

# **Eurokoodin mukaisen laskentapohjan luominen**

Pientalon kantava runkorakenne



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)  
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Kevät 2021

Tino Pietikäinen

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työkalu helpottamaan puisten rakenteiden suunnittelua ja syventämään tietoa liittyen puurakenteiden suunnitteluun. Laskentapohja kattaa kantavan rankarunkoseinän tarkastelun ja tuulikuorman määrittämisen.

Opinnäytetyöhön oli saatavilla kattavasti materiaalia liittyen puurakenteiden suunnitteluun. Opiskelun aikana kertyneiden materiaalien ja lähteiden avulla oli helppo lähteä rakentamaan toimivaa laskentapohjaa. Lähteinä on käytetty pääsääntöisesti eri eurokoodi-standardeja, niistä johdettuja Suomen Rakennusinsinööri Liiton RIL-julkaisuja ja Puuinfon Eurokoodi5 – Puurakenteiden lyhennetyn suunnitteluohjeen viidettä painosta.

Tekstiosuudessa käydään läpi suunnitteluperiaatteita ja puusuunnitteluun liittyviä perusteita laskentapohjan tueksi. Rakenteiden mitoituksista esitellään laskentapohjan käyttöä helpottava ohjauskaavio, jonka mukaisesti laskenta etenee. Opinnäytetyön liitteenä on esimerkkilaskelma, jossa on käytetty kyseistä laskentapohjaa.

Avainsanat Rakennesuunnittelu, eurokoodi, laskentapohja

Sivut 30 sivua ja liitteitä 34 sivua

## ABSTRACT

The goal of this thesis was to create a tool to help designing timber structures and deepen my knowledge of designing structures when using timber as a material. This calculation base covers the calculations that enable the examine the load bearing wall frame and to define the wind load.

There is a lot of material that guides you how to design timber structures. From the guide material I had collected during my engineering studies and Eurocode based material it was easy to start making a working calculation base. The most used source for this thesis are Eurocode standards and guidebooks that use Eurocode as a source such as the publications by the Finnish Association of Civil Engineers (RIL) or Puuinfo.

In the theoretical part of the thesis, the designing principles and the basics of timber structure design are introduced to help the usage of the calculation base. For usage of the calculation base diagrams are presented that guide the user in the designing process.

Keywords Structural engineering, Eurocode, calculation base

Pages 30 pages and appendices 34 pages

## Sisälllys

1	Johdanto .....	1
2	Ohjelmat .....	2
2.1	Mathcad Prime 5.....	2
2.2	Microsoft Excel.....	2
2.3	Finnwood.....	2
3	Materiaalit .....	3
3.1	Materiaaliominaisuudet.....	3
3.2	Sahatavara C24 .....	5
3.3	Liimapuu GL30c.....	7
3.4	LVL.....	8
3.5	Rakennelevy (Kipsilevy).....	8
4	Suunnitteluperusteet .....	9
4.1	Vaatimukset .....	9
4.2	Rajatilamitoituksen periaatteet .....	10
4.2.1	Murtorajatilat.....	11
4.2.2	Käyttörajatilat.....	13
5	Mitoituksen kulku .....	13
5.1	Rakennelaskelmien selostus .....	13
5.2	Kohderakennus ja kohteen esittely .....	14
5.3	Kuormitukset.....	15
5.3.1	Rakenteiden oma paino .....	16
5.3.2	Tuulikuorma .....	16
5.3.3	Lumikuorma .....	20
5.4	Rakenteiden mitoitukset.....	22
5.4.1	Ulkoseinän rungon mitoitus.....	23
5.4.2	Kehäpalkki / Aukkopalkki, kulkukaavio .....	26
6	Yhteenveto .....	28
	Lähteet.....	31

## **Kaavat, Kuvat ja Taulukot**

Kaava 1. Kokonaistuulikuorman ominaisarvo (RIL 205-1-2017, s. 43, kaava 2.5.12S)	s.18
Kaava 2. Rakennuksen hoikkuus (RIL 205-1-2017, s.43)	s. 18
Kaava 3. Lumesta aiheutuva ominaiskuorma (RIL 205-1-2017, s.36)	s.19
Kaava 4. Materiaalin mitoitussarvo (RIL 205-1-2017, s.43)	s. 22
Kuva 1. Standardin EN 338 mukaiset lujuusluokat havupuusahatavaralle (Puuinfo)	s. 4
Kuva 2. INSTA142 mukaiset lujuusluokat havupuusahatavaralle (Puuinfo)	s. 5
Kuva 3. Kohteen tiedot (Esimerkkilaskelma s. 1)	s. 13
Kuva 4. Tuulikuorman määrittämisen kulkukaavio. (RIL 201-1-2017 Kuva 3.1S s. 128)	s. 16
Kuva 5. Maastoluokkien enimmäisrosoisuuden kuvaus (SFS-EN 1991-1-4 A.1)	s. 17
Kuva 6 Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa (Lyhennetty suunnitteluohje s. 13, kuva 2.4)	s.19
Kuva 7. lumikuorman muotokertoimet (Lyhennetty suunnitteluohje s. 12)	s. 21
Taulukko 1. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskertoimet (RIL 205-1-2017, s.49)	s.4
Taulukko 2. Puutuotteiden virumaluvun $K_{def}$ arvot (RIL 205-1-2017, Taulukko 3.2, s.50)	s.5
Taulukko 3. Liimapuun yleisimmän paksuudet (mm) (RIL 205-1-2017, s. 202)	s.7
Taulukko 4. Seuraamusluokkien (CC) määrittely (RIL 201-1-2017, s. 56)	s.12
Taulukko 5. Taulukko 2.9S Voimakerroin $C_f$ (RIL 205-1-2017, s.43)	s.20
Taulukko 6. Lyhennetty suunnitteluohje, kuormien aikaluokat s. 15	s.22
Taulukko 7. Seinätolpan mitoitus	s.24
Taulukko 8. Kehäpalkin / Aukkopalkin mitoitus	s.25

## **Liitteet**

- Liite 1 Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot
- Liite 2 Katon tuulensuojaisuuskertoimen arvot
- Liite 3 Kattojen lumikuorman muotokertoimet
- Liite 4 Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet
- Liite 5 Esimerkkilaskelma

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda työkalu puurakenteiden mitoittamisen helpottamiseksi. Laskentapohjaa tehdessä syvennyttään puurakenteiden suunnitteluun ja ohjeistuksiin. Laskentapohjan esimerkkikohteena on käytetty rankarunkoista autotallirakennusta. Opinnäytetyö tehtiin yrityksen tarpeeseen, koska valmiita laskentapohjia kantavan rungon mitoittamiselle ei ollut ennestään käytettävissä. Laskentapohjan avulla pystytään määrittelemään kokonaisia kantavia runkorakenteita tai yksittäisiä rakenneosia kuten aukonylityspalkkeja.

Rakenteiden mitoittamista varten on luotu laskennan etenemistä kuvaavat diagrammit, joiden on tarkoitus ohjata laskentapohjan käyttäjää. Diagrammeissa esitellään laskennassa käytetyt kaavat ja lähteet kaavoille, jolloin laskentapohjaa on helppo muokata eri mitoitusilanteihin sopivaksi. Rakenteiden mitoitus perustuu eurokoodeihin ja niistä johdettuihin julkaisuihin, esimerkiksi RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje ja Puuinfon Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje viides painos.

Tekstiosuudessa käydään läpi puusuunnittelun perusteita ja tekstiosuuden on tarkoitus tukea laskentapohjan käyttöä. Suunnitteluperiaatteissa käydään läpi rajatilamitoituksen perusteita koskien murto- ja käyttörajatila. Mitoituksen kulku-osiossa esitellään laskentapohjan käyttöä ja puurakenteiden suunnittelulle ominaisia asioita. Puu materiaalina antaa suunnitteluun monia kertoimia käyttöluokkien ja ajan vaikutuksen kautta, joita muissa suunnittelualoissa ei ole välttämättä tarpeen huomioida. Niistä oleellisimpia esitellään rakenteiden mitoituksen alussa.

Kantavan seinärakenteiden mitoituksen lisäksi laskentapohja sisältää tuulikuorman määrittämiseen luodun laskentapohjan.

## 2 Ohjelmat

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön tekemisessä käytetyt ohjelmat. Opinnäytetyön laskentapohja luotiin Mathcad Prime -alustalle ja tekoprosessin aikana muita tässä osiossa esiteltyjä ohjelmia käytettiin tuloksien tarkistamiseen ja helpottamaan laskentapohjan käyttöä.

### 2.1 Mathcad Prime 5

Mathcad Prime on numeerisen sekä symbolisen laskennan ohjelmisto, jonka avulla on helppo tuottaa viralliseen käyttöön tarkoitettuja laskentadokumentteja. Ohjelman etuihin kuuluu tieteellisten symbolien ja yksiköiden käyttö laskennan tukena, joiden avulla vähennetään virheiden määrää laskutoimituksissa ja helpotetaan laskutoimitusten suorittamista. (Mathcad 2021)

### 2.2 Microsoft Excel

Tässä opinnäytetyössä käytetään Microsoft Excel taulukkolaskelmaohjelmaa vastauksien ja lopputuloksien vertailuun. Puuinfo on luonut valmiita laskentatyökaluja tietyille rakenneosille, joiden käyttö tapahtuu Excel-ohjelmalla.

### 2.3 Finnwood

Finnwood on ilmainen Metsä Woodin kehittämä puurakenteiden mitoitusohjelma, joka on tarkastettu kolmannen osapuolen toimesta. Mitoitusohjelmalla voidaan mitoittaa lattia- ja kattopalkkeja, pilareita sekä Kerto-Ripa – elementeillä toteutettuja ala-, väli- ja yläpohjalaattoja. Finnwood-ohjelman mitoitusperiaatteet on luotu Eurokoodi 5:n EN 1995-1-1, sen täydennysosien A1:2008+A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden mukaisesti. Eurokoodien lisäksi suunnitteluohjeita valittaville rakennemalleille ja kuormituksille on haettu RIL 205-1-2017 ja RIL 205-2-2009 julkaisuista. Finnwood -ohjelman materiaalivaihtoehtoina ovat rakennepuutavara, Kerto LVL-tuotteet, Kerto-Ripa elementit ja liimapuu. (Metsäwood 2021)



Tässä opinnäytetyössä Finnwood -ohjelmaa käytetään luotavan laskentapohjan vastauksien ja lopputuloksien vertailuun.

### **3 Materiaalit**

Tässä osiossa käydään läpi esimerkkilaskelmissa käytettyjä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia. Laskentapohjaa on mahdollista käyttää myös muiden materiaalien ja lujuusluokkien kanssa, mutta lähtöarvot on toteutettu käyttämällä alla esiteltyjä materiaaleja ja niiden mitoitusarvoja.

Puutuotteilla, jotka poikkeavat eurokoodin SFS-EN 1995-1-1 kohtien 3.2-3.5 standardien mukaisesta määrittelystä tulee, olla ETA (Eurooppalainen Tekninen Arviointi), kansallisen tuotehyväksyntälainsäädännön mukainen tyyppihyväksyntä tai rakennusvalvontaviranomaisen tekemä asiantuntijaselvitys. Esimerkiksi Suomessa VTT:n tuotesertifikaatti tai lausunto (RIL 205-1-2017, 3.1 s. 49).

Lujuusluokiteltujen puutuotteiden tulee olla leimattuja siten, että jokaisessa lujuusluokitellussa sahatavarakappaleessa tai paketissa on lujuusluokan mukainen leima. Leimausvaatimus koskee kaikkea rakennesahatavaraa riippumatta siitä, onko se lajiteltu koneellisesti vai visuaalisesti. (Puuinfo 2018)

#### **3.1 Materiaaliominaisuudet**

Käytettävien materiaalien lujuus- ja jäykkyysparametrien määrittäminen tapahtuu kokeiden, samantyyppisten puulajien, lujuusluokkien tai puutuotteisiin tehtyjen vertailujen tai ominaisuuksien perusteella, jotka tunnetaan hyvin. (RIL 205-1-2017, 3.1 s. 49)

Kun jännityksen ja muodonmuutoksen välinen riippuvuus oletetaan olevan lineaarinen murtoon saakka, tulee myös yksittäisten rakenneosien kantavuus käsitellä lineaarisen riippuvuuden mukaisesti. (RIL 205-1-2017, 3.1 s. 49)

Puulla ja puutuotteilla tulee olla standardin EN 350-2 ja EN 355 mukainen luontainen biologinen kestävyys käyttöluokan määrittämän biologisen rasituksen perusteella tai ne tulee suojakäsitellä standardin EN 351 ja 460 vaatimusten mukaisesti. Suojakäsittelyssä tulee huomioida käsittelyn mahdolliset vaikutukset jäykkyy- ja lujuusominaisuuksiin.

Suojakäsittelyyn liittyvät vaatimukset on esitelty standardeissa EN 351 ja EN 599-1 ja 2. (Lyhennetty suunnitteluohje, 2020 s. 16)

Puutuotteiden ominaislujuuksien ja jäykkyysominaisuuksien mitoitusarvojen määrittämisessä ominaisarvot kerrotaan  $k_{mod}$  kertoimella.  $k_{mod}$  muunnoskerroin määräytyy kuormituksen keston ja kosteusvaikutuksen perusteella. Muunnoskertoimet esiteltynä taulukossa 1 (RIL 205-1-2017, s. 49)

Taulukko 1 Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskertoimet (RIL 205-1-2017, Taulukko 3.1, s.49)

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka				
		Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkelinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lastulevy P4 <sup>1)</sup> ja P5, OSB/2 <sup>1)</sup> , Kova kuitulevy	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Lastulevy P6 <sup>1)</sup> ja P7, OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA <sup>1)</sup> , MBH.HLS, MDF.LA <sup>1)</sup> ja MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	2	-	-	-	0,45	0,80

<sup>1)</sup> Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1.

Rakennesan kuormitusyhdistelmä voi muodostua eri aikaluokkiin kuuluvista kuormista. Kuormitusyhdistelmän kuuluessa moneen eri aikaluokkaan valitaan rakenteelle käytettävä  $k_{mod}$  kuormituskerroin lyhytkestoisimman aikaluokan määrittämä arvo. Esimerkiksi: pysyvän kuorman ja lyhytaikaisen kuorman yhdistelmälle käytetään lyhytaikaisen kuorman määrittämää arvoa. Puutuotteiden virumalukuna käytettävät  $k_{def}$  arvot on määritetty taulukossa 2 (Eurokoodi 5 SFS-EN 1995-1-1+A1+A2+AC, 3.1.3 s. 27).

Taulukko 2 Puutuotteiden virumaluvun Kdef arvot (RIL 205-1-2017, Taulukko 3.2, s.50)

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjällään	EN 14374			
Vaneri, Kerto-Q lappeellaan, CLT lappeellaan	EN 636, VTT 184/03	0,80	1,00	2,50
OSB-levy	EN 300: OSB/2	2,25	-	-
	EN 300: OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Lastulevy	EN 312: P4 ja P5	2,25	3,00	-
	EN 312: P6 ja P7	1,50	2,25	-
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	-

### 3.2 Sahatavara C24

Rakennesahatavaran tulee olla standardin EN 14081-1 mukaista ja sormiliitosten täyttää EN 15497 määritelmät. Havupuut jaetaan lujuusluokkiin C14–C50 ja lehtipuut D30–D70 standardin EN 338 mukaisesti. Pohjoismailla on yhteinen standardi INSTA 142, jonka avulla havupuinen sahatavara voidaan lajitella vastaamaan standardin EN338 mukaisia C-lujuusluokkia. (Puusuunnittelun lyhennetty suunnitteluohje s. 16; Puuinfo 2021)

Sahatavaran perinteinen koneellinen lajittelumenetelmä ominaislujuuksien suhteen tapahtuu taivuttamalla kappaletta. Kappaleen taivutuksen avulla saadaan tietää kappaleen

kimmomoduuli, jonka avulla kappaleen lujuusluokka määräytyy. Nykyisin lujuusluokkien määrittelyyn ja lajitteluun on käytössä huomattavasti kehittyneempiä menetelmiä, jotka hyödyntävät konenäkömittausta, ominaistajuuden mittausta, röntgenmittausta tai ultraäänimittausta. Puutavara voidaan myös lajitella visuaalisesti silmämääräisellä tarkastelulla, mutta ainoastaan lujuusluokkaan C30 asti. (Puuinfo 2020) ”Sahatavara ja sen jalosteet”)

Kuva 1 Standardin EN 338 mukaiset lujuusluokat havupuusahatavaralle (Puuinfo 2020)

Kaikki lujuusluokat	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Suomessa yleisimmät lujuusluokat			X			X		X	X	X		

Kuva 2 INSTA142 mukaiset lujuusluokat havupuusahatavaralle (Puuinfo 2020)

Kaikki lujuusluokat	T0	T1	T2	T3
Vastaavuus EN 338 kanssa	C14	C18	C24	C30

Rakennepuutavaroiden lujuuslajittelua ei käytetä puutavaraan, joka on paksuudeltaan alle 40 mm tai, jonka molemmat sivumitat ovat enintään 50. Puutavaraa, joka täyttää edellä mainitut määreet, voidaan silti käyttää jäykisteinä ja ruoteina. Jäykisteinä ja ruoteina käytettäessä voidaan olettaa tuotteen olevan C18 edellyttäen, että puutavara on täysikanttista, ei sisällä mekaanisia tai lahon aiheuttamia vaurioita. (RIL 205-1-2017, s.51; SFS 5978)

### 3.3 Liimapuu GL30c

Liimapuun tulee täyttää standardissa EN 14080 sille asetetut ominaisuudet. Homogeeninen samankaltaisista lamelleista valmistettu liimapuu kuuluu lujuusluokkiin GL20h–GL32h ja eri lujuusluokkien lamelleista koostuva liimapuu luokkiin GL20c–GL32c. (Puusuunnittelun lyhennetty suunnitteluohje 2020 s. 16)

Liimapuu on lamelleista liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote. Standardin EN 14080 mukaan sen tulee koostua vähintään kahdesta sahatavaralamellista, jotka ovat enintään 45 mm paksuja ja syysuunta vastaa liimapuutuotteen pituussuuntaa. (Suomen Liimapuuyhdistys 2018)

Liimapuut, jotka täyttävät standardin määrittelemät ehdot suositellaan käytettävän lujuusluokkaa GL30c. GL30c-luokan c-kirjain tulee sanasta ”combined”. GL30c luokan liimapuun valmistuksessa on käytetty kahden eri lujuusluokan lamelleja, jotka sijoitetaan ominaislujuutensa mukaisesti. Lujuusluokan GL30c liimapuutuote valmistetaan niin, että vähintään uloin kuudesosa koostuu ulkolamelleista, jotka ovat lujuusluokaltaan T22 ja sisälamelleista, jotka kuuluvat lujuusluokkaan T14 tai T15. (Suomen Liimapuuyhdistys 2018)

Liimapuu soveltuu hyvin rakenteelliseksi puutuotteeksi sen hyvän palonkestokyvyn ansiosta. Liimapuukannattimet eivät taivu kuumuuden vaikutuksesta ja omaavat hitaan hiiltymisnopeuden noin 0,6 mm minuutissa. Liimapuutuotteet ovat pääsääntöisesti ympärihöylättyjä ja hyvin laajasti pintakäsiteltävissä. Halkaistu valmis liimapuu määritellään omaan lujuusluokkaan GL30cs tai GL30hs halkaisemisesta aiheutuvan heikentymisen seurauksena. (Suomen Liimapuuyhdistys 2018; RIL 205-1-2017 s. 52)

Taulukko 3 Liimapuun yleisimmän paksuudet (mm) (RIL 205-1-2017, s. 202)

Halkaistu liimapuu	42	56	66	78				
Liimapuu	90	115	140	165	190	215	240	265

### 3.4 LVL

LVL eli viilupuu valmistetaan liimaamalla sorvattuja 3 mm:n paksuja kuusiviiluja yhteen saaden kestävä rakenteellinen puutuote. Viilupuun sorvattujen viilujen syysuunta on yleisesti pituussuuntainen, mutta on myös olemassa tuotteita, joissa osa viiluista on liimattu ristiin. Viilupuun pinnat ovat normaalisti paikkaamattomia ja hiomattomia. LVL-tuotteiden tulee täyttää standardin 14374 vaatimukset. (Puuinfo b 2020)

Viilupuutuotteita käytetään uudis- ja korjausrakentamisessa rakennepuutavarana monipuolisesti: kantavina palkkeina, pilareina, ristikkoina, jäykistävinä rakenneosina, aukko- ja tukipalkkeina. Viilupuusta voidaan valmistaa maksimissaan 2.5 metriä leveää ja maksimissaan 24...25 metriä pituisia viilupuuosia. Viilupuu palkkien ja tolppien paksuus vaihtelee 27...75 mm välillä. Viilupuu tuotteiden vakiokorkeudet määräytyvät valmistajakohtaisesti. Vaakarakenteissa viilupuun tyypillinen jänneväli on 5...12 metriä. (Puuinfo b 2020)

Standardin EN 14080 mukaisia suuria sormiliitoksia, joissa syysuunta muuttuu liitoksen kohdalla ei saa käyttää käyttöluokassa 3. (RIL 205-1-2016 s.55)

### 3.5 Rakennelevy (Kipsilevy)

Tämän opinnäytetyön laskentapohjassa on käytetty kipsilevyä estämään runkotalppien nurjahtamista heikommassa suunnassa. Kipsilevyä käytetään yleisesti tuulensuojalevynä ja jäykistämään rakennetta tuulikuormaa vastaan.

Huokoisten kuitulevyjen tulee täyttää standardin EN 622-4 vaatimukset. Tällaisien levyjen käyttöä jäykisteenä rakenteen tuulikuormaa vastaan rajoitetaan mitoituksiin, jotka perustuvat kokeellisiin varmistuksiin. Kaikkien kuitulevyjen, joita käytetään jäykisteenä tuulta vastaan, tulee omata eurooppalainen tyyppihväksyntä ETA tai ympäristöministeriön asetusten mukainen rakennelevylle asetettu tyyppihväksyntä. Tyyppihväksynnässä tulee esittää mitoitusohjeet standardin EN 1995 mukaisesti. (RIL 205-1-2016 s.56)

## 4 Suunnitteluperusteet

Tämän opinnäytetyön laskelmat ja puurakenteiden suunnitteluperusteet täyttävät standardin SFS-EN 1990:2002/A1:2005 vaatimukset. Laskelmien ja kuormien perusteena on käytetty pääsääntöisesti Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry:n julkaisuja RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat ja RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje. RIL julkaisujen lisäksi tukena on käytetty eurokoodeja, joiden perusteella julkaisut on luotu ja Puuinfon tuottamaa: Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje – viides painos. Lyhennetyn suunnitteluohjeen kaavoja ja ohjeistuksia on tarkasteltu RIL ja eurokoodi julkaisujen rinnalla.

Lyhennetyn suunnitteluohjeen (2020 s.9) mukaan ”On huomattava, että lyhennetty suunnitteluohje on käyttöalueeltaan vastaavia RIL ohjeita rajoitetumpi ja siihen sisältyvät suunnitteluohjeiden yksinkertaistukset johtavat EN standardeihin nähden varmalla puolella olevaan mitoitukseen.”

### 4.1 Vaatimukset

Suunnitteluperusteena rajatilamenetelmään ja osavarmuuslukumenettelyyn perustuva Standardi EN 1990 käsittelee rakenteiden varmuutta, käyttökelpoisuutta ja säilyvyyttä koskevia periaatteita ja vaatimuksia. Standardeja EN 1991–1999 on tarkoitettu käytettävän suoraan yhdessä EN1990 kanssa. Standardiin liitettävän kansallisen liitteen tulee sisältää kaikki kansallisesti poikkeavat parametrit, jotka ovat käytössä kansallisen liitteen osoittamassa maassa. (SFS-EN 1990 + A1 + AC, s. 16)

Eurokoodin SFS-EN 1990 määrittämät perusvaatimukset täytetään käyttämällä EN 1990 ja kansallisen liitteen määrittämää rajatilamitoitusta ja osavarmuuslukumenetelmää, standardin EN 1991 ja kansallisen liitteen mukaan määriteltyjä kuormia ja niiden yhdistelmiä, EN 1995 ja kansallisen liitteen mukaan määriteltyjä kestävyyskäsitteitä, käyttökelpoisuuksia ja säilyvyyteen liittyviä sääntöjä ja ohjeita. Suomen Rakennusinsinööri liiton RIL ry:n julkaisuja

201-1-2017 ja 205-1-2017 voidaan käyttää standardien SFS-EN 1990, SFS-EN1991 ja SFS-EN1995 sijasta. (RIL 205-1-2017, s 25.)

## 4.2 Rajatilamitoituksen periaatteet

Rakenteita mitoittaessa tulee käyttörajatilat ja murtorajatilat käsitellä omina mitoitustilanteina. Mikäli pystytään osoittamaan, että toinen rajatilatarkastelu täyttää myös toisen rajatilan määrittämät vaatimukset, voidaan vaatimuksien esittäminen jättää suorittamatta. Rajatilamitoituksen mitoitustilanteet luokitellaan kolmeen ryhmään: normaalisti vallitseviksi, tilapäisiksi ja onnettomuustilanteiksi. Mitoitustilanne määräytyy rakenteeseen vaikuttavien olosuhteiden perusteella.

Mitoitustilanteiden luokitukset eurokoodi EN 1990 mukaan:

- normaaleja käyttötilanteita ja olosuhteita koskevat mitoitukset
- tilapäiset mitoitustilanteet, esimerkiksi rakenteeseen kohdistuvat olosuhteet korjattaessa olemassa olevaa rakennetta tai toteuttaessa sitä.
- onnettomuusmitoitustilanteet, joissa rakenteeseen kohdistuu poikkeuksellisia olosuhteita kuten tulipalo, törmäys, räjähdys
- maanjäristysmitoitustilanne

Standardeista EN 1991–EN 1999 löytyy luokittelun mukaisia erityisiä tietoja koskien eri mitoitustilanteita. (SFS-EN 1990+A1+AC)

Rajatilamitoituksen mitoitusmalleissa huomioon otettavat asiat:

- materiaalien ominaisuudet, esimerkiksi jäykkyys ja lujuus
- materiaalien käyttäytyminen tietyllä ajanjaksolla, esimerkiksi kuorman vaikutusaika, viruminen
- rakenteeseen vaikuttavat ilmasto-olosuhteet, esimerkiksi lämpötilan ja kosteuden vaihtelu
- mitoitustilanteet ajankohdan mukaan, esimerkiksi rakennusvaihe

(SFS-EN 1995-1-1+A1+A2+AC, s. 21)



#### 4.2.1 Murtorajatilat

Murtorajatilaksi määritellään kaikki tilanteet, joissa rakenne liittyy ihmisten turvallisuuteen tai rakenteen varmuuteen, esimerkiksi rakenteen vaurioituminen, murtuminen tai tasapainon menetys. Murtorajatilamitoitusta voidaan käyttää myös silloin kun kyseessä on materiaalin suojaaminen. (RIL 201-1-2017, s. 29)

Mitoituksessa tarkasteltavia murtorajatiloja:

- jäykän kappaleen tai sen osan tasapainon menetys
- rakennetta vaurioittava liiallinen siirtymä
- rakenteen murtuminen
- stabiliteetin menettäminen
- rakenteen väsyminen (RIL 201-1-2017, ss. 29, 30)

Mitoittamisen alussa tulee määrätä rakenteelle määritellä KFI-kuormakerroin, joka määräytyy rakennuksen seuraamusluokan perusteella. Rakennukset jaetaan seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3 mahdollisen viasta tai vauriosta johtuvien seuraamusten perusteella. Seuraamusluokka voidaan valita esimerkiksi taulukosta 4 (RIL 201-1-2017, s. 55)

Taulukko 4 Seuraamusluokkien (CC) määrittely (RIL 201-1-2017, s. 56, Taulukko 6a)

Seuraamusluokan (CC) kuvaus	Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä	Luotettavuusluokka/ kuormakerroin $K_{F1}$
CC3 Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko <sup>1)</sup> jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä, kuten - yli 8-kerroksiset <sup>2)</sup> asuin-, konttori- ja liikerakennukset - konserttisalit, teatterit, urheilu- ja näytelyhallit, katsomot - raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. Erikoisrakenteet, kuten esim. korkeat tornit. Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet, jotka sijaitsevat siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä erityisesti hienorakeisten maalajien alueilla.	RC3 $K_{F1} = 1,1$
CC2 Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia.	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1.	RC2 $K_{F1} = 1,0$
CC1 Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset <sup>2)</sup> rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä <sup>3)</sup> , kuten esim. pienehköt varastot ja maatalouden tuotantorakennukset, joiden pinta-ala on enintään 300 m <sup>2</sup> tai suurin jänneväli enintään 6 metriä. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa, kuten - matalalla olevat alapohjat, ilman kellaritiloja - ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne - sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana.	RC1 $K_{F1} = 0,9$

#### **4.2.2 Käyttörajatilat**

Käyttörajatilojen luokkaan kuuluvat rajatilat, jossa tarkastellaan normaalin käytön vaikutusta rakenteen ja rakenneosien toimintaan, ihmisten mukavuuteen ja rakennuskohteen ulkonäköön. Käyttörajatilassa tarkasteltavia asioita ovat siirtymät, värähtelyt ja vauriot, jotka vaikuttavat käyttömukavuuteen. Tarkastelua tehtäessä palautuva ja palautumaton käyttörajatila tulee erottaa toisistaan. Suunnittelualasta riippuen käyttökelpoisuuden vaatimuksia löytyy suunnittelualaa koskevista eurokoodeista EN 1992–EN 1999 (RIL 201-1-2017, s. 29)

### **5 Mitoituksen kulku**

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyönä luodun laskentapohjan osa-alueet ja niiden perusteet. Tämän osion ei ole tarkoitus syventyä kaavoihin ja niiden johtamiseen, vaan opinnäytetyön tekstiosion 5. luku toimii käyttöselosteena laskentapohjalle.

#### **5.1 Rakennelaskelmien selostus**

Laskentapohjan ensimmäisessä vaiheessa käydään rakennelaskelmiin vaikuttavat perustiedot läpi. Selostuksen tarkoituksena on antaa laskennalle kattavat lähtötiedot laskettavalle kohteelle ja toimia nimiönä laskelmalle. Rakennelaskelmien selostuksessa käydään läpi seuraavat otsikot:

- rakennuksen tiedot
- rakennuksen rakenteellinen järjestelmä
- laskelmia koskevat määräykset ja ohjeet
- kuormitukset
- rakennuksen materiaalit
- lisätiedot ja erityispiirteet

Kuva 3 Kohteen tiedot (Esimerkkilaskelma s. 1)

<b>1.1 Rakennuksen tiedot</b>	
Työnumero:	0000
Kohteen nimi:	Opinnäytetyö
Osoite:	Opinnäytetyö
Kortteli/Kylä:	11/11
Käyttötarkoitus:	Asuinrakennus
Rakenteiden vaativuusluokka:	B (RakMK osa A2)
Käyttöluokka:	1 (Ril 205-1-2017)
Seuraamusluokka:	CC2 (Ril 205-1-2017)
$K_{FI}$ -kuormakerroin	1
Paloluokka:	P3 (RakMK osa E1)
Pääasiallinen rakennusmateriaali:	Puu
Rakennustapa:	Paikalla rakentaminen
Kerrosluke:	1
Kokonaiskorkeus:	6 m
Bruttopinta-ala yhteensä:	125 m <sup>2</sup>
<b>1.2 Rakenteellinen järjestelmä</b>	
Perustamismaaperä:	HkMr
Perustamistapa:	Maanvaraiset seinäanturat
<b>Runkorakenne</b>	
Kantavat seinät:	Rankarunkoseinä (sahatavara C24)
Pääkannattimet:	Sahatavara, LVL, liimapuu, NR-ristikko
<b>Ulkoseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu lämpöeristetty puurankaseinä.
<b>Väliseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu puurankaseinä
<b>Välipohja:</b>	<b>Ei ole, Rakennus on yksi kerroksinen</b>
Kuivat tilat:	-
Märkätilat:	-
<b>Yläpohja:</b>	
Asuinrakennus:	Paikalla rakennettu, lämpöeristetty NR-ristikko
Parveke:	Ei parveketta.
<b>Rungon jäykistys:</b>	
1. kerros:	Rakennus jäykistetään rungon poikki- ja pituussuunnassa levyjäykisteillä. Ulkoseinissä jäykistys tapahtuu käyttämällä tuulensuoja kipsilevyä ulkoseinän rungon ulkopinnassa. Levyjäykisteitä löytyy myös huoneistojen väliseinistä ja alakatoista. NR-ristikkoyläpohja jäykistetään päätyseinien yläohjauspuilla ja vinositeillä alakaton levyjäykistykseen lisäksi.

## 5.2 Kohderakennus ja kohteen esittely

Rakennelaskelmien selostuksen jälkeen esitellään kohde, jota ollaan mitoittamassa. Kohteen esittelyssä käydään laskennan laajuuden mukaan läpi kaikki laskentaan oleellisesti

vaikuttavat piirustukset. Tässä laskelmassa on käsitelty autotallirakennusta ja kohteen esittelyssä käydään läpi:

- pohjakuva
- leikkauskuva
- rakennuksen rakennetyypit
- rakenteiden liittymät

Rakennuksen mittoja ilmoittavien kuvien tulisi olla ajan tasalla. Näiden rakennusta ja sen rakenneosia koskevien kuvien ja tietojen perusteella määritetään rakennuksen sekä rakennusosien kuormituksia ja mitoittavia tilanteita. Esimerkiksi pohjakuvasta saatavat pituus- ja leveystiedot yhdistettynä leikkauskuvasta saatavaan korkeuteen tuulikuorman määrittämistä varten.

Rakennetyyppien avulla määritetään rakenteiden omasta painosta määräytyviä kuormia. Lisäämällä rakennetyypit laskentapohjaan, saadaan kaikki oleellinen tieto kasattua yhteen paikkaan, jolloin laskelmien tarkistaminen ja toteuttaminen helpottuu.

Laskelmaan on hyvä liittää myös rakenneosia koskevia detaljeja suunnitelluista toteutustavoista. Rakenteiden liittymäkohtien toteutustavat vaikuttavat suuresti rakenteiden mitoittamiseen ja niiden esittäminen on hyvin oleellista tässä vaiheessa. Toteutustapojen perusteella laskentapohjaa muokataan tilanteeseen sopivaksi ja lopullisessa tulosteessa näkyvät laskennan pohjana toimineet lähtötiedot.

### **5.3 Kuormitukset**

Kuormat ovat rakennetta kuormittavia voimia, jotka jaetaan eri luokkiin niiden vaikuttavan ajan perusteella. Kuormat luokitellaan kolmeen ryhmään: pysyvät kuormat (G), muuttuvat kuormat (Q) ja onnettomuuskuormat (A). Laskelmassa käsitellään pysyvänä kuormana rakenteiden omaa painoa ja muuttuvana kuormana lumi- ja tuulikuormia.

(SFS-EN 1990/2006, s. 58)

### 5.3.1 Rakenteiden oma paino

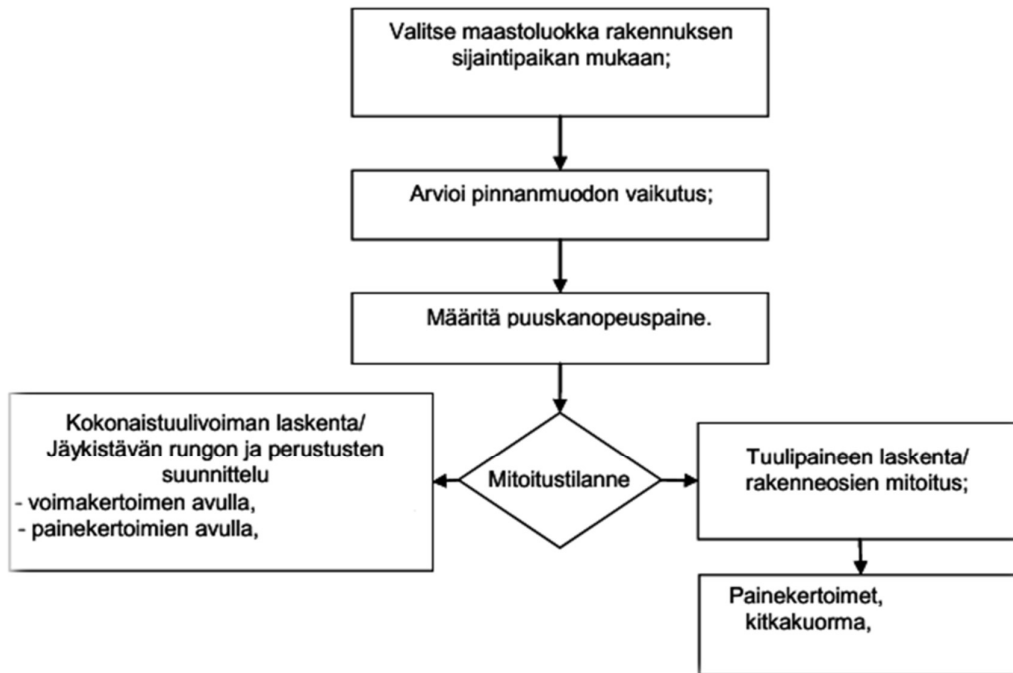
Pysyviin kuormiin lasketaan esimerkiksi kantavien ja ei-kantavien rakenteiden, ja kiinteiden laitteiden omasta painosta aiheutuva kuorma. Rakennusosan oma paino lasketaan käyttämällä niiden tilavuuspainojen ominaisarvoja. Tilavuuspainot yhdistetään rakenneosien nimellismittoihin, jolloin saadaan rakenteen oma paino. Jossain tapauksissa rakenneosien oman painon ominaispainona käytetään standardin EN 1990 määrittelemää ylä- ja alarajaa. Rakenteiden omaa painoa voidaan käsitellä myös hyötykuorman tietyissä tilanteissa, esimerkiksi kevyet väliseinät määritellään lisähyötykuormaksi.

Kun rajatilatarkastelun lopputulokseen vaikuttavat merkittävästi materiaaliominaisuudet, otetaan huomioon materiaaliominaisuuksien ylä- ja alaraja-arvot. Materiaaliominaisuuksissa tulee käyttää epäedullisimman vaikutuksen antavaa materiaaliarvoa, elleivät standardit EN 1992–EN 1999 anna eri tulkintaohjeita (RIL 201-1-2017, s.33,63, 67; SFS-EN 1990/2006, s. 62)

### 5.3.2 Tuulikuorma

Laskelmassa on käytetty RIL 205-1-2017 esittelemää tuulikuorman määrittämiseen käytettävää yksinkertaistettua laskentatapaa. Yksinkertaistettua laskentatapaa voidaan käyttää Suomessa tavanomaisten rakennusten ja rakennelmien tuulikuorman määrittämisessä. Tuulikuorman määrittämisessä seurataan RIL 201-1-2017 Kuvan 4 mukaista kulkukaaviota tuulivoiman laskentaa varten.

Kuva 4, Tuulikuorman määrittämisen kulkukaavio. (RIL 201-1-2017 Kuva 3.15 s. 128)

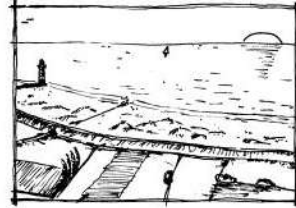


Tuulikuorman määrittämisen alussa valitaan maastoluokka, joka määrittelee tuulikuorman suuruuteen. Maastoluokka määrittelee kohderakennuksen ympärillä olevan maaston vaikutuksen tuulikuorman suuruuteen. Eurokoodi määrittelee viisi maastoluokkaa 0– IV, jotka määräytyvät maaston rosoisuuden perusteella. (RIL 201-1-2017, s. 130)

Kuva 5 Maastoluokkien enimmäisrosisoisuuden kuvaus (SFS-EN 1991-1-4 A.1)

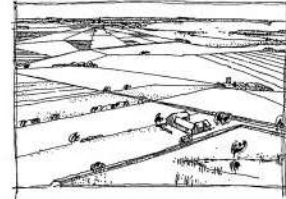
**Maastoluokka 0**

Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue



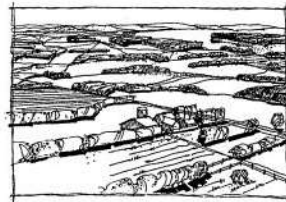
**Maastoluokka I**

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



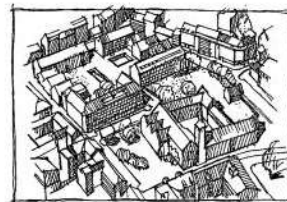
**Maastoluokka III**

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**

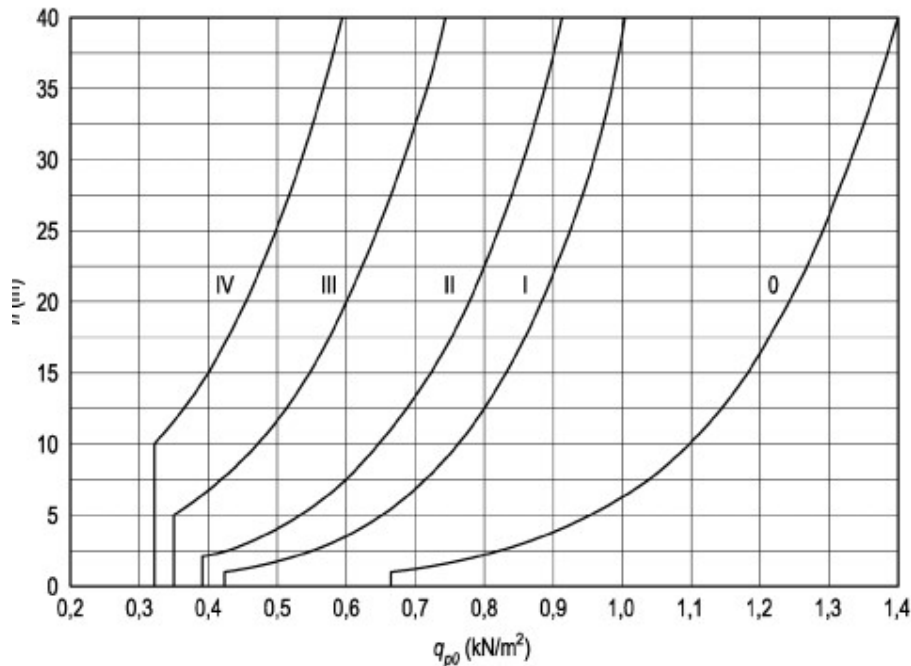
Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m



Maastoluokan valinnan jälkeen laskettavalle rakennukselle määritetään tuulen puuskanopeuspaine  $q_p(h)$ . Nopeuspaine määräytyy valitun maastoluokan ja rakennuksen korkeuden perusteella. Nopeuspaineen ominaisarvo voidaan valita kuvasta 6, RIL 205-1-2017. Interpoloimalla kuvan käyrästön arvoja saadaan laskettua nopeuspaineen arvo rakennuksen korkeuden perusteella. (RIL 205-1-2017 s. 41-42)



Kuva 6 Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa (Lyhennetty suunnitteluohje s. 13, kuva 2.4)



Tuulikuormalle mitoitettavat rakenteet jaetaan kahteen mitoitustapaukseen. Mitoittaessa rakennuksen kokonaisstabiiliteettia käytetään rakennukselle laskettua kokonaistuulikuormaa, mitoitustilanne A. Mitoitustapauksessa B mitoitetaan rakennuksen tai rakenteen osapintojen kiinnitystä tuulen imupainetta vastaan. (RIL 205-1-2017 s. 42)

Tässä opinnäytetyön laskentapohjassa käsitellään mitoitustilannetta A, jossa tarkastellaan rakenteen stabiiliteettia kokonaistuulikuormaa vastaan.

Tuulen nopeuspaineen määrittämisen jälkeen rakennukselle lasketaan kokonaistuulikuorma **F<sub>w,k</sub>**. Kokonaistuulikuorma voidaan laskea kaavalla 1 (RIL 205-1-2017, s. 43), mikäli rakennus on enintään 50 metriä ja korkeus on pienempi kuin rakennuksen leveys. (RIL 205-1-2017, s. 43)

Kaava 1. Kokonaistuulikuorman ominaisarvo (RIL 205-1-2017, s. 43, kaava 2.5.12S)

$F_{w,k} = C_f * q_p(h) * A_{ref}$ , missä:

- Cf: rakenteen voimakerroin (Taulukko 5)
- qp(h): rakennuksen korkeuden perusteella saatu nopeuspaine (Kuva 6)
- Aref: Rakenteen tuulta vastaan kohtisuoraan oleva projektiopinta-ala

Kokonaistuulikuorman tarvittava rakenteen voimakerroin Cf määritetään käyttämällä taulukkoa 5. Rakennuksen voimakertoimella huomioidaan tuulikuorman määrittämisessä rakenteen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutuksen tuulikuorman suuruudessa. Taulukon väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Taulukon käyttöön tarvittava sivusuhte lasketaan jakamalla tuulensuuntaisen sivun pituus **d**, rakennuksen leveydellä **b**.

Rakennuksen hoikkuus  $\lambda$  lasketaan käyttämällä kaavaa 2.

Kaava 2. Rakennuksen hoikkuus (RIL 205-1-2017, s.43, kaava 2.5.13S)

$\lambda = 2 * h/b$  , kun rakennuksen korkeus on vähemmän kuin 15 metriä.

- h = rakennuksen korkeus metreinä
- b = rakennuksen leveys kohtisuorassa tuulta vasten metreinä

Taulukko 5 Voimakerroin Cf (RIL 205-1-2017, s.43, taulukko 2.9S)

$\lambda$	Sivusuhte $d/b$								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
$\leq 1$	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
10	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

### 5.3.3 Lumikuorma

Rakennukselle tulee määrittää lumikuorma **qk**, joka määräytyy rakennuksen sijainnin ja katon muodon perusteella. Rakennuksen lumikuorma määritetään kertomalla maanpinnalla oleva lumikuorma **sk** katon muotokertoimella  $\mu$ . Maanpinnan lumikuorman **sk** saadaan

esimerkiksi käyttämällä Kuvaa 2.1 -FI (Liite 1) RIL 205-1-2017. Katolla olevan lumikuorma ominaisarvo saadaan kaavalla 3.

Kaava 3. Lumesta aiheutuva ominaiskuorma (RIL 205-1-2017, s.36, kaava 2.5.55)

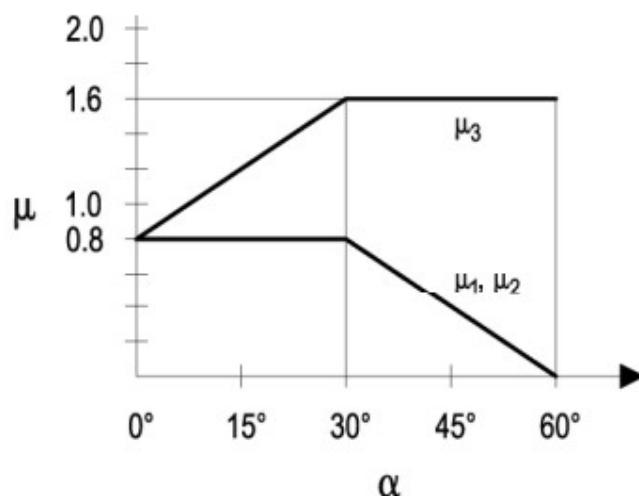
$q_k = \mu * C_e * s_k$ , jossa  $C_e$  merkitsee katon tuulensuojaisuskerrointa.

Tuulensuojaisuskerroin  $C_e$  saadaan taulukosta 2.6-FI (Liite 2) (RIL 205-1-2017) ja tässä laskelmassa käytetään normaaliolosuhteen suojaisuskerrointa yksi (1).

Paikkakuntaakohtaisia lumikuormia on taulukoituna RIL 205-1-2017 liitteessä F s. 207–209.

Jos lunta ei estetä liukumasta pois katolta, pätevät silloin RIL 205-1-2017 kuvien 2.2 (Liite 3) ja 2.3 (Kuva 7) esittämät muotokertoimien arvot. Mikäli katolla on lumieste, tai lumen liukuminen on estetty jollain muulla tapaa, niin käytetään muotokertoimena vähintään arvoa 0,8. Muotokerroin määräytyy katon kaltevuuden ja muodon perusteella. Katon sisäjiirien kohdalla kinostuva lumi otetaan huomioon käyttämällä sahakaton muotokerrointa  $\mu_3$  ja seuraten RIL 205-1-2017 ohjeistusta. (Lyhennetty suunnitteluohje 2020, s. 12; RIL 205-1-2017, s. 36-39)

Kuva 7 lumikuorman muotokertoimet (RIL 205-1-2017, s. 39, Kuva 2.3)



Korkeampaa rakennusta vasten olevan katon ja eri tasoissa olevien kattorakenteiden kohdalla on huomioitava lumen kinostuminen tuulen vaikutuksesta. (RIL 205-1-2017, s. 36)

## 5.4 Rakenteiden mitoitukset

Rakenteet mitoitetaan huomioiden siihen kohdistuvan kuorman ajallinen vaikutus ja ympärillä olevat kosteusolosuhteet. Muuttuvalle kuormalle määritetään kuormituksen tyypillisen vaihteluvälin mukainen aikaluokka arvioidun vaihteluvälin perusteella. Kukin kuorma määritetään yhteen aikaluokkaan. Tässä laskelmassa on käytetty Eurokoodi 5 – lyhennetty suunnitteluohjeen esittelemää kolmen aikaluokan laskentatapaa, jotka ovat pysyvä, keskipitkä ja hetkellinen aikaluokka. Pitkäaikainen aikaluokka on yhdistettyä pysyvään aikaluokkaan. (Lyhennetty suunnitteluohje 2020, s. 5)

Taulukko 6 Lyhennetty suunnitteluohje 2020, kuormien aikaluokat s. 15

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

Mitoitettavat rakenteet jaotellaan käyttöluokkiin käyttöluokka 1, käyttöluokka 2 ja käyttöluokka 3 ympärillä vallitsevien olosuhteiden perusteella. Käyttöluokkien avulla ohjataan materiaalien lujuusominaisuuksien käyttäytymistä määritellyissä ympäristöolosuhteissa.

Käyttöluokassa 1 on tyypillistä, että materiaalien kosteus vastaa 20 celsiusasteen lämpötilan vastaavaa kosteutta ja materiaaleja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ei ylitä 65 %, kun vain muutaman kerran vuodessa. Käyttöluokkaan 1 kuuluvat puurakenteet ovat lämmitettyjä sisätiloja vastaavissa olosuhteissa. Lämpöeristekerroksien sisällä olevat puurakenteet voidaan luokitella käyttöluokkaan 1, jos niiden vetopuoli on lämmöneristeen sisällä.

Käyttöluokassa 2 on tyypillistä, että materiaalien kosteus vastaa 20 celsiusasteen lämpötilan vastaavaa kosteutta ja materiaaleja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää 85 % vain muutaman kerran vuodessa. Käyttöluokan 2 puurakenteet sijaitsevat kuivana ulkoilmassa. Rakenteiden tulee olla katetussa ja tuuletetussa tilassa hyvin suojassa kastumiselta. Esimerkiksi kylmän ullakon puurakenteet ja rossipohjan puurakenteet.

Käyttöluokassa 3 rakenteet altistuvat suuremmalle kosteusrasitukselle kuin käyttöluokassa 2. Käyttöluokan mukaiset puurakenteet ovat alttiina kosteudelle esimerkiksi ulkotilassa säärasituksen alaisena olevat puurakenteet tai kostean tilan puurakenteet.  
(RIL 205-1-2017, s. 33)

#### 5.4.1 Ulkoseinän rungon mitoitus

Ulkoseinän rungon lujuusominaisuudet määräytyvät käytettävän materiaalin perusteella. Materiaalien ominaisarvoja voidaan hakea tässä opinnäytetyössä käytetyille sahatavara C24:lle esimerkiksi RIL 205-1-2017 taulukosta 3.3S (Liite 4). Materiaalin lujuusominaisuuksien mitoitusarvot  $X_d$  saadaan käyttämällä kaavaa 4. (RIL 205-1-2017 s. 48, 51)

Kaava 4. Materiaalin mitoitusarvo (RIL 205-1-2017, s.48, kaava 2.17)

$$X_d = k_{mod} * \frac{R_k}{\gamma_M}, \text{ jossa}$$

- $k_{mod}$  = kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin (Taulukko 1)
- $\gamma_M$  = materiaaliominaisuuden osavarmuusluku (Taulukko 7)
- $R_k$  = materiaalin lujuusominaisuuden ominaisarvo, (esimerkiksi Sahatavara C24 taivutus  $f_{m,k}$  :24 N/mm<sup>2</sup>)

Taulukko 7 Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut (Lyhennetty suunnitteluohje 2020, s. 15, kuva 2.7)

<b>Perusyhdistelmät:</b>	
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
<b>Onnettomuusyhdistelmät</b>	<b>1,0</b>

Materiaalien lujuusominaisuuksia, kuten jäykkyys- ja kestävyys pienennetään Suomessa käyttämällä Taulukon 7 materiaalien osavarmuuslukuja. (RIL 205-1-2017, s. 47: Lyhennetty suunnitteluohje 2020 s.15)

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin **k<sub>mod</sub>** saadaan taulukosta 1. Kuormitusyhdistelmien muodostuessa eri aikaluokista kuuluvista kuormista, valitaan muunnoskerroimeksi lyhimmän aikaluokan mukainen arvo. Esimerkiksi pysyvän ja keskipitkän lumikuorman yhdistelmälle käytetään keskipitkän aikaluokan määrittävää muunnoskerrointa. (RIL 205-1-2017, s.49)

Rungon eri osien kestävyyttä tarkastellaan eri aika- ja kuormitustapauksien mukaan. Kuormitustapauksien avulla on tärkeintä löytää epäedullisimpia tilanteita rakenteiden kestävyydellä oletettavien kuormitusten avulla. Laskentapohjaa käyttävälle on luotu mitoituksen kulkukaavio, jota seuraamalla laskentapohjan käyttöä ohjataan. Mitoituksen kulkukaavio on luotu seuraamaan RIL 205-1-2017 ohjeistusta ja kaikki kaavaviittaukset, kuvat ja sivunumerot viittaavat kyseiseen julkaisuun.

Taulukko 7 Seinätolpan mitoitus

## Kantavan seinän runkotolppien mitoitus

Seinän runkotolpat ovat tuettuna heikompaan suuntaan levytyksellä



## Rakenteeseen vaikuttavat Murtorajatilan kuormat (2.2.2.1S)

Rakenteen kestävyys – Eri aikaluokat

- Pysyvä aikaluokka (Ei yleensä mitoiteta puurakenteissa materiaalin omapainon takia)
- Keskipitkä aikaluokka (Lumikuorma tai hyötykuorma määräävänä)
- Hetkellinen aikaluokka (Tuulen aiheuttava taivutus, kaava (2.5.11.S),  
hyötykuormien ominaisarvoja s.34, 2.3.1.4S)



## Runkotolppien nurjahduskestävyys

Seinän runkotolpat ovat tuettuna heikompaan suuntaan levytyksellä

- Nurjahduspituuden  $L_c$  määrittäminen: taulukko 6.1-FI, s. 80
- Sauvan hoikkuusluvun määrittäminen: kaava 6.20.2S, s. 79
- Nurjahduskertoimen  $k_{c,y}$  määrittäminen: kuva 6.9S, s.79 tai kaava 6.25 s. 82
- Nurjahduksen mitoitusehto 6.23 (s.82) tarkastetaan aikaluokan mukaisesti.  
(taivutus tuulen vaikutuksesta)



## Alaohjauspuun tukipainekestävyys

Huomioidaan eri mitoitustilanteet:

- Rungon normaali tolppajako
- Mahdolliset suuret aukot
- 
- Tukipaine kertoimen  $k_{c,\perp}$  määrittäminen: kaava 6.4S, s. 72
- Kohtisuoran puristuksen ehto kaava: 6.3, s. 72

kuvat 6.2S ja 6.3S, s. 73.



## Tulokset

Rakenne on hyväksyttävä, käyttöaste <100 %

Rakenne on ei läpäise tarkastelua, käyttöaste >100 %

- Seinän runkotolpan mittojen kasvattaminen
- Taipuma / taivutus: isojen aukkojen kohdalla mahdollinen tupla tolppa
- Tukipainekestävyys: Tukipinta-alan kasvattaminen

### 5.4.2 Kehäpalkki / Aukkopalkki, kulkukaavio

Kehäpalkin mitoittamista varten on luotu kaavio, jonka tarkoituksena on ohjeistaa laskentapohjan käyttöä palkin mitoituksessa.

Taulukko 8 Kehäpalkin / Aukkopalkin mitoitus


#### Kehäpalkin / Aukkopalkin mitoitus

Molemmissa tapauksissa palkin tulee olla suora ja siihen ei kohdistu normaalivoimaa.



#### Rakenteeseen vaikuttavat Murtorajatilan kuormat (2.1.1S)

Rakenteen kestävyys – Eri aikaluokat

- Pysyvä aikaluokka (Ei yleensä mitoita puurakenteissa rakenteiden omapainon takia)
  - Keskipitkä aikaluokka (Lumikuorma tai hyötykuorma määräävänä)
- 



### Palkin taivutuskestävyys

- Tarkista kh-kerroin, kaava 3.3
- Määrittele kmod-kerroin Taulukko 3.1
- Määritä palkin taivutuslujuus fm.d Kaava: 2.17, s. 48
- Tarkista mitoittavat ehdot, kaavat: 6.11, 6.12 s. 74



### Palkin leikkauskestävyys

- Leikkausvoiman pienentäminen, tarkasta kuvat 6.6 s. 75 ja 6.7S s 76
- Määrittele kmod-kerroin Taulukko 3.1
- Määritä palkin leikkausvoima kestävyys fv.d kaava: 2.17, s. 48
- Tarkista mitoittava ehto, kaava: 6.13 s. 74



### Palkin / yläjuoksun tukipainekestävyys

Huomioidaan eri mitoitusilanteet:

- Rungon normaali tolppajako
- Mahdolliset suuret aukot
- Tukipaine kertoimen  $k_{c,\perp}$  määrittely: kaava 6.4S, s. 72
- Kohtisuoran puristuksen ehto kaava: 6.3, s. 72

kuvat 6.2S ja 6.3S, s. 73.



## Palkin taipuman mitoitus

Haetaan taipuman arvot  $W_{inst}$  statiikka ohjelmasta (esim Finnwood):

- Pysyville kuormille
- Hyötykuormille
  
- Tarkastetaan palkin kokonaistaipuma  $W_{fin}$ : kaava 2.2, s. 30
- Palkin taipumarajoitusten tarkastelu. Taulukko 7.2-FI, s. 98

Taipuman muodostuminen Kuva 7.1 s, 98



## Tulokset

Rakenne on hyväksyttävä, käyttöaste <100 %

Rakenne on ei läpäise tarkastelua, käyttöaste >100 %

- Palkin mittojen kasvattaminen
  - Taipuma / taivutus: korkeuden kasvattaminen / materiaalin vaihtaminen
- Tukipainekestävyys: Palkin tukipinta-alan kasvattaminen / materiaalin vaihtaminen

## 6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyönä luodussa laskentapohjassa tarkasteltiin kantavan rankarunkoseinän rakenteita Eurokoodin määrittelemien ohjeistuksien mukaisesti. Eurokoodin lisäksi käytössä oli Suomen Rakennusinsinööri Liiton (RIL) julkaisuja ja Puuinfon luomasta Puusuunnittelun lyhennetystä suunnitteluohjeesta viides painos. Kantavan rungon osalta tarkasteltiin runkotolppien nurjahdusta ja taipumista, ala- ja yläjuoksun tukipainekestävyyttä sekä kehäpalkin mitoittavia tilanteita. Laskentapohjaa varten luotiin Eurokoodin mukaiset kuormat ja kuormitustilanteet, joiden avulla rakenteiden kestävyyttä tarkasteltiin.

Laskentapohjaan on luotu myös tuulikuorman mitoitukseen tarvittava laskentapohja. Tuulikuorma on oleellinen osa puurakenteiden mitoitusta kokonaisstabiiliteetin takia. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltavat rankarunkotolpat ovat tuettuna heikommassa suunnassa nurjahdusta vastaan tuulensuojakipsilevyillä. Rakennuksen levyjäykistystä ei ole tarkemmin esitelty tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön tekstiosuudessa käydään läpi laskentapohjan luontia varten tarvittavia suunnitteluperiaatteita ja puusuunnitteluun liittyviä perusteita laskentapohjan käytön tueksi. Tekstiosuuden Rakenteiden mitoitus osuudessa esitellään laskentapohjan käyttöä helpottavat ohjauskaaviot, joiden mukaisesti rakenteita on tarkasteltu. Ohjauskaaviot helpottavat laskennan kulkua ja tarjoavat lähteet, joiden kautta laskentapohjaa pystyy tarvittaessa muokkaamaan tarpeiden mukaan. Ohjauskaaviot toimivat myös muistilistana rakenteiden tarkasteluun.

Opinnäytetyön päätavoite oli aluksi luoda toimiva laskentapohja kantavien puisten runkorakenteiden tarkastelua varten, joka noudattaa puusuunnitteluun määrättyjä ohjeita. Laskentapohjan käyttö työkaluna vaatii tietoutta puusuunnittelusta, koska puusuunnittelua tehdessä on huomioitava eri materiaalien määrittämiä osavarmuuslukuja ja muunnoskertoimia. Muunnoskertoimet määräytyvät esimerkiksi kuorman keston ja kosteusolosuhteiden perusteella. Opinnäytetyötä tehdessä ja viimeistään valmistumisen jälkeen päätavoitteeksi muuttui oman osaamisen ja tietouden lisääminen puusuunnittelusta. Laskentapohjaa tehdessä tutustuu syvämmälle ohjeistuksiin ja mahdollisiin vaihtoehtoihin ongelmatilanteiden syntyessä mitoituksessa.

Laskentapohjan luominen on opettanut minulle, kuinka haastavaa ja tarkkaa työtä käsin laskeminen on puusuunnittelussa. Käsin laskiessa kuormitusyhdistelmiä määrittäessä tulee käydä läpi tarpeeksi useita eri mitoitettavia tilanteita löytääkseen epäedullisimman tilanteen kyseistä mitoitustilannetta varten. Opinnäytetyön valmistumisen jälkeen tulen jatkamaan laskentapohjan kehittämistä mahdollisimman automaattiseen suuntaan, jolloin virheiden mahdollisuus pienenee huomattavasti. Laskentapohjan luominen on kasvattanut tietämystäni puurakenteiden suunnittelusta ja antanut työkaluja suunnittelutyössä kohdattavien ongelmien ratkaisuun. Työskennellessä saneerausalalla törmää suunnittelutilanteisiin, joihin ei ole valmiita laskentamalleja käytettävissä. Tällaisissa

tilanteissa periaatteet mitoitettavan tilanteen takana nopeuttavat ongelman ratkaisua ja antaa mahdollisuuksia eri toteutustapoihin. Eri tilanteisiin sopivien materiaalien avulla voidaan optimoida rakenteita kestävämmäksi ja edullisemmaksi.

Opinnäytetyöprosessissa haastavimpana koin puurakenteiden suunnittelussa huomioon otettavat eri kertoimet ja kuinka paljon eri kuormitustilanteita tulee huomioida laskennassa. Haasteellista oli myös eri tilanteisiin vaikuttavat tilanteet ja kuinka eri ohjeistuksia tulisi tulkita. Eurokoodin tulkitemista helpottivat suuresti Puuinfon ohje ja RIL-julkaisut. Pidän erityisen tärkeänä, että opiskelun aikana kuormitustilanteita ja kuormien määritymistä opetetaan koulutuksen aikana. En pitäisi huonona ratkaisuna, että insinöörikoulutukseen kuuluisi oma kurssi liittyen kuormituksen määrittämiseen. Laskentaa ohjataan ohjeistuksissa paikoin hyvinkin selkeästi, mutta kuormien ja vaikuttavien voimien määrittäminen on monimutkainen prosessi.

## Lähteet

Lyhennetty suunnitteluohje (2020). *Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje viides painos.*

Puuinfo, alkuperäinen teksti (2008) Ari Kevarinmäki

Mathcad.fi (2021). Haettu 26.3.2021 <https://mathcad.fi>

Metsäwood. (2021). *Finnwood, Työkalut*. Haettu 26.3.2021 osoitteesta:

<https://www.metsawood.com/fi/tyokalut/Finnwood/Pages/default.aspx#>

Puuinfo a (2020). *Sahatavaran lujuuslajittelu ja CE-merkintä*. Haettu 4.3.2021 osoitteesta:

<https://puuinfo.fi/puutieto/sahatavara-ja-sen-jalosteet/sahatavaran-lujuuslajittelu-2/>

Puuinfo b (2020). Tuotteet | LVL. Haettu 4.3.2021 osoitteesta:

<https://puuinfo.fi/tuotteet/insinööripuutuotteet/lvl/kerto-lvl/>

RIL 201-1-2017. (2017). *Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat*. Suomen

Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 205-1-2017. (2017). *Puurakenteiden suunnitteluohje*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto

RIL ry.

SFS-EN 1991-1-1. (2002). Eurokoodi 1. *Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat,*

*tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat*. SFS Online.

SFS-EN 1991-1-4. (2002). Eurokoodi 1. *Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat.*

*Tuulikuormat*. SFS Online.

SFS-EN 1995-1-1+A1+A2+AC. (2014). Eurokoodi 5. *Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1:*

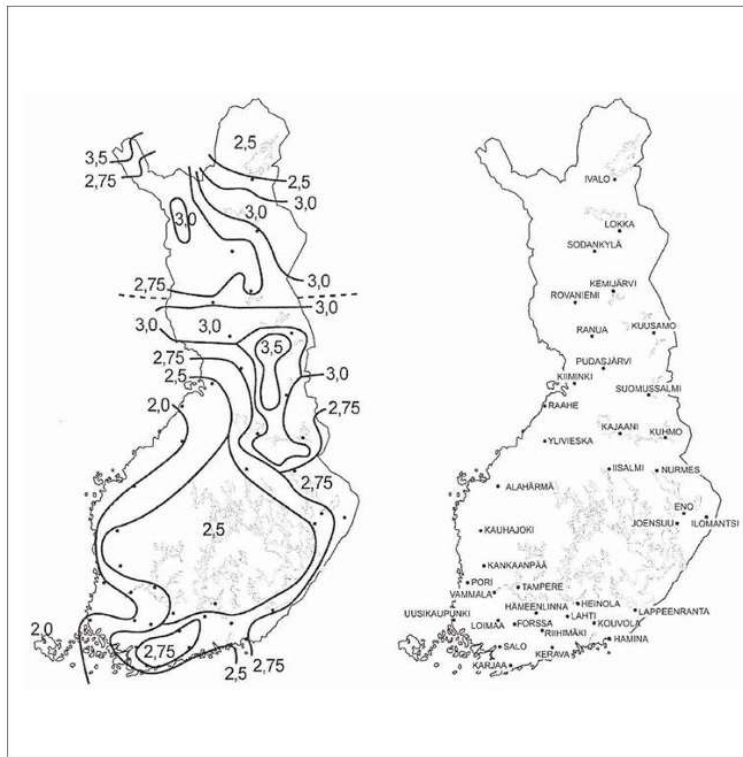
*Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*. SFS Online.

Suomen Liimapuu yhdistys. (2018). *Liimapuu GL30*, Haettu 4.3.2021 osoitteesta:

<https://liimapuu.fi/10>

## Liite 1: Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot

Kuva 2.1-Fi, Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot (RIL-205-1-2017, s. 37)



Kuva 2.1-Fi. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $S_k$ .

## Liite2: Katon tuulensuojaisuskertoimen arvot

Taulukko 2.6-Fi Katon tuulensuojaisuskertoimen arvot (RIL 205-1-2017, s.36)

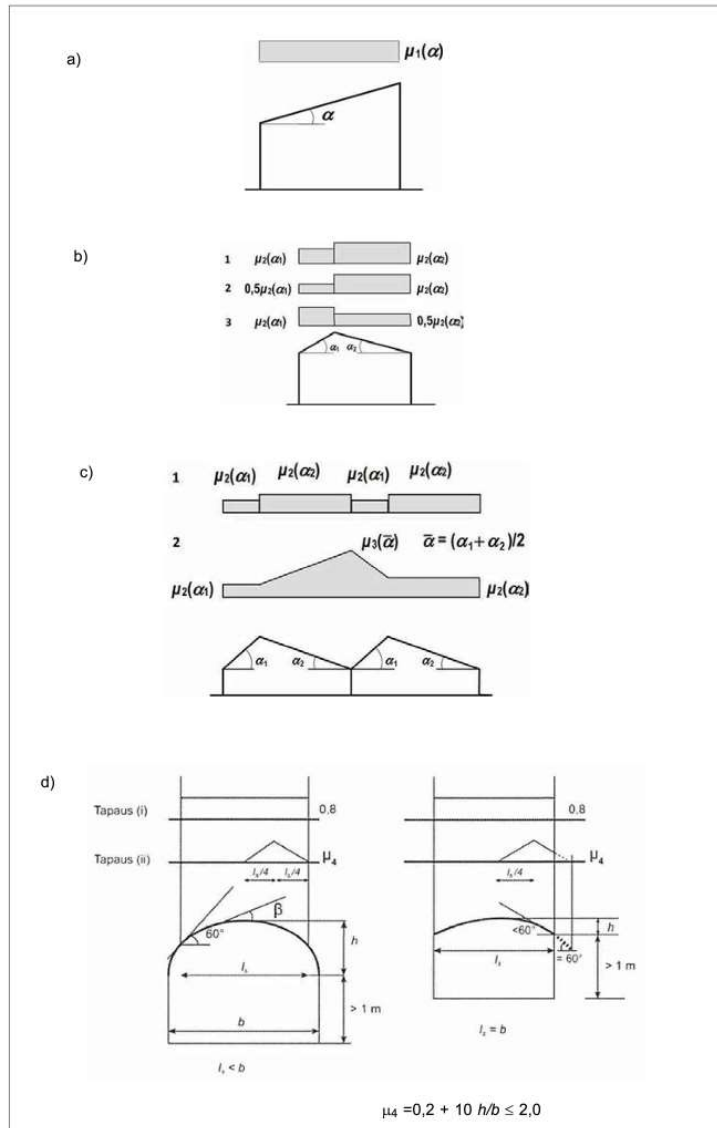
Taulukko 2.6-Fi. Katon tuulensuojaisuskertoimen arvot.

Maastotyyppi	$C_e$
Tuulinen	0,8 (1,0, mikäli lyhyempi sivumitta > 50 m)
Normaali	1,0
Suojainen	1,2

Tuulinen maasto: laakea, esteetön, joka puolelle avoin alue, jolloin maasto, korkeat rakennuskohteet tai puut eivät suojaa tai suojaavat vain vähän.  
 Normaali maasto: alue, jolla rakennuskohteeseen vaikuttava tuuli ei maaston, muiden rakennuskohteiden tai puiden takia huomattavasti poista lunta.  
 Suojainen maasto: alue, jolla tarkasteltava rakennuskohte on huomattavasti alempana kuin ympäröivä maasto tai se on korkeiden puiden tai itseään korkeampien rakennuskohteiden ympäröimä.

**Liite 3: Kattojen lumikuorman muotokertoimet**

Kuva 2.2 Kattojen lumikuorman muotokertoimet (RIL205-1-2017, s. 38)



**Liite 4: Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet**

Taulukko 3.3S Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet (RIL205-1-2017, s.51)

**Taulukko 3.3S.** Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet lujuusluokissa C14 (T0), C18 (T1), C24 (T2), C30 (T3), C35 ja C40 (EN 338:2016).

Lujuusluokka		C14 T0	C18 T1	C24 T2	C30 T3	C35 <sup>1)</sup>	C40 <sup>1)</sup>
Ominaislujuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Taivutus	$f_{m,k}$	14	18	24	30	35	40
Veto	$f_{t,0,k}$	7,5	10	14,5	19	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	16	18	21	24	25	27
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7	2,7	2,8
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Kimmo- moduuli	$E_{0,mean}$	7 000	9 000	11 000	12 000	13 000	14 000
	$E_{0,05}$	4 700	6 000	7 400	8 000	8 700	9 400
	$E_{90,mean}$	230	300	370	400	430	470
Liukumoduuli	$G_{mean}$	440	560	690	750	810	880
	$G_{0,05}$	300	380	460	500	540	590
Tiheydet (kg/m <sup>3</sup> )							
Ominaisitiheys	$\rho_k$	290	320	350	380	390	400
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{mean}$	350	380	420	460	470	480

<sup>1)</sup> C35 tai C40 lujuusluokan sahatavaraa ei ole yleensä saatavilla puutavaraliikkeistä.**Liite 5: Esimerkkilaskelma Autotallirakennus**



# 1. Rakennelaskelmien Selostus

## 1.1 Rakennuksen tiedot

Työnumero:	0001
Kohteen nimi:	Autotalli
Osoite:	Opinnäytetyö 12, Lahti
Kortteli/Kylä:	11/11
Käyttötarkoitus:	Autotalli
Rakenteiden vaativuusluokka:	B (RakMK osa A2)
Käyttöluokka:	1 (Ril 205-1-2017, 2.3.1.3 s. 33 )
Seuraamusluokka:	CC1 (Ril 205-1-2017 Taulukko 2.1-FI)
$K_{FI}$ -kuormakerroin	1 (Tässä esimerkissä käytetään CC2 luokan kerrointa)
Paloluokka:	P3 (RakMK osa E1)
Pääasiallinen rakennusmateriaali:	Puu
Rakennustapa:	Paikalla rakentaminen
Kerrosluku:	1
Kokonaiskorkeus:	4.3 m
Bruttopinta-ala yhteensä:	56 m <sup>2</sup>

## 1.2 Rakenteellinen järjestelmä

Perustamismaaperä:	HkMr
Perustamistapa:	Maanvaraiset seinäanturat
<b>Runkorakenne</b>	
Kantavat seinät:	Rankarunkoseinä (sahatavara C24)
Pääkannattimet:	Sahatavara, LVL, liimapuu, NR-ristikko
<b>Ulkoseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu lämpöeristetty puurankoseinä.
<b>Väliseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu puurankoseinä
<b>Välipohja:</b>	<b>Ei ole, Rakennus on yksi kerroksinen</b>
Kuivat tilat:	-
Märkätilat:	-
<b>Yläpohja:</b>	
Asuinrakennus:	Paikalla rakennettu, lämpöeristetty NR-ristikko
Parveke:	Ei parveketta.
<b>Rungon jäykistys:</b>	
1. kerros:	Rakennus jäykistetään rungon poikki- ja pituussuunnassa levyjäykisteillä. Ulkoseinissä jäykistys tapahtuu käyttämällä tuulensuoja kipsilevyä ulkoseinän rungon ulkopinnassa. Levyjäykisteitä löytyy myös huoneistojen väliseinistä ja alakatoista. NR-ristikkoyläpohja jäykistetään päätyseinien yläohjauspuilla ja vinositeillä alakaton levyjäykistykseen lisäksi.

### 1.3 Normit

#### Määräykset ja ohjeet:

Puurakenteet:	Eurocode 5
Soveltamisohje:	Ril 205-1-2017, Liite B Lyhennetty suunnitteluohje
Palonkestovaatimus:	EI 30

### 1.4 Kuormitukset

#### Kuormitukset:

Nr-ristikkoyläpohja:	0.5 kN/m <sup>2</sup>
Räystäät:	0.2 kN/m <sup>2</sup>
Kuivantilan välipohja ja parveke:	-
Märkätilan välipohja:	-
Kevyet väliseinät välipohjalla:	-
Lumikuorma maan pinnalla	2.65 kN/m <sup>2</sup> (RIL 205-1-2017 s. 208, Lahti)
Hyötykuorma:	-
Tuulikuorma	0.326 kN/m <sup>2</sup> ; nopeuspaineen ominaisarvo, ML3, kun rakennuksen korkeus (h) = 4.3 m

### 1.5 Materiaalit

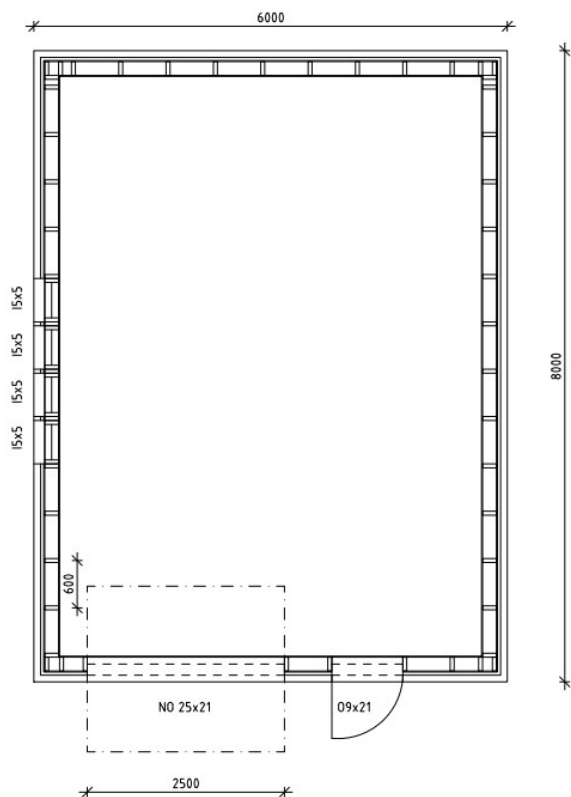
Pilarit:	-
Palkit:	Kerto-S, liimapuu GL32c, Sahatavara C24
Kantavien seinien rungot:	Sahatavara C24
Jäykistävä levytys ulkoseinissä:	Tuulensuoja kipsilevy paksuus 12.5 mm
Jäykistävä levytys yläpohjan alakatossa:	Kipsilevy 12.5 mm
Jäykistävä levytys väliseinissä:	Kipsilevy EK 12.5 mm

### Lisätiedot, Erityispiirteet:

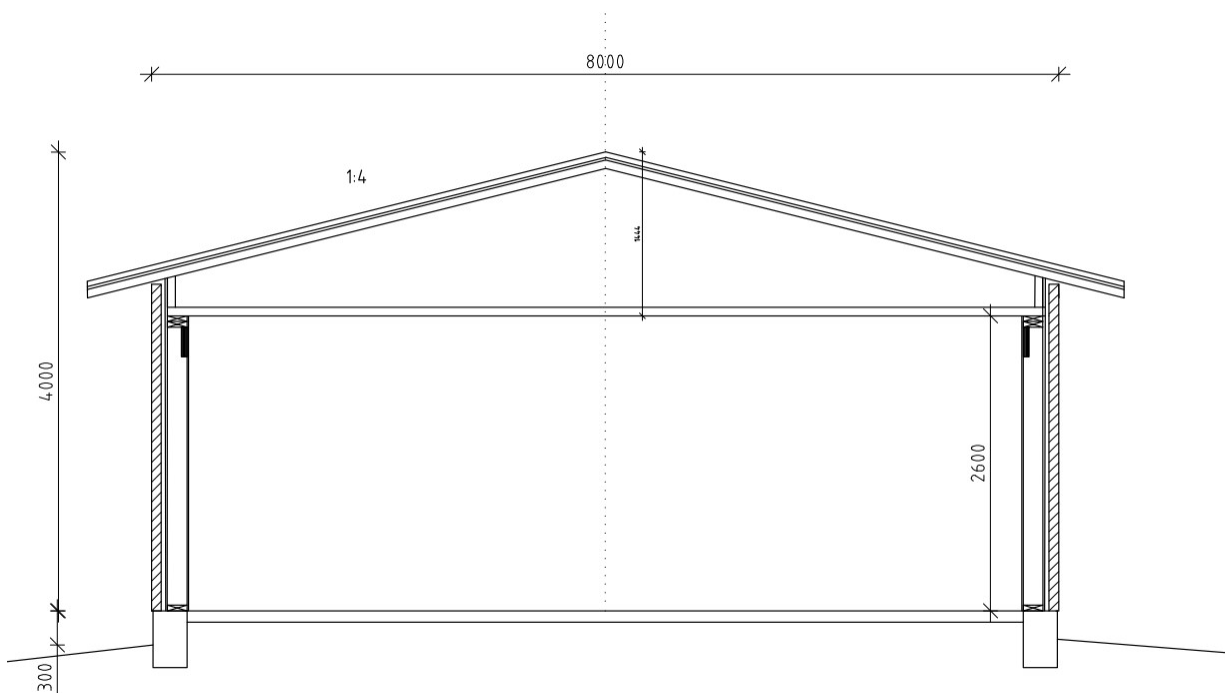
Rakennuksen laskelmat tehdään käsinlaskennalla ja statiikkohjelmalla.  
Nr-ristikkotoimittaja mitoittaa kattoristikot.

## 2. Kohteen esittely

### 2.1 Pohjakuva

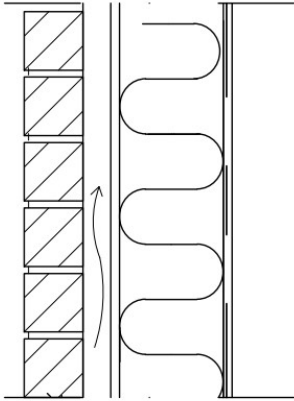


### 2.2 Leikkauskuva

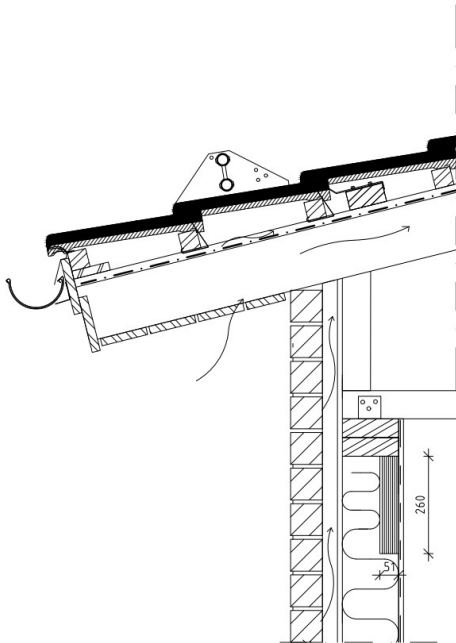


## 2.3 Rakennetyypit

US

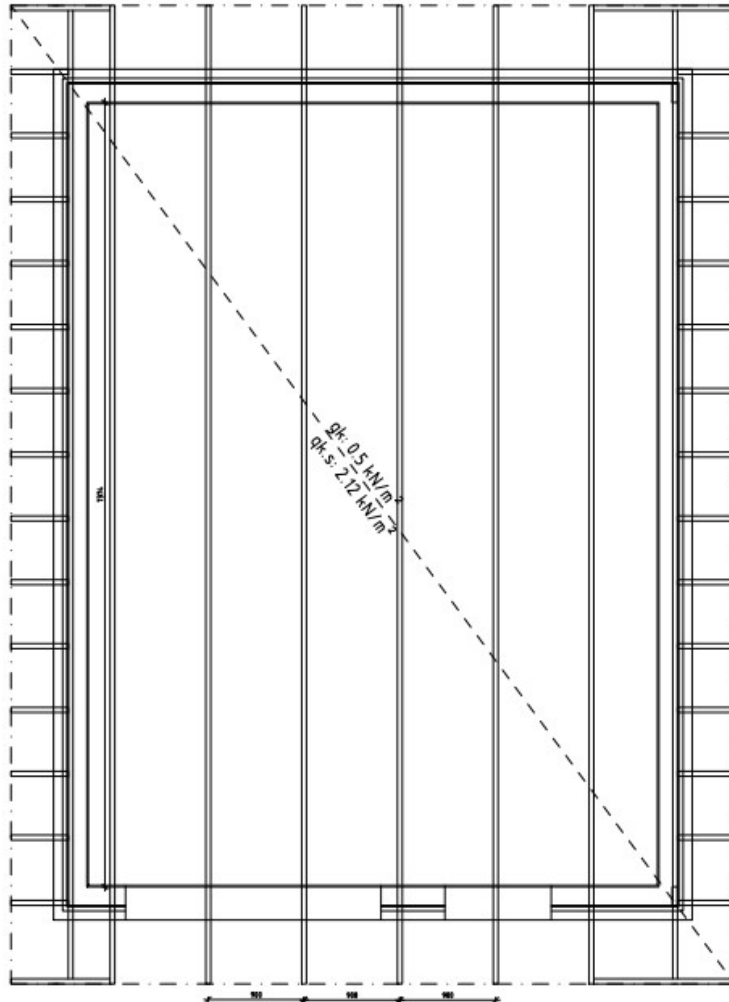


## 2.4 Rakenteiden liittymät



### 3. Kuormitukset

#### 3.1 Yläpohjan kuormat

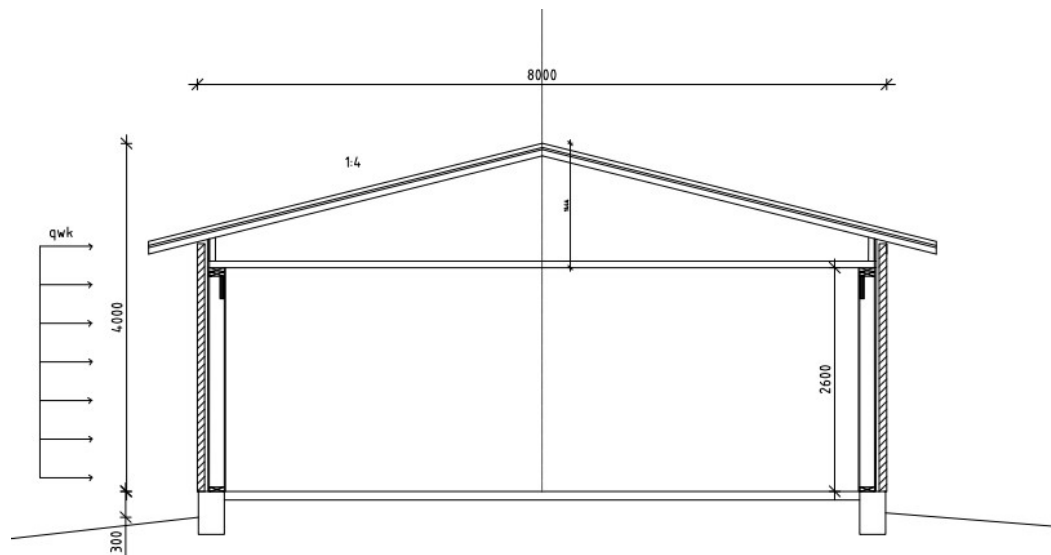


#### 3.2 Tuulikuorma

Tuulikuorman suhteen tehdään yksinkertaistuksia joilla laskelmat ovat varmallalla puolelle jättämällä rakennuksen suurennuskerroin  $\gamma_D$  (2.5.11S RIL 205-1-2017) huomioimatta ja käsitellään sitä arvolla 1.

#### Rakennuksen tiedot

$d := 6000 \text{ mm}$  rakennuksen pituus tuulen suunnassa  
 $b := 8000 \text{ mm}$  rakennuksen leveys / syvyys  
 $h := 4000 \text{ mm}$  harjan korkeus



**Rakennekertoimet (jätetään pois lausekkeesta  $F_{w.k}$  ja  $q_{k.w.a}$  selkeyttämään lauseketta)**

$C_s := 1$  koko ja mittasuhte

jos  $h < 15m$ ,  $h_{seinä} < 100m$ ,  
 $4h < b$  [käytännössä aina 1]

$C_d := 1$  tuulen puuskien dyn.vaikutus

**Tarvittaessa tarkista EN1991-1-4, Liite B ja C**

**Voimakertoimet**

Sivusuhte  $\frac{d}{b} = 0.75$

$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b} = 1$  kun,  $h < 15m$  Rakennuksen hoikkuus RIL 205-1-2017, kaava 2.5.13S

$$C_f := 1.44 + \frac{1.28 - 1.44}{1 - 0.7} \cdot (0.75 - 0.7) = 1.413$$

Interpoloi  
Taulukko 2.9S. RIL 205-1-2017

**Taulukko 2.8.** Maastoluokat.

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.

$$z := h = 4000 \text{ mm}$$

Tuulen vaikutusalueen korkeus (tässä tapauksessa rakennuksen korkeus)

$$A_{ref} := b \cdot h$$

Pinta-ala johon tuuli vaikuttaa

**Puuskanopeuspaine RIL 205-1-2017 Kuva 2.6S (s.42) tai RIL 201-1-2017 Taulukko 4.2S (s.137), korosta lähde**

**Taulukko 4.2S.** Puuskanopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  [kN/m<sup>2</sup>] eri maastoluokissa (=  $q_p(z)$  tasaisessa maastossa,  $c_0 = 1$  ja  $\gamma_D = 1$ ).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

$$q_{p0} := 0.35 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaisen interpoloitavan välin nopeuspaineen alaraja

$$z_0 := 0 \text{ m}$$

maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaisen interpoloitavan välin nopeuspaineen yläraja

$$q_{p1} := 0.35 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

rakennuksen korkeuden mukaisen  
interpoloitavan välin korkeuden alaraja

$$z_1 := 5 \text{ m}$$

rakennuksen korkeuden mukaisen  
interpoloitavan välin korkeuden yläraja

$$q_{p.h} := q_{p0} + \frac{q_{p1} - q_{p0}}{z_1 - z_0} \cdot (z - z_0) = 0.35 \frac{kN}{m^2}$$

interpolointi taulukko  
arvoista

$$q_{k.w.a} := C_f \cdot q_{p.h} = 0.495 \frac{kN}{m^2}$$

Tuulikuorma, kuormien yhdistelyyn  
2.5.10S, RIL 205-1-2017

$$F_{w.k} := C_f \cdot q_{p.h} \cdot A_{ref} = 15.829 \text{ kN}$$

Kokonais tuulikuorman ominaisarvo  
(2.5.12S RIL 205-1-2017)

## 4. Ulkoseinän runkotolppa

- Ulkoseinän runkotolpat ovat tuettuna heikompaan suuntaan tuulensuojalevyillä.
- Seinän päällä oleva kehäpalkki oletetaan olevan keskellä keskellä seinälinjaa, joten kuorman epäkeskeisyyttä ei ole.
- Ulkoseinätolpat oletetaan olevan päistään nivelellisesti tuetut.
- Runkotolpan mitoituksessa käytetään kokonaistuulikuorman mitoituksessa tarvittavia nettopainokertoimia.

### Rakennuksen tiedot

$D := 6000 \text{ mm}$  syvyys  
 $B := 8000 \text{ mm}$  Leveys  
 $H := 4000 \text{ mm}$  korkeimman harjan korkeus  
 $h_{katto} := 1400 \text{ mm}$

### Sahatavara C24 (EN 338)

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

Taivutus



$f_{t.0.k} := 14.5 \frac{N}{mm^2}$	Veto syysuuntaan
$f_{t.90.k} := 0.4 \frac{N}{mm^2}$	Veto kohtisuoraansyysuuntaa
$f_{c.0.k} := 21 \frac{N}{mm^2}$	Puristus syysuuntaan
$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$	Puristus kohtisuoraansyysuuntaan
$f_{v.k} := 4.0 \frac{N}{mm^2}$	Leikkaus
$E_{m.0.mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$E_{m.0.k} := 7400 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$E_{m.90.mean} := 370 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$G_{mean} := 690 \frac{N}{mm^2}$	Liukumoduuli
$\rho_k := 350 \frac{kg}{m^3}$	Ominaistiheys
$\rho_{mean} := 420 \frac{kg}{m^3}$	Tiheyden keskiarvo
$\gamma_m := 1.3$	Osavarmuuskerroin Taulukko 2.12-FI. RIL 205-1-2017
$K_{FI} := 1$	Osavarmuuskerroin Taulukko 2.1-FI. RIL 205-1-2017

### Kuormat

$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohjan pysyvä kuorma
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystäään kohdalta
$S_k := 2.65 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (RIL 205-1-2017 s. 208, Lahti)
$\mu_1 := 0.8$	Harjakaton muotokerroin (RIL 205-1-2017 Kuva 2.3)
$q_{k1} := S_k \cdot \mu_1 = 2.12 \frac{kN}{m^2}$	Muuttuva kuorma, Hyötykuormaa ja lumikuormaa ei huomioida samaan aikaan kuormina ja lumi on suurempi.
$G_{kj} := g_{k1} = 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Pysyvät kuormat yhteensä, räystäät laskettu yläpohjan painolla

## Tuulikuormat

$$q_{k.w.a} = 0.495 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Tuulikuorma } m^2$$

$$F_{w.k} = 15.829 \text{ kN} \quad \text{Kokonais tuulikuorma}$$

$$q_{p.h} = 0.35 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Puuska nopeuspaine, interpoloitu taulukosta 4.2s RIL 201-1-2017 tai Kuva 2.6 RIL 205-1-2017, korosta lähde.}$$

## Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$$L_1 := 7.35 \text{ m} \quad \text{NR-ristikon jänneväli}$$

$$L_2 := 0.6 \text{ m} \quad \text{Räystään pituus}$$

$$L_3 := 2.5 \text{ m} \quad \text{Kehäpalkin jänneväli}$$

$$L_4 := 2.6 \text{ m} \quad \text{seinätolpan pituus}$$

$$k_1 := 1.55 \text{ m} \quad \text{kuormitus 1krs.aukon pielitolpille}$$

$$k_2 := 0.6 \text{ m} \quad \text{kuormitus runkotolpalle 1krs k600}$$

## Pystykuorma tolppalle yläpohjan omasta painosta

$$N_{g.k} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot g_{k1} + L_2 \cdot k_2 \cdot g_{k2} = 1.175 \text{ kN} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$N_{g.k2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_1 \cdot g_{k1} + L_2 \cdot k_1 \cdot g_{k2} = 3.034 \text{ kN} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

## Pystykuorma tolppalle lumikuormasta

$$N_{q.k} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot q_{k1} + L_2 \cdot k_2 \cdot q_{k1} = 5.438 \text{ kN} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$N_{q.k2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_1 \cdot q_{k1} + L_2 \cdot k_1 \cdot q_{k1} = 14.048 \text{ kN} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

## Tolpan taivutusmomentti tuulikuormasta

$$q_{w.d} := K_{FI} \cdot q_{k.w.a} \cdot k_2 = 0.297 \frac{kN}{m} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$q_{w.d2} := K_{FI} \cdot q_{k.w.a} \cdot k_1 = 0.767 \frac{kN}{m} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

$$F_{w.katto} := q_{w.d} \cdot h_{katto} = 0.416 \text{ kN}$$

$$M_{d.2} := \frac{F_{w.katto} \cdot (H - L_4)}{2} = 0.291 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{w.k} := \frac{(q_{k.w.a} \cdot k_2) \cdot L_4^2}{8} + M_{d.2} = 0.542 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Runkotolppa k600

$$M_{w.k2} := \frac{(q_{k.w.a} \cdot k_1) \cdot L_4^2}{8} + M_{d.2} = 0.939 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Oviaukon tolpat

### Tolpan lähtötiedot

$$h_{tolppa} := 173 \text{ mm} \quad \text{Tolpan leveys}$$

$$b_{tolppa} := 48 \text{ mm} \quad \text{Tolpan paksuus}$$

$$A_{tolppa} := h_{tolppa} \cdot b_{tolppa} = 8304 \text{ mm}^2$$

### Kuormitusyhdistelmät

$$K_{fi} := 1.0 \quad (\text{RIL 205-1-2017 taulukko 2.1})$$

$$\Psi_{lumi} := 0.7 \quad \text{todennäköisyyskerroin lumi. taulukko Ril-2.21-FI}$$

$$K_{fi} \cdot \Psi_{lumi} \cdot 1.5 = 1.05 \quad \text{Numeriinen arvo avattuna Lumi}$$

$$\Psi_{tuuli} := 0.6 \quad \text{todennäköisyyskerroin tuuli. taulukko Ril-2.21-FI}$$

$$K_{fi} \cdot \Psi_{tuuli} \cdot 1.5 = 0.9 \quad \text{Numeriinen arvo avattuna tuuli}$$

KY1 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$KY1 := 1.35 \cdot G_{kj} = 0.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Omapaino merkkeava, ei käytetä puurakentamisessa juuri koskaan.**

KY2 Keskipitkä aikaluokka

$$KY2 := 1.15 \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot q_{k1} = 3.755 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Nämä kuormitusyhdistelmät toimivat tässä laskelmassa apuna kertoimien hakemiselle.**

KY3 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa **lumi** määrävä hetkellinen aikaluokka

$$KY_3 := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{k1} + 0.9 \cdot K_{fi} \cdot q_{k.w.a} = 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KY4 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa **tuuli** määrävä  
hetkellinen aikaluokka

$$KY_4 := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{k.w.a} + 1.05 \cdot K_{fi} \cdot q_{k1} = 3.543 \frac{kN}{m^2}$$

### Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY2

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g.k} + 1.5 \cdot N_{q.k} = 9.507 \text{ kN}$$

### Nurjahduskerro in k.cy

$$L_{c.z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c.z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c.y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

### Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 1.145 \frac{N}{mm^2}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen  
muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 12.923 \frac{N}{mm^2}$$

### Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \left| = 1 \quad 1=OK \quad \text{RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2} \right.$$
$$\left. \begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right.$$

### Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 25.313\%$$

## Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY3 + Tuuli (Lumi määrävä) Hetkellinen aikaluokka

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot N_{q,k} = 9.507 \text{ kN}$$

### Nurjahduskerro in k.cy

$$L_{c,z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c,y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

### Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 1.145 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 17.769 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 0.9 \cdot M_{w.k} = 0.487 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2} = 2.036 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Taivutuslujuus

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 20.308 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = 1 \quad 1=OK$$
$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\| 1$$
$$\text{else}$$
$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\| 0$$

RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2

## Käyttöaste

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \right) = 28.435\%$$

RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2

## Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY4 + Tuuli (Tuuli määrävä) Hetkellinen aikaluokka

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.05 \cdot N_{q,k} = 7.06 \text{ kN}$$

## Nurjahduskerroin $k_{c,y}$

$$L_{c,z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c,y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

## Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 0.85 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 17.769 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.5 \cdot M_{w.k} = 0.812 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2} = 3.393 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Taivutuslujuus

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 20.308 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad \left| \begin{array}{l} = 1 \\ \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right. \quad 1 = \text{OK} \quad \text{RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2}$$

## Käyttöaste

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \right) = 30.381\%$$

## Tukipainekestävyys alaohjauspuussa KY2 K600

$$\begin{array}{ll} h_{aop} := 48 \text{ mm} & \text{Alaohjauspuun paksuus} \\ b_{aop} := 173 \text{ mm} & \text{Alaohjauspuun syvyys} \\ l_{tolppa} := 48 \text{ mm} & \text{Tolpan Leveys} \end{array}$$

## Tukireaktio

$$A_d := 1.15 \cdot N_{g.k} + 1.5 \cdot N_{q.k} = 9.507 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys alaohjauspuussa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_d}{b_{aop} \cdot l_{tolppa}} = 1.145 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Alaohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

### $k_{c.90}$ -kerroin

$$k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara, mahdollisuus käyttää arvoa tietyissä tilanteissa: ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S})$$

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$



### Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.813$$

6.4S RIL205-1-2017

### Mitoitusehto

$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} \quad \left| \quad = 1 \quad \text{1,OK,} \quad \text{Kaava: 6.3 RIL 205-1-2017} \right.$$
$$\left. \begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right|$$

### Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 26.46\%$$

## Tukipainekestävyys alaohjauspuussa KY2 nosto-oven aukon viereinen tolppa

### Tukireaktio

$$A_d := 1.15 \cdot N_{g.k2} + 1.5 \cdot N_{q.k2} = 24.561 \text{ kN}$$



## Puristusjännitys alaojhauspuussa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_d}{b_{aop} \cdot (2 \cdot l_{tolppa})} = 1.479 \frac{N}{mm^2}$$

## Alaojhauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$k_{mod} := 0.8$  Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin.  
RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

### $k_{c.90}$ -kerroin

$k_{c.90} := 1.25$  (sahatavara, mahdollisuus käyttää arvoa tietyissä tilanteissa:  
**ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S**)

## Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

### Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{2 \cdot l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 1.406$$

6.4S RIL205-1-2017

### Mitoitusehto

$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1 \quad 1, \text{OK}$$

1
else
0

Kaava: 6.3 RIL 205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 68.356\%$$

## Taipuma tuulikuormasta autotallin nosto-oven vieressä oleva tolppa

$$I_y := \frac{b_{tolppa} \cdot (h_{tolppa})^3}{12} = 20710868 \text{ mm}^4$$

## Hetkellinen taipuma tuulikuormasta

$$w_{inst} := \frac{5 \cdot k_2 \cdot q_{k.w.a} \cdot L_4^4}{384 \cdot E_{m.0.mean} \cdot I_y} = 0.775 \text{ mm}$$

## Lopputaipuma

Taulukko 3.2 RIL 205-1-2017 s. 30

$$k_{def} := 0.6$$

$$w_{f.in} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst} = 1.24 \text{ mm}$$

Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s. 30

## Mitotusehto

$$L_4 = 2600 \text{ mm} \quad \text{tolpan pituus}$$

## Taipumaraja mitoitusehto

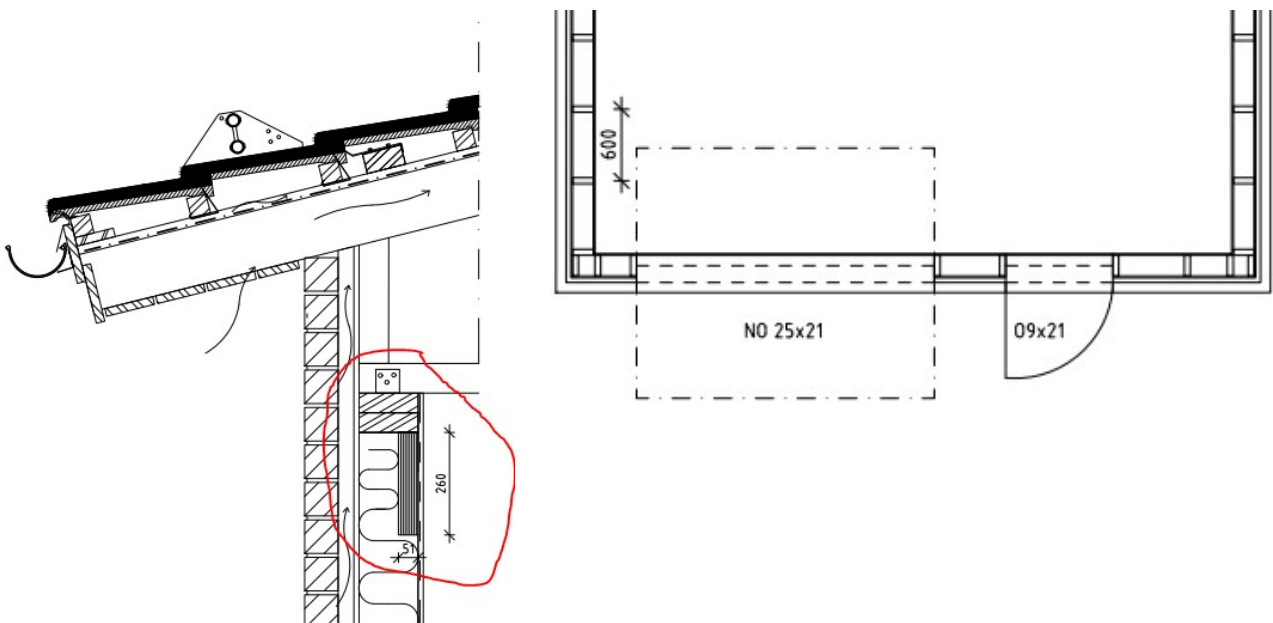
$$\text{if } w_{f.in} \leq \frac{L_4}{300} = 1 \quad 1 = \text{ok}$$

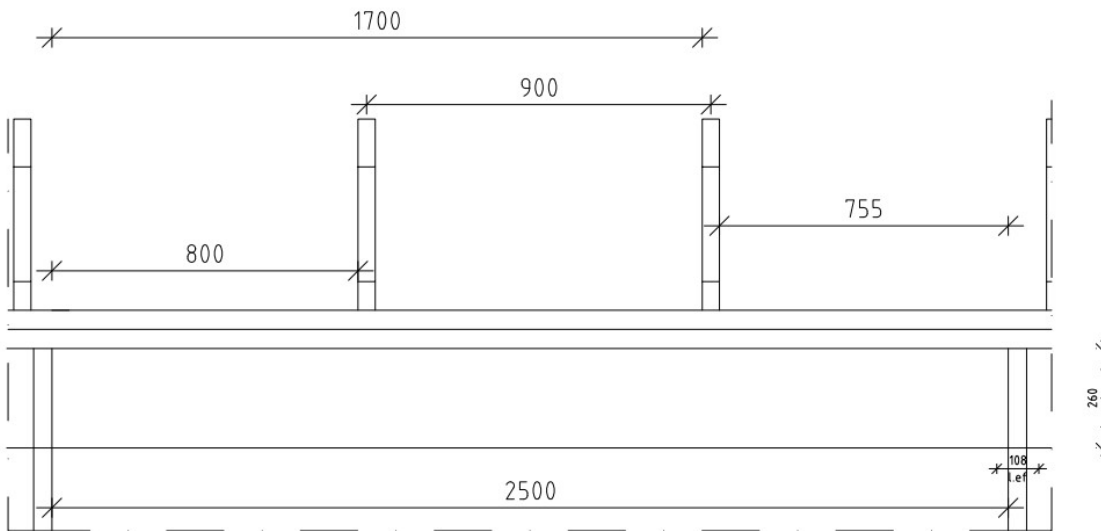
|| 1  
else  
|| 0

## Käyttöaste

$$\frac{w_{f.in}}{\frac{L_4}{300}} = 14.311\%$$

## Autotallin nosto-oven palkin mitoitus (LVL) (Oviaukossa 1 tolppa vierekkäin aukon molemmin puolin)





## Mittaselosteet

$$L_1 = 7.35 \text{ m}$$

NR-ristikon jänneväli

$$L_2 = 0.6 \text{ m}$$

Räystään pituus

$$L_3 := 2.5 \text{ m}$$

Kehäpalkin jänneväli

$$L_4 = 2.6 \text{ m}$$

seinätolpan pituus

$$k := 0.9 \text{ m}$$

Räystään kuormitusleveys aukon kohdalla

$$s := 0.9 \text{ m}$$

Ristikkojako

$$s_1 := 0.8 \text{ m}$$

Pistekuorman1 etäisyys tuelta A

$$s_2 := 1.7 \text{ m}$$

Pistekuorman2 etäisyys tuelta A

$$s_3 := 0.755 \text{ m}$$

Pistekuorman2 etäisyys tuelta B

NR-ristikot suunniteltu niin että oviaukon kohdalle ei tule kahta ristikköä enempää.

## Ristikön tukireaktio yläpohjan omasta painosta

$$F_{g,k} := \frac{L_1}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + k \cdot s \cdot g_{k2} = 1.816 \text{ kN}$$

## Ristikön tukireaktio yläpohjan lumikuormasta

$$F_{q,k} := \left( \frac{L_1}{2} + k \right) \cdot s \cdot q_{k1} = 8.729 \text{ kN}$$

### Palkin tukireaktiot yläpohjan omasta kuormasta

$$B_{g,k} := \frac{(F_{g,k} \cdot s_1 + F_{g,k} \cdot s_2)}{L_3} = 1.816 \text{ kN}$$

$$A_{g,k} := 2 \cdot F_{g,k} - B_{g,k} = 1.816 \text{ kN}$$

### Palkin tukireaktiot lumikuormasta

$$B_{q,k} := \frac{(F_{q,k} \cdot s_1 + F_{q,k} \cdot s_2)}{L_3} = 8.729 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} := 2 \cdot F_{q,k} - B_{q,k} = 8.729 \text{ kN}$$

### Maksimimomentti yläpohjan omastapainosta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 1.371 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Maksimimomentti lumikuormasta

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 6.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Maksimi leikkausvoima yläpohjan omasta painosta

$$V_{g,k} := A_{g,k} = 1.816 \text{ kN}$$

### Maksimi leikkausvoima lumikuormasta

$$V_{q,k} := A_{q,k} = 8.729 \text{ kN}$$

### Palkin lähtötiedot

$$h_{palkki} := 260 \text{ mm} \quad \text{palkin korkeus}$$

$$b_{palkki} := 51 \text{ mm} \quad \text{palkin leveys}$$

$$l_{tolppa} := 48 \text{ mm} \quad \text{Tolpan kosketuspinta oviaukoss (1 tolppa)}$$

### Palkin materiaaliominaisuudet (LVL, Kerto-S) RIL 205-1-2017 Taulukko 3.5S

#### Taivutus

$$f_{m,k} := 44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Syrjällään

#### Veto

$$f_{t.0,k} := 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Syysuuntaan

$$f_{m.0.flat,k} := 44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lappeellaan

$$f_{t.90.edge,k} := 0.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittain syrjällään

## Puristus

$$f_{c.0.k} := 35 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.edge.k} := 6 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.flat.k} := 1.8 \frac{N}{mm^2}$$

Syysuuntaan

Poikittain syrjällään

Poikittain lappeellaan

## Leikkaus

$$f_{v.k} := 4.1 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{r.0.k} := 2.3 \frac{N}{mm^2}$$

Syrjällään

Lappeellaan,  
pintaviilun suuntaan

## Jäykkyysominaisuudet

$$E_{mean} := 13800 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0.0.5} := 11600 \frac{N}{mm^2}$$

Kimmomoduuli

Kimmomoduuli

$$G_{edge.mean} := 600 \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli

$$G_{edge.mean.0.0.5} := 400 \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli

$$\rho_{k.lvl} := 480 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{mean.lvl} := 510 \frac{kg}{m^3}$$

Ominaisihteys

Tiheyden keskiarvo

$$\gamma_{m.lvl} := 1.2$$

Osavarmuuskerroin Taulukko 2.12-FI. RIL 205-1-2017

$$s_{lvl} := 0.12$$

Kokovaikutuseksponentti

$$K_{FI} = 1$$

Osavarmuuskerroin

## Taivutuskestävyys KY2

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g.k} + 1.5 \cdot M_{q.k} = 11.462 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{palkki} \cdot h_{palkki}^2} = 19.948 \frac{N}{mm^2}$$

## Kh-kerroin

$$\text{RIL 205-1-2017 Kaava 3.3, } k_h := \left( \frac{300}{h_{\text{palkki}}} \right)^{s_{\text{tol}}}$$

$$k_h := 1$$

Kertopuupalkin korkeus on 300 mm tai vähemmän, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää  $k_h$ -kertoimella

## Taivutusluujus

$$k_{\text{mod}} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin.  
RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_{m,\text{lvl}}} = 29.333 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} = 1$$

1=OK

6.11 RIL205-1-2017

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 68.005\%$$

## Tukipainekerroin

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_{\text{tolppa}} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} := 1 \quad \text{Katso kohta 6.1.5 RIL 205-1-2017}$$

$$k_{c,i} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_{\text{tolppa}}} \cdot k_{c,90} = 2.25$$

## Leikkausvoimakestävyys KY2

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g,k} + 1.5 V_{q,k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Leikkajännitys

$$b_{ef} := b_{\text{palkki}} = 51 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{\text{palkki}}} = 1.717 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Leikkauslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_{m.lvl}} = 2.733 \frac{N}{mm^2}$$

## Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v.d} = 1$$

1=OK

6.13 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 62.831\%$$

## Tukipainekestävyys palkissa

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g.k} + 1.5 \cdot F_{q.k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{palkki} \cdot l_{tolppa}} = 6.202 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{tolppa} = 48 \text{ mm}$$

oviaukossa kaksi tolppaa vierekkäin

## Palkin puristuslujuus syysuuntaan vastaan

$$k_{mod} = 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen  
muunnoskerroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.edge.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_{m.lvl}} = 4 \frac{N}{mm^2}$$

## Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} = 108 \text{ mm}$$

## Tukipaine kerroin

$$k_{c.90} := 1$$

(LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa:  
ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S )

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.25$$

6.4S RIL205-1-2017

## Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1$$

6.3 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 68.908\%$$

## Tukipaine kestävyys yläjuoksussa KY2

$$b_{yop} := 173 \text{ mm} \quad \text{yläohjauspuun leveys}$$

$$l_{nr} := 42 \text{ mm} \quad \text{nr-ristikon paksuus}$$

## Tukireaktio

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g,k} + 1.5 \cdot F_{q,k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{yop} \cdot l_{nr}} = 2.089 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Yläohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{RIL-taulukko B.3.1}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

kc\_90-kerroin

$$l_{nr} = 42 \text{ mm} \quad = > 2 \cdot h_{aop}$$

$$k_{c.90} := 1 \quad (\text{LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa:} \\ \text{ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{nr} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{nr}} \cdot k_{c.90} = 2.429$$

6.4S RIL205-1-2017



Mitoitusehto

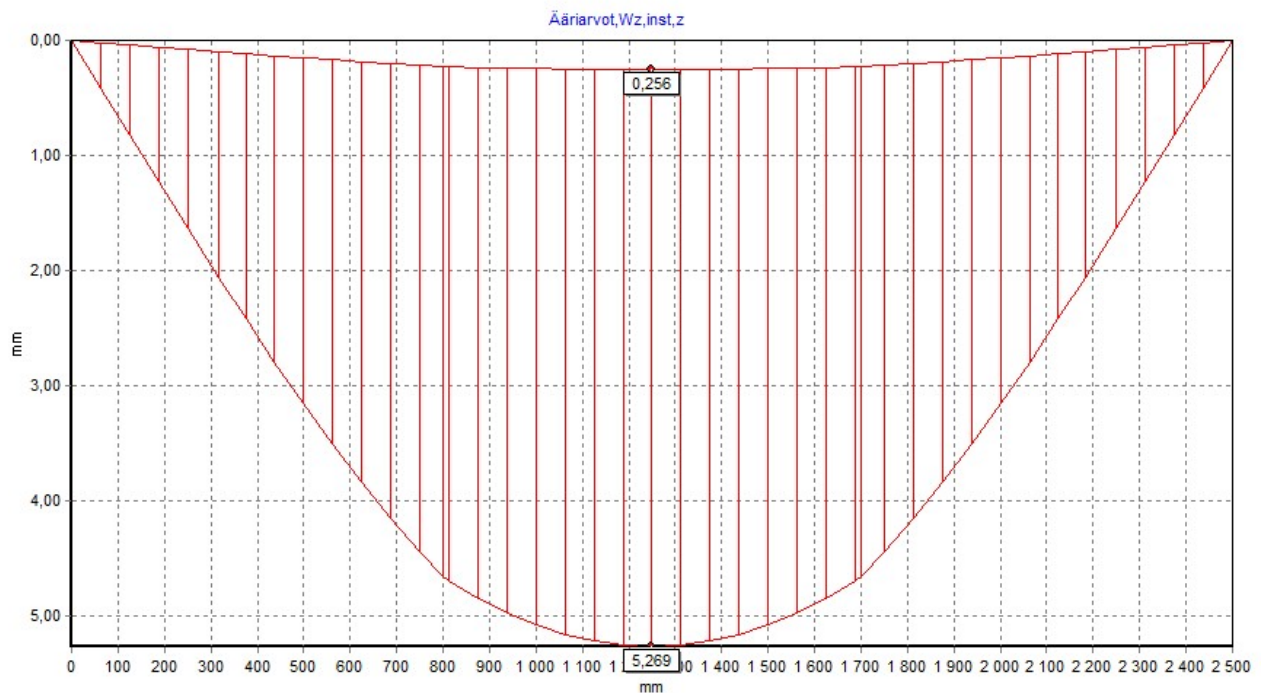
$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1 \quad 1, \text{OK, Kaava B.5.2}$$
$$\left. \begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right|$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 55.923\%$$

6.3 RIL205-1-2017

### Palkin taipuma KY2 (finwood ohjelma)



### Finnwoodin laskentaohjelmalla lasketut arvot

$W_{inst.G} := 0.256 \text{ mm}$  Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$W_{inst.Q} := 5.269 \text{ mm}$  Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

### Lopputaipuma

$k_{def} := 0.8$  taulukko 3.2 RIL 205-1-2017

$W_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot W_{inst.G} + (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst.Q} = 6.573 \text{ mm}$  Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s. 30

## Mitoitusehto

Taipumaraja

$$W_{fin} < \frac{2500 \text{ mm}}{300} = 1$$

$$\frac{W_{fin}}{\frac{2500 \text{ mm}}{300}} = 78.874\%$$

## Kehäpalkki K600

Tässä tilanteessa tarkastellaan kehäpalkkia joka kiertää koko rankarungon kolottuna runkotolppaan yläjuoksun alapuolelle. LVL-palkki on kolottuna runkoon.

Koska palkki on kolottu k600 jaolla oleviin tolppiin, voitaisiin RIL 205-1-2017 Kuvan 6.3S mukaan kuormitus ajatella tasaisena kuormana koska etäisyys on alle 610mm. Tätä ei ole hyödynnetty tässä kohteessa.

Kehäpalkki mitoitetaan suurimman ikkuna-aukon mukaan pahimman mahdollisen tilanteen mukaisesti ristikko keskellä aukkoa, jolloin varmistetaan palkin kestävän muissakin tilanteissa.

## Mittaselosteet

### Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$L_1 = 7.35 \text{ m}$	NR-ristikon jänneväli
$L_2 = 0.6 \text{ m}$	Räystään pituus
$L_3 := 1.5 \text{ m}$	Kehäpalkin jänneväli (suurimman ikkunan mukaan)
$L_4 = 2.6 \text{ m}$	seinätolpan pituus
$s := 0.9 \text{ m}$	Ristikkojako
$s_1 := 0.75 \text{ m}$	Pistekuorman1 etäisyys tuelta A
$s_3 := 0.75 \text{ m}$	Pistekuorman1 etäisyys tuelta B

### Ristikon tukireaktio yläpohjan omasta painosta

$$F_{g,k} := \frac{L_1}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + L_2 \cdot s \cdot g_{k2} = 1.762 \text{ kN}$$

## Ristikön tukireaktio yläpohjan lumikuormasta

$$F_{q,k} := \left( \frac{L_1}{2} + L_2 \right) \cdot s \cdot q_{k1} = 8.157 \text{ kN}$$

## Palkin tukireaktiot yläpohjan omasta kuormasta

$$B_{g,k} := \frac{(F_{g,k} \cdot s_1)}{L_3} = 0.881 \text{ kN}$$

$$A_{g,k} := F_{g,k} - B_{g,k} = 0.881 \text{ kN}$$

## Palkin tukireaktiot lumikuormasta

$$B_{q,k} := \frac{(F_{q,k} \cdot s_1)}{L_3} = 4.078 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} := F_{q,k} - B_{q,k} = 4.078 \text{ kN}$$

## Maksimimomentti yläpohjan omastapainosta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 0.661 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Maksimimomentti lumikuormasta

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 3.059 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Maksimi leikkausvoima yläpohjan omasta painosta

$$V_{g,k} := A_{g,k} = 0.881 \text{ kN}$$

## Maksimi leikkausvoima lumikuormasta

$$V_{q,k} := A_{q,k} = 4.078 \text{ kN}$$

## Palkin lähtötiedot

$h_{palkki} := 260 \text{ mm}$  palkin korkeus

$b_{palkki} := 51 \text{ mm}$  palkin leveys

$l_{tolppa} := 48 \text{ mm}$  Tolpan kosketuspinta oviaukossa (1 tolppa)

## Taivutuskestävyys KY2

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g.k} + 1.5 \cdot M_{q.k} = 5.348 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{palkki} \cdot h_{palkki}^2} = 9.307 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Kh-kerroin <-- TARKASTA RIL. palkki alle 300mm

$$\text{RIL 205-1-2017 Kaava 3.3, } k_h := \left( \frac{300}{h_{palkki}} \right)^{s_{tot}}$$

$$k_h := 1$$

Kertopuupalkin korkeus on 300 mm tai vähemmän, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää  $k_h$ -kertoimella

### Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 27.077 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Mitoitusehto

$$\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.d} = 1$$

1=OK

6.11 RIL205-1-2017

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} = 34.373\%$$

## Leikkausvoimakestävyys KY2

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g.k} + 1.5 \cdot V_{q.k} = 7.131 \text{ kN}$$

### Leikkausjännitys

$$b_{ef} := b_{palkki} = 51 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{palkki}} = 0.807 \frac{N}{mm^2}$$

### Leikkauslujuus

$$k_{mod} = 0.8$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 2.523 \frac{N}{mm^2}$$

### Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v.d} = 1 \quad 1=OK \quad 6.13 \text{ RIL205-1-2017}$$

### Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 31.97\%$$

### Tukipainekestävyys palkissa

$$F_d := 1.15 \cdot A_{g.k} + 1.5 \cdot A_{q.k} = 7.131 \text{ kN}$$

### Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{palkki} \cdot l_{tolppa}} = 2.913 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{tolppa} = 48 \text{ mm}$$

$$b_{palkki} = 51 \text{ mm}$$

### Palkin puristuslujuus syysuuntaan vastaan

$$k_{mod} = 0.8$$

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.edge.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 3.692 \frac{N}{mm^2}$$

## Tukipainekerroin

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$k_{c.90} := 1 \quad (\text{LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa: ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S})$$

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.25 \quad 6.4S \text{ RIL205-1-2017}$$

## Mitoitusehto

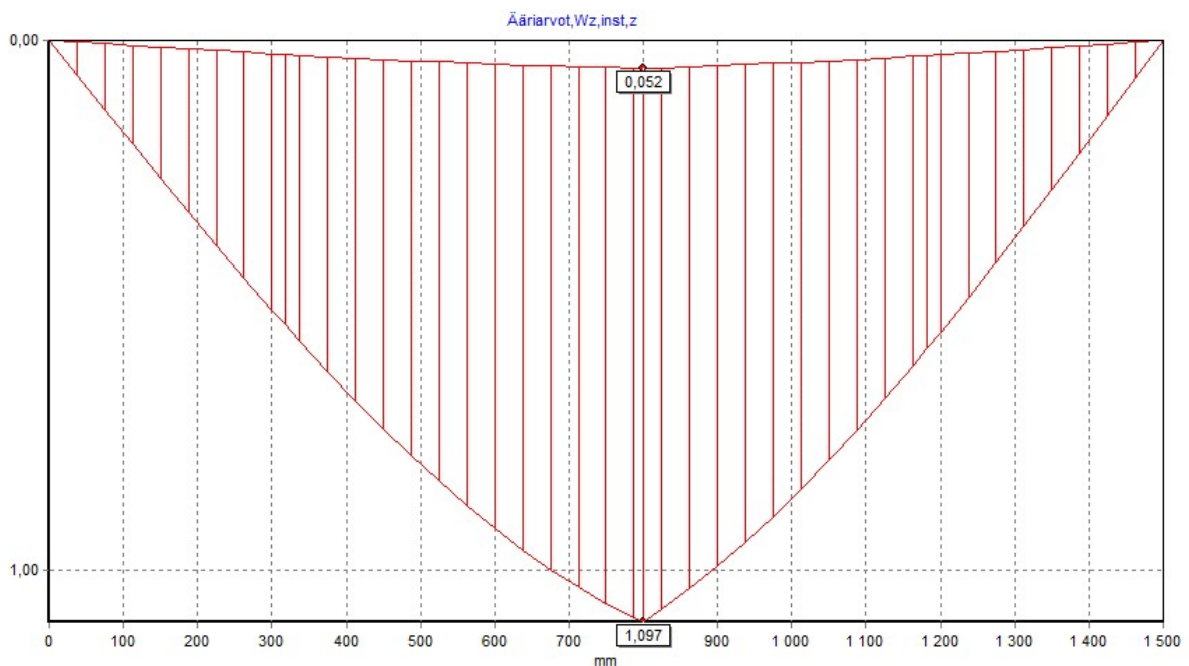
$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1$$

6.3 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 35.061\%$$

## Taipuma kehäpalkissa tolppajaon ollessa k1500 KY2 (ristikon osuessa keskelle tolppajakoa)



## Finnwoodin laskentaohjelmalla haetut arvot

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista  $W_{inst.G} := 0.052 \text{ mm}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista  $W_{inst.Q} := 1.097 \text{ mm}$

## Lopputaipuma

$k_{def} := 0.8$  lyh.suun.ohje taulukko 3.2

$$W_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot W_{inst.G} + (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst.Q} = 1.366 \text{ mm}$$

Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s.  
30

## Mitoitusehto

Taipumaraja

$$W_{fin} < \frac{600 \text{ mm}}{300} = 1$$

$$\frac{W_{fin}}{\frac{600 \text{ mm}}{300}} = 68.306\%$$

# 1. Rakennelaskelmien Selostus

## 1.1 Rakennuksen tiedot

Työnumero:	0001
Kohteen nimi:	Autotalli
Osoite:	Opinnäytetyö 12, Lahti
Kortteli/Kylä:	11/11
Käyttötarkoitus:	Autotalli
Rakenteiden vaativuusluokka:	B (RakMK osa A2)
Käyttöluokka:	1 (Ril 205-1-2017, 2.3.1.3 s. 33 )
Seuraamusluokka:	CC1 (Ril 205-1-2017 Taulukko 2.1-FI)
$K_{FI}$ -kuormakerroin	1 (Tässä esimerkissä käytetään CC2 luokan kerrointa)
Paloluokka:	P3 (RakMK osa E1)
Pääasiallinen rakennusmateriaali:	Puu
Rakennustapa:	Paikalla rakentaminen
Kerrosluku:	1
Kokonaiskorkeus:	4.3 m
Bruttopinta-ala yhteensä:	56 m <sup>2</sup>

## 1.2 Rakenteellinen järjestelmä

Perustamismaaperä:	HkMr
Perustamistapa:	Maanvaraiset seinäanturat
<b>Runkorakenne</b>	
Kantavat seinät:	Rankarunkoseinä (sahatavara C24)
Pääkannattimet:	Sahatavara, LVL, liimapuu, NR-ristikko
<b>Ulkoseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu lämpöeristetty puurankoseinä.
<b>Väliseinät:</b>	
1. kerros:	Paikalla rakennettu puurankoseinä
<b>Välipohja:</b>	<b>Ei ole, Rakennus on yksi kerroksinen</b>
Kuivat tilat:	-
Märkätilat:	-
<b>Yläpohja:</b>	
Asuinrakennus:	Paikalla rakennettu, lämpöeristetty NR-ristikko
Parveke:	Ei parveketta.
<b>Rungon jäykistys:</b>	
1. kerros:	Rakennus jäykistetään rungon poikki- ja pituussuunnassa levyjäykisteillä. Ulkoseinissä jäykistys tapahtuu käyttämällä tuulensuoja kipsilevyä ulkoseinän rungon ulkopinnassa. Levyjäykisteitä löytyy myös huoneistojen väliseinistä ja alakatoista. NR-ristikkoyläpohja jäykistetään päätyseinien yläohjauspuilla ja vinositeillä alakaton levyjäykistykseen lisäksi.



### 1.3 Normit

#### Määräykset ja ohjeet:

Puurakenteet:	Eurocode 5
Soveltamisohje:	Ril 205-1-2017, Liite B Lyhennetty suunnitteluohje
Palonkestovaatimus:	EI 30

### 1.4 Kuormitukset

#### Kuormitukset:

Nr-ristikkoyläpohja:	0.5 kN/m <sup>2</sup>
Räystäät:	0.2 kN/m <sup>2</sup>
Kuivantilan välipohja ja parveke:	-
Märkätilan välipohja:	-
Kevyet väliseinät välipohjalla:	-
Lumikuorma maan pinnalla	2.65 kN/m <sup>2</sup> (RIL 205-1-2017 s. 208, Lahti)
Hyötykuorma:	-
Tuulikuorma	0.326 kN/m <sup>2</sup> ; nopeuspaineen ominaisarvo, ML3, kun rakennuksen korkeus (h) = 4.3 m

### 1.5 Materiaalit

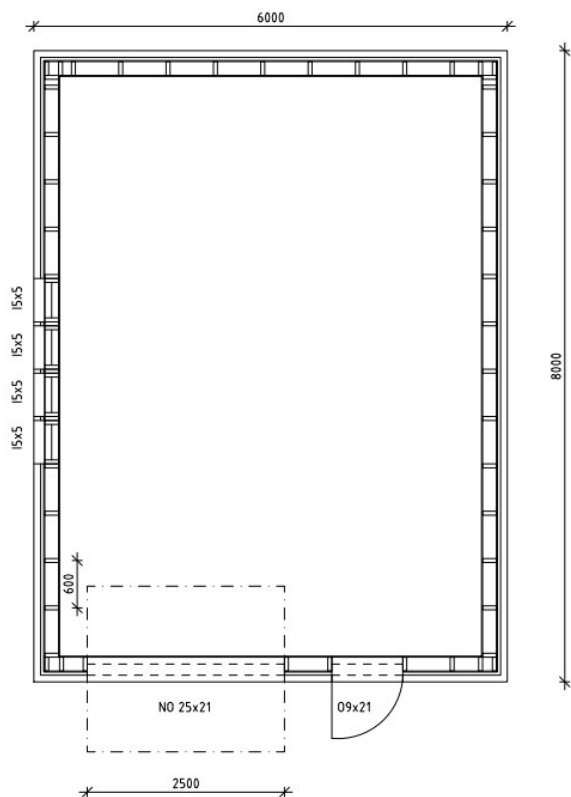
Pilarit:	-
Palkit:	Kerto-S, liimapuu GL32c, Sahatavara C24
Kantavien seinien rungot:	Sahatavara C24
Jäykistävä levytys ulkoseinissä:	Tuulensuoja kipsilevy paksuus 12.5 mm
Jäykistävä levytys yläpohjan alakatossa:	Kipsilevy 12.5 mm
Jäykistävä levytys väliseinissä:	Kipsilevy EK 12.5 mm

### Lisätiedot, Erityispiirteet:

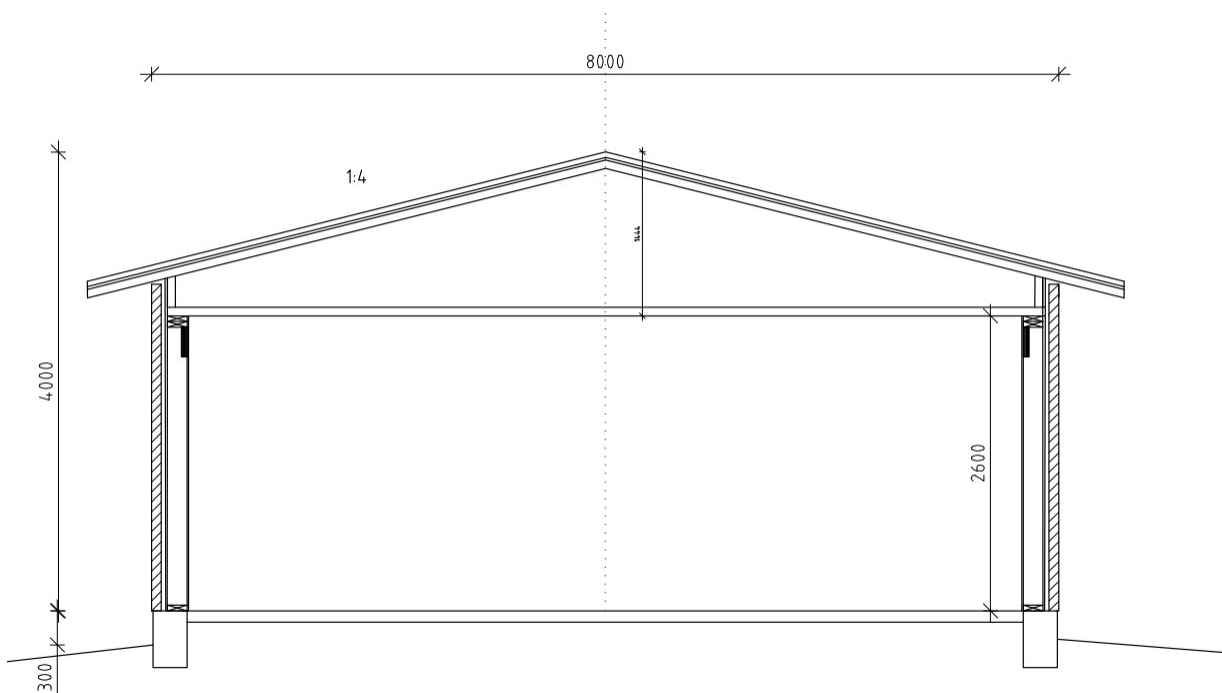
Rakennuksen laskelmat tehdään käsinlaskennalla ja statiikkohjelmalla.  
Nr-ristikkotoimittaja mitoittaa kattoristikot.

## 2. Kohteen esittely

### 2.1 Pohjakuva

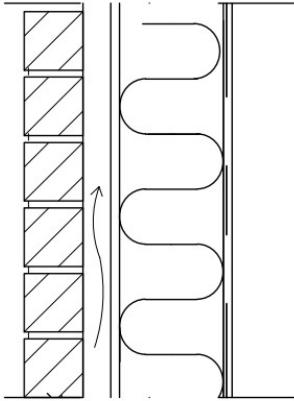


### 2.2 Leikkauskuva

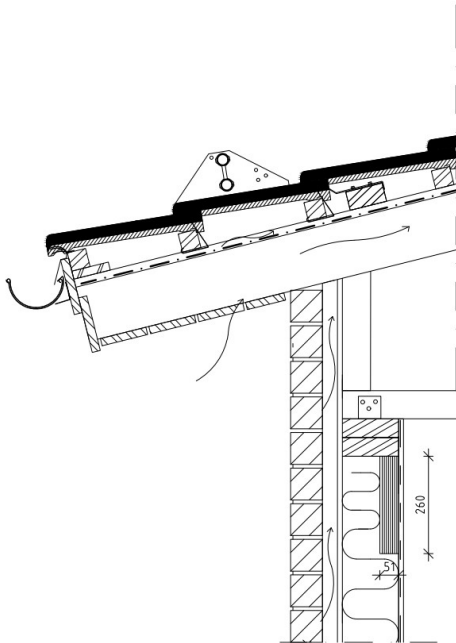


## 2.3 Rakennetyypit

US

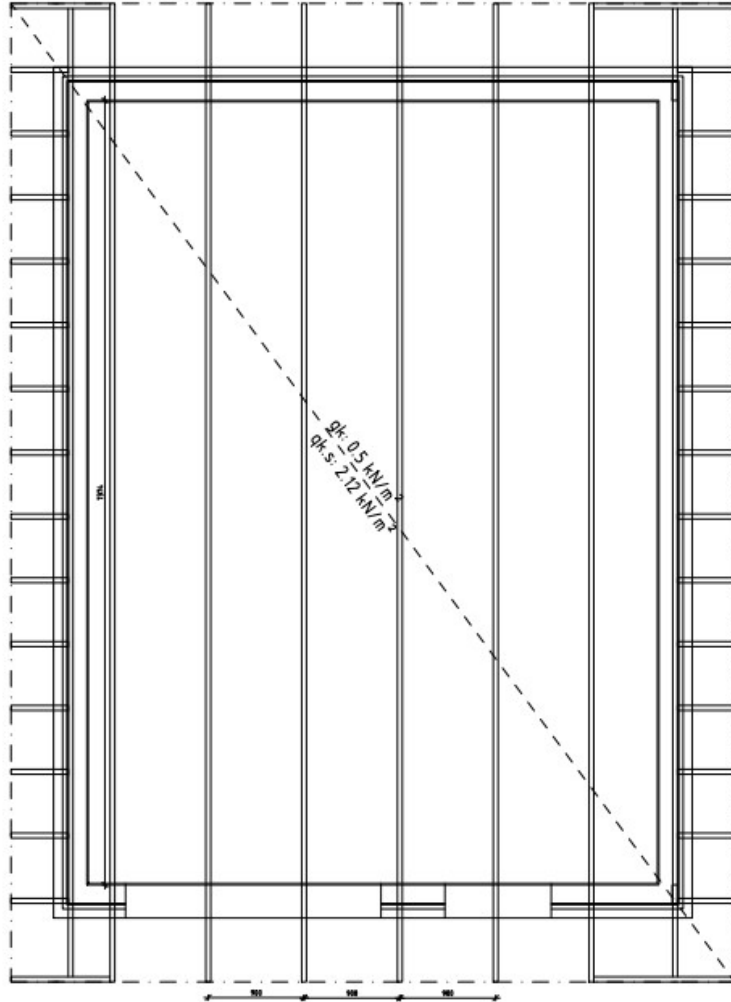


## 2.4 Rakenteiden liittymät



### 3. Kuormitukset

#### 3.1 Yläpohjan kuormat

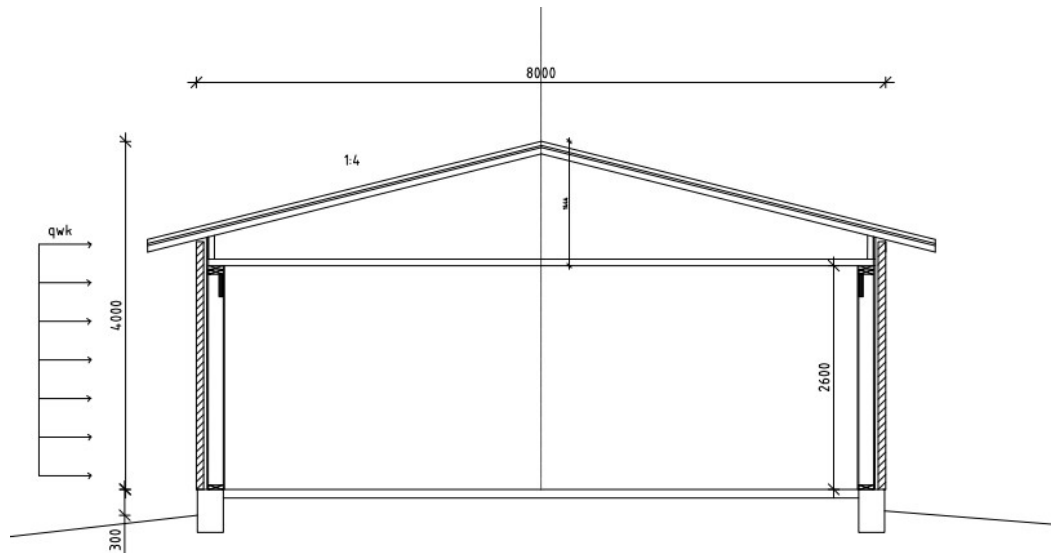


#### 3.2 Tuulikuorma

Tuulikuorman suhteen tehdään yksinkertaistuksia joilla laskelmat ovat varmallalla puolella jättämällä rakennuksen suurennuskerroin  $\gamma_D$  (2.5.11S RIL 205-1-2017) huomioimatta ja käsitellään sitä arvolla 1.

#### Rakennuksen tiedot

$d := 6000 \text{ mm}$  rakennuksen pituus tuulen suunnassa  
 $b := 8000 \text{ mm}$  rakennuksen leveys / syvyys  
 $h := 4000 \text{ mm}$  harjan korkeus



**Rakennekertoimet (jätetään pois lausekkeesta  $F_{w.k}$  ja  $q_{k.w.a}$  selkeyttämään lauseketta)**

$C_s := 1$  koko ja mittasuhte

jos  $h < 15m$ ,  $h_{seinä} < 100m$ ,  
 $4h < b$  [käytännössä aina 1]

$C_d := 1$  tuulen puuskien dyn.vaikutus

**Tarvittaessa tarkista EN1991-1-4, Liite B ja C**

**Voimakertoimet**

Sivusuhte  $\frac{d}{b} = 0.75$

$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b} = 1$  kun,  $h < 15m$  Rakennuksen hoikkuus RIL 205-1-2017, kaava 2.5.13S

$$C_f := 1.44 + \frac{1.28 - 1.44}{1 - 0.7} \cdot (0.75 - 0.7) = 1.413$$

Interpoloi  
Taulukko 2.9S. RIL 205-1-2017

**Taulukko 2.8.** Maastoluokat.

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.

$$z := h = 4000 \text{ mm}$$

Tuulen vaikutusalueen korkeus (tässä tapauksessa rakennuksen korkeus)

$$A_{ref} := b \cdot h$$

Pinta-ala johon tuuli vaikuttaa

**Puuskanopeuspaine RIL 205-1-2017 Kuva 2.6S (s.42) tai RIL 201-1-2017 Taulukko 4.2S (s.137), korosta lähde**

**Taulukko 4.2S.** Puuskanopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z)$  [kN/m<sup>2</sup>] eri maastoluokissa (=  $q_p(z)$  tasaisessa maastossa,  $c_0 = 1$  ja  $\gamma_D = 1$ ).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

$$q_{p0} := 0.35 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaisen interpoloitavan välin nopeuspaineen alaraja

$$z_0 := 0 \text{ m}$$

maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaisen interpoloitavan välin nopeuspaineen yläraja

$$q_{p1} := 0.35 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

rakennuksen korkeuden mukaisen  
interpoloitavan välin korkeuden alaraja

$$z_1 := 5 \text{ m}$$

rakennuksen korkeuden mukaisen  
interpoloitavan välin korkeuden yläraja

$$q_{p.h} := q_{p0} + \frac{q_{p1} - q_{p0}}{z_1 - z_0} \cdot (z - z_0) = 0.35 \frac{kN}{m^2}$$

interpolointi taulukko  
arvoista

$$q_{k.w.a} := C_f \cdot q_{p.h} = 0.495 \frac{kN}{m^2}$$

Tuulikuorma, kuormien yhdistelyyn  
2.5.10S, RIL 205-1-2017

$$F_{w.k} := C_f \cdot q_{p.h} \cdot A_{ref} = 15.829 \text{ kN}$$

Kokonais tuulikuorman ominaisarvo  
(2.5.12S RIL 205-1-2017)

## 4. Ulkoseinän runkotolppa

- Ulkoseinän runkotolpat ovat tuettuna heikompaan suuntaan tuulensuojalevyillä.
- Seinän päällä oleva kehäpalkki oletetaan olevan keskellä keskellä seinälinjaa, joten kuorman epäkeskeisyyttä ei ole.
- Ulkoseinätolpat oletetaan olevan päistään nivelellisesti tuetut.
- Runkotolpan mitoituksessa käytetään kokonaistuulikuorman mitoituksessa tarvittavia nettopainokertoimia.

### Rakennuksen tiedot

$D := 6000 \text{ mm}$  syvyys  
 $B := 8000 \text{ mm}$  Leveys  
 $H := 4000 \text{ mm}$  korkeimman harjan korkeus  
 $h_{katto} := 1400 \text{ mm}$

### Sahatavara C24 (EN 338)

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

Taivutus

$f_{t.0.k} := 14.5 \frac{N}{mm^2}$	Veto syysuuntaan
$f_{t.90.k} := 0.4 \frac{N}{mm^2}$	Veto kohtisuoraansyysuuntaa
$f_{c.0.k} := 21 \frac{N}{mm^2}$	Puristus syysuuntaan
$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$	Puristus kohtisuoraansyysuuntaan
$f_{v.k} := 4.0 \frac{N}{mm^2}$	Leikkaus
$E_{m.0.mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$E_{m.0.k} := 7400 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$E_{m.90.mean} := 370 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$G_{mean} := 690 \frac{N}{mm^2}$	Liukumoduuli
$\rho_k := 350 \frac{kg}{m^3}$	Ominaistiheys
$\rho_{mean} := 420 \frac{kg}{m^3}$	Tiheyden keskiarvo
$\gamma_m := 1.3$	Osavarmuuskerroin Taulukko 2.12-FI. RIL 205-1-2017
$K_{FI} := 1$	Osavarmuuskerroin Taulukko 2.1-FI. RIL 205-1-2017

### Kuormat

$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohjan pysyvä kuorma
$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$	Yläpohja räystäään kohdalta
$S_k := 2.65 \frac{kN}{m^2}$	Lumikuorma maassa (RIL 205-1-2017 s. 208, Lahti)
$\mu_1 := 0.8$	Harjakaton muotokerroin (RIL 205-1-2017 Kuva 2.3)
$q_{k1} := S_k \cdot \mu_1 = 2.12 \frac{kN}{m^2}$	Muuttuva kuorma, Hyötykuormaa ja lumikuormaa ei huomioida samaan aikaan kuormina ja lumi on suurempi.
$G_{kj} := g_{k1} = 0.5 \frac{kN}{m^2}$	Pysyvät kuormat yhteensä, räystäät laskettu yläpohjan painolla



## Tuulikuormat

$$q_{k.w.a} = 0.495 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Tuulikuorma } m^2$$

$$F_{w.k} = 15.829 \text{ kN} \quad \text{Kokonais tuulikuorma}$$

$$q_{p.h} = 0.35 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Puuska nopeuspaine, interpoloitu taulukosta 4.2s RIL 201-1-2017 tai Kuva 2.6 RIL 205-1-2017, korosta lähde.}$$

## Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$$L_1 := 7.35 \text{ m} \quad \text{NR-ristikon jänneväli}$$

$$L_2 := 0.6 \text{ m} \quad \text{Räystään pituus}$$

$$L_3 := 2.5 \text{ m} \quad \text{Kehäpalkin jänneväli}$$

$$L_4 := 2.6 \text{ m} \quad \text{seinätolpan pituus}$$

$$k_1 := 1.55 \text{ m} \quad \text{kuormitus 1krs.aukon pielitolpille}$$

$$k_2 := 0.6 \text{ m} \quad \text{kuormitus runkotolpalle 1krs k600}$$

## Pystykuorma tolppalle yläpohjan omasta painosta

$$N_{g.k} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot g_{k1} + L_2 \cdot k_2 \cdot g_{k2} = 1.175 \text{ kN} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$N_{g.k2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_1 \cdot g_{k1} + L_2 \cdot k_1 \cdot g_{k2} = 3.034 \text{ kN} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

## Pystykuorma tolppalle lumikuormasta

$$N_{q.k} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot q_{k1} + L_2 \cdot k_2 \cdot q_{k1} = 5.438 \text{ kN} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$N_{q.k2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_1 \cdot q_{k1} + L_2 \cdot k_1 \cdot q_{k1} = 14.048 \text{ kN} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

## Tolpan taivutusmomentti tuulikuormasta

$$q_{w.d} := K_{FI} \cdot q_{k.w.a} \cdot k_2 = 0.297 \frac{kN}{m} \quad \text{Runkotolppa k600}$$

$$q_{w.d2} := K_{FI} \cdot q_{k.w.a} \cdot k_1 = 0.767 \frac{kN}{m} \quad \text{Oviaukon tolpat}$$

$$F_{w.katto} := q_{w.d} \cdot h_{katto} = 0.416 \text{ kN}$$

$$M_{d.2} := \frac{F_{w.katto} \cdot (H - L_4)}{2} = 0.291 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{w.k} := \frac{(q_{k.w.a} \cdot k_2) \cdot L_4^2}{8} + M_{d.2} = 0.542 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Runkotolppa k600

$$M_{w.k2} := \frac{(q_{k.w.a} \cdot k_1) \cdot L_4^2}{8} + M_{d.2} = 0.939 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Oviaukon tolpat

### Tolpan lähtötiedot

$$h_{tolppa} := 173 \text{ mm} \quad \text{Tolpan leveys}$$

$$b_{tolppa} := 48 \text{ mm} \quad \text{Tolpan paksuus}$$

$$A_{tolppa} := h_{tolppa} \cdot b_{tolppa} = 8304 \text{ mm}^2$$

### Kuormitusyhdistelmät

$$K_{fi} := 1.0 \quad (\text{RIL 205-1-2017 taulukko 2.1})$$

$$\Psi_{lumi} := 0.7 \quad \text{todennäköisyyskerroin lumi. taulukko Ril-2.21-FI}$$

$$K_{fi} \cdot \Psi_{lumi} \cdot 1.5 = 1.05 \quad \text{Numeriinen arvo avattuna Lumi}$$

$$\Psi_{tuuli} := 0.6 \quad \text{todennäköisyyskerroin tuuli. taulukko Ril-2.21-FI}$$

$$K_{fi} \cdot \Psi_{tuuli} \cdot 1.5 = 0.9 \quad \text{Numeriinen arvo avattuna tuuli}$$

KY1 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$KY1 := 1.35 \cdot G_{kj} = 0.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Omapaino merkkeava, ei käytetä puurakentamisessa juuri koskaan.**

KY2 Keskipitkä aikaluokka

$$KY2 := 1.15 \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot q_{k1} = 3.755 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Nämä kuormitusyhdistelmät toimivat tässä laskelmassa apuna kertoimien hakemiselle.**

KY3 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa **lumi** määrävä hetkellinen aikaluokka

$$KY_3 := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{k1} + 0.9 \cdot K_{fi} \cdot q_{k.w.a} = 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KY4 Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa **tuuli** määrävä  
hetkellinen aikaluokka

$$KY_4 := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{k.w.a} + 1.05 \cdot K_{fi} \cdot q_{k1} = 3.543 \frac{kN}{m^2}$$

### Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY2

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g.k} + 1.5 \cdot N_{q.k} = 9.507 \text{ kN}$$

### Nurjahduskerro in k.cy

$$L_{c.z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c.z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c.y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

### Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 1.145 \frac{N}{mm^2}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen  
muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 12.923 \frac{N}{mm^2}$$

### Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \left| = 1 \quad 1=OK \quad \text{RIL 205-1-2017, Kohta 6.3.2} \right.$$
$$\left. \begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right.$$

### Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 25.313\%$$

## Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY3 + Tuuli (Lumi määrävä) Hetkellinen aikaluokka

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.5 \cdot N_{q,k} = 9.507 \text{ kN}$$

### Nurjahduskerro in k.cy

$$L_{c,z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c,y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

### Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 1.145 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 17.769 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 0.9 \cdot M_{w.k} = 0.487 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2} = 2.036 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

### Taivutuslujuus

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 20.308 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = 1 \quad 1=OK$$
$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\| 1$$
$$\text{else}$$
$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\| 0$$

RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2

## Käyttöaste

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \right) = 28.435\%$$

RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2

## Nurjahdukestävyys (Z-suuntaan) KY4 + Tuuli (Tuuli määrävä) Hetkellinen aikaluokka

$$N_d := 1.15 \cdot N_{g,k} + 1.05 \cdot N_{q,k} = 7.06 \text{ kN}$$

## Nurjahduskerroin $k_{c,y}$

$$L_{c,z} := 1 \cdot L_4 = 2600 \text{ mm}$$

Nurjahduspituus RIL 205-1-2017 Taulukko 6.1-FI

$$i_y := \frac{h_{tolppa}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{c,z}}{i_y} = 52.062$$

RIL 205-1-2017 6.20.2S

$$k_{c,y} := 0.35$$

RIL 205-1-2017 Kuvasta 6.9S

## Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}} = 0.85 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 17.769 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.5 \cdot M_{w.k} = 0.812 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2} = 3.393 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Taivutuslujuus

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 20.308 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\text{if } \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad \left| \begin{array}{l} = 1 \\ \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right. \quad 1 = \text{OK} \quad \text{RIL 205-1-2017 , Kohta 6.3.2}$$

## Käyttöaste

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \right) = 30.381\%$$

## Tukipainekestävyys alaohjauspuussa KY2 K600

$$\begin{array}{ll} h_{aop} := 48 \text{ mm} & \text{Alaohjauspuun paksuus} \\ b_{aop} := 173 \text{ mm} & \text{Alaohjauspuun syvyys} \\ l_{tolppa} := 48 \text{ mm} & \text{Tolpan Leveys} \end{array}$$

## Tukireaktio

$$A_d := 1.15 \cdot N_{g.k} + 1.5 \cdot N_{q.k} = 9.507 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys alaohjauspuussa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_d}{b_{aop} \cdot l_{tolppa}} = 1.145 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Alaohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

### $k_{c.90}$ -kerroin

$$k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara, mahdollisuus käyttää arvoa tietyissä tilanteissa: ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S})$$

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$



### Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.813$$

6.4S RIL205-1-2017

### Mitoitusehto

$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} \quad \left| \begin{array}{l} = 1 \\ \parallel \\ 1 \end{array} \right. \quad 1, \text{OK}, \quad \text{Kaava: 6.3 RIL 205-1-2017}$$
$$\text{else} \quad \left| \begin{array}{l} \\ \parallel \\ 0 \end{array} \right.$$

### Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 26.46\%$$

## Tukipainekestävyys alaohjauspuussa KY2 nosto-oven aukon viereinen tolppa

### Tukireaktio

$$A_d := 1.15 \cdot N_{g.k2} + 1.5 \cdot N_{q.k2} = 24.561 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys alaojhauspuussa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_d}{b_{aop} \cdot (2 \cdot l_{tolppa})} = 1.479 \frac{N}{mm^2}$$

## Alaojhauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$k_{mod} := 0.8$  Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnosterroin.  
RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

### $k_{c.90}$ -kerroin

$k_{c.90} := 1.25$  (sahatavara, mahdollisuus käyttää arvoa tietyissä tilanteissa:  
**ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S**)

## Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

### Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{2 \cdot l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 1.406$$

6.4S RIL205-1-2017

### Mitoitusehto

$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

1,OK

Kaava: 6.3 RIL 205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 68.356\%$$

## Taipuma tuulikuormasta autotallin nosto-oven vieressä oleva tolppa

$$I_y := \frac{b_{tolppa} \cdot (h_{tolppa})^3}{12} = 20710868 \text{ mm}^4$$



## Hetkellinen taipuma tuulikuormasta

$$w_{inst} := \frac{5 \cdot k_2 \cdot q_{k.w.a} \cdot L_4^4}{384 \cdot E_{m.0.mean} \cdot I_y} = 0.775 \text{ mm}$$

## Lopputaipuma

Taulukko 3.2 RIL 205-1-2017 s. 30

$$k_{def} := 0.6$$

$$w_{f.in} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst} = 1.24 \text{ mm}$$

Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s. 30

## Mitotusehto

$$L_4 = 2600 \text{ mm} \quad \text{tolpan pituus}$$

## Taipumaraja mitoitusehto

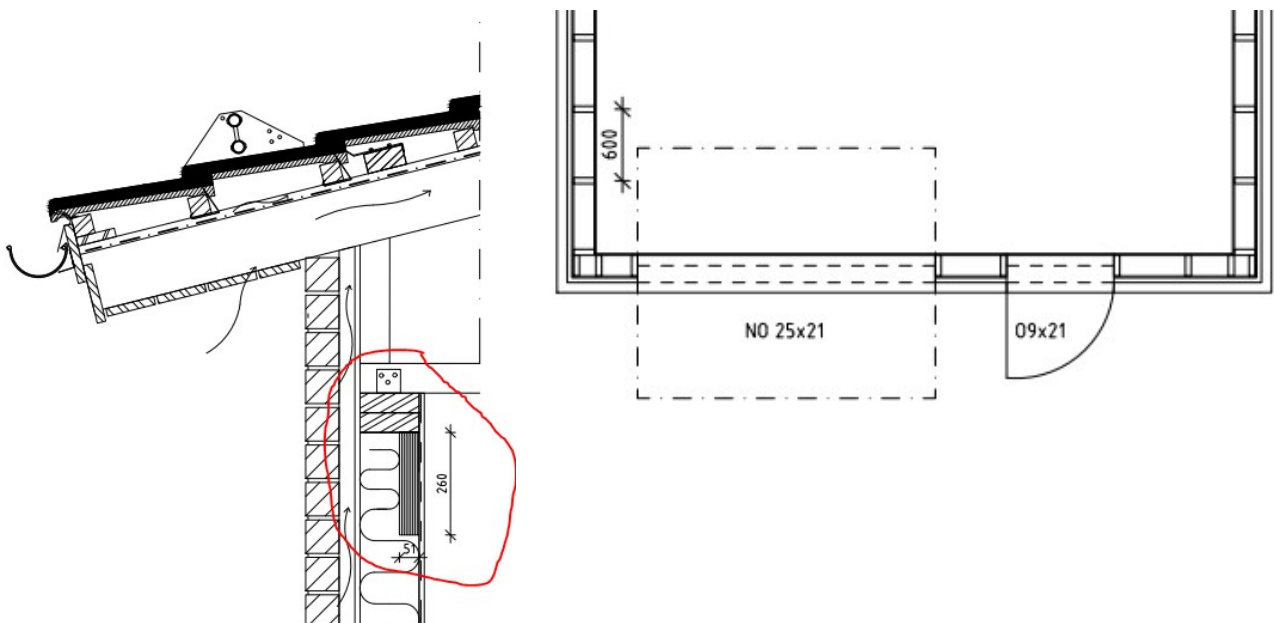
$$\text{if } w_{f.in} \leq \frac{L_4}{300} = 1 \quad 1 = \text{ok}$$

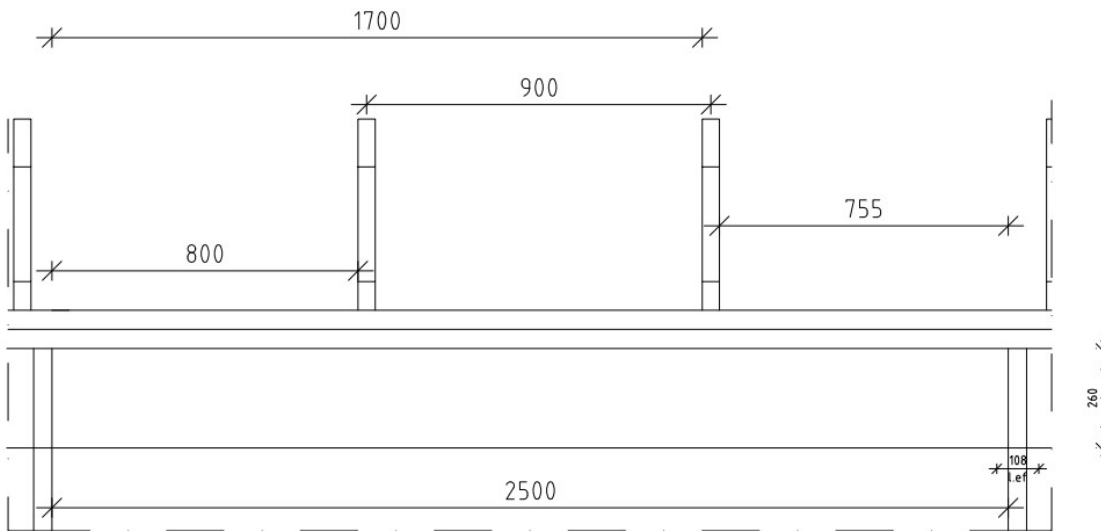
$$\begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array}$$

## Käyttöaste

$$\frac{w_{f.in}}{\frac{L_4}{300}} = 14.311\%$$

## Autotallin nosto-oven palkin mitoitus (LVL) (Oviaukossa 1 tolppa vierekkäin aukon molemmin puolin)





## Mittaselosteet

$$L_1 = 7.35 \text{ m}$$

NR-ristikon jänneväli

$$L_2 = 0.6 \text{ m}$$

Räystään pituus

$$L_3 := 2.5 \text{ m}$$

Kehäpalkin jänneväli

$$L_4 = 2.6 \text{ m}$$

seinätolpan pituus

$$k := 0.9 \text{ m}$$

Räystään kuormitusleveys aukon kohdalla

$$s := 0.9 \text{ m}$$

Ristikkojako

$$s_1 := 0.8 \text{ m}$$

Pistekuorman1 etäisyys tuelta A

$$s_2 := 1.7 \text{ m}$$

Pistekuorman2 etäisyys tuelta A

$$s_3 := 0.755 \text{ m}$$

Pistekuorman2 etäisyys tuelta B

NR-ristikot suunniteltu niin että oviaukon kohdalle ei tule kahta ristikkoa enempää.

## Ristikon tukireaktio yläpohjan omasta painosta

$$F_{g,k} := \frac{L_1}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + k \cdot s \cdot g_{k2} = 1.816 \text{ kN}$$

## Ristikon tukireaktio yläpohjan lumikuormasta

$$F_{q,k} := \left( \frac{L_1}{2} + k \right) \cdot s \cdot q_{k1} = 8.729 \text{ kN}$$

### Palkin tukireaktiot yläpohjan omasta kuormasta

$$B_{g,k} := \frac{(F_{g,k} \cdot s_1 + F_{g,k} \cdot s_2)}{L_3} = 1.816 \text{ kN}$$

$$A_{g,k} := 2 \cdot F_{g,k} - B_{g,k} = 1.816 \text{ kN}$$

### Palkin tukireaktiot lumikuormasta

$$B_{q,k} := \frac{(F_{q,k} \cdot s_1 + F_{q,k} \cdot s_2)}{L_3} = 8.729 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} := 2 \cdot F_{q,k} - B_{q,k} = 8.729 \text{ kN}$$

### Maksimimomentti yläpohjan omastapainosta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 1.371 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Maksimimomentti lumikuormasta

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 6.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Maksimi leikkausvoima yläpohjan omasta painosta

$$V_{g,k} := A_{g,k} = 1.816 \text{ kN}$$

### Maksimi leikkausvoima lumikuormasta

$$V_{q,k} := A_{q,k} = 8.729 \text{ kN}$$

### Palkin lähtötiedot

$h_{palkki} := 260 \text{ mm}$  palkin korkeus

$b_{palkki} := 51 \text{ mm}$  palkin leveys

$l_{tolppa} := 48 \text{ mm}$  Tolpan kosketuspinta oviaukoss (1 tolppa)

### Palkin materiaaliominaisuudet (LVL, Kerto-S) RIL 205-1-2017 Taulukko 3.5S

#### Taivutus

$$f_{m,k} := 44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Syrjällään

#### Veto

$$f_{t.0,k} := 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Syysuuntaan

$$f_{m.0.flat,k} := 44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lappeellaan

$$f_{t.90.edge,k} := 0.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittain syrjällään

## Puristus

$$f_{c.0.k} := 35 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.edge.k} := 6 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.flat.k} := 1.8 \frac{N}{mm^2}$$

Syysuuntaan

Poikittain syrjällään

Poikittain lappeellaan

## Leikkaus

$$f_{v.k} := 4.1 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{r.0.k} := 2.3 \frac{N}{mm^2}$$

Syrjällään

Lappeellaan,  
pintaviilun suuntaan

## Jäykkyysominaisuudet

$$E_{mean} := 13800 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0.0.5} := 11600 \frac{N}{mm^2}$$

Kimmomoduuli

Kimmomoduuli

$$G_{edge.mean} := 600 \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli

$$G_{edge.mean.0.0.5} := 400 \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli

$$\rho_{k.lvl} := 480 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{mean.lvl} := 510 \frac{kg}{m^3}$$

Ominaisihteys

Tiheyden keskiarvo

$$\gamma_{m.lvl} := 1.2$$

Osavarmuuskerroin Taulukko 2.12-FI. RIL 205-1-2017

$$s_{lvl} := 0.12$$

Kokovaikutuseksponentti

$$K_{FI} = 1$$

Osavarmuuskerroin

## Taivutuskestävyys KY2

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g.k} + 1.5 \cdot M_{q.k} = 11.462 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{palkki} \cdot h_{palkki}^2} = 19.948 \frac{N}{mm^2}$$

## Kh-kerroin

$$\text{RIL 205-1-2017 Kaava 3.3, } k_h := \left( \frac{300}{h_{\text{palkki}}} \right)^{s_{\text{tol}}}$$

$$k_h := 1$$

Kertopuupalkin korkeus on 300 mm tai vähemmän, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää  $k_h$ -kertoimella

## Taivutusluujus

$$k_{\text{mod}} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin.  
RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_{m,\text{lvl}}} = 29.333 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} = 1 \quad 1=\text{OK} \quad 6.11 \text{ RIL205-1-2017}$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 68.005\%$$

## Tukipainekerroin

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_{\text{tolppa}} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} := 1 \quad \text{Katso kohta 6.1.5 RIL 205-1-2017}$$

$$k_{c,i} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_{\text{tolppa}}} \cdot k_{c,90} = 2.25$$

## Leikkausvoimakestävyys KY2

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g,k} + 1.5 V_{q,k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Leikkajännitys

$$b_{ef} := b_{\text{palkki}} = 51 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{\text{palkki}}} = 1.717 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

## Leikkauslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_{m.lvl}} = 2.733 \frac{N}{mm^2}$$

## Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v.d} = 1$$

1=OK

6.13 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 62.831\%$$

## Tukipainekestävyys palkissa

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g.k} + 1.5 \cdot F_{q.k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{palkki} \cdot l_{tolppa}} = 6.202 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{tolppa} = 48 \text{ mm}$$

oviaukossa kaksi tolppaa vierekkäin

## Palkin puristuslujuus syysuuntaan vastaan

$$k_{mod} = 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.edge.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_{m.lvl}} = 4 \frac{N}{mm^2}$$

## Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} = 108 \text{ mm}$$

## Tukipaine kerroin

$$k_{c.90} := 1$$

(LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa: ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S )

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.25$$

6.4S RIL205-1-2017

## Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1$$

6.3 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 68.908\%$$

## Tukipaine kestävyys yläjuoksussa KY2

$$b_{yop} := 173 \text{ mm} \quad \text{yläohjauspuun leveys}$$

$$l_{nr} := 42 \text{ mm} \quad \text{nr-ristikon paksuus}$$

## Tukireaktio

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g,k} + 1.5 \cdot F_{q,k} = 15.182 \text{ kN}$$

## Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{yop} \cdot l_{nr}} = 2.089 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Yläohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{RIL-taulukko B.3.1}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 1.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

kc\_90-kerroin

$$l_{nr} = 42 \text{ mm} \quad = > 2 \cdot h_{aop}$$

$$k_{c.90} := 1 \quad (\text{LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa: } \mathbf{\text{ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S}})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{nr} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{nr}} \cdot k_{c.90} = 2.429$$

6.4S RIL205-1-2017

Mitoitusehto

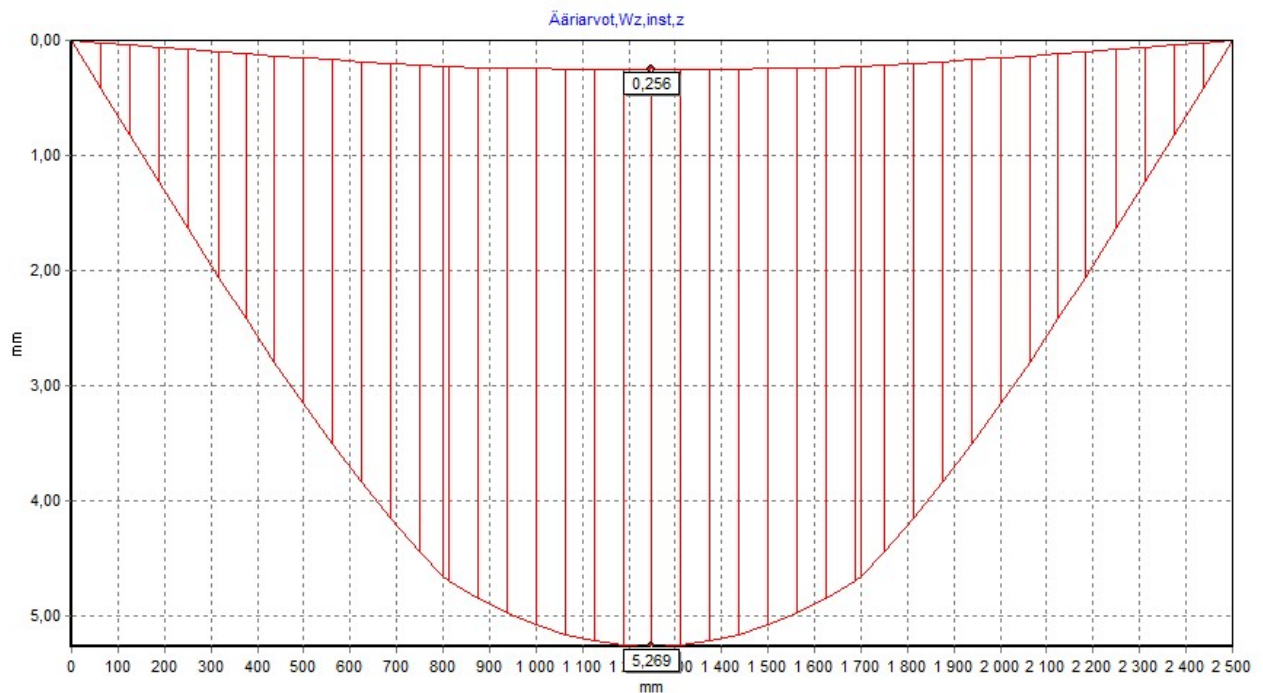
$$\text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1 \quad 1, \text{OK, Kaava B.5.2}$$
$$\left. \begin{array}{l} \parallel 1 \\ \text{else} \\ \parallel 0 \end{array} \right|$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 55.923\%$$

6.3 RIL205-1-2017

### Palkin taipuma KY2 (finwood ohjelma)



### Finnwoodin laskentaohjelmalla lasketut arvot

$W_{inst.G} := 0.256 \text{ mm}$  Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$W_{inst.Q} := 5.269 \text{ mm}$  Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

### Lopputaipuma

$k_{def} := 0.8$  taulukko 3.2 RIL 205-1-2017

$W_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot W_{inst.G} + (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst.Q} = 6.573 \text{ mm}$  Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s. 30



## Mitoitusehto

Taipumaraja

$$W_{fin} < \frac{2500 \text{ mm}}{300} = 1$$

$$\frac{W_{fin}}{\frac{2500 \text{ mm}}{300}} = 78.874\%$$

## Kehäpalkki K600

Tässä tilanteessa tarkastellaan kehäpalkkia joka kiertää koko rankarungon kolottuna runkotolppaan yläjuoksun alapuolelle. LVL-palkki on kolottuna runkoon.

Koska palkki on kolottu k600 jaolla oleviin tolppiin, voitaisiin RIL 205-1-2017 Kuvan 6.3S mukaan kuormitus ajatella tasaisena kuormana koska etäisyys on alle 610mm. Tätä ei ole hyödynnetty tässä kohteessa.

Kehäpalkki mitoitetaan suurimman ikkuna-aukon mukaan pahimman mahdollisen tilanteen mukaisesti ristikko keskellä aukkoa, jolloin varmistetaan palkin kestävän muissakin tilanteissa.

## Mittaselosteet

### Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$L_1 = 7.35 \text{ m}$	NR-ristikon jänneväli
$L_2 = 0.6 \text{ m}$	Räystään pituus
$L_3 := 1.5 \text{ m}$	Kehäpalkin jänneväli (suurimman ikkunan mukaan)
$L_4 = 2.6 \text{ m}$	seinätolpan pituus
$s := 0.9 \text{ m}$	Ristikkojako
$s_1 := 0.75 \text{ m}$	Pistekuorman1 etäisyys tuelta A
$s_3 := 0.75 \text{ m}$	Pistekuorman1 etäisyys tuelta B

### Ristikon tukireaktio yläpohjan omasta painosta

$$F_{g,k} := \frac{L_1}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + L_2 \cdot s \cdot g_{k2} = 1.762 \text{ kN}$$

## Ristikön tukireaktio yläpohjan lumikuormasta

$$F_{q,k} := \left( \frac{L_1}{2} + L_2 \right) \cdot s \cdot q_{k1} = 8.157 \text{ kN}$$

## Palkin tukireaktiot yläpohjan omasta kuormasta

$$B_{g,k} := \frac{(F_{g,k} \cdot s_1)}{L_3} = 0.881 \text{ kN}$$

$$A_{g,k} := F_{g,k} - B_{g,k} = 0.881 \text{ kN}$$

## Palkin tukireaktiot lumikuormasta

$$B_{q,k} := \frac{(F_{q,k} \cdot s_1)}{L_3} = 4.078 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} := F_{q,k} - B_{q,k} = 4.078 \text{ kN}$$

## Maksimimomentti yläpohjan omastapainosta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 0.661 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Maksimimomentti lumikuormasta

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 3.059 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Maksimi leikkausvoima yläpohjan omasta painosta

$$V_{g,k} := A_{g,k} = 0.881 \text{ kN}$$

## Maksimi leikkausvoima lumikuormasta

$$V_{q,k} := A_{q,k} = 4.078 \text{ kN}$$

## Palkin lähtötiedot

$h_{palkki} := 260 \text{ mm}$  palkin korkeus

$b_{palkki} := 51 \text{ mm}$  palkin leveys

$l_{tolppa} := 48 \text{ mm}$  Tolpan kosketuspinta oviaukossa (1 tolppa)

## Taivutuskestävyys KY2

### Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g.k} + 1.5 \cdot M_{q.k} = 5.348 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{palkki} \cdot h_{palkki}^2} = 9.307 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Kh-kerroin <-- TARKASTA RIL. palkki alle 300mm

$$\text{RIL 205-1-2017 Kaava 3.3, } k_h := \left( \frac{300}{h_{palkki}} \right)^{s_{tot}}$$

$$k_h := 1$$

Kertopuupalkin korkeus on 300 mm tai vähemmän, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää  $k_h$ -kertoimella

### Taivutusluujus

$$k_{mod} := 0.8$$

Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin. RIL 205-1-2017 Taulukko 3.1

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 27.077 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Mitoitusehto

$$\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.d} = 1$$

1=OK

6.11 RIL205-1-2017

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} = 34.373\%$$

## Leikkausvoimakestävyys KY2

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g.k} + 1.5 \cdot V_{q.k} = 7.131 \text{ kN}$$

### Leikkausjännitys

$$b_{ef} := b_{palkki} = 51 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{palkki}} = 0.807 \frac{N}{mm^2}$$

### Leikkauslujuus

$$k_{mod} = 0.8$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 2.523 \frac{N}{mm^2}$$

### Mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v.d} = 1 \quad 1=OK \quad 6.13 \text{ RIL205-1-2017}$$

### Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 31.97\%$$

### Tukipainekestävyys palkissa

$$F_d := 1.15 \cdot A_{g.k} + 1.5 \cdot A_{q.k} = 7.131 \text{ kN}$$

### Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{palkki} \cdot l_{tolppa}} = 2.913 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{tolppa} = 48 \text{ mm}$$

$$b_{palkki} = 51 \text{ mm}$$

### Palkin puristuslujuus syysuuntaan vastaan

$$k_{mod} = 0.8$$

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.edge.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = 3.692 \frac{N}{mm^2}$$

## Tukipainekerroin

### Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{tolppa} + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$k_{c.90} := 1 \quad (\text{LVL, mahdollisuus käyttää isompaa arvoa tietyissä tilanteissa: ks. RIL-205-1-2017 s.72 kaava 6.4S})$$

$$k_{c.i} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{tolppa}} \cdot k_{c.90} = 2.25 \quad 6.4S \text{ RIL205-1-2017}$$

## Mitoitusehto

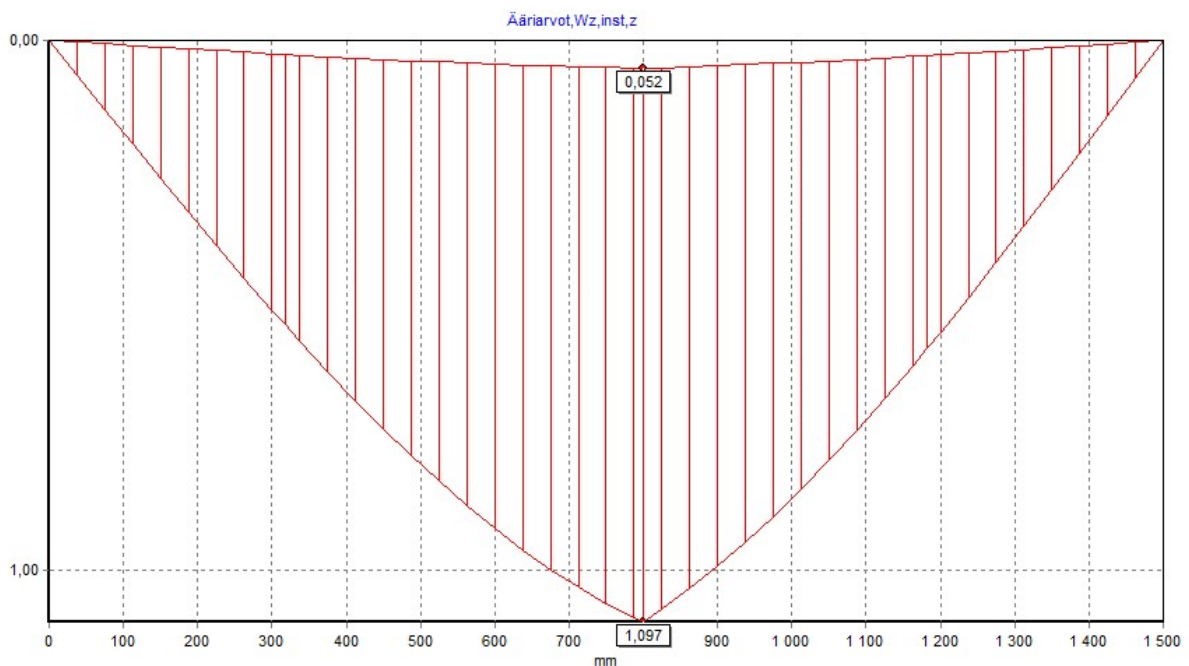
$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.i} \cdot f_{c.90.d} = 1$$

6.3 RIL205-1-2017

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.i} \cdot f_{c.90.d}} = 35.061\%$$

## Taipuma kehäpalkissa tolppajaon ollessa k1500 KY2 (ristikon osuessa keskelle tolppajakoa)



## Finnwoodin laskentaohjelmalla haetut arvot

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista  $W_{inst.G} := 0.052 \text{ mm}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista  $W_{inst.Q} := 1.097 \text{ mm}$

## Lopputaipuma

$k_{def} := 0.8$  lyh.suun.ohje taulukko 3.2

$$W_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot W_{inst.G} + (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot W_{inst.Q} = 1.366 \text{ mm}$$

Kaava 2.2 RIL 205-1-2017 s.  
30

## Mitoitusehto

Taipumaraja

$$W_{fin} < \frac{600 \text{ mm}}{300} = 1$$

$$\frac{W_{fin}}{\frac{600 \text{ mm}}{300}} = 68.306\%$$