

PIENRAKENNUKSEN
RAKENNESUUNNITTELU JA -MITOITUS

Vänttilä Tuomas

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Insinööri (AMK)

2023

Koulutus
Tutkintonimike

Tekijä	Tuomas Vänntilä	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Ville Airas		
Toimeksiantaja	Juho Nurmela		
Työn nimi	Pienrakennuksen rakennesuunnittelu ja -mitoitus		
Sivumäärä	42 + 21		

Opinnäytetyössä käytiin läpi pienrakennuksen rakennussuunnittelua ja rakenne-
mitoitusta. Kohde sijaitsee Rovaniemellä järven rannalla. Pienrakennus sisältää
sauna- ja oleskelutilan sekä terassin. Rakennus sijoitetaan nykyisin olevan asuin-
rakennuksen lähetyville. Sen suunnittelussa pyritään huomioida tilaajan toiveet
ja saada rakennus yhteneväiseksi asuinrakennuksen kanssa.

Rakennuksen perustus toimii maanvaraisena, mutta terassi rakennetaan pilari-
harkkojen varaan. Puurunkoinen seinä, liimapuupilarit ja kannatinpalkit siirtävät
kuormia perustuksien kautta maaperään. Nämä puurakenteet mitoitettiin työs-
säni. Työssä esitetyt mitoituskohteet koskevat siis ainoastaan puurakenteiden suun-
nittelua. Betonirakenteita esitettiin havainnollistamiseen, mutta niiden mitoitusta
ei työssä näytetty. Samalla tutustuttiin puun ja siitä valmistettujen materiaalien eri
ominaisuuksiin ja niiden mitoituksessa käytettyihin mitoituspäätöksiin. Kaikki mi-
toituspäätökset ja niiden käyttö suoritettiin voimassa olevien eurokoodien mukai-
sesti. Valittujen materiaalien mitoitus tulokset on esitetty liitteissä.

Työssä käytiin läpi, minkälaisia rakenteita oli suunniteltu ja mihin lopulta päädyt-
tiin. Rakennuksesta on piirretty kuvia asioiden havainnollistamiseen ja tulevia lu-
pakuvia varten. Esitetyt piirustukset ja materiaalivalinnat eivät ole lopullisia, vaan
yksi ehdotus monista vaihtoehdoistani. Työni pienrakentamisen parissa siis jat-
kuu myös opinnäytetyön jälkeen.

Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Tuomas Vänntilä	Year	2023
Supervisor(s)	Ville Airas		
Commissioned by	Juho Nurmela		
Title	Structural Design and Calculations for a Small House		
Number of pages	42 + 21		

The aim of this thesis was to review the construction design and structural design of a small building. The site is in Rovaniemi by a lake. The small building contains a sauna and lounge area, as well as a terrace. The building will be placed close to an existing residential building. In its design, the aim was to take into account the commissioner's wishes and make the building consistent with the residential building.

The foundation of the building was planned to be on the ground, but the terrace was planned to be built on pillar blocks. The wooden frame wall, glulam columns and support beams transfer loads through the foundation to the soil. These wooden structures were dimensioned in this study. The dimensions presented in the thesis therefore only apply to the design of wooden structures. Concrete structures were presented for illustration, but their dimensioning was not presented in the study. Information was acquired about the different properties of wood and the building materials made of it, as well as the sizing criteria used in their sizing. All dimensioning criteria and their use were carried out in accordance with valid Eurocodes. The dimensioning results of the selected materials are presented in the appendices.

This thesis describes the different structures that were considered and what was finally chosen. Drawings illustrate things and can be used for the future building permit application. The drawings and material choices presented in the thesis are not final, but one suggestion among many options.

Key words: small building, calculations, woodwork

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	7
2. RAKENNUSSUUNNITTELU	8
2.1 Lähtökohdat	8
2.2 Rakennesuunnitukset	8
3. MATERIAALIOMINAISUUDET	10
3.1 Puurakenteet	10
3.2 Lujuusominaisuudet	11
3.3 Aikaluokka	16
3.4 Käyttöluokka	16
4. SUUNNITTELUPERUSTEET	18
4.1 Mitoitusmenetelmä	18
4.2 Kuormat	18
4.2.1 Pysyvät kuormat	18
4.2.2 Muuttuvat kuormat	18
4.3 Käyttörajatila	24
4.4 Murtorajatila	25
4.5 Kuormayhdistelmät	26
5. RAKENTEIDEN MITOITUS	30
5.1 Murtorajatilamitoitus	30
5.1.1 Taivutuskestävyys	30
5.1.2 Leikkausvoimakestävyys	31
5.1.3 Tukipainekestävyys	31
5.1.4 Nurjahduskestävyys	34
5.1.5 Yhdistetty taivutus ja veto	35
5.1.6 Yhdistetty taivutus ja puristus	35
5.2 Käyttörajatilamitoitus	36
5.2.1 Taipuma	36
5.3 Jäykistys	37
6. TULOKSET	39
7. POHDINTA	41

LÄHTEET.....	42
LIITTEET	43

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

kN	kilonewton, voiman yksikkö
kN/m	kilonewton metriä kohti
kN/m ²	kilonewton neliometriä kohti
NR	naulalevyrakenne
KRT	käyttörajatila
MRT	murtorajatila
SFS-EN	standardi, joka on voimassa Suomessa ja Euroopassa
mm	millimetri
m/s	millimetriä/sekunti
C24	yleisin sahatavaraan vaadittu lujuusluokka
σ	jännitys
E	materiaalin kimmokerroin
ε	kappaleen venymä
CE	EU:n vaatimukset täyttävä tuotemerkintä
RIL	Suomen rakennusinsinöörien liitto
CLT	ristiin liimattu massiivipuutuote
LVL	ohuista viiluista liimattu puutuote
l	pituus
h	korkeus

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä pienrakennuksen rakennesuunnitteluun ja mitoittamiseen. Rakennesuunnittelu toteutetaan tilaajan toiveiden sekä voimassa olevien rakennemääräysten mukaisesti. Kohteeseen suunnitellaan rakennus, joka kattaa sauna- sekä oleskelutilan. Rakennuksen tulee olla ulkomuodoltaan yhtenevä vieressä olevan asuinrakennuksen kanssa. Työn tilaaja antoi kuitenkin suhteellisen vapaat mahdollisuudet suunnitella rakennusta. Työssä esitetyt rakenne ratkaisut ovat vaihtoehtoja, lopullisten suunnitelmien ja mitoituksen perusteella tilaajalle piirretään tarvittavat kuvat rakennusluvan hankkimista varten. Kuvien piirtämisessä käytettiin AutoCAD 2020 -ohjelmaa.

Työssä keskitytään pääasiassa puurakenteiden mitoittamiseen EN-standardien eli eurokoodien mukaisesti, sekä käydään läpi suunniteltavaan rakennukseen tarvittavia menetelmiä sekä ohjeistuksia. Rakennus koostuu käytännössä pilareista, palkeista ja runkotolpista. Näiden rakenteiden mitoituksessa käytetään Finnwood (2.4.3) -ohjelmaa. Se on nopea ja yksinkertainen ohjelma käyttää ja saada mitoittavat kuormitustapaukset ja käyttöasteet. Ohjelman vähäisen käyttökokemuksen vuoksi en voi kuitenkaan luottaa tuloksiin täysin sokeasti. Puurakenteiden suunnittelu kurssin oppimateriaalien ja käsin laskettujen laskelmien avulla pystyin vertailemaan ohjelmasta saatuja tuloksia. Käsin laskettujen tulosten perusteella pystyn luottamaan ohjelmasta saatuihin tuloksiin. Puurakenteiden mitoituksista ainoastaan jäykistys osio on toteutettu havainnollistamalla ilman esitetyjä mitoitus tuloksia. Myös betonirakenteet eli perustukset esitetään ainoastaan kuvien muodossa.

2. RAKENNUSSUUNNITTELU

2.1 Lähtökohdat

Rakennuspaikka sijaitsee Rovaniemellä Norvajärven länsipuolella. Tontilla sijaitsee omakotitalo sekä vanha ulkosauna rannan tuntumassa. Omakotitalon rakennusluvan ehdoksi oli laitettu nykyisen ulkosaunan purkaminen tai siirtäminen lainsäädännön mukaisesti. Näin ollen vanha saunarakennus puretaan ja uusi rakennetaan rakennusluvassa osoitetulle paikalle. Uuden saunarakennuksen rakennussuunnittelu toteutetaan tilaajan piirustusten pohjalta.

Tilaajan toiveena oli hyväksikäyttää asuinrakennuksesta ylimääräiseksi jäänyt iso keskikohdasta ylöspäin kapeneva ikkuna. Ikkunan yläreuna olisi harjan kohdalla ja jatkui sen leveyden verran kattokulman mukaisesti. Katon harja tulisi sijaita saunantilan keskikohdassa.

2.2 Rakennusratkaisut

Rakennuksen perustukset toimivat maanvaraisena ja tehdään paikallaan valamalla. Terassin kohdalla perustuksena on RP-240 pilariharkot. Harkot on sijoitettu terassin ulkoreunoilla (Liite 9) ja toimivat terassin kannatinlankkujen sekä pilareiden voimien välittäjänä maaperään.

Rakennus suunniteltiin puurunkoiseksi, joka paneloidaan 20 x 170 mm hirsipaneelilla. Runkotolpat suunniteltiin kantavien seinien osalta C24-luokan 48 x 147 mm:n puutavarasta. Runkotolppien pituus on noin 2500 mm ja asennetaan k 600 jaolla, näin ne saadaan yhteen sopivaksi eristeiden ja levytysten kanssa. Kiinnitys tapahtuu ala- ja yläohjauspuuhun naulaamalla. Runkotolpan mitoituslaskelmat löytyvät liitteestä 1. Runkotolpat lovetaan yläpuolelta siihen tulevaa palkkia varten. Palkki on kooltaan 48 x 198 C24, se ottaa NR-ristikoilta tulevat kuormat ja jakaa ne tasaisesti runkotolpille. Seinäeristeenä toimii 150 mm ekovilla. Rakennuksen julkisivu ja leikkauskuva esitetään liitteessä 7 ja 8.

NR-ristikoita ei kannata lähteä erikseen mitoittamaan, vaan ne tilataan valmiiksi työmaalle.

Kannatinpalkiksi suunniteltiin ensin liimapuu palkkia, mutta todettiin 2 x 48 x 198 C24 olevan edullisempi vaihtoehto. Palkki toimii rakenteellisesti kaksiaukkoisena (Liite 5). Mitoituksessa kattotuolit pyrittiin asettamaan niin, että rasitukset saataisiin mahdollisimman suuriksi. Palkin käyttöasteeksi saatiin 86,4 % ja mitoittavaksi tekijäksi tuli tukipaine keskimmäisen tuen kohdalta. Kannatinpalkin mitoitukset löytyvät liitteestä 3.

Kannatinpalkkien kuormia välittämään valittiin yleinen ja helposti saatavilla oleva 115 x 115 liimapuupilari. Sen asennetaan pilarikengän päälle, joka välittää kuormat perustuksille. Pilarit pyritään asentamaan keskitetysti palkkiin nähden, mutta mitoituksessa otettiin huomioon mahdollinen 50 mm epäkeskisyys ja siitä aiheutuva momentti. Mitoittavaksi tekijäksi saatiin taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus, jonka käyttöasteeksi tuli 47,1 %. Mitoituslaskelmat löytyvät liitteestä 2.

Terassin kannatinpuut tukeutuvat terassin ulkoreunan kohdalta RP-240 pilariharkkojen päälle. Palkit kiinnitetään pilareiden kohdalta naulaamalla ja muissa tapauksissa voidaan käyttää esimerkiksi palkkikenkiä. Mitoituksessa määrääväksi tarkastelukohdaksi tuli taipuma mitoitus värähtelytarkastuksessa (Liite 4). Käyttöasteeksi saatiin 98 %.

3. MATERIAALIOMINAISUUDET

3.1 Puurakenteet

Puu on anisotrooppinen materiaali eli sen ominaisuudet ovat erilaiset toisia vastaan kohtisuorassa suunnissa. Tämä täytyy huomioida puurakenteiden mitoituksessa. (Puuinfo 2020.)

Puurakenteiden mitoitus perustuu kimmoteoriaan. Se on yksinkertainen mitoitusmenetelmä, jossa materiaalin murto katsotaan tapahtuvan jännityksen saavutettua materiaalin lujuusarvon. Kimmoteoriassa voidaan edetä Hooken lain mukaan ($\sigma = E * \varepsilon$), jossa lasketaan kimmokertoimen ja venymän tulo ja tuloksena saadaan jännitys. Todellisessa tilanteessa rakenne ei toimi täysin kimmoteorian mukaisesti jokaisessa tilanteessa, mutta hyvin lähellä sitä. (RIL 205-1-2017.)

Puu viskoelastisena materiaalina kestää hetkellisesti suuria kuormia, mutta murtuu pitkäaikaisen rasituksen vaikuttaessa huomattavasti pienemmällä kuormituksella. Tähän vaikuttaa virumisilmiö, joka kosteuden lisääntyessä kasvaa ja samalla pienentää materiaalin lujuutta. Kosteudella on siis suuri vaikutus puun lujuus- ja jäykkyyssarvoihin. Edellä mainittuja kuormituksen keston ja kosteusolosuhteiden vaikutuksia korjataan kertoimella k_{mod} , joka pienentää puun lujuuden ja jäykkyyden arvoja MRT-tarkasteluissa. Kertoimeen vaikuttaa käyttö- ja aikaluokka. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 15.)

KRT-tarkastelussa käytetään kerrointa k_{def} , jolla korjataan kosteusolosuhteiden vaikutusta. Kertoimeen vaikuttaa käyttöluokka. Lämpötila vaikuttaa kosteuden tarvoon puun käyttäytymiseen ja sen myötä muodonmuutoksiin. Eri olosuhteissa puu kutistuu tai paisuu näiden vaikutuksesta. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 16.)

3.2 Lujuusominaisuudet

Lujuusominaisuuden mitoitusarvo saadaan kaavalla 1.

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}, \quad (1)$$

missä

X_k	on	lujuusominaisuuden ominaisarvo
k_{mod}	on	muunnoskerroin
γ_M	on	materiaaliominaisuuden osavarmuusluku

Osavarmuusluvulla γ_M otetaan huomioon materiaalien mahdolliset virheet ja niiden vaikutukset, kuten mittaepätarkkuuksia, valmistuksesta johtuvia epätarkkuuksia tai materiaalin epämuodostumat (SFS-EN 1995-1-1, 28). Materiaaliominaisuuksien osavarmuusluvun suositus arvot esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Materiaaliominaisuuden γ_M osavarmuusluvut (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 15)

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

Materiaalien ja liitosten mitoituksessa käytetään kuorman keston ja kosteusvaihtuksen muunnoskerrointa k_{mod} (taulukko 2).

Taulukko 2. Muunnoskerroimen k_{mod} arvo (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluhje 2020, 17)

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 ³⁾ , OSB/2 ³⁾ , Kova kuitulevy	1	0,30	0,65	1,10
	2	0,20	0,45	0,80
Lastulevy P6 ³⁾ , OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,70	1,10
	2	0,30	0,55	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ³⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ³⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,60	1,10
	2	-	-	0,80

Virumaluvun k_{def} arvot eri puutuotteille ja käyttöluokille saadaan taulukosta 3.

Taulukko 3. Virumaluvun k_{def} arvot puulle ja puutuotteille (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluhje 2020, 17)

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjäillään	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	-
Puolikova 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	-

Sahatavara

Sahatavaran lujuus ilmoitetaan EN 338 mukaisesti. Taulukosta 4 löytyy eri sahatavaroille lujuus- ja jäykkyyssominaisuuksia.

Taulukko 4. Sahatavaran lujuus- ja jäykkyysominaisuudet koeolosuhteissa (Puu-info, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 17)

Lujuusluokka		Sahatavara		
		C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)
Ominaislujuudet (N/mm ²)				
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30
Veto	$f_{t,0,k}$	10	14,5	19
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	24
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)				
Kimmomoduuli	$E_{0, \text{mean}}$	9000	11000	12000
	$E_{90, \text{mean}}$	300	370	400
Liukumoduuli	G_{mean}	560	690	750
Tiheydet (kg/m ³)				
Ominaisstiheys	ρ_k	320	350	380
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	380	420	460

Puun taivutus- ja vetolujuuden vaikutukset täytyy suhteuttaa käytettävässä olevan puumateriaalin poikkileikkauksen kokoon käyttämällä korjauskerrointa (kaava 1).

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right. \quad (1)$$

missä

min on pienin arvo seuraavista tuloksista

h on kappaleen korkeus

Liimapuu

Liimapuut valmistetaan standardin EN 14080 mukaisesti. Niiden eri ominaisuuksia löytyy taulukosta 5.

Taulukko 5. Liimapuun ominaisuuksia yleisimmissä lujuusluokissa (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 17)

Lujuusluokka		Liimapuu		Halkaistu liimapuu
		GL24c	GL30c	GL30cs ¹⁾
Ominaislujuudet (N/mm ²)				
Taivutus	$f_{m,k}$	24	30	28
Veto	$f_{t,0,k}$	17	19,5	18,7
	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	21,5	24,5	23,3
	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5
Jäykkyysominaisuuudet (N/mm ²)				
Kimmomoduuli	$E_{0, \text{mean}}$	11000	13000	12500
	$E_{90, \text{mean}}$	300	300	300
Liukumoduuli	G_{mean}	650	650	650
Tiheydet (kg/m ³)				
Ominaistiheys	ρ_k	365	390	390
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	400	430	430

Jos käytetyn liimapuun korkeus on alle 600 millimetriä, sen koon vaikutus taivutus- ja vetolujuuteen huomioidaan kertoimella, joka saadaan kaavalla 2.

$$k_h = \min \left\{ \frac{\left(\frac{600}{h}\right)^{0,1}}{1,1} \right\} \quad (2)$$

Kertopuu

Kertopuut valmistetaan standardin EN 14374 mukaisesti ja ovat CE-merkittyjä. Tuotteen kaupanimenä käytetään lyhennettä LVL, joka tulee englannin kielen sanoista Laminated Veener Lumber. Ne on jaoteltu kolmeen eri ryhmään käyttötarkoituksen mukaan (taulukko 6).

Taulukko 6. Kertopuun ominaisuuksia yleisimmissä lujuusluokissa (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 18)

Tyyppi		Kerto-S	Kerto-T	Kerto-Q
Paksuus (mm)		21 - 90	27 - 75	27 - 69
Ominaislujuudet (N/mm²)				
Taivutus syrjällään	$f_{m,k}$	44	27	32
KokovaikutusekspONENTTI	S	0,12	0,15	0,12
Taivutus lappeellaan	$f_{m,0,flat,k}$	50	32	36
Veto syysuuntaan	$f_{t,0,k}$	35	24	26
Veto poikittain syrjällään	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	0,5	6,0
Puristus syysuuntaan	$f_{c,0,k}$	35	26	26
Puristus poikittain syrjällään	$f_{c,90,edge,k}$	6	4	9
Puristus poikittain lappeellaan	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,0	2,2
Leikkaus syrjällään	$f_{v,k}$	4,1	2,4	4,5
Lappeellaan pintaviilun suuntaan	$f_{t,0,k}$	2,3	1,3	1,3
Jäykkyysominaisuudet (N/mm²)				
Kimmomoduuli	E_{mean}	13800	10000	10500
Liukumoduuli	$G_{edge, mean}$	600	400	600
Tiheydet (kg/m³)				
Ominaiستیheys	ρ_k	480	410	480
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	510	440	510

Käytetyn kertopuun korkeuden ollessa yli 300 mm, taivutuslujuuden ominaisarvoa $f_{m,k}$ pienennetään kertoimella, joka saadaan kaavalla 3.

$$k_h = \min \left\{ \frac{\left(\frac{300}{h}\right)^s}{1,1} \right. \quad (3)$$

missä

h on palkin korkeus

s on tuulensuojaisuuskerroin

Jos kappaleen pituus on vähemmän kuin 3000 millimetriä, niin koon vaikutus vetolujuuteen on (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 16).

$$k_l = \min \left\{ \frac{\left(\frac{3000}{h}\right)^{\frac{s}{2}}}{1,1} \right. \quad (4)$$

3.3 Aikaluokka

Kuormien aikaluokat määritetään rakenteen kuormituksen vaikuttavan ajan kestolla (taulukko 7). Muuttuvien kuormien aikaluokka määritetään tyypillisen vaikutusajan mukaisesti. (RIL 205-1-2007, 29.)

Taulukko 7. Kuormien jaottelu aikaluokkiin (Suomen rakentamismääräyskoelma 2016, 10)

Kuorman aikaluokka	Kuormitukset
Pysyvä	Oma paino Pysyvästi rakenteeseen kiinnitetyt koneet, laitteet ja kevyet väliseinät Maanpaine
Pitkäaikainen	Varastotilojen tavarakuormat (luokka E), vesisäiliökuorma
Keskipitkä	Lumi Lattioiden ja parvekkeiden hyötykuorman pintakuormat luokissa A - D Autotallien ja liikennöintialueiden hyötykuormat (luokat F ja G) Kosteuden vaihtelun aiheuttamat kuormitukset
Lyhytaikainen	Portaiden hyötykuormat Hyötykuorman pistekuorma (Q_k) Väliseinien ja kaiteiden vaakakuormat Kunnossapito- tai henkilökuorma katolla (luokka H) Ajoneuvokuormat luokassa E Kuljetusvälinekuormat Asennuskuormat
Hetkellinen	Tuuli Onnettomuuskuorma

3.4 Käyttöluokka

Puu on hygroskooppinen rakenne, joka pyrkii asettumaan aina ympäristön kanssa samaan kosteustasapainoon (Puuinfo 2020). Tämän takia mitoituksessa tulee aina huomioida, minkälaisessa ympäristössä mitoitettava kappale toimii. Eurokoodissa on määritelty kolme eri käyttöluokkaa.

Käyttöluokka 1

Rakenne, jossa ilman suhteellinen kosteus on alle 65 prosenttia ja havupuun kosteus alle 12 prosenttia. Yleensä lämpöeristetyt tilat. Käytännössä tämä tarkoittaa lämmitettyä sisätilassa olevaa puurakennetta. (RIL 205-1-2017, 33.)

Käyttöluokka 2

Ilman suhteellinen kosteus alle 85 prosenttia ja havupuun kosteus alle 20 prosenttia. Yleensä katetut ja tuulettuvat tilat. Käytännössä tämä tarkoittaa ulkoilmassa kuivana pysyvää puurakennetta. (RIL 205-1-2017, 33.)

Käyttöluokka 3

Ilman suhteellinen kosteus suurempi kuin 85 prosenttia ja havupuun kosteus suurempi kuin 20 prosenttia. Käytännössä tämä tarkoittaa säälle ja kosteudelle alttiina oleva puurakenne. (RIL 205-1-2017, 33.)

4. SUUNNITTELUPERUSTEET

4.1 Mitoitusmenetelmä

Puurakenteiden suunnittelu perustuu eurokoodeihin, SFS-EN 1990, 1991 ja 1995. Rakenteet on suunniteltava ja toteutettava niin, että ne kestävät kaikki todetut kuormat ja vaikutukset sekä säilyttää luotettavuustasonsa suunnitellun käyttöikänsä ajan. Rakenteiden vaatimuksena on säilyttää käyttökelpoisuutensa vaadittuun tarkoitukseen. (RIL 201-1-2017, 25.)

4.2 Kuormat

Kuormat luokitellaan ajallisen vaihtelun mukaisesti kolmeen osaan. Pysyviin kuormiin, muuttuviin kuormiin ja onnettomuuskuormiin (RIL 201-1-2017, 31). Mitoituksessa käytetään pysyville kuormille varmuuskerrointa 1,15 ja muuttuville kuormille 1,5.

4.2.1 Pysyvät kuormat

Pysyvät kuormat ovat rakennusosien omia kuormia. Omapainossa huomioidaan kantavat ja ei-kantavat rakennusosat, kiinteät laitteet ja maakerroksen täyte- tai sepelikerroksen paino. Rakennusosien omapaino lasketaan nimellismittojen ja tilavuuspainojen ominaisarvoja mukaan. (RIL 201-1-2017, 67.) Työssä käytämme rakennuksen omana painona arvoa $0,6 \text{ kN/m}^2$.

4.2.2 Muuttuvat kuormat

Hyötykuormat

Rakennuksen hyötykuormat aiheutuvat tilojen käytöstä eli henkilökäytöstä, ajoneuvoista, liikuteltavista kalusteista ja laitteista. Ne huomioidaan liikkuvana kuormana, joka vaikuttaa aina epäedullisimman vaikutuksen kohdassa. (RIL 201-1-2017, 68.)

Hyötykuormat määräytyvät käyttötarkoituksen mukaan. Taulukosta 8 voidaan valita hyötykuorman arvoksi $2,0 \text{ kN/m}^2$.

Taulukko 8. Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 11)

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN] (portaat 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: Kokoontumistilat				
-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 Tavarain säilytys ja vastaanottotilat	7,5	3,0		7,0 (2,0)
Luokka H: Vesikatot ilman hyötykäyttöä		0,4		1,0

Lumikuorma

Lumikuorma kuuluu keskipitkään aikaluokkaan ja aiheuttaa pystysuuntaista kuormaa rakenteisiin. Lumikuorma on merkittävin kuormitustekijä tässä kohteessa. Sen suuruuteen vaikuttavat maantieteellinen sijainti, katon muoto ja kaltevuus sekä lumen mahdollinen kinostuminen.

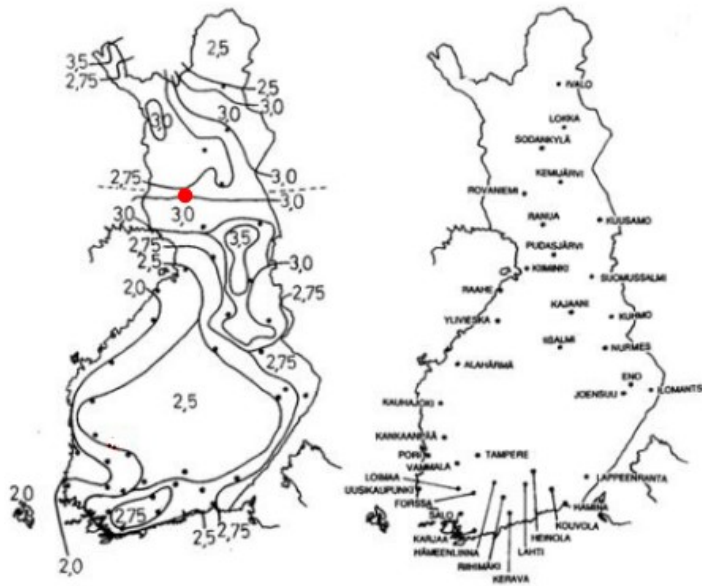
Katon lumikuorma määritetään seuraavasti (RIL 201-1-2017, 100).

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (5)$$

missä

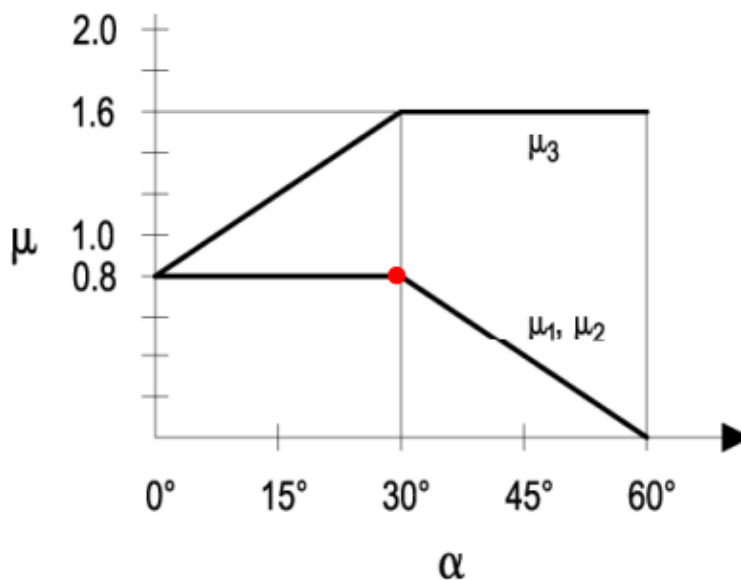
μ_i	on	lumikuorman muotokerroin
C_e	on	tuulensuojaisuuskerroin
C_t	on	lämpökerroin, jonka arvo tavallisesti 1,0
s_k	on	maassa olevan lumikuorman ominaisarvo (kN/m ²)

Lumikuorman ominaisarvo määritetään kuviosta 1. Se on maassa oleva lumikuorma, joka ylittyy keskimäärin kerran 50 vuodessa. Rovaniemi sijaitsee kuvaan merkatun punaisen pisteen kohdalla ja arvoksi saadaan $s_k = 3,0$ kN/m².



Kuvio 1. Lumikuorman ominaisarvo (Puuinfo 2020, 11)

Lumikuorman muotokerroin määritetään kuviosta 2. Kohteeseen on suunniteltu symmetrinen harjakatto 30° , jolloin lumikuorman muotokertoimeksi saadaan $\mu_i = 0.8$. Tällä ratkaisulla saadaan kinostumisen mahdollisuutta pienemmäksi.



Kuvio 2. Lumikuorman muotokerroin (Puuinfo 2020, 12)

Tuulensuojaisuuskertoimelle voidaan käyttää arvoa $C_e = 0,8$ koska rakennus sijaitsee laajan vesistön läheisyydessä ja maastotyyppi on näin ollen tuulinen.

Tuulikuorma

Tuulikuorma määritetään standardin SFS-EN 1991-1-3 mukaan. Sen suuruuteen vaikuttavat tuulennopeus, maaston rosoisuus, maaston pinnan muodot ja rakennuksen mitat. Tuulikuorma voidaan esittää yksinkertaistettuna paineiden tai voimien ryhmänä, jonka vaikutus määräytyy suurimman tuulenpuuskan mukaisesti. Tässä kuormat esitetään voimakerroin menetelmällä. (RIL 201-1-2017, 129–130.)

Rakennusta ympäröivä maasto ja sen rosoisuus vaikuttaa tuulikuorman voimakkuuteen. Eurokoodissa määritetyt maastotyytit ovat jaoteltu viiteen eri maastoluokkaan (kuvio 3). Kohde sijaitsee Norjajärven rannalla, joten maastoluokaksi valitaan Maastoluokka I. (RIL 201-1-2017, 130–131.)

Maastoluokka 0

Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue



Maastoluokka I

Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä



Maastoluokka II

Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan



Maastoluokka III

Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)



Maastoluokka IV

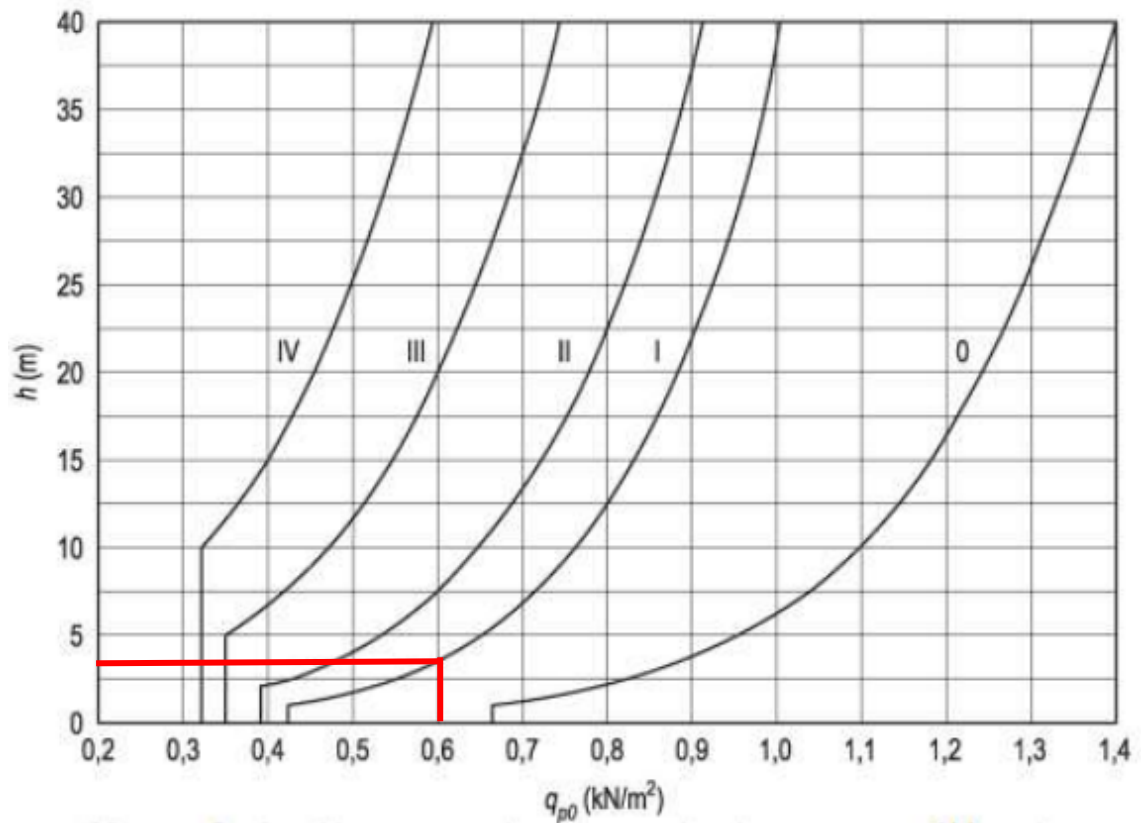
Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m



Kuvio 3. Maastoluokat EC 1 mukaan (SFS-EN 1991-1-4, 158)

Tuulennopeuden perusarvo v_b määritellään tuulennopeuden 10 minuutin keskiarvona 10 m:n korkeudella maanpinnasta, 50 vuoden toistumisen vastaavana arvona. Suomessa käytetyistä perusarvoista valitaan manneralueilla käytettävä arvo $v_b = 21$ m/s. (RIL 201-1-2017, 129.)

Suomessa tuulikuorman laskenta voidaan suorittaa yksinkertaistetulla menetelmällä, kun on kyseessä tavanomainen rakennuskohde. Tässä työssä käytetään kyseistä menetelmää. Tuulen puuskanopeuspaine q_{p0} määritellään maastoluokan ja rakennuksen harjakorkeuden perusteella kuviosta 4. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12.)



Kuvio 4. Nopeuspaineen ominaisarvo eri maastoluokissa EC1 mukaan (RIL 201-1-2017, 136)

Kokonaistuulivoima on yksinkertainen menetelmä ja sitä käytetään pääasiassa rakennuksen kokonaisstabiiliteetin tai sen kannalta tärkeiden rakennusosien suunnittelussa. Tässä työssä sitä käytetään jäykistysrakenteiden tarkastelussa.

Pienrakennuksia mitoitettaessa tuulenpaineella oletetaan olevan sama arvo kaikissa korkeusasemissa. Rakennukseen kohdistuvan tuulen kokonaisvoima F_w saadaan kaavan 6 mukaisesti.

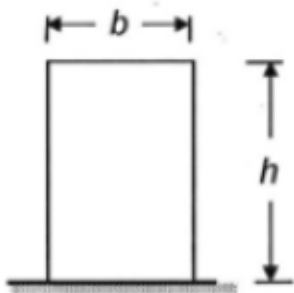
$$F_w = (c_s c_d) c_f * q_p(h) * A_{ref} \quad (6)$$

missä

F_w	on	kokonaistuulivoima [kN]
$c_s c_d$	on	rakennekerroin (yleensä 1,0)
c_f	on	voimakerroin
$q_p(h)$	on	modifioitu tuulen nopeuspaine [kN/m ²]
A_{ref}	on	tuulen puoleisen sivun pystyprojektion pinta-ala [m ²]

Kaavassa ei tarvitse huomioida rakennekerrointa $c_s c_d$, koska sille käytetään tavallisesti arvoa 1,0. Voimakertoimen c_f määrittämiseen käytetään rakennuksen tehollista hoikkuutta λ , joka saadaan taulukosta 9.

Taulukko 9. Tehollinen hoikkuus (RIL 201-1-2017, 140)

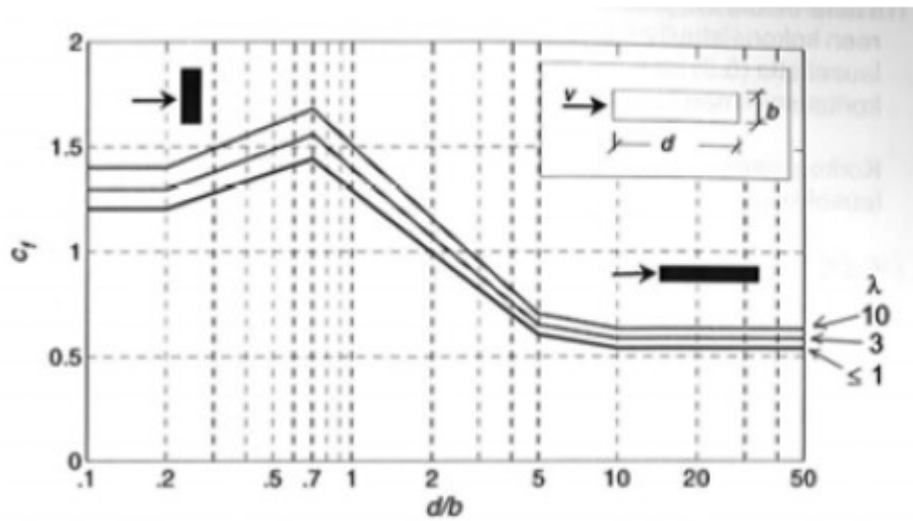
Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus λ
	kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$ Välialueella 15 m $< h < 50$ m sovelletaan interpolointia. Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$.

Lopullinen voimakerroin määritetään joko numeerisesti (taulukko 10).

Taulukko 10. Voimakertoimen c_f määrittäminen (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunniteluohje 2020, 13)

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

Tai graafisesti (kuvio 5).



Kuvio 5. Voimakertoimen c_f määrittäminen suorakaidepoikkileikkauksen omaavalle rakennukselle (RIL 201-1-2017, 141)

Tuulikuorman arvoiksi saatiin $F_w = 14.9 \text{ kN}$ ja $q_w = 0.95 \text{ kN}$.

4.3 Käyttörajatila

Käyttörajatiloiksi luokitellaan rajatilat, jotka vaikuttavat rakenteen tai rakennesien toimintaan normaalikäytössä, käyttäjän käyttömukavuuteen tai rakennuskohteen ulkonäköön. (RIL 201-1-2017, 30.)

Käyttörajatilojen tarkastelussa otetaan huomioon tilanteet, jotka aiheuttavat ulkonäköön, käyttömukavuuteen tai rakenteen toimivuuteen liittyviä siirtymiä, värähtelyitä tai vaurioita. (RIL 201-1-2017, 42.)

Käyttörajatilien mitoituksessa tulee osoittaa, että kuormien vaikutusten mitoitusarvo ei ylitä käyttökelpoisuusstandardin mukaista rajoittavaa mitoitusarvoa (kaava 7).

$$E_d \leq C_d \quad (7)$$

missä

E_d on kuormien mitoitusarvo
 C_d on rajoittava mitoitusarvo

Kuormitusyhdistelmät valitaan siten, että ne ovat toimivuuskriteerien ja käyttökel-
poisuuden tarkoituksenmukaisia. (RIL 201-1-2017, 44.)

Käyttörajan kuormitusyhdistelmistä ominaisyhdistelmää (kaava 8) käytetään
tavallisesti palautumattomille rajatiloille, jossa käyttökelpoisuusvaatimuksen ylit-
tävät kuormien vaikutukset eivät palaudu, kun kuormat poistetaan. (RIL 201-1-
2017, 44.)

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{o,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

4.4 Murtorajatila

Murtorajatiloiksi luokitellaan tapaukset joissa, rakenteen tasapainon menetys,
vaurioituminen, murtuminen tai väsymisen aiheuttama vaurioituminen vaikuttaa
heikentävästi ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen. (RIL 201-1-
2017, 29.)

Tässä työssä murtorajatiloja tarkasteltavat murtorajatilat ovat

- EQU: jäykän rakenteen tai kappaleen staattisen tasapainon menetys
- STR: rakenteen vaurioituminen tai sen liian suuri siirtymä, kun rakennusmateriaalin lujuus toimii määräävänä tekijänä.

Tarkasteltaessa rakenteen staattisen tasapainon rajatilaa (EQU), tulee kaavan 9 ehto toteutua:

$$E_{d.dst} \leq R_{d.stb} \quad (9)$$

missä

$E_{d.dst}$	on	tasapainoa heikentävien kuormien mitoitusarvo
$R_{d.stb}$	on	tasapainoa parantavien kuormien mitoitusarvo

Murtorajatilassa rakenteen kestävyys poikkileikkauksen, rakenneosan tai liitoksen murtumisen rajatilaa (STR) tarkastellessa tulee osoittaa kaavan 10 mukaan, että

$$E_d \leq R_d \quad (10)$$

missä

E_d on kuormien vaikutuksen mitoitusarvo
 R_d on vastaava kestävyuden mitoitusarvo

4.5 Kuormayhdistelmät

Kuormien yhdistelyssä määrävien kuormitustapauksissa yhdistetään sellaisten kuormien arvot, jotka voidaan katsoa vaikuttavan samanaikaisesti. Muuttuvien kuormien osalta katsotaan ominaisarvon mukaisen kuorman esiintyvän vain harvoin. Näin ollen useamman muuttuvan kuorman esiintyminen yhtäaikaisesti ominaisarvolla oletetaan olevan vielä harvinaisempaa. (RIL 201-1-2017, 39.)

Tässä opinnäytetyössä on käytetty rajatilaa (STR) puurakenteiden murtorajatila tarkasteluissa ja pitkäaikaisyhdistelmää taipuma tarkasteluissa.

Kuormia määritettäessä huomioidaan tarvittaessa taulukon 11 yhdistelykertoimen arvoja erilaisille rakennuksille.

Taulukko 11. Yhdistelykertoimen ψ arvot eri rakennuksille (SFS-EN 1990, 86)

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (ks. EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,6
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, 30 kN < ajoneuvon paino ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Rakennusten lumikuormat (ks. EN 1991-1-3) ¹⁾			
Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,50	0,20	0
Rakennusten tuulikuormat (ks. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (ks. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
HUOM. Kertoimien ψ arvot voidaan määritellä kansallisessa liitteessä. ¹⁾ Mikäli maata ei ole mainittu, kyseiset paikalliset olosuhteet selvitetään erikseen.			

Rakennukset jaetaan merkityksellisyyden perusteella rakenteen tai rakenneosan mahdollisesta vauriosta tai viasta aiheutuvien seurausten mukaan seuraamusluokkiin. Seuraamusluokat on määritetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Rakennuksien seuraamusluokkien määrittely (SFS-EN 1990, 136)

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

Yhdistelykaavoissa tulee huomioida eri seuraamusluokille kuormakerroin K_{FI} . Kerrointa on käytettävä luotettavan tasoluokituksen aikaansaamiseksi normaalisti vallitsevissa ja tilapäisissä mitoitustilanteissa. Kerrointa ei käytetä käyttöraja-tilatarkasteluissa. K_{FI} kertoimen arvot on määritetty taulukossa 13. (RIL 205-1-2017, 28.)

Taulukko 13. Kuormakertoimet seuraamusluokan mukaan (RIL 201-1-2017, 39)

Kuormakerroin K_{FI}	Seuraamusluokka
1,1	CC3
1	CC2
0,9	CC1

Kuormitusyhdistelmät murtorajatilassa

Rakenteen kestävyys (STR, Sarja B) saadaan määrittämällä ulkoiset kuormat kaavassa 11, jossa kuormakerroin ja seuraamusluokka yhdistetään. Pysyvät kuormat, jotka aiheuttavat epäedullista vaikutusta kerrotaan kertoimella $1,15K_{FI}$ ja edullisen vaikutuksen aiheuttavat kertoimella 0,9. (RIL 205-1-2017, 27.)

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (11)$$

missä

1,15	on	varmuuskerroin pysyville kuormille
K_{FI}	on	seuraamusluokan mukainen kuormakerroin
$G_{k,j}$	on	pysyvät kuormat
$\gamma_P P$	on	esijännitysvoimat P kerrottuna kertoimella γ_P
1,5	on	varmuuskerroin muuttuville kuormille
$Q_{k,1}$	on	määrävä muuttuva kuorma
$Q_{k,i}$	on	muut muuttuvat kuormat
$\psi_{0,i}$	on	kuormien yhdistelykerroin (RIL 201-1-2017, 45)

Kuitenkin vähintään kaavan 12 mukaan.

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \quad (12)$$

Rakenteen staattinen tasapaino (EQU, sarja A) määritetään kaavalla 13.

$$\left. \begin{matrix} 1,1K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (13)$$

Kuormitusyhdistelmät käyttörajatilassa

Käyttötilan kuormitusyhdistelmiä valitaan niin, että ne ovat hyödyllisiä ja sopivia halutun lopputuloksen kannalta.

Ominaiskuormitusyhdistelmää (kaava 14) käytetään yleensä palautumattomille rajatiloille. Palautumaton rajatila merkitsee tilaa, jossa kaikki vaikutukset, jotka ylittävät käyttökelpoisuusvaatimukset kuormituksessa, eivät palautu kuormituksen poistamisen jälkeen. (RIL 201-1-2017, 44.)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (14)$$

Tavallista kuormayhdistelmää käytetään palautuville rajatiloille, joissa rakenteet palautuvat käyttökelpoisuusvaatimuksen mukaisiin rajoihin, kun kuormat poistetaan. (RIL 201-1-2017, 44.) Tavallinen yhdistelmä lasketaan kaavalla 15.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (15)$$

5. RAKENTEIDEN MITOITUS

5.1 Murtorajatilamitoitus

Seuraavaksi esitetyt mitoitusapaukset ovat yleisesti käytettyjä ja monesti mää-
rääviä tapauksia. Työssäni esitetyistä mitoituksista voidaan jo nyt todeta, että jo-
kin seuraavista mitoitusapauksista tulee olemaan rakenteen määräävä tekijä.

5.1.1 Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyys tarkastelussa (kaava 16) tulee seuraavien ehtojen olla voi-
massa.

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (16)$$

missä

$\sigma_{m,y,d}$	on	taivutusjännityksen mitoitusarvo pääakseli y suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
$\sigma_{m,z,d}$	on	taivutusjännityksen mitoitusarvo pääakseli z suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
$f_{m,y,d}$	on	taivutuslujuuksien mitoitusarvo pääakseli y suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
$f_{m,z,d}$	on	taivutuslujuuksien mitoitusarvo pääakseli z suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
k_m	on	materiaalin epähomogeenisuudesta ja jännitysten uudelleen jakautumisesta aiheutuva kerroin

Suorakaidepoikkileikkauksilla voidaan sahatavaran, kerto- ja liimapuun osalta
käyttää k_m kertoimena arvoa 0,7. Muilla poikkileikkauksilla ja rakennemateriaa-
leilla poikkileikkauksesta riippumatta käytetään arvoa 1,0. (RIL 205-1-2017, 74.)

5.1.2 Leikkausvoimakestävyys

Kun leikkausjännitys tarkastelussa kappaleen syysuuntainen komponentti on syysuuntaisessa tasossa tai molemmat leikkausjännityskomponentit ovat kohtisuoraa syysuuntaa vastaan, täytyy kaavan 17 ehto täyttyä. (RIL 205-1-2017, 74.)

$$\tau_d \leq f_{v,d}, \quad (17)$$

missä

τ_d	on	leikkausjännityksen mitoitussarvo
$f_{v,d}$	on	leikkauslujuuden mitoitussarvo

Leikkauskestävyyssmitoituksessa on taivutettujen sauvojen osalta otettava huomioon halkeamien vaikutus käyttämällä sauvan poikkileikkaukselle tehollista leveyttä b_{ef} , joka määritetään kaavalla 18. (RIL 205-1-2017, 75.)

$$b_{ef} = k_{cr} b, \quad (18)$$

missä

b	on	sauvan leveys
k_{cr}	on	kerroin, jolle käytetään seuraavia arvoja. 0,67 sahatavaralle käyttöluokassa 1 1,0 sahatavaralle käyttöluokassa 2 ja 3 1,0 liimapuulle, LVL, CLT ja puulevyt

5.1.3 Tukipainekestävyys

Tukipainekestävyyttä tarvitaan tuella ja suurten pistekuormien kohdalla. Sitä kutsutaan myös kisko tai leimapaineeksi. Se on syysuuntaa vastaan kohtisuora puristusjännitystä ja sen tulee täyttää kaavan 19 ehdot (RIL 205-1-2017, 72).

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

missä

$\sigma_{c,90,d}$	on	puristuslujuuden mitoitussarvo kosketuspinnalla
$k_{c,\perp}$	on	tukipaine kerroin
$f_{c,90,d}$	on	puristuslujuus syytä vastaan kohtisuorassa

Tukipaine kerroin $k_{c,\perp}$ saadaan määritettyä kaavalla 20 (RIL 205-1-2017, 72).

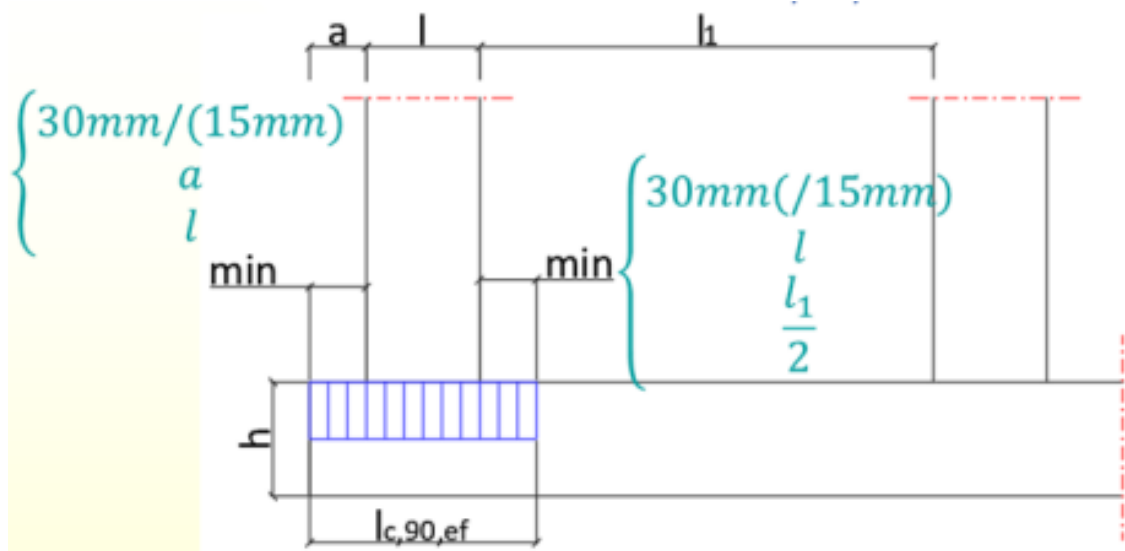
$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} \quad (20)$$

missä

$l_{c,90,f}$	on	tehollisen kosketuspinnan pituus
l	on	kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa
$k_{c,90}$	on	kerroin, jolla huomioidaan kuorman sijainti, puun halkeamismahdollisuus ja puristuman suuruus

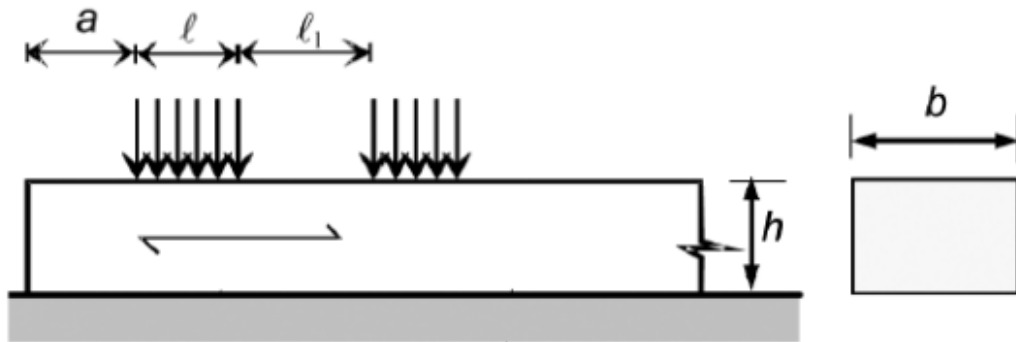
Tehollinen kosketuspinta $l_{c,90,f}$ saadaan määritettyä lisäämällä molemmille puolille kosketuspinnan pituuteen pienin arvo seuraavista 30 mm/15 mm, a tai l.

Sahatavarassa ja liimapuussa käytetään arvoa 30 millimetriä, kertopuussa käytetään arvoa 15 millimetriä (kuvio 6).



Kuvio 6. Tehollisen kosketuspinnan määrittäminen (mukaillen RIL 205-1-2017, 73).

Tukipainetta voi kohdistua jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormituspisteissä (kuvio 7.)



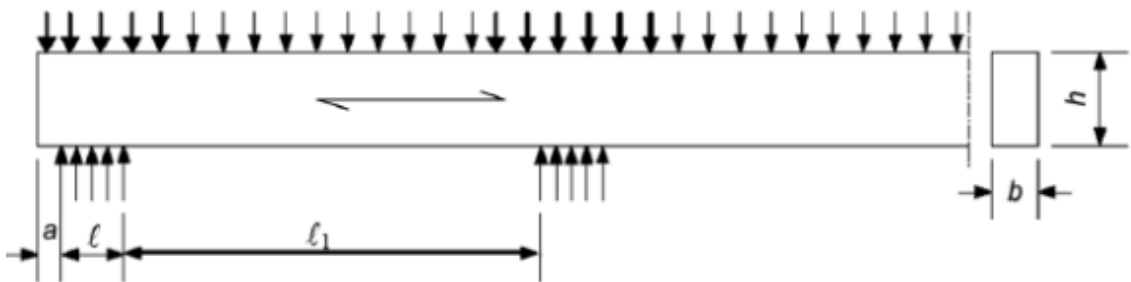
Kuvio 7. Jatkuvalla tuella lepäävä sauva. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 24).

+

Kerroin $k_{c,90}$, kun ehto $l_1 \leq 2h$ täyttyy:

- 1,25 havupuisella sahatavaralla ja CLT:n lapepinnalla.
- 1,5 havupuisella liimapuulla.
- 1,4 Kerto-LVL lapepinnalla.
- Muissa tapauksissa kerroin on 1,0.

Palkeilla kertoimelle $k_{c,90}$ on mahdollista käyttää korotettuja arvoja (kuvio 8). Tämä edellyttää kuitenkin, että palkissa vaikuttaa tasainen kuorma tai pistemäisen kuorman etäisyys tuen reunasta on $\geq 2h$.



Kuvio 8. Kiskopaine palkin tukipinnoilla (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 24).

Kerroin $k_{c,90}$, kun ehto edellä esitetyt ehdot täyttyvät:

- 1,5 havupuisella sahatavaralla.
- 1,75 havupuisella liimapuulla (tukipituus $l \leq 400mm$).

- 1,6 Kerto-LVL lapepinnalla.
- Muissa tapauksissa kerroin on 1,0.

5.1.4 Nurjahduskestävyys

Rakenteen suhteellinen hoikkuus saadaan kaavan 21 mukaisesti (RIL 205-1-2017, 82).

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, \quad (21)$$

missä

λ_y ja $\lambda_{rel,y}$	on	taivutus y-akselin ympäri eli z-akselin suuntaan vastaava hoikkuusluku ja siitä muunnettu hoikkuus
λ_z ja $\lambda_{rel,z}$	on	taivutus z-akselin ympäri eli y-akselin suuntaan vastaava hoikkuusluku ja siitä muunnettu hoikkuus
$E_{0,05}$	on	syysuuntaista kuormitusta vastaavan kimmokertoimen arvo

Puristetun sauvan nurjahduskestävyys tarkastelussa tulee jännitysten täyttää kaavan 22 ehdot (RIL 205-1-2017, 82).

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (22)$$

missä

$k_{c,y}$	on	$\frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1$
$k_{c,z}$	on	$\frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1$

k_y	on	$0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$
k_z	on	$0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$
β_c	on	0,2 massiivipuulle (käyryys < L/300) 0,1 liimapuulle (käyryys < L/500)
λ_{rel}	on	suhteellinen hoikkuus puristuksessa

5.1.5 Yhdistetty taivutus ja veto

Yhdistetyissä rasituksessa voimien koostuessa taivutus- ja vetovoimista tulee seuraavien ehtojen täytyä kaavan 23 mukaisesti (RIL 205-1-2017, 77).

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(23)

missä

k_m	on	0,7 suorakulmaiselle poikkileikkaukselle 1,0 muille poikkileikkauksille
-------	----	--

5.1.6 Yhdistetty taivutus ja puristus

Yhdistetyissä rasituksessa voimien koostuessa taivutus- ja puristusvoimista tulee seuraavien ehtojen täytyä kaavan 24 mukaisesti (RIL 205-1-2017, 78).

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(24)

5.2 Käyttörajatilamitoitus

5.2.1 Taipuma

Käyttörajatilassa tarkastelussa kuormitusten aiheuttama kokonaistaipuma W_{fin} saadaan kaavalla 25 (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 10).

$$W_{fin} = \max \begin{cases} (1 + k_{def})W_{inst.G} + (1 + 0,2k_{des})W_{inst.lumi} + (0,7 + 0,3k_{def})W_{inst.hyöty} \\ (1 + k_{def})W_{inst.G} + (1 + 0,3k_{des})W_{inst.lumi} + (0,7 + 0,2k_{def})W_{inst.hyöty} \end{cases} \quad (25)$$

missä

k_{def}	on	virumaluku (Taulukko 3)
$W_{inst.G}$	on	pysyvästä kuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma
$W_{inst.lumi}$	on	lumikuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma
$W_{inst.hyöty}$	on	hyötykuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma

Lopullinen taipuma $W_{net.fin}$ määritetään kaavalla 26, joka on kohteessamme kokonaistaipuman arvo W_{fin} , koska rakennuksessa ei käytetty esikorotettuja palkkeja. Mikäli esikorotettuja palkkeja käytetään, tulee esikorotus W_c vähentää kokonaistaipuman arvosta. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 21.)

$$W_{net.fin} = W_{fin} \quad (26)$$

Jos palkin taipuminen on rakenteelle haitallista, kuormista aiheutuvat taipumat rajoitetaan taulukon 14 mukaisesti (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 21). Kohteessamme taipumia tarkastellaan terassin lattian sekä ristikoiden kantainpalkeille, koska näille voidaan asettaa rakenteellisesti ulkonäöllisiä ja teknillisiä kriteerejä.

Taulukko 14. Taipumarajat käyttörajatilassa

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 lattioita
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, bumerangipalkit.
⁴⁾ Hallirakennuksissa vaakasiirtymistä ei ole yleensä haittaa, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa. Kerrostaloissa suositellaan vaakasiirtymän rajoittamista enintään arvoon $H/500$ ylimmän kerroksen lattiatasolla.
⁵⁾ Lattialevyn taipumaa laskettaessa kuormituksenä on lyhytaikainen pistekuorma $Q_k = 2$ kN ja levyn omapaino.

5.3 Jäykistys

Jäykistyksellä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään varmistamaan rakenteiden stabiiliteetin säilyminen rakenteeseen kohdistuvien ulkoisten vaakakuormien vaikutuksesta niin työ- ja asennusaikana kuin valmiissa rakennuksessa. Vaaka-suuntaiset siirtymät tulee estää riittävästi ja niistä syntyvät voimat täytyy viedä perustuksille ja sitä kautta maaperään. Yksittäisten rakenneosien jäykistyksessä huolehditaan sen stabiiliteetin säilymisestä esimerkiksi nurjahduksen vaikutuksesta. Näistä mahdollisesti aiheutuvat sisäiset voimat aiheuttava rasituksia, jotka rakenteen tulee kestää. Näitä voimia ei kuitenkaan tarvitse viedä perustuksille saakka.

Kohteen rakennuksessa seinien jäykistävänä rakenteena toimii sisäpuolella kipsilevy ja ulkopuolella tuulensuojalevy. Yläpohjan osalta kokonaisjäykistys toteutetaan NR-ristikoiden yläpaarten alapintaan asennettavalla erillisellä

vinosidonnalla. Niihin kohdistuvat voimat otetaan kiinni NR-pukeilla. Ristikoiden alapaarretason jäykistys toteutetaan oleskelutiloissa kipsilevytyksellä. Muissa kohdin alapaarteeseen lisätään tarvittava vinolaudoitus. Periaate kuva jäykistyksestä on esitetty liitteessä 5.

6. TULOKSET

Kannatinpalkin kuormitus muodostuu kattorakenteiden omasta painosta sekä katolta tulevasta lumikuormasta. Kuormat välittyvät ristikoiden välityksellä palkille ja muodostaa näin ollen pistekuorman jokaisen ristikon kohdalla. Mitoituksessa pistekuormat sijoitettiin suunnitelmissa esitettyjen ristikoiden mukaisesti. Liitteen 3 2(4) rasiuksien havainnointi kuvasta voidaan päätellä, että ristikot sijoittuvat lähelle maksimi rasiuksen aluetta. Määräävän käyttöasteen ollessa 86,4 % keskimmäisen tuen tukipaineella, ristikoiden paikkaa voidaan tarvittaessa siirtää turvallisesti. Palkin materiaaliksi valittiin C24 lujuusluokan 2x48x197 sahatavara. Tuote on yleisesti käytetty ja helposti saatavilla. Kiinnittämällä kaksi palkkia yhteen saadaan pienillä rasiuksilla edullinen ja toimiva rakenne.

Pilarin kuormitus muodostuu kannatinpalkin välityksellä tulevista rasiuksista. Kuormat jakautuvat palkilta pilareille ja esitetään pistekuormana pilarin päässä. Pilari oletetaan päistään nivelelliseksi ja se on suunnitelmissa sijoitettu keskitetysti kannatinpalkkiin nähden. Mitoituksessa huomioidaan kuitenkin pieni epäkeskisyys, josta aiheutuu momenttia pilarille. Näin päästään tuloksissa varman puolelle. Pilarin määrääväksi käyttöasteeksi 47,1 % saatiin taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksesta aiheutuvasta rasiuksesta murtorajatilassa. Materiaaliksi valittiin 115x115 liimapuupilari, joka on yleinen tuote ja sopii ulkokäyttöön.

Katolta ja yläpohjasta aiheutuva kuormitus välittyy runkotolpille yläohjauspuun välityksellä. Kuormat oletetaan kohdistuvan tolppaan nähden keskeisesti, mutta mitoituksessa on pilarin tavoin käytetty pientä epäkeskisyyttä. Myös tuulikuorma vaikuttaa runkotolppiin ja näin ollen ulkoseinien runkotolppien heikompi suunta tuetaan nurjahdusta vastaan tuulensuojalevytyksellä. Tolppien materiaaliksi valittiin edullinen C24 lujuusluokan 48x147 sahatavara. Se on mielestäni kooltaan ja hinnaltaan järkevin vaihtoehto kyseiseen pienrakennukseen. Mitoituksen määrääväksi käyttöasteeksi 79,3 saatiin taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksesta aiheutuvasta hetkellisestä omanpainon, tuulikuorman ja lumikuorman kuormituksesta.

Lattiapalkille kohdistuu omapainoa sekä hyötykuormaa. Materiaaliksi valittiin C24 lujuusluokan 48 x 197 sahatavara. Tällä materiaalilla saadaan rakenne kestämään murtorajatila mitoituksessa vajaa 14 % käyttöasteella. Mitoittavaksi tekijäksi saatiin käyttörajatilassa rakenteen taipuma värähtelytarkastelussa. Käyttöasteeksi tuli 98 %. Halutessaan käyttöastetta saadaan pienemmäksi lisäämällä rakenteeseen yksi välituki.

7. POHDINTA

Työn tarkoituksena oli suunnitella pienrakennus, joka tässä tapauksessa käsittää erillisen sauna- ja oleskelutilan. Sain tilaajalta hahmotellun piirustuksen rakennuksen mitoista ja lähdin sitä työstämään. Lähtökohtana oli suunnitella rakennus asuinrakennuksen mukaisesti niin, että katon kannatin rakenteet koostuisivat kurkhirrestä ja katto-orsista. Näin olisi voitu hyväksikäyttää asuinrakennuksesta ylimääräiseksi jäänyttä ikkunaa. Tilaajan toiveena oli saada saunasta avoin näkymä järvelle päin.

Tämä projekti osoittautui suhteellisen hankalaksi siinä mielessä, että en pystynyt tiukan aikataulun vuoksi luomaan tilaajan toiveiden mukaista rakennemallia rakennukselle. Lähtötiedot rakennuksen ulkonäöstä olivat todella minimaaliset. Rakennukselle piti saada ensin arkkitehtuurillinen näkemys, jotta itse rakennemittotusta päästään edes toteuttamaan. Asiakkaan toiveiden mukainen rakenne ratkaisu koitui kuitenkin haastavaksi. Ongelmaksi tuli pilarin sijainti kurkhirren päässä, joka olisi tullut estämään saunalta järvelle avautuvaa näkymää. Tilanteen olisi saanut ratkaistua rakenteellisesti järkeväksi, mutta tiukan aikataulun vuoksi päätin yksinkertaistaa rakennetta muuttamalla ikkunan suorakaiteen muotoiseksi ja yläpohjarakenne suunniteltiin NR-ristikoiden varaan.

Mielestäni mitoitus oli työssä kaikista mielenkiintoisinta. Se tuntui suhteellisen yksinkertaiselta, mutta ilman haasteitakaan ei välttytty. Jouduin pohtimaan yläpohjan, ikkunoiden ja ristikkorakenteiden yhteensopivuutta käyttötarkoituksen mukaan. Huomasin, että työssä joutuu ottamaan tosi monia asioita huomioon eikä ne ole aina niin yksiselitteisiä. Alkuperäisissä suunnitelmissa käytettävää ikkunaa ei voitu sijoittaa lattiatasoon, koska se ei ollut turvalasi. Sain kuitenkin taas lisää uusia näkemyksiä puurakenteiden suunnittelusta ja se oli osittain työn tavoitteena. Etenkin sain varmuutta ja kokemusta työssä käytettyjen eri ohjelmien käytöstä. Finnwoodin käyttökokemus on ollut suhteellisen vähäistä, joten pyrin aina varmistamaan käsin laskemalla ohjelmasta saadut tulokset. Käsin laskennalla tehtävillä tarkasteluilla sain vastaavat tulokset, kuin ohjelmalla. Olisin voinut kuitenkin työssä miettiä enemmän rakenteellisesti järkevämpiä vaihtoehtoja niin kustannusten kuin käyttöä ajatellen.

LÄHTEET

Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2016. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Helsinki: Suomen ympäristöministeriö. Viitattu 13.3.2023
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/lopullinen_puurakenteet.pdf

Puuinfo 2020. Suunnittelu. Puun kosteuskäyttäytyminen. Viitattu 13.3.2023
<https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/puun-kosteuskayttaytyminen/>

Puuinfo Oy. 2020. Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje. 5. painos. Helsinki: Puuinfo Oy. Viitattu 13.3.2021 Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje - Puuinfo

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2017. RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2011. EN 1991-1-4 + AC + A1. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2006. EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2017. RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2014. EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 3. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

LIITTEET

- Liite 1. Runkotolpan mitoitus
- Liite 2. Pilarin mitoitus
- Liite 3. Kannatinpalkin mitoitus
- Liite 4. Lattiapalkiston mitoitus
- Liite 5. Yläpohjan jäykistys
- Liite 6. Kannatinpalkin voimasuureet
- Liite 7. Julkisivut
- Liite 8. Pohja- ja leikkauskuva
- Liite 9. Terassin kannatinpalkit

Liite 1 1(3). Runkotolpan mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Runkotolpan mitoitus

Tuomas Vänttilä

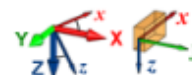
19.4.2023

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

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta

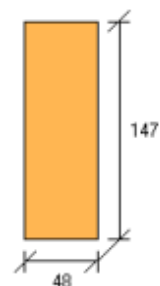


PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Tuomas Vänttilä
 Nimi: Runkotolpan mitoitus

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 48x147
 (B=48 mm, H=147 mm, A=7056 mm², I_y=12706092 mm⁴, W_y=172872 mm³)
 Käyttöluokka: 1
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 90.0 astetta
 Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Jänneväli 1: 2565.0
 Yhteensä: 2565.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
 2: 2565 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 24.10 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 30.14 N/mm²
 f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 14.56 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.40 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
 E_{,mean}: 11000 N/mm²
 G_{,mean}: 690 N/mm²
 E 0.05: 7400 N/mm²
 G 0.05: 460 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Liite 1 2(3). Runkotolpan mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Runkotolpan mitoitus

Tuomas Vänntilä

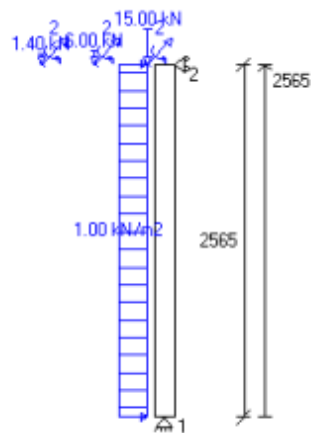
19.4.2023

km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	0.67

Osavarmuusluku:	1.30
-----------------	------

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

kdef:	0.600
-------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 1.40 kN	x = 2565.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.070 kNm	x = 2565.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.035 kN/m	x = 0 - 2565 mm

Lumikuorma (Lumikuorma $Sk < 2.75$ kN/m², Keskipitkä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6.00 kN	x = 2565.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.300 kNm	x = 2565.0 mm

Liite 1 3(3). Runkotolpan mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Runkotolpan mitoitus

Tuomas Vänttiä

19.4.2023

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
 Kokonaiskäyttöaste: 79.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:

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

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.75 kN	10.67 kN	16.4 %	2565 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	30.51 kN	84.10 kN	36.3 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus (My):	1.52 kNm	3.52 kNm	43.1 %	2565 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.79	1.00	79.3 %	2565 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=1.52 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=30.41 kN)					
jänneväli 1, $W_z,inst$:	-1.1 mm	-- mm	-- %	1475 mm	Yhdistelmä 11/1
jänneväli 1, W_z,net,fin :	-1.4 mm	8.5 mm	15.8 %	1475 mm	Yhdistelmä 11/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.05*Lumikuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 11/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	30.51 kN	0 mm
$V_{z,max}$	1.75 kN	2565 mm
$M_{y,max}$	1.52 kNm	2565 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.21 kN	-0.56 kN	0.14 kN	-0.37 kN
2:	-0.02 kN	-1.75 kN	-0.03 kN	-1.17 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	30.51 kN	1.34 kN	20.69 kN	1.49 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

Liite 2 1(3). Pilarin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Pilarin mitoitus

Tuomas Vänttilä

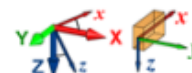
19.4.2023

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

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



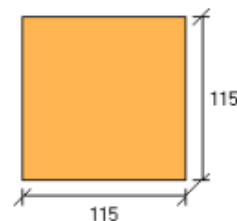
PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Tuomas Vänttilä

Nimi: Pilarin mitoitus

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari
 Materiaali: Standardipilarit (GL30c)
 Poikkileikkaus: 115x115 (varastokoko)
 (B=115 mm, H=115 mm, A=13225 mm², I_y=14575052 mm⁴, W_y=253479 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 90.0 astetta



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Jänneväli 1: 2520.0
 Yhteensä: 2520.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
 2: 2520 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 33.00 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 30.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 24.50 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 21.45 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.50 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 3.50 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 3.50 N/mm²
 E_{mean}: 13000 N/mm²
 G_{mean}: 650 N/mm²
 E 0.05: 10800 N/mm²
 G 0.05: 540 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)
 km-kerroin: 0.70

Liite 2 2(3). Pilarin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Pilarin mitoitus

Tuomas Vänttilä

19.4.2023

kcr-kerroin: 1.00

Osavarmuusluku: 1.25

Aikaluokka: kmod:

Pysyvä: 0.600

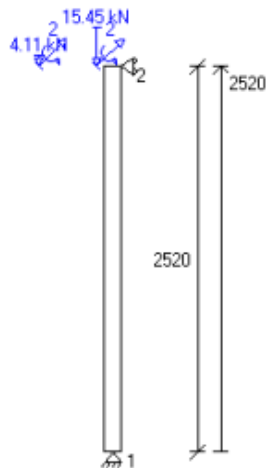
Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: FZ = 4.11 kN x = 2520.0 mm

Pistekuorma: 2: My = -0.206 kNm x = 2520.0 mm

Rakenneosan paino: QZ = 0.066 kN/m x = 0 - 2520 mm

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75$ kN/m², Keskipitkä):

Pistekuorma: 1: FZ = 15.45 kN x = 2520.0 mm

Pistekuorma: 2: My = -0.772 kNm x = 2520.0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Liite 2 3(3). Pilarin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Pilarin mitoitus

Tuomas Vänntilä

19.4.2023

 Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)
 0.90*Omapaino

 Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)
 1.00*1.35*Omapaino

 Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)
 1.00*1.15*Omapaino

 Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)
 1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

 Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)
 1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

 Yhdistelmä 9 (KRT)
 1.00*Omapaino

 Yhdistelmä 10 (KRT)
 1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

 Yhdistelmä 11 (KRT)
 1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

MITOITUS:
 Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
 Kokonaiskäyttöaste: 47.1 %

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

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.55 kN	19.75 kN	2.8 %	1890 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Puristus:	28.09 kN	132.83 kN	21.1 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	1.40 kNm	5.35 kNm	26.1 %	2520 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus: (My=1.40 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=27.90 kN)	0.47	1.00	47.1 %	2520 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
jänneväli 1, $W_{z,inst}$:	-2.1 mm	- mm	- %	1449 mm	Yhdistelmä 11/1

Liite 3 1(4). Kannatinpalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

Tuomas Väänttilä

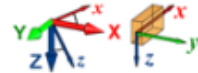
13.4.2023

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

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Tuomas Väänttilä

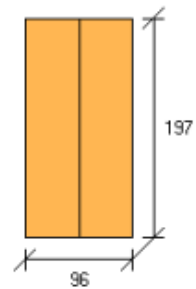
Nimi: ?

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 2x48x197
 (B=96 mm, H=197 mm, A=18912 mm², I_y=61162984 mm⁴, W_y=620944 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 2181.0
 Jänneväli 2: 2063.0
 Yhteensä: 4244.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	2181	115	Liukutuki (Z)
3:	4244	148	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	24.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	26.24 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	14.50 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{,mean} :	11000 N/mm ²
G _{,mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Liite 3 2(4). Kannatinpalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

Tuomas Vänttilä

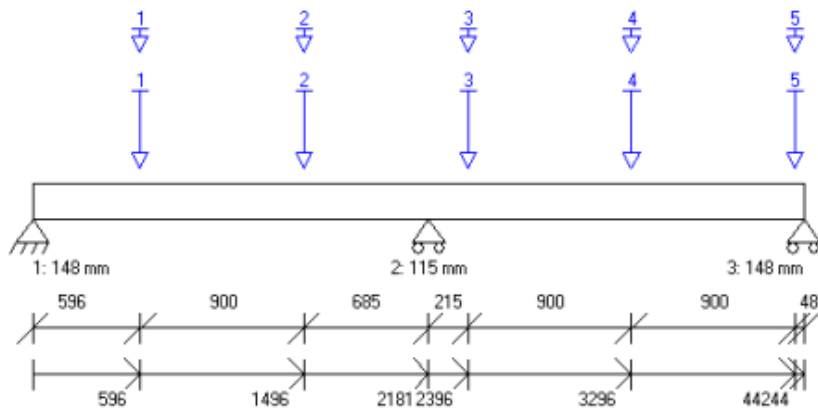
13.4.2023

km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00

Osavarmuusluku:	1.30
-----------------	------

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

kdef:	0.800
-------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 1.32 kN	x = 596.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 1.32 kN	x = 1496.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 1.32 kN	x = 2396.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 1.32 kN	x = 3296.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 1.32 kN	x = 4196.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.095 kN/m	x = 0 - 4244 mm

Liite 3 3(4). Kannatinpalkin mitoitus

Tuomas Vännilä

13.4.2023

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k \geq 2.75$ kN/m ² , Keskipitkä):		
Pistekuorma: 1:	FZ = 5.28 kN	x = 596.0 mm
Pistekuorma: 2:	FZ = 5.28 kN	x = 1496.0 mm
Pistekuorma: 3:	FZ = 5.28 kN	x = 2396.0 mm
Pistekuorma: 4:	FZ = 5.28 kN	x = 3296.0 mm
Pistekuorma: 5:	FZ = 5.28 kN	x = 4196.0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 7 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017

Kokonaiskäyttöaste: 86.4 %

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

Korotuskertoimen, vasen uloke: 2.00

Korotuskertoimen, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$ Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$ Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: L_{k1} = Päätukien välimatka

Liite 3 4(4). Kannatinpalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

Tuomas Vänttilä

13.4.2023

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka
 Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)
 HUOM! Lk1:ta käytetään, kun $My > 0$ ja Lk2:ta, kun $My < 0$
 Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	14.64 kN	31.04 kN	47.2 %	2396 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	5.98 kNm	8.25 kNm	72.5 %	2181 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	5.98 kNm	9.17 kNm	65.2 %	2181 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	7.19 kN	39.43 kN	18.2 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.80					
Tukipaine, tuki 2:	27.92 kN	32.31 kN	86.4 %	2181 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.90					
Tukipaine, tuki 3:	12.51 kN	32.86 kN	38.1 %	4244 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Wz,fin:	2.6 mm	– mm	– %	955 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	2.6 mm	7.3 mm	35.5 %	955 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, Wz,fin:	1.7 mm	– mm	– %	3296 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, Wz,net,fin:	1.7 mm	6.9 mm	24.8 %	3296 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	16.01 kN	2181 mm
My,max	5.98 kNm	2181 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	7.19 kN	0.96 kN	5.05 kN	1.07 kN
2:	27.92 kN	3.70 kN	19.57 kN	4.12 kN
3:	12.51 kN	1.63 kN	8.76 kN	1.81 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.07
2:	4.12

Liite 4 1(4). Lattiapalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Lattiapalkki

Tuomas Väänttilä

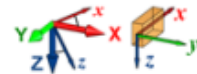
23.4.2023

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

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



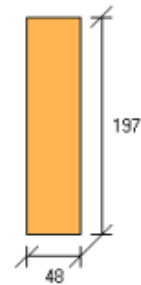
PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Tuomas Väänttilä

Nimi: Lattiapalkki

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Lattiapalkki/laatta
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 48x197
 (B=48 mm, H=197 mm, A=9456 mm², I_y=30581492 mm⁴, W_y=310472 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 300 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke: 100.0
 Jänneväli 1: 1992.0
 Oikea uloke: 100.0
 Yhteensä: 2192.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	100	45	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	2092	45	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	24.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30.14 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	14.50 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²

Liite 4 2(4). Lattiapalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

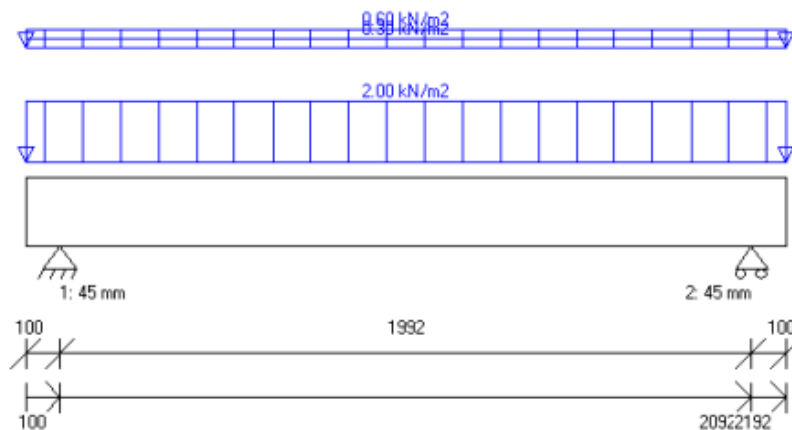
© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Lattiapalkki

23.4.2023

Tuomas Vänttilä

Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
<hr/>	
Osavarmuusluku:	1.30
<hr/>	
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.047 kN/m x = 0 - 2192 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.600 kN/m² x = 0 - 2192 mmPintakuorma: 2: QZ = 0.300 kN/m² x = 0 - 2192 mm

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

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m² x = 0 - 2192 mm**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Liite 4 3(4). Lattiapalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Lattiapalkki

23.4.2023

Tuomas Vänttilä

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017

Kokonaiskäyttöaste:

98.0 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

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

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

VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Liite 4 4(4). Lattiapalkin mitoitus

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Lattiapalkki

23.4.2023

Tuomas Vänttilä

Huoneen suurin mitta L [m]:	6.0
Lattiarakenteen leveys B [m]:	5.0
Välipohjan tuentatapa:	2 reunaa tuettu
Ulokkeen lyhennys [mm]:	0.0
Poikittaisjäykisteet:	Ei jäykisteitä
Yläpuolinen lattialevy / rakenne:	Ei huomioida
Liittorakennevaikutus:	Ei liittovaikutusta
Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys:	Ei kelluvaa rakennetta
Alapuoliset poikittaiskoolaukset:	Ei alapuolista poikittaiskoolausta
Pinta-alayksikön massa [kg/m ²]:	136
HUOM! "Ulokkeen lyhennys" tarkoittaa ulokkeen kävelyllä altistumatonta aluetta	

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.26 kN	15.52 kN	8.1 %	2092 mm	Yhdistelmä 2/7, Keskipitkä
Taivutus (My):	0.63 kNm	4.59 kNm	13.6 %	1096 mm	Yhdistelmä 2/4, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	0.63 kNm	4.59 kNm	13.6 %	1096 mm	Yhdistelmä 2/4, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	1.39 kN	11.63 kN	11.9 %	100 mm	Yhdistelmä 2/8, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 3.50					
Tukipaine, tuki 2:	1.39 kN	11.63 kN	11.9 %	2092 mm	Yhdistelmä 2/7, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 3.50					
Vasen uloke, Wz,inst:	-0.1 mm	– mm	– %	0 mm	Yhdistelmä 14/3
Vasen uloke, Wz,net,fin:	-0.1 mm	– mm	– %	0 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 1, Wz,inst:	0.6 mm	5.0 mm	12.9 %	1096 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 1, Wz,net,fin:	0.9 mm	6.6 mm	13.8 %	1096 mm	Yhdistelmä 14/3
Oikea uloke, Wz,inst:	-0.1 mm	– mm	– %	2192 mm	Yhdistelmä 14/3
Oikea uloke, Wz,net,fin:	-0.1 mm	– mm	– %	2192 mm	Yhdistelmä 14/3
Taipuma U:	0.5 mm	0.5 mm	98.0%		(Värähtelytarkastelu)
Taajuus f1:	36.2 Hz	9.0 Hz	24.8%		(Värähtelytarkastelu)

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/7 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50*Hyötykuorma, Oikea uloke

Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 2/8 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, Vasen uloke + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 14/3 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma, jänneväli 1

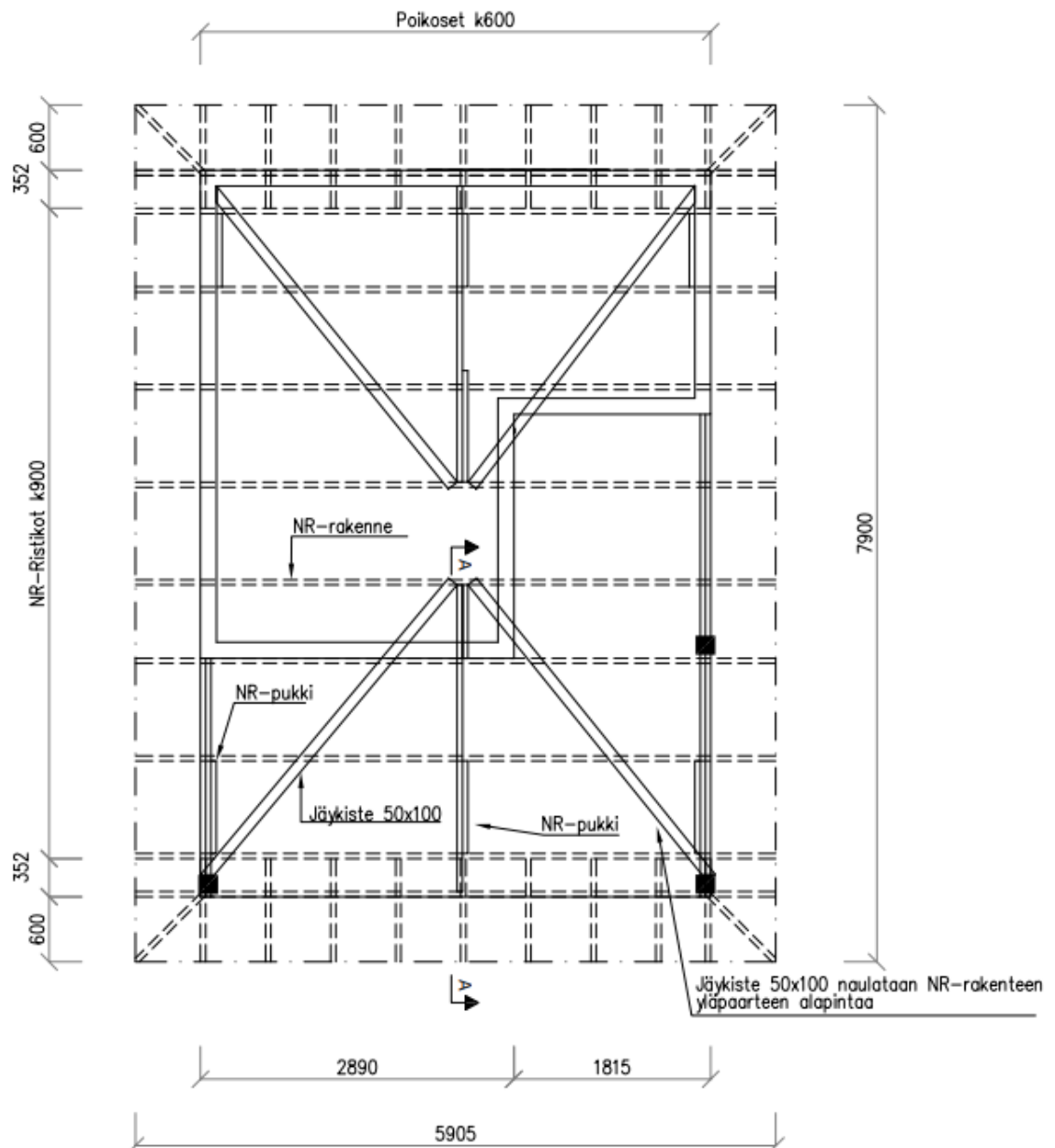
VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	1.26 kN	2092 mm
My,max	0.63 kNm	1096 mm

TUKIREAKTIOT:

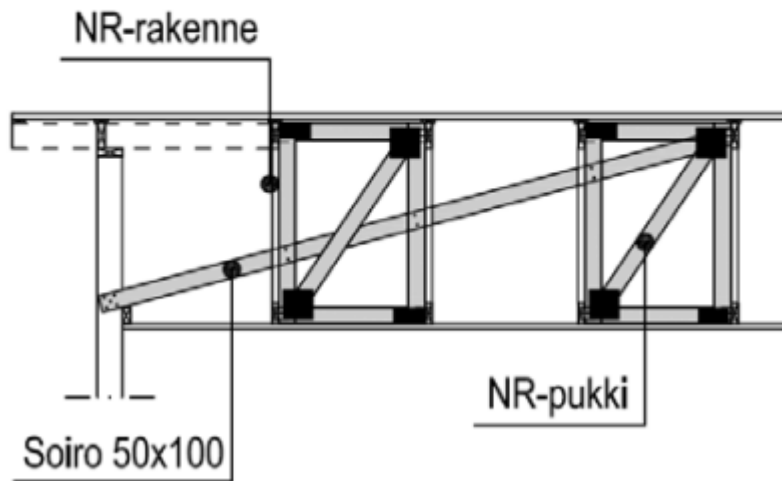
Liite 5 1(2). Yläpohjan jäykistys

YLÄPOHJAN JÄYKISTYS 1:50

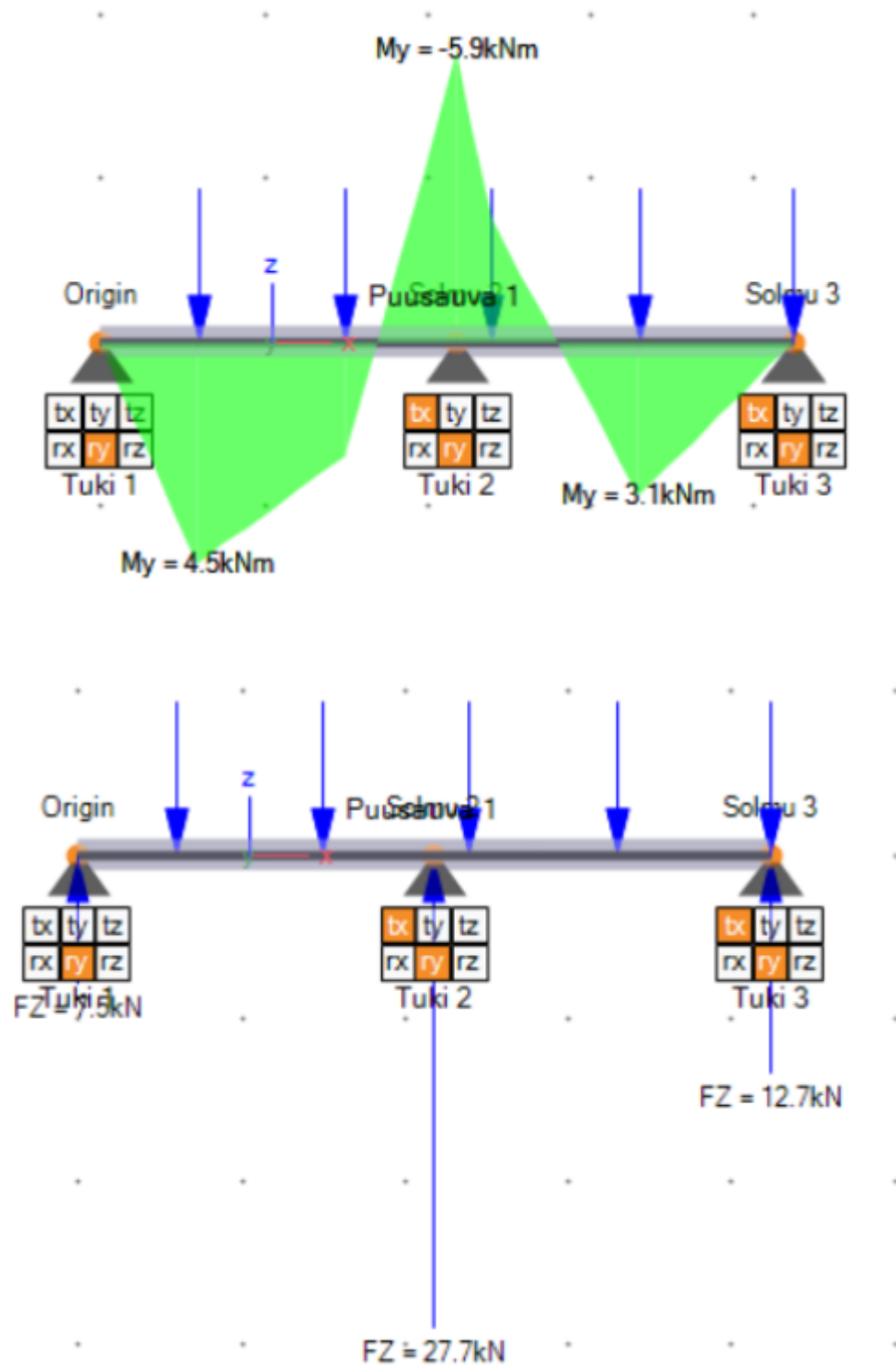


Liite 5 2(2). Yläpohjan jäykistys

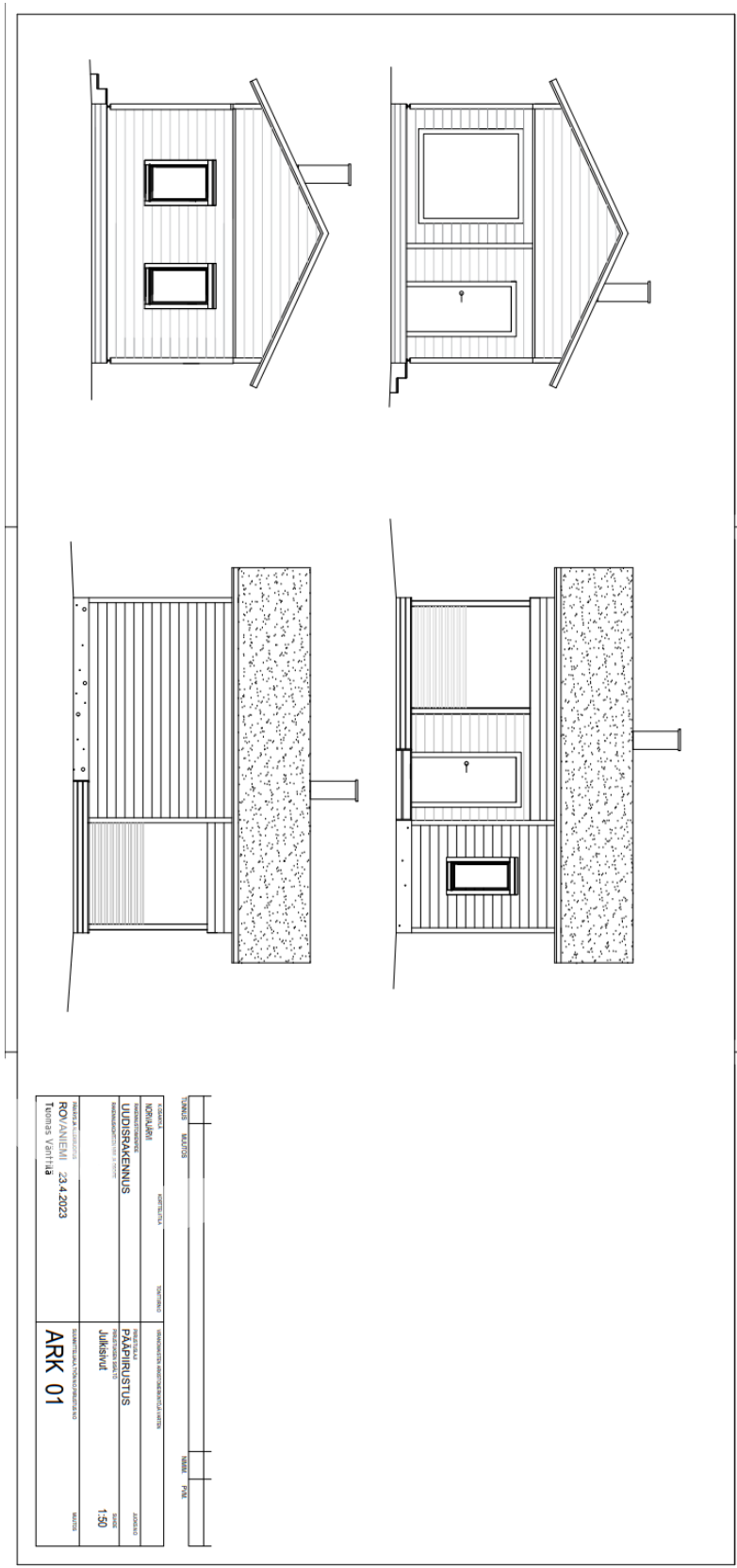
LEIKKAUS A-A



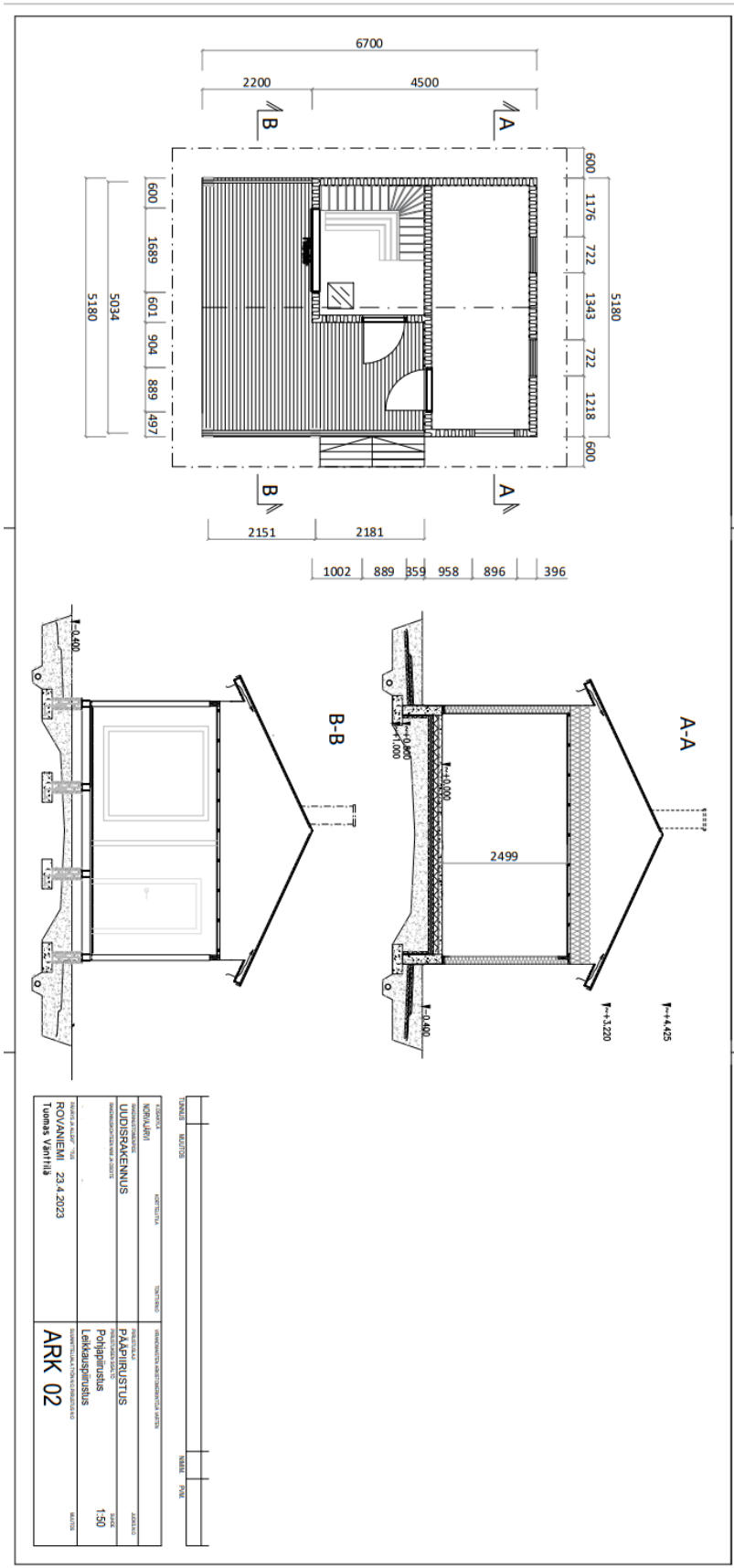
Liite 6. Kannatinpalkin voimasuureet



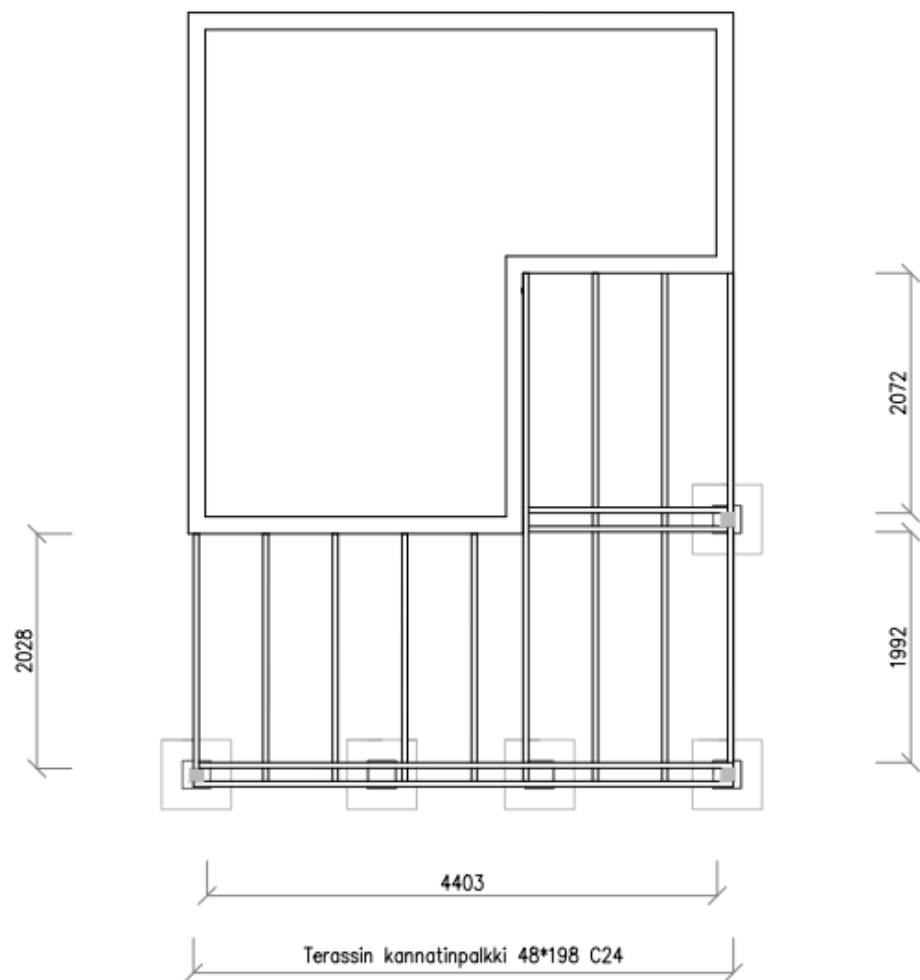
Liite 7. Julkisivut



Liite 8. Pohja- ja leikkauskuva



Liite 9. Terassin kannatinpalkit

LATTIA PALKISTO
1:50

RP-240 PILARIHARKKO + 600*600*200 BETONIVALU



115*115 LIIMAPUU PILARI