

Juho Lappalainen

AUTOTALLIN SUUNNITTELU JA PUURAKENTEIDEN
MITOITUS

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2019

AUTOTALLIN SUUNNITTELU JA PUURAKENTEIDEN MITOITUS

Lappalainen, Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

toukokuu 2019

Sivumäärä: 32

Liitteitä: 12

Asiasanat: rakennesuunnittelu, puurakenteet, autotalli

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitoittaa, suunnitella ja niiden mukaan rakentaa autotalli Laitilaan keskustan alueelle. Opinnäytetyössä perehdytään autotallin puurakenteiden mitoittamiseen ja jäykistykseen. Laskelmien pohjalta talliin piirrettiin rakennuslupakuvat ja se rakennettiin kesällä 2017.

Työn tilaajat Kirsti ja Kyösti Kivioja tarvitsivat lämmintä autotalli- ja varastotilaa taksiyrityksen tarpeisiin sekä työkalujen varastointiin. Pääpiirustukset piirrettiin heidän tarpeidensa mukaan, rakennusmääräykset huomioiden. Ennen rakentamisen aloitusta, vanha kylmä varasto siirrettiin pois uuden tieltä ja puut kaadettiin tontin reunalta.

Rakennuslupakuvien, sekä rakennesuunnitelmien piirtämiseen käytettiin AutoCad-piirustusohjelmaa ja laskelmiin MathCad-laskentaohjelmaa. Opinnäytetyö käsittelee rakennuksen neliöpainon laskennan, runkotolpan mitoituksen, aukon ylityspalkin mitoituksen sekä rakennuksen koko-naisjäykistykseen.

PLANNING AND DIMENSIONING WOODEN STRUCTURES OF GARAGE

Lappalainen, Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction engineering

May 2019

Number of pages: 32

Appendices: 12

Keywords: structural design, wooden structures, garage

The purpose of this thesis was to design garages wooden structures and draw construction plans. In addition, thesis considered to bracing of building and roof trusses. Garage was built in summer of 2017 to city of Laitila based on this thesis master plans.

Calculations of thesis were made by Mathcad Prime 4.0 and drawings with AutoCad 2019. For the most part of theory was collected from RIL publications. These publications are based to "EN 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures".

The thesis contains main structure plans including drawings of foundation, attic joist and cornice of roof. Strength calculations of framework of a building and theory concerning calculations are indicated in thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SUUNNITTELU	6
2.1	Rakennuksen tarve	6
2.2	Rakennuskohteen yleistä tietoa.....	6
3	LUJUUSLASKELMAT	8
3.1	Rakenteen kuormat	8
3.1.1	Rakennuksen omapaino.....	8
3.1.2	Lumikuorma	11
3.1.3	Tuulikuorma	12
3.2	Runkotolpan mitoitus.....	13
3.2.1	Runkotolpan puristus- ja taivutuskestävyys	13
3.2.2	Alajuoksun tukipainekestävyys	17
3.3	Aukon ylityspalkin mitoitus.....	18
3.4	Rungon jäykistys.....	21
3.4.1	Seinien levyjäykistys	21
3.4.2	Alapaarretason levyjäykistys.....	24
3.5	NR-ristikoiden jäykistys	25
3.5.1	Ristikon uumasauvan nurjahdustuenta	27
3.5.2	Kattoruoteet	29
4	RAKENNESUUNNITELMAT.....	31
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, mitoittaa ja hankkia rakennuslupa Laitilassa sijaitsevalle autotallille. Autotalli sisältää kahden auton lämpimän tallin sekä autokatos-
toksen ja sen perällä sijaitsevan pienen varaston. Perustukset toteutetaan nauha-anturana, sokkeli valuharkoilla ja lattiaksi valetaan maavarainen laatta. Rakennuksen kantavana runkona toimii puurakenteinen tolpparunko, joka jäykistetään tuulensuojakipsilevyin. Rakennus on harjakattoinen ja vesikatteena toimii tiilikuvioinen peltikatto. Rakennuksen tilalla on pienempi kylmä varasto, joka siirretään tontin toiselle puolelle uuden autotallin tieltä.

Rungon mitoituksessa lasketaan runkotolpan puristuskestävyys, leima- ja kiskopaine, Nosto-ovien kohdalla sijaitsevien aukkopalkkien taivutus sekä leikkauskestävyys ja katosta kannattavan putkipalkin puristuskestävyys. Opinnäytetyössä tarkistetaan tallin kokonaisjäykistys, johon sisältyy ulkoseinien levyjäykistys ja kattotuolien jäykistys. Lumi- ja tuulikuorman laskentaesimerkki esitetään kohdassa ”runkotolpan mitoitus”. Suunnitteluohjeena työssä käytetään pääasiassa RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohjetta, joka perustuu Eurokoodi-standardeihin. Rakenteelliset kestävyyydet mitoitetaan murtorajatilassa. Työssä esitetään nimiöineen ja asiateksteineen pääasialliset rakennesuunnitelmat perustuksista, yläpohjasta, sekä räystäältä.

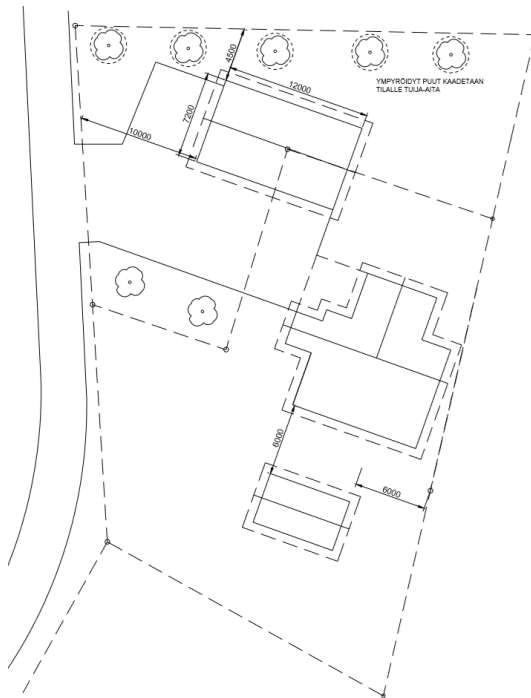
2 SUUNNITTELU

2.1 Rakennuksen tarve

Rakennuksen tilaajat ovat jo pitkään kaivanneet lämmintä varastotilaa, jonne työautot ja työkalut saa säilöön. Pohjatyöt on tarkoitus aloittaa toukokuussa 2018 ja käyttöön-otto suorittaa syksyllä 2018. Vanha kylmä varasto, joka siirretään tontin alapihalle, on pieni, eikä sovellu muuhun kuin pienten koneiden varastointiin. Uusi talli on sokkelimitoiltaan 7,2 m x 12,0 m, yhteensä 86,4 m², josta lämmintä tilaa 59 m². Lämmin tila on jaettu väliseinällä kahteen talliin, joista toinen on tarkoitettu lähinnä auton säilytykseen ja toinen remontointiin ja työkalujen säilytykseen. Molempiin talleihin tulee sähköiset nosto-ovet, toiseen lisäksi yksi ulko-ovi, josta käynti autokatokseen. tallin pohjoisseinälle asennetaan 4 kappaletta 6x10 ikkunoita.

2.2 Rakennuskohteen yleistä tietoa

Tontti sijaitsee Laitilan keskustassa rukoushuoneen mäen alarinteessä. Tontilla sijaitsee 1920 vuonna rakennettu 1,5-kerroksinen asuinrakennus sekä kylmä kevythirrestä valmistettu talli. Tontin maaperä on hiekkaa ja se sijaitsee loivassa mäessä. Autotalli rakennetaan vanhan tallin paikalle, joten vanha talli siirretään pois uuden tieltä ja tontin reunassa olevat viisi koivua kaadetaan. Tontin nykyiset omistajat ovat ostaneet tontin 2012 ja siihen sisältyy kaksi erillistä tonttia, joita ei ole koskaan yhdistetty.



KUVA 1. Myllymäentie 5 asemakaava-kuva.

Autotallin antura toteutetaan nauha-anturana ja sokkeli ladotaan valuharkkoista. Lisäksi sokkeli nostetaan 400 mm lattian yläpuolelle. Tämä siksi, että lattian pinta saadaan pidettyä lähempänä maanpintaa ja sisäänajoluiskat pysyvät loivina. Lattiana tallissa on maavarainen laatta, jonka alla 100 mm eristettä, kapillaarikatko sekä kantava perusmaa. Puurunko tehdään paikalla rakentaen ”pitkästä” kuu-

vut toimivat kantavina rakenteina. Rungon sisäpintaan tulee 48x48 mm vaakakoolaus, joten villaa rungon väliin tulee yhteensä 200 mm. Rungon ja koolauksen väliin asennetaan höyrynsulkupahvi, joka vieään yhtenäisenä yläpohjan alapintaan. Rakennus jäykistetään tuulensuojakipsilevyillä ulkopuolelta, jonka päälle lyödään pystykoolaus ja ulkoverhouslauta. Katoksen ja tallin välinen seinä on EI30-paloseinä, joten se vieään vesikattoon asti levytettynä palokipsilevyillä molemmin puolin. Vesikatteena toimii tiilikuvioinen peltikate, jonka alla 32x100 mm ruoteet, tuuletusrima, aluskate ja NR-kattoristikko. Välikatolle puhalletaan 400 mm villaa. Autotallin lämmityksenä toimii ilmalämpöpumppu.

3 LUJUUSLASKELMAT

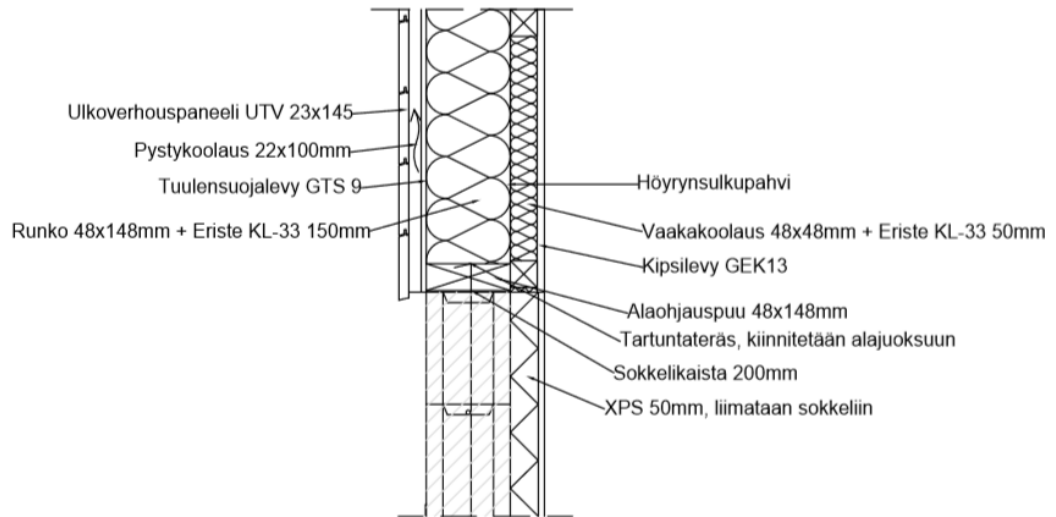
3.1 Rakenteen kuormat

Rakennukseen vaikuttavia kuormia ovat rakennuksen omapaino, erilaiset hyötykuormat, eli niin sanotut liikuteltavat kuormat, sekä muuttuvat kuormat, kuten lumi- ja tuuli-kuorma. Näiden yhteisvaikutukset rakennukseen otetaan huomioon, kun mitoitetaan rakenteita.

3.1.1 Rakennuksen omapaino

Rakennuksen omapaino lasketaan nimellisten tilavuuspainojen sekä nimellismittojen mukaan. Rakennuksen omapaino kattaa kantavat ja ei-kantavat rakenteet. Nimellismittoina käytetään mittoja, jotka on esitetty rakennuspiirustuksissa. siirrettävät väliseinät lasketaan hyötykuormiksi. Rakennukseen vaikuttavina hyötykuormina Suomessa käytetään RIL 205-1-2007, taulukossa 2.5 esitettyjä kuormia. Hyötykuormaksi lasketaan liikkuvat kuormat, jotka vaikuttavat epäsuotuisasti tarkasteltavaan rakenteeseen. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 31,32)

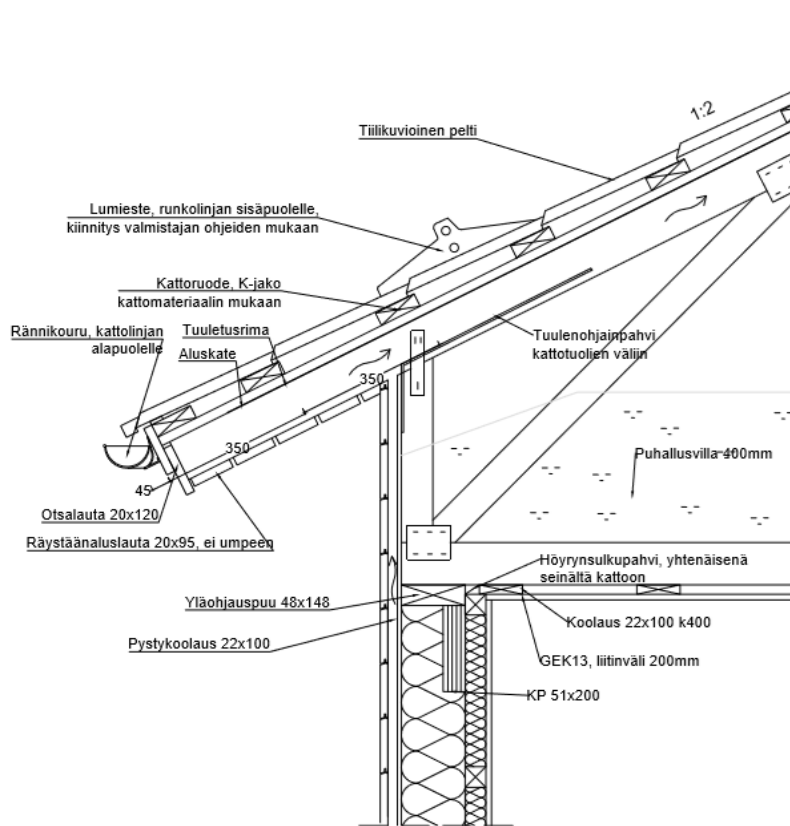
Ulkoseinäleikkaus 1:10



KUVA 2. Ulkoseinän rakenneleikkaus.

Kyseisen rakenteen paino lasketaan sokkelin yläpuolelta neliötä kohden. Ulkoseinän painoksi saadaan 0,56 kN/m².

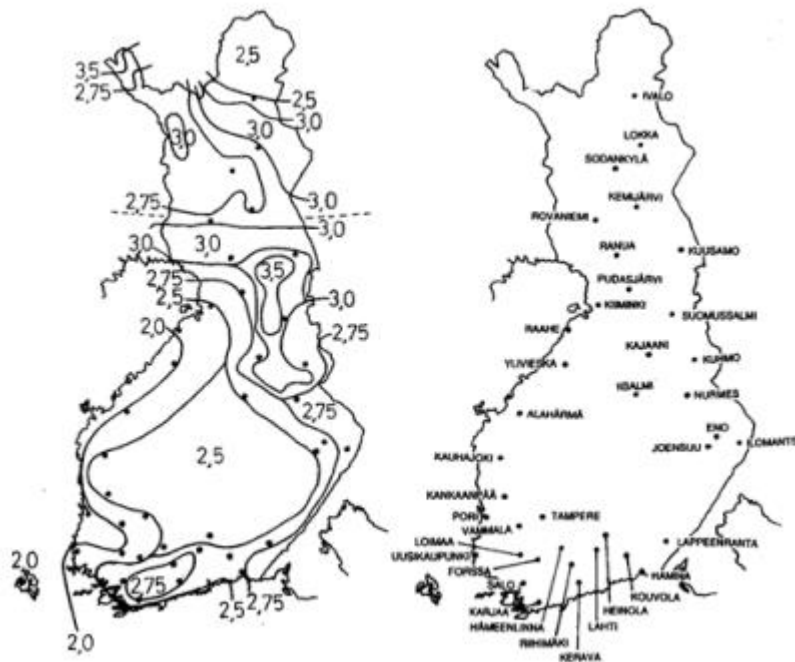
YLÄPOHJAN RAKENNELEIKKAUS 1:10



KUVA 3. Yläpohjan rakenneleikkaus.

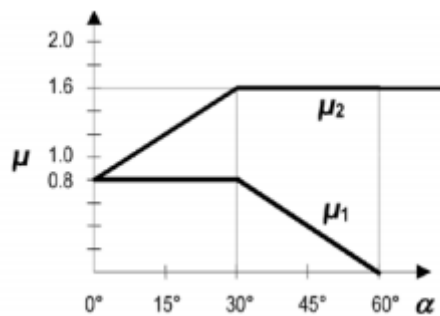
Yläpohjan ja vesikaton paino lasketaan yläjuoksun päältä. Myös alapuoliset rakenteet, joita ristikot kannattavat, lisätään kokonaispainoon mukaan. Kokonaispainoon lisätään 0,1 kN/m² ripustuskuormaa, koska talliin tulee nosto-ovet, joiden kannakkeet ripustetaan kattoon. Vesikaton paino on 0,63 kN/m².

3.1.2 Lumikuorma



KUVA 4. Lumikuorma maassa. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 33)

Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot on esitetty kuvassa 4. Kertomalla maanpinnan lumikuorma kuvan 5 mukaan määritellyllä muotokertoimella, saadaan kattoon kohdistuva ominaislumikuorma. Kuvassa 5 olevia muotokertoimia ei käytetä, kun lumi estetään liukumasta katolla. Jos katolla on lumieste, tai muu liukumista estävä kaide, niin muotokertoimelle käytetään arvoa 0,8 (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 33)



KUVA 5. Muotokertoimia lumikuormalle. (Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 12)

Laitila sijaitsee 18 km itään Uudestakaupungista, joten lumikuorma maassa 2,2 kN/m². Koska alaräystäälle on asennettu lumieste nosto-ovien ja katoksen takia, lumikuorman muotokerroin täytyy olla vähintään 0,8. Kattokaltevuus 1:2 on asteina 26,57 astetta, eli muotokertoimeksi muodostuu 0,8. (RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 35)

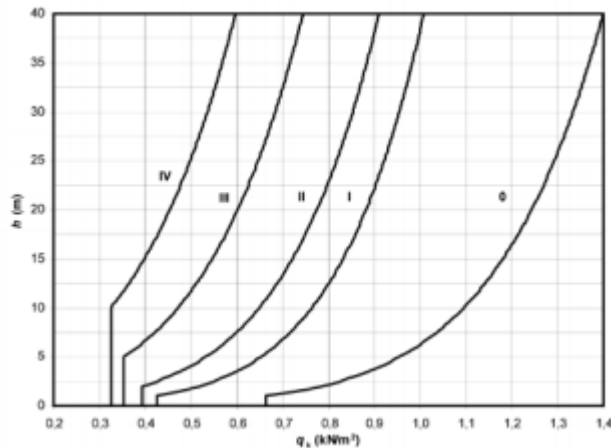
3.1.3 Tuulikuorma

Tuulikuorman laskemiseksi on annettu yksinkertainen menettelytapa, jota voidaan käyttää Suomessa tavanomaisten rakennusten yhteydessä. Kuvan 6 kaltainen maastoluokka vaikuttaa tuulikuorman suuruuteen ja sitä vastaavat nopeuspaineen ominaisarvot esitetään kuvassa 7. Rakennukseen kohdistuvissa tuulikuormatarkasteluissa käytetään aina samaa nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määräytyy rakennuksen korkeuden mukaan. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 37)

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.

KUVA 6. Maastoluokat pinnanmuodon ja rosoisuuden mukaan. (Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2011, 11)

Tuulikuorman laskentaa varten täytyy selvittää tontin maastoluokka. Tontti sijaitsee Laitilan keskustassa, suojaisessa paikassa, mutta ympärillä olevat rakennukset ovat pieniä eikä sitä voi siitä syystä sijoittaa maastoluokkaan IV. Tontti kuuluu siis maastoluokkaan III.



KUVA 7. Eri maastoluokkien nopeuspaineiden ominaisarvoja. (Puuinfo, lyhennetty suunnitteluohje 2011, 13)

Tuulen aiheuttamaa kuormaa varten tarvitaan myös harjakorkeus, joka on 5.5 m. Ku- vasta 7, maastoluokka III graafista katsottuna harjakorkeuden ollessa 5.5 m, tuulen aiheuttama kuorma on 0.36 kN/m². Rakenteen osapinnoille kohdistuva tuulenpaine on aina kohtisuorassa pintaa vastaan. Paikallinen tuulenpaine lasketaan nettopaineena, jonka arvoksi saadaan 0.54 kN/m. (Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 13)

3.2 Runkotolpan mitoitus

Autotallin puurunko on varsin matala, koska sokkeli nousee 400 mm ylemmäs lattian- pinnasta. Runkotolpan 48x148 mm pituus on 2050 mm ja runkojako k600. Mitoituk- sessa tarkastellaan tolpan puristus- sekä taivutuslujuus ja alajuoksuun runkotolpasta aiheutuva tukipainekestävyys.

3.2.1 Runkotolpan puristus- ja taivutuskestävyys

Jos kuormitusyhdistelmä koostuu eri aikaluokkiin kuuluvista kuormista, valikoidaan lyhytkestoisinta kuormaa vastaava k_{mod} -arvo. Esimerkiksi pysyvän kuorman ja het- kellisen tuulikuorman yhdistelmälle käytetään hetkellisen aikaluokan k_{mod} -arvoa. (RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 45)

Rakenteet jaotellaan käyttöluokkiin 1,2 tai 3 riippuen siitä, millaisissa ympäristöolosuhteissa kyseinen rakenne sijaitsee. Käyttöluokkaan 1 kuuluu puurakenne, jonka kosteus on lämpötilaa 20 astetta vastaava ja suhteellinen kosteus ympäröivässä ilmassa ylittää 65 % maksimissaan muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokkaan 2 kuuluu puurakenne, joka sijaitsee ulkoilmassa, mutta kuivana niin, että se on katetussa ja tuuletetussa tilassa ja hyvin kastumiselta suojattuna. Käyttöluokassa 3 sijaitseva puurakenne on tyypillisesti suuremmissa kosteusolosuhteissa kuin käyttöluokassa 1 tai 2. Käyttöluokkaan 3 kuuluva rakenne on suoraan säälle alttiina, kosteassa tilassa tai veden välittömän vaikutuksen alaisena. (RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 31)

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

KUVA 8. Käyttö- ja aikaluokan suhteesta saatava kmod-arvo (Puuinfo, puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2011, 17)

Runkotolpan mitoituksessa otetaan huomioon yläpohjan kuorma, lumikuorma sekä tuulikuorma. Runkotolppa mitoitetaan hetkelliseen ja keskipitkään aikaluokkaan. Hetkellisessä aikaluokassa tuuli on määräävä voima ja keskipitkässä lumikuorma.

Lämmöneristekerroksessa sijaitseva tolppa sekä viereiset materiaalit vastaavat kosteudeltaan 20 asteen lämpötilaa ja ilman suhteellinen kosteus on yli 65% ainoastaan muutamana viikon vuodessa. Näillä perusteilla runkotolppa kuuluu käyttöluokkaan 1.

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,4
Havusahatavara, jonka lujuusluokka $\geq$ C35	1,25
Liimapuu, LVL	1,2
Puulevyt	1,25
Liitokset	*)
Naulalevyliitokset: - tartuntalujuus	1,25
- levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

KUVA 9. Suomessa käytettäviä puumateriaalien osavarmuuslukuja. (EN 1995-1-1 EUROKODI 5: PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELU Osa 1-1:Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2007.)

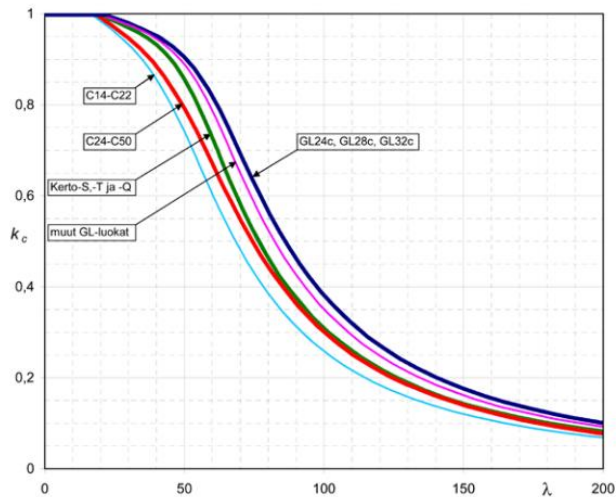
Kun tarkastellaan liitoskestävyyttä, käytetään materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuuslukua, jotka on esitetty kuvassa 9. Jos kaksi tai useampaa puutuotetta, joilla on eri osavarmuusluvut, liitetään toisiinsa, käytetään näiden materiaalien suurinta osavarmuuslukua laskennassa (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 42)

Sahatavaran k_{mod} -arvo aikaluokan ollessa hetkellinen on 1,10 ja keskipitkässä aikaluokassa 0,80, kun tarkastellaan sitä 1 käyttöluokassa. Tolpan maksimi puristuskestävyys saadaan, kun k_{mod} arvolla kerrotaan Ominaispuristuslujuuden ja osavarmuusluvun osamäärä. Ominaispuristuslujuus lujuusluokkaan C24 kuuluvalla sahatavaralla on 21 N/mm² ja osavarmuusluku 1,4.

Tuentatapa	Nurjahduspituus L_e
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta ja nivelellisesti toisesta päästään (esim. jäykkäkantainen hallin päädyn "tuulipilari")	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään (normaali tapaus)	1,0 L
Sauva on poikittaistuettu nurjahduksen suunnassa välein a	1,0 a
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästään ja on vapaa toisesta päästään ("mastopilari")	2,5 L

KUVA 10. Puristetun sauvan nurjahduspituuksia, kun sauvan pituus on L. Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 74)

Puristetun sauvan nurjahdus huomioidaan pienentämällä puristuslujuutta nurjahduskertoimen mukaisesti. Nurjahduskerroin määritetään hoikkuusluvun perusteella, joka puristetuissa rakenteissa saa olla enintään 200. Sauvan hoikkuusluku on nurjahduspituuden ja jäyhyyssäteen osamäärä.



KUVA 11. Nurjahduskertoimen suhde hoikkuuslukuun verrattuna. (Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 27)

Rakenteessa nurjahduspituus on sama kuin sauvan pituus, koska runkotolppaa tarkastellaan molemmista päistään nivelöitynä sauvana. Kun hoikkuuslukua verrataan punaiseen käyrään, joka on C24 lujuusluokan puun nurjahduskertoimen käyrä, saadaan nurjahduskertoimeksi ~ 0.82 . (Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 27)

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

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

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

KUVA 12. Mitoitusehdot, jotka puristetun tai samalla puristetun ja taivutetun sauvan tulee täyttää. (Puuinfo, Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 25)

Runkotolppa mitoitetetaan kolmessa eri kuormitustapauksessa, kolmessa eri aikaluokassa. Tolpan käyttöasteeksi puristuksen ja taivutuksen yhteisvaikutuksesta mitoitusehto 3:n mukaan, saadaan 23 %, joka vastaa noin viidennestä tolpan kestävydestä.

3.2.2 Alajuoksun tukipainekestävyys

Alajuoksun tukipainekestävyyttä mitoitettaessa seuraavan ehdon tulee täyttyä:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,l} \cdot f_{c,90,d}$$

jossa

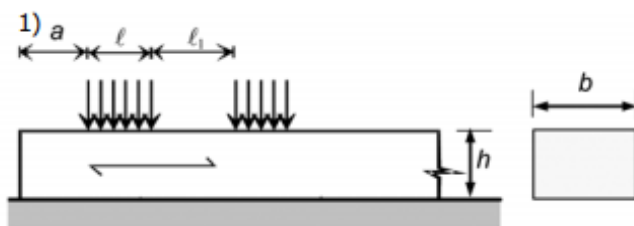
$\sigma_{c,90,d}$ kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo

$f_{c,90,d}$ mitoitusarvo puristuslujuudelle syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$k_{c,l}$ kerroin, jolla huomioidaan kuorman sijainti, halkeamismahdollisuus sekä puristuman suuruus

Tukipainekestävyyttä on mahdollista korottaa naulalevy- tai ruuvivahvistuksella, jonka jälkeen tukipainekestävyys määritellään kyseisen liittimen valmistajan mitoitusohjeen mukaan. (RIL 205-1-2007, Puurakenteidensuunnitteluohje 2007, 66,67)

Alajuoksuun vaikuttaa voima, joka siirtyy yläpohjalta runkotolppaa pitkin alajuoksulle ja sitä kautta perustuksille. Runkotolpan kohdalla alajuoksussa vaikuttaa tukipaine, jolloin runkotolppa pyrkii läpäisemään alajuoksun. Alajuoksuun vaikuttavan puristusjännityksen tulee olla pienempi, kuin puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa.

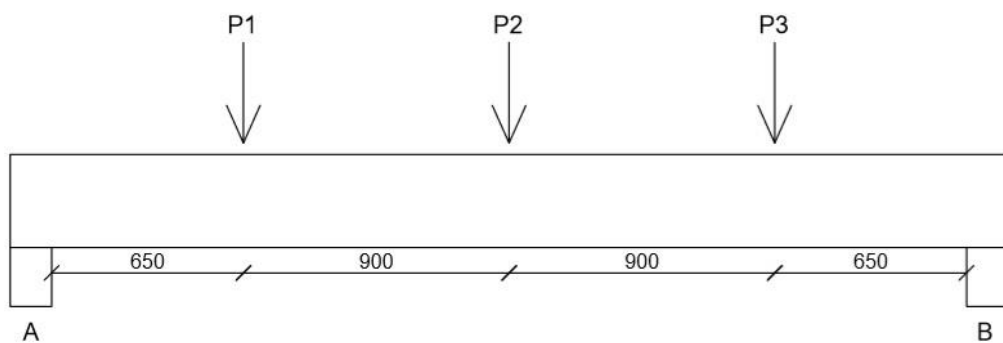


KUVA 13. Tehollisen kosketuspinnan pituus. (Puuinfo. Lyhennetty suunnitteluohje 2011, 24)

Alajuoksun puristusjännityksen arvoksi saadaan 1.722 N/mm^2 . Kun sitä verrataan puristuslujuuden mitoitusarvoon 4.018 N/mm^2 , saadaan tukipainekestävyyden käyttöasteeksi 43 %, eli alle puolet kestävyysden sallimasta arvosta.

3.3 Aukon ylityspalkin mitoitus

Aukon ylityspalkkeina käytetään lujuusluokaltaan GL32c-liimapuuta. Ylityspalkkeja autotallissa on kokonaisuudessaan kolme kappaletta, joista pisin on jänneväliltään 3100 mm. Liimapuut, joita mitoituksessa kokeillaan, ovat korkeudeltaan 315 mm ja leveydeltään 140 mm. Liimapuu kannatetaan päistään ja tukina toimivat 140x140 mm² liimapuutolpat. Kattoristikot sijoitetaan mitoituksessa niin, että saadaan aikaan maksimimomentti keskelle ja sitä kautta suurin taivutusjännitys palkille.



KUVA 14. Periaatekuva kattotuolien sijoittelusta ylityspalkin päälle.

Kattotuolijako on suunniteltu siten, että aukon ylityspalkin päälle tulee maksimissaan kolmen ristikon paino. Mitoituksessa käytettävä liimapuupalkki sijaitsee katoksen aukon päällä, joten käyttöluokka on 2. Jotta liimapuupalkkiin vaikuttavat tukireaktiot saadaan laskettua, tarvitsee selvittää GL32c-lujuusluokan ominaislujuudet ja jäykkysominaisuudet.

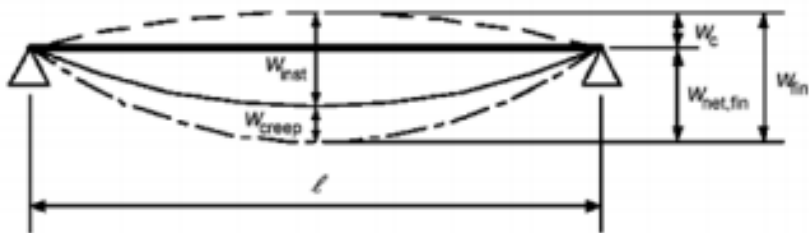
Ominaisuus	GL20c	GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL30c	GL32c
<i>Lujuusarvot</i>							
Taivutus syiden suuntaan $f_{m,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Veto syiden suuntaan $f_{t,0,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
Veto syitä vastaan kohtisuoraan $f_{t,90,k}$				0,5			
Puristus syiden suuntaan $f_{c,0,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
Puristus syitä vastaan kohtisuoraan $f_{c,90,k}$				2,5			
Leikkauslujuus $f_{v,k}$ (leikkaus ja vääntö)				3,5			
Leikkauslujuus syitä vastaan kohtisuoraan $f_{r,k}$				1,2			
<i>Kimmokertoimet jännityksiä laskettaessa</i>							
Kimmokerroin $E_{0,05}$	8600	8600	9100	10000	10400	10800	11200
Kimmokerroin $E_{90,05}$				250			
Liukukerroin G_{05}				540			

TAULUKKO 1. Standardin EN 14080 mukaisen liimapuun lujuusominaisuuksia eri lujuusluokissa. (Vesanen & Viljakainen 2015.)

Taulukko 1 ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet pätevät, kun liimapuu on standardin EN 14080 mukaista ja liimapuun lamellit ovat maksimissaan 45 mm korkeita. Käyttöluokkaan 3 kuuluvissa liimapuupalkeissa lamellipaksuus saa olla enintään 35 mm. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 47,48)

Ristikot kohdistavat liimapuuhun pistekuormia ja niiden etäisyydet palkin reunoilta on esitetty kuvassa 14. Päälle asennettavien ristikoiden tukireaktio yläpohjan painosta on 2.03 kN ja lumikuormasta 5.1 kN. Maksimimomentti yläpohjan omapainosta on 3.4 kNm ja lumesta 8.5 kNm. Leikkausvoiman suurin arvo on sama kuin liimapuupalkin tukireaktio, koska momentin ollessa keskellä, leikkausvoima on suurimmillaan tuella.

Liimapuun taivutus ja leikkauskestävyys tarkastetaan tässä tapauksessa kahdella eri kuormitusyhdistelmällä, pysyvässä sekä keskipitkässä aikaluokassa. Taivutuskestävyyden käyttöasteeksi saadaan 40 % ja leikkauskestävyyden 27 %, kuormitusyhdistelmä 2 mukaan.



KUVA 15. Taipuman muodostuminen. (Puuinfo, puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2011, 21)

Kuvasta 15 selviää, miten liimapuupalkin kuormitus jaetaan eri osiin. Suuret lyhytaikaiset taipumat johtuvat palkkiin kohdistuvista lyhytaikaisista kuormitushuipuista. Tämän kaltainen taipuma saattaa milloin tahansa esiintyä palkin käyttöaikana ja sitä merkitään lyhenteellä W_{inst} . Osa kuormasta vaikuttaa palkkiin kauemmin ja taipuma kasvaa asteittain. Tätä kuvataan merkinnällä W_{creep} . Kokonaistaipuma W_{fin} saadaan määritettyä palkin mahdollisen esikoroituksen W_c ja osataipumien W_{inst} ja W_{creep} summana. (Vesänen & Viljakainen, Liimapuukäsikirja osa2 2015, 100) Pitkäaikaistaiipumia laskettaessa käytetään kuvassa 16 esitettyjä virumalukuja.

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL	EN 14374, EN 14279			
Vaneri, Kerto-Q lappeella	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: HLA, HHLA	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	-

KUVA 16. Eri puutuotteiden virumaluvut käyttöluokittain. (Puuinfo, lyhennetty suunnitteluohje 2011, 17)

Liimapuun yhdistetty hetkellinen taipuma 3,8 mm, antaa käyttöasteeksi 49 %, kun palkin hetkellisen taipuman raja on $\frac{L}{400}$. Lopputaipuman sallittu maksimiarvo on $\frac{L}{300}$, eli 10,3 mm. Laskennallinen lopputaipuma palkille on 5,3 mm, joten käyttöaste täten 52 %. (Puuinfo, puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2011, 21)

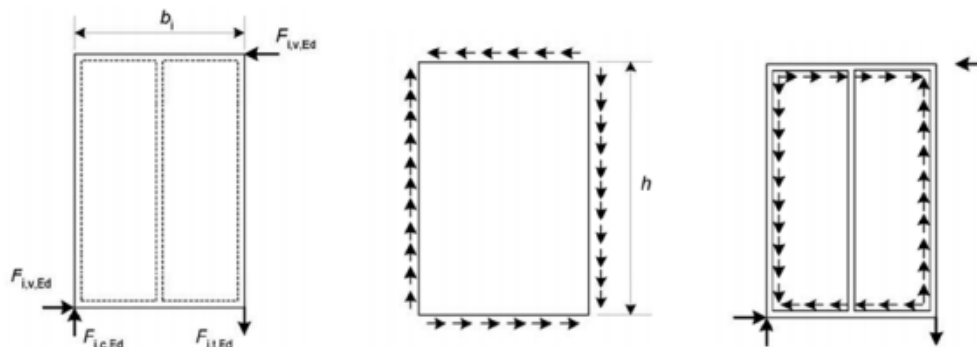
3.4 Rungon jäykistys

Rungon jäykistys tulee suunnitella siten, että se kestää siihen kohdistuvat vaakasuuntaiset ja pystysuuntaiset kuormat. Jäykistettävän seinän täytyy olla riittävän tuettu liukumista sekä kaatumista vastaan. (RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje 2011, 145)

3.4.1 Seinien levyjäykistys

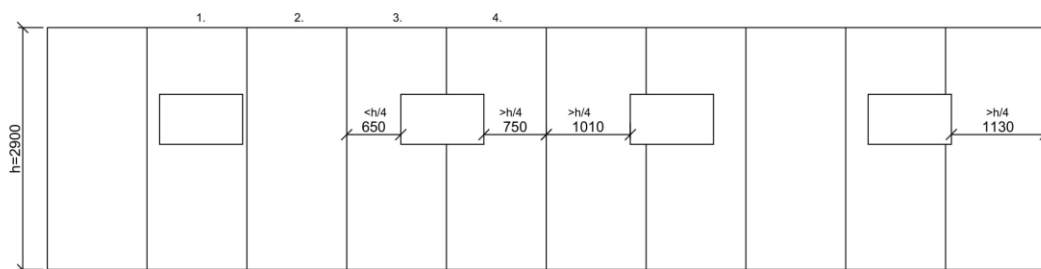
Levyjäykistys on tapa siirtää vaakakuormat perustuksille muodostaen seinistä ja katosta levyjä, esimerkiksi rakenteellisten levyjen avulla. Tällöin kantavat seinät voivat olla nivelellisiä siirtäen ainoastaan pystykuormat perustuksille. Vaakakuormien siirtämiseksi kantavassa seinässä sijaitsevat tolpat tukeutuvat vaakasuunnassa yläpäästään yläpohjaan, joka levyrakenteena suunniteltuna siirtää vaakavoiman eteenpäin päätyseinille, jotka levyiksi suunniteltuina siirtävät vaakavoimat perustuksille. Jäykistystapana soveltuu hyvin kooltaan suhteellisen pienille rakennuksille, joiden leveys suhteessa rakennuksen pituuteen on kohtalaisen suuri. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu 2008, 10)

Jäykistysseinien yksinkertaistettua menetelmää voidaan käyttää vain sellaisten jäykistysseinien yhteydessä, jotka on ankkuroitu jokaisen seinälohkon kohdalta tai jokaisen jäykistävän osaseinän päästä. Tällöin alajuoksu ankkuroidaan tasaisin välein niin, että vähintään yksi ankkurointipiste tulee kunkin lohkon eli jäykistävän levyn kohdalle. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 146)



KUVA 17. Seinälohkoon, puurunkoon ja levyyn vaikuttavat voimat. (Puuinfo, puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2011, 42)

Kiinnikkeiden, jotka sijaitsevat levyn reunoilla, mitoitusarvoa saa suurentaa kertoimella 1,2. Seinälohkot, joissa on ovi- tai ikkuna-aukkoja, eivät lisää seinän vaakaleikkausvoimakestävyyttä. Seinälohkot, jotka ovat levytetty molemmin puolin samoilla levyillä, sekä samoja kiinnikkeitä käyttämällä, vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana. Jos seinälohkoissa käytetään eri levyjä, mutta samoja kiinnikkeitä, voidaan ottaa huomioon 75 % heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävyydestä. muissa tapauksissa voidaan huomioida enintään 50 % heikomman puolen kestävydestä. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 146,147)



KUVA 18. Periaatekuva Myllymäentie 5 levyjäykistyksestä sivuseinällä.

1. Ei oteta huomioon levyjäykistyksessä
2. Otetaan kokonaan huomioon

3. Ei oteta huomioon levyjäykistyksessä, koska leveys ikkunan kohdalla $b < \frac{h}{4}$
4. Otetaan huomioon $\times 0.25$ koko levyn kestävyydestä, koska $b > \frac{h}{4}$

Kuvan mukaisella levytyksellä jäykistykseen otetaan huomioon kolme täyttä levyä ja kolme vajaata levyä, jotka kuitenkin täyttävät $b > \frac{h}{4}$ ehdon. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 147)

Jäykistystä mitoitettaessa pitkälle sivulle, täytyy päätyseinän tuulikuorma laskea ja selvittää, mikä on viivakuorma yläpohjan ja rungon leikkauskohdassa. Viivakuorman on oltava pienempi, kuin mitä levyt pystyvät kantamaan. Jos tämä ei toteudu, täytyy rakenteeseen lisätä vinojäykisteitä.

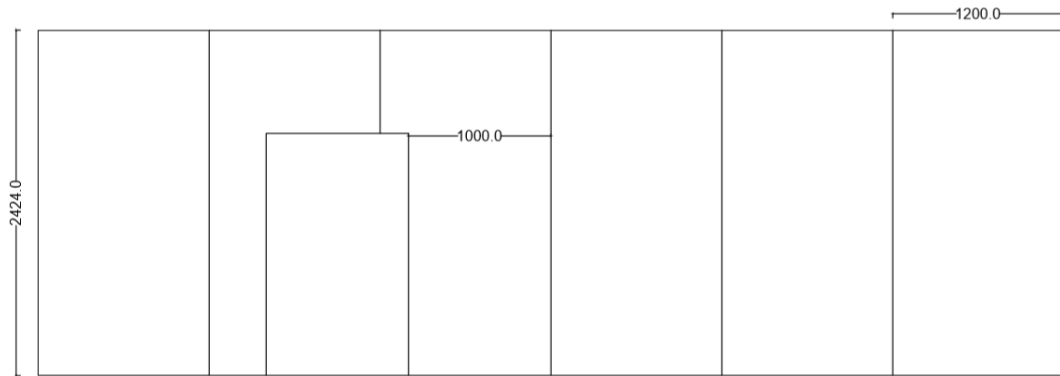
Levyn kiinnikkeiden väli saa reunoilla olla enintään 150 mm, kun käytetään nauloja ja 200 mm, kun käytössä on ruuvit. Väliin jäävien tolppien kiinnikeväli saa olla 300 mm, tai levyn reunoilla olevien kiinnikkeiden väli kaksinkertaisen, riippuen siitä, kumpi on pienempi. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 148)

Kiinnike	Levytyypit ja käyttöluokka											
	GN 13 kl 1	GEK 13 kl 1	GL 15 kl1	GF 15 kl 1	GTS 9 kl 2	GTS 9 kl 3	GHO 13 kl1	GHU 13 kl 2	GHU 13 kl 3	GHS 9 kl2 ja kl3	GFH13 kl1	GF15+ GEK13 kl1
Puu- ranka- ruuvit	QMST 32	0,4	0,65				0,4					
	QGG33		0,65									
	QT 29	0,4					0,4					
	QTR 29		0,55									
	QTR 41										0,95	
	QT 41 ja MST 41			0,55								
	QSTW 32							0,3	0,2	0,43		
	QT57											1,14
Puu- ranka- naulat	QU 32				0,45	0,3		0,45	0,3	0,49		
	BTC (NK- R)		0,45								0,79	
	DF		0,45								0,79	
	SENCO		0,45								0,79	
	Huopanaula (HJ15, DPN 31x32 KS.)				0,4	0,25		0,4	0,25	0,18		
	BTC (NKS)		0,5									

KUVA 19. Kiinnikkeiden ominaislujuuksia levytyypin ja käyttöluokan mukaan. (Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy/Gyproc 2011)

Tuulensuojalevyjen kiinnitykseen käytetään DPN31x32KS huopanauloja. Yhden huopanaulan leikkausvoimakestävyys on 370 N. Kun liitinväli on 150 mm, levyn leveys

1200 mm ja korkeus 2900 mm, saadaan yhden levyn kestävyudeksi 2449 N. Koko seinän kestävyudeksi saadaan 9183 N, koska kuvan 17 mukaan autotallin pitkällä pitkällä sivulla on kolme täyttä levyä, sekä 3 levyä, jotka täyttävät $b > \frac{h}{4}$ ehdon. Seinän kestävyttä verrataan päätyseinän tuulikuormaan ja käyttöasteeksi saadaan 79 %, eli levyjäykistys on riittävä pitkällä sivulla.



KUVA 20. Päätyseinän periaatekuva Myllymäentie 5 levyjäykistyksestä.

Päätyseinän laskenta etenee samalla menetelmällä kuin sivuseinänkin. Esimerkkilaskussa käytettiin autokatoksen puoleista päätyseinää, oviaukon takia. Seinän leikkauskestävyudeksi saadaan 12.94 kN ja seinään vaikuttava kuorma murtorajatilassa on 4.68 kN. Käyttöasteeksi saadaan 36%.

3.4.2 Alapaarretason levyjäykistys

Alapaarretaso jäykistetään GEK13 kipsilevyillä. Ruuvi, jota käytetään kiinnityksessä, on 3,8x32 kipsilevyruuvi. Alapaarretasossa kipsilevyjä on 3,3 levyä peräkkäin ja 5,75 levyä rinnakkain. Alapaarteen tasossa vaikuttava viivakuorma lasketaan rakennuksen lyhyemmässä suunnassa summaamalla lisävaakavoimat katon painosta, lumikuormituksesta sekä tuulikuorman ominaisarvosta.

Levyt on limitetty niin, että levyjen jatkokset riveillä osuvat aina toistensa puoleenväliin. Tällöin levyn reunoilla olevien ruuvien ruuvausvälejä voidaan korottaa kertomella 1,5. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 144).

Kiinnike	Levy- tyyppi	Käyttö- luokka	Ominais- leikkaus- lujuus [N]	Siirtymä- kerroin [N/mm]	Kimmo- moduuli pituus- suunta [N/mm ²]	Kimmo- moduuli poikki- suunta [N/mm ²]	Liuku- moduuli [N/mm ²]	Ominais- leikkaus- lujuus [N/mm ²]
QM-ST 32	GN 13 /Gyproc 4 Pro	1	400	800	2100	1600	670	1,11
QT 29	GN 13 /Gyproc 4 Pro	1	400	800	2100	1600	670	1,11
QGG 33 tai QM-GG 33	GL 15	1	772	1180	5000	4500	690	1,78
Verpa Senco 39A35MC 3,9x35	GN 13 /Gyproc 4 Pro	1	401	590	2100	1600	670	1,11
Verpa Senco 39A35MC 3,9x35	GN 13 W	1	401	590	1900	1400	670	1,11
ITW BYG Spit 3,9x32	GR 13	1	744	1490	3500	2600	690	1,78
Wurth 3,9x35	GR 13 W	1	911	1780	3500	2600	690	1,78
Wurth 3,9x32	GEK 13 / GRI 13 / GRIE 13	1	502	1000	3300	2600	690	1,78
QGG 47 tai QM-GG 47	GL 15	1	931	1420	5000	4500	690	1,78
QGG 62 tai QM-GG 66	GL 15	1	931	1420	5000	4500	690	1,78
Verpa Senco 39TA30M C 3,9x30	GR 13	1	521	880	3500	2600	690	1,78

KUVA 21. Kipsilevyn ominaisuuksia eri kiinniketyypeillä. (Sertifikaatti Nro VTT-C-11904-17 2017)

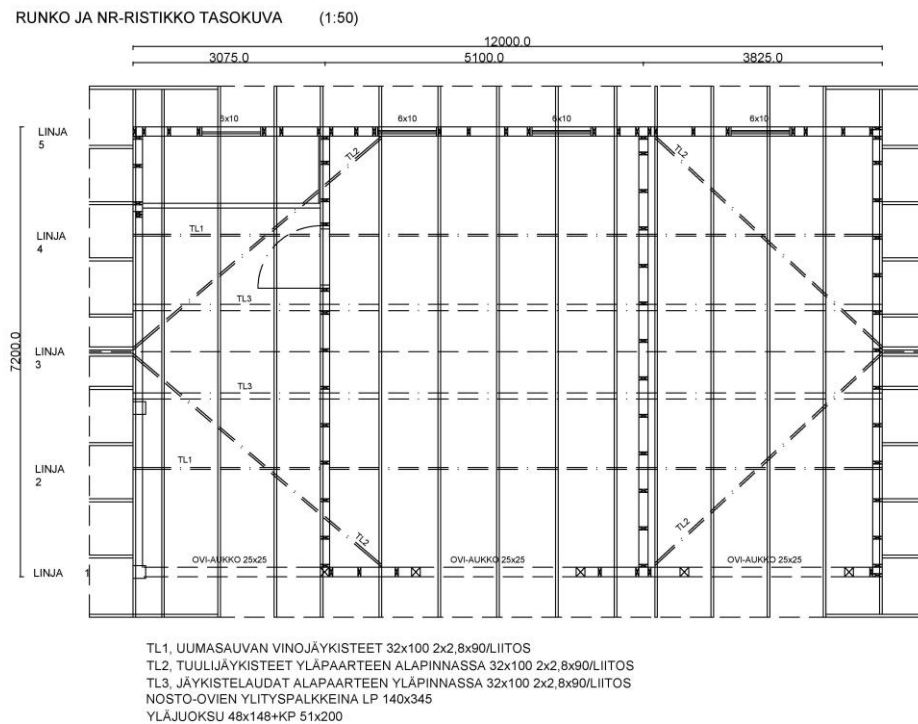
Yhden kipsilevyruuvien mitoituskestävyys saadaan 975 N. Tämä tarkoittaa sitä, että laskennallisesti ruuvijaoksi tulee ~500 mm. Ruuvausväli saa kuitenkin olla enintään 300 mm ja levyjen roikkumisen takia ruuvijaoksi otetaan 200 mm.

Mitoituksessa otetaan huomioon myös leikkausjännityksen aiheuttama kipsilevyn lommahdus. Lommahdusjännityksen laskelmallinen arvo kyseisessä rakenteessa on kuitenkin vain ~20 % kipsilevyn paneelileikkauslujuudesta, joten lommahdusta ei tarvitse huomioida. (RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 143)

3.5 NR-ristikoiden jäykistys

”NR-ristikoiden jäykisteitä mitoittaessa niiden on kestävä niihin kohdistuvat voimat sekä oltava riittävän jäykkiä.” (RIL 244-2007, Puurakenteiden jäykistys ja halkeilun hallinta 2007, 24) Ulkoiset vaakakuormat, esimerkiksi tuulikuorma ja

asennusvinouksista seuraavat lisävaakavoimat, viedään kattoa jäykistävien vaakarakenteiden kautta rungon suunniteltujen jäykistysrakenteiden avulla perustuksille ja sitä kautta maaperään. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008, 14)



KUVA 22. Runko- ja NR-ristikko tasokuva autotallista.

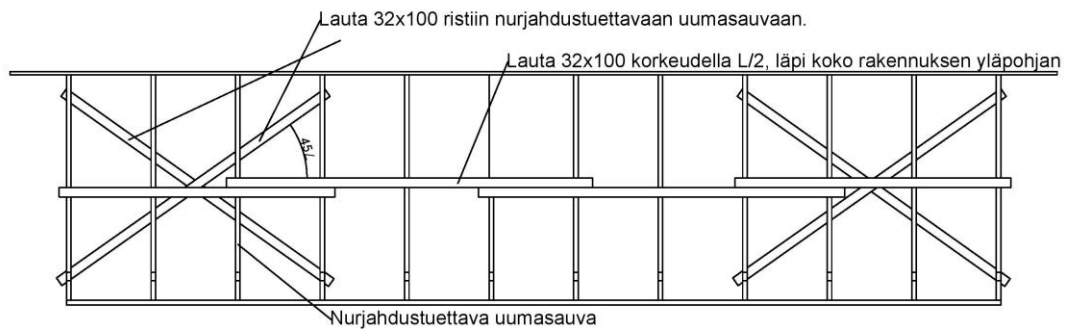
Ristikoiden jäykistys toteutetaan linjoilla 2 ja 4 niin, että molempien päätyjen kolme ensimmäistä kattotuolia sidotaan toisiinsa rukseilla ja välissä olevat kattotuolit 32x100 vaakalaudoilla. Tuulijäykisteet kulkevat yläpaarteiden alapinnassa ensimmäisen katto-tuolin harjalta viidennen kattotuolin seinälinjalle. Seinälinjan jäykistää pääosin kipsi-levyt, mutta myös kattotuolien asennuksen aikana naulatut treevit, jotka jätetään linjoille 1 ja 5. Harjalle asennetaan 2 lautariviä kulkemaan rakennuksen lävitse. Katto-tuoleihin kohdistuva tuulikuorma, lumikuorma sekä omapaino siirretään yläpaarteelle, joka kuljettaa kuorman runkotolppaa pitkin alajuoksulle ja siitä aina perustuksille. (LIITE 4)

NR-suunnitelman mukaan ristikon yläpaarteet ovat ainoat nurjahdustuettavat sauvat, mutta myös harjalle menevät diagonaalisauvat ovat nurjahdustuettu asennusaikaisen

pystyssä pysyvyyden takaamiseksi. Rakennuksen ristikkotyypinä käytetään normaalia harjaristikkoa, jonka alapaarten pituus on 7200 mm ja tukikorkeus 600 mm. Katokulma on 26,6 astetta eli suhdelukuna 1:2. Räystästyyppi on avoräystäinen. Ristikkojako on k900 ja ne kiinnitetään yläohjauspuuhun 90x90x2,5x65 vahvistetuilla kulmarautoilla.

3.5.1 Ristikon uumasauvan nurjahdustuenta

”NR-ristikon puristetut uumasauvat suunnitellaan siten, ettei nurjahdustuenta tarvita rakenteen tason suunnassa. Rakenteen tasoa vasten kohtisuorassa suunnassa nurjahdustuenta tarvitseva uumasauva merkitään NR-suunnitelmaan” (RIL 248-2008 NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008, 16)



KUVA 23. Esimerkki ristikon uumasauvan nurjahdustuennasta.

Vaakasuuntainen nurjahdustuki ja kaikki jatkokset mitoitetaan voimalle $(n - 1)F_d$, kun tuentavoima otetaan suoraan vinositeellä, joka on kiinnitetty uumasauvaan.

Kuormitus siirretään vinotukien avulla NR-rakenteen ylä- ja/tai alapaarteen tasolle, jossa pitää olla uumasauvojen päät yhteen sitova vaakasauva. Uumasauvojen päät voidaan kytkeä yhteen esimerkiksi hyödyntämällä paarteen ruodelautaa. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008, 17)

Ristikon uumasauvaan NR-suunnittelijan laskelmien mukaan kohdistuu 4.13 kN puristusvoima. Kyseinen voima tuetaan vinolautoilla niin, ettei uumasauvat pääse pystysuunnassa nurjahtamaan. Vinotukina käytetään 32x100 mm raakalautaa, jotka kiinnitetään uumasauvaan 2,8x90 mm konenauloilla. Kahdella vinotuella jäykistettävien uumasauvojen lukumäärä on 4, ja sauvan puristusvoima keskipitkässä aikaluokassa on $F_{n,d}=0.33$ kN.

Nurjahdustukien liitosmitoitusta laskiessa tulee huomioida, että Eurokoodi 5:n mukaiset liittimien minimivälit, sekä reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot uumasauvan ja tukisauvan kannalta toteutuvat. Kun käytetään enintään 5mm paksuisia nauloja, tulee sekä uumasauvan reunaetäisyyden että tukilaudan paksuuden olla vähintään 7d, jossa d on käytettävän naulan paksuus. Päätyetäisyysvaatimukset täyttyvät, kun vaakakatkujen jatkokset limitetään kuvan 19 mukaan. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008, 18)

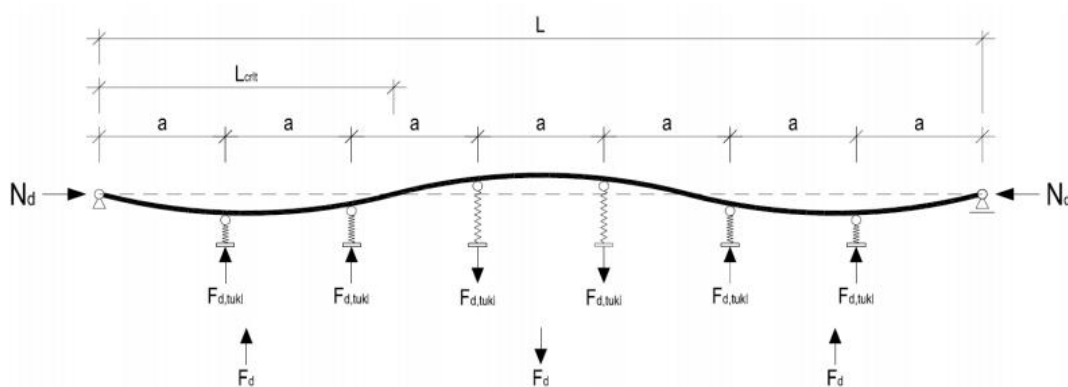
Yhden naulan mitoituskestävyydeksi RIL 205-1-2007 kaavan 8.5.8S mukaan saadaan 564 N. Kun liitosvoima vinositeen kohdalla on 248 N, niin verrattaessa tätä arvoa naulan mitoituskestävyyteen, saadaan liitokseen 1 naula. Kun tukiside toimii vedettynä sauvana ja sen suuntakulma rakenteeseen nähden on 45 astetta, sen liitokset mitoiteetaan voimalle 470 N. Edelleen yhden naulan mitoituskestävyys on suurempi kuin liitokseen kohdistuva voima. Kuitenkin helpottaakseen asennusta, kaikki liitokset naulataan kiinni kahdella 2,8x90 mm naulalla.

Käytännössä uumasauvat tuetaan rakennuksen molemmissa päissä rukseilla ja keskellä olevien uumasauvojen läpi kulkee yksi vaakalauta puolella välillä sauvaa. sauvan alapäähän ei laiteta vaakalautaa, koska alapaarre sidotaan yläpuolelta 32x100 laudoilla ja alapaarteen alapinnassa käytetään 22x100 mm ruoteita k400 jaolla kipsilevyn asennusta varten.

3.5.2 Kattoruoteet

NR-rakenteiden puristetut paarteet tulee aina tukea sivusuunnassa. Kun ruoteita käytetään paarteiden sivuttaistuennassa saa ruodeväli olla korkeintaan NR-suunnitelmassa esitetty maksimi tuentaväli yläpaarteelle. NR-suunnitelmassa esitetty maksimi tuentaväli voidaan ylittää joillain vesikatevaihtoehdoilla, mutta tällöin sivuttaistuennan takaamiseksi joudutaan kiinnittämään lisäruoteita yläpaarteille. Ruoteita on mahdollista käyttää myös puristettuna osana jäykistyskenttää, mikäli ne mitoitetaan toimimaan puristettuna rakenteena. Matalaprofiilisten peltikatteiden alla on mahdollista käyttää ruodetta 32x100 k-300-400. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu 2008, 32)

Ruoteiden kiinnityksessä ristikon yläpaarteisiin täytyy huomioida käytettävän naulan maksimipaksuus, joka ilmoitetaan nykyisin NR-suunnitelmassa. NR-rakenteissa yleisesti käytössä oleva 42 mm paksu puutavara tekee rajoituksia ruoteiden kiinnitykseen. Yleisesti naulan paksuus saa olla enintään 3,0 mm, ristikon ollessa 42 mm paksu. Normaalisti käytettyä lankaanulaa 3,4x100 tai konenulaa 3,1x90 ei voi käyttää kiinnittäessä ruoteita 42 mm paksuun ristikkoon. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu 2008, 33)



KUVA 24. S-nurjahdusmuoto yläpaarteessa. (Lahtela. T. NR-yläpohjan jäykistys 2015.)

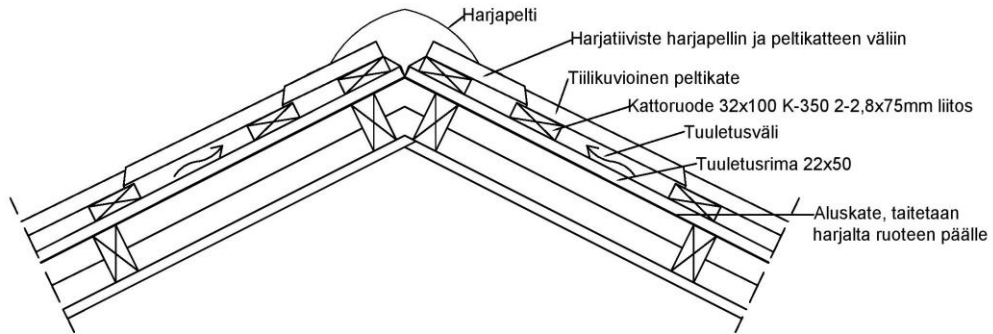
Kuvassa 24 esitetty tilanne, jossa ristikon yläpaarre pyrkii nurjahtamaan jokaisella tukivälillä suuntaa vaihtaen ns. S-muotoon. Nämä voimat on mahdollista kumota esimerkiksi joka ruoteeseen kiinnitetyllä peltikatteella. NR-rakenteen sivusuuntaisesta

tuennasta aiheutuu vaakakuormituksia ja ne ovat jäykistystason sisäisiä kuormia, joita ei tarvitse siirtää edelleen jäykistäville rakenteille edellyttäen, että jäykistävä taso toimii molempiin suuntiin niin, että tukipisteiden kohdalla oleva tuentavoima palautuu kannattimiin. (RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008, 14)

Laskelmien mukaan ruoteen kiinnitykseen riittäisi yksi naula, kun liitokseen vaikuttava voima on 0.152 kN ja yhden 2,8x75 mm lankanaulan leikkausvoimakestävyys $R_d = 0.5 \text{ kN}$. (RIL 205-1-2007, puurakenteiden suunnitteluohje 2007, 103) Korokeriman kiinnitysväli NR-rakenteen yläpaarteeseen on kohtalaisen pitkä, 1150 mm. Jo pelkästään aluskatteen pysyvyyden takia, tämä on hyvä puolittaa. Peltikate kiinnitetään ruoteisiin käyttäen 4,8x25 mm kateruuveja.

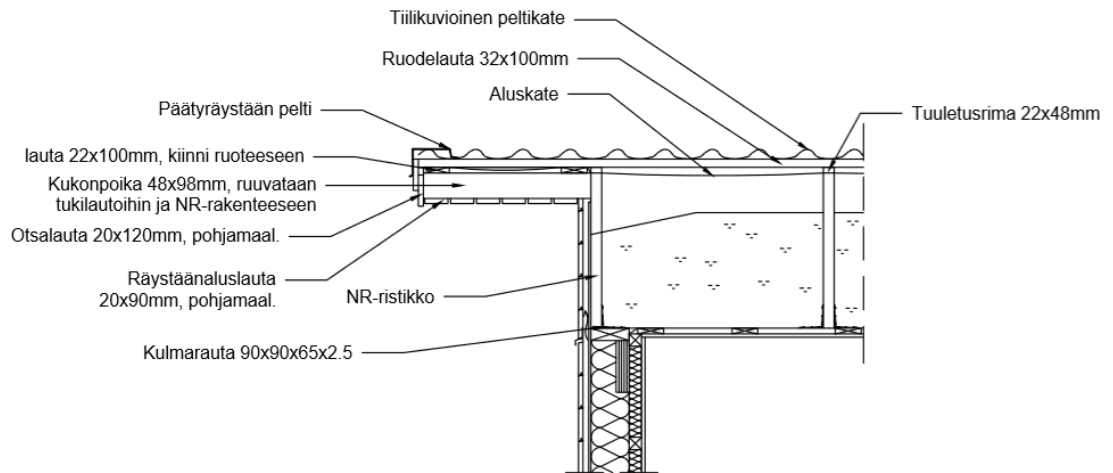
4 RAKENNESUUNNITELMAT

HARJALEIKKAUS 1:10



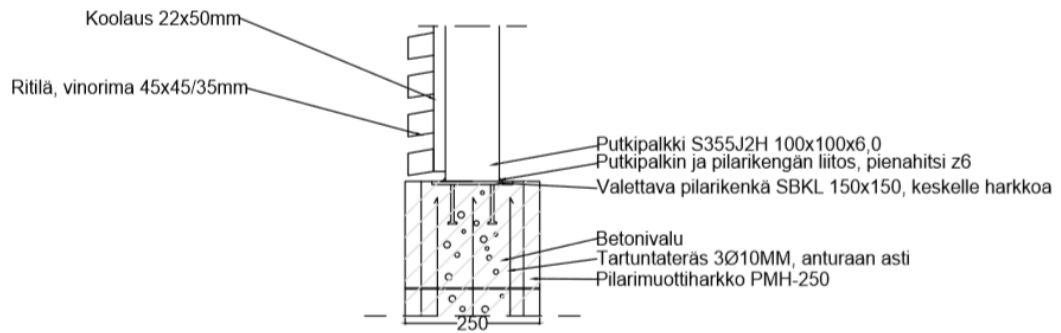
KUVA 25. Harjaleikkaus päädystä katsottuna.

PÄÄTYRÄYSTÄS - RAKENNELEIKKAUS 1:20



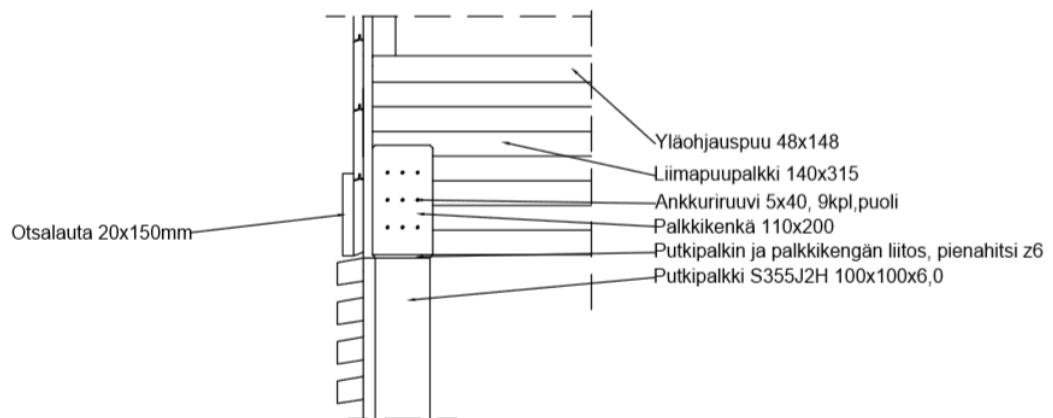
KUVA 26. Rakenneleikkaus päädyn räystäsrakenteesta.

PERUSTUS-TERÄSPILARI LIITOS 1:10



KUVA 27. Putkipalkin liitos pilariperustukseen.

TERÄSPILARI-LIIMAPUUPALKKI LIITOS 1:10



KUVA 28. Putkipalkin liitos liimapuupalkkiin.

LÄHTEET

EN 1995-1-1 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2007. Luettu 26.4.2019. <http://www.euro-codes.fi/1995/1995-1-1/NA%20SFS-EN1995-1-1+A1-YM.pdf>

Saint-Cobain. 2017. Kipsijäykistysrakenteiden suunnitteluohje. Luettu 15.11.2018. http://www.gyproc.fi/Download/24828/Gyproc_jaykistysertifikaatti_suunnitteluohjeet_012017.pdf

Lahtela, T. 2015. NR-yläpohjan jäykistys. Luettu 30.4.2019 <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/NR-yl%C3%A4pohjan%20j%C3%A4ykistys.pdf>

Puuinfo. Puurakenteiden suunnittelu – lyhennetty suunnitteluohje kolmas painos. Luettu 30.4.2019 <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi5lyhennettysuunnitteluohjeweekkol-maspainos10913rilinkorjauksin.pdf>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. RIL 205-1-2007. Puurakenteiden suunnitteluohje eurokoodi EN-1995-1-1 2007. Helsinki: Dark Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2008. RIL 248-2008, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu 2008. Helsinki: Hakapaino Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 248-2013, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu ja toteuttaminen 2013. Tampere: Tammerprint Oy

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 244-2007, Puurakenteiden jäykistykseen ja halkeilun hallinta 2007. Helsinki: Hakapaino Oy

Vesanen, T. & Viljakainen, M. 2015. Liimapuukäsikirja osa2. Luettu 28.4.2019 https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Liimapuuk%C3%A4sikirja%20Osa%202_0.pdf

Vesanen, T. & Viljakainen, M. 2015. Liimapuukäsikirja. Luettu 24.2.2019. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Liimapuuk%C3%A4sikirja%20Osa%203.pdf>

VTT Experts Service Oy. 2017. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Tuotesertifikaatti. Luettu 14.3.2019. http://www.gyproc.fi/Download/24829/VTT-C-11904-17_Gyproc_27.1.2017_signed.pdf

LIITTEET

Liite 1. Perustusleikkaus

Liite 2. Perustusleikkaus - oviaukko

Liite 3. Yläpohjan rakenneleikkaus

Liite 4. Yläpohjan tasokuva

Liite 5. Rakennuksen omapaino

Liite 6. Runkotolpan mitoitus (6 sivua)

Liite 7. Alaohjauspuun tukipainekestävyys

Liite 8. Aukon ylityspalkin mitoitus (6 sivua)

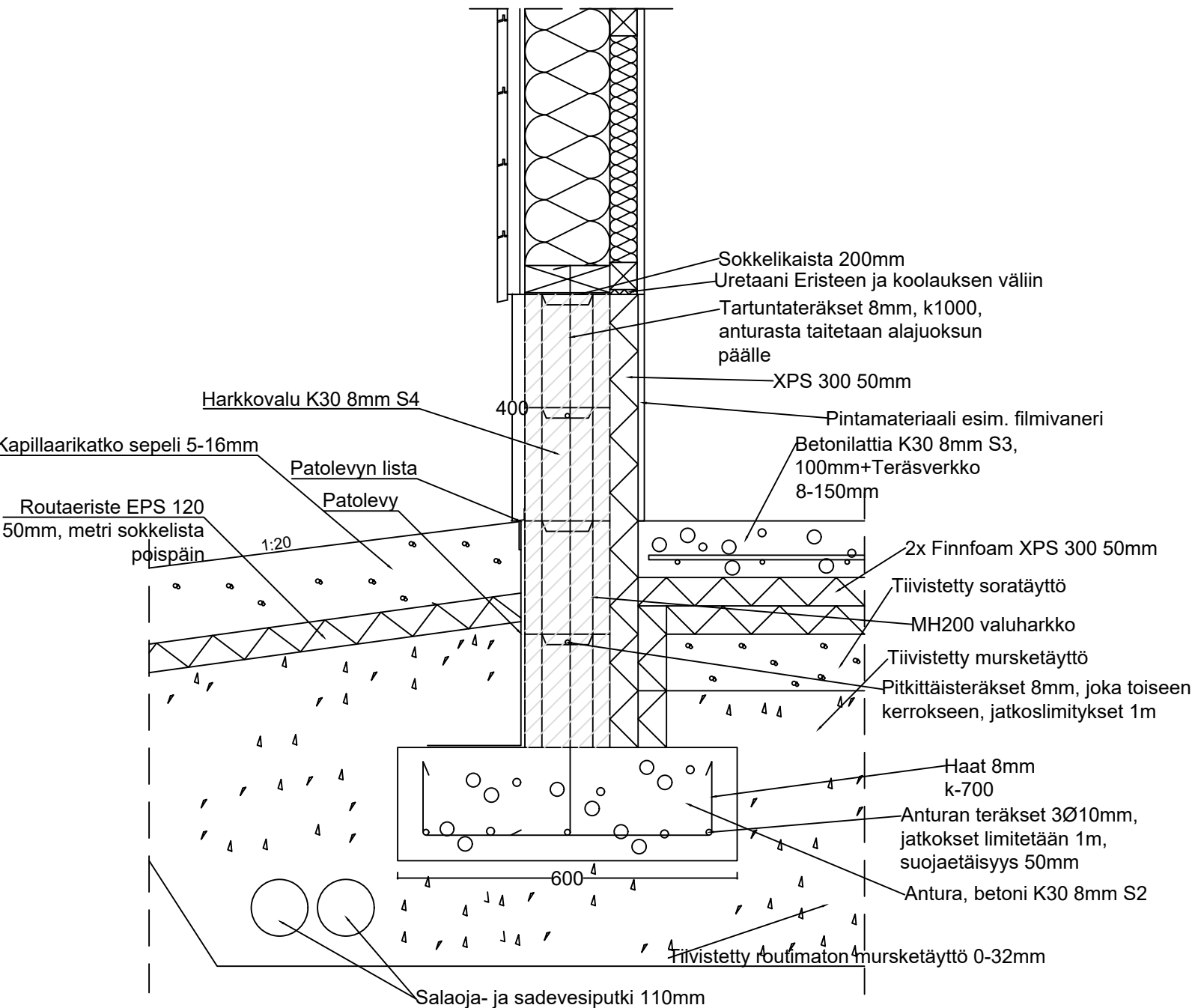
Liite 9. Seinien levyjäykistys (3 sivua)

Liite 10. NR-ristikon jäykistys (6 sivua)

Liite 11. Ruoteiden mitoitus (3 sivua)

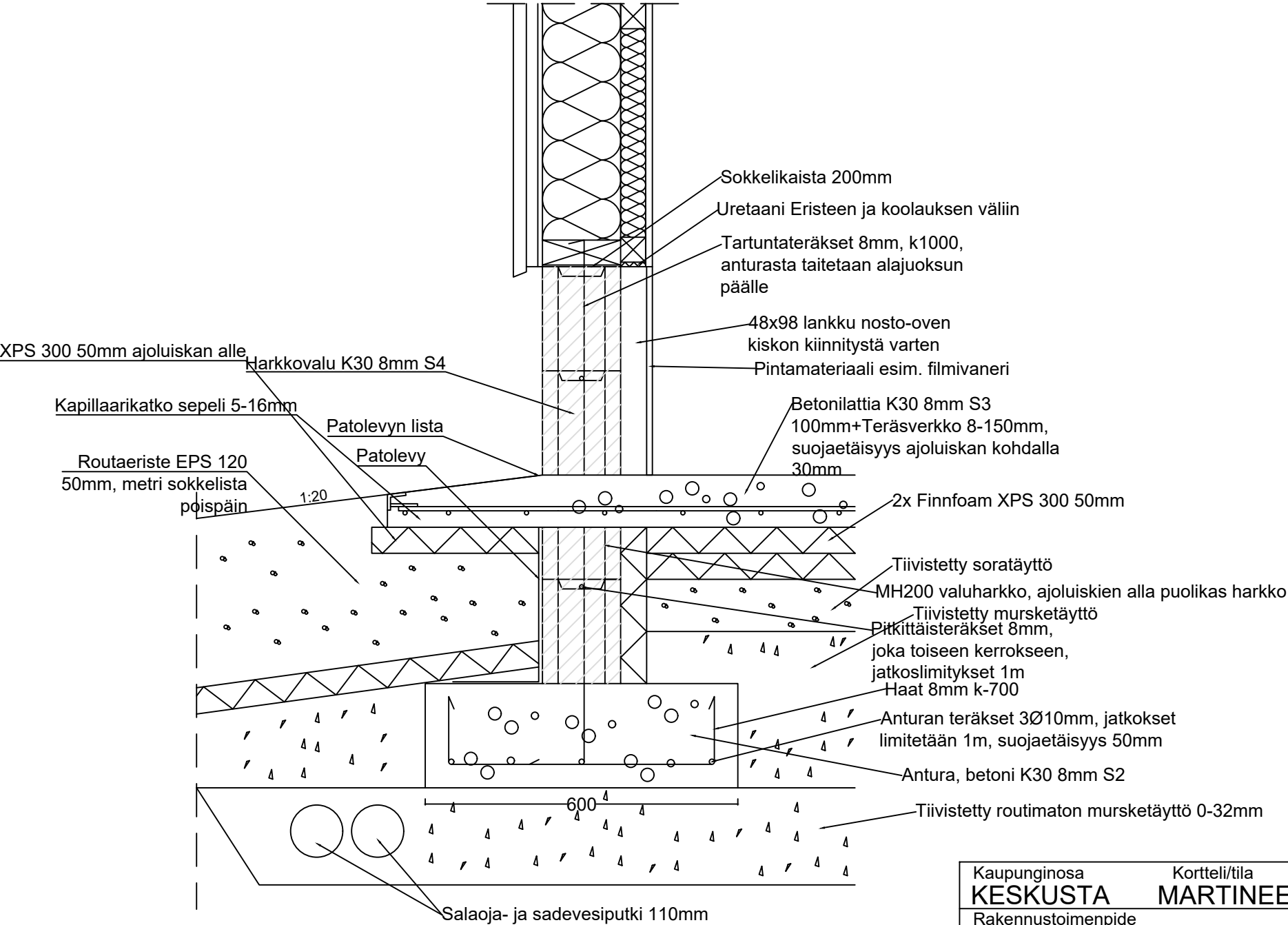
Liite 12. Alapaarretason levyjäykistys (3 sivua)

PERUSTUSLEIKKAUS 1:10



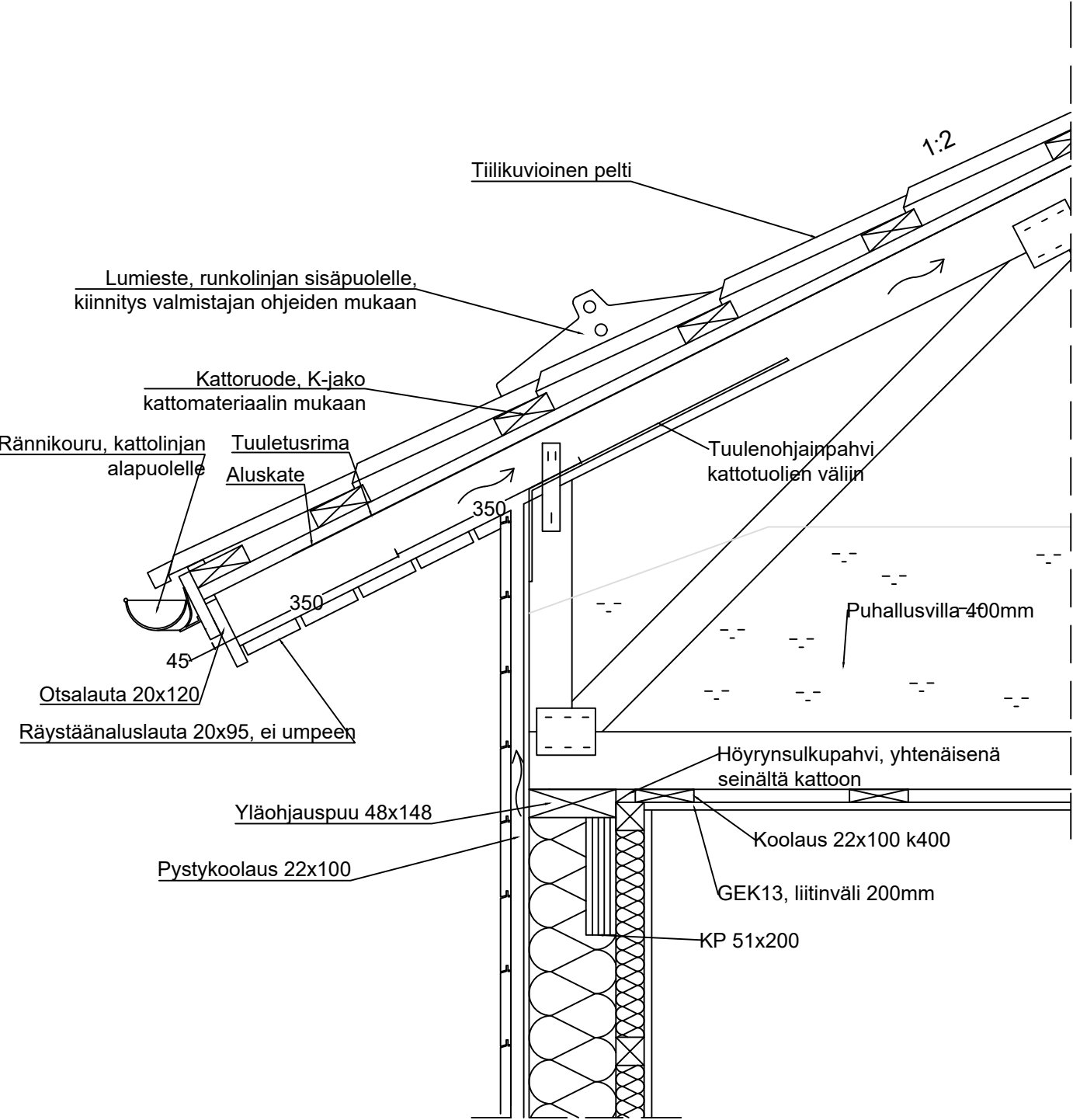
Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti	Viranomaisten merkintöjä	
KESKUSTA	MARTINEERO	7:92		
Rakennustoimenpide	UUDISRAKENNUS		Piirustustyyppi	Juoks.no
			RAKENNEPIIRUSTUS	4
Rakennuskohde	AUTOTALLI		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
	KIVIOJA KIRSTI JA KYÖSTI		PERUSTUSLEIKKAUS	1:10
	MYLLYMÄENTIE 5			
	23800 LAITILA			
Suunnittelija	Allekirjoitus		Suunnitteluala, työnumero ja piirustuksen numero	
Juho Lappalainen				
Ins. opiskelija				

PERUSTUSLEIKKAUS, AUKKO 1:10



Kaupunginosa KESKUSTA	Kortteli/tila MARTINEERO	Tontti 7:92	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS			Piirustuslaji RAKENNEPIIRUSTUS	Juoks.no 4
Rakennuskohde AUTOTALLI KIVIOJA KIRSTI JA KYÖSTI MYLLYMÄENTIE 5 23800 LAITILA			Piirustuksen sisältö PERUSTUSLEIKKAUS OVI-AUKKO	Mittakaavat 1:10
Suunnittelija Juho Lappalainen Ins. opiskelija		Allekirjoitus	Suunnitteluala, työnumero ja piirustuksen numero	

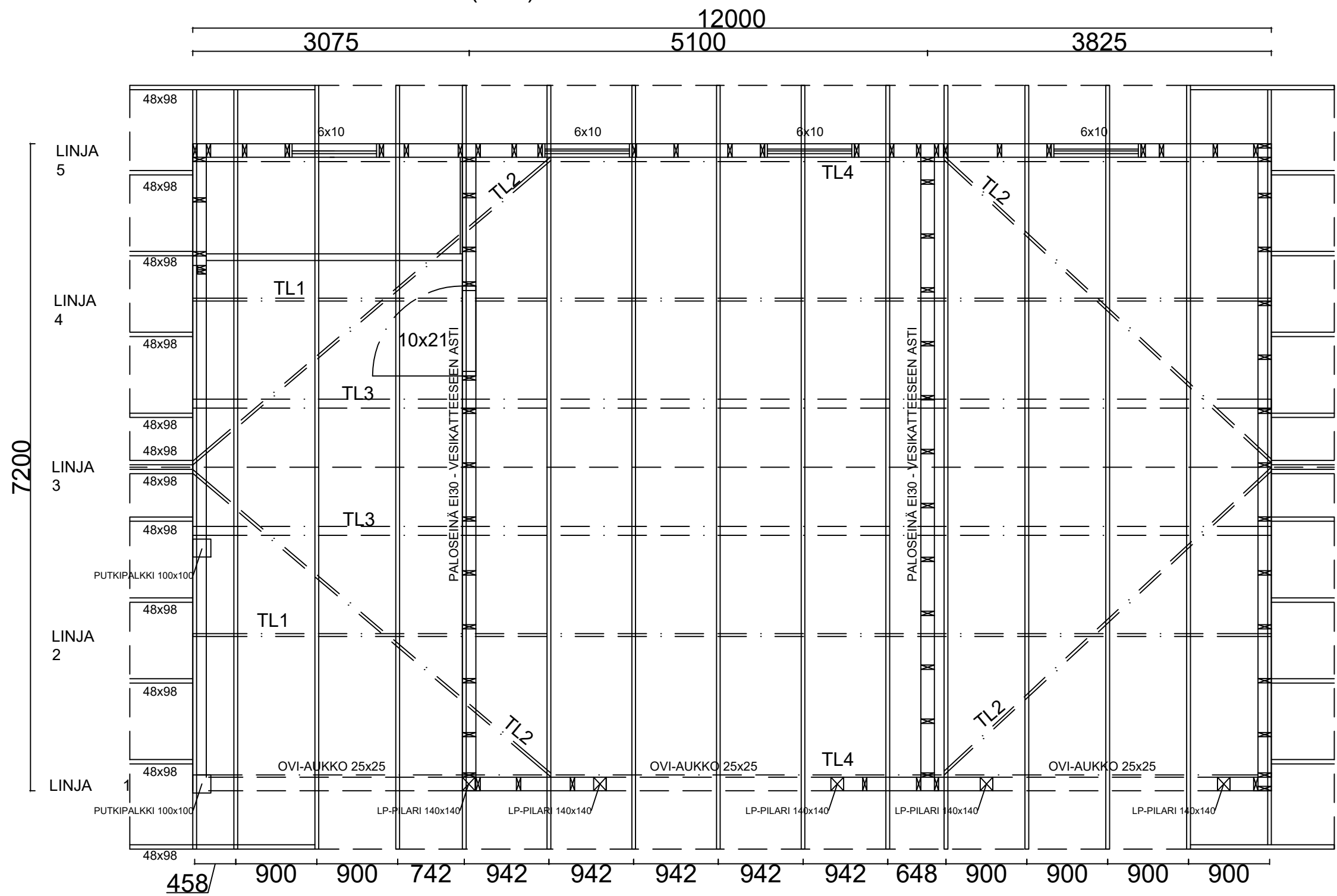
YLÄPOHJAN RAKENNELEIKKAUS 1:10



Kattotuolit kiinnitetään molemmin puolin 90x90x2,5x65 kulmaraudoilla ja ankkuriruuveilla
Lumieste kiinnitetään seinälinjan sisäpuolelle autotallin ovien puoleiselle lappeelle.
Höyrynsulkupahvien saumat teipataan höyrynsulkuteipillä esim. SitkoFlex
Tuulensuojalevyjen kiinnitystä varten laudat kattotuolien väliin
Ensimmäisen otsalaudan pinnasta toisen ruoteen keskelle 300mm, kun kyseessä tiilikuviainen peltikate

Kaupunginosa	Kortteli/tila	Tontti	Viranomaisten merkintöjä	
KESKUSTA	MARTINEERO	7:92		
Rakennustoimenpide			Piirustustyyppi	Juoks.no
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRUSTUS	4
Rakennuskohde			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
AUTOTALLI			YLÄPOHJAN LEIKKAUS	1:10
KIVIOJA KIRSTI JA KYÖSTI				
MYLLYMÄENTIE 5				
23800 LAITILA				
Suunnittelija		Allekirjoitus	Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero	
Juho Lappalainen				
Ins. opiskelija				

RUNKO JA NR-RISTIKKO TASOKUVA (1:50)



- TL1, UUMASAUVAN VINOJÄYKISTEET 32x100 2n 2,8x90/LIITOS
- TL2, TUULIJÄYKISTEET YLÄPAARTEEN ALAPINNASSA 32x100 2n 2,8x90/LIITOS
- TL3, JÄYKISTELAUDAT ALAPAARTEEN YLÄPINNASSA 32x100 2n 2,8x90/LIITOS
- TL4, RISTIKON ASENNUSAIKAISET VINOLAUDAT 22x100, JÄTETÄÄN RISTIKOIDEN SISÄSAUVOIHIN 2n 2,8x90/LIITOS
- RISTIKOT KIINNITETÄÄN MOLEMMIN PUOLIN ANKKURIRUUVUILLA YLÄJUOKSUUN 90x90x2,5x65 KULMARAUDOILLA
- NOSTO-OVIEN YLITYSPALKKEINA LP 140x345
- YLÄJUOKSU 48x148+KP 51x200

Kaupunginosa KESKUSTA	Kortteli/tila MARTINEERO	Tontti 7:92	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS			Piirustuslaji RAKENNEPIIRUSTUS	Juoks.no 4
Rakennuskohde AUTOTALLI KIVIOJA KIRSTI JA KYÖSTI MYLLYMÄENTIE 5 23800 LAITILA			Piirustuksen sisältö YLÄPOHJAN TASOKUVA	Mittakaavat 1:50
Suunnittelija Juho Lappalainen Ins. opiskelija		Allekirjoitus	Suunnitteluala, työnumero ja piirustuksen numero	

Rakennuksen omapainoUlkoseinän paino

$$G_{runko} := (0.048 \text{ m} \cdot 0.148 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}) \cdot 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 12.787 \text{ kg}$$

$$G_{eriste} := (1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m}) \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 10 \text{ kg}$$

$$G_{Koolaus} := (0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} + 0.048 \text{ m} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}) \cdot 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 4.054 \text{ kg}$$

$$G_{GTS9} := 7 \text{ kg}$$

$$G_{gek13} := 9.9 \text{ kg}$$

$$G_{Paneeli} := 1.9 \text{ kg} \cdot 6.33 = 12.027 \text{ kg}$$

$$G_{HSM} := 0.19 \text{ kg}$$

$$G_{kok} := G_{runko} + G_{eriste} + G_{Koolaus} + G_{GTS9} + G_{gek13} + G_{Paneeli} + G_{HSM} = 55.958 \text{ kg}$$

$$G_{ulkoseinä} := 0.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan ja vesikaton paino

$$G_{peltikatto} := 4.65 \text{ kg}$$

$$G_{koolaus} := (3 \text{ m} \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} + 4 \text{ m} \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m}) \cdot 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8.73 \text{ kg}$$

$$G_{ristikot} := 15 \text{ kg} \cdot 2 = 30 \text{ kg}$$

$$G_{HSM} := 0.19 \text{ kg}$$

$$G_{GEK13} := 9.9 \text{ kg}$$

$$G_{r.kuorma} := 10 \text{ kg}$$

$$G_{kok} := G_{peltikatto} + G_{koolaus} + G_{ristikot} + G_{HSM} + G_{GEK13} + G_{r.kuorma} = 63.47 \text{ kg}$$

$$G_{Vesikatto} := 0.64 \text{ kN/m}^2$$

Runkotolpan mitoitus

Tolppa 48x148 L=2050
Harjakorkeus 5,5m

$L := 2.05$ m Runkotolpan pituus
 $kk_1 := 0.6$ m Runkotolpan kuormitusleveys
 $kk_2 := 0.9$ m Ristikkojako

Lumikuorma maassa, Laitila RIL 205-1-2007, 33

$$s_k := 2.2$$

Lumikuorman muotokerroin

RIL 205-1-2007, 34-35

$$\alpha := 30^\circ$$

$$\mu := 0.8$$

Ominaislumikuorma katolla

RIL 205-1-2007, 33

$$s := \mu \cdot s_k = 1.76 \quad \frac{kN}{m^2}$$

$$s := 0.9 \cdot 1.6 = 1.44 \quad \frac{kN}{m}$$

Pysyvä kuorma Ng, sekä muuttuva kuorma Nq eli lumikuorma

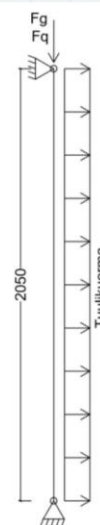
$$N_G := G_{Vesikatto} \cdot \frac{8.45}{2} = 2.704 \quad kN$$

$$N_Q := s \cdot \frac{8.45}{2} = 6.084 \quad kN$$

Tuulen aiheuttama kuorma

RIL 205-1-2007, 38

$$q_k(h) := 0.36 \quad \frac{kN}{m^2}$$



Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine

RIL 205-1-2007, 39-40

$$c_{p.net.max} := 1.5$$

$$q_{w.k} := c_{p.net.max} \cdot q_k(h) = 0.54 \quad \frac{kN}{m}$$

Aikaluokka, käyttöluokka, sekä rakenteiden lujuusluokka

Käyttöluokka: 1

Hetkellinen: $k_{mod1} := 1.10$

Keskipitkä: $k_{mod2} := 0.8$

Pysyvä: $k_{mod3} := 0.6$

$$f_{c.0.k} := 21 \quad X_k := 21$$

$$\gamma_M := 1.4 \quad f_{m.k} := 24$$

RIL 205-1-2007, taulukko 3.3

$$X_{d1} := k_{mod1} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 16.5 \quad N/mm^2$$

RIL 205-1-2007, kaava 2.14

$$X_{d2} := k_{mod2} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 12 \quad N/mm^2$$

$$X_{d3} := k_{mod3} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9 \quad N/mm^2$$

$$k_h := \left(\frac{150}{148} \right)^{0.2} = 1.003$$

RIL 205-1-2007, kaava 3.1

$$f_{m.d} := k_h \cdot k_{mod1} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.908 \quad N/mm^2$$

Taivutuslujuus

$$E_{0.05} := 7400 \quad N/mm^2$$

$$E_{0.mean} := 11000 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Kimmomoduuli

Puristetun sauvan hoikkuus, sekä nurjahduspituus

$$b := 48 \quad mm$$

$$h := 148 \quad mm$$

$$L_{c,z} := 2050 \quad mm$$

$$A := b \cdot h = 7.104 \cdot 10^3 \quad mm^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = 1.752 \cdot 10^5 mm^3$$

$$i_y := \frac{h}{\sqrt{12}} = 42.724 \quad mm$$

RIL 205-1-2007 kaava 6.20.2S

$$\lambda := \frac{L_{c,z}}{i_y} = 47.982$$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{X_k}{E_{0.05}}} = 0.814$$

Nurjahduskerroin

$$\beta_c := 0.2$$

RIL 205-1-2007 kaava 6.29

$$k := 0.5 \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right) = 0.882$$

$$k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.817$$

$$k_c \leq 1$$

Taivutusmomentti tuulikuormasta

$$c_{p,net} := 1.4$$

$$M_{w,k} := \frac{(c_{p,net} \cdot q_k(h) \cdot k k_1) \cdot L^2}{8} = 0.159 \quad kNm$$

Kuormitustapaus 1 "Omapaino"

$$k_{mod} := 0.6$$

$$N_d := 1.35 \cdot N_G = 3.65 \quad kN$$

$$N_d := 3650 \quad N$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 0.514 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 9 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.07 \quad \text{Käyttöaste 7\%} \quad \text{Kestää!}$$

Kuormitustapaus 2 "Omapaino + lumi"

$$N_d := 1.15 \cdot N_G + 1.5 \cdot N_Q = 12.236 \quad kN$$

$$N_d := 12236 \quad N$$

$$M_d := 0$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} + \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} \leq 1$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b \cdot h} = 1.722 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 12 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.176 \quad \text{Käyttöaste 18\%} \quad \text{Kestää}$$

Kuormitustapaus 2, "Omapaino + lumi + tuuli" Lumi määräävä

$$N_d := 12236 \quad N$$

$$L_{c.z} := 2.05 \quad m$$

$$M_d := \frac{0.6 \cdot 1.5 \cdot q_{w.k} \cdot (L_{c.z})^2}{8} = 0.255 \quad kNm$$

$$M_d := 255000 \quad Nmm$$

$$\frac{\left(\frac{N_d}{A}\right)}{k_c \cdot X_{d1}} + \frac{\left(\frac{M_d}{W}\right)}{f_{m.d}} = 0.205 < 1 \quad \text{Käyttöaste 21\%} \quad \text{Kestää}$$

Kuormitustapaus 3, "Omapaino + lumi + tuuli" tuuli määräävä

$$N_d := 1.15 \cdot N_G + 1.5 \cdot 0.7 \cdot N_Q = 9.498 \quad kN$$

$$N_d := 9498 \quad N$$

$$M_d := \frac{1.5 \cdot q_{w.k} \cdot (L_{c.z})^2}{8} = 0.426 \quad kNm$$

$$M_d := 426000 \text{ Nmm}$$

$$\frac{\left(\frac{N_d}{A}\right) + \left(\frac{M_d}{W}\right)}{k_c \cdot X_{d1} + f_{m,d}} = 0.228 < 1 \quad \text{Käyttöaste 23\%} \quad \text{Kestää}$$

Runkotolpan taipuma

Palkin jäyhyysmomentti

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = 1.297 \cdot 10^7$$

Tuulikuorman aiheuttama
hetkellinen taipuma

$$L_{c,z} := 2050 \text{ mm}$$

mm

$$W_{inst} := \frac{5 \cdot (k k_1 \cdot c_{p,net} \cdot q_k(h)) \cdot L_{c,z}^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 0.488$$

Taipuma

$$k_{def} := 0.6$$

RIL 205-1-2007 Taulukko 3.2

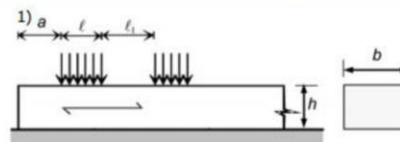
$$W_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot W_{inst} = 0.78 \text{ mm}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\left(\frac{L_{c,z}}{300}\right)}{W_{fin}} = 8.76 \quad \text{Käyttöaste 9\%} \quad \text{Kestää}$$

Alajuoksun tukipainekestävyys KT2 mukaan

$$A_d := 12236 \quad N$$

Alajuoksun puristusjännitys

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{A_d}{h \cdot b} = 1.722 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus alaohjauspuussa

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,l} \cdot f_{c,90,d}$$

RIL 205-1-2007 ehto 6.3

$$f_{c,90,k} := 2.5$$

RIL 205-1-2007 taulukko 3.3

$$f_{c,90,d} := \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod2}}{\gamma_M} = 1.429$$

$$\frac{N}{mm^2}$$

Puristuspintojen etäisyys

RIL 205-1-2007 s.66

$$k_{c,90} := 1.25 \quad \text{Havupuiselle sahatavaralle}$$

$$l_{c,90,ef} := 30 + 48 + 30 = 108 \quad mm$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus.
Lyhennetty suunnitteluohje s. 24

$$l := 48 \quad mm$$

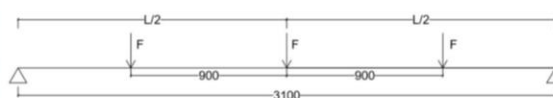
$$k_{c,l} := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = 2.813$$

$$\sigma_{c,90,d} = 1.722 < k_{c,l} \cdot f_{c,90,d} = 4.018$$

$$\frac{1.722}{4.018} = 0.429$$

Käyttöaste 43%

Kestää!

Aukon ylityspalkin mitoitus

ominaislujuudet, jäykkyyssominaisuudet ja tiheydet (RIL205-1-2007, Taulukko 3.4)
GL32c-lujuusluokassa

$f_{m,k} := 32$	$\frac{N}{mm^2}$	taivutuslujuus
$f_{c,90,k} := 3.0$	$\frac{N}{mm^2}$	puristuslujuus
$f_{v,k} := 3.2$	$\frac{N}{mm^2}$	leikkauslujuus
$E_{0,mean} := 13700$	$\frac{N}{mm^2}$	kimmomoduuli
$\gamma_m := 1.2$		Liimapuun osavarmuusluku

Kuormat ja voimasuureet

$G_{Vesikatto} = 0.64$	$\frac{kN}{m^2}$	Yläpohjan omapaino
$q_k := 1.6$	$\frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma
$L := 7.05$	m	Kattoristikoiden jänneväli
$kk := 0.9$	m	Kattoristikoiden k-jako
$L_1 := 3.10$	m	Aukon ylityspalkin jänneväli
$p_1 := 0.65$	m	Pistekuorma A-p1
$p_2 := 1.55$	m	Pistekuorma A/B-p2
$p_3 := 2.45$	m	Pistekuorma A-p3

$p_4 := 0.65$	m	Pistekuorma B-p3
$b := 140$	mm	Liimapuun leveys
$h := 315$	mm	Liimapuun korkeus

Ristikön tukireaktio - yläpohjan omapaino

$$F_{g,k} := \frac{L}{2} \cdot k \cdot G_{Vesikatto} = 2.03 \quad kN$$

Ristikön tukireaktio - Lumikuorma

$$F_{q,k} := \left(\frac{L}{2} \right) \cdot k \cdot q_k = 5.076 \quad kN$$

Liimapuupalkin tukireaktiot - Yläpohjan omapaino

$$B_{g,k} := \frac{F_{g,k} \cdot p_1 + F_{g,k} \cdot p_2 + F_{g,k} \cdot p_3}{L_1} = 3.046 \quad kN$$

$$A_{g,k} := 2.522 \quad kN$$

Liimapuupalkin tukireaktiot - Lumikuorma

$$B_{q,k} := \frac{F_{q,k} \cdot p_1 + F_{q,k} \cdot p_2 + F_{q,k} \cdot p_3}{L_1} = 7.614 \quad kN$$

$$A_{q,k} := 7.614 \quad kN$$

Maksimimomentti - Yläpohjan omapaino

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot p_2 - F_{g,k} \cdot p_4 = 3.401 \quad kNm$$

Maksimimomentti - Lumikuorma

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot p_2 - F_{q,k} \cdot p_4 = 8.502 \quad kNm$$

Maksimi leikkausvoima Yläpohja/lumikuorma

$$V_{g,k} := A_{g,k}$$

$$V_{q,k} := A_{q,k}$$

Liimapuun taivutuskestävyys

Kuormitusyhdistelmä 1 "Omapaino"

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.35 \cdot M_{g,k} = 4.591 \quad kNm$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{myd} := \frac{6 \cdot (M_d \cdot 10^6)}{b \cdot h^2} = 1.983 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

Käyttöluokka 2, pysyvä aikaluokka

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 13.714$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{\sigma_{myd}}{f_{m,d}} = 0.145$$

Käyttöaste 15%

Kestää!

Kuormitusyhdistelmä 2 "Omapaino + Lumi"

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g,k} + 1.5 \cdot M_{q,k} = 16.665 \quad kNm$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{myd} := \frac{6 \cdot (M_d \cdot 10^6)}{b \cdot h^2} = 7.198 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

Käyttöluokka 2, keskipitkä aikaluokka

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 18.286$$

$$\frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.d}} = 0.394$$

Käyttöaste 40%

Kestää!

Liimapuun Leikkausvoimakestävyys

Kuormitusyhdistelmä 1 "Omapaino"

Maksimi leikkausvoima

$$V_d := 1.35 \cdot V_{g.k} = 3.405$$

$$kN$$

Leikkausjännitys

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{b \cdot h} = 0.116$$

$$\frac{N}{mm^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

$$f_{m.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.371$$

$$\frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\tau_d := \frac{\tau_d}{f_{m.d}} = 0.084$$

Käyttöaste 9%

Kestää!

Kuormitusyhdistelmä 2 "Omapaino + lumi"

Maksimi leikkausvoima

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g.k} + 1.5 \cdot V_{q.k} = 14.321$$

$$kN$$

Leikkausjännitys

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{b \cdot h} = 0.487 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{v,d} := \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.829 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\tau_d := \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.266$$

Käyttöaste 27%

Kestää!

Liimapuupalkin taipuma

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = 3.647 \cdot 10^8 \quad mm^4 \quad \text{palkin jäyhyysmomentti}$$

Hetkellinen taipuma - pysyvä kuorma

$$W_{inst.G} := \frac{5 \cdot L \cdot G_{Vesikatto} \cdot 3100^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 1.086 \quad mm$$

Hetkellinen taipuma - muuttuvat kuormat

$$W_{inst.Q} := \frac{5 \cdot L \cdot q_k \cdot 3100^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 2.715 \quad mm$$

Yhdistetty hetkellinen taipuma

$$W_{inst} := W_{inst.G} + W_{inst.Q} = 3.801 \quad mm$$

$$W_{inst} < \frac{3100}{400} \quad \frac{3100}{400} = 7.75 \quad mm$$

$$\frac{W_{inst}}{7.75} = 0.49$$

Käyttöaste 49%

Kestää!

Palkin lopputaipuma

$$k_{def} := 0.8$$

Liimapuun virumaluku 2. käyttöluokassa

$$W_{fin} := ((1 + k_{def}) \cdot W_{inst.G} + (1 + 0.3 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst.Q}) = 5.322$$

$$W_{fin} < \frac{3100}{300} \quad \frac{3100}{300} = 10.333$$

$$\frac{W_{fin}}{10.333} = 0.515$$

Käyttöaste 52%

Kestää!

Rakennuksen levyjäykistys

Levy: Gyproc GTS 9 Tuulensuojalevy

$h=2900\text{mm}$

$b=1200\text{mm}$

Kiinnike: Huopanaula DPN 31x32KS

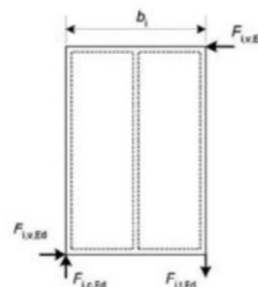
Kiinnikeväli=150mm

Käyttöluokka: 2

Ominaislujuus kiinnikkeelle: 0.4kN

Kiinnikkeen siirtymäkerroin: 800N/mm

Harjakorkeus 5.5m

Tuulikuorma päätyseinällä

$$h := 5.5 \quad m$$

$$b := 7.2 \quad m \quad \text{Rakennuksen harjakorkeus ja päädyn leveys}$$

$$q_k(h) := 0.36 \quad \frac{kN}{m^2} \quad (\text{RIL 205-1-2007 kuva 2.6})$$

$$c_s c_d := 1.0$$

$$A := 7.2 \cdot 3.72 + 1.6 \cdot 3.6 = 32.544 \quad m^2$$

$$F_{w,k} := c_s c_d \cdot q_k(h) \cdot A = 11.716$$

$$c := 0.4 \quad m$$

$$a := 2.45 \quad m$$

$$h := 2.8 \quad m$$

$$L := 12 \quad m$$

$$w_k := 1.25 \cdot c_s c_d \cdot q_k(h) \cdot \left(a + \frac{h}{2}\right) = 1.733 \quad \frac{kN}{m}$$

$$F_{v,Ed} := 1.5 \cdot w_k \cdot \frac{L}{4} = 7.796 \quad kN$$

Yhden huopanaulan leikkausvoimakestävyys

(Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje s. 31)

$$p_k := 450 \quad \text{kg/m}^3$$

Runkopuun tiheyden ominaisarvo

$$k_\rho := \sqrt{\frac{p_k}{350}} = 1.134$$

$$t := 12 \quad \text{mm}$$

$$d := 3.0 \quad \text{mm}$$

$$k_l := \left(0.5 + \frac{t}{12 d} \right) = 0.833$$

$$\gamma_M := 1.4$$

$$k_{mod} := 0.8$$

$$R_d := \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_l \cdot 120 \cdot d^{1.7} = 369.886 \quad N$$

$$F_{f.Rd} := 1.2 \cdot R_d = 443.863 \quad N$$

$$b_i := 1200 \quad \text{mm}$$

$$s := 150 \quad \text{mm}$$

$$h := 2800 \quad \text{mm}$$

$$c_i := \frac{h}{2} = 1.4 \cdot 10^3 \quad b_i < \frac{h}{2} = c_i := \frac{2 \cdot b_i}{h} = 0.857$$

$$F_{i.v.Rd} := \frac{F_{f.Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s} = 3.044 \cdot 10^3 \quad N$$

$$F_{v.Rd} := \sum_0 F_{i.v.Rd}$$

$$F_{v.Rd} := 3 \cdot F_{i.v.Rd} + 3 \cdot 0.25 \cdot F_{i.v.Rd} = 1.141 \cdot 10^4 \quad N$$

$$F_{v.Ed} > F_{v.Rd} \quad 7.80 < 11.41 \quad (69\%)$$

Käyttöaste 79%

Kestää!

Päätyseinän levyjäykistys

Sama kiinnike => Naulan leikkauskestävyys
sama kuin sivuseinällä

$$F_{f.Rd} = 443.863 \quad N$$

Yläpohjatasoon vaikuttava viivakuorma

$$h := 2.8 \quad m$$

$$L := 7.2 \quad m$$

$$w_k := 1.25 \cdot c_s c_d \cdot q_k(h) \cdot \left(a + \frac{h}{2}\right) = 1.733 \quad \frac{kN}{m}$$

Seinään vaikuttava kuorma murtorajatilassa

$$F_{v.Ed} := 1.5 \cdot w_k \cdot \frac{L}{4} = 4.678 \quad kN$$

Seinälohkon leikkausvoimakestävyys

$$F_{i.Rd} := \frac{F_{f.Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s} = 3.044 \cdot 10^3 \quad kN$$

Seinän leikkauskestävyys

$$F_{f.Rd} := 4 \cdot F_{i.Rd} + 0.25 \cdot F_{i.Rd} = 1.294 \cdot 10^4 \quad kN$$

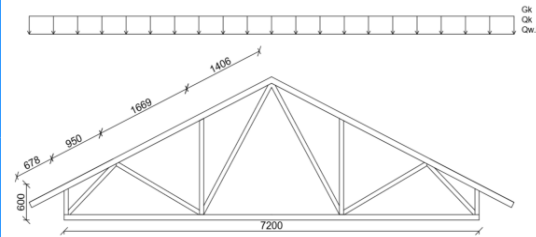
Mitoitusehto

$$F_{v.Ed} < F_{f.Rd}$$

$$4.678 < 12.940 \quad (36\%)$$

Kestää!

NR-ristikon jäykistys



$$kk := 0.9 \quad m$$

Kattotuolien k-jako

Käyttöluokka:2

Ristikko sateelta suojassa, lämmittämätön tila

$$G_{vesikatto} := 0.53 \quad \frac{kN}{m^2}$$

Yläpohjan omapaino

$$L := 7.05 \quad m$$

Ristikoiden jänneväli

$$h := 1.06 \quad m$$

Ristikoiden keskimääräinen korkeus

$$n := 7 \quad kpl$$

NR-ristikoiden lukumäärä

$$L_{yp} := 4.25 \quad m$$

Yläpaarteen pituus harjalta seinälinjaan

$$h_{harja} := 5.5 \quad m$$

Harjakorkeus

Rakenteen sisäinen jäykistyskuorma - omapaino

Momentti keskellä

$$M_g := \frac{kk \cdot G_{vesikatto} \cdot L^2}{8} = 2.964 \quad kNm$$

Puristus yläpaarteessa

$$N_g := \frac{M_g}{h} = 2.796 \quad kN$$

Sisäinen jäykistyskuorma - pysyvä kuorma

$$g_k := \frac{n \cdot N_g}{50 \cdot L_{yp}} = 0.092 \quad \frac{kN}{m}$$

Sisäinen jäykistyskuorma - lumikuorma

Suurin momentti lumikuormasta

$$M_q := \frac{k_k \cdot N_Q \cdot L^2}{8} = 34.019 \quad kNm$$

Puristus yläpaarteessa lumikuormasta

$$N_q := \frac{M_q}{h} = 32.093 \quad kN$$

Sisäinen jäykistyskuorma - muuttuva kuorma

$$q_k := \frac{n \cdot N_q}{50 \cdot L_{yp}} = 1.057 \quad \frac{kN}{m}$$

Yläpaarten tuulikuorma

$$q_{w,k} = 0.54 \quad \text{kts. kohta runkotolpan mitoitus}$$

Tuulikuorma harjakorkeuden mukaan

$$q_{w,yp} := q_{w,k} \cdot \frac{h}{2} = 0.286 \quad \frac{kN}{m}$$

Tarkastellaan käyttöaste eri kuormitusyhdistelmin

KY1	$1.35 K_{FI} \cdot g_k$	Aikaluokka: pysyvä
KY2	$1.15 K_{FI} \cdot g_k + 1.5 K_{FI} \cdot q_k$	Aikaluokka: keskipitkä
KY3	$1.15 K_{FI} \cdot g_k + 1.5 K_{FI} \cdot q_k + 1.5 K_{FI} \Psi_{0.1} q_{w,k}$	Aikaluokka: hetkellinen
KY4	$1.15 K_{FI} \cdot g_k + 1.5 K_{FI} \cdot q_{w,k} + 1.5 K_{FI} \Psi_{0.1} q_k$	Aikaluokka: hetkellinen

Päätyseinällä lappeellaan oleva yläohjauspuu toimii jäykistävänä rakenteena

Yläohjauspuun 48*148 materiaaliominaisuuksia RIL-205-1-2007 Taulukko 3.3

$$f_{m,k} := 24 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0,mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_M := 1.4$$

$$b := 48$$

$$h := 148$$

Kuormitusyhdistelmä 1 "Omapaino"

$$k_{mod} := 0.6$$

$$l := 2.6 \quad m$$

$$M_d := 1.35 \cdot \frac{g_k \cdot l^2}{8} = 0.105 \quad kNm$$

$$M_d := 105000$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 0.599 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 10.286 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = 0.058 \quad \text{Käyttöaste 6\%} \quad \text{Kestää!}$$

Kuormitusyhdistelmä 2 "Omapaino + lumi"

$$k_{mod} := 0.8$$

$$p_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k = 1.692 \quad kN$$

$$M_d := \frac{p_d \cdot l^2}{8} = 1.429 \quad kNm \quad \text{maksimimomentti}$$

$$M_d := 1429000$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 8.155 \quad \frac{N}{mm^2} \quad \text{taivutusjännitys}$$

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 13.714 \quad \frac{N}{mm^2} \quad \text{taivutuslujuus}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.595 \quad \text{Käyttöaste 60\%} \quad \text{Kestää!}$$

Kuormitusyhdistelmä 3 "Omapaino + lumi + tuuli"

$$k_{mod} := 1.1$$

$$p_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k + 1.5 \cdot 0.6 \cdot q_{w.y.p} = 1.949 \quad kN$$

$$M_d := \frac{p_d \cdot l^2}{8} = 1.647 \quad kNm$$

$$M_d := 1647000$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 9.399 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 18.857$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.498 \quad \text{Käyttöaste 50\%} \quad \text{Kestää!}$$

Kuormitusyhdistelmä 4 "Omapaino + tuuli + lumi"

$$k_{mod} := 1.1$$

$$p_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{w.y.p} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot q_k = 1.645 \quad kN$$

$$M_d := \frac{p_d \cdot l^2}{8} = 1.39 \quad kNm$$

$$M_d := 1390000$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 7.932 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 18.857 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.421 \quad \text{Käyttöaste 43\%} \quad \text{Kestää!}$$

Ristikon uumasauvan nurjahdustuenta

Sauvaan kohdistuva puristusvoima

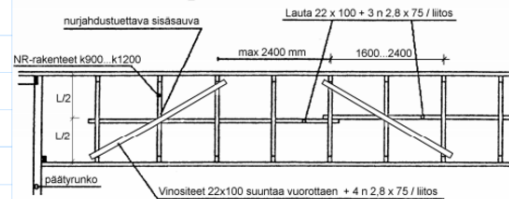
$$N_d := 4.13 \text{ kN}$$

$$n := 4$$

Kahdella vinolaudalla tuettavien
ristikoiden lukumäärä

$$F_d := \frac{N_d}{50} = 0.083 \text{ kN}$$

$$F_{n,d} := n \cdot F_d = 0.33 \text{ kN}$$



Nurjadustuennassa käytetään 32x100 lautaa, joka kiinnitetään 42mm paksuun uumasauvaan 2,8x90 konenauloilla

$$\text{Lauta} \quad h_{\text{lauta}} := 32 \text{ mm} \quad b_{\text{lauta}} := 100 \text{ mm}$$

$$\text{Uumasauva} \quad b_{\text{uuma}} := 42 \text{ mm}$$

$$\text{Naula} \quad d := 2.8 \text{ mm} \quad l_{\text{naula}} := 90 \text{ mm}$$

$$k_{\text{mod}} := 0.8 \quad \text{keskipitkä aikaluokka}$$

$$t_1 := h_{\text{lauta}} = 32 \text{ mm} > 8 \cdot d = 22.4 \quad \text{RIL 205-1-2007 8.3.1.2 s. 103}$$

$$t_2 := l_{\text{naula}} - h_{\text{lauta}} = 58 \text{ mm} > 12 \cdot d = 33.6$$

täten

$$R_k := 120 \cdot d^{1.7} = 690.796 \text{ N} \quad \text{Naulan ominaiskestävyys}$$

Koska naulan tunkeuma kohdan 8.5.6S mukaan suurempi kuin t_1 ja t_2 , pienennetään naulan leikkauskestävyys kertoimella

$$k_e := \min \left(\frac{t_1}{8 \cdot d} = 1.429, \frac{t_2}{12 \cdot d} = 1.726 \right)$$

$$k_e := 1.429$$

Naulan mitoituskestävyys

$$R_d := \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_e \cdot R_k = 564.084 \quad N$$

Liitosvoima uuman ja vinotreevan kohdalla

$$F_{n_{1.d}} := 3 \cdot F_d = 0.248 \quad kN$$

$$F_{n_{1.d}} := 248 \quad N$$

Liitokseen tarvittava naulamäärä

$$\frac{F_{n_{1.d}}}{R_d} = 0.44 \quad 1 \text{ kpl}$$

Vedettynä sauvana toimiva
vinosidonta ja sen liitokset

$$\alpha := 45^\circ$$

$$F_{n.d} = 0.33$$

Mitoittava voima täten

$$F_{n\alpha.d} := \frac{F_{n.d}}{\cos \cdot a} = ? \quad 0.47 \text{ kN}$$

$$F_{n\alpha.d} := 470 \quad N$$

Uumasauvan ja vinositeen
liitoksen naulamäärä

$$\frac{F_{n\alpha.d}}{R_d} = 0.833 \quad kpl$$

Ruoteiden mitoitus

Tuulesta aiheutuva vaakakuormitus

$q_k(h) := 0.36$	Tuulen nopeuspaine
$h := 5.5 \quad m$	Rakennuksen korkeus
$\alpha := 26.6$	Katon kaltevuus asteina
$h_1 := 3.43 \quad m$	Seinän korkeus
$h_2 := h - h_1 = 2.07 \quad m$	Päätykolmion korkeus
$tk := 0.6 \quad m$	Ristikon tukikorkeus
$L := 12 \quad m$	Rakennuksen pituus
$B := 7.2 \quad m$	Rakennuksen leveys
$A_{ref} := B \cdot \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) = 32.148 \quad m^2$	Rakennuksen projektiopinta-ala
$A_{yp} := \frac{1}{2} \cdot B \cdot \left(tk + \frac{h_2}{2} \right) = 5.886 \quad m^2$	Puolet ristikon projektiopinta-alasta
$A_{kp} := L \cdot \frac{B}{\cos \cdot \alpha} = ? \quad A_{kp} := 96.6 \quad m^2$	Katon pinta-ala
$c_f := 1.3$	Tuulen voimakerroin
$c_{fr} := 0.04$	Tuulen kitkakerroin, tiilikuvioinen pelti

Yläpohjan ottama tuulikuorma

$$q_{t.k} := \frac{q_k(h)}{B} \cdot (c_f \cdot A_{yp} + c_{fr} \cdot A_{kp}) \cdot \left(1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}} \right) = 0.47 \quad \frac{kN}{m}$$

Kummankin päädyn jäykistyskenttiin kohdistuu tuulikuorma

$$q_{w.k} := \frac{q_{t.k}}{2} = 0.235 \quad \frac{kN}{m}$$

keskimääräinen puristusvoima NR-suunnitelmasta

$$N_{p.d} := 11.5 \cdot 0.85 = 9.775 \quad kN$$

$$k_l := 1 \quad \text{pienennyskerroin kun } l < \sqrt{\frac{15}{3.3}} = 2.132$$

$$l := 3.3 \quad m \quad \text{Vinositeiden kuormitusleveys}$$

$$n := \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{15}{1.2} + 1 \right) = 6.75 \quad kpl \quad \text{Jäykistyskenttään tuettujen ristikoiden lkm}$$

Poikittaistuennan aiheuttama kuormitus kummassakin päädyssä

$$q_d := k_l \cdot \frac{n \cdot N_{p.d}}{50 \cdot l} = 0.4 \quad \frac{kN}{m}$$

Lisävaakavoima vinositeille katon painosta

$$g_{yp} := 0.64 \quad \frac{kN}{m^2}$$

$$g_{H.k} := \left(\frac{B}{L} \right) \cdot \frac{(g_{yp} \cdot L)}{150} = 0.031 \quad \frac{kN}{m}$$

Lumikuorman aiheuttama lisävaakavoima

$$q_k := 2.2 \quad \frac{kN}{m^2} \quad \text{Lumikuorma}$$

$$q_{H.k} := \left(\frac{B}{L} \right) \cdot \frac{(q_k \cdot L)}{150} = 0.106 \quad \frac{kN}{m}$$

Päätyä kohden oleva laskentakuorma murtorajatilassa

$$q_{Hd} := \frac{1}{2} \cdot (1.15 \cdot g_{H.k} + 1.5 \cdot q_{H.k}) = 0.097 \quad \frac{kN}{m}$$

Ruoteiden kiinnitys paarteisiin

Yhtä ristikkkoa kuormittava vaakakuormitus

$$k_n := 0.78 \quad \text{Yläpaarteen käyttöaste nurjahdukselle sivusuunnassa}$$

Liitoksessa vaikuttava voima

$$F_{p.d} := \frac{k_n \cdot N_{p.d}}{50} = 0.152 \quad kN$$

Ruoteen alla korokerima 22x50 joka kiinnitetään 2,8*75 lankanauiloilla.

$$R_d := 0.5 \quad kN \quad \text{RIL-205-1-2007, Taulukko 8.1}$$

Korokeriman kiinnitysväli, ruodejako $a := 350 \quad mm$

$$s := \frac{a \cdot R_d}{F_{p.d}} = 1.148 \cdot 10^3 \quad 1150 \quad mm$$

Ruoteen kiinnitys

$$n := \frac{F_{p.d}}{R_d} = 0.305 \quad 1 \quad kpl$$

Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin

$$\frac{F_{p.d}}{kk} = 0.169 \quad \frac{kN}{m}$$

$$R_d := 0.35 \quad kN$$

$$s := \frac{1000}{\left(\frac{0.169}{0.35} \right)} = 2.071 \cdot 10^3 \quad 2071 \quad m$$

$$\left(\frac{1000}{2071} \right) \cdot \left(\frac{1000}{350} \right) = 1.38 \quad 2 \quad \frac{kpl}{m^2}$$

Alapaarretason jäykistys kipsilevyjen kanssaAlapaarteen tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuorma

$$b := 7.32 \quad m \quad \text{Rakennuksen leveys}$$

$$l := 12.12 \quad m \quad \text{Rakennuksen pituus}$$

$$s := 1.44 \quad \frac{kN}{m}$$

$$h_1 := 3.02 \quad m \quad \text{Rakennuksen korkeus sokkeli - yläpaarteen yläpinta}$$

$$h_2 := 2.3 \quad m \quad \text{Rakennuksen korkeus yläpaarre - harjakorkeus}$$

$$g_{h,k} := \frac{G_{\text{vesikatto}} \cdot b}{150} = 0.026 \quad \frac{kN}{m} \quad \text{Lisävaakavoima - kattorakenne}$$

$$q_{h,k} := \frac{s \cdot b}{150} = 0.07 \quad \frac{kN}{m} \quad \text{Lisävaakavoima - lumikuorma}$$

$$q_{w,k} := q_{w,k} \cdot \left(h_2 + \frac{h_1}{2} \right) = 0.896 \quad \frac{kN}{m} \quad \text{Tuulikuorma}$$

Alapaarretason viivakuorma

$$W_{b,d} := 1.15 \cdot g_{h,k} + 1.5 \cdot q_{h,k} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot q_{w,k} = 1.076 \quad \frac{kN}{m}$$

Levykenttään kohdistuvat rasitukset ja kuormat

Levykentän kuorma on sama kuin alapaarretason viivakuorma

Momentti levykentässä

$$M_d := \frac{W_{b,d} \cdot l^2}{8} = 19.757 \quad kNm$$

Leikkausvoima levykentässä

$$V_d := W_{b,d} \cdot \frac{l}{2} = 6.521 \quad kN$$

Yhden kipsilevyruuvin kestävyys

$$R_{d,d} := 650 \text{ N} \quad (\text{Gyproc mitoitusohje})$$

Ruuvien mitoituskestävyys

$$R_d := 1.5 \cdot R_{d,d} = 975 \text{ N}$$

Suurin sallittu liitinväli

$$s := \frac{R_d}{\left(\frac{V_d}{b}\right)} = 1.095 \cdot 10^3$$

Liitinvälinä käytetään reunoilla $s=150\text{mm}$ ja muualla 200mm .

Kipsilevyn lommahdustarkastus

Kipsilevyn ominaisuuksia

RIL 205-1-2007 taulukko 3.13

$$E_{mean} := 3300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{mean} := 690 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_2 := \frac{2 \cdot G_{mean}}{E_{mean}} = 0.418$$

RIL 205-1-2007 kaava 9.18.2S

$$t_p := 13 \quad \text{Kipsilevyn paksuus}$$

$$c := 2600 \text{ mm} \quad \text{Levyn pituus}$$

$$a := 400 \text{ mm} \quad \text{Koolausjako alakatossa}$$

$$\frac{c}{a} = 6.5 \Rightarrow k := 0.9 \quad \text{RIL 205-1-2007 kuva 9.7}$$

Kipsilevyn lommahdusjännitys

$$f_{v.crit} := 3.3 \cdot k \cdot E_{mean} \cdot \left(\frac{t_p}{a} \right)^2 = 10.352 \quad \frac{N}{mm^2} \quad 9.18.1S$$

Kipsilevyn ominaisleikkauslujuus

$$f_{v.k} := 1.78 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$f_{v.crit} > f_{v.k} \quad \text{Ei lommahdusta}$$