

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Antti Hihnala

PELTI-ERISTE-PELTIELEMENTTIEN TEKNINEN TARKASTELU
JA SOVELTUVUUS ASUINPIENTALORAKENTAMISEEN

Opinnäytetyö
Tammikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 50 260 6800

Tekijä
Antti Hihnala

Nimeke

Pelti-eriste-peltielementtien tekninen tarkastelu ja soveltuvuus asuinpientalorakentamiseen

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin pelti-eriste-peltielementtejä sekä tutkittiin niiden soveltuvuutta ja kannattavuutta asuinpientalorakentamiseen. Työn tavoitteena oli käydä läpi pelti-eriste-peltielementteihin ja niiden asentamiseen liittyvät keskeiset asiat sekä selvittää, miten pelti-eriste-peltielementtejä voitaisiin hyödyntää asuinpientalon ulkoseinärakenteissa.

Soveltuvuutta asuinpientalorakentamiseen tutkittiin suunnitteleamalla pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävä ulkoseinärakenne, jota vertailtiin rakentamiskustannuksiltaan ja rakentamisnopeudeltaan tavanomaisiin ulkoseinärakennerekaisuihin ja rakennusmenetelmiin. Vertailua varten työssä suunniteltiin vertailupohjina käytettävät asuinpientalo ja hallirakennus. Rakennuksista suunniteltiin kahdet versiot, joissa seinärakenteina oli tavanomainen mineraalivillaeristeinen rankarunko ja pilari-palkkirunkoinen peltivilla-peltiseinä.

Kustannusvertailun lopputuloksena todettiin, että asuinpientaloon suunniteltu pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävä seinärakenne ei pärjännyt vertailtaessa tavanomaisiin rakennusmenetelmiin kyseisessä esimerkkitilanteessa, kun huomioitiin pelkästään rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Syitä tähän olivat pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävän seinärakenteen monikerroksisuus sekä asuinpientalon pieni seinäpinta-ala ja suuri ikkuna- ja oviaukkojen määrä.

Kieli
suomi

Sivuja 59
Liitteet 17
Liitesivumäärä 115

Asiasanat

Pelti-eriste-peltielementti, soveltuvuus, kustannusarvot



THESIS
January 2015
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
+358 50 260 6800

Author
Antti Hihnala

Title

Technical Examination of Lightweight Sandwich Panels and Suitability for a Detached House Construction

Abstract

In this thesis, lightweight sandwich panels were examined and their suitability and cost-effectiveness for a detached house construction was investigated. The aim of this thesis was to present the main issues relating to lightweight sandwich panels and their installation and to find out how to use panels in exterior walls of a detached house.

The suitability for the detached house construction was investigated by designing an exterior wall structure which utilizes lightweight sandwich panels and by making construction cost and speed comparison to conventional structural solutions and construction techniques. A detached house and hall building were designed to be used as the basis for the comparison. Two versions were made of the buildings, where the wall structures were conventional mineral wool insulated long timber wall and post-and-beam framed lightweight sandwich panel wall.

On the basis of the results of the cost comparison it was found that in this case detached house exterior wall structure which utilizes lightweight sandwich panels did not succeed in comparison with the conventional structural solutions, when only the cost of construction was taken into account. The main reasons for the results were the diversity of the designed wall structure and the small wall-surface area and high number of window and door openings in the designed detached house.

Language
Finnish

Pages 59
Appendices 17
Pages of Appendices 115

Keywords

lightweight sandwich panel, suitability, quotations

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Työn tausta	7
1.2	Työn tavoitteet	7
1.3	Työn rajaus	8
2	Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit.....	8
2.1	Rakenne	10
2.1.1	Pinnoitteet.....	10
2.1.2	Pintaprofiilit	12
2.1.3	Eristeet	13
2.1.4	Lämpötilaeroista aiheutuvat jännitykset	13
2.2	Tekniset ominaisuudet.....	14
2.2.1	Lämmöneristävyys.....	15
2.2.2	Palo-ominaisuudet.....	16
2.2.3	Ilman- ja sadevesitiiviys	18
2.2.4	Ääneneristävyys	19
2.2.5	Ulkoseinäelementtien dimensiot ja toleranssit	20
2.3	Elementtien kiinnikkeet	21
3	Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien mitoitus	22
4	Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien asennus	26
4.1	Asennustavat	26
4.2	Valmistelevat työt.....	26
4.3	Elementtien käsittely työmaalla.....	28
4.4	Elementtien nostaminen	29
4.5	Ulkoseinäelementtien vaaka-asennus	31
4.6	Viimeistelevät työt.....	33
4.7	Työturvallisuus.....	34
5	Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien soveltaminen asuinpientalorakentamiseen	34
5.1	Lähtökohdat suunnittelulle	34
5.2	Ulkoseinärakenteen suunnittelu.....	35
5.2.1	Kantava runko.....	37
5.2.2	Elementtityypin valinta	39
5.2.3	Elementtien ja rungon liitos.....	39
5.2.4	Liittyminen perustuksiin ja yläpohjaan	40
6	Kustannus- ja rakennusaikavertailu	42
6.1	Kustannusvertailun tavoitteet ja vertailukohtat.....	42
6.2	Kustannusvertailu tavanomaisiin rakennusmenetelmiin pientalorakentamisessa	42
6.2.1	Vertailupohjana käytettävän asuinpientalon kuvaus	43
6.2.2	Seinärakenteiden materiaalien määrä- ja kustannuslaskenta.....	43
6.2.3	Omakotitalon seinärakenteiden työkustannusten laskenta	45
6.3	Hallin seinärakenteiden kustannusvertailu.....	47
6.3.1	Vertailupohjana käytettävän hallin kuvaus.....	47
6.3.2	Hallin seinärakenteiden materiaalien määrä- ja kustannuslaskenta ..	48
6.3.3	Hallin seinärakenteiden työkustannusten laskenta	48
6.4	Aputyövälineiden vuokrakustannukset.....	49
7	Tulokset	49
7.1	Kustannusvertailun tulokset.....	49
7.2	Työmaateknisten kustannusten vaikutusten arviointi.....	51

7.2.1	Työtekniesten kustannusten vaikutus asuinpienalovertailussa.....	53
7.2.2	Työtekniesten kustannusten vaikutus hallin seinärakenteiden vertailussa.....	54
7.3	Tulosten analysointi.....	54
8	Pohdinta.....	55
	Lähteet.....	57

Liitteet

Liite 1	Rankarunkoisen omakotitalon piirustukset
Liite 2	Pelti-eriste-peltirakenteisen omakotitalon piirustukset
Liite 3	Omakotitalon pelti-eriste-peltiseinärakenteiden mitoituskalkelmat
Liite 4	Rankarunkoisen omakotitalon seinärakenteiden mitoituskalkelmat
Liite 5	Rankarunkoisen hallin seinärakenteiden mitoituskalkelmat
Liite 6	Hallin pelti-eriste-peltiseinärakenteiden mitoituskalkelmat
Liite 7	Materiaalien määrä- ja kustannuskalkentaulukko
Liite 8	Omakotitalon paikalla rakennettavien rankarunkoisten seinien työ- kustannukset ja menekit
Liite 9	Omakotitalon suurelementtiseiniön työkustannukset ja menekit
Liite 10	Omakotitalon pelti-eriste-peltiseinärakenteiden työkustannukset ja menekit
Liite 11	Rankarunkoisen hallin piirustukset
Liite 12	Pelti-eriste-peltirakenteisen hallin piirustukset
Liite 13	Hallin paikalla rakennettavien rankarunkoisten seinien työkustan- nukset ja menekit
Liite 14	Hallin pelti-eriste-peltiseinärakenteiden työkustannukset ja menekit
Liite 15	Apuvälineiden vuokrauskustannukset
Liite 16	Paikalla rakennettavan omakotitalon kokonaiskustannusarvio ja työmenekit
Liite 17	Paikalla rakennettavan hallin kokonaiskustannusarvio ja työmenekit

Käsitteet

Komposiitti	Materiaalien yhdistelmä, jossa eri materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole sulaneet eivätkä lienneet toisiinsa.
Lämmin tila	Lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jonka mitoittava huonelämpötila lämmityskaudella on +17 °C tai sitä korkeampi lämpötila.
Lämmönvastus	Lämmönvastus R tarkoittaa jatkuvuustilassa olevan ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen lämmönvastusta. Tasapaksun ainekerroksen lämmönvastus saadaan jakamalla sen paksuus lämmönjohtavuudella. Mitä suurempi lämmönvastus arvo on niin sitä paremmin ainekerros tai kerroksellinen rakenne eristää lämpöä. Lämmönvastuksen yksikkö on m ² K/W.
Mittatoleranssi	Mittatoleransseilla määrätään tuotteen sallitut mittavaihtelut nimellismittaan nähden. Esimerkiksi valmistarkkuudesta johtuvat mittaheitot ovat hyväksyttäviä mittatoleranssien rajoissa. Yksinkertaisimmillaan mittatoleranssi voidaan ilmoittaa ylä- ja alarajamitoin nimellimitan yhteydessä.
Puolilämmin tila	Puolilämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, joka ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun sisävaatetusta käyttäen. Lämpötilana pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään +5 °C mutta alle +17 °C.
PVDF	Polyvinyylideenifluoridi on kestopuovi. PVDF:n käyttöala on laaja sen kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien ansiosta. PVDF:a käytetään usein vuorauksena tai pinnoitteena muiden materiaalien esim. lasikuituvahvisteisen polyesterin ja teräksen kanssa.
Talo 90 -nimikkeistö	Yleisnimikkeistö, joka sisältää talonrakennustoimintaan kuuluvat työlajit. Nimikkeistöjä voidaan käyttää esimerkiksi tietoperustana rakennushankkeen kustannus-, menekki- ja määrälaskennassa.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Idea opinnäytetyöhön tuli tutulta, joka ehdotti tutkimusta pelti-eriste-peltiseinäelementtien hyödyntämisestä osana asuinpientalojen ulkoseinärakenteita. Pelti-eriste-peltielementtejä käytetään nykyään hyvin yleisesti isojen hallimaisten rakennusten julkisivuissa, väliseinissä ja sisäkatoissa. Pelti-eriste-peltiseinäelementeillä saadaan nopeasti valmista seinäpintaa ja ne ovatkin helpon asennettavuutensa ja pitkälle viedyn esivalmisteisuuden ansiosta kustannuksiltaan varsin kilpailukykyinen vaihtoehto hallimaisten rakennusten seinärakenteeksi. Pelti-eriste-peltielementtien hyödyntäminen on pitkälti rajoittunut hallimaisiin rakennuksiin eikä niistä ole rakennusratkaisuja asuinpientaloihin, joten tässä työssä pohdittiin, miten niitä hyödyntämällä voitaisiin toteuttaa asuinpientalon ulkoseinärakenteet. Ulkoseinärakenteessa pyrittiin hyödyntämään pelti-eriste-peltielementtien hyviä ominaisuuksia ja soveltamaan tavanomaisten asuinpientalojen rakenneratkaisuja pelti-eriste-peltiseinäerakennusratkaisujen kanssa niin, että lopputuloksena on rakennusteknisesti ja esteettisesti toimiva seinärakenne. Seinärakenteen kannattavuutta ja toimivuutta arvioitiin vertailemalla sitä tavanomaisiin asuinpientalon seinärakenteisiin ja rakennustekniikoihin sekä tavanomaisiin pelti-eriste-peltiseinäerakenteiden ratkaisuihin ja asennustekniikoihin.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tutkia pelti-eriste-peltiseinäelementtien soveltuvuutta ja kannattavuutta pientalorakentamisessa. Työssä selvitettiin myös pelti-eriste-peltielementtien rakenteet ja tekniset ominaisuudet sekä pohdittiin, miten ne ominaisuuksien perusteella soveltuvat asuinpientalojen tämän hetkisiin rakennusmääräyksiin sekä jatkuvasti tiukentuviin energiatehokkuusvaatimuk-

siin. Lisäksi työssä selostetaan pelti-eriste-peltiseinäelementtien mitoittaminen ja asennustekniikat pääpiirteittäin keskittymällä pelti-eriste-peltielementtien toimittajista lähinnä Rautaruukki Oyj:n ja Paroc Oy Ab:n ohjeisiin ja ratkaisuihin.

1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan pelkästään pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtejä ja niihin liittyviä huomion arvoisia asioita. Opinnäytetyössä tehtiin ulkoseinäelementtien kustannusvertailu tavanomaisiin rakennustekniikoihin sekä asuinpientalo- että hallimittakaavassa. Vertailussa otettiin huomioon pelkästään rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Kustannusvertailua varten suunniteltiin yksikerroksinen asuinpientalo, jonka huoneistoala oli 121,5 m² ja hallirakennus, jonka huoneistoala oli 1000 m². Rakennuksista tehtiin kahdet versiot, joissa seinärakenteina oli tavanomainen mineraalivillaaeristeinen rankarunko ja pilari-palkkirunkoinen pelti-villa-peltiseinä. Kustannusvertailun avulla pyrittiin selvittämään, pystytäänkö pelti-eriste-peltielementtejä käyttämällä rakentamaan kustannuksiltaan kilpailukykyinen asuinpientalo sekä tarkasteltiin, miten rakennusten seinäneliöiden määrä sekä asuinpientalon rakenneratkaisut vaikuttavat pelti-eriste-peltielementtien käytön kannattavuuteen.

2 Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit

Suomen markkinoilla pelti-eriste-peltielementtien toimittajia on useita, joista suurimpia ja tunnetuimpia ovat Rautaruukki Oyj, Paroc Oy Ab, Thermisol Oy, Izopanel Finland Oy ja Kingspan Oy. Kaikilla toimittajilla on omat elementtijärjestelmät, asennusratkaisut ja kiinnitystavat, mutta pääpiirteittäin ne ovat hyvin paljon toistensa kaltaisia. Pelti-eriste-peltielementtejä käytetään rakennusten ulkoseinissä, väliseinissä, ulko- ja sisäkatoissa sekä osastoivissa rakenteissa. Ulkoseiniin elementtejä löytyy toimittajilta kattava valikoima erilaisten rakennus-

ten erityistarpeisiin, kuten normaalia parempaan paloturvallisuuteen, hygieniaan ja akustiikkaan. Tavallisimpia ulkoseinäelementtien käyttökohteita ovat teollisuus-, maatalous- ja liikerakennukset, urheiluhallit, varastot ja voimalaitokset. Kuvissa 1 ja 2 on esitettyä kaksi esimerkkikohdetta, joissa julkisivut on toteutettu pelti-eriste-peltiulkoseinäelementeillä.



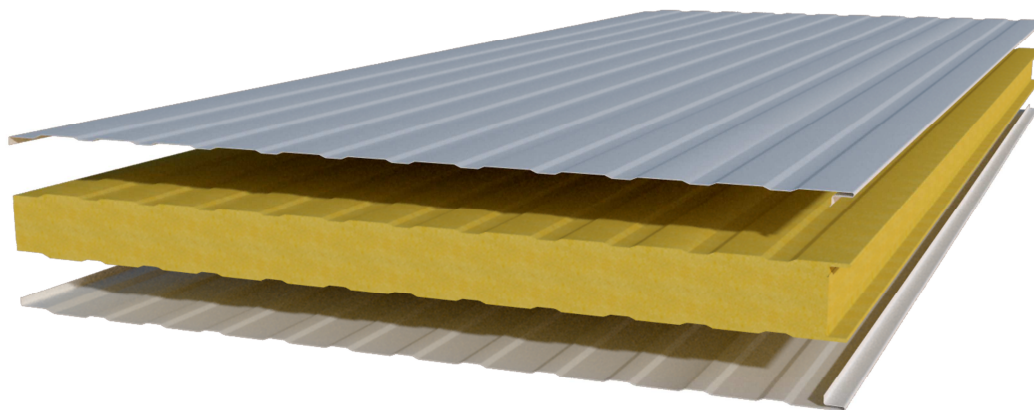
Kuva 1. Ikean liikerakennus, Kuopio [1].



Kuva 2. Saarioisten logistiikkakeskus, Valkeakoski [2].

2.1 Rakenne

Pelti-eriste-peltielementit ovat kerros- eli sandwichrakenteisia ja sisältävät yhtenäisen ja kylmäsillattoman eristekerroksen [3, s. 8]. Ne koostuvat kahdesta pinnoitetusta teräsohutlevystä, jotka on kauttaaltaan liimattu niiden välissä olevaan eristekerrokseen (kuva 3). Valmistuksessa käytettävä liima on kehitetty täyttämään rakenteelliselle liimasidokselle asetetut lujuus-, pitkäaikaiskestävyys- ja palovaatimukset [3, s. 4]. Ulkoseinäelementeissä teräsohutlevyt ovat normaalisti ulkopinnoissa paksuudeltaan 0,6 mm:ä ja sisäpinnoissa 0,5 mm:ä. Yhdessä teräsohutlevyt ja niiden välissä oleva eristekerros muodostavat jäykän komposiittirakenteen. Komposiittirakenteella tarkoitetaan materiaalien yhdistelmää, jossa eri materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole sulaneet eivätkä lienneet toisiinsa [4]. Elementtien päädyissä olevien uros- ja naarasponnien avulla elementit liitetään toisiinsa.



Kuva 3. Pelti-eriste-peltielementin rakenne [5].

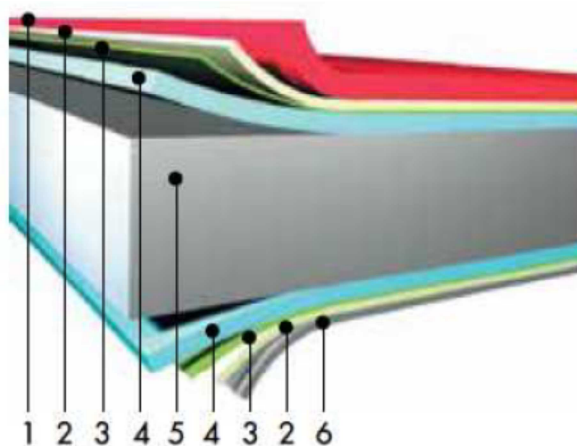
2.1.1 Pinnoitteet

Teräsohutlevyjen pinnoitteita on saatavilla useita vaihtoehtoja riippuen elementtien käyttökohteesta ja käyttöympäristöstä. Oikealla pinnoitevalinnalla vallitseviin käyttöolosuhteisiin voidaan varmistaa elementtien vuosikymmeniä kestävä moitteeton pitkäaikaiskestävyys [6, s. 4]. Käyttöympäristöstä johtuvia elementtien ulkopintoja rasittavia tekijöitä ovat UV-säteily sekä ulkoilman sisältämät ai-

neet kuten vesi, kosteus, ilman saasteet sekä rannikkoalueiden ilman korkea suolapitoisuus. Sisäpintoja rasittavia tekijöitä ovat kohteen käytöstä tulevat kemialliset aineet kuten uimahallien ja pesuloiden kosteus, kemiallisesta prosessista syntyvät sivuaineet ja aggressiiviset puhdistusaineet. [6, s. 17.] Teräsohuttelevyt ovat molemmin puolin sinkittyjä ja yleisimmin niissä käytetään PVDF- ja polyesterimuovipinnoitetta. PVDF-pinnoitetta käytetään elementtien ulkopinnoissa, sillä se kestää hyvin lian aiheuttamaa rasiusta ja UV-säteilyä. Polyesteripinnoitetta käytetään sekä sisä- että ulkopinnoissa, vaikkakin se ominaisuuksiltaan soveltuu paremmin sisäkäyttöön. Sitä voidaan muun muassa käyttää elintarviketeollisuudessa sellaisissa pinnoissa, jotka eivät joudu suoraan kosketukseen pakkaamattoman ruoan kanssa. [3, s. 5.]

Usealta elementti toimittajalta löytyy elintarvike- ja maatalousteollisuuteen suunniteltuja erikoispinnoitteita. Näissä pinnoitteissa on otettu huomioon pintojen mahdolliset altistumiset erilaisten kemiallisten aineiden kanssa, joiden vaikutuksesta normaalit pinnoitteet vahingoittuvat. Pinnoitteita vahingoittavia kemiallisia aineita ovat muun muassa eläinten ulosteet, joiden pääaine on ammoniakki ja sen johdannaiset sekä aggressiiviset puhdistusaineet, joiden käyttötarkoitus on korkean hygieniatason ylläpitäminen [6, s. 18]. Joiltakin valmistajilta on myös mahdollista saada elementtejä ruostumattomalla teräspinnalla korkean hygienian tiloihin [3, s. 6].

- 1 Muovipinnoite
- 2 Pohjamaali
- 3 Passivointikerros
- 4 Sinkki
- 5 Teräs
- 6 Epoksinpinnoite

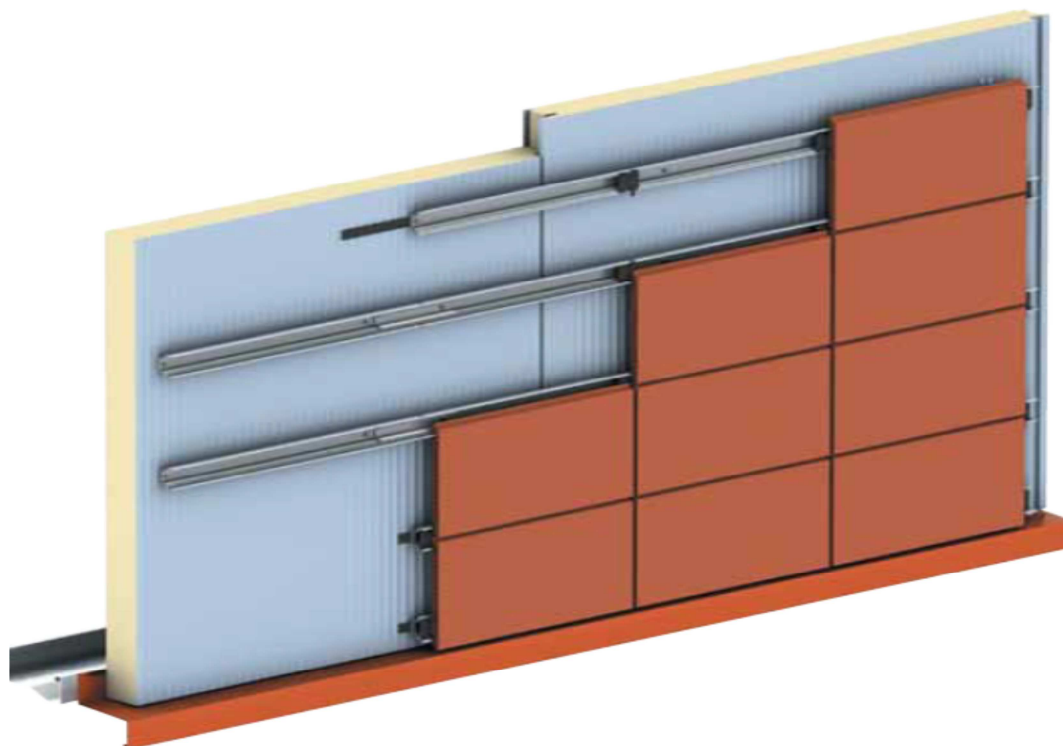


Kuva 4. Paroc-elementin pintalevyjen eri kerrokset [3, s. 5].

2.1.2 Pintaprofiilit

Pelti-eriste-peltielementtien valmistajilta löytyy kattavia valikoimia erilaisista pintaprofiileista ulkoseinäelementteihin. Pintaprofiileilla saadaan tarpeen mukaan rakennusten julkisivuun elävyyttä ja yksilöllisyyttä. Halutessaan ulkoseinäelementtien ulko- ja sisäpintoihin voi saada esimerkiksi elementtien pituuden suuntaisia urituksia eri tiheydellä, matalia aaltoprofiileja tai pinnat täysin tasaisina.

Paroc Oy Ab:n elementtimallistoon kuuluvat print-elementit, joiden pintaan voidaan painaa mikä tahansa kuvio. Print-elementit antavat valinnan vapautta visuaaliseen suunnitteluun ja niillä voidaankin saada todella näyttävää julkisivupintaa aikaiseksi. Kuitenkin huomioitavaa print-elementtien käytössä on se, että ne luokitellaan rakennustarvikkeiden europaloluokkaan C-s1,d0 eikä A2-s1,d0, kuten Paroc Oy Ab:n useimmat ulkoseinäelementtimallit. [7.] Useilta valmistajilta löytyy myös ratkaisuja erilaisten verhousteraalioiden kiinnitykseen kuten esimerkiksi tiiliverhouksen tai erilaisten tiililaattojen. Kuvassa 5 on esitetty Kingspan Oy:n Thermatile-järjestelmä, jossa keraamiset tiililaatat kiinnitetään ulkoseinäelementtien päälle kiinnityskiskojen avulla.



Kuva 5. Kingspan Oy:n Thermatile-järjestelmä [8, s. 37].

2.1.3 Eristeet

Tavallisimmin pelti-eriste-peltielementeissä käytettävä eristemateriaali on mineraalivilla, joka on käsitelty vettä hylkiväksi eli ei-hygroskooppiseksi ja ei-kapilaariseksi. Mineraalivilla voi olla joko lasivillaa tai kivivillaa. Villalamelleista koostuva ydin ja yhdensuuntaiset kuidut takaavat aina samat lujuusominaisuudet elementin jokaisessa poikkileikkauksessa. [3, s. 6.] Mineraalivilla on palamaton materiaali, jonka vuoksi mineraalivillaytimellä varustetut pelti-eriste-peltielementit ovat varsin paloturvallisia. Muita nykyisin käytettäviä eristemateriaaleja ovat polyuretaani (PUR), polyisosyanuraatti (PIR) ja polystyreeni (EPS). Näiden materiaalien lämmönjohtavuuskerroin on hyvin pieni, joten niitä käyttämällä voidaan päästä mineraalivillaeristeisiä elementtejä ohuempiin rakennepaksuuksiin. Hyvän lämmöneristävyuden ja tiivyyden ansiosta PIR-, PUR- ja EPS-ydin elementtejä käytetään erityisesti pakastamoissa ja kylmiöissä. Palominaisuuksiltaan PIR-, PUR- ja EPS-elementit luokitellaan vaikeasti syttyviksi tuotteiksi. Seinäelementeissä vakio eristepaksuudet vaihtelevat aina 50 mm:stä 300mm:iin. [9; 6, s. 6.]

2.1.4 Lämpötilaeroista aiheutuvat jännitykset

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementeissä käytettävät materiaalit sisä- ja ulkopinnoissa ovat teräsohutlevyt sekä niiden välissä oleva eristekerros ovat fysikaalisilta ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia. Teräksen lineaarinen lämpölaajenemiskerroin on hyvin paljon suurempi kuin eristekerroksella. Tästä johtuen teräsohutlevyt laajenevat ja kutistuvat lämpötilaerojen vaikutuksesta enemmän kuin eristekerros. Erilainen lämpölaajenemiskäyttäytyminen pintakerrosten ja eristekerroksen välillä aiheuttaa jännityksiä niiden välissä olevaan liimakerrokseen sekä koko elementin taipumista lämpimämpää tilaa kohti. Lämpötilaero sisä- ja ulkopinnan välillä voi helposti Suomen ilmasto-olosuhteissa olla 50 °C. Pahimmillaan lämpötilaerojen aiheuttamat jännitykset kerrosten välissä voivat aiheuttaa teräslevyihin kuplien, kuoppien tai paisumien muodostumista sekä elementtien saumojen tiivyyden menetystä. Varsinkin ulkoseinäelementeissä lämpötilaeroista johtuvat ilmiöt on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Lämpötilaeroista aiheutuvia liikkeitä ja jännityksiä voidaan rajoittaa ulkopinnan värin valinnalla sekä rajoittamalla elementtien pituuksia. Ulkopinnan värin valinnalla voidaan vaikuttaa kuinka korkeaksi ulkopinnan pintalämpötila voi nousta kesäisin auringon paisteessa. Vaaleilla väreillä on pienempi säteilyn absorptioaste, joten vaalea värinen ulkoseinäelementin ulkopinnan lämpötila ei nouse yhtä suureksi auringon paisteessa kuin tumma värinen. [6, s. 17- 18.]

2.2 Tekniset ominaisuudet

Pelti-eriste-peltiseinäelementtien tekniset ominaisuudet vaihtelevat valmistajien mittastandardien sekä käytettävien eristemateriaalien mukaan. Taulukossa 1 on esitetty eri valmistajien perus ulkoseinäelementtien ominaisuudet paksuusluokassa 220–240 mm. Joiltakin valmistajilta on saatavana erikoistilauksena vaihtoehtoja joillekin mitoille kuten peltien paksuuksille ja elementtien leveyksille. Taulukossa 1 esitetyt tekniset ominaisuudet koskevat valmistajien vakiotuotteita.

Taulukko 1. Ulkoseinäelementtien tekniset ominaisuudet

Ominaisuudet:	Ruukki SPA E	Paroc AST S	IzoWall MWF	IzoCold IPR	Thermisol-elementti
Paksuus (mm)	230	240	230	220	225
Eristemateriaali	Mineraalivilla	Mineraalivilla	Mineraalivilla	Polyisosyanuraatti	Polystyreeni
Hyöty-/kokonaisleveys (mm)	1200/1216	1196/1200	1150/1160	1150/1160	1200/-
Pituus (m)	2,0 - 13,5	2,0 - 12,0	2,0 - 15,0	2,0 - 15,0	2,0 - 11,0
Ulkopellin paksuus (mm)	0,60	0,60	0,60	0,50	0,60
Sisäpellin paksuus (mm)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Syttymisherkyys	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
Paino (kg/m ²)	30,4	32,0	35,0	17,0	13,5
U-arvo (W/m ² K)	0,17	0,16	0,17	0,09	0,15
Ääneneristys Rw (dB)	31	29	31	27	-
Seinän palonkesto	EI180	EI240	EI60	EI15	-
- tietoa ei löytynyt					

Kuten taulukosta 1 voidaan havaita, pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien eri ominaisuudet voivat poiketa hyvinkin paljon toisistaan. Poikkeavuudet selittyvät suuremmilta osin elementtien eristysmateriaalien ominaisuuksien eroista.

2.2.1 Lämmöneristävyys

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien lämmöneristävyyskyky ilmoitetaan U-arvon eli lämmönläpäisykerroimen avulla. Lämmönläpäisykerroin ilmaisee lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Sen yksikkö on $W/(m^2K)$. [10.] Mitä pienempi rakennusosan U-arvo on, sitä parempi on sen lämmöneristävyys.

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien lämmönläpäisykerroin lasketaan standardin EN 14509 Self-supporting double skin metal faced insulating panels mukaisesti. Ulkoseinäelementtien U-arvoihin on valmiiksi laskettu pontin saumojen vaikutus ja sisä- ja ulkopuolen vaakasuorat pintavastukset (R_{si} ja R_{se}), joten niitä ei tarvitse enää erikseen huomioida suunnittelussa. [3, s. 8.] U-arvojen laskennassa käytettävät pintavastukset määräytyvät lämpövirran suunnan mukaan. Sisä- ja ulkopuolen vaakasuorien pintavastusten yhteenlaskettu arvo on $0,17 m^2K/W$. Pintavastukset lisäämällä rakenteen lämmönvastuksen arvoon saadaan rakenteen kokonaislämmönvastus, jonka käänteisluku U-arvo on. [11, s. 22.] Pelti-eriste-pelti-elementtien U-arvot eivät kuitenkaan sisällä elementtien läpi menevien kiinnikkeiden aiheuttamia pistemäisiä kylmäsiirtovaikutuksia vaan ne on lisättävä elementtien U-arvoon [3, s. 8]. Kuitenkin laskennassa voidaan huomioida, että rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeiden mukaan kiinnikkeiden vaikutusta ei tarvitse lisätä rakenteen U-arvoon, jos niiden vaikutus on alle 3 % U-arvosta [12].

Kaikki taulukossa 1 olevat pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit läpäisevät tämänhetkisen lämpimän tilan ulkoseinältä vaadittavan lämmönläpäisykerroimen vertailuarvon $0,17 W/(m^2K)$ eli ne soveltuvat sellaisenaan lämpimän rakennuksen seinärakenteeksi. Lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jonka mitoittava huonelämpötila lämmityskaudella on $+17\text{ °C}$ tai sitä korkeampi lämpötila [10]. Rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykerroimien vertailuarvot on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 kohdassa 3.2. Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementeissä käytettävistä eristemateriaaleista polyuretaani (PUR) ja polyisosyanuraatti (PIR) ovat lämmöneristyskyvyltään parhaita. Niiden lambda-arvo eli lämmönjohtavuus on huomattavasti pienempi kuin mineraalivil-

lalla ja polystyreenillä. Taulukossa 2 on esitetty pelti-eriste-peltielementeissä käytettävien eristeiden lambda-arvot sekä millä valmistajien mallistoista löytyvillä eristepaksuuksilla ne täyttävät lämpimän ja puolilämpimän tilan ulkoseiniltä vaadittavat lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot.

Taulukko 2. Eristeiden lämmönjohtavuudet ja tarvittavat paksuudet käyttötilasta riippuen.

Eristemateriaali:	Mineraalivilla		Polystyreeni		Polyuretaani		Polyisosyanuraatti	
Lämmönjohtavuus (W/mK)	0,040		0,035		0,022		0,020	
Vertailuarvot:	Paksuus	U-arvo	Paksuus	U-arvo	Paksuus	U-arvo	Paksuus	U-arvo
Puolilämmin tila 0,26 W/m ² K	150mm	0,26 W/m ² K	150mm	0,23 W/m ² K	100mm	0,22 W/m ² K	80mm	0,25 W/m ² K
Lämmin tila 0,17 W/m ² K	230mm	0,17 W/m ² K	200mm	0,17 W/m ² K	140mm	0,14 W/m ² K	120mm	0,17 W/m ² K

2.2.2 Palo-ominaisuudet

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit luokitellaan rakennustarvikkeiden europaloluokituksen mukaisesti. Europaloluokittelulla mahdollistetaan erilaisten materiaalien palo-ominaisuuksien tarkastelu yhtenäisten parametrien mukaan. Rakennustarvikkeet luokitellaan sen perusteella mikä on niiden vaikutus palon syttymiseen ja leviämiseen sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin [13, s. 5]. Taulukossa 3 on esitetty europaloluokat ja niiden perusvaatimukset.

Taulukko 3. Rakennustarvikkeiden europaloluokat.

Europaloluokka	Osallistuminen paloon
A1	Palamaton, mitätön lämpöarvo, ei osallistu paloon
A2	Palamaton, matala lämpöarvo, osallistuminen paloon mitätön
B	Vaikeasti syttyvä, erittäin rajoitettu osallistuminen paloon
C	Rajoitettu, mutta näkyvä osallistuminen paloon
D	Suuri osallistuminen paloon
E	Erittäin suuri osallistuminen paloon
F	Määräämätön

Savun tuoton ja palavan pisaroinnin ilmaisu tapahtuu lisämääreiden s ja d avulla. Ainoastaan luokissa A1 ja F olevat rakennustarvikkeet esiintyvät ilman lisämääreitä. Kaikissa muissa luokissa olevien rakennustarvikkeiden tiedoissa esiintyy myös lisämääreet. [13, s. 5- 6.] Taulukossa 4 on esitetty savun tuoton ja palavan pisaroinnin määrää ilmaisevat lisämääreet selosteineen.

Taulukko 4. Rakennustarvikkeiden europaloluokituksen lisämääreet.

Tunnus	Kuvaus
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä
s2	Savuntuotto on vähäistä
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementeistä mineraalivilla eristeiset elementit saavat europaloluokituksen A2-s1,d0 eli ne luokitellaan palamattomiksi tuotteiksi, joidenka savuntuotto on erittäin vähäistä ja palavia pisaroita tai osia ei esiinny. PUR-, PIR- ja EPS-eristeiset ulkoseinäelementit saavat europaloluokituksen B-s1,d0 eli ne luokitellaan vaikeasti syttyviksi tuotteiksi, joiden savuntuotto on erittäin vähäistä ja palavia pisaroita tai osia ei esiinny.

Rakennusten kantavat ja osastoivat rakenteet luokitellaan sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 on esitetty merkinnät, joilla kuvataan rakenteisiin kohdistuvia vaatimuksia palon kestävyys suhteen. Taulukossa 5 on esitetty rakenteiden palon kestävyttä kuvaavat merkinnät sekä niiden perään tulevat aikaluokat, joilla ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina. Yhdessä merkintä ja aikaluokka muodostavat rakenteen palonkestoluokan.

Taulukko 5. Rakenteiden palon kestävyyttä kuvaavat merkinnät ja aikaluokat.

Merkintä	Kuvaus
R	Kantavuus
E	Tiiviys
I	Eristävyys
Aikaluokat:	15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240

Hyvien paloteknisten-ominaisuuksien ansiosta pelti-eriste-peltiseinäelementtejä voidaan käyttää paloa osastoivissa ei-kantavissa rakenteissa. Parhaimmillaan mineraalivillaeristeisillä seinäelementeillä voidaan toteuttaa jopa EI 240 luokan palo-osastoivaa seinärakennetta. Suunnittelussa on kuitenkin huomioitava seinäelementtien jännevälirajoitukset eri paloluokissa. Esimerkiksi Paroc Oy Ab:n 240 mm:ä paksu AST S-tyyppinen seinäelementti voi olla EI 240 paloluokittelussa seinärakenteessa maksimissaan jänneväliään 4 m:ä pitkä sekä vaakaan että pystyyn asennettaessa. [3, s. 34.] Palon kestävyydeltään PIR-eristeisillä seinäelementeillä voidaan toteuttaa EI 30 luokan seinärakennetta, PUR-eristeisillä seinäelementeillä päästään EI 15 luokan seinärakenteisiin ja EPS-eristeiset seinäelementit saavat tiiveydelle E 60 luokituksen.

2.2.3 Ilman- ja sadevesitiiviys

Rakennuksen ulkovaipan ilmantiiveydellä on yhdessä lämmöneristävyyden kanssa merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveyden vaatimukset on kerrottu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3. Rakennuksen ulkovaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ja vertailuarvona ilmatiiveydelle pidetään ilmanvuotolukua $2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ [14, s. 10- 11]. Ilmanvuotoluku q_{50} ilmaisee rakennuksen ulkovaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pascalin paine-erolla rakennuksen kokonaissisämittojen mukaisesti lasketun ulkovaipan pinta-alaa kohden. [14, s. 4.] Ilmanvuotoluku voidaan mitata standardin SFS-EN 13829 määrittelemällä tavalla. Siinä rakennukseen tarkoituksellisesti ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot

tukitaan ja rakennukseen tuotetaan 50 Pascalin ylipaine ja ilmanvaihtuvuus mitataan. [15.]

Pelti-eriste-peltiseinärakenteilla päästään ilmatiiveydessä huomattavasti alle vaadittavan arvon. Valmistajista ainakin Rautaruukki Oyj ja Paroc Oy Ab lupaa- vat parhaille seinärakenteilleen jopa alle 1 m³/m²h:ssa ilmatiiveysluokituksen. Jotta pelti-eriste-peltiseinärakenteella päästään hyvään tiiveystasoon, on erityisesti kiinnitettävä huomiota ylä- ja alapohjien liitoskohtiin, ikkuna- ja ovidetaljeihin ym. läpivienteihin sekä huolelliseen elementtien asentamiseen.

Rautaruukki Oyj:n ja Paroc Oy Ab:n ulkoseinäelementteihin asennetaan vakiona sisäpuolen naaraspontteihin tiiviste jo tehtaalla, jotta ulkoseinän sisäpinta olisi ilma- ja vesihöyrytiivis. Joissakin tapauksissa, kuten rankoissa ilmasto- olosuhteissa, korkeissa seinissä sekä aina pystyasennuksissa ponttitiivisteet asennetaan sekä ulko- että sisäpuolen pontteihin riittävän sadevesitiiveyden takaamiseksi. [3, s. 9; 16, s. 15.]

Pelti-eriste-peltiseinäelementtien sadevesitiiveyden testaus tapahtuu kohdistamalla niihin vettä tietyillä paineilla. Tällä kokeella simuloidaan tuulen ja vesisa- teen aiheuttamaa viistosadetta ja testataan pelti-eriste-peltielementtien ponttien vedenpitävyyttä. Korkein tiiveysluokka saavutetaan kun rakenne on tiivis ainakin vaadittavaan 1,2 kN/m² paineeseen asti. Rautaruukki Oyj:n ja Paroc Oy Ab:n elementeillä korkein tiiveysluokka saavutetaan asentamalla ponttitiivisteet sekä ulko- että sisäpuolen pontteihin.

2.2.4 Ääneneristävyys

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien ääneneristävyys ominaisuudet määritellään ilmaääneneristysluvun R_w avulla. Ilmaääneneristysluku R_w on kahden tilan välissä olevan rakenteen ilmaääneneristävyttä kuvaava luku, joka saadaan vertailemalla eri taajuuksilla mitattuja tuloksia standardoituun vertailukäyrään. [17, s. 2.] Ilmaääneneristysluvun yksikkö on desibeli. Mitä suurempi rakenteelle mitattu desibeliarvo on niin sitä paremmin rakenne eristää melua. Huomioitavaa on, että laboratorio-olosuhteissa mitatut ilmaääneneristysluvut voivat poiketa

huomattavasti rakenteiden lopullisista kenttämittauksissa saaduista arvoista, joihin vaikuttavat rakennustöiden laatu ja rakenteiden detaljit [18].

Pelti-eriste-peltielementtien ääneneristyskyky on melko heikko johtuen niiden kevyestä rakenteesta ja pinnoissa olevista teräsohutlevyistä. Mineraalivilla eristeiset elementit ovat rakenteeltaan muita pelti-eriste-peltielementtejä massiivisempia, joten ne ovat hieman parempia ääneneristävyys ominaisuuksiltaan. Kuitenkin mineraalivillaeristeisen 230 mm:ä paksun Ruukki SPA E tyyppin ulkoseinäelementin ilmaääneneristävyys arvo on vain 31 dB. Vertailu esimerkkinä 100 mm:ä paksun betoniseinän ilmaääneneristävyys arvo on jo 50 dB.

Useilta pelti-eriste-peltielementtien valmistajilta löytyy seiniin rakenneratkaisuja akustisten ominaisuuksien parantamiseksi. Pelti-eriste-peltiseinän ääneneristävyttä voidaan parantaa erilaisilla lisärakenteilla kuten esimerkiksi kiinnittämällä kipsilevyjä tai mineraalivillalevyjä elementtien pintaan.

Paroc Oy Ab:n elementtimallistoon kuuluvat PAROC acoustic -elementit, joissa toinen pinta on rei'itetty, mikä parantaa elementtien ääneneristävyttä. PAROC acoustic -elementtien käytössä on huomioitavaa, että ne soveltuvat pelkästään kuiviin sisätiloihin sekä se, että niille ei ole määritetty palonkestoluokitusta. [3, s.38.]

2.2.5 Ulkoseinäelementtien dimensiot ja toleranssit

Elementtien leveydet ja paksuudet vaihtelevat eri valmistajien elementtijärjestelmien mukaan. Elementtien paksuuksissa on huomioitava, että joillakin valmistajilla tuotteen todellinen paksuus on eri kuin mitä annettu nimellispaksuus antaa ymmärtää. Esimerkiksi 240 mm:ä paksun Paroc-elementin todellinen paksuus on 243 mm:ä [3, s.7]. Leveyksissä on huomioitava hyöty- ja kokonaisleveyden eroavaisuus. Hyötyleveys on toisen elementin sisälle menevän pontin pituuden vähennys kokonaisleveydestä. Yleensä valmistajat antavat valmistustarkkuuteen liittyvän ± 2 mm mittatoleranssin hyötyleveydelle. Muita pelti-eriste-peltielementtien valmistuksessa käytettäviä valmistusteknisiä mittatoleransseja ovat elementin pituudelle annettava ± 5 mm:ä tai ± 10 mm:ä riippuen valmista-

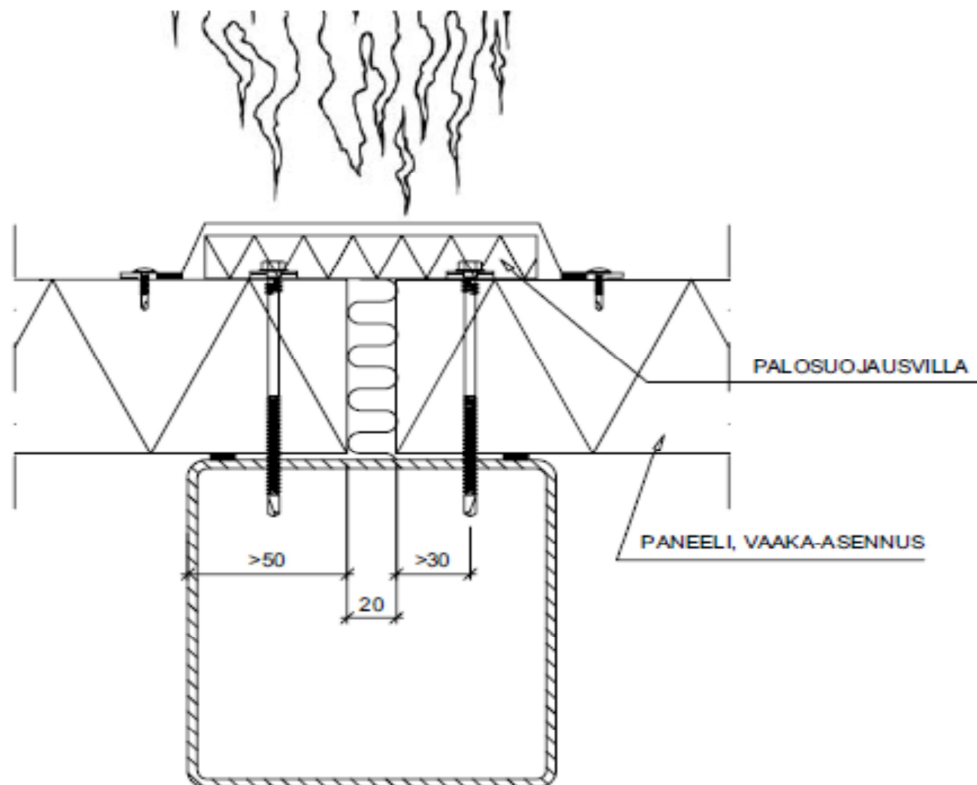
jasta sekä elementin paksuudelle annettava ± 1 mm:ä tai ± 2 mm:ä riippuen valmistajasta.

Ulkoseinäelementtien maksimipituudet vaihtelevat valmistajasta riippuen 11 m:stä 15 m:iin. Käytännössä kuitenkin ulkoseinäelementtien pituus määräytyy niiden mitoituksen, asennustavan, kantavan rungon ja turvallisen käsiteltävyyden perusteella.

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit ovat massaltaan melko kevyitä, joten niiden asentamiseen ei tarvita kovinkaan järeitä nostimia. Esimerkiksi 230 mm:ä paksu Ruukki SPA E ulkoseinäelementti painaa $30,4 \text{ kg/m}^2$, joten 5,5 m:ä pitkälle elementille kertyy kokonaismassaa $200,6 \text{ kg:aa}$. PIR-, PUR- ja EPS-ulkoseinäelementtien yksi hyvä ominaisuus on se, että ne voivat olla jopa yli 50 % kevyempiä kuin vastaavat saman paksuusluokan mineraalivillaeristeiset elementit tämä helpottaa niiden käsittelyä ja asennusta.

2.3 Elementtien kiinnikkeet

Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien kiinniketyyppi määräytyy sen mukaan mitä materiaalia on rakennuksen rungon osa, johon elementit kiinnitetään. Erilaisia kiinnikkeitä on saatavilla teräs-, puu- ja betonirunkoihin. Kiinnikkeet voivat olla elementtien läpi meneviä poraruuveja, itsekierteittäviä ruuveja tai kierreholkkeja. Varsinkin ulkoseinäelementtien kiinnikkeitä valittaessa on otettava huomioon, että valittu kiinniketyyppi täyttää rakennuksen käyttöolosuhteiden asettamat vaatimukset. Ulkoseinäelementtien kiinnikkeiden tulee olla aina tiivisteellisiä estäen veden ja kosteuden tunkeutumisen kiinnikkeiden kautta rakenteeseen. Hyvin kosteisiin olosuhteisiin joutuvien kiinnikkeiden on aina oltava valmistettuja ruostumattomasta teräksestä [3, s. 41]. Koska ympäristöluokan määrittäminen on käytännössä vaikeaa, on suositeltavaa että ulkoseinäelementtien kiinnittämisessä käytetään aina ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä [3, s. 41]. Palo-osastoivissa seinärakenteissa on huomioitava mahdollinen kiinnikkeiden suojaustarve palosuojausvillalla (kuva 6) [19, s. 29].



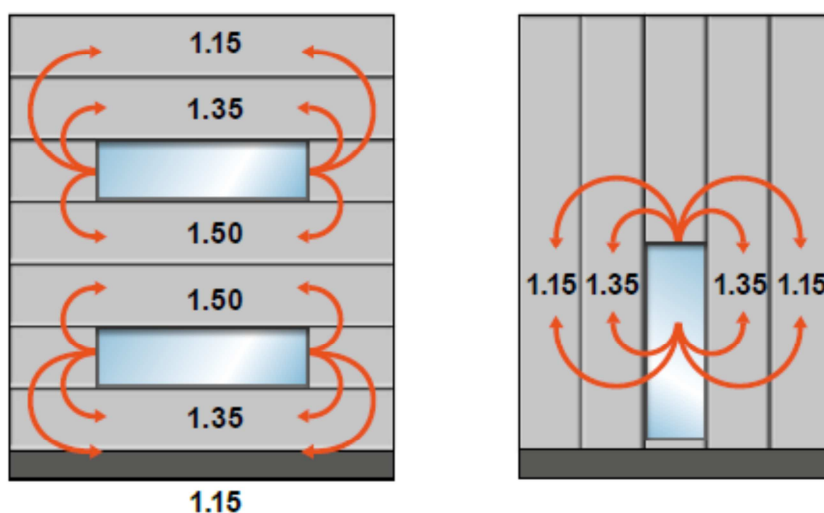
Kuva 6. Kiinnikkeiden palosuojaus esimerkki palo-osastoivassa rakenteessa [19, s. 29].

3 Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien mitoitus

Pelti-eriste-peltielementit mitoitetaan standardin EN 14509 mukaisesti. Ulkoseinäelementit mitoitetaan seinien oman painon, tuulen paineen ja – imun sekä lämpötilaerojen aiheuttamille kuormille. Tuulikuormat yhdessä elementin sisä- ja ulkopinnan välisen lämpötilaeron aiheuttaman rasituksen kanssa pyrkivät aiheuttamaan taipumaa ulkoseinäelementteihin [3, s. 27]. Jotta mitoitus ja elementtityypin valinta helpottuisi, on elementtien valmistajilla erilaisia taulukoita ja mitoituskäyrästäjä tuotteilleen, joista voidaan kätevästi katsoa kuinka paljon tietty elementtityyppi kestää taipumasta aiheutuvaa kuormitusta tietyllä jännevälillä. Palo-osastoivia seinärakenteita mitoitettaessa on huomioitava, että elementtien

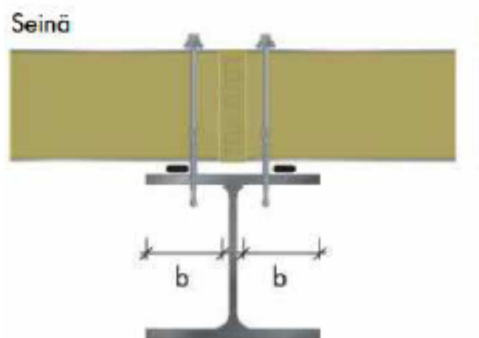
jännevälit ovat yleensä rajoitettuja tiettyihin pituuksiin palon kestävyuden taakamiseksi [3, s. 34].

Mitoituksessa tulee huomioida mahdollisten elementtiseinään tulevien ovi- ja ikkuna-aukkojen sekä muiden läpivientien vaikutus [3, s. 29]. Elementteihin tehtävät aukot saattavat vaikuttaa niiden kuormituskapasiteettiin. Tästä johtuen elementit joihin tehdään aukkoja, tulee mitoittaa niin että ne kestävät aukosta huolimatta niille tulevat kuormat [3, s. 29]. Jos elementin kuormankantokyky heikkenee ison aukon takia niin paljon, että elementti ei itse pysty kantamaan sille tulevia kuormia, siirtyvät kuormat viereisille elementeille ponttirakenteen kautta tai ne siirretään suoraan rakennuksen runkoon [16, s. 8]. Kuormien siirto viereisille elementeille tapahtuu mitoituksessa käytettävien siirtokertoimien avulla, jotka ovat esitettyinä kuvassa 7.



Kuva 7. Kuormien siirtokertoimet vaaka- ja pystyasennuksessa [16, s. 9].

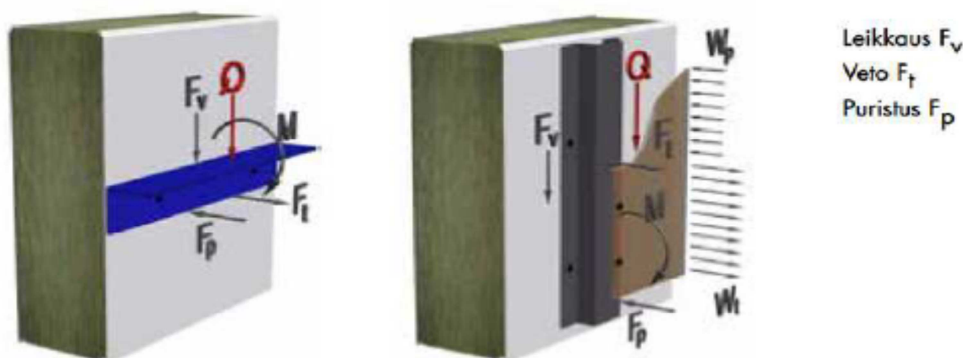
Ulkoseinäelementtien mitoituksessa tulee varmistaa, että kantava runko johon elementit kiinnitetään, tarjoaa riittävän tukileveyden. Seinäelementtien tukileveyksien suositeltuina vähimmäisleveyksinä pidetään elementtien päädyissä 50 mm:ä ja moniaukkoisissa rakenteissa välituilla 60 mm:ä [3, s.11]. Kuvassa 8 esitetään kuinka tukileveys määräytyy seinäelementtien päädyissä.



Kuva 8. Tukileveyden määrittäminen seinäelementtien pädyissä [3, s. 11].

Ulkoseinäelementtien kiinnikkeiden lukumäärä määräytyy elementeille tulevista kuormista, elementtien mitoista sekä yläpuolelta tulevista pystysuuntaisista kuormista [3, s. 41]. Kiinnikkeitä tulee olla elementtien pädyissä vähintään 2 kpl/pääty ja niiden vähimmäisetäisyys elementin reunasta saa olla eri valmistajien ohjeiden mukaan 20–30 mm:ä. Kiinnikemäärän laskennassa on huomioitava rakennuksen eri tuulenpaine- ja imuvyöhykkeiden tarkastelu sekä erityisesti nurkka-alueiden huomioiminen. Jos elementille tulee pystysuuntaista kuormitusta esimerkiksi yläpuolella olevista ikkunoista, pitää ne ottaa huomioon kiinnikkeitä mitoitettaessa. Normaalitapauksissa seinäelementeille tulevat pystysuuntaiset kuormat pyritään johtamaan kiinnikkeiden avulla kantavaan runkoon [3, s. 11].

Elementtiseinät, joihin tulee erillinen ulkoverhous kuten kiskojen avulla kiinnitettävä tiililaattaverhous joutuvat normaalikuormien lisäksi ulkoverhouksesta aiheutuvan ripustuskuorman rasittamaksi. Ripustuskuormat on otettava huomioon jo elementtien kiinnikkeitä mitoitettaessa (kuva 9) [3, s. 44]. Ripustusten kiinnitystä suunniteltaessa on huomioitava, että käytettävät kiinnikkeet soveltuvat teräsohutellevyyn kiinnittämiseen, kiinnityskiskot ovat sallituilla etäisyyksillä toisiinsa ja käytettävän pelti-eriste-peltielementin tartuntavetolujuuden ominaisarvo ylittää vaadittavan 100 kPa:n raja-arvon [3, s. 44]. Kiinnityskiskojen maksimijakovälit ovat 1200 mm:ä asennettuna elementin poikittaissuunnassa ja 600 mm:ä asennettuna elementin pituuden suuntaisesti [20, s. 2]. Rakennuksen alueilla joissa kuormitus on kovaa kuten esimerkiksi nurkka-alueilla, kiinnityskiskojen maksimijakoväli asennussuunnasta huolimatta on aina 600 mm:ä [20, s.2].



Kuva 9. Ripustuksista aiheutuva kuormitus [3, s. 44].

Jos ulkoverhouksena on tiilimuuraus, siirretään sen aiheuttamat pystykuormat suoraan perusmuurille. Tiilimuurauksesta aiheutuvat vaakakuormat voidaan ohjata pelti-eriste-peltielementeille muuraussiteiden välityksellä tai jos elementtien jänneväli on alle 3 m:ä, voidaan tiilimuuraus tukea ja kiinnittää pelkästään runkolinjojen kohdalta suoraan rakennuksen runkoon. Muuraussiteet mitoitetaan aina tapauskohtaisesti kuitenkin niin, että niiden vähimmäismäärä vaatimus 4 kpl/m^2 täyttyy. [20, s. 3.]

Erillistä julkisivuverhousta suunniteltaessa on huomioitava, että julkisivuverhouksen ja pelti-eriste-peltielementtien väliin jää riittävän suuri tuuletusväli, jonka avulla varmistetaan mahdollisen haitallisen kosteuden poistuminen rakenteesta. Kiinnityskiskoja käytettäessä tuuletusvälin tulee olla vähintään 20 mm:ä. Vaakasuuruisesti asennettujen kiinnityskiskojen tulee olla tuuletusrei'illä varustettuja. [20, s. 2.] Tiilimuurauksen ja elementtiseinän väliin on suositeltavaa jättää hieman paksumpi tuuletusväli mahdollisten tuuletusväliä tukkivien laastipurseiden varalta ja alimmasta tiilikerroksesta tulee jättää joka kolmas pystysauma auki. Tiilimuurauksen tuuletusvälin tulee olla vähintään 30 mm:ä [21, s. 11].

Mitoituksessa seinäelementtien taipumaa tarkastellaan myös käyttörajatilassa, jolloin kuormitus vastaa normaalisti muutaman kerran vuoden aikana toteutuvaa tuulikuormaa. Pelti-eriste-peltielementtiulkoseinälle taipuman raja-arvo on elementinjänneväli /100. [3, s. 10.] Jos elementtiseinässä on erillinen ulkoverhous, on tarkastettava asettaako se tiukemmat taipumarajat kuin mitä elementtiseinäl-

le on asetettu. Esimerkiksi ulkoverhouksen ollessa tiilimuuraus taipuma tarkastelussa taipuman raja-arvona tulee pitää elementinjänneväli/400. [20, s. 3.]

4 Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien asennus

4.1 Asennustavat

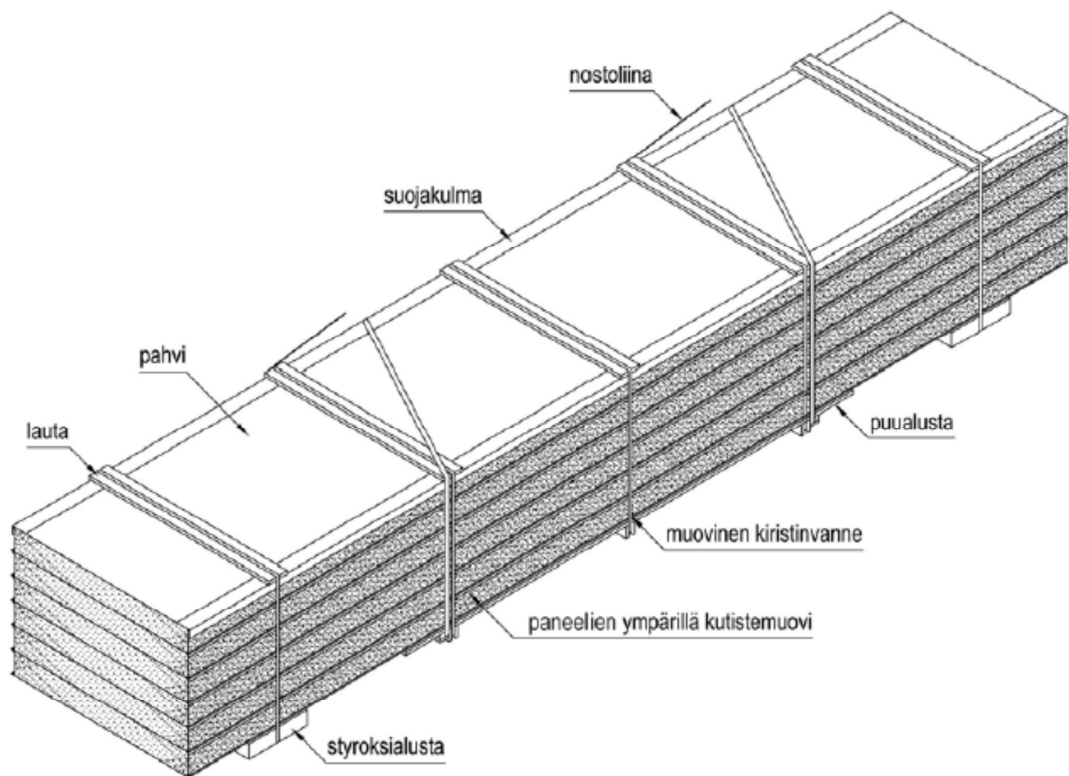
Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtejä voidaan asentaa sekä vaaka- että pystyasennuksena. Ulkoseinäelementit voidaan kiinnittää runkoon joko elementin läpi menevillä kiinnikkeillä tai elementin molemmin puolin olevilla kiinnityslevyillä. Kiinnitystavan täytyy olla sellainen, että elementit kiinnittyvät molemmista pinta-levyistään [3, s. 41]. Tyypillinen ulkoseinäelementin asennustapa on asentaa se vaaka-asennuksena yhdelle pilarivälille niin, että elementti kiinnitetään pilareiden ulkopintaan.

4.2 Valmistelevat työt

Jotta elementtien asennus onnistuisi työmaalla jouhevasti ilman turhia siirtoja ja keskeytyksiä, on tärkeää, että valmistelevat työt tehdään huolellisesti noudattaen valmistajien ohjeita. Kun elementit saapuvat työmaalle ja kuorma on purettu, on suositeltavaa tehdä aina elementtien vastaanottotarkistus. Vastaanottotarkistuksessa käydään läpi toimitetun erän vastaavuus tilausluetteloon sekä tarkistetaan onko mahdollisia kuljetusvaurioita syntynyt [22, s. 3]. Kuormaa purkaessa on viisasta selvittää asennuskaavion avulla mihin kohtaan rakennusta tietyssä elementtikolliissa olevat elementit kuuluvat ja siirtää elementtikollit heti mahdollisimman lähelle omia asennuspaikkoja. Elementtikollien sijoittelua varten on rakennuksen ympärille varattava riittävästi tilaa.

Pelti-eriste-peltielementit pakataan tehtaalla kolleihin, joissa elementtejä on niiden paksuudesta riippuen 5–14 kappaletta (kuva 10). Kolleihin laitetaan sa-

maan runkoväliin kuuluvat elementit, jotta asennettaessa elementit olisivat mahdollisimman lähellä oikeaa paikkaa. Elementtikollien siirtäminen voi tapahtua joko nosturin tai trukin avulla. Nosturilla siirrettäessä liinat kytketään kolleissa oleviin kertakäyttöisiin nostolenkkeihin ja noudatetaan elementtitalauksen mukana tulleita nosto-ohjeita. Nostamisessa on huomioitava, että nostoliinat ovat riittävän pitkät ja nostaminen tapahtuu oikeasta kohdasta. Näin vältetään mahdollinen elementtien ponttien vaurioituminen nostettaessa. Lisäksi teräsvaljereiden ja ketjujen käyttäminen nostamiseen on kiellettyä. Trukilla siirrettäessä on noudatettava erityistä varovaisuutta etteivät trukin piikit pääse vaurioittamaan elementtejä. Elementtikollien pohjassa on keskellä puualusta, jonka alle trukin piikit tulee sijoittaa siirrettäessä trukilla.



Kuva 10. Elementtikolli [16, s. 15].

Työmaalla elementit tulee varastoida tasaiselle alustalle niin, että vain pakettien osat vastaavat maata ja jos mahdollista niin alustan on hyvä olla hieman kalteva siten, että elementtikollien päälle ja elementtien väliin mahdollisesti tunkeutuva vesi ei pääse varastoitumaan pitkäksi aikaa. Elementtikolleja ei saa pinota pääl-

lekkäin [22, s. 3.]. Jos elementtejä säilytetään ulkona, täytyy niiden suojaamisesta sadetta, likaantumista ja aurinkoa vastaan huolehtia peitteellä tai muulla tarkoitukseen soveltuvalla katteella. On suositeltavaa varastoida elementtikollet ja sisätiloissa, jos niiden säilyttäminen on pitkäaikaista [19, s. 4]. Elementtien asennusvaiheessa on muistettava päivän päätteeksi ja sateen sattuessa avattujen elementtikollien asianmukainen suojaaminen.

4.3 Elementtien käsittely työmaalla

Elementtejä tulee käsitellä työmaalla varovasti, etteivät niiden teräsohutlevypinnat pääse kolhiintumaan tai naarmuuntumaan. Elementtejä työstettäessä tulee käyttää asianmukaisia työkaluja ja noudatettava valmistajien ohjeiden mukaisia menetelmiä, jotta saavutettaisiin moitteeton lopputulos. Elementtien kuumaleikkaus esimerkiksi kulmahiomakonetta käyttämällä on ehdottomasti kielletty [19, s. 4]. Kuumaleikkauksessa syntyvä lämpö ja kipinäsuihku vaurioittavat elementtien maalipinnoitetta. Elementtien leikkaamiseen soveltuvia työkaluja ovat erilaiset käsikäyttöiset levyleikkurit ja pisto- ja pyörösahat, joissa on teräsohutlevyjen leikkaamiseen soveltuva terä. Leikkaaminen suoritetaan niin, että ensiksi molemmat pintalevyt leikataan merkittyjä viivoja pitkin, jonka jälkeen välissä oleva eriste voidaan leikata esimerkiksi villaveistä tai käsisahaa käyttämällä [19, s. 26]. Leikkaamisesta syntyvät metallilastut on poistettava huolellisesti elementtien pinnoilta välittömästi leikkaamisen jälkeen.

Jos elementteihin tulee vaurioita käsiteltäessä niitä työmaalla, pitää syntyneet vauriot korjata heti kun vain mahdollista valmistajien huolto-ohjeita noudattamalla. Vauriot voidaan laajuudesta ja laadusta riippuen, joko paikkamaalata tai koko elementti voidaan vaihtaa [19, s. 4]. Jos elementti vaurioituu niin pahasti, että sen tiiviys ja kestävyys menetetään esimerkiksi pintalevyn reiän tai vaurioituneen pontin takia, tulee se silloin korvata uudella elementillä. Pinnoille mahdollisesti tulevat likatahrat voidaan pestä vedellä tai laimealla pesunesteellä [19, s. 4].

4.4 Elementtien nostaminen

Usein pelti-eriste-pelti-elementti valmistajilla on omat tuotteilleen kehitetyt nostolaitteet, joita voidaan vuokrata käyttöön tilausta tehtäessä. Valmistajien omien yksittäisten elementtien nostamiseen tarkoitettujen nostolaitteiden käyttö on suositeltavaa, sillä on tärkeää työn onnistumisen ja turvallisuuden kannalta, että nostotyössä käytettävät laitteet ovat siihen soveltuvia. Rautaruukki Oyj:llä ja Paroc Oy Ab:lla on omat seinäelementtien asentamiseen suunnitellut nostimet. Nostimia on saatavilla eri elementtityypeille, elementtipaksuuksille ja asennustavoille. Vaaka-asentamisessa käytettävien Rautaruukki Oyj:n Sandwich panel SPA80-230 nostimen ja Paroc Oy Ab:n LiftAid-nostinten kiinnittäminen elementteihin tapahtuu lukitsemalla nostimet elementtien urosponteihin (kuva 11). Jos elementit asennetaan pystyyn tai niissä ei ole urosponattia, on Rautaruukki Oyj:ltä ja Paroc Oy Ab:lta saatavana nostimet, jotka kiinnitetään elementin yläpään puristusliitoksella (kuva 12). Nostinten mukana tulee yleensä varmistava turvaliina, joka kiinnitetään elementin ympärille ennen nostoa ja otetaan pois juuri ennen elementin laskemista asennuspaikalleen.



Kuva 11. Vaaka-asennuksessa käytettävä LiftAid HF 8-20 nostin [23].



Kuva 12. Puristusliitoksella kiinnitettävä LiftAid VH 5-15 nostin [23].

Seinäelementtien nostamiseen on saatavilla myös alipainenostimia, joita voidaan käyttää sekä pysty- että vaaka-asennuksessa (kuva 13). Alipainenostimen imukupit asetetaan elementin pintaa vasten ja niiden sisältä imetään ilma pois, jolloin imukupit tarttuvat lujasti kiinni elementin pintaan alipaineen voimasta.



Kuva 13. Clad Boy-alipainenostin [23].

Nostimia käytettäessä tulee aina ennen nostotyötä perehtyä niiden mukana tuleviin käyttö- ja turvallisuusohjeisiin huolella sekä tehtävä mahdolliset tarvittavat käyttöönotto tarkistukset. On hyvä tarkistaa etukäteen tarvitaanko elementtien

nostamiseen mahdollisesti useampi nostolaite. Nostolaitteille on asetettu rajoituksia elementtien maksimipituuksien ja painojen suhteen. Jos elementti on liian pitkä tietylle nostolaitteelle, on vaarana että nostettaessa elementti nousee epätasapainossa ja irtoaa nostolaitteesta. Nostettaessa elementtiä kollista on varotettava naarmuttamasta alemman elementin pintaa. Nostoliikkeet on tehtävä rauhallisesti välttämällä äkkiliikkeitä ja nostoalue on pidettävä tyhjänä. Kovalla tuulella on vältettävä elementtien nostamista.

4.5 Ulkoseinäelementtien vaaka-asennus

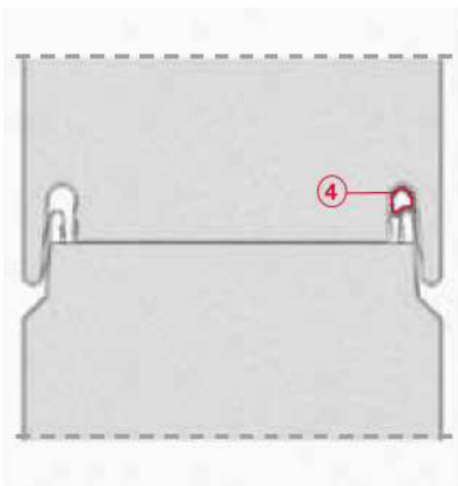
Ennen ulkoseinäelementtien asennusta on perehdyttävä huolellisesti asennuskaavioihin ja rakennepiirustuksiin. Piirustusten mittojen paikkansapitävyys ja asennuspintojen kuten perustusten ja rungon suoruus on tarkistettava työmaalla. Elementtitilauksen mukana tulleiden tarvikkeiden kuten elementtikiinnikkeiden, listojen ja tiivisteiden sopivuus ja määrät on tarkistettava.

Ulkoseinäelementtien vaaka-asennus aloitetaan alhaalta ylöspäin ja siten että elementtien urosponniti on ylöspäin. Jos mahdollista, elementit kannattaa asentaa sivukerrallaan ja aloittaen rakennuksen sopivasta nurkasta asennuskaavioita noudattaen. Elementtien asennus aloitetaan asentamalla sokkelin päälle sokkelitiiviste, jonka avulla elementtiseinän ja perustusten liittymä tiivistetään höyrytiiviksi sekä sokkelikisko, joka toimii elementtiseinän ohjurina (kuva 14). Lisäksi viimeistelevissä töissä elementtien ja sokkelin välinen sisäsauma tiivistetään tiivistemassalla tai polyuretaanivaahdolla varmistaen liittymän höyrytiivyyden. Yleensä ulkoseinäarakenteissa käytetyt sokkelikiskot ovat muodoltaan joko U- tai L-profiilisia. Sokkelikiskot kiinnitetään, joko lyötävillä betonikiinnikkeillä tai ruuveilla riippuen perustusten kiinnityspinnasta. Sokkelikiskoja asennettaessa on huolehdittava, että ne tulevat suoraan ja oikealle etäisyydelle rungosta [19, s.5].



Kuva 14. U-profiilinen sokkelikisko ja sokkelitiiviste [24, s. 9]

Ennen varsinaista elementtien asennusta pitää rungon ja elementtien väliin tulevat tiivistenaukat tai -massat sekä sokkelikiskoja ja elementtien väliin tulevat eristevillakaistat asentaa. Tiivistenaukojen asennuksessa on huolehdittava, että ne tulevat varmasti elementtien kiinnityslinjojen sisäpuolelle varmistaen rungon ja elementtien välisen liitoksen höyrytiivyyden [19, s. 5]. Elementtien asennuksen yhteydessä on varmistettava, että tehtaalla asennetut ponttitiivisteet ovat kunnollisesti paikoillaan ja että ne varmasti tulevat seinän lämpimälle puolelle sisäpintaan (kuva 15) [22, s. 4].



Kuva 15. Tehtaalla asennettu sisäponttitiiviste [22, s. 4].

Kiinnitettäessä elementtejä on huolehdittava, että kiinnikkeiden minimireunaetäisyydet täyttyvät ja ettei kiinnikkeitä ylikiristetä. Kiinnikkeiden ylikiristäminen aiheuttaa elementin pinnan lommoutumista ja se myös heikentää kiinnityk-

sen kuormituskestävyyttä [19, s. 6]. Ylikiristäminen voidaan parhaiten estää käyttämällä ruuvinväännintä tai porakonetta, jossa on syvyysrajoitin.

Asennettaessa ensimmäistä elementtiä on varmistettava sen vaakasuoruus, jotta elementit lähtevät etenemään suorassa. Asennustyön edetessä on hyvä jatkuvasti tarkkailla, että elementtien etenemä pysyy hallinnassa [24, s. 10]. Asennettaessa elementtejä päällekkäin on huolehdittava, että elementtien välinen vaakasauma ei jää liian suureksi [24, s. 10]. Ponttien on yhdistyttävä tiiviisti edellisen elementin ponttien kanssa. Kun kaikki pilarivälin elementit on saatu paikoilleen, asennetaan elementtien päätyihin eristevillakaistat, jotta seuraavaa pilariväliä asennettaessa ne ovat valmiina ja elementtien pystysaumot saadaan hyvin tilkittyä. Myös asennettujen elementtien suojaus sateelta on muistettava aina töiden keskeytyessä.

4.6 Viimeistelevät työt

Elementtien asennustyö viimeistellään tiivistämällä kaikki elementtiseiniä saumakohdat, rakennuksen nurkat sekä läpiviennit. Vaaka-asennuksessa elementtien väliset pystysaumot ja nurkat tiivistetään ulkopuolelta ennen listoittamista asentamalla tiivistenaumat ja butyyliisaumanauhat. Näin varmistetaan saumojen tiiveys. Pystysaumalistojen ja nurkkalistojen asennus viimeistelee rakennuksen ulkopinnat, joten listoitustyöt on tehtävä huolellisesti siistin lopputuloksen takaamiseksi. Elementit ovat molemmin puolin päällystetty tehtaalta tullessaan suojakalvolla, jonka tehtävänä on suojata elementin pintaa naarmuuntumiselta ja likaantumiselta kuljetuksen ja asennuksen aikana. Suojakalvot tulee poistaa elementtien pinnoilta heti asennuksen jälkeen, jos niiden poistaminen viivästyy voi pitkäaikainen auringon paisteelle altistuminen vaikeuttaa niiden poistamista huomattavasti.

4.7 Työturvallisuus

Asennettaessa elementtejä on aina noudatettava voimassa olevia työturvallisuusmääräyksiä [19, s. 4]. Työmaalla työskennellessä on aina käytettävä kypärää. Elementtejä käsiteltäessä on käytettävä suojahansikkaita ja suojavaatetusta, sillä elementtien päädyt ja nurkat ovat teräviä [22, s. 2]. Myös suojalasien ja hengityssuojaimien käyttö on suositeltavaa elementtejä työstäessä, työstössä syntyvien metallilastujen ja villapölyn takia. Joidenkin työstämisessä mahdollisesti käytettävien työkalujen käyttäminen kuten esimerkiksi pyörösahalla leikkaaminen, voi aiheuttaa kuulolle haitallista melua, jolloin on huolehdittava kuulosuojainten käytöstä. On myös muistettava, että elementtikolleissa olevat nostoliinat ovat kertakäyttöisiä, joten kolleja saa nostaa niistä vain kerran purettaessa niitä rekasta. Nostotyössä on joka noston yhteydessä muistettava tarkistaa nostoliinosten kestävyys ja nostolaitteiden kiinnipysyvyys sekä huolehdittava ettei nostettavien elementtien alla ole ihmisiä. Jos nostolaitteen mukana tulee turvaliina, on sitä käytettävä aina jokaisen noston yhteydessä. Asennettaessa korkealla on huolehdittava putoamissuojauksesta. Jos asennus tapahtuu henkilönostimen korista, on käytettävä henkilökohtaista putoamissuojainta tai jos käytetään telineitä, tulee telineissä käyttää kaiteita putoamiskorkeuden ollessa 2 metriä tai enemmän [25, s. 17].

5 Pelti-eriste-peltiulkoseinäelementtien soveltaminen asuinpientalorakentamiseen

5.1 Lähtökohdat suunnittelulle

Lähtökohtaisesti ajateltuna pelti-eriste-peltiulkoseinäelementit soveltuvat parhaiten rakennuksiin, joissa on paljon suoraa seinäpinta-alaa ja aukkojen osuus seinäpinta-alasta on vähäinen. Lisäksi elementtien valmiiden ulko- ja sisäpintojen hyödyntäminen onnistuu usein hallimaisissa rakennuksissa. Pelti-eriste-peltielementtien soveltamisesta asuinpientalojen seinärakenteisiin ei löydy min-

käänlaisia valmiita rakennusratkaisuja elementtivalmistajilta. Syy miksi elementtivalmistajien ei ole kannattanut panostaa tuotteidensa soveltamiseen asuinpientaloihin sopiviksi on niiden soveltuminen ensisijaisesti isojen hallimaisten rakennusten seiniin, joissa pelti-eriste-peltielementtien menekki on suurta toisin kuin pientalojen seinissä. Lisäksi asuinpientalon rakenteet eroavat lähtökohtaisesti hyvin paljon pelti-eriste-peltielementtihallien rakenteista ja ovat normaalisti monimutkaisempia, joten kustannuksiltaan kilpailukykyisen pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävän asuinpientalon seinärakenteen suunnittelu vaatisi paljon kehitystyötä.

Pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävän asuinpientalon seinärakenteen suunnittelussa keskityttiin pääasiassa seinärakenteen mallin luomiseen eli kantavan rungon, elementtien ja muiden seinän rakenneosien yhteen sijoittamiseen ja ympäröivien rakenneosien liitoksiin niin, että seinärakenne olisi toteutettavissa ja helposti vertailtavissa tavanomaisiin rakenneratkaisuihin. Koska tavoitteena oli tutkia pelti-eriste-peltielementtien soveltuvuutta ja kannattavuutta osana asuinpientalojen seinärakenteita, rajattiin rakenteiden mitoitus siihen, että seinän kantava runko mitoitettiin rakennuksen kuormille. Samalla saatiin kustannuslaskentaa varten rungon osille oikeat dimensiot. Lähtökohtana suunnittelussa pidettiin sitä, että seinärakenne olisi sekä ulkoa että sisältä normaalin asuinpientalon seinärakenteen näköinen ja että rakennuksen perustukset sekä yläpohjarakenteet voitaisiin toteuttaa tavanomaisin rakennusmenetelmin.

5.2 Ulkoseinärakenteen suunnittelu

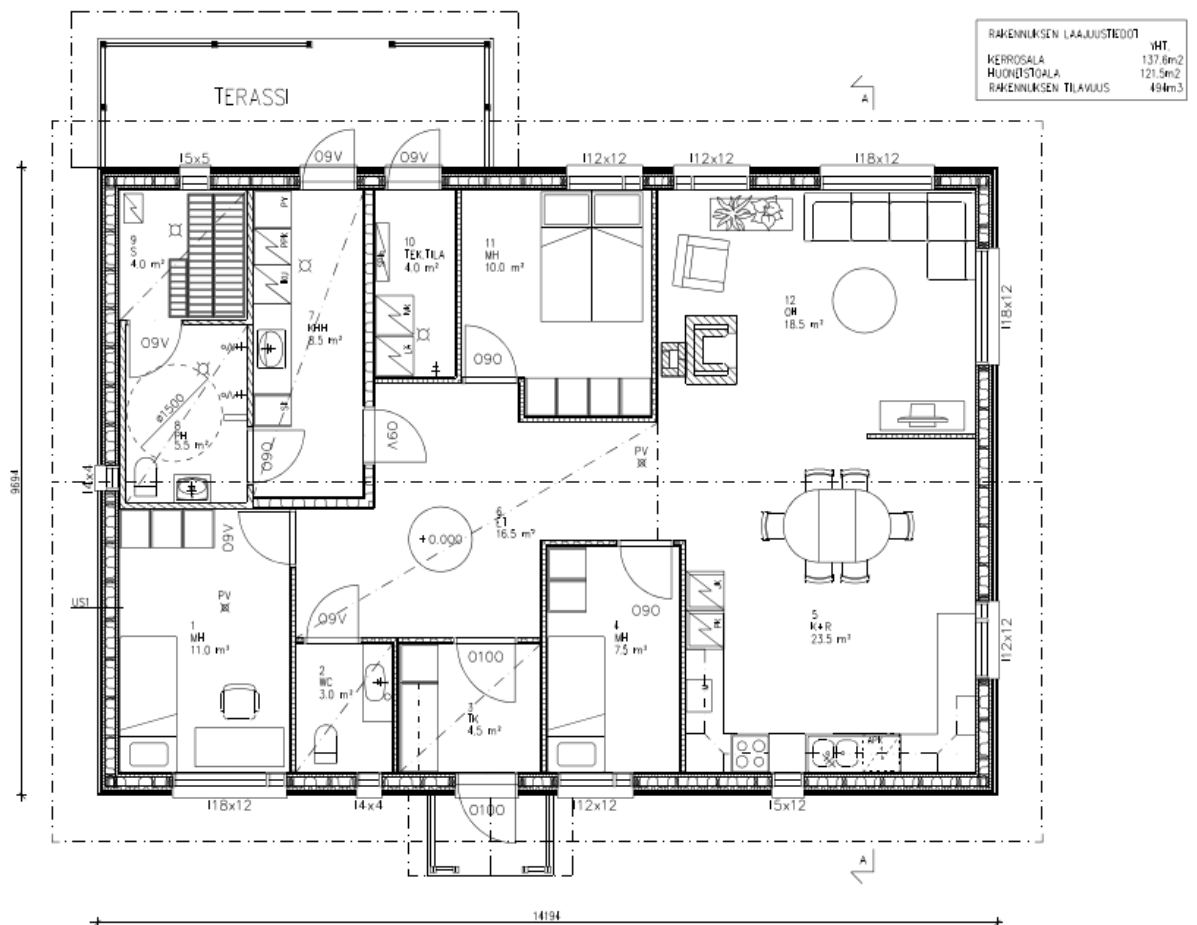
Pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävä seinärakenne US2 (kuva 16) suunniteltiin kustannuslaskelmia varten suunnitellun omakotitalon seinärakenteeksi (kuva 17). Ennen seinärakenteen suunnittelua piirrettiin tarvittavat piirustukset vertailukohtana käytettävästä tavanomaisesta nykyajan vaatimukset täyttävästä omakotitalon ulkoseinärakennetyypistä US1 (kuva 18) sekä vertailupohjana toimivasta omakotitalosta (liite 1).

Suunnittelun alkuvaiheessa perehdyttiin pelti-eriste-peltielementtivalmistajien rakennusratkaisuihin, suunnittelu- ja asennusohjeisiin ja detaljeihin, jotta saatai-

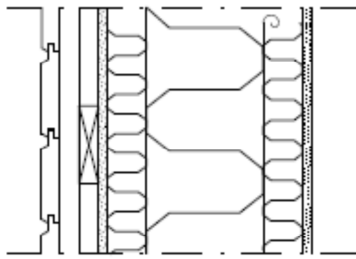
siin oikea käsitys elementtien kiinnityksistä, elementtiseinien tiivistämisestä ja liitoksista ympäröiviin rakenteisiin. Seinärakenteessa onkin pyritty soveltamaan ja hyödyntämään pelti-eriste-peltielementtivalmistajien käyttämiä ratkaisuja elementtien kiinnityksen, tiivistämisen ja liittymädetaljiikan saralla. Piirustukset pelti-eriste-peltielementeillä toteutetusta omakotitalosta on esitetty liitteessä 2.



Kuva 16. Vertailtavan ulkoseinän rakennetyyppi.



Kuva 17. Vertailupohjana käytettävän omakotitalon pohjakuva.



US1

Ulkoverhouspaneli UTV 23x120

Ilmarako 50mm, ristiin koolaus 25x100

Tuulensuojalevy 12mm

Vaakakoolaus 48x48 k600

+mineraalivilla

Runko 48x148 k600

+mineraalivilla

Höyrinsulku

Vaakakoolaus 48x48 k600

+mineraalivilla

Kipsilevy 13mm

Rakenteen kokonaispaksuus 341mm

U-arvo: 0.169 W/(m²K)

Kuva 18. Vertailukohtana käytettävän ulkoseinän rakennetyyppi.

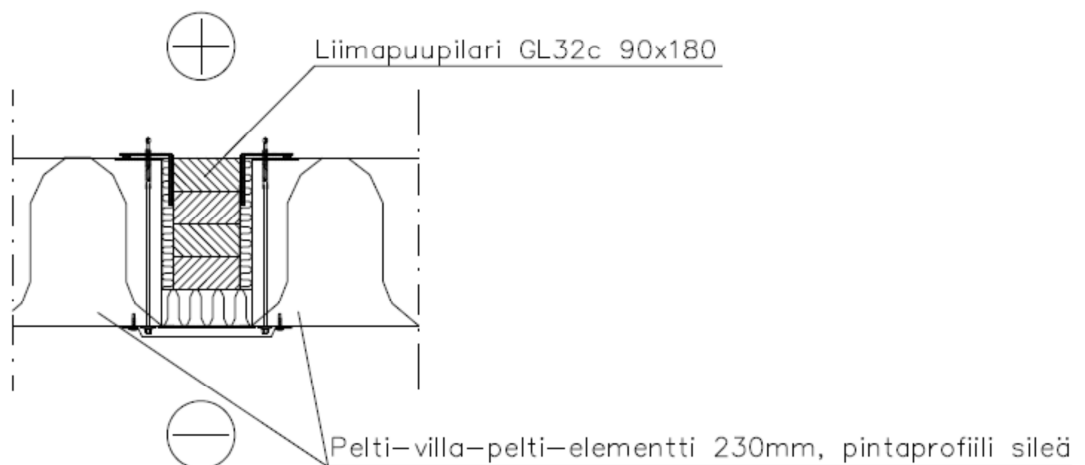
5.2.1 Kantava runko

Seinärakenteen suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa elementit asennetaan vaakaan ja sijoitetaan kantavan rungon väliin niin että elementit ja kantava runko mahtuvat samojen perustusten päälle. Kuvassa 19 on esitetty vaakaleikkaus, jossa havainnollistetaan elementtien ja rungon liimapuupilarien yhteen sijoittuminen. Tämä ratkaisu mahdollisti sen, etteivät runkopilarit jääneet näkyviin talon sisäpuolelle eikä niille tarvinnut suunnitella omia perustuksia eri linjaan. Pilarit liitetään alapäästään perustuksiin pilarikenkien välityksellä, jotka kiinnitetään perustusten materiaaliin soveltuvilla kiinnitysruuveilla tai pilarikengät voidaan valaa kiinni perustuksiin esimerkiksi pilariharkkoja käytettäessä. Pilarien kiinnitystä suunniteltaessa on muistettava huomioida pilarien sisälinjassa kulkevien L-profiili kiskojen tarvitsema tilavaraus.

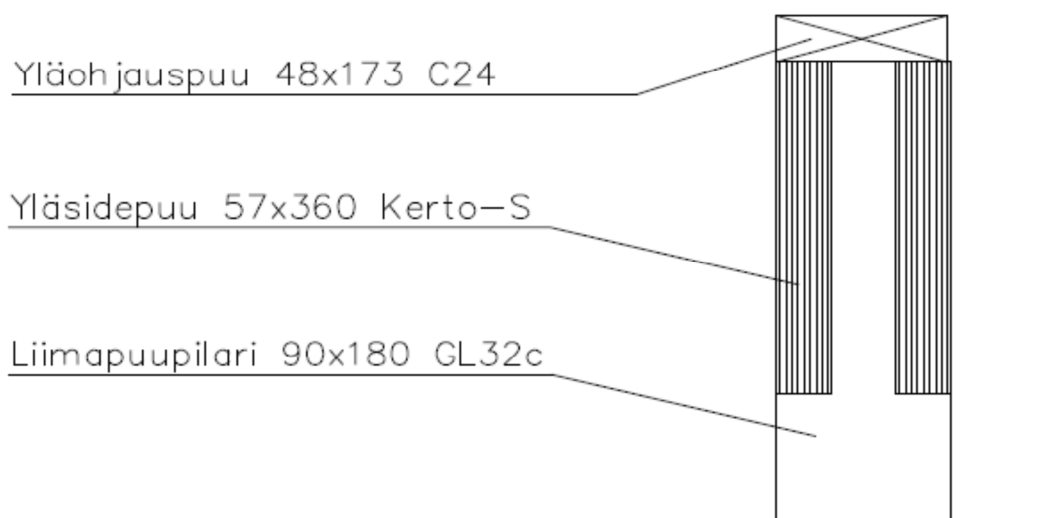
Rungon pystypilarien maksimijaoksi määritettiin omakotitalon pitkillä sivuilla 3 m:ä. Pilarijaon määrittäminen on elementtien käytön kannattavuuden kannalta yksi tärkeimmistä vaiheista, sillä mitä tiheämpi on pilarijako sen kannattamattomampaa ja työläämpää on elementtiseinän rakentaminen tällä menetelmällä.

Toisaalta pilarijako ei voi olla montaa metriä pilareilta perusmuurille tulevan paikallisen puristuskuormituksen takia. Tällä tavalla toteutettaessa on tärkeää huomioida suunnittelu vaiheessa, että perustukset kestävät pilareita pitkin tulevan paikallisen puristuskuormituksen. Tarpeen vaatiessa on perusmuuriin tehtävä pilareiden kohdille vahvistuksia, pilareiden poikkipinta-alaa suurennettava tai pilareilta tulevaa kuormitusta on pienennettävä pienentämällä pilarijakoa riittävästi, niin ettei puristusjännitys ylitä perusmuurin puristuskestävyyttä.

Kantavan rungon pilarit, yläside- ja yläohjauspuut mitoitettiin rakennuksen kuormille (Liite 3) itse tehdyn Excel-laskenta pohjan ja Finnwood 2.3 SR1 laskenta ohjelman avulla. Koska rungon jännevälit olivat suuret, otin normaalin sahatavaran sijasta tarkasteluun liima- ja kertopuut. Mitoituksessa yläsidepuun dimensioksi pitkillä sivuilla saatiin 2 kpl 57x360 Kerto-S kertopuupalkkeja ja päädyissä 1kpl 57x360 Kerto-S kertopuupalkkia. Yläohjauspuuksi valikoitui 48x173 C24 lujuusluokan sahatavara ja runkopilareiksi liimapuu 90x180 GL32c. Kuvassa 20 on esitetty pitkän sivun liimapuupilarin, yläsidepuiden ja yläohjauspuun liittyminen toisiinsa.



Kuva 19. Vaakaleikkaus elementtien ja pystyrungon liittyminen



Kuva 20. Pilarin, yläsidepuiden ja yläohjauspuun liittyminen toisiinsa.

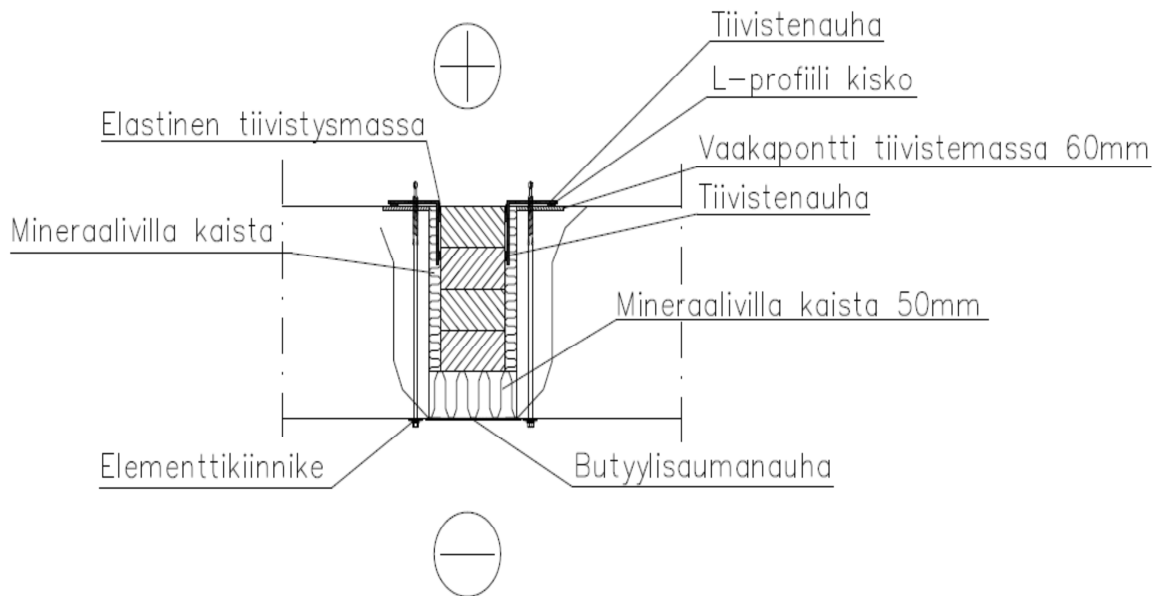
5.2.2 Elementtityypin valinta

Seinissä käytettäväksi elementtityypiksi valittiin mineraalivillaeristeinen 230 mm:ä paksu ulkoseinäelementti. Valintaan vaikuttivat mineraalivillaeristeisen elementin muita elementtejä paremmat ääneneristys- ja palo-ominaisuudet sekä se, että kyseisen elementtityypin lämmönläpäisykerroin on lämpimän tilan ulkoseinä rakenteelta vaadittava arvo $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Pintaprofiiliksi valittiin sileät pinnat turhien seinän tiiveyttä haittaavien pintojen epätasaisuuksien välttämiseksi. Koska elementit eivät jää seinärakenteessa näkyviin, voidaan myös kakkoslaadun elementtejä käyttää rakenteessa. Kakkoslaaduna myytävät elementit ovat usein värihallisia eli yhdessä erässä tilattavien elementtien värisävyt voivat vaihdella keskenään, mutta ominaisuuksiltaan ne voivat olla ykköslaatuisten veroisia ja hinnaltaan huomattavasti edullisempia.

5.2.3 Elementtien ja rungon liitos

Elementit kiinnitetään pilarien kylkeen kiinnitettyihin teräksisiin L-profiili kiskoihin läpi porattavilla elementtikiinnikkeillä (kuva 21). Pilarin ja kiskojen sekä kiskojen

ja elementtien väliset saumat tiivistetään höyrytiiviksi tiivistenauhojen ja elastisen tiivistysmassan sekä elementtien vaakasaumoihin asennettavan tiivistemassan avulla. Elementtien päädyt ja pilarien ulkosivut tilkitään mineraalivilla kaistoilla ja liitoksen tiiveys varmistetaan elementtien ulkopintaan asennettavalla butyyliisaumanauhalla.

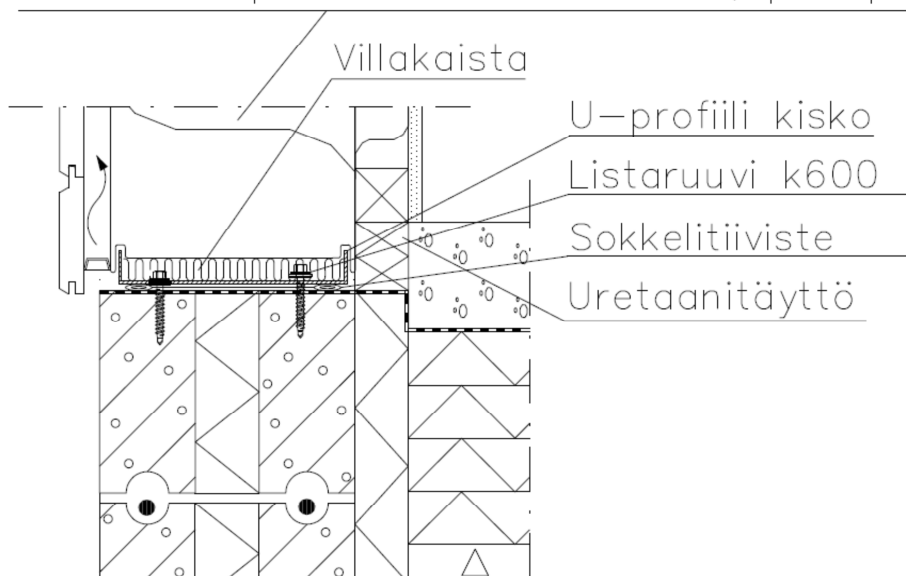


Kuva 21. Elementtien ja pilarin pystysauman toteutus

5.2.4 Liittyminen perustuksiin ja yläpohjaan

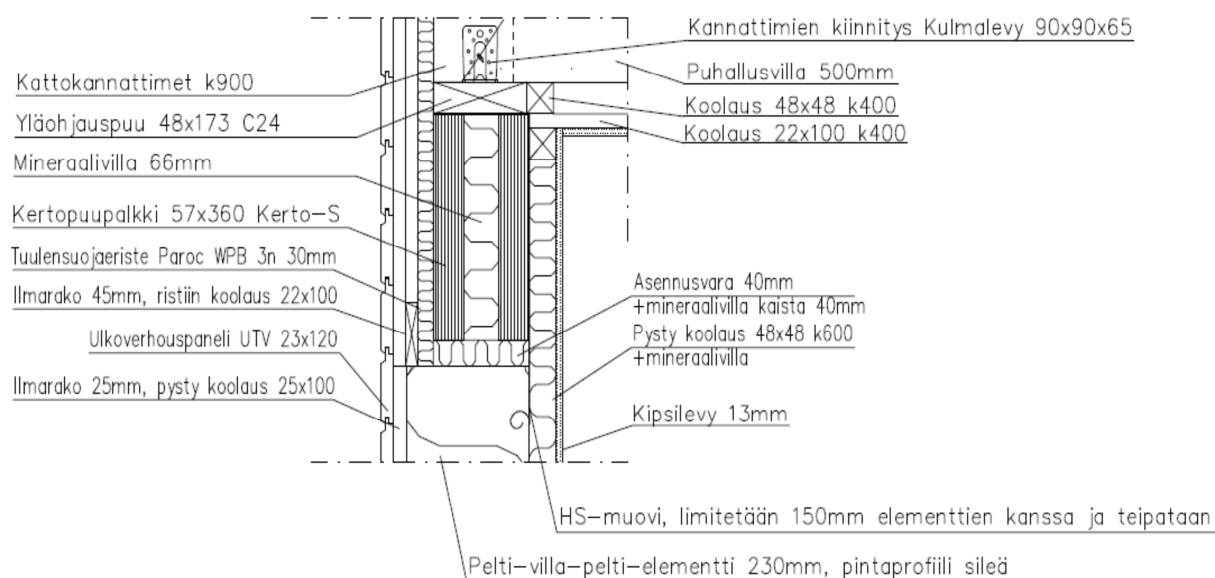
Elementtien liittymisessä perustuksiin käytetään hallirakentamisesta tuttua menetelmää. Elementit asennetaan sokkeliin kiinnitetyn sokkelikiskon päälle ja liitoksen tiiveys varmistetaan sokkelitiivisteiden ja sisäsaumaan tulevan uretaanivaahdotäytön avulla (kuva 22).

Pelti-villa-pelti-elementti 230mm, pintaprofiili sileä



Kuva 22. Seinärakenteen liittyminen perustuksiin

Yläpohjan ja seinän liitos tiivistetään limittämällä ja teippaamalla yläpohjan höyrinsulkumuovi 150 millimetrin matkalta elementtien sisäpintaan. Elementtien ja yläsidepuiden väliin jätetään 40 mm:n asennusvara, joka tilkitään mineraalivillalla asennuksen yhteydessä. Kuvassa 23 on esitetty seinän ja yläpohjan liitos.



Kuva 23. Seinän ja yläpohjan liitos

6 Kustannus- ja rakennusaikavertailu

6.1 Kustannusvertailun tavoitteet ja vertailukohtat

Kustannusvertailun tavoitteena oli selvittää pystytäänkö pelti-eristepeltielementtejä käyttämällä rakentamaan kustannuksiltaan kilpailukykyiset asuinpientalon ulkoseinät sekä tarkastella miten rakennusten seinäneliöiden määrä sekä asuinpientalon rakenneratkaisut vaikuttaa pelti-eristepeltielementtien käytön kannattavuuteen. Kustannusvertailu tehtiin pelti-eristepeltiseinäratkaisujen ja tavanomaisten rakennusmenetelmien välillä sekä asuinpientalo- että hallimittakaavassa. Kaikki vertailuissa käytettävät seinärakenteet mitoitettiin rakennusten kuormille itse tehdyn Excel-laskenta pohjan ja Finnwood 2.3 SR1 laskenta ohjelman avulla. Täten varmistettiin että seinärakenteissa käytettävien rungonosien dimensiot ovat oikeita ja täten myös kustannusarviot paremmin paikkansa pitäviä. Seinärakenteiden mitoituslaskelmat löytyvät liitteistä 3-6.

6.2 Kustannusvertailu tavanomaisiin rakennusmenetelmiin pientalorakentamisessa

Omakotitalon seinärakennusvertailussa kustannusvertailu tapahtui pelti-eristepeltiseinärakenteen, paikalla rakennettavan rankarunkoisen seinän ja suurelementteinä toteutettavan seinän välillä. Vertailukohtana käytettävästä seinärakenteesta (US1) laskettiin kustannukset sekä pitkästä tavarasta paikalla rakennettaessa että suurelementteinä toteutettuna. Suurelementeistä kysyttiin tarjoukset piirustusten pohjalta yhdeltä elementtivalmistajalta ja paikalla rakennettavan materiaalikustannukset laskettiin itse hakemalla rakennusmateriaalien yksikköhinnat internetistä verkkorautakauppojen sivuilta. Materiaali- ja työkustannusten laskennassa käytettiin itse luotuja Excel-laskentapohjia. Rakennustieto Oy:n Rakennustöiden menekit 2010 kirjasta saatiin materiaalihukat ja työmenekit eri rakennustöille.

6.2.1 Vertailupohjana käytettävän asuinpientalon kuvaus

Asuinpientalon seinärakenteiden kustannusvertailujen pohjaksi suunniteltiin yksikerroksinen kerrosalaltaan 138 m² asuinpientalo (kuva 24). Talo on tyypiltään perinteinen harjakattoinen ja maanvaraisella laattalla oleva omakotitalo, jossa seinäpinta-alaa on ikkuna- ja oviaukot sekä päätykolmiot pois lukien 142 m².



Kuva 24. Vertailupohjana käytettävän asuinpientalon julkisivupiirustus

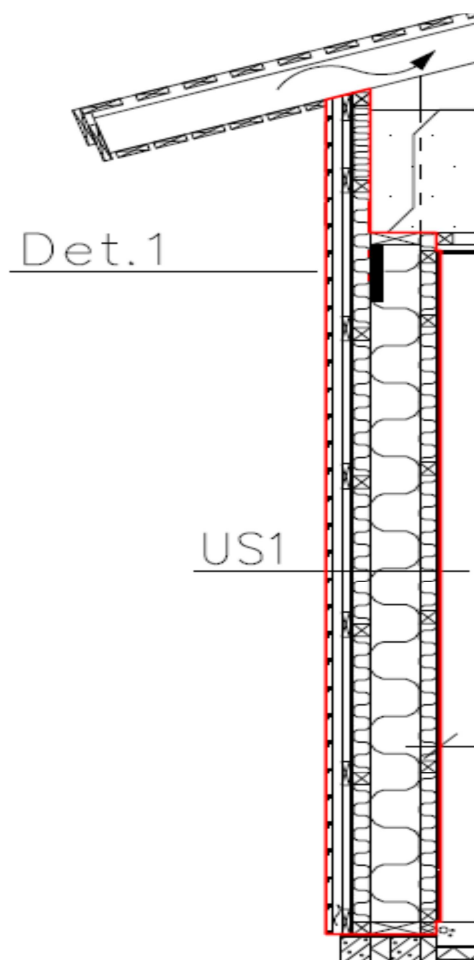
6.2.2 Seinärakenteiden materiaalien määrä- ja kustannuslaskenta

Ennen materiaalikustannuksien laskennan aloittamista piirrettiin laskennassa tarvittavat piirustukset omakotitalosta sekä rankarunkoisena että pelti-eristepeltiseinärakenteisena (Liitteet 1 ja 2). Piirustusten pohjalta suoritettiin seinämateriaalien määrälaskenta, jonka jälkeen haettiin materiaalien yksikköhinnat Taloon.com ja Starkki.fi verkkokauppojen sivuilta. Määrälaskennassa ulkoseinien alueet rajattiin korkeussuunnassa ulkopuolelta talon sokkelin yläpinnasta sivuräystäiden ja seinien ulkopinnan liittymään ja sisäpuolelta lattialaatan yläpinnasta sisäkaton alapintaan (kuva 25). Laskennassa saadut materiaalmäärät kerrottiin rakennustöiden Talo 90-nimikkeistön mukaisilla materiaalihukkaprosenteilla

ja lopulliset materiaalikustannukset laskettiin sekä ALV:n kanssa että ilman. Materiaalien kustannuslaskelmista rajattiin pois kiinnikkeet sekä rahtikustannukset.

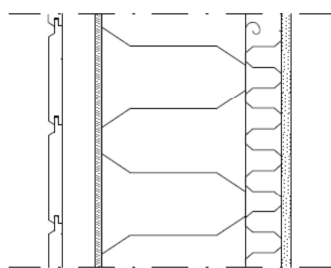
Taulukko 6. Esimerkki materiaalikustannusten Excel-laskentapohjasta

Paikallarakennettava rankarunko okt. Rakenneosa:	kpl	jm	m ²	hukka-%		Talo 90 hukka-%	Kokonaismenekki	(ALV 24%)		€ (ALV 0%)	€ (ALV 24%)	
								€/jm	€/kpl			
Runkotolpat/aukkojen kierrot 48x148 C24		329		10	5...15		361,8 jm	2,40		700,28	868,35	
Ala- ja Yläjuoksut 48x148 C24		93		10	5...15		102,3 jm	2,40		198,00	245,52	
Yläsidepuu 39x225 Kerto-S		16		10	5...15		17,3 jm	9,48		132,34	164,11	
Yläsidepuu 48x198 C24		19		10	5...15		20,9 jm	3,75		63,21	78,38	
Aukon ylityspalkki 45x225 Kerto-S		27		10	5...15		29,7 jm	10,94		262,03	324,92	
Kipsilevy GEK 13mm 1200x3000	32		103	10	8...15		113,3 m ²		17,82	459,87	570,24	
Vaakakoolaus 48x48		701		10	5...10		771,1 jm	0,88		547,23	678,57	
Mineraalivilla 50mm 6,61m ² /pak	42		261	5	2...7		274,1 m ²		29,90	1012,74	1255,8	
Höyrynsulkumuovi 110m ² /rll	2		151	10	-		166,1 m ²		79,80	128,71	159,6	
Mineraalivilla 150mm 3,31m ² /pak	33		104	5	2...7		109,2 m ²		35,20	936,77	1161,6	
Tuulensuojalevy 12mm 3,24m ² /levy	48		141	10	7...13		155,1 m ²		11,50	445,16	552,00	
Ristiinkoolaus 25x100		577		10	5...10		634,7 jm	0,70		358,30	444,29	
Ulkoverhouspaneli UTV 23x120		1273		10	5...15		1400,3 jm	1,39		1569,69	1946,42	
										Yhteensä	6814,3	8449,8



Kuva 25. Seinäalueiden rajaaminen määrälaskennassa

Suurelementtitoimittajalta saadussa tarjouksessa seinärakennetta oli muutettu korvaamalla 48x148 pystyrunko ja ulkopuolinen 48x48 vaakakoolaus 48x198 pystyrunkoon sekä 12 mm puukuitu tuulensuojalevy oli korvattu 9 mm tuulensuojakipsilevyllä, joten todellisuudessa omakotitalon seinärakenteiden kustannusvertailussa vertailtavana oli kolme eri seinärakennetta ja rakennustapaa. Kuvassa 26 on esitetty suurelementtien seinärakenne (US5).



US5

Ulkoverhouspaneli UTV 23x145

Ilmarako 48mm, pystykoolaus 48x48

Tuulensuojakipsilevy 9mm

Runko 48x198 k600

+mineraalivilla

Höyrynsulku

Vaakakoolaus 48x48 k600

+mineraalivilla

Kipsilevy 13mm

Rakenteen kokonaispaksuus 339mm

Kuva 26. Suurelementtien seinärakenne

Pelti-eriste-peltiseinärakenteen elementeille kysyttiin neliöhinta 2-laatusena, joka sisälsi myös asennuksessa tarvittavat tarvikkeet. Paikalla rakennettavan ja pelti-eriste-peltirakenteisen seinän materiaalien määrät, yksikköhinnat ja kustannukset on esitetty tarkemmin liitteessä 7.

6.2.3 Omakotitalon seinärakenteiden työkustannusten laskenta

Myös työkustannusten laskennassa käytettiin laskentapohjana itse luotua Excel-taulukkoa (liitteet 8- 10). Tietopohja eri työvaiheiden menekeille saatiin Rakennustöiden menekit 2010 kirjasta. Työmenekkien laskennassa käytettiin pääsääntöisesti kahden miehen työryhmää, joiden keskituntiansio oli 15,5 €/tth. Pelti-eriste-peltielementtiseinärakenteen töiden ja suurelementtien asennuksen kustannuksien laskennassa käytettiin kolmen miehen työryhmää, joiden keskituntiansio oli 16,17 €/tth. Työntekijöistä työnantajalle aiheutuvat sosiaalikulut laskettiin käyttämällä sotu-kerrointa 1,73.

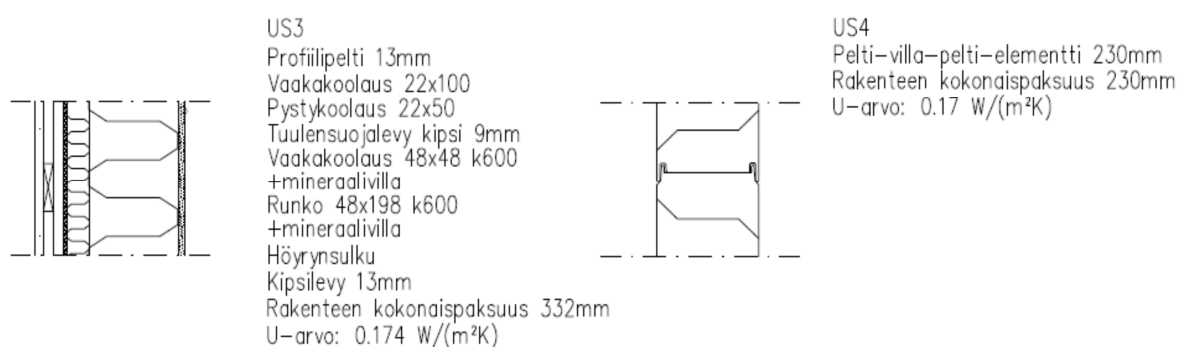
Suurelementti tarjoukseen kuului elementtien sisäpinnan kipsilevyn sekä 50 mm eristeen toimitus irrallisina, joten työkustannukset laskettiin elementtiasennuksen lisäksi myös levytyöstä ja eristystyöstä. Lisäksi ulkoverhouksen ja koolauksen työkustannukset laskettiin sivuräystäiden ja ulkoseinän ulkopinnan liittymään asti, jotta kaikkien vertailtavien seinärakenteiden rajaukset pystysuunnassa olisivat yhtäläiset.

Taulukko 7. Esimerkki Työkustannusten Excel-laskentapohjasta

Puurunkotyöt			
Työnosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Runko k600 lisäkoolauksella		0,45	114,2
Lisäkoolaus		0,17	139,9
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		0,37	139,9
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,05		
		Työmenekki T4 [tth/m ²]	
Runko k600 lisäkoolauksella		0,54	
Lisäkoolaus		0,21	
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		0,45	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Runko k600 lisäkoolauksella		62,1	tth
Lisäkoolaus		28,7	tth
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		62,5	tth
	Yhteensä	153,28	tth
Työryhmä= RAM+RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=	$(17,50+13,50)/2$	KTA=	15,5 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro=	$2x8tth/tv=$	16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Runko k600 lisäkoolauksella		3,88	tv
Lisäkoolaus		1,79	tv
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		3,91	tv
	Yhteensä	9,58	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Runko k600 lisäkoolauksella		961,8	€
Lisäkoolaus		445,1	€
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		968,8	€
	Yhteensä	2375,8	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		4110,1	€

6.3 Hallin seinärakenteiden kustannusvertailu

Hallin seinärakenteiden kustannusvertailussa verrattiin pelti-eriste-peltielementeillä toteutettua seinärakennetta paikalla rakennettavaan rankarunkoiseen seinärakenteeseen. Tämän vertailun tavoitteena oli selvittää mitenkä tyypillinen hallin pelti-eriste-peltiseinärakenne pärjää vertailussa muiden rakennusratkaisujen kanssa. Laskennan tuloksia tultiin vertaamaan asuinpienitalon pelti-eriste-peltiseinärakenteen vertailutuloksien kanssa. Hallin seinärakenne vertailussa käytettävät seinien rakennetyypit on esitetty kuvassa 27.

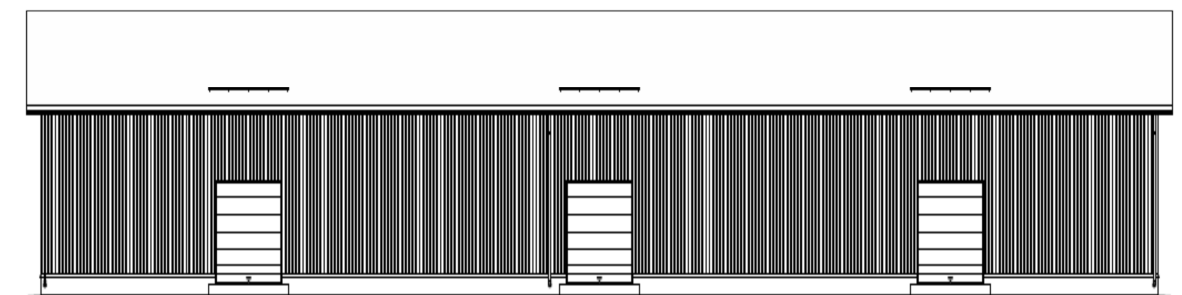


Kuva 27. Hallin seinärakenne vertailussa käytettävät seinärakennetyypit

6.3.1 Vertailupohjana käytettävän hallin kuvaus

Vertailupohjaksi suunniteltu halli on kerrosalaltaan 1047,5 m² ja siinä on seinäpinta-alaa ikkuna- ja oviaukot sekä päätykolmiot pois lukien 628 m² eli yli nelinkertainen määrä omakotitaloon verrattuna (kuva 28). Hallin kustannusvertailua varten tehdyt piirustukset rankarunkoisena löytyvät liitteestä 11 ja pelti-eriste-peltirakenteisena piirustukset löytyvät liitteestä 12.

JULKISIVU EDESTÄ



Kuva 28. Vertailupohjana käytettävän hallin julkisivupiirustus

6.3.2 Hallin seinärakenteiden materiaalien määrä- ja kustannuslaskenta

Materiaalien määrä- ja kustannuslaskenta toteutettiin samoin menetelmin kuin omakotitalon seinärakenteiden materiaalien laskennassa. Hallissa käytettävien pelti-eriste-peltielementtien neliöhintana käytettiin ykköslaatu luokan hintaa, joka sisälsi myös elementtien asennuksessa tarvittavat tarvikkeet kuten kiinnikkeet, tiivisteet ja listat. Liitteestä 7 löytyy materiaalien määrä- ja kustannuslaskelmat, joissa käydään yksityiskohtaisesti läpi seinärakenteiden eri materiaalien määrät, käytetyt yksikköhinnat ja kustannukset.

6.3.3 Hallin seinärakenteiden työkustannusten laskenta

Molempien seinärakenteiden työkustannuksien laskennassa käytettiin kolmen miehen työryhmää, joiden keskituntiansio oli 16,17 €/tth ja sotu-kertoimena käytettiin 1,73. Hallin seinärakenteiden työkustannusten laskelmat löytyvät liitteistä 13–14.

6.4 Aputyövälineiden vuokrakustannukset

Kustannusvertailussa huomioitiin myös seinärakenteiden työvaiheissa tarvittavat normaalisti vuokrattavat aputyövälineet, kuten rakennustelineet, nosturit ja henkilönostimet. Koska eri seinärakenteilla työmenetelmät ovat hyvin erilaisia, mietittiin jokaisen vertailtavan seinärakenteen kohdalla tarkasti mitä vuokrattavia apuvälineitä tarvitaan töiden suorittamiseksi. Kun työmenekki laskelmat olivat valmiit, voitiin arvioida kuinka kauan mitäkin vuokrattavaa aputyövälinettä tarvitaan työmaalla. Aputyövälineiden vuokrahintatiedot otettiin Ramirentin vuokrahinnastosta sekä Skanska rakennuskone Oy:n nettisivuilta. Liitteestä 15 löytyy laskelmat aputyövälineiden vuokrakustannuksista.

Taulukko 8. Esimerkki aputyövälineiden vuokrakustannusten laskennasta

Telineen vuokraus laskelma Omakotitalo rankarunko		
Telineosat:	(ALV 0%) €/vrk/kpl	Menekki [kpl]
Pohjaruuvi	0,10	28
Pystysalko	0,14	28
Juoksu	0,14	40
Jokka	0,14	28
Vinotuki	0,08	8
Taso	0,24	56
Tikasnousu	0,44	4
Suojakaide	0,12	56
Kustannukset [€/vrk]		38,8
Vuokra-aika 3 vko.		
Kustannukset (ALV 0%)		814,8
Kustannukset (ALV 24%)		1010,4

7 Tulokset

7.1 Kustannusvertailun tulokset

Kustannuslaskelmista saadut tulokset laitettiin samoihin taulukoihin eri seinärakenne vaihtoehtojen kustannusten vertailemisen helpottamiseksi (Taulukot 9-

10). Taulukoissa on eriteltynä materiaali-, hankinta- ja työkustannukset ilman ALV:a sekä laskettu niistä koostuvat kokonaiskustannukset ja töiden kokonaiskesto työvuoroina. Lisäksi laskettiin taulukoissa esitettyjen eri seinärakenteen vaihtoehtojen kustannustulosten erot prosentteina, jotta erojen suuruusluokat olisivat helpommin havaittavissa.

Taulukko 9. Asuinpientalon seinärakenteiden vertailutaulukko

Omakotitalon seinärakenteiden vertailutaulukko	Paikallarakennettava rankarunko	Suurelementti menetelmä	Pelti-eriste-pelti rakenteinen
Mat. Kustannukset [€]	6815	14543	9297
Ero [%]		113,4	36,4
Työkustannukset [€]	6376	1713	6333
Ero [%]		-73,1	-0,7
Hankinta kustannukset [€]	815	519	1945
Ero [%]		-36,3	138,7
Kokonaiskustannukset [€]	14005	16775	17575
Ero [%]		19,8	25,5
Kokonaiskesto [tv]	13	3	8
Ero [%]		-76,9	-38,5

Laskelmien perusteella paikalla rakennettava seinärakenne tuli kustannuksiltaan muita vertailtavia rakenteita ja työtapoja halvemmaksi, kun tarkkaillaan pelkästään materiaali-, työ- ja hankintakustannuksista muodostuvia kokonaiskustannuksia. Toisaalta paikalla rakentaminen on ajallisesti selvästi muita hitaampaa, joten työmaatekniset kustannukset huomioimalla kokonaiskustannuksiin pienenee paikalla rakennettavan seinärakenteen etu nopeammin valmistuviin rakennustapoihin verrattuna.

Pelti-eriste-peltiseinärakenne tuli kokonaiskustannuksiltaan kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Paikalla rakennettavaan verrattuna sen materiaali- ja hankintakustannukset olivat selvästi suurempia ja työkustannukset kutakuinkin samaa luokkaa. Työnkestoltaan pelti-eriste-peltiseinärakenne on 5 työvuoroa eli viikon nopeampi kuin paikalla rakennettava seinärakenne ja 5 työvuoroa hitaampi kuin suurelementeillä rakennettaessa.

Taulukko 10. Hallin seinärakenteiden vertailutaulukko

Hallin seinärakenteiden vertailutaulukko	Paikallarakennettava rankarunko	Pelti-eriste-pelti rakenteinen	Ero [%]
Mat. Kustannukset [€]	29291	50487	72,4
Työkustannukset [€]	23283	8927	-61,7
Hankinta kustannukset [€]	5037	5383	6,9
Kokonaiskustannukset [€]	57611	64796	12,5
Kokonaiskesto [tv]	31	12	-61,3

Myös hallin seinärakenteiden vertailussa oli paikalla rakennettava rankarunko-seinä kokonaiskustannuksiltaan edullisempi kuin pelti-eriste-peltirakenteinen seinä. Toisaalta niiden kokonaiskustannuksien ero oli vain 12,5 % ja pelti-eriste-peltielementtiseinän rakentaminen työkestoltaan lähes kuukauden nopeampi, joten työmaatekniset kustannukset huomioimalla voi pelti-eriste-peltiseinä muuttua myös kustannuksiltaan kannattavammaksi vaihtoehdoksi.

7.2 Työmaateknisten kustannusten vaikutusten arviointi

Työmaateknisten kustannusten vaikutusten laskennalla arvioitiin kuinka paljon eri rakennetyyppi vaihtoehtojen työnkesto vaikuttaa rakentamisesta syntyviin kokonaiskustannuksiin. Mitä pitempi on rakennuksen rakennusaika niin sitä enemmän tulee kokonaiskustannuksiin lisättäviä työmaateknisiä kustannuksia. Työmaateknisten kustannusten arvioimiseksi laskettiin ensiksi vertailupohjina olevien rakennusten koko rakentamishankkeen rakennustekniset kustannukset ja koko rakennushankkeen työn kesto.

Rakentamishankkeiden rakennusteknisten kustannusten ja töiden keston laskenta suoritettiin paikalla rakennettavista omakotitalosta ja hallista Rakennustieto Oy:n Klara 5 kustannuslaskentaohjelman avulla. Kokonaiskustannusten laskentatulokset on esitetty liitteissä 14- 15. Klara 5 ohjelman avulla kokonaiskustannus arvioista poimittiin sellaiset työtekniset kustannukset, jotka ovat rakennustyömaan keston sidonnaisia ja laskettiin niiden osuus kokonaiskustannuksista. Kun työmaan arvioitu kokonaiskesto tiedettiin, voitiin aika sidonnaisten

työtekniisten kustannusten määrä viikossa selvittää. Taulukoissa 11 ja 12 esitetään paikalla rakennettavien omakotitalon ja hallin aika sidonnaisten työtekniisten kustannusten arviointi laskelmat.

Taulukko 11. Paikalla rakennettavan omakotitalon työmaatekniset kustannukset

Työmaateknisten kustannusten vaikutus			
OKT paikallarakennettava rakennustekniset kustannukset		167946 €	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset:			
Työnjohto	5000 €	3,0	%
Aputyöt	3200 €	1,9	%
Työmaan kustannukset	8214 €	4,9	%
Yhteensä:	9,8 %	≈	10 %
Koko rakennushankkeen kustannuksista			
Koko hanke rakennustekniset kustannukset	167522	€	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset 10%	16752	€	
Työmaan kesto	17	vko	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset [€/vko]	985		

Taulukko 12. Paikalla rakennettavan hallin työmaatekniset kustannukset

Työmaateknisten kustannusten vaikutus			
Halli paikallarakennettava rakennustekniset kustannukset		477544 €	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset:			
Työmaan hallinto			
Työmaatekniset aputyöt ja huolto			
Vuokrattavat työkoneet, työkalut ja tarvikkeet			
Käyttöaineet ja energia			
Yhteensä:	≈	7 %	Koko rakennushankkeen kustannuksista
Koko hanke rakennustekniset kustannukset	477544	€	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset 7%	33428	€	
Työmaan kesto	35	vko	
Aika sidonnaiset työtekniiset kustannukset [€/vko]	955		

7.2.1 Työtekniisten kustannusten vaikutus asuinpientalovertailussa

Taulukko 13. Paikalla rakennettavan vertaaminen elementtimenetelmään

Omakotitalon seinärakenteiden vertailutaulukko	Paikallarakennettava rankarunko	Suurelementti menetelmä
Kustannukset [€]	14005	16775
Kokonaiskesto [tv]	13	3
Työnkesto ero [vko]		-2
Työtek. kustannus lisä [€]	1971	
Kokonaiskustannukset [€]	15976	16775
Ero [€]		799
Ero [%]		5,0

Kuten taulukosta 13 havaitaan niin työmaatekniset kustannukset huomioimalla seinärakenteiden kokonaiskustannuksiin paikalla rakennettavan- ja elementtirakenteisen seinän lopulliset kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan. Kun huomioidaan elementtirakentamisen 2 viikkoa lyhyempi työaika, niin voidaan todeta tässä kohteessa elementtirakentamisen olevan kannattava vaihtoehto.

Taulukko 14. Paikalla rakennettavan vertaaminen pelti-eriste-peltiseinään

Omakotitalon seinärakenteiden vertailutaulukko	Paikallarakennettava rankarunko	Pelti-eriste-pelti rakenteinen
Kustannukset [€]	14005	17575
Kokonaiskesto [tv]	13	8
Työnkesto ero [vko]		-1
Työtek. kustannus lisä [€]	985	
Kokonaiskustannukset [€]	14990	17575
Ero [€]		2585
Ero [%]		17,2

Työmaatekniset kustannukset huomioimalla pelti-eriste-peltiseinä on lopulta 2585 € kalliimpi ratkaisu kuin paikalla rakennettava seinärakenne. Omakotitalon seinärakenteiden kustannusvertailun lopputuloksena tässä kohteessa ja näillä rakennetyypeillä voidaan todeta, että kokonaiskustannuksiltaan sekä työn kestojen perusteella suurelementeillä toteutettu rankarunkoinen seinä näyttäisi olevan kannattavin vaihtoehto.

7.2.2 Työtekniesten kustannusten vaikutus hallin seinärakenteiden vertailussa

Taulukko 15. Työmaateknisten kustannusten vaikutus vertailutuloksiin

Hallin seinärakenteiden vertailutaulukko	Paikallarakennettava rankarunko	Pelti-eriste-pelti rakenteinen
Kustannukset [€]	57611	64796
Kokonaiskesto [tv]	31	12
Työnkesto ero [vko]		-4
Työtek. kustannus lisä [€]	3820	
Kokonaiskustannukset [€]	61431	64796
Ero [€]		3365
Ero [%]		5,5

Hallin seinärakenteiden vertailussa työmaateknisten kustannusten huomioiminen kokonaiskustannuksiin vaikutti merkittävästi lopputuloksiin. Kun paikalla rakennettavan rankarunkoseinän kokonaiskustannuksiin lisättiin 4 viikolta kertyvät työmaatekniset lisäkustannukset, oli se lopulta enää 5,5 % halvempi kuin pelti-eriste-peltirakenteinen seinä. Hallin seinärakenteiden kustannusvertailun lopputuloksena voidaankin todeta, että rakentamisajat ja lopullisten kokonaiskustannusten pieni ero huomioiden näyttäisi tässä kohteessa pelti-eriste-peltiseinärakenne olevan järkevämpi vaihtoehto.

7.3 Tulosten analysointi

Kustannusvertailujen tavoitteena oli tarkastella mitenkä asuinpientaloon suunniteltu pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävä seinärakenne pärjää vertailtaessa sitä asuinpientaloissa käytettäviin tavanomaisiin seinärakenteisiin ja rakennustekniikoihin. Halli vertailusta saatiin vertailukohta sille kuinka tavanomaiset pelti-eriste-peltiseinät pärjäävät vertailussa muiden mahdollisten rakennustapojen kanssa.

Kustannuslaskentojen tulokset osoittivat, että pelti-eriste-peltiseinäelementtien hyödyntäminen osana asuinpientalojen seinärakenteita tässä kohteessa ja tällä rakenneratkaisulla ei ole pelkästään rakentamisesta aiheutuvat kustannukset huomioimalla edullisin vaihtoehto. Suurimmat syyt miksi asuinpientalon pelti-eriste-peltiseinä rakenne ei pärjännyt kustannusvertailussa yhtä hyvin kuin hallin pelti-eriste-peltiseinä rakenne olivat seinärakenteen useasta rakennekerroksesta aiheutuvat työ- ja materiaalikustannukset sekä asuinpientalon pienestä seinäpinta-alasta ja suuresta ikkuna- ja oviaukkojen määrästä johtuvista työmenekkiä kasvattavista lisäkerrointen käytöstä laskennassa. Omakotitalon pelti-eriste-peltiseinä rakenteen monikerroksisuuden vuoksi, menetettiin osa pelti-eriste-peltielementtiseinien vahvuuksista eli nopea rakennusaika ja pienet työkustannukset.

Huomioitavaa kuitenkin on, että pelti-eriste-peltiseinä rakenne on lämmöneristävyyskyvyltään (U-arvo $0,138 \text{ W/m}^2\text{K}$) huomattavasti parempi kuin vertailukohtina käytetyt rakenteet (U-arvo $0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$), joten rakenteen käytön kannattavuuden lopullinen tutkiminen olisi vaatinut myös selvitystä lämpöhäviöiden vähenemisestä tulevista säästöistä.

8 Pohdinta

Pelti-eriste-peltielementit ovat nykyajan rakentamisessa hyvin yleisesti käytettyjä rakennustuotteita, joten pidin tärkeänä tämän opinnäytetyön kautta tapahtunutta paneutumista niiden ominaisuuksiin, asennustekniikoihin ja rakenteiden suunnitteluun. Vaikka pelti-eriste-peltielementit ovat hyvin yksinkertaisia tuotteita ja niiden asentaminen helppoa ja nopeaa, voi moni asia mennä pieleen niiden käytössä. Mielestäni tässä opinnäytetyössä onnistuttiin selostamaan kattavasti tärkeimmät pelti-eriste-peltielementtituotteisiin ja niiden käyttöön liittyvät asiaseikat sekä samalla opein itse valtavasti uutta asiaa elementtien ominaisuuksista, asentamisesta ja varsinkin elementtirakenteiden suunnittelusta.

Rakennuksille asetetut määräykset muuttuvat jatkuvasti ja tämän seurauksena uusien rakennustapojen kehittäminen on tärkeää. Pelti-eriste-peltielementtejä hyödyntävän asuinpientalon seinärakenteen suunnittelu oli opinnäytetyön haastavin osuus ja rakennetta joutuikin päivittämään useaan otteeseen työn edistyessä. Kuitenkin lopputulos on vähintäänkin ideana kelvollinen. Vaikka rakenteen toimivuuden tarkastelu rajattiin tässä opinnäytetyössä varsin suppeaksi, joutui silti rakennetta suunniteltaessa pohtimaan jatkuvasti sen rakenteellista ja rakennusfysikaalista toimivuutta sekä käytettäviä työmenetelmiä.

Työläin osuus opinnäytetyön tekemisessä oli kustannusvertailu, koska sitä varten suunniteltiin kaksi vertailupohjana olevaa rakennusta, piirrettiin tarvittavat piirustukset kummastakin rakennuksesta kahtena eri versiona ja mitoitettiin kaikki kustannusvertailussa käytettävät seinärakenteet. Kuitenkin nämä työt palvelivat omaa ammatillisen osaamisen kehittämistä, sillä rakennusten piirustusten laadinta, rakenteiden mitoittaminen ja kustannuslaskenta ovat asioita, jotka kuuluvat hyvin oleellisesti rakennusinsinöörin toimenkuvaan.

Lähteet

1. Rautaruukki Oyj. Referenssit/Liikerakentaminen. 2014. [Viitattu 23.8.2014.] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Referenssit/Liikerakentaminen/IKEA-Kuopio--Kestaa-aikaa-ja-saastaa-energiaa>
2. Paroc Group Oy. Ratkaisut & Tuotteet/Referenssit. 2014. [Viitattu 23.8.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/solutions-and-products/references/saarioinen-logistic-centre-finland>
3. Paroc Group Oy. Suunnitteluohje.2014. [Viitattu 25.8.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/~media/Files/Brochures/Finland/Technical-Guide-Paroc-Panels-FI.ashx>
4. Komulainen, J. Suuret kuormaa kantavat hybridi- ja komposiittirakenteet. Tampereen teknillinen yliopisto. Materiaaliteknikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 24.8.2014.] Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20528/komulainen.pdf?sequence=3>
5. Panels and profiles association. Home/Our products.2014. [Viitattu 25.8.2014.] Saatavissa: <http://www.panandpro.org/home/our-products-2/>
6. Izopanel Finland Oy. Tekninen Katalogi. 2014. [Viitattu 25.8.2014.] Saatavissa: <http://www.izopanel.fi/files/tekninen-katalogi-izopanel.pdf>
7. Paroc Group Oy. Ratkaisut & Tuotteet/paroc-elementtimallisto/paroc-print.2014. [Viitattu 28.9.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/paroc-elementtimallisto/paroc-print>
8. Kingspan Oy. Tuotekuvasto.2009. [Viitattu 28.9.2014.] Saatavissa: http://elementit.kingspan.fi/first.php?page=5948665&idsub=1&news=419&arc_hiv=1
9. Thermisol Oy. Esitteet/Seinäelementti.2013. [Viitattu 1.9.2014.] Saatavissa: http://www.thermisol.fi/materiaalipankki/esitteet.html#elementti_esitteet
10. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Julkaistu 22.12.2008. [Viitattu 26.9.2014.] Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf
11. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luonnos 16.3.2012. [Viitattu 26.9.2014.] Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarays_kokoelma/Valmisteilla_olevat_rakentamismaarayskokoelman_osat
12. Rautaruukki Oyj. SPA-paneelien viivamaisten lisäkonduktanssien arvot. Julkaistu 1.11.2012. [Viitattu 26.9.2014.] Saatavissa:

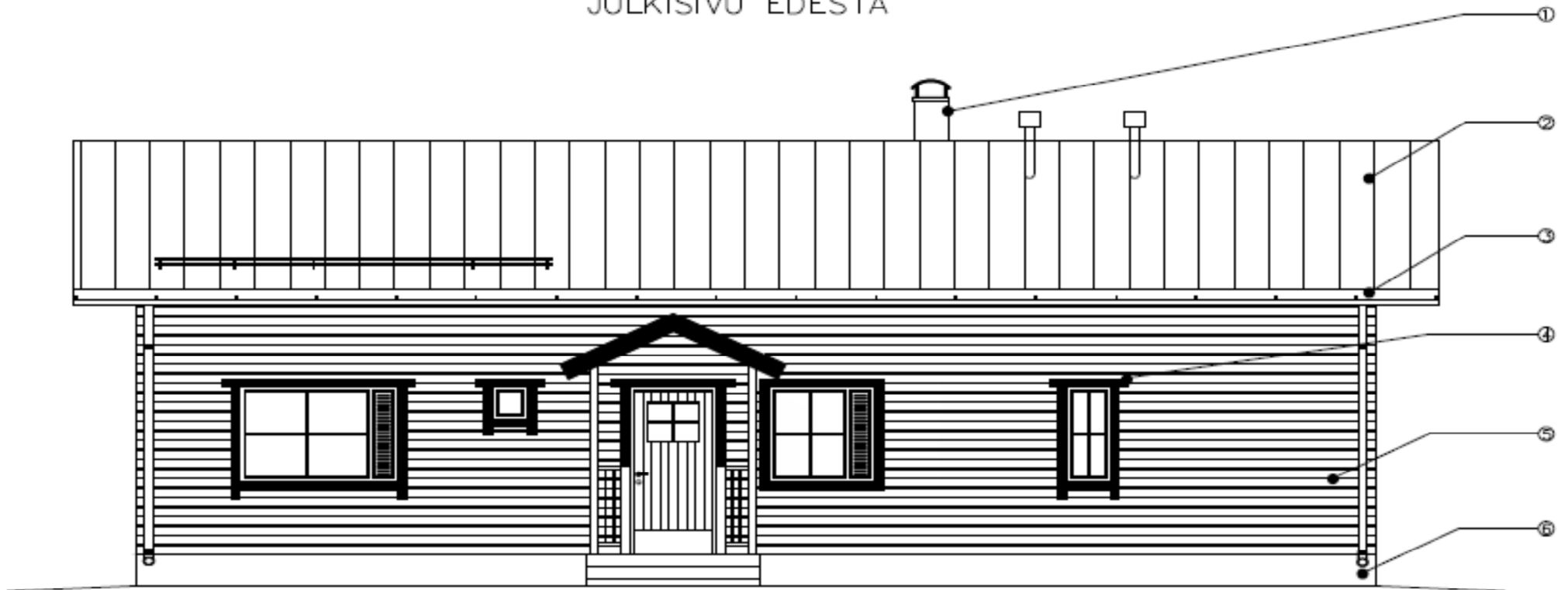
<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen%20ratkaisut/sandwich-paneelit/Lisakonduktanssit/Ruukki-sandwich-paneeli-SPA-viivamaiset-lisakonduktanssit.pdf>

13. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Julkaistu 6.4.2011. [Viitattu 29.9.2014.] Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf
14. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Julkaistu 30.3.2011. [Viitattu 3.10.2014.] Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf
15. Paroc Group Oy. Energiatohokkuus/Rakennusten suunnittelu/Rakennuksen vaippa. 2014. [Viitattu 3.10.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/knowhow/energiatohokkuus/rakennusten-suunnittelu/rakennuksen-vaippa>
16. Rautaruukki Oyj. Sandwich panel SPA tuoteseloste. Julkaistu 16.6. 2014. [Viitattu 3.10.2014.] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen%20ratkaisut/sandwich-paneelit/Ruukki-sandwich-paneeli-SPA-tuoteseloste.ashx>
17. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Julkaistu 4.6.1998. [Viitattu 3.10.2014.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>
18. Paroc Group Oy. Knowhow/Äänen eristys. 2014. [Viitattu 3.10.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/knowhow/aani/aaneneristys>
19. Rautaruukki Oyj. Sandwich panel SPA asennus- ja huolto-ohje. 2013. [Viitattu 15.10.2014.] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen%20ratkaisut/sandwich-paneelit/Huolto-ja-asennusohjeet/SPA%20Asennus-%20ja%20huolto-ohje.pdf>
20. Rautaruukki Oyj. Sandwich panel SPA julkisivuverhoukset. 2013. [Viitattu 15.10.2014.] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Rakentamisen%20ratkaisut/sandwich-paneelit/Huolto-ja-asennusohjeet/Ruukki-julkisivuverhoukset-SPA-paneelissa.pdf>
21. Tiileri Oy. Tekninen opas 2. 2014. [Viitattu 16.10.2014.] Saatavissa: http://www.tiileri.fi/tiedostot/tekninen_opas_II.pdf
22. Paroc Group Oy. Asennusohje. 2012. [Viitattu 16.10.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/~media/Files/Brochures/Finland/Installation-Guide-Paroc-Panels-FI.ashx>
23. Paroc Group Oy. Elementtiasennus/LiftAid-nostimet. 2014. [Viitattu 19.10.2014.] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/elementtiasennus/liftaid-nostimet>

24. Thermisol Oy. Thermisol-seinäelementtien yleiset asennusohjeet. Julkaistu 10.5.2013. [Viitattu 19.10.2014.] Saatavissa:
http://www.thermisol.fi/uploads/pdf/materiaalipankki/asennusohje_seinaelementti.pdf
25. Rakennustieto Oy. Ratu 0411. Metallielementtityö.2013. [Viitattu 22.10.2014.]

Rankarunkoisen omakotitalon piirustukset

JULKISIVU EDESTÄ



① Piipun pellitys, väri RR23

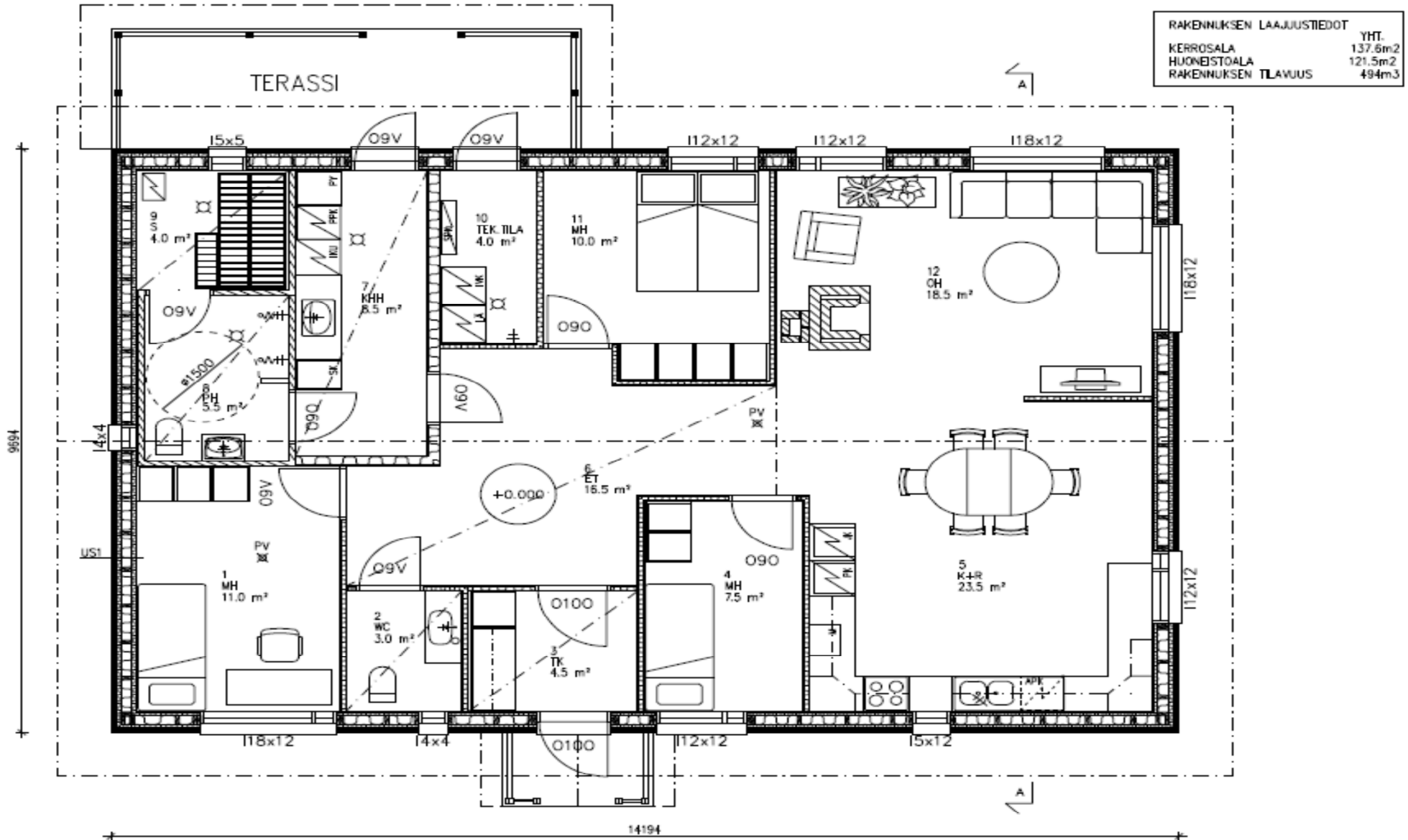
② Konesaumattu peltikate, väri RR23

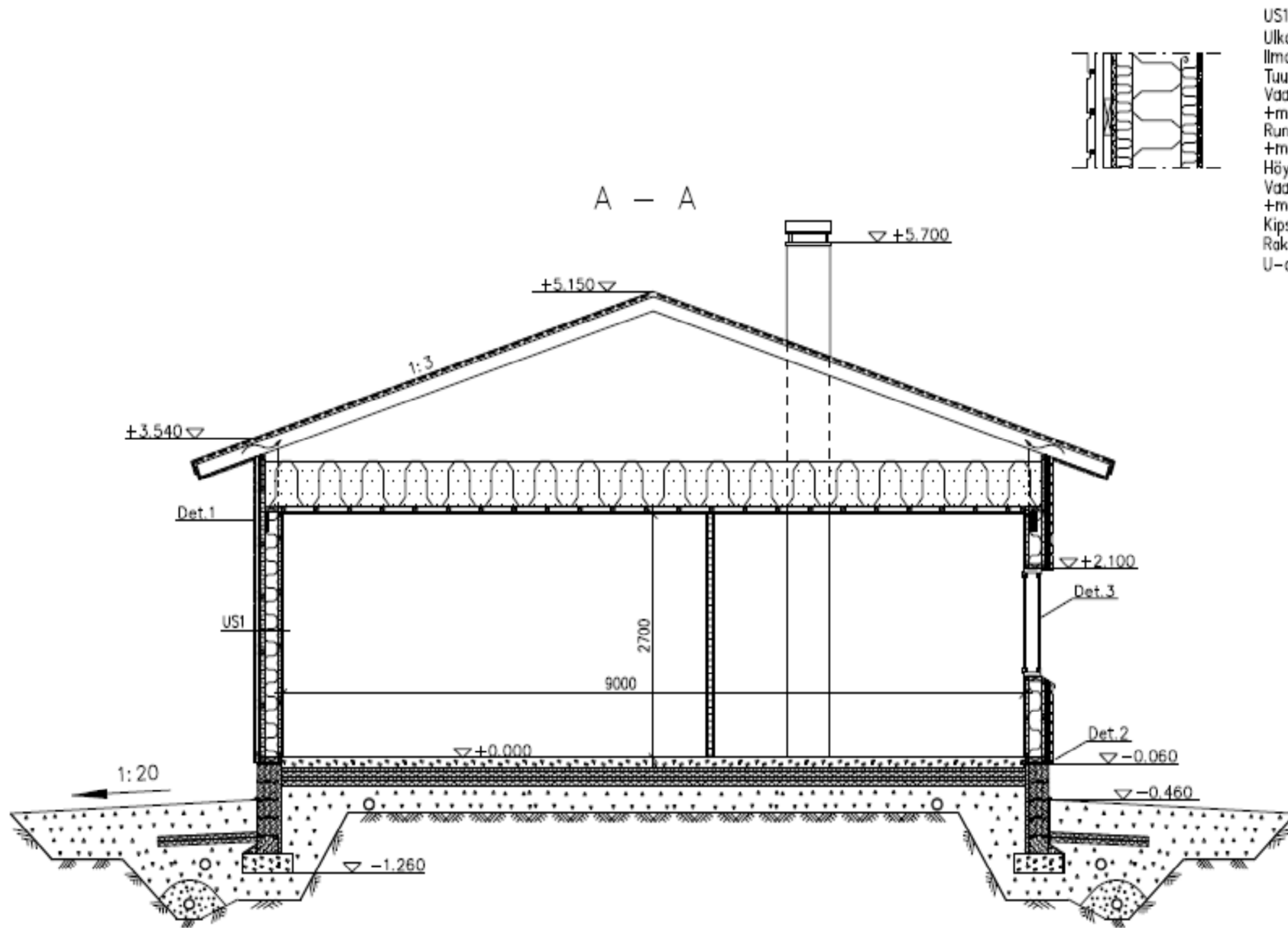
③ Rästyslauta, Valkoinen

④ Vuorilauta, Valkoinen

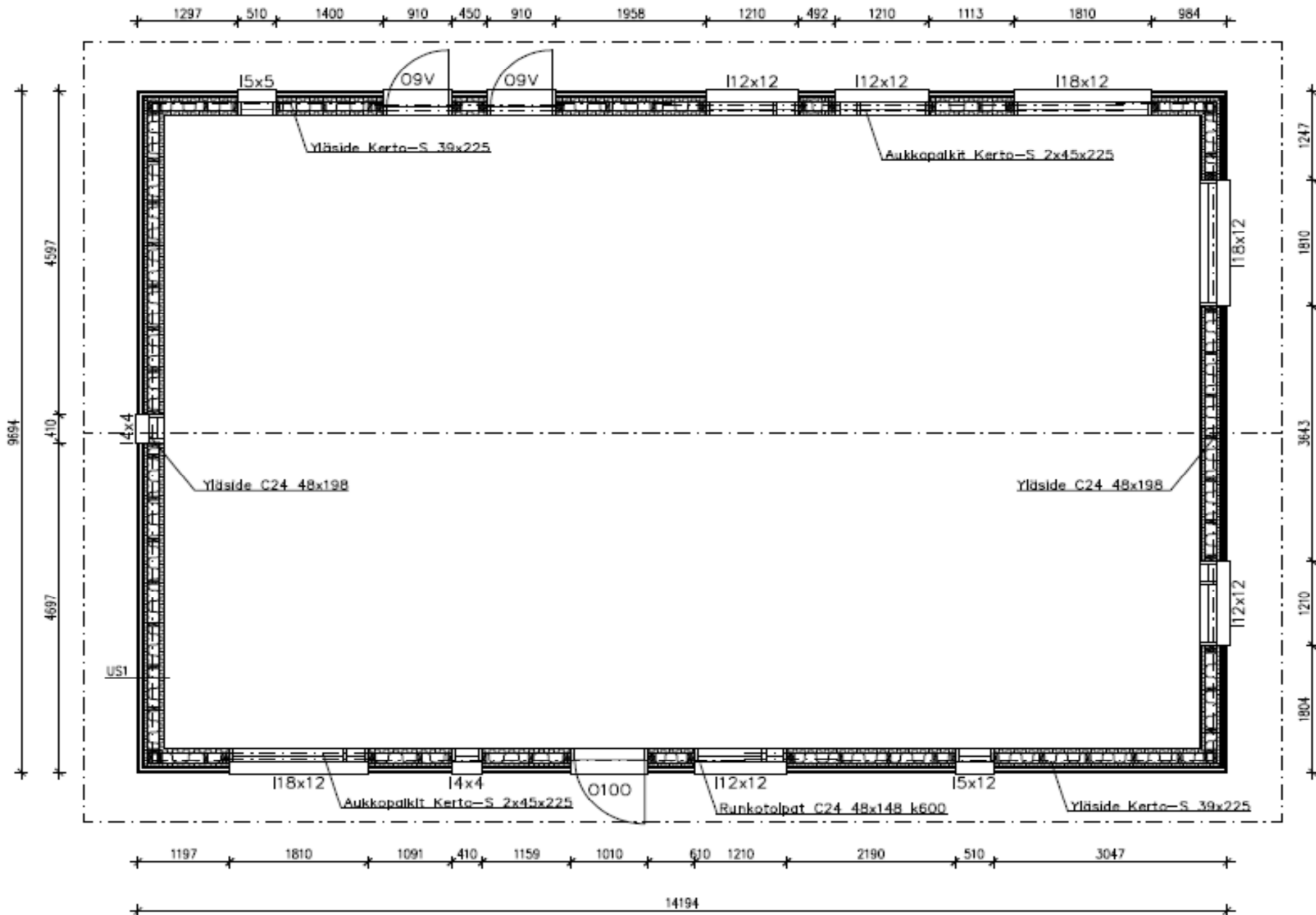
⑤ Vaakapaneeli UTV 120, väri Tikkurila 559X

⑥ Pinnoitettu kevytsoraharkko, Harmaa

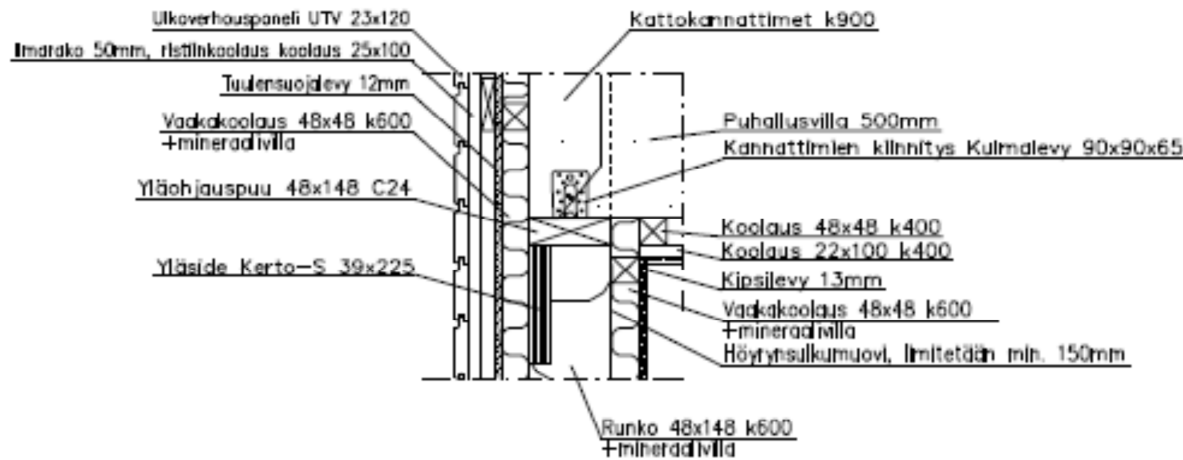




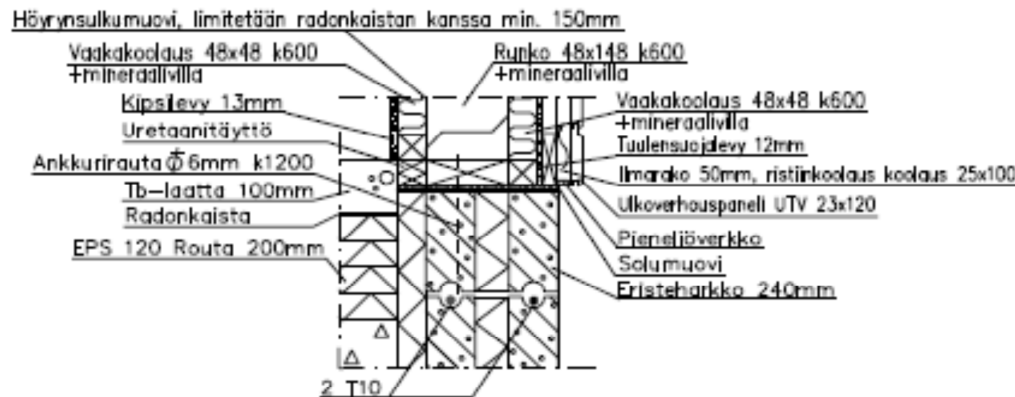
- US1
 Ulkoverhouspaneli UTV 23x120
 Ilmarako 50mm, ristiri koolaus 25x100
 Tuulensuojalevy 12mm
 Vaakakoolaus 48x48 k600
 +mineraalivilla
 Runko 48x148 k600
 +mineraalivilla
 Höyrynsulku
 Vaakakoolaus 48x48 k600
 +mineraalivilla
 Kipsilevy 13mm
 Rakenteen kokonaispaksuus 341mm
 U-arvo: 0.169 W/(m²K)



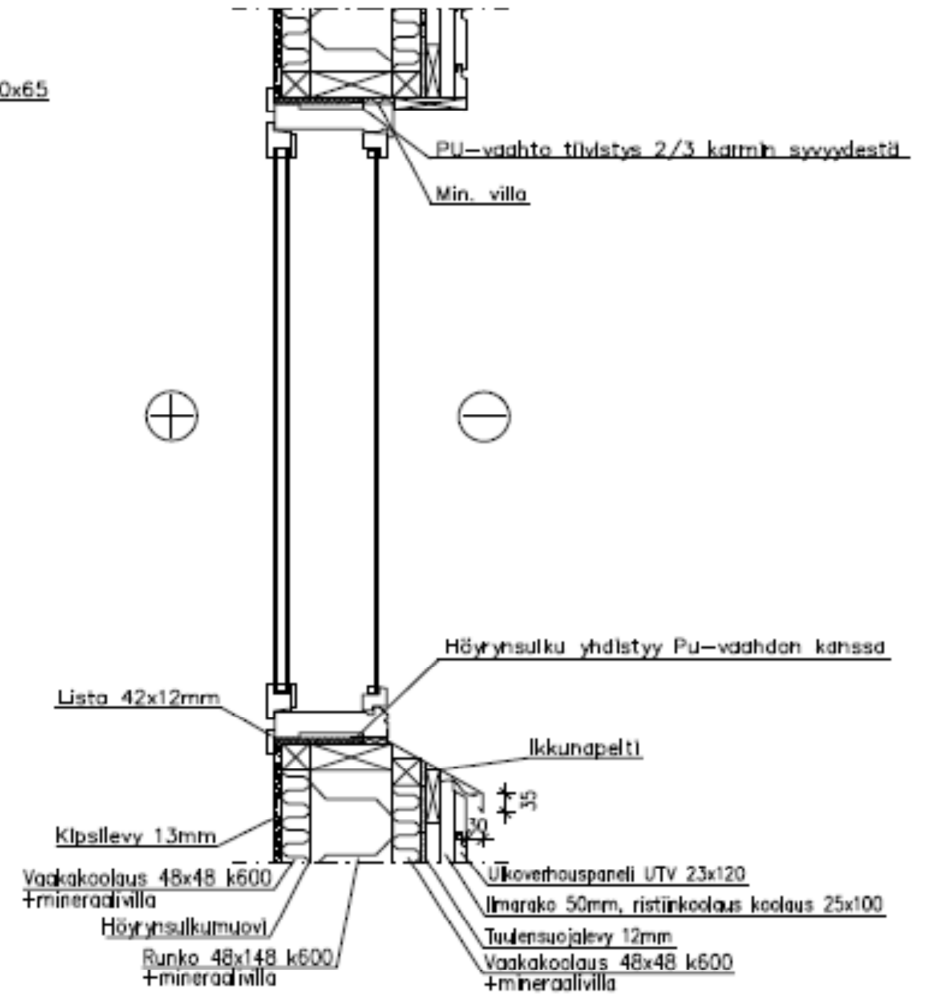
Det.1



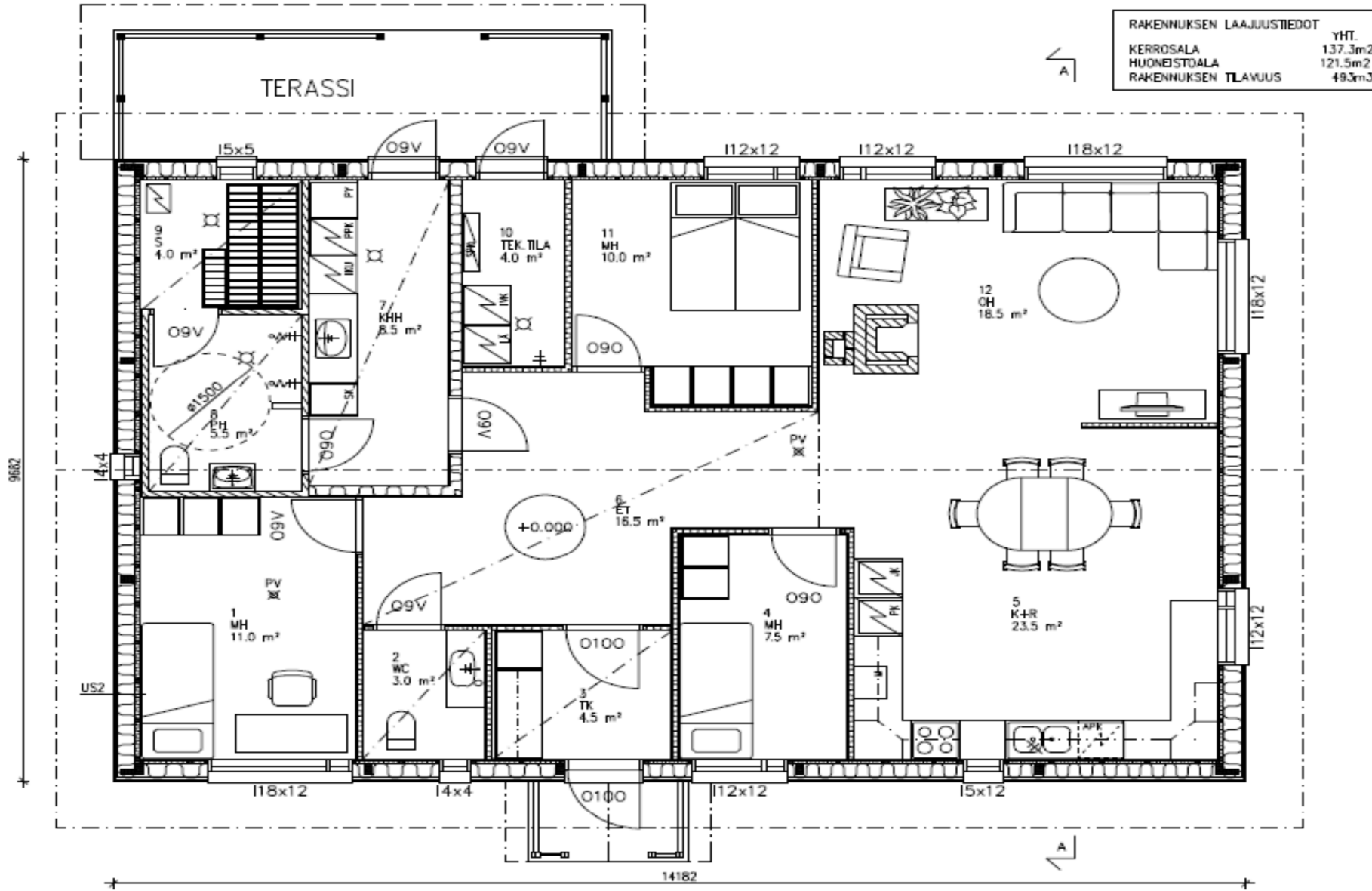
Det.2



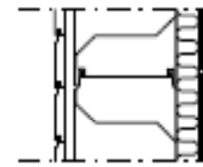
Det.3



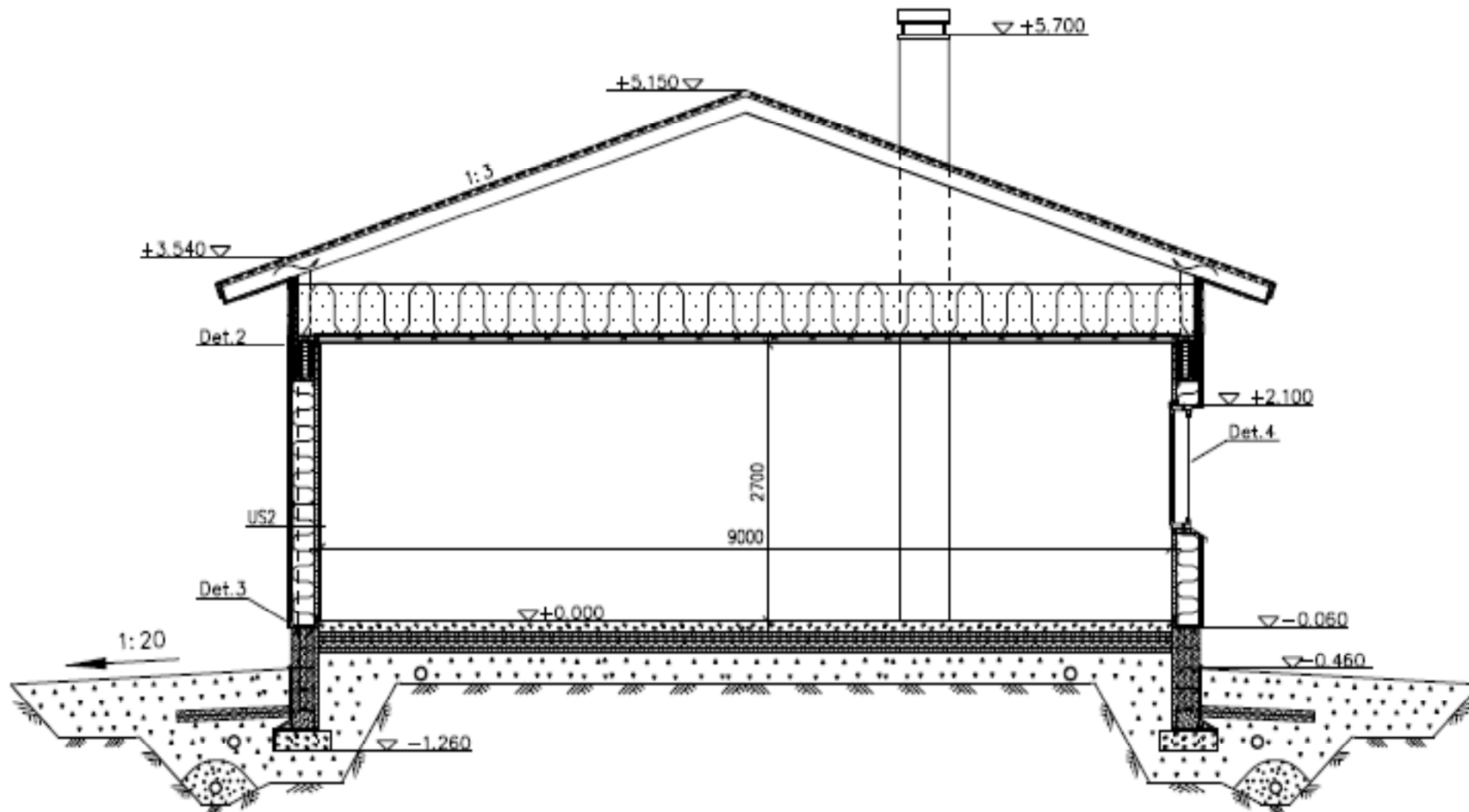
Pelti-eriste-peltirakenteisen omakotitalon piirustukset

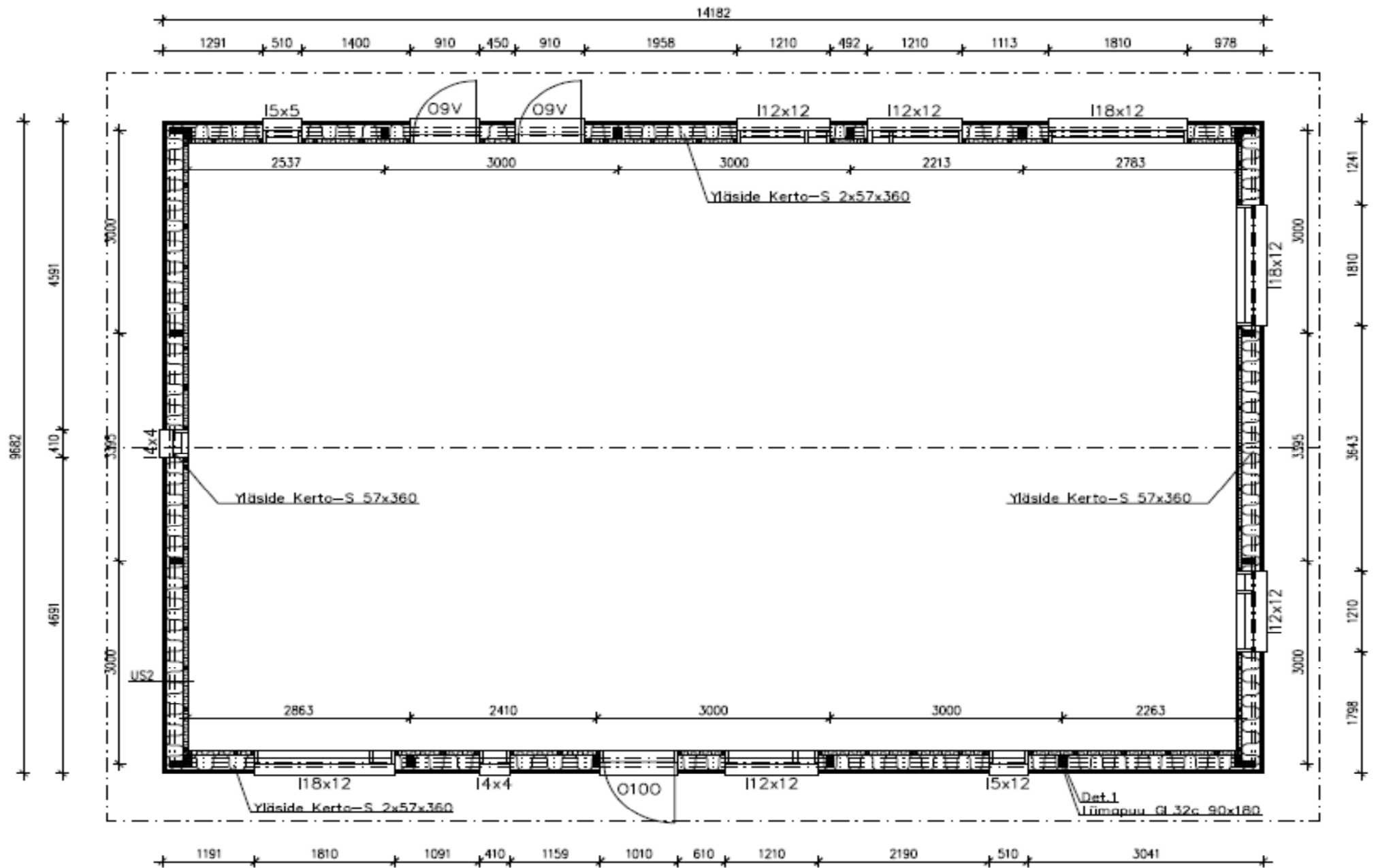


US2
 Ulkoverhouspaneli UTV 23x120
 Ilmaraka 25mm, pysty koolaus 25x100
 Pelti-villa-pelti-elementti 230mm
 Pysty koolaus 48x48 k600
 +mineraalivilla
 Kipsilevy 13mm
 Rakenteen kokonaispaksuus 339mm
 U-arvo: 0.138 W/(m²K)

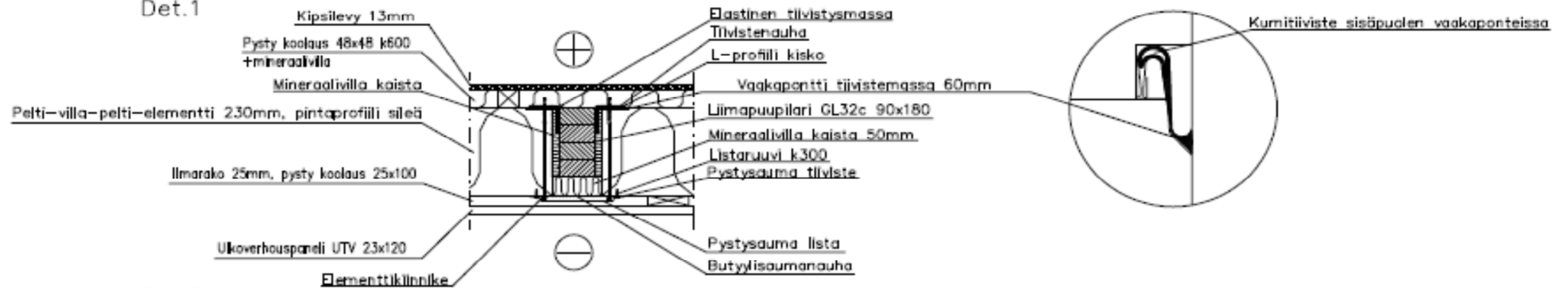


A - A

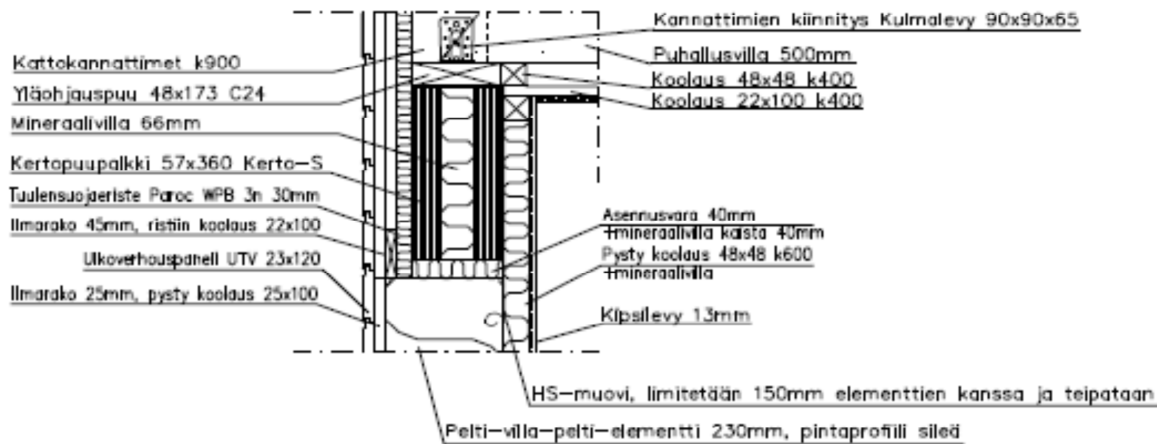




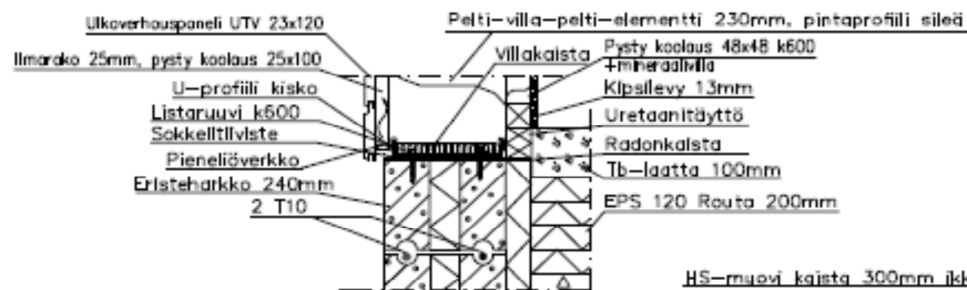
Det.1



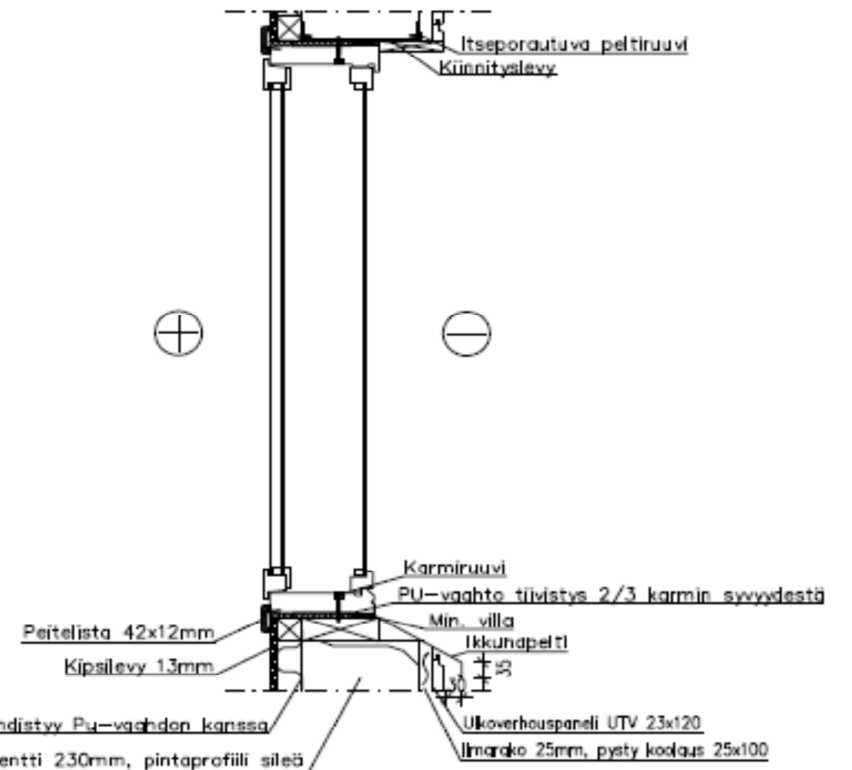
Det.2



Det.3



Det.4



Omakotitalon pelti-eriste-peltiseinärakenteiden mitoituslaskelmat

Kuormitusten määräytyminen

Omakotitalo Pelti-eriste-pelti

Kattokuormat:

	μ	sk	KRT:	MRT:
Omapaino g			1 kN/m ²	1,15 kN/m ²
Lumi qk= μ *sk	0,8	2,5	2 kN/m ²	3 kN/m ²
KRT: G=g+q			3 kN/m ²	
MRT: Q=1,15*g+1,5*q			4,15 kN/m ²	

Kattorakenne:

Ristikon ja rungon mittatiedot

Alapaarteen pituus L	9,586 m
Vas. Räystään pituus tuen reunasta L1	0,769 m
Oik. Räystään pituus tuen reunasta L2	0,769 m
Vas. Räystään pituus tuen keskeltä L1.1= L1+(b1/2)	0,8565 m
Oik. Räystään pituus tuen keskeltä L2.1=L2+(b2/2)	0,8565 m
Tuen leveys b1 tuki1	0,175 m
Tuen leveys b2 tuki2	0,175 m
Jänneväli tuen keskeltä keskelle L3=L-(b1/2)-(b2/2)	9,411 m
Ristikon paksuus	42 mm
Ristikon k-jako	0,9 m
Puurungon k-jako	3 m
Puurungon korkeus	2,835 m
Kattokaltevuus	18,44 °

Ristikon tukireaktiot:

$$\text{KRT: } P_k = G \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + G \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	5,01 kN	10,01 kN	15,02 kN
Oik. Tuki b	5,01 kN	10,01 kN	15,02 kN

$$\text{MRT: } P_d = Q \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + Q \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	5,76 kN	15,02 kN	20,77 kN
Oik. Tuki b	5,76 kN	15,02 kN	20,77 kN

Pilarien kuormitusten määräytyminen

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista:

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys=rungon k-jako	3 m
Tolpan korkeus L	2,44 m
Kuorm. Pinta-ala	7,32 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist.}	16,7 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkq _{rist.}	33,37 kN

Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd _{rist.}	Nd,max	69,25 kN
---	--------	----------

Tuulikuorman määräytyminen

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts.Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	5,15 m
qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,525 kN/m ²

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	14,194 m
2*h	10,3 m
e	10,3 m
e/5	2,06 m

Painekertoimena käytetään nurkka-alueen paine kerrointa, interpoloimalla 10m² pinta-ala kertoimeksi saadaan 1,69 (kts. Taulukko 2.4)

Cp,net	1,7	
Osapinnan nettopaine qw,k=Cp,net*qk(h)	qw,k	0,893 kN/m ²

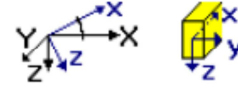
Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	4,02 kN/m
---------------------------------	------	-----------

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakennenosalle. Laskelmissa esitetty rakennenosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
 Nimi: Malli talo pelti-villa-pelti

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: KERTO-S syvällään
 Poikkileikkaus: 2x57x360
 (B=114 mm, H=360 mm, A=41040 mm², I_y=443232000 mm⁴, W_y=2462400 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 3000 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

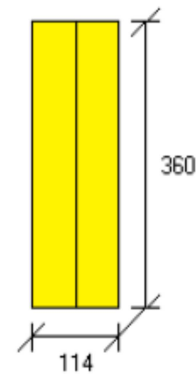
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 3000.0
 Yhteensä: 3000.0

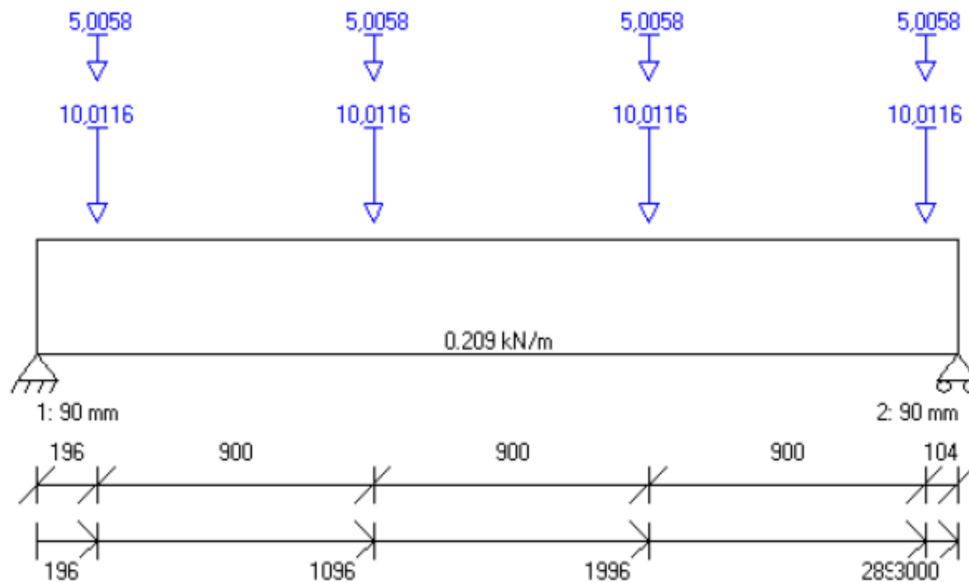
Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	90	Kiintä niveltuki (X,Z)
2:	3000	90	Liukutuki (Z)

fm,k (My): 43.05 N/mm²
 fm,k (Mz): 50.00 N/mm²
 fc,0,k: 35.00 N/mm²
 fc,90,k: 6.00 N/mm²
 ft,0,k: 35.00 N/mm²
 fv,k (Vz): 4.10 N/mm²
 fv,k (Vy): 2.30 N/mm²
 E,mean: 13800 N/mm²
 G,mean: 600 N/mm²
 E 0.05: 11600 N/mm²
 G 0.05: 400 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
 Aikaluokka: k_{mod}:
 Pysyvä: 0.600
 Pitkäaikainen: 0.700
 Keskipitkä: 0.800
 Lyhytaikainen: 0.900
 Hetkellinen: 1.100

k_{def}: 0.800





KUORMITUSTIEDOT:
Omapaino (Omapaino, Pysyv)

Pistekuorma: 1:	FZ = 5.01 kN	x = 196.0 mm	(5,0058)
Pistekuorma: 2:	FZ = 5.01 kN	x = 1096.0 mm	(5,0058)
Pistekuorma: 3:	FZ = 5.01 kN	x = 1996.0 mm	(5,0058)
Pistekuorma: 4:	FZ = 5.01 kN	x = 2896.0 mm	(5,0058)
Rakennesosan paino:	QZ = 0.209 kN/mx	= 0 - 3000 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 10.01 kN	x = 196.0 mm	(10,0116)
Pistekuorma: 2:	FZ = 10.01 kN	x = 1096.0 mm	(10,0116)
Pistekuorma: 3:	FZ = 10.01 kN	x = 1996.0 mm	(10,0116)
Pistekuorma: 4:	FZ = 10.01 kN	x = 2896.0 mm	(10,0116)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:
Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)
1.00*1.35*Omapaino
Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)
1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma
Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)
0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma
Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)
1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma
Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)
1.00*1.15*Omapaino
Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)
0.90*Omapaino
Yhdistelmä 13 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Malli talo pelti-villa-pelti

Antti Hihnala

30.10.2014

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

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

Kokonaiskäyttöaste: 78.9 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus on estetty

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	43.18 kN	74.78 kN	57.7 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	25.69 kNm	70.67 kNm	36.4 %	1096 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	40.64 kN	54.72 kN	74.3 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.33					
Tukipaine, tuki 2:	43.18 kN	54.72 kN	78.9 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.33					
jänneväli 1, Winst:	3.8 mm	7.5 mm	50.2 %	1500 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	5.4 mm	10.0 mm	53.8 %	1500 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	43.18 kN	3000 mm
My,max	25.69 kNm	1096 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	40.64 kN	9.02 kN	29.43 kN	10.02 kN
2:	43.18 kN	9.57 kN	31.27 kN	10.63 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Ristikko/Yläohjauspuun tukipaine (MRT):Kaava: $\sigma_{c,90,d} = T_d / b \cdot l_{tuki} \leq k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$

Tdristikko		20,77 kN
Yläsiteen leveys l_{tuki}		173 mm
Ristikön paksuus b		42 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	$f_{c,90,d} =$	1,43 N/mm ²
$f_{c,90,k}$		2,5 N/mm ²
γ_M		1,4
Korotuskerroin $k_{c,J} = k_{c,90} \cdot (l_{c,90,ef} / l)$		2,43
$k_{c,90}$		1,25
$l_{c,90,ef} = 30 + b + 30$	$l_{c,90,ef}$	102 mm
	$k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$	4,34 N/mm ²
	$\sigma_{c,90,d} =$	2,86 N/mm ²
	2,86 < 4,34	Ok!

Tukipaineen käyttöaste 65,9 %

Yläohjauspuuksi valitaan 48x173 C24

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

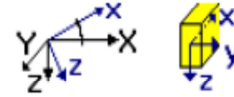
Malli talo, Pystypilari

Antti Hihnala

30.10.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

**PROJEKTITIEDOT:**

Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Malli talo
Nimi: Pystypilari

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: GL32c
Poikkileikkaus: 90x180
(B=90 mm, H=180 mm, A=16200 mm², I_y=43740000 mm⁴, W_y=486000 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 3000 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

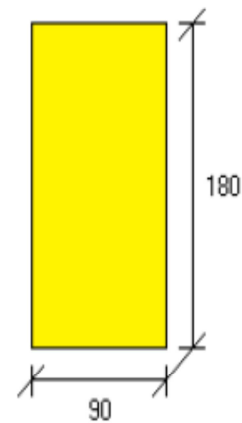
Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 2440.0
Yhteensä: 2440.0

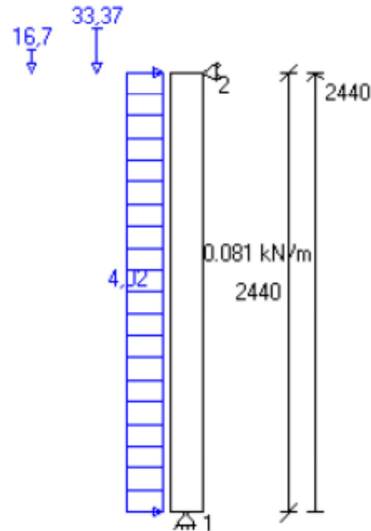
Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
2: 2440 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 35.20 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 32.00 N/mm²
f_{c,0,k}: 26.50 N/mm²
f_{c,90,k}: 3.00 N/mm²
f_{t,0,k}: 21.45 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 3.20 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 3.20 N/mm²
E, mean: 13700 N/mm²
G, mean: 780 N/mm²
E 0.05: 11100 N/mm²
G 0.05: 630 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

k_{def}: 0.800



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 16.70 kN x = 2440.0 mm (16,7)

Rakenneosan paino: QZ = 0.081 kN/m x = 0 - 2440 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 33.37 kN x = 2440.0 mm (33,37)

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1: QX = 4.020 kN/m x = 0 - 2440 mm (4,02)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Malli talo, Pystypilari

30.10.2014

Antti Hihnala

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:

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

Kokonaiskäyttöaste: 56.7 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 2440.00$ mmNurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$

Kiepahdus on estetty

Värahtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	7.36 kN	31.68 kN	23.2 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	69.49 kN	122.49 kN	56.7 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	4.49 kNm	15.68 kNm	28.6 %	1220 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.53	1.00	53.2 %	1220 mm	Yhdistelmä 6/1, Hetkellinen
(My=2.69 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=69.37 kN)					
jänneväli 1, Winst:	3.4 mm	-- mm	0.0 %	1220 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	3.4 mm	8.1 mm	41.6 %	1220 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma + 0.90*Tuulikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	69.49 kN	0 mm
$V_{z,max}$	7.36 kN	0 mm
$M_{y,max}$	4.49 kNm	1220 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-7.36 kN	0.00 kN	-4.90 kN
2:	0.00 kN	-7.36 kN	0.00 kN	-4.90 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	69.49 kN	15.21 kN	50.27 kN	16.90 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Rankarunkoisen omakotitalon seinärakenteiden mitoituslaskelmat

Kuormitusten määräytyminen

Omakotitalo Rankarunko

Kattokuormat:

	μ_i	sk	KRT:	MRT:
Omapaino g			1 kN/m ²	1,15 kN/m ²
Lumi qk= μ_i *sk	0,8	2,5	2 kN/m ²	3 kN/m ²
KRT: G=g+q			3 kN/m ²	
MRT: Q=1,15*g+1,5*q			4,15 kN/m ²	

Kattorakenne:

Ristikon ja rungon mittatiedot

Alapaarteen pituus L	9,426 m
Vas. Räystään pituus tuen reunasta L1	0,896 m
Oik. Räystään pituus tuen reunasta L2	0,896 m
Vas. Räystään pituus tuen keskeltä L1.1=L1+(b1/2)	0,971 m
Oik. Räystään pituus tuen keskeltä L2.1=L2+(b2/2)	0,971 m
Tuen leveys b1 tuki1	0,15 m
Tuen leveys b2 tuki2	0,15 m
Jänneväli tuen keskeltä keskelle L3=L-(b1/2)-(b2/2)	9,276 m
Ristikon paksuus	42 mm
Ristikon k-jako	0,9 m
Puurungon k-jako	0,6 m
Puurungon korkeus	2,835 m
Kattokaltevuus	18,44 °

Ristikon tukireaktiot:

$$\text{KRT: } P_k = G \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + G \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	5,05 kN	10,10 kN	15,14 kN
Oik. Tuki b	5,05 kN	10,10 kN	15,14 kN

$$\text{MRT: } P_d = Q \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + Q \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	5,81 kN	15,14 kN	20,95 kN
Oik. Tuki b	5,81 kN	15,14 kN	20,95 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woc

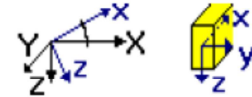
Mallitalo Rankarunko, Aukkopalkki

Antti Hihnala

30.10.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

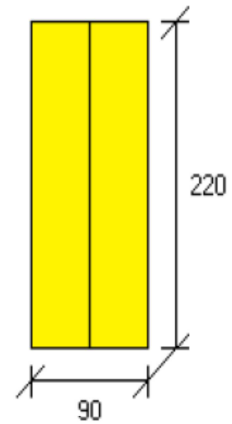
Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Mallitalo Rankarunko
Nimi: Aukkopalkki

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: KERTO-S syrjällään
Poikkileikkaus: 2x45x220
(B=90 mm, H=220 mm, A=19800 mm², I_y=79860000 mm⁴, W_y=726000 mm³)
Käyttöloukka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI-1.0)
Jako/kuormituslev.: 5609 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevalipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1: 1910.0
Yhteensä: 1910.0

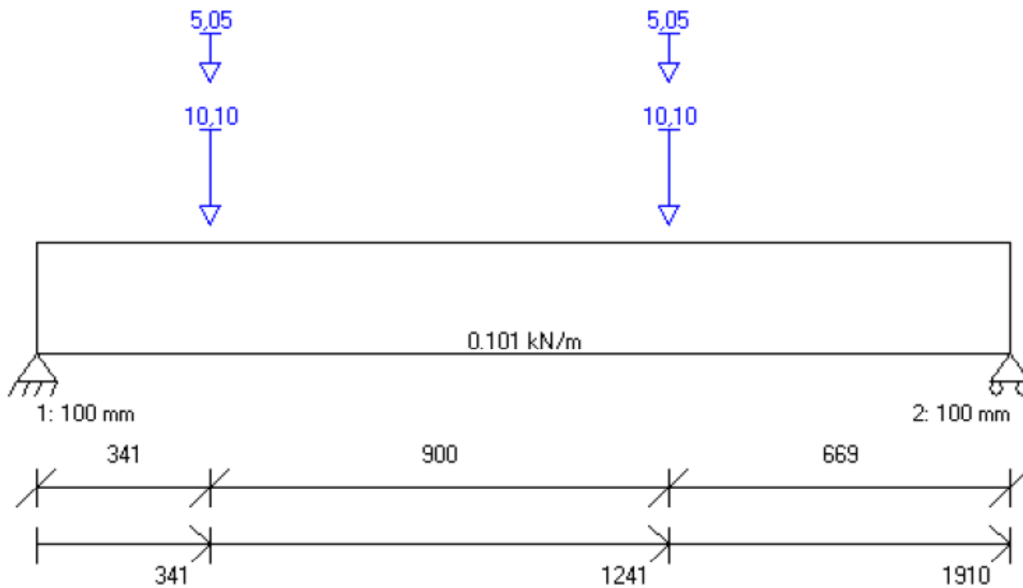


Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	100	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	1910	100	Liukutuki (Z)

fm,k (M_y): 45.67 N/mm²
fm,k (M_z): 50.00 N/mm²
fc,0,k: 35.00 N/mm²
fc,90,k: 6.00 N/mm²
ft,0,k: 35.96 N/mm²
fv,k (V_z): 4.10 N/mm²
fv,k (V_y): 2.30 N/mm²
E,mean: 13800 N/mm²
G,mean: 600 N/mm²
E 0.05: 11600 N/mm²
G 0.05: 400 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
Aikaluokka: kmod:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.800

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ - 5.05 kN	x - 341.0 mm	(5,05)
Pistekuorma: 2:	FZ - 5.05 kN	x - 1241.0 mm	(5,05)
Rakennesosan paino:	QZ - 0.101 kN/m	x - 0 - 1910 mm	

Hyotykuorma (Hyotykuorma A, Keskipitka, MRT/KRT-liikkuvuus - 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ - 10.10 kN	x - 341.0 mm	(10,10)
Pistekuorma: 2:	FZ - 10.10 kN	x - 1241.0 mm	(10,10)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitka)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyotykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitka)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyotykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitka)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyotykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyotykuorma

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Mallitalo Rankarunko, Aukkopalkki

Antti Hihnala

30.10.2014

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009
Kokonaiskäyttöaste: 80.2 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400
Taipumaraja Wnet,fin: L/300
Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)
 Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):
 Kiepahdustukivali rakenteen yläpuolella: Lk1 – 300.00 mm
 Kiepahdustukivali rakenteen alapuolella: Lk2 – Paatukien välimatka
 Lef1 – Lk1 ja Lef2 – Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kielahdustukien kautta)
HUOMI Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0
 Varahtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	24.66 kN	36.08 kN	68.3 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	11.65 kNm	22.10 kNm	52.7 %	1242 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	11.65 kNm	22.10 kNm	52.7 %	1242 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	24.66 kN	46.80 kN	52.7 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin – 1.30					
Tukipaine, tuki 2:	17.46 kN	46.80 kN	37.3 %	1910 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin – 1.30					
janneväli 1, Winst:	3.6 mm	4.8 mm	74.9 %	1003 mm	Yhdistelmä 14/1
janneväli 1, Wnet,fin:	5.1 mm	6.4 mm	80.2 %	1003 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):
 1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma
 Yhdistelmä 14/1 :
 1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	24.66 kN	0 mm
My,max	11.65 kNm	1242 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	24.66 kN	5.41 kN	17.84 kN	6.01 kN
2:	17.46 kN	3.85 kN	12.64 kN	4.28 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	6.01
2:	4.28
Kuormitustapaus:	Hyötykuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	11.83
2:	8.36

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

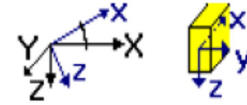
Mallitalo Rankarunko, Yläsidepuu

Antti Hihnala

30.10.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Mallitalo Rankarunko
Nimi: Yläsidepuu

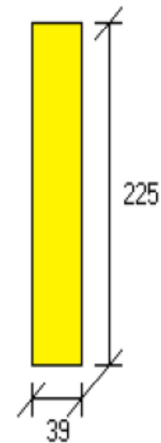
RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: KERTO-S syrjällään
Poikkileikkaus: 39x225
(B=39 mm, H=225 mm, A=8775 mm², I_y=37019531 mm⁴, W_y=329062 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KF1-1.0)
Jako/kuormituslev.: 5609 mm (pintakuormille)

Uloke-/jannevalipituudet:

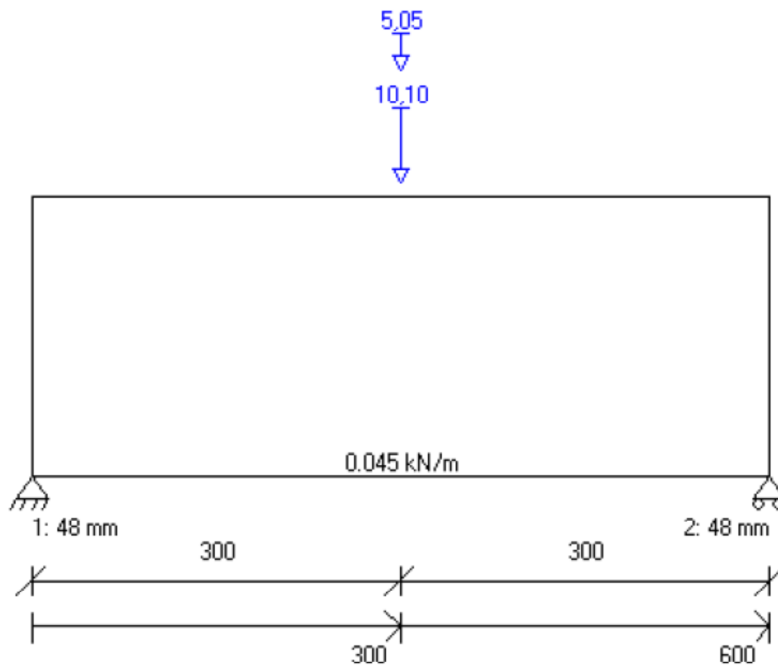
Uloke/janneväli: Vaakamitta [mm]:
Janneväli 1: 600.0
Yhteensä: 600.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	600	48	Liikutuki (Z)



f_{m,k} (M_y): 45.55 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
f_{c,0,k}: 35.00 N/mm²
f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
f_{t,0,k}: 38.50 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 4.10 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²
E_{mean}: 13800 N/mm²
G_{mean}: 600 N/mm²
E_{0.05}: 11600 N/mm²
G_{0.05}: 400 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.10 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
Aikaluokka: kmod:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100
kdef: 0.800

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ - 5.05 kN x - 300.0 mm (5,05)

Rakennesosan paino: QZ - 0.045 kN/m x - 0 - 600 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus - 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ - 10.10 kN x - 300.0 mm (10,10)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Mallitalo Rankarunko, Yläsidepuu

Antti Hihnala

30.10.2014

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009
 Kokonaiskäyttöaste: 86.2 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400
 Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukivali rakenteen yläpuolella: Lk1 - 300.00 mm

Kiepahdustukivali rakenteen alapuolella: Lk2 - Paatukien välimatka

Lef1 - Lk1 ja Lef2 - Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOMI Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

Varähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	10.49 kN	15.99 kN	65.6 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitka
Taivutus (My):	3.14 kNm	9.99 kNm	31.5 %	300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitka
(ilman kiepahdusta):	3.14 kNm	9.99 kNm	31.5 %	300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitka
Tukipaine, tuki 1:	10.49 kN	12.17 kN	86.2 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitka
Tukipaine kerroin - 1.62					
Tukipaine, tuki 2:	10.49 kN	12.17 kN	86.2 %	600 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitka
Tukipaine kerroin - 1.62					
janneväli 1, Winst:	0.7 mm	1.5 mm	43.4 %	300 mm	Yhdistelmä 14/1
janneväli 1, Wnet,fin:	0.9 mm	2.0 mm	46.5 %	300 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitka):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	10.49 kN	0 mm
My,max	3.14 kNm	300 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	10.49 kN	2.28 kN	7.59 kN	2.54 kN
2:	10.49 kN	2.28 kN	7.59 kN	2.54 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	2.54
2:	2.54

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	5.05
2:	5.05

Lujuusluokka		Sahatavara			Liimapuu	
		C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)	GL28c	GL32c
Ominaislujuudet (N/mm ²)						
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30	28	32
Veto	$f_{t,0,k}$	11	14	18	16,5	19,5
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,45
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	23	24	26,5
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,7	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	2,7	3,2
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)						
Kimmomoduuli	E_{mean}	9000	11000	12000	12600	13700
	$E_{90,mean}$	300	370	400	390	420
Liukumoduuli	G_{mean}	560	690	750	720	780
Tiheydet (kg/m ³)						
Ominaisstiheys	ρ_k	320	350	380	380	410
Tiheyden keski-arvo	ρ_{mean}	380	420	460	430	470

Taulukko 3.3 - Sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmissä lujuusluokissa.

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puu, Liimapuu, LVL, Vaneri	1	0,60	0,80	1,10
	2	0,60	0,80	1,10
	3	0,50	0,65	0,90
Lastulevy P4 ¹⁾ , OSB/2 ¹⁾ , Kova kuitulevy EN 622-2	1	0,30	0,65	1,10
	2	0,20	0,45	0,80
Lastulevy P6 ¹⁾ , OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,70	1,10
	2	0,30	0,55	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ¹⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ¹⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,60	1,10
	2	-	-	0,80

Taulukko 3.1 - Muunnoskerroimen k_{mod} arvot.

¹⁾ Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1

Normaalitolppien kuormitusten määräytyminen

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista:

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys=rungon k-jako	0,6 m
Tolpan korkeus L	2,54 m
Kuorm. Pinta-ala	1,52 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkrist.		3,37 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkqrist.		6,73 kN
Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pdrist.	Nd,max	13,97 kN

Tuulikuorman määräytyminen

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts.Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	5,15 m

qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,525 kN/m ²
-----------------------	-------------------------

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	14,194 m
2*h	10,3 m
e	10,3 m
e/5	2,06 m

Paine kertoimena käytetään nurkka-alueen paine kerrointa, interpoloimalla 10m² pinta-ala kertoimeksi saadaan 1,69 (kts. Taulukko 2.4)

Cp,net	1,69
--------	------

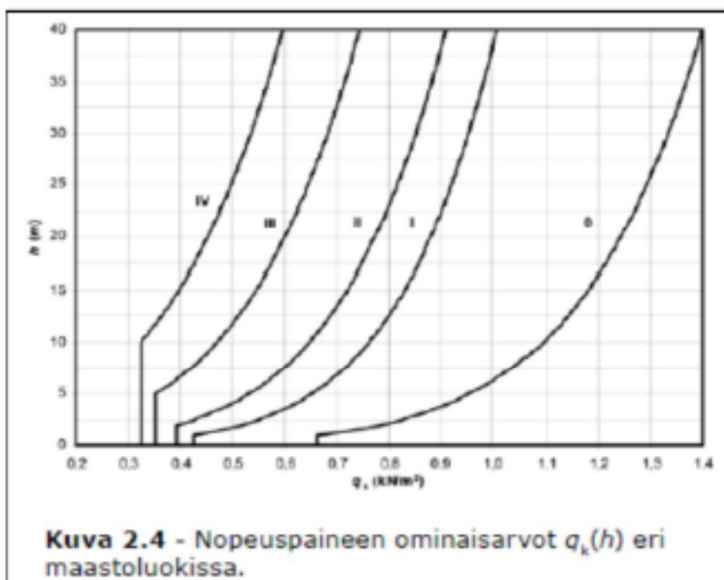
Osapinnan nettopaine qw,k=Cp,net*qk(h)	qw,k	0,887 kN/m ²
--	------	-------------------------

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	0,80 kN/m
---------------------------------	------	-----------

Luokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus.
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko.
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa.
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät.
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15% on rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

Taulukko 2.2 - Maastoluokat.



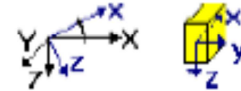
Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla ¹⁾		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
tarkasteltava pinta-ala	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
$c_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Taulukko 2.4 - Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopaine kertoimia.

¹⁾ Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle $e/5$, jossa $e = \min(b; 2h)$, kun h on rakennuksen korkeus ja b on rakennuksen suurempi sivumitta. Muualla tuulen imulle voidaan käyttää keskialueen nettopaine kerrointa.

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

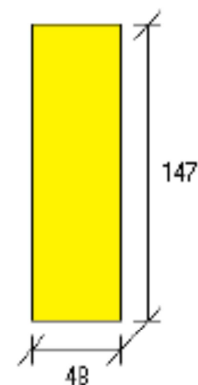


PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
Nimi: Normaalitolppa

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: C24
Poikkileikkaus: 48x147
(B=48 mm, H=147 mm, A=7056 mm², I_y=12706092 mm⁴, W_y=172872 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

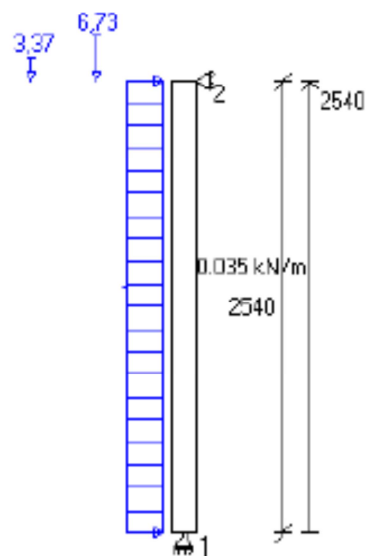
Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 2540.0
Yhteensä: 2540.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
2: 2540 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 24.10 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 30.14 N/mm²
f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
f_{t,0,k}: 14.06 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
E_{mean}: 11000 N/mm²
G_{mean}: 690 N/mm²
E 0.05: 7400 N/mm²
G 0.05: 460 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

k_{def}: 0.800

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 3.37 kN x = 2540.0 mm (3,37)
 Rakenneosan paino: QZ = 0.035 kN/m x = 0 - 2540 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-IIkkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 6.73 kN x = 2540.0 mm (6,73)

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: Qz = 0.800 kN/m² x = 0 - 2540 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:

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

Kokonaiskäyttöaste: 31.7 %

MITOITUSPARAMETRIIT:

Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$

Nurjahdus on estetty y suuntaan

Kiepahdus on estetty

Varähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.91 kN	14.78 kN	6.2 %	2540 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	14.07 kN	57.42 kN	24.5 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	0.58 kNm	3.27 kNm	17.7 %	1270 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.32	1.00	31.7 %	1270 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=0.58 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=10.99 kN)					
janneväli 1, Winst:	2.0 mm	-- mm	0.0 %	1270 mm	Yhdistelmä 12/1
janneväli 1, Wnet,fin:	2.0 mm	8.5 mm	23.1 %	1270 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Nx,max	14.07 kN	0 mm
Vz,max	0.91 kN	2540 mm
My,max	0.58 kNm	1270 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-0.91 kN	0.00 kN	-0.61 kN
2:	0.00 kN	-0.91 kN	0.00 kN	-0.61 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	14.07 kN	3.11 kN	10.19 kN	3.46 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Normaalitolppa/alaohjauspuun tukipaine:Kaava: $\sigma_{c,90,d} = N_d / b \cdot l_{tuk} \leq k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$

Nd,max		13,97 kN
Tuen leveys L_{tuk}		148 mm
Tolpan leveys b		48 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	$f_{c,90,d} =$	1,43 N/mm²
$f_{c,90,k}$ (kts. Taulukko 3.4)		2,5 N/mm ²
γ_M (kts. Taulukko 2.7)		1,4
k_{mod} (kts. Taulukko 3.1)		0,8
Korotuskerroin $k_{c,J} = k_{c,90} \cdot (l_{c,90,ef} / l)$		2,81
$k_{c,90}$ (kts. Kuva 1)		1,25
$l_{c,90,ef} = 30 + b + 30$	$l_{c,90,ef}$	102 mm
	$k_{c,J} \cdot f_{c,90,d} =$	4,02 N/mm²
	$\sigma_{c,90,d} =$	1,97 N/mm²
	1,97 < 4,34	Ok!

Tukipaineen käyttöaste **48,9 %**

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,4
Havusahatavara, jonka lujuusluokka \geq C35	1,25
Liimapuu, LVL	1,2
Puulevyt	1,25
Liitokset	*)
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut γ_M (* Liitoskestävyyden mitoitusarvon laskennassa käytetään liittyvän puutuotteen osavarmuuslukua γ_M . Mikäli liittimellä yhdistetään kahta tai useampaa puutuotetta, joilla on eri osavarmuusluku, käytetään liitoskestävyydelle näistä suurinta γ_M :n arvoa).

Kuva 1

Kertoimelle $k_{c,90}$ käytetään arvoa 1,0, paitsi seuraavissa tapauksissa edellyttäen, että kuvan 5.2 mukainen puristuspintojen välinen etäisyys $l_1 \geq 2h$:

- $k_{c,90} = 1,25$ havupuisella sahatavaralla
- $k_{c,90} = 1,5$ havupuisella liimapuulla
- $k_{c,90} = 1,3$ Kerto-Q:n syrjäpinnalla
- $k_{c,90} = 1,4$ Kerto-LVL:n lapepinnalla

Pielitolppien kuormitusten määräytyminen

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista:

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys= Aukon jänneväli/2+rungon k-jako/2	1,255 m
Tolpan korkeus L	2,54 m
Kuorm. Pinta-ala	3,18 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkgrist.		7,04 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkqrist.		14,08 kN
Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pdrist.	Nd,max	29,21 kN

Tuulikuorman määräytyminen

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts.Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	5,15 m
qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,525 kN/m ²

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	14,194 m
2*h	10,3 m
e	10,3 m
e/5	2,06 m

Paine kertoimena käytetään nurkka-alueen paine kerrointa, interpoloimalla 3m² pinta-ala kertoimeksi saadaan 1,66 (kts. Taulukko 2.4)

Cp,net		1,66
Osapinnan nettopaine qw,k=Cp,net*qk(h)	qw,k	0,872 kN/m ²
Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w		
Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	1,64 kN/m

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

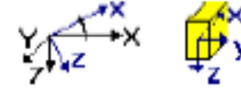
Omakotitalo rankarunko, Pielitolppa

Antti Hihnala

30.10.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

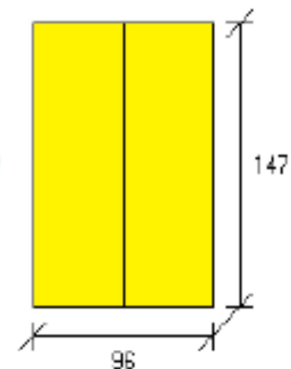


PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Omakotitalo rankarunko
Nimi: Pielitolppa

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: C24
Poikkileikkaus: 2x48x147
(B=96 mm, H=147 mm, A=14112 mm², I_y=25412184 mm⁴, W_y=345744 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)

Uioke-~~jänne~~välipituudet:

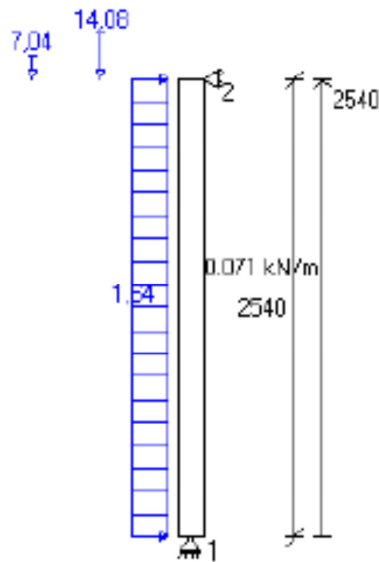
Uioke-~~jänne~~väl: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 2540.0
Yhteensä: 2540.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Tyyppi:
1:	0	Kiinteä niveletuki (X,Z)
2:	2540	Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 24.10 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 26.24 N/mm²
f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
f_{t,0,k}: 14.06 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
E_{mean}: 11000 N/mm²
G_{mean}: 690 N/mm²
E 0.05: 7400 N/mm²
G 0.05: 460 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkeellinen: 1.100

k_{def}: 0.800

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ = 7.04 kN	x = 2540.0 mm	(7,04)
Rakennesosan paino:	QZ = 0.071 kN/m	x = 0 - 2540 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 14.08 kN	x = 2540.0 mm	(14,08)
-----------------	---------------	---------------	---------

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1:	QX = 1.640 kN/m	x = 0 - 2540 mm	(1,64)
-----------------	-----------------	-----------------	--------

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood
Omakotitalo rankarunko, Pielitolppa

Antti Hihnala

30.10.2014

1.00*Omapaino**Yhdistelmä 10 (KRT)**

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009**Kokonaiskäyttöaste:** 44.9 %**MITOITUSPARAMETRI:****Talputaraja W_{not,fin}:** L/300**Korotuskoroin, vasen uloke:** 2.00**Korotuskoroin, oikea uloke:** 2.00**Nurjahdus z-suuntaan:** L_c = 1.00*L**Nurjahdus on estetty y suuntaan****Klappahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.12 kN	29.57 kN	10.6 %	2540 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	29.42 kN	114.85 kN	25.6 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Talvutus (My):	1.98 kNm	6.55 kNm	30.3 %	1270 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Talvutus+puristus:	0.45	1.00	44.9 %	1270 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=1.98 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=22.98 kN)					
Jännitys II 1, W _{inst} :	3.3 mm	-- mm	0.0 %	1270 mm	Yhdistelmä 12/1
Jännitys II 1, W _{not,fin} :	3.3 mm	8.5 mm	39.5 %	1270 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetkellinen):**

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
N _{x,max}	29.42 kN	0 mm
V _{z,max}	3.12 kN	2540 mm
M _{y,max}	1.98 kNm	1270 mm

TUKIREAKTIOT:**FX:**

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-3.12 kN	0.00 kN	-2.08 kN
2:	0.00 kN	-3.12 kN	0.00 kN	-2.08 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	29.42 kN	6.50 kN	21.30 kN	7.22 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Pielitolppa/alaohjauspuun tukipaine:Kaava: $\sigma_{c,90,d} = N_d / b \cdot l_{tuk} \leq k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$

N _{d,max}			29,21 kN
Tuen leveys L _{tuki}			148 mm
Tolpan leveys b			96 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,k} / \gamma_M)$		f_{c,90,d}=	1,43 N/mm²
f _{c,90,k} (kts. Taulukko 3.4)			2,5 N/mm ²
γ _M (kts. Taulukko 2.7)			1,4
k _{mod} (kts. Taulukko 3.1)			0,8
Korotuskerroin k _{c,J} = k _{c,90} · (l _{c,90,ef} / l)			2,03
k _{c,90} (kts. Kuva 1)			1,25
l _{c,90,ef} = 30 + b + 30		l _{c,90,ef}	156 mm
		k_{c,J} · f_{c,90,d}=	2,90 N/mm²
		σ_{c,90,d}=	2,06 N/mm²
	2,06	<	2,90 Ok!
Tukipaineen käyttöaste			70,9 %

Rankarunkoisen hallin seinärakenteiden mitoituslaskelmat

Kuormitusten määräytyminen

Halli Rankarunko

Kattokuormat:

	μ_i	sk	KRT:	MRT:
Omapaino g			1 kN/m ²	1,15 kN/m ²
Lumi qk= μ_i *sk	0,8	2,0	1,6 kN/m ²	2,4 kN/m ²
KRT: G=g+q			2,6 kN/m ²	
MRT: Q=1,15*g+1,5*q			3,55 kN/m ²	

Kattorakenne:

Ristikön ja rungon mittatiedot

Alapaarteen pituus L	20,426 m
Vas. Räystään pituus tuen reunasta L1	0,765 m
Oik. Räystään pituus tuen reunasta L2	0,765 m
Vas. Räystään pituus tuen keskeltä L1.1= L1+(b1/2)	0,865 m
Oik. Räystään pituus tuen keskeltä L2.1=L2+(b2/2)	0,865 m
Tuen leveys b1 tuki1	0,2 m
Tuen leveys b2 tuki2	0,2 m
Jänneväli tuen keskeltä keskelle L3=L-(b1/2)-(b2/2)	20,226 m
Ristikön paksuus	48 mm
Ristikön k-jako	0,9 m
Puurungon k-jako	0,6 m
Puurungon korkeus	4,285 m
Kattokaltevuus	14 °

Ristikön tukireaktiot:

$$\text{KRT: } P_k = G \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + G \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	9,88 kN	15,81 kN	25,69 kN
Oik. Tuki b	9,88 kN	15,81 kN	25,69 kN

$$\text{MRT: } P_d = Q \cdot k\text{-jako} \cdot L_{1.1} + Q \cdot k\text{-jako} \cdot (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	11,36 kN	23,71 kN	35,07 kN
Oik. Tuki b	11,36 kN	23,71 kN	35,07 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

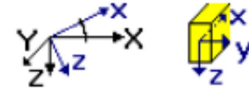
Halli rankarunko, Yläsidepuu

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTIIDOT:

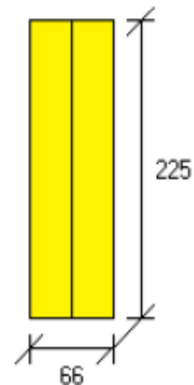
Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Halli rankarunko
Nimi: Yläsidepuu

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: KERTO-S syrjällään
Poikkileikkaus: 2x33x225
(B=66 mm, H=225 mm, A=14850 mm², I_y=62648438 mm⁴, W_y=556875 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Jako/kuormituslev.: 21 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

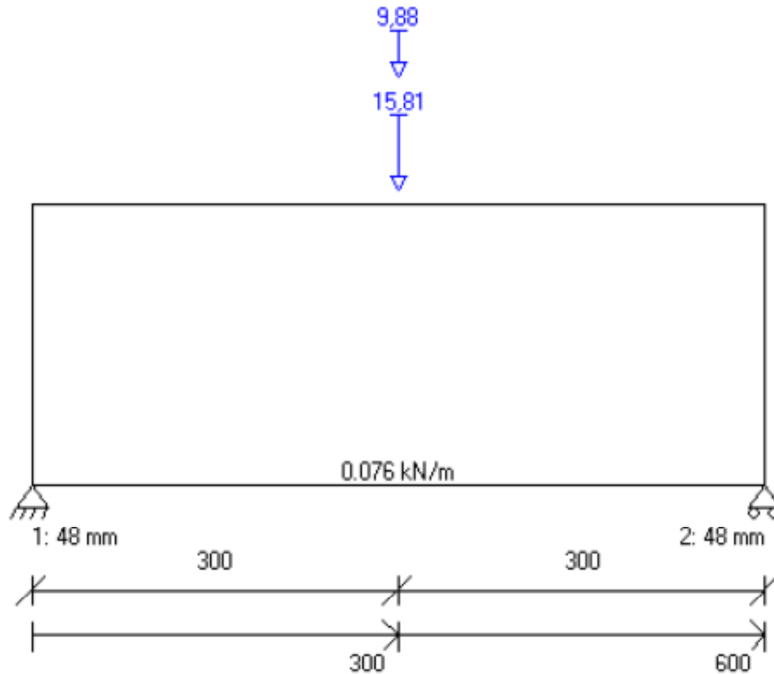
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1: 600.0
Yhteensä: 600.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	600	48	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	45.55 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	50.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	35.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	6.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	38.50 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.10 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	2.30 N/mm ²
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: $FZ = 9.88 \text{ kN}$ $x = 300.0 \text{ mm}$ (9,88)Rakennesosan paino: $QZ = 0.076 \text{ kN/m}$ $x = 0 - 600 \text{ mm}$

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: $FZ = 15.81 \text{ kN}$ $x = 300.0 \text{ mm}$ (15,81)**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

 $1.00 \cdot 1.35 \cdot \text{Omapaino}$

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

 $1.00 \cdot 1.15 \cdot \text{Omapaino} + 1.00 \cdot 1.50 \cdot \text{Hyötykuorma}$

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

 $0.90 \cdot \text{Omapaino} + 1.00 \cdot 1.50 \cdot \text{Hyötykuorma}$

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

 $1.00 \cdot 1.15 \cdot \text{Omapaino} + 1.00 \cdot 1.50 \cdot 0.70 \cdot \text{Hyötykuorma}$

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

 $1.00 \cdot 1.15 \cdot \text{Omapaino}$

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

 $0.90 \cdot \text{Omapaino}$

Yhdistelmä 13 (KRT)

 $1.00 \cdot \text{Omapaino}$

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Halli rankarunko, Yläsidepuu

Antti Hihnala

1.11.2014

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009**Kokonaiskäyttöaste:** 85.3 %**MITOITUSPARAMETRI:****Taipumaraja Winst:** L/400**Taipumaraja Wnet,fin:** L/300**Korotuskerroin, vasen uloke:** 2.00**Korotuskerroin, oikea uloke:** 2.00**Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)****Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):****Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm****Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka****Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)****HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	17.56 kN	27.06 kN	64.9 %	600 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	5.27 kNm	16.91 kNm	31.1 %	300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	5.27 kNm	16.91 kNm	31.1 %	300 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	17.56 kN	20.59 kN	85.3 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.62					
Tukipaine, tuki 2:	17.56 kN	20.59 kN	85.3 %	600 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.62					
jänneväli 1, Winst:	0.7 mm	1.5 mm	43.6 %	300 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	1.0 mm	2.0 mm	47.6 %	300 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):**

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	17.56 kN	600 mm
My,max	5.27 kNm	300 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	17.56 kN	4.47 kN	12.87 kN	4.96 kN
2:	17.56 kN	4.47 kN	12.87 kN	4.96 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Ristikko/Yläohjauspuun tukipaine (MRT):

Kaava: $\sigma_{c,90,d} = T_d / b \cdot l_{tuki} \leq k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$

Tdristikko		35,07 kN
Yläsiteen leveys l_{tuki}		198 mm
Ristikön paksuus b		48 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	$f_{c,90,d} =$	1,43 N/mm ²
$f_{c,90,k}$ (kts. Taulukko 3.3)		2,5 N/mm ²
γ_M (kts. Taulukko 2.7)		1,4
k_{mod} (kts. Taulukko 3.1)		0,8
Korotuskerroin $k_{c,J} = k_{c,90} \cdot (l_{c,90,ef} / l)$		2,81
$k_{c,90}$ (kts. Kuva 1)		1,25
$l_{c,90,ef} = 30 + b + 30$	$l_{c,90,ef}$	108 mm
	$k_{c,J} \cdot f_{c,90}$	4,02 N/mm ²
	$\sigma_{c,90,d} =$	3,69 N/mm ²
	3,69 < 4,02	Ok!

Tukipaineen käyttöaste **91,85 %**

Yläohjauspuuksi valitaan 48x198 C24

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

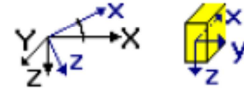
Halli rankarunko, Aukkopalkki

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

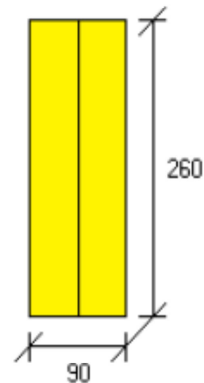
Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Halli rankarunko
Nimi: Aukkopalkki

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: KERTO-S syrjällään
Poikkileikkaus: 2x45x260 (varastokoko)
(B=90 mm, H=260 mm, A=23400 mm², I_y=131820000 mm⁴, W_y=1014000 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Jako/kuormituslev.: 21 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

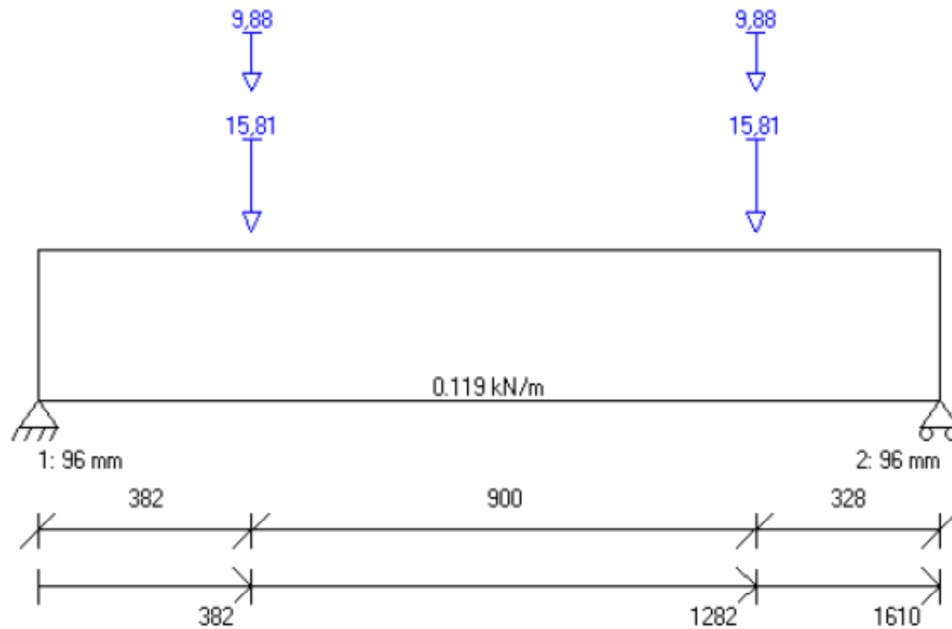
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1: 1610.0
Yhteensä: 1610.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	96	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	1610	96	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	44.76 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	50.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	35.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	6.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	36.33 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.10 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	2.30 N/mm ²
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 9.88 kN x = 382.0 mm (9,88)

Pistekuorma: 2: FZ = 9.88 kN x = 1282.0 mm (9,88)

Rakennesan paino: QZ = 0.119 kN/m x = 0 - 1610 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 15.81 kN x = 382.0 mm (15,81)

Pistekuorma: 2: FZ = 15.81 kN x = 1282.0 mm (15,81)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Halli rankarunko, Aukkopalkki

Antti Hihnala

1.11.2014

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009**Kokonaiskäyttöaste:** 85.3 %**MITOITUSPARAMETRI:**Taipumaraja W_{inst} : L/400Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 300.00$ mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	36.36 kN	42.64 kN	85.3 %	1610 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	12.98 kNm	30.26 kNm	42.9 %	382 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	12.98 kNm	30.26 kNm	42.9 %	382 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	34.01 kN	45.36 kN	75.0 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.31					
Tukipaine, tuki 2:	36.36 kN	45.36 kN	80.2 %	1610 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.31					
jänneväli 1, W_{inst} :	2.3 mm	4.0 mm	57.3 %	805 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	3.4 mm	5.4 mm	62.6 %	805 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$V_{z,max}$	36.36 kN	1610 mm
$M_{y,max}$	12.98 kNm	382 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	34.01 kN	8.68 kN	24.92 kN	9.64 kN
2:	36.36 kN	9.28 kN	26.65 kN	10.31 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

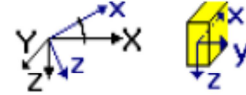
Halli rankarunko, Aukkopalkki oviaukko

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTTIEDOT:

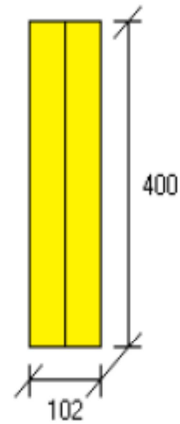
Suunnittelija: Antti Hihnala
Projekti: Halli rankarunko
Nimi: Aukkopalkki oviaukko

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: KERTO-S syrjällään
Poikkileikkaus: 2x51x400 (varastokoko)
(B=102 mm, H=400 mm, A=40800 mm², I_y=544000000 mm⁴, W_y=2720000 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Jako/kuormituslev.: 21 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1: 3210.0
Yhteensä: 3210.0

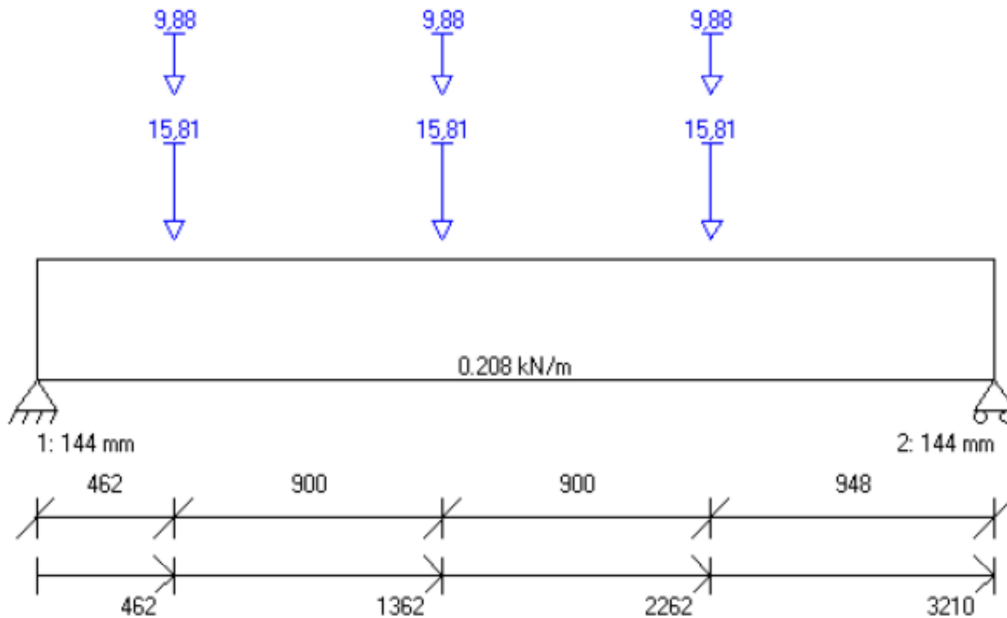


Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	144	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	3210	144	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	42.51 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	50.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	35.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	6.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	34.86 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.10 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	2.30 N/mm ²
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.20
Aikaluokka:	k _{mod} :
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

k _{def} :	0.800
--------------------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ = 9.88 kN	x = 462.0 mm	(9,88)
Pistekuorma: 2:	FZ = 9.88 kN	x = 1362.0 mm	(9,88)
Pistekuorma: 3:	FZ = 9.88 kN	x = 2262.0 mm	(9,88)
Rakennesosan paino:	QZ = 0.208 kN/m	x = 0 - 3210 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 15.81 kN	x = 462.0 mm	(15,81)
Pistekuorma: 2:	FZ = 15.81 kN	x = 1362.0 mm	(15,81)
Pistekuorma: 3:	FZ = 15.81 kN	x = 2262.0 mm	(15,81)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Halli rankarunko, Aukkopalkki oviaukko

Antti Hihnala

1.11.2014

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

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

Kokonaiskäyttöaste: 94.5 %

MITOITUSPARAMETRI:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	60.97 kN	74.35 kN	82.0 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	51.24 kNm	77.08 kNm	66.5 %	1362 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	51.24 kNm	77.08 kNm	66.5 %	1362 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	60.97 kN	70.99 kN	85.9 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.21					
Tukipaine, tuki 2:	45.03 kN	70.99 kN	63.4 %	3210 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.21					
jänneväli 1, Winst:	6.9 mm	8.0 mm	86.4 %	1525 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	10.1 mm	10.7 mm	94.5 %	1525 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	60.97 kN	0 mm
My,max	51.24 kNm	1362 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	60.97 kN	15.66 kN	44.70 kN	17.40 kN
2:	45.03 kN	11.62 kN	33.03 kN	12.91 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Normaalitolppien kuormitusten määräytyminen:

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys=rungon k-jako	0,6 m
Tolpan korkeus L	3,98 m
Kuorm. Pinta-ala	2,39 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist}		6,59 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkq _{rist}		10,54 kN
Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd _{rist}	Nd,max	23,38 kN

Tuulikuorma

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts. Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	7,89 m
qk(h)	0,6 kN/m ²

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	50,672 m
2*h	15,78 m
e	15,78 m
e/5	3,156 m

Painekertoimena käytetään nurkka-alueen painekerrointa, interpoloimalla 2m² pinta-alaan kertoimeksi saadaan 1,68

C _{p,net}	1,68
--------------------	------

Osapinnan nettopaine q _{w,k} =C _{p,net} *qk(h)	qw,k	1,008 kN/m²
--	-------------	-------------------------------

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w ja maksimimomentti Md

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	0,91 kN/m
M _{d,max} =Pd*I ² /8	Md,max	1,79 kNm

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

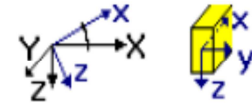
Normaalitolppa

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
Nimi: Normaalitolppa

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: C24
Poikkileikkaus: 48x197
($B=48$ mm, $H=197$ mm, $A=9456$ mm², $I_y=30581492$ mm⁴, $W_y=310472$ mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

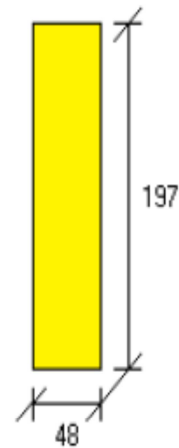
Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 3980.0
Yhteensä: 3980.0

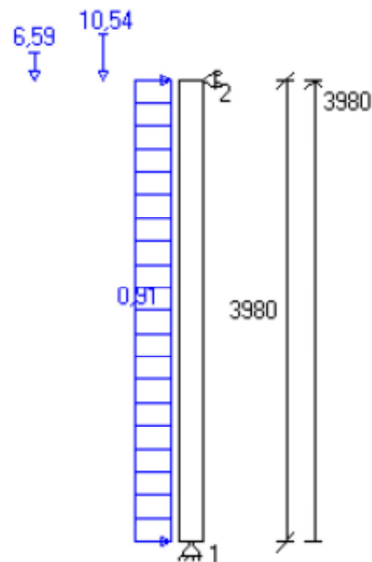
Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
2: 3980 Liukutuki (X)

$f_{m,k}$ (M_y): 24.00 N/mm²
 $f_{m,k}$ (M_z): 30.14 N/mm²
 $f_{c,0,k}$: 21.00 N/mm²
 $f_{c,90,k}$: 2.50 N/mm²
 $f_{t,0,k}$: 14.00 N/mm²
 $f_{v,k}$ (V_z): 4.00 N/mm²
 $f_{v,k}$ (V_y): 4.00 N/mm²
 E_{mean} : 11000 N/mm²
 G_{mean} : 690 N/mm²
 $E_{0.05}$: 7400 N/mm²
 $G_{0.05}$: 460 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40
Aikaluokka: kmod:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.800



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 6.59 kN x = 3980.0 mm (6,59)

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 10.54 kN x = 3980.0 mm (10,54)

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1: QX = 0.910 kN/m x = 0 - 3980 mm (0,91)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino

Finwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Normaalitolppa

Antti Hihnala

1.11.2014

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009**Kokonaiskäyttöaste:** 69.1 %**MITOITUSPARAMETRIT:****Taipumaraja $W_{net,fin}$:** L/300**Korotuskerroin, vasen uloke:** 2.00**Korotuskerroin, oikea uloke:** 2.00**Nurjahdus z-suuntaan:** $l_c = 1.00 \cdot L$ **Nurjahdus on estetty y suuntaan****Kiepahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	2.72 kN	19.81 kN	13.7 %	3980 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	23.39 kN	62.84 kN	37.2 %	2686 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.70 kNm	5.85 kNm	46.2 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus: ($M_y=2.70$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=18.65$ kN)	0.68	1.00	67.7 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
jänneväli 1, Winst:	9.2 mm	– mm	0.0 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	9.2 mm	13.3 mm	69.1 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):**

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	23.39 kN	2686 mm
$V_{z,max}$	2.72 kN	3980 mm
$M_{y,max}$	2.70 kNm	1990 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
Tuki:				
1:	0.00 kN	-2.72 kN	0.00 kN	-1.81 kN
2:	0.00 kN	-2.72 kN	0.00 kN	-1.81 kN

FZ:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
Tuki:				
1:	23.39 kN	5.93 kN	17.13 kN	6.59 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Normaalitolppa/alaohjauspuun tukipaine:

$$\text{Kaava: } \sigma_{c,90,d} = N_d / b * l_{\text{tuki}} \leq k_{c,J} * f_{c,90,d}$$

N _{d,max}		23,38 kN
Tuen leveys L _{tuki}		198 mm
Tolpan leveys b		48 mm
$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} * (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	f_{c,90,d}=	1,43 N/mm²
k _{mod} (kts. Taulukko 3.1)		0,8
f _{c,90,k} (kts. Taulukko 3.3)		2,5 N/mm ²
γ _M (kts. Taulukko 2.7)		1,4
Korotuskerroin k _{c,J} = k _{c,90} * (l _{c,90,ef} / l)		2,81
k _{c,90} (kts. Taulukko 3.1)		1,25
l _{c,90,ef} = 30 + b + 30	l _{c,90,ef}	108 mm
	k_{c,J} * f_{c,90,d}=	4,02 N/mm²
	σ_{c,90,d}=	2,46 N/mm²
	2,46 < 4,02	Ok!
Tukipaineen käyttöaste		61,24 %

Pielitolppien kuormitusten määräytyminen**Ikkuna-aukon pielitolpan mitoitus:**

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista

Ristikon k-jako 0,9 m

Kuorm.leveys= Aukon jänneväli/2+rungon k-jako/2 1,105 m

Tolpan korkeus L 3,98 m

Kuorm. Pinta-ala 4,40 m²**Pystykuormat**Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg_{rist} 12,13 kNHyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pqk_{rist} 19,41 kNPystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd_{rist} **Nd,max 43,06 kN****Tuulikuorma**

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts. Taulukko 2.2) 2

Rakennuksen korkeus h 7,89 m

qk(h) (kts. Kuva 2.4) 0,6 kN/m²

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b 50,672 m

2*h 15,78 m

e 15,78 m

e/5 3,156 m

Painekertoimena käytetään keski-alueen paine kerrointa, interpoloimalla 5m² pinta-alaan kertoimeksi saadaan 1,23 (kts. Taulukko 2.4)C_{p,net} 1,23Osapinnan nettopaine q_{w,k}=C_{p,net}*qk(h) **qw,k 0,738 kN/m²**

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w ja maksimimomentti Md

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys **Pd,w 1,22 kN/m**Md,max=Pd*I²/8 **Md,max 2,42 kNm**

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

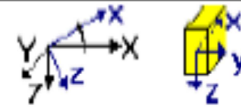
Ikkunapielitolppa

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

**PROJEKTIIDOT:**

Suunnittelija: Antti Hihnala
Nimi: Ikkunapielitolppa

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: C24
Poikkileikkaus: 2x48x197
(B=96 mm, H=197 mm, A=18912 mm², I_y=61162984 mm⁴, W_y=620944 mm³)
Kryttäluokka: 2
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)

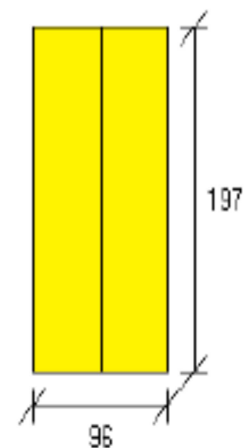
Uloke-/jännevälipituudet:

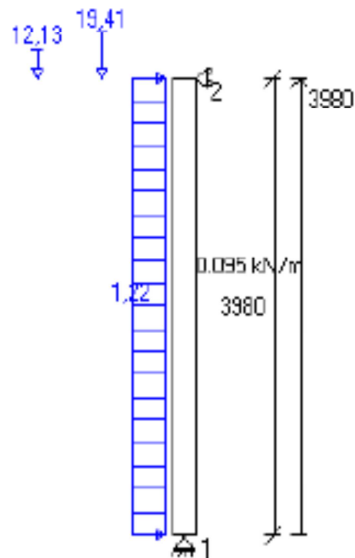
Uloke-/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 3980.0
Yhteensä: 3980.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Kiinteä nivelituki (X,Z)
2: 3980 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 24.00 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 26.24 N/mm²
f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
f_{t,0,k}: 14.00 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
E_{mean}: 11000 N/mm²
G_{mean}: 690 N/mm²
E 0.05: 7400 N/mm²
G 0.05: 460 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100
k_{def}: 0.800



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ = 12.13 kN	x = 3980.0 mm	(12,13)
Rakennesosan paino:	QZ = 0.095 kN/m	x = 0 - 3980 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 19.41 kN	x = 3980.0 mm	(19,41)
-----------------	---------------	---------------	---------

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1:	QX = 1.220 kN/m	x = 0 - 3980 mm	(1,22)
-----------------	-----------------	-----------------	--------

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino**Yhdistelmä 10 (KRT)**

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009**Kokonaiskäyttöaste:** 50.9 %**MITOITUSPARAMETRIIT:****Taipumaraja $W_{net,fin}$:** L/300**Korotuskertoimen, vasen uloke:** 2.00**Korotuskertoimen, oikea uloke:** 2.00**Nurjahdus z-suuntaan:** $L_c = 1.00 \cdot L$ **Nurjahdus on estetty y-suuntaan****Kiepahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.64 kN	39.63 kN	9.2 %	3980 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	43.50 kN	125.68 kN	34.6 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	3.62 kNm	11.71 kNm	30.9 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.51	1.00	50.9 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
($M_y=3.62$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=34.55$ kN)					
jänneväli 1, W_{inst} :	6.1 mm	— mm	0.0 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	6.1 mm	13.3 mm	46.3 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetkellinen):**

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	43.50 kN	0 mm
$V_{z,max}$	3.64 kN	3980 mm
$M_{y,max}$	3.62 kNm	1990 mm

TUKIREAKTIOT:**FX:**

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-3.64 kN	0.00 kN	-2.43 kN
2:	0.00 kN	-3.64 kN	0.00 kN	-2.43 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	43.50 kN	11.26 kN	31.92 kN	12.51 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot muut kuin vastavirta vastan

Ikkunapielitolppa/alaohjauspuun tukipaine:Kaava: $\sigma_{c,90,d} = N_d / b \cdot l_{tuki} \leq k_{c,J} \cdot f_{c,90,d}$

N _{d,max}		43,06 kN
Tuen leveys L _{tuki}		198 mm
Tolpan leveys b		96 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	f_{c,90,d}=	1,43 N/mm²
k _{mod} (kts. Taulukko 3.1)		0,8
f _{c,90,k} (kts. Taulukko 3.3)		2,5 N/mm ²
γ _M (kts. Taulukko 2.7)		1,4
Korotuskerroin k _{c,J} = k _{c,90} · (l _{c,90,ef} / l)		2,03
k _{c,90} (kts. Kuva 1)		1,25
l _{c,90,ef} = 30 + b + 30	l _{c,90,ef}	156 mm
	k_{c,J} · f_{c,90,d}=	2,90 N/mm²
	σ_{c,90,d}=	2,27 N/mm²
	2,27 < 2,90	Ok!
Tukipaineen käyttöaste		78,08 %

Pielitolppien kuormitusten määräytyminen**Oviaukon pielitolpan mitoitus:**

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys= Aukon jänneväli/2+rungon k-jako/2	1,91 m
Tolpan korkeus L	3,98 m
Kuorm. Pinta-ala	7,58 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist}	20,91 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkq _{rist}	33,46 kN

Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd _{rist}	Nd,max	74,24 kN
--	---------------	-----------------

Tuulikuorma

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts. Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	7,89 m

qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,6 kN/m ²
-----------------------	-----------------------

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	50,672 m
2*h	15,78 m
e	15,78 m
e/5	3,156 m

Paine kertoimena käytetään keski-alueen paine kerrointa, interpoloimalla 7,5m² pinta-alaan kertoimeksi saadaan 1,66 (kts. Taulukko 2.4)

C _{p,net}	1,18
--------------------	------

Osapinnan nettopaine q _{w,k} =C _{p,net} *qk(h)	qw,k	0,708 kN/m²
--	-------------	-------------------------------

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w ja maksimomomentti Md

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	2,02 kN/m
M _{d,max} =Pd*I ² /8	Md,max	4,00 kNm

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

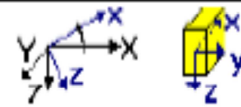
Oviaukon pielitolppa

Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
Nimi: Oviaukon pielitolppa

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: C24
Poikkileikkaus: 2x75x200
(B=150 mm, H=200 mm, A=30000 mm², I_y=100000000 mm⁴, W_y=1000000 mm³)
Käyttöluokka: 2
Seuramusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)

Ulko-/jännevälipituudet:

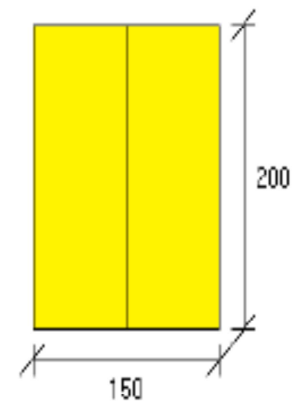
Ulko-/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1: 3980.0
Yhteensä: 3980.0

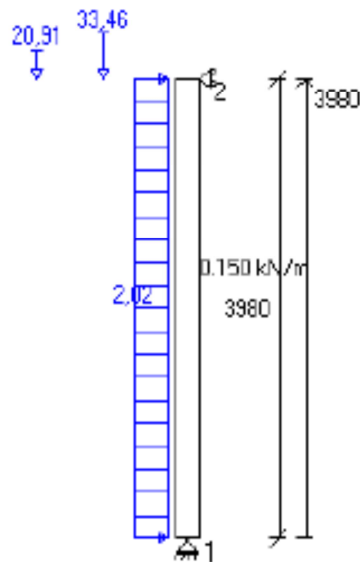
Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Kiinteä nivelteki (X,Z)
2: 3980 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 24.00 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 24.00 N/mm²
f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
f_{t,0,k}: 14.00 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
E_{mean}: 11000 N/mm²
G_{mean}: 690 N/mm²
E 0.05: 7400 N/mm²
G 0.05: 460 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

k_{def}: 0.800



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ = 20,91 kN	x = 3980,0 mm	(20,91)
Rakennesosan paino:	QZ = 0,150 kN/m	x = 0 - 3980 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-läikkuvuus = 100,0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 33,46 kN	x = 3980,0 mm	(33,46)
-----------------	---------------	---------------	---------

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1:	QX = 2,020 kN/m	x = 0 - 3980 mm	(2,02)
-----------------	-----------------	-----------------	--------

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0,90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1,00*1,35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Hyötykuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Hyötykuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Hyötykuorma + 1,00*1,50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Oviaukon pielitolppa

Antti Hihnala

1.11.2014

1.00*Omapaino**Yhdistelmä 10 (KRT)**

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:**Mitoitusstandardi:** EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009**Kokonaiskäyttöaste:** 53.1 %**MITOITUSPARAMETRIIT:****Taipumaraja $W_{net,fin}$:** L/300**Korotuskerroin, vasen uloke:** 2.00**Korotuskerroin, oikea uloke:** 2.00**Nurjahdus z-suuntaan:** $L_c = 1.00 \cdot L$ **Nurjahdus on estetty y-suuntaan****Kiepahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	6.03 kN	62.86 kN	9.6 %	3980 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	74.92 kN	203.76 kN	36.8 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	6.00 kNm	18.86 kNm	31.8 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus: ($M_y=6.00$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=59.52$ kN)	0.53	1.00	53.1 %	1990 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
jänneväli 1, W_{inst} :	6.2 mm	- mm	0.0 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	6.2 mm	13.3 mm	47.0 %	1990 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):**

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	74.92 kN	0 mm
$V_{z,max}$	6.03 kN	3980 mm
$M_{y,max}$	6.00 kNm	1990 mm

TUKIREAKTIOT:**FX:**

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-6.03 kN	0.00 kN	-4.02 kN
2:	0.00 kN	-6.03 kN	0.00 kN	-4.02 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	74.92 kN	19.36 kN	54.97 kN	21.51 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

Oviaukon pielitolppa/alaohjauspuun tukipaine:

$$\text{Kaava: } \sigma_{c,90,d} = N_d / b * l_{\text{tuki}} \leq k_{c,J} * f_{c,90,d}$$

N _{d,max}				74,24 kN
Tuen leveys L _{tuki}				200 mm
Tolpan leveys b				150 mm
$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} * (f_{c,90,k} / \gamma_M)$		fc,90,d=		1,43 N/mm²
k _{mod} (kts. Taulukko 3.1)				0,8
f _{c,90,k} (kts. Taulukko 3.3)				2,5 N/mm ²
γ _M (kts. Taulukko 2.7)				1,4
Korotuskerroin k _{c,J} = k _{c,90} * (l _{c,90,ef} / l)				1,75
k _{c,90} (kts. Kuva 1)				1,25
l _{c,90,ef} = 30 + b + 30		l _{c,90,ef}		210 mm
		k_{c,J} * f_{c,90,d} =		2,50 N/mm²
		σ_{c,90,d} =		2,47 N/mm²
	2,47	<	2,50	Ok!
Tukipaineen käyttöaste				98,99 %

Hallin pelti-eriste-peltiseinärakenteiden mitoituslaskelmat

Kuormitusten määräytyminen

Halli Pelti-eriste-pelti

Kattokuormat:

	μ_i	sk	KRT:	MRT:
Omapaino g			1 kN/m ²	1,15 kN/m ²
Lumi qk= μ_i *sk	0,8	2	1,6 kN/m ²	2,4 kN/m ²
KRT: G=g+q			2,6 kN/m ²	
MRT: Q=1,15*g+1,5*q			3,55 kN/m ²	

Kattorakenne:

Ristikon ja rungon mittatiedot

Alapaarteen pituus L	20,426 m
Vas. Räystäään pituus tuen reunasta L1	0,817 m
Oik. Räystäään pituus tuen reunasta L2	0,817 m
Vas. Räystäään pituus tuen keskeltä L1.1= L1+(b1/2)	0,937 m
Oik. Räystäään pituus tuen keskeltä L2.1=L2+(b2/2)	0,937 m
Tuen leveys b1 tuki1	0,24 m
Tuen leveys b2 tuki2	0,24 m
Jänneväli tuen keskeltä keskelle L3=L-(b1/2)-(b2/2)	20,186 m
Ristikon paksuus	48 mm
Ristikon k-jako	0,9 m
Puurungon k-jako	5,5 m
Puurungon korkeus	4,285 m
Kattokaltevuus	14 °

Ristikon tukireaktiot:

$$\text{KRT: } P_k = G * k\text{-jako} * L_{1.1} + G * k\text{-jako} * (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	9,93 kN	15,88 kN	25,81 kN
Oik. Tuki b	9,93 kN	15,88 kN	25,81 kN

$$\text{MRT: } P_d = Q * k\text{-jako} * L_{1.1} + Q * k\text{-jako} * (L_3/2)$$

	Omapaino	Hyötykuorma	Yhteensä
Vas. Tuki a	11,42 kN	23,82 kN	35,24 kN
Oik. Tuki b	11,42 kN	23,82 kN	35,24 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Halli Pelti-eriste-pelti, Aukkopalkki

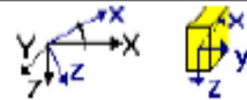
Antti Hihnala

1.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTTITIEDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala
 Projekti: Halli Pelti-eriste-pelti
 Nimi: Aukkopalkki

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: GL32c
 Poikkileikkaus: 240x495
 (B=240 mm, H=495 mm, A=118800 mm², I_y=2425747500 mm⁴, W_y=9801000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 5500 mm (pintakuormille)

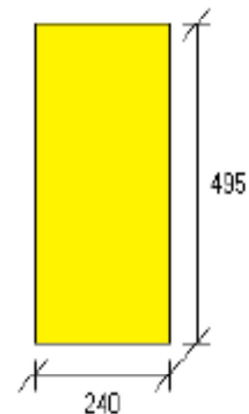
Uloke-/jännevälipituudet:

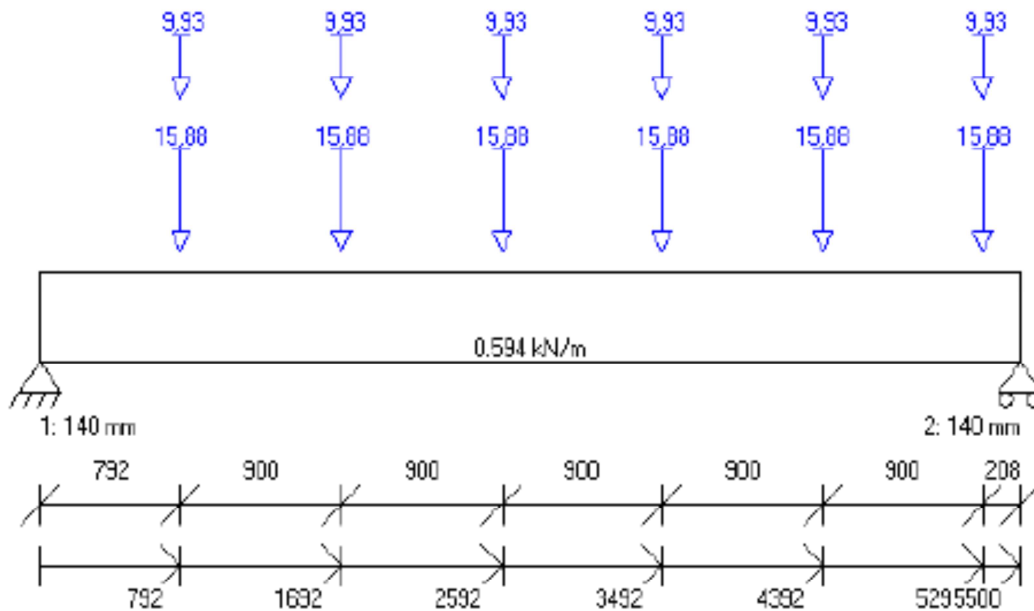
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 5500.0
 Yhteensä: 5500.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	140	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	5500	140	Liikutuki (Z)

f_{m,k} (M_y): 32.62 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 32.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 26.50 N/mm²
 f_{c,90,k}: 3.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 19.88 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 3.20 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 3.20 N/mm²
 E_{mean}: 13700 N/mm²
 G_{mean}: 780 N/mm²
 E 0.05: 11100 N/mm²
 G 0.05: 630 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
 Aikaluokka: k_{mod}:
 Pysyvä: 0.600
 Pitkäaikainen: 0.700
 Keskipitkä: 0.800
 Lyhytaikainen: 0.900
 Hetkellinen: 1.100
 k_{def}: 0.800



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1:	FZ = 9.93 kN	x = 792.0 mm	(9,93)
Pistekuorma: 2:	FZ = 9.93 kN	x = 1692.0 mm	(9,93)
Pistekuorma: 3:	FZ = 9.93 kN	x = 2592.0 mm	(9,93)
Pistekuorma: 4:	FZ = 9.93 kN	x = 3492.0 mm	(9,93)
Pistekuorma: 5:	FZ = 9.93 kN	x = 4392.0 mm	(9,93)
Pistekuorma: 6:	FZ = 9.93 kN	x = 5292.0 mm	(9,93)
Rakennesosan paino:	QZ = 0.594 kN/m	x = 0 - 5500 mm	

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 15.88 kN	x = 792.0 mm	(15,88)
Pistekuorma: 2:	FZ = 15.88 kN	x = 1692.0 mm	(15,88)
Pistekuorma: 3:	FZ = 15.88 kN	x = 2592.0 mm	(15,88)
Pistekuorma: 4:	FZ = 15.88 kN	x = 3492.0 mm	(15,88)
Pistekuorma: 5:	FZ = 15.88 kN	x = 4392.0 mm	(15,88)
Pistekuorma: 6:	FZ = 15.88 kN	x = 5292.0 mm	(15,88)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)
1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)
0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)
1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)
1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009
Kokonaiskäyttöaste: 97.1 %

MITOITUSPARAMETRI:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuserroin, vasen uloke: 2.00

Korotuserroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	118.82 kN	168.96 kN	70.3 %	5500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	152.35 kNm	213.15 kNm	71.5 %	2592 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	152.35 kNm	213.15 kNm	71.5 %	2592 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	96.37 kN	122.40 kN	78.7 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.82					
Tukipaine, tuki 2:	118.82 kN	122.40 kN	97.1 %	5500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.82					
jänneväli 1, Winst:	11.9 mm	13.8 mm	86.5 %	2750 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	17.4 mm	18.3 mm	94.9 %	2750 mm	Yhdistelmä 14/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	118.82 kN	5500 mm
My,max	152.35 kNm	2592 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	96.37 kN	25.43 kN	70.84 kN	28.26 kN
2:	118.82 kN	31.13 kN	87.29 kN	34.59 kN

Ristikko/Palkin tukipaine (MRT):

$$\text{Kaava: } \sigma_{c,90,d} = T_d / b * l_{tuki} \leq k_{c,J} * f_{c,90,d}$$

Tdristikko		35,24 kN
Palkin leveys L_{tuki}		240 mm
Ristikön paksuus b		48 mm
$f_{c,90,d} = k_{mod} * (f_{c,90,k} / \gamma_M)$	$f_{c,90,d} =$	2,00 N/mm ²
k_{mod} (kts. Taulukko 3.1)		0,8
$f_{c,90,k}$ (kts. Taulukko 3.3)		3 N/mm ²
γ_M (kts. Taulukko 2.7)		1,2
Korotuskerroin $k_{c,J} = k_{c,90} * (l_{c,90,ef} / l)$		3,38
$k_{c,90}$ (kts. Kuva 1)		1,5
$l_{c,90,ef} = 30 + b + 30$	$l_{c,90,ef}$	108 mm
	$k_{c,J} * f_{c,90,d} =$	6,75 N/mm ²
	$\sigma_{c,90,d} =$	3,06 N/mm ²
	3,06 < 6,75 Ok!	
Tukipaineen käyttöaste		45,32 %

Pilarien kuormitusten määräytyminen

Mastopilarin mitoitus:

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista	
Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys= Aukon jänneväli/2+rungon k-jako/2	5,50 m
Tolpan korkeus L	3,99 m
Kuorm. Pinta-ala	21,95 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist}	60,67 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist}	97,06 kN

Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd _{rist}	Nd,max	215,36 kN
--	---------------	------------------

Tuulikuorma

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts. Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	7,89 m

qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,6 kN/m ²
-----------------------	-----------------------

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	50,672 m
2*h	15,78 m
e	15,78 m
e/5	3,156 m

Painekertoimena käytetään keski-alueen painekerrointa, interpoloimalla 7,5m² pinta-alaan kertoimeksi saadaan 1,66 (kts. Taulukko 2.4)

C _{p,net}	1,18
--------------------	------

Osapinnan nettopaine q _{w,k} =C _{p,net} *qk(h)	qw,k	0,708 kN/m²
--	-------------	-------------------------------

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w ja maksimomentti Md

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	5,84 kN/m
---------------------------------	-------------	------------------

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

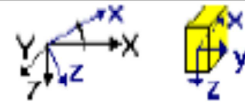
Mastopilari

Antti Hihnala

2.11.2014

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakennosalle. Laskelmissa esitetty rakennososan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTIIDOT:

Suunnittelija: Antti Hihnala

Nimi: Mastopilari

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: GL32c
Poikkileikkaus: 140x405
($B=140$ mm, $H=405$ mm, $A=56700$ mm², $I_y=775018125$ mm⁴, $W_y=3827250$ mm³)
Käyttöluokka: 1
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 5500 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

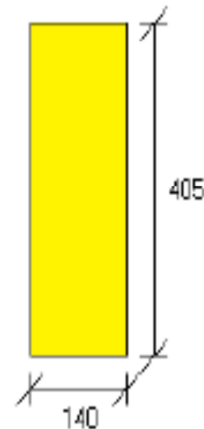
Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Oikea uloke: 3990.0
Yhteensä: 3990.0

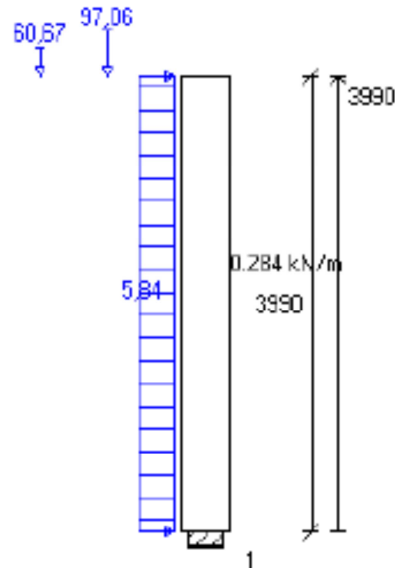
Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Säytkä tuki

$f_{m,k}$ (M_y): 33.28 N/mm²
 $f_{m,k}$ (M_z): 32.00 N/mm²
 $f_{c,0,k}$: 26.50 N/mm²
 $f_{c,90,k}$: 3.00 N/mm²
 $f_{t,0,k}$: 20.28 N/mm²
 $f_{v,k}$ (V_z): 3.20 N/mm²
 $f_{v,k}$ (V_y): 3.20 N/mm²
 E_{mean} : 13700 N/mm²
 G_{mean} : 780 N/mm²
 $E_{0.05}$: 11100 N/mm²
 $G_{0.05}$: 630 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
Aikaluokka: k_{mod} :
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

k_{def} : 0.600



**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 60.67 kN x = 3990.0 mm (60,67)
 Rakenneseosan paino: QZ = 0.284 kN/m x = 0 - 3990 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 97.06 kN x = 3990.0 mm (97,06)

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1: QX = 5.840 kN/m x = 0 - 3990 mm (5,84)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)**

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Mastopilari

Antti Hihnala

2.11.2014

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)**1.00*Omapaino****Yhdistelmä 10 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma****Yhdistelmä 11 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma****Yhdistelmä 12 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma****MITOITUS:****Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009****Kokonaiskäyttöaste: 84.5 %****MITOITUSPARAMETRI:****Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300****Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00****Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00****Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 2.50*L$** **Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00*L$** **Kiepahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	34.95 kN	74.29 kN	47.0 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	216.66 kN	391.22 kN	55.4 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	69.73 kNm	116.77 kNm	59.7 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.84	1.00	84.5 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=69.73 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=172.98 kN)					
Oikea uloke, Winst:	18.7 mm	– mm	0.0 %	3990 mm	Yhdistelmä 12/1
Oikea uloke, $W_{net,fin}$:	18.7 mm	26.6 mm	70.3 %	3990 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):****1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma****Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):****1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma****Yhdistelmä 12/1 :****1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma****VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	216.66 kN	0 mm
$V_{z,max}$	34.95 kN	0 mm
$M_{y,max}$	69.73 kNm	0 mm

TUKIREAKTIOT:**FX:**

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-34.95 kN	0.00 kN	-23.30 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	216.66 kN	55.62 kN	158.86 kN	61.80 kN

Pilarien kuormitusten määräytyminen**Nurkkapilarin mitoitus:**

Kuormitusalue ristikoiden ja aukon tiedoista

Ristikon k-jako	0,9 m
Kuorm.leveys=rungon k-jako/2	2,75 m
Tolpan korkeus L	3,99 m
Kuorm. Pinta-ala	10,97 m ²

Pystykuormat

Omapaino=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkg _{rist}	30,33 kN
Hyötykuorma=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pkq _{rist}	48,53 kN

Pystykuorma Nd,max=Kuorm.leveys/ristikon k-jako*Pd _{rist}	Nd,max	107,68 kN
--	---------------	------------------

Tuulikuorma

Aikaluokka: hetkellinen

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo qk(h)

Maastoluokka (kts. Taulukko 2.2)	2
Rakennuksen korkeus h	7,89 m
qk(h) (kts. Kuva 2.4)	0,6 kN/m ²

Paikallisen tuulenpaineen nettopaine kerroin

Nurkka alueen ulottuvuus e/5, e=min(b; 2h)

Rakennuksen suurempi sivumitta b	50,672 m
2*h	15,78 m
e	15,78 m
e/5	3,156 m

Paine kertoimena käytetään nurkka-alueen paine kerrointa, A>10m² kertoimeksi saadaan 1,5 (kts. Taulukko 2.4)

C _{p,net}	1,5
--------------------	-----

Osapinnan nettopaine q _{w,k} =C _{p,net} *qk(h)	qw,k	0,900 kN/m²
--	-------------	-------------------------------

Tuulesta aiheutuva metrikuorma Pd,w ja maksimimomentti Md

Pd,w= 1,5*qw,k*kuormitus leveys	Pd,w	3,71 kN/m
---------------------------------	-------------	------------------

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

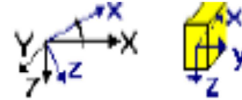
Nurkkapilari

Antti Hihnala

2.11.2014

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)
RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

**PROJEKTITIEDOT:**

Suunnittelija: Antti Hihnala

Nimi: Nurkkapilari

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
Materiaali: GL32c
Poikkileikkaus: 140x315
(B=140 mm, H=315 mm, A=44100 mm², I_y=364651875 mm⁴, W_y=2315250 mm³)
Käyttöluokka: 1
Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
Kulma: 90.0 astetta
Jako/kuormituslev.: 5500 mm (pintakuormille)

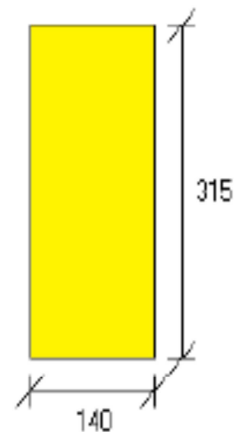
Uloke-/jännevälipituudet:

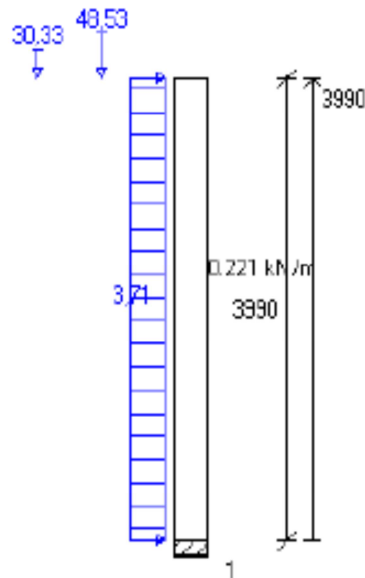
Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
Oikea uloke: 3990.0
Yhteensä: 3990.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
1: 0 Jäykkä tuki

f_{m,k} (M_y): 34.13 N/mm²
f_{m,k} (M_z): 32.00 N/mm²
f_{c,0,k}: 26.50 N/mm²
f_{c,90,k}: 3.00 N/mm²
f_{t,0,k}: 20.80 N/mm²
f_{v,k} (V_z): 3.20 N/mm²
f_{v,k} (V_y): 3.20 N/mm²
E_{mean}: 13700 N/mm²
G_{mean}: 780 N/mm²
E 0.05: 11100 N/mm²
G 0.05: 630 N/mm²
Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.20
Aikaluokka: k_{mod}:
Pysyvä: 0.600
Pitkäaikainen: 0.700
Keskipitkä: 0.800
Lyhytaikainen: 0.900
Hetkellinen: 1.100

k_{def}: 0.600

**KUORMITUSTIEDOT:****Omapaino (Omapaino, Pysyvä):**

Pistekuorma: 1: FZ = 30,33 kN x = 3990,0 mm (30,33)

Rakenneosan paino: QZ = 0,221 kN/m x = 0 - 3990 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100,0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 48,53 kN x = 3990,0 mm (48,53)

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1: QX = 3,710 kN/m x = 0 - 3990 mm (3,71)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:**Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)****0,90*Omapaino****Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)****1,00*1,35*Omapaino****Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)****1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Hyötykuorma****Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)****1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Hyötykuorma****Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)****1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*Hyötykuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma****Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)****1,00*1,15*Omapaino + 1,00*1,50*0,70*Hyötykuorma + 1,00*1,50*0,60*Tuulikuorma****Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)**

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma**Yhdistelmä 9 (KRT)****1.00*Omapaino****Yhdistelmä 10 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma****Yhdistelmä 11 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma****Yhdistelmä 12 (KRT)****1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma****MITOITUS:****Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009****Kokonaiskäyttöaste: 92.3 %****MITOITUSPARAMETRI:****Taipumaraja $W_{net,fin}$: 1/300****Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00****Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00****Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 2.50^*L$** **Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00^*L$** **Kiepahdus on estetty****Värähtelymitoitusta ei ole tehty****MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	22.20 kN	57.78 kN	38.4 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	108.69 kN	249.89 kN	43.5 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	44.30 kNm	72.43 kNm	61.2 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.86	1.00	86.4 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=44.30 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=86.85 kN)					
Oikea uloke, Winst:	24.6 mm	- mm	0.0 %	3990 mm	Yhdistelmä 12/1
Oikea uloke, $W_{net,fin}$:	24.6 mm	26.6 mm	92.3 %	3990 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):****1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Tuulikuorma****Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):****1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma****Yhdistelmä 12/1 :****1.00*Omapaino + 0.70*Hyötykuorma + 1.00*Tuulikuorma****VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	108.69 kN	0 mm
$V_{z,max}$	22.20 kN	0 mm
$M_{y,max}$	44.30 kNm	0 mm

TUKIREAKTIOT:**FX:**

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	-22.20 kN	0.00 kN	-14.80 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	108.69 kN	28.09 kN	79.74 kN	31.21 kN

Materiaalien määrä- ja kustannuslaskentataulukko

MÄÄRÄ- JA MATERIAALIEN KUSTANNUSLASKENTA TAULUKKO**Omakotitalo paikallarakennettava rankarunko alat**

	m ²
Seinäpinta-ala	162
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	20
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	142

Omakotitalo paikallarakennettava rankarunko

	kpl	jm	m ²	hukka-%	Talo 90 hukka-%	Kokonaismenekki	(ALV 24%)			€ (ALV 0%)	€ (ALV 24%)
							€/jm	€/m ²	€/kpl		
Runkotolpat/aukkojen kierrot 48x148 C24		329		10	5...15	361,8 jm	2,40			700,28	868,35
Ala- ja Yläjuoksut 48x148 C24		93		10	5...15	102,3 jm	2,40			198,00	245,52
Yläsidepuu 39x225 Kerto-S		16		10	5...15	17,3 jm	9,48			132,34	164,11
Yläsidepuu 48x198 C24		19		10	5...15	20,9 jm	3,75			63,21	78,38
Aukon ylitsepalkki 45x225 Kerto-S		27		10	5...15	29,7 jm	10,94			262,03	324,92
Kipsilevy GEK 13mm 1200x3000	32		103	10	8...15	113,3 m ²		17,82		459,87	570,24
Vaakakoolaus 48x48		701		10	5...10	771,1 jm	0,88			547,23	678,57
Mineraalivilla 50mm 6,61m ² /pak	42		261	5	2...7	274,1 m ²		29,90		1012,74	1255,8
Höyrynsulkumuovi 110m ² /rll	2		151	10	-	166,1 m ²		79,80		128,71	159,6
Mineraalivilla 150mm 3,31m ² /pak	33		104	5	2...7	109,2 m ²		35,20		936,77	1161,6
Tuulensuojalevy 12mm 3,24m ² /levy	48		141	10	7...13	155,1 m ²		11,50		445,16	552,00
Ristiinkoolaus 25x100		577		10	5...10	634,7 jm	0,70			358,30	444,29
Ulkooverhouspaneli UTV 23x120		1273		10	5...15	1400,3 jm	1,39			1569,69	1946,42
Yhteensä										6814,3	8449,8
										48	59
											€/m²

Omakotitalo pelti-eriste-pelti rakenteinen alat

	m ²
Seinäpinta-ala	162
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	20
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	143

Omakotitalo pelti-eriste-pelti runko

	kpl	jm	m ²	hukka-%	Talo 90 hukka-%	Kokonaismenekki	(ALV 24%)			€ (ALV 0%)	€ (ALV 24%)
							€/jm	€/m ²	€/kpl		
Runkotolpat Liimapuu 90x180 GL32c l=4000mm	20	78		10	5...15	85,8 jm		51,16		825,16	1023,20
Yläsidepuu 57x360 Kerto-S l=10000mm	2	20		10	5...15	22,0 jm		222,00		358,06	444,00
Yläsidepuu 57x360 Kerto-S l=7000mm	8	56		10	5...15	61,6 jm		155,00		1000,00	1240,00
Yläohjauspuu 48x173 C24		48		10	5...15	52,8 jm		3,80		161,81	200,64
Kipsilevy GEK 13mm 1200x3000	32		103	10	8...15	113,3 m ²		17,82		459,87	570,24
Pystykoolaus/aukkojen kierrot 48x48		313		10	5...10	344,3 jm	0,88			244,34	302,98
Mineraalivilla 50mm 6,61m ² /pak	17		110	5	2...7	115,5 m ²		29,90		409,92	508,3
Mineraalivilla 66mm 5,71m ² /pak	4		19	5	2...7	20,0 m ²		30,90		99,68	123,6
Pelti-villa-pelti paneeli 230mm, 2-laatu(sis. Tarv.)			108	10	-	108,0 m ²		30,69		2673,00	3314,52
Pystykoolaus 25x100		183		10	5...10	201,3 jm	0,70			113,64	140,91
Tuulensuojaeeriste Paroc WPB 3n 30mm	5		49	5	2...7	51,5 m ²		149,00		600,81	745
Ristiinkoolaus 22x100		229		10	5...10	251,9 jm	0,74			150,33	186,41
Ulkooverhouspaneli UTV 23x120		1273		10	5...15	1400,3 jm	1,39			1569,69	1946,42
Höyrynsulkumuovi 5,0 kg 3x9m	1		16	10	-	17,6 m ²		24,00		19,35	24
Kulmatanko teräs 60x60x3mm l=6000mm	16	67			-	67,0 jm		37,90		489,03	606,40
U-profiili kisko		29		10	-	31,9 jm	3,20			82,32	102,08
Pilarikenkä 91x60x150	20				-	20,0 kpl		2,49		40,16	49,80
Yhteensä										9297,2	11528,5
										65	81
											€/m²

Halli paikallarakennettava rankarunko alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	686
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	58
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	628

Halli paikallarakennettava rankarunko	kpl	jm	m ²	hukka-%	Talo 90 hukka-%	Kokonaismenekki	(ALV 24%)			€ (ALV 0%)	€ (ALV 24%)	
							€/jm	€/m ²	€/kpl			
Runkotolpat/aukkojen kierrot 48x198 C24		1158		10	5...15	1273,8 jm	3,75			3852,22	4776,75	
Ala- ja Yläjuoksut 48x198 C24		269		10	5...15	295,9 jm	3,75			894,86	1109,63	
Yläsidepuu 33x225 Kerto-S l=13000mm	14	156		10	5...15	171,6 jm		104,00		1174,19	1456,00	
Yläsidepuu 48x198 C24		41		10	5...15	45,1 jm	3,75			136,39	169,13	
Aukon ylityspalkki 45x260 Kerto-S l=5000mm	6	30		10	5...15	33,0 jm		63,20		305,81	379,20	
Aukon ylityspalkki 51x400 Kerto-S l=4000mm	6	21		10	5...15	23,1 jm		88,10		426,29	528,60	
Kipsilevy GEK 13mm 1200x3000	163		532	10	8...15	585,2 m ²		17,82		2342,47	2904,66	
Höyrynsulkumuovi 135m ² /rll	5		575	10	-	632,5 m ²		95,50		385,08	477,5	
Mineraalivilla 200mm 2,64m ² /pak	212		531	5	2...7	557,6 m ²		34,90		5966,77	7398,8	
Mineraalivilla 50mm 6,61m ² /pak	97		611	5	2...7	641,6 m ²		29,90		2338,95	2900,3	
Vaakakoolaus 48x48		1284		10	5...10	1412,4 jm	0,88			1002,35	1242,91	
Tuulensuojalevy kipsi 9mm 1200x3000	192		627	10	8...15	689,7 m ²		14,90		2307,10	2860,8	
Pystykoolaus 22x50		1123		10	5...10	1235,3 jm	0,44			438,33	543,53	
Vaakakoolaus 22x100		1225		10	5...10	1347,5 jm	0,74			804,15	997,15	
Sokkelipelti, muovipinnoitettu		142		10	-	156,2 jm	2,60			328,02	406,74	
Profiilipelti R-T15-115V-1134 h=4800	127		628	10	-	690,8 m ²			64,32	6587,61	8168,64	
Yhteensä										29290,6	36320,3	€
										47	58	€/m²

Halli pelti-eriste-pelti rakenteinen alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	682
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	58
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	624

Halli pelti-eriste-pelti rakenteinen	kpl	jm	m ²	hukka-%	Talo 90 hukka-%	Kokonaismenekki	(ALV 24%)			€ (ALV 0%)	€ (ALV 24%)	
							€/jm	€/m ²	€/kpl			
Liimapuupilari 140x405mm GL32c l=4500mm	16	72			-	72,0 jm		224,55		2897,42	3592,80	
Liimapuupilari 140x315mm GL32c l=4500mm	4	18			-	18,0 jm		174,6		563,23	698,40	
Liimapuupilari 90x225mm GL32c l=4500mm	12	54			-	54,0 jm		80,10		775,16	961,20	
Liimapuupalkki 240x495mm GL32c l=11000mm	6	66			-	66,0 jm		1150,00		5564,52	6900,00	
Liimapuupalkki 240x495mm GL32c l=11500mm	2	92			-	92,0 jm		1202,26		1939,13	2404,52	
Liimapuupalkki 240x495mm GL32c l=5600mm	2	92			-	92,0 jm		585,45		944,27	1170,90	
Yläsidepuu 51x260mm Kerto-S l=8000	4	32			-	32,0 jm		115,00		370,97	460,00	
Yläsidepuu 51x260mm Kerto-S l=4000	2	8			-	8,0 jm		57,30		92,42	114,60	
Pelti-villa-pelti paneeli 230mm, 1-laatu (sis. Tarv.)			682		-	682,0 m ²		66,56		36608,00	45393,92	
U-profiili kisko		142		10	-	156,2 jm	3,20			403,10	499,84	
Sokkelipelti, muovipinnoitettu		142		10	-	156,2 jm	2,60			328,02	406,74	
Yhteensä										50486,2	62602,9	€
										81	100	€/m²

Omakotitalon paikalla rakennettavien rankarunkoisten seinien työkustannukset ja menekit

KOKONAISKUSTANNUSTEN JA TYÖNKESTOJEN LASKENTA TAULUKKO

Kokonaiskustannukset ja työnkesto omakotitalo paikallarakennettava rankarunko

Omakotitalo paikallarakennettava rankarunko alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	162
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	20
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	142

Puurunkotyöt			
Työnosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Runko k600 lisäkoolauksella		0,45	114,2
Lisäkoolaus		0,17	139,9
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		0,37	139,9
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,05		
		Työmenekki T4 [tth/m ²]	
Runko k600 lisäkoolauksella		0,54	
Lisäkoolaus		0,21	
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		0,45	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)			
Runko k600 lisäkoolauksella		62,1	tth
Lisäkoolaus		28,7	tth
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		62,5	tth
	Yhteensä	153,28	tth
Työryhmä= RAM+RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=	(17,50+13,50)/2	KTA= 15,5	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=		16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Runko k600 lisäkoolauksella		3,88	tv
Lisäkoolaus		1,79	tv
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		3,91	tv
	Yhteensä	9,58	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Runko k600 lisäkoolauksella		961,8	€
Lisäkoolaus		445,1	€
2-kert. koolaus, ponttilaudoitus		968,8	€
	Yhteensä	2375,8	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		4110,1	€

Levytyö		
Työosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,12	103
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,07	141
TL3 lisäaikakerroin	1,15	
Suoritemäärä kerroin	1,10	
Levytykseen tehtävien aukkojen lukumäärä kerroin [ikkunoita,ovia/seinä-m ²]	1,10	
	Työmenekki T4 [tth/m²]	
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,17	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,10	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	17,2	tth
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	13,7	tth
	Yhteensä	30,93 tth
Työryhmä= RAM+RM		
RAM	17,50 €/tth	
RM	13,50 €/tth	
Työryhmän KTA= (17,50+13,50)/2	KTA= 15,5	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=	16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	1,07	tv
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,86	tv
	Yhteensä	1,93 tv
Työkustannukset (KTA*tth)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	266,6	€
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	212,9	€
	Yhteensä	479,5 €
Sotu-kerroin	1,73	
Työkust+sos.kulut	829,5	€

Lämmöneristys					
Työosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]		Suoritemäärä [m ²]	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,04		104	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,04		104	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,04		157	
Höyrynsulku		0,02		151	
Siivous		0,01		365	
TL3 lisäaikakerroin		1,20			
Suoritemäärä kerroin		1,10			
		Työmenekki T4 [tth/m²]			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,05			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,05			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,05			
Höyrynsulku		0,03			
Siivous		0,01			
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)					
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		5,5	tth		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		5,5	tth		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		8,3	tth		
Höyrynsulku		4,0	tth		
Siivous		4,8	tth		
		Yhteensä	28,08	tth	
Työryhmä= RAM+RM					
RAM	17,50 €/tth				
RM	13,50 €/tth				
Työryhmän KTA= (17,50+13,50)/2		KTA=	15,5	€/tth	
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=			16	tth/tv	
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)					
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,34	tv		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,34	tv		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,52	tv		
Höyrynsulku		0,25	tv		
Siivous		0,30	tv		
		Yhteensä	1,75	tv	
Työkustannukset (KTA*tth)					
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		85,1	€		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		85,1	€		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		128,5	€		
Höyrynsulku		61,8	€		
Siivous		74,7	€		
		Yhteensä	435,2	€	
Sotu-kerroin		1,73			
Työkust+sos.kulut		752,9	€		
Paikallarakennettavan rankarungon työkustannukset		5692	€		
Työmaatekniset kustannukset (Kattaa mm. Yleiskulut, Katteet,Riskivaraus)		1,12			
Hankinnat (Telinevuokraus)		815	€		
Paikallarakennettavan rankarungon työkustannukset yhteensä		6376	€		
Paikallarakennettavan rankarungon materiaalikustannukset		6815	€		
		Yhteensä (ALV 0%)	14005	€	99 €/m²
		Yhteensä (ALV 24%)	17367	€	122 €/m²
Paikallarakennettavan rankarungon työnkesto yhteensä		13	tv		

Omakotitalon suurelementtiseinien työkustannukset ja menekit

Kokonaiskustannukset ja työnkesto omakotitalo suurelementti

Omakotitalo suurelementti alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	162
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	20
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	142

Puuelementtityö			
Työosat:		Työmenekki T3 [tth/elem.]	Suoritemäärä [kpl]
Elementtien vastaanotto, väliavarastointi		0,01	6
Nosturisiirrot		0,20	6
Alasidepuiden asennus		0,34	6
Ulkoseinäelementtien asennus		1,15	6
Elementtien suojaus		0,01	6
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,20		
		Työmenekki T4 [tth/m ²]	
Elementtien vastaanotto, väliavarastointi		0,01	
Nosturisiirrot		0,28	
Alasidepuiden asennus		0,47	
Ulkoseinäelementtien asennus		1,59	
Elementtien suojaus		0,01	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Elementtien vastaanotto, väliavarastointi		0,1	tth
Nosturisiirrot		1,7	tth
Alasidepuiden asennus		2,8	tth
Ulkoseinäelementtien asennus		9,5	tth
Elementtien suojaus		0,1	tth
	Yhteensä	14,16	tth
Työryhmä=2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Elementtien vastaanotto, väliavarastointi		0,003	tv
Nosturisiirrot		0,07	tv
Alasidepuiden asennus		0,12	tv
Ulkoseinäelementtien asennus		0,40	tv
Elementtien suojaus		0,003	tv
	Yhteensä	0,59	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Elementtien vastaanotto, väliavarastointi		1,3	€
Nosturisiirrot		26,8	€
Alasidepuiden asennus		45,5	€
Ulkoseinäelementtien asennus		153,9	€
Elementtien suojaus		1,3	€
	Yhteensä	228,9	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		396,0	€

Levytyö			
Työnosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]	
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,12	103	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,07	28	
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,10		
Levytykseen tehtävien aukkojen lukumäärä kerroin [ikkunoita,ovia/seinä-m ²]	1,10		
	Työmenekki T4 [tth/m²]		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,17		
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,10		
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	17,2	tth	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	2,7	tth	
	Yhteensä	19,93	tth
Työryhmä= RAM+RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=	(17,50+13,50)/2	KTA=	15,5 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=		16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	1,07	tv	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,17	tv	
	Yhteensä	1,25	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	266,6	€	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	42,3	€	
	Yhteensä	308,9	€
Sotu-kerroin	1,73		
Työkust+sos.kulut	534,3	€	

Puurunkotyöt			
Työosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]	
1-kert. koolaus, ponttilaudoitus	0,34	28	
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,10		
	Työmenekki T4 [tth/m ²]		
1-kert. koolaus, ponttilaudoitus	0,43		
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
1-kert. koolaus, ponttilaudoitus	12,0	tth	
Työryhmä=1 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=	(17,50+13,50)/2	KTA=	15,50 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro=	3x8tth/tv=	16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
1-kert. koolaus, ponttilaudoitus	0,75	tv	
	Yhteensä	0,75	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
1-kert. koolaus, ponttilaudoitus	186,7	€	
	Yhteensä	186,7	€
Sotu-kerroin	1,73		
Työkust+sos.kulut	322,9	€	

Lämmöneristys			
Työnosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,04	104
Siivous		0,01	365
TL3 lisäaika kerroin		1,20	
Suoritemäärä kerroin		1,10	
		Työmenekki T4 [tth/m²]	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,05	
Siivous		0,01	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		5,5	tth
Siivous		4,8	tth
		Yhteensä	10,31 tth
Työryhmä= RAM+RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=	(17,50+13,50)/2	KTA=	15,5 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=		16	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		0,34	tv
Siivous		0,30	tv
		Yhteensä	0,64 tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)		85,1	€
Siivous		74,7	€
		Yhteensä	159,8 €
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		276,4	€
Suurelementti työkustannukset		1530	€
Työkustannusten laskelma-kerroin		1,12	
(Kattaa mm. Yleiskulut, Katteet, Riskivaraus)			
Hankinnat (Nosturivuokraus)		519	€
Suurelementti työkustannukset yhteensä		1713	€
Suurelementti materiaalikustannukset		14543	€
		Yhteensä (ALV 0%)	16775 €
		Yhteensä (ALV 24%)	20801 €
Suurelementti työnkesto yhteensä		3	tv

Omakotitalon pelti-eriste-peltiseinärakenteiden työkustannukset ja menekit

Omakotitalo pelti-eriste-pelti rakenteinen alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	162
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	20
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	143

Pilari- ja palkkielementti työt			
Työnosat:		Työmenekki T3 [tth/kpl]	Suoritemäärä [kpl]
Tavaran vastaanotto		0,01	30
Mittaus		0,04	30
Puupilarien asennus paikoilleen		0,55	20
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,65	10
Ruuviliitos kiinnitys		0,25	10
Suojaus ja silvous		0,01	30
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Työmenekki T4 [tth/kpl]			
Tavaran vastaanotto		0,01	
Mittaus		0,05	
Puupilarien asennus paikoilleen		0,6	
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,7	
Ruuviliitos kiinnitys		0,3	
Suojaus ja silvous		0,01	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)			
Tavaran vastaanotto		0,35	tth
Mittaus		1,38	tth
Puupilarien asennus paikoilleen		12,65	tth
Puupalkkien asennus paikoilleen		7,48	tth
Ruuviliitos kiinnitys		2,88	tth
Suojaus ja silvous		0,35	tth
	Yhteensä	25,1	tth
Työryhmä=2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Tavaran vastaanotto		0,01	tv
Mittaus		0,06	tv
Puupilarien asennus paikoilleen		0,53	tv
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,31	tv
Ruuviliitos kiinnitys		0,12	tv
Suojaus ja silvous		0,01	tv
	Yhteensä	1,0	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Tavaran vastaanotto		5,6	€
Mittaus		22,3	€
Puupilarien asennus paikoilleen		204,5	€
Puupalkkien asennus paikoilleen		120,8	€
Ruuviliitos kiinnitys		46,5	€
Suojaus ja silvous		5,6	€
	Yhteensä	405,3	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		701,2	€

Metallielementtityö			
Työnosat:	Työmenekki T3 [tth/m ² ,jm,siirto]	Suoritemäärä [m ² ,jm,siirto]	
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,01	108	
Nosturin valmistelu	16	1	
Siirrot, elementtikoko 3...8m ²	0,35	32	
Mittaus	0,02	108	
Asennus, kiinnitys nauha ruuveilla	0,09	108	
Tiivistys,tilkitseminen, listoitus	0,04	108	
Lopettavat työt	0,01	108	
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,20		
Ikkuna- ja oviaukkojen lukumäärä kerroin [ikkunoita,ovia/seinä-m ²]	1,05		
	Työmenekki T4 [tth/m²,jm,siirto]		
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,01		
Nosturin valmistelu	23,18		
Siirrot, elementtikoko 3...8m ²	0,51		
Mittaus	0,03		
Asennus, kiinnitys nauha ruuveilla	0,13		
Tiivistys,tilkitseminen, listoitus	0,06		
Lopettavat työt	0,01		
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	1,6	tth	
Nosturin valmistelu	23,2	tth	
Siirrot, elementtikoko 3...8m ²	16,2	tth	
Mittaus	3,1	tth	
Asennus, kiinnitys nauha ruuveilla	14,1	tth	
Tiivistys,tilkitseminen, listoitus	6,3	tth	
Lopettavat työt	1,6	tth	
	Yhteensä	66,02	tth
Työryhmä= 2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=	24	tth/tv	
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,1	tv	
Nosturin valmistelu	1,0	tv	
Siirrot, elementtikoko 3...8m ²	0,7	tv	
Mittaus	0,13	tv	
Asennus, kiinnitys nauha ruuveilla	0,59	tv	
Tiivistys,tilkitseminen, listoitus	0,26	tv	
Lopettavat työt	0,07	tv	
	Yhteensä	2,75	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	25,3	€	
Nosturin valmistelu	374,8	€	
Siirrot, elementtikoko 3...8m ²	262,4	€	
Mittaus	50,6	€	
Asennus, kiinnitys nauha ruuveilla	227,7	€	
Tiivistys,tilkitseminen, listoitus	101,2	€	
Lopettavat työt	25,3	€	
	Yhteensä	1067,3	€
Sotu-kerroin	1,73		
Työkust+sos.kulut	1846,4	€	

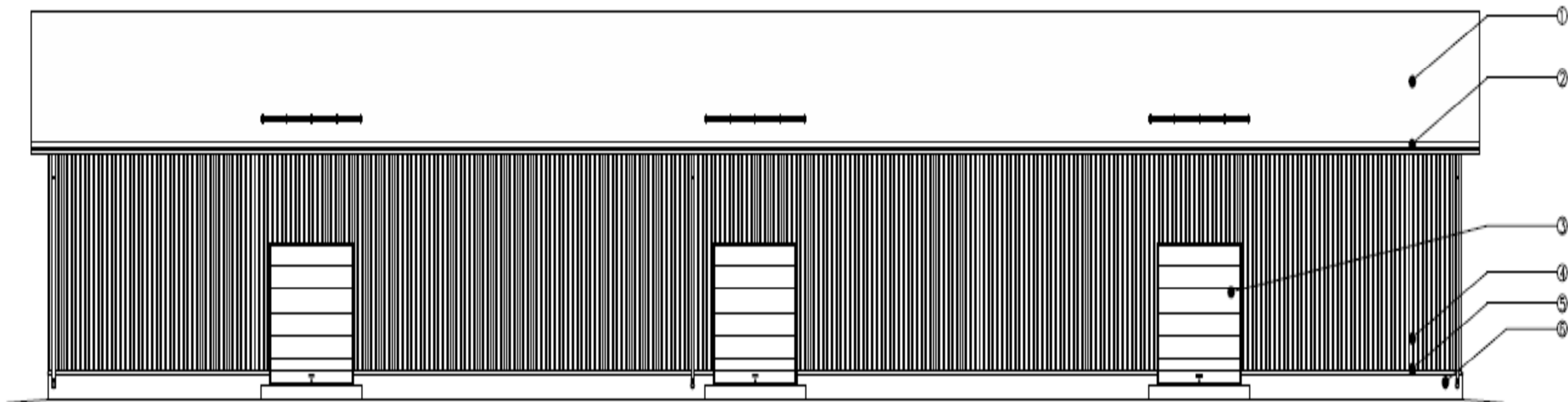
Puurunkotyöt			
Työosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Lisäkoolaus k600		0,17	104
1-kert. Koolaus,ponttilaudoitus		0,34	93
2-kert.Koolaus,ponttilaudoitus		0,37	47,6
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	1,05		
		Työmenekki T4 [tth/m ²]	
Lisäkoolaus k600		0,21	
1-kert. Koolaus,ponttilaudoitus		0,41	
2-kert.Koolaus,ponttilaudoitus		0,45	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Lisäkoolaus k600		21,3	tth
1-kert. Koolaus,ponttilaudoitus		38,2	tth
2-kert.Koolaus,ponttilaudoitus		21,3	tth
	Yhteensä	80,80	tth
Työryhmä=2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Lisäkoolaus k600		0,89	tv
1-kert. Koolaus,ponttilaudoitus		1,59	tv
2-kert.Koolaus,ponttilaudoitus		0,89	tv
	Yhteensä	3,37	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Lisäkoolaus k600		345,1	€
1-kert. Koolaus,ponttilaudoitus		617,3	€
2-kert.Koolaus,ponttilaudoitus		343,8	€
	Yhteensä	1306,2	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		2259,7	€

Levytyö		
Työosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,12	103
Tuulensuojalevytys	0,07	49
TL3 lisäaikakerroin	1,15	
Suoritemäärä kerroin	1,10	
Levytykseen tehtävien aukkojen lukumäärä kerroin [ikkunoita,ovia/seinä-m ²]	1,10	
	Työmenekki T4 [tth/m²]	
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,17	
Tuulensuojalevytys	0,09	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	17,2	tth
Tuulensuojalevytys	4,3	tth
	Yhteensä	21,54 tth
Työryhmä= 2 RAM+1 RM		
RAM	17,50 €/tth	
RM	13,50 €/tth	
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=	24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,72	tv
Tuulensuojalevytys	0,18	tv
	Yhteensä	0,90 tv
Työkustannukset (KTA*tth)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	278,0	€
Tuulensuojalevytys	70,1	€
	Yhteensä	348,2 €
Sotu-kerroin	1,73	
Työkust+sos.kulut	602,4	€

Lämmöneristys			
Työnosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,04	123	
Höyrynsulku	0,02	16	
Silvous	0,01	139	
TL3 lisäaikakerroin	1,20		
Suoritemäärä kerroin	1,10		
Työmenekki T4 [tth/m²]			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,05		
Höyrynsulku	0,03		
Silvous	0,013		
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	6,5	tth	
Höyrynsulku	0,4	tth	
Silvous	1,8	tth	
	Yhteensä	8,75	tth
Työryhmä= 2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,27	tv	
Höyrynsulku	0,02	tv	
Silvous	0,08	tv	
	Yhteensä	0,36	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	105,0	€	
Höyrynsulku	6,8	€	
Silvous	29,7	€	
	Yhteensä	141,5	€
Sotu-kerroin	1,73		
Työkust+sos.kulut	244,8	€	
Pelti-eriste-pelti rakenteisen työkustannukset	5654	€	
Työkustannusten laskelma-kerroin (Kattaa mm. Yleiskulut, Katteet,Riskivaraus)	1,12		
Hankinnat (Nosturin ja telneiden vuokraus)	1945	€	
Pelti-eriste-pelti rakenteisen työkustannukset yhteensä	6333	€	
Pelti-eriste-pelti rakenteisen materiaalikustannukset	9297	€	
	Yhteensä (ALV 0%)	17575	€
	Yhteensä (ALV 24%)	21793	€
Pelti-eriste-pelti rakenteisen työnkesto yhteensä	8	tv	

Rankarunkoisen hallin piirustukset

JULKISIVU EDESTÄ



① Kattohuopa Limoutra tiivissaumakate, väri grafiittimusta

② Rästyslauta, väri Valkoinen

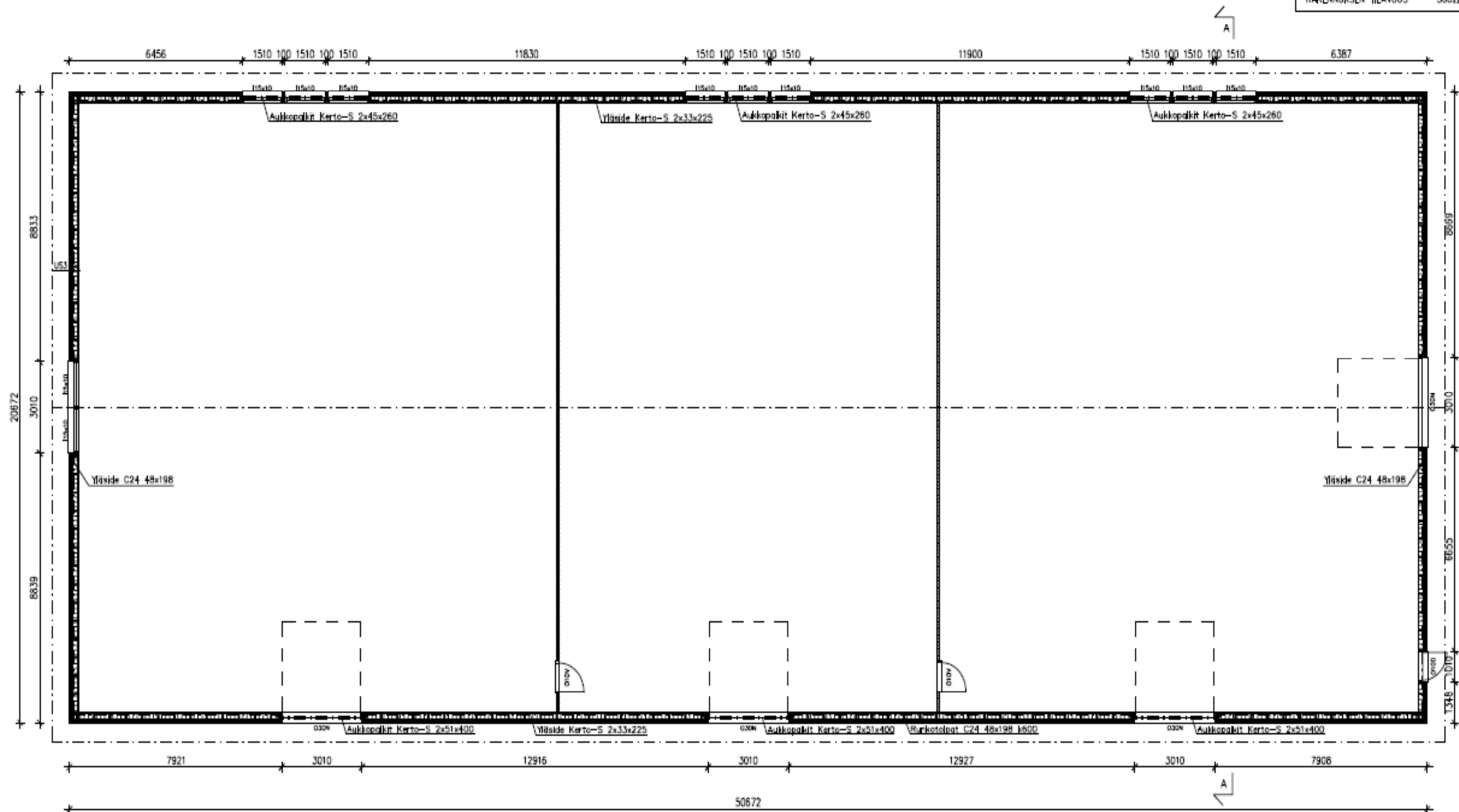
③ Nosto-ovet Alumiinipeltiä, väri Vaalean harmaa

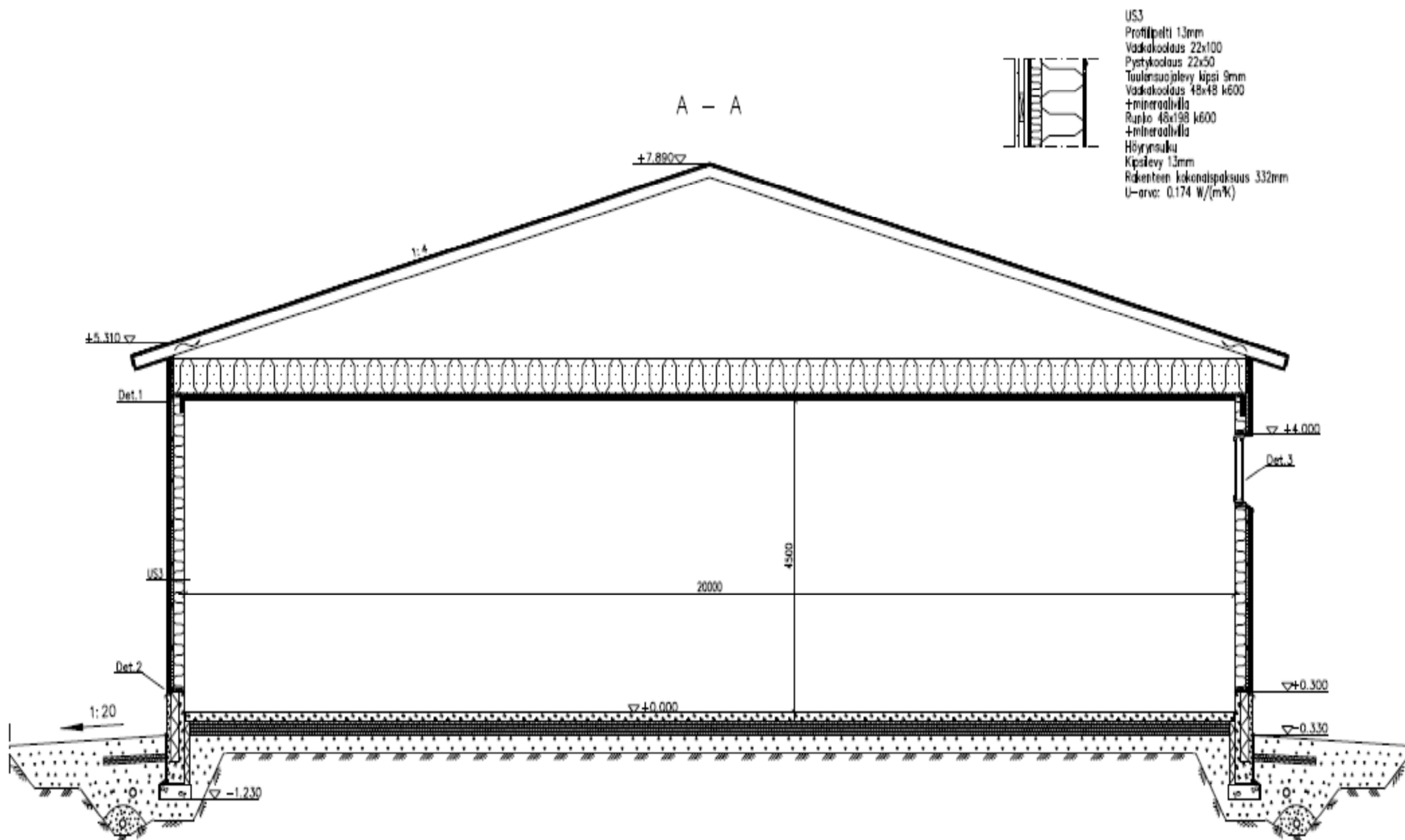
④ Seinäpelti Ruukki T15-115V-1134 13mm, väri RR23 Tumma harmaa

⑤ Sokkelpelti, väri RR21 Vaalea harmaa

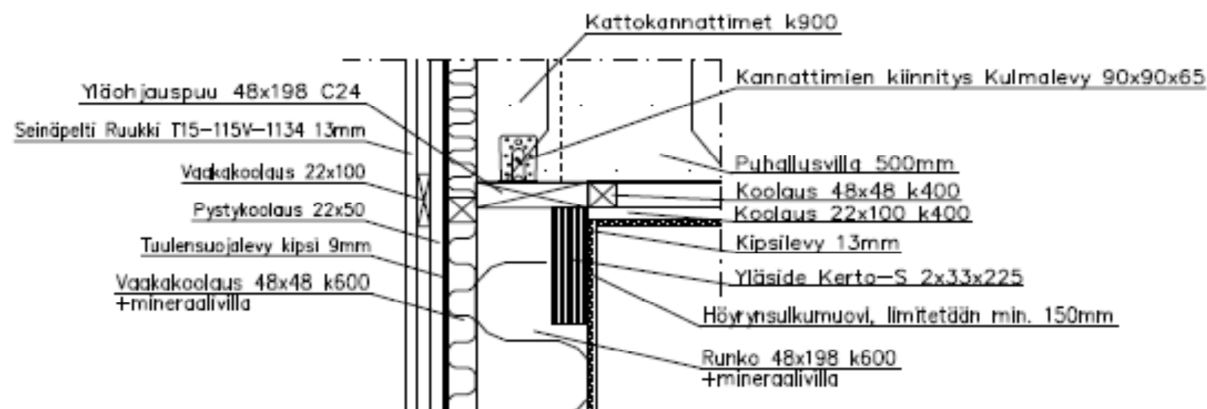
⑥ Sokkeli, Harmaa

RAKENNUKSEN LAAJUUSTIEDOT	
YHT.	1047,5m ²
KERROSALA	1000m ²
RAKENNUKSEN TILAVUUS	5662m ³

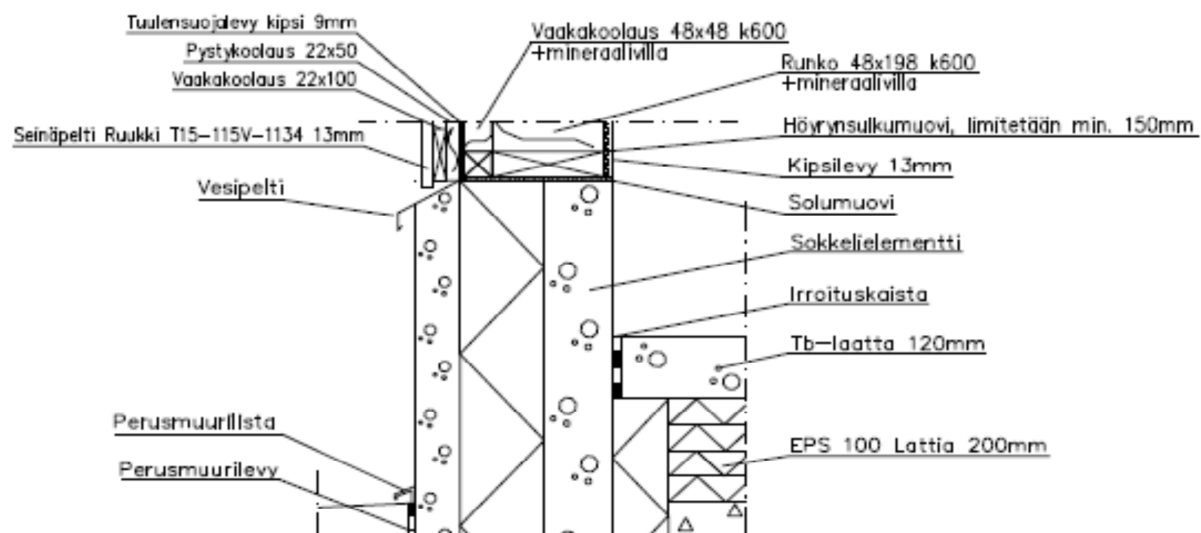




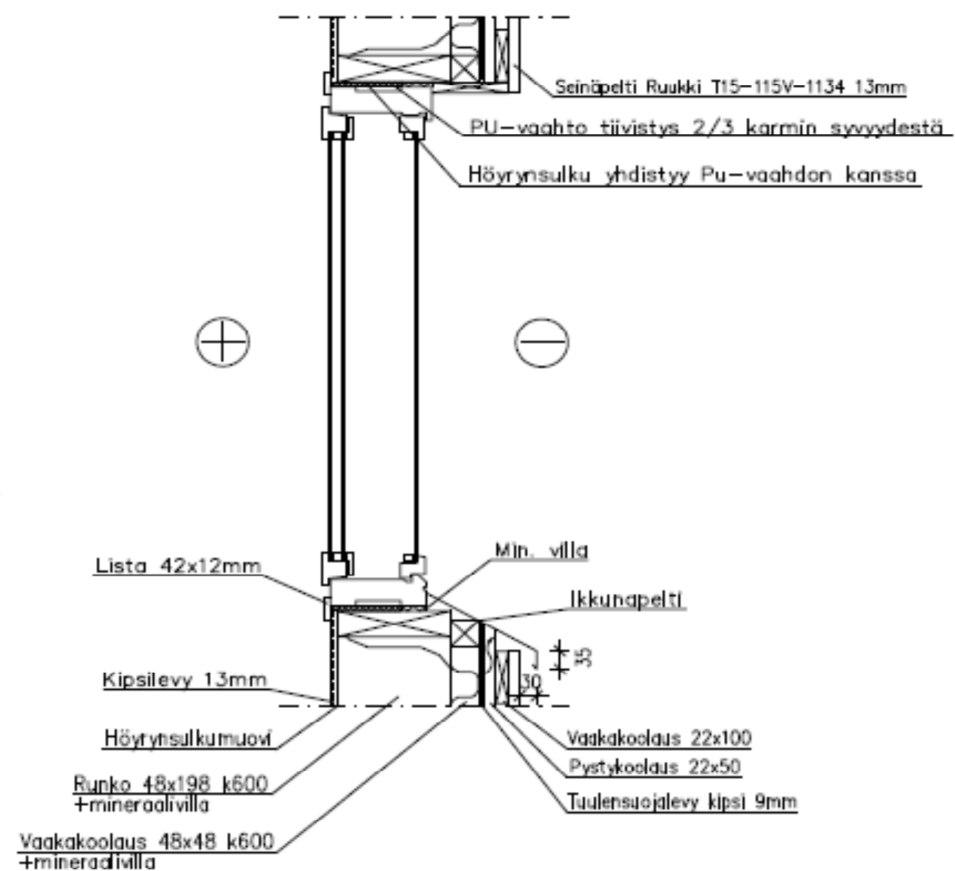
Det.1



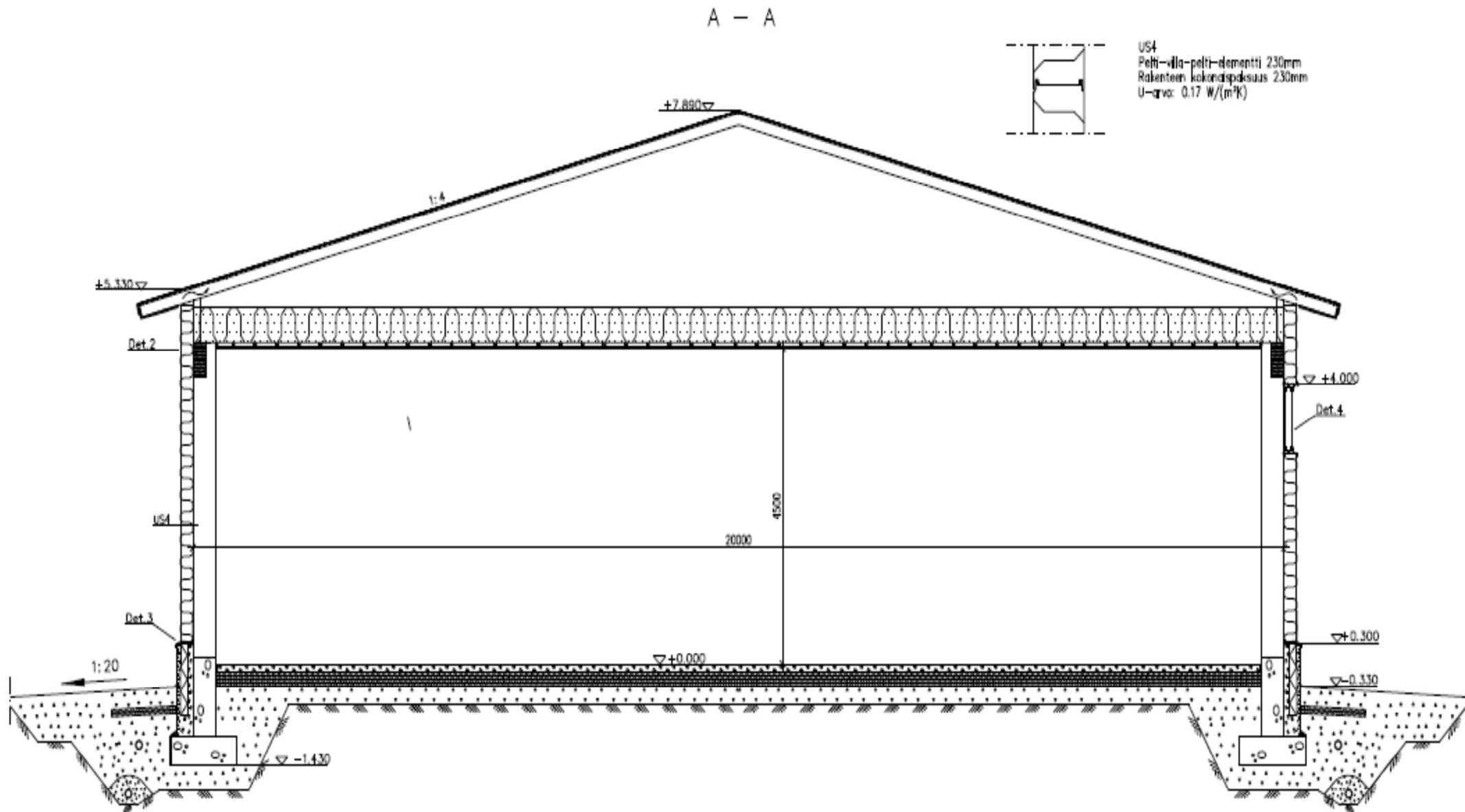
Det.2



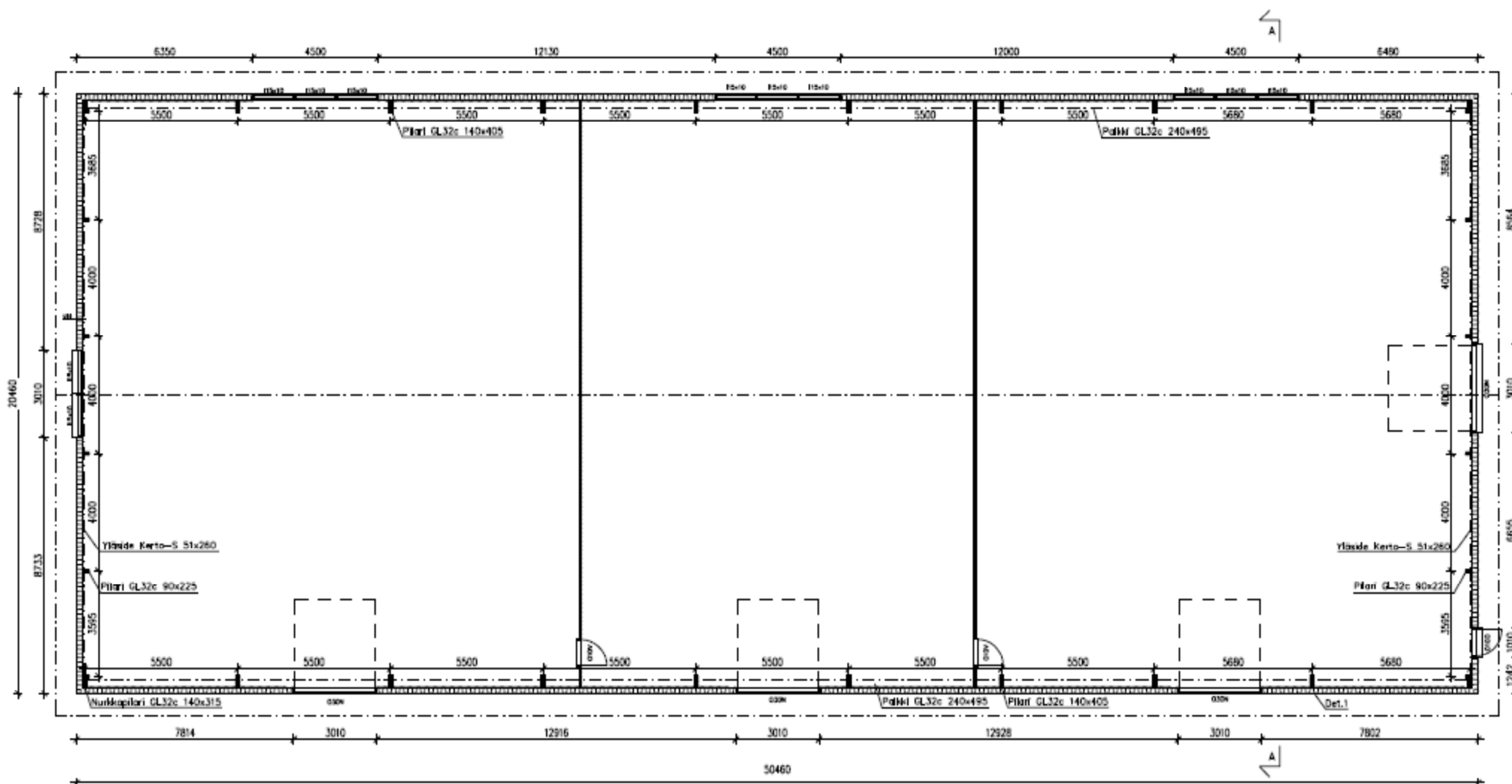
Det.3

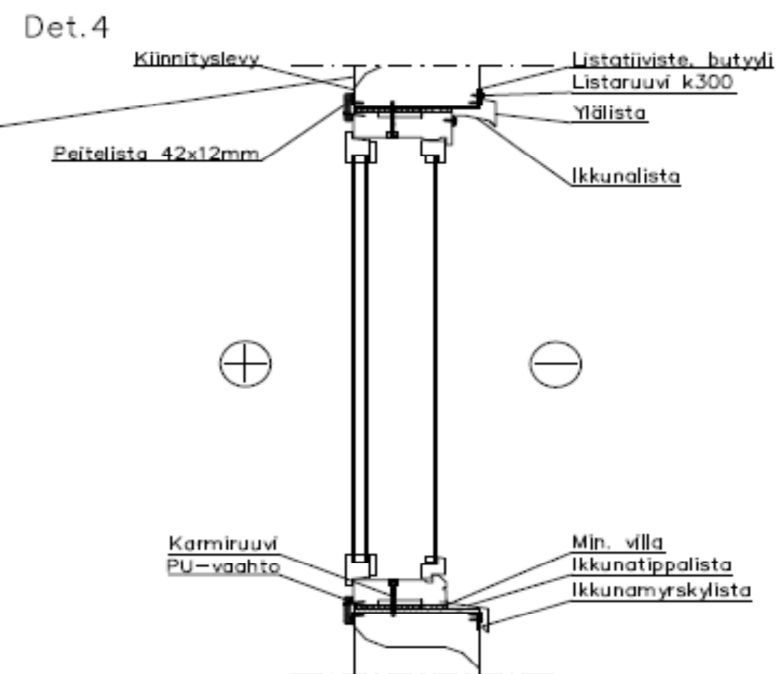
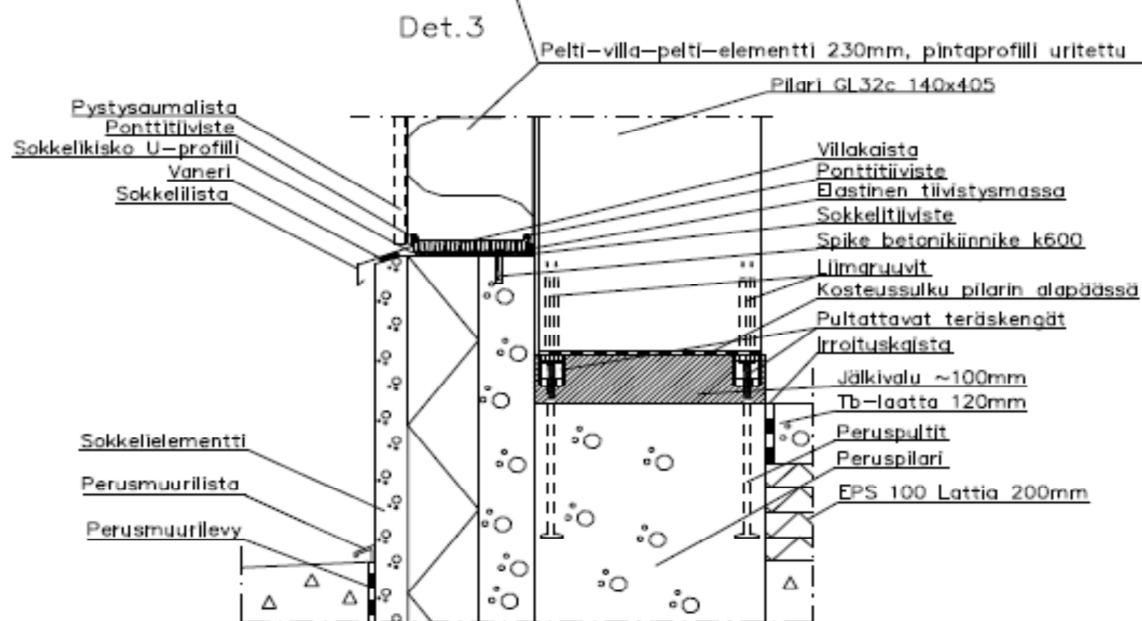
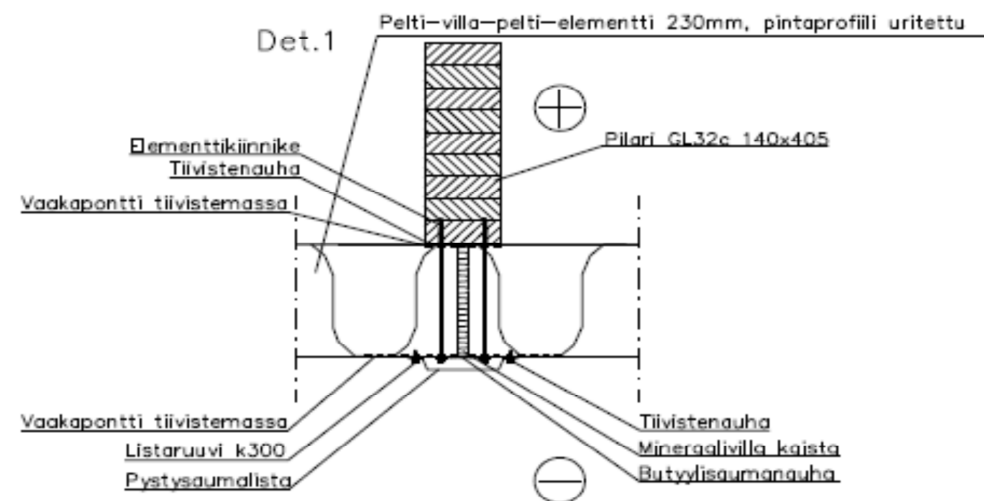
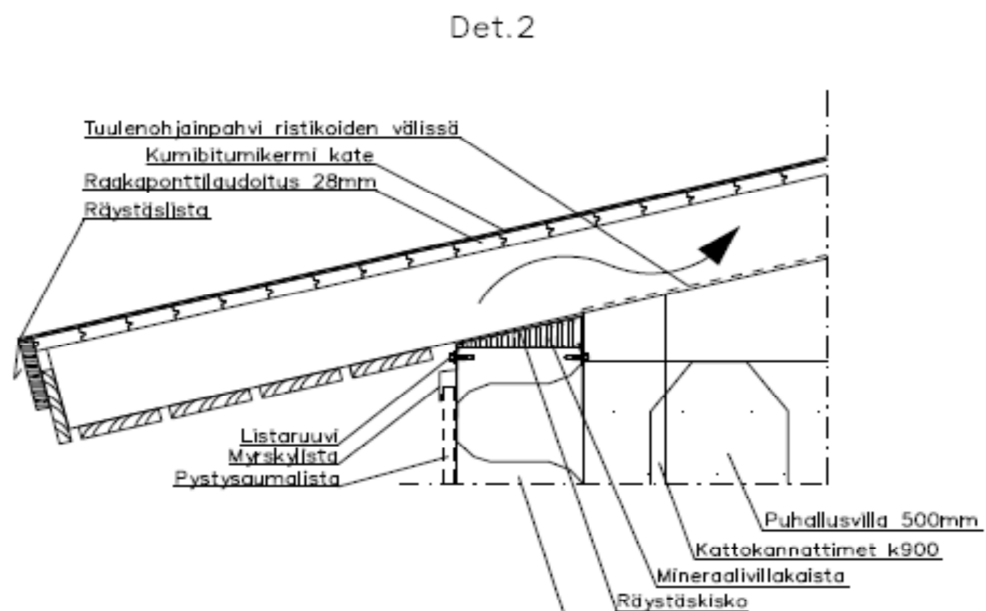


Pelti-eriste-peltirakenteisen hallin piirustukset



RAKENNUKSEN LAAJUUSTEIDOT	
	YHT.
KERROSALA	1032.5m ²
HUONEISTOALA	1000m ²
RAKENNUKSEN TILAVUUS	5580m ³





Hallin paikalla rakennettavien rankarunkoisten seinien työkustannukset ja menekit

Halli paikallarakennettava rankarunko alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	686
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	58
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	628

Puurunkotyöt			
Työnosat:		Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Runko k600 lisäkoolauksella		0,45	553
TL3 lisäaikakerroin	1,15		
Suoritemäärä kerroin	0,95		
		Työmenekki T4 [tth/m ²]	
Runko k600 lisäkoolauksella		0,49	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Runko k600 lisäkoolauksella		271,9	tth
Työryhmä=2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Runko k600 lisäkoolauksella		11,33	tv
	Yhteensä	11,33	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Runko k600 lisäkoolauksella		4395,2	€
	Yhteensä	4395,2	€
Sotu-kerroin		1,73	
Työkust+sos.kulut		7603,7	€

Levytyö		
Työnosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,12	532
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,07	627
TL3 lisäaikerroin	1,15	
Suoritemäärä kerroin	1,00	
Levytykseen tehtävien aukkojen lukumäärä kerroin [ikkunoita,ovia/seinä-m ²]	1,00	
Työmenekki T4 [tth/m²]		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	0,14	
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	0,08	
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	73,4	tth
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	50,5	tth
Yhteensä <u>123,89</u> tth		
Työryhmä= 2 RAM+1 RM		
RAM	17,50 €/tth	
RM	13,50 €/tth	
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3	KTA=	16,17 €/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=	24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	3,06	tv
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	2,10	tv
Yhteensä <u>5,16</u> tv		
Työkustannukset (KTA*tth)		
Sisäpuolinen levytys, kipsilevy	1186,9	€
Ulkopuolinen levytys, tuulensuojalevy	816,0	€
Yhteensä <u>2002,9</u> €		
Sotu-kerroin	1,73	
Työkust+sos.kulut	<u>3465,0</u>	€

Lämmöneristys			
Työosat:	Työmenekki T3 [tth/m ²]	Suoritemäärä [m ²]	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,04	531	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,04	611	
Höyrynsulku	0,02	575	
Siivous	0,01	1142	
TL3 lisäaikakerroin	1,20		
Suoritemäärä kerroin	0,95		
Työmenekki T4 [tth/m²]			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,05		
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	0,05		
Höyrynsulku	0,02		
Siivous	0,01		
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suoritemäärä*T4)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	24,2	tth	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	27,9	tth	
Höyrynsulku	13,1	tth	
Siivous	13,0	tth	
Yhteensä			
		78,20	tth
Työryhmä= 2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3			
		KTA= 16,17	€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 2x8tth/tv=			
		24	tth/tv
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	1,01	tv	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	1,16	tv	
Höyrynsulku	0,55	tv	
Siivous	0,54	tv	
Yhteensä			
		3,26	tv
Työkustannukset (KTA*tth)			
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	391,5	€	
Lämmöneristyslevyjen asennus, (/levykerros)	450,4	€	
Höyrynsulku	211,9	€	
Siivous	210,5	€	
Yhteensä			
		1264,3	€
Sotu-kerroin			
		1,73	
Työkust+sos.kulut			
		2187,2	€

Hallin pelti-eriste-peltiseinärakenteiden työkustannukset ja menokit

Halli pelti-eriste-pelti rakenteinen alat	
	m ²
Seinäpinta-ala	682
Ikkuna- ja oviaukkojen pinta-ala	58
Seinäpinta-ala ilman aukkoja	624

Pilari- ja palkkielementti työt			
Työosat:		Työmenekki T3 [tth/kpl,kerta]	Suoritemäärä [kpl,kerta]
Tavarán vastaanotto		0,01	48
Nosturin valmistelu		16	1
Mittaus		0,04	48
Puupilarien asennus paikoilleen		0,55	32
Juotosbetonointi		0,40	32
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,65	16
Ruuviliitos kiinnitys		0,25	16
Suojaus ja siivous		0,01	48
<hr/>			
TL3 lisäaikakerroin	1,20		
TL3 lisäaikakerroin (juotosbetonointi)	1,20		
Suoritemääräkerroin (juotosbetonointi)	1,10		
<hr/>			
Työmenekki T4 [tth/kpl,kerta]			
Tavarán vastaanotto		0,01	
Nosturin valmistelu		19,20	
Mittaus		0,05	
Puupilarien asennus paikoilleen		0,66	
Juotosbetonointi		0,53	
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,78	
Ruuviliitos kiinnitys		0,30	
Suojaus ja siivous		0,01	
<hr/>			
Työmenekki Työntekijätunnit (tth=Suuritemäärä*T4)			
Tavarán vastaanotto		0,6	tth
Nosturin valmistelu		19,2	tth
Mittaus		2,3	tth
Puupilarien asennus paikoilleen		21,1	tth
Juotosbetonointi		16,9	tth
Puupalkkien asennus paikoilleen		12,5	tth
Ruuviliitos kiinnitys		4,8	tth
Suojaus ja siivous		0,6	tth
Yhteensä		<u>77,95</u>	tth
<hr/>			
Työryhmä=2 RAM+1 RM			
RAM	17,50 €/tth		
RM	13,50 €/tth		
Työryhmän KTA=(17,50+17,50+13,50)/3		KTA=	16,17
			€/tth
Työryhmän työtehotunnit/työvuoro= 3x8tth/tv=		24	tth/tv
<hr/>			
Työnkesto työvuoroina= tth/(tth/tv)			
Tavarán vastaanotto		0,02	tv
Nosturin valmistelu		0,80	tv
Mittaus		0,10	tv
Puupilarien asennus paikoilleen		0,88	tv
Juotosbetonointi		0,70	tv
Puupalkkien asennus paikoilleen		0,52	tv
Ruuviliitos kiinnitys		0,20	tv
Suojaus ja siivous		0,02	tv
Yhteensä		<u>3,25</u>	tv

Apuvälineiden vuokrauskustannukset

Telineen vuokraus laskelma Omakotitalo rankarunko			
	(ALV 0%)		
Telineosat:	€/vrk/kpl	Menekki [kpl]	
Pohjaruuvi	0,10	28	
Pystysalko	0,14	28	
Juoksu	0,14	40	
Jokka	0,14	28	
Vinotuki	0,08	8	
Taso	0,24	56	
Tikasnousu	0,44	4	
Suojakaide	0,12	56	
Kustannukset [€/vrk]		38,8	€
Vuokra-aika 3 vko.			
Kustannukset (ALV 0%)		814,8	€
Kustannukset (ALV 24%)		1010,4	€

Kaluston vuokraus laskelma Omakotitalo Pelti-eriste-pelti rakenteinen				
	(ALV 0%)			
Telineosat:	€/vrk/kpl	Menekki [kpl]		
Pohjaruuvi	0,10	28		
Pystysalko	0,14	28		
Juoksu	0,14	40		
Jokka	0,14	28		
Vinotuki	0,08	8		
Taso	0,24	56		
Tikasnousu	0,44	4		
Suojakaide	0,12	56		
Kustannukset [€/vrk]		38,8		€
Vuokra-aika 13 vrk.				
	€/vrk.			
Kalusto:	1. vrk	Seur. vrk	Vuokra-aika [vrk.]	
Mininosturi	480	320	4	
Kustannukset (ALV 0%)			1944,4	€
Kustannukset (ALV 24%)			2411,1	€

Kaluston vuokraus laskelma Omakotitalo Suurelementti				
	(ALV 0%)			
Telineosat:	€/vrk/kpl	Menekki [kpl]		
Pohjaruuvi	0,10	28		
Pystysalko	0,14	28		
Juoksu	0,14	40		
Jokka	0,14	28		
Vinotuki	0,08	8		
Taso	0,24	56		
Tikasnousu	0,44	4		
Suojakaide	0,12	56		
Kustannukset [€/vrk]		38,8		€
Vuokra-aika 1 vrk.				
		€/vrk.		
Kalusto:	1. vrk		Vuokra-aika [vrk.]	
Mininosturi	480		1	
Kustannukset (ALV 0%)			518,8	€
Kustannukset (ALV 24%)			643,3	€

Kaluston vuokraus laskelma Halli rankarunko			
	(ALV 0%)		
Telineosat:	€/vrk/kpl	Menekki (kpl)	
Pohjaruuvi	0,10	12	
Pystysalko	0,14	12	
Juoksu	0,14	30	
Jokka	0,14	18	
Vinotuki	0,08	6	
Taso	0,24	58	
Tikasnousu	0,44	2	
Suojakaide	0,12	48	
Kustannukset [€/vrk]		30,6	€
Vuokra-aika 6 vko.			
	(ALV 0%)		
Kalusto:	€/vko	Vuokra-aika [vko.]	
Ajettava saksilava	625	6	
Kustannukset (ALV 0%)		5036,9	€
Kustannukset (ALV 24%)		6245,7	€

Kaluston vuokraus laskelma Halli Pelti-eriste-pelti rakenteinen			
	(ALV 0%)		
Kalusto:	€/vko	Vuokra-aika [vko.]	
Ajettava korinostin	665,5	2,5	
Mininosturi	1487,5	2,5	
Kustannukset (ALV 0%)		5382,5	€
Kustannukset (ALV 24%)		6674,3	€

Paikalla rakennettavan omakotitalon kokonaiskustannusarvio ja työmenekit

Rakennuslieto Oy
Kämsä 5kohteen koko- ja vaikeuskerroin: 1,12
aluekerroin: 1,00

Tilvis kustannuslaskelma (1)

Puurakenteinen pientalo 138 brm2

9.9.2014

Sisältää 138 bruttoneilömetrin laajuisen puurakenteisen pientalon kokonaiskustannusarvion.

						alv 22 %
						204 884 eur
						alv 0 %
Jarj. Talo90	kustannuserä	määrä	yks	erät	materiaalit	työt yhteensä
				77 448	68 280	167 948 eur
1 B	Pientalon rakennuttaminen (suppea, pienehkö kohde)	1 erä		20 650	0	20 650
2 C	Työmaateknikka, pientalo (paikallarakennettu puutalo)	1 erä		13 438	0	13 438
3 D	Aluerakenteet (pientalo)	1 erä		5 000	0	5 000
4 E	Pohjarakenteet (matalaperusteinen pientalo)	1 erä		14 000	0	14 000
5 F11	Harkkoperustus, kevytsoraharkkoperusmuuri h=1,0m, betoniantura 600 x 200	46,4 jm			5 634	2 485 8 120
6 F13	Maanvarainen betonilaatta 100 mm	121,5 m2			4 344	1 056 5 400
8 F31	Puurakenteinen ulkoseinä 341mm, UTV 23x120 paneeli	142 m2		815	6 811	6 376 14 002
8 F31	Päätykolmiot	16 m2			342	401 743
9 F31p	Ulkomaalaus öljymaailia 2 kertaan, höylätty puupinnat	158 m2			653	784 1 437
10 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 5 x 12	1 kpl			184	31 215
10 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 4 x 4	2 kpl			230	62 292
10 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 5 x 5	1 kpl			128	31 159
11 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 12 x 12	4 kpl			1 059	124 1 183
12 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 18 x 12	3 kpl			1 029	146 1 174
13 F33	Ulko-ovi, 10 x 21, 1 lasiaukko	1 kpl			488	41 529
13 F33	Ulko-ovi, 9 x 21, umpi	1 kpl			369	41 410
13 F33	Ulko-ovi, 9 x 21, Parvekeovi	1 kpl			358	41 399
14 F34	Julkisivun täydennysosat, pientalo	1 erä			132	0 132
14 F34	Terassilaatta, puu	15 m2			1 160	539 1 699
15 F34	Terassikalde, puu	12 jm			194	704 898
16 F41	Puurakenteinen yläpohja, kattotuolit, puhallettava mineraalivilla, kipsilevy	138 m2			4 731	3 748 8 479
16 F41	Kate, koneasaumattu pelkkate, ruoheet ja aluskate	184,4 m2			3 951	3 323 7 274
17 F42	Räystäs, NR-ristikko, lape	31,3 jm			295	432 727
17 F42	Räystäs, NR-ristikko, pääty	21 jm			293	290 583
19 F43	Pientalon yläpohjavarusteet	1 erä			1 762	174 1 937
20 F51	Sisäovi, saunan lasiovi	1 kpl			300	29 328
21 F51	Sisäovi pelliovi, 9 x 21 muotopuristettu	6 kpl			326	171 497
21 F51	Sisäovi pelliovi, 10 x 21 lasitettu	1 kpl			144	29 172
22 F51	Ovillistotus	82 jm			68	222 290
23 F52	Puurakenteinen seinä 92 mm, kipsilevy	87,2 m2			1 666	1 316 2 983
23 F52	Puurakenteinen seinä 174 mm, kipsilevy	18 m2			445	272 716
23 F52	Kalkkihiekkaharkkoseinä 85 mm	12,6 m2			192	368 560
24 F53	Alakatto, puurunko, kipsilevy	32,5 m2			270	683 953
25 F53	Alakatto, puurunko, paneeliverhouk 14 mm	9,5 m2			134	214 348
26 F57	Takkauuni	1 kpl			3 000	0 3 000
27 F57	Kevytsoraelementtihomli	6 jm			1 150	419 1 568
28 F61	Tasotuskäsittely 2,5 kertaa kipsilevyt, seinäpinnat	313,4 m2			378	1 146 1 525
29 F61	Laatoitus, seinälaatat 100 x 300 mm, märkätila	18 m2			473	427 900
30 F61	Vedeneristys, seinät, märkätila	18 m2			166	195 360

alvu 1

kohteen koko- ja valkeuskerroin: 1,12
aluekerroin: 1,00

Tilvis kustannuslaskelma (1)

Puurakenteinen pientalo 138 brm2

3.9.2014

Sisältää 138 bruttoneliömetrin laajuisen puurakenteisen pientalon kokonaiskustannusarvion.

						alv 22 %
						204 884 eur
						alv 0 %
jarj. Talo90	kustannuserä	määrä yks	erät	materiaalit	työt	yhteensä
			77 448	68 280	32 238	167 848 eur
31 F61	Saunan seinärakenteet, eristys, kuusipaneeli 15 mm	17,2 m2		298	449	747
32 F61	Maalaus, levypintojen maalaus kahteen kertaan, seinäpinnat	313,4 m2		483	913	1 396
33 F63	Muovimatto, joustovinyylimatto 2,6 mm	31,5 m2		282	223	505
34 F63	Vedeneristys, lattia	18 m2		193	195	388
35 F63	Laatoitus, lattia, 96 x 96 mm	18 m2		437	973	1 410
36 F63	Parketöityö, lautoaparketti 14 mm, tammi	63 m2		2 307	833	3 140
37 F63	Listoitus, jalkalista 12 x 32 mm, naulakiinnitys	93 jlm		70	199	269
38 F62	Tasoituskäsittely 2,5 kertaa kipsilevyt, kattopinnat	107 m2		129	365	494
39 F62	Maalaus 2 kertaan, levykatot	107 m2		165	411	576
40 F72	Pientalon varusteet - normaali taso	1 erä	1 000	0	0	1 000
41 F72	Saunan lauteet, L-malli, lämpökäsittely haapa	1 erä		259	305	564
42 F73	Pientalon kalusteet - normaali taso	1 erä		3 250	126	3 376
43 F73	Pientalon LV-kalusteet - Asunto	1 erä		1 380	264	1 644
44 F71	Pientalon kalusteet - normaali taso / asunto	1 erä		6 150	663	6 813
45 G	Pientalon vesi- ja viemärjärjestelmä, normaali	138 brm	5 244	0	0	5 244
46 G	Pientalon ilmanvaihtojärjestelmä, LTO	138 brm	4 830	0	0	4 830
47 H	Pientalon sähköjärjestelmä, normaali asuntotaso	138 brm	8 970	0	0	8 970
48 H	Pientalon sähkölämmitys	1 erä	3 500	0	0	3 500

kohteen koko- ja valkeuskerroin: 1,12
aluekerroin: 1,00

Työmenekit (8)

Kalkki laskelman kustannuserät, joissa on työmenekkejä

Puurakenteinen pientalo 138 brm²

Sisältää 138 bruttoneelömetrin laajuisen puurakenteisen pientalon kokonaiskustannusarvon.

9.9.2014

Jarj.	Talo90	kustannuserä	työntekijä	työmenekki	Josta aputyön osuus %	työtunnit 1035 t/h
				määrä		
5	F11	Harkkoperustus, kevytsoraharkkoperusmuuri h=1,0m, betoniantura 600 x 200		46,4 j/m	tth/jm	81
		muurari, rappari			1,76 50	81
6	F13	Maanvarainen betonilaatta 100 mm		121,5 m ²	tth/m ²	35
		betonimies			0,29 50	35
8	F31	Puurakenteinen ulkoseinä 341mm, UTV 23x120 paneeli		142 m ²	tth/m ²	212
		Kirvesmies			1,50 50	212
8	F31	Päätykolmiot		16 m ²	tth/m ²	13
		Kirvesmies			0,83 50	13
9	F31p	Ulkomaalaus öljymaalilla 2 kertaan, höyrytyt puupinnat		158 m ²	tth/m ²	25
		maalari			0,16 0	25
10	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 4 x 4		2 kpl	tth/kpl	2
		mittakirvesmies			1,03 50	2
10	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 5 x 12		1 kpl	tth/kpl	1
		mittakirvesmies			1,03 50	1
10	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 5 x 5		1 kpl	tth/kpl	1
		mittakirvesmies			1,03 50	1
11	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 12 x 12		4 kpl	tth/kpl	4
		mittakirvesmies			1,03 50	4
12	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 18 x 12		3 kpl	tth/kpl	5
		mittakirvesmies			1,62 50	5
13	F33	Ulko-ovi, 10 x 21, 1 lasilaukko		1 kpl	tth/kpl	1
		sisustuskirvesmies			1,37 50	1
13	F33	Ulko-ovi, 9 x 21, Parvekeovi		1 kpl	tth/kpl	1
		sisustuskirvesmies			1,37 50	1
13	F33	Ulko-ovi, 9 x 21, umpi		1 kpl	tth/kpl	1
		sisustuskirvesmies			1,37 50	1
14	F34	Terassilaatta, puu		15 m ²	tth/m ²	16
		mittakirvesmies			1,06	16
15	F34	Terassikalde, puu		12 j/m	tth/jm	21
		mittakirvesmies			1,73	21
16	F41	Kate, koneasaumattu peltikate, ruoteet ja aluskate		184,4 m ²	tth/m ²	111
		mittakirvesmies			0,60 50	111
16	F41	Puurakenteinen yläpohja, kattotuolit, puhallettava mineraalivilla, kipsilevy		138 m ²	tth/m ²	119
		mittakirvesmies			0,86 30	119
17	F42	Räystää, NR-ristikko, lape		31,3 j/m	tth/jm	14
		mittakirvesmies			0,46 50	14
17	F42	Räystää, NR-ristikko, pääty		21 j/m	tth/jm	10
		mittakirvesmies			0,46 50	10
19	F43	Pientalon yläpohjavarusteet		1 erä	tth/erä	6
		IV-ryhm. työntek.			6,00	6
20	F51	Sisäovi, saunan lasiovi		1 kpl	tth/kpl	1
		sisustuskirvesmies			0,95 50	1
21	F51	Sisäovi peiliovi, 10 x 21 lasitettu		1 kpl	tth/kpl	1
		sisustuskirvesmies			0,95 50	1
21	F51	Sisäovi peiliovi, 9 x 21 muotopuristettu		6 kpl	tth/kpl	6
		sisustuskirvesmies			0,95 50	6
22	F51	Ovillistotus		82 j/m	tth/jm	7
		sisustuskirvesmies			0,08 0	7
23	F52	Kalkkihlekkaharkkoseinä 85 mm		12,6 m ²	tth/m ²	11
		muurari, rappari			0,86 10	11

kohteen koko- ja valkeuskerroin: 1,12
aluekerroin: 1,00

Työmenekit (8)

Kaikki laskelman kustannuserät, joissa on työmenekkejä

Puurakenteinen pientalo 138 brm²

9.9.2014

Sisältää 138 bruttoneliömetrin laajuisen puurakenteisen pientalon kokonaiskustannusarvion.

Jarj.	Talo90	kustannuserä	työntekijä	määrä	työmenekki	josta aputyön osuus %		työtunnit 1035 tth
23	F52	Puurakenteinen seinä 174 mm, kipsilevy mittakirvesmies		18 m ²	tth/m ²	0,50	50	9
23	F52	Puurakenteinen seinä 92 mm, kipsilevy mittakirvesmies		87,2 m ²	tth/m ²	0,50	50	44
24	F53	Alakatto, puurunko, kipsilevy sisustuskirvesmies		32,5 m ²	tth/m ²	0,70	50	23
25	F53	Alakatto, puurunko, paneeliverhouk 14 mm sisustuskirvesmies		9,5 m ²	tth/m ²	0,75	50	7
27	F57	Kevytsoraelementtihormi muurari, rappari		6 jm	tth/jm	2,00		12
28	F61	Tasoituskäsittely 2,5 kertaa kipsilevyt, seinäpinnat maalari		313,4 m ²	tth/m ²	0,12	0	37
29	F61	Laatoitus, seinälaatat 100 x 300 mm, märkätila laattamies		18 m ²	tth/m ²	0,68	0	12
30	F61	Vedeneristys, seinät, märkätila laattamies		18 m ²	tth/m ²	0,31	0	6
31	F61	Saunan seinärakenteet, eristys, kuusipaneeli 15 mm sisustuskirvesmies		17,2 m ²	tth/m ²	0,77		13
32	F61	Maalaus, levypintojen maalaus kahteen kertaan, seinäpinnat maalari		313,4 m ²	tth/m ²	0,09		29
33	F63	Muovimatto, joustovinyylimatto 2,6 mm mattomies		31,5 m ²	tth/m ²	0,24	10	7
34	F63	Vedeneristys, lattia laattamies		18 m ²	tth/m ²	0,31	0	6
35	F63	Laatoitus, lattia, 96 x 96 mm laattamies		18 m ²	tth/m ²	1,55	0	28
36	F63	Parkettityö, lautaparketti 14 mm, tammi sisustuskirvesmies		63 m ²	tth/m ²	0,39	0	25
37	F63	Lietoitus, jalkalista 12 x 32 mm, naulakiinnitys sisustuskirvesmies		93 jm	tth/jm	0,06	0	6
38	F62	Tasoituskäsittely 2,5 kertaa kipsilevyt, kattopinnat maalari		107 m ²	tth/m ²	0,11		12
39	F62	Maalaus 2 kertaan, levykatot maalari		107 m ²	tth/m ²	0,12		13
41	F72	Saunan lauteet, L-malli, lämpökäsittely haapa sisustuskirvesmies		1 erä	tth/erä	9,00	0	9
42	F73	Pientalon lattiat - normaali taso LVI-asentaja /sähköasentaja		1 erä	tth/erä	4,00	10	4
43	F73	Pientalon LV-lattiat - Asunto LVI-asentaja /sähköasentaja		1 erä	tth/erä	8,00	0	8
44	F71	Pientalon kalusteet - normaali taso / asunto sisustuskirvesmies		1 erä	tth/erä	20,00	10	20

Paikalla rakennettavan hallin kokonaiskustannusarvio ja työmenekit

Rakennustieto Oy
Klara.biz 5

kohteen koko- ja vaikeuskerroin: 1,12

aluekerroin: 1,00

Tiivis kustannuslaskelma (1)

Halli paikallarakennettava rankarunko

12.9.2014

							alv 22 %
							582 604 eur
jarj. Talo90	kustannuserä	määrä yks	erät	materiaalit	työt	alv 0 % yhteensä	
							eur
							228 651
							159 886
							89 008
							477 544
1 B	Rakennuttaminen (ammattimaisesti rakennutetut kohteet, n 0,5 milj eur kohde)	1 erä	45 000	0	0	45 000	
2 C	Työmaatekniikka, ammattimaisesti rakennutetut kohteet (n. 0,5 milj euron kohde)	1 erä	33 500	0	0	33 500	
4 E	Pohjarakenteet - rakennuksen maankaivutyöt	650 m3	8 450	0	0	8 450	
4 E	Pohjarakenteet - rakennuksen sisä- ja ulkopuoliset täytöt	650 m3	13 000	0	0	13 000	
5 F11	Sokkelielementti 350mm, paikalla valettava betoniantura	143 jm		20 719	5 760	26 480	
6 F13	Teräsbetonialapohja 120 mm,	1000 m2		32 645	10 406	43 051	
7 F31	Ulkoseinä 332mm, Profiilipelti	628 m2	5 037	29 291	23 284	57 611	
7 F31	Päätykolmiot	57 m2		1 175	1 382	2 557	
8 F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 15 x 10	11 kpl		3 084	340	3 424	
9 F33	Ulko-ovi, paneeliulko-ovi	1 kpl		314	41	355	
10 F33	Ovi, Nosto-ovi 30 x 30, automatiikalla	3 kpl		2 880	135	3 015	
11 F41	Puurakenteinen yläpohja, kattotuolit, puhallettava mineraalivilla, 2-kert. kipsilevytyt	1048 m2		35 560	22 243	57 803	
12 F41	Kate, tiivissaumakate, raakaponttilauta	1179 m2		17 700	9 560	27 260	
13 F42	Räystä, NR-ristikko, lape	104 jm		1 890	1 437	3 327	
14 F42	Räystä, NR-ristikko, pääty	45 jm		1 012	622	1 634	
15 F43	Yläpohjavarusteet	1 erä		2 622	256	2 878	
16 F51	Sisäovi laakaovi	2 kpl		75	57	132	
17 F52	Puurakenteinen seinä 92 mm, kipsilevy	176 m2		3 248	2 537	5 785	
18 F61	Maalaus, maalaus kahteen kertaan	1352 m2		2 083	4 191	6 275	
19 F61	Tasotuskäsittely 1,5 kertaa	1352 m2		950	2 934	3 884	
20 F63	Maalaus, betonilattia, 2 kertaan epoksireaktiomaalilla	1000 m2		4 118	3 720	7 839	
24 G	Vesi- ja viemärijärjestelmä	1048 brm	39 824	0	0	39 824	
25 F73	LV-laitteet	1 erä		520	101	621	
26 G	Ilmanvaihtojärjestelmä, normaali	1048 brm	15 720	0	0	15 720	
27 H	Sähköjärjestelmä	1048 brm	68 120	0	0	68 120	

kohteen koko- ja vaikeuskerroin: 1,12
 aluekerroin: 1,00

Työmenekit (8)

Halli paikallarakennettava rankarunko

12.9.2014

Kaikki laskelman kustannuserät, joissa on työmenekkejä

jarj.	Talo90	kustannuserä	työntekijä	määrä	työmenekki	josta aputyön osuus %	työtunnit 2879 tth
5	F11	Sokkelielementti 350mm, paikalla valettava betoniantura		143 jm	tth/jm		189
		elementtiasentaja			1,32	50	189
6	F13	Teräsbetonialapohja 120 mm,		1000 m2	tth/m2		341
		betonimies			0,34	50	341
7	F31	Päätykolmiot		57 m2	tth/m2		44
		mittakirvesmies			0,77	33	44
7	F31	Ulkoseinä 332mm, Profiilipelti		628 m2	tth/m2		743
		mittakirvesmies			1,18	33	743
8	F32	MSE/AL puualumiini-ikkunat 15 x 10		11 kpl	tth/kpl		11
		mittakirvesmies			1,03	50	11
9	F33	Ulko-ovi, paneeliulko-ovi		1 kpl	tth/kpl		1
		sisustuskirvesmies			1,37	50	1
10	F33	Ovi, Nosto-ovi 30 x 30, automatiikalla		3 kpl	tth/kpl		5
		sisustuskirvesmies			1,50	50	5
11	F41	Puurakenteinen yläpohja, kattotuolit, puhallettava mineraalivilla, 2-kert. kipsilevytyt		1048 m2	tth/m2		709
		mittakirvesmies			0,68	33	709
12	F41	Kate, tiivissaumakate, raakaponttilauta		1179 m2	tth/m2		318
		mittakirvesmies			0,27	50	318
13	F42	Räystäs, NR-ristikko, lape		104 jm	tth/jm		48
		mittakirvesmies			0,46	50	48
14	F42	Räystäs, NR-ristikko, pääty		45 jm	tth/jm		21
		mittakirvesmies			0,46	50	21
15	F43	Yläpohjavarusteet		1 erä	tth/erä		8
		IV-ryhm. työntek.			8,00		8
16	F51	Sisäovi laakaovi		2 kpl	tth/kpl		2
		sisustuskirvesmies			0,95	50	2
17	F52	Puurakenteinen seinä 92 mm, kipsilevy		176 m2	tth/m2		84
		mittakirvesmies			0,48	50	84
18	F61	Maalaus, maalaus kahteen kertaan		1352 m2	tth/m2		135
		maalari			0,10		135
19	F61	Tasoituskäsittely 1,5 kertaa		1352 m2	tth/m2		95
		maalari			0,07	0	95
20	F63	Maalaus, betonilattia, 2 kertaan epoksireaktiomaalilla		1000 m2	tth/m2		120
		maalari			0,12		120
25	F73	LV-laitteet		1 erä	tth/erä		4
		LVI-asentaja /sähköasentaja			4,00	0	4