



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PUURAKENTEISEN HALLIN SUUNNITTELU

Designing a Wood-framed Hall

TEKIJÄ: Teemu Koivula

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Teemu Koivula	
Työn nimi Puurakenteisen hallin suunnittelu	
Päiväys 2.5.2024	Sivumäärä/Liitteet 44/48
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Omatalo Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella hallirakennus Omatalon valmistamien elementtien pohjalta. Rakennesuunnittelussa keskityttiin aukonylityspalkin, aukon pielitolpan ja rakennuksen kokonaisjäykistyksen mitoittamiseen. Yksi keskeisistä asioista oli selvittää kipsilevyn soveltuvuus seinien jäykistävänä rakenteena. Mitoitus tehtiin eurokoodien mukaan.</p> <p>Puurakenteiden rakennelaskelmat laadittiin Excel taulukkolaskentana ja vertailu suoritettiin Finnwood 2.4 laskentaohjelmalla. Kipsilevyjäykistys laadittiin Gyprocin suunnitteluohjeen mukaan Excel taulukkolaskentana ja vertailu suoritettiin laskentapalvelut.fi ohjelmalla. Tehdaskierroksella Omatalon tehtaassa tutustuin elementtien valmistustapaan ja kävimme Omatalon rakennesuunnittelijan kanssa leikkauskuvia läpi.</p> <p>Työn tuloksena saatiin Excel-laskentapohja, josta selviää käytettävien rakenteiden materiaalit, poikkileikkaukset ja käyttöasteet. Kipsilevyn käyttö seinien jäykistävänä rakenteena todettiin toimivaksi.</p>	
Avainsanat Halli, rakennesuunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Teemu Koivula	
Title of Thesis Designing a Wood-framed Hall	
Date 2 May 2024	Pages/Appendices 44/48
Client Organisation /Partners Omatalo Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to design a hall building according to the elements manufactured by Omatalo Oy. Structural design focused on dimensioning the crossing beam, doorway frame post and the overall stiffening of the building. One of the key issues was to determine the suitability of drywall as a rigid structure for walls. Dimensioning was made according to the Eurocodes.</p> <p>The structural calculations of wood structures were prepared as Excel spreadsheets and the comparison was made using the Finnwood 2.4 calculation software. According to Gyproc's design guidelines, the stiffening of the walls with plasterboard was done as an Excel spreadsheet and the comparison was made using the computeservices.fi program. During the factory tour at the Omatalo factory, the author became familiar with the way the elements were manufactured and went through the cutting images with the structural designer of Omatalo.</p> <p>The result of the work was an Excel calculation base that shows the materials, cross-sections and utilization rates of the structures used. The use of drywall to stiffen the walls of the structure was found to be effective.</p>	
<p>Keywords Hall, structural design</p>	

ESIPUHE

Haluan kiittää mielenkiintoisesta aiheesta ja ohjauksesta Omataloa, sekä ohjaavaa opettajaa Jussi Hämäläistä.

Kuopiossa 2.5.2024

Teemu Koivula

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	RAKENNESUUNNITTELU	7
2.1	Kuormat.....	10
2.1.1	Omapaino.....	10
2.1.2	Hyötykuorma	10
2.1.3	Lumikuorma	11
2.1.4	Tuulikuorma (Voimakerronmenetelmä).....	13
2.2	Rakenteiden suunnittelu	14
2.2.1	Murtorajatila	15
2.2.2	Käyttörajatila	15
2.2.3	Seuraamusluokka.....	15
2.2.4	Kuormitusyhdistelyt.....	16
2.2.5	Materiaaliominaisuudet.....	16
2.2.6	Käyttöluokat	17
2.3	Kantavien rakenteiden mitoitus.....	18
2.3.1	Käyttörajatilamitoitus	18
2.3.2	Aukonylityspalkki.....	19
2.3.3	Runkotolppa, aukonylityspalkilta tuleva lisäkuorma.....	23
2.3.4	Ulkoseinän levyjäykistys	27
2.3.5	Seinien ankkurointi.....	29
2.3.6	NR-ristikko yläpohjan jäykistys.....	30
2.3.7	Alapaarretason jäykistys	37
3	POHDINTA.....	42
	LÄHDELUETTELO.....	43
	LIITTEET	44
	LIITE 1 POHJAKUVA, ELEMENTTIJAKO	45
	LIITE 2 HAVAINNOILLISTAVAT JULKISIVUKUVAT	46
	LIITE 3 HALLIN YLEISTIEDOT JA KUORMAT.....	50
	LIITE 4 AUKONYLITYSPALKKI	44
	LIITE 5 RUNKOTOLPPA, AUKONYLITYSPALKILTA TULEVA LISÄKUORMA.....	60
	LIITE 6 GYPROC LEVYJÄYKISTYS	67

LIITE 7 SEINIEN ANKKUROINTI	77
LIITE 8 YLÄPOHJAN JÄYKISTYS	81
LIITE 9 ALAPAARRETASON JÄYKISTYS	88

1 JOHDANTO

Tilajana toimii Omatalo Oy. Opinnäytetyön aiheena on puurakenteisen hallin suunnittelu. Hallin on tarkoitus tulla osaksi Omatalon valmista mallistoa. Hallin jatkosuunnittelu ja mitoituksen tarkastaminen tulee tehdä Omatalon toimesta.

Omatalo Oy on Pohjois-Savossa Sonkajärvellä sijaitseva talotehdas, joka perustettiin yli 80 vuotta sitten. Mallistosta löytyy laaja valikoima erilaisia taloja. Elementit valmistetaan tehdasympäristössä kuivassa ja valvotussa tilassa.

Suunnitteluun kuului hallin yleissuunnittelua ja rakenteiden mitoitusta. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon Omatalon tuotantolinjan kapasiteetti ja elementtien valmistustapa. Keskeistä sisältöä olivat rakennuksen kokonaisjäykistys, aukonylityspalkit ja pilarit. Laskemisessa käytettiin Exceliä ja lisäksi laskentaohjelmia.

2 RAKENNESUUNNITTELU

Rakenteiden suunnittelulle on määritetty ohjeita ja standardeja. Puurakenteiden tulee täyttää standardissa EN 1990:2002 ja sitä koskevassa kansallisessa liitteessä olevat perusvaatimukset.

Rakenteiden suunnittelu tehtiin seuraavien kirjojen ohjeiden mukaan. Kirjat ovat materiaaliltaan kattavia ja niissä on esitetty mitoitus esimerkkejä.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisema kirja RIL 201-2-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Perustuu Eurokoodi 1 suunnittelustandardin versioihin EN 1991-1-2, EN 1991-1-5, EN 1991-1-6, EN 1991-1-7, EN 1991-3, EN 1991-4 ja niiden Suomenkansallisiin liitteisiin.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisema kirja RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje. Perustuu Eurokoodi -suunnittelustandardin versioon EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 ja sen Suomen kansalliseen liitteeseen.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisema kirja RIL 248-2013 NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu ja toteuttaminen.

Tässä opinnäytetyössä on hyödynnetty kirjojen lisäksi Puuinfon laatimaan Eurokoodi 5 lyhennettyä suunnitteluohjetta, joka on tiivistetty versio Suomen Rakennusinsinöörien Liiton tekemistä teoksista RIL 205-1-2017 ja RIL 205-2-2019. Ohjeesta on kerrottu puuinfon suvuilla näin:

”Ohje on pyritty laatimaan sen tasoiseksi, että sen avulla voi selvittää vähäisistä ja tavanomaisista rakennussuunnittelutehtävistä.”

Ohje on hyvä, koska sitä päivitetään ajantasaiseksi, jos Eurokoodi 5 tulee muutoksia. Ajantasaisuus on käyttäjän vastuulla.

Työn tarkoituksen oli suunnitella ja mitoittaa hallirakennus Omatalon mallistoon, jota voidaan jatkokehittää. Alustavina lähtötietoina hallin ulkomitat ovat 10 m * 15 m. Pinta-alaltaan 150 m². Hallissa tulee olla nosto- tai haitariovet, jotta hallissa voidaan säilyttää ja huoltaa suurempiakin koneita. Hallin käyntiovi tulee integroituna nosto- tai haitarioveen.

Mitoittamisen kannalta tärkeitä tarkastelun kohteita ovat rakennuksen kokonaisjäykistys, aukonylityspalkit ja pilarit. Jäykistys on tarkoitus toteuttaa levyjäykistyksellä. Mitoittamalla selviää, tarvitseeko levyjä muuttaa kipsilevystä vahvempaan, esimerkiksi vaneriin. Aukonylityspalkki määräytyy

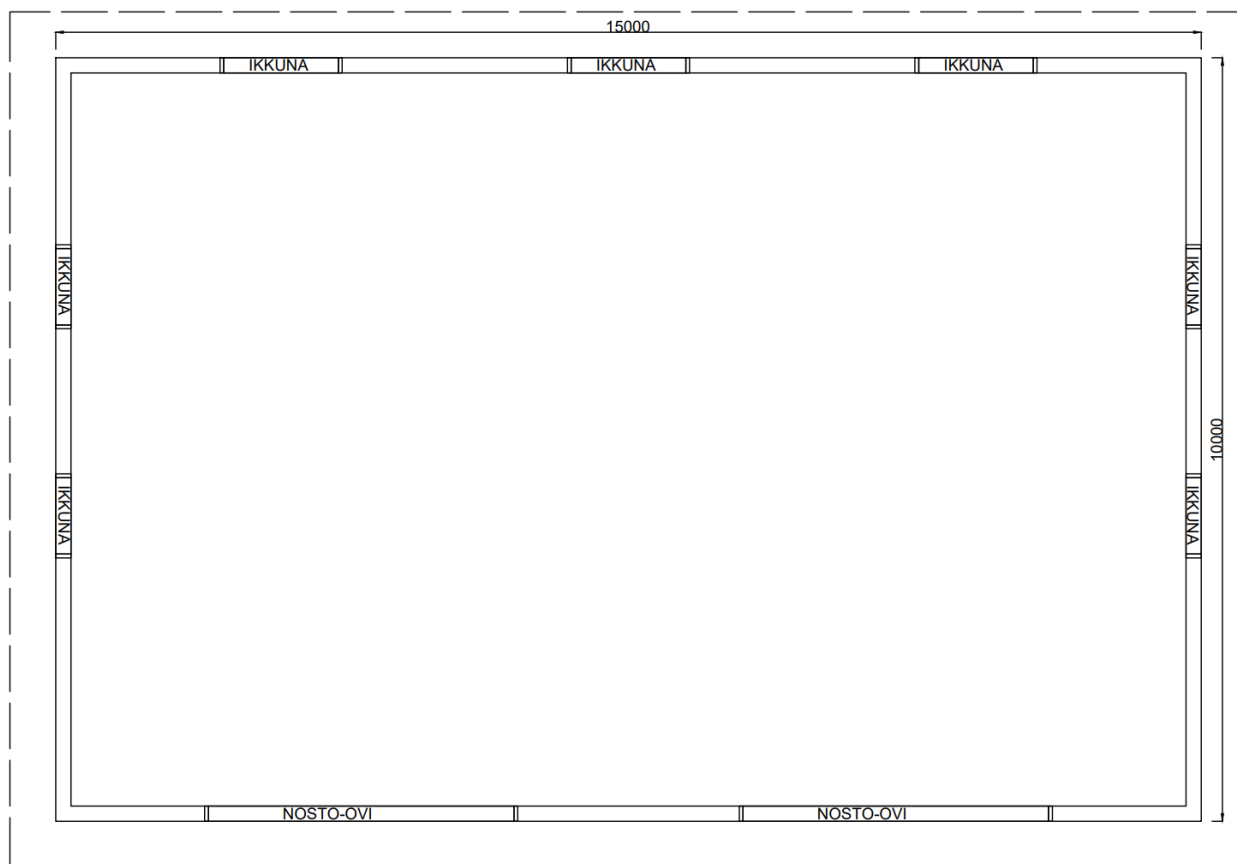
aukon leveyden mukaan. Huomioitavaa on, ovatko molemmat ovet samankokoisia. Yksi tarkastelun kohde on ulkoseinä, johon aukonylityspalkki tukeutuu. Laskennalla tulee selvittää, kestäkö reuna-
tolppa tavanomaisena runkotolppana, vai tarvitseeko lisätä useampi runkotolppa tai pilari.

Rakennus mitoitettiin Iisalmeen. Lumikuorma maassa $2,6 \text{ kN/m}^2$ ja maastoluokka 2.

Elementtijako oli tärkeä huomioida pohjaa suunnitellessa. Elementit ovat $1,2 \text{ m}$ ja $2,4 \text{ m}$ leveitä. Tarvittaessa nurkkaelementit voivat poiketa standardimitoista.

Räystään pituus 600 mm . Rakennuksen sisäkorkeus $\sim 5 \text{ m}$.

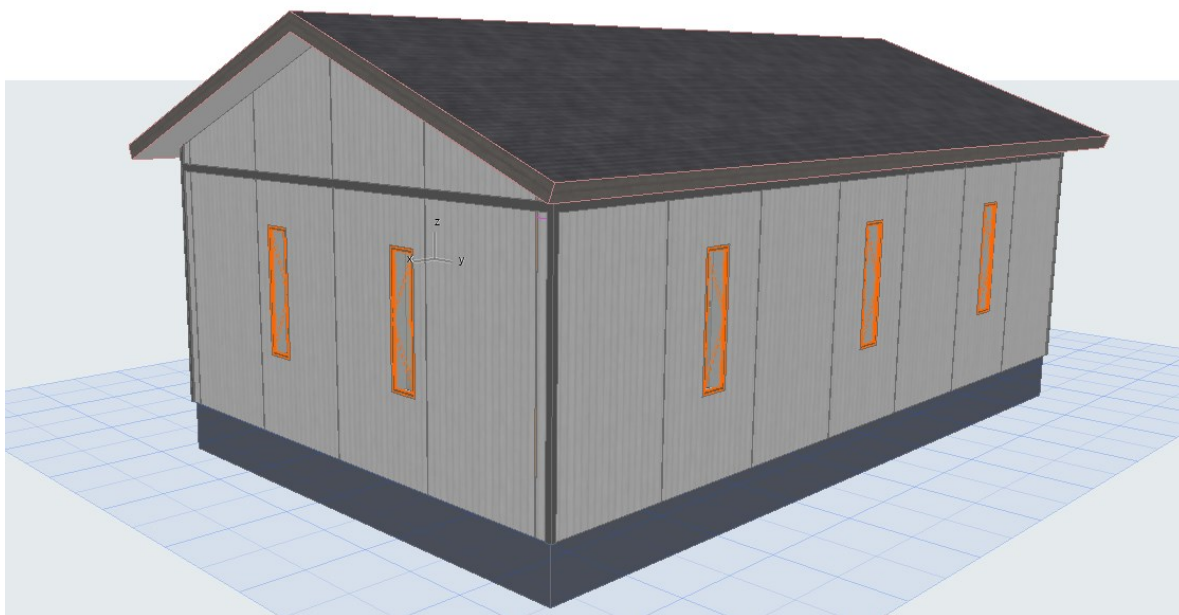
Rakennuksessa on harjakatto, jonka kaltevuus on $1:2,5$. Harjalinja on keskellä rakennusta pituus-
suunnassa.



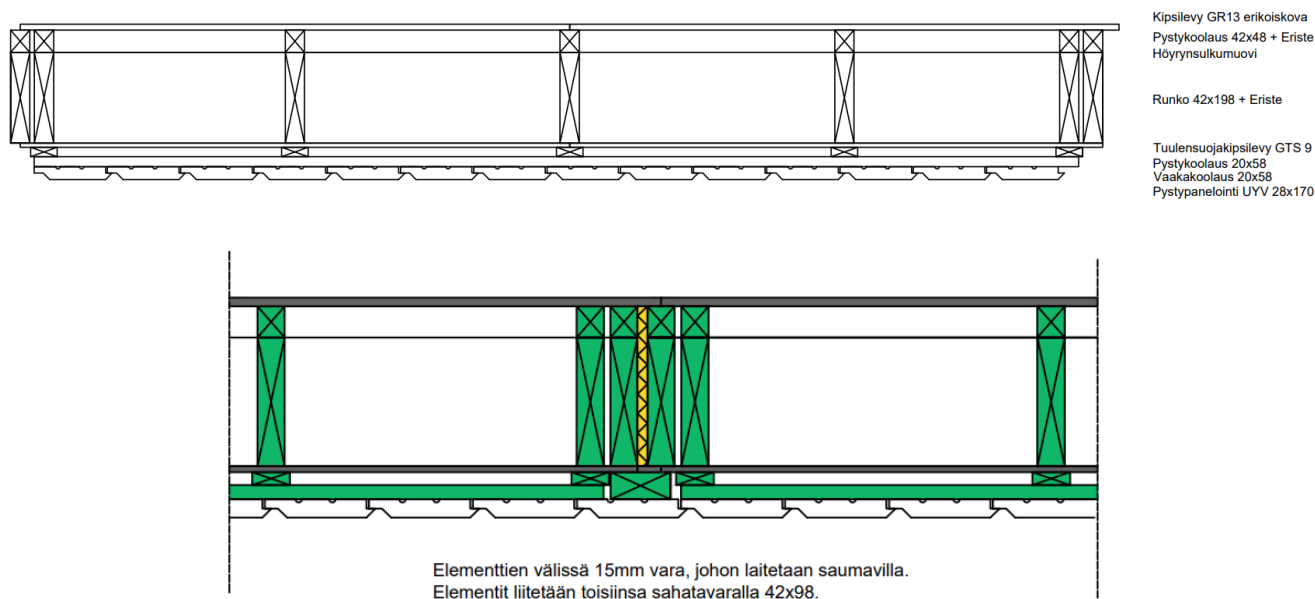
Kuva 1. Hahmotelma pohjakuvasta.



Kuva 2. Ote Archicad-mallista.



Kuva 3. Ote Archicad-mallista.



Kuva 4. Elementin havainnollistava leikkaus ja liitos.

2.1 Kuormat

2.1.1 Omapaino

Nimellisten tilaavuuspainojen ja nimellismittojen perusteella laskettava ominaisarvo. Tehdastuotteille käytetään valmistajan ilmoittamaa omapainoa.

Kuivalle Havupuulle ja liimatuille havupuutuotteille tilavuuspainona käytetään 4-5 kN/m³. Omapainoon kuuluvat kaikki rakenteessa olevat rakennusosat, kantavat ja ei-kantavat sekä laitteet.

Rakennuksen omapainot:

- Yläpohja 0,80 kN/m²
- Räystäs 0,14 kN/m²
- Ulkoseinä 0,62 kN/m²
- Aukonylityspalkki 0,35 kN/m

Omapainon laskemiseen tarvitaan Rakennekerroksen paksuus ja materiaalin ominaistiheys. Materiaalitiheydet ovat kirjatta standardiin SFS-EN 1991-1-1-1+AC.

2.1.2 Hyötykuorma

Tilojen käytöstä aiheutuva kuorma. Määritellään tilan käyttötarkoituksen mukaan.

Taulukossa 1 ominaisarvot tavallisimmille hyötykuormille. Hyötykuormia tulee tarkastella rakenteelle epäedullisimmassa kohdassa, koska niiden oletetaan olevan liikkuvia kuormia.

TAULUKKO 1. Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN] (portaät suluissa)
	Välipohjat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A: Asuintilat	2,0	2,0	2,5	2,0 (2,0*)
Luokka B: Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0 (2,0)
Luokka C: Kokoonmistilat				
-C1: Pöytäalueet	2,5	3,0	2,5	3,0 (2,0)
-C2: Kiinteiden istuimien alueet	3,0	3,0	3,0	3,0 (2,0)
-C3: Esteettömät alueet	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
-C4: Liikuntatilat ja näyttämöt	5,0	3,0	5,0	4,0 (2,0)
-C5: Tungokselle alttiit alueet	6,0	6,0	6,0	4,0 (2,0)
Luokka D: Myymälätilat				
D1 Tavalliset vähittäiskaupat	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
D2 Tavaratalot	5,0	6,0	5,0	7,0 (2,0)
Luokka E: Varastotilat				
E1 Tavarän säilytys ja vastaanottotilat	7,5	3,0		7,0 (2,0)
Luokka H: Vesikatot ilman hyötykäyttöä		0,4		1,0

* Asunnon sisäiset portaät $Q_k = 1,5$ kN

2.1.3 Lumikuorma

Katon ominaislumikuorma q_k (kaava 1). lasketaan kertomalla maanpinnalla oleva lumikuorma s_k (kuva 5). ja katon muotokerroimen mukaan määräytyvä muotokerroin μ_i (kuva 2). Katon kaltevuuden ollessa 0–30 astetta μ_i on 0,8. Lumikuorma muuttuu eri vuodenaikojen mukaan, mutta sen on kiinteä kuorma.

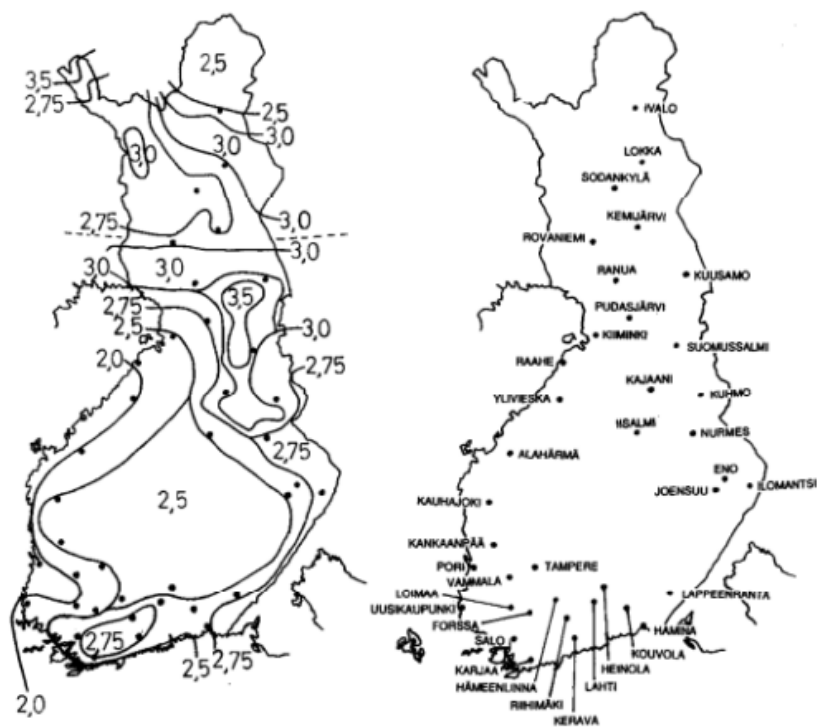
$$q_k = s_k * \mu_i \quad (1)$$

missä

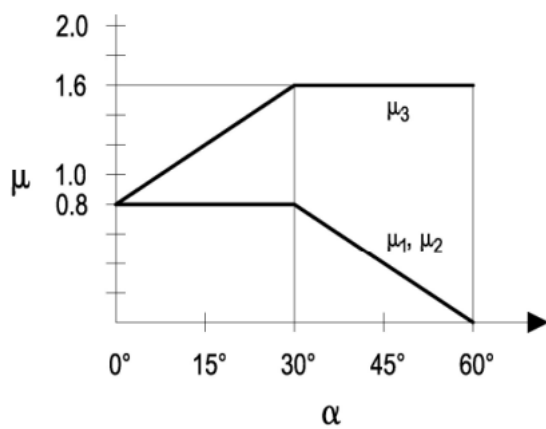
s_k = maanpinnalla oleva lumikuorma

μ_i = muotokerroin

Halli suunniteltiin Iisalmeen, joten maanpinnalla oleva lumikuorma s_k on 2,6 kN/m²



KUVA 5. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k . (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAI-NOS)



KUVA 6. Lumikuorman muotokertoimet. (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAI-NOS)

2.1.4 Tuulikuorma (Voimakerroinmenetelmä)

Tavanomaisten rakennusten yhteydessä voidaan käyttää tuulikuorman laskemiseen yksinkertaistettua menetelmää. Vaakasuuntaisen kokonaistuulikuorman $F_{w,k}$ (kaava 2). laskuun tarvitaan maastoluokka (Taulukko 2), nopeuspaineen ominaisarvo q_{p0} (kuva 7)., määräytyy maaston pinnan ja rakennuksen korkeuden mukaan, tuulta vastaan oleva pinta-ala A_{ref} ja voimakerroin C_f (Taulukko 3).

$$F_{w,k} = C_f * q_p * A_{ref} \quad (2)$$

missä

C_f = voimakerroin

q_p = nopeuspaineen ominaisarvo

A_{ref} = tuulta vastaan oleva pinta-ala

Hoikkuus

$$\lambda = \frac{2 \cdot h}{b}, \text{ kun } h \leq 15 \text{ m} \quad (3)$$

missä

h = rakennuksen korkeus

b = rakennuksen pituus

Halli suunniteltiin maastoluokkaan 2.

Rakennuksen korkeus:

Seinä	4,8 m
Vesikatto	2,4 m

Rakennuksen lyhyempi sivu:

Pituus	9,6 m
Pinta-ala A_{ref}	57,6 m ²
Hoikkuus λ	1,4
Sivusuhte d/b	1,75
Voimakerroin C_f	1,08 (interpoloitu)

Rakennuksen lyhyempi sivu:

Pituus	16,8 m
Pinta-ala A_{ref}	121 m ²
Hoikkuus λ	0,86
Sivusuhte d/b	0,57
Voimakerroin C_f	1,40 (interpoloitu)

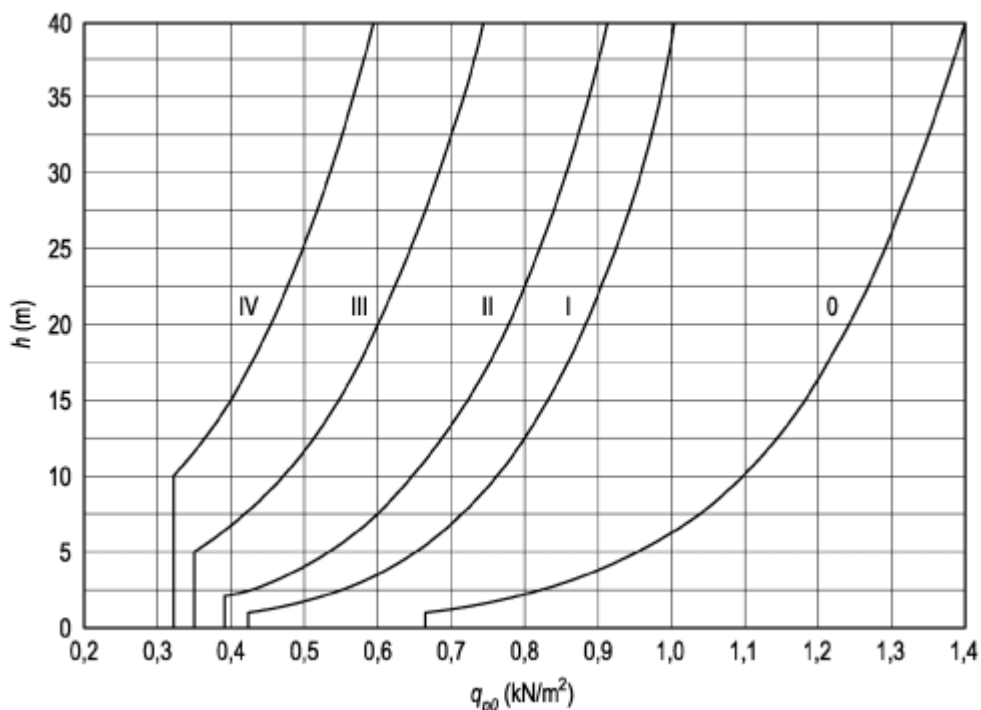
TAULUKKO 2. Maastoluokat (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

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.

TAULUKKO 3. Voimakerroin c_f (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Sivusuhte d/b									
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Taulukko 2.3 - Voimakerroin c_f , huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Hoikkuus λ lasketaan kaavalla (2.13). Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa.

KUVA 7. Nopeuspaineen ominaisarvot (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

2.2 Rakenteiden suunnittelu

Puurakenteet suunnitellaan SFS-EN 1990 ja sitä koskevan kansallisen liitteen mukaan.

SFS-EN 1990 standardin luvun 2 perusvaatimukset täyttyvät puurakenteiden osalta, jos käytetään rajatilamitoitusta ja osavarmuuslukumenetelmää SFS-EN 1990 standardin ja sen kansallisten liittei-

den mukaan, kuormat ja niiden yhdistelyt SFS-EN 1991 standardin ja sen kansallisten liitteiden mukaan ja kestävyysien osalta noudatetaan SFS-EN 1995 standardia ja sen kansallisia liitteitä. (RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje)

Murto- ja käyttörajatilat pitää käsitellä erikseen. Rajatilamitoituksessa otetaan huomioon materiaaliominaisuudet, kuorman vaikutusaika, viruminen, ilmasto-olosuhteet ja mitoitustilanteet.

2.2.1 Murtorajatila

Rajatilat, jotka liittyvät ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen (rakenteen väsyminen, murtuminen tai vaurioituminen), tulee luokitella murtorajatiloina. Rakenteen kestävyttä tarkastellaan murtorajatilassa ja mitoituskormaan lisätään kuormitusyhdistelystä riippuvat kertoimet. Kuormitusyhdistelyt on esitetty kohdassa 2.2.4.

2.2.2 Käyttörajatila

Rajatilat, jotka liittyvät rakenteen/rakennosien normaalikäytön toimintaan, käyttäjien mukavuuteen tai rakennuksen ulkonäköön, tulee luokitella käyttörajatiloina. Käyttörajatilassa lasketaan taipuma ja muodonmuutostila.

2.2.3 Seuraamusluokka

Seuraamusluokat määritellään luotettavuuden tasoluokitusta varten vaurion tai vian seuraamuksia tarkastelemalla.

TAULUKKO 4. Seuraamusluokat (SFS-EN 1990 + A1+ AC)

Taulukko B1 Seuraamusluokkien määrittely

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai merkittävien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Luotettavuusluokat RC1, RC2 ja RC3 määräytyvät seuraamusluokan pohjalta.

TAULUKKO 5. Kuormakerroimet (SFS-EN 1990 + A1+ AC)

Taulukko B3 Kuormakerroin K_{FI}

Kuormakerroin K_{FI}	Luotettavuusluokka		
	RC1	RC2	RC3
K_{FI}	0,9	1,0	1,1

2.2.4 Kuormitusyhdistelyt

Tarkastellessa kestävyyttä ja tasapainoa rakenteessa, lasketaan mitoituskuorma kuormitusyhdistelyillä (kuva 8).

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35G_{kj} \quad (2.2)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \quad (2.3)$$

Hetkellinen aikaluokka:

$$\max \begin{cases} 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \\ 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 0,9Q_{k,t} \end{cases} \quad (2.4)$$

missä

G_{kj} on pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi

$Q_{k,2}$ on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista pienempi

$Q_{k,t}$ on tuulikuorman ominaisarvo

KUVA 8. Kuormitusyhdistelyt. (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

2.2.5 Materiaaliominaisuudet

Sahatavaran pitää olla standardin EN 14081-1 mukaista. Havupuun lujuusluokat C14-C50 on standardissa EN338. (RIL 205-1-2017)

Liimapuun pitää olla standardin EN 14080 mukaista. Havupuusta valmistetun liimapuun lujuusluokat ovat samassa standardissa. (RIL 205-1-2017)

Rakenteen käyttöluokka ja kuormien aikaluokka vaikuttavat mitoitukseen.

TAULUKKO 6. Osavarmuusluvut Y_m (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

TAULUKKO 7. Muunnoskertoimet k_{mod} (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	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	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 8. Virumaluvun k_{def} arvot (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjällään	EN 14374			
Vaneri, Kerto-Q lappeellaan, CLT lappeellaan	EN 636, VTT 184/03	0,80	1,00	2,50
OSB-levy	EN 300: OSB/2	2,25	-	-
	EN 300: OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Lastulevy	EN 312: P4	2,25	-	-
	EN 312: P6	1,50	-	-
Kova kuitulevy	EN 622-2: HB.LA, HB.HLA	2,25	3,00	-
Puulikova kuitulevy	EN 622-3: MBH.LA, MBH.HLS	3,00	4,00	-
MDF-levy	EN 622-5: MDF.LA, MDF.HLS	2,25	3,00	-

TAULUKKO 9. Kuormien aikaluokat (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Kuorman aikaluokka	Ominaiskuorman vaikutusajan suuruusluokka	Kuormitukset
Pysyvä	yli 10 vuotta	Omapaino Pysyvästi rakenteeseen kiinnitetyt koneet, laitteet ja kevyet väliseinät Maanpaine
Keskipitkä	1 viikko - 6 kuukautta	Lumi Lattioiden ja parvekkeiden hyötykuorman pinta- kuormat luokissa A-D Autotallien ja liikennöintialueiden hyötykuormat (luokat F ja G) Kosteuden vaihtelun aiheuttamat kuormitukset
Hetkellinen		Tuuli Onnettomuuskuorma

2.2.6 Käyttöluokat

Materiaalit pitää jaotella käyttöluokkiin 1,2 tai 3. Tämän myötä voidaan mitoituksessa huomioida ympäristöolosuhteista tulevat muodonmuutokset rakenneosissa. (RIL 205-1-2017)

Käyttöluokka 1. Materiaalin kosteus vastaa lämpötilaa 20°C, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 65 % vuodessa vain muutaman kerran. Puurakenne, mikä on lämpimässä sisätilassa tai vastaavassa kosteusolossa.

Käyttöluokka 2. Materiaalin kosteus vastaa lämpötilaa 20°C, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % vuodessa vain muutaman kerran. Kuivat, ulkoilmassa olevat rakenteet.

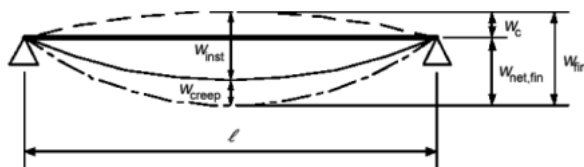
Käyttöluokka 3. Kaikki rakenteet, jossa ilmasto-olosuhteet johtavat suurempiin kosteusvaurioihin, mitä käyttöluokassa 2. Säälle alttiit, ulkotilassa olevat rakenteet.

2.3 Kantavien rakenteiden mitoitus

Kantavat rakenteet pyritään mitoittamaan taloudellisesti ja kestävästi kuormitukset ja rasitukset koko määritetyn käyttöiän. Rakenteissa pyritään ensisijaisesti käyttämään Omatalon varastovahvuuteen kuuluvia tuotteita, jotka ovat listattuna erillisessä tiedostossa.

2.3.1 Käyttöraja-tilamitoitus

Taipumat:



Kuva 4.1 – Taipuman muodostuminen.

- w_c on esikorotus (jos sellaista käytetään)
- w_{inst} on hetkellinen taipuma ¹⁾
- w_{creep} on viruman aiheuttama lisätaipuma
- $w_{net,fin}$ on lopputaipuma:

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c$$

¹⁾ Huom. Hetkellinen taipuma ei riipu käyttöluokasta.

(4.1)

KUVA 9. Taipuman muodostuminen (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Rakenne	$w_{inst}^{1)}$	$w_{net,fin}^{2)}$	$w_{fin}^{3)}$
Pääkannattimet	$l/400$	$l/300$	$l/200$
Orret ja muut toisiokannattimet	-	$l/200^{5)}$	$l/150$
Rakennuksen vaakasiirtymä ⁴⁾	-	$H/300$	-

l on jänneväli
 H on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus
¹⁾ Koskee pelkästään lattiaita
²⁾ Koskee suoria ja esikorotettuja rakenteita, mutta ei tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia kannattimia.
³⁾ Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita, kuten esimerkiksi kaaret, mahapalkit, saksiristikot, bumerangi-palkit.
⁴⁾ Hallirakennuksissa vaakasiirtymistä ei ole yleensä häiritsevää, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa. Kerrostaloissa suositellaan vaakasiirtymän rajoittamista enintään arvoon $H/500$ ylimmän kerroksen lattiatasolla.
⁵⁾ Lattialevyn taipumaa laskettaessa kuormitukseen on lyhytaikainen pistekuorma $Q_k = 2$ kN ja levyn omapaino.

Taulukko 4.1 - Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot. Ulokkeiden taipuma jänneväliin suhteen saa olla kaksinkertainen.

KUVA 10. Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

2.3.2 Aukonylityspalkki

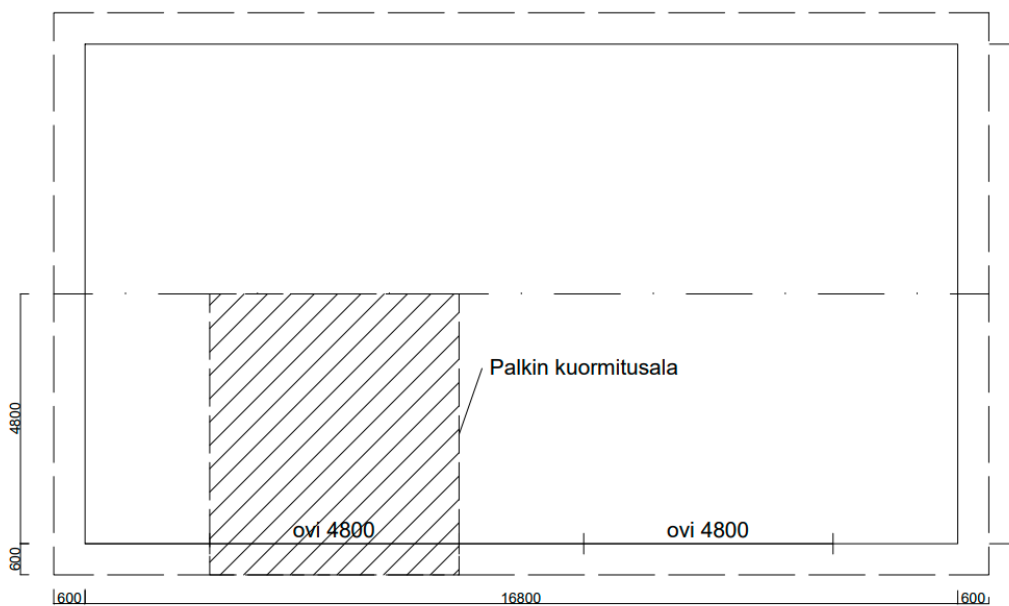
Aukonylityspalkki tukeutuu ulkoseinän kantavaan runkoon. Pystykuormat palkille tulevat vesikaton omapainosta ja lumikuormasta. Aukonylityspalkki on liimapuuta GL30C. Mitoituksessa tulee tarkastella taipuma, taivutus, leikkaus ja tukipaine. Mitoituksen perusteella aukonylityspalkiksi valikoitui liimapuu GL30C 495x140. Mitoittavaksi tekijäksi tuli tukipaine, jonka käyttöaste oli 89 %. Palkki verhoillaan molemmilta puolilta yhdennäköiseksi rakennuksen kanssa.

Kuormat aukonylityspalkille:

- Yläpohja 0,80 kN/m²
- Räystäs 0,14 kN/m²
- Lumikuorma 2,08 kN/m²
- Aukonylityspalkki 0,35 kN/m

Taipumamitoitus

Kuormitusalat:



KUVA 11. Palkin kuormitusala

Aukon leveys 4,8 m. Palkin molemmissa päissä runkotolppa 3x42mm = 0,126 m.

Palkin pituus 5,052 m.

Kuormitusleveys 4,8 m

Kuormituspituus 4,8 m (puolet rakennuksen syvyydestä) + 0,6 m (räystäs) = 5,2 m

Palkin materiaali GL30C.

Käyttörajatilakuormat

$$g_k = 4,2 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 11,2 \text{ kN/m}$$

Hetkellinen taipuma

$$w_{inst} = \frac{l}{300} \quad (4)$$

missä

l = palkin pituus

Jäyhyysmomentti

$$i_y = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (5)$$

missä

b = palkin leveys

h = palkin korkeus

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot i_y} \quad (6)$$

missä

s = kuormitusalan leveys

g_k = omapainon käyttörajatilakuorma

L = palkin pituus

E_{mean} = kimmomoduuli

i_y = jäyhyysmomentti

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot s \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot i_y} \quad (7)$$

missä

s = kuormitusalan leveys

q_k = hyötykuorman käyttörajatilakuorma

L = palkin pituus

E_{mean} = kimmomoduuli

i_y = jäyhyysmomentti.

Kokonaistaipuma

$$W_{fin} = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 + k_{def}) * W_{inst,G} + (1 + 0,2 * k_{def}) * W_{inst,lumi} + (0,7 + 0,3 * k_{def}) * W_{inst,hyöty} \\ (1 + k_{def}) * W_{inst,G} + (1 + 0,3 * k_{def}) * W_{inst,hyöty} + (0,7 + 0,2 * k_{def}) * W_{inst,lumi} \end{array} \right. \quad (8)$$

missä

 k_{def} = virumaluku $W_{inst,G}$ = hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista $W_{inst,lumi}$ = hetkellinen taipuma lumikuormasta $W_{inst,hyöty}$ = hetkellinen taipuma hyötykuormasta

KUVA 12. Kokonaistaipuma (Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje 5. PAINOS)

Murtorajatilakuormat:

Keskipitkä aikaluokka $q_d = 21,3$ kN/mPysyvä aikaluokka $q_d = 5,7$ kN/m**Momentti**

$$M_d = \frac{q_d * L^2}{8} \quad (9)$$

missä

 q_d = keskipitkän aikaluokan murtorajatilakuorma ja L = palkin pituus.**Taivutus**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{\frac{b * h^2}{6}} \quad (10)$$

missä

 M_d = momentti b = palkin leveys h = palkin korkeus

$$f_{m,y,d} = \frac{f_{m,k} * k_{mod}}{\gamma_m} \quad (11)$$

missä

 $f_{m,k}$ = taivutuksen ominaislujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} * f_{m,y,d} \quad (12)$$

missä

k_{crit} = kiepahduskerroin (taulukkoarvo).

Leikkaus

Leikkausvoimakestävyys

$$v_d = \frac{q * l}{2} \quad (13)$$

missä

q = keskipitkän aikaluokan murtorajatilakuorma

L = palkin pituus

Leikkausjännitys

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{v_d}{b_{ef} * h} \quad (14)$$

missä

v_d = leikkausvoimakestävyys

b_{ef} = leikkausvoiman pienennyskerroin

h = palkin korkeus

Leikkauslujuus

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} * k_{mod}}{\gamma_m} \quad (15)$$

missä

$f_{v,k}$ = leikkauksen ominaislujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku.

Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (16)$$

Tukipaine

Puristusjäännitys palkissa

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b \cdot l} \quad (17)$$

missä

A_d = murtorajatilan tukireaktio omapainosta ja hyötykuormasta

b = palkin leveys

l = kosketuspinnan pituus syiden suunnassa

Palkin puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad (18)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = puristuksen ominaislujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

Mitoitusehto

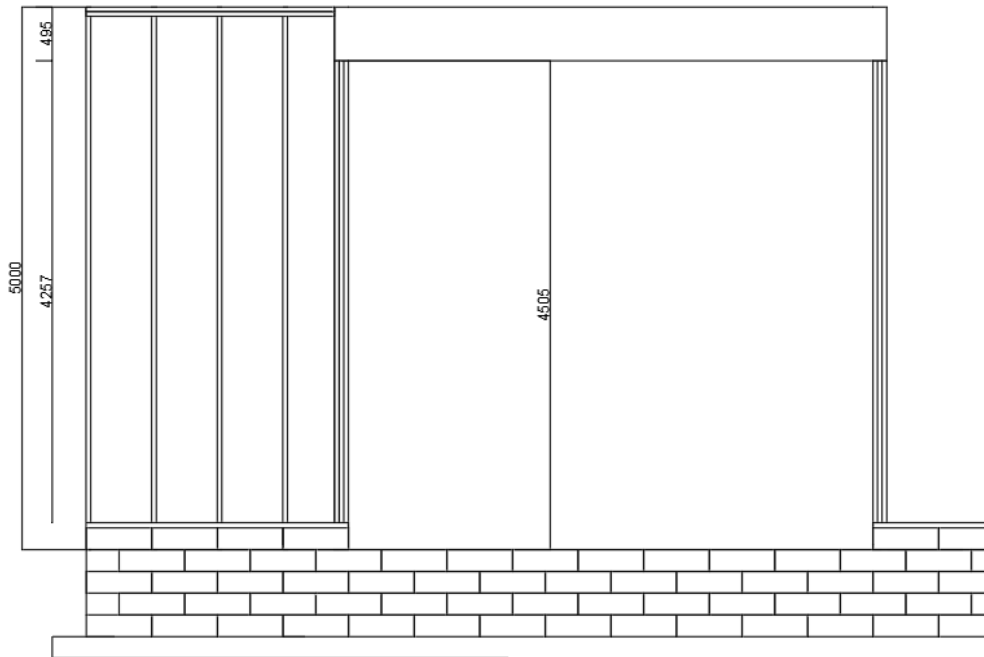
$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d} \quad (19)$$

missä

$k_{c,\perp}$ = tukipainekerroin.

2.3.3 Runkotolppa, aukonylityspalkilta tuleva lisäkuorma

Puolet aukonylityspalkin kuormasta tulee Aukonylityspalkkia kannattelevalle runkotolpalle. Kuorman kasvaessa suureksi, voidaan lisätä useampi runkotolppa vierekkäin, tai vaihtoehtoisesti korvata runkotolppa pilarilla, joka upotetaan seinän sisään. Tukipainekestävyys palkissa ja alajuoksussa tulee tarkastaa valitulle pilarille/runkotolpille. Kyseiseen kohteeseen Valikoitui 3 kappaletta 42x198 runkotolppaa yhteen niputettuna. Alajuoksun tukipainekestävyys tuli mitoittavaksi tekijäksi. Alajuoksun kiskopainemitoituksen käyttöaste 91 %. Tolppa on tuettu heikommassa suunnassa kipsilevyllä. Mitoituksessa tulee tarkastella murtorajatilakuormat, alajuoksun tukipaine ja nurjahdus vahvempaan suuntaan. Aukonylityspalkki tulee niputettujen runkotolppien päälle.



Kuva 13. Leikkauskuva oviaukon mitoista.

Pystykuormat:

Omapainosta

$$N_{d1} = 10,52 \text{ kN}$$

Lumesta

$$N_{d2} = 28,37 \text{ kN}$$

Tuulikuorma

$$q_p = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

Murtorajatilakuormat:

Hetkellinen aikaluokka

$$68,6 \text{ kN}$$

Keskipitkä aikaluokka

$$54,7 \text{ kN}$$

pysyvä aikaluokka

$$14,21 \text{ kN}$$

Alajuoksun kiskopainemitoitus

Puristusjännitys alajuoksussa

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b \cdot l} \quad (20)$$

missä

A_d = tukireaktio

b = tolpan leveys

h = tolpan syvyys

Alajuoksun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} * k_{mod}}{\gamma_m} \quad (21)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = puristuksen ominaislujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

Tehollisen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = 30 \text{ mm} + l \quad (22)$$

missä

l = palkin leveys

Tukipainekerroin

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90} \quad (23)$$

missä

l = kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$k_{c,90}$ = kerroin, johon vaikuttaa materiaali ja etäisyys tuen reunasta

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} * f_{c,90,d} \quad (24)$$

Nurjahdus vahvempaan suuntaan (hetkellinen aikaluokka)

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2} \quad (25)$$

missä

M_d = taivutusmomentin maksimiarvo

b = palkin leveys

h = palkin syvyys

Taivutuslujuus

$$f_{m,y,d} = \frac{f_{m,k} * k_{mod}}{\gamma_m} \quad (26)$$

missä

$f_{m,k}$ = taivutuksen ominaislujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

puristusjännitys

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} \quad (27)$$

missä

N_d = normaalivoiman maksimiarvo

b = palkin leveys

h = palkin syvyys

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} * k_{mod}}{\gamma_m} \quad (28)$$

missä

$f_{c,0,k}$ = puristuksen ominailujuus

k_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (29)$$

missä

$k_{c,y}$ = nurjahduskerroin (taulukkoarvo), johon vaikuttaa materiaali ja sen hoikkuusluku.

Taipuma

Jäyhyysmomentti

$$i_y = \frac{b \cdot h^2}{12} \quad (30)$$

missä

b = tolpan leveys

h = tolpan syvyys

Hetkellinen taipuma tuulikuormasta

$$W_{inst} = \frac{5 \cdot (k \cdot c_{p,net} \cdot q_k(h)) \cdot l_t^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot i_y} \quad (31)$$

missä

k = kuormaleveys

 $c_{p,net}$ = tuulenpaineen nettopainekerroin $q_k(h)$ = tuulikuorma l_t = tolpan pituus $E_{0,mean}$ = kimmomoduuli i_y = jäyhyysmomentti

Lopputaipuma

$$W_{fin} = (1 + k_{def}) \cdot W_{inst} \quad (32)$$

missä

 k_{def} = virumaluku

Mitoitusehto

$$w_{fin} \leq \frac{l}{300} \quad (33)$$

2.3.4 Ulkoseinän levyjäykistys

Rakennuksen jäykistys toteutetaan levyjäykistyksellä. Kantavan rungon ulkopinnassa ja sisäpinnassa oleva kipsilevy jäykistää rakenteen rakennetta kuormittavia vaakavoimia vastaan.

Jäykistys tehdään Gyprocin kipsilevyllä. Mitoitus pohjautuu Gyprocin laatimaan Gyproc levyjäykistys-suunnitteluohjeeseen. Vertailu tapahtui laskentapalvelut.fi ohjelman avulla.

Kavennetut kipsilevyt voi ottaa mukaan mitoituseseen, RIL-205-2-2107 ehtojen mukaan. Mitoituksessa voidaan ottaa huomioon levyt, joiden leveys on suurempi kuin $H/4$. (RIL-205-1-2017) Tässä laskussa on käytetty kipsilevyä, jonka korkeus $H = 3,2$ m ja leveys $L = 1,2$ m. Näin ollen kaikki yli $0,8$ m leveät kipsilevyt voidaan huomioida.

Rakennuksen sisäpinnassa jäykistävänä levynä toimii Gyproc GR13 Erikoiskova kipsilevy, joka kiinnitetään $3,9 \times 32$ mm kipsilevyruuveilla. Ulkopinnassa jäykistävänä rakenteena toimii Gyproc GTS 9 tuulensuojalevy, joka kiinnitetään $17/32$ mm hakasilla.

Rakennuksen mitat:

Ulkoseinän korkeus	4,8 m
Vesikaton korkeus (harjalla)	2,4 m
Ulkoseinän pituus	16,8 m
Ulkoseinän leveys	9,6 m

Pistekuorma päätyseinälle $F_d = 48,93$ kN

Pistekuorma sivuseinälle $F_d = 16,24$ kN

$$F_d = 1,5 * W_k * \frac{L}{2} \quad (34)$$

missä

W_k = viivakuorma seinän yläreunassa

L = seinän pituus

Gyproc GR13 EK yhden levyn kuormituskestävyys $R_d = 7,13$ kN

Gyproc GTS 9 yhden levyn kuormituskestävyys $R_d = 3,18$ kN

$$R_d = \frac{n * R_{vd}}{\gamma * H} \quad (35)$$

missä

n = levyjen lukumäärä

R_{vd} = levyn ja runkotolpan välisen kiinnikeliitoksen laskentaleikkauskestävyys

γ = ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin

H = levyn korkeus

Ulkoseinä on kahdelta puolelta levytetty. Liitintyytit ovat erilaisia ja siitymäkerroin K_{ser} on molemmilla eri, Voidaan heikomman levyn Kuormituskestävyydestä ottaa huomioon 50 %. (Gyproc levyjäykistysertifikaatti suunnitteluoheje, 08/2022)

Päätyseinälle tarvittava vähimmäislevymäärä → 6 kpl molempia levyjä.

Gyproc GR13 Ek	→ $7,13$ kN * 6 kpl = $42,8$ kN
Gyproc GTS 9	→ $(3,18$ kN * 6 kpl) * 50 % = $9,54$ kN
	Σ $42,8$ kN + $9,54$ kN = $52,34$ kN

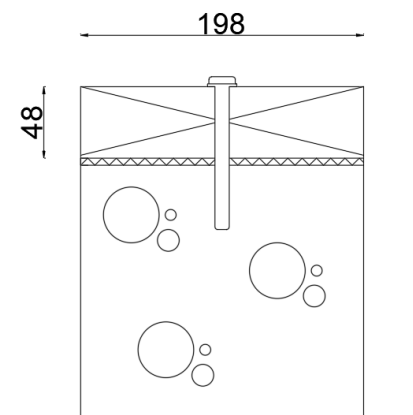
Käyttöaste $48,93$ kN / $52,34$ kN \approx 94 %

Sivuseinälle tarvittava vähimmäislevymäärä → 2 kpl molempia levyjä.

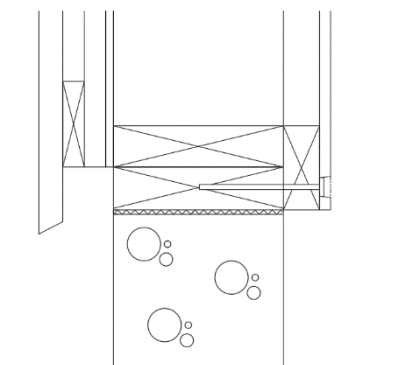
Gyproc GR13 Ek	→ 7,13 kN * 2 kpl = 14,26 kN
Gyproc GTS 9	→ (3,18 kN * 2 kpl) * 50 % = 3,18 kN
	Σ 14,26 kN + 3,18 kN = 17,44 kN
Käyttöaste	16,24 kN / 17,44 kN ≈ 93 %

2.3.5 Seinien ankkurointi

Alaohjauspuu ankkuroidaan perustuksiin vaakavoimalle F_d . Elementti ruuvataan alaohjauspuuhun elementin alareunasta.



Kuva 14. Havainnollistava alaohjauspuun kiinnitys perustuksiin.



Kuva 15. Havainnollistava elementin liitos alaohjauspuuhun.

Sivuseinillä pitää ottaa huomioon reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima. Päätyseinillä vesikatton omapaino pienentää ankkurointivoimaa, joten sitä ei tarvitse huomioida erikseen.

Leikkausvoima-ankkuroinnin suurin liitinväli

$$s_{max} = \frac{R_d * (b_1 + b_2 \dots)}{F_d} \quad (36)$$

missä

R_d = betoniruuviliitoksen mitoituskestävyys

$b_1, b_2 \dots$ = seinälohkojen leveydet

F_d = seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma

Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima

$$F_{t,d} = \frac{F_d}{(L_1 + L_2 \dots) * h_f} \quad (37)$$

missä

F_d = seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma

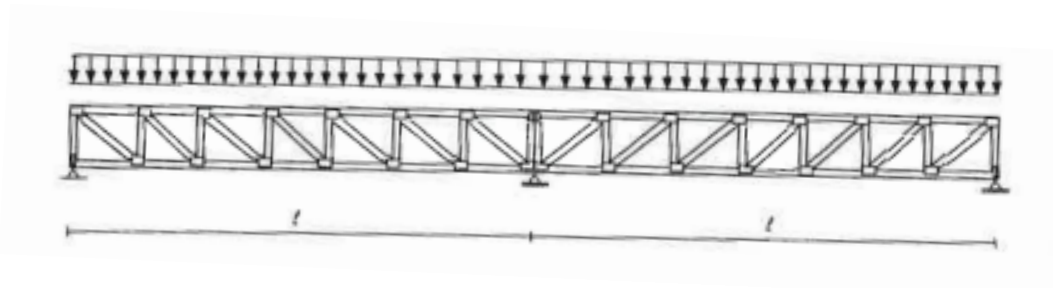
$L_1, L_2 \dots$ = seinälohkon leveys

h_f = seinän korkeus

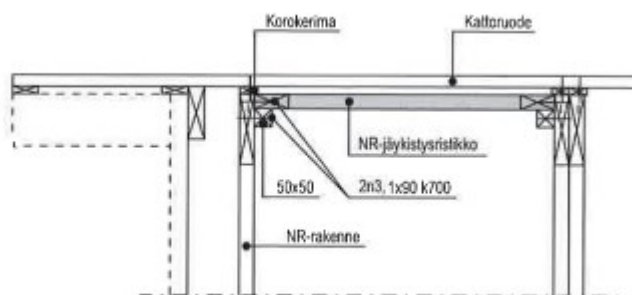
2.3.6 NR-ristikko yläpohjan jäykistys

NR-ristikoilla tehdyn yläpohjan jäykistys rakennuksen pituussuunnassa. Jäykistys toteutetaan reunimmaisten NR-ristikoiden välissä olevilla NR-jäykisteristikkoilla. (RIL 248-2013 LIITE B.1)

Ruoteina käytetään sahatavara 25x100 C24, kiinnitykseen naulaa 3,1x90.
Tuuletusrimana käytetään sahatavaraa 31x48 C24, kiinnitykseen naulaa 2,8x75.
Katteena on peltikate. Alapaarretaso jäykistetään havuvanerilla.



KUVA 16. NR-jäykisteristikko (RIL 248-2013 sivu.52)



KUVA 17. Leikkauskuva jäykistysrakenteesta (RIL 248-2013 sivu.53)

Yläpohjan tuulikuorma

$$q_{t,k} = \frac{q_k(h)}{B} * (C_f * A_{yp} + C_{fr} * A_{fr} * (1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}})) \quad (38)$$

missä

$q_k(h)$ = nopeuspaine

B = rakennuksen leveys

C_f = tuulen voimakerroin

A_{yp} = puolet ristikon pinta-alasta

C_{fr} = kitkakerroin katon pintamateriaalille

A_{fr} = katon pinta-ala

A_{ref} = rakennuksen pinta-ala

Kummankin päädyn jäykistekenttiin kohdistuva tuulikuorma

$$q_{w,k} = \frac{q_{t,k}}{2} \quad (39)$$

Murtorajatilakuorma ristikolle

$$P_d = (1,15 * g_k + 1,5 * q_k) * k \quad (40)$$

missä

g_k = kattorakenteen omapaino

q_k = lumikuorma

k = ristikkojako

Ristikkomomentti

$$M_d = \frac{P_d * B^2}{8} \quad (41)$$

missä

B = rakennuksen leveys

Normaalivoima ylä- ja alaparteessa

$$N_d = \frac{M_d}{h_k} \quad (42)$$

missä

h_k = ristikon korkeus

Yläpaarten suurin puristusvoima

$$N_{max,d} = K_{fi} * \gamma_g * g_k + K_{fi} * \gamma_q * q_k \quad (43)$$

missä

k_{fi} = kuormakerroin

γ_g = osavarmuusluku

g_k = kattorakenteen omapaino

γ_q = osavarmuusluku

q_k = lumikuorma

Yläpaarteen keskimääräinen puristusvoima

$$N_{p,d} = N_{max,d} * 0,85 \quad (44)$$

Poikittaistuennan aiheuttama jäykistysjärjestelmän kuormitus kummassakin päädyssä

$$q_d = k_l * \frac{n * n_{p,d}}{50 * l} \quad (45)$$

missä

k_l = pienennyskerroin, kun rakennuksen $l \leq 15m$

n = jäykistekenttään tulevien ristikoiden määrä

$n_{p,d}$ = keskimääräinen puristusvoima

l = jäykisteristikon jänneväli

Lisävaakavoimista aiheutuva kuormitus jäykisteristikolle

Lisävaakavoima kattorakenteen omapainosta

$$g_{H,k} = \frac{\left(\frac{B}{L}\right) * (g_{yp,k} * L)}{150} \geq \frac{(g_{yp,k} * L)}{250} \quad (46)$$

missä

B = rakennuksen leveys

L = rakennuksen pituus

$g_{yp,k}$ = kattorakenteen omapaino

Lisävaakavoima lumikuormasta

$$q_{lH,k} = \frac{\left(\frac{B}{L}\right) * (g_{l,k} * L)}{150} \geq \frac{(g_{l,k} * L)}{250} \quad (47)$$

missä

B = rakennuksen leveys

L = rakennuksen pituus

$g_{l,k}$ = lumikuorma

Murtorajatilan laskentakuorma päätyä kohden

$$q_{h,d} = \frac{1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{lH,k}}{2} \quad (48)$$

Yläpaarteiden nurjhdustuenta ruoteilla.

Ruoteen sahatavara 25x100 C24. Ruoteet kuljettavat voimat jäykisteristikolle ja toimivat sekä puristettuina että vedettyinä sauvoina. Ruoteiden alla on tuuletusrima 31x48.

Sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus

$$F_d = \frac{k_n * N_d}{50} \quad (49)$$

missä

k_n = yläpaarten nurjahduksen käyttöaste sivusuuntaan

N_d = yläpaarten keskimääräinen puristusvoima

Tuuletusriman naulausväli

$$s = \frac{a * R_d}{F_{p,d}} \quad (50)$$

missä

a = ruodejako

R_d = naulan mitoituskkestävyys

$F_{p,d}$ = liitoksessa vaikuttava voima

Tarvittavien nauhojen määrä ruoteessa yhdessä liitoksessa

$$n = \frac{F_d}{R_d} \quad (51)$$

missä

F_d = liitoksessa vaikuttava voima

R_d = naulan mitoituskkestävyys

Ruoteiden kestävyys

Yhdistetty puristus ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{(k_c * f_{c,0,d})} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (52)$$

missä

$\sigma_{c,d}$ = normaalijännitys

k_c = nurjahduskerroin

$f_{c,0,d}$ = puristuslujuuden mitoitussarvo

$\sigma_{m,1,d}$ = taivutusjännitys reunakentässä

$f_{m,d}$ = taivutuslujuuden mitoitussarvo

Yhdistetty veto ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (53)$$

missä

$\sigma_{c,d}$ = normaalijännitys

$f_{t,0,d}$ = vetolujuuden mitoitusarvo

$\sigma_{m,2,d}$ = taivutusjännitys tuella

$f_{m,d}$ = taivutuslujuuden mitoitusarvo

Yhdelle NR-ristikolle tuleva vaakasuuntainen viivakuorma

Kuormitustapaus 1, keskipitkä aikaluokka

$$q_{1,d} = q_d + q_{H,d} \quad (54)$$

missä

q_d = nurjahdustuentakuorma

$q_{H,d}$ = lisävaakavoima

Kuormitustapaus 2, hetkellinen aikaluokka

tuulikuorma

$$q_{W,d} = \gamma_q * \varphi_0 * q_{W,k} \quad (55)$$

missä

γ_q = osavarmuusluku

φ_0 = yhdistelykerroin

$q_{W,k}$ = jäykistekenttään kohdistuva tuulikuorma

Kuormitustapaus 2, hetkellinen aikaluokka

$$q_{2,d} = q_d + q_{H,d} + q_{W,d} \quad (56)$$

missä

q_d = nurjahdustuentakuorma

$q_{H,d}$ = lisävaakavoima

$q_{W,d}$ = tuulikuorma

Jäykisteristikon tukireaktiot

kuormitustapaus 1

$$T_{1,d} = \frac{l}{2} * q_{1,d} \quad (57)$$

missä

l = jäykisteristikon pituus

$q_{1,d}$ = vaakasuuntainen viivakuorma

kuormitustapaus 2

$$T_{2,d} = \frac{l}{2} * q_{2,d} \quad (58)$$

missä

l = jäykisteristikon pituus

$q_{2,d}$ = vaakasuuntainen viivakuorma

Jäykisteristikko tulee mitoittaa NR-rakenteiden suunnitteluohjelmalla.

Lisäruoteet harjalla ja sivuseinien kohdalla

Jäykistävien voimien aiheuttama tukireaktio

$$T_d = \frac{l}{2} * q_d \quad (59)$$

missä

l = jäykisteristikon pituus

q_d = Poikittaistuennan aiheuttama jäykistysjärjestelmän kuormitus

Ruoteen puristuskestävyys

$$N_{c,d} = k_c * b * h * f_{c,0,d} \quad (60)$$

missä

k_c = nurjahduskerroin

b = ruoteen paksuus

h = ruoteen leveys

$f_{c,0,d}$ = puristuslujuuden mitoitusarvo

Naulojen tarvittava lukumäärä

$$n = \frac{T_d}{R_d} \quad (61)$$

missä

T_d = jäykistävien voimien aiheuttama tukireaktio

R_d = naulan leikkauskestävyys

Ruoteen puristuskestävyyden kannalta yksi lisäruode riittäisi, mutta yhteen ruoteen liitokseen mahtuu enintään 5 naulaa.

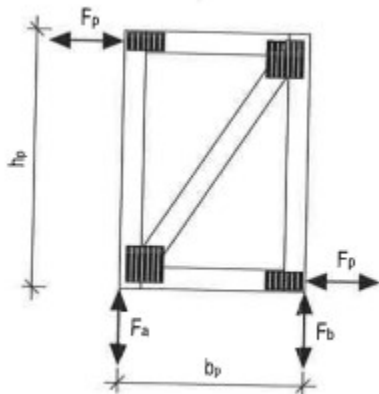
Tarvittavien ruoteiden lukumäärä

$$n_r = \frac{n}{5} \quad (62)$$

missä

n = tarvittavien naulojen lukumäärä

NR-pukit harjan kohdalla ulkoisten kuormien tukina



KUVA 18. NR-pukki (RIL 248-2013 sivu.55)

Yläpohjan ulkoiset vaakakuormat, tuuli ja lisävaakavoima, siirretään jäykisteristikoilta NR-pukeilla alapohjatasolle. Suurin ulkoisten kuormien aiheuttama rasitus saadaan hetkellisen aikaluokan kuormitustapauksessa, jossa tuuli on määrävänä. (RIL 248-2013 sivu.54)

kuormitustapaus 3

$$q_{3,d} = 1,15 * g_{H,k} + 0,7 * 1,5 * q_{HL,k} + 1,5 * q_{W,k} \quad (63)$$

missä

$g_{H,k}$ = lisävaakavoima omasta painosta

$q_{HL,k}$ = lisävaakavoima lumikuormasta

$q_{w,k}$ = tuulikuorma

Tukireaktio

$$T_{3,d} = \frac{l}{2} * q_{3,d} \quad (64)$$

missä

l = jäykisteristikon pituus

$q_{3,d}$ = kuormitustapaus 3

NR-pukin ja NR-rakenteen välinen leikkausvoima

$$F_a = F_d = F_p * \frac{h_p}{b_p} \quad (65)$$

missä

$F_p = T_{3,d}$ = vaakasuuntainen pistekuorma

h_p = NR-pukin korkeus

b_p = NR-pukin leveys

2.3.7 Alapaarretason jäykistys

Alapaarretason jäykistys toteutetaan havuvanerilla 2700x1200x12 (5 viilua). Havuvaneri kiinnitetään alapaarretteen alapinnassa olevaan 25x100 k400 koolauspuuhun osakierteisellä levyruuvilla 4,5x45. Koolauspuu kiinnitetään kattotuolin alapaarteeseen naulalla 2,8x75.(RIL 248-2013 LIITE B3.) Alapaarretason vaakasiirtymää ei tarkastella, hallirakennuksessa siitä ei ole yleensä haittaa (KUVA 10). (RIL 205-1-2017 s.98)

Levykentän vetopaarteena käytettiin esimerkin mukaan seinän yläohjauspuuta C24 48x198.

Kuormat ja rasitukset

Rakennuksen lyhyempi sivu

Lisävaakavoima kattorakenteen omapainosta

$$g_{HB,k} = \frac{g_k * B}{150} \quad (66)$$

missä

g_k = kattorakenteen omapaino

b = rakennuksen leveys

Lisävaakavoima lumikuormasta

$$q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150} \quad (67)$$

missä

q_k = lumikuorma

b = rakennuksen leveys

Tuulikuorma

$$q_{w,B,k} = q_{w,k} * \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) \quad (68)$$

missä

$q_{w,k}$ = tuulenpaine

h_1 = Seinän korkeus

h_2 = yläpohjan korkeus

Alapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus

Rakennuksen lyhyempi sivu

$$W_{B,d} = 1,15 * K_{fi} * g_k + 1,5 * K_{fi} * q_{w,k} + 1,5 * K_{fi} * 0,7 * q_k \quad (69)$$

missä

K_{fi} = kuormaakerroin

g_k = lisävaakavoima kattorakenteen omapainosta

$q_{w,k}$ = tuulikuorma

q_k = lisävaakavoima lumikuormasta

Levykentän suurin momentti

$$M_d = \frac{W_{B,d} * L^2}{8} \quad (70)$$

missä

$W_{B,d}$ = Alapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus

L = rakennuksen pituus

Leikkausvoima

$$V_d = \frac{W_{B,d} * L}{2} \quad (71)$$

missä

$W_{B,d}$ = Alapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus

L = rakennuksen pituus

Levytyksen suurin liitinväli

$$s_{max} = \frac{R_d}{\frac{V_d}{B}} \quad (72)$$

missä

R_d = ruuvien mitoituskestävyys jäykistysmitoituksessa

V_d = leikkausvoima

B = rakennuksen leveys

Levyn lommahdusjännitys

$$f_{v,crit} = 3,3 * k * E_k * \left(\frac{t}{a}\right)^2 \quad (73)$$

missä

k = lommahduskerroin

E_k = taivutuksen ominaisarvo

t = uuman paksuus (levyn paksuus)

a = uuman korkeus (alakaton koolausjako)

Mitoitusehto

$$f_{v,crit} > f_{v,k} \quad (74)$$

missä

$f_{v,k}$ = paneelimitoituseleikkauksen mitoitusarvo

Levyn paneelileikkauskestävyys

Levyyn kohdistuva leikkausjännitys

$$\sigma_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{B * t} \quad (75)$$

missä

V_d = leikkausvoima

B = rakennuksen leveys

t = uuman paksuus (levyn paksuus)

Levyn paneelileikkauslujuus

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * f_{v,k} \quad (76)$$

missä

K_{mod} = muunnoskerroin

γ_m = osavarmuusluku

$f_{v,k}$ = paneelimitoitussleikkauksen mitoitusarvo

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} < f_{v,d} \quad (77)$$

Levykentän vetopaarteen mitoitus. Käytetään levykentän vetopaarteina seinäm yläjuoksua C24 48x198.

Paarteen vetovoima

$$F_d = \frac{M_d}{B} \quad (78)$$

missä

M_d = levykentän suurin momentti

B = rakennuksen leveys

Paarteen vetojännitys

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A} \quad (79)$$

missä

F_d = paarteen vetovoima

A = paarrepuun poikkileikkausala

Mitoitusehto

$$\sigma_{t,d} < f_{t,d} \quad (80)$$

missä

$f_{t,d}$ = Paarrepuun vetolujuus

Koolauspuiden kiinnityksen mitoitus

koolauspuun liitokseen vaikuttava voima

$$F_{k,d} = k * k_k * g_{k,d} \quad (81)$$

missä

k = kattotuolien keskeltä keskelle jako

k_k = koolauksen jako keskeltä keskelle

$g_{k,d}$ = sisäkaton omapaino murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

Liitoksen naulamäärä

$$n = \frac{F_{k,d}}{R_d} \quad (82)$$

missä

$F_{k,d}$ = koolauspuun liitokseen vaikuttava voima

R_d = naulan tartuntavoimakestävyys

Laskennassa selviää, että havuvaneri kestää alapaarretasoon tulevat kuormat. Levy tulee kiinnittää liitinvälillä $s = 160$ mm. Koolauspuut kiinnitetään kahdella naulalla/liitos. Levyjen päätyjatkoksiin tulee laittaa poikittaiset laudat koolauspuiden väliin.

3 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli keskittyä kantaviin ja jäykistäviin rakenteisiin. Laskennassa selvisi, että rakenteiden poikkileikkaukset pysyivät järkevissä mitoissa ja käytettävät materiaalit tavanomaisina. Tämän myötä rakennusmateriaalien saatavuus ja hinta pysyvät parempina.

Hallin sisäkatto toteutettiin havuvanerilla, joka toimii alapaarretason jäykistävänä rakenteena. Havuvanerin etu kipsilevyyn verrattuna on tekniikan, valaistuksen ja muiden kattoon kiinnitettävien tavaroitten kiinnityshelpous. Sisäseinissä käytettävä Gyproc erikoiskova GR13 kipsilevy kestää kovaa rasitusta ja sen iskunkestävyys on hyvä. Kyseinen kipsilevy valikoitui, koska normaalin Gyproc erikoiskovan EK13 jäykistyskestävyys ulkoisia voimia vastaan ei ollut riittävä. Ulkoverhous on lähtökohteisesti pystypaneeli, että elementit voidaan saumoja lukuun ottamatta paneloida tehdasympäristössä, joka nopeuttaa hallin paikalleen rakennusta. Rakennuksen perustuksiin ei otettu työssä kantaa, mutta rakennuksen ankkuroinnin tarkastelussa käytettiin betonista valmistettavaa sokkeliä. Elementtijako pohjautui valmiiseen elementtimalliin. Nosto-ovien koko mitoitettiin sopimaan elementtijakoon, jotta välttyttäisiin erikoiskokoisilta elementeiltä. Pohjan mitoitus onnistuttiin toteuttamaan täysillä 2,4 metriä leveillä elementeillä. Ikkunoiden koossa ja sijoittelussa otettiin huomioon levyjäykistyksen kapasiteetti.

Opinnäytetyö oli kiinnostava ja opettava kokonaisuus. Työvaiheessa pääsi perehtymään puurakenteiden mitoitukseen RIL:n kirjojen ja puuinfon laatimien ohjeiden kautta. Samalla pystyi hyödyntämään kursseilla opittua tietoa rakenteiden mitoituksesta. Etenkin rakennuksen rungon jäykistämisestä kipsilevyllä ja Gyprocin suunnitteluohjeeseen perehtyminen opetti paljon.

Onnistuin saavuttamaan asetetut tavoitteet, vaikka opinnäytetyön ohjaus ja asioista keskustelu jäi suunniteltua vähäisemmälle. Rakennuksen mallintaminen Archicadilla Omatalon aloituspohjaan jäi tekemättä muuttuneen työtilanteen takia.

Tuloksina saatiin hallin kantavien rakenteiden poikkileikkaukset, materiaalit ja ulkoseinien jäykistyksen toimivuus kipsilevyllä. Excel laskupohjaa voidaan hyödyntää, jos hallin mittoihin halutaan muutosta. Omatalo vastaa hallin jatkosuunnittelusta ja mitoituksen tarkastamisesta.

LÄHDELUETTELO

D.O.F. tech Oy ja Saint-Gobain Finland Oy. www.laskentapalvelut.fi. Viitattu 13.2.2024

Metsä Group. 2023. Finnwood mitoitusohjelmisto. www.metsagroup.com/fi/metsawood/tuotteet-ja-palvelut/digitaaliset-tyokalut/finnwood/. Viitattu 14.2.2024

Puuinfo. 2020. Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohjelma. puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/eurokoodi-5-lyhennetty-suunnitteluohje/ Viitattu 1.2.2024

Puuinfo. 2022. Sovelluslaskelmat asuinrakennus. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/ec5-sovelluslaskelmat-asuinrakennus0.pdf> Viitattu 1.2.2024

RIL 201-2-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 248-2013. NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saint-Gobain Finland Oy. 2022. GYPROC_LEVYJAYKISTYS_SUUNNITTELUOHJE_082022. Viitattu 31.1.2024

Sormat Oy. 2022. Betoniruuvi. fi.sormat.com/products/9640071766/. Viitattu 12.2.2024

Suomen standardisoimisliitto SFS-EN 1990+A1+AC. Viitattu 10.1.2024

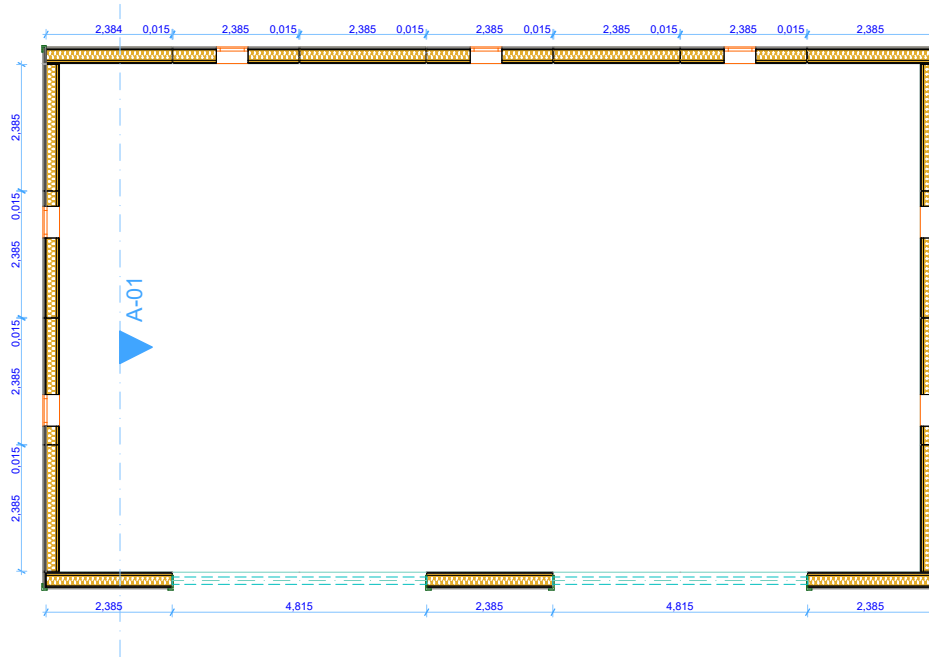
LIITTEET

PIIRRUSTUKSET

- LIITE 1 POHJAKUVA, ELEMENTTIJAKO
- LIITE 2 HAVAINNOILLISTAVAT JULKISIVUKUVAT

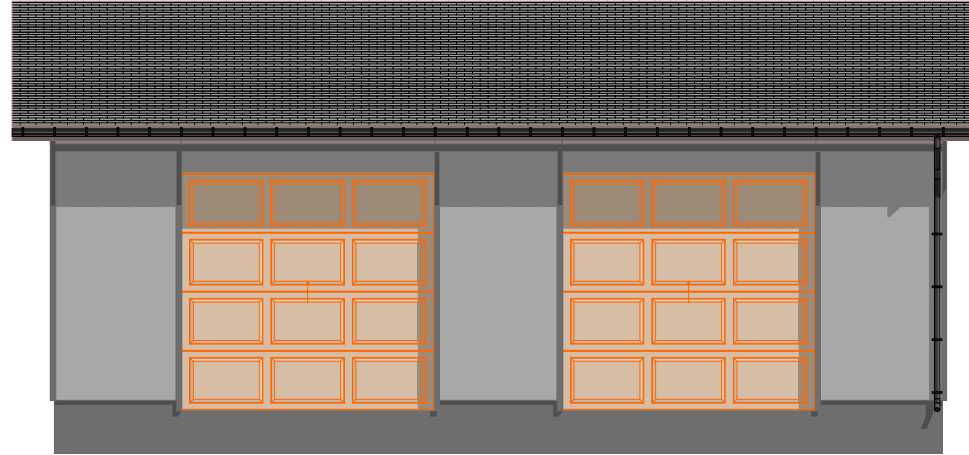
RAKENNELASKELMAT

- LIITE 3 HALLIN YLEISTIEDOT JA KUORMAT
- LIITE 4 AUKONYLITYSPALKKI
- LIITE 5 RUNKOTOLPPA, AUKONYLITYSPALKILTA TULEVA LISÄKUORMA
- LIITE 6 GYPROC LEVYJÄYKISTYS
- LIITE 7 SEINIEN ANKKUROINTI
- LIITE 8 YLÄPOHJAN JÄYKISTYS
- LIITE 9 ALAPAARRETASON JÄYKISTYS



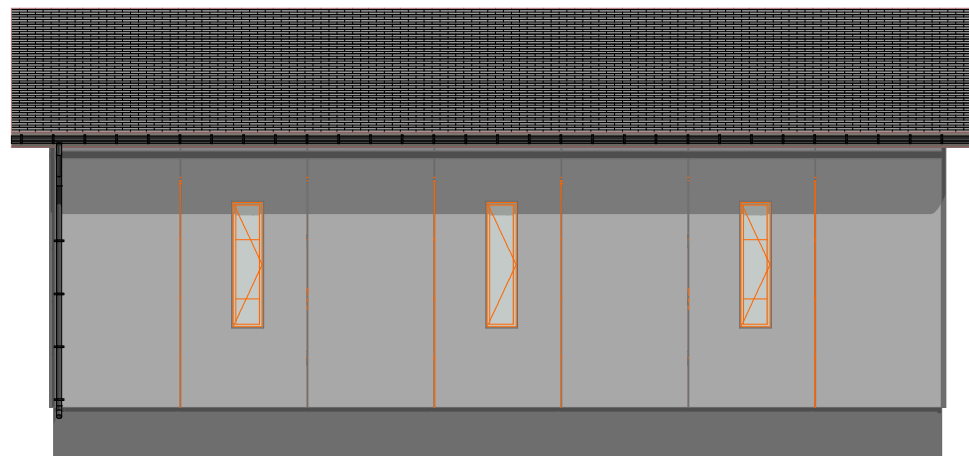
Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Lähetysarjan päiväys

Kaupunginosa/Kylä Iisalmi	Kortteli/Tila 1	Tontti/Rnro 1	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Halli			
Rakennustoimenpide Opinnäytetyö		Piirustuslaji Pohjapiirustukset	Juokseva nro 8
Rakennuskohde Opinnäytetyö Halli #Tontin osoite1 #Tontin postinumero #Tontin postitoimipaikka		Piirustuksen sisältö Pohja	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero .		Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID A.01.1
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Opiskelija Teemu 1 27.3.2024		Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi HALLI-MALLI.pln



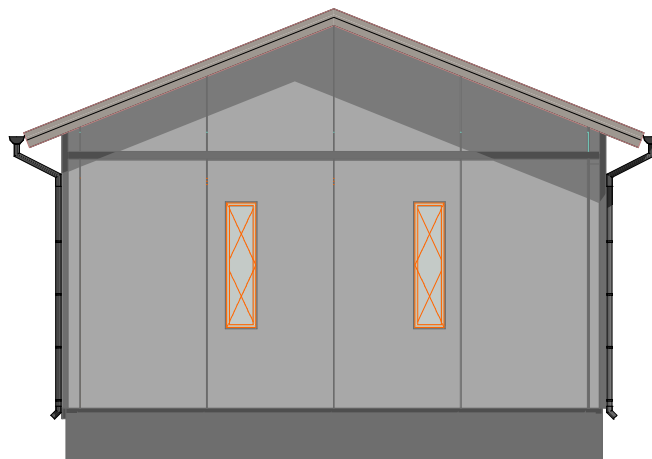
Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Lähetysjärjen päiväys

Kaupunginosa/Kylä Iisalmi	Korttel/Tila 1	Tontti/Rnro 1	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Halli				
Rakennustoimenpide Opinnäytetyö			Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro 8
Rakennuskohde Opinnäytetyö Halli #Tontin osoite1 #Tontin postinumero #Tontin postitoimipaikka			Piirustuksen sisältö JS-03 Julkisivu etelään	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero . . .			Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID 1
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Opiskelija Teemu 1 13.3.2024			Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi HALLI-MALLI.pln



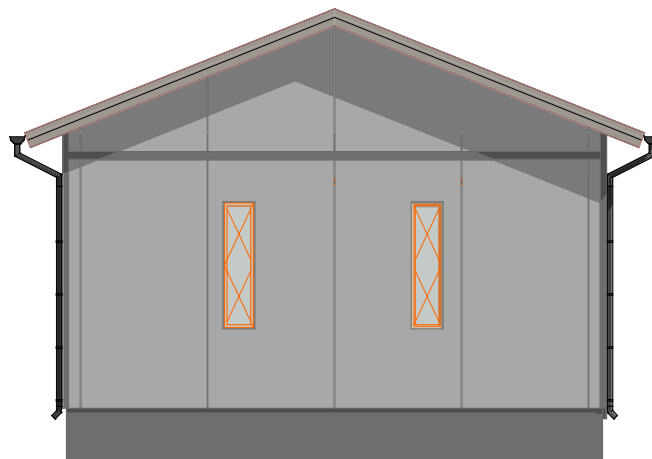
Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Lähetysarjan päiväys

Kaupunginosa/Kylä Iisalmi	Korttel/Tila 1	Tontti/Rnro 1	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Halli				
Rakennustoimenpide Opinnäytetyö		Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro 8	
Rakennuskohde Opinnäytetyö Halli #Tontin osoite1 #Tontin postinumero #Tontin postitoimipaikka		Piirustuksen sisältö JS-01 Julkisivu pohjoiseen	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero . . .		Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID 1	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Opiskelija Teemu 1 13.3.2024		Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi HALLI-MALLI.pln	



Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Lähetysarjan päiväys

Kaupunginosa/Kylä Iisalmi	Kortteli/Tila 1	Tontti/Rnro 1	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Hali				
Rakennustoimenpide Opinnäytetyö		Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro 8	
Rakennuskohde Opinnäytetyö Hali #Tontin osoite1 #Tontin postinumero #Tontin postitoimipaikka		Piirustuksen sisältö JS-02 Julkisivu itään	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero . . .		Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID 1	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys		Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi HALLI-MALLI.pln	
Opiskelija Teemu 1 13.3.2024				



Revisio	ID	Muutos	Muuttaja	Lähetysarjan päiväys

Kaupunginosa/Kylä Iisalmi	Kortteli/Tila 1	Tontti/Rnro 1	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Halli				
Rakennustoimenpide Opinnäytetyö		Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro 8	
Rakennuskohde Opinnäytetyö Halli #Tontin osoite1 #Tontin postinumero #Tontin postitoimipaikka		Piirustuksen sisältö JS-04 Julkisivu länteen	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero . . .		Työnumero #Prnr	Piirustuksen ID 1	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Opiskelija Teemu 1 13.3.2024		Suunnitteluala AR	Tiedoston nimi HALLI-MALLI.pln	

Puurakenteinen Halli

Leveys:	16,8	m	(7*2,4m elementtiä)
Syvyys:	9,6	m	(4*2,4m elementtiä)
Sisäkorkeus:	5	m	
Räystäs	0,6	m	

Kattokaltevuus:	21,8	°	1 ; 2,5
-----------------	------	---	---------

Iisalmessa			
Lumikuorma maassa:	2,6	kN/m ²	
Maastoluokka:	2		

Nosto-ovi 2kpl (toisella pitkällä sivulla molemmat)			
Leveys:	4,8	m	
Korkeus:	4,5	m	

Käyttöluokka	2		
Seuraamusluokka	CC2		

Omapainot

Vesikatto

kerros	kerroksen		mat.tiheys	kerroksen q	
	leveys	paksuus			
	m	m	[kN/m3]	[kN/m2]	
kattopelti	0,0006		78,5	0,062	(Ruukki Classic)
Ruode	0,025	0,1	4,2	0,0350	
Tuuletusrima	0,034	0,048	4,2	0,00762	
(aluskate)					
yläpaarre	0,125	0,048	4,2	0,028	
Puhallusvilla	0,4		1	0,400	
Mineraalivilla	0,1		1	0,100	
alapaarre	0,125	0,048	4,2	0,028	
(höyrynsulku)					
Koolaus	0,048	0,048	4,2	0,032	
Havuvaneri	0,012		5	0,060	

yht.	0,8	kN/m ²
------	-----	-------------------

Räystäs

kerros	kerroksen		mat.tiheys	kerroksen q	
	leveys	paksuus			
	m		[kN/m3]	[kN/m2]	
kattopelti	0,0006		78,5	0,062	(Ruukki Classic)
Ruode	0,025	0,1	4,2	0,021	
Tuuletusrima	0,034	0,048	4,2	0,005	
yläpaarre	0,125	0,048	4,2	0,017	
Aluslauta	0,015	0,097	4,2	0,038	

yht.	0,1	kN/m ²
------	-----	-------------------

(Materiaalitiheydet SFS-EN 1991-1-1-1+AC)

Lumikuorma

Lumikuorma maassa s_k	2,6	kN/m ²	(lisalmi)
Kattokaltevuus	21,8	%	
Muotokerroin μ	0,8		

$q_k = \mu * s_k$	2,08	kN/m ²
-------------------	------	-------------------

Tuulikuorma (Lyhyempi sivu)

Maastoluokka	2	
korkeus seinä	4,8	m
korkeus katto (harja)	2,4	m
koko korkeus	7,2	m

d	16,8	m
b	9,6	m

Sivusuhte d/b									
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Taulukko 2.3 - Voimakerroin c_f , huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Hoikkuus λ lasketaan kaavalla (2.13). Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa.

(Puuinfo Lyhennetty suunnitteluohje, painos 5).

Sivusuhte d/b	1,75
Tehollinen hoikkuus λ	1,5

Interpolidaan Voimakerroin C_f

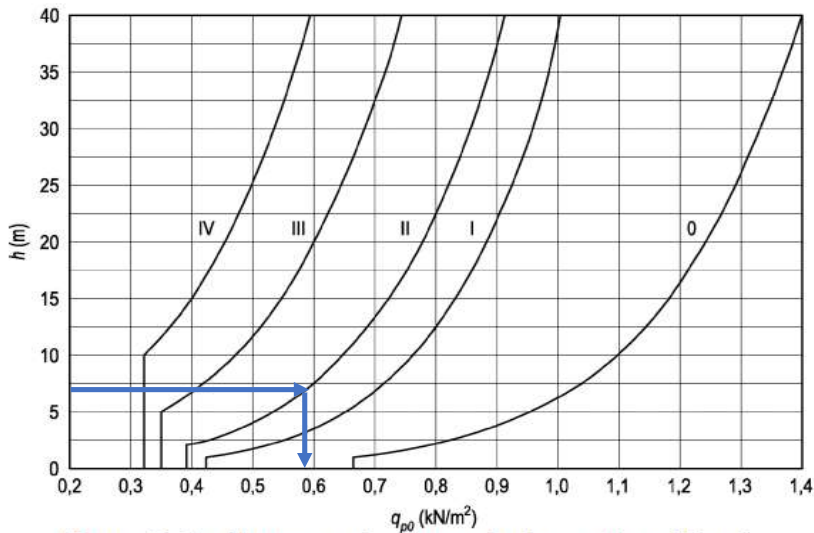
c_{f1}	1,31
c_{f2}	1,01
c_f	1,08

$$c_{f1} = 1,28 + \frac{1,38 - 1,28}{3 - 1} * (\lambda - 1)$$

$$c_{f2} = 0,99 + \frac{1,07 - 0,99}{3 - 1} * (\lambda - 1)$$

$$c_f = c_{f1} + \frac{c_{f2} - c_{f1}}{2 - 1} * \left(\frac{d}{b} - 1\right)$$

Voimakerroin C_f	1,08
--------------------	------



Kuva 2.4 - Nopeuspaineen ominaisarvot $q_{p0}(h)$ eri maastoluokissa, kun tuulennopeuden perusarvo $v_b=21$ m/s.

(Puuinfo Lyhennetty suunniteluohje, painos 5).

Nopeuspaine q_p	0,58	kN/m^2
Pinta-ala tuulta vastaan A_{ref}	57,6	m^2
$F_{w,k} = C_f * q_p * A_{\text{ref}}$	36,2	kN
$q_{w,k} = c_s c_d * C_f * q_p$	0,63	kN/m^2

Tuulikuorma (Pidempi sivu)

Maastoluokka	2
korkeus seinä	4,8 m
korkeus katto (harja)	2,4 m
koko korkeus	7,2 m

d	9,6 m
b	16,8 m

Sivusuhte d/b									
λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Taulukko 2.3 - Voimakerron c_s , huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Hoikkuus λ lasketaan kaavalla (2.13). Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa.

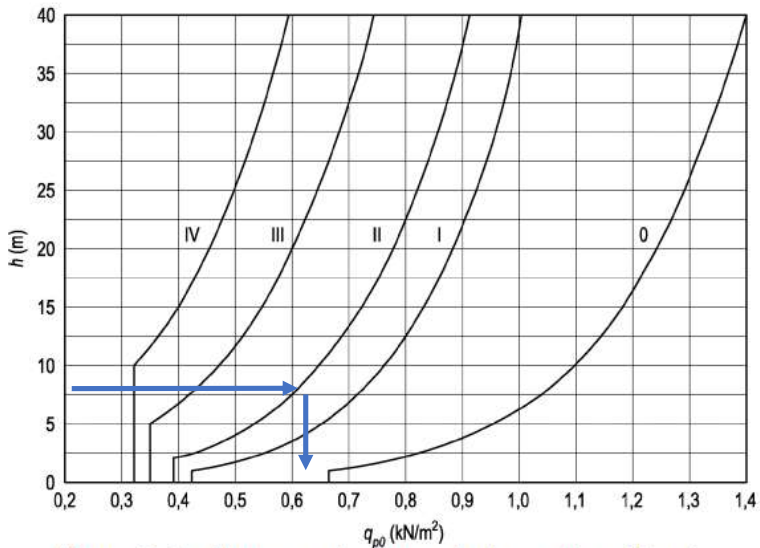
(Puuinfo Lyhennetty suunniteluohje, painos 5).

Sivusuhte d/b	0,57
Tehollinen hoikkuus λ	0,86

Interpolidaan Voimakerroin C_f

$$C_{f1} \quad 1,40 \rightarrow 1,37 + \frac{1,44 - 1,37}{0,7 - 0,5} * \left(\frac{d}{b} - 0,5\right)$$

Voimakerroin C_f	1,40
--------------------	------



Kuva 2.4 - Nopeuspaineen ominaisarvot $q_{p0}(h)$ eri maastoluokissa, kun tuulennopeuden perusarvo $v_b=21$ m/s.

(Puuinfo Lyhennetty suunnitteluohje, painos 5).

Nopeuspaine q_p	0,58 kN/m ²
-------------------	------------------------

Pinta-ala tuulta vastaan A_{ref}	120,96 m ²
------------------------------------	-----------------------

$F_{w,k} = C_f * q_p * A_{ref}$	97,9 kN
---------------------------------	---------

$q_{w,k} = c_s c_d * C_f * q_p$	0,81 kN/m ²
---------------------------------	------------------------

Aukonylityspalkki

Palkin materiaali

Liimapuu GL30C (Standardi EN 14080)		
Ominaislujuudet N/mm²		
Taivutus	$f_{m,k}$	30
Veto	$f_{t,0,k}$	19,5
	$f_{t,90,k}$	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	24,5
	$f_{c,90,k}$	2,5
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,5
	$f_{r,k}$	1,2
Jäykkyysominaisuudet N/mm²		
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	13000
	$E_{0,05}$	10800
	$E_{90,mean}$	300
liukumoduuli	G_{mean}	650
	$G_{0,05}$	540
Tiheydet kg/m³		
Ominaisihteys	ρ_k	390
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	430

Virumaluku	k_{def}	0,8
	ψ	0,2
	k_{fi}	1
	k_{mod}	0,8
	γ_m	1,25

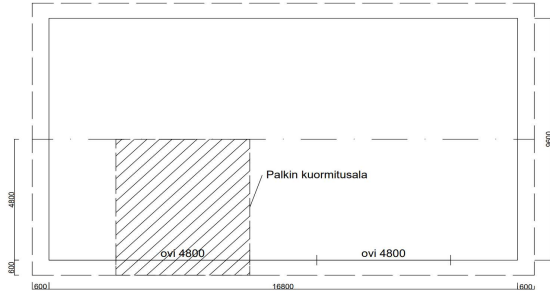
Palkin koko	b	0,14	m
	h	0,495	m

Yläpohjan kuormat

Kattorakenteen Omapaino	g_{k1}	0,75	kN/m ²
Räystään Omapaino	g_{k2}	0,14	kN/m ²
Lumikuorma	q_k	2,08	kN/m ²
Palkin omapaino	g_{k3}	0,35	kN/m

Kuorma-alat

Kuorman leveys katon OP	4,8	m	4800 mm
Kuorman leveys Räystäään OP	0,6	m	600 mm
Palkin pituus	5,052	m	5052 mm



Taipumamitoitus

Käyttörajalakuorma	g_k	4,0	kN/m	4043,427 N/mm
	q_k	11,2	kN/m	11232 N/mm

Hetkellinen taipuma	W_{inst}	$l/300$	16,84	mm
---------------------	------------	---------	-------	----

$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$	I_y	1415019375	mm ⁴
--------------------------------	-------	------------	-----------------

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista	$W_{inst,G}$	2,22	mm
$W_{inst,G} = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y}$			

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista	$W_{inst,Q}$	5,17	mm
$W_{inst,Q} = \frac{5 \cdot s \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y}$			

Hetkellinen taipuma yhteensä	W_{inst}	7,39	mm
------------------------------	------------	------	----

Kokonaistaipuma	W_{fin}	10,0	mm
	Max	10,4	mm

Käyttöaste		62 %
------------	--	------

Murtorajatilakuorma

Keskipitkä aikaluokka	q_d	21,1	kN/m
Pysyvä aikaluokka	q_d	5,5	kN/m

Momentti

$M_d = \frac{q_d \cdot L^2}{8}$	M_d	67,3	kNm
---------------------------------	-------	------	-----

Taivutus

Palkin pituus	L	5,1	m	
Kiepahdustukien väli	a	4,8	m	
Palkin korkeus	h	0,495	m	495 mm
Palkin leveys	b	0,140	m	140 mm

Taivutus	$f_{m,k}$	30	
	k_{mod}	0,8	
	γ_m	1,25	

Kiepahduspituus	l_{ef}	5,052	m
-----------------	----------	-------	---

Kiepahduskerroin	k_{crit}	1,0	
------------------	------------	-----	--

l_{ef}/b	36,1	
------------	------	--

h/b	3,5	
-------	-----	--

Mitoitusehto $\sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} * f_{m,y,d}$	\rightarrow	11,8	\leq	19,2
--	---------------	------	--------	------

$\sigma_{m,y,d}$	11,8	N/mm ²
------------------	------	-------------------

$f_{m,y,d}$	19,2	N/mm ²
-------------	------	-------------------

Käyttöaste	61 %	
------------	------	--

Leikkaus

Leikkausvoimakkestävyys $V_d = \frac{q * L}{2}$		53,30	kN
--	--	-------	----

Leikkausvoiman pienennys	$b_{ef} = b$	140	mm
--------------------------	--------------	-----	----

Leikkajännitys $\frac{3}{2} * \frac{V_d}{b_{ef} * h}$	τ_d	1,15	N/mm ²
--	----------	------	-------------------

Leikkajuuus $\frac{f_{v,k} * k_{m\phi}}{\gamma_M}$	$f_{v,d}$	2,24	
---	-----------	------	--

Mitoitusehto $\tau_d \leq f_{v,d}$	\rightarrow	1,15	\leq	2,24
------------------------------------	---------------	------	--------	------

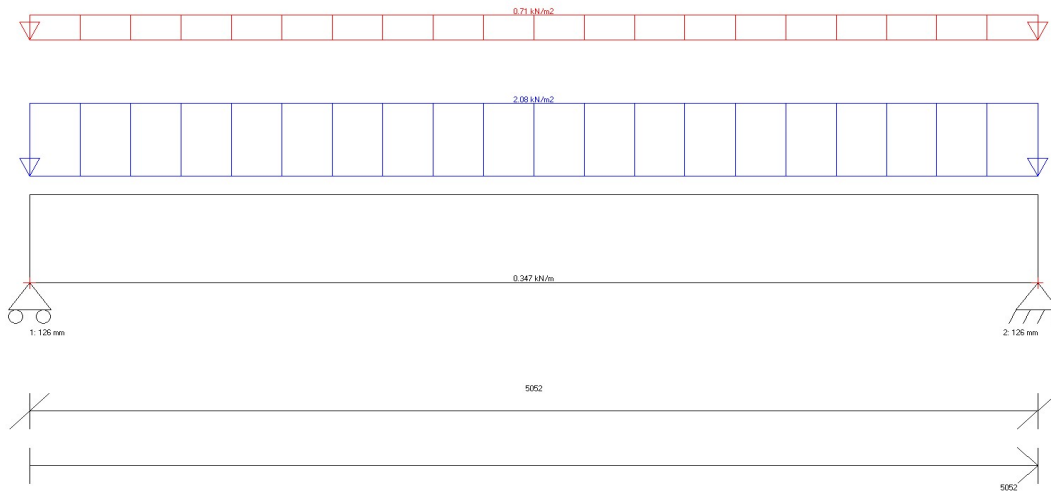
Käyttöaste	52 %	
------------	------	--

Tukipituus

Tukipainekerroin	$k_{c,\perp}$	2,2
Kosketuspinnan pituus syiden suunnassa Kolme runkotolppaa palkin alla	l	126 mm
Tehollinen kosketuspinnan pituus	$l_{c,90,ef}$	156 mm
	$k_{c,90}$	1,75
Max leikkausvoima hyötykuormasta	V_q	28,4 kN
Tukireaktio omapainosta	$A_g = V_g$	10,2 kN
Tukireaktio hyötykuormasta	$A_q = V_q$	28,4 kN
Tukireaktio	A_d	54,3 kN
Puristusjännitys palkissa	$\frac{A_d}{b * l}$	$\sigma_{c,90,d}$ 3,1 N/mm ²
Palkin puristuslujuus syysuuntaa vastaan	$f_{c,90,d}$	1,6 N/mm ²
Mitoitusehto	$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$	$3,078 \leq 3,467$
Käyttöaste		89 %

Vertailu

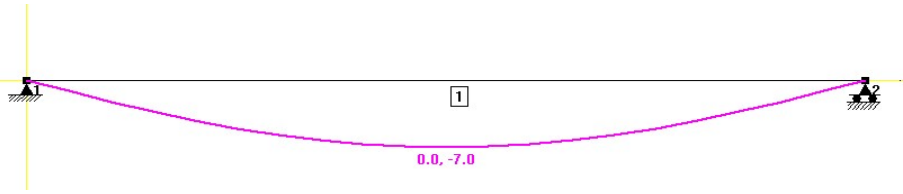
	taipumamitoitus	taivutus	leikkaus	tukipaine
Käsin	62 %	61 %	52 %	89 %
Finwood	67 %	62 %	53 %	89 %
Ero	8,5 %	1,1 %	2,9 %	0,2 %



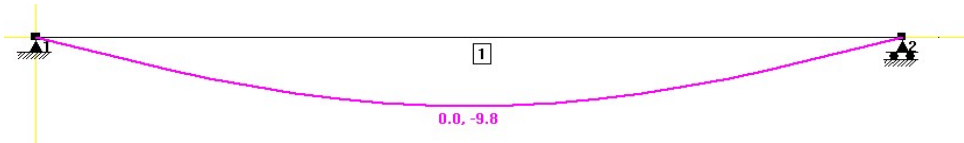
Omapainon arvoa laskettu 9%, Excel laskussa räystäään omapaino on otettu omalla pienemmällä omapainolla. Finwoodissa ei saa laitettua kun koko kuormituspituuden, joten koko omapainoa piti pienentää suhteessa.

POIKKILEIKKAUS	MITOITUSASETUKSET	MITOITUSTULOS
<p>Poikkileikkaustyyppi:</p> <p>Suorakaide</p> <p>Materiaali:</p> <p>GL30c</p> <p>Poikkileikkauksista: k/k [mm]:</p> <p>140x495 5400</p> <p>MATERIAALI: GL30c MUOTO: Suorakaide 140x495 LEVEYS B: 140 mm KORKEUS H: 495 mm A: 69300 mm² I_y: 1415019375 mm⁴ W_y: 5717250 mm³ K-JAKO/KUORMI-LEV.: 5400 mm PAINO: 34.7 kg/m PITUUS: 5052 mm</p>	<p>Käyttöluokka: 2</p> <p>Seuraamustaluokka: CC2 (KFI=1.0)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> RAKENNEMITOITUS</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> MURTORAJATILA (MRT) -----</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nurjahdustarkastelu -----</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kiepahdustarkastelu -----</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> KÄYTTÖRAJATILA (KRT)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Taipumatarkastelu -----</p> <p><input type="checkbox"/> PALO- JA ONNETTOMUUSTILANTI</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Murtorajatilatarkastelu (MRT) -----</p> <p><input type="checkbox"/> Nurjahdustarkastelu -----</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kiepahdustarkastelu -----</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Käyttöraajatilatarkastelut (KRT)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Taipumatarkastelu -----</p> <p>HUOM! Tarkista rakenneosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.</p>	<p>KOKONAISKÄYTTÖASTE = 89.5 %</p> <p>RAKENNEMITOITUS (89.5%)</p> <ul style="list-style-type: none"> MATERIAALIARVOT (Ominaisarvot): MURTORAJATILA (MRT): (89%) <ul style="list-style-type: none"> Leikkaus (V_z): 54.70 kN, (53%), x = 5052 mm Taivutus (M_y): 69.09 kNm, (62%), x = 2526 mm (Ilman kiepahdusta): 69.09 kNm, (62%), x = 2526 mm Tukipaine, tuki 1: (89%), tukipainekerroin = 2.17 Tukipaine, tuki 2: (89%), tukipainekerroin = 2.17 V_{z_max} = 54.70 kN, x = 5052 mm M_{y_max} = 69.09 kNm, x = 2526 mm Maksimitukireaktiot: Minimitukireaktiot: KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (67%) <ul style="list-style-type: none"> Taipumamitoitus: (67%) <ul style="list-style-type: none"> jänneväli 1 (67%) <ul style="list-style-type: none"> W_{z,q,fin} = 7.1 mm (42%), x = 2526 mm W_{z,fin} = 11.2 mm (67%), x = 2526 mm W_{z,g,inst} = 2.3 mm (14%), x = 2526 mm W_{z,net,fin} = 11.2 mm (67%), x = 2526 mm

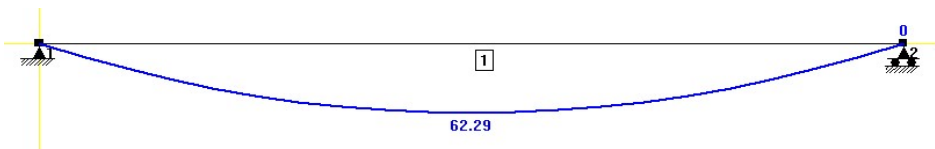
Frame



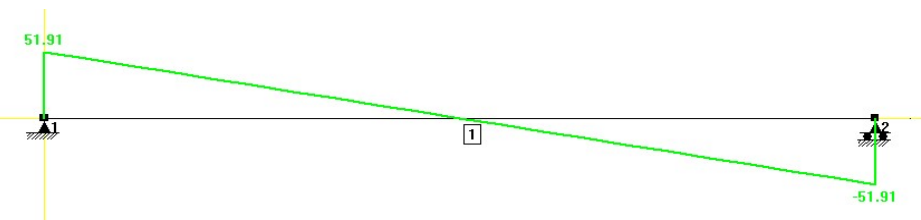
Taipuma käyttörajatilassa 7,0 mm



Taipuma murtorajatilassa 9,8 mm



MRT momentti 62,29 kNm



MRT leikkaus 51,91 kN

Aukonylityspalkin tukitolppa (tuettu heikommassa suunnassa kipsilevyllä)

Tolpan materiaali

Sahatavara 42*198 C24		(Standardi EN 338:2016)	
Ominaislujuudet N/mm ²		C24	C30
Taivutus	$f_{m,k}$	24	30
Veto	$f_{t,0,k}$	14,5	19
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	21	24
	$f_{c,90,k}$	2,5	2,7
Leikkaus	$f_{v,k}$	4	4
Jäykkysominaisuudet N/mm ²			
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	11000	12000
	$E_{0,05}$	7400	8000
	$E_{90,mean}$	370	400
liukumoduuli	G_{mean}	690	750
	$G_{0,05}$	460	500
Tiheydet kg/m ³			
Ominaisstiheys	ρ_k	350	380
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	420	460
Virumaluku	k_{def}	0,8	
	ψ	0,2	
	k_{fi}	1	
	k_{mod}	0,8	
	γ_m	1,3	
Tolpan koko	b	126	mm
	h	198	mm
	A	24948	mm

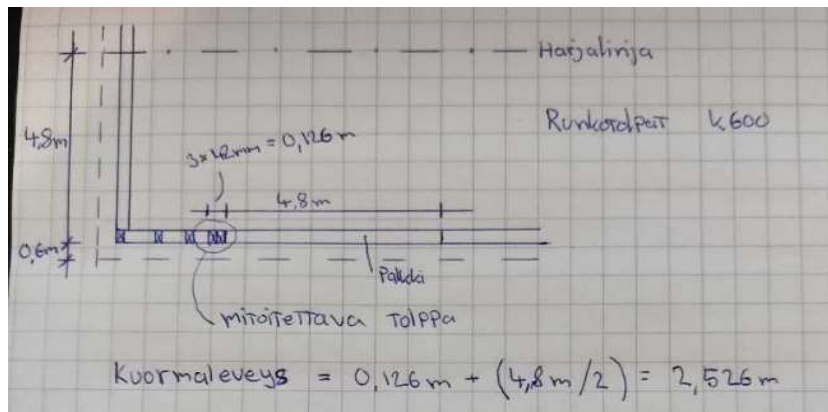
Kuormat

Kattorakenteen Omapaino	g_{k1}	0,75	kN/m ²
Räystään Omapaino	g_{k2}	0,14	kN/m ²
Lumikuorma	q_k	2,08	kN/m ²
Palkin omapaino	g_{k3}	0,28	kN/m
Tuulikuorma	q_p	0,58	kN/m ²

Kuorma-alat

Kuormapituus katon OP	4,8	m	4800	mm
Kuormapituus Räystäään OP	0,6	m	600	mm
kuormaleveys	2,526	m	2526	mm

Tolpan pituus	l_t	4,257	m	4257	mm
---------------	-------	-------	---	------	----



Pystykuormat

Omapainosta	N_{d1}	10,04	kN
Lumesta	N_{d2}	28,37	kN

Tuulikuorma

Taivutusmomentti tuulikuormasta $M_{w,k}$	3,65	kNm
$M_{w,k} = \frac{(C_{p,net} * qk(h) * k) * lt^2}{8}$		

Pinta-ala	10,8	m ²
Tuulenpaineen nettopinekerroin $C_{p,net}$	1,1	

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						
$C_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Taulukko 2.4 - Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopainekertoimia.

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 nettopainekertoimia.

(Puuinfo lyhennetty suunnitteluohje, painos 5.)

Murtorajatilan kuormat

Hetkellinen aikaluokka

Max	$\left\{ \begin{array}{l} 1,15 * Gkj + 1,5 * Qk_{,t} + 1,05 * Qk_{,1} \\ 1,15 * Gkj + 1,5 * Qk_{,1} + 0,9 * Qk_{,t} \end{array} \right.$	57,7 kN
		68,1 kN

Pysyvät Kuormat	G_{kj}	10,04	kN
Hyöty- ja lumikuorman ominaisarvosta isompi	$Q_{k,1}$	28,37	kN
Hyöty- ja lumikuorman ominaisarvosta pienempi	$Q_{k,2}$		
Tuulikuorman ominaisarvo	$Q_{k,t}$	15,54	kN

Keskipitkä aikaluokka

$1,15 * Gkj + 1,5 * Qk_{,1}$	54,1 kN
------------------------------	---------

Pysyvä aikaluokka

$1,35 * Gkj$	13,55 kN
--------------	----------

Alajuoksun kiskopainemitoitus

Tukireaktio	A_d	54,10	kN
$1,15 * Gkj + 1,5 * Qk$			

Puristusjännitys alajuoksussa		2,17	N/mm ²
$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b * l}$			

Alajuoksun puristuslujuus syysuuntaa vastaan		1,54	N/mm ²
$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$			

$k_{c,90}$ -kerroin		1,25	
$l = 3 * 42 \text{ mm} = 126 \text{ mm}$			
$h = 48 \text{ mm}$			

Tehollinen kosketuspinnan pituus		156,00	mm
$l_{c,90,ef} = 30 \text{ mm} + l + 30 \text{ mm}$			

Tukipainekerroin		1,55	
$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90}$			

Mitoitusehto		2,2	≤	2,4
$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$				

Käyttöaste		91 %	
------------	--	------	--

Nurjahdus vahvempaan suuntaan (hetkellinen aikaluokka)

Maksimi normaalivoima	N_d	41,34	kN
Nurjahduskerroin	$k_{c,y}$	0,45	
Nurjahduspituus	$L_{c,z} = 1,0 * l_t$	4257,00	mm
Jäyhyyssäde	$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$	57,16	mm
Hoikkuusluku	$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y}$	74,48	
Puristusjännitys	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h}$	1,66	N/mm ²
k_{mod}		1,10	
Puristuslujuus	$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$	17,8	N/mm ²
Max taivutusmomentti	M_d	5,48	kNm
Taivutusjännitys	$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2}$	6,65	N/mm ²
Taivutuslujuus	$f_{m,y,d} = \frac{f_{m,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$	20,3	N/mm ²
Mitoitusehto	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1$	0,535	≤ 1
Käyttöaste		53 %	

Nurjahdus vahvempaan suuntaan (keskipitkä aikaluokka)

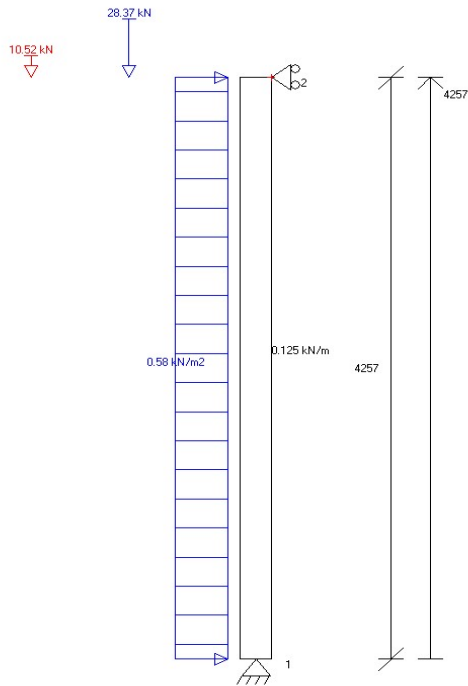
Maksimi normaalivoima	N_d	54,10	kN
Nurjahduskerroin	$k_{c,y}$	0,45	
$L_{c,z} = 1,0 * l_t$		4257,00	mm
Jähyyssäde	$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$	57,16	mm
$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y}$		74,48	
Puristusjännitys	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h}$	2,17	N/mm ²
k_{mod}		0,80	
Puristuslujuus	$f_{c,0,k} = \frac{f_{c,0,k} * k_{moc}}{\gamma_m}$	12,9	N/mm ²
Mitoitusehto	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1$	0,37	≤ 1
Käyttöaste		37 %	

Taipuma (kolme tolppaa vierekkäin)

Jähyysmomentti	$I_y = \frac{b * h^3}{12}$	81505116	mm ⁴
Hetkellinen taipuma tuulikuormasta	$W_{inst} = \frac{5 * (k * c_p * q_{net} * q_k(h)) * l_t^4}{384 * E_{0,mean} * I_y}$	7,7	mm
Lopputaipuma	$W_{fin} = (1 + k_{def}) * W_{inst}$	13,84	mm
k_{def}	(Taulukko B.3.2)	0,8	
Mitoitusehto	$W_{fin} \leq \frac{l}{300}$	7,7	≤ 14,2
Käyttöaste		54,2 %	

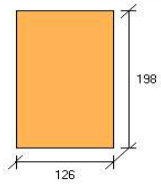
Vertailu

	Taipuma
Käsin	54 %
Finnwood	51 %
Ero	6 %



POIKKILEIKKAUS

Poikkileikkaustyyppi: Suorakaide
 Materiaali: C24
 Poikkileikkauksista: k/k [mm]: 3*42x198 | 2526
 MATERIAALI: C24
 MUOTO: Suorakaide
 3*42x198
 LEVEYS B: 126 mm
 KORKEUS H: 198 mm
 A: 24948 mm²
 I_y: 81505116 mm⁴
 W_y: 823284 mm³
 K-JAKO/KUORM. LEV.: 2526 mm
 PAINO: 12.5 kg/m
 PITUUS: 4257 mm



MITOITUSASETUKSET

Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

RAKENNEMITOITUS

MURTORAJATILA (MRT)

Nujahdustarkastelu

Kiepahdustarkastelu

KÄYTTÖRAJATILA (KRT)

Taipumatarkastelu

PALO- JA ÖNNETTÖMYYSTILANTI

Murtorajatilatarkastelu (MRT)

Nujahdustarkastelu

Kiepahdustarkastelu

Käyttöraajatilatarkastelut (KRT)

Taipumatarkastelu

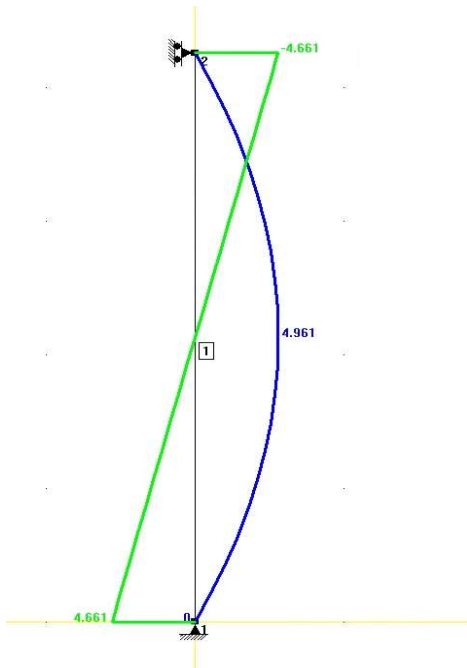
HUOMI! Tarkista rakenneosan laskenta-asetukset (MRT ja KRT) ennen kuin mitoitat poikkileikkauksen.

MITOITUSTULOS

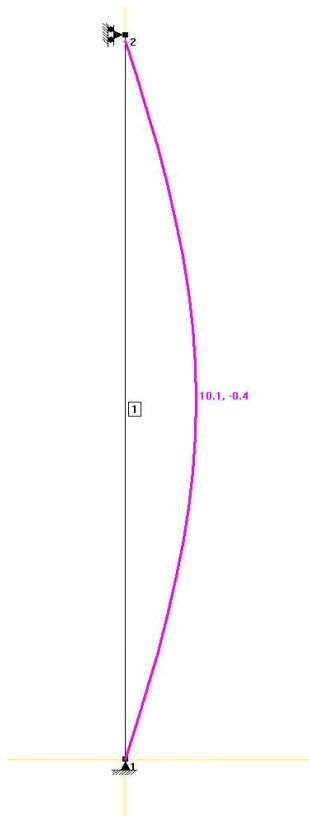
KOKONAISKÄYTTÖASTE = 50.9 %

- RAKENNEMITOITUS (51 %)
 - MURTORAJATILA (MRT): (49 %)
 - Leikkaus (V_z): 4.68 kN, (8 %), x = 0 mm
 - Puristus: 55.26 kN, (34 %), x = 0 mm
 - kc-kerroin = 0.50
 - i = 57.16 mm
 - Taivutus (M_y): 4.98 kNm, (30 %), x = 2128 mm
 - Lef = 4653 mm
 - kcrit-kerroin = 1.000
 - lambda_{rel} = 0.491
 - sigma_{crit} = 99.465 N/mm²
 - (ilman kiepahdusta): 4.98 kNm, (30 %), x = 2128 mm
 - Taivutus+puristus: 0.49, (49 %), x = 2128 mm
 - M_y = 4.98 kNm
 - N_x = 42.19 kN
 - KÄYTTÖRAJATILA (KRT): (51 %)
 - Taipumamitoitus: (51%)
 - jänneväli l (51%)
 - W_{z,fin} = 7.2 mm (51%), x = 2128 mm
 - W_{z,inst} = 7.2 mm (51%), x = 2128 mm
 - W_{z,net,fin} = 7.2 mm (51%), x = 2128 mm

Frame



Momentti 4,961 kNm
Leikkaus 4,661 kN



Taipuma 10,1 mm

<https://www.gyproc.fi/documents/sertifikaatti/gyproc-levyjaykistys-suunnitteluohje-082022.pdf>

Lyhyemmän seinän jäykistys kipsilevyllä. Molemmat päädyt samanlaisia. US-1 ja US-3.
Mitoituksessa huomioitu ohjeen asettamat reunaehdot ja vaatimukset.

3200*1200mm Ruuvausväli 100mm

Kipsilevy	Gyproc GTS 9	Gyproc GR 13 Erikoiskova	
Kiinnike	Beck 17/32 CNK 12	ITW BYG Spit 3,9x32	
Käyttöluokka	2	1	
R_{vk}	332	744	N
K_{ser}	220	950	N/mm
H	3200	3200	mm
B	1200	1200	mm

Kiinnitystapa kiinnikekaavio 5) liitinväli 100mm

γ	2,76		$10^{-5}/\text{mm}$
β	5,22		$10^{-8}/\text{mm}^2$

Selvennyksiä:

R_{vk}	Ominaisleikkauslujuus		
K_{ser}	Siirtymäkerroin		
k_{mod}	1,1 (hetkellinen aikaluokka, sahatavara, käyttöluokka 1 ja 2)		
γ_m	1,3 (sahatavara)		
Hakaneen	Beck 17/32 CNK 12		
Ruuvi	ITW BYG Spit 3,9x32		
H/4	800 mm	Levyn min leveys, joka voidaan ottaa huomioon mitoituksessa (RIL 205-1-2017 s.156)	

Yhden levyn Leikkauskestävyys

$$R_{vd} = k_{mod} * R_{vk} / \gamma_m$$

Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GTS 9	280,9 N	50 %	→	140,5 N
Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GR 13 Erikoiskova	629,5 N			

Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävyydestä. Muussa tapauksessa voidaan ottaa huomioon 50%.

Yhden levyn kuormituskestävyys

$$R_d = n * R_{vd} / \gamma * H$$

Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	1590,4 N	1,59 kN
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	7127,9 N	7,13 kN

Sisäseinällä on n täyttä levyä

Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	42,77 kN
	Levyjen kpl	6,00 kpl

Ulkoseinällä on n täyttä levyä

Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	9,54 kN
	Levyjen kpl	6,00 kpl

Kuormituskestävyys koko seinälle

Kuormituskestävyys koko seinälle		52,31 kN
----------------------------------	--	----------

Mitoitettava kuorma

$q_k(h)$	0,58	kN/m^2	Nopeuspaine
c_f	1,40		Voimakerroin
a	2,4	m	Yläpohjan korkeus
h	4,8	m	Seinän korkeus
H	7,2	m	Koko rakennuksen korkeus
L	16,8	m	Pidempi sivu
b	9,6	m	Lyhyempi sivu

Viivakuorma yläreunassa	W_k	3,88	kN/m
-------------------------	-------	------	---------------

$$W_k = c_f * q_k(h) * (a + h/2)$$

Pistekuorma seinälle	F_d	48,93	kN
----------------------	-------	-------	----

$$F_d = 1,5 * W_k * \frac{L}{2}$$

Käyttöaste		94 %	
------------	--	------	--

Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima $F_{t,d} = F_d / (L_1 + L_2 + L_3) * h_f$

h_f	4,8	m	Seinän korkeus
h	3,2	m	Levyn korkeus
F_d	48,93	kN	Seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma
L_1	2,742	m	
L_2	3,042	m	
L_3	2,685	m	Levyn leveys

Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima		27,73	kN
---	--	-------	----

Kaatumisvarmuus:

Seinän kaatumisvarmuus ei ole riittävä,

koska pystykuormien stabiloiva momentti: $E_{d,stab} = 0,0 \text{ kNm}$

on pienempi kuin vaakavoiman aiheuttama kaatava momentti: $E_{d,dst} = 76,8 \text{ kNm}$

Tarvitaan ankkurointivoima **28,01 kN** stabiloimaan rakenne.

(Laskentapalvelu.fi)

pidemmän seinän jäykistys kipsilevyllä. Seinä jossa ei ole nosto-ovia. US-2.
Mitoituksessa huomioitu ohjeen asettamat reunaehdot ja vaatimukset.

3200*1200mm Ruuvausväli 100mm

Kipsilevy	Gyproc GTS 9	Gyproc GR 13 Erikoiskova	
Kiinnike	Beck 17/32 CNK 12	ITW BYG Spit 3,9x32	
Käyttöluokka	2	1	
R_{vk}	332	744	N
K_{ser}	220	950	N/mm
H	3200	3200	mm
B	1200	1200	mm

Kiinnitystapa kiinnikekaavio 5) liitinväli 100mm			
γ	2,76		$10^{-5}/\text{mm}$
β	5,22		$10^{-8}/\text{mm}^2$

Selvennyksiä:		
R_{vk}	Ominaisleikkauslujuus	(taulukko)
K_{ser}	Siirtymäkerroin	(taulukko)
k_{mod}	1,1 (hetkellinen aikaluokka, sahatavara, käyttöluokka 1 ja 2)	
γ_m	1,3 (sahatavara)	
Hakanen	Beck 17/32 CNK 12	
Ruuvi	ITW BYG Spit 3,9x32	
H/4	800 mm	Levyn min leveys, joka voidaan ottaa huomioon mitoituksessa

Yhden levyn Leikkauskestävyys $R_{vd} = k_{mod} * R_{vk} / \gamma$						
Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GTS 9	280,9 N	50 %	→	140,5 N	
Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GR 13 Erikoiskova	629,5 N				

Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkerroimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävyydestä. Muussa tapauksessa voidaan ottaa huomioon 50%.

Yhden levyn kuormituskestävyys $R_d = n * R_{vd} / \gamma * H$						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	1590,4 N	1,59 kN			
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	7127,9 N	7,13 kN			

sisäseinällä on n täyttä levyä						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	57,02 kN				
	Levyjen kpl	8,00 kpl				

Ulkoseinällä on n täyttä levyä						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	12,72 kN				
	Levyjen kpl	8,00 kpl				

Kuormituskestävyys koko seinälle						
Kuormituskestävyys koko seinälle		69,75 kN				

Mitoitettava kuorma

$q_k(h)$	0,58 kN/m ²	Nopeuspaine
c_f	1,08	Voimakerroin
a	2,4 m	Yläpohjan korkeus
h	4,8 m	Seinän korkeus
H	7,2 m	Koko rakennuksen korkeus
L	16,8 m	Pidempi sivu
b	9,6 m	Lyhyempi sivu

Viivakuorma yläreunassa	W_k	2,26 kN/m
-------------------------	-------	-----------

$$W_k = c_f * q_k(h) * (a/2 + h/2)$$

Pistekuorma seinälle	F_d	16,29 kN
----------------------	-------	----------

$$F_d = 1,5 * W_k * \frac{L}{2}$$

Käyttöaste		23 %
------------	--	------

pidemmän seinän jäykistys kipsilevyllä. Seinä jossa on kaksi 4,8m leveää nosto-ovea. US-4. Mitoituksessa huomioitu ohjeen asettamat reunaehdot ja vaatimukset.

3200*1200mm Ruuvausväli 100mm

Kipsilevy	Gyproc GTS 9	Gyproc GR 13 Erikoiskova	
Kiinnike	Beck 17/32 CNK 12	ITW BYG Spit 3,9x32	
Käyttöluokka	2	1	
R_{vk}	332	744	N
K_{ser}	220	950	N/mm
H	3200	3200	mm
B	1200	1200	mm

Kiinnitystapa kiinnikekaavio 5) liitinväli 100mm			
γ	2,76		$10^{-5}/mm$
β	5,22		$10^{-8}/mm^2$

Selvennyksiä:		
R_{vk}	Ominaisleikkauslujuus	
K_{ser}	Siirtymäkerroin	
k_{mod}	1,1 (hetkellinen aikaluokka, sahatavara, käyttöluokka 1 ja 2)	
γ_m	1,3 (sahatavara)	
Hakanen	Beck 17/32 CNK 12	
Ruuvi	ITW BYG Spit 3,9x32	
H/4	800 mm	Levyn min leveys, joka voidaan ottaa huomioon mitoituksessa

Yhden levyn Leikkauskestävyys $R_{vd} = k_{mod} * R_{vk} / \gamma$						
Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GTS 9	280,9 N	0,5	→	140,5 N	
Leikkauskestävyys R_{vd}	Gyproc GR 13 Erikoiskova	629,5 N				

Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävyydestä. Muussa tapauksessa voidaan ottaa huomioon 50%.

Yhden levyn kuormituskestävyys $R_d = n * R_{vd} / \gamma * H$						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	1590,4 N	1,59 kN			
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	7127,9 N	7,13 kN			

sisäseinällä on n täyttä levyä						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GR 13 Erikoiskova	42,77 kN				
	Levyjen kpl	6,00 kpl				

Ulkoseinällä on n täyttä levyä						
Kuormituskestävyys R_d	Gyproc GTS 9	9,54 kN				
	Levyjen kpl	6,00 kpl				

Kuormituskestävyys koko seinälle						
Kuormituskestävyys koko seinälle		52,31 kN				

Mitoitettava kuorma

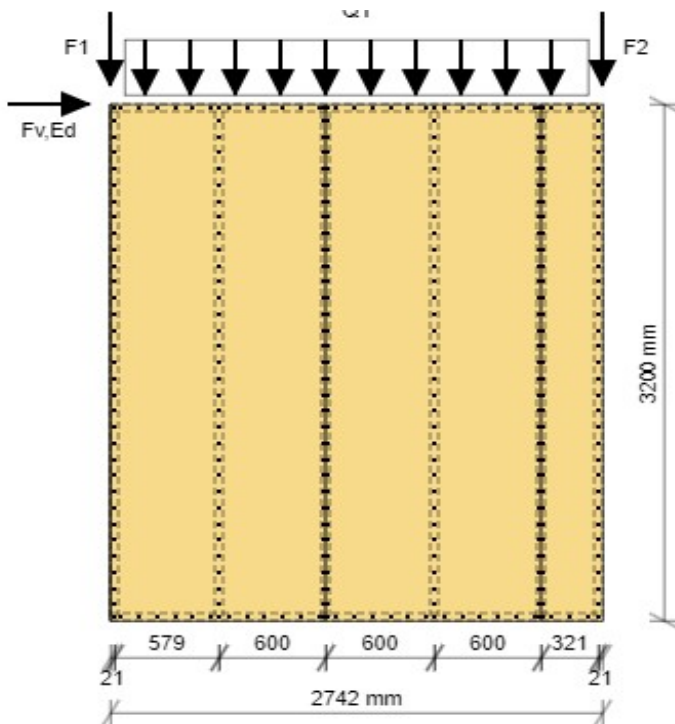
$q_k(h)$	0,58 kN/m ²	Nopeuspaine
c_f	1,08	Voimakerroin
a	2,4 m	Yläpohjan korkeus
h	4,8 m	Seinän korkeus
H	7,2 m	Koko rakennuksen korkeus
L	16,8 m	Pidempi sivu
b	9,6 m	Lyhyempi sivu

Viivakuorma yläreunassa	W_k	2,26 kN/m
Pistekuorma seinälle	F_d	16,29 kN
Käyttöaste		31 %

$$W_k = c_f * q_k(h) * (a/2 + h/2)$$

$$F_d = 1,5 * W_k * \frac{L}{2}$$

Yhden seinän Tarkastus osaseininä laskentapalvelun ohjelmalla:



Levytysten kapasiteetit:

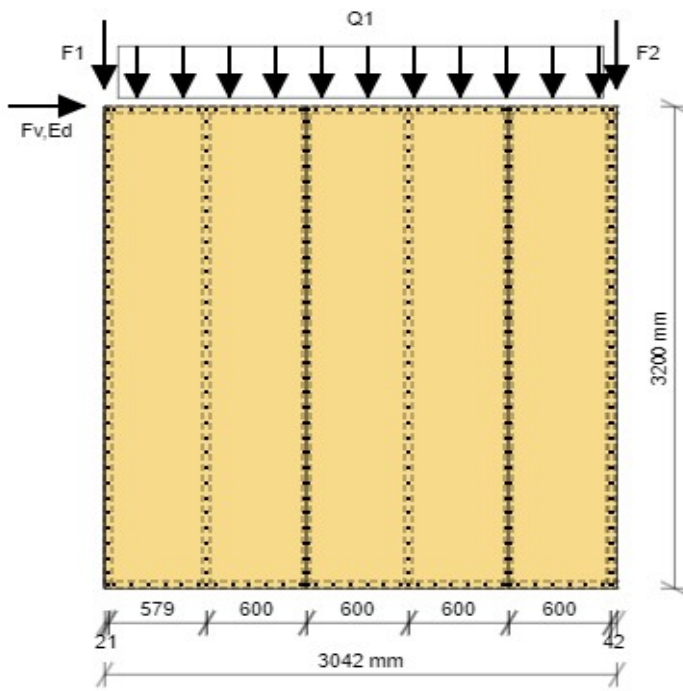
Levytyksen 1 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,1}=3.4$ kN

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,1,taysi}=6.8$ kN

Levytyksen 2 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,2}=15.3$ kN

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,2,taysi}=15.3$ kN

Seinän kokonaisjäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd}=18.7$ kN



Levytysten kapasiteetit:

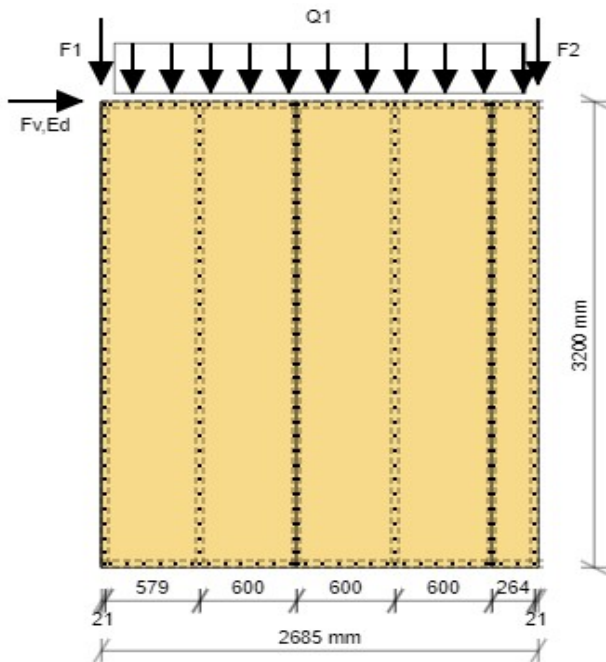
Levytyksen 1 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,1}=3.4 \text{ kN}$

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,1,täysi}=6.8 \text{ kN}$

Levytyksen 2 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,2}=15.3 \text{ kN}$

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,2,täysi}=15.3 \text{ kN}$

Seinän kokonaisjäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd}=18.7 \text{ kN}$



Levytysten kapasiteetit:

Levytyksen 1 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,1}=3.4 \text{ kN}$

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,1,tayysi}=6.8 \text{ kN}$

Levytyksen 2 jäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd,2}=15.3 \text{ kN}$

Täysien levyjen osuus on: $F_{v,Rd,2,tayysi}=15.3 \text{ kN}$

Seinän kokonaisjäykistyskapasiteetti on: $F_{v,Rd}=18.7 \text{ kN}$

Levytyks:	Gyproc GTS 9 Tuulensuojalevy
Kiinnike:	Hakanen Beck 17/32 CNK 12
Levyn leveys (mm):	1200
Levyn korkeus (mm):	3200
Kiinnikejako (mm):	100
2. puolen levytyks ja liittin:	
Levytyks:	Gyproc GR 13 Erikoiskova
Kiinnike:	Ruuvi ITW BYG Spit 3,9x32
Levyn leveys (mm):	1200
Levyn korkeus (mm):	3200
Kiinnikejako (mm):	100

Laskennan lähtöarvoja:

Kiinnikkeen 1 ominaislujuus: 332 N

Kiinnikkeen 2 ominaislujuus: 744 N

Kiinnikkeen 1 siirtymäkerroin kser: 220 N/mm

Kiinnikkeen 2 siirtymäkerroin kser: 950 N/mm

Levytyksen 1 liukumoduli: 150 N/mm²

Levytyksen 2 liukumoduli: 220 N/mm²

Levytyksen 1 kmod: 1.10

Levytyksen 2 kmod: 1.10

Levytyksen 1 materiaalin varmuuskerroin: 1.30

Levytyksen 2 materiaalin varmuuskerroin: 1.30

Yhteensä	56,10	kN
Kuormitus	48,93	kN
Käyttöaste	87,2 %	

Käyttöaste on vähän pienempi kuin käsinlaskussa.

Koko rakennusta tarkastellessa voimat jakautuvat osaseinille. Käyttöaste riittää silti hyvin.

Voidaan todeta, että kyseinen levytys on riittävä rakennuksen jäykistämiseen.

Laskentapalvelun laskelma

F _{v,Ed,x} (kN):	48,9
F _{v,Ed,y} (kN):	97,8
Y-koordinaatti (mm):	4800
X-koordinaatti (mm):	8400
Kuormituksen osavarmuuskerroin:	1,5
Kuormitusten aikaluokka:	Hetkellinen

Kerrostason levyjäykistys

Projektitiedot	Kuormitukset	Seinät	Tyypit	Laskenta	Tallennus	Asetukset				
		Lisää seinä		Poista kaikki seinät						
	X (m):	Y (m):	Kulma (°):	B (m):	H (m):	T (mm):	x1 (mm):	ST:	SP:	
1:	0	0	0	2.4	3.2	200	0	1	2	X
2:	0	2.742	270	2.742	3.2	200	0	1	2	X
3:	7.2	0	0	2.4	3.2	200	0	1	2	X
4:	14.4	0	0	2.4	3.2	200	0	1	2	X
5:	16.8	9.6	180	3.364	3.2	200	0	1	2	X
6:	0	6.342	270	3.042	3.2	200	0	1	2	X
7:	0	9.6	270	2.685	3.2	200	0	1	2	X
8:	16.8	0	90	2.742	3.2	200	0	1	2	X
9:	16.8	3.33	90	3.042	3.2	200	0	1	2	X
10:	16.8	6.96	90	2.685	3.2	200	0	1	2	X
11:	12.849	9.6	180	4.242	3.2	200	0	1	2	X
12:	8.018	9.6	180	4.242	3.2	200	0	1	2	X
13:	3.188	9.6	180	3.264	3.2	200	0	1	2	X

Levytyyppi ja kiinnike seinän eri puolilla sekä runkotoplan leveys ja seinätyypin esitysväri:

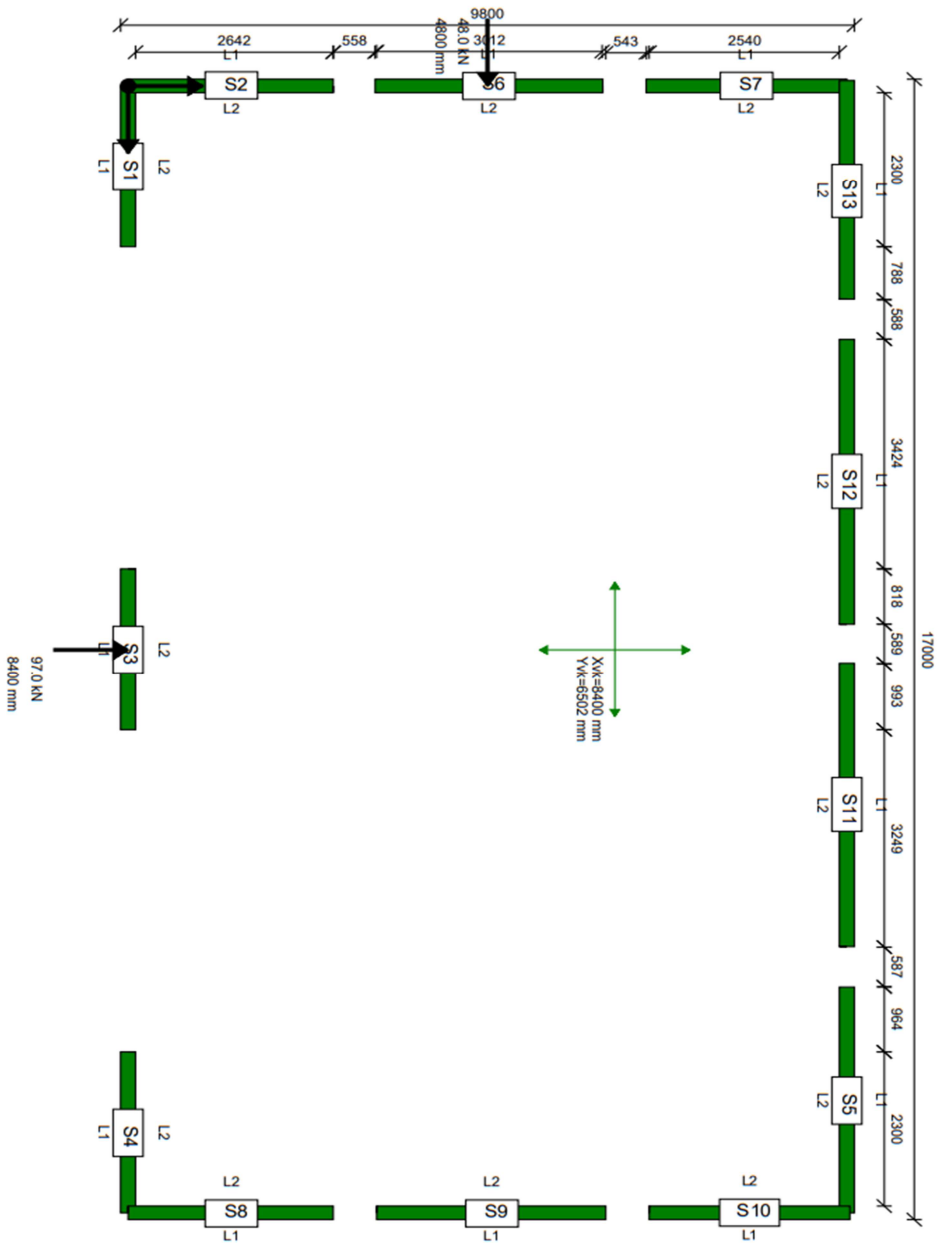
Liitinjako mm:

Levyn leveys mm:

Levyn kiinnitystapa:

ST1:	Gyproc GTS 9 Tuulensuojalevy	Hakanen Beck 17/32 CNK 12, k.l.2	100	1200	Tyyppi2
	Gyproc GR 13 Erikoiskova	Ruuvi ITW BYG Spit 3,9x32, k.l.1	100	1200	Tyyppi2
	42	Vhreb			

POHJAKUVA:



TULOKSET:

Vaakaleikkausvoimakestävyydet, leikkausjäykkyydet ja kokonaissiirtymät seinittäin:

ID	Leikkausvoima kestävyys, kN	Kuormitus kt1, kN	Kuormitus kt2, kN	Käyttöaste, %
1	18.73	5.94	-0.00	31.71
2	18.73	1.14	-15.70	83.85
3	18.73	5.94	-0.00	31.71
4	18.73	5.94	-0.00	31.71
5	26.25	-6.72	0.00	25.60
6	18.73	1.27	-17.42	93.03
7	18.73	1.12	-15.38	82.11
8	18.73	1.14	15.70	83.85
9	18.73	1.27	17.42	93.03
10	18.73	1.12	15.38	82.11
11	28.09	-8.47	0.00	30.16
12	28.09	-8.47	0.00	30.16
13	25.47	-6.52	0.00	25.60

Käyttöaste on maksimissaan 93.03 %, joten kapasiteetti on ok.

Siirtymätarkastelu:

ID	Leikkaus- jäykkyys, N/mm:	Kokonaissiirtymä, mm:	
		kt1:	kt2:
1	1844	2.147	-0.000
2	2107	0.362	-4.969
3	1844	2.147	-0.000
4	1844	2.147	-0.000
5	2585	-1.733	0.000
6	2337	0.362	-4.969
7	2063	0.362	-4.969
8	2107	0.362	4.969
9	2337	0.362	4.969
10	2063	0.362	4.969
11	3259	-1.733	0.000
12	3259	-1.733	0.000
13	2508	-1.733	0.000

Leikkaus- ja vääntöjäykkyys

Leikkausjäykkyys x-suunnassa on: $k_s, x = 17143$ N/mmLeikkausjäykkyys y-suunnassa on: $k_s, y = 13014$ N/mm









Vääntöjäykkyys on: 1263588 kNm

Päätöseinän ankkurointi perustuksiin RIL 248-2013

Alohjauspuu ankkuroidaan perustukseen vaakavoimalle F_d

Käytetään ankkurointiin Sormat Betoniruuvi S-CSA+ HEX 10X100/15/45 ML

Suorituskyky

Kiinnitysalausta	Kaikki	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h_{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25		N_{Rec}	85 mm		13.1 kN
Halkeilematon betoni C20/25		V_{Rec}	85 mm		20.1 kN
Halkeilematon betoni C20/25		N_{Rec}	55 mm		6.5 kN
Halkeilematon betoni C20/25		V_{Rec}	55 mm		18.2 kN
Halkeillut betoni C20/25		N_{Rec}	85 mm		9.0 kN
Halkeillut betoni C20/25		V_{Rec}	85 mm		20.1 kN
Halkeillut betoni C20/25		N_{Rec}	55 mm		3.6 kN
Halkeillut betoni C20/25		V_{Rec}	55 mm		13.6 kN

Leikkausvoima-ankkuroinnin suurin liitinväli

$$s_{max} = \frac{R_d * (B1 + B2 + B3)}{F_d}$$

	1,10 m	1104,6 mm
--	--------	-----------

Valitaan ankkurointiväliksi 1 metri, kun
Käytetään betoniruuvia 100x10 ja perustus
on vähintään luokan C20/25 betonia.

Päätöseinän yläjuoksun ankkurointi

Konenaula 3,1x90

Vaakavoima F_d	48,93 kN
------------------	----------

Aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1

Naulan leikkauskestävyys R_d	760 N	(RIL 205-1-2017 s.111)
--------------------------------	-------	------------------------

$$s_{max} = \frac{R_d}{\left(\frac{F_d}{B1 + B2 + B3}\right)}$$

	0,1315 m	→	131,5 mm
--	----------	---	----------

Käytetään ankkurointiin konenaulaa 3,1x90
liitinväkillä 130 mm.

Reunimaisen runkotolpan ankkurointivoima $F_{t,d} = F_d / (L_1 + L_2 + L_3) * h_f$

h	3,2 m	Levyn korkeus
F_d	48,93 kN	Seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma
L1	2,742 m	
L2	3,042 m	
L3	2,685 m	Levyn leveys

Reunimaisen runkotolpan ankkurointivoima **27,73 kN**

Betoniruuvin 100x10 lisäksi elementtien päihin lisätään järeämpi kiinnitys, joka kumoaa reunimaisen runkotolpan ankkurointivoiman.

Esimerkiksi Sormatin takakartio-ankkurilla Liebig Superplus BLS M16-25/200/40 ZN, kuormitusarvo on 58,8 kN, kun perustus on vähintään luoka C20/25 betonia.

Edellyttäen, että ankkurin aluslevy on riittävän suuri, eikä painu Alaohjauspuusta läpi.

Suorituskyky

Luokitus	Luokka	Kuormitustyyppi	Ankkurointipituus	Käyttöaste	Kuormitus
Hallitusalueen betoni C20/25	N _{td}	218 mm	→	39,8 kN	
Hallitusalueen betoni C20/25	N _{td}	218 mm	→	47,4 kN	
Hallitusalueen betoni C20/25	N _{td}	218 mm	→	55,7 kN	
Hallitusalueen betoni C20/25	N _{td}	218 mm	→	67,4 kN	

Sivuseinän ankkurointi perustuksiin RIL 248-2013

Sivuseinän yläosaan kohdistuva vaakakuorma F_d **16,29 kN**

L1	2,400 m	seinän 1 leveys
L2	2,400 m	seinän 2 leveys
L3	2,400 m	seinän 3 leveys
h_f	4,800 m	Seinän korkeus

Alaohjauspuun ankkurointi perustuksiin

Käytetään samaa betoniruuvia kuin päätyseinässä.

R_d **6,38 kN**

Leikkausvoima-ankkuroinnin suurin liitinväli

$$s_{max} = \frac{R_d * (B1 + B2 + B3)}{F_d}$$

2,82 m **2820,6 mm**

Valitaan ankkurointiväliksi 2,5 metri, kun käytetään betoniruuvia 100x10 ja perustus on vähintään luokan C20/25 betonia.

Sivuseinän yläjuoksun ankkurointi

Konenaula 3,1x90

Vaakavoima F_d	16,29 kN
------------------	----------

Aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1

Naulan leikauskestävyys R_d	760 N	(RIL 205-1-2017 s.111)
-------------------------------	-------	------------------------

Suurin liitinväli s			
$s_{max} = \frac{R_d}{\left(\frac{F_d}{B1 + B2 + B3}\right)}$	0,3359 m	→	335,9 mm

Käytetään ankkurointiin konenaulaa 3,1x90 liitinväillä 300 mm.

Seinäosan L1 reunatolpan ankkurointivoima $F_{r,d} = F_d / (L_1 + L_2 + L_3) * h_f$

h	3,2 m	Levyn korkeus
F_d	16,29 kN	Seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma
L1	2,400 m	seinäosan leveys
L2	2,400 m	seinäosan leveys
L3	2,400 m	seinäosan leveys

Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima $F_{r,d}$	10,86 kN
---	----------

seinärakenteen omapaino $g_{s,k}$	0,62 kN/m ²
kattorakenteen omapaino $g_{k,k}$	2,03 kN/m

Seinärakenteen ja kattorakenteen omapainosta aiheutuva pystyvoima seinän reunassa:

$F_{g,d} = 0,9 * (g_{s,k} * hf + g_{k,k}) * \frac{l}{2}$	5,42 kN
--	---------

Pystysuuntaisen ankkurointivoiman määrä	5,44 kN
---	---------

kerros	kerroksen leveys paksuus m	mat.tiheys [kN/m ³]	kerroksen q [kN/m ²]	
ulkoverhou	0,028		4,2	0,118
koolaus	0,025	0,1	4,2	0,018
tuulensuoj	0,009		7,7	0,069
runko	0,246	0,042	4,2	0,072
villa	0,246		1	0,246
kipsilevy	0,013		7,7	0,100
		yht.		0,62 kN/m ²

Ankkurointivoima on sen verran pieni, että yksi 100x10 betoniruuvi pystyy ottamaan sen vastaan. Näin ollen sivuseinille ei tarvitse lisätä järeämpiä ankkureita.

Tarkastus kaavalla (2.37.25) RIL 205-1-2017 ja RIL 248-2013 s.68

d	10	mm	Pultin paksuus
t	45	mm	puun paksuus
F _{u,k}	800		
M _y	95545,72	Nmm	Myötömomentti
f _h	27	N/mm ²	Reunapuristuslujuus sahatavara C24
R _k	12150	N	} min
	12,15	Kn	
	10154,07	N	
	10,15	kN	
	15237,33	N	
	15,24	KN	
R _k	10,15	kN	
R _d	6,38	kN	$R_d = 0,8 * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * R_k$

NR-ristikoilla toteutetun yläpohjan jäykistys rakennuksen pituussuunnassa RIL 248-2013

Rakennuksen mitat

B	10,1	m	Leveys
L	16,8	m	Pituus
h ₁	4,8	m	Seinän korkeus
h ₂	2,4	m	Päätykolmion korkeus

Jäykistys tehdään reunimmaisten ristikoiden välissä olevalla jäykistepukilla.

Pystykuormat

Kattorakenteen omapaino	g1	0,75	kN/m ²
Räystäään omapaino	g2	0,14	kN/m ²
Lumikuorma	q	2,08	kN/m ²

Vaakuormat

Tukikorkeus	t _k	0,4	m
Harjakorkeus	h _k	2,4	m
Alapaarre	ap	10,1	m
Kaltevuus		21,8	°

0,38 rad

NR-ristikoiden jako	k	0,9	m
Ristikon paksuus	t	0,042	m
Ristikon lujuus		C40	

Tuulesta aiheutuva vaakakuorma

Nopeuspaine	q(h) _k	0,58	kN/m ²
Rakennuksen korkeus	h	7,2	m
Rakennuksen pinta-ala	A _{ref}	60,6	m ²
Puolet ristikon pinta-alasta	A _{yp}	8,1	m ²
Katon pinta-ala	A _{fr}	182,8	m ²
Tuulen voimakkeroin	C _f	1,08	
Kitkakerroin, pelti	C _{fr}	0,04	

Yläpohjan tuulikuorma q_{t,k}

$$q_{t,k} = \frac{q_k(h)}{B} * (C_f * A_{yp} + C_{fr} * A_{fr} * (1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}}))$$

0,87	kN/m
------	------

Kummankin päädyn jäykistyskenttiin kohdistuu tuulikuorma

$$q_{w,k} = \frac{q_{l,k}}{2} \quad 0,43 \text{ kN/m}$$

Puristusvoima keskipitkässä aikalokassa (normaali voima)

Seuraamusluokks CC2

Osavarmuusluvut	γ_g	1,15
	γ_q	1,5
Kuormakerroin	K_{fi}	1,0
Ristikkojako	K	0,9 m

pd 3,586809

$p_d = (1,15 * g_k + 1,5 * q_k) * k$	3,59 kN/m
$M_d = p_d * B^2 / 8$	45,74 kNm
$N_d = M_d / h_k$	19,06 kN

Ristikkomomentti

Normaali voima ylä- ja alapaarteissa

Yläpaarten suurin puristusvoima $K_{fi} * \gamma_g * g_k + K_{fi} * \gamma_q * q_k$	3,99 kN/m ²
$N_{max,d}$	39,0 kN

Yläpaarten keskimääräinen puristusvoima saadaan riittävän tarkaksi $N_{max,d} * 0,85$.

Keskimääräinen puristusvoima yläpaarteissa	$N_{p,d}$	31,2 kN
Jäykisteristikon jänneväli	l	5,4 m
Pienennyskerroin, kun rakennuksen l ≤ 15 m	k_l	1,0
Jäykistekenttään tulevien ristikoiden määrä	n	9,3 kpl

(ilman räystästä)

(ruode toimii puristettuna ja vedettynä sauvana)

Poikittaistuennan aiheuttama jäykistysjärjestelmän kuormitus kummassakin päädyssä:

$$q_d = k_l * \frac{n * N_{p,d}}{50 * l} \quad 1,07 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoimista aiheutuva kuormitus jäykistysristikolle:

Lisävaakavoima kattorakenteen omapainosta	$g_{yp,k}$	0,75 kN/m ²
---	------------	------------------------

$$g_{H,k} = \left(\frac{B}{L}\right) * (g_{yp,k} * L) / 150 \geq (g_{yp,k} * L) / 250 \quad g_{H,k} \quad 0,0507 \geq 0,0506 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta	$q_{l,k}$	2,08 kN/m ²
------------------------------	-----------	------------------------

$$q_{IH,k} = \left(\frac{B}{L}\right) * (q_{l,k} * L) / 150 \geq (q_{l,k} * L) / 250 \quad q_{IH,k} \quad 0,1401 \geq 0,1398 \text{ kN/m}$$

MRT laskentakuorma päätyä kohden:	$q_{h,d}$	0,134173 kN/m
-----------------------------------	-----------	---------------

Käytetään ruoteita sahatavara 25*100 C24. Ruoteet kuljettavat voimat jäykistysristikoille.
(keskipitkä aikaluokka)

	koko	lujuus	kiinnitys
Ruode	25*100	C24	2N 3,1*90/ liitos
Tuuletusrima	31*48	C24	2,8*75 k200

Ruoteiden liitos paarteisiin:

Yhden NR-rakenteen yläpaarteen sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus määritetään yksittäisen puristetun rakenneosan kaavalla $F_d = k_n * N_{p,d} / 50$

Yläpaarteen keskimääräinen puristusvoima	$N_{p,d}$	31,21	kN
Yläpaarteen nurjahduksen käyttöaste sivusuuntaan	k_n	0,90	?
Liitoksessa vaikuttava voima	F_d	0,56	kN
		0,62	

Reunaehdot leikkausvoiman taulukkoarvoille:

t_2	>	$12*d$	→	44	>	33,6
t_1	≥	$8*d$		31	≥	22,4

Tuuletusriman kiinnitys

Naulan mitoituskestävyys 2,8*75	R_d	0,47	kN
---------------------------------	-------	------	----

Naulausväli s, kun ruodejako	a	0,3	m
------------------------------	---	-----	---

$s = \frac{a * R_d}{F_{n,d}}$	0,25	m
-------------------------------	------	---

Ruoteen kiinnitys:

Naulan tartuntapituus	68	mm	(yltää yläpaarteeseen parantaen sen kiinnitystä)
-----------------------	----	----	--

Että naulalle voidaan hyödyntää täyttä leikkauskestävyyttä ja että sileän naulan ulosvetokestävyyteen ei tarvitse tehdä vähennyksiä, tartuntapituuden on oltava vähintään $12*d = 36\text{mm}$
Tartuntapituus on 68 mm, ehto täyttyy.

Naulan mitoituskestävyys 3,1*90	R_d	0,56	kN
---------------------------------	-------	------	----

Tarvittavien naulojen määrä/liitos	n	1,00	→	2 naulaa
------------------------------------	---	------	---	----------

Jotta päätyetäisyysvaatimus $a_{3,1} = 15d = 46,5\text{ mm}$ täyttyy, ruoteen jatkokset limitetään. Päätyliitoksissa ja kiinnityksissä jäykistäviin ristikoihin naulamäärä mitoitetaan kaavan (3.10) mukaiselle tuentavoimalle ottaen huomioon myös lisävaakavoiman.

Jatkosvoima $F_{np,d} + qH_d * a = a * (q_d + qH_d) \geq F_{p,d} + qH_d * a$	0,36	≥	0,60	kN
---	------	---	------	----

Tarvittavien naulojen lukumäärä/liitos	n	1,07	→	2 naulaa
--	---	------	---	----------

Ruoteiden kestävyys (keskipitkä aikaluokka) Sahatavara C24

Mitoitetaan jatkuvana palkkina, tukiväli 0,9m

Tarkastetaan puristetun ruoteen kestävyys kentässä ja vedetyn ruoteen kestävyys tukimomentin kohdalla.

Ruoteen puristusvoima	$F_{np,d} + q_{h,d} \cdot a$	0,601989	kN	601,9891 N
Normaalijännitys	$\sigma_{c,t,d}$	0,240796	N/mm ²	
Pellin ja ruoteen omapaino	g_k	0,0826	kN/m ²	
Lumikuorma katolla	q_k	2,08	kN/m ²	
Pystykuorma	p_d	0,964	kN/m	
Taivutusmomentti reunakentän aukossa	$M_{1,d}$	0,062	kNm	(3-aukkoinen)
Taivutusjännitys reunakentässä	$\sigma_{m1,d}$	6,000	N/mm ²	
Taivutusmomentti tuella	$M_{2,d}$	0,098	kNm	(2-aukkoinen)
Taivutusjännitys tuella	$\sigma_{m2,d}$	9,375	N/mm ²	
Puristuslujuuden mitoitusarvo	$f_{c0,d}$	12,9	N/mm ²	
Taivutuslujuuden kokovaikutuskertoin	k_h	1,3		$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3$ 1,431 RIL 205-1-2017
Taivutuslujuuden mitoitusarvo	$f_{m,d}$	19,2	N/mm ²	
Vetolujuuden kokovaikutuskertoin	k_h	1,08		$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3$ 1,084 RIL 205-1-2017
Vetolujuuden mitoitusarvo	$f_{t0,d}$	9,68	N/mm ²	
Hoikkuus	λ	124,7		
Nurjahduskertoin	k_c	0,18		

Yhdistetty puristus ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{(k_c \cdot f_{c0,d})} + \frac{\sigma_{m1,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,42	<	1	Käyttöaste	42 %
------	---	---	------------	------

Yhdistetty veto ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m2,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

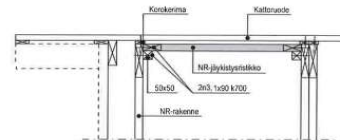
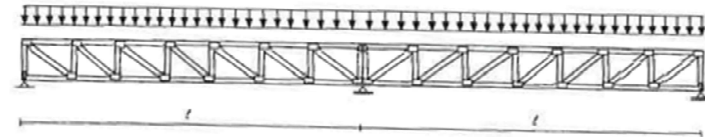
0,51	<	1	Käyttöaste	51 %
------	---	---	------------	------

Ruoteet toimivat sekä vedettyinä että puristettuina sauvoina

NR-jäykistysristikon mitoitus

Molemmissa päissä oleva jäykisteristikko ottaa vastaan

NR-rakenneryhmän sivuttaistuennasta sekä lisävaakavoimista ja tuulesta aiheutuvan vaakakuormituksen.



(kuvat RIL 248-2013 s.52-53)

Jäykisteristikon laskentamalli

Yhdelle NR-jäykistysristikolle tuleva vaakasuuntainen viivakuorma:

Tuulikuorma	osavarmuusluku	γ_Q	1,5
	yhdistelykerroin	ψ_0	0,6

Kuormitustapaus 1, keskipitkä aikaluokka

Omapaino + Lumi	Nurjahdustuentakuorma	q_d	1,07	kN/m	0,833087
	Lisävaakavoima	$q_{H,d}$	0,13	kN/m	
	Yhteensä	$q_{1,d}$	1,21	kN/m	

Kuormitustapaus 2, hetkellinen aikaluokka

Omapaino + Lumi + Tuuli	Nurjahdustuentakuorma	q_d	1,07	kN/m
	Lisävaakavoima	$q_{H,d}$	0,13	kN/m
	Tuulikuorma	$q_{w,d}$	0,39	kN/m
	Yhteensä	$q_{2,d}$	1,59	kN/m

Jäykistysristikon tukireaktiot:

Jäykistysristikon pituus	$l = (B/\cos\alpha)/2$	5,4 m
Kuormitustapaus 1	$T_{1,d} = \frac{l}{2} * q_{1,d}$	3,3 kN
Kuormitustapaus 2	$T_{2,d} = \frac{l}{2} * q_{2,d}$	4,3 kN

Jäykisteristikko tulee mitoittaa NR-rakenteiden suunnitteluohjelmalla.
 Hetkellinen taipuma lasketaan murtorajatilan kuormitukselle $q_{2,d} = 1,59 \text{ kN/m}$
 Vaakataipuma saa olla enintään $L/500$, eli $5400/500 = 10 \text{ mm}$.

Lisäruoteiden mitoitus harjalla ja sivuseinien kohdalla

Jäykistävästä voimista aiheutuva osuus jäykistysristikoiden tukireaktioista palautetaan kattotasoon harjan ja sivuseinien kohdalle sijoitetuilla lisäruoteilla.

Jäykistävien voimien aiheuttama tukireaktio		
$T_{d} = \frac{l}{2} * qd$	T_d	2,91 kN

Ruoteen puristuskestävyys		
$N_{c,d} = kc * b * h * f_{c,d}$	N_d	5,82 kN

Ruoteen puristuskestävyyden kannalta riittäisi yksi lisäruode.

Ruoteen kiinnitykseen mahtuu enintään nauloja:

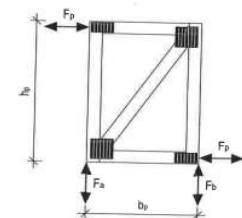
$(100/(5*d)-1) = 5,45 \text{ kpl}$

-> Ruoteen kiinnitykseen mahtuu enintään 5 kpl 3,1*90 naulaa rinnakkain.

Naulan leikkauskestävyys	R_d	0,56 kN
Naulojen tarvittava lukumäärä	n	5,20 kpl
Ruoteiden lukumäärä	n_r	1,04 kpl

Sijoitetaan kaksi lisäruodetta vierekkäin sivuseinien kohdalle, sekä harjan molemmille puolille. Naulauksella 5n3,1x90.

NR-pukit harjan kohdalla - NR-jäykisteristikon ulkoisten kuormien tukina



Yläpohjan ulkoiset vaakakuormat, tuuli ja lisävaakavoima, siirretään jäykisteristikoilta NR-pukeilla alapohjatasolle. Rakennuksen harjalinjan kohdalla on kaksi NR-pukia.

NR-pukin korkeus harjalinjalla	h_p	2,35 m
NR-pukin leveys	b_p	0,86 m

Suurin ulkoisten kuormien aiheuttama rasitus saadaan hetkellisen aikaluokan kuormitustapauksessa, jossa tuuli on määrävänä (lumikuorman yhdistelykerroin $\psi=0,7$)

Lisävaakavoima omasta painosta	$s_{h,k}$	0,05 kN/m
Lisävaakavoima lumikuormasta	$q_{Hl,k}$	0,14 kN/m
Tuulikuorma	$q_{w,k}$	0,43 kN/m

Kuormitustapaus 3:		
$q_{3,d} = 1,15 * gH_k + 0,7 * 1,5 * q_{Hl,k} + 1,5 * q_{w,k}$		0,85 kN/m

Tukireaktio		
$T_{3,d} = \frac{l}{2} * q_{3,d}$		2,3 kN

NR-pukille kohdistuva vaakasuuntainen pistekuorma F_p		2,3 kN
---	--	--------

NR-pukin ja NR-rakenteen välinen leikkauvoima

$$F_d = F_b = F_p * h_p / b_p$$

6,4 kN

Käytetään NR-pukin ja NR-rakenteen paarteen välisessä liitoksessa ankkurinauloilla 4*40 kiinnitettyjä kulmalevyjä. Kulmalevyliitokset mitoitetaan kulmalevyjen teknisen hyväksynnän mukaan (ETA tai varmennustodistus) käyttäen kaikissa nurkissa liitosvoimana hetkellisen aikaluokan leikkauvoimaa $F_{b,d} = 6,4$ kN.

Näin NR-rakenteen mitoituksessa voidaan olettaa, että alaspäin kohdistuva pistekuorma tulee kokonaan yläpaarteelle ja ylöspäin suuntautuva pistekuorma kohdistuu alapaarteeseen.

Käytetään kulmalevyä 100x100x100x2,5 naulauksella 18+23n4x40

Liitoksen leikkaukestävyys tällä naulauksella teknisen hyväksynnän mukaan on

R_k 14,30 kN

Mitoituskestävyys (ristikkosauvat C35)

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * R_k$$

R_d 12,58 kN

Käyttöaste 51 %

Alla olevalla kulmalevyllä AB105 naulauksella 8+11n4x40 $R_{1,k} = 8,5 / k_{mod}^{0,3} = 8,26$ kN.

Käyttöaste 77 % , kestää.

AB-Kulmalevyt-AB-70-90-105.pdf

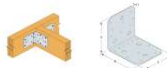
Tekniset tiedot

AB
Kulmalevyt AB (70 90 105)



Technical Data

Mitat ja ominaisarvot



Tuotenumro	Mitat ja ominaisarvot (mm)				Reiät, sivu A			Reiät, sivu B		
	A	B	C	t	Ø5	Ø6.5	Ø11	Ø5	Ø6.5	Ø11
AB70	70	70	55	2	4	2	-	7	1	-
AB90	88	88	65	2.5	6	-	3	9	-	2
AB105	103	103	90	3	8	-	3	11	-	3

Kestävyys ominaisarvot - Palkki-palkki-liitos - Täysi kiinnitys - 2 kulmalevyä liitosta kohden



Tuotenumro	Liitoskiinnikkeet		Kestävyys ominaisarvot - Palkki-palkki-liitos - Täysi kiinnitys							
	Sivu A	Sivu B	Kestävyys ominaisarvot - 2 kulmalevyä liitosta kohden [kN]				Kestävyys ominaisarvot - 2 kulmalevyä liitosta kohden [kN]			
	Määrä	Määrä	$R_{1,k}$		$R_{2,k} = R_{3,k}$		$R_{4,k} = R_{5,k}^{(1)}$			
			CNA4.0x35	CNA4.0x40	CNA4.0x60	CNA4.0x35	CNA4.0x40	CNA4.0x60	CNA4.0x40	CNA4.0x60
AB70	4	7	3.1/kmod ^{0.3}	3.9/kmod ^{0.3}	-	4.8	5.3	7.5	1.4/kmod ^{0.3}	-
AB90	6	9	4.2/kmod ^{0.3}	5.1/kmod ^{0.3}	7.5/kmod ^{0.3} , max: 6.9/kmod	6.8	7.1	10.4	1.9/kmod ^{0.3}	2.5/kmod ^{0.5}
AB105	8	11	7.0/kmod ^{0.3}	8.5/kmod ^{0.3}	12.7/kmod ^{0.3}	12.2	13.3	18.1	3.3/kmod ^{0.3}	4.7/kmod ^{0.3}

k_{mod} on muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman kesto ja kosteuspiitoisuus.

* $R_{d/5,k}$ on määritetty palkin leveydelle $b = 75$ mm ja epäkeskisyydelle $e = 130$ mm. Muut b - ja e -arvot ovat osoitteessa www.strongtie.fi

Jos ylempään palkin kiepahdus on estetty, kestävyys ominaisarvot $R_{1,k}$ ja $R_{2/3,k}$ liitokselle, jossa on vain yksi kulmalevy, ovat puolet taulukon 2 arvoista. Jos palkin kiepahdusta ei ole estetty, lisätietoja on ETA-tiedoissa sivustossamme www.strongtie.fi

Kattoristikolle tulevat kuormat

$p_d = (1,15 * g_k + 1,5 * q_k) * k$	3,59	kN/m
$M_d = p_d * B^2 / 8$	45,74	kNm
$N_d = M_d / h_k$	19,06	kN
$N_{mad,d} = K_{fi} * \gamma_g * g_k + K_{fi} * \gamma_q * q_k$	3,99	kN/m ²
$q_d = kl * \frac{n * N_{p,d}}{50 * l}$	1,07	kN/m

Ristikkomomentti

Normaalivoima ylä- ja alapaarteessa

Yläpaarteen suurin puristusvoima

Poikittaistuen aiheuttama jäykistysjärjestelmän kuormitus kummassakin päädyssä

Jäykisteristikon kuormat

$q_{h,d} = \frac{(1,15 * g_{hk} + 1,5 * q_{LHk})}{2}$	0,13	kN/m
---	------	------

Lisävaakavoimista aiheutuva kuormitus jäykistysristikolle

Kuormitustapaus 2, hetkellinen aikaluokka

Omapaino + Lumi + Tuuli	Nurjaldustuentakuorma	q_d	1,07	kN/m
	Lisävaakavoima	$q_{h,d}$	0,13	kN/m
	Tuulikuorma	$q_{w,d}$	0,39	kN/m
	Yhteensä	$q_{2,d}$	1,59	kN/m

Yhdelle NR-jäykistysristikolle tuleva vaakasuuntainen viivakuorma

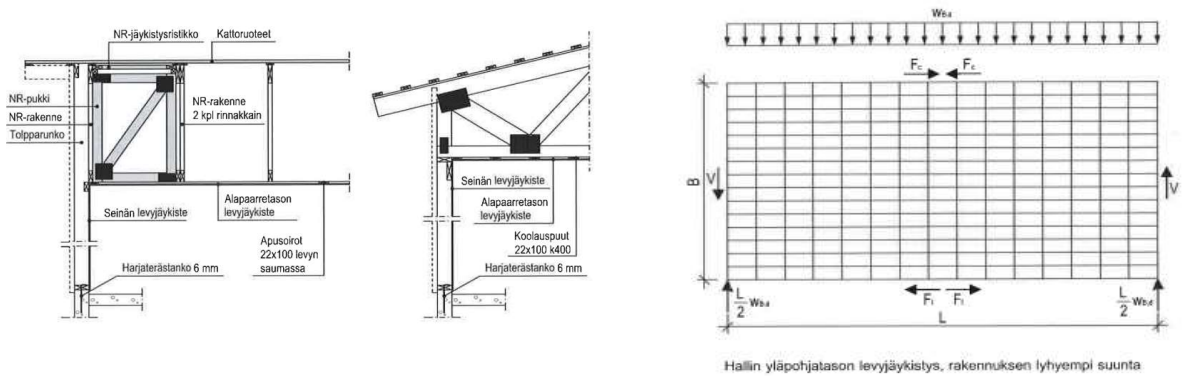
NR-jäykistepukin kuormat**Kuormitustapaus 3:**

$q_{3,d} = 1,15 * g_{Hk} + 0,7 * 1,5 * q_{HLk} + 1,5 * q_{w_k}$	0,85	kN/m
Tukireaktio $T_{3,d} = \frac{l}{2} * q_{3,d}$	2,3	kN
$F_a = F_d = F_p * h_p / b_p$	6,4	kN

Suurin ulkoisten kuormien aiheuttama rasitus

NR-pukille kohdistuva vaakasuuntainen pistekuorma Fp

Alapaarretason jäykistys havuvanerilla Ril 248-2013



Hallin yläpohjataso levyjäykistys, rakennuksen lyhyempi suunta

(Esimerkkikuva RIL 248-2013 s.62)

Jäykistetään NR-rakenteiden alapaarretaso havuvanerilevyllä 2700*1200*12 (5 viilua)
Kyseisiä levyjä on 6,2 kpl peräkkäin ja 8 kpl rinnakkain.

Havuvaneri kiinnitetään alapaarteen alapintaan kiinnitetyihin koolauspuihin osakierteisillä
levyruuveilla 4,5x45.

Kiinnitys on levyn kaikilla reunoilla samanlainen. Tässä tapauksessa
jokaisen kiinnikkeen saama voima on levyreunan suuntainen.

Rakennuksen mitat

B	9,6	m	Leveys
L	16,8	m	Pituus
h1	4,8	m	Seinän korkeus
h2	2,4	m	Yläpohjan korkeus

Kuormat ja rasitukset

Kattorakenteen omapaino	g_k	0,75	kN/m^2
Lumikuorma katolla	q_k	2,08	kN/m^2
Tuulenpaine	$q_{w,k}$	0,63	kN/m^2

NR- kannattajien jako	k	0,9	m
-----------------------	---	-----	---

Rakennuksen lyhyempi sivu

Lisävaakavoima kattorakenteen painosta	$g_{HB,k} = \frac{g_k * B}{150}$	$g_{HB,k}$	0,05	kN/m
--	----------------------------------	------------	------	---------------

Lisävaakavoima lumikuormasta	$q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150}$	$q_{HB,k}$	0,13	kN/m
------------------------------	----------------------------------	------------	------	---------------

Tuulikuormitus	$q_{w,B,k} = q_{w,k} * (h2 + \frac{h1}{2})$	$q_{w,B,k}$	3,02	kN/m
----------------	---	-------------	------	---------------

Rakennuksen pidempi sivu

Kattorakenteen painosta sivuseinälle				
$g_{L,k} = g_k * \frac{B}{2}$	$g_{L,k}$	3,612	kN/m	

Lumikuormitus sivuseinälle				
$q_{L,k} = q_k * \frac{B}{2}$	$q_{L,k}$	9,984	kN/m	

Lisävaakavoima kattorakenteen omapainosta				
$g_{HL,k} = \frac{B}{L} * \frac{g_k * L}{150} \geq \frac{g_k * L}{250}$	$g_{HL,k}$	0,048	≥	0,051 kN/m

Lisävaakavoima lumikuormasta				
$q_{HL,k} = \frac{B}{L} * \frac{q_k * L}{150} \geq \frac{q_k * L}{250}$	$q_{HL,k}$	0,133	≥	0,140

Tuulikuormitus				
$q_{w,L,k} = q_{w,k} * (\frac{0,5 * h_2}{2} + \frac{h_1}{2})$	$q_{w,L,k}$	1,89	kN/m	

Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

Hetkellinen aikaluokka

$$1,15 * K_{FI} * g_k + 1,5 * K_{FI} * q_{w,k} + 1,5 * K_{FI} * \psi_{0,1} * q_k$$

Alapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus

Rakennuksen lyhyempi sivu	$W_{B,d}$	4,7	kN/m
Rakennuksen pidempi sivu	$W_{B,d}$	3,0	kN/m

Vesikaton jäykistyksestä aiheutuvat pistevoimat

Sivuseinän kohdalla	F_{js}	2,3	kN
Harjalinjalla	F_{jh}	4,6	kN

Levykentän kuormat ja rasitukset

Levykentän kuorma	$W_{B,d}$	4,7	kN/m
-------------------	-----------	-----	------

Levykentän suurin momentti

$$M_d = \frac{w_{B,d} * L^2}{8}$$

M_d	166,55	kNm
-------	--------	-----

Leikkausvoima

$$V_d = \frac{w_{B,d} * L}{2}$$

V_d	39,66	kN
-------	-------	----

Levytyksen suurin liitinväli

Jäykistelevyn korkeus	2700	mm
Jäykistelevyn leveys	1200	mm
Jäykistelevyn paksuus	12	mm
Rinnakkaisten levyjen määrä	6	kpl
Perättäisten levyjen määrä	8	kpl
Ruuvien koko	4,5*45	

Ruuvien leikkauskestävyys RIL205-1-2017

Hetkellinen aikaluokka
Käyttöluokka 1

Ruuvien leikkauskestävyys	$R_{r,d}$	570,0	N
---------------------------	-----------	-------	---

Jäykistysmitoituksessa levyjen liitinkesävyttä voidaan korottaa kertoimella 1,2 (RIL 205-1-2017 9.2.3.1)

Ruuvien mitoituskestävyys jäykistysmitoituksessa	R_d	684,0	N
--	-------	-------	---

Suurin liitinväli

$$S_{max} = \frac{R_d}{\frac{V_d}{B}}$$

	165,6	mm
--	-------	----

Valitaan liitinväliksi $s = 160 \text{ mm}$

Levyjen päissä tulee käyttää koolauspuiden välissä lautta, joihin levyjen päät saadaan kiinnitettyä liitinvälillä 160mm.

Levyn lommahdus

E_k	6387	N/mm ²
G_k	245	N/mm ²
k_2	0,077	

(RIL 205-1-2017 Taulukko 3.9S s.59)

(RIL 205-1-2017 Taulukko 3.9S s.59)

keskimääräinen arvo 9124 N/mm² * 0,7

keskimääräinen arvo 350 N/mm² * 0,7

Uuman paksuus	t_u	12	mm
Uuman pituus (levyn pituus)	c	2700	mm
Uuman korkeus (alakatton koolausjako)	a	400	mm
	c/a	6,75	

RIL 205-1-2017 kuva 9.14es S.166	k	0,9
----------------------------------	-----	-----

Levyn lommahdusjännitys $3,3 * k * E_k * \left(\frac{t}{a}\right)^2$	$f_{v,crit}$	17,07	N/mm ²
---	--------------	-------	-------------------

Paneelimitoituseleikkauksen mitoitussarvo	$f_{v,k}$	3,5	N/mm ²	(RIL 205-1-2017 Taulukko 3.9S s.59)
---	-----------	-----	-------------------	-------------------------------------

Mitoitusehto	$f_{v,crit}$	>	$f_{v,k}$
	17,07	>	3,5

Käyttöaste	21 %	→ Ei Lomahda
------------	------	--------------

Levyn paneelileikkauskestävyys

Levyn kohdisuva leikkausjännitys $\sigma_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{B * t}$	$\sigma_{v,d}$	0,52	N/mm ²
--	----------------	------	-------------------

Levyn paneelileikkaukslujuus $f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * f_{v,k}$	$f_{v,d}$	3,08	N/mm ²
--	-----------	------	-------------------

Mitoitusehto	$\sigma_{v,d}$	<	$f_{v,d}$
	0,52	<	3,08

Käyttöaste	17 %	→ Ei paneelileikkautumista
------------	------	----------------------------

Levykentän vetopaarteen mitoitus

Käytetään levykentän vetopaarteina seinän yläojauspuuta C24 48*198

Paarrepuun vetolujuus Hetkellinen aikaluokka Käyttöluokka 1	$f_{t,d}$	14	N/mm ²	(RIL 205-1-2017 Taulukko 3.3S)
---	-----------	----	-------------------	--------------------------------

Paarrepuun poikkileikkauksala	A	9504	mm
-------------------------------	-----	------	----

Paarteen vetovoima $F_d = \frac{M_d}{B}$	F_d	17	kN
---	-------	----	----

Paarteen vetojännitys $\sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A}$	$\sigma_{t,d}$	1,8	N/mm ²
---	----------------	-----	-------------------

Mitoitusehto	$\sigma_{t,d}$	<	$f_{t,d}$
	1,83	<	14

Käyttöaste	13 %	→ Seinän yläojauspuun poikkileikkaus on riittävä
------------	------	--

Vetopaarteen jatkosten mitoitus

Naula 3,1X90
Aikaluokka hetkellinen
Käyttöluokka 1

Naulan leikkaiskestävyys	R_d	760	N
--------------------------	-------	-----	---

Liitoksen naulamäärä			
$n = \frac{F_d}{R_d}$	n	23	kpl

Koolauspuiden kiinnityksen mitoitus

Koolauspuu Lauta 25*100 k400
Naula 2,8*75

Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa $1,35 \cdot K_{fi} \cdot g_k$ (pysyvä aikaluokka)

Sisäkaton omapaino	$g_{k,k}$	0,09	kN/m ²
--------------------	-----------	------	-------------------

Sisäkaton omapaino Murtorajatilassa	$g_{k,d}$	0,12	kN/m ²
-------------------------------------	-----------	------	-------------------

NR-kannattajien jako keskeltä keskelle	k	0,90	m
--	---	------	---

Koolauksen jako keskeltä keskelle	k_k	0,40	m
-----------------------------------	-------	------	---

Koolaupuun liitokseen aiheutuva voima $F_{k,d} = k \cdot k_k \cdot g_{k,d}$	$F_{k,d}$	0,04	kN
--	-----------	------	----

Naulan tartuntavoimakestävyys Aikaluokka pysyvä Käyttöluokka 1	R_d	122,00	N
--	-------	--------	---

Liitoksen naulamäärä			
$n = \frac{F_{k,d}}{R_d}$	n	0,34	kpl

Laitetaan liitokseen 2 kpl 2,8*75 naulaa.
Tämän johdosta kattoon on vara kiinnittää
asioita, osumatta kattotuoliin.

Sisäkaton omapaino				
kerros	kerroksen leveys	kerroksen paksuus	mat.tiheys	kerroksen q
	m		[kN/m3]	[kN/m2]
koolaus	0,025	0,1	4,2	0,026
Vaneri	0,012		5	0,060
yht.				0,09 kN/m ²

(Materiaalitiheydet SFS-EN 1991-1-1-1+AC)