

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Heikki Mononen

**PUISEN PIENTALON ELEMENTTISUUNNITTELU JA  
RAKENTAMISTAPOJEN VERTAILU**

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2017**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
(013) 260 600

Tekijä  
Heikki Mononen

Nimeke  
Puisen pientalon elementtisuunnittelu ja rakentamistapojen vertailu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Joensuussa toimiva pohjoiskarjalainen rakennusalan yritys. Toimeksiantaja halusi selvittää, minkälaisia hyötyjä omavalmisteisilla puuelementeillä pystyttäisiin saavuttamaan pientalorakentamisessa.

Opinnäytetyössä perehdytään puurunkoisen omakotitalon rakennustapoihin. Työssä esitellään paikalla rakentamista helpottavia järjestelmiä ja tutustutaan puuelementtirakentamiseen yleisellä tasolla. Suunnitteluosuudessa suunnitellaan omakotitalon puuelementit ja laaditaan tarvittavat lupa- ja rakennepiirustukset, joita tarvitaan omakotitalon rakentamiseen. Rakennustapavertailussa selvitetään omavalmisteisilla puuelementeillä saavutettavia hyötyjä verrattuna paikalla rakennettuun, niin kustannusten kuin aikataulun kannalta.

Opinnäytetyön tuloksista voitiin todeta, että omavalmisteisilla puuelementeillä pystyttäisiin saavuttamaan 2,5–4 %:n säästö kokonaisbudjettiarviosta, joka on jo merkittävä säästö tämän kokoluokan hankkeessa. Aikataulullisesti suurin vaikutus elementtiteotuksessa todettiin olevan työmaan kestoon, jota saataisiin lyhennettyä kuukaudella. Kokonaistyöhön käytettävä aika lyhenisi yli kaksiviikkoa.

Kieli

suomi

Sivuja 45

Liitteet 8

Liitesivumäärä 40

Asiasanat

puuelementti, pientalorakentaminen, paikallarakentaminen, rakentamistapavertailu



**THESIS**  
**May 2017**  
**Degree Programme in Civil**  
**Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
(013) 260 600

Author  
Heikki Mononen

Title  
Design of Wooden Prefabricated Elements for a Wooden Detached House  
and Comparison of Building Methods

Abstract

This thesis was commissioned by a North Karelian construction company that operates in Joensuu. The purpose of this thesis was to find out what kind of benefits are achieved by using self-manufactured prefabricated wooden elements for building detached houses.

The thesis concentrates on building methods for a wooden detached house. The thesis introduces construction with wooden prefabricated elements on a general level and introduces facilitating methods for on-site building of wooden detached houses. The planning section of this thesis includes a layout for wooden prefabricated elements of a detached house and the necessary permit and structure drawings needed for building a detached house. In the section concentrating on building method comparison building schedules and costs are compared for an on-site built detached house and wooden prefabricated detached house.

The comparison resulted with findings that considerable 2.5–4% savings can be achieved to the budget by using self-manufactured wooden prefabricated elements. In addition, by using self-manufactured prefabricated elements, the on-site period of the building process is shortened by one month. The duration of the total building process would be shortened by two weeks.

Language

Finnish

Pages 45

Appendices 8

Pages of Appendices 40

Keywords

Wooden prefabricated elements, detached house, on-site building, Comparison of Building Methods

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
1.1	Työn tausta .....	6
1.2	Tavoite ja rajaus .....	6
2	Kohteen esittely .....	7
2.1	Tontti .....	8
2.2	Kohteen pohjaratkaisu .....	8
2.3	Kaavamääräykset .....	10
3	Perustamistapa .....	10
3.1	Maaperätutkimukset .....	10
3.2	Maanvarainen betonilaatta .....	11
3.3	Radon .....	12
4	Paikalla rakentamisjärjestelmät .....	13
4.1	Pre-cut-järjestelmä .....	13
4.2	Platform-runkojärjestelmä .....	15
5	Puuelementtirakentaminen .....	15
5.1	Pienelementtijärjestelmä .....	16
5.2	Suurelementtijärjestelmä .....	17
5.3	Tilaelementit .....	18
6	Puuseinäelementtien ja kantavien rakenteiden suunnittelu .....	19
6.1	Suunnitelun lähtökohdat .....	20
6.2	Energiamääräykset .....	20
6.3	Elementtien rakenne .....	21
6.4	Elementtien liitokset .....	23
6.4.1	Nurkkaliitokset .....	23
6.4.2	Suora liitos .....	27
6.4.3	Elementin liitos perustuksiin .....	28
6.5	Mitat ja toleranssit .....	29
6.6	Kantavat rakenteet .....	31
7	Rakennustapojen vertailu .....	33
7.1	Rakennusosa-arvio .....	34
7.2	Hinta-arvio ulkoseinille paikalla rakentaen .....	36
7.3	Omavalmisteisten puuelementtien hinta-arvio .....	37
7.4	Kustannusten vertailu .....	39
7.5	Aikataulun vertailu .....	40
8	Tulosten yhteenveto ja pohdinta .....	42

Liitteet

Liite 1 Pääpiirustukset

Liite 2 Painokairaustulokset

Liite 3 Elementtipiirustukset

Liite 4 U-arvot

Liite 5 FMC-Group energialaskuri

Liite 6 Rakennepiirustukset

Liite 7 Kuormituslaskelmat, Finnwood 2.3 SR1 mitoitusohjelman tulokset

Liite 8 Hankintahinta -hintaerittäin

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi rakennusalan yritys, joka on erään rakennus- ja maataloustuotteita myyvän yrityksen yhteyteen perustettu melko tuore rakennusalan toimija. Yrityksen tämänhetkinen toimintamalli on rakentaa omakotitaloja myyntiin. Tämä tarkoittaa käytännössä yhtä omakotitaloa vuodessa. Toimeksiantajan tavoitteena on toteuttaa seuraava kohde kustannustehokkaammin ja nopeammalla aikataululla kuin edelliset projektit. Tämä mahdollistaisi kahden kohteen valmistumisen sisävalmistusvaiheeseen talvikauteen mennessä. Näin saataisiin vähennettyä kausivaihtelua rakennustyössä ja työntekijöille mahdollistettaisiin ympärivuotisempaa työtä.

Opinnäytetyössä perehdytään puurunkoisen omakotitalon rakennustapoihin ja pyritään kehittämään yrityksen rakentamismenetelmää kustannustehokkaampaan suuntaan. Työssä esitellään paikalla rakentamista helpottavia järjestelmiä ja tutustutaan puuelementtirakentamiseen yleisellä tasolla. Kohteesta tehdään tarvittavat lupa- ja rakennepiirustukset sekä laaditaan tarvittavat rakennelaskelmat kantaville rakenteille. Työssä suunnitellaan myös kohteeseen puuelementit ja pohditaan niille parhaita rakenneratkaisuja, jotta elementtien valmistus ja toteutus olisivat mahdollisia.

## 1.2 Tavoite ja rajaus

Toimeksiantaja on toteuttanut edelliset kohteensa paikalla rakentaen ja on huomannut, että työkustannukset ovat olleet merkittävä osa kokonaiskustannuksia omakotitaloprojekteissa. Työn tavoitteena on selvittää, kuinka paljon työ- ja materiaalimenekkiä saataisiin pienennettyä omavalmisteisia puuelementtejä

käyttäen verrattuna tavanomaiseen paikalla rakennettuun vaihtoehtoon. Talotehtaitten toimittamat talopakettit lyhentävät rakennusaikaa huomattavasti. Toimeksiantajan yritysmalliin ne eivät kuitenkaan sovi, koska pakettitalojen kustannukset on vaikea saada katettua valmiin kohteen myyntihinnassa. Tämä johtuu siitä, että pakettitalolle ei aseteta enempää arvoa myydessä, vaan myyntihinta määräytyy ennemminkin alueen yleisen hintatason perusteella, olipa rakennustapa paikallarakennettu tai talopaketti. Näin ollen omavalmisteisilla elementeillä pyritään saavuttamaan pakettitalon rakennusvaiheen hyötyjä niin, että hyödyistä muodostuva kate jää yritykselle itselleen. Myös suunnittelu on näin ollen yksilöllisempää eivätkä pohjaratkaisut rajoitu talotehtaitten valmiisiin mallistoihin. Toimeksiantajalla on käytössään elementtien valmistukseen sopivat tilat ja kuljetuskalusto, joten omavalmisteisten puuelementtien toteutus on näiltä osin yritykselle mahdollista.

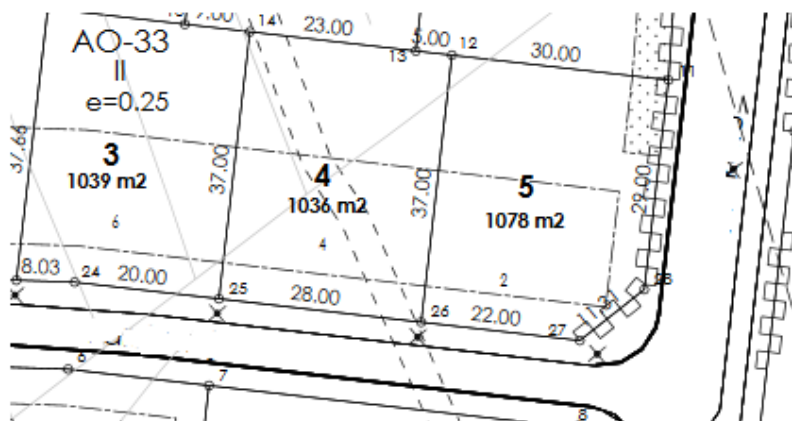
Vertailu rajoittuu suurelementtijärjestelmän ja paikalla rakentamisen välille, koska ne ovat toimeksiantajan kannalta mahdolliset vaihtoehdot. Tämän takia CLT-elementtivaihtoehtoa tai kivitaloa ei käsitellä tässä työssä. Vertailuosuudessa käsitellään kustannuksia materiaalin ja työkustannusten osalta eri vaihtoehdoilla rakennettaessa. Vertailussa verrataan myös aikataulua suurelementein ja paikalla rakentamisen välillä.

## **2 Kohteen esittely**

Tässä luvussa esitellään lyhyesti kohteen rakennuspaikka ja kerrotaan hieman kohteen pohjaratkaisusta ja siitä, miksi kyseiseen ratkaisuun päädyttiin. Lisäksi esitellään Joensuun kaupungin kaavamääräykset, joilla luodaan alueelle yhteistä asuinympäristöä. Koska kaavamääräykset ohjaavat rakentamista ja määrittelevät asuinalueen yleisilmeen, yksittäisen tontin olosuhteisiin ei voida kiinnittää niin paljon huomiota. Suunnittelutehtävissä tulee ottaa huomioon rajoitukset, joita kaavamääräyksissä tontille asetetaan. [2, 7.]

## 2.1 Tontti

Rakennettava tontti sijaitsee eräällä Joensuun uudisrakentamisalueella (kuva 1). Alue on kaavoitettu entisen peltoalueen paikalle, joten alue on hyvin tasaista maastoa. Tontin korttelinumero on 14, joka on erillispientalojen korttelialue AO-33 rakennettavan tontin numero on neljä. Suurin sallittu kerrosluku on kaksi. Tontin pinta-ala on 1036 m<sup>2</sup> ja se on suorakulmion muotoinen. Leveyttä tontilla on 28 m ja pituutta 37 m. Tontin tehokkuusluku on 0,25, joten sallittu kerrosala on  $0.25 \cdot 1036 \text{ m}^2 = 259 \text{ m}^2$ . Rakennusalue on määritetty asemakaavassa. Sen etureuna sijaitsee viiden metrin päässä tontin etureunasta. Rakennusalue on 16 m pitkä ja koko tontin levyinen, joten rakennuksen sijoittelulle on hyvin tilaa.



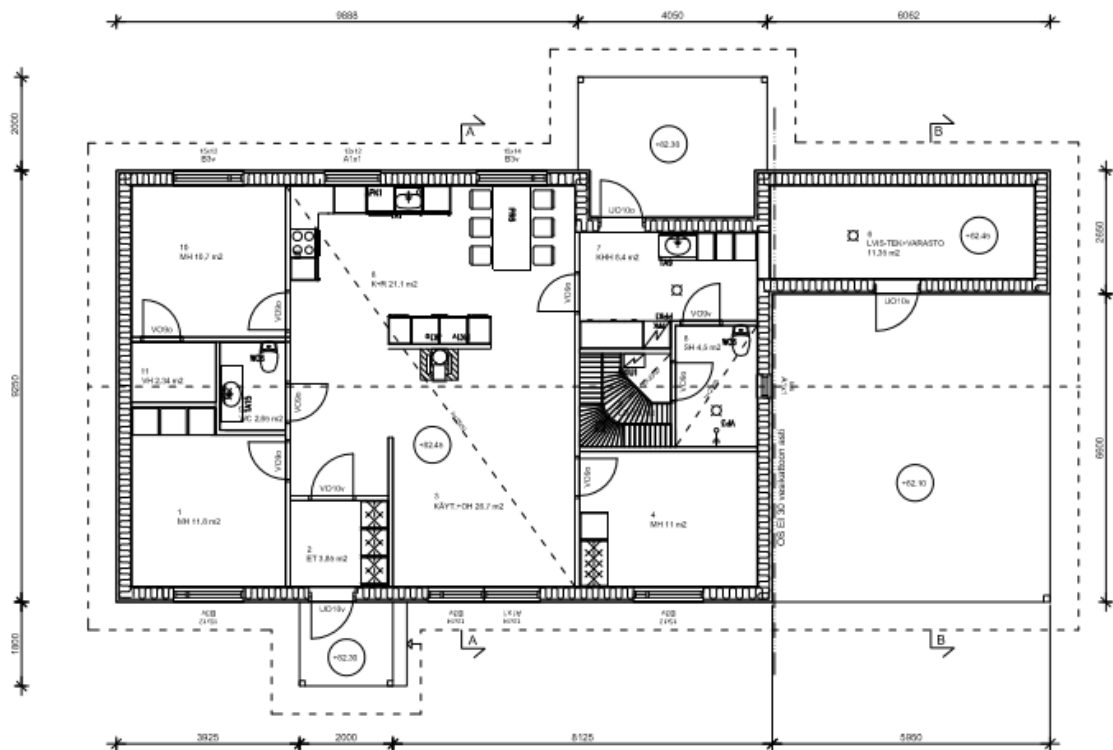
Kuva 1. Rakennettava tontti numero neljä

## 2.2 Kohteen pohjaratkaisu

Alkuperäinen suunnitelma oli toteuttaa kohde ainoastaan julkisivuja muokaten samalla pohjaratkaisulla, jolla yritys oli toteuttanut edellisen omakotitalon viereiselle tontille. Pohjaratkaisua päätettiin kuitenkin muokata, jotta rakennuskustannuksia saataisiin minimoitua, sillä periaatteella, että käytännöllisyys ei kärsisi.



Uuden pohjan (kuva 2) kerrosala on 142 m<sup>2</sup>, huoneistoala 111 m<sup>2</sup>, katosten pinta-ala 42 m<sup>2</sup> ja rakennuksen lämmin tilavuus 426 m<sup>3</sup>. Suunniteltu rakennus ei sisällä enää erillistä teknistä tilaa, kuten aiemmat kohteet, vaan LVIS-tekniikka on sijoitettu lämpimän varaston yhteyteen. Autokatoksen päässä on yksi suurempi lämmin varasto kahden erillisen pienemmän kylmän ja lämpimän varaston sijaan. Näillä muutoksilla käyntiovien määrää saatiin vähennettyä. Sauna ei sijaitse enää ulkoseiniä vasten, kuten aiemmassa kohteessa, joten ulkoseinien rakennetta ei tarvitse näiltä osin muuttaa elementtejä valmistettaessa. Lisäksi suorat ulkoseinälinjat eivät ole enää niin pitkiä kuin alkuperäisessä suunnitelmassa, mikä helpottaa elementtien suunnittelua. Kohteen lopulliset pääpiirustukset on esitetty liitteessä 1.



Kuva 2. Suunnittelemani pohjaratkaisu

### 2.3 Kaavamääräykset

Rakennusta suunniteltaessa on otettava huomioon kaupungin asettamat kaavamääräykset. Määräysten mukaan julkisivumateriaali tulee olla kiviainesta tai maalattua puuta. Alueen rakennuksiin täytyy rakentaa lapekatto. Yksikerroksisissa asuinrakennuksissa kattokaltevuuden on oltava kadunpuoleisella lappeella 1:2 ja pihanpuolella 1:2 tai 1:3. Korttelissa 14 tulee pelti tai tiili katteen värin olla punainen. Tontit on aidattava korttelirajoille istutettavilla pensasaidoilla. Rakennus tulee sijoittaa vähintään neljä metriä irti naapurirajoista, jolloin rakennusten väli jää vähintään kahdeksaan metriin. Rakennusalan saa ylittää kadunpuolella enintään kaksi metriä pitkällä kuistilla tai katoksella enintään neljän metrin matkalla. Erillispientaloille on varattava vähintään kaksi autopaikkaa asuntoa kohden. [1, 8.]

## 3 Perustamistapa

Perustukset johtavat rakennuksen kuorman maaperälle. Kuormaa syntyy rakennuksen rakenteiden omasta painosta, katolle muodostuvasta lumikuormasta sekä tuulikuormasta. Rakennuspaikan perustamistavan määrittävät maaperän kantokyky, pohjaveden korkeus ja maaston muodot. Perustusrakenteiden suunnittelua varten on siksi aina tehtävä pohjatutkimus, jolla selvitetään maapohjan rakenne. [2, 6.]

### 3.1 Maaperätutkimukset

Kaupunki on suorittanut alueelle painokairauksia (liite 2), joista viisi kappaletta on suoritettu korttelialueelle 14. Vaikkakin kairauspisteet sijaitsevat viereisillä tonteilla, (kuva 3) maaperästä saa tarkan kuvan näiden näytteiden avulla, koska maan koostumus ei juurikaan vaihtele alueelta otettujen painokairausnäytteiden perusteella. Tästä syystä tontilta ei oteta enää erillistä painokairausnäytettä.



Kuva 3. Painokairauspisteet

Joensuun kaupungin korttelikohtaisesta rakennettavuusselvityksestä käy ilmi, että kevytrakenteiset pientalot voidaan perustaa maanvaraisesti anturaperustukselle tai reunavahvistetulle laatalle. Perustamistaso suositellaan pidettäväksi kuivakuorikerroksessa. Massanvaihtoon joudutaan varautumaan, mikäli perustuksia tehdessä joudutaan puhkaisemaan kuivakuorikerros, jotta riittävä maapohjan kantavuus voidaan varmistaa. Lähialueella tehtyjen pohjavesihavaintojen, sekä kuivakuoren perusteella, pohjaveden on arvioitu sijaitsevan noin 2 metrin syvyydessä maanpinnasta mitattuna. Minimi perustussyvyys on 0,5 m. Keskimääräinen routimaton perustamissyvyys on kylmissä rakennuksissa 2,3 m kun taas lämpimissä rakennuksissa seinälinjalla 1,5 m ja nurkissa 1,8 m. Rakenteet täytyy routasuojata, mikäli ne perustetaan routimattoman perustamissyvyyden yläpuolelle. Kun rakenteet voidaan ajatella keskeisesti kuormitetuiksi, alustavana geoteknisenä kantavuutena laskelmissa voidaan käyttää arvoa  $p=50$  kPa. [3, 31–32.]

### 3.2 Maanvarainen betonilaatta

Maanvarainen betonilaatta on perustustyyppinä hyvin yleinen ja se soveltuu parhaiten rakennuspaikoille joissa korkeuserot ovat pienet. Tontin tasaisuuden vuoksi pihan kallistukset on tehtävä täyttömaasta. Tästä johtuen perustamis-

syvyys on helppo saavuttaa pienemmillä kaivuutöillä ja kantavaa maakerrosta ei tarvitse puhkaista. Suositeltava vähimmäisperustus syvyys on 600 mm, johon luetaan myös mahdollinen anturan alla oleva routimaton täyttö. Maapinnan yläpuolisen näkyvän perustusosan tulisi olla vähintään 300 mm. [2, 40.]

Kun haluttu kaivutaso on saavutettu, asennetaan salaojat ja tarkistuskaivot paikalleen. Salaojien ympärille asennetaan salaojasorastus. Riittävän kantavuuden varmistamiseksi perustusten alle asennetaan kaivutasoon suodatinkangas, jonka päälle tehdään 0,5 m paksu murskearina, joka toimii myös kapilaarikatkona. Lautatavaran säästämiseksi anturamuotti tehdään harkoista ja muovitetaan sisäpuolelta. Antura on 600 mm leveä ja teräksinä kaksi kappaletta 10 mm harjateräksiä. Perusmuuri muurataan 200 mm leveästä ponttiharkosta ohutsaumalaastilla. Ylin kierto muurataan 150 mm leveällä harkolla. Sokkelin alareunaan liimataan huopa ja asennetaan patolevy, tulevan maanpinnan tasaan. Näin ehkäistään ympäröivän kosteuden kosketus sokkeliin, sekä ohjataan kondensoitunut vesi salaojiin.

Sisäpuolen lämmöneristeen asennuksen jälkeen voidaan asentaa täyttömaat. Alueen kaivumassat eivät sovellu rakennuksen ulko- tai sisäpuolisiin täyttöihin, vaan täyttömaat on tilattava muualta. Kaivumassat soveltuvat luiskaverhouksiin ja pihamaan muotoiluun multakerroksen alle. Maarakennustöissä on huomioitava, että pohjamaa häiriintyy kaivurin aiheuttamasta tärinästä helposti keväällä, kun maa on vielä märkä. [3, 33.]

### **3.3 Radon**

Rakennusalueelle ei ole tehty radontutkimuksia, mutta voidaan kuitenkin olettaa, ettei maaperä rakennusalueella ole radonkaasun esiintymiselle herkkää aluetta maaperäolosuhteidensa takia. Rakennuksen sisätäyttöön muualta tuotava kiviaines voi kuitenkin sisältää ohje-arvon ylittävän määrän radonkaasua, joten rakentamisessa radonsuojaus otetaan huomioon RT 81-10791 ohjekortin mukaisesti. [3, 32]

## 4 Paikalla rakentamisjärjestelmät

Paikalla rakentaminen on perinteisin pientalon rakennusmuoto ja tarkoittaa sitä, rakennuksen runko rakennetaan kokonaan työmaalla pitkästä puutavarasta. Paikalla rakentaminen on yhä suosittua huolimatta elementtirakentamisen lisääntymisestä. Paikalla rakentaminen voi olla kilpailukykyinen vaihtoehto silloin, kun suunnitteluratkaisut, käytettävät tuotteet ja työmenetelmät ovat keskenään yhteensopivia. [4, 3.]

Tässä luvussa esitellään kaksi rakennusjärjestelmää, joilla on mahdollista tehostaa ja teollistaa perinteistä paikalla rakentamista.

### 4.1 Pre-cut-järjestelmä

Pre-cut-järjestelmää hyödynnetään paljon etenkin pientalorakentamisessa. Pre-cut tarkoittaa esikatkaisua. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että rungon osat lyhennetään ja lovetaan valmiiksi ennen työmaalle kuljetusta. Suunnittelu on keskeisessä asemassa pre-cut-rakentamisessa. Tämä johtuu siitä, että rakenteista on oltava tarkat piirustukset, jotta rakenteiden osia voidaan valmistaa juuri oikea määrä ennakoon. Suunnittelu muodostuu suurimmilta osin työpiirustusten laatimisesta, materiaalilaskelmista ja rakennustyön suunnittelusta. Teknisten ratkaisujen lisäksi työpiirustuksista saadaan selville materiaalien tarkat menekkimäärät runkotavaroiden osalta. Rungon osista voidaan myös laatia osaluettelo, jonka avulla puutavara teollisesti esivalmistetaan. Valmiiksi tehtyjä osia voivat ovat esimerkiksi runkotolpat, ikkuna- ja ovipielet, tuuletusrimat, sisäpuolinen koolaus pystyyn koolattaessa, ulkokuoripaneelit pystysuuntaan paneloidessa sekä päätypoikaset. Kuistien liimapuutolpat ja kuistien poikaset voidaan lyhentää tasausvaraansa ennen työmaalle tuontia. Räystään aluslaudat, vesikatto-ruoteet ja seinän vaakapaneelit kannattaa toimittaa työmaalle ennemmin pituuspaketoituna kuin määrämittaan katkottuna. [5, 57.]

Työmaalle toimitettavien asennusohjeiden tulee olla riittävän selvät ja yksinkertaiset, jotta työmenekki pysyy mahdollisimman pienenä. Myös pakettien varastointiin tulee kiinnittää huomiota työmaalla, varsinkin jos niitä joudutaan pinoamaan päällekkäin ahtailla pihoilla. Pakettien tulee sisältää myös sisältöluettelot. Pre-cut-rungon pystytys sisältää samat työvaiheet, kuin normaali paikalla rakentaminen. Työvaiheisiin sisältyy yleensä erilaisia työtekniikoita, jotka on hyvä olla hallussa ennen pystytyksen aloittamista. [5, 58.]

Pre-cut-järjestelmä mahdollistaa täysin vapaan arkkitehtuurisen suunnittelun ja se on kaikista joustavin olemassa oleva järjestelmä. Kuitenkin standardimitoista poikkeaminen, kuten normaalia korkeammat huonekorkeudet, heikentävät taloudellisuutta. Järjestelmä on tehokkaimmillaan silloin, kun arkkitehtuuri ja rakennustekniikan vaatimukset kulkevat käsikkäin. Tämä tarkoittaa sitä että, standardimittaiset valmisteet sopivat runkoon ilman erillistä muokkausta. Standardimittaiset sahatavarapituudet sopivat hyvin pre-cut-rakentamiseen. [5, 58.]

Puutavaran teollisella esivalmistuksella voidaan pudottaa materiaalihukka jopa 3 %:iin, kun normaalisti se saattaa työmaaolosuhteissa nousta jopa 25 %:iin. Valmisosia on saatavilla rakennustarvike myymälöistä, tosin hinta on pitkän puutavaran hankintahintaa kalliimpi määrämittaisuuden takia. Materiaalihukan minimointi perustuu parempaan materiaalin käytön suunnitteluun ja puutavaran valikoivaan käyttöön. Puutavaran käytön optimoinnin lisäksi pre-cut-rakentamisessa pyritään minimoimaan varastointi- ja rahtikuluja, sekä kuljetusvaurioita. Koska järjestelmä on suuresti työmaapainotteinen, ei materiaalivalintoja ja rakenteiden suunnittelua tehdessä kannata välttämättä aina valita edullisinta hintaa vaan nopein toteutus, koska pre-cut-järjestelmän edullisuus perustuu työkustannusten minimointiin. Oikein toteutettu pre-cut-talo, jossa kaikki työt nopeuttavat rakenneratkaisut ja järjestelmän hyödyt on huomioitu, on huomattavasti nopeammin pystyssä verrattuna tavanomaisesti paikalla rakennettuun taloon, jossa kaikki työvaiheet, jopa osa rakennustapa ratkaisuista tehdään työmaalla. Näin ollen rakennus saadaan säältä suojaan nopeasti, kuten elementtitoteutuksellakin, verrattuna tavanomaisesti paikalla rakennettuun. Tästä syystä pre-cut-menetelmä parantaa myös kosteuden hallintaa verrattuna

normaaliin paikalla rakentamiseen. Kosteuden hallintaa parantaa myös se, että pre-cut-rungon osat valmistetaan sisätiloissa. [5, 58–59.]

## 4.2 Platform-runkojärjestelmä

Platform-järjestelmä tarjoaa kehittyneen ja nopean menetelmän paikalla rakentamiseen. Se sopii erityisesti kerrokselliseen rakentamiseen ja sen etuja ovat nopea pystytettävyyden ja toimivaksi todetut rakenteet. Se soveltuu arkkitehtuurin puolesta monen tyylisiin ja kokosiin rakennuksiin, joiden pohjaratkaisujen muoto voidaan valita vapaasti. Kuitenkin arkkitehtisuunnittelussa tulee ottaa huomioon vakio-osiin perustuva mitoitus pystysuunnassa. [6, 14]

Platform-järjestelmän perusidea on pystyrungon katkaisu välipohjien kohdalla. Kunkin kerroksen seinät muodostavat oman runkokokonaisuutensa, jotka jäykistetään rakennuslevyillä. Tämä vähentää puun kosteusvaihtelusta johtuvaa rakenteissa tapahtuvaa mittamuutosta, koska kukin kerros saa elää omaan tahtiinsa. Ensin tehdään alapohja, jota käytetään työtasona, jonka päällä seinät rakennetaan runkoelementeiksi ja nostetaan pystyyn. Seuraavan kerroksen välipohja jäykistetään rakennuslevyillä ja se toimii taas työtasona seuraavan kerroksen seinille. Määrämittaiset pystyrakenteet mahdollistavat valmiiksi mitaan katkotun puutavaran käytön. Platform-järjestelmä ei vaadi raskasta nostokalustoa tai telinejärjestelyjä työmaalle, koska työtasojen päälle rakentuvat runkoelementit ovat kevyitä käsitellä. [5, 61–62]

## 5 Puuelementtirakentaminen

Puuelementtirakentamisella pyritään nostamaan rakennuskohteen esivalmiusastetta, jonka pitäisi näkyä rakennustyön tuottavuuden ja laadun parantumis-

na. Omakotitaloa rakennettaessa työkustannusten osuus on aina merkittävä. Jos kokonaistyöpanosta pystytään pienentämään, voidaan saavuttaa projektin kokonaiskustannuksiin nähden merkittäviäkin säästöjä. Rakennusajan pääomakustannukset pienenevät rakennusajan lyhetessä. [7, 13]

Paikalla rakennetun omakotitalon runko alistuu erilaisille sääolosuhteille runko-työvaiheessa. Vaikka aluskate saadaan päälle yleensä melko nopeasti, vaaka-sade pääsee silti kastelemaan runkoa. Tämän takia on aina hyvä varmistua siitä, että runko on kuiva, ennen kuin ulko- ja sisäpuolet suljetaan. Elementtirakentamisessa suurin osa runkotöistä on siirretty sisätiloihin säältä suojaan. Näin ollen haitallisten sääolosuhteiden vaikutus työmaalla saadaan minimoitua [7, 13].

## **5.1 Pienelementtijärjestelmä**

Pienelementtitalo muodostuu nimensä mukaisesti pienistä, yleensä enimmillään 1200 mm leveistä valmisseinäelementeistä. Pienelementtijärjestelmän idea on se, että ulkoseinäelementit voidaan asentaa ilman nostokalustoa miesvoimin. Ulkoseinäelementit toimivat rakennuksen kantavana rakenteena ja ne valmistetaan yleensä koko seinän korkuisiksi 3M-leveysmoduuliin. Elementtien seinärakenne on samanlainen, kuin paikalla rakennetun talon seinärakenne, lukuun ottamatta pystysaumoja, jotka ovat tyypillisiä pienelementein rakennetussa talossa. [5, 63.]

Pienelementtien rakenneratkaisut ja komponentit on vakioitu. Tämä nopeuttaa rakennesuunnittelua sekä määrälaskentaa. Pohjasuunnittelu on pienelementtirakentamisessa melko vapaata ja se mahdollistaa monimuotoiset pohjaratkaisut, mutta ne täytyy kuitenkin mukauttaa järjestelmään soveltuvaksi elementtien leveyden mukaan. Pienelementtirakentaminen sopii parhaiten yksikerroksisiin rakennuksiin omatoimirakentajalle, koska elementit voidaan asentaa omatoimisesti työmaalla. Rungon pystytyksen keveyden ansiosta työryhmän koko voidaan pitää pienenä ja nostot voidaan suorittaa ilman raskasta nostokalustoa.



Elementtien toimitusajat ovat yleensä lyhyet, koska elementit on vakioitu, joten niitä voidaan tehdä varastoon. Tämä lyhentää rakentamisen kausivaihtelua elementtitehtailla. Pienelementit mahdollistavat talvirakentamisen myös työmaalla. Pienelementtijärjestelmän tehdastyön valmiusaste on melko alhainen. Tehdastyön osuus on vain noin 7–10 % kokonaistymäärästä, eikä se jouduta rakennustyötä työmaalla kuin runkovaiheessa. Ulkoseinien runsas pystysaumojen lukumäärä rajoittaa myös osaltaan ulkonäkövaihtoehtoja. [5, 67.]

## 5.2 Suurelementtijärjestelmä

Suurelementtijärjestelmää voidaan hyödyntää niin pientalorakentamisessa, kuin kerrostalorakentamisessa. Suurelementtijärjestelmään perustuvassa kerrostalorakentamisessa rakennuksen eri osat, kuten ylä-, ala- ja välipohjat, sekä ulko- ja sisäseinät valmistetaan suurelementeistä. Pientalokohteissa elementein toteutetaan yleensä kantavat ulkoseinät, rakennuksen päätykolmiot sekä päätyräystäät. Suurelementit ovat yleensä koko seinän kokoisia levyelementtejä, joita voidaan valmistaa eri valmiusasteisina. Ulkoseinäelementit ovat koko seinän korkuisia ja pituus vaihtelee 0,3 m:stä 14 m:in Elementtien kokoa rajoittavat lähinnä vain kuljetustekniset seikat. Suurelementtien asennustyö vaatii aina työmaalle nosturin elementtien koon ja painon takia. Tämä seikka erottaa pien-, ja suurelementtitoteutuksen parhaiten toisistaan. [5, 68.]

Suurelementtijärjestelmä tarjoaa melko vapaat kädet suunnittelijalle ja se onkin pre-cut-järjestelmän jälkeen eniten vapausasteita tarjoava järjestelmä. Elementtein toteutettavan talon suunnittelu ei juurikaan eroa perinteisesti paikalla rakennettavan puutalon suunnittelusta. Rakennushankkeen taloudellisena pitämiseksi, tulee suunnittelussa kuitenkin käyttää tietynlaista systematiikkaa niin arkkitehtuurissa, kuin rakennesuunnittelussakin. Vaikka suurelementtijärjestelmä mahdollistaa enemmän muunneltavuusvaihtoehtoja rakenteellisesti ja arkkitehtonisesti kuin pienelementtijärjestelmä, se perustuu silti pääosin 3M:n moduuliverkkoon kuten pienelementtijärjestelmäkin, mutta sallii myös 1M:n verkon hyödyntämisen. [5, 68.]

Suurelementit valmistetaan lähes aina korkeampaan valmiusasteeseen kuin pienelementit. Korkeasta valmiusasteesta johtuen elementtejä ei voida valmistaa juurikaan varastoon, koska yleensä jokaisella asiakkaalla on omat toiveet ja vaatimukset rakennuksen suunnitelman suhteen. Suurelementit valmistetaan elementtitehtaitten elementtilinjoilla, joilla valmistus on jaettu eri työvaiheisiin. Näitä ovat osien valmistus, esikasaus, rungon kasaus, viimeistely, pakkaus ja lähetys. Kun vakiomittaiset rungon osat on saatu valmiiksi, ne esikasataan. Esikasauksessa valmisosiin liitetään tarvittavat puusepäntuotteet. Tämän jälkeen runko kasataan piirustusten mukaisiksi runkoelementeiksi esikasatuista osista ja muista runkotarvikkeista. Runko villoitetaan, jonka jälkeen asennetaan höyrynsulkumuovi, sisäkoolaus, tarvittavat sähköasiat ja sisäverhouslevyt. Tämän jälkeen elementti käännetään ympäri ja siihen asennetaan tuulensuojalevytys, koolaukset ulkoverhoukselle ja pohjamaalatut ulkoverhouspaneelit. Elementin viimeistelyvaiheessa elementti tarkistetaan ja siihen kiinnitetään ikkunoitten vesipellitykset sekä verhouslaudat. Kun suurelementit ovat valmiit, ne suojataan säänkestävästi ja pakataan sopiviin nippuihin kuljetusta varten. [5, 69–71.]

Elementtitalotehdas vastaa yleensä elementtien asennuksesta. Jotta suurelementtien asennus onnistuu, täytyy perustusten olla kuvien ja suunnitelmien mukaiset. Sokkelin korkeus- ja vaakamitoituksessa saa olla enintään 5 mm heittoa. Lisäksi perustusten ulko- ja sisäpuolisen täytön täytyy olla valmiina ja tontilla täytyy olla tarvittava tila nosturille, elementeille ja kattotuoleille. [5, 71]

### **5.3 Tilaelementit**

Tilaelementtirakentamisessa pyritään siihen, että työmaalle jäisi mahdollisimman vähän työtä. Tilaelementti muodostaa kokonaan rakennuksen yhden asunto- tai muun vastaavan tilan, joka on viimeistely pintamateriaaleja ja talotekniikkaa myöden täysin valmiiksi. Tilaelementit soveltuvat hyvin omakoti- ja rivitalorakentamiseen. Tällaisissa kohteissa tilaelementit suunnitellaan yleensä kuljetus- ja asennusolosuhteitten puitteissa. Tilaelementein rakennetun omakotitalon koko rakennusaika on vain noin 4 viikkoa. Tilaelementtejä voidaan hyödyntää myös kerrostalorakentamisessa. Esimerkiksi kylpyhuoneet ja hissikone-

huoneet ovat tyypillisiä tilaelementein toteutettavia tiloja julkisissa rakennuksissa sekä kerrostalo kohteissa, koska tämän tyyppisissä rakennuksissa näitä tiloja on paljon ja ne ovat samanlaisia. Tästä syystä ne voidaan vakioida ja saada aikaan toistuvuutta. Rakenteiden vakiointi tehostaa valmistusta ja on kullakin valmistajalla yleensä oman kehitystyön tulosta. Tilaelementtien varastointiajat pidetään mahdollisimman lyhyinä ja ne pyritään valmistamaan ja toimittamaan työmaalle JOT (Just On Time) -periaatteella. [5, 74–76.]

## **6 Puuseinäelementtien ja kantavien rakenteiden suunnittelu**

Opinnäytetyössä tarkasteltavan kohteen suunniteltavat ulkoseinäelementit perustuvat avoimeen puurakennusjärjestelmään. Järjestelmä on levyjäykisteinen kantava rankarakenne, jonka rakenteet perustuvat RT-ohjekortteihin RT 82-10820 ja RT 82-10838. Järjestelmän perusteena ovat samat rakenteelliset valmisosat kuin paikallarakentamisessa. Tällöin toteutuksessa voidaan yhdistellä eri valmiusasteisia toimintatapoja [7, 15]. Seinärakenteen suunnittelussa on käytetty apuna D3 energiamääräyksiä, sekä RT-ohjekorttia RT 82-11006. Liitosdetaljien suunnittelussa apuna on käytetty RT-ohjekortteja RT 82-11171 sekä RT 82-11006. Jokaisesta erilaisesta elementistä on laadittu oma piirustus, jotka ovat nähtävissä liitteessä 3. Elementtien sijoittelu kaavio on nähtävissä liitteessä 6.

Luvussa kerrotaan myös kantavien rakenteiden suunnittelusta. Kantavat rakenteet ovat kohteessa paikalla tehtäviä rakenteita, kuten anturat, pilarianturat sekä autokatoksen kantavat palkit sekä pilarilinjat. Kantavien rakenteiden laskelmat on esitetty liitteessä 4.

## 6.1 Suunnitelun lähtökohdat

Elementein toteutetussa rakennuksessa jo pohjaratkaisua mietittäessä on otettava huomioon elementtitoteutus. Liitokset ovat suunnittelun kannalta aina haastavia varsinkin julkisivuverhouksen jatkuvuuden kannalta. Tavoite oli suunnitella pohja niin, että elementtisaumoja ei tarvitsisi sijoittaa suorille ulkoseinille, koska jos elementtisaumat halutaan häivyttää julkisivusta, verhous on osittain asennettava paikan päällä. Elementtien leveys voi vaihdella tapauskohtaisesti. Kuljetuksen ja käsiteltävyyden kannalta elementtien maksimileveys on kuitenkin noin 10 m. Kuljetus- ja asennusteknisistä syistä julkisivuverhous voi jatkua elementin rungon ohi eri suunnissa rajoitetusti, joten tästäkin syystä liitosten minimointi on järkevää. Jos kuitenkin saumoja on pakko tehdä, ne kannattaa sijoittaa väliseinän kohdalle, jotta sisäverhouslevyn asentamisessa ei tule ongelmia. Jos sauma jää sisäpuolella näkyvälle paikalle, sisäpinnoitteessa saattaa esiintyä jälkikäteen halkeilua. [7, 22.]

Elementin valmiusaste määrittää elementin painon. Suunniteltu valmiusaste kyseessä olevassa kohteessa on täyselementti, eli ulkopuolelle ulkoverhous on asennettu paikalleen ja sisäpuolella on kipsilevyypinta. Elementtien painot täytyi kuitenkin varmistaa, koska yrityksen käytössä on vain tietyllä nostokapasiteetilla varustettu nosturi, joten paino pitää olla tiedossa ongelmien välttämiseksi asennusvaiheessa.

## 6.2 Energiamääräykset

Seinäelementtien, yläpohjan ja alapohjan rakennetta mietittäessä on otettava huomioon se, että uudet D3 energiamääräykset ohjaavat tavoitteelliseen energiatehokkuuden suunnitteluun. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelun alkuvaiheessa E-luvulle asetetaan tavoitearvo ja valitaan perusratkaisut, joilla haluttu E-luku pyritään saavuttamaan. E-luku tarkoittaa rakennuksen kokonaisenergiankulutusta se ilmaistaan muodossa kWh/(m<sup>2</sup>vuosi), joka ilmoittaa ostoenergian

kulutuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Lämmitystapa ja muutkin tekniset perusratkaisut oli valittava hyvissä ajoin ennen rakentamisen aloittamista jo suunnittelu vaiheessa. Jos taloon valitaan tehokas lämmitysjärjestelmä, kuten maalämpö, rakenteet voidaan suunnitella melko kevyiksi, koska eristemäärät saadaan pienemmiksi. Mikäli pientalo halutaan tehdä sähkölämmityksellä, ohjaa E-lukuvaatimus lähes passiivitalon tasoisen rakennusvaiheen suunnitteluun. [9, 40.]

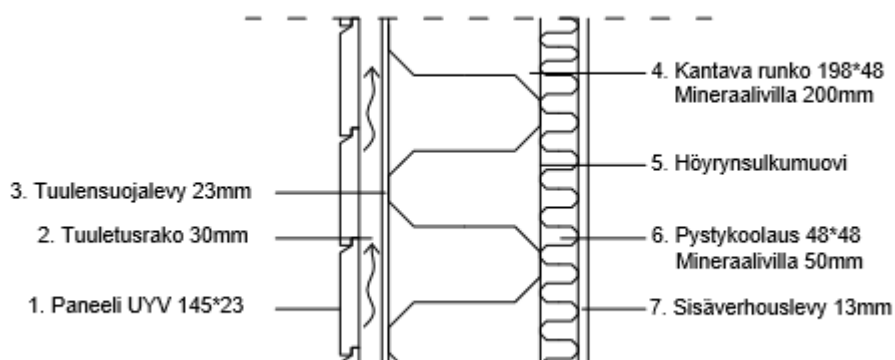
Rakennusvaiheen suunnittelun ja rakennusosien U-arvojen (liite 4) laskemisen jälkeen oli varmistettava, ettei rakennuksen kokonaisenergiankulutus olisi liian korkea. Kokonaisenergiakulutuksen laskeminen tapahtui FMC Groupin laatimalla E-lukulaskurilla (Liite 5). Uudisrakennuksen tulee täyttää vähintään energiatehokkuusluokan C vaatimukset. Energiatehokkuusluokan C kokonaisenergiakulutuksen yläraja on 204 kWh/(m<sup>2</sup>vuosi). Kohteen lämmitysjärjestelmä on suunniteltu toteutettavaksi sähköisellä lattialämmityksellä. Jotta uudisrakennusten määräystaso toteutuisi, täytyy lämmitysjärjestelmää tehostaa varaavalla takalla ja ilmalämpöpumpulla. Näillä toimenpiteillä ja suunnitelluilla rakenteilla päästiin 195 kWh/m<sup>2</sup> vuosikulutukseen. Virallisen energiatodistuksen kohteeseen on laatinut Joen Energiatalo. Kokonaisenergiakulutuksen arvoksi saatiin 197 kWh/m<sup>2</sup>, joten alustavassa arviossa päästiin hyvin lähelle virallisen energiatodistuksen arvoa.

### 6.3 Elementtien rakenne

Suunniteltu seinäelementtien rakenne on samanlainen, kuin paikalla rakennettaessa. Seinärakenteen sisäpintaan tulee asentaa höyrynsulku, jolla on riittävä vesihöyryvastus. Ilmatiiveyden varmistamiseksi höyrynsulun tarpeetonta rei'itystä tulee välttää esimerkiksi sähköasennuksia tehtäessä. Tästä syystä höyrynsulkukalvo on hyvä asentaa 50 mm:n päähän sisäpinnasta koolauksen ja rungon väliin. Toinen vaihtoehto on asentaa höyrynsulku sisäverhouksen taakse niin löysälle, että sähköasennukset saadaan tehtyä pintamateriaalin ja höyrynsulun väliin ilman kalvon rei'ittämistä. Jos lämmöneristettä asennetaan höy-

rynsulkukalvon sisäpuolelle, vähintään  $\frac{3}{4}$  lämmöneristeen kokonaispaksuudesta tulee sijaita höyrynsulun ulkopuolella. Höyrynsulun sisäpuolinen koolaus vaakaan asennettuna parantaisi seinärakenteen U-arvoa, koska lämmöneriste tässä tapauksessa kulkisi ristiin runkotolppien päältä ja näin ollen kylmäsilta-vaikutus vähenisi. Koolaus on kuitenkin suositeltavaa asentaa pystyyn runkotolppien mukaisesti, jos höyrynsulun sisäpuolella käytetään lämmöneristettä. Pystykoolaus pienentää homehtumisriskiä höyrynsulun sisäpinnalla runkopuun kohdalla. Pystyyn koolatessa kylmäsiltojen vaikutusta saadaan vähennettyä asentamalla rakenteen ulkopintaan hyvin lämpöä eristävä tuulensuojalevy. [8]

Seinäelementtien rakenne suunniteltiin seuraavanlaiseksi (Kuva 4). Ulkoverhous tehdään 145\*23 mm UYV-paneelistä vaakaan. Paneelin taakse asennetaan 30 mm paksu tuuletusrima koolaus rungon suuntaisesti. Tuulensuojalevyinä käytetään 13 mm paksua huokoista puukuitulevyä, jotta runkotolppien kylmäsilta-vaikutusta saadaan hieman vähennettyä. Kantava runko tehdään 48\*198 mm mitallistetusta C-24-lujuusluokitellusta puutavarasta. Rungon väliin asennetaan 200 mm paksu Isover KL-33-mineraalivillaeriste. Höyrynsulku asennetaan kantavan rungon sisäpintaan. Höyrynsulun päälle asennetaan pystykoolaus kantavien runkotolppien kohdalle ja koolauksen väliin 50 mm paksu mineraalivillaeriste. Sisäpintaan asennetaan 13 mm paksu Gyproc EK-kipsilevy. Edellä mainitulla seinärakenteella saadaan seinän U-arvoksi 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Rakentamismääräysten mukainen U-arvojen vertailuarvo ulkoseinälle on 0,17 W/m<sup>2</sup>K [9, 31].



Kuva 4. Suunniteltu seinärakenne U-arvoltaan 0,16 W/m<sup>2</sup>k

## 6.4 Elementtien liitokset

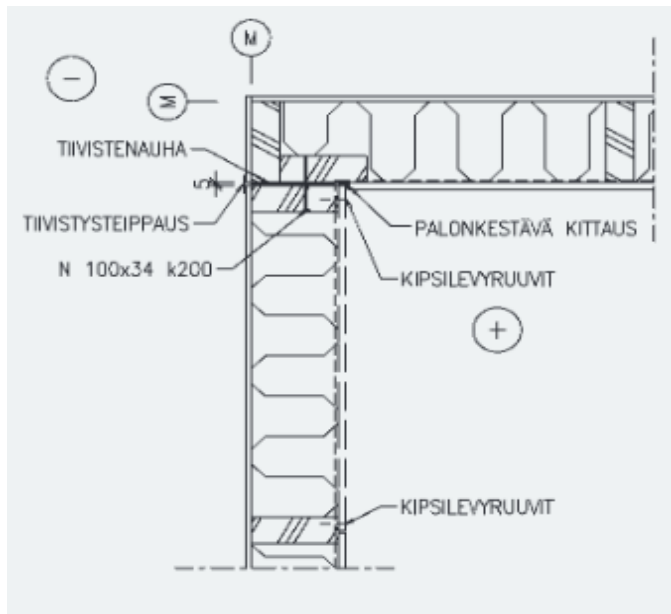
Vaikka talo on hyvin eristetty ja rakennettu laadukkailla materiaaleilla on tärkeää kiinnittää huomiota rakennusosien välisten liitosten toteutukseen. Hyvin tehdyt liitokset varmistavat rakennusvaipan ilmanpitävyyden ja katkaisevat liitosten viimamaiset kylmäsiljat. Kylmäsiltojen lämpöhäviöt voivat olla suuria, jos kylmäsiltojen minimointiin ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. [9, 60–61.]

Elementtien liitoksille asetettavat toiminnalliset vaatimukset määräytyvät pääasiassa liitosten kestävyuden ja rakentamismääräysten asettamien ehtojen mukaan. Jotta työmaalla tapahtuva asennustyö olisi mahdollisimman sujuvaa, elementtien liitoksia suunniteltaessa tulee huomioida liitosten asennustekniset vaatimukset. Liitokset tulee suunnitella niin, että ne ovat riittävän lujia, mutta niillä on silti hyvät lämpöominaisuudet. Liitosten tekemisen tulee olla helppoa ja turvallista, koska tekemisen helppous ja nopeus vaikuttavat työkustannuksiin. [7, 53.]

### 6.4.1 Nurkkaliitokset

Elementtien nurkkaliitoksia suunniteltaessa päälimmäinen ongelma on tässä tapauksessa sisäpuolelle asennettava pystykoolausta. Sisäverhouslevyn takana nurkassa olisi hyvä olla puuta molemmilla puolilla, jotta verhouslevyjen päät saataisiin ruuvattua kiinni. Lisäksi runkopuiden tulee sijaita niin, että elementit saadaan liitettyä toisiinsa joko ruuvi- tai naulaliitoksella ja niin, että nurkan rakenne olisi lähes samanlainen, kuin paikalla rakennettaessa. Avoin puurakennusjärjestelmä – elementtirakenteet-opas tarjoaa nurkkavaihtoehdoksi kuvan 5 mukaisen ratkaisun. Tämä rakenneratkaisu ei kuitenkaan toimi tässä tapauksessa, koska siinä ei ole huomioitu sisäpuolista pystykoolausta. Vaakakoolausta käyttäen rakenne olisi toimiva, koska koolaustuitten päät pystytettäisiin leikkaamaan 45 asteen kulmaan tai asentaa limittäin, jolloin sisäverhouslevyn

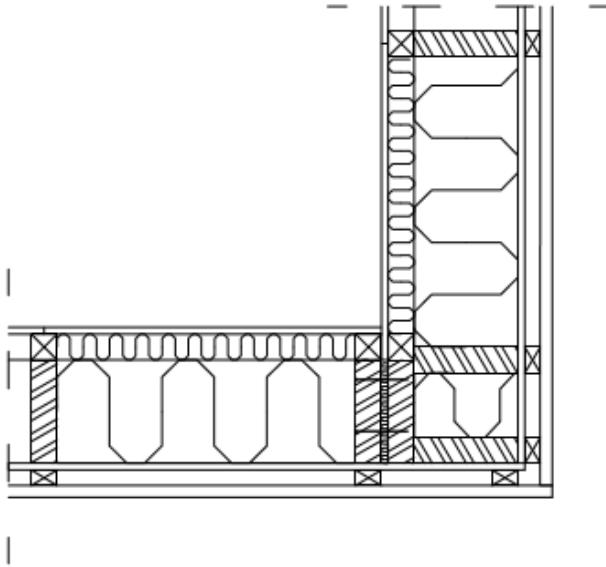
kiinnityksessä ei olisi ongelmia. Vaakakoolaus aiheuttaisi kuitenkin paljon enemmän asennuksen jälkeistä työtä, koska koolaus ei voi olla paikallaan, ennen kuin elementit on kiinnitetty toisiinsa ja höyrynsulkukalvon sauma on teipattu koolauksen taakse.



Kuva 5. Avoimen puurakennusjärjestelmän mukainen nurkka [7, 107]

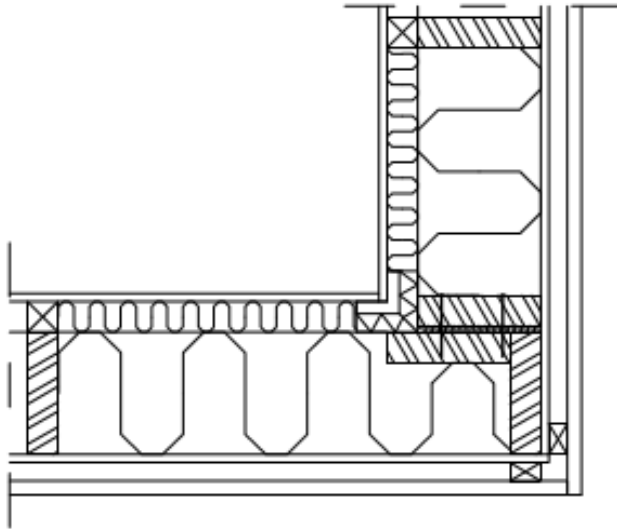
Nurkkaliitoksen suunnittelussa päädyin kuvan 6 mukaiseen rakenneratkaisuun. Rakenne on lähes samanlainen, kuin paikalla rakennettaessa, mutta sisältää yhden runkotolpan enemmän, joka on elementin kiinnityksen kannalta oleellinen. Liitettävistä elementeistä toinen voi olla sisäverhoukset mukaan lukien täysin valmis. Toisesta elementistä tulee jättää vielä nurkan koolaus ja reunimmainen sisäverhoukseen levy kiinnittämättä, jotta ruuvi kiinnitys elementtien välillä saadaan tehtyä. Ratkaisu sisältää siis melko vähän työmaalla tapahtuvaa kausta. Elementtien asennusjärjestykseen tulee kiinnittää työmaalla huomiota.



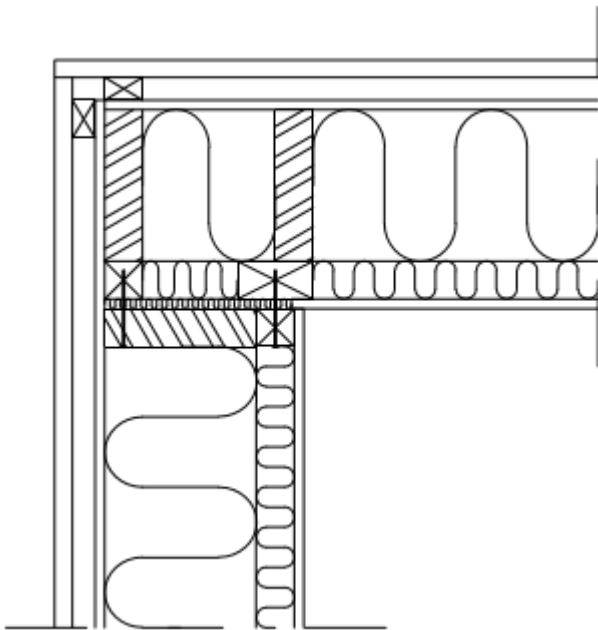


Kuva 6. Käytettävä nurkkarakenne

Muita nurkkavaihtoehtoja on esitetty kuvissa 7 ja 8. Kuvan 7 nurkka on rakenteeltaan avoimen puurakennusjärjestelmän mukainen. Sen sisäpuolisessa koolauksessa on käytetty eristettyä nurkkapalaa, johon sisäverhouslevyt saataisiin kiinnitettyä. Lisäksi kulmapala katkaisee kantavan rungon kohdalle muodostuvat kylmäsilat. Lämpöominaisuuksiltaan rakenne olisi todennäköisesti parempi, kuin toteutuva vaihtoehto, mutta haittoina voidaan pitää erikoisosia ja niiden valmistusta, jotka lisäävät työkustannuksia. Myös työmaalla tapahtuvan työn osuus on suurempi, koska molempien elementtien reunimmaisiet sisäverhouslevyt ja nurkkapala tulee olla irrallaan, jotta elementit saadaan kiinnitettyä toisiinsa ja höyrynsulkukalvot teipattua limittäin. Kuvan 8 rakenne olisi myös lämpöominaisuuksiltaan todennäköisesti parempi. Kuitenkin elementtien sitominen toisiinsa on vaikeampaa, koska kiinnityspintaa on vähemmän. Liitosta voisi lujittaa esimerkiksi rungon päälle asennettavalla naulauslevyllä.



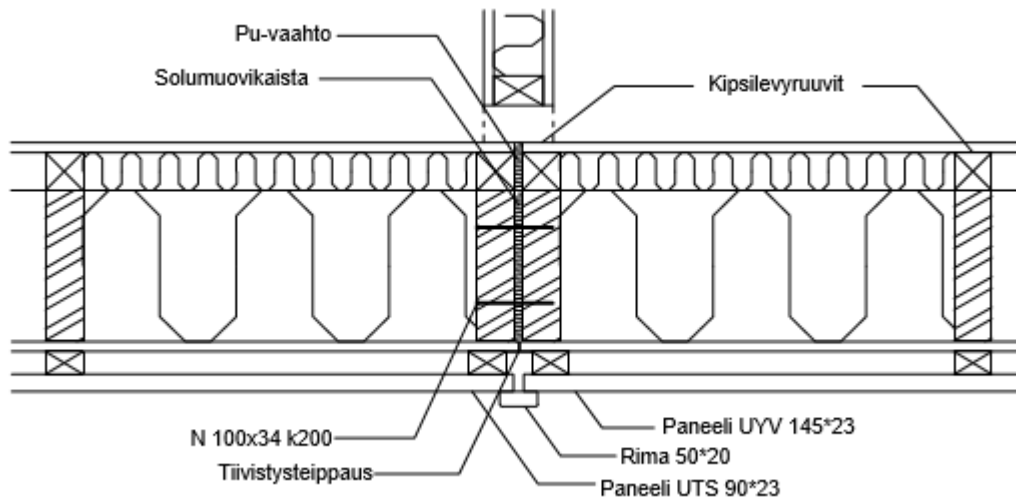
Kuva 7. Vaihtoehtoinen nurkkarakenne



Kuva 8. Vaihtoehtoinen nurkkarakenne

### 6.4.2 Suora liitos

Rakennuksen etuseinä on noin 14 m pitkä, joten se on valmistettava kahdesta osasta. Elementtien sauma sijoitetaan niin, että sisäpuolinen sauma osuu eteisen väliseinän kohdalle. Näin elementtisauma saadaan piiloon väliseinärungon taakse. Suorat liitokset merkitsevät myös katkoksia julkisivuverhoukseen. Elementtisauma osuu etuoven kuistin nurkkaan, joten paras vaihtoehto on paneeloida kuistin tausta leveydeltään ja väriltään erilaisella paneelilla. Tällä tavalla julkisivuun saadaan ilmettä ja elementtisauma saadaan häivytettyä julkisivuun, koska sauma jää erilaiset paneelit erottavan katkaisuriman taakse piiloon (kuva 9).



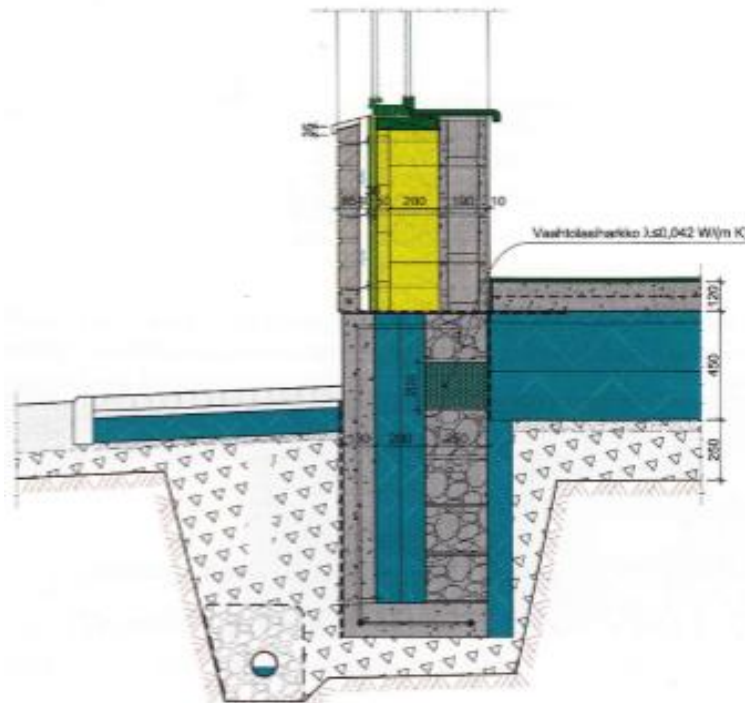
Kuva 9. Suora liitos

Ulkoseinäelementtien välisissä liitoksissa tiivistykseen käytetään 10 mm \* 200 mm paksua solumuovikaistaa. Elementit kiinnitetään toisiinsa naulaamalla asennusaukon kautta. Asennusaukoon lisätään tarvittavat eristeet. Ulkoseinien höyrynsulku limitetään ja teipataan tiiviiksi asennusaukon kohdalla. Pystykoolauspuut jätetään 10 mm irti toisistaan ja väli vaahdotetaan uretaanivaahdolla.

Asennusaukon kohdalla oleva sisäverhouslevy työstetään oikean kokoiseksi ja asennetaan paikalleen. Ulkopuolella tuulensuojalevyjen sauman tiiveys varmistetaan teippaamalla se tiiviiksi. [7, 82.]

### 6.4.3 Elementin liitos perustuksiin

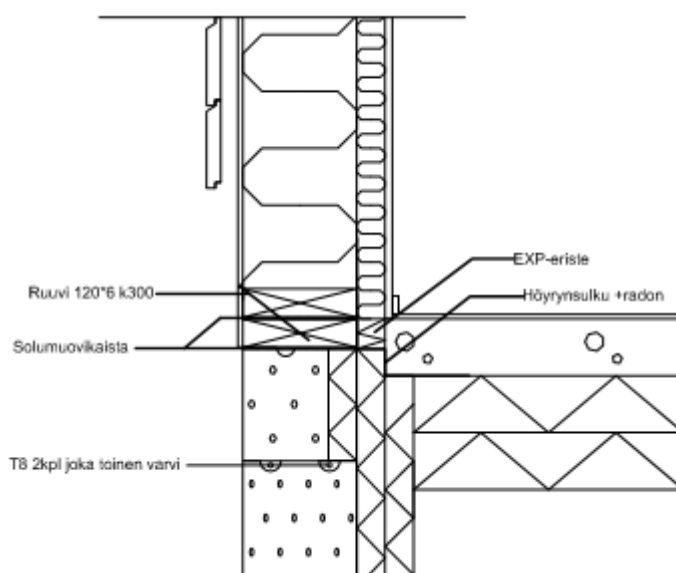
Teknisesti haastavin rakennusosien välinen liitos on seinäelementtien liitos perustuksiin. Tämä johtuu siitä, että liitosta suunniteltaessa sille pitää saada samanaikaisesti aikaan riittävä kantokyky ja lämpökatko. Tavanomaista harkkoperustusta ja maanvaraista laattaa käytettäessä syntyy merkittävä kylmäsilta ylimmän harkon ja laatan välille (kuva 10). Tämän välttämiseksi on käytettävä joko erityyppistä perustusratkaisua, esimerkiksi valettava kantavalaatta EPS- tai XPS-ammeeseen, tai korvattava toiseksi ylin harkko vaahtolasiharkolla. [9, 61.]



Kuva 10. Lämpöharkolla katkaistu kylmäsilta [9, 61]

Kohteessa käytettävä rakenne (kuva 11) on suunniteltu siten, että lämpöharkon sijaan sokkelin eristämiseen käytetään sisäpuolista EPS-lämmöneristettä. Ylin

kevytsoraharkkokierto muurataan 150 mm paksusta harkosta ja sen sisäpintaan asennetaan 50 mm paksu EPS-eriste. Näin ollen laatan ja harkon välin eriste-paksuudeksi saadaan 100 mm. Alaohjauspuun yläpinnan korko on sama, kuin lattiapinnan korko. Ennen valua alaohjauspuuta vasten asennetaan 50 mm paksu XPS-eristekaista, joka erottaa alaohjauspuun betonivalusta ja katkaisee kylmäsilan muodostumisen alaohjauspuun kohdalle. Huomioitavaa on, että radonkaista ja seinän höyrinsulkukalvo asennetaan kulkemaan XPS-eristekaistan takaa, jotteivät ne reikiintyisi rakennusvaiheessa.



Kuva 11. Kohteessa käytettävä rakenne

Alaohjauspuun ja sokkelin väliin asennetaan radon sulku ja 10 mm paksu solumuovikaistale. Alaohjauspuu kiinnitetään sokkeliin betoniruuvein. Elementit toimitetaan työmaalle niin, että niiden kaksi alinta paneeliriviä ovat vielä irrallaan. Kun alaohjauspuun päälle on asennettu solumuovieristekaista ja elementti on nostettu paikalleen, elementin alapuu kiinnitetään alaohjauspuuhun vinoruuvein. Ruuvausta helpottavat irralliset paneelit.

## 6.5 Mitat ja toleranssit

Ulkoseinäelementtien leveyden valmistusmitoissa on otettava huomioon elementtien välisten saumojen leveys. Nurkassa yhdistyvien elementtien saumaan

asennetaan mineraalivillakaistale, joka on puristamattomana paksuudeltaan 20 mm ja leveydeltään 200 mm. Elementit asennetaan toisiaan vasten niin, että sauman mineraalivilla hieman puristuu kasaan ja sauman leveydeksi jää 13 mm. suoralla seinustalla sijaitsevaan elementtisaumaan asennetaan 10 mm paksu solumuovikaistale, joka puristuu tiiviisti elementtien väliin. Sauman leveydeksi jää noin 8 mm. Elementtien asentamisessa noudatetaan Runko-Ryl2000:ssa esitettyjä luokan 1 mukaisia vaatimuksia. Asennustarkkuuden näkyvät taulukossa 1. Seinäelementtien valmistusmittojen sallitut mittapoikkeamat näkyvät taulukossa 2 [7, 31–32].

Taulukko 1. Seinäelementtien asennustarkkuudet [7, 20]

Seinäelementtien asennustarkkuudet	
<i>Ulottuvuudet ja sijainti</i>	<i>Suurin sallittu poikkeama [mm]</i>
<i>Seinän sivusijainti perussuorasta</i>	+5 -5
<i>Vapaa väli (vastakkaiset seinät)</i>	+5 -5
<i>Seinän poikkeama pystysuorasta</i>	+3 -3
<i>Sauman leveys, poikkeama nimellimitasta</i>	+3 -3
<i>Ulkosauman hammastus, puuverhous</i>	3
<i>Elementtien yläreunan hammastus</i>	3

Taulukko 2. Valmistusmittojen sallitut poikkeamat [7, 32]

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama [mm]
leveys (=10 m)	+5
	-5
korkeus	+3
	-3
paksuus	+4
	-4

## 6.6 Kantavat rakenteet

Jotta rakennepiirustuksiin (liite 6) voitiin mitoittaa sopivan kokoiset kantavat rakenteet, täytyi selvittää niitä rasittavat kuormat. Kuormat muodostuvat rakenteiden omasta painosta, sekä lumen aiheuttamasta kuormasta. Hyötykuormia rakenteille ei synny, koska rakennuksessa tulee olemaan maanvarainen laatta, joka ottaa hyötykuorman vastaan. Lisäksi rakennus on yksi kerroksinen ja se ei pidä sisällään käyttöullakkoa, joten hyötykuormaa ei muodostu myöskään yläpohjalta. Mitoitettavia osia ovat autokatoksen kantava pilari, palkki, pilariantura ja kantavien ulkoseinien anturalinjat. Nykyisten energiamääräysten johdosta kantavan rungon paksuus määräytyy ennemminkin eristepaksuudesta, kuin kuormien aiheuttamasta rasituksesta. Tästä syystä runkoa ei tarvitse erikseen mitoittaa, koska se joudutaan tekemään joka tapauksessa 48\*198 mitallistetusta C24 luokan sahatavarasta, jolla riittää kantavuutta P3 paloluokan rakennuksissa aina kaksikerroksisiin asuinrakennuksiin saakka.

Rakennuksen osien painot määräytyvät niiden sisältämien materiaalien painoista ja määrästä. Laskuissa käytettävät materiaalipainot ovat saatu niitä valmistavien yritysten tuoteselosteista. Puun oletuspainona laskuissa käytetään  $500 \text{ kg/m}^3$  ja betonin  $2500 \text{ kg/m}^3$ . Rakennuksen osien painot ilmoitetaan muodossa  $\text{kN/m}^2$ . Laskelmat rakennusosien painoista on esitetty liitteessä 7.

Joensuun alueella maanpinnan lumikuorman ominaisarvo  $s_k$  on  $2,6 \text{ kN/m}^2$ . Katon ominaislumikuorma  $q_k$  saadaan laskettua kaavalla 1 [10, 11]:

$$q_k = \mu_i * s_k \quad (1)$$

missä

$$q_k = \text{katon ominaislumikuorma, kN/m}^2$$

$$s_k = \text{maanpinnan lumikuorman ominaisarvo, kN/m}^2$$

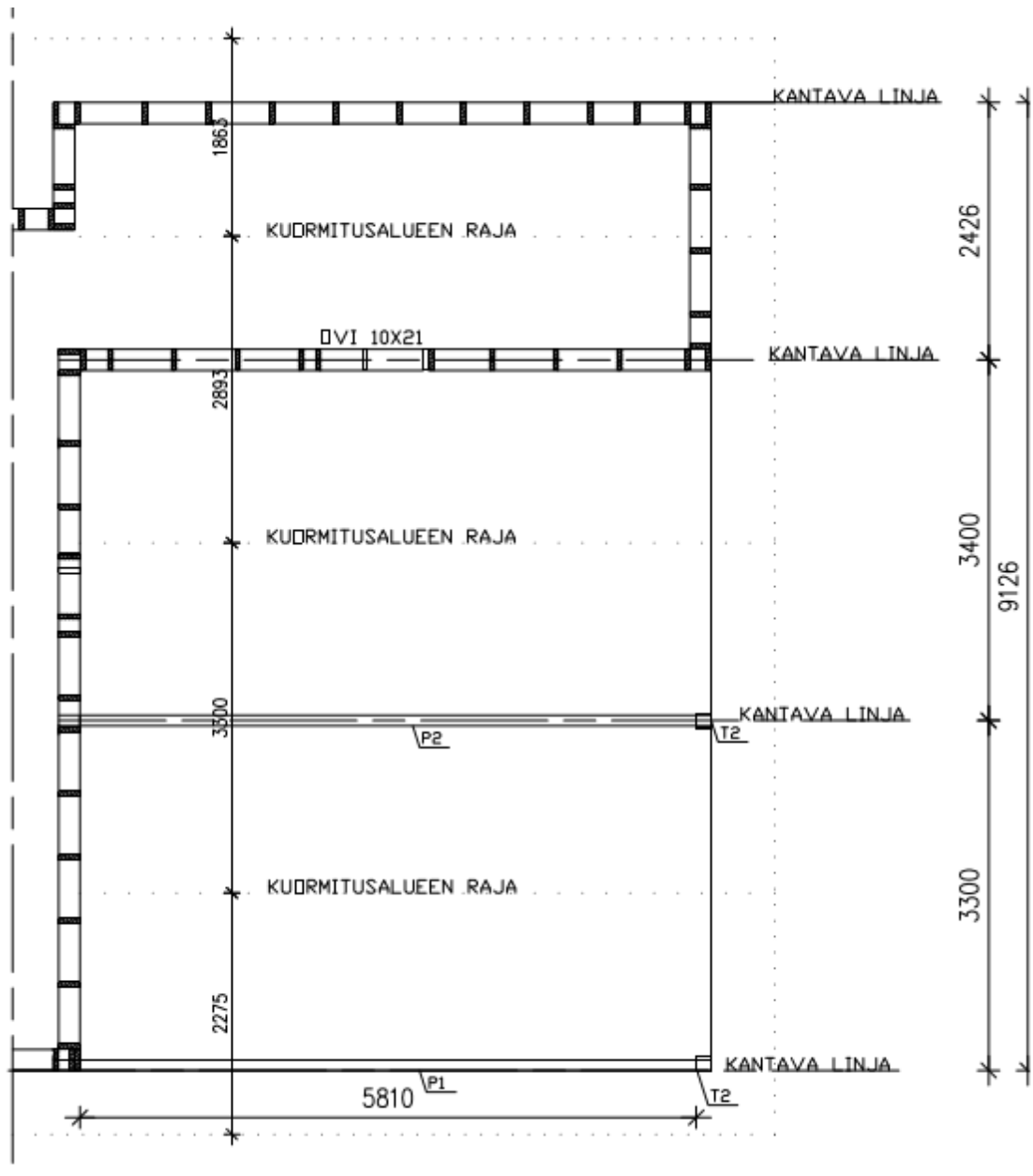
$$\mu_i = \text{muotokerroin, 0,8}$$

Kun maanpinnan lumikuorma kerrotaan muotokertoimella  $u_i$ , jonka arvo on 0,8, laskelmissa käytettäväksi  $q_k$  arvoksi saadaan  $2,08 \text{ kN/m}^2$ . [10, 11.]

Ennen kuin antura voitiin mitoittaa, täytyi selvittää maapohjan geotekninen kantavuus. Tämä tarkoittaa sitä, kuinka paljon painoa voidaan maapohjalle varata neliometriä kohden. Joensuun kaupungin rakennettavuus selvityksestä käy ilmi, että korttelialueella 14 alustavana geoteknisenä kantavuutena keskeisesti kuormitetussa tilanteessa voidaan käyttää arvoa  $p=50$  kPa, joka tarkoittaa  $50$  kN/m<sup>2</sup>. Anturan leveydeksi laskelmissa saatiin  $600$  mm ja korkeudeksi  $200$  mm, joka on hyvin tavanomainen anturan koko pientaloissa. Anturan laskelmat on esitetty liitteessä 7.

Liitteessä 7 on esitetty myös autokatoksen kantavien rakenteiden laskelmat. Puupilareiden laskelmat on laadittu Metsä Woodin laskentaohjelmalla ja palkkien koon määrittämiseen on laadittu Excel pohjainen laskentataulukko. Autokatos on pinta-alaltaan melko suuri, joten lumikuormaa syntyy rakenteille huomattavasti. Rakenteiden omapaino on katoksen alalla hieman kevyempi, kuin talon alalla, koska yläpohjassa ei ole eristeitä ja rakenne on muutenkin erilainen. Koska kyseisiä rakenteita ei käytetä tuulta vastaan jäykistävinä rakenteina, ei tuulikuormaa tarvitse huomioida tässä tapauksessa [10, 13]. Palkkien nurjahdusta ei huomioitu laskelmissa, koska palkkien ylä- ja alapuoliset rakenteet sitovat ne nurjahdusta vastaan. Syntyvät kuormat jaetaan kahdelle kantavalle linjalle, jotta puutavara koot kestävät niin sanotuissa varastomitoissa. Käytettäessä useampaa kantavaa linjaa kuormitusleveyksiä saadaan pienennettyä. Laskelmien tuloksista saadaan selville, että palkin hetkellinen taipumaraja ylittyy hieman palkkilinjalla 2, joka on autokatoksen keskimäinen palkkilinja. Etummaisen palkkilinjan kuormitusalueen leveys on kuitenkin pienempi ja näin ollen kuormitus on vähäisempi, kuin keskimmaisella palkkilinjalla. Samankokoista palkkia käytettäessä keskimmäisen palkkilinjan ylimääräinen kuorma jakaantuu etummaiselle palkkilinjalle. Kuvassa 12 havainnollistetaan palkkilinjojen sijaintia, sekä kantavien linjojen kuormitusleveyksiä.





Kuva 12. Kantavat pilarit ja palkkilinjat

## 7 Rakennustapojen vertailu

Tässä luvussa esitetään kohteen rakennusosa-arvio, sekä hinta-arviot paikalla rakennetuille ja omavalmisteisin puuelementein rakennetuille ulkoseinille. Li-

säksi luvussa vertaillaan puuelementein saavutettavaa hyötyä verraten paikalla-rakennettuun vaihtoehtoon kustannusten ja kokonaisaika-aulun kannalta. Vertailussa tarkastellaan myös työmaa-aikataulua, eli sitä kuinka paljon elementein rakennettaessa aikaa voidaan säästää työmaa vaiheessa verrattuna paikalla rakennettuun.

## **7.1 Rakennusosa-arvio**

Rakennusosa-arvio kohteesta on laadittu Taku-kustannustieto 2016 ohjelmalla. Ohjelma noudattaa Talo-2000 –nimikkeistöä ja hintatasoksi on asetettu Joensuu. Kohteen hankintahinta hintaerittäin näkyy taulukossa 3. Tarkempi hintaerittely rakennusosittain on nähtävillä liitteessä 8. Taku-kustannustieto 2016 ohjelmalla on myös mahdollista laatia kohteen tavoitehintaa eli budjetti. Tämä perustuu tilaohjelmaan, johon syötetään kohteen tilat ja niiden perusteella ohjelma muodostaa kohteen budjetin. Ohjelma on tarkoitettu ennemminkin suuriin ja julkisiin kohteisiin, joten kaikkia pientalossa käytettäviä tiloja ei tahdo tilaluetelosta löytyä. Lisäksi tavoitehintaa ei tilaohjelmalla laadittuna pysynyt järkevänä, vaan budjetti nousi aivan liian korkeaksi, joten tilaohjelmaa käyttämällä en saanut kohteeseen laadittua realistista budjettia. Tästä syystä kustannuspuitteet kohteeseen on muodostettu rakennusosa-arvion perusteella. Rakennusosa-arviosta pyrin tekemään mahdollisimman tarkan, esimerkiksi käytettävien pintamateriaalien osalta. Lisäsin siihen myös tiloissa käytettävien kalusteiden kustannukset, LVIS-urakkahinnat, rakennusvalvonnan sekä Joensuun kaupungin veloittamat maksut. Tällä tavalla sain laadittua melko tarkan arvio siitä, kuinka paljon kohde tulee kustantamaan yhteensä.

Taulukko 3. Hankintahinta hintaerittäin

## HANKINTAHINTA - HINTAERITTÄIN

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm <sup>2</sup>
Rakennusosat	127 000	127 000	76,7	
Tekniikkaosat	23 000	23 000	13,7	
Hanketehtävät	9 000	9 000	5,6	
<b>RAKENNUS</b>	<b>159 000</b>	<b>159 000</b>	<b>96,0</b>	
Kiinteistötehtävät	7 000	7 000	4,0	
<b>KIINTEISTÖ</b>	<b>166 000</b>	<b>166 000</b>	<b>100,0</b>	
Käyttäjätehtävät				
Hankevaraukset				
<b>HANKE</b>	<b>166 000</b>	<b>166 040</b>	<b>100,0</b>	
Arvonlisävero 24% (ei sis. tontin hankintaa ja hankerahoitusta)	39 000	39 106		
<b>HANKE YHTEENSÄ</b>	<b>205 000</b>	<b>205 146</b>		

Hankkeen hankintahinta-arvioksi arvonlisävero huomioiden muodostui siis 205 000 €. Tekniikkaosat on lisätty rakennusosa-arvioon eräsummina toimeksiantajan edellisen kohteen sähkö-, putki-, ja ilmastointi urakoitten toteutumien perusteella. Myös kiintokalusteitten ja kodinkoneiden kustannusosuus on arvioitu edellisen kohteen toteuman perusteella ja lisätty arvioon erä summina. Kiinteistö- ja hanketehtäviin on huomioitu rakentamisen ja tekniikan työmaavalvonta sekä Joensuun kaupungin osuus kustannuksiin, jotka sisältävät tontin hankinnan ja vuokrauksen, rakennuslupamaksut, rakennuspaikan merkitsemisen, vesi-, viemäri- ja sähköliittymä maksut.

Kun laadittuun rakennusosa-arvioon on lisätty kaikki mahdolliset kustannukset, saadaan kohteelle muodostettua hankintahinta-arvio, joka on tavoitehintaa tarkempi. Arvio pitää melko hyvin paikkansa, kun sitä vertaa edellisen kohteen hankintahinnan toteumaan. Edellinen kohde on vertailukelpoinen, koska se on pinta-alaltaan samaa kokoluokkaa ja se on toteutettu paikalla rakentaen. Osassa Talo-2000 nimikkeistöllä laadituissa rakennusosa-aruissa on kuitenkin hie- man korkeampi hinta-arvio verrattuna jo olemassa oleviin aliurakkatarjouksiin, jotka kyseiseen kohteeseen on saatu. Näin ollen toimeksiantajan tavoite pitää kokonaiskustannukset alle 200 000 eurossa on mahdollinen varsinkin, jos ele-

menttitoteutuksesta saadaan hyötyä. lisäksi toimeksiantaja pystyy hankkimaan rakennusmateriaalit ohjehintoja pienemmällä hinnalla.

## 7.2 Hinta-arvio ulkoseinille paikalla rakentaen

Tarkennetussa ulkoseinien hinta-arviossa tarkastellaan ulkoseinien tekemisestä aiheutuvia kustannuksia, jotka muodostuvat työ- ja materiaalimenekeistä paikalla rakennetussa talossa. Seinien kustannukset on siis laskettu siihen valmiusasteeseen saakka, johon ulkoseinäelementeilläkin päästään eli ulkoverhouksesta sisäverhoukseen tasavarvin korkeuteen saakka. Hinta-arvio ei sisällä nurkka- ja aukkojen pielilautoja eikä ikkunoita tai ovia, koska molemmissa tapauksissa näiden asennus tapahtuu työmaalla.

Hinta-arvio on tehty Rakennustieto Oy:n julkaisemaa ROK-rakennusosien kustannuksia 2016 kirjaa apuna käyttäen. Kirja on tarkoitettu suunnitteluvaiheen rakennuskustannusten arviointiin ja tarjouslaskentaan. Kirjan jäsentely noudattaa Talo-2000 –nimikkeistöä. Laskelmissa esitetyt työmenekit perustuvat Ratu-tiedostoon, joka on rakennustuotantotiedosto, jossa esitetään hyvää rakennustapaa noudattavat työmenetelmät ja niiden työmenekit. Materiaalihinnat muodostuvat maahantuojien ja rautakauppojen ohjehinnoista ja niihin puolestaan vaikuttavat asiakassuhteet, jotka ovat toimeksiantajalla melko hyvät, joten ne voivat todellisuudessa olla ohjehintoja pienemmät. [11, 6–7.]

Taulukossa 4 näkyvät ulkoseinien kustannukset eivät sisällä arvonlisäveroa. Taulukossa esiintyvä työntekijätunti tarkoittaa yhden työntekijän tunnin mittaista työtä. Laskelmissa on käytetty T4-aikaa, joka on kokonaisaika sisältäen keskeytykset ja työhön liittyvät siirrot. Työmenekit ovat tehtävän toteutuksen kokonaismenekkejä rakennusosan ilmoitettua yksikköä kohden ja niihin on huomioitu avustavan työn osuudet. Tuntipalkan lisäksi työkustannukset sisältävät sosiaalikulut, jotka ovat 73 % tuntipalkasta. Materiaalikustannukset muodostuvat teoreettisista menekeistä, osa kokonaishukasta, joka on puurakenteissa 5...16 % ja rauta- ja puutavarakauppojen ohjehinnastoista. [11, 13–14.]

Taulukko 4. Paikalla rakennettujen ulkoseinien hinta-arvio

	materiaalimenekki	materiaalikustannus	työmenekki (T4)	työkustannus	kustannus yhteensä
	yksikkö/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	tth/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
<b>Kantava ulkoseinä</b>	<b>1 m<sup>2</sup></b>	<b>57,12</b>	<b>1,56</b>	<b>51,01</b>	<b>108,13</b>
<b>Ulkooverhouspanelointi</b>		<b>15,09</b>	<b>0,52</b>	<b>17,38</b>	<b>32,47</b>
paneeli 28*120 mm, UTS	9,74 jm	13,14			
lauta 25*100mm kuusi	1,79 jm	1,5			
naula	0,1 kg	0,45			
<b>Tuulensuojalevy 12mm</b>		<b>2,95</b>	<b>0,06</b>	<b>1,93</b>	<b>4,88</b>
puukuitulevy 13mm	1,04m <sup>2</sup>	2,5			
Huopanaula	0,05 kg	0,45			
<b>Puurunko 200*50 k600</b>		<b>10,14</b>	<b>0,66</b>	<b>21,97</b>	<b>32,11</b>
soiro 50*50 mm kuusi	1,67 jm	1,61			
soiro 48*198 mm, C-24	2,53 jm	7,3			
lankanaula 3,4*100mm	0,05 kg	0,12			
höyrynsulku	1,2 m <sup>2</sup>	1,11			
<b>Lämmöneriste 200mm</b>		<b>18,88</b>	<b>0,07</b>	<b>1,95</b>	<b>20,83</b>
isover KL-33 200mm	1,04 m <sup>2</sup>	18,88			
<b>Lämmöneriste 50mm</b>		<b>5,46</b>	<b>0,07</b>	<b>1,95</b>	<b>7,41</b>
isover KL-33 50mm	1,04 m <sup>2</sup>	5,46			
<b>Sisäverhous</b>		<b>4,6</b>	<b>0,18</b>	<b>5,83</b>	<b>10,43</b>
kipsikartonkilevy 13mm	1,10 m <sup>2</sup>	4,39			
kipsilevyruuvi, puuranka	0,02 kg	0,21			
<b>Kantavat ulkoseinät yht.</b>	<b>163</b>	<b>9310,56</b>	<b>254,28</b>	<b>8314,63</b>	<b>17625,19</b>

### 7.3 Omavalmisteisten puuelementtien hinta-arvio

Puuseinäelementtien hinta-arvion tekeminen oli haastavaa, koska Ratu-tiedostoista ei löydy suoranaisesti työmenekkejä puuelementtivalmistukseen. Tämän lisäksi aineiston kerääminen talotehtailta ei onnistunut, koska yritykset eivät halunneet luovuttaa tämän kaltaista tietoa. Apuna on käytetty Ratu-tiedostoista löytyviä platform- järjestelmän seinärakenteen tekemisen työmenekkejä ja omaa harkintaa siitä kuinka paljon nopeammin ulkoseinän voi valmistaa vaaka-asennossa elementtipöydällä. Oletus on, että toimeksiantajalla käytössä olevat työskentelytilat ja työvälineet ovat lähes elementtitehdastaso. Kustannusarvio näkyy taulukossa 5.

Taulukko 5. Puuseinäelementtien hinta-arvio

	materiaalikustannus	työmenekki (T4)	työkustannus	kustannus yht.
	€/m <sup>2</sup>	tth/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
<b>Puuelementin valmistus/1m<sup>2</sup></b>	<b>54,26</b>	<b>0,95</b>	<b>26,60</b>	<b>80,86</b>
Seinä sis. 198*48 k600, 50*50 k600, seinärungon kokoaminen, tuulensuojalevyn, höyrynsulun ja käännön pöydällä	12,44	0,35	9,80	22,24
Ulkoverhouspanelointi	14,34	0,40	11,20	25,54
Lämmöneriste 200mm	17,94	0,05	1,40	19,34
Lämmöneriste 50mm	5,19	0,05	1,40	6,59
Sisäverhou levy gyproc ek 13mm	4,37	0,10	2,80	7,17
	kpl	tth/kpl	€/kpl	yhteensä
Elementin pystytys	11	1,15	32,20	354,20
<b>Kohteen elementit yht. 163m<sup>2</sup></b>	<b>8845,03</b>	<b>154,85</b>	<b>4335,80</b>	<b>13535,03</b>

Laskelmissa käytettävät materiaalikustannukset ovat samoja kuin hinta-arviossa paikalla rakentaen. Niistä on kuitenkin vähennetty 5 %. Alkuperäinen ajatus oli vähentää materiaalin hukkaosuus esimerkiksi 15 % hinnasta ja lisätä tulokseen 5 % hukkaosuus. Materiaalilisä prosentoin annettu haitari on kuitenkin niin suuri ROK-rakennusosien kustannuksia 2016 oppaassa, että oli järkevämpää vähentää 5 % suoraan pois annetusta hinnasta, sillä ajatuksella, että materiaalien käyttö on hallitumpaa tehdasolosuhteissa, kuin työmaalla. Työmenekit on arvioitu karkeasti noin 10 % pienemmiksi, kuin paikalla rakennettaessa. Työkustannusten tuntihinta on kiinteä 28 €/tth jokaisessa työvaiheessa ja se sisältää sosiaalikulut 73 %. Yhteishinta-arvioon on myös lisätty elementin pystytyksestä aiheutuvat kustannukset.

## 7.4 Kustannusten vertailu

Kun paikalla rakennettujen ulkoseinien hinta-arvion tulokseen 17 625 € lisätään arvonlisävero 24 % saadaan hinnaksi 21 855 €. Elementtien valmistuksen ja asennuksen hinta-arvio on 13 535 €. Arvonlisäveron huomioiden hinnaksi muodostuu puolestaan 16 783 €. Hintaeroa rakennustapojen välille muodostuu siis 5 072 €, joka on 2,5 % laaditusta kohteen hankintahinta-arviosta. Työkustannusten osuus hintaerosta on 4 932 €. Työkustannusten hintaero tulisi todennäköisesti käytännössä olemaan suurempi johtuen siitä, että käytetyt Ratu-työmenekkitiedot on kerätty isoista ja ammattimaisesti toteutetuista kohteista, joten on mahdollista, että yksittäisissä kohteissa kuten pientaloissa työmenekit ovat todellisuudessa paljonkin suuremmat [11, 13]. Materiaalikustannusten ero rakennustapojen välillä jää melko pieneksi. Materiaalissa pystyttäisiin säästämään vain 140 €. Tämä johtuu siitä, että rungon osat valmistetaan pitkästä puutavarasta niin paikalla rakennettaessa kuin elementtien valmistuksessaakin, joten hukkaprosentti määräytyy puutavaran varastopituuksien perusteella. Kuitenkin villan ja rakennuslevyjen hukkaprosenttia saataisiin todennäköisesti hallittua paremmin tehdasolosuhteissa kuin työmaalla. Myös rakennustavaran kuljetusvauriot vähentyisivät, koska elementit valmistettaisiin samassa paikassa mistä rakennusmateriaalit normaalisti toimitettaisiin työmaalle.

Laskelmien materiaalikustannukset eivät sisällä toimituksia työmaalle. Toimeksiantaja toimittaa rakennustavarat itse työmaalle. Paikalla rakennettuun kohteeseen toimituskäyntejä tulee useita, koska työmaalla on usein vähän varastointitilaa ja esimerkiksi sisäverhouslevyjä ja eristeitä ei kannata seisottaa ulkosalla pitkiä aikoja materiaali vaurioiden välttämiseksi. Puuelementeissä rakennusmateriaalit tulevat kerralla työmaalle yhdellä toimituksella, joten toimituskuluissakin pystytään säästämään huomattavasti.

## 7.5 Aikataulun vertailu

Laskelmien perusteella paikalla rakennettuihin ulkoseiniin kuluu yhteensä 254,3 työntekijätuntia. Tämä tarkoittaa 31,8 työvuoroa eli 6,35 työviikkoa yhdellä työntekijällä ajateltuna. Kahden työntekijän työryhmällä tämä tarkoittaa, että aikaa kuluu 3,20 työviikkoa. Elementtien pystytys työmaalla vie aikaa 1,6 työvuoroa pystytysryhmältä. Näin ollen voidaan ajatella, että elementeillä tehdessä työtä saadaan siirrettyä työmaalta sisätiloihin 14,3 työvuoroa eli noin kolme viikkoa. Tämä on merkittävä aika, koska paikalla rakentaminen on kausiluontoista, mutta elementit voidaan valmistaa sisätiloissa myös talvikuukausien aikana. Tällä tavalla saadaan säästettyä kolme viikkoa rakennustyömaan aikataulussa.

Elementtien valmistus pystytyksineen vie 154,85 työntekijätuntia, joka on 19,35 työvuoroa eli 3,87 työviikkoa yhdellä työntekijällä ajateltuna. Tämä tarkoittaa, että elementit valmistuvat ja ovat pystytetty kahden henkilön työryhmällä vajaassa kahdessa viikossa. Verrattuna paikalla rakennettuun elementtiseinän valmistus vie puolitoista viikkoa lyhemmän ajan. Pystytys huomioiden ajallista hyötyä elementeillä saadaan 1,27 viikkoa.

Paikalla rakennetun talon yksi rakennuksen aikaisista ongelmista on oikean työjärjestyksen valinta. Rakenteet olisi hyvä saada säältä suojaan, etteivät runkorakenteet pääse kastumaan sateisella säällä. Jos runko jää kosteaksi siinä vaiheessa, kun sen päälle asennetaan muut rakenteet siitä saattaa aiheutua homeongelmia. Hyvä rakennusjärjestys olisi tehdä rungon jälkeen katto vesikatteeseen tai ainakin aluskatteeseen saakka valmiiksi. Tämän jälkeen asennetaan eristeet ja tuulensuojalevy runkoon. Eristeet olisi hyvä asentaa ulkopuolelta samalla kun tuulensuojalevy asennetaan, jotta eriste pystytään oikaisemaan molemmilta puolilta, rungon kanssa tasaan. Tämän jälkeen asennetaan koolaus ja ulkoverhouspaneeli. Tässä vaiheessa rakenteet on saatu säältä suojaan. Ongelma tässä rakennusjärjestyksessä on kuitenkin se, että se viivästyttää lattioiden valua. Lattian betonilaatta kuivuu suunnilleen 10 viikkoa, joten toisaalta se olisi hyvä saada kuivumaan mahdollisimman nopeasti, ettei se viivästyä myöhäisemmän vaiheen rakennustöitä. Tämä ongelma ratkeaisi puuelementtejä käytettäessä. Kuten taulukosta 6 nähdään, puuelementein rakennettaessa



rakennus on mahdollista saada säänsuojaan jo kolmessa päivässä. Aluslaudoitus asennettuna aikaa kuluu viisi ja puoli päivää.

Taulukko 6. Rakenteet säänsuojassa elementein rakennettaessa

	yksikkö	määrä	tth/kpl	tth/yhteensä	työryhmä	TV/yhteensä
<b>Elementin pystytys</b>	<b>kpl</b>	<b>11</b>	<b>1,15</b>	<b>12,65</b>	<b>2</b>	<b>0,79</b>
<b>Harjakattotuoli k 900, jv 9126mm</b>	<b>kpl</b>	<b>24</b>	<b>0,55</b>	<b>13,20</b>	<b>2</b>	<b>0,83</b>
<b>Aluskate, korokerima k 900</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>276</b>	<b>0,06</b>	<b>16,56</b>	<b>2</b>	<b>1,04</b>
<b>vesikatteen aluslaudoitus k200</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>276</b>	<b>0,16</b>	<b>44,16</b>	<b>2</b>	<b>2,76</b>
<b>Yhteensä</b>				<b>86,57</b>	<b>2</b>	<b>5,41</b>

Paikalla rakennettaessa rakennuksen säänsuojaan saaminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuten taulukosta 7 voidaan todeta.

Taulukko 7 Säältä suojassa paikalla rakennettaessa

	yksikkö	määrä	tth/kpl	tth/yhteensä	työryhmä	TV/yhteensä
<b>Puurunko 200*50 k600</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>163</b>	<b>0,6</b>	<b>97,8</b>	<b>2</b>	<b>6,11</b>
<b>Tuulensuojalevy 12mm</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>163</b>	<b>0,06</b>	<b>9,78</b>	<b>2</b>	<b>0,61</b>
<b>Lämmöneriste 200mm</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>163</b>	<b>0,07</b>	<b>11,41</b>	<b>2</b>	<b>0,71</b>
<b>Ulkooverhouspanelointi</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>163</b>	<b>0,52</b>	<b>84,76</b>	<b>2</b>	<b>5,30</b>
<b>Harjakattotuoli k 900, jv 9126mm</b>	<b>kpl</b>	<b>24</b>	<b>0,55</b>	<b>13,2</b>	<b>2</b>	<b>0,83</b>
<b>Aluskate, korokerima k 900</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>276</b>	<b>0,06</b>	<b>16,56</b>	<b>2</b>	<b>1,04</b>
<b>vesikatteen aluslaudoitus k200</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>276</b>	<b>0,16</b>	<b>44,16</b>	<b>2</b>	<b>2,76</b>
<b>Yhteensä</b>				<b>158,68</b>	<b>2</b>	<b>17,35</b>

Paikalla rakennettu runko saadaan säältä suojaan kolmessa viikossa ja aluslaudoituksen kanssa kolmessa ja puolessa viikossa. Tässä ajassa runkorakenteet yleensä kastuvat väistämättä. Aluskate tietysti asennetaan heti kun mahdollista, mutta viisto sade pääsee silti kastelemaan runkoa, joten rakennus on kunnolla säänsuojassa vasta kun ulkoverhous on asennettu. Lisäksi tässä vaiheessa paikalla rakennetun seinärakenteen valmiusaste on pienempi, kuin elementein rakennetussa, koska elementeissä on jo sisäverhouslevy paikallaan. Sisäverhouslevyn asennuksesta aiheutuu vielä kolmisenkymmentä työntekijätuntia paikalla rakennettuun versioon. Joten ennen, kun rakennus on säänsuojassa ja samassa valmiusasteessa, kun elementein toteutettu versio, aikaa on kulunut 4,7 viikkoa. Elementeillä tämä tapahtuu siis viidessä ja puolessa päivässä.

## **8 Tulosten yhteenveto ja pohdinta**

Opinnäytetyön toimeksianto työnantajaltani tuli minulle syksyllä 2016, jolloin aloimme miettiä toimeksiantajan kanssa mahdollisia keinoja omakotitalon rakentamisen tehostamiseen. Tavoitteeksi asetettiin edellisen kohteen kokonaisbudjetin ja aikataulun alittaminen. Rakennusmateriaalin valinta oli puu, koska kyseisestä rakennusmateriaalista on eniten kokemusta. Yrityksellä on käytössään hallitilat, joten niitä pystyttäisiin hyödyntämään, jos kohteeseen valmistettaisiin seinäelementit. Näitten ideoitten pohjalta muodostettiin opinnäytetyön toimeksianto.

Suunnitteluosuus vaati perehtymistä puuelementtirakentamiseen. Detalji- ja rakennepiirustuksia on tarjolla varsin rajoitetusti, etenkin kun on kyse omakotitalon elementeistä. Ennen suunnittelun aloittamista jouduin kiertämään tiedon keruussa erilaisissa rakennuskohteissa, jotka olivat rakennusvaiheessa ja joissa toteutus tapahtui puuelementein. Elementtien rakenteelliset ratkaisut eivät tuottaneet pään vaivaa, koska seinärakenne pohjautuu pitkälti samankaltaiseen ratkaisuun, kun paikalla rakennettu. Elementtien liitokset ja niiden suunnittelu oli-

vat suunnittelu osuuden haastavin vaihe. Liitosten suunnittelussa vertailin eri vaihtoehtoja ja omaa harkintaa käyttäen valitsin niistä mielestäni järkevimät vaihtoehdot.

Vertailuosuudessa käsiteltiin kustannuksia ja aikataulua. Tuloksista käy ilmi että, aikataulun kannalta elementtitoteutuksella saataisiin merkittävää hyötyä varsinkin työmaan keston pituuteen, joka lyhenisi noin kolmella viikolla. Työmäärä ei siis vähene kolmea viikkoa vaan työ olisi ennakoivaa työtä, jota voitaisiin tehdä sisätiloissa jo silloin kun työmaalle ei vielä päästä. Näin ollen toimeksiantajan olisi mahdollista toteuttaa tulevaisuudessa kaksi kohdetta kesäkautena sille mallille, että sisävaiheentyöt voitaisiin tehdä talvikautena. Seinien valmistaminen elementtein elementtipöydällä ja niiden pystyttäminen on yhteensä 1,3 viikkoa nopeampaa, verrattuna paikalla rakennettuun, joka on ihan hyvä ajallinen säästö tämän kokoisessa kohteessa. Tuloksista voidaan siis todeta, että elementtitoteutus siirtäisi työtä sisätiloihin ja mahdollistaisi ympärivuotisempaa työskentelyä. Se myös lyhentäisi rakennusprojektin kokonaiskestoja hieman. Myös kosteudenhallinta helpottuisi huomattavasti työmaalla koska rakennus olisi mahdollista saada huomattavasti nopeammin säältä suojaan elementti toteutuksella. Myös kohteen työvaiheet olisi helpompi jaksottaa.

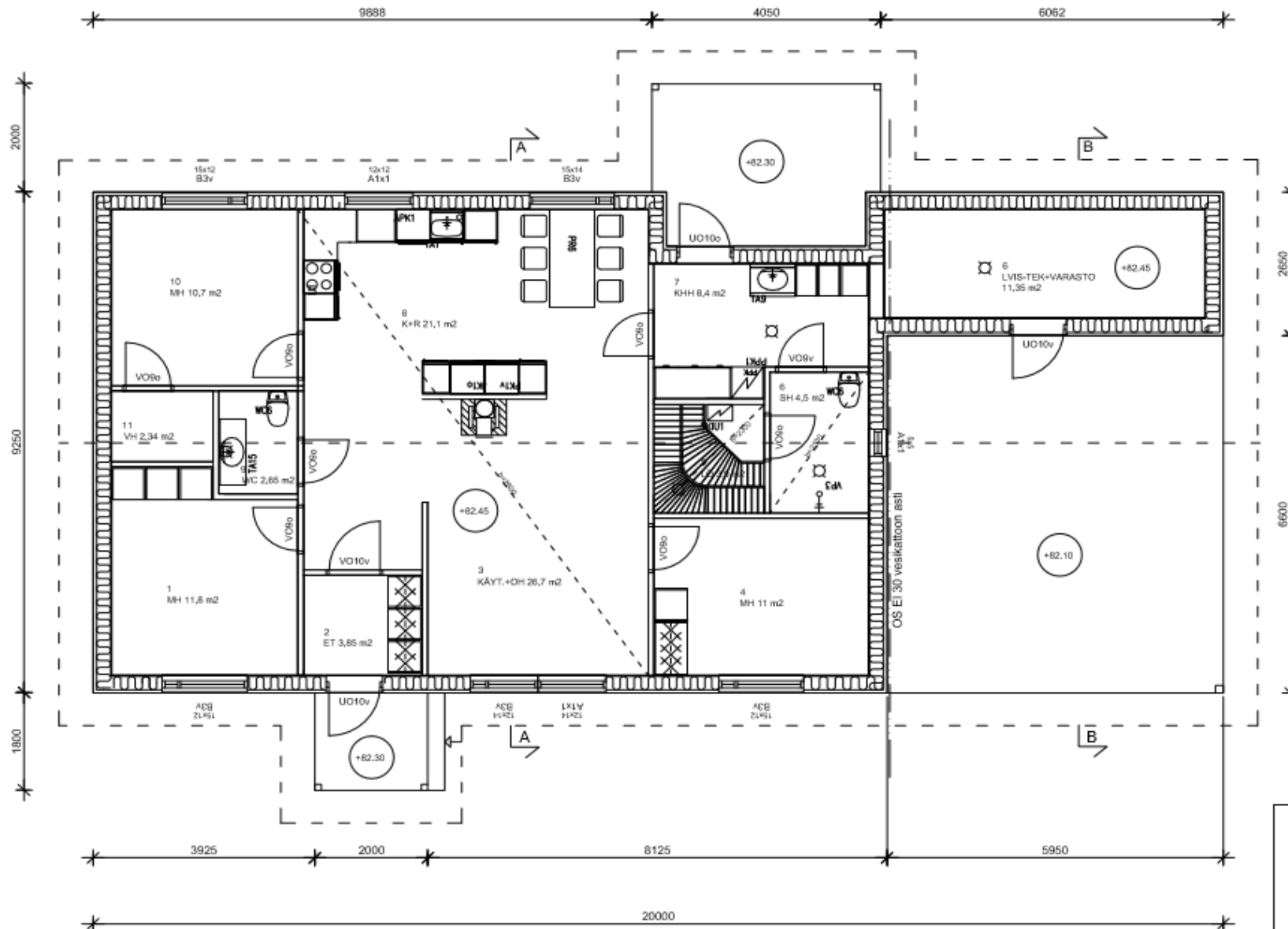
Vertailuosuuden ongelmaksi kustannusten osalta muodostui talotehtaitten haluttomuus ilmoittaa tehtaitten työmenekkejä elementtien valmistuksessa. Työmenekkien avulla olisin pystynyt tekemään tarkempaa ja totuudenmukaisempaa arviota omavalmisteisten elementtien suhteen. Kustannusten erot rakennustapojen välillä jäivät ehkä hieman omia odotuksiani pienemmiksi. Taloudellista säästöä elementtitoteutuksella syntyi 2,5 % kohteen budjettiarviosta. Ottaen huomioon tutkimuksen ongelmat, ja se, että elementtien valmistuksen laskelmat perustuvat pitkälti omaan arviooni, voidaan olettaa, että erot käytännön tasolla saattaisivat muodostua suuremmiksi. Varsinkin kun käytetyt työmenekit paikalla rakentamiseen on kerätty suurilta työmailta eikä pientalo kohteista. Pienissä kohteissa työmenekit paikalla rakennettaessa tahtovat kasvaa yleensä suuremmiksi, kuin suurissa kohteissa [11, 13]. Näin ollen oma oletukseni on, että elementtitoteutuksella voitaisiin saada merkittävää kustannussäästöä aikaiseksi, jopa 4 % kokonaisbudjettiarviosta. Tulosta parantaa myös se, että työskentely ensimmäisen kohteen jälkeen olisi todennäköisesti rutinoitunut ja

tekotavat saatu hiottua mahdollisimman toimiviksi. Tämä arvio perustuu vain toimeksiantajaan, jolla on jo käytössään elementtien valmistukseen tarvittavat tilat, työvälineet sekä kuljetuskalusto. Näitä ei ole hankittu erikseen elementtien valmistusta varten vaan yritys käyttää niitä myös muussa toiminnassaan. Jos näin ei olisi kustannusarvioon tulisi myös huomioida kulut näiden seikkojen osalta.

Opinnäytetyöprosessi syvensi tietämystäni puuelementtirakentamisesta. Se antoi myös peruskäsitystä rakennushankkeen kustannusten hallinnasta. Opinnäytetyössä olisin voinut ottaa vertailuosuuteen mukaan myös talotehtaan valmistaman ja toimittaman talopaketti tarjouksen. Kuitenkin päätin rajata sen työn ulkopuolelle, koska se ei ole toimeksiantajan kannalta varteen otettava vaihtoehto, ja opinnäytetyön laajuus täytyi saada rajattua, ettei siitä tule liian laaja. Kohteesta olisi myös voinut laatia kokonaisaikataulun, mutta opinnäytetyön aikataulun puitteissa jouduin siitä luopumaan. Lisäksi kohteen kokonaisaikataulua ei tarvittu aikataulujen vertailuun rakennustapojen välillä, koska työvaiheet ovat erilaiset vain ulkoseinien osalta. Opinnäytetyöprosessi onnistui hyvin ja sain mielestäni tuotua esille ne asiat, jotka ovat toimeksiantajan kannalta oleellisia. Opinnäytetyötä pystytään myös hyödyntämään suurelta osin tulevassa rakennushankkeessa. Työhön laaditut pää- ja rakennepiirustukset ovat käytössä rakennuslupaprosessissa. Rakennusluvut kohteeseen menivät Joensuun kaupungin rakennusvalvonnan käsittelystä läpi ja kohde voidaan aloittaa toukokuussa.

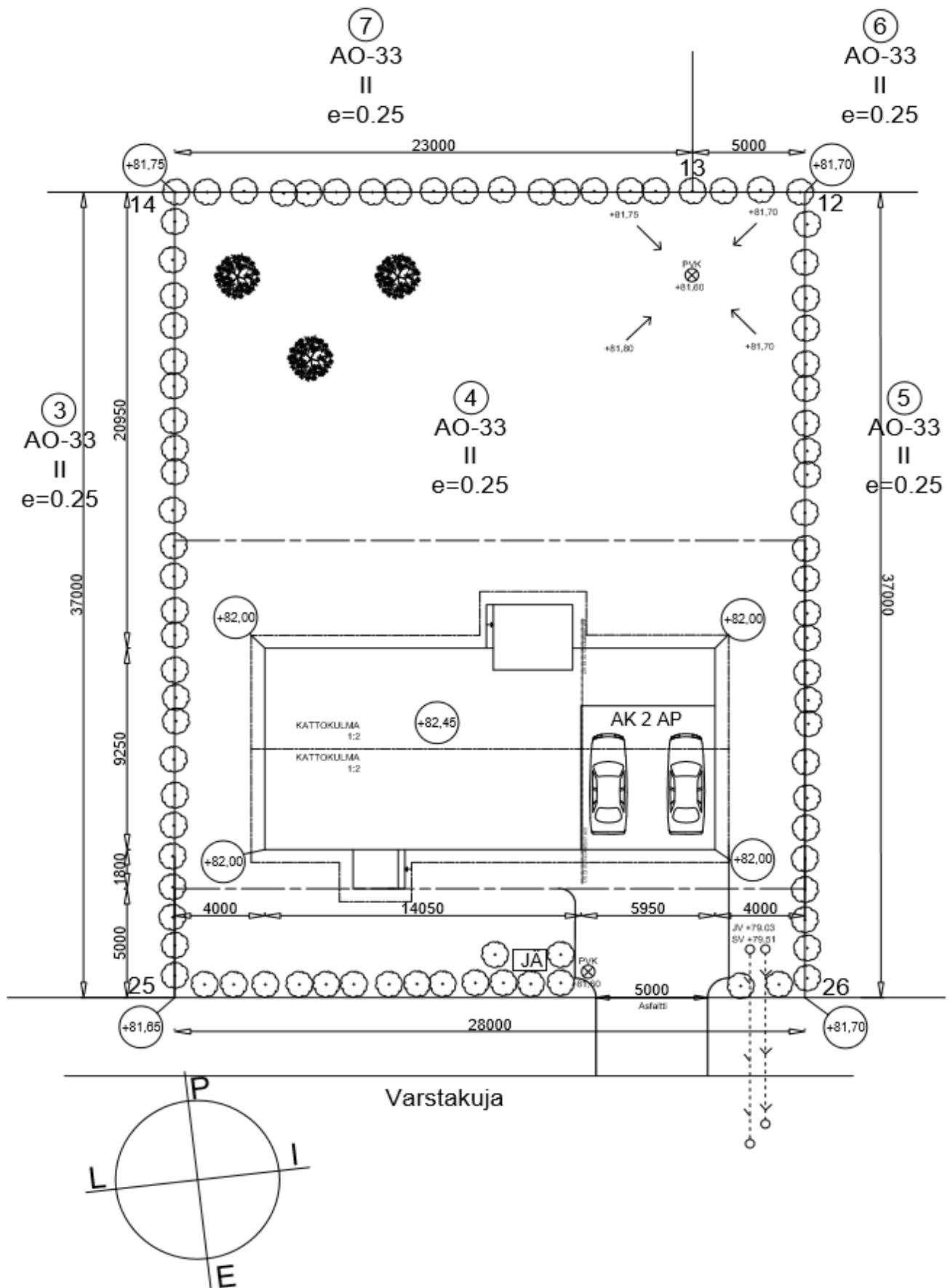
## Lähteet

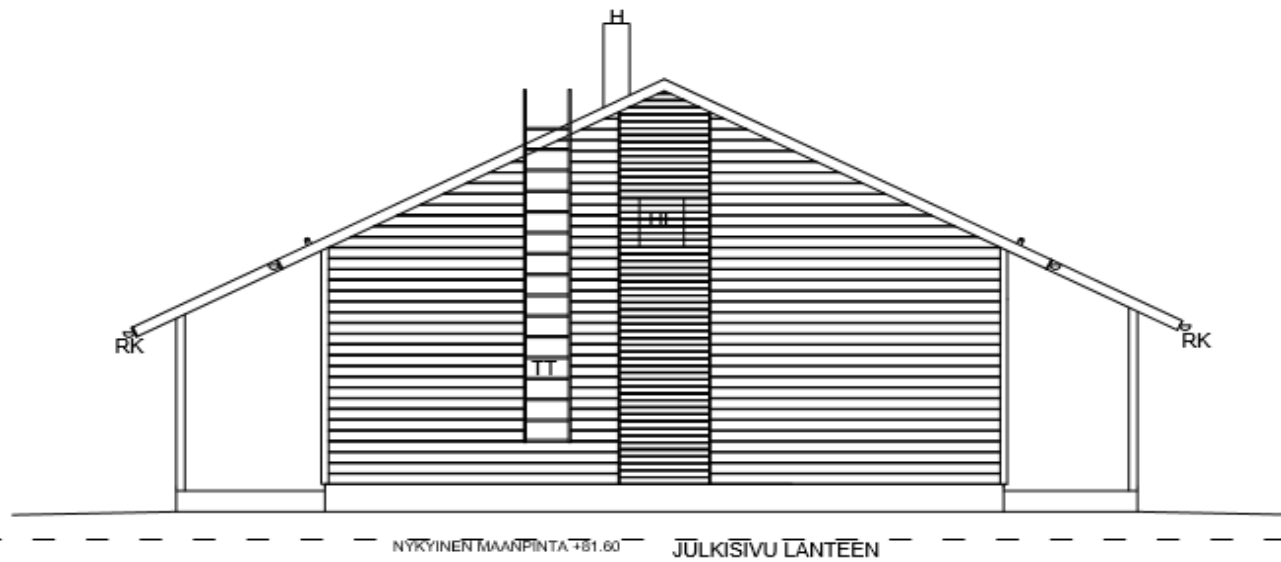
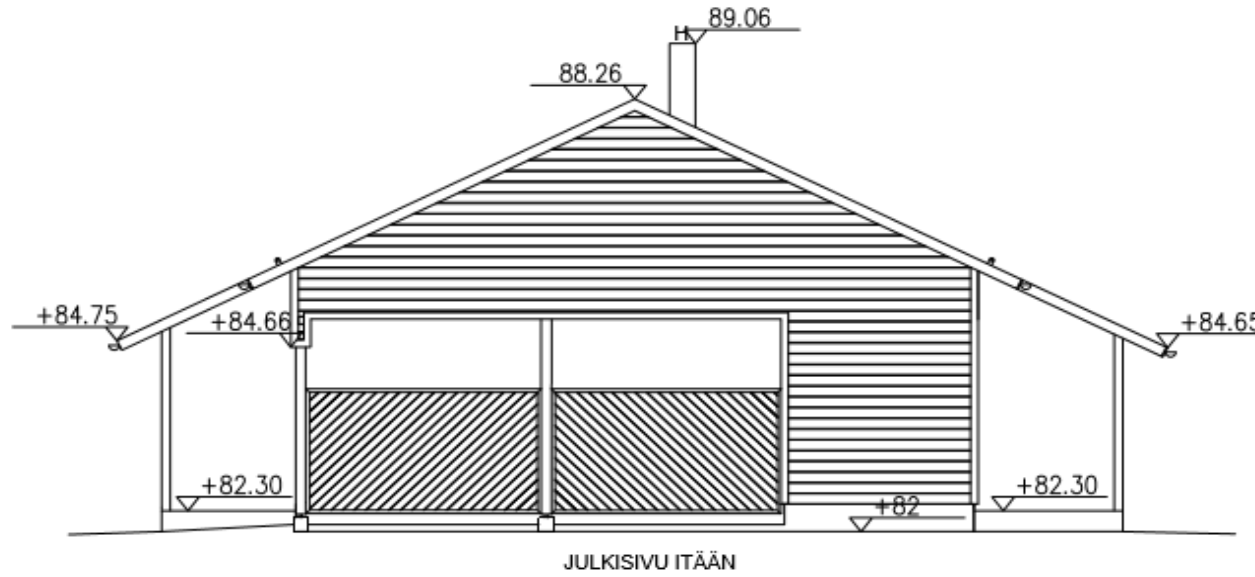
1. Joensuun kaupunki. Kartat, kaavamääräykset ja -merkinnot Varstakuja, Lohkotie. 2017.  
<http://www.joensuu.fi/documents/11127/4090481/Varstakuja%2C%20Lohkotie/f35527f9-5708-460b-974f-3e16c545acb8>. 9.1.2017
2. Talonrakentajan käsikirja 8. Pientalon perustustyöt. Rakentajan tietokustannus Oy/Rakentajan Tietokirjat. Uudistettu painos. Espoo. 2010.
3. SITO. Kääriäinen, E. Pailamo, S. TIE21002 korttelikohtainen rakennettavuusselvitys. Joensuu. 2013.  
<http://www.joensuu.fi/documents/11127/2491503/Rakennettavuusselvitys+Multim%C3%A4ki+2013/c4f78b38-3246-4ec0-84b0-66f9c1c76461> 12.1.2017
4. Viljakainen, M. Alppi, A. Lahtela T. & Valkama A-M. Avoin puurakennusjärjestelmä-paikalla rakentaminen. Wood Focus Oy. Helsinki. 2004.  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-paikalla-rakentaminen.pdf> 22.1.2017
5. Laitinen, E. Teollinen puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tampere. 1995.
6. Viljakainen, M. Alppi, A. Valkama, A-M. Avoin puurakennusjärjestelmäsuunnitteluperusteet. Wood Focus Oy. Helsinki. 2005.  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-suunnitteluperusteet/suunnitteluperusteetkokooohje.pdf> 28.4.2017
7. Kilpeläinen, M. Ukonmaanaho, A. Kivimäki, M. Avoin puurakennusjärjestelmä-elementtirakenteet. Wood Focus Oy. Helsinki. 2001  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-elementtirakenteet/elementtirakenteet.pdf> 15.2.2017
8. Vinha, J. Rakennusten rakennusfysikaalisen suunnittelun ja rakentamisen periaatteet. Artikkelit. Tampereen teknillinen yliopisto.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090302.pdf> 17.2.2017
9. Kurnitski, J. Energiamääräykset 2012. Opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen. Suomen Rakennusmedia Oy. Helsinki. 2012
10. Heino, P. 2010. Puurakenteiden suunnittelu Lyhennetty suunnittelu ohje Toinen painos. Puuinfo Oy. Helsinki. 2010
11. Rakennustieto Oy. Rakennusosien kustannuksia 2016. Helsinki. 2016



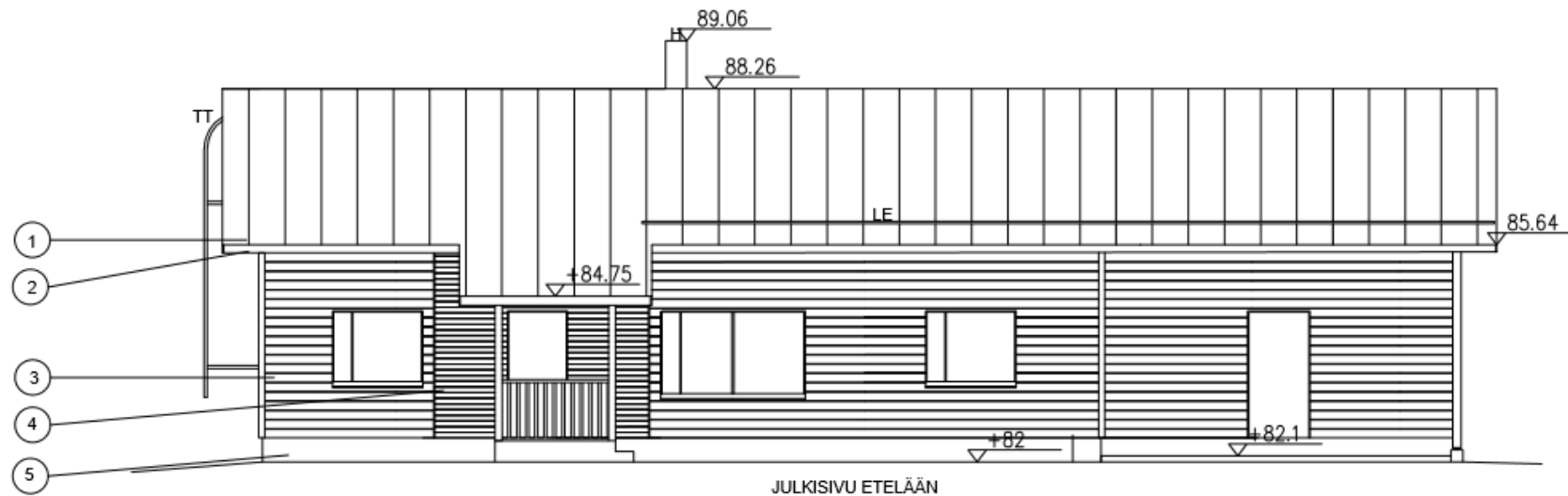
TALO VARUSTETAAN KONEELLISELLA  
ILMANVAIHDOLLA, RADON PUTKISTOLLA  
JA VERKKOVIRTAISELLA  
PALOVAROITINJÄRJESTELMÄLLÄ

HUONEISTOALA 111m<sup>2</sup>  
KERROSALA 142m<sup>2</sup>  
TILAVUUS 426m<sup>3</sup>

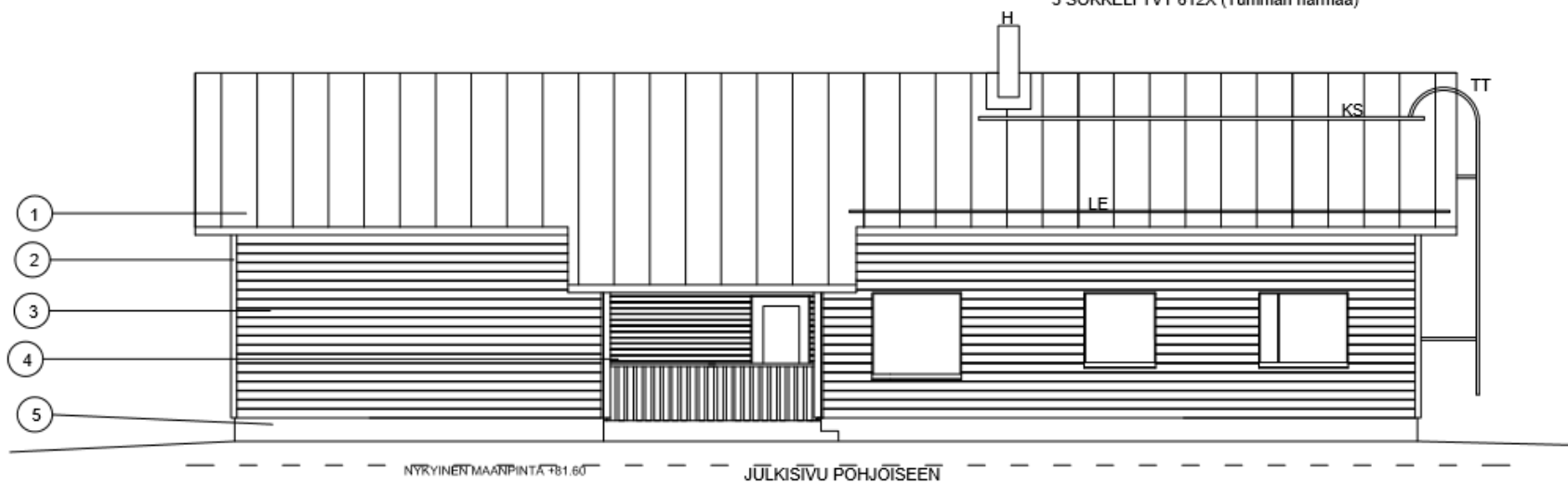


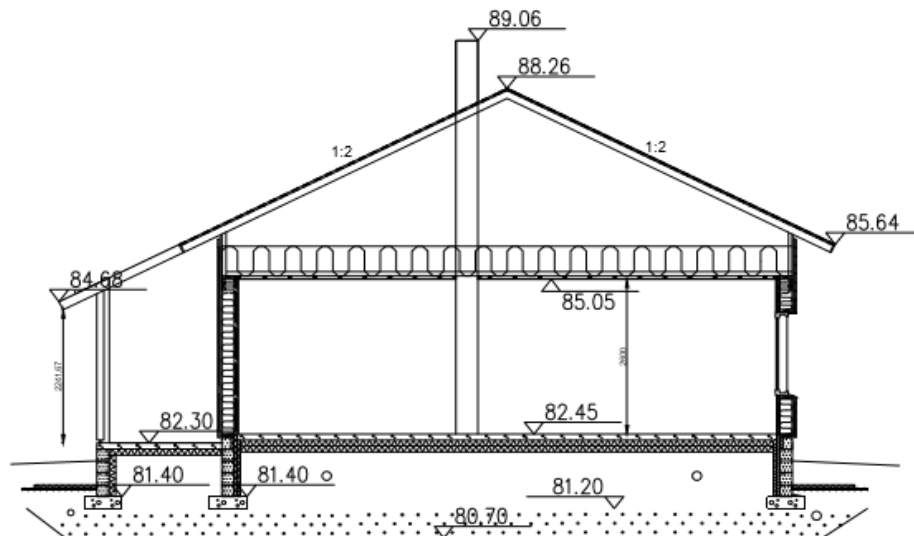
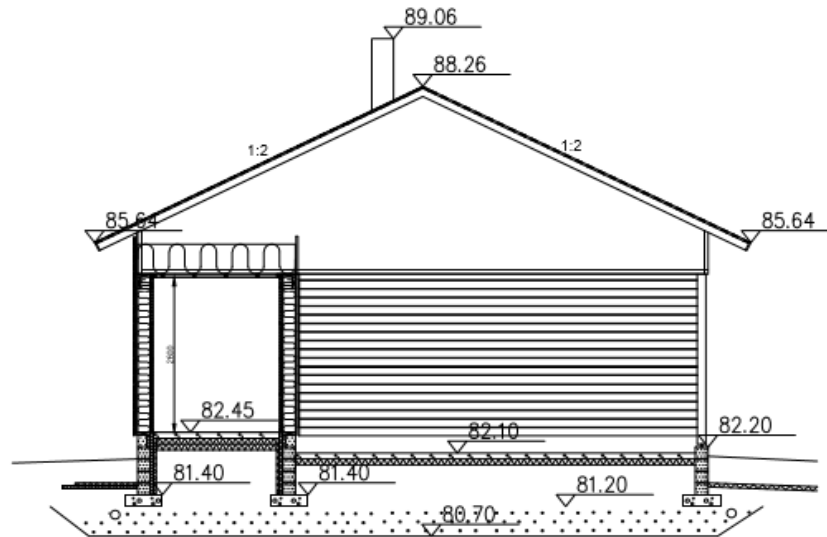






- 1 SAUMAPELTI RR29 (Punainen)
- 2 RÄYSTÄSLAUTA+IKKUNA/OVI PIELET TVT 612X (tumma)
- 3 UYV 145\*23 TVT 619X (vaalea)
- 4 UYV 90\*23 612X (Tumman harmaa)
- 5 SOKKELI TVT 612X (Tumman harmaa)





VK SAUMAPELTI  
KATTOPOHJALAJUTA 100\*25 K200  
TUULETUSRIMA 50\*50  
ALUSKATE  
KATTORISTIKOT K900

YP U-arvo 0.08  
PUHALLUSVILLA 500  
HÖYRYNSULKUMUOVI  
KOOLAUS 48\*48 K400  
PANEELI MDF 8

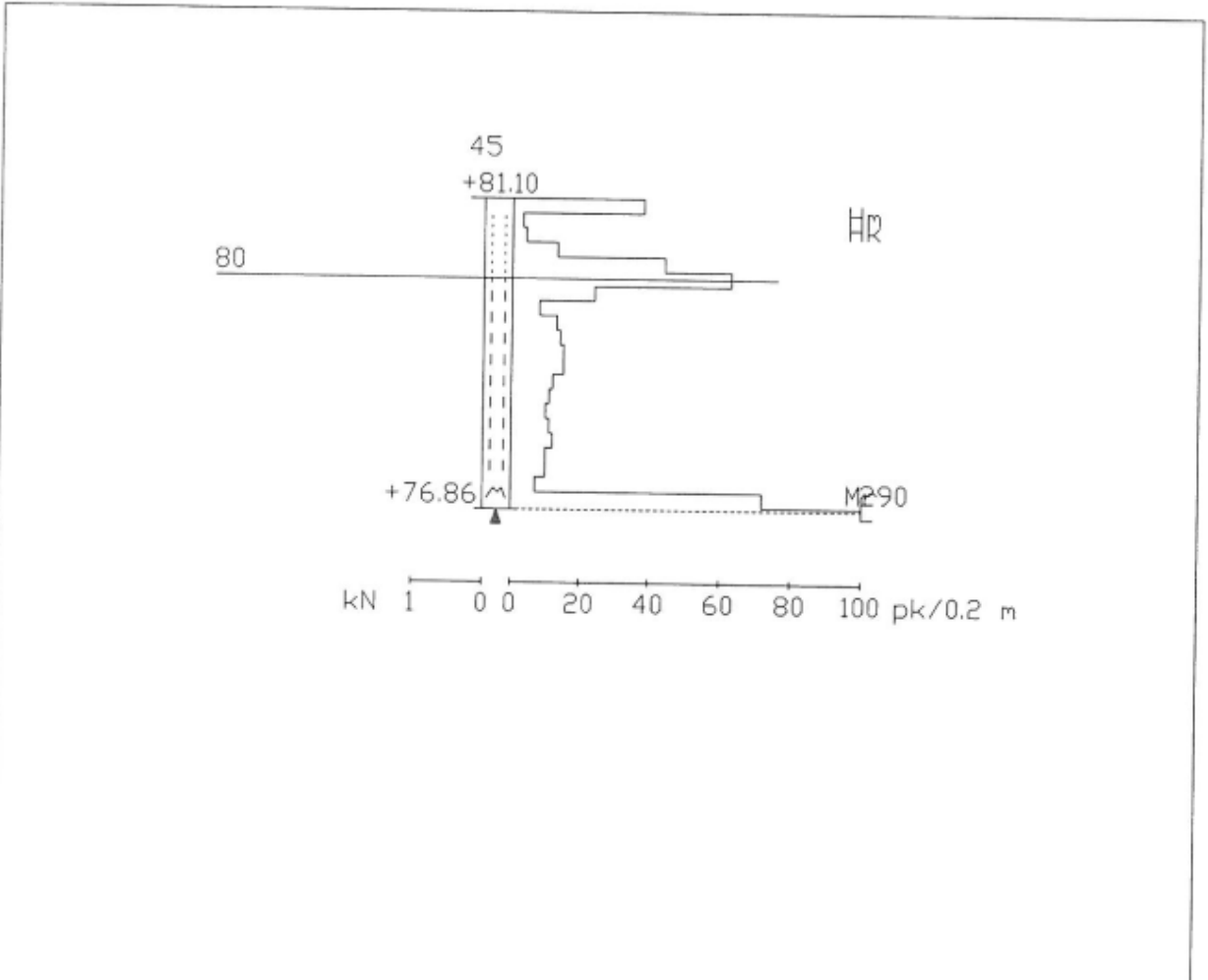
US U-arvo 0.16 W/m<sup>2</sup>K  
PANEELI UYV 145\*23  
TUULETUSRAKO 30  
TUULENSUOJALEVY 12  
RUNKO 48\*198 + MINERAALIVILLA 200  
HÖYRYNSULKUMUOVI  
KOOLAUS 48\*48 + MINERAALIVILLA 50  
GYPROC EK 13

AP U-arvo 0.14 W/m<sup>2</sup>K  
LATTIAMATERIAALI  
BETONILAATTA 80  
ROUTAERISTE EPS100 200  
SORA  
KAPILAARIKATKO 500

IKKUNAT JA OVET U-arvo 1 W/m<sup>2</sup>K

11.4.2013

Työnnumero 201307	Työn nimi MUL TIMAKI	Pisteen nro 45
X 6944257.838	Y 492768.829	Z 81.098
	Pohjaveden pinta	Kairauspvm. 3.4.2012
Kairaustapa PA - Painokairaus		Alkukairaus
Kairaja		Päättymistapa Kivi tai lohkare
		Kairauslaite

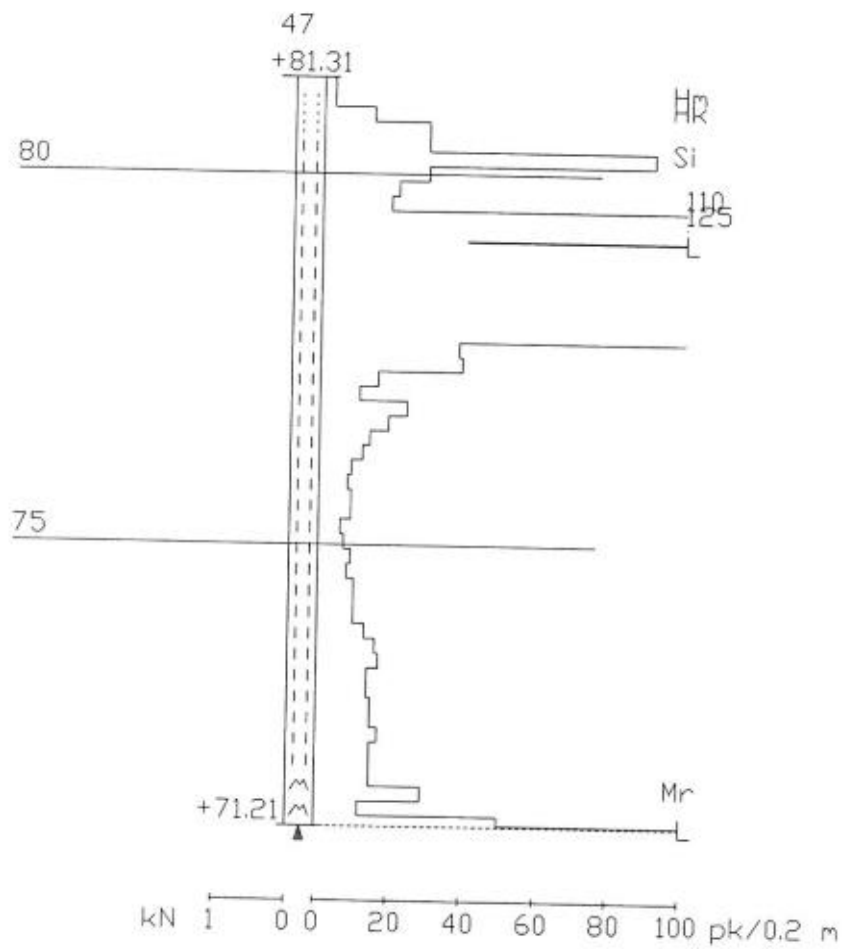


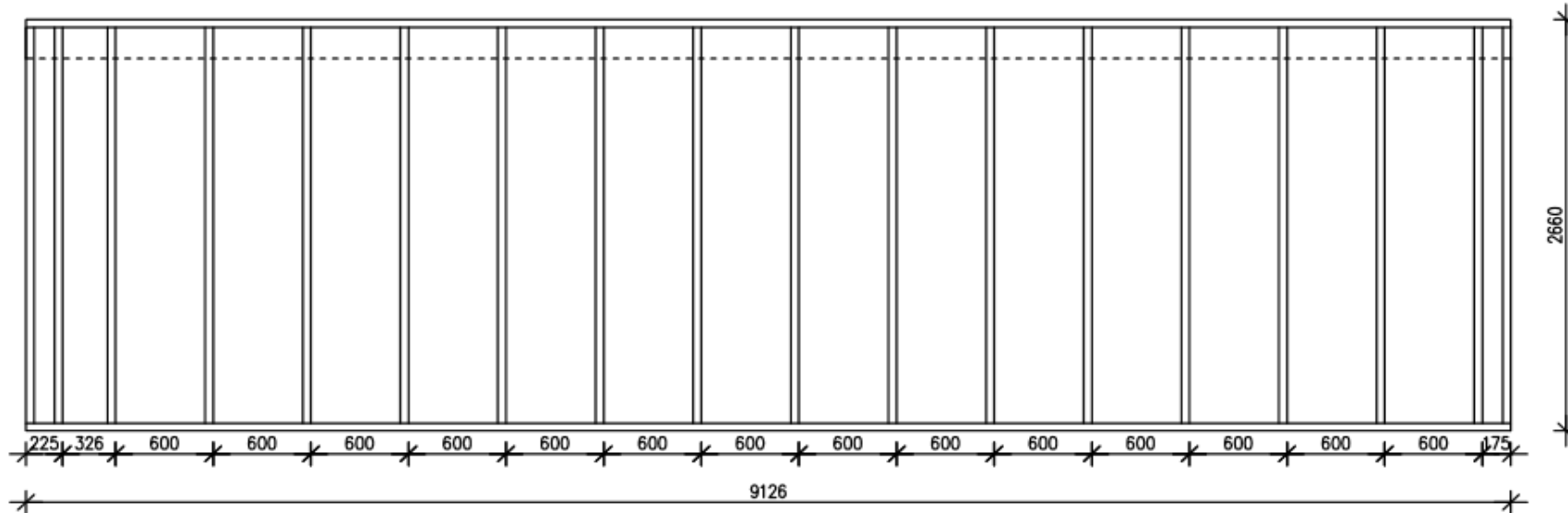
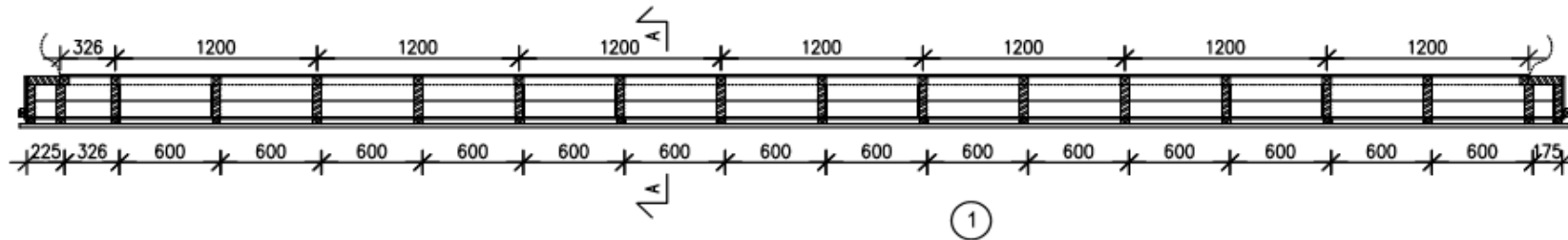
MITTAKAAVA 1:100

11.4.2013

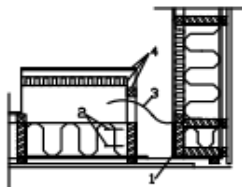
Työnumero 201307	Työn nimi MULTIMAKI	Pisteen nro 47	
X 6944250.341	Y 492827.066	Z 81.307	
	Pohjaveden pinta	Kairauspvm. 26.3.2012	Alkukairaus
Kairaustapa PA - Painokairaus		Päättynytapa Kivi tai lohkare	
Kairausaja		Kairauste	

Mittakaava 1:100



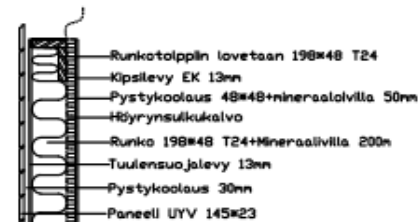


ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakaista eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5x100 k 400
3. Höyrynsulkukalvo liitetään ja sauna tulpataan tyhnoalla
4. Koolauspuu, eriste ja reuninainen kipsilevy asennetaan tyhnoalla

A-A

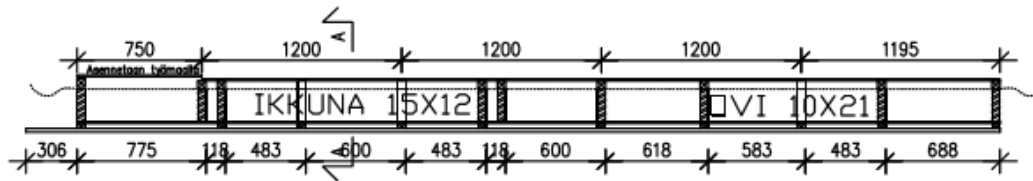
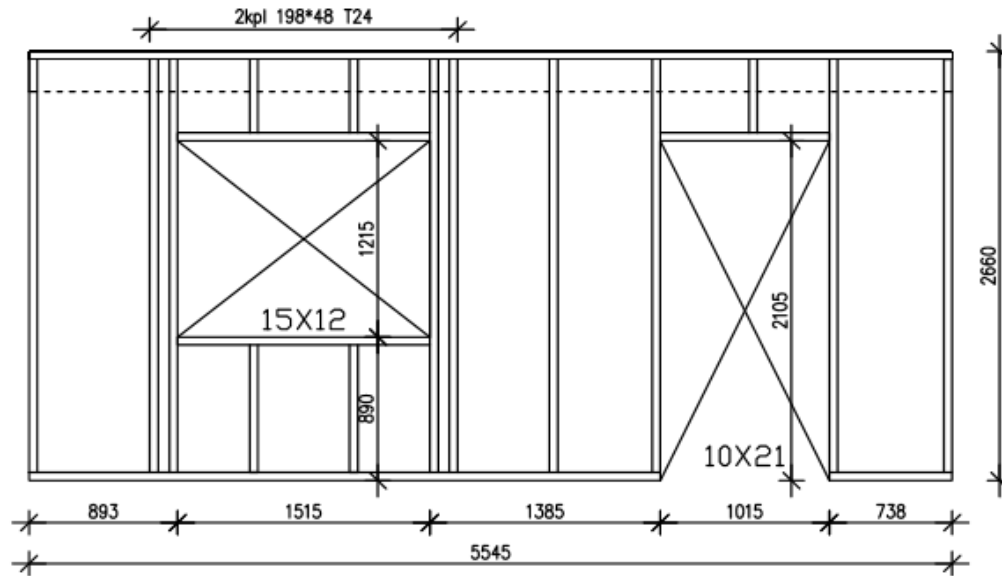


Höyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 50mm ylääärästä ja ne liitetään elementtien asennus vaiheessa.

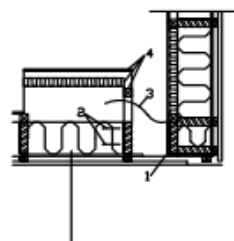
Elementtien sisäpuoliset asennusaukot välineistellään tyhnoalla (eriste, koolaus, kipsilevy)

Huoni! Kaksi alinta paneelia asennetaan tyhnoalla

2



ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



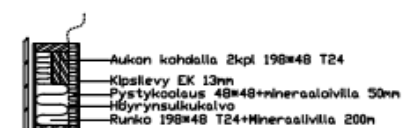
1. Elementin saumaan asennetaan villakaista eriste
2. Nurkkaa sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5x100 k 400
3. Höyrinsulkukaivo liitetään ja sauna teipataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunimainen kipsilevy asennetaan työmaalla

ELEMENTIN SUORALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan solumuovi eriste
2. Liitos sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5x100 k 400
3. Höyrinsulkukaivo liitetään ja sauna teipataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja kipsilevy asennetaan työmaalla

A-A

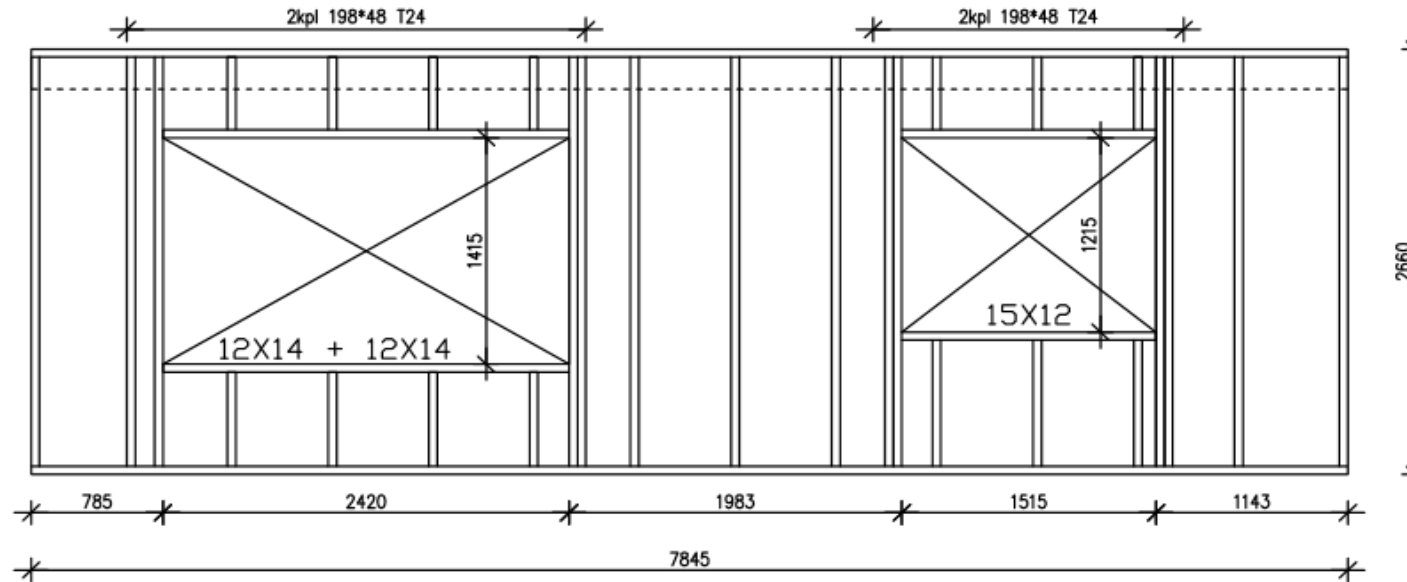
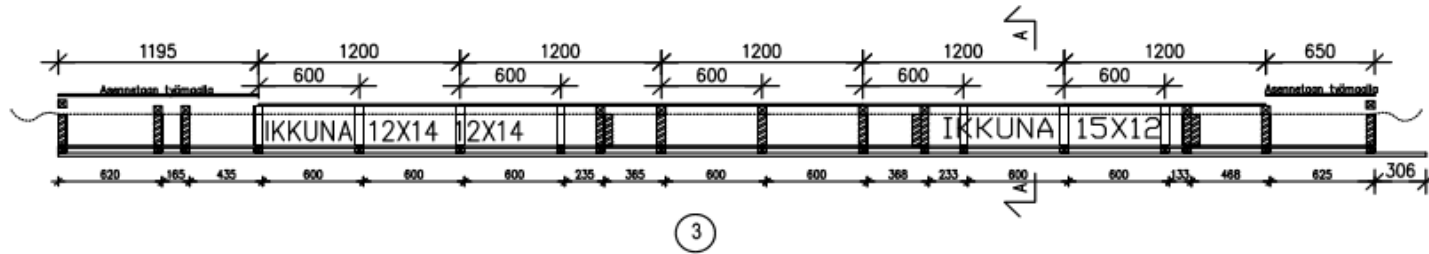


Tuulensuojalevy 13mm  
Pystykoolaus 30mm  
Paneeli UYV 145x23

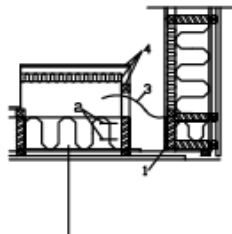
Huom! Kaksi olinta paneelia asennetaan työmaalla

Höyrinsulkukaivo liitetään jokaiselle sivulle 500mm ylimääräistä ja ne liitetään elementtien asennusvaiheessa.

Elementtien sisäpuoliset asennusaukot viimeistellään työmaalla (eriste, koolaus, kipsilevy)



ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakaista eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5\*100 k 400
3. Höyrynsulkukaivo liitetään ja sauma telpataan työmalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunimainen kipsilevy asennetaan työmaalla

ELEMENTIN SUORALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan solunuvoli eriste
2. Liitos sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5\*100 k 400
3. Höyrynsulkukaivo liitetään ja sauma telpataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja kipsilevy asennetaan työmaalla

A-A



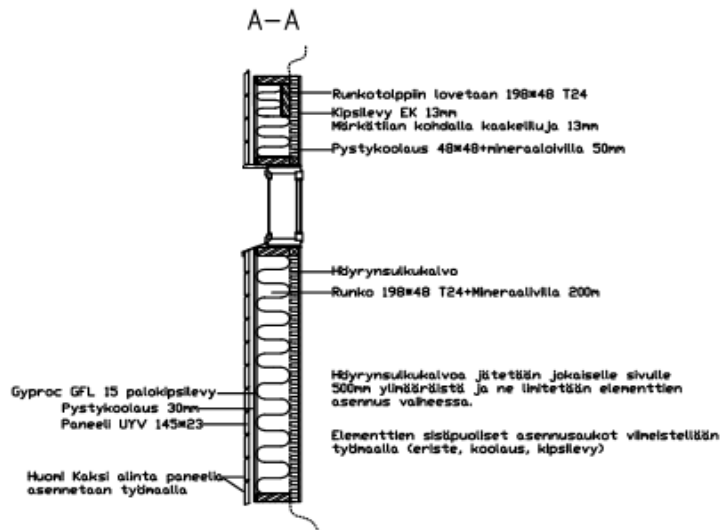
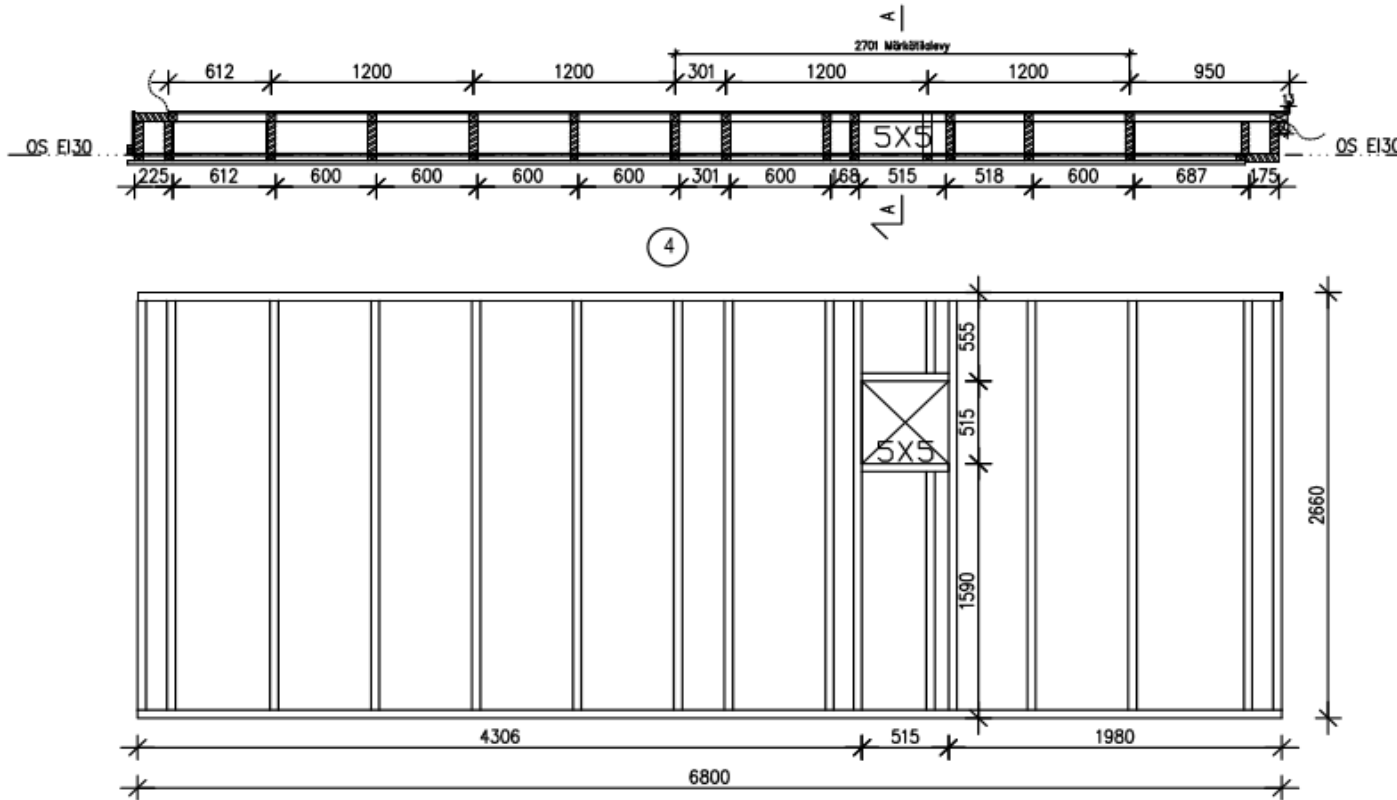
- Aukon kohdalla 2kpl 198\*48 T24
- Kipsilevy EK 13mm
- Pystykoalaus 48\*48+mineraalivilla 50mm
- Höyrynsulkukaivo
- Runko 198\*48 T24+Mineraalivilla 200m

- Tuulensuojalevy 13mm
- Pystykoalaus 30mm
- Paneeli UVV 145\*23

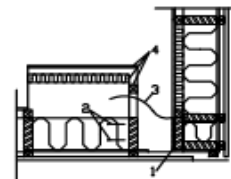
Huomi! Kaksi alinta paneelia asennetaan työmaalla

Höyrynsulkukaivoa liitetään jokaiselle sivulle 500mm ylinääräistä ja ne liitetään elementtien asennus vaiheessa.

Elementtien sisäpuoliset asennusaukot välineistellään työmaalla (eriste, koolaus, kipsilevy)

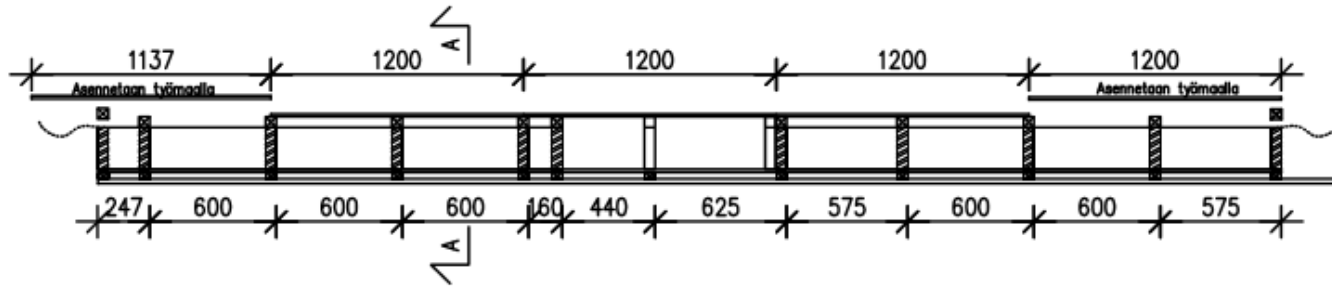


ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



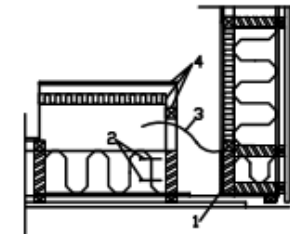
1. Elementin saumaan asennetaan viikakaista eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5\*100 k 400
3. Höyrynsulkukaivo liitetään ja sauma teipataan tyhnoalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunimmainen kipsilevy asennetaan tyhnoalla



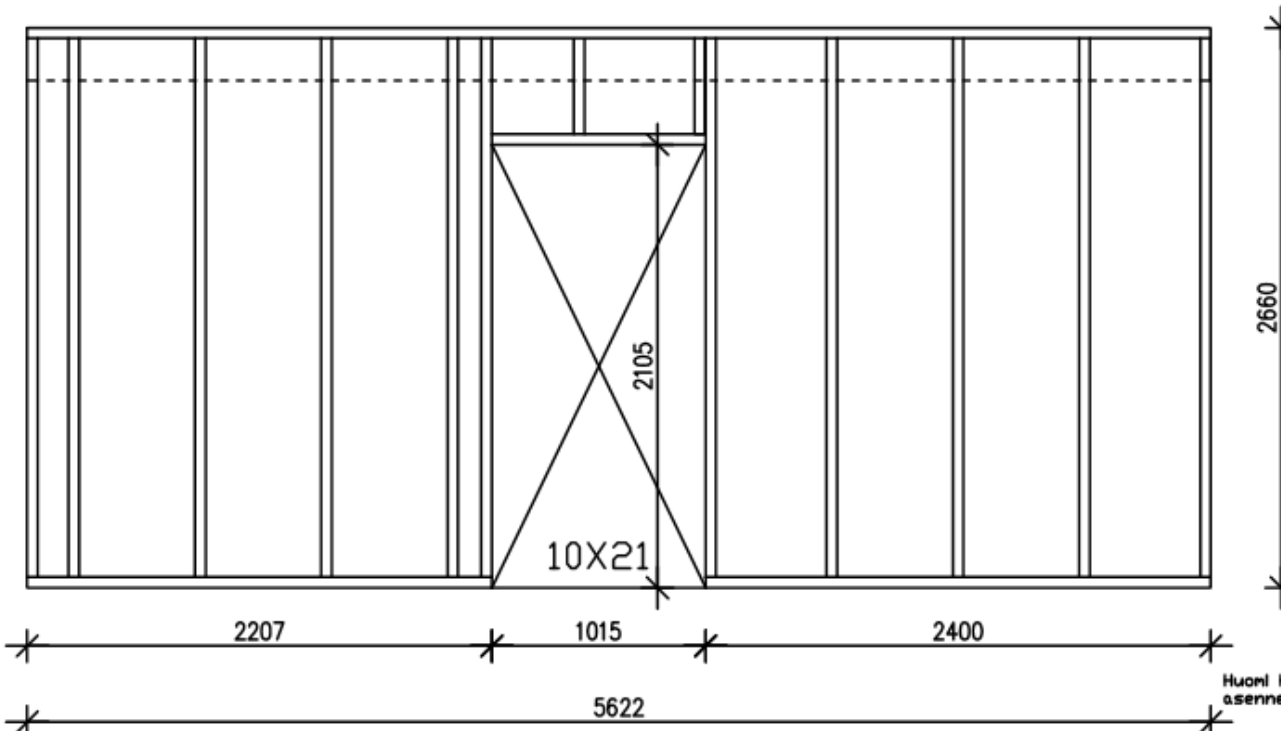


5

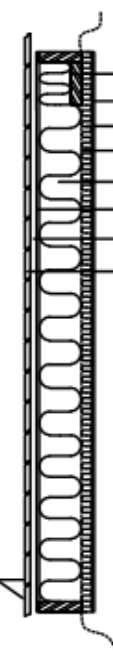
ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakalusta eriste
2. Nurkka sidotaan ruuvillitoksella ruuvi 5\*100 k 400
3. Hdyrynsulkukalvo limitetään ja sauma teipataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunimainen kipsilevy asennetaan työmaalla



A-A

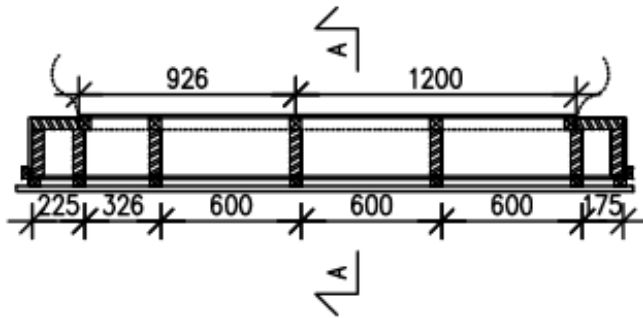


- Runkotalppien lovetaan 198\*48 T24
- Kipsilevy EK 13mm
- Pystykoolaus 48\*48+mineraalivilla 50mm
- Hdyrynsulkukalvo
- Runko 198\*48 T24+Mineraalivilla 200m
- Tuulensuojalevy 13mm
- Pystykoolaus 30mm
- Paneelli UYV 145\*23

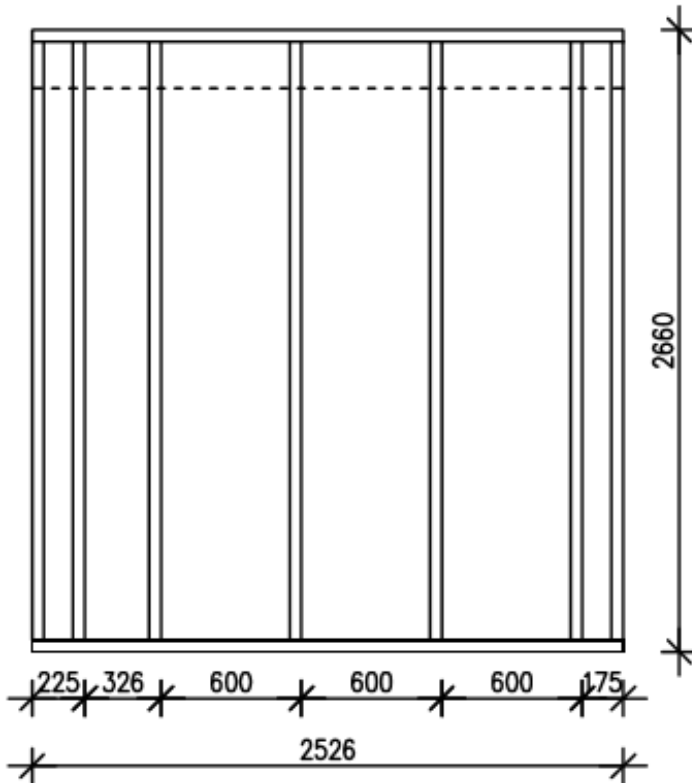
Hdyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 500mm ylä- ja alarajista ja ne limitetään elementtien asennus vaiheessa.

Elementtien sisäpuoliset asennusaukot viimeistellään työmaalla (eriste, koolaus, kipsilevy)

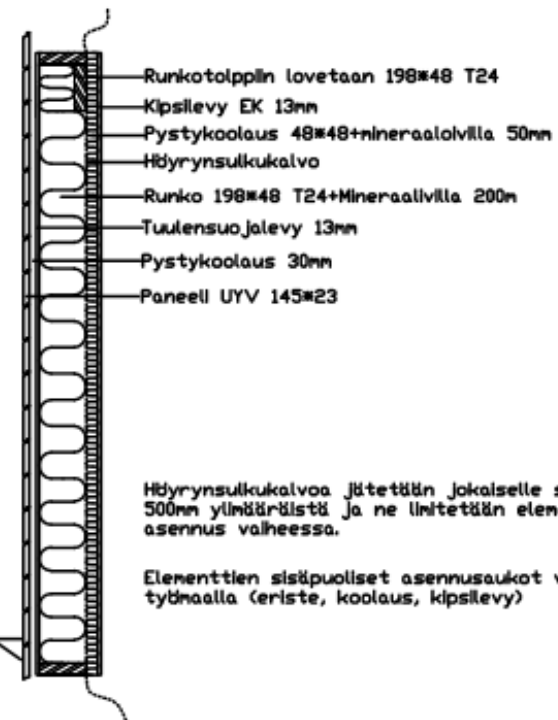
Huomi! Kaksi alinta paneella asennetaan työmaalla



6



A-A



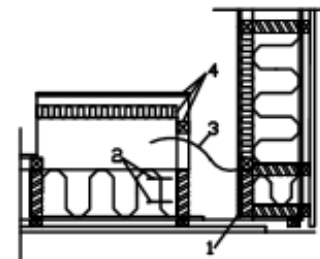
- Runkotalppin lovetaan 198\*48 T24
- Kipsilevy EK 13mm
- Pystykoolaus 48\*48+mineraalivilla 50mm
- Höyrynsulkukalvo
- Runko 198\*48 T24+Mineraalivilla 200mm
- Tuulensuojalevy 13mm
- Pystykoolaus 30mm
- Paneeli UYV 145\*23

Höyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 500mm ylimääräistä ja ne limitetään elementtien asennus vaiheessa.

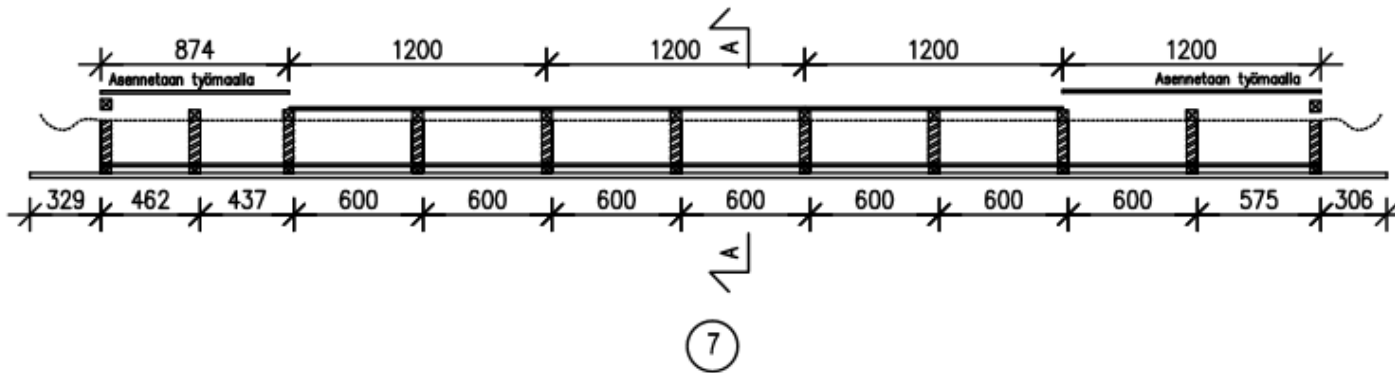
Elementtien sisäpuoliset asennusaukot viiletellään työmaalla (eriste, koolaus, kipsilevy)

Huoni Kaksi alinta paneelia asennetaan työmaalla

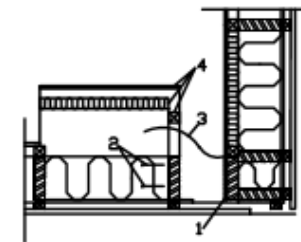
### ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



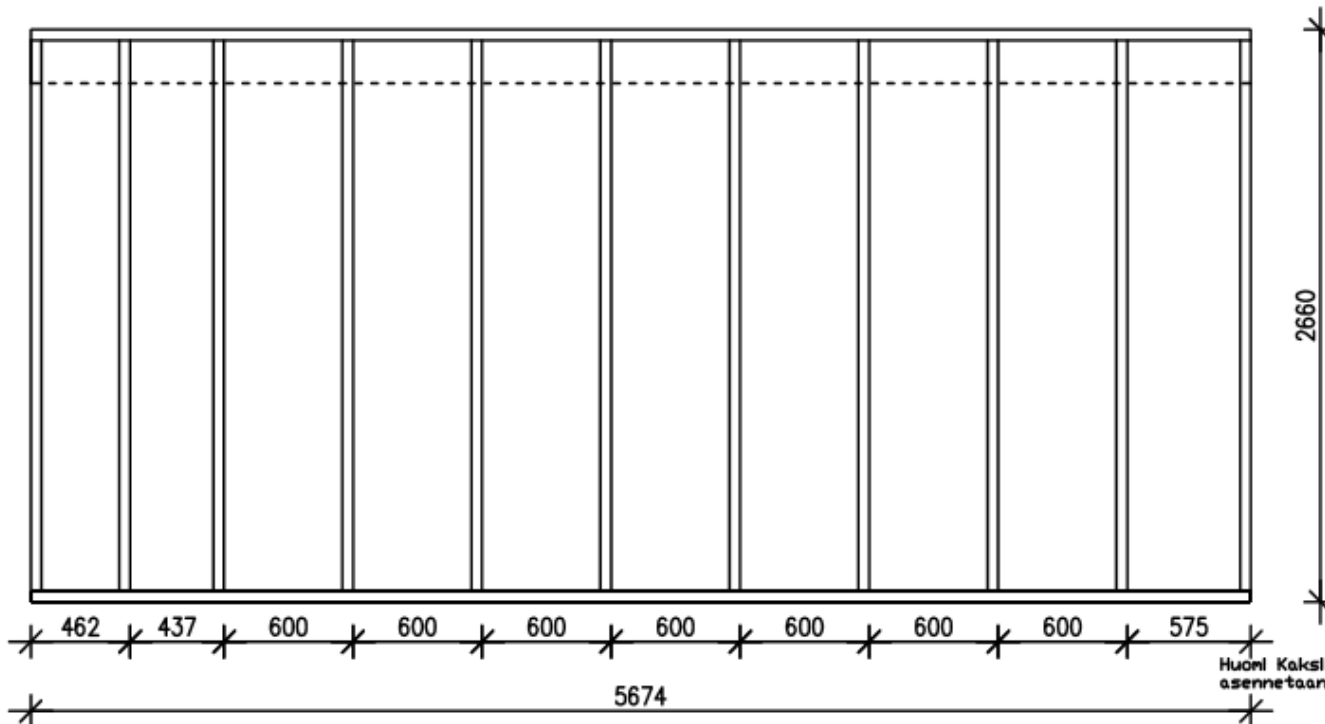
1. Elementin saumaan asennetaan villakalsta eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5\*100 k 400
3. Höyrynsulkukalvo limitetään ja sauma telpataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunilmalinen kipsilevy asennetaan työmaalla



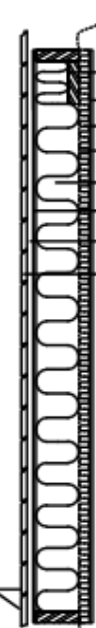
### ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakalusta eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5#100 k 400
3. Höyrynsulkukalvo limitetään ja sauma teipataan työmaalla
4. Koolauspuu, eriste ja reunimmainen kipsilevy asennetaan työmaalla



### A-A

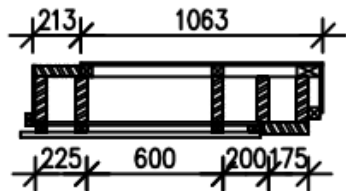


- Runkotalppin lovetaan 198#48 T24
- Kipsilevy EK 13mm
- Pystykoolaus 48#48+mineraalivilla 50mm
- Höyrynsulkukalvo
- Runko 198#48 T24+Mineraalivilla 200m
- Tuulensuojalevy 13mm
- Pystykoolaus 30mm
- Paneeli UYV 145#23

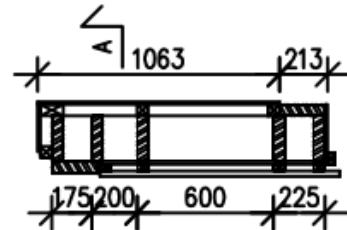
Höyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 500mm ylimääräistä ja ne limitetään elementtien asennus valheessa.

Elementtien sisäpuoliset asennusaukot viimeistellään työmaalla (eriste, koolaus, kipsilevy)

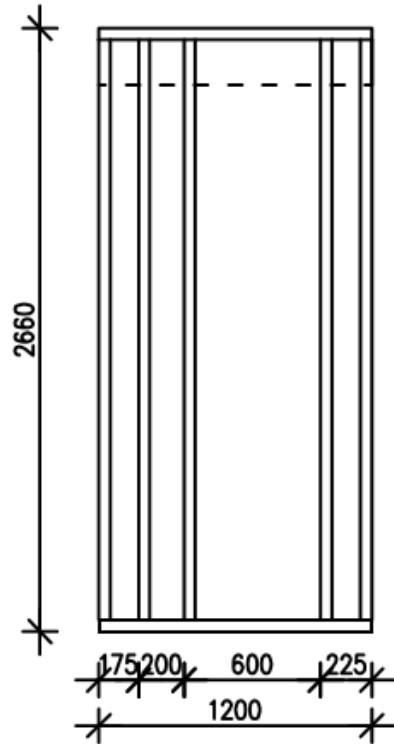
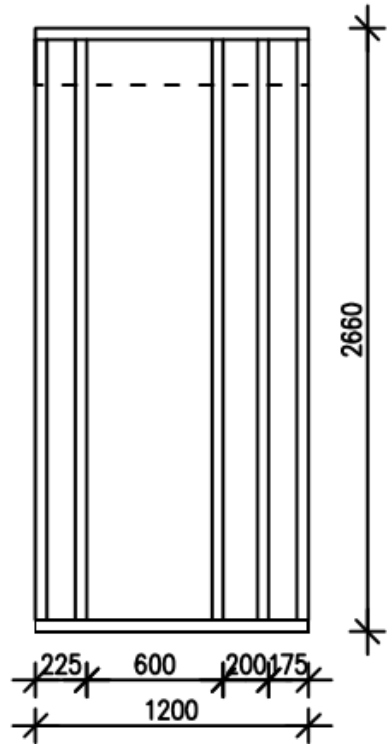
Huom! Kaksi alinta paneelia asennetaan työmaalla



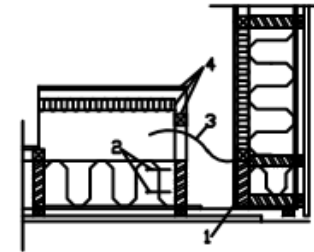
8



10

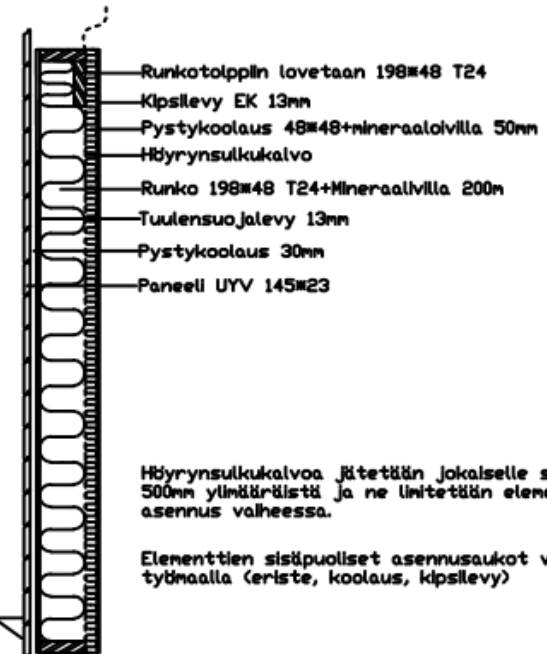


### ELEMENTIN NURKKALIIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakalsta eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5#100 k 400
3. Hdyrynsulkukalvo limitetään ja sauma taitataan tybmaalla
4. Koolauspui, eriste ja reuninmainen kipsilevy asennetaan tybmaalla

A-A

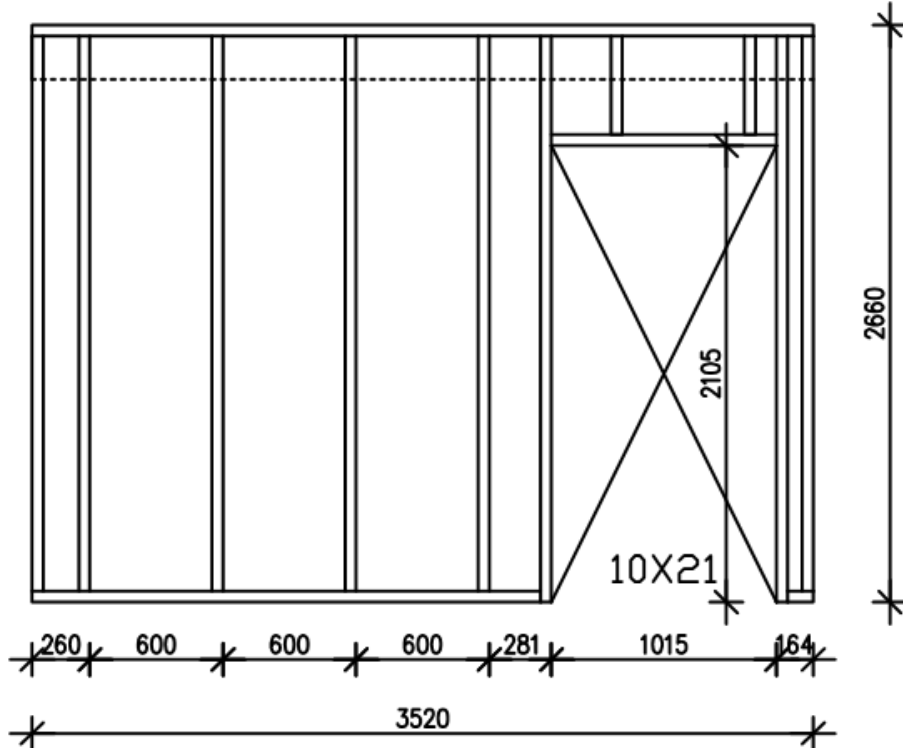
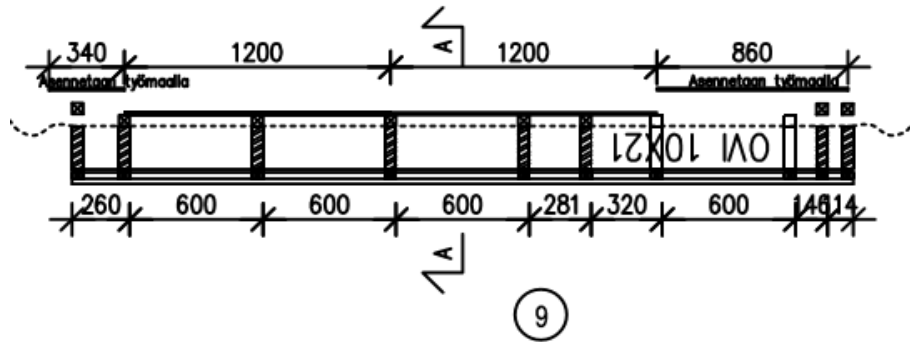


- Runkotolppin lovetaan 198#48 T24
- Kipsilevy EK 13mm
- Pystykoolaas 48#48+mineraalivilla 50mm
- Hdyrynsulkukalvo
- Runko 198#48 T24+Mineraalivilla 200n
- Tuulensuojalevy 13mm
- Pystykoolaas 30mm
- Paneeli UYV 145#23

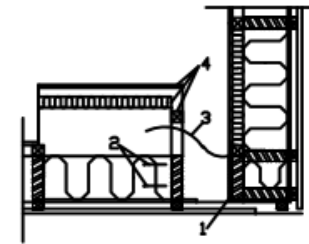
Hdyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 500mm ylimääräistä ja ne limitetään elementtien asennus vaiheessa.

Elementtien sisäpuoliset asennusaukot viimeistellään tybmaalla (eriste, koolaas, kipsilevy)

Huomi Kaksi alinta paneelia asennetaan tybmaalla



### ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



1. Elementin saumaan asennetaan villakalsta eriste
2. Nurkka sidotaan ruuviliitoksella ruuvi 5#100 k 400
3. Hdyrynsulkukalvo limitetään ja sauma teipataan tybmaalla
4. Koolauspui, eriste ja reuninnainen kipsilevy asennetaan tybmaalla

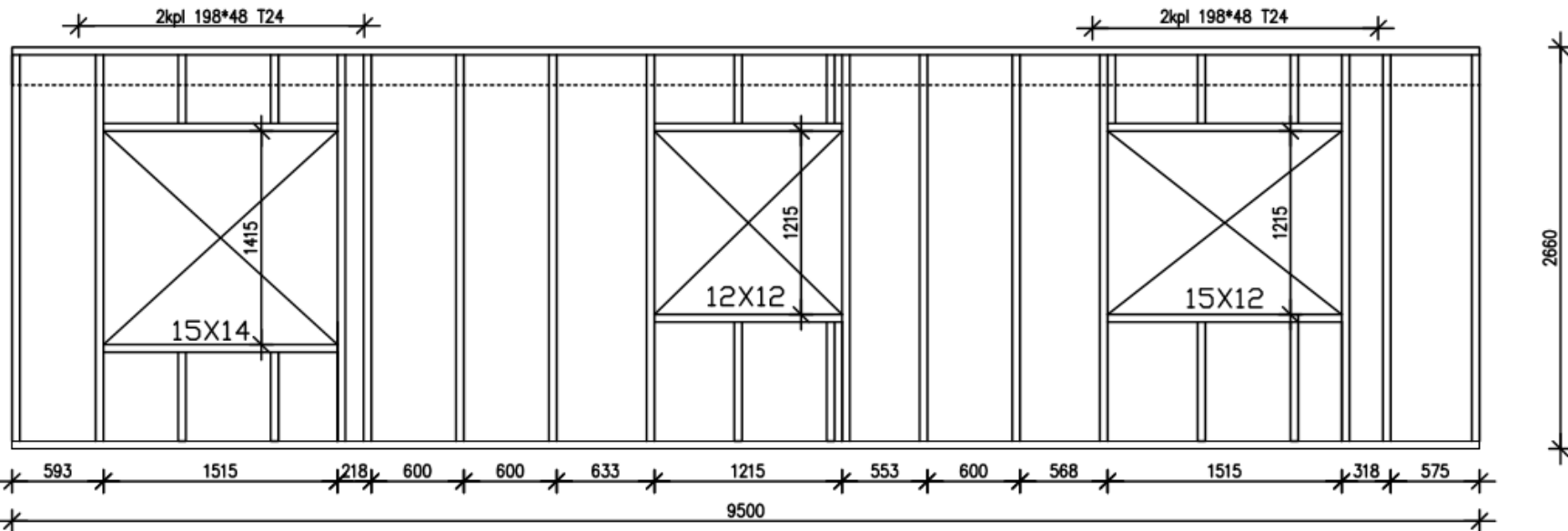
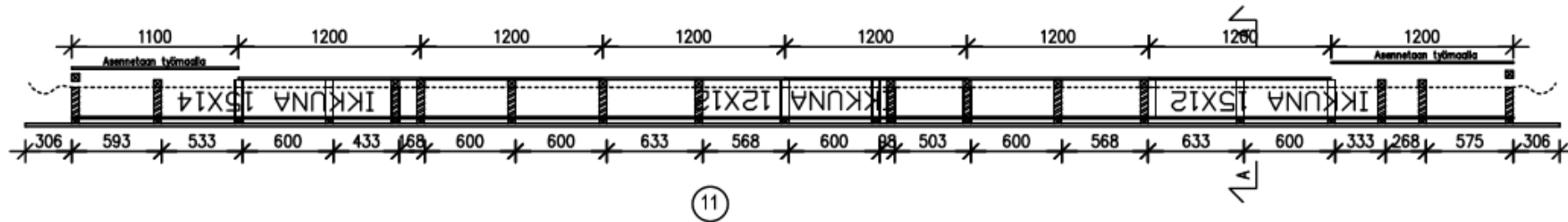
A-A



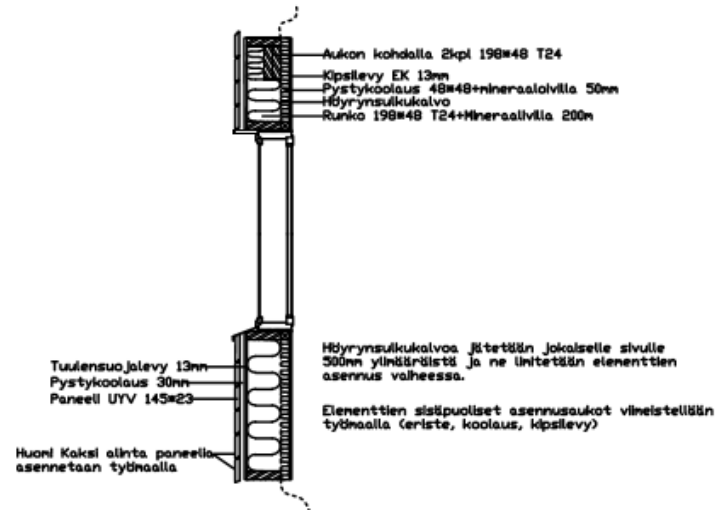
Hdyrynsulkukalvoa jätetään jokaiselle sivulle 500mm ylimääräistä ja ne limitetään elementtien asennus vaiheessa.

Elementtien sisipuoliset asennusaukot viimeistellään tybmaalla (eriste, koolausta, kipsilevy)

Huomi Kaksi alinta paneelia asennetaan tybmaalla



A-A



ELEMENTIN NURKKALIITOS DETALJI



Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto Heikki Mononen	Työn nro 1		Sivu 2 / 2
	Päiväys 30.2.2017	Tekijä Heikki Mononen	
Rakennuskohde Varstakuja 4	Sisältö U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

Puurakenteinen ulkoseinä	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1300		
1 Kipsilevy	13	0,250	0,0520		
2 Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
3 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	50	0,033	1,2031	48	600
4 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	200	0,033	4,8123	48	600
5 Kuitulevy	13	0,049	0,2653		
Ulkopinta			0,1300		

<b>Rakenteen kokonaispaksuus</b>	<b>276 mm</b>
----------------------------------	---------------

**MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI**  
Ei muuraussiteitä

**OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUEDET**

$f_a$	0,920	<i>Eriste</i>
$f_b$	0,080	<i>Fystykooraus</i>
$f_c$	0,000	<i>Vaakakooraus</i>
$f_d$	0,000	<i>Koolausristeys</i>

**OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET**

$R_a$	8,154	m <sup>2</sup> K/W
$R_b$	2,364	m <sup>2</sup> K/W
$R_c$	0,000	m <sup>2</sup> K/W
$R_d$	0,000	m <sup>2</sup> K/W

**U-ARVO**

$R'_T$	6,818	m <sup>2</sup> K/W
$R''_T$	6,593	m <sup>2</sup> K/W
U	0,149	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U''$	0,010	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U_q$	0,009	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U_f$	0,000	W/m <sup>2</sup> K

**ULKOSEINÄN U-ARVO**  
**U<sub>c</sub> = 0,1578 W/m<sup>2</sup>K**

**VIRHEILMOITUKSET**

Ohjelmaversio 1.03

Suunnittelutoimisto Heikki Mononen	Työn nro 2		Sivu 2 / 2
	Päiväys .2.2017	Tekijä Heikki Mononen	
Rakennuskohde Varstakuja 4	Sisältö U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)		

Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1000		
1 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	100	0,041	2,1133	48	600
2 Lämmöneriste	400	0,041	9,7561		
Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus 500 mm	
Ulkopuoli	Sisäpuoli

MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI		
Ei muuraussiteitä		

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUKSET		
$f_a$	0,320	Eriste
$f_b$	0,080	Fystykooraus
$f_c$	0,000	Vaakakooraus
$f_d$	0,000	Koolausristeys

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET		
$R_a$	12,395	m <sup>2</sup> K/W
$R_b$	10,789	m <sup>2</sup> K/W
$R_c$	0,000	m <sup>2</sup> K/W
$R_d$	0,000	m <sup>2</sup> K/W

U-ARVO		
$R'_T$	12,249	m <sup>2</sup> K/W
$R''_T$	12,069	m <sup>2</sup> K/W
U	0,082	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U''$	0,000	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U_q$	0,000	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta U_f$	0,000	W/m <sup>2</sup> K

YLÄPOHJAN U-ARVO
<b><math>U_c = 0,0822 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

VIRHEILMOITUKSET



Ohjelmaversio 1.01

Suunnittelutoimisto	Työn nro	Sivu
Heikki Mononen	3	2 / 2
	Päiväys	
Rakennuskohde	Sisäilma	
Varstakuja 4	U-arvon määrittäminen (EN ISO 13370)	

ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sisäpinta			0,17
<b>1</b> Betonilaatta	80	2,500	0,03
<b>2</b> Polystyreeni (EPS)	200	0,036	5,56
Ulkopinta			0,04

**SUHTEELLINEN LATTIAMITTA**

A	123,0	m <sup>2</sup>
P	58,0	m
B'	4,241	m

**LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

w	0,200	m
d <sub>e</sub>	11,795	m
$\lambda_{perusmaa}$	2,000	W/mK
R <sub>si</sub>	0,170	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>so</sub>	0,040	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>f</sub>	5,588	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>q</sub>	0,969	m <sup>2</sup> K/W

**SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

z	-	m
d <sub>u</sub>	-	m
R <sub>u</sub>	-	m <sup>2</sup> K/W

**U-ARVO**

$\psi_{q,e}$	-0,01	
U <sub>0</sub>	0,15	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>bf</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>bu</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K

**ALAPOHJAN U-ARVO**

**U<sub>c</sub> = 0,1395 W/m<sup>2</sup>K**

**VIRHEILMOITUKSET**

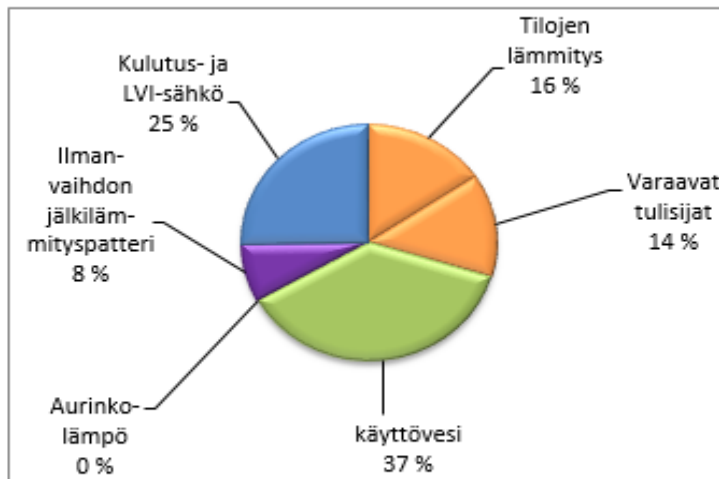
-

-

Suunnittelutaimi Heikki Mononen	Työn nro 4	Sivu 3 / 3
	Päiväys 21.2.2017	
Rakennuskehä Varstakuja 4	Siväkki E-lukulaskuri	

LASKENTATULOKSET VALITUILLA ARVOILLA

Info



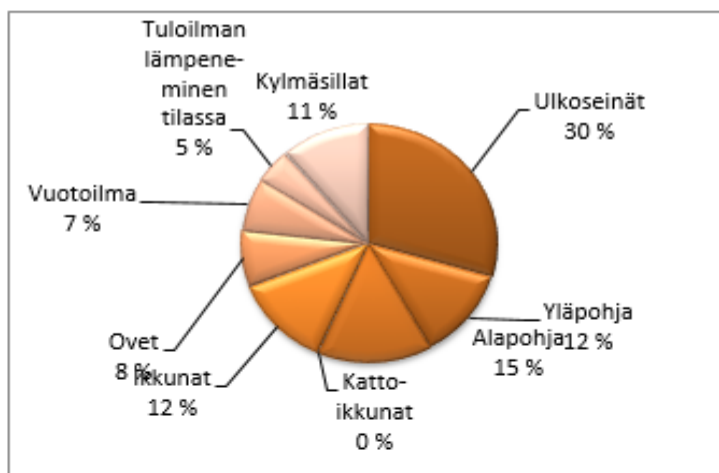
Kuvaaja 1. Energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiantarve

Laskennassa käytetyt U-arvot, W/m<sup>2</sup>K

Ulkoseinät	0,16
Yläpohja	0,08
Alapohja	0,14
Kattoikkuna	0,00
Ulko-ovet	1,00

Ikkunat

pohjonen	1,00
itä	1,00
etelä	1,00
länsi	1,00



Kuvaaja 2. Sisätilojen lämmitystarpeen jakautuminen

Kuvaajan 2 osuuksissa on huomioitu energiamuotojen kertoimien painotukset rakentamismääräysräsäskoelmaan osan D3-2012 mukaisesti seuraavasti:

1,7 - sähkö

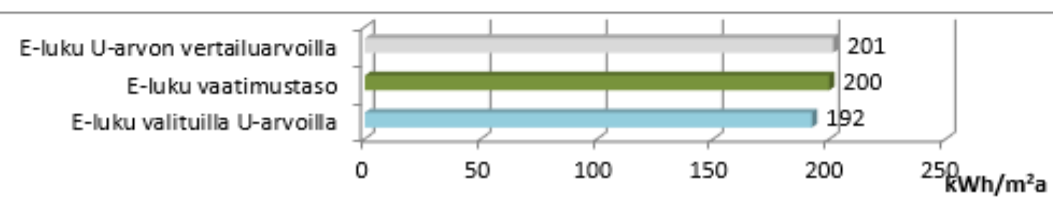
0,7 - kaukolämpö

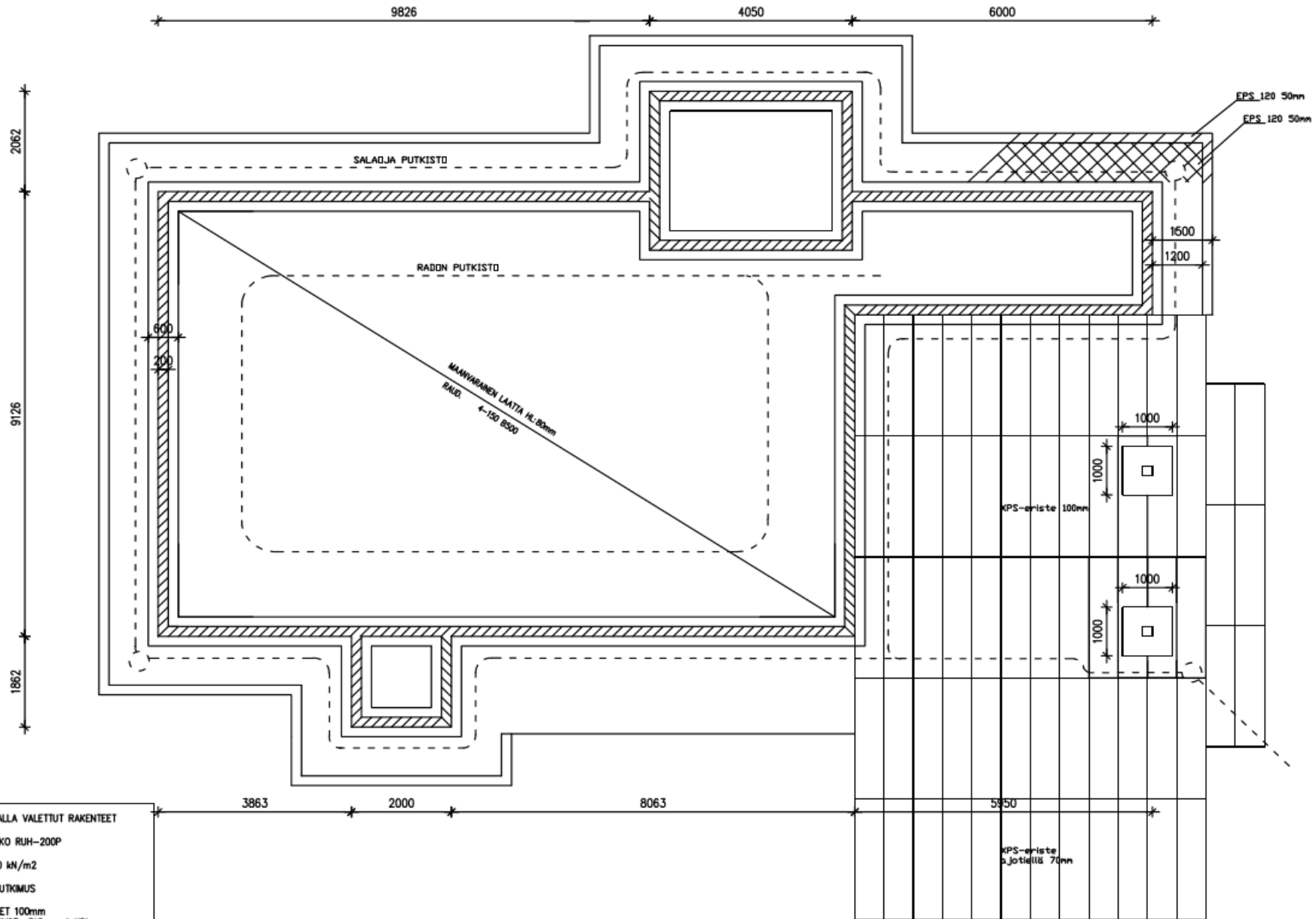
1,0 - fossiiliset polttoaineet

0,5 - rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet

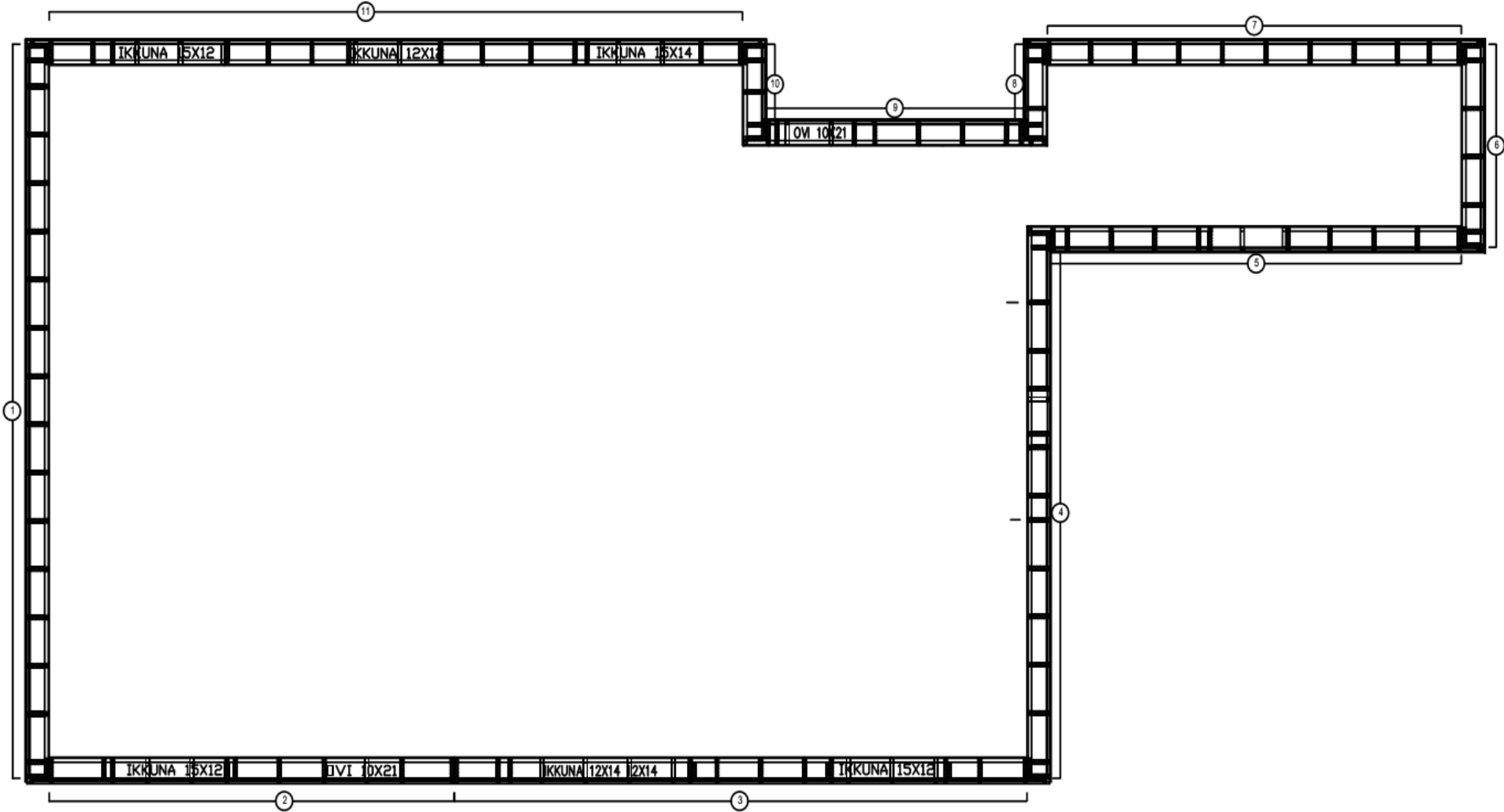
E-luku valituilla U-arvoilla **192** kWh/m<sup>2</sup>a  
 E-luku vaatimustaso **200** kWh/m<sup>2</sup>a  
 E-luku U-arvon vertailuarvoilla **201** kWh/m<sup>2</sup>a

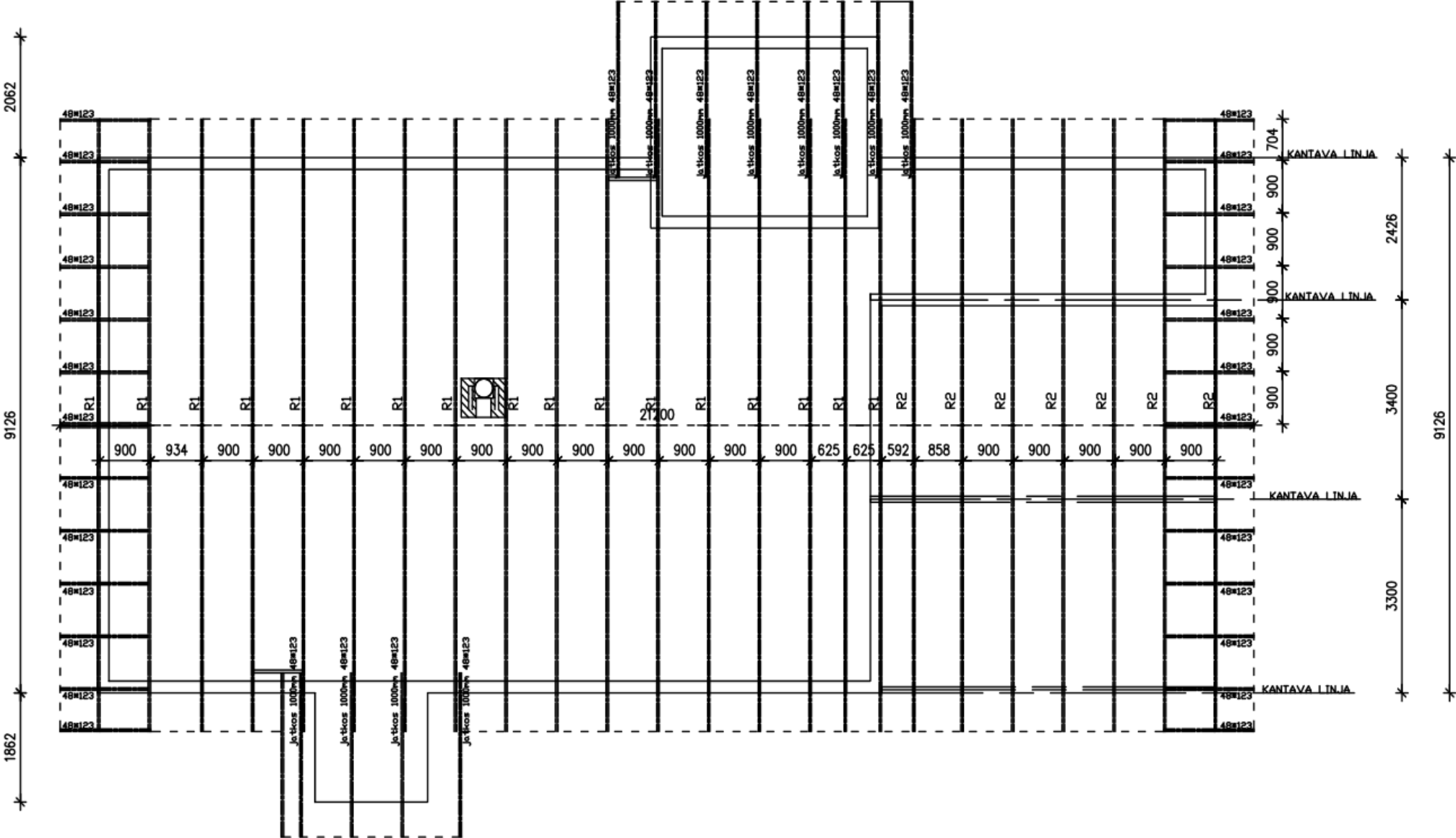
**TÄYTTÄÄ ENERGIA-TEHOKKUUSVAATIMUKSET**

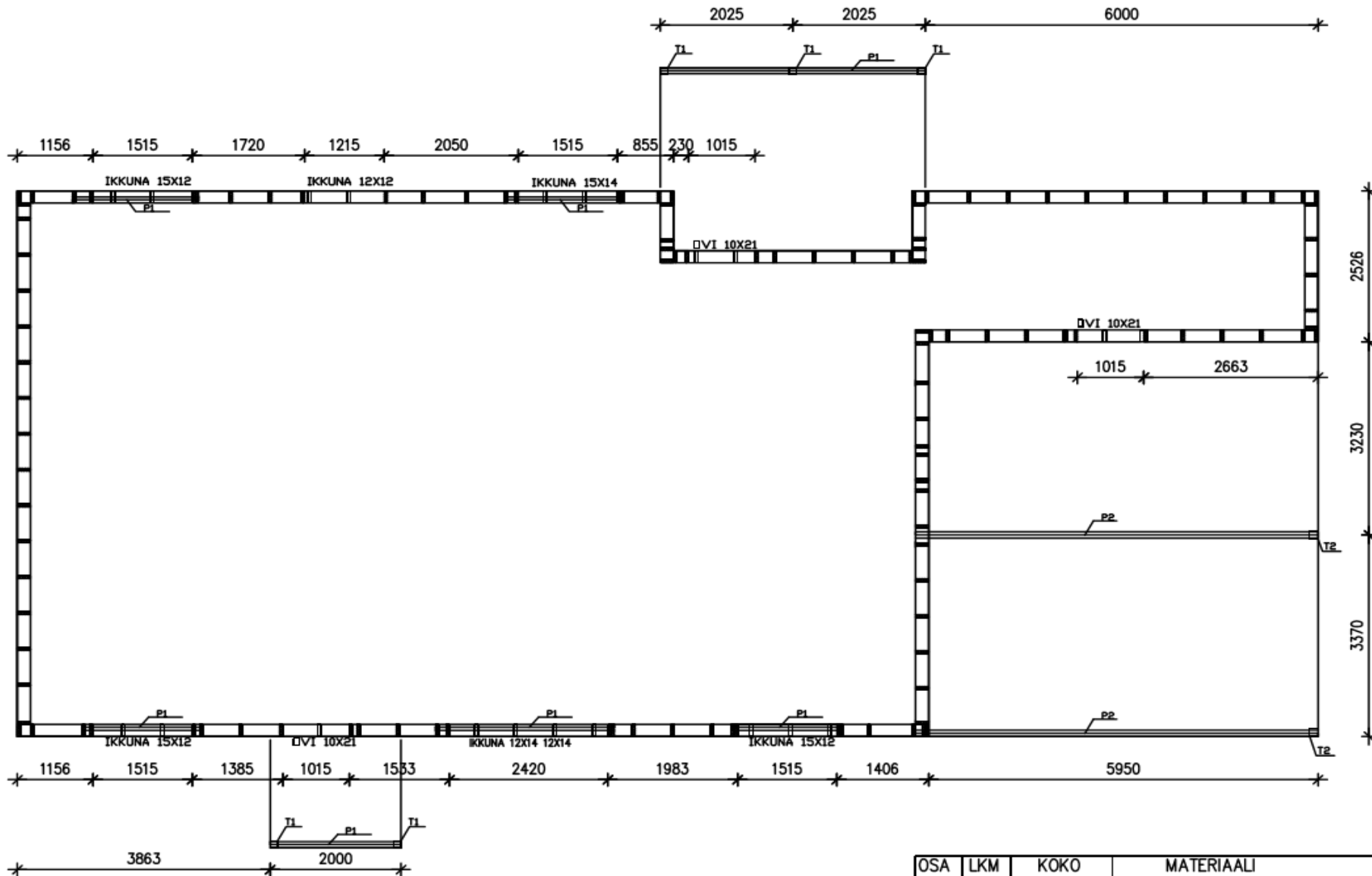




BETONI: C25/30 PAIKALLA VALETUT RAKENTEET  
 SOKKELI: PONTTIHARKKO RUH-200P  
 POHJAPAINI: Paoll = 50 kN/m<sup>2</sup>  
 PERUSMAA: KS. POHJATUTKIMUS  
 SALAOJA: SALAOJAPUTKET 100mm  
 TARKASTUSKAIVOT 315mm 4 KPL  
 TIIVISTYS SUORITETAAN ENINTÄÄN 300mm KERROKSISSA.  
 KAIKKI TÄYTÖT ROUTIMATONTA MAA-AINESTA.







OSA	LKM	KOKO	MATERIAALI
T1	5	115*115	LIIMAPUUTOLPPA, L40
T2	2	140*140	LIIMAPUUTOLPPA, L40
P1	7	2*48*198	KUUSI MITALLISTETTU, T24
P2	2	2*51*400	KERTOPUUPALKKI, Kerto-S
RUNKO		48*198 K600	KUUSI MITALLISTETTU, T24

## Vesikatto

- **Pelti:**  $5\text{kg/m}^2$
- **Kattopohjalauta 25\*100 k200:**  $0,025\text{m} \cdot 0,1\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/200) = 6,25\text{kg/m}^2$
- **Tuuletusrima 50\*50 k900:**  $0,05\text{m} \cdot 0,05\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/900) = 1,4\text{kg/m}^2$
- **Kattotuolin yläpaarteet k900:**  $0,042 \cdot 0,123 \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/900) = 3\text{kg/m}^2$
- **Yhteensä:**  $15,65\text{kg/m}^2 = 0,1565\text{kN/m}^2$

## Yläpohja

- **Puhallusvilla:** Tiheys =  $23\text{kg/m}^3$  eristepaksuus 500mm, joten  $11,5\text{kg/m}^2$
- **Kattotuolien alapaarteet k900:**  $0,042\text{m} \cdot 0,123\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/900) = 3\text{kg/m}^2$
- **Kattotuolien vinosauvat:**  $3\text{kg/m}^2$
- **Sisäkatonkoolaus:**  $48 \cdot 48$  k400:  $0,048 \cdot 0,048 \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/400) = 3\text{kg/m}^2$
- **Mdf-paneeli:**  $6,4\text{kg/m}^2$
- **Yhteensä:**  $27\text{kg/m}^2 = 0,27\text{kN/m}^2$

## Kantava seinä

- **Runkotolpat 198\*48 k500:**  $0,198\text{m} \cdot 0,048\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot (1000/500) \cdot 2,6\text{m} = 25\text{kg/m}$  tai  $9,5\text{kg/m}^2$
- **Ala- ja yläjuoksut:**  $0,048\text{m} \cdot 0,198\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot 3\text{m} = 14,3\text{kg/m}$  tai  $14,3\text{kg/m}^2$
- **Tuuletusrimat 30\*50 k500:**  $0,03\text{m} \cdot 0,05\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot 3,4\text{m} \cdot 2\text{kpl} = 5\text{kg/m}$  tai  $1,5\text{kg/m}^2$
- **Mineraalivillaeristeet 250mm:**  $7\text{kg/m}^2 \cdot 2,6\text{m} = 18\text{kg/m}$  tai  $7\text{kg/m}^2$
- **Tuulensuojalevy 12mm:**  $3,12\text{kg/m}^2 \cdot 3,4\text{m} = 11\text{kg/m}$  tai  $3,12\text{kg/m}^2$
- **Paneeli 23\*145 UTS:**  $0,023\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot 3,4\text{m} = 39\text{kg/m}$  tai  $11,5\text{kg/m}^2$
- **Koolaus 48\*48 k500:**  $0,048 \cdot 0,048 \cdot 500\text{kg/m}^3 \cdot 2,6\text{m} \cdot 2\text{kpl} = 6\text{kg/m}$  tai  $2,3\text{kg/m}^2$

- **Gyproc EK 13mm:**  $10\text{kg/m}^2 \cdot 2,6\text{m} = 26\text{kg/m}$  tai  $10\text{kg/m}^2$
- **Yhteensä:**  $145\text{kg/m} = 1,45\text{kN/m}$  tai  $0,51\text{kN/m}^2$

### **Perusmuuri**

- **RUH-200:** Menekki 6kpl metri \*  $12\text{kg/kpl} = 72\text{kg/m}$
- **RUH-150:** Menekki 2kpl metri \*  $10,5\text{kg/kpl} = 21\text{kg/m}$
- **Laasti:** Menekki  $2,5\text{kg/harkko} \cdot 8$  harkkoa =  $20\text{kg/m}$
- **Yhteensä:**  $113\text{kg/m} = 1,13\text{kN/m}$  tai  $1,315\text{kN/m}^2$

### **Antura**

**Teräsbetoni antura:**  $0,2\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$



Vesikaton omaksi painoksi saatiin yhteensä  $15,65\text{kg/m}^2 = 0,1565\text{kN/m}^2$ . Vesikaton kuormat jakautuvat tasaisesti molemmille seinälinjoille, koska harjalinja sijaitsee keskellä taloa. Näin ollen veikaton kuormitusalueeksi voidaan ottaa lappeen pituus harjalta räystäälle.

Koska kattokulma on 1:2 täytyy vesikato vinokuorma muuttua vaakakuormaksi ( $0,1565\text{kN/m}^2$ ) / ( $\cos 26,57$ ) =  $0,175\text{kN/m}^2$ . Pysyvien kuormien varmuuskertoimen ollessa 1,15 ja lappeen pituuden ollessa 5,9 m pysyvää kuormaa metrin leveydelle muodostuu  $5,9\text{ m} \cdot 1,15 \cdot 0,175\text{ kN/m}^2 = 1,2\text{ kN/m}$ . Lumikuorman varmuuskertoimena käytetään arvoa 1,5, ja mitoituspituutena vaakamittaa harjalta räystäälle, joka on 5,2 m, joten lumikuormaa metrin leveydelle muodostuu  $2,08 \cdot 5,2 \cdot 1,5 = 16,22\text{ kN/m}$ . Näin ollen yhteiskuormaksi muodostuu  $1,2\text{ kN/m} + 16,22\text{ kN/m} = 17,4\text{ kN/m}$ .

Yläpohjan omaksi painoksi saatiin yhteensä  $0,27\text{ kN/m}^2$ . Yläpohjan kuormitusalueen pituus on 4,3 m, joten kuormaa metrin leveydelle muodostuu yhteensä:  $4,3 \cdot 0,27 = 1,16\text{ kN/m}$ . Summaan lisätään vielä räystäänaluslautojen paino  $8,4\text{ kg/m}$ , joten kokonaiskuormaksi saadaan  $(1,16\text{ kN/m} + 0,084\text{ kN/m}) \cdot 1,15 = 1,43\text{ kN/m}$ .

Kun huomioon otetaan vielä seinän paino  $1,45\text{ kN/m}$ , sokkelin paino  $1,13\text{ kN/m}$  ja anturan paino  $3\text{ kN/m}$  kerrottuna varmuuskertoimella 1,15, niin kokonaiskuormaksi saadaan  $((1,45 + 1,13 + 3) \cdot 1,15) + 17,4 + 1,43 = 25,25\text{ kN/m}$

Anturan leveys saadaan selville, kun jaetaan kokonaiskuorma pohjamaan geoteknisellä kantavuudella, joten anturanleveydeksi saadaan  $25,25\text{ kN/m} / 50\text{ kN/m}^2 = 0,505\text{ m}$  eli 505 mm.

Kuormitusleveys on puolet autokatoksen leveydestä 3275 mm. Kuormituspituus on etäisyys palkkilinjojen puolivälistä seuraavaan puoliväliin, eli 3300 mm. Kuormitusalaksi muodostuu yhteensä 10,8 m<sup>2</sup>. Koska kuormat ovat jo tiedossa, voidaan aloittaa laskenta.

Vesikaton pysyvät kuormat ovat yhteensä 0,175 kN/m<sup>2</sup> ja lumikuorma 2,08 kN/m<sup>2</sup>, joten varmuuskertoimet huomioiden kuormaa syntyy yhteensä  $(0,175 \cdot 1,15 + 2,08 \cdot 1,5) \cdot 10,8 = 36$  kN.

Autokatoksen yläpohjassa on rakolaudoitus 20mm\*140mm k146, joka painaa neliölle  $0,020 \cdot 0,140 \cdot 500 \cdot (1000/146) = 9,6$  kg/m<sup>2</sup>. Yläpohjan kuormitusalue on 10,8 m<sup>2</sup>, joten kuormaa syntyy  $9,6 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,15 \cdot 10,8 \text{ m}^2 = 1,16$  kN. Tähän lisätään vielä kattotuolien ala- ja vinopaarteet  $6 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,15 \cdot 10,8 \text{ m}^2 = 0,75$  kN. Kuormaa yhteensä 1,9 kN.

Autokatoksen kantavien tolppien oletus koko on 140mm\*140mm, ja ne ovat 2,86 m pitkiä, joten painoa kertyy yhdelle tolपालle 0,28 kN

Autokatoksen kantavan kertopuupalkin oletuskoko on 102 mm\*400 mm ja sen pituus on noin 6 m, joten sen kokonaispainosta puolet voidaan ajatella pilarianturaa rasittavaksi.  $0,102 \text{ m} \cdot 0,400 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 500 \text{ kg/m}^3 = 0,61$  kN

Pilarianturan oletettu koko on  $1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^3 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5$  kN

Yhteiskuorma pilarianturalle on siis 43,8 kN. Kuorma jaetaan maapohjan kantavuudella, joka on 50 kN/m<sup>2</sup>. Anturan pinta-alaksi saadaan 0,88 m<sup>2</sup>, joten pituus ja leveys saadaan neliöjuurella  $\sqrt{0,88 \text{ m}^2} = 0,94$  m eli anturan koko on 0,94 m\*0,94 m.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tiluskodit Oy

autokatoksen pilari, varstakuja 4

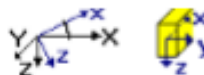
Heikki Mononen

19.4.2017

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaarima lisäpituus.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



## PROJEKTIIDOT:

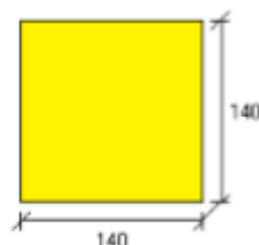
Suunnittelija: Heikki Mononen  
 Yritys: Tiluskodit Oy  
 Projekti: autokatoksen pilari

---

Nimi: varstakuja 4

## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari  
 Materiaali: Standardipilarit (Kuningaspalkki)  
 Poikkileikkaus: 140x140 (varastokoko)  
 (B=140 mm, H=140 mm, A=19600 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=32013333 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=457333 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 2  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Kulma: 90.0 astetta  
 Jako/kuormituslev.: 3300 mm (pintakuormille)



## Uloke-/jänneväli pituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 2860.0  
 Yhteensä: 2860.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Tyyppi:
1:	0	Kierteä niveltuki (X,Z)
2:	2860	Liukutuki (X)

f <sub>m,k</sub> (M <sub>y</sub> ):	19.50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub> (M <sub>z</sub> ):	19.50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub> :	20.50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub> :	2.30 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub> :	14.50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>z</sub> ):	3.60 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>y</sub> ):	3.60 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>mean</sub> :	10400 N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub> :	590 N/mm <sup>2</sup>
E 0.05:	7000 N/mm <sup>2</sup>
G 0.05:	390 N/mm <sup>2</sup>
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m <sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

Tiluskodit Oy

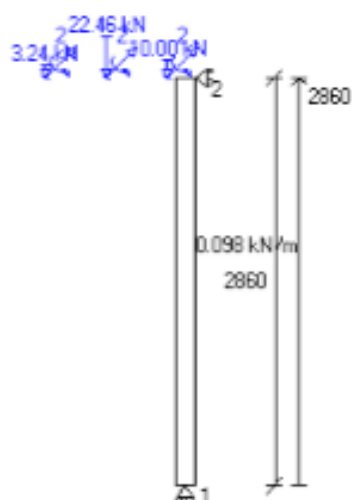
Heikki Mononen

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

autokatoksen pilari, varstakuja 4

19.4.2017

Osavarmuusluku:	1.40
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.800
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITU STIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuoma: 1:	FZ = 3.24 kN	x = 2860.0 mm
Pistekuoma: 2:	My = -0.162 kNm	x = 2860.0 mm
Rakenneseosan paino:	QZ = 0.098 kN/m	x = 0 - 2860 mm

Lumikuoma (Lumikuoma  $Sk < 2.75$  kN/m<sup>2</sup>, Keskipitkä):

Pistekuoma: 1:	FZ = 22.46 kN	x = 2860.0 mm
Pistekuoma: 2:	My = -1.123 kNm	x = 2860.0 mm

Tuulikuoma (Tuulikuoma, Hetkellinen):

Pistekuoma: 1:	FZ = 10.00 kN	x = 2860.0 mm
----------------	---------------	---------------

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tiluskodit Oy

autokatoksen pilari, varstakuja 4

Heikki Mononen

19.4.2017

Pistekuorma: 2:  $M_y = -0.500 \text{ kNm}$   $x = 2880.0 \text{ mm}$ **KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma + 1.00\*1.50\*0.60\*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma + 1.00\*1.50\*0.60\*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma + 1.00\*1.50\*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma + 1.00\*Tuulikuorma

**MITOITUS:**

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste:

64.5 %

**MITOITUSPARAMETRIT:**

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tiluskodit Oy

autokatoksen pilari, varstakuja 4

Heikki Mononen

19.4.2017

Taipumaraja $W_{het,fin}$ :	L/300
Korotuskerrin, vasen uloke:	2.00
Korotuskerrin, oikea uloke:	2.00
Nurjahdus z-suuntaan:	$L_c = 1.00 \cdot L$
Nurjahdus y-suuntaan:	$L_c = 1.00 \cdot L$
Kiepahdus on estetty	

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.65 kN	26.88 kN	2.4 %	2216 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Puristus:	37.74 kN	134.45 kN	28.1 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus ( $M_y$ ):	1.87 kNm	5.10 kNm	36.7 %	2860 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus: ( $M_y=1.87$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=37.42$ kN)	0.65	1.00	64.5 %	2860 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
jänneväli 1, $W_{inst}$ :	-2.3 mm	-mm	0.0 %	1644 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{het,fin}$ :	-2.8 mm	9.5 mm	29.1 %	1644 mm	Yhdistelmä 12/1

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00\*Omapaino + 0.70\*Lumikuorma + 1.00\*Tuulikuorma

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{c,max}$	46.74 kN	0 mm
$V_{z,max}$	0.81 kN	2216 mm
$M_{y,max}$	2.32 kNm	2860 mm

## TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRT <sub>max</sub>	MRT <sub>min</sub> :	KRT <sub>max</sub>	KRT <sub>min</sub> :
1:	0.81 kN	0.05 kN	0.51 kN	0.06 kN
2:	-0.05 kN	-0.81 kN	-0.06 kN	-0.51 kN

FZ:

Tuki:	MRT <sub>max</sub>	MRT <sub>min</sub> :	KRT <sub>max</sub>	KRT <sub>min</sub> :
1:	46.74 kN	3.17 kN	29.24 kN	3.52 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

## TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Tiluskodit Oy

autokatoksen pilari, varstakuja 4

Heikki Mononen

19.4.2017

1:	0.08	3.52
2:	-0.08	0.00

Kuormitustapaus:	Lumikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.39	22.48
2:	-0.39	0.00

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.17	10.00
2:	-0.17	0.00

**HUOMIOT:**

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluhjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaileihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset isätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

<b>Kantavat rakenteet</b>				
<b>autokatoksen kantavat palkkilinjat</b>	<b>Palkkilinja 1</b>			
Taipumamitoitus				
<b>Rakenteiden oma paino</b>	$g_k$		0,3	kN/m <sup>2</sup>
<b>Lumikuorma</b>	$q_k$		2,08	kN/m <sup>2</sup>
<b>Kuormituspituus</b>	$s$	eli kuormitusalueen leveys	2,3	m
<b>Jännemitta</b>	$L$		5810	mm
<b>Pysyvä kuorma (KRT)</b>	$p_{kg}=s \cdot g_k$		0,69	N/mm
<b>Lumikuorma (KRT)</b>	$p_{kq}=s \cdot q_k$		4,784	N/mm
<b>Kimmokerroin</b>	$E_{mean}$	<b>Kerto-S=13800N/mm<sup>2</sup></b>	13800	N/mm <sup>2</sup>
<b>Palkkien kpl määrä</b>	$n$	kuinka monta palkkia kantavassa linjassa	2	kpl
<b>Palkin leveys</b>	$b$		51	mm
<b>Palkin korkeus</b>	$h$		400	mm
<b>Jäyhyysmomentti</b>	$I=(n \cdot b \cdot h^3)/12$		544000000	mm <sup>4</sup>
<b>Hetkellinen taipuma oma Paino</b>	$w_{inst,G}=(5/384) \cdot (p_{kg} \cdot L^4)/(E \cdot I)$		1,36	mm
<b>Hetkellinen taipuma lumikuorma</b>	$w_{inst,lumi}=(5/384) \cdot (p_{kq} \cdot L^4)/(E \cdot I)$		9,4548903	mm
<b>Hetkellinen taipuma yhteensä</b>	$w_{inst,G}+w_{inst,lumi}$		10,82	mm
<b>Hetkellinen taipumaraja</b>	$L/400$		14,525	mm
<b>Virumaluku</b>	$k_{def}$		0,8	
<b>Kokonaistaipuma</b>	$w_{fin}$		13,422308	mm
<b>Lopullinen taipumaraja</b>	$L/300$		19,366667	mm
Kuormat MRT (keskipitkä aikaluokka)				
<b>Murtorajatilan kuorma</b>	$p_d=1,15 \cdot p_{kg}+1,5 \cdot p_{kq}$		7,9695	N/mm
Taivutus (MRT)				
<b>Taivutusvastus</b>	$W=(n \cdot b \cdot h^2)/6$		2720000	mm <sup>3</sup>
<b>Maksimimomentti</b>	$M_{dmax}=p_d \cdot L^2/8$		33627405	Nmm
<b>Taivutusjännitys</b>	$\sigma_{m,d}=M_{dmax}/W$		12,363016	N/mm <sup>2</sup>
<b>Taivutuslujuus</b>	$f_{m,d}$	<b>Kerto-S=44N/mm<sup>2</sup></b>	44	N/mm <sup>2</sup>
<b>Vertailu</b>	$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$	Onko?	on	
Leikkaus (MRT)				
<b>Palkin leveys käyttöluokka1</b>	$b_{ef}=0,67 \cdot b \cdot n$			mm
<b>Palkin leveys käyttöluokka 2</b>	$b_{ef}=b \cdot n$		102	mm
<b>Leikkausvoima</b>	$V_{dmax}=0,5 \cdot p_d \cdot L$		23151,398	N
<b>Leikkausjännitys</b>	$t_d=1,5 \cdot V_{dmax}/(b_{ef} \cdot h)$		0,8511543	N/mm <sup>2</sup>
<b>Leikkauslujuus</b>	$f_{v,d}$	<b>Kerto-S=4,1n/mm<sup>2</sup></b>	4,1	N/mm <sup>2</sup>
<b>Vertailu</b>	$t_d < f_{v,d}$	Onko?	on	
Tukipituus (MRT)				
<b>Arvioitu tukipituus</b>	$L_s$		140	mm
<b>Tukivoima</b>	$T_{dmax}=0,5 \cdot p_d \cdot L$		23151,398	
<b>Puristus tuella</b>	$\sigma_{c,90,d}=T_{dmax}/(n \cdot b \cdot L_s)$		1,6212463	N/mm <sup>2</sup>
<b>Puristuslujuus</b>	$f_{c,90,d}$	<b>Sahatavara C24 = 2,5 N/mm<sup>2</sup></b>	2,5	N/mm <sup>2</sup>
<b>Vertailu</b>	$\sigma_{c,90,d} < f_{c,90,d}$	Onko?	on	



<b>Kantavat rakenteet</b>			
<b>autokatoksen kantavat palkkilinjat</b>	<b>Palkkilinja 2</b>		
Taipumamitoitus			
Rakenteiden oma paino	$g_k$		0,3 kN/m <sup>2</sup>
Lumikuorma	$q_k$		2,08 kN/m <sup>2</sup>
Kuormituspituus	$s$	eli kuormitusalueen leveys	3,3 m
Jännemitta	$L$		5810 mm
Pysyvä kuorma (KRT)	$p_{kg}=s \cdot g_k$		0,99 N/mm
Lumikuorma (KRT)	$p_{kq}=s \cdot q_k$		6,864 N/mm
Kimmo kerroin	$E_{mean}$	Kerto-S=13800N/mm <sup>2</sup>	13800 N/mm <sup>2</sup>
Palkkien kpl määrä	$n$	kuinka monta palkkia kantavassa linjassa	2 kpl
Palkin leveys	$b$		51 mm
Palkin korkeus	$h$		400 mm
Jäyhyysmomentti	$I=(n \cdot b \cdot h^3)/12$		544000000 mm <sup>4</sup>
Hetkellinen taipuma oma Paino	$w_{inst,G}=(5/384) \cdot (p_{kg} \cdot L^4)/(E \cdot I)$		1,96 mm
Hetkellinen taipuma lumikuorma	$w_{inst,lumi}=(5/384) \cdot (p_{kq} \cdot L^4)/(E \cdot I)$		13,565712 mm
Hetkellinen taipuma yhteensä	$w_{inst,G}+w_{inst,lumi}$		15,52 mm
Hetkellinen taipumaraja	$L/400$		14,525 mm
Virumaluku	$k_{def}$		0,8
Kokonaistaipuma	$w_{fin}$		19,258094 mm
Lopullinen taipumaraja	$L/300$		19,366667 mm
Kuormat MRT (keskipitkä aikaluokka)			
Murto rajatilan kuorma	$p_d=1,15 \cdot p_{kg}+1,5 \cdot p_{kq}$		11,4345 N/mm
Taivutus (MRT)			
Taivutusvastus	$W=(n \cdot b \cdot h^2)/6$		2720000 mm <sup>3</sup>
Maksimimomentti	$M_{dmax}=p_d \cdot L^2/8$		48248016 Nmm
Taivutusjännitys	$\sigma_{m,d}=M_{dmax}/W$		17,738241 N/mm <sup>2</sup>
Taivutuslujuus	$f_{m,d}$	Kerto-S=44N/mm <sup>2</sup>	44 N/mm <sup>2</sup>
Vertailu	$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$	Onko?	on
Leikkaus (MRT)			
Palkin leveys käyttöluokka1	$b_{ef}=0,67 \cdot b \cdot n$		mm
Palkin leveys käyttöluokka 2	$b_{ef}=b \cdot n$		102 mm
Leikkausvoima	$V_{dmax}=0,5 \cdot p_d \cdot L$		33217,223 N
Leikkausjännitys	$\tau_d=1,5 \cdot V_{dmax}/(b_{ef} \cdot h)$		1,2212214 N/mm <sup>2</sup>
Leikkauslujuus	$f_{v,d}$	Kerto-S=4,1N/mm <sup>2</sup>	4,1 N/mm <sup>2</sup>
Vertailu	$\tau_d < f_{v,d}$	Onko?	on
Tukipituus (MRT)			
Arvioitu tukipituus	$L_s$		140 mm
Tukivoima	$T_{dmax}=0,5 \cdot p_d \cdot L$		33217,223
Puristus tuella	$\sigma_{c,90,d}=T_{dmax}/(n \cdot b \cdot L_s)$		2,326136 N/mm <sup>2</sup>
Puristuslujuus	$f_{c,90,d}$	Sahatavara C24 = 2,5 N/mm <sup>2</sup>	2,5 N/mm <sup>2</sup>
Vertailu	$\sigma_{c,90,d} < f_{c,90,d}$	Onko?	on

TAKU™

## RAKENNUSOSA-ARVIO

11.4.2017

Sivu 1/4

Opetuskäyttö

Karelia-ammattikorkeakoulu

Hanke:  
Heikki Mononen

Vaihe:  
Paikkakunta: Joensuu  
Haahtela-ind.: 81,0 / 1.2016  
Hintataso: 81,7 / 4.2017  
Laajuus: 0 brm2

## HANKINTAHINTA - RAKENNUSOSITTAIN

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm <sup>2</sup>
<b>Alueosat</b>				
111 Maaosat	15 000	15 000	9,1	
112 Tuennat ja vahvistukset				
113 Päällysteet	5 000	5 000	3,2	
114 Alueen varusteet				
115 Aluerakenteet	2 000	2 000	1,3	
<b>Yhteensä</b>	<b>23 000</b>	<b>23 000</b>	<b>13,6</b>	
<b>Talo-osat</b>				
121 Perustukset	10 000	10 000	6,2	
122 Alapohjat	5 000	5 000	2,8	
123 Runko				
124 Julkisivut	30 000	30 000	18,4	
125 Ulkotasot				
126 Vesikatot	24 000	24 000	14,4	
<b>Yhteensä</b>	<b>69 000</b>	<b>69 000</b>	<b>41,8</b>	
<b>Tilaosat</b>				
131 Tilan jako-osat	5 000	5 000	2,7	
132 Tilapinnat	16 000	16 000	9,4	
133 Tilavarusteet	12 000	12 000	7,1	
134 Muut tilaosat	3 000	3 000	2,1	
135 Tilaelementit				
<b>Yhteensä</b>	<b>35 000</b>	<b>35 000</b>	<b>21,3</b>	
<b>RAKENNUSOSAT</b>	<b>127 000</b>		<b>76,7</b>	

## RAKENNUSOSA-ARVIO

Sivu 2/4

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm <sup>2</sup>
<b>Putkiosat</b>				
211 Lämmitys				
212 Kylmä				
213 Käyttövesi				
214 Jätevesi				
215 Vesi- ja viemärikalustus				
216 Sadevesi				
217 Erityiset putkiosat	2 000	2 000	0,9	
<b>Yhteensä</b>	<b>2 000</b>	<b>2 000</b>	<b>0,9</b>	
<b>Ilmanvaihto-osat</b>				
221 Tuloilma				
222 Poistoilma				
223 Erityiset ilmanvaihto-osat	7 000	7 000	3,9	
<b>Yhteensä</b>	<b>7 000</b>	<b>7 000</b>	<b>3,9</b>	
<b>Sähköosat</b>				
231 Sähköenergian tuotto ja syöttö				
232 Sähkön asennusreitit ja jakelu				
233 Sähkön päätelaitteet				
234 Valaistus				
235 Sähkölämmitys				
236 Erityiset sähköosat	15 000	15 000	8,9	
<b>Yhteensä</b>	<b>15 000</b>	<b>15 000</b>	<b>8,9</b>	
<b>Tieto-osat</b>				
241 Rakennusautomaatio				
242 Turvallisuus				
243 Viestintä				
244 Merkinanto				
245 Erityiset tieto-osat				
<b>Yhteensä</b>				
<b>Laiteosat</b>				
251 Siirtolaitteet				
252 Tilalaitteet				
<b>Yhteensä</b>				
<b>TEKNIikkaOSAT</b>	<b>23 000</b>		<b>13,7</b>	

## RAKENNUSOSA-ARVIO

Sivu 3/4

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm <sup>2</sup>
<b>Hankkeen johtotehtävät</b>				
311 Rakennuttaminen				
312 Paikallisvalvonta	2 000	2 000	1,1	
313 Hankkeen hallinto				
<b>Yhteensä</b>	<b>2 000</b>	<b>2 000</b>	<b>1,1</b>	
<b>Suunnittelutehtävät</b>				
321 Tilasuunnittelu				
322 Rakennussuunnittelu				
323 Suunnittelun asiantuntijatehtävät				
324 Hanketietotehtävät				
<b>Yhteensä</b>				
<b>Rakentamisen johtotehtävät</b>				
331 Rakentamisen yleisjohto ja hallinto				
332 Työmaan johtotehtävät				
<b>Yhteensä</b>				
<b>Työmaatehtävät</b>				
341 Työmaapalvelut	8 000	8 000	4,5	
342 Työmaakalusto				
<b>Yhteensä</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>4,5</b>	
<b>HANKETEHTÄVÄT</b>				
	<b>9 000</b>		<b>5,6</b>	
<b>Maa-aluehtävät</b>				
411 Tonttitehtävät	3 000	3 000	1,9	
412 Liittymät	4 000	4 000	2,1	
413 Maa-alueen kehittäminen				
<b>Yhteensä</b>	<b>7 000</b>	<b>7 000</b>	<b>4,0</b>	
<b>Rahoitus ja markkinointi</b>				
421 Rahoitustehtävät				
422 Markkinointitehtävät				
<b>Yhteensä</b>				
<b>KIINTEISTÖTEHTÄVÄT</b>				
	<b>7 000</b>		<b>4,0</b>	
<b>Tilavarustus</b>				
511 Irtaimisto				
512 Toiminnan kojeet ja laitteet				
<b>Yhteensä</b>				

---

**RAKENNUSOSA-ARVIO**

Sivu 4/4

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/bm <sup>2</sup>	%	Vrt €/bm <sup>2</sup>
----------------------------	---	-------------------	---	-----------------------

---

**Toiminnan ylläpito**

521 Väliaikainen toiminta

522 Käyttöönotto

**Yhteensä****KÄYTTÄJÄTEHTÄVÄT****Suunnitelma- ja hintamuutokset**

611 Asiakirjamuutokset

612 Hintamuutokset

**Yhteensä****Muut varaukset**

621 Riskit

622 Erityiset varaukset

**Yhteensä****HANKEVARAUKSET**

<b>HANKE</b>	<b>166 000</b>	<b>166 040</b>	<b>100,0</b>
--------------	----------------	----------------	--------------

Arvonlisävero 24% (ei sis. tontin hankintaa ja hankerahoitusta)	39 000	39 106	
-----------------------------------------------------------------	--------	--------	--

<b>HANKE YHTEENSÄ</b>	<b>205 000</b>	<b>205 146</b>	
-----------------------	----------------	----------------	--

