3043	C24		3
C1	51x200	900	KP		1
A2	48x148	900	C24		2
R2	48x148	3043	C24		3
C2	51x200	900	KP		1

RUNKO 48x148 SISÄPUOLELTA

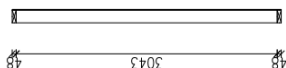
RUNKO 48x148 SISÄPUOLELTA



Yhden sivun ts-levy jätetään irti kiinnitystä varten



Yhden sivun ts-levy jätetään irti kiinnitystä varten

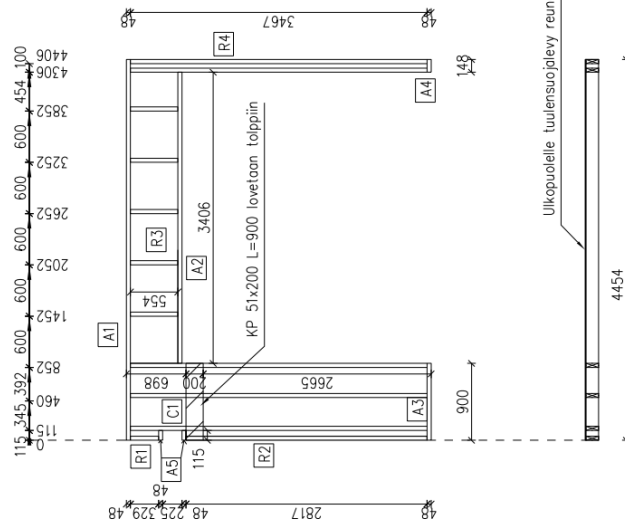


RAKENNUSLUVAN TUNNUS		NO.
RAKENNEPIIRUSTUS		
TYÖN NIMI		
Suovapolku 3A		
EIKÄNÄTI		KPL
Kontava puuelementti		
U-9 ja U-10		MK
		1:50
PVM	TARKK.	SUUNN.
16.2.2021		
SUUNNALA	TYÖN NO.	PIIR. NO.
RAK		
TEHDISTÖ		MAUTIOS

PUUELEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKÖHDISSÄ ERISTEIDEN REUNOJEN TULEE OLLA TIIVIT. KAIKKIEN LÄPVIENIEN TIIVYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRYN- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMITÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

KATKAISULUETTELO				U-11	Pituus	Mot.	Lovia	Kpl
Tunnus								
A1	48x148	4454	C24					1
A2	48x148	3406	C24					1
A3	48x148	900	C24					1
A4	48x148	148	C24					2
A5	48x148	115	C24					1
R1	48x148	329	C24					1
R2	48x148	2817	C24					1
R3	48x148	554	C24					5
R4	48x148	3467	C24					5
CI	51x200	900	KP					1

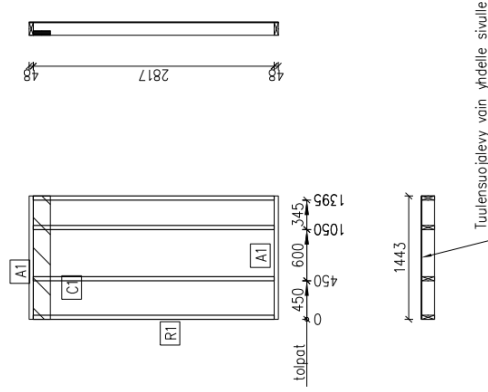
RUNKO 48x148 SISÄPUOLELTA



Ulkopuolelle tuulensuojalevy reunoja myöten

KATKAISULUETTELO				U-12	Pituus	Mot.	Lovia	Kpl
Tunnus								
A1	48x148	1443	C24					2
R1	48x148	2817	C24					4
CI	51x200	1443	KP					1

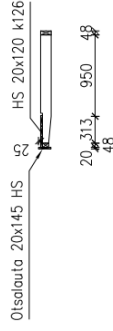
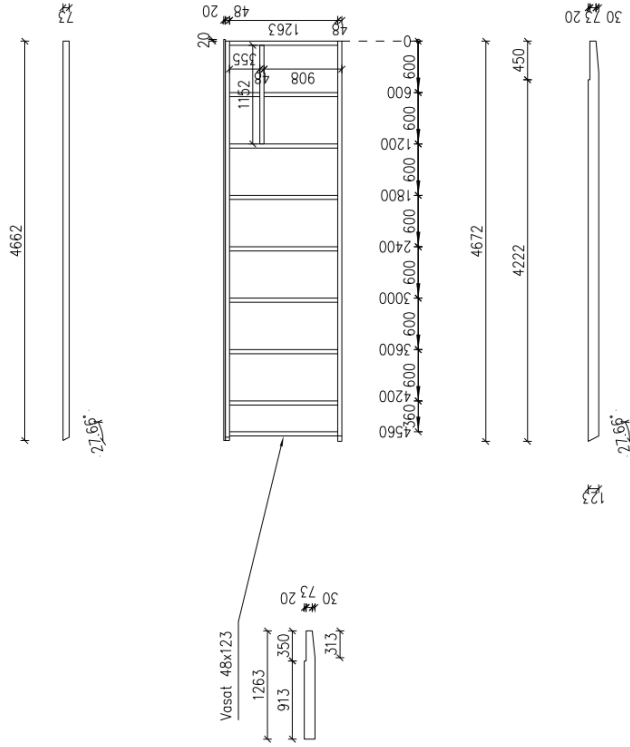
RUNKO 48x148 SISÄPUOLELTA



RAKENNUSLUVAN TUNNUS		NO.
RAKENNUSLUVA	NO.	
TYÖN NIMI		
Suovapolku 3A		
ELEMENTTI		
Kantava puuelementti		
U-11 ja U-12		
MK		
1:50		
SUUNI.		
16.2.2021		
TARK.		
SUUNNITTELIJA		
TYÖN NO.		
PHE. NO.		
RAK		
MUUTOS		
TEKIJÄ		

PUUELEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVIISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKOHDISSA ERISTEIDEN REUNOJEN TULEE OLLA TIIVIIT. KAIKKIEN LÄPIMENTIEN TIIVYYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRY- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMIETÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

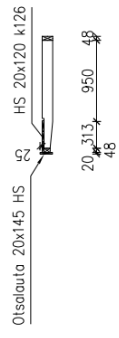
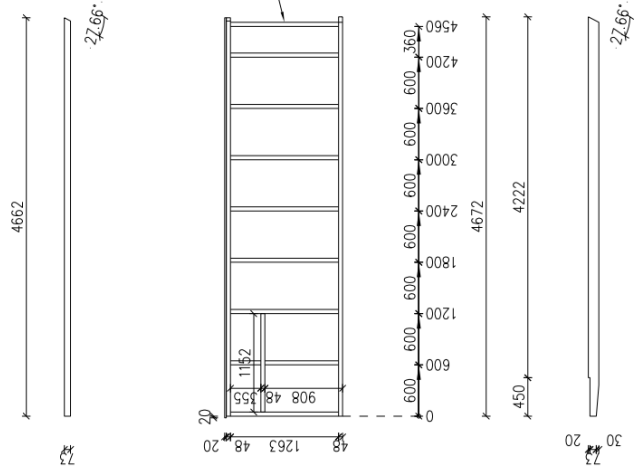
HUOM!
Näitä elementtejä
valmistetaan 2
kappaletta.



PUULEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOSKOHDISSA ERISTEIDEN
REUNOJEN TUULE OLLA TIIVIT. KAIKKIEN LÄPIMENTIEN TIIVEYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRYN- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMITÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
NO.	RAKENNEPIIRUSTUS
TYÖN NIMI	
Suovapolku 3B	
ELEMENNTI	
Röystöselementti	
G-1	
KPL	
MK	1:50
SIIUN.	
PVM	TARK.
10.2.2021	
SUUNNALA	TYÖN NO.
RAK	PIIR. NO.
MUTUOS	
TEIDISTO	

HUOM!
Näitä elementtejä
valmistetaan 2
kappaletta.



PUJELEMENTTI
ELEMENTIN ERISTEET ON ASENNETTAVA TIIVIISTI RUNKOTOLPPIA VASTEN. ERISTEIDEN JATKOKOHDISSA ERISTEIDEN
REUNOJEN TULEE OLLA TIIVIIT. KAIKKIEN LÄPIMENTIEN TIIVEYS PITÄÄ TARKASTAA.
HÖYRYN- JA ILMANSULUN JATKOKSET LIMIETÄÄN VÄHINTÄÄN 150 MM SEKÄ TEIPATAAN HUOLELLISESTI.

RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
NO.	RAKENNEPIIRUSTUS
TYÖN NIMI Suovapolku 3B	
ELEMENTTI Röyستäselementti	
KPL	
MK	
1:50	
SUUNI.	
PVM	TARK.
10.2.2021	
SUUNNALLA	TYÖN NO.
RAK	PIIR. NO.
TEHDISTO	

Liite 11: Elementtisuunnittelun tarkastuskortti



Elementtisuunnittelun tarkastuskortti V1.0 15.1.2021

Elementtitunnus: _____

	Tehty	Huomiot	Suunnittelijan nimi
Runkotolpat tunnuksineen			
Aukot mittoineen			
Vaakakoolaukset			
Vaakapuut tunnuksineen			
Kehäpalkit tunnuksineen			
Ristimitta			
HS-muovien merkinnät			
Eristemitat			
Tolppamitat			
Aukkomitat			
Leikkaus päältä			
Poikkileikkaus			
Katkaisuluettelo			
Nimiö päivitetty			

Suunnittelija on tarkastanut, suunnitelma on valmis
ja tarkastuskortti on täytetty oikein

Jokaiseen ruutuun päiväys, kellonaika ja nimi, kun asia tarkastettu ja kunnossa.
Täytetty lomake kansioon.

Liite 12: Elementtien tarkastuskortti



Elementtien tarkastuskortti

V1.0 25.1.2021

Elementtitunnus: _____

	Päivämäärä	Kellonaika	Työntekijän nimi
Runko vastaa suunnitelmaa			
Nostolenkit asennettu			
Villat rungon tasalla			
Sisäkoolaus merkattu ja kuvien mukainen			
HS muovi asennettu kuvien mukaan			
Ristimitta tarkastettu			
Koolaus asennettu kuvien mukaan			
Elementin kääntö ja villat rungon tasalla			
Ristimitta tarkastettu			
Levytyt/kiinnikkeet kuvan mukaan.			
Ulkopuolen koolaus ja kiinnikkeet kuvan mukaan.			

Työnjohtaja tarkastanut, että valmis elementti vastaa suunnitelmia ja tarkastuskortti on täytetty oikein

Jokaiseen ruutuun päiväys, kellonaika ja nimi, kun asia tarkastettu ja kunnossa.
Täytetty lomake kansioon!!