



Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

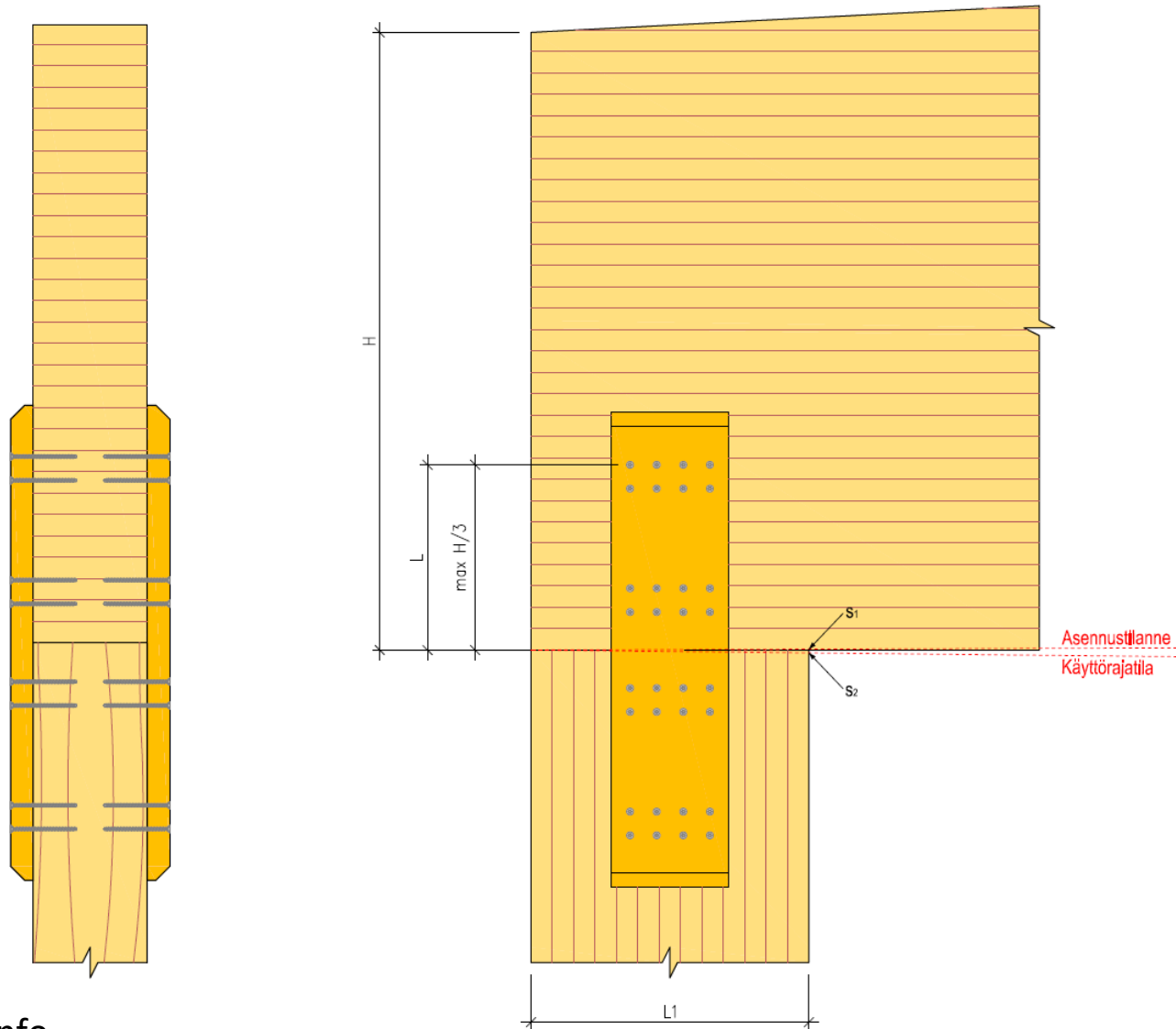
Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

Moduuli 2

Jani Pitkänen

PUUINFO

Liimapuupilarin ja -palkin hankolautaliitos



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

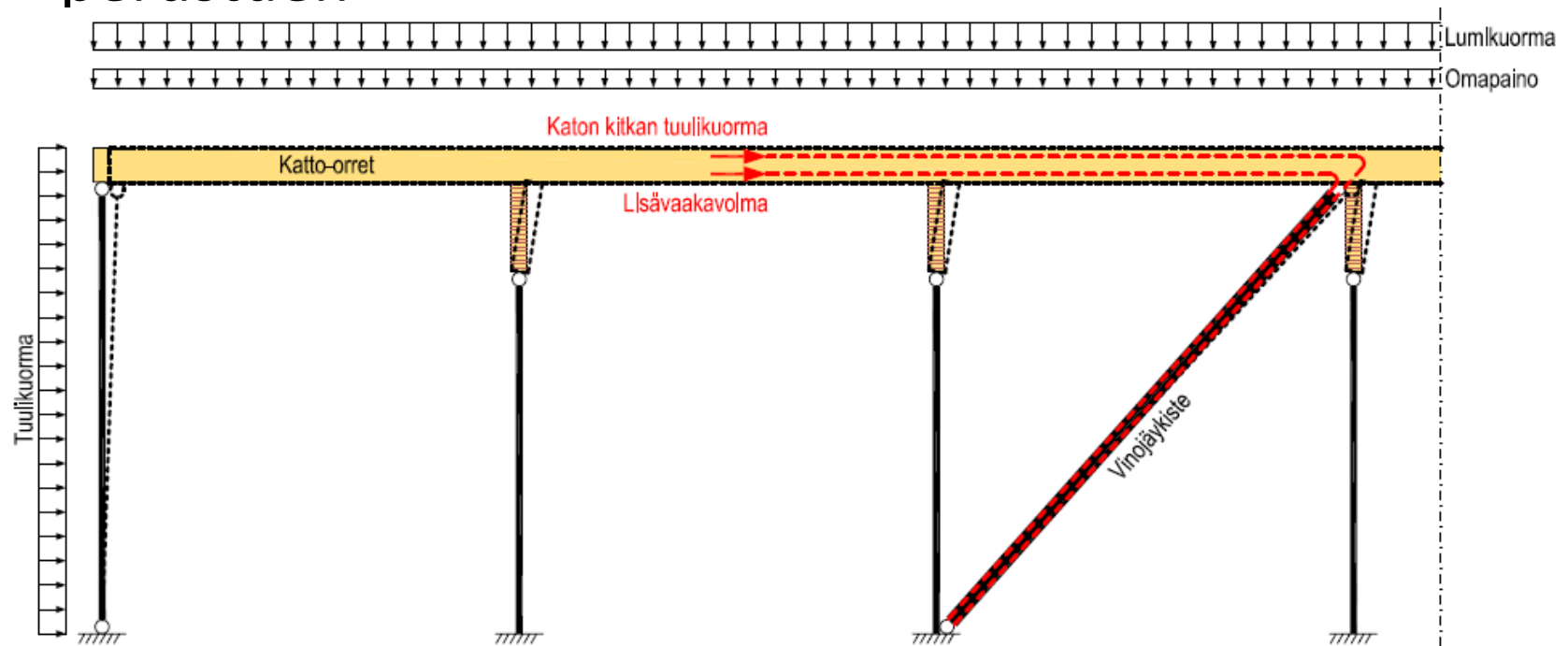
1. Hankolautaliitoksen kehitys

- Hankolautaliitos on perinteinen liitostyyppi
- Mitoittamiseen ei ole esitetty aikaisemmin tarkkoja ohjeita
- Ennen usein liitos mitoitettiin pilarin päässä vaikuttavalle vaakavoimalle H_d eli laskennassa huomioitiin vain kehän suuntaiset voimat
- Samoin hankolaudan sijainti vaihteli (pilarin etureuna, keskellä, takareuna)
- Liittimet olivat muutamasta naulasta, useaan pulttiin

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

1. Hankolautaliitoksen kehitys

- HalliPES 1.0 esittää mitoitusmenetelmän, jossa hankolautaliitoksen voimien määrittäminen tehdään rungon pituus- ja poikittaissuuntaiseen muodonmuutokseen perustuen



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

1. Hankolautaliitoksen kehitys

- Kyseistä mitoitusmenetelmää kehitetään tulevaisuudessa
- Kaikki parannusehdotukset ja kommentit ovat tervetulleita

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoituksessa huomioitavia tekijöitä

- Liittimet (ruuvit) tulevat pääsääntöisesti määrääviksi
- On suositeltavaa käyttää hankolautana esim. GL30cs, koska jo sahatavan varmuuskerroin heikentää liittimien kapasiteettia ($\gamma_M = 1.2 \Rightarrow 1.4$) => **Nykyään ei ole merkitystä, koska liitoksen varmuuskerroin $\gamma_M = 1.3$**
- Kannattaa käyttää ruuvivalmistajien ETA-lausuntoja ($d_{ef} = d$) => saadaan hyödynnettyä köysivaikutus => liitosten kapasiteetti kasvaa

| | 1) | 2) |
|-----------------|--------|--------|
| SFS EN 1995-1-1 | 1866 N | 1232 N |
| RIL 205-1-2009 | 1490 N | |
| ETA-12/0114 | 2135 N | 1505 N |

1) köysivaikutuksen kanssa

2) ilman köysivaikutusta

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

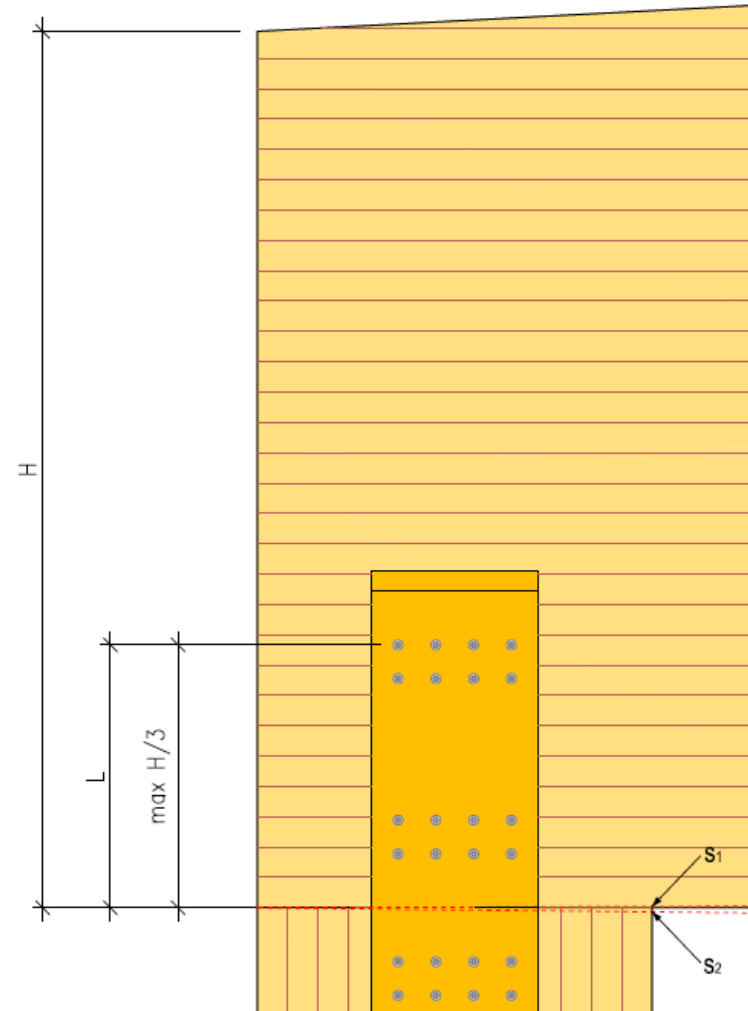
2. Mitoituksessa huomioitavia tekijöitä

- Ruuvit kannattaa olla täyskierteisiä, koska silloin voidaan mitoittaa liitos pelkästään kierteille (veto), eikä tarvitse selvittää kannan tietoja ($f_{\text{head},k}$, ei yleisarvoa)
- Kiinnitettävä huomiota liittimien etäisyyksiin ja minimi paksuuksiin (hankolauta)
 - RIL 205, EN 1995 ja ETA(t) => eri arvot
- Hankolautaan esiporaus => ruuvien asentaminen ruuviryhmiksi helpompaa
- Palkkiin ei tule esiporausta
- Voiman ja syyn vai liittimen ja syyn vai voiman ja liittimen välinen kulma? Riippuu millä mitoittaa 😊

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoituksessa huomioitavia tekijöitä

- Pääkannattimen kosteuden muutoksen vaikutus otetaan huomioon siten, että mita L on rajoitettu mittaan $H/3$.
- Hankolauta ei estä palkin kosteusmuodonmuutoksia merkittävästi

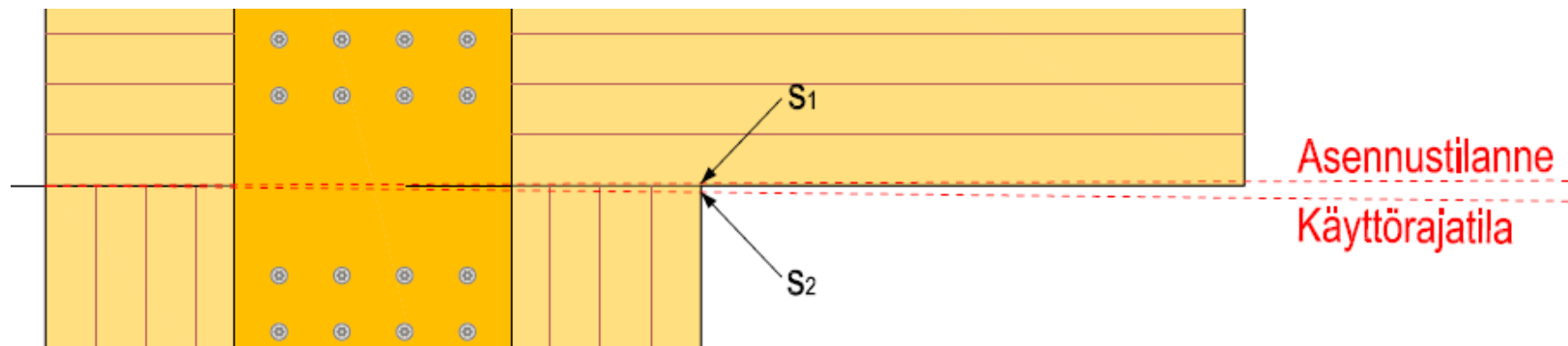


Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoituksessa huomioitavia tekijöitä

- Pääkannattimen kulmamuuutoksen vaikutus otetaan huomioon siten, hankolauta asennetaan pilarin keskialueelle
- Kulmamuuutoksen vaikutus vähäinen
 - Asennustilanteessa pilarin ja kannattimen välillä on tavallisesti rako S_1 , kun pääkannatin on esikorotettu
 - Pääkannattimeen syntyä muodonmuutos S_2 , kun pääkannatin taipuu



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoituksessa huomioitavia tekijöitä

- S_1 ja S_2 voidaan arvioida seuraavilla kaavoilla:

$$S_1 = \frac{(\omega_c - \omega_{inst,G}) \cdot L_1}{\frac{L_2}{2}}$$

$$S_2 = \frac{(\omega_c - \omega_{fin}) \cdot L_1}{\frac{L_2}{2}}$$

ω_c = pääkannattimen esikorotus

$\omega_{inst,G}$ = pääkannattimen hetkellinen taipuma pysyvästä kuormasta

ω_{fin} = pääkannattimen lopputaipuma

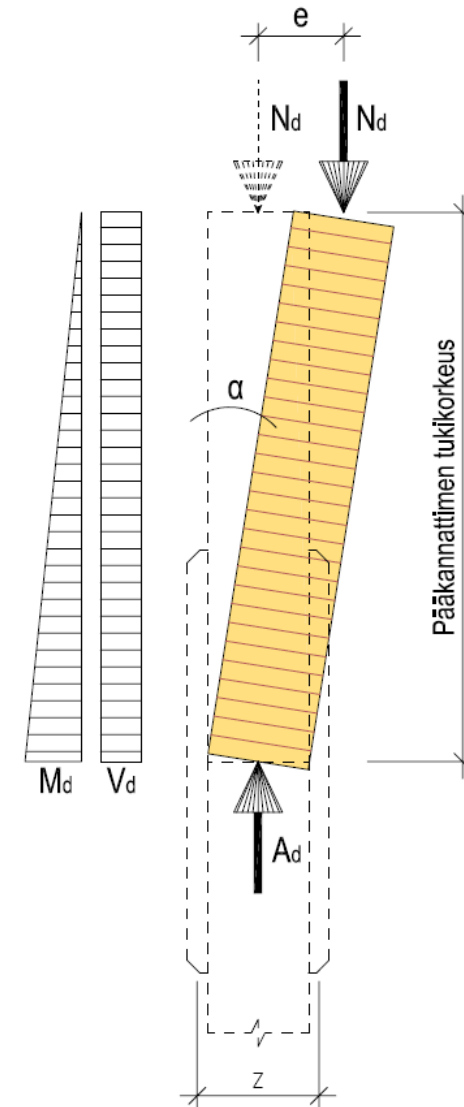
L_1 = pilarin sivumitta

L_2 = pääkannattimen jänneväli

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus

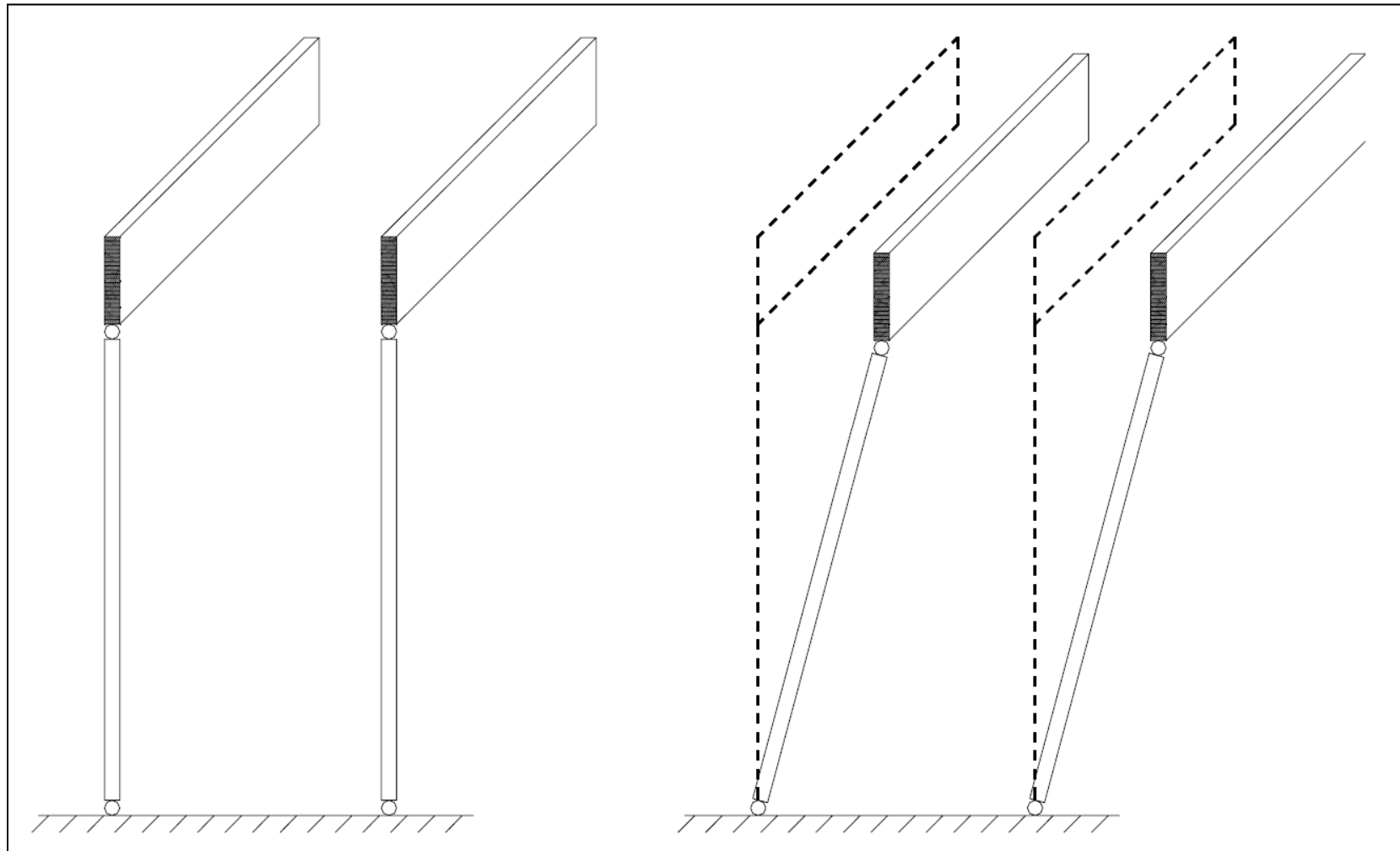
- Pääkannattimen ja pilarin välisestä liitoksesta tehdään hankolautaliitoksen avulla momenttijatkos
- Voima N_d kulkeutuu liitoksen läpi pilarille ja perustuksille
- Mikäli näin ei tehdä, tulee pilarin yläpäähän suunnitella vaakasuuntainen jäykistesauva, joka tukee liitoksen sivusuunnassa



Kuva: Puuinfo

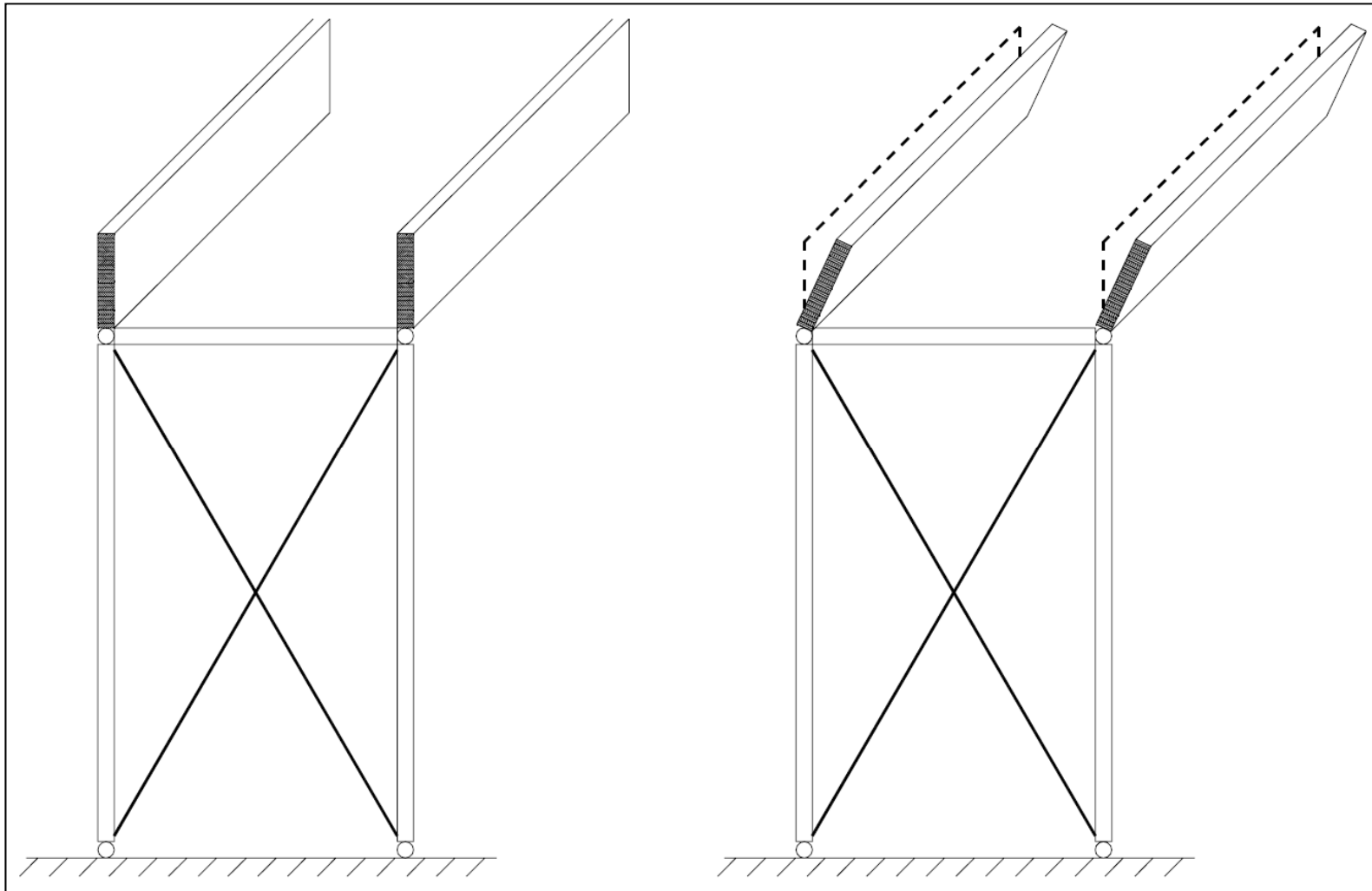
Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus



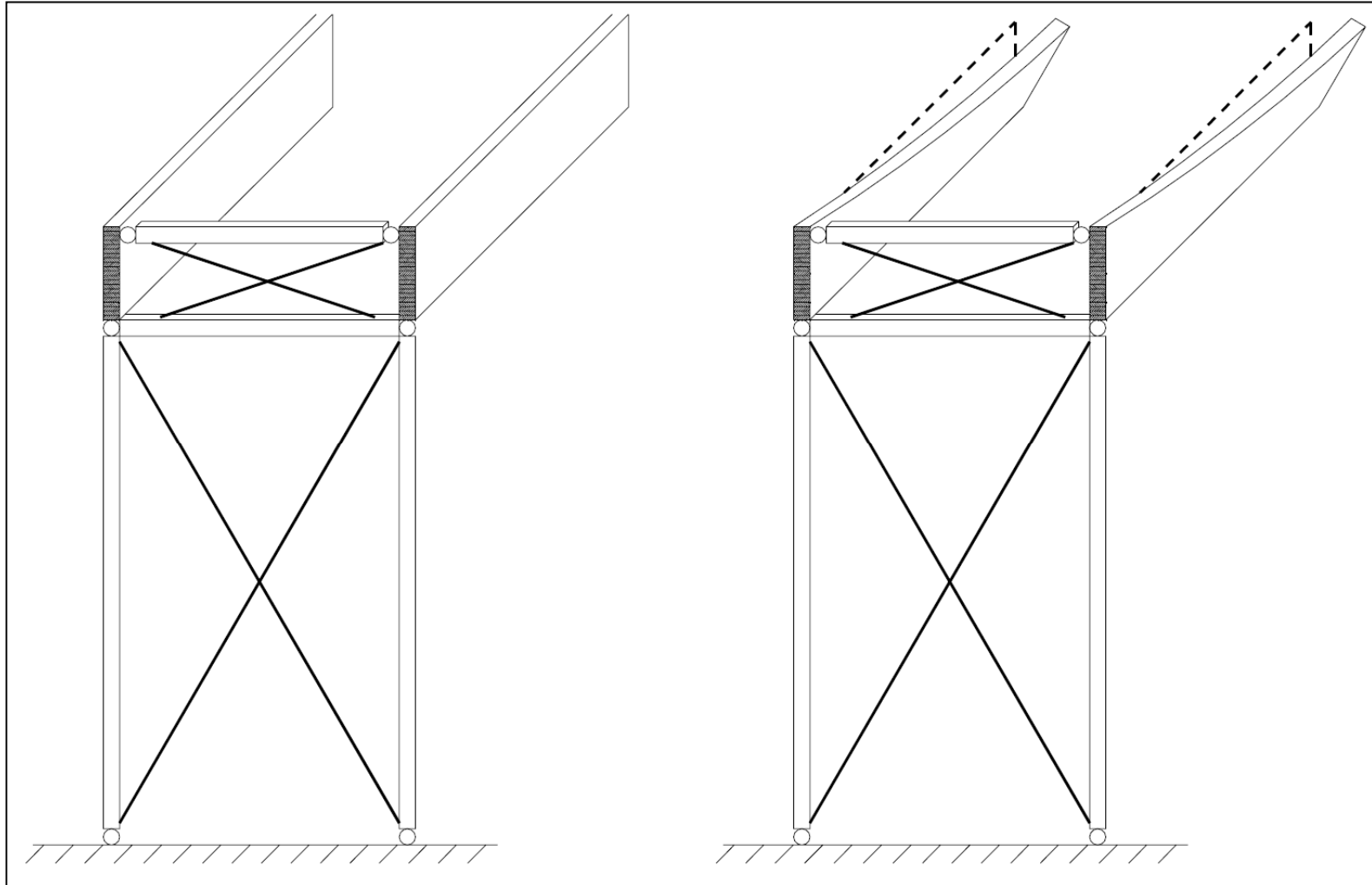
Liimapuupilarin ja -palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus



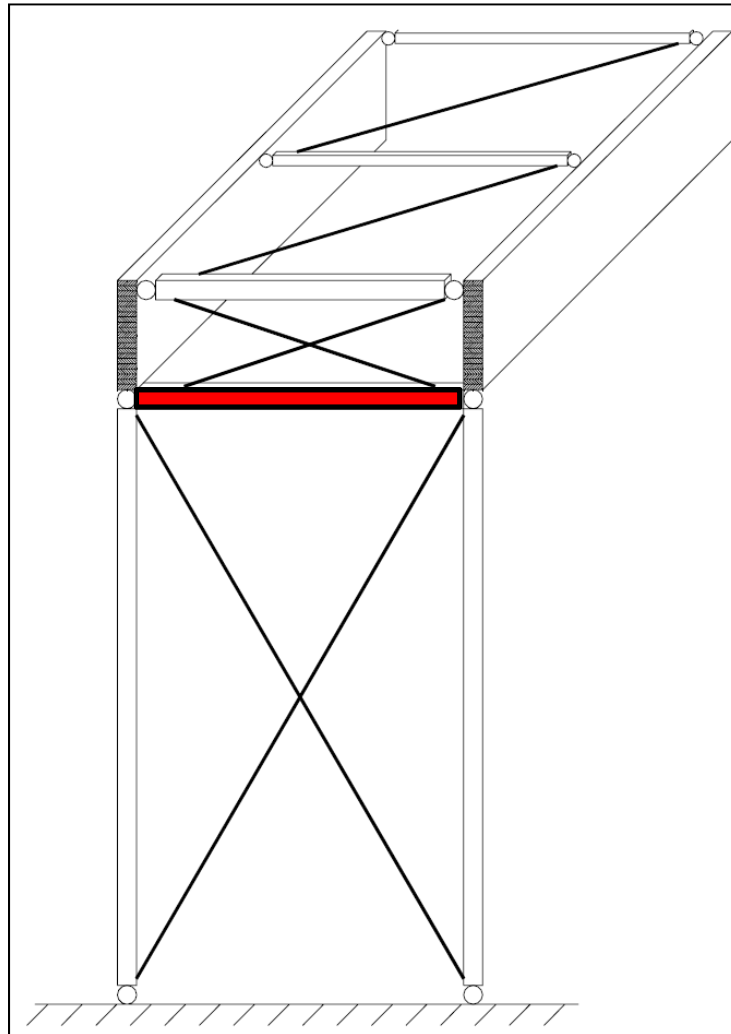
Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus



Liimapuupilarin ja -palkin hankolautaliitos

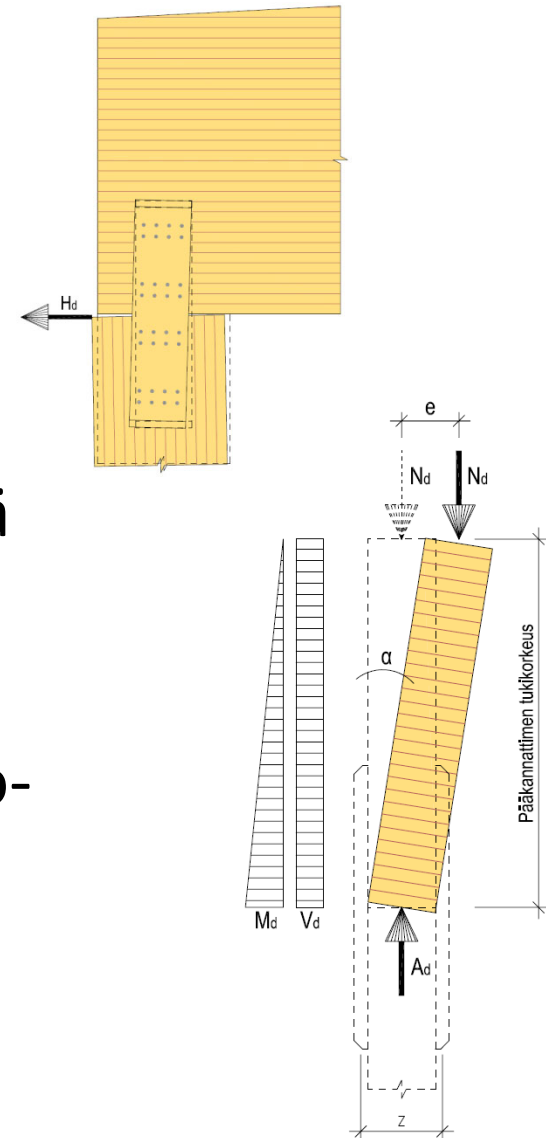
2. Mitoitus



Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus

- Hankolautaan syntyvien voimien suuruus on eniten riippuvainen siitä, miten kaltevaan asentoon voi teoriassa siirtyä
- Pääkannattimen yläreunan siirtymä suhteessa pääkannattimen alapintaan (epäkeskisyys e)
- Tämä epäkeskisyys aiheuttaa hankolautaliitokseen momenttia ja leikkausvoimaa



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

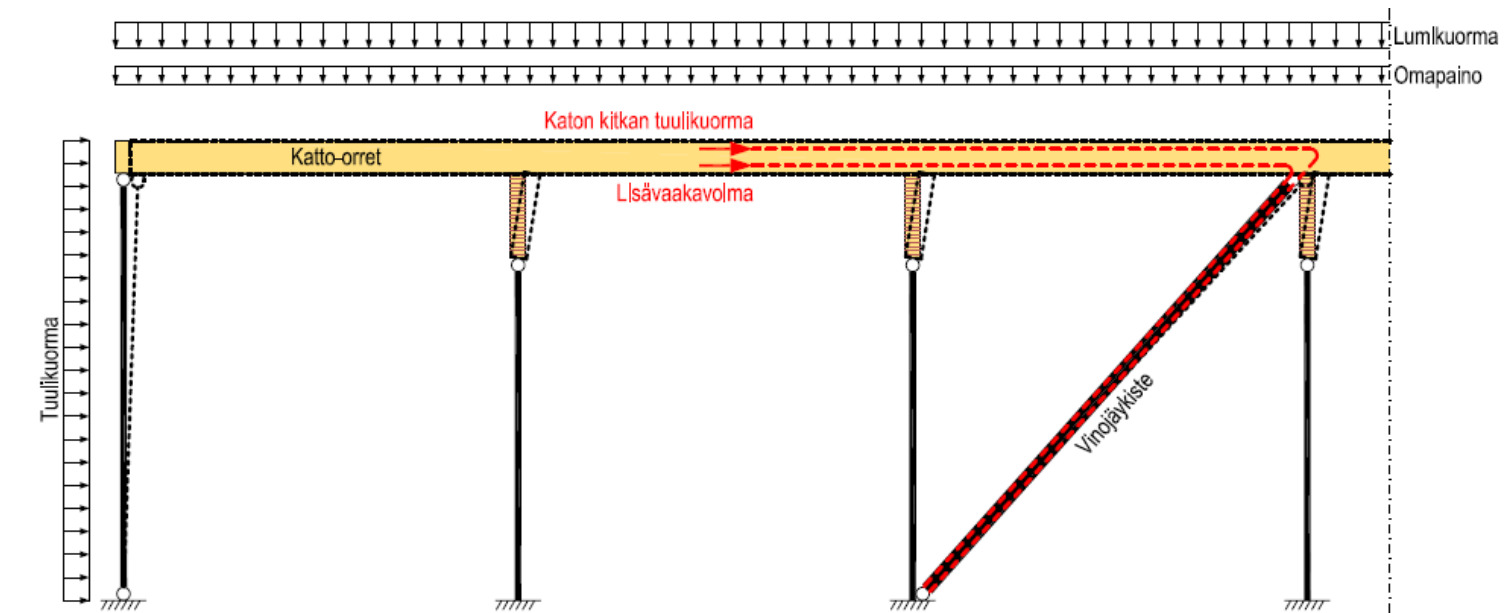
2. Mitoitus

- Epäkeskisyys e syntyy seuraavista tekijöistä:
 - a) Pääkannatimen (= PK) asennustarkkuus (asennusvinous)
 - b) PK:n yläreunan siirtymä tuulikuormasta
 - c) PK:n yläreunan siirtymä PK:den jäykistyskuormasta
 - d) PK:n yläreunan siirtymä lisvaakavoimasta
- Siirtymät b, c ja d ovat riippuvaisia siitä, kuinka jäykkiä hallin pituussuuntaiset jäykisteet ovat
- Kattorakenteiden jäykisteiden siirtymä on rajoitettu ohjeessa RIL 205 arvoon $L/500$ murtorajatilan kuormasta (esim. $L = 30 \text{ m} \Rightarrow$ siirtymä $< 60 \text{ mm}$)

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus

- Kattotasossa olevat lisävaakavoima ja katon kitkan aiheuttama tuulikuorma siirtyvät katto-orsien välityksellä suoraan vaaka- ja pystyjäykisteille, joten ne aiheuttavat rasituksia hankolautaliitokseen kyseisten **jäykisteiden joustavuuden** kautta



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus

- Tässä mitoitusmenetelmässä ei huomioida pääkannattimen pystytukireaktion aiheuttamaa stabiloivaa vaikutusta liitosvoimiin
- Liitokseen vaikuttavat voimasuureet lasketaan seuraavilla kaavoilla:

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus

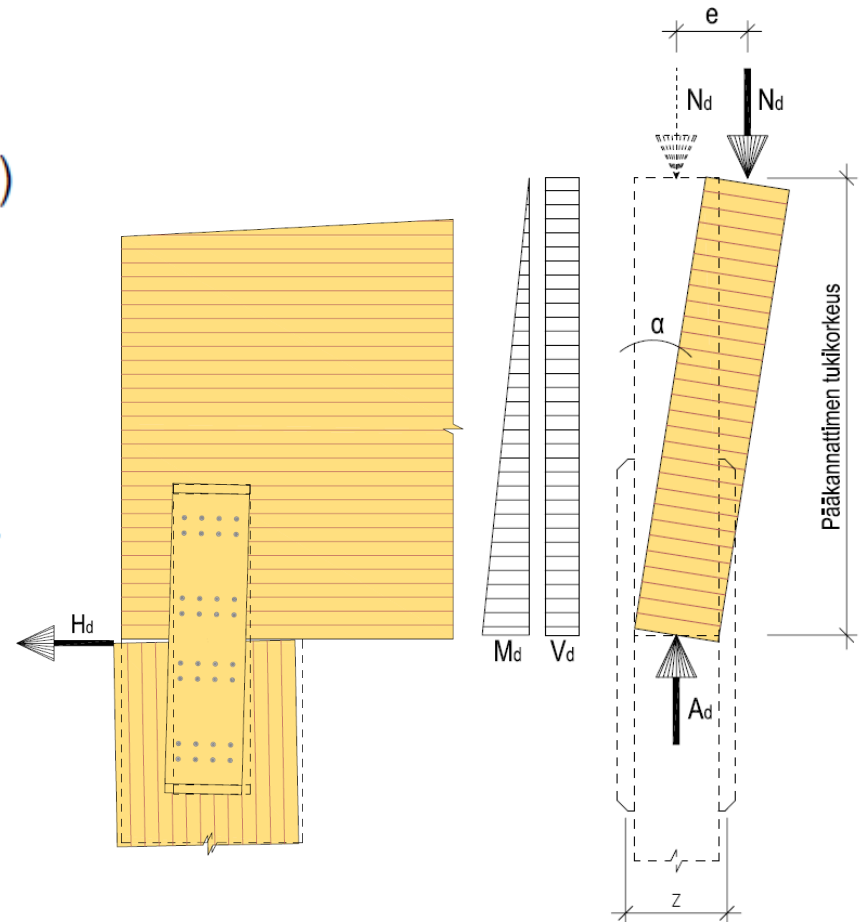
$$A_d = N_d \text{ (pääkannattimen tukireaktio)}$$

$$M_d = A_d \cdot e$$

α = pääkannattimen kaltevuus

$$V_d = A_d \cdot \sin \alpha$$

H_d = tuulen imukuorman aiheuttama tukireaktio pilarin yläpäässä



Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus (liittimet)

- Liittiminä kannattaa käyttää itseporautuvia ruuveja
- Hankolautaan esiporataan reiät
- Lisäksi ruuvit ovat täyskierteisiä
- Mitoitettaessa RIL 205:n mukaan, niin kannattaa käyttää ruuveja, joiden ulkohalkaisija $d \geq 9$ mm
 - Kierteen sisähalkaisija on $0,6d < d_i < 1,1d$ (SFS EN 14592)
 - Ruuvien kierteisen osan vaikutus tulee ottaa huomioon kestävyyttä määritettäessä käyttämällä tehollista halkaisijaa $d_{ef} = 1,1 \times d_i$ (d_i = kierteen sisähalkaisija)
 - Osakierteisille ruuveille, joiden halkaisija $d_{ef} > 6$ mm, ovat voimassa kohdan 8.5.1 säännöt (poikittain kuorm. pultit)
 - Osakierteisille ruuveille, joiden halkaisija on $d_{ef} < 6$ mm, ovat voimassa kohdan 8.3.1 säännöt (poikittain kuorm. naulat)

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

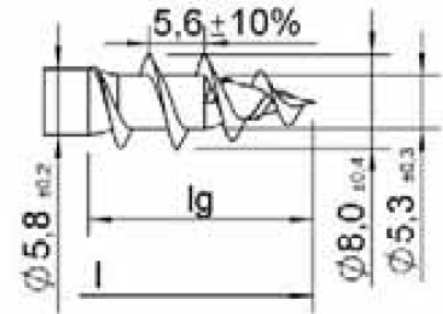
2. Mitoitus (liittimet)

- Ruuvi ei tarvitse esiporausta, jos ruuvissa on porakärki => palkin puolelle ei esiporausta
- ETA-lausuntoja käytettäessä voidaan käyttää $d_{ef} = d$



Esimerkki: Würth ASSY VG Plus $d = 8 \text{ mm}$ ($d_i = 5,3 \text{ mm}$)

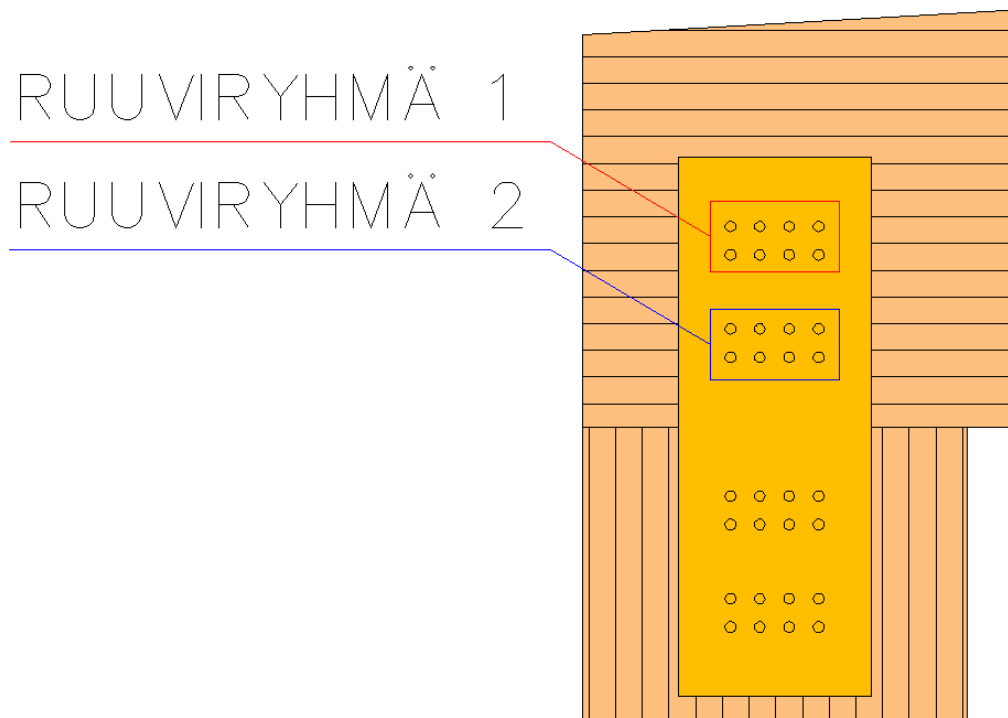
- **RIL 205:** $d_{ef} = 1.1 \times d_i = 5,83 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$
=> Mitoitus naulojen mukaan
- **ETA:** $d_{ef} = d = 8 \text{ mm} > 6 \text{ mm}$
=> Mitoitus pulttien mukaan
- Pulttien etäisyydet pienemmät kuin naulojen
=> pienempi liitosalue



Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

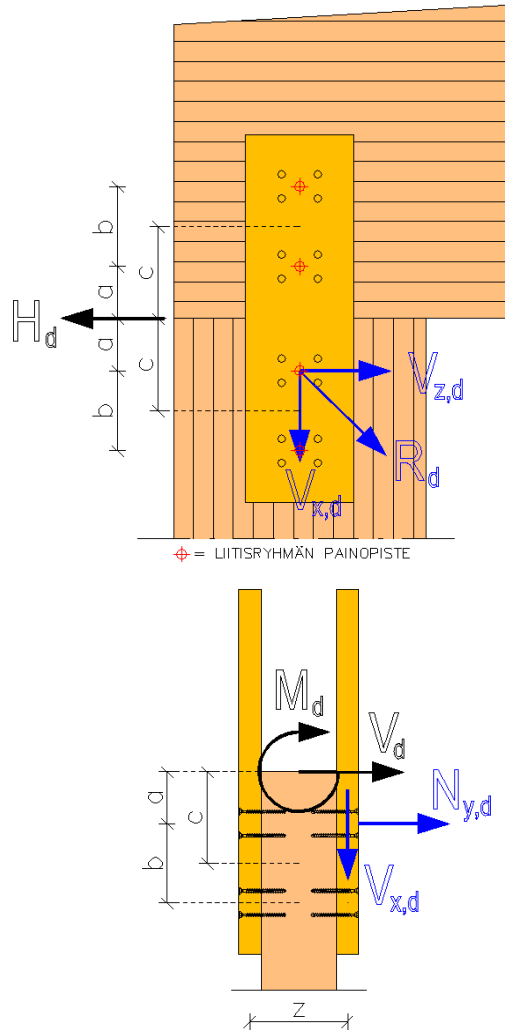
2. Mitoitus (liitosvoimat)

- Hankolautaliitoksen ruuviryhmään 1 syntyy seuraavat voimat, kun liitoksessa on 2 ruuviryhmää/hankolaudan puolisko (2 kpl)



Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus (liitosvoimat)



n_R = ruuviryhmien määrä/hankolaudan puolisko (2 kpl)
 n_H = hankolautojen määrä/liitos (2 kpl)

$$V_{x,d} = \frac{M_d}{z \cdot n_R} \quad V_{z,d} = \frac{H_d}{n_H \cdot n_R} + \frac{H_d \cdot c}{n_H \cdot b} \quad N_{y,d} = \frac{\frac{V_d \cdot c}{b} + \frac{V_d}{n_R}}{n_H}$$

$$M_{z,d,hankolauta} = \frac{V_d \cdot c}{n_H} - \frac{V_d \cdot b}{n_H \cdot n_R} \quad (\text{z-akselin ympäri})$$

$$Q_{z,d,hankolauta} = \frac{V_d}{n_H}$$

$$M_{y,d,hankolauta} = \frac{H_d \cdot c}{n_H} - \frac{H_d \cdot b}{n_H \cdot n_R} \quad (\text{y-akselin ympäri})$$

$$Q_{y,d,hankolauta} = \frac{H_d}{n_H}$$

Kuva: Puuinfo

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus (Ruuviryhmän mitoitus)

- Ruuviryhmä mitoitetaan voimien $V_{x,d}$ ja $V_{z,d}$ resultantille:

$$R_d = \sqrt{V_{x,d}^2 + V_{z,d}^2}$$

- Lisäksi ruuvien suuntaisen voiman $N_{y,d}$ ja leikkausvoiman R_d yhteisvaikutukselle :

$$\left(\frac{N_{y,d}}{F_{ax,\alpha,d}} \right)^2 + \left(\frac{R_d}{F_{v,Rd}} \right) \leq 1,0$$

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus (Hankolaudan mitoitus)

- Hankolaudan leikkauskestävyys tarkastetaan leikkausvoimille:

$$Q_{z,d,hankolauta} \text{ ja } Q_{y,d,hankolauta}$$

- Hankolaudan taivutuskestävyys tarkastetaan momenteille:

$$M_{z,d,hankolauta} \text{ ja } M_{y,d,hankolauta}$$

- Hankolaudan veto- ja puristuskestävyys tarkastetaan voimalle:

$$2 \cdot V_{x,d}$$

- Hankolaudan kestävyys tarkistetaan myös seuraaville yhdistetyille jännityksille:

Veto + Taivutus ja Puristus + Taivutus

Liimapuupilarin ja –palkin hankolautaliitos

2. Mitoitus (Palomitoitus)

- Mikäli liitokselta vaaditaan palonkestävyyttä, mitoite-
taan liitos seuraavasti:
 - R 30-liitos: Hankolaudan dimensioita suurennetaan mitalla a_{fi}
(ks. RIL 205-2-2009)
 - R 60-liitos: Hankolaudan dimensioita suurennetaan hiiltymän
verran ja liittimet suojataan esimerkiksi palosuojalevyllä