

Antti Pajukoski

# Rivitalon arkkitehti- ja rakennesuunnittelu



Rakennusinsinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# TIIVISTELMÄ

**Tekijä:** Pajukoski Antti

**Työn nimi:** Rivitalon arkkitehti- ja rakennesuunnittelu

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), rakennustekniikka

**Asiasanat:** Arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu,

Opinnäytetyön tilaajana on Sievin LVI- ja Rakennuspalvelu Oy. Tavoitteena työssä oli tehdä toteutuskelpoiset rivitalon arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat Ylivieskassa asemakaava-alueella sijaitsevalle tontille. Suunnitteluun piiriin kuuluvat kaikki kyseisen kohteen eri suunnitelmat. Tähän opinnäytetyöhön ei ole otettu aivan kaikkia rakennedetaljeja mukaan. Työ käsittää kuitenkin sen verran kattavasti rivitalon suunnittelun, että ammattitaitoinen rakentaja pystyisi näiden suunnitelmien mukaan toteuttamaan kohteen.

Rivitaloon tulee neljä huoneistoa, joista kaksi on kaksioita, yksi on kolmio ja yksi on yksiö. Kohteesta tehdään yksikerroksinen, ja sen kerrosala on 301 m<sup>2</sup>. Kohteen ulkoverhousmateriaali on puupaneeli, harjakaton katemateriaali on tiilikuviopeltiä ja perustukset tehdään teräsbetonista. Runkorakenteena kohteessa toimii teräsbetonisokkeli, puurunkoiset ulkoseinät ja puurakenteiset kattoristikot. Rungon jäykistys suoritettiin pääosin kattoristikoihin asennettavilla tuulisiteillä ja ulkoseinien levytyksellä.

Rakennuslupapiirustukset on toteutettu pääosin Vertex BD 2016 -ohjelmalla. Rakennepiirustukset on piirretty AutoCad 2015 -ohjelmalla. Rakenteiden mitoituksessa on käytetty apuna Finnwood 2.3 -ohjelmaa. Kaikki tärkeät laskennat on tarkistettu käsin laskennalla. Mitoittamista vaativia rakenteita kohteessa ovat palkit, pilarit, anturat, routaeristeet ja kattorakenteet. Kohteen ristikkorakenteiden sauvavoimat mitoittaa ristikon valmistaja.

## ABSTRACT

Author: Pajukoski Antti

Title of the Publication: Terraced House Architectural and Construction Drawings

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: structural engineering, architectural drawings

This thesis was commissioned by the company Sievin LVI and Rakennuspalvelu Oy. The objective of the work was to make all the feasible terraced house architectural and structural drawings for an object located in the Ylivieska town zoned area. The structural design is not fully covered in the thesis work. However, the work is comprehensive enough for a professional builder to be able to implement the house based on the plans.

The terraced house includes four apartments: two apartments with one bedroom, one with two bedrooms, and one bed-sitting room. It is a single-storey house with the floor area of 301 m<sup>2</sup>. The exterior cladding is wood panel, the roof type is a pitched sheetmetal roof, and the foundations will be made of reinforced concrete. The frame structure is made up of reinforced concrete plinth, wooden-frame exterior walls and a wooden roof truss. The frame bracing was accomplished by installing wind support in the roof truss, as well as boarding in the exterior cladding.

The building permit drawings were mainly made in the Vertex BD 2016 software, and the architectural drawings using the AutoCAD 2015 software. The structural design was made utilizing the Finnwood 2.3 software. All the important calculations were revised by hand calculation. Structures requiring load capacity dimensioning include the following: the beams, columns, foundations, frost insulation and roof structures. The roof truss manufacturer was responsible for the roof truss load capacity dimensioning.

## Sisällys

1 JOHDANTO.....	1
2 ARKKITEHTISUUNNITTELU .....	2
2.1 Kohteen kuvaus ja lähtötiedot .....	2
2.2 Tilojen luonnostelu .....	3
2.3 Tilojen suunnittelu .....	4
2.4 Pohjapiirros .....	5
2.5 Julkisivupiirustukset.....	5
2.6 Leikkauspiirustukset .....	6
2.7 Asemapiirustus.....	6
3 RAKENNESUUNNITTELU .....	7
3.1 Kohteen runkojärjestelmän kuvaus .....	7
3.2 Perustaminen .....	7
3.2.1 Routasuojaus .....	8
3.3 Ulkoseinärakenne.....	11
3.3.1 Ulkoseinien aukkopalkkien mitoitus.....	12
3.4 Huoneistojen välinen seinärakenne.....	15
3.5 Yläpohjarakenne .....	18
3.6 Terassien ja ulkovarastojen rakenteet.....	19
3.6.1 Pilari- ja palkkirakenteiden mitoitus .....	19
3.6.2 Terassien ja ulkovarastojen lattiataason rakenteet .....	21
4 RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA.....	23
4.1 Ulkoseinä .....	23
4.2 Vesikatto ja yläpohja .....	24
4.3 Alapohja .....	25
4.4 Märkätilat.....	26
5 YHTEENVETO .....	27

LÄHTEET .....28

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella neljän huoneiston rivitalo Ylivieskaan. Työ sisältää koko rakennuksen suunnittelun, eli kaikkien rakenne- ja rakennussuunnitelmien suunnittelun. Työn laajuuden vuoksi opinnäytetyötä on hieman rajattu. Työstä on rajattu kokonaan autokatoksen suunnittelu. Työhön tarvittavat lähtötiedot on toimittanut Ylivieskan kaupunki ja tilaajana toiminut Sievin LVI- ja rakennuspalvelu Oy.

Pohjatutkimusta ei suunniteltavalle kohteelle ole vielä tehty. Tästä johtuen on perustamistapa vielä opinnäytetyön tekohetkellä hieman epäselvä. Maaperä on hyvin luultavasti sellainen, mihin työssä tehty perustamistapa sopii, koska alueelta on aiempaa tietoa maaperän kantavuudesta.

Puurakenteiden mitoitus tehtiin Finnwood 2.3 -ohjelmalla. Se on yleisesti suunnittelijoiden käyttämä puurakenteiden mitoitusohjelma. Sen mitoitusperiaate perustuu eurokoodi 5:een. Kohteen muussa suunnittelussa on käytetty seuraavia eurokoodeja: EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet, EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset ja EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.

## 2 ARKKITEHTISUUNNITTELU

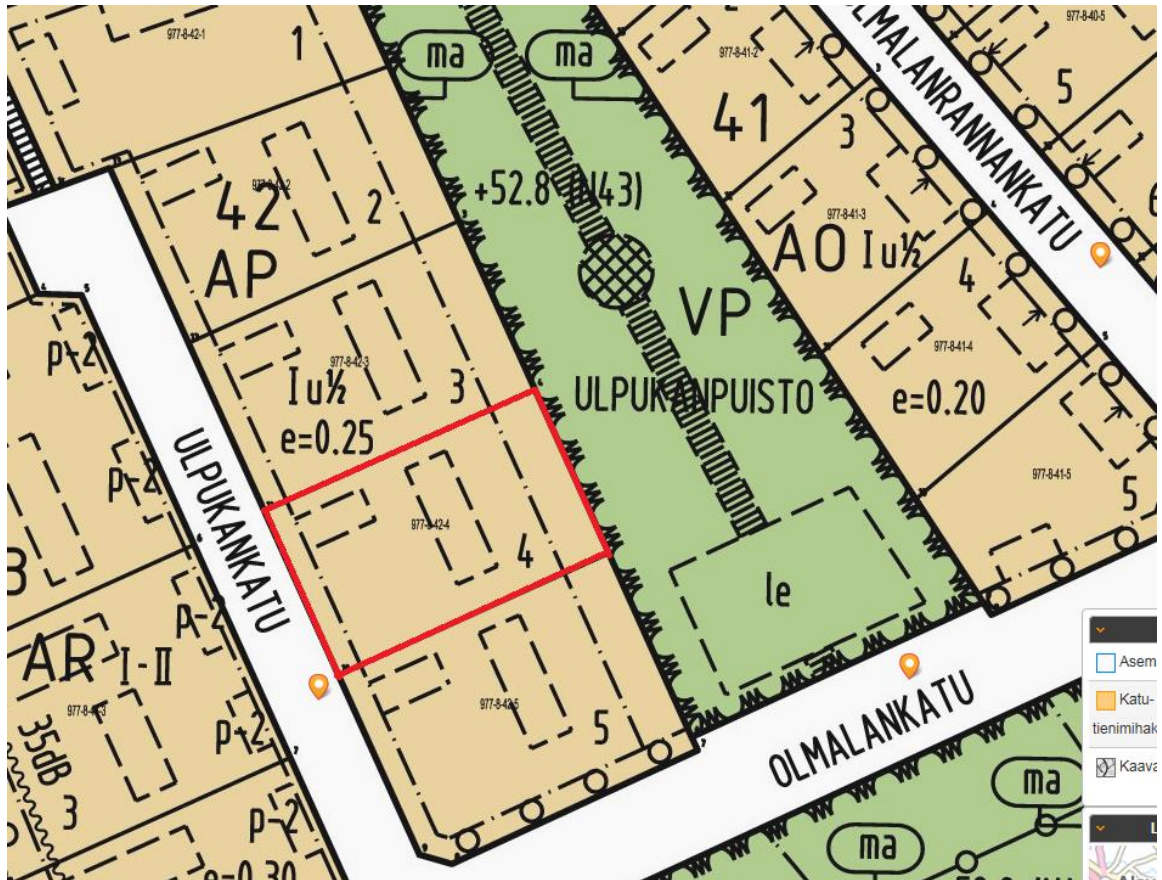
### 2.1 Kohteen kuvaus ja lähtötiedot

Suunniteltu rivitalo sijaitsee Ylivieskassa Männistön kaupunginosassa. Kyseessä olevalle asemakaava-alueelle (kuva 1) voi rakentaa yksi- tai kaksikerroksisen asuinrakennuksen. Alueen tehokkuusluku on 0,25, eli tontille rakennettavan rakennuksen kerrosalan suhde tontin pinta-alaan. Tehokkuusluvun perusteella laskettiin tontin rakennusoikeudeksi 564 m<sup>2</sup>. [ 1. ]

Kyseessä olevan rivitalon kerrosala on 301 m<sup>2</sup> ja korkeus 5,1 m. Rivitalo suunniteltiin yksikerroksiseksi ja harjakattoiseksi. Rivitaloon tulee neljä huoneistoa, joista kaksi on kaksioita, yksi on yksiö ja yksi kolmio. Talon toiseen pätyyn tulee taloyhtiön varasto ja tekninen tila.

Ylivieskan kaupungilta saadut lähtötiedot määrittivät tontille kunnallistekniikan sijainnin ja korkeuden, tontin sijainnin kartalla sekä maapohjan korkeustasot. Ylivieskan rakennusjärjestyksen ja asemakaavan kautta selvisi rakennusoikeuden määrä, rakennuksen suuripiirteinen korko, rakennuksen kokonaiskorkeus, rakennuksen etäisyys ympäröiviin rajoihin sekä autopaikkojen määrät. Rakennuksen tarkka korko määritettiin siten, että salaojitus ja pintavesien kallistukset saadaan järkevästi tehtyä (kuvat 1 ja 2).

Tilaaaja määritteli katoksi peltikaton, ulkoverhoukseksi vaakapaneloinnin, etu- ja takapuolelle terassit jokaiseen asuntoon ja etupuolelle jokaiselle huoneistolle oman pienen kylmävaraston. Jokaiseen asuntoon tulee sauna ja kaikkien huoneistojen wc-tilat sijoitetaan pesuhuoneen ja koodinhoituhuoneen kanssa samaan tilaan. Kohteeseen ei tehdä tulisijoja eikä tulisijavarauksia.



Kuva 1. Kaavaote asemakaavasta. Kohteen tontti on merkattu punaisella. [ 1.]

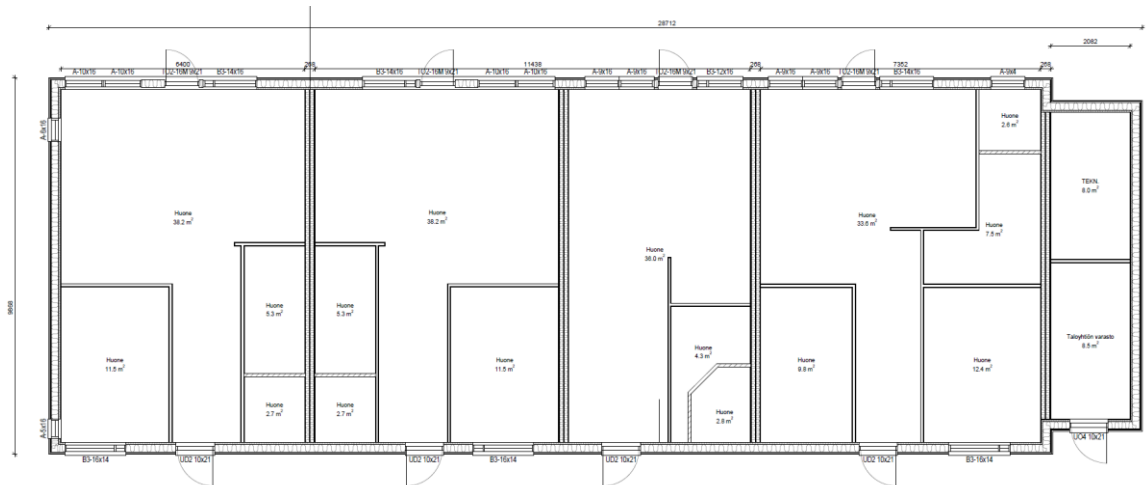
## 2.2 Tilojen luonnostelu

Tilaajan kanssa käydyissä palavereissa luonnostelimme erilaisia tilaratkaisuja. Tilaaja määritteli huoneistojen pinta-alat suunnilleen, ja sen perusteella suunnittelu voitiin aloittaa. Kohteen suunnittelu lähti käytännössä nolatilanteesta. Kävimme koko arkkitehtisuunnitteluvaiheen ajan keskusteluja tilaajan kanssa erilaisista ratkaisuista. Luonnosvaiheen loppuksi esittelin muutamia luonnoksia ja niistä valittiin yksi, jota lähdettiin viemään eteenpäin (kuva 2).

Luonnossuunnittelun viimeisen vaiheen jälkeen siirrettiin vielä rakennuksen toisessa päädyssä oleva kolmio toiseen päähän. Kaksioiden mallit pysyivät samana, mutta aiemmista peilikuvista tuli nyt kaksi täsmälleen samanlaista huoneistoa,



joista toisen paikka vaihdettiin kolmion alkuperäiselle paikalle. Toista luonnosta ei tarvinnut suunnitella lainkaan, vaan pystyttiin aloittamaan suoraan lopullisen pohjapiirroksen piirtäminen (liite 1).



Kuva 2. Ensimmäinen luonnosversio pohjapiirroksesta.

### 2.3 Tilojen suunnittelu

Tilojen suunnittelussa yksi määräävimmistä tekijöistä oli suunnitella huoneistoista käyttökelpoiset ja laadukkaat mahdollisimman monelle käyttäjäryhmälle, koska huoneistoja ei ole vielä myyty, eikä sitä kautta käyttäjäryhmistä ole vielä tietoa. Huoneistoja suunniteltaessa on mietitty mahdollisimman tarkasti neliöiden järjevä käyttö ja pyritty tekemään tiloista mahdollisimman tilavan oloisia.

Huoneistojen kaikki huoneet on suunniteltu mahdolliseksi pyörätuolilla liikkuvalla asukkaalle. Pohjapiirustuksessa katkoviivalla näkyvät ympyrät (liite 1) kuvaavat 1300 millimetriä vapaata tilaa. Pyörätuolit vaativat aina vähintään kyseisen ympyrän kokoisen tilan. Rivitalon terasseja ei varusteta pyörätuoliluiskilla, vaan se on tehtävä jälkiasennuksena, mikäli sellaiselle tulee tarvetta. [2, s. 14.]

## 2.4 Pohjapiirros

Pohjapiirroksen voi määräysten mukaan piirtää 1:50 tai 1:100 mittakaavaan, kyseinen rakennus on piirretty 1:50 mittakaavaan. Pohjapiirrokseseen merkitään rakennuksen päämitat, tuleva lattiankorkeusasema, ovet, ikkunat, palo-osastoinnit ja palo-osastointienluokitukset (liite 1).

Pohjan suunnittelussa pyrittiin kosteat tilat sijoittamaan molemmin puolin huoneistojen välistä seinää. Sitä kautta tässä mallissa sai järkevästi kylmät ulkovarastot sijoitettua kosteiden tilojen kohdalle, eivätkä ne vieneet ikkunapaikkaa sellaiselta tilalta, joka ikkunoita todella tarvitsee. Makuuhuoneiden sijainnit on mietitty siten, että huoneita ei sijoiteta vierekkäin. Jokainen asunto pyrittiin suunnittelemaan siten, että asunnoissa olisi mahdollisimman paljon yksityisyyttä. Keittiöiden karkeassa suunnittelussa pyrittiin saamaan vesipiste, kylmäkaapit ja liesi eräänlaiseen kolmioon (liite 1). Keittiöitä muokataan siis vielä jälkikäteen mahdollisten asunnon omistajien toiveiden mukaisiksi.

## 2.5 Julkisivupiirustukset

Julkisivupiirustukset tehdään talon jokaiselta sivulta. Piirustukset esittävät rakennuksen lopullisen muodon. Ilman julkisivupiirustuksia olisi vaikeaa hahmottaa lopullista ilmettä. Julkisivupiirustusten avulla nähdään rakennuksen sopivuus kyseessä olevaan ympäristöön (liite 1).

Kohteen julkisivua hallitsevat puuverhoukset, ainoastaan rakennuksen katto on materiaaliltaan peltiä. Julkisivun suunnittelussa pyrittiin tekemään ulkonäöstä näyttävä, mutta käyttämättä liikaa resursseja. Näyttävyyttä pystyy helposti säätelemään muuttamalla muun muassa katon kaltevuutta, terasseja, ikkunoita, ovia, koristelautoja, pielilautoja, nurkkalautoja ja eri pintaverhousmateriaalien kokoja ja värejä. Opinnäytetyöstä rajattu autokatos ei näy julkisivupiirustuksissa.

## 2.6 Leikkauspiirustukset

Leikkauspiirustuksia tehdään niin monta kuin nähdään tarpeelliseksi. Leikkauspiirustukset voidaan piirtää mittakaavaan 1:20, 1:50 tai 1:100. Kyseisen kohteen pääleikkaukset on piirretty 1:50 ja rakenneleikkausdetaljit 1:20 mittakaavaan (liitteet 1 ja 2).

Leikkauspiirustuksesta on helppo näyttää rakentajalle sekä valvovalle viranomaiselle rakennuksen eri korot ja kaltevuudet. Ylivieskan rakennusjärjestyksen mukaan ei katon kaltevuudesta, harjakorkeudesta tai perustamistasosta ole suoranaisia määräyksiä, vaan rakennuksen on sopeuduttava ympäröivään ympäristöön.[3, s. 12,17.]

Tämän kohteen varsinaiseen pääleikkauskuvaan ei ole tarkasti piirretty soratäytöjä, eikä muitakaan maanpinnan alapuolisia rakenteita. Tarkat piirustukset löytyvät leikkausdetaljeista (liite 2).

## 2.7 Asemapiirustus

Asemapiirustus laaditaan 1:200 tai 1:500 mittakaavaan. Piirustuksessa on oltava näkyvissä kaikki alueella sijaitsevat rakennukset, tiet, kulkuväylät, kaavamerkinnät ja niiden selitykset, maantieteellinen sijainti, korkeusmerkinnät, tontin rajat sekä pohjoissuunta. Kohteen asemapiirustus on piirretty 1:200 mittakaavaan. Piirustuksesta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen ja sitä kautta myös selkeä. Opinnäytetyöhön liitetty piirustus on vain ote varsinaisesta asemapiirroksesta (liite 1). [ 3, s. 12, 17 – 20. ]

### 3 RAKENNESUUNNITTELU

#### 3.1 Kohteen runkojärjestelmän kuvaus

Rakennesuunnittelun lähtötiedot sain tilaajan kanssa käymässäni palaverissa. Lähtötiedot kantavien rakenteiden osalta määrittivät rakennuksen perustustavaksi lattian osalta maanvaraisen teräsbetonilaatan. Seinän ja katolta tulevan kuormituksen vastaanottavaksi rakenteeksi tulee teräsbetonisokkeli. Terassien ja rakennuksen sisäänkäynnin puolella olevien varastojen runkorakenne on pilari- ja palkkirakenne, joka tehdään pilarianturoiden päälle (liite 2).

Katon kantavana rakenteena toimivat kattoristikot. Ristikoihin kohdistuvat vaakuormitukset ottavat vastaan tuulituet (liite 2), joiden kautta kuormituksia siirretään ulkoseinille, joissa lopulta levyjäykistys ottaa kuormitukset vastaan. Katolta tulevat pystysuuntaiset kuormat ottaa vastaan puurunko, joka siirtää ne perustuksille. Rakennuksen runkovaiheet tehdään työmaalla pre-cut-menetelmällä. Kohteen kattoristikoiden suunnittelu kuuluu ristikkotoimittajan vastuulle; ristikot on oltava NR-leimattuja.

#### 3.2 Perustaminen

Perustuksia suunniteltaessa on tiedettävä maapohjan geotekninen kantavuuskyky. Tontin maapohjan geoteknisen kantokyvyn arvellaan kyseisessä kohteessa olevan vähintään  $100 \text{ KN/m}^2$ . Tämä lukema tarkistetaan vielä myöhemmin pohjatutkimustulosten perusteella. Tässä työssä ei siis ole vielä pohjatutkimustietoa käytettävissä. Perustusten mitoitus on tehty geoteknisen kantokyvyn arvolla  $100 \text{ KN/m}^2$  (liitteet 2 ja 3).

Ulkoseinien perustusten mitoittamisessa huomioitiin rakenteen omamassa, ulkoseinien omamassa, vesikaton omamassa ja vesikatolle tulevan lumikuorman

massa. Varastojen ja terassien pilariperustusten mitoittamisessa on huomioitu anturan omamassa, pilari-palkkirakenteen massa, vesikaton omamassa ja vesikatolle tulevan lumikuorman massa. Liitteenä olevat laskelmat on tehty geoteknisen kantokyvyn arvolla  $100 \text{ KN/m}^2$  (liite 3).

Anturoiden mitoitus on tehty tarkasti eurokoodien mukaan. Laskelmien perusteella ulkoseinien anturoiden leveys on 300 mm. Ulkovarastojen ja terassien alle mitoitettujen anturoiden mitat ovat 600 mm x 600 mm x 200 mm.

Maanvaraiselle laatalle tulevat kuormat ovat tällaisessa suhteellisen pienessä asuinrakennuksessa varsin pieniä. Maanvarainen laatta kantaa ainoastaan kevyet väliseinät, osan kalusteista sekä hyötykuorman. Maanvaraisen laatan raudoitteeksi riittää pelkkä teräsverkko. Kyseisessä kohteessa verkko on 8-200 B500K.

Kapillaarinen veden nousu ja routasuojaus ovat perustamisen tärkeimpiä huomionarvoisia asioita. Kapillaarinen vedennousu on estetty 300 mm sorakerroksella ja sokkelin päälle asennettavalla kumibitumikermillä. Tarkat detaljit kohteen perustuksista löytyvät liitteistä (liite 2). [ 4, s. 52. ]

### 3.2.1 Routasuojaus

Rakennuksen ulkopuolinen routasuojaus on mitoitettu RIL 261-2013:n mukaan. Routasuojauksessa mitoitettavia tekijöitä ovat pakkasmäärät, perustamissyvyys, maalaji, eristeen sijaintisyvyys ja lämpimän rakennuksen alapohjan lämpöhäviö. Routaeristeiden mitoituksen jälkeen on laskentatulosten perusteella piirretty perustustasokuva (liite 2).

Routaeristeiden mitoituksessa mitoitetaan eristeiden leveydet ja paksuudet. Kyseisessä kohteessa täytyi mitoittaa kylmän ja lämpimän rakenteen routasuojaukset. Seuraavissa taulukoissa ja kuvissa on esitetty routaeristeiden mitoitusta määrittäviä arvoja. Rakennuksen ulkonurkkiin vaaditaan kaksinkertainen eristevah-

vuus, ja olisi myös suositeltavaa leventää eristettä ulkonurkissa. Ulkonurkkien li-säeristäminen johtuu sinne tulevan rakennuksen alapohjan lämpöhävikin pienuu-desta.

Taulukko 1. Lämpimän rakennuksen routaeristeen leveyden määrittäminen. [ 4, s. 93 ]

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmönvastus $R_A^*$ , m <sup>2</sup> K/W	Mitoitus-pakkasmäärä $F_{mit}$ , Kh	Routaeristeen leveys $B$ , m	Routaeristeen lisäleveys $\Delta B$ , m
Maanvastainen alapohjarakenne	< 7,5	35 000...55 000	1,0	
	< 7,5	55 000...75 000	1,2	
	7,5...< 10,0	35 000...55 000	1,2	
	7,5...< 10,0	55 000...75 000	1,5	
	10,0...14,0	35 000...40 000	1,0	0,5
	10,0...14,0	40 000...60 000	1,5	0,5
	10,0...14,0	60 000...75 000	2,0	0,5
Ryömintätilainen alapohjarakenne	≤ 6,25	35 000...55 000	1,2	
	≤ 6,25	55 000...75 000	1,5	
	> 6,25...< 10,0	35 000...55 000	1,2**	
	> 6,25...< 10,0	55 000...75 000	1,5**	

\*Alapohjan lämmönvastusta laskettaessa saa maan lämmönvastuksen ottaa huomioon.

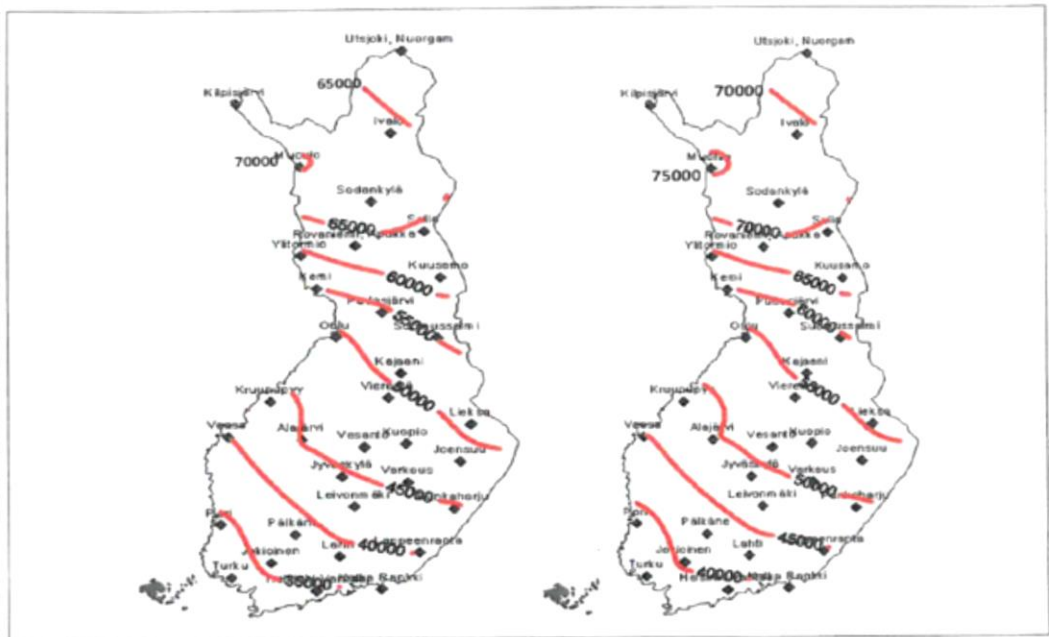
\*\*Perustusten routasuojaus tulee lisätä myös ryömintätilan puolelle. Mikäli ryömintätilan talviaikaisista lämpötilaolosuhteista ei ole tarkempaa tietoa, tulee perustusten routasuojaus mitoittaa kylmien rakenteiden routasuojausohjeiden perusteella (luku 7).

Taulukko 2. Kylmän rakennuksen lämmönvastuksen määrittäminen. [ 4, s. 121]

Mitoituspakkas- määrä $F_{mit}$ , Kh	Routaeristeen vaadittava lämmönvastus $m_{to}$ , m <sup>2</sup> K/W														
	20 000			30 000				40 000			50 000			≥ 60 000	
Vuoden keski- lämpötila $T_m$ , °C	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3...+4	+1	+2	+3	0...+1	
Routaeristeen ala- puolisen routimat- toman kerroksen paksuus $Z_m$ , m															
0,2	1,6	1,4	1,2	3,2	2,6	2,2	1,8	(4,2)	3,5	2,8	*	(4,6)	3,8	*	
0,4	1,4	1,1	0,8	2,6	2,1	1,7	1,4	3,5	2,8	2,2	(4,6)	3,8	3,1	*	
0,6	1,0	0,7	0,5	2,1	1,7	1,3	1,0	2,8	2,2	1,6	3,8	2,9	2,3	(5,0)	
0,8	0,6	0,4	0,3	1,7	1,3	1,0	0,7	2,2	1,6	1,3	2,9	2,2	1,8	3,8	
1,0	0,4	0,3	0,2	1,3	1,0	0,7	0,5	1,6	1,2	1,0	2,2	1,7	1,4	2,8	
1,5	0	0	0	0,8	0,6	0,4	0,2	1,0	0,7	0,5	1,4	1,0	0,8	1,8	

\* Perustussyvyttä on suurennettava.

( ) Yleensä perustussyvyyden suurentaminen on kannattavampaa.



Kuva 2.2e–f. Tilastollisesti keskimäärin kerran 50 ja 100 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä  $F_{50}$  ja  $F_{100}$  (Kh) /4/.

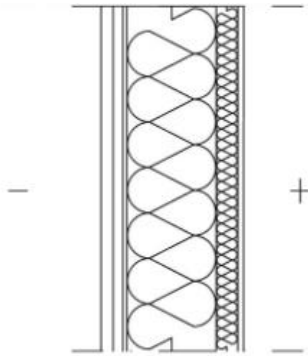
Kuva 3. Kerran 50 ja 100 vuodessa toistuva pakkasmäärä (50 on mitoittava). [4, s. 17]

### 3.3 Ulkoseinärakenne

Ulkoseinien tehtävänä on kantaa katolta tulevat vaaka- ja pystykuormat. Vaakuormituksen ottaa vastaan molemminpuolinen levytys ja pystykuorman puurunko 48x198 k 600. Runkotolppien mitoittamista ei huomioida tässä työssä.

Ulkoverhous suojaa ulkoseinää ulkoapäin tulevilta säärasituksilta. Verhouksen jälkeen tuleva ilmarako toimii varmistavana rakenteena ja kuivattaa mahdollisesti kastuneita rakenteita. Sisäpuolinen höyrynsulku suojaa rakennetta sisäpuolelta tulevalta kosteudelta ja mahdollistaa alipaineistetun ilmanvaihdon käytön (kuva 4).





#### RAKENNE SISÄLTÄ PÄIN:

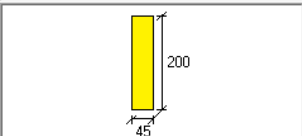
13 mm sisäverhouslevy  
 48 mm koolaus + min.villa  
 0,2 mm höyrynsulkumuovi  
 198 mm runko+min.villa  
 9 mm tuulensuojalevy  
 32 mm ilmarako  
 28 mm ulkoverhouspaneeli

Kuva 4. Ulkoseinärakenne

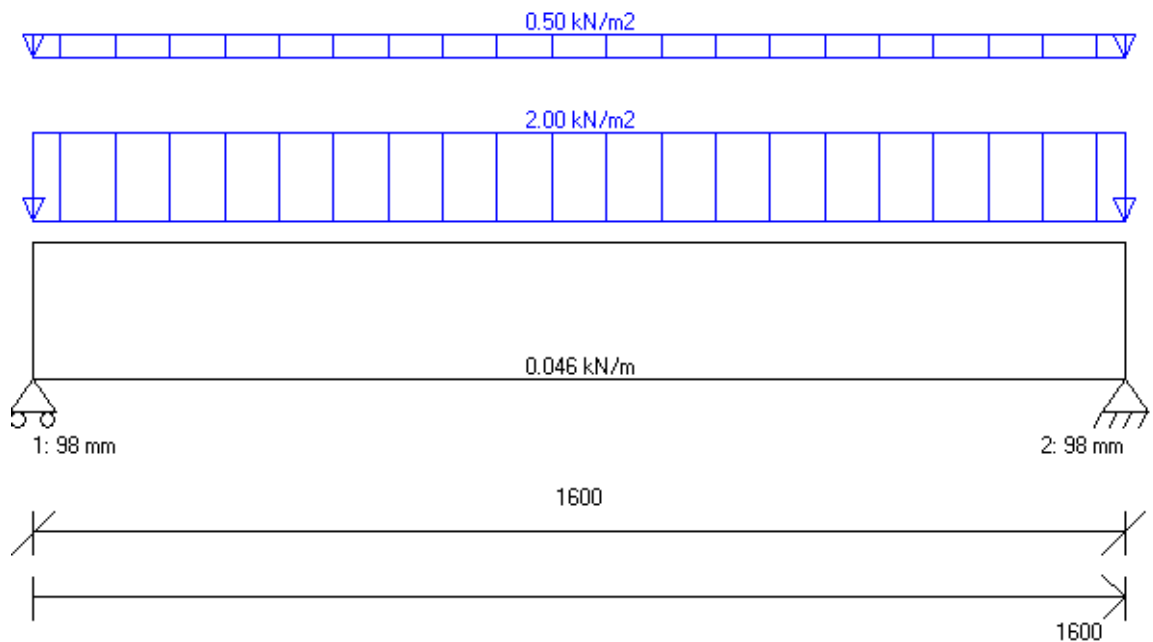
#### 3.3.1 Ulkoseinien aukkopalkkien mitoitus

Sivuseinien aukkopalkiksi mitoitettiin Kerto-S 45x200 palkki. Palkki siis kulkee rungon yläpäässä syrjällään molemmilla sivuseinillä, ja sen kantokyky riittää suurimpaan osaan aukoistakin. Muutamisiin 2000 millimetriä leveisiin aukkoihin mitoitettiin 2 x Kerto-S 45x200 palkit (kuvat 5 ja 6). Toiseksi leveimpien aukkojen eli 1600 millimetriä leveiden aukkojen reunoille mitoitettiin tukipainekestävyyden vuoksi kaksi C24 48x198 runkotolppaa (kuvat 7 ja 8), jotta saatiin tukipainekestävyys riittäväksi. Myös leveiden eli 2000 millimetriä leveiden aukkojen reunoille mitoitettiin kaksi runkotolppaa, jotka kantavat kaksinkertaisen aukkopalkin.

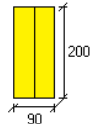
Aukkopalkkien mitoituksessa ei ole huomioitu rungon yläpuun kuormituskestävyyttä, joten todellisuudessa seinärunko kestää enemmän kuormitusta kuin laskelmat ilmoittavat. Alla olevien kuormitusmallien kuormitusten ilmoitus neliökuormina johtuu ohjelman toimintaperiaatteesta. Ohjelmaan on syötetty kuormitusleveyskin, mutta sitä ei ole näkyvissä kuormitusmalleissa, vaan malleissa kuormitukset ovat yksiköltään  $\text{KN/m}^2$ . Laskentatuloksissa on kuitenkin laskettu myös kuormitusleveys.

POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide Materiaali: KERTO-S syrjällään Poikkileikkauslista: k/k [mm]: 45x200 5644 MATERIAALI: KERTO-S syrjällään MUOTO: Suorakaide LEVEYS B: 45 mm KORKEUS H: 200 mm A: 9000 mm <sup>2</sup> Iy: 30000000 mm <sup>4</sup> Wy: 3000000 mm <sup>3</sup> K-JAKO/KUORM.LEV.: 5644 mm 	Käyttöluokka: 1 Seuraamustuokka: CC2 (KFI=1.0) <input checked="" type="checkbox"/> RAKENNEMITOITUS <input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT) ----- <input checked="" type="checkbox"/> Nurjähdistarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> Kiepahdistarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT) <input checked="" type="checkbox"/> Taipumatarkastelu -----  HUOM! Tarkista rakennesosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.	<b>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 98.7 %</b> <input checked="" type="checkbox"/> RAKENNEMITOITUS (99 %) <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT): (99 %)               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Leikkaus (Vz): 16.18 kN, (99 %), x = 1600 mm</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Taivutus (My): 6.47 kNm, (70 %), x = 800 mm (Lef=600 mm)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> (ilman kiepahdusta): 6.47 kNm, (70 %), x = 800 mm</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 1: (70 %), tukipainekerroin = 1.31</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 2: (70 %), tukipainekerroin = 1.31</li> </ul> </li> <li><input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (90 %)               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Taipumamitoitus: (90%)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> jänneväli 1 (90%)</li> </ul> </li> </ul>

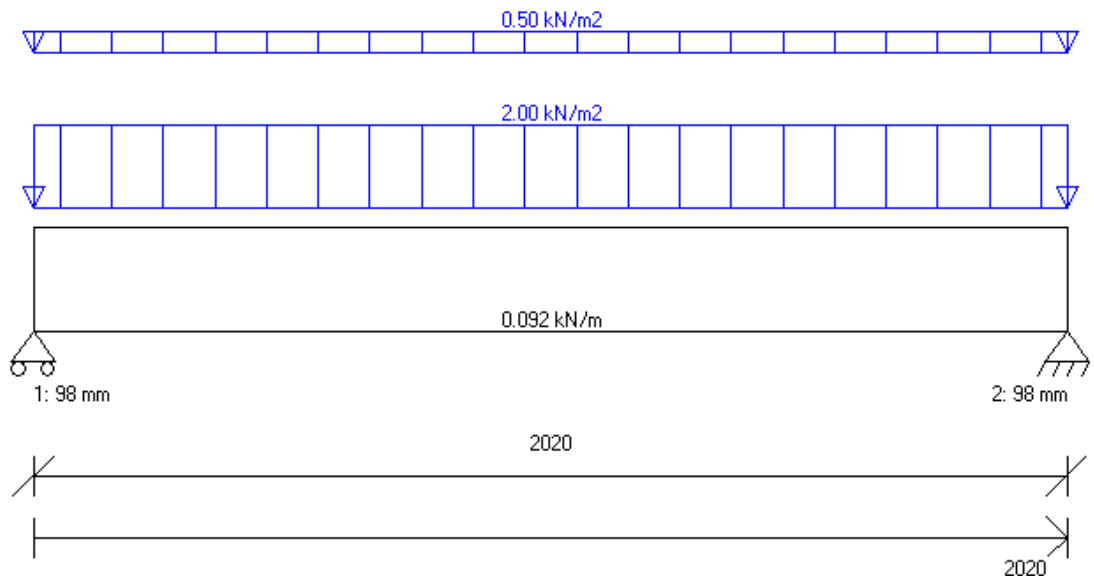
Kuva 5. Aukkopalkki, mitoitus tulos 1600 millimetrin aukkoon.



Kuva 6. Aukkopalkki kerto-S 45x200 kuormitusmalli ilman kuormitusleveyttä (5644 mm) 1600 millimetrin aukkoon.

POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide Materiaali: KERTO-S syrjällään Poikkileikkauksista: k/k [mm]: 2x45x200 5644 MATERIAALI: KERTO-S syrjällään MUOTO: Suorakaide LEVEYS B: 90 mm KORKEUS H: 200 mm A: 18000 mm <sup>2</sup> I <sub>y</sub> : 60000000 mm <sup>4</sup> I <sub>xy</sub> : 6000000 mm <sup>3</sup> K-JAKO/KUORM.LEV.: 5644 mm 	Käyttöluokka: 1 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0) <input checked="" type="checkbox"/> <b>RAKENNEMITOITUS</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>MURTORAJATILA (MRT)</b> ----- <input checked="" type="checkbox"/> Nurjhdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> Kiepahdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> <b>KÄYTTÖRAJATILA (KRT)</b> <input checked="" type="checkbox"/> Taipumataarkastelu -----  HUOM! Tarkista rakenneosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.	<b>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 81.9 %</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>RAKENNEMITOITUS (82 %)</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>MURTORAJATILA (MRT): (62 %)</b> <input checked="" type="checkbox"/> Leikkaus (V <sub>z</sub> ): 20.49 kN, (62 %), x = 0 mm <input checked="" type="checkbox"/> Taivutus (M <sub>y</sub> ): 10.35 kNm, (56 %), x = 1010 mm (Lef=600 mm) <input checked="" type="checkbox"/> (ilman kiepahdusta): 10.35 kNm, (56 %), x = 1010 mm <input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 1: (44 %), tukipainekerroin = 1.31 <input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 2: (44 %), tukipainekerroin = 1.31 <input checked="" type="checkbox"/> <b>KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (82 %)</b> <input checked="" type="checkbox"/> Taipumamitoitus: (82%) <input checked="" type="checkbox"/> jänneväli 1 (82%)

Kuva 7. Aukkopalkki 2xkerto-S45x200 mitoitustulos 200 mm leveään aukkoon.



Kuva 8. Aukkopalkki 2xkerto-S45x200 kuormitusmalli ilman kuormitusleveyttä (5644 mm) 2020 mm leveään aukkoon.

### 3.4 Huoneistojen välinen seinärakenne

Huoneistojen välisten seinien tehtävänä on eristää ääntä ja toimia palo-osastojen välisinä seininä. Seinän palo-osastointi jatkuu vesikattoon asti. Kattoristikot on jätetty siten, että jokaisen palo-osastoseinän yläpuolella on ristikko, jotta ristikkoon voidaan kohtuullisen helposti asentaa EI 30-luokan mukainen paloeristys. Maanvaraiseen laattaan jätetään rako seinän keskikohdalle ja sinne sijoitetaan EPS-eriste, jotta saadaan äänisilta katkaistua. [ 6, s. 15. ]

Seinälle on asetettu ilmaääneneristysvaatimukseksi 55 desibeliä ja palo-osastointiluokaksi vähintään EI 30. Kohteen seinärakenteeksi valittiin kaksinkertaisella rungolla oleva nelinkertaisesti levytetty ilmaraollinen väliseinä (kuva 6). Vaatimuksien mukainen EI30 tulee täytettyä jo kahdella 13 mm kipsilevyllä. Kohteessa on käytetty molemmin puolin kahta levyä, jotta joissakin tilanteissa voidaan seinän toiselle puolelle tehdä reikä kipsilevyihin. [5.]

Äänieristysvaatimusten mukaan tuplarungoksi riittäisi kaksi 66 millimetrin runkoa, mutta kohteessa halutaan saavuttaa parempi ääneneristävyys. Sen takia on valittu kaksi 98 millimetriä vahvaa runkoa. Vahvemmillä rungoilla tehtäessä on myös helpompi tehdä maanvaraisen laatan katkaisu seinän keskilinjaa pitkin, koska saadaan tarpeeksi paljon tukipituutta rungolle. Siksi ei tarvitse tehdä omaa perustusta huoneistojen välisille seinille, vaan pieni laatan vahvennus tai pelkästään maanvarainen laatta riittää kantamaan seinän kuorman. Huoneistojenväliset seinät eivät toimi katolta tulevien kuormien kantavina rakenteina, vaikkakin niille saattaa tulla pienten virheiden vuoksi jonkinlaisia kuormituksia.

Tunnus	Selite	Ilmaääneneristysluku	Askeläänitasoluku
A	Huoneistojen välinen välipohja	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$
B	Huoneistojen välinen seinä	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	-
C	Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä yleensä	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	-
D	Porrashuoneen ja huoneiston välinen seinä, kun seinässä ovi <sup>1)</sup>	$R'_w \geq 39 \text{ dB}$	-
E	Huoneiston ovi <sup>1)</sup>	$R'_w \geq 37 \text{ dB}$	-
F	Uloskäytävästä huoneistoon	-	$L'_{n,w} \leq 63 \text{ dB}$

<sup>1)</sup> Huoneiston ulko-ovena käytetään vähintään ääniluokan 30 dB ovea tai oviyhdistelmää. Tämä vaatimus saadaan täytettyä, kun käytetään huoneiston ulko-ovea tai oviyhdistelmää, jonka laboratoriossa mitattu ilmaääneneristysluku on  $\geq 37 \text{ dB}$ .

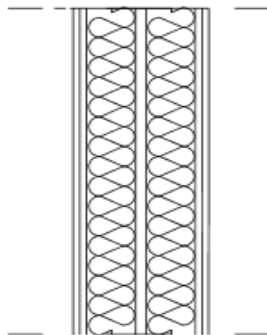
Kuva 9. Huoneistojen välisen seinän ääneneristävyysvaatimukset. [5.]

Sarake	Rakennuksen paloluokka					
	P1			P2		P3
	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			Kerroslukku		
	yli 1200	600–1200	alle 600	3–4	1–2	
	1	2	3	4	5	6
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30	EI 30
– osiin jakavat rakennusosat (majoitushuoneiden seinät ja ovet)	EI 15	EI 15	EI 15	■	EI 15	EI 15
Osastoivat rakennusosat ullakoilla	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30
– osiin jakavat rakennusosat	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15	EI 15
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 120	EI 60	EI 30

**Taulukon huomautus:** Tuotanto- ja varistorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.

**Taulukon merkintä:** ■ = ei mahdollinen

Kuva 10. Osastoivien rakennusosien paloluokkavaatimukset. [ 6, s. 15. ]



#### RAKENNE

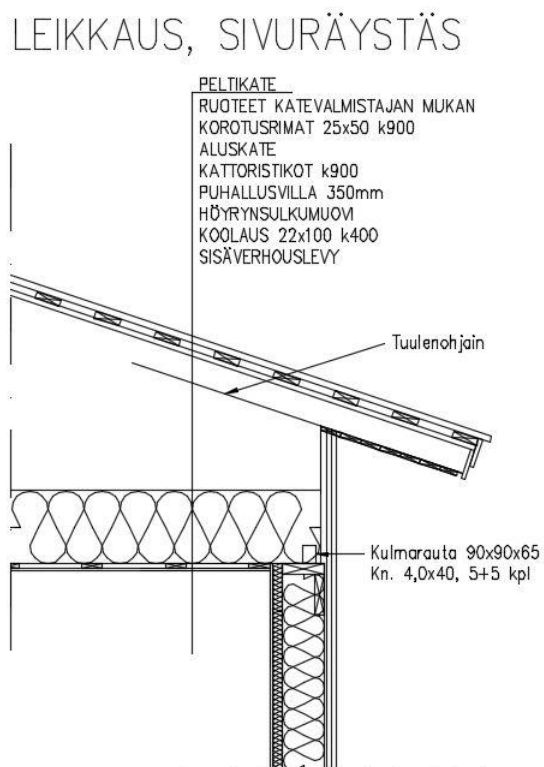
13 mm sisäverhouslevy  
 13 mm sisäverhouslevy  
 98 mm runko + min.villa  
 20 mm llmarako  
 98 mm runko + min.villa  
 13 mm sisäverhouslevy  
 13 mm sisäverhouslevy

Kuva 11. Huoneistojen välinen seinä.

### 3.5 Yläpohjarakenne

Kattoristikot kantavat kohteen vesikaton kokonaismassan. Kuormitusta syntyy vesikaton omasta massasta sekä katolle tulevasta lumikuormasta. Kattoristikot mittaava ristikkotoimittaja. Ristikkotoimittaja tarvitsee ristikoista mittapiirustukset. Piirustukset on esitetty liitteissä (liite 2).

Vesikatossa on ulkopuolinen vedenpoistojärjestelmä, eli peltikate johtaa veden rakennuksen sivuräystäillä oleviin ränneihin. Rännit johtavat vedet sadevesikaivoihin, joista ne johdetaan kunnalliseen hulevesiverkostoon. Peltikatteen alla sijaitseva pakollinen aluskate toimii varmistavana rakenteena. Aluskate sijaitsee heti kattoristikoiden päällä. Aluskatteen päällä on tuuletusrimat ja rimojen päällä kattoruoteet. Ruoteiden päällä sijaitsee aaltokuvioitu peltikate.



Kuva 12. Yläpohjarakenne

### 3.6 Terassien ja ulkovarastojen rakenteet

Kohteen terassit ja ulkovarastot on perustettu ulkoseinien ja pilarien sokkelien vaaraan. Pilarien yläpäässä olevat kantavat palkit ottavat vesikatolta tulevat kuormat vastaan ja siirtävät ne pilareille. Pilarit kantavat lisäksi terasseilta ja ulkovarastoilta tulevat kuormitukset. Terassien ja varastojen kantavien alapohjalaattojen palkkien materiaalina tulee käyttää painekyllästettyä puutavaraa (liite 2).

#### 3.6.1 Pilari- ja palkkirakenteiden mitoitus

Pilarien mitoituksessa on mitoitettu vain suurimmat kuormat kantava pilari ja valittu rakentamisen yksinkertaistamiseksi muutkin pienempiä kuormituksia kantavat pilarit samanlaisiksi. Pilarin kuormituksessa on huomioitu pilarien päälle tulevien rakenteiden omat massat, lumikuorma ja pieni tuulikuorma. Pilarin käyttöasteeksi saatiin mitoituksen jälkeen 67,7 % (kuva 13).

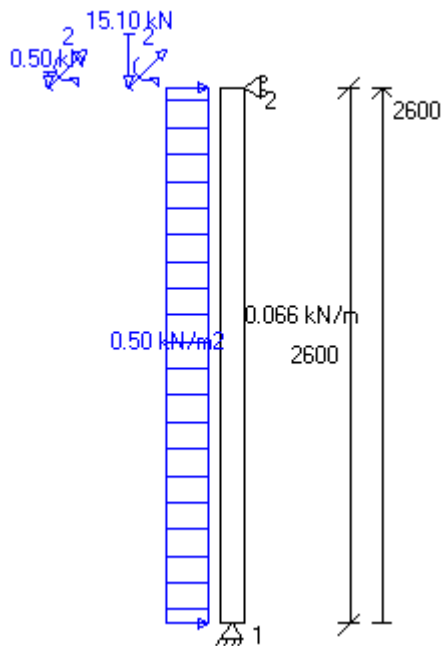
Palkkeja mitoitettaessa valittiin samalla periaatteella suurimmat jännevälit omaava terassin palkki. Palkkeja kuormittaa vesikaton omamassa ja lumikuorma. Suurimman kuormituksen omaavan palkin käyttöasteeksi saatiin 98,9 % (kuva 15).

Finnwood-ohjelmassa määritellään rakennemalli tarkkaan ja sitten annetaan kuormitukset neliökuormina. Rakennemallin määrittelyssä on kaikkein helpointa tehdä virheitä. Palkkien mitoituksessa pitää palkkien jaoks ilmoittaa palkille tulevan kuormitusosan leveys, koska ohjelmassa ei ole valmiina täsmälleen kohdetta vastaavaa mallia.

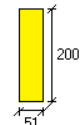


POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide Materiaali: Standardipilarit (Kuningaspalkki) Poikkileikkauksista: k/k (mm): 115x115 (varastokoko) 2700 MATERIAALI: Standardipilarit (Kuningaspalkki) MUOTO: Suorakaide LEVEYS B: 115 mm KORKEUS H: 115 mm A: 13225 mm <sup>2</sup> Iy: 14575052 mm <sup>4</sup> Wy: 253479 mm <sup>3</sup> K-JAKO/KUORM.LEV.: 2700 mm	Käyttöluokka: 2 Seuraamustaluokka: CC2 (KFI=1.0) <b>RAKENEMITOITUS</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>MURTORAJATILA (MRT)</b> <input checked="" type="checkbox"/> Nurjähdustarkastelu <input checked="" type="checkbox"/> Kiepähdustarkastelu <input checked="" type="checkbox"/> <b>KÄYTTÖRAJATILA (KRT)</b> <input checked="" type="checkbox"/> Taipumataarkastelu  HUOM! Tarkista rakenneosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.	<b>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 67.7 %</b> <b>RAKENEMITOITUS (68 %)</b> <b>MURTORAJATILA (MRT) (68 %)</b> Leikkaus (Vz): 2.95 kN, (12 %), x = 2600 mm Puristus: 23.42 kN, (30 %), x = 0 mm Taivutus (My): 1.16 kNm, (38 %), x = 2600 mm (Lef=2600 mm) (Ilman kiepähdusta): 1.16 kNm, (38 %), x = 2600 mm Taivutus+puristus: 0.68, (68 %), x = 2600 mm (Lef=2600 mm) <b>KÄYTTÖRAJATILA (KRT) (40 %)</b> Taipumamitoitus: (40%) <input checked="" type="checkbox"/> jänneväli 1 (40%)

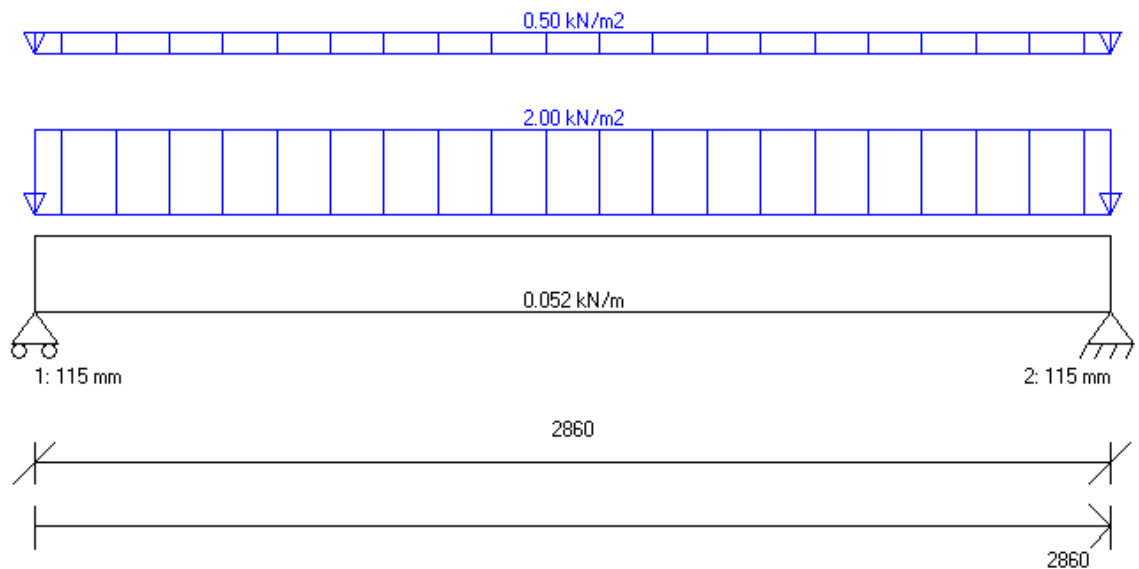
Kuva 13. Terassien pilarin GL32c 115x115x2600, laskentatulokset.



Kuva 14. Terassin pilarin kuormitusmalli

POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide Materiaali: KERTO-S syrjällään Poikkileikkauksista: k/k [mm]: 51x200 (varastokoko) 1480 MATERIAALI: KERTO-S syrjällään MUOTO: Suorakaide LEVEYS B: 51 mm KORKEUS H: 200 mm A: 10200 mm <sup>2</sup> I <sub>y</sub> : 3400000 mm <sup>4</sup> W <sub>y</sub> : 340000 mm <sup>3</sup> K-JAKO/KUORM.LEV.: 1480 mm 	Käyttöluokka: 1 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0) <input checked="" type="checkbox"/> RAKENEMITOITUS <input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT) ----- <input checked="" type="checkbox"/> Nurjähdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> Kiepähdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT) <input checked="" type="checkbox"/> Taipumatarkastelu -----  HUOM! Tarkista rakenneosan laskenta- asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.	<b>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 98.9 %</b> <input checked="" type="checkbox"/> RAKENEMITOITUS (99 %) <input checked="" type="checkbox"/> MATERIAALIARVOT (Ominaisarvot): <input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT): (82 %) <input checked="" type="checkbox"/> Leikkaus (V <sub>z</sub> ): 7.65 kN, [41 %], x = 2860 mm <input checked="" type="checkbox"/> Taivutus (M <sub>y</sub> ): 5.47 kNm, [82 %], x = 1430 mm (Lef=2860 mm) <input checked="" type="checkbox"/> (Ilman kiepahdusta): 5.47 kNm, [52 %], x = 1430 mm <input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 1: [26 %], tukipaineeroin = 1.26 <input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 2: [26 %], tukipaineeroin = 1.26 <input checked="" type="checkbox"/> V <sub>z</sub> _max = 7.65 kN, x = 2860 mm <input checked="" type="checkbox"/> M <sub>y</sub> _max = 5.47 kNm, x = 1430 mm <input checked="" type="checkbox"/> Maksimitukireaktiot: <input checked="" type="checkbox"/> Minimitukireaktiot: <input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (99 %) <input checked="" type="checkbox"/> Taipumamitoitus: (99%) <input checked="" type="checkbox"/> jänneväli 1 (99%)

Kuva 15. Terassin yläpohjapalkin kerto-S51x200, laskentatulokset.



Kuva 16. Terassin yläpohjapalkin kuormitusmalli ilman kuormitusleveyttä (1480 mm).

### 3.6.2 Terassien ja ulkovarastojen lattiatason rakenteet

Terassit ja ulkovarastot ovat molemmat pilarianturoiden päälle rakennettu, mutta ulkovarastoon tehdään tolpparunko 48x123 k 600, joka siirtää kuormat vesikatolta

rungon alapuolella sijaitsevalle palkille. Terasseilla pilarit siirtävät kuormat suoraan pilarianturoille, eikä pilarien välissä kulkevalle palkille tule muuta kuin hyötykuormaa. Varastojen kohdalla tolpparunko jakaa vesikatolta tulevan kuormituksen pilarien välillä kulkevalle palkille. Palkki ottaa myös vastaan hyötykuorman, koska palkin kylkeen on kiinnitetty perustustasokuvassa näkyvät varaston lattiapalkit (48 x 148 pk. k600) (liite 2). Varaston pilarien välisen palkin mitoitus on esitetty liitteissä (liite 3). Terrassien ja varastojen palkeiksi on valittu yksinkertaisuuden vuoksi suurimmalle kuormitukselle mitoitettu palkki, vaikka joihinkin väleihin riittäisi pienemmänkin kantokyvyn omaava palkki.

## 4 RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA

### 4.1 Ulkoseinä

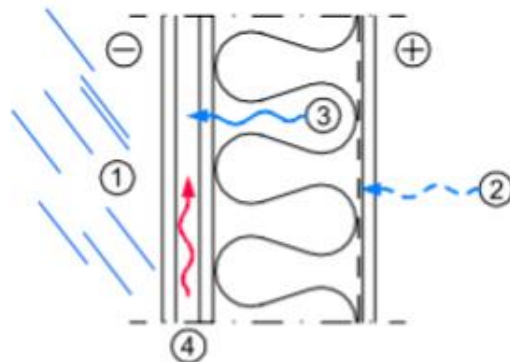
Ulkoseinien tehtävänä on suojata rakennetta ulkopuoliselta kosteusrasitukselta, mutta yhtä tärkeä tehtävä on myös suojata sisäpuoliselta kosteudelta. Kyseisessä kohteessa rakenteena on puurunkoinen seinä, jonka eristeet ovat mineraalivillaa. Mineraalivillalla on hyvä eristyskyky, mutta mikäli se kastuu, on se myös äärimmäisen hidas kuivumaan. Kosteaa villa pitäisi muutkin seinärakenteet koko ajan kosteana ja aiheuttaisi sitä kautta helposti mikrobivaurioita. Kosteudesta johtuen ei siis huono asia ole pelkästään rakenteen huono eristyskyky. Puurakenteisessa seinässä on aina kiinnitettävä erityisesti huomiota kosteustekniikkaan.

Rakennuksen ulkopuolelta tuleva rasitus on konkreettista vettä, eli pahin rasitus on viistosade. Kyseessä olevassa kohteessa ulkopuolisen rasituksen ottaa vastaan ulkoverhouspaneeli. Paneelista kosteuden johtumisen sisäpuolisiin rakenteisiin estää ilmarako. Ilmarako myös kuivattaa mahdollisesti sisäpuolisiakin rakenteita ja on sitä kautta hyvä varmistava rakenne seinässä.

Sisäpuolinen kosteus ei näy konkreettisesti, vaan sitä on vain tietty pitoisuus ilmassa. Ilman viilentyessä ilman ”vedenkantokyky” pienenee ja siitä johtuen suhteellinen kosteus kasvaa. Yksinkertaisesti asia ilmaistuna kylmään ilmaan mahtuu vähemmän vettä kuin lämpimään ilmaan ja siitä johtuen ilman lämpötilan laskiessa tarpeeksi vesihöyry tiivistyy vedeksi.

Lämpimässä rakennuksessa kosteuspaine on lähes aina sisäpuolella suurempi kuin ulkopuolella. Siitä johtuen kosteus tietenkin pyrkii pienempään paineeseen. Kosteus on siis estettävä ja tässä ja monessa muussakin kohteessa ratkaisu on höyrynsulkumuovi, jolla on todella pieni vesihöyryn läpäisevyys. Mitä siis tapahtuu, jos vesi pääsee tunkeutumaan syvälle rakenteeseen, jossa ilman lämpötila on alhaisempi? Sen tietää vain, jos ymmärtää ilman ominaisuuksia. Höyrynsulkumuovi on siis asennettava aika lähelle eristeen sisäpintaa, ettei sen lämpötila laske liikaa.

Kyseisessä kohteessa muovi sijaitsee sisäpuolen koolauksen ja rungon välissä (liite 2). Kosteutta syntyy ajan saatossa asuinrakennuksissa niin paljon, että se jossain vaiheessa tiivistyy rajapinnassa vedeksi, ellei ilmaa vaihdeta tarpeeksi. [7, s. 102,121.]



- 1 Tiivis julkisivu estää viistosateen pääsyn rakenteeseen
- 2 Lämmöneristeen lämpimällä puolella oleva vesihöyry- ja ilmatiivis kerros estää sisäkohteiden haitallisen siirtymisen diffuusiolla ja konvektiolla rakenteen kylmiin osiin
- 3 Rakennekerrosten vesihöyryvastukset pienenevät seinän ulkopintaa kohti, jolloin rakenteessa oleva kosteus siirtyy diffuusiolla pois rakenteesta
- 4 Tuuletusrakoon joutunut kosteus tuulettuu ja vesi ohjataan rakenteesta pois

Kuva 17. Ulkoseinän kosteustekninen toiminta. [12, s. 12. ]

#### 4.2 Vesikatto ja yläpohja

Vesikaton tehtävä on lähes sama, kuin ulkoseinien ulkopuolisten osien tehtävät, eli estää ulkoisia sään rasituksia tunkeutumasta rakenteisiin. Vesikatolle syntyy lisäkuormitusta lumesta ja erityisesti sulavasta lumesta. Vesikatteen valinnan suurin valintaperuste on katon kaltevuus. Kyseisessä kohteessa on varsin jyrkkä katto, joten katteen tiiviysvaatimukseen riittää hyvin aaltokuviopelti ja sen alle asennettava aluskate (kuva 12).

Yläpohjan kosteustekniset vaatimukset ovat täsmälleen samat kuin ulkoseinien sisäosilla. Kyseessä olevan kohteen yläpohjassa muovi sijaitsee heti eristeiden alapuolella eli kattotuolien alapinnassa. Yläpohjan toiminta on vieläkin varmemmalla pohjalla kuin ulkoseinien, koska höyrynsulkumuovin sisäpuolella ei ole lainkaan eristeitä (kuva 12).

Yläpohja ja vesikatto yhdistettynä toimivat kosteusteknisesti samalla tavalla kuin ulkoseinätkin. Molempien rakenteiden ulkopinnassa on ulkopuolisen sään rasituksen eristävä rakenne, sitten on tuulettuva ilmarako, seuraavana eristeet ja viimeisenä kosteustekniikkaan vaikuttavana rakenteena höyrynsulkumuovi. [7, s. 122.]

### 4.3 Alapohja

Maanvaraisen alapohjan maaperästä tulevan kapillaarisen kosteuden estäminen tapahtuu määräysten mukaan 150 millimetriä vahvalla sora tai sepelikerroksella. Todellisuudessa kapillaarikatkon olisi hyvä olla vähintään 200 millimetriä. Tämän työn kapillaarikatkon paksuudeksi määriteltiin 300 millimetriä. Eristävänä kerroksena voi toimia myös tiivis kalvo tai lämmöneristyskerros, mutta suositeltavaa on käyttää sora- tai sepelikerrosta.

Kohteen työjärjestys tehdään niin, että ennen lattian valamista on ulkoseinät tehtävä siihen vaiheeseen, että sisäpuolella on höyrynsulkumuovi asennettu, mutta koolaus ei vielä valuhetkellä saa olla villoitettu. Tämän työjärjestyksen perusteena on se, että seiniltä tuleva höyrynsulkumuovi on helppo viedä lattian alle. Muovi viedään lattian alle, jotta kohteen höyrynsulusta saadaan riittävän tiivis. Lattianbetonoinnissa syntyy paljon kosteutta ja on riski, että vettä tiivistyy höyrynsulkumuovin sisäpintaan. Siksi siis sisäkoolausta ei villoiteta ennen betonointia. [7, s. 119]

#### 4.4 Märkätilat

Märkientilojen kosteuseristäminen tehdään niin tiiviiksi, ettei kosteus pääse eristeen läpi kulkeutumaan ympäröiviin rakenteisiin. Ulkoseinien vastaisissa rakenteissa on muistettava, ettei tehdä kahta tiivistä pintaa. Mikäli ulkoseinän ja märkätilan välissä ei ole tuulettuvaa ilmarakoa, on ulkoseinän höyrynsulkumuovi ehdottomasti poistettava kosteantilan kohdalta. Tällaisessa tapauksessa on märkätilan kosteuseriste saumattava tiiviisti ympäröivään ulkoseinän höyrynsulkuun. Suositeltavampaa on toinen vaihtoehto, jossa höyrynsulkumuovi tuodaan mahdollisen ulkoseinän sisäkoolauksen sisäpintaan ja tehdään tuulettuva ilmarako kostean tilan ja ulkoseinän väliin. Tällainen vaihtoehto vaatii toisen rungon kostean tilan ulkoseinien vastaisille seinille. Ilmaraon tuuletus voidaan tehdä tekemällä saunan poistoilmanvaihtoputken reikiä ”alaslasketun” katon sisäpuolelle, joka on yhteydessä tuuletusrakoon. [7, s. 120.]

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa toteuttamiskelpoiset piirustukset Sievin LVI- ja rakennuspalvelulle. Tärkeätä työssä oli suunnitella kustannustehokkaat, mutta kuitenkin laadukkaat suunnitelmat rivitaloon. Työn alussa päätin tehdä pääpiirustukset itselleni täysin tuntemattomalla Vertex BD -ohjelmalla. Ohjelman opettelu vei varsin paljon aikaa. Vertex BD -ohjelmalla tein loppujen lopuksi vain rakennuslupapiirustukset, joista asemapiirustuksen tein kuitenkin Autocad 2015-ohjelmalla. Rakennepiirustukset tein kaikki AutoCad 2015 -ohjelmalla.

Työn suunnittelussa auttoivat varsin paljon tilaajan antamat luonnosehdotukset tilaratkaisuista. Työssä oli haasteellista löytää järkevät tilaratkaisut, kohteeseen tulevat sopivat ikkunat ja ovet sekä eri materiaalien ja värien suunnittelu. Kaikki työläimmät vaiheet liittyivät pohjapiirustuksen luomiseen. Kyseinen kohde oli jo ajallisesti melko pitkälti suunniteltu silloin, kun pohjapiirros oli valmis.

Yksikerroksisen asuinrakennuksen rakennemitoitukset olivat kohtuullisen helppoja kuormien vähyydestä ja rakenteiden pienuudesta johtuen. Rakennesuunnittelussa haasteellisinta oli rakenteiden koostumusten suunnittelu moninaisten määräysten ja toiminnallisten seikkojen johdosta.

Suunnitteluun tarvittavan tiedon jouduin pitkälti itse etsimään ja siinä samalla opin paljon suunnittelusta ja yleensäkin rakentamisesta. Jatkossa pystyisin suunnittelemaan vastaavan tyylisiä kohteita huomattavasti nopeammin. Uskoisin suunnittelun rakennuksen olevan melko kilpailukykyinen laadun, kustannusten ja toiminnallisuuden osalta, vaikka vertailukohteena olisi arkkitehtitoimiston suunnittelema vastaavan tyylinen rakennus.



## LÄHTEET

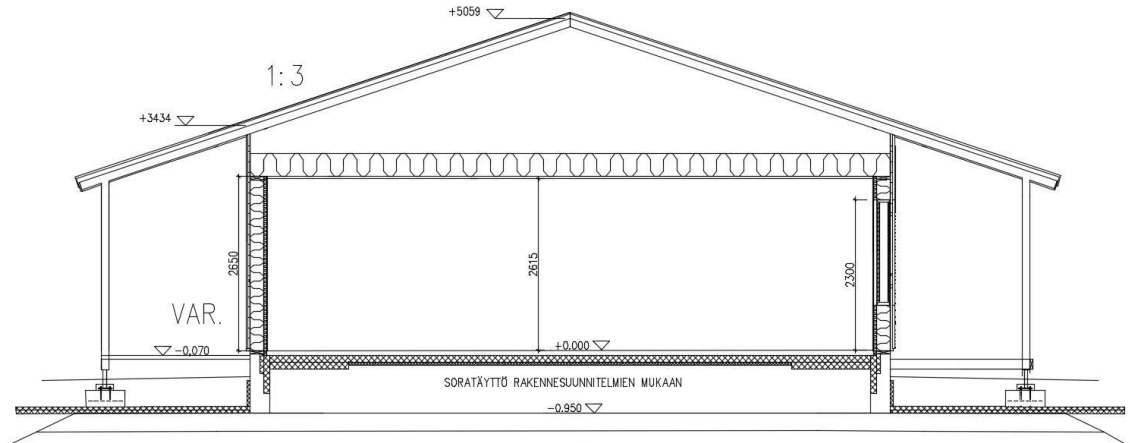
- 1 Ylivieskan kaupunki. Asemakaava 190. Haettu sivustolta: <http://www.kartta-tiimi.fi/ylivieska/190.pdf>
- 2 Rakennustieto Oy. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Kortisto: RT 09-10884. Haettu sivustolta: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/100073.html.stx>
- 3 Ylivieskan kaupunki. Rakennusjärjestys. Haettu sivustolta: [http://www.ylivieska.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/ylivieska/embeds/ylivieskawwwstructure/16334\\_16774-Rakennusjarjestys\\_2011.pdf](http://www.ylivieska.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/ylivieska/embeds/ylivieskawwwstructure/16334_16774-Rakennusjarjestys_2011.pdf)
- 4 RIL 261. Routasuojaus - rakennukset ja infrarakenteet. Tammerprint Oy 2013.
- 5 Puuinfo Oy. Asuinrakennuksissa noudatettavat ääneneristävyysvaatimukset. Haettu sivustolta: <http://www.puuinfo.fi/rakentamism%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset/asuinrakennuksissa-noudatettavat-akustiset-vaatimukset>
- 6 Finlex lainsäädäntö. RakMk E1. Rakennusten paloturvallisuus. Haettu sivustolta: <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf>
- 7 RIL 155. Lämmon- ja kosteudeneristys. Helsinki 1984.
- 8 Eurocode 0. Rakenteiden suunnitteluperusteet. EN 1990.
- 9 Eurocode 1. Rakenteiden kuormat. EN 1990.
- 10 Eurocode 5. Puurakenteiden suunnittelu. EN 1995.
- 11 C3. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen lämmöneristyksestä. Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007, asunto- ja rakennusosasto. Haettu sivustolta: [http://www.finlex.fi/data/normit/29517-C3\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/29517-C3_2007.pdf)

- 12 Ympäristöministeriö, Ympäristöopas. Luku 7, Rakenteiden kosteusvaurioriskin arviointi Haettu sivustolta: <http://www.ym.fi/download/no-name/%7B96096E19-3B71-4357-8328-3D8AAB369678%7D/111283>
- 13 Björkholz D. Lämpö ja kosteus. Rakennustieto Oy Helsinki 1997.
- 14 SFS 2460, Rakennusten tilavuuden laskenta. 1993. haettu sivustolta [https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/KH\\_8462.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/KH_8462.html.stx)
- 15 Eurocode 2: Betonirakenteiden suunnittelu 1992. Haettu sivustolta: [http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet\\_2\\_Betonirakenteiden\\_suunnitteluperusteet.pdf](http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf)

Pohjapiirros 1.

Pohjapiirros 2.

## LEIKKAUS A-A



## RAKENTEET

## US 1

- PINTAMATERIAALI
- RAKENNUSLEVY 13 mm
- HÖYRYNSULKUVOIVI 0,2 mm
- PUURUNKO 48X198 K 600 + LÄMMÖNERITE 150 mm MINERAALIVILLAA
- VAAKAKOOLAUS 48X48 K 600 + LÄMMÖNERISTE 50 mm MINERAALIVILLAA
- TUULENSUOJALEVY, kipsilevy 9 mm
- KOOLAUS 32X100
- VAAKAPANELI 28X170

## YP 1

- rakennuslevy 13 mm tai paneeli verhous
- koalaus 22x100k400
- höyrynsuku 0,2 mm
- lämmöneriste puhallusvilla 350 mm
- ausrake
- korakerimat, ruoheet ja veskate

## AP 1

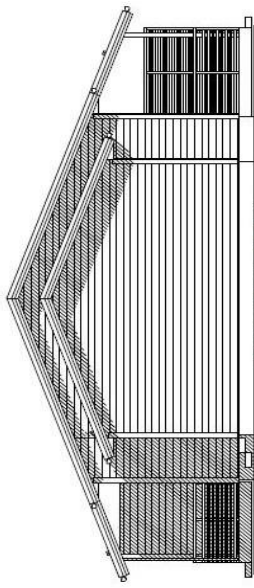
- pintamateriaali
- betoniautta 80 mm
- lämmöneriste 150mm reuna-alueilla 200 mm
- leveydellä 150 mm
- kerroksittain tiivistetty sorakerros

## HUONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT

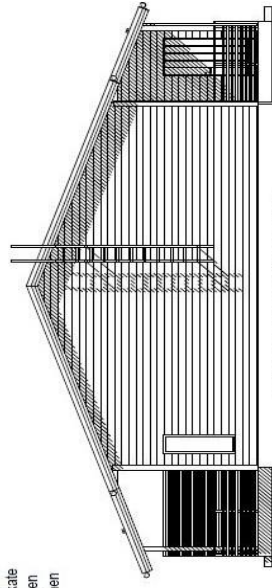
- 2x13 mm kipsilevy (EK-levy pääimmäiseksi)
- tuplarunko 48x48 k 600 / 48x98 k600
- 2x13 mm kipsilevy
- Äänen- ja paloneristämisaatimukset:
- db 55
- EI 30
- Ullakalla EI30

RAKENTEIDEN SUUNNITTELU U-ARVOT:	VAATIMUS C3:N MUKAAN:
LÄMPIMÄT TILAT:	
ULKOSEINÄ US1 : 0,18 W	0,25W/m2K
YLÄPOHJA YP1: 0,14 W/m2K	0,16W/m2K
ALAPOHJA AP 1: 0,14 W/m2K (reunalla)	0,20W/m2K
ALAPOHJA AP 1: 0,16 W/m2K (keskellä)	
IKKUNAT : 1,00 W/m2K	1,40W/m2K
OVET : 1,20 W/m2K	1,40W/m2K

RAKENNUS VARUSTETAAN KONEELLISELLA ILMANVAIHDOLLA JA LÄMMÖNTALTEENOTOLLA, JONKA LÄMMÖNSIIRTIMEN TULOILMAN LÄMPÖTILANHYÖTYSUHDE ON VÄHINTÄÄN 30 %



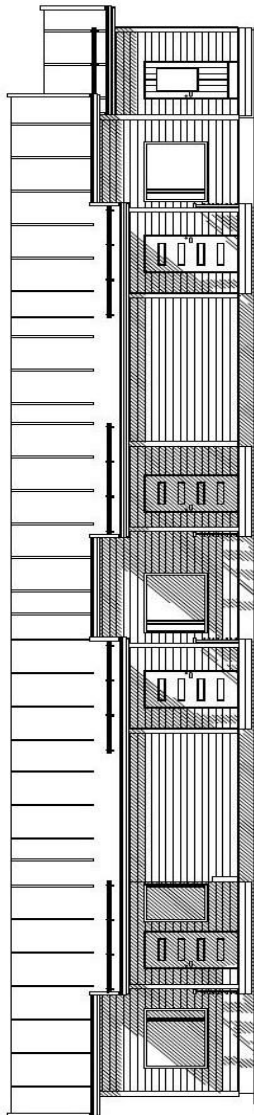
JULKISIVU ETELÄÄN



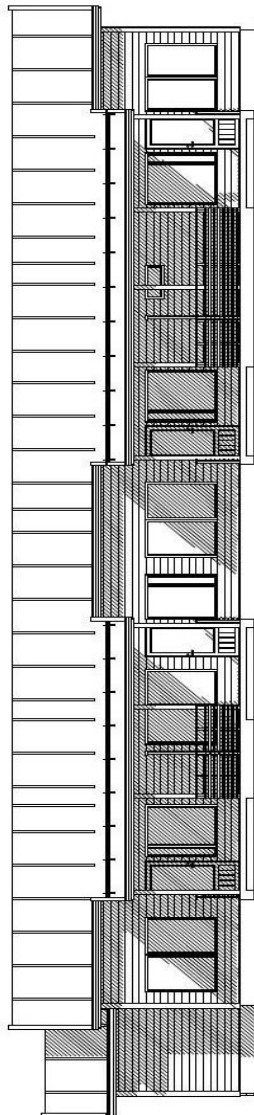
JULKISIVU POHJOISEEN

JULKISIVUMATERIAALIT:

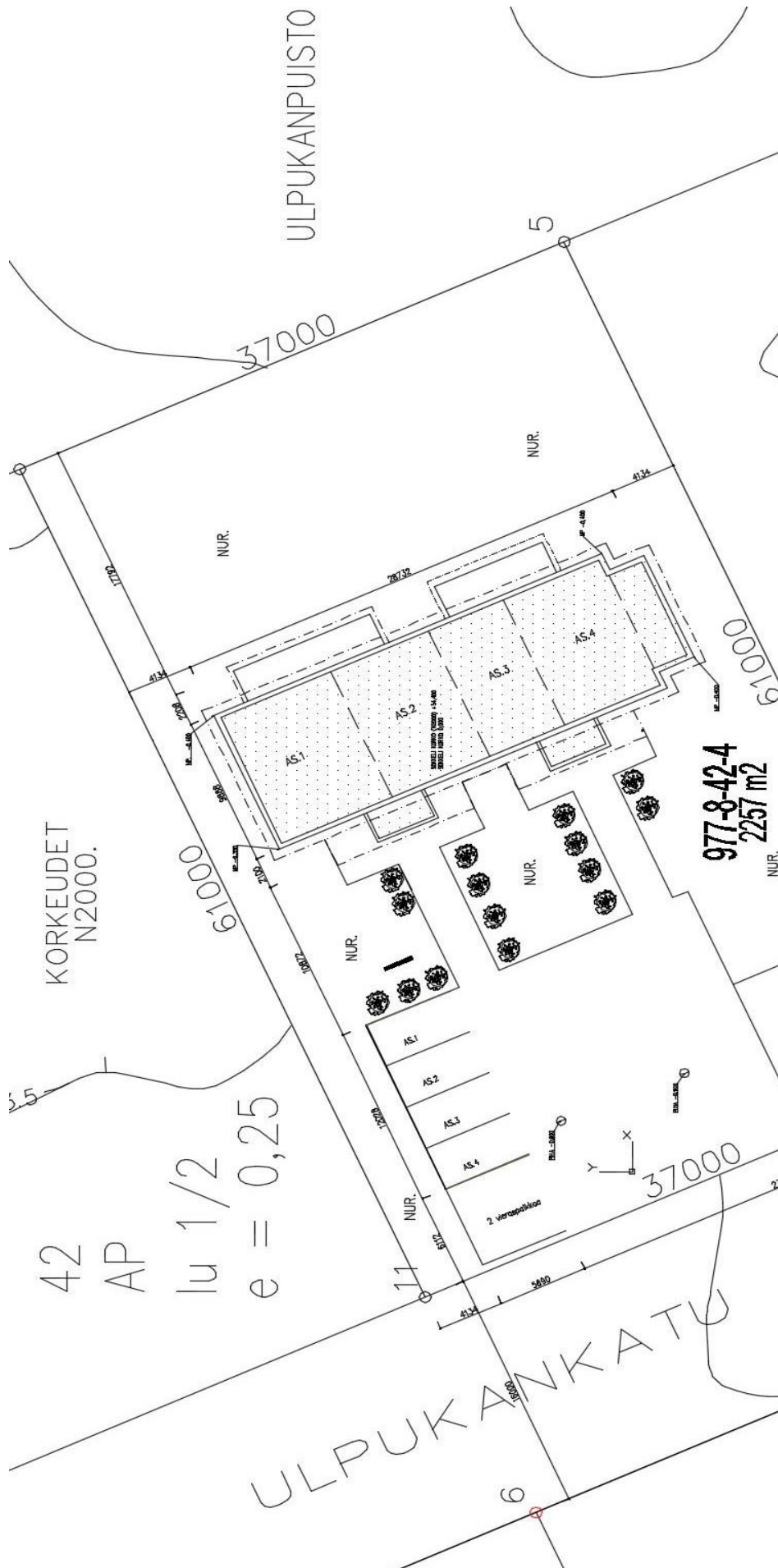
- Sokkeili, hamaa
- Ulkoverhouspaneeli, UTY 28x170, väri tikkurilan 603 X
- Vesikate, mustia tiilikuvioinen pelttikate
- Räystäskaunot ja syöksyt, valkoinen
- Räystästen puurakenteet, valkoinen
- Katosten pilarit, valkoinen
- Ovet ja ikkunat, valkoinen



JULKISIVU LÄNTEEN



JULKISIVU ITÄÄN



## MERKKIEN SELITYKSET:



## UUDISRAKENNUS

Ylivieska  
Männistö

42

4

AP

e=0,25

2257

lu 1/2

Korttelin, korttelinosan tai tontin raja

Kaupunki

Kaupunginosa

Korttelinnumero

Tontin numero

Asuinrakennusten korttelialue

Rakennusoikeus

Tontinpinta-ala

Tontille saa rakentaa korkeintaan puolitoistakerroksisen rakennuksen

## Palomääräykset

- paloluokka P3
- Paloturvallisuusluokka 1
- suojaustaso 1

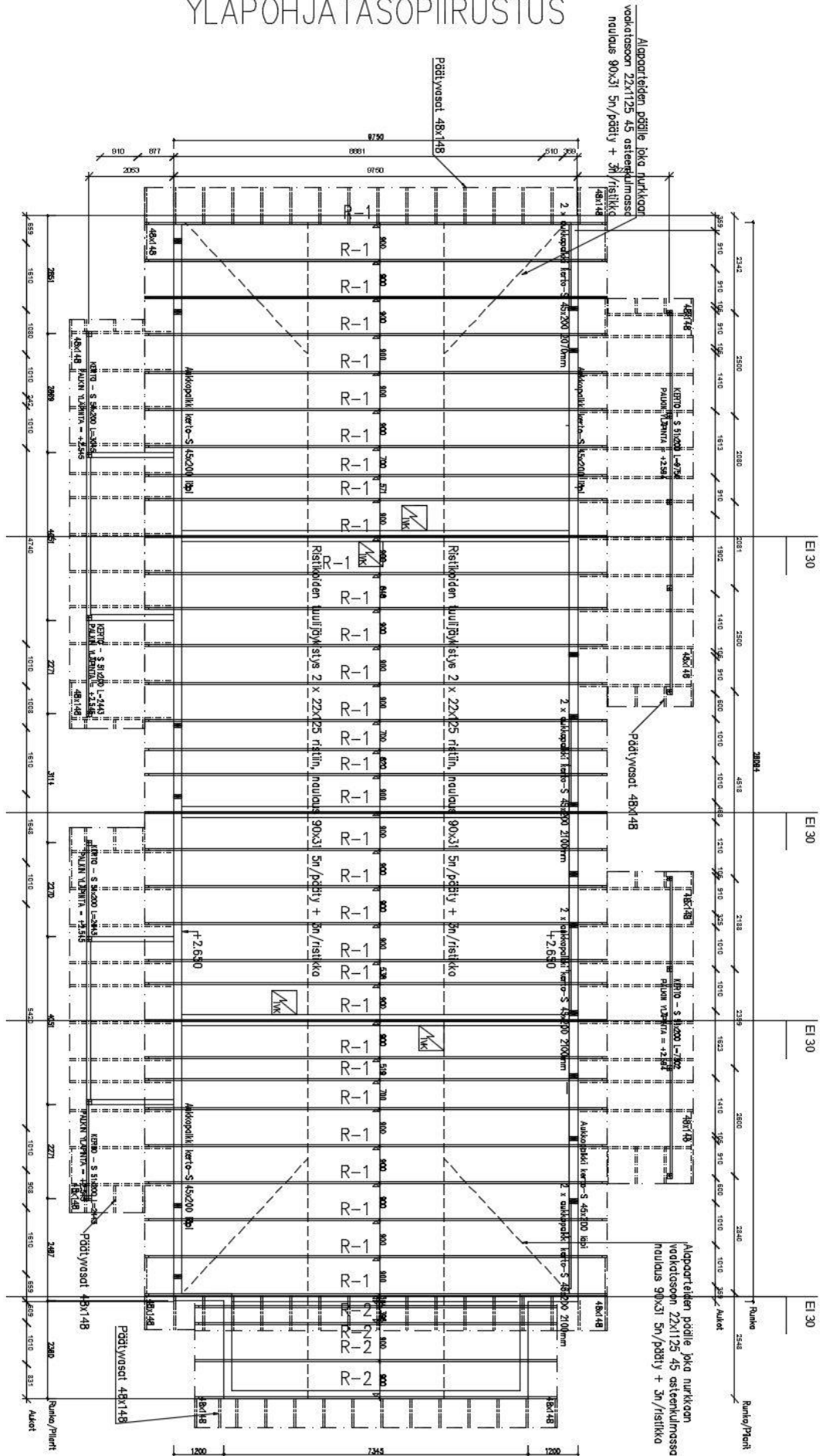
Sokkelikorko tarkistetaan paikanpäällä.

Maanpinta muotoillaan niin, että se yhtyy tontin rajoilla luontevasti alkuperäiseen maanpintaan.

Rakennusoikeus on  $0,25 \times 2257 = 564 \text{ m}^2$ Todellinen kerrosala =  $279 \text{ m}^2$ Kerrosala 250 millimetrin rakenteella =  $274 \text{ m}^2$ Tilavuus =  $929 \text{ m}^3$



# YLÄPOHJATASOPIIRUSTUS



Peltikate, ruoteet C18 22x100 k350 (tark. katetoimittajalta)

Kattokannattajien kiinnitys yläjuoksuun kulmakiinikkeillä  
BMF 90 vahv. 1 kpl/tuki, naulaus NKT 40x4

Ulkoseinä 48x198 C24 k600

– aukkopalkit tasokuvan mukaan

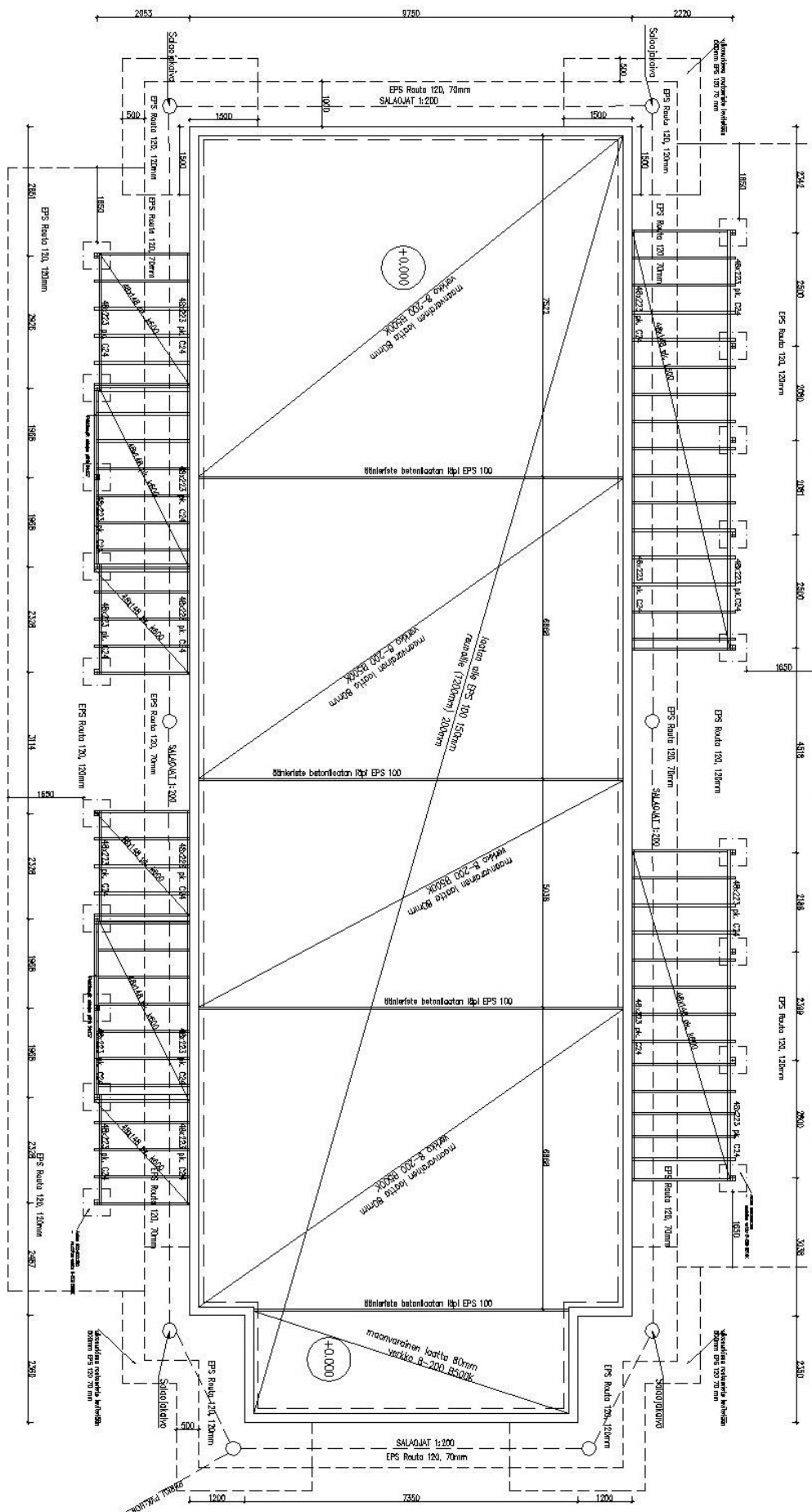
Pilarit LP 115x115

Palkit tasokuvan mukaan Kerto-S

Ristikkojen sauvojen jäykistäminen ristikkovalmistajan ohjeiden mukaan.  
Alapaarteiden jäykistys tasokuvan mukaan.

KUORMITUS	(KN/m <sup>2</sup> )
LUMI	2,2
TUULI	0,6
OMAPAINO	0,50

Perustustasokuva



BETONI: PERUSTUKSISSA RASITUSLUOKAT: XC4, XF1, C30/35-2, LATTIOISSA RASITUSLUOKKA. XC1 C25/30-2  
TERÄS: B500K

SUOJABETONIETÄISYYS: PERUSTUKSISSA YLEENSÄ 35mm, SOKKELEISSA ULKOPUOLELLA 45mm  
MAATA VASTEN ALETTAESSA 50mm KUIVSSA SISÄTILOISSA 25mm.

TÄYTTÖTYÖT:

PEHMEÄT PINTAMAAT POISTETAAN KANTAVAAN MAAKERROKSEEN SAAKKA.

PERUSMAATA VASTEN SUODATINKANGAS

ALKUTÄYTÖT TARVITTAESSA HIEKALLA

SUODATINKANGAS

KAPILLAARIKATKOKERROS, MURSKE 16...32 MIN. 300mm

KAPILLAARIKATKON JA LOPPUTÄYTÖN RAJAPINTAAN SUODATINKANGAS

LOPPUTÄYTÖT TEHDÄÄN KARKEALLA HIEKALLA

VERUSTÄYTÖT TEHDÄÄN ROUTIMATTOMASTA HIEKASTA

PERUSTUSTEN ALAPUOLISET TÄYTÖT TIIVISTETÄÄN TIIVEYTEEN D>95%

MAANVARAISEN LATTIAB TÄYTÖT TIIVISTETÄÄN TIIVEYTEEN D>92%

ROUTASUOJAUS: SEINÄN VIERILLÄ EPS 120 ROUTA TASOKUVAN MUKAAN

LIKENNÖIDYILLÄ ALUEILLA XPS ERISTE

LATTIAERISTYS: EPS 100 LATTIA TASOKUVAN MUKAAN

MITAT TARKISTETTAVA TYÖMAALLA

PERUTAMISYÖT TEHDÄÄN POHJATUTKIMUSLAUSUNNON OHJEITA NOUDATTAEN

TERÄSOSIEN RUOSTESUOJAUS

-MAAN PÄÄLLÄ Sa 2 1/2 EP 1 80u

-MAAHAN UPDTEETTUNA KUUMASINKITYS

SALAOJAT:

-MUOVIPUTKEA UPONOR TUPLA ø110 MUHVIN ASENNUKSLUOKKA T8 TAI VASTAAVA

-PUTKEN YMPÄRILLE SALAOJASORAA MIN.200mm

-TARRKISTUSKAIVOSSA LIETEPESSÄ 200mm

-SALAOJITUSTYÖSSÄ NOUDATETTAVA RIL 126:N OHJEITA

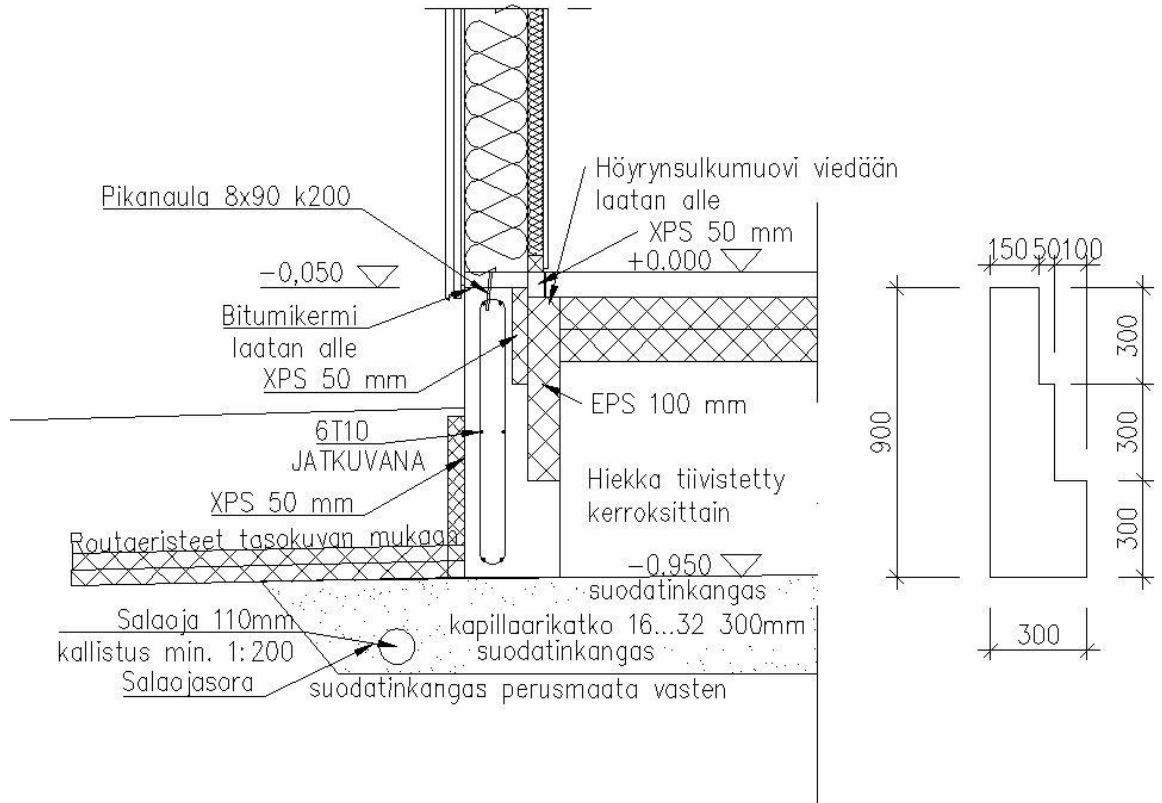
-SALAOJAKAIVOT ERISTETÄÄN NIIN, ETTÄ PAKKASEN PÄÄSY PERUSTUKSIIN ESTETÄÄN.

-MIKÄLI SALAOJAT OVAT ALLE 1000mm MAANPINNASTAN SALAOJAT ROUTAERISTETÄÄN 100mm XPS FL400.

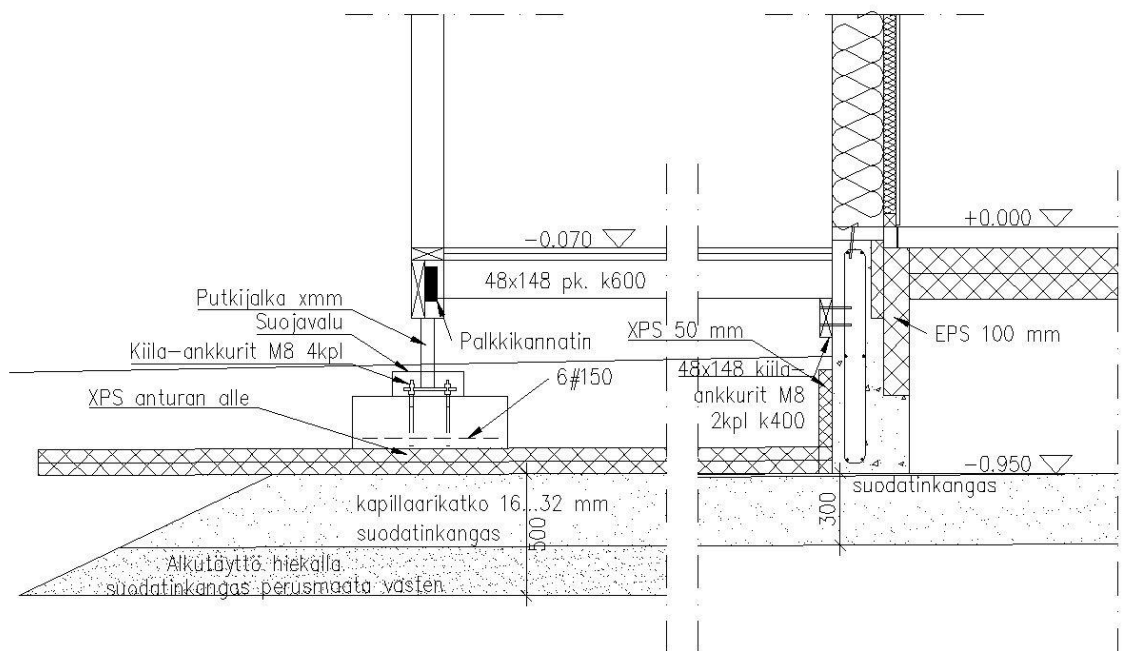
-SALAOJA JOHDETAAN PERUSVESIKAIVON JA SIELTÄ KUNNALLISEEN VERKOSTOON.

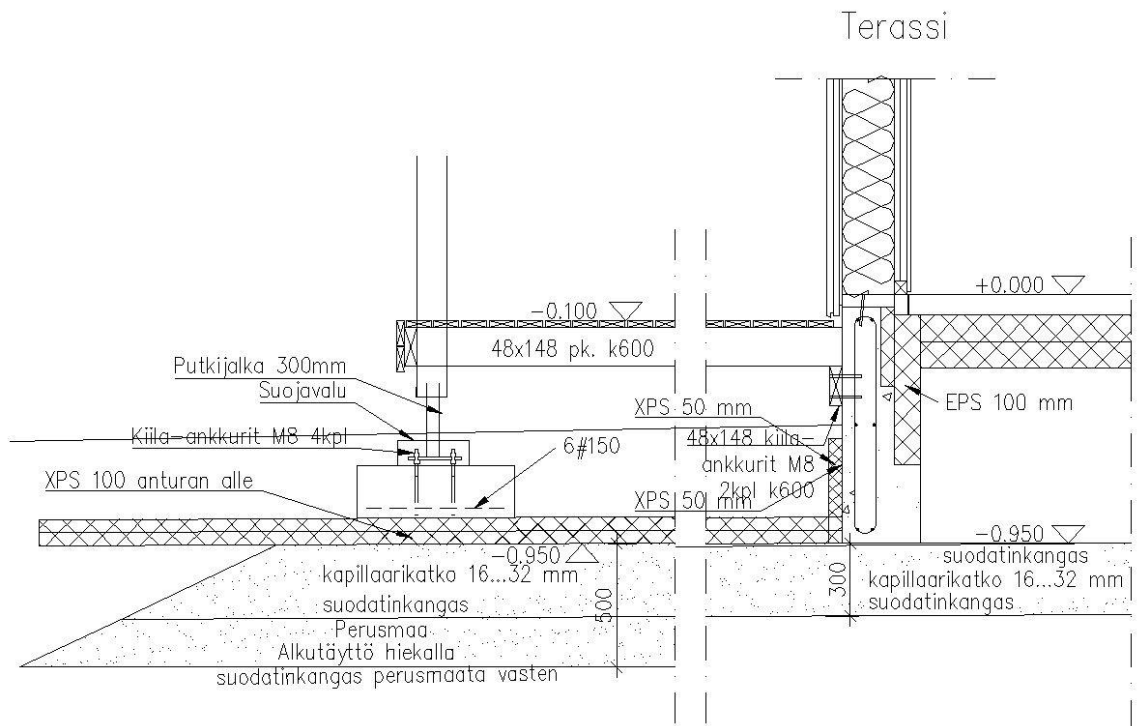
-PERUSVESIKAIVOSS PINTAVESIENPÄÄSY SALAOJIIN ESTETÄÄN PADOTUSVENTTIILEILLÄ.

## Sokkeli Ulkoseinä

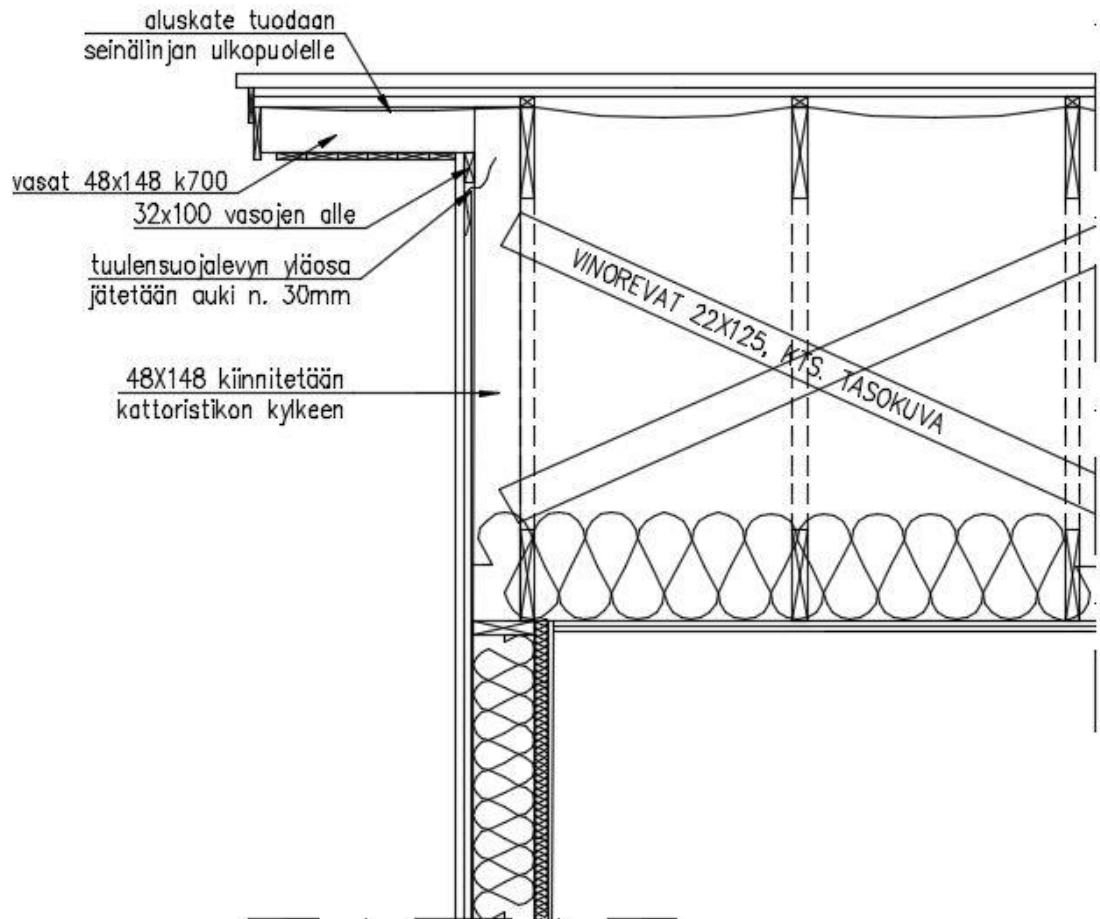


## Ulkovarasto

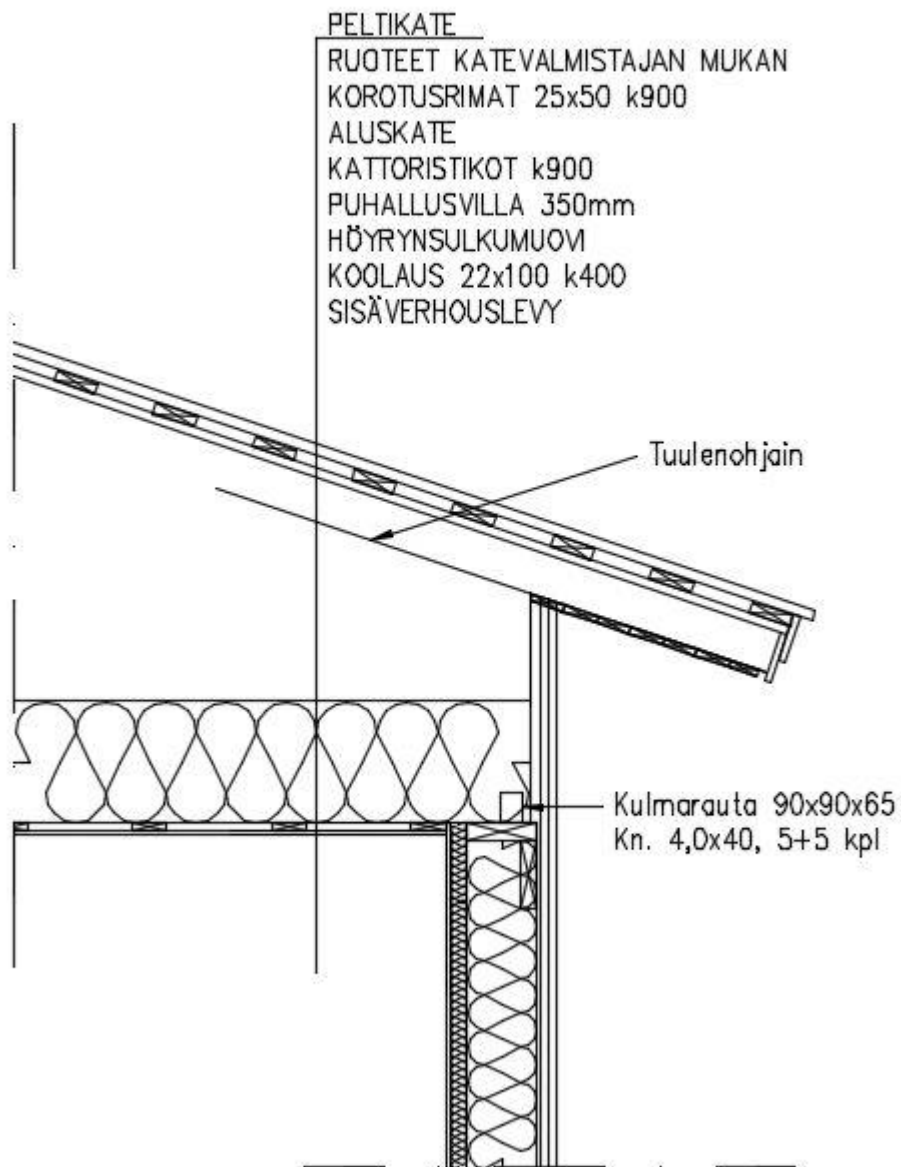




## LEIKKAUS, PÄÄTYRÄYSTÄS



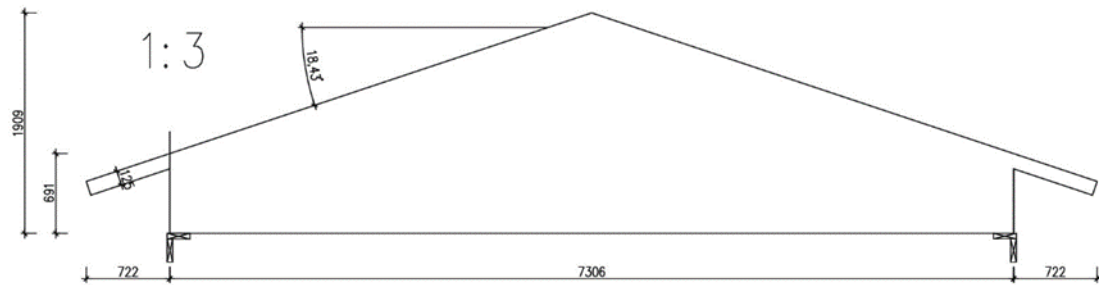
## LEIKKAUS, SIVURÄYSTÄS





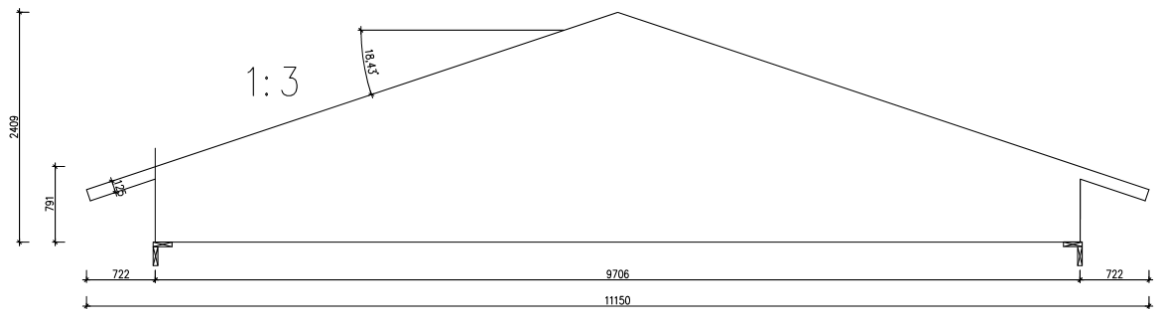
## RISTIKKO R2

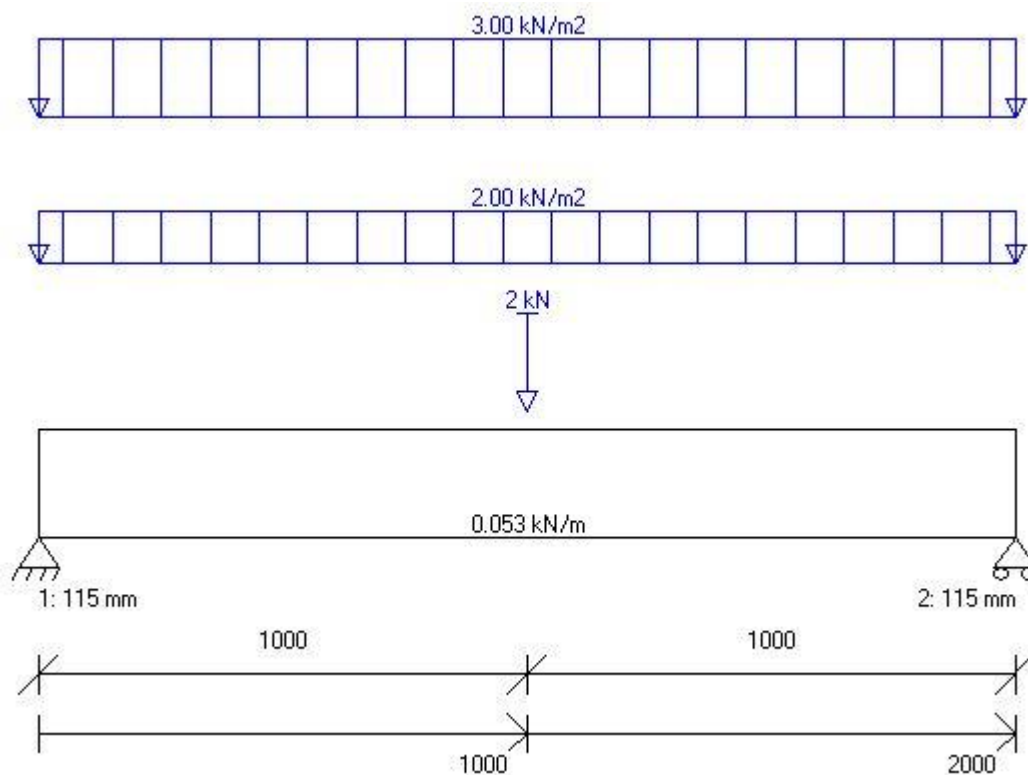
4 KPL		4 KPL	
PALOLUOKKA P3		RAKENTEET	$g=0,6 \text{ KN/m}^2$
RISTIKKOJAKO	k900	LUMIKUORMA	$q=2,2 \text{ KN/m}^2$
RUODEJAKO	300mm		
TUKIMATERIAALI	PUU LAPPELLAAN 198 mm		

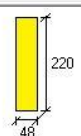


## RISTIKKO R1

32 KPL		32 KPL	
PALOLUOKKA P3		RAKENTEET	$g=0,6 \text{ KN/m}^2$
RISTIKKOJAKO	k900	LUMIKUORMA	$q=2,2 \text{ KN/m}^2$
RUODEJAKO	300mm		
TUKIMATERIAALI	PUU LAPPELLAAN 198 mm		





POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide Materiaali: C24 Poikkileikkauksista: k/k [mm]: 48x220 1500 MATERIAALI: C24 MUOTO: Suorakaide LEVEYS B: 48 mm KORKEUS H: 220 mm A: 10560 mm <sup>2</sup> I <sub>y</sub> : 42592000 mm <sup>4</sup> W <sub>y</sub> : 387200 mm <sup>3</sup> K-JAKO/KUORM.LEV.: 1500 mm 	Käyttöluokka: 2 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0) <input checked="" type="checkbox"/> RAKENNEMITOITUS <input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT) ----- <input type="checkbox"/> Nurjahdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> Kiepahdustarkastelu ----- <input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT) <input checked="" type="checkbox"/> Taipumatarkastelu ----- <input type="checkbox"/> Värehtelytarkastelu ----- HUOM! Tarkista rakenneosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.	<b>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 94.2 %</b> <input checked="" type="checkbox"/> RAKENNEMITOITUS (94 %) <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT): (92 %)               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Leikkaus (V<sub>z</sub>): 9.74 kN, (61 %), x = 2000 mm</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Taivutus (M<sub>y</sub>): 4.87 kNm, (92 %), x = 1000 mm (Lef=300 mm)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> (ilman kiepahdusta): 4.87 kNm, (92 %), x = 1000 mm</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 1: (78 %), tukipainekerroin = 1.58</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Tukipaine, tuki 2: (78 %), tukipainekerroin = 1.58</li> </ul> </li> <li><input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (94 %)               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Taipumamitoitus: (94%)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> jänneväli 1 (94%)</li> </ul> </li> </ul>

Ulkovarastojen ja terassien laattapalkistojen mitoitus.

## ULKOSEINÄANTUTURA

betoni C30/35-2

maa.sall. = 100 KN/m<sup>2</sup>

## Kuormitus

$$g_1 \text{ (sokkeli)} = 25 \text{ KN/m}^3 \times 0,9 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 5,6 \text{ KN/m}$$

$$g_2 \text{ (seinä + kattorakenne)} = 6 \text{ KN/m, (ylimitoitettu)}$$

$$q \text{ (lumikuorma)} = 2,0 \text{ KN/m}^2 \times 6,15 \text{ m} = 12,3 \text{ KN/m}$$

$$N = 23,9 \text{ KN/m}$$

$$N_d = 1,15 \times 12,3 \text{ KN/m} + 1,05 \times 11,6 \text{ KN/m}$$

$$= 26,3 \text{ KN/m}$$

$$\text{Anturan leveys } B > 26,3 \text{ KN/m} / 100 \text{ KN/m}^2 = 0,27 \text{ m}$$

$$\text{valitaan, } B = 0,3 \text{ m}$$

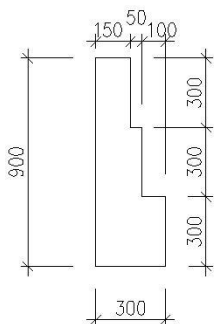
kokeillaan betonianturaa

$$f_c t_d, p_l = 0,6 \times 1,2 \text{ MN/m}^2 = 0,72 \text{ MN/m}^2$$

$$p_d = 26,3 \text{ KN/m} / 0,3 \text{ m} = 87,7 \text{ KN/m}^2$$

$$h \geq 0,15/0,95 \times \sqrt{(3 \times 0,087,7 \text{ MN/m}^2)/(0,72 \text{ MN/m}^2)} = 0,1 \text{ m (anturan vaadittava paksuus)}$$

Kuormitusten epäkeskisyyks on 1/3, eli ei aiheuta lisälaskelmia.



## Routaeristeen mitoitus

Lämpimän ja kylmän rakenteen routaeristeen paksuus

Paikkakunta: Ylivieska -> Pakkasmäärä  $F_{50} = 48\,000\text{ Kh}$

Maanvarainen laatta

Alapohjan  $R = < 7,5\text{ m}^2\text{K/W}$

Perustussyvyys = 0,6 m

Routaeristeen  $\lambda = 0,036\text{ w/mK} = (\text{EPS } 120)$

## Lämmin rakenne

Eristeleveys, (taulukosta) = 1,0 m

paksuus  $d = 1,65\text{ m}^2\text{K/W} \times 0,036\text{ w/mK} = 5,94\text{ cm}$

## Kylmä rakenne

Eristeen lämmönjohtavuuden pienennys sijoitusyvyyden perusteella.

$m_r = m_{r0} - (Z_r - 0,3) \times 1\text{ m}^2\text{K/W}$

$m_r = 2,7\text{ m}^2\text{K/W} - (0,4 - 0,3) \times 1\text{ m}^2\text{K/W} = 2,6\text{ m}^2\text{K/W}$

$d = 2,6\text{ m}^2\text{K/W} \times 0,036\text{ W/mK} = 0,094\text{ m}$

vahvuus = 10 cm

Leveys, (taulukosta perustussyvyyden ollessa 0,5 m)  $B = 1,65\text{ m}$