



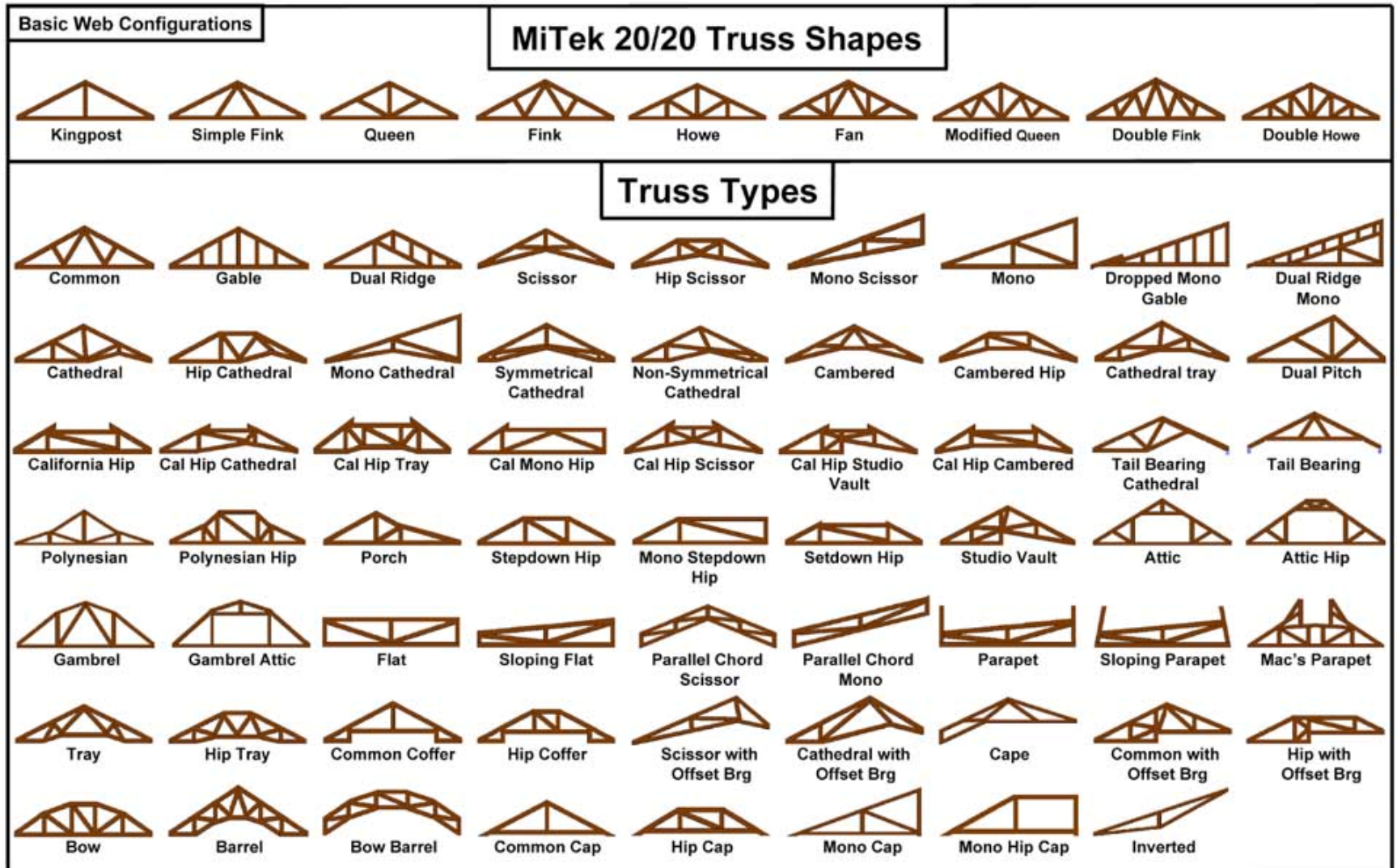
NR-ristikkoyläpohjan jäykistys

Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

Moduuli 3

Tero Lahtela

NR-ristikkoyläpohjat





Kuva: www.yorkpbtruss.com



Kuva: www.midwestmanufacturing.com



Kuva: www.midwestmanufacturing.com



Kuva: www.marchesbuildingsupplies.com



Kuva: www.corestructuresinc.com



Kuva: www.kingspan.com



Kuva: www.acj-group.co.uk



Kuva: MiTek



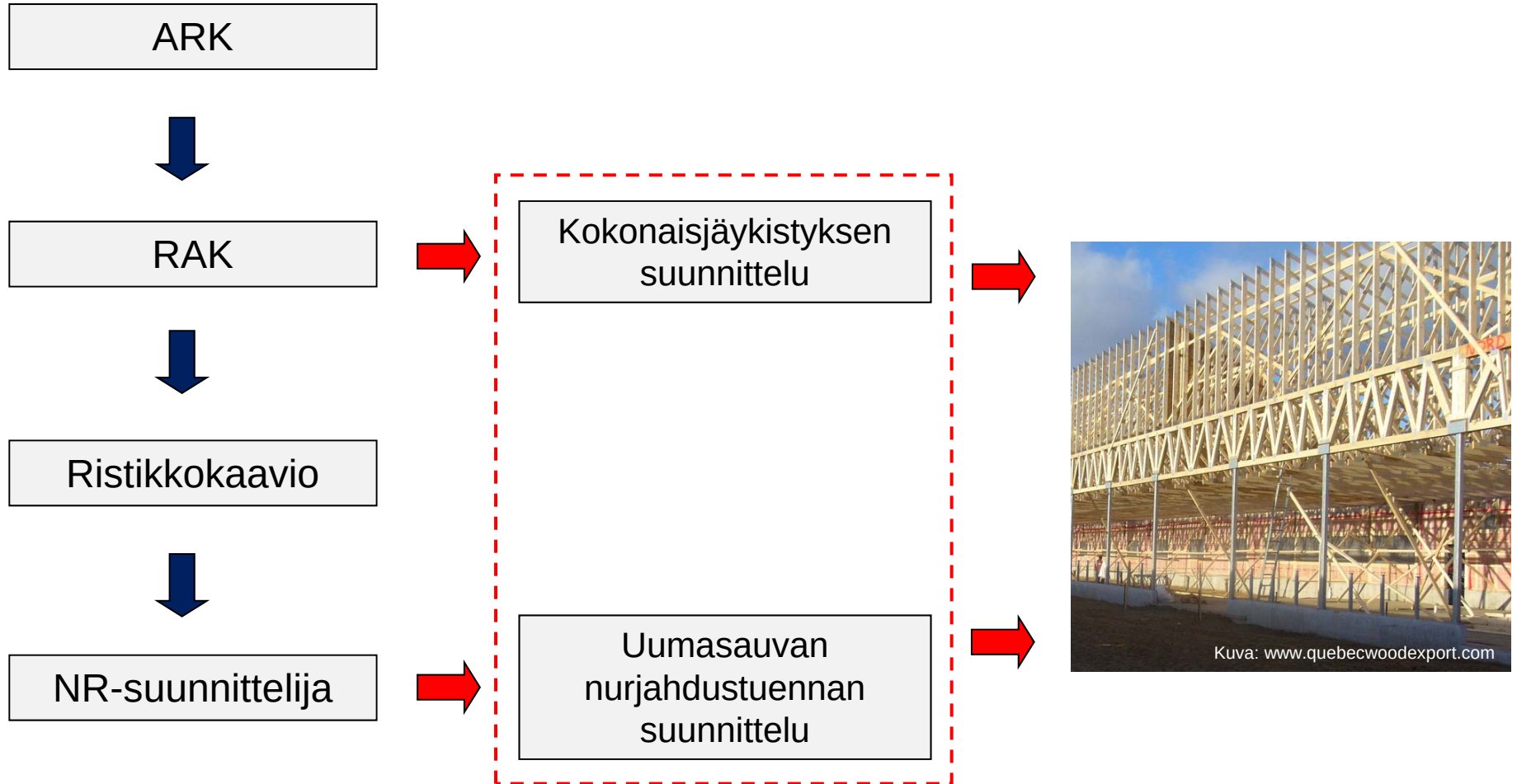
Kuva: www.quebecwoodexport.com



Kuva: MiTek



Suunnitteluprosessi



ARK



RAK



Kokonaisjäykistyksen
suunnittelu



Ristikkokaavio



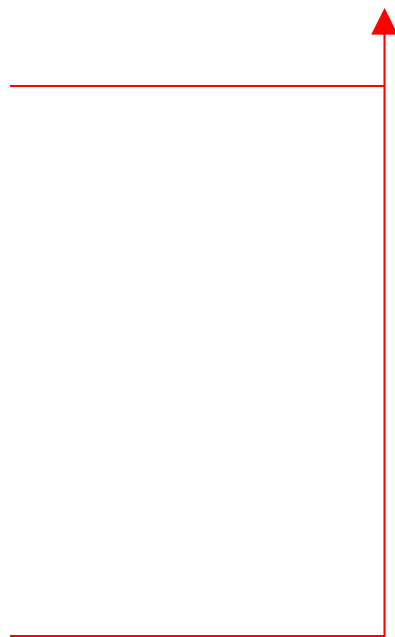
NR-suunnittelija



Uumasauvan
nurjahdustuennan
suunnittelu

JA

Kokonaisuuden
tarkastus





03.04.2006

Kuva: KPM-Engineering



Kuva: www.hansenpolebuildings.com

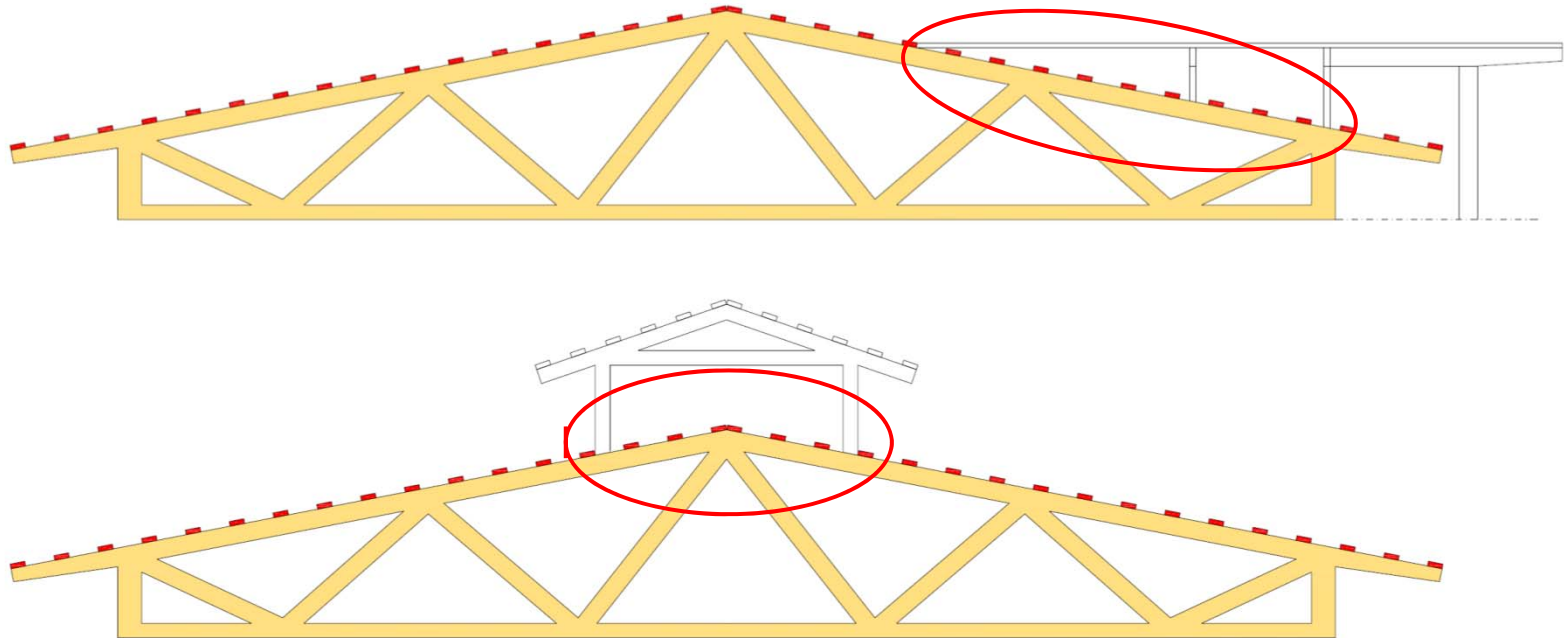


Kuva: www.structuraltrussystems.com



Kuva: The University of Georgia

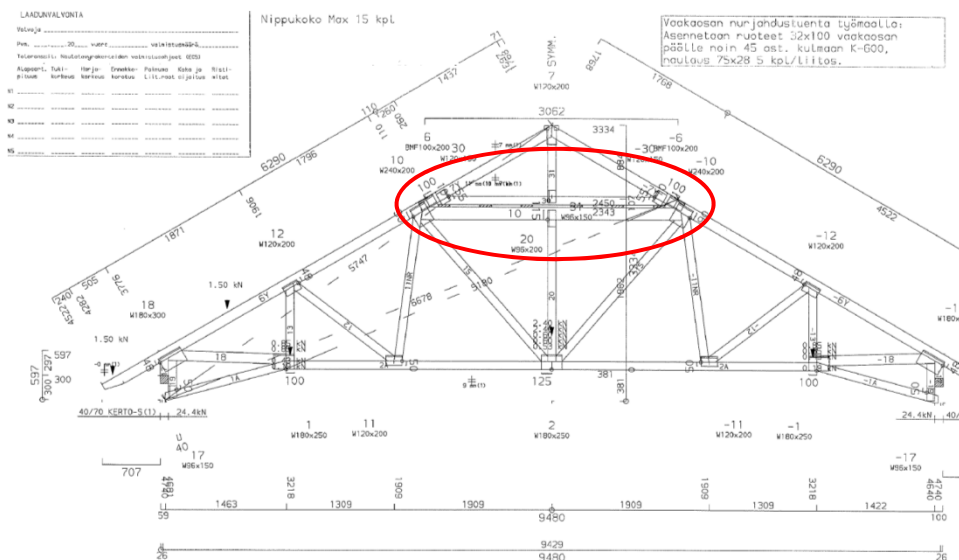
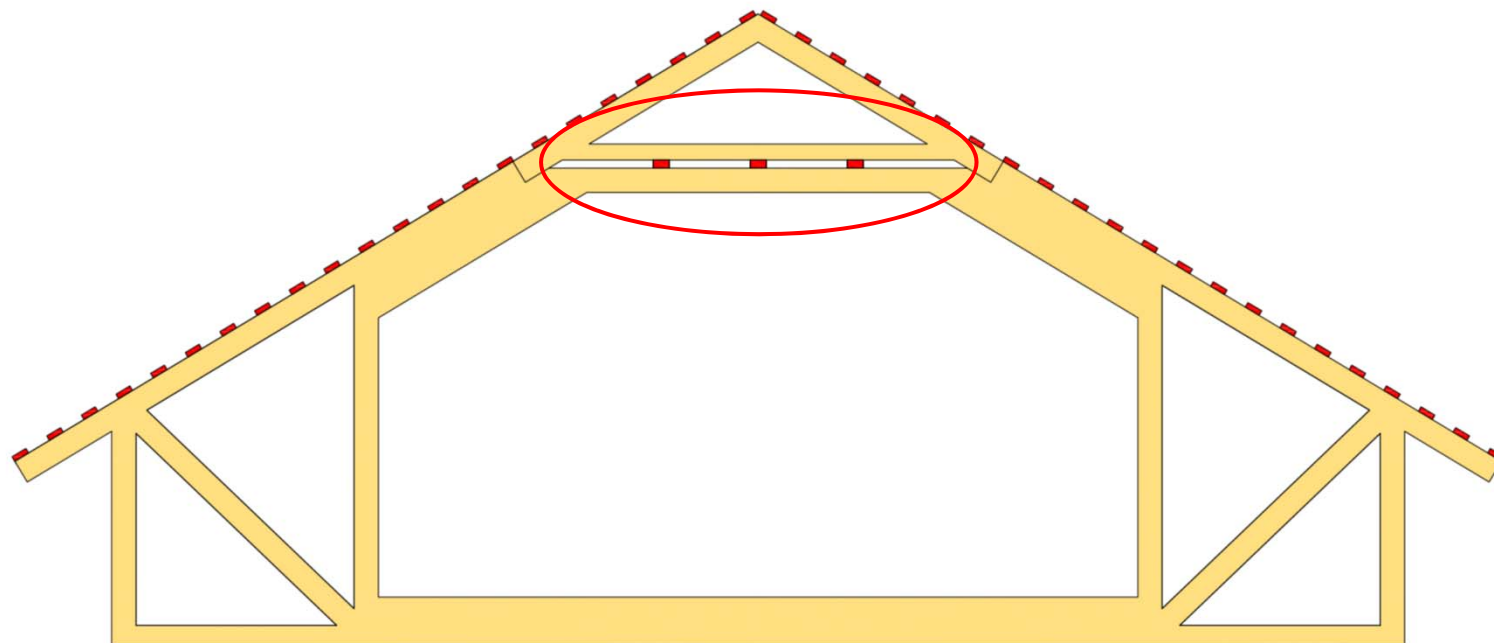
Yläpaarteen sivuttaistuenta



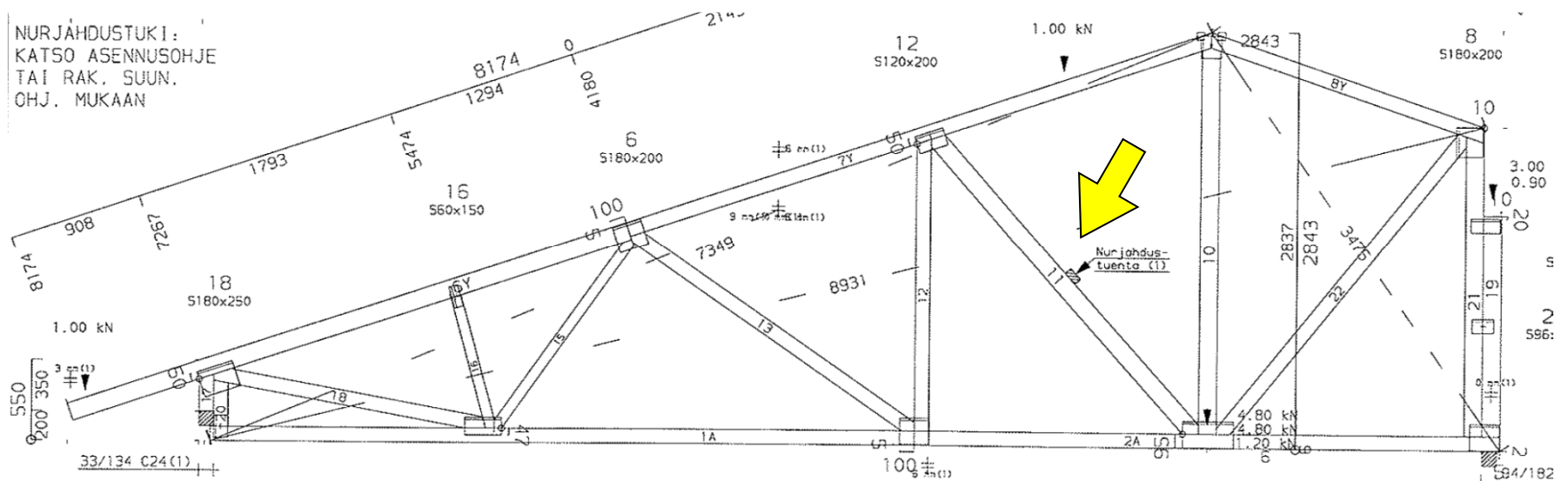
HUOMIO!

Yläpaarre tulee tukea sivusuunnassa koko yläpohjan alueella



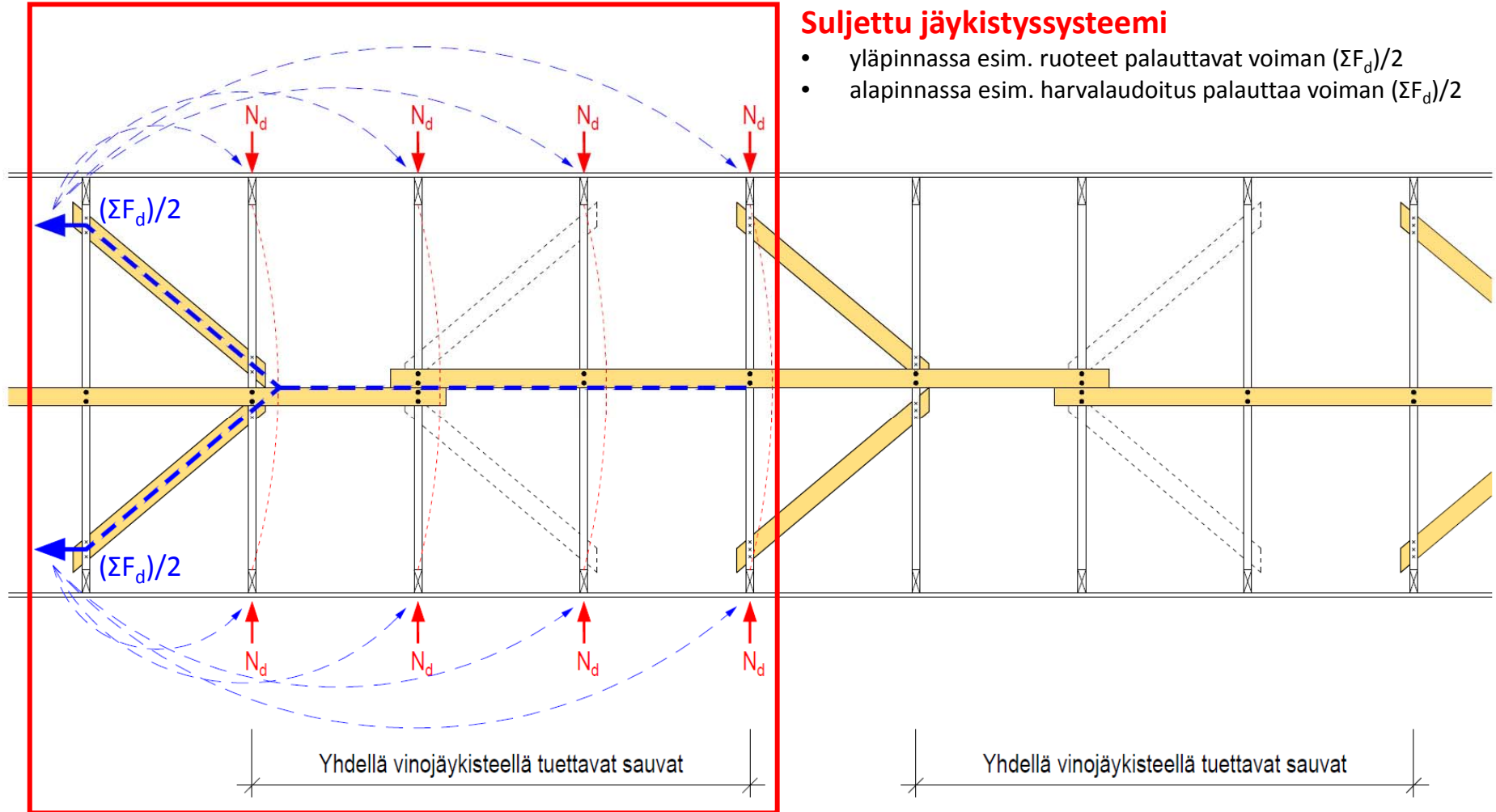


Uumasauvan sivuttaistuenta



Suljettu jäykistyssystemi

- yläpinnassa esim. ruoteet palauttavat voiman $(\Sigma F_d)/2$
- alapinnassa esim. harvalaudoitus palauttaa voiman $(\Sigma F_d)/2$

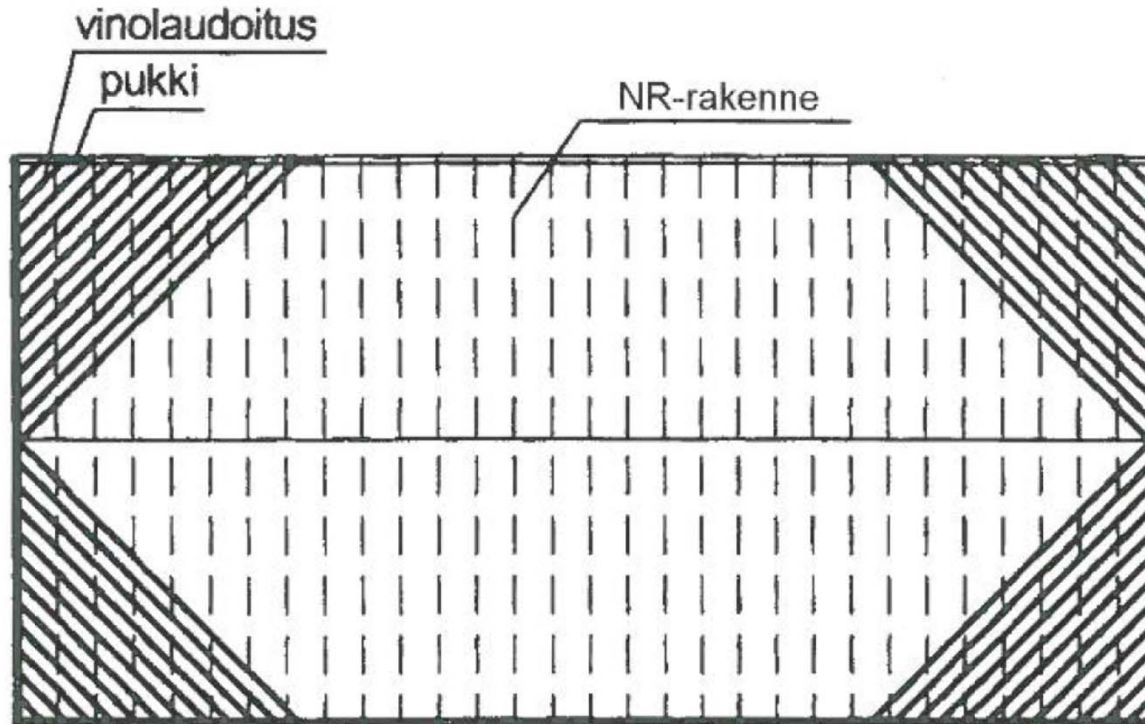


Periaatteita kokonaisjäykistykseen

Yläpaarten nurjaudustuenta

Menetelmä: NR-pukit + vinolaudoitus yläpaarten päällä

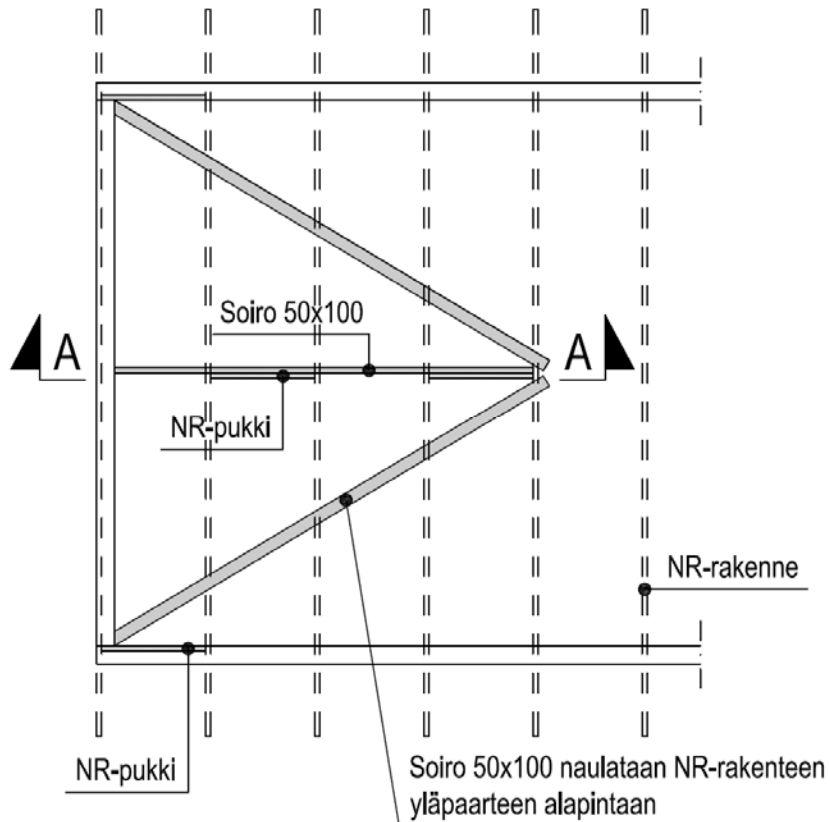
Ruoteet välittävät voimat jäykisteelle



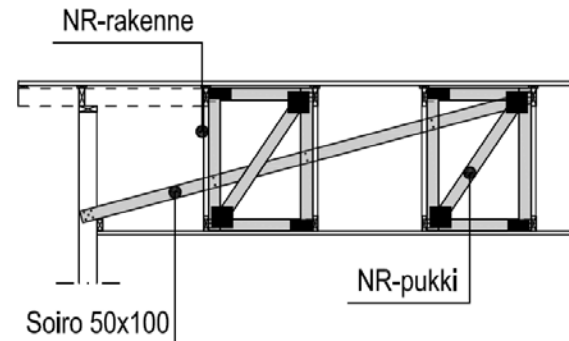
Yläpaarten nurjautustuenta

Menetelmä: NR-pukit + vinojäykisteet yläpaarten alapinnassa

Ruoteet välittävät voimat jäykisteelle



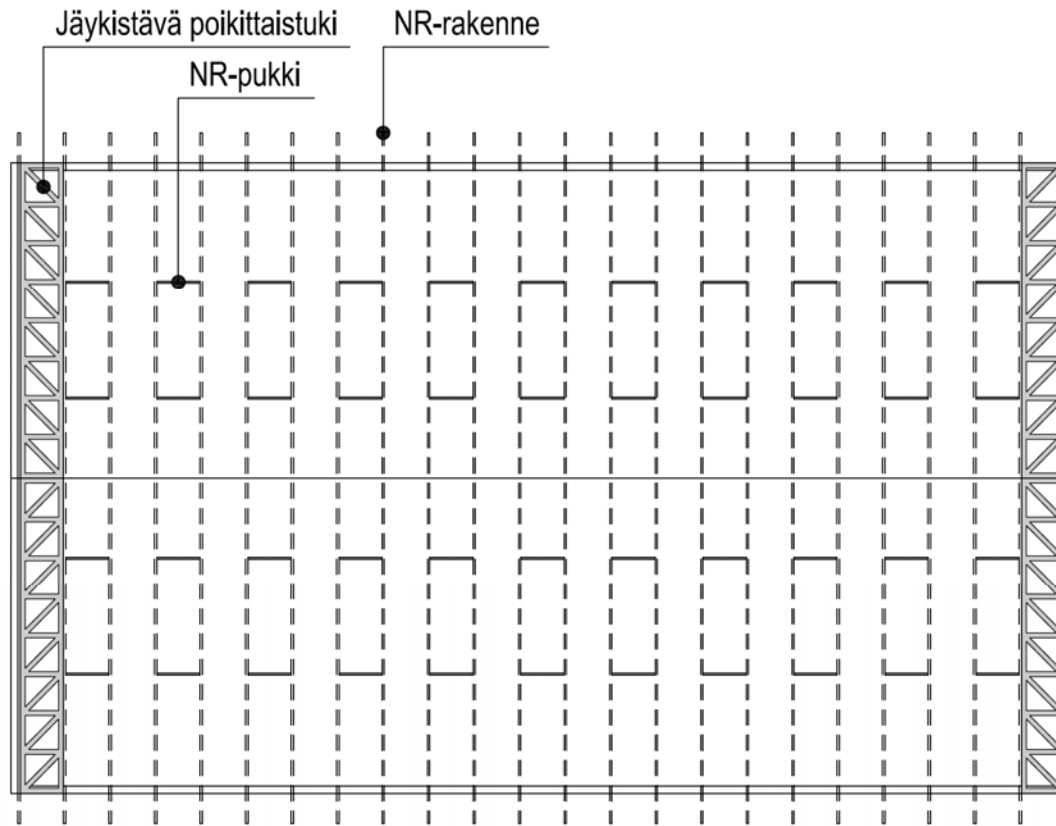
LEIKKAUS A-A



Yläpaarten nurjaudustuenta

Menetelmä: NR-pukit (asennusaikainen tuki) + NR-jäykisteristikot

Ruoteet välittävät voimat jäykisteelle

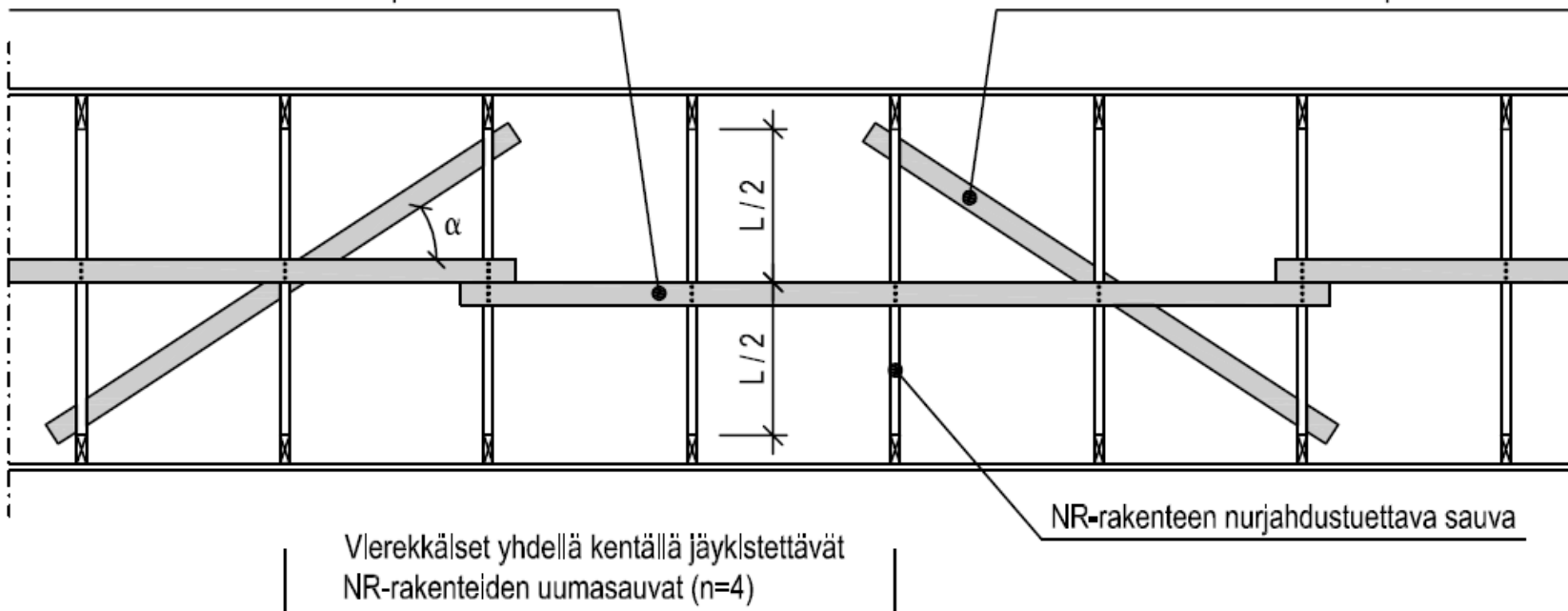


NR-pukit voivat toimia myös NR-rakenteen uumasauvan nurjahdustukena

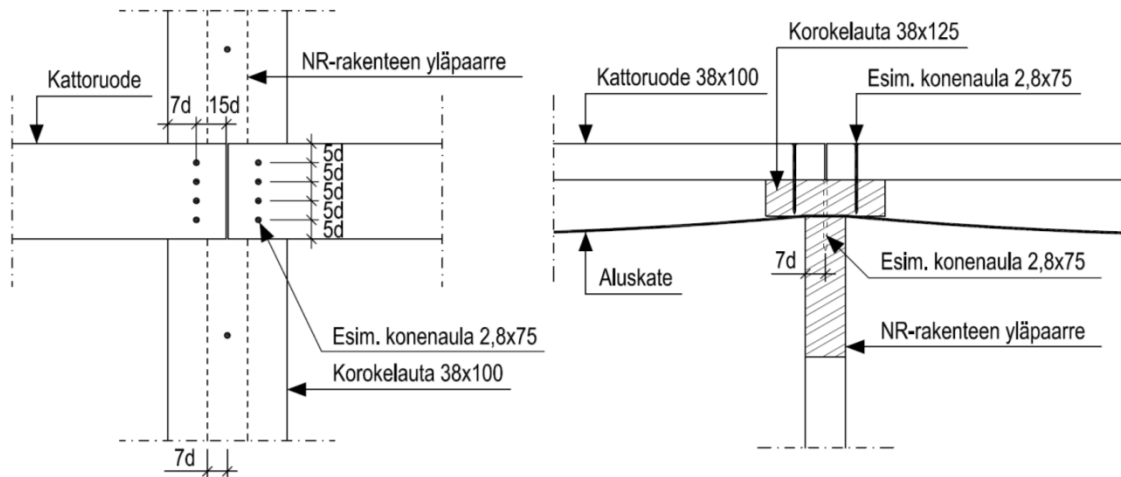
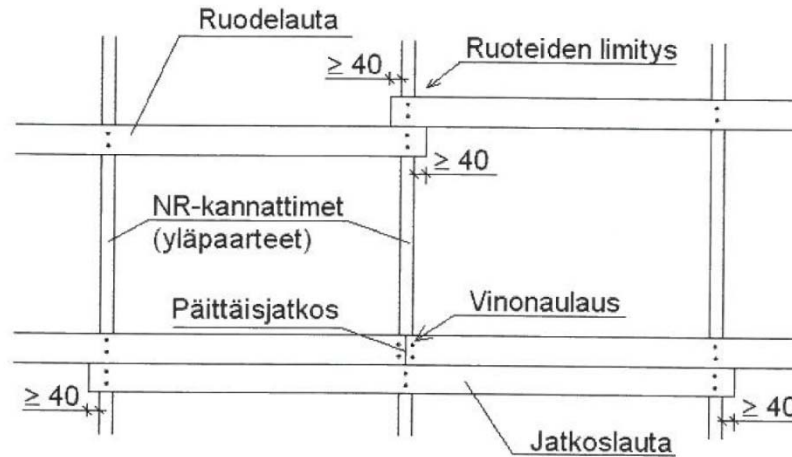
Periaate uumasauvan tuentaan

Lauta 22x100 tai 25x100 koko yläpohjan pituudella
Liitosten naulaus määritetään tapauskohtaisesti

Lauta 22x100 tai 25x100 kuten kuvassa
Liitosten naulaus määritetään tapauskohtaisesti



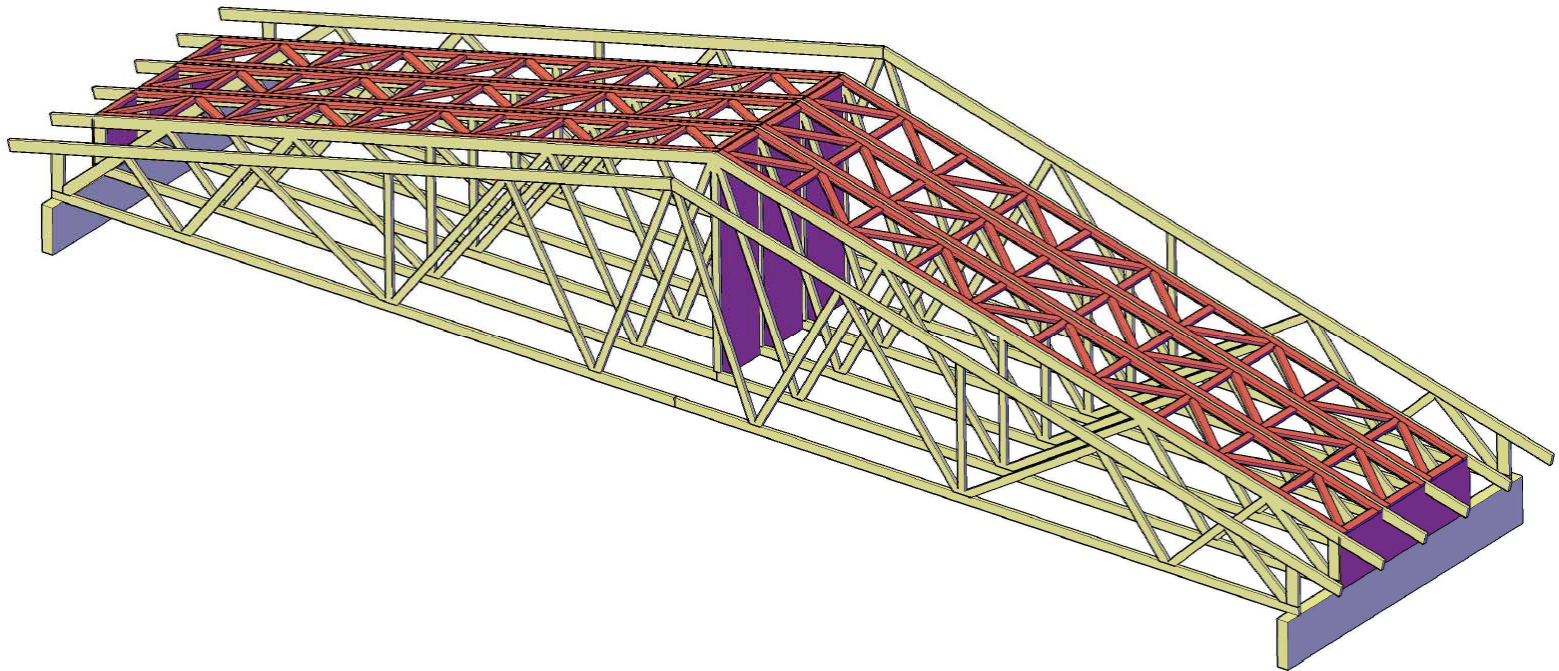
Ruoteiden jatkokset

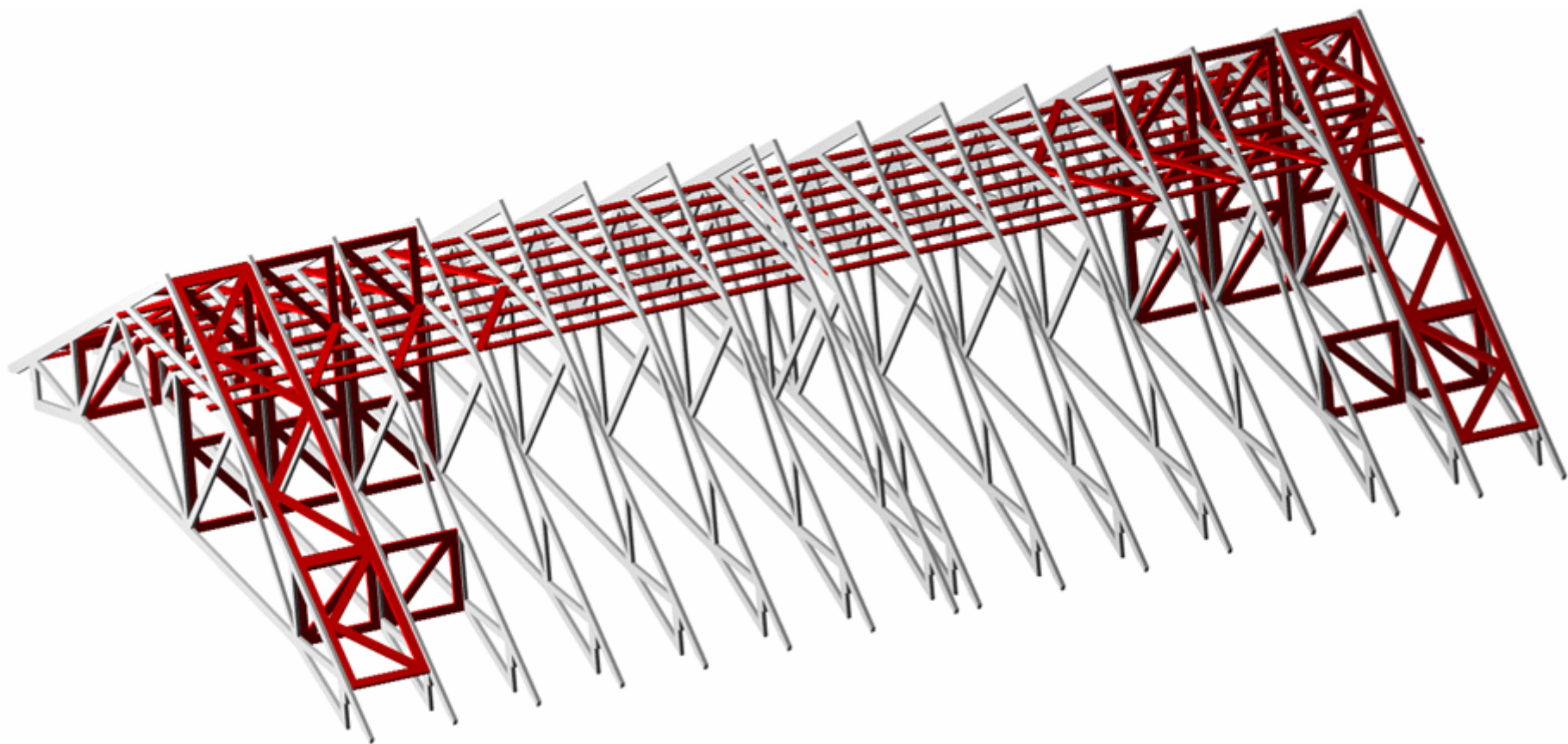


Lohkoissa tehtävä katto => Riski, että voimia siirtävät jatkokset on tekemättä !

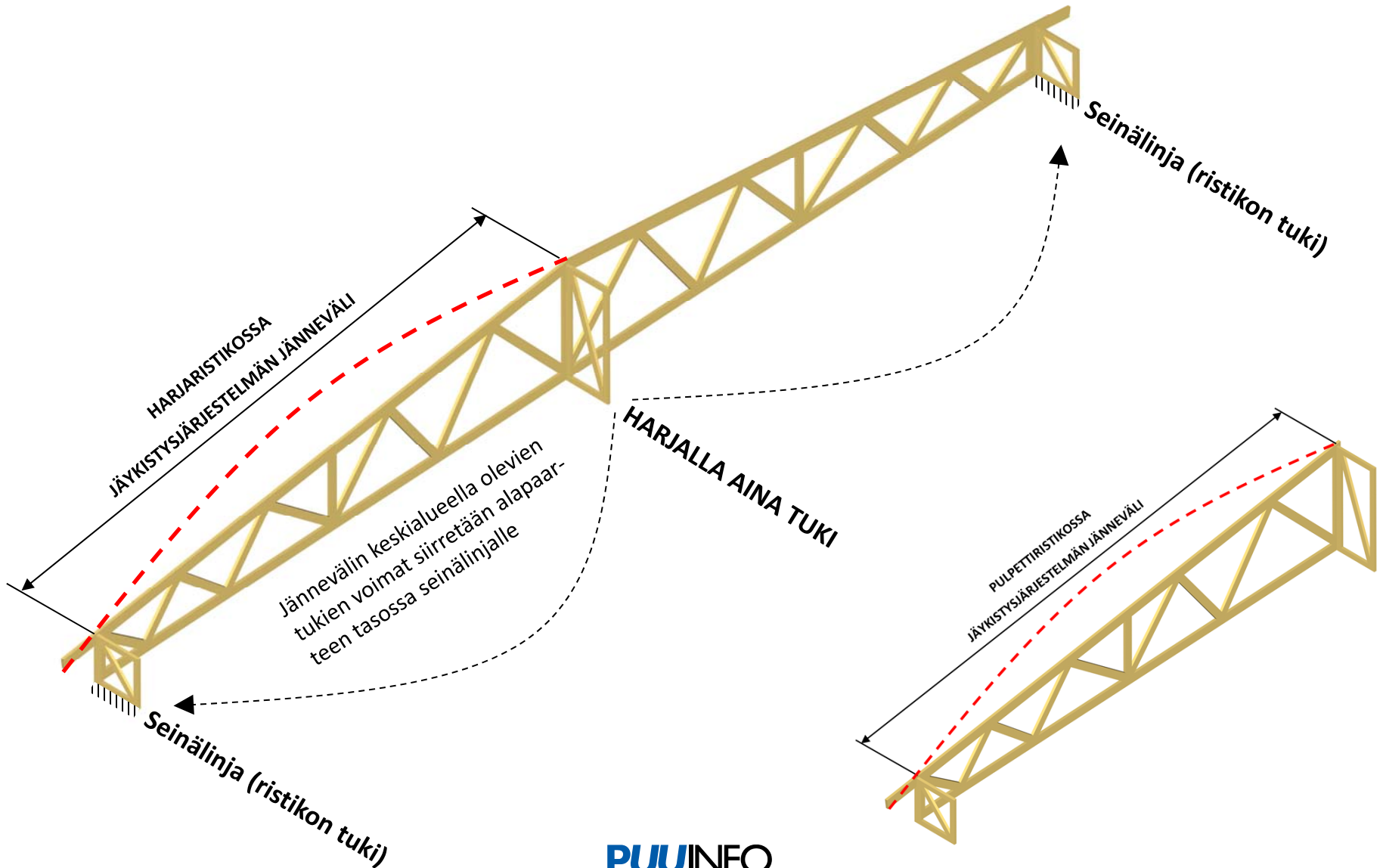


NR-jäkisteristikot

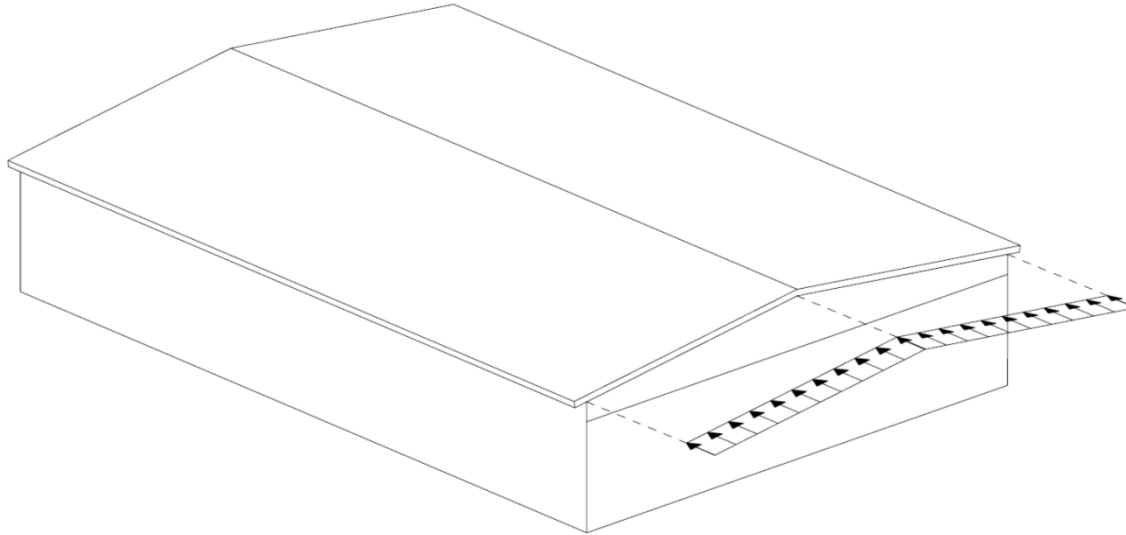




Jäykistysjärjestelmän jänneväli



Vaakakuormitus



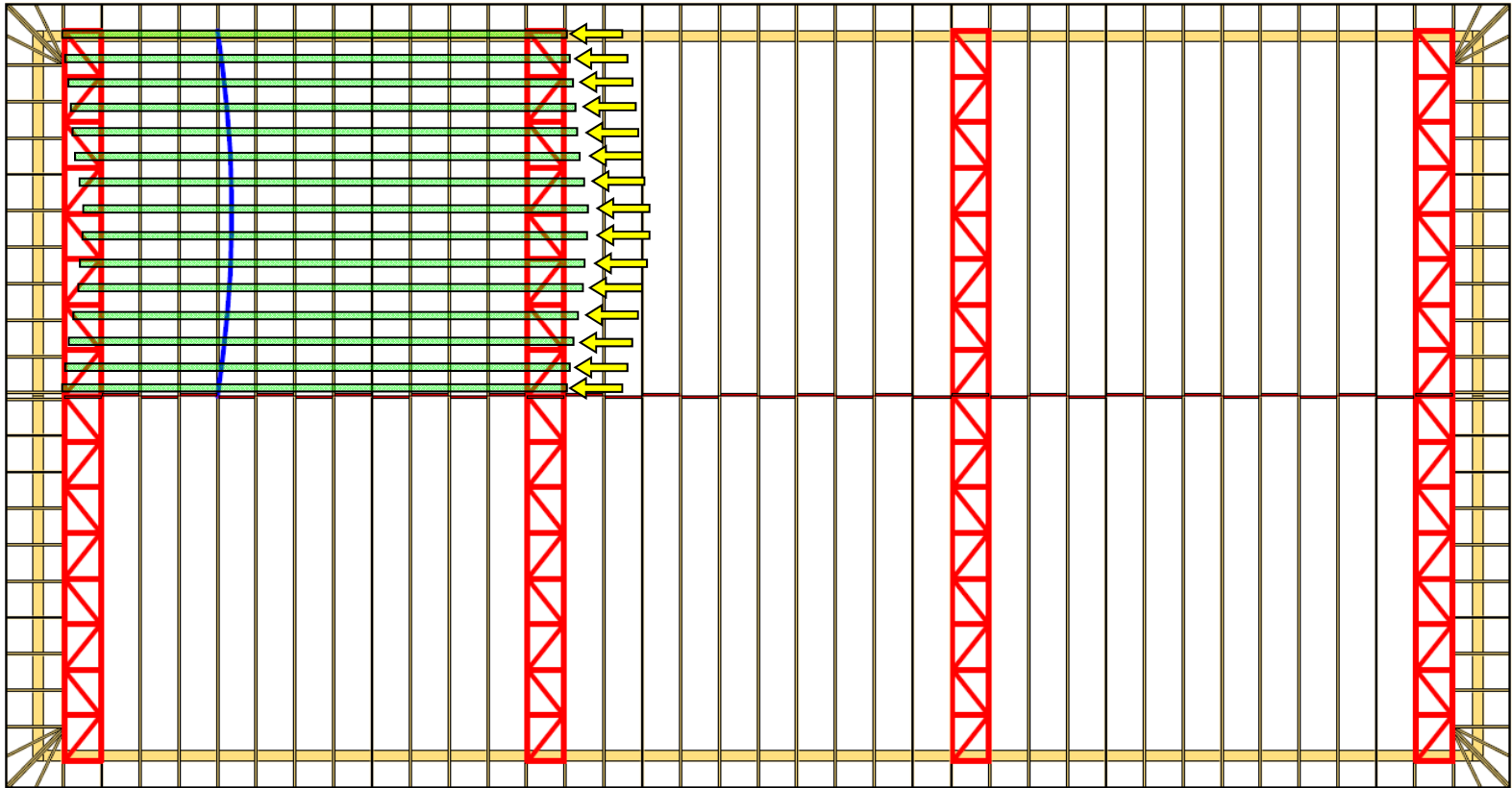
ULKOISET KUORMAT

- tuulikuorma
- lisävaakavoima

SISÄISET KUORMAT

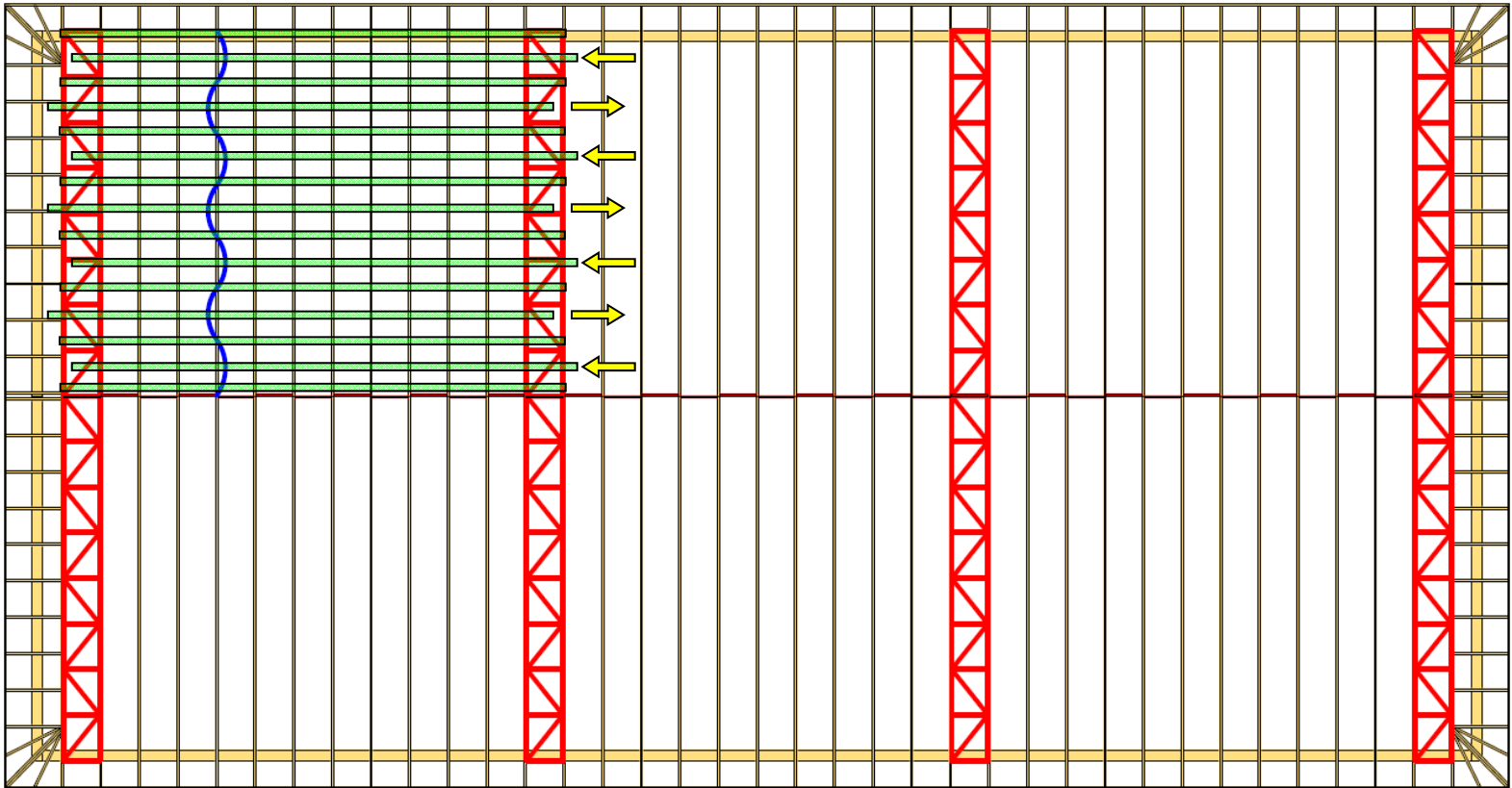
- yläpaarten 1. nurjahdusmuoto (yhteen suuntaan)
- yläpaarten 2. nurjahdusmuoto (s-muoto)

Nurjahduksen 1. muoto

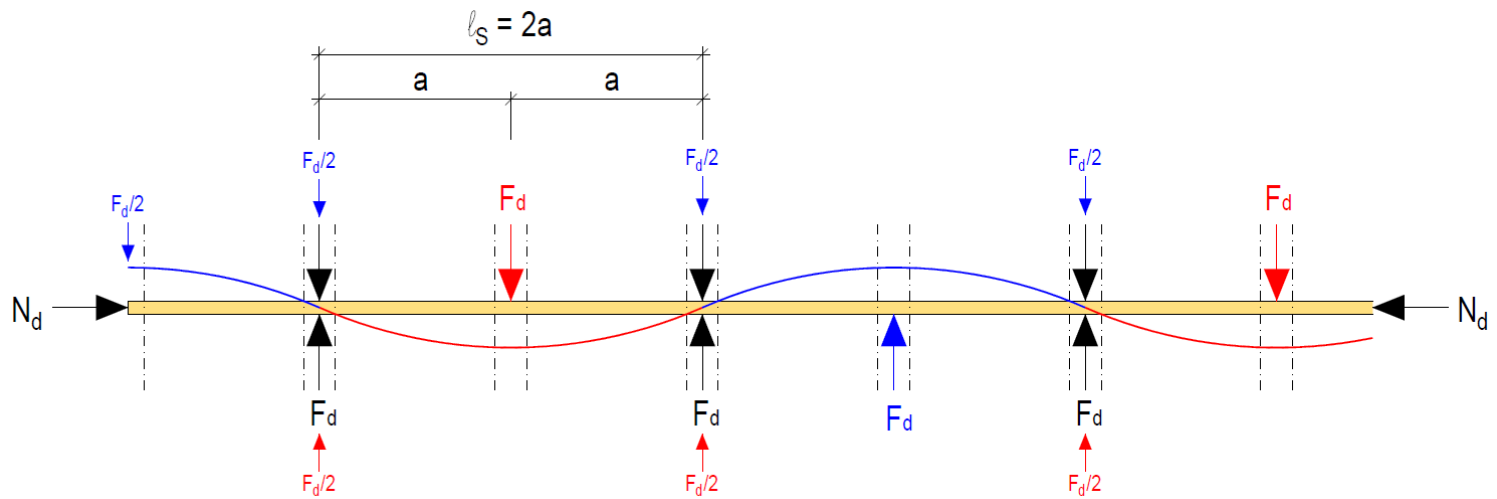
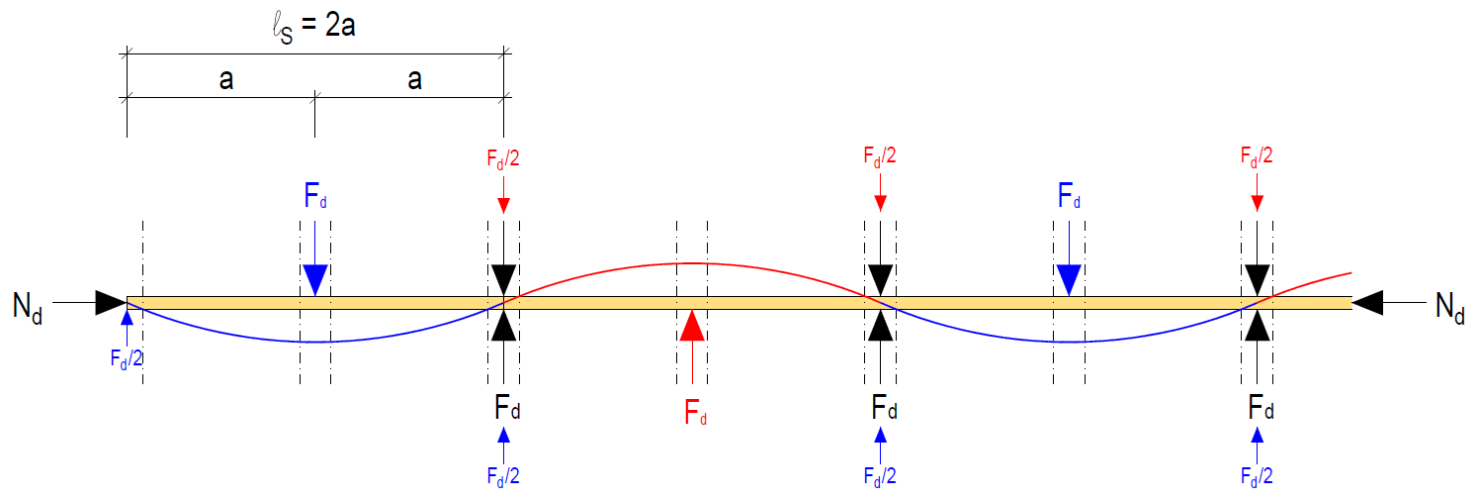


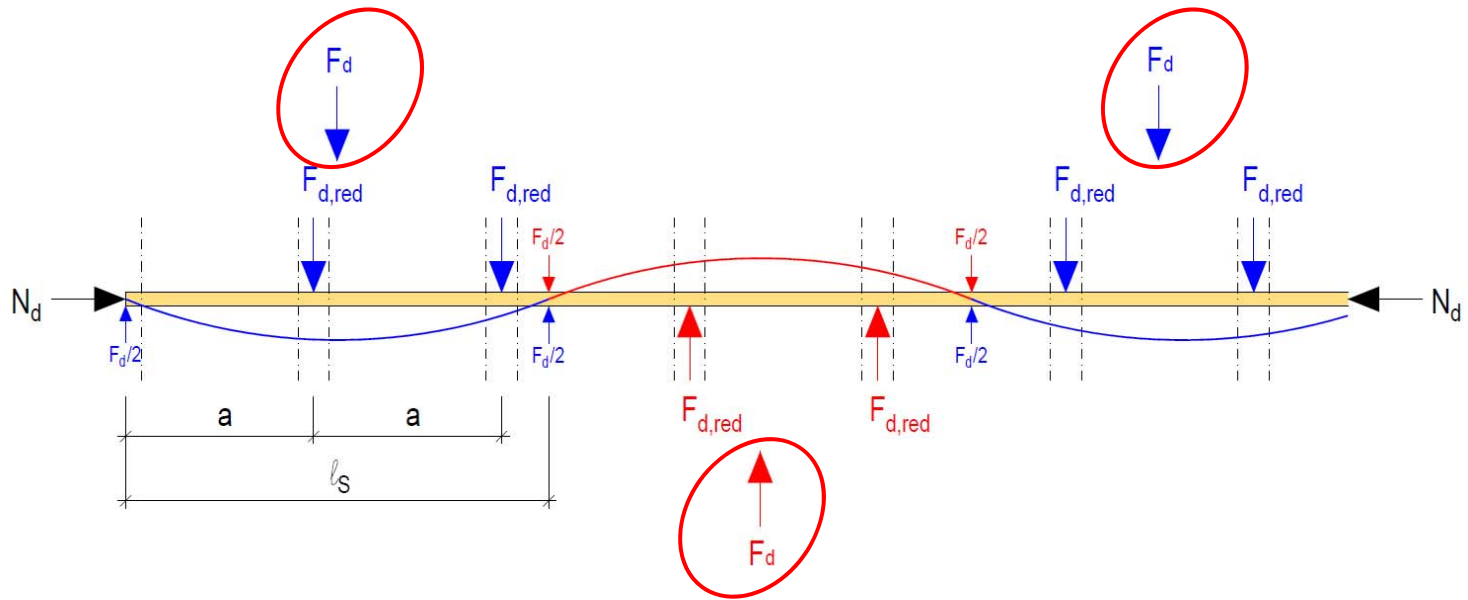
- Voima ruoteessa on pieni, koska aallonpituuden matkalla on paljon ruoteita
- Edellisestä johtuen kyseinen nurjahdusmuoto ei tavallisesti ole mitoittava jousijäykkyysvaatimusta C ja ruodeliitosten kestävyyttä tarkasteltaessa
- Jäykisteristikon taipuma $u_{fin} \max L/500$ (MRT) jäykistyskuormalle q_d (sis. tuuli ja lisävaakavoima)

Nurjahduksen 2. muoto



- Voima ruoteissa on suuri, koska aallonpituuden matkalla saattaa olla vain yksi ruode
- Edellisestä johtuen kyseinen nurjahdusmuoto on tavallisesti mitoittava jousijäykkyysvaatimusta C ja ruodeliitosten kestävyyttä tarkasteltaessa



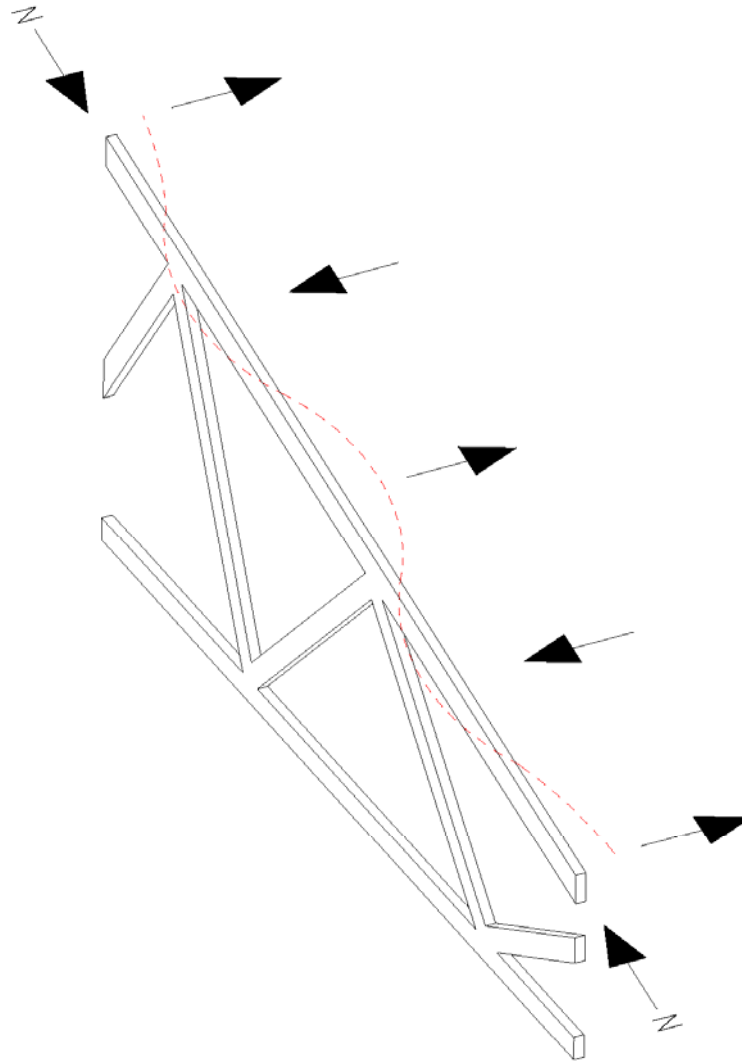


$$\ell_s = \max \left\{ \frac{\pi}{\sqrt[4]{a \cdot E_{0,05} \cdot I_Z}}, \frac{C}{2a} \right\}$$

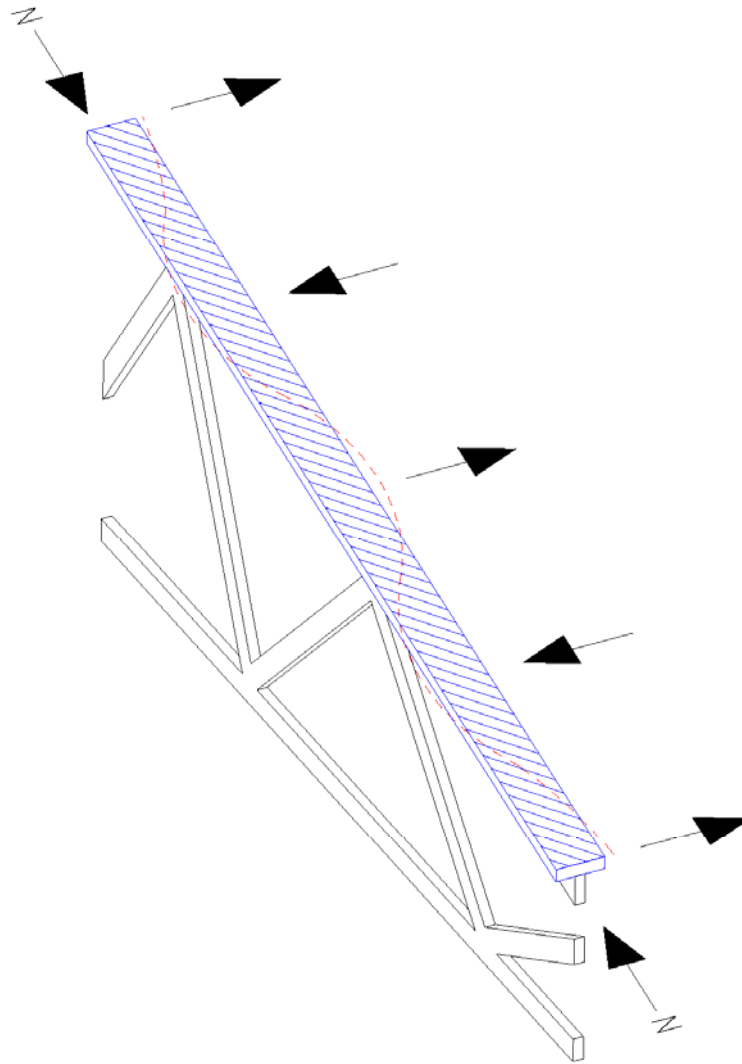
$$k_{S,red} = \frac{a}{\ell_s - a}$$

$$F_{d,red} = k_{S,red} \cdot \frac{N_d}{50} \text{ (sahatavara)}$$

S-nurjahduksen estäminen

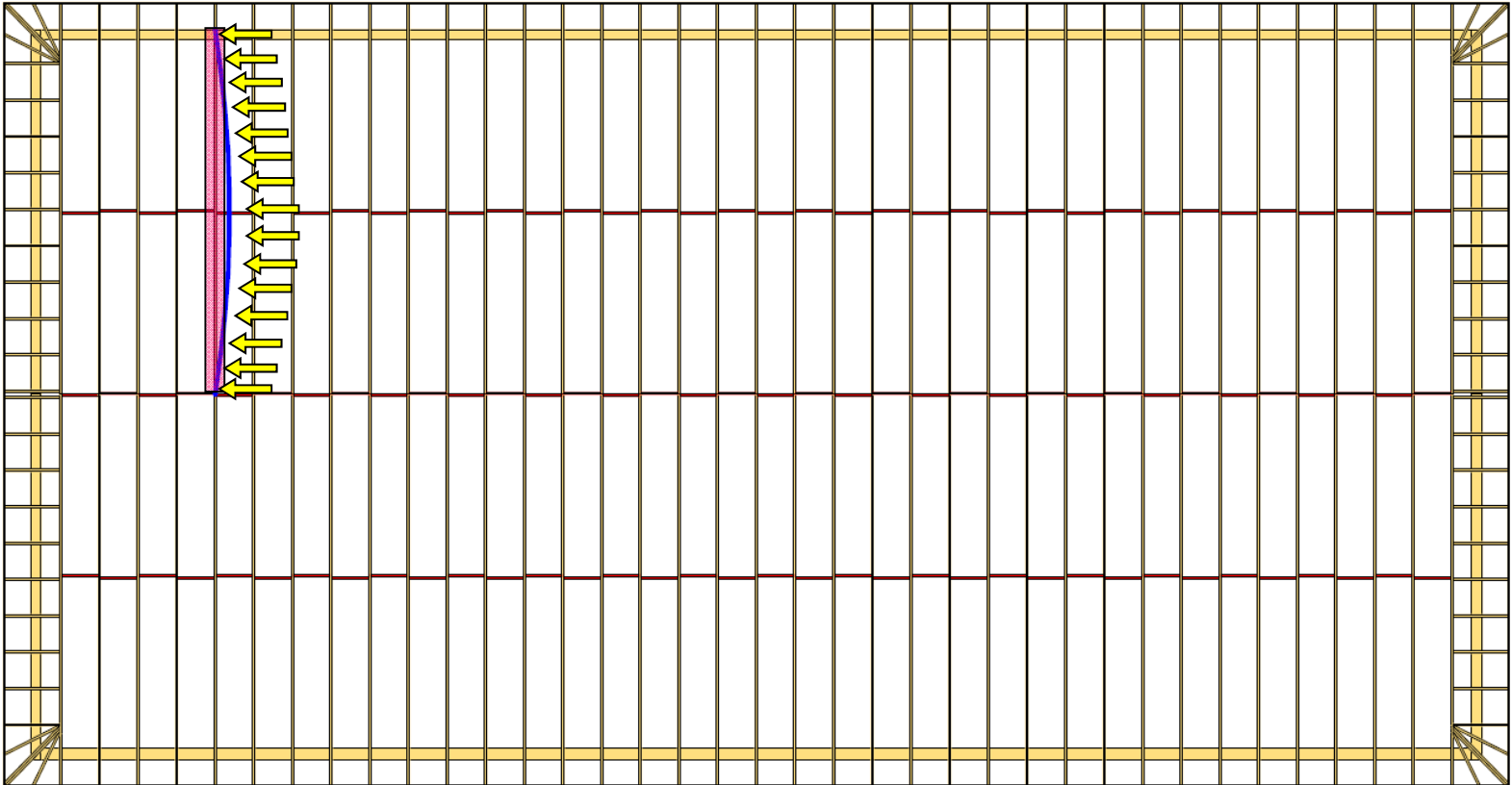


S-nurjahduksen estäminen



NR-pukkijäykistys

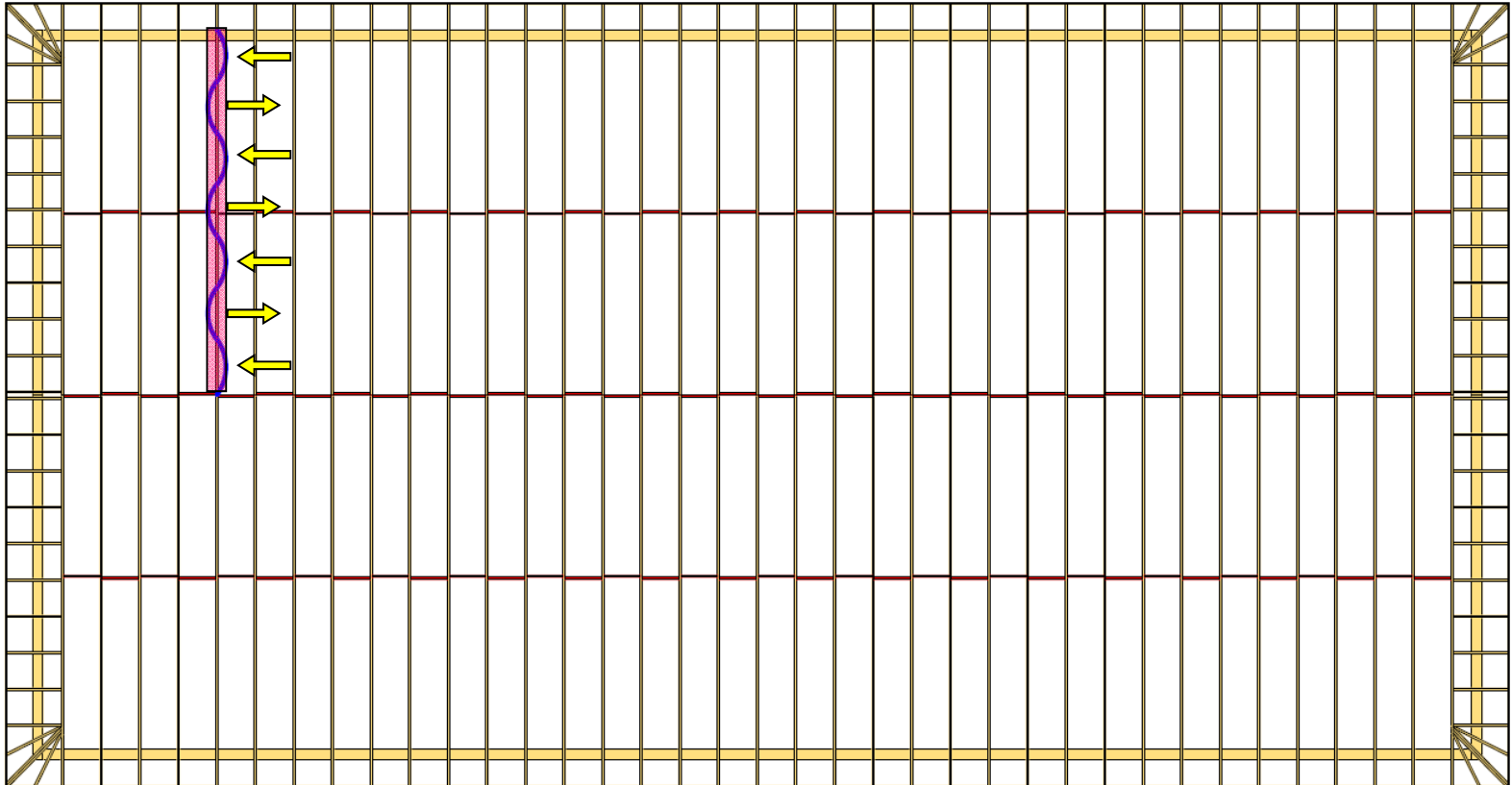
(Nurjahduksen 1. muoto)



- Yläpaarteen päällä oleva lauta/soiro/lankku vastaanottaa sivuttaistuentavoimat ristikkokohtaisesti ja siirtään ne NR-pukkilinjoille

NR-pukkijäykistys

(Nurjahduksen 2. muoto)

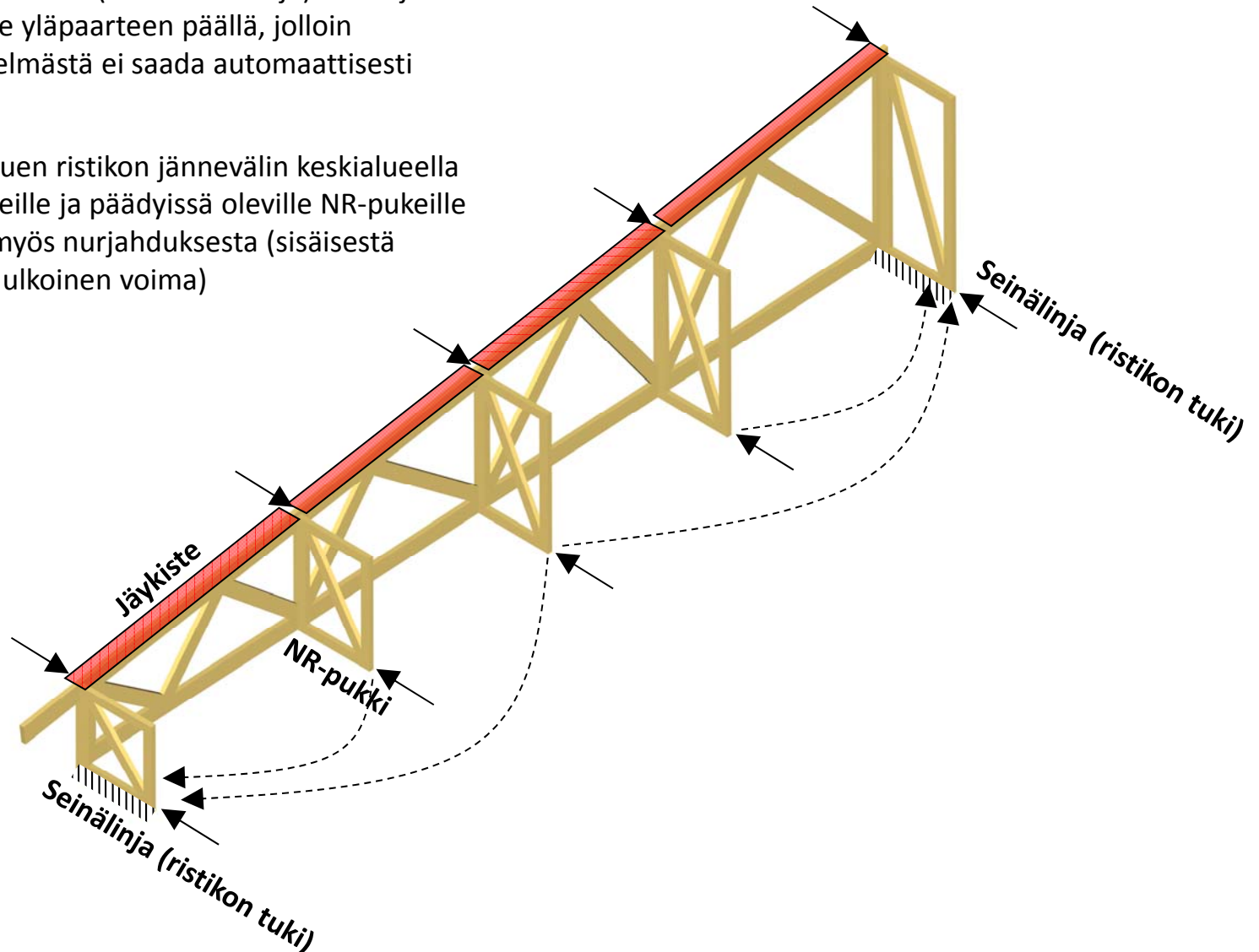


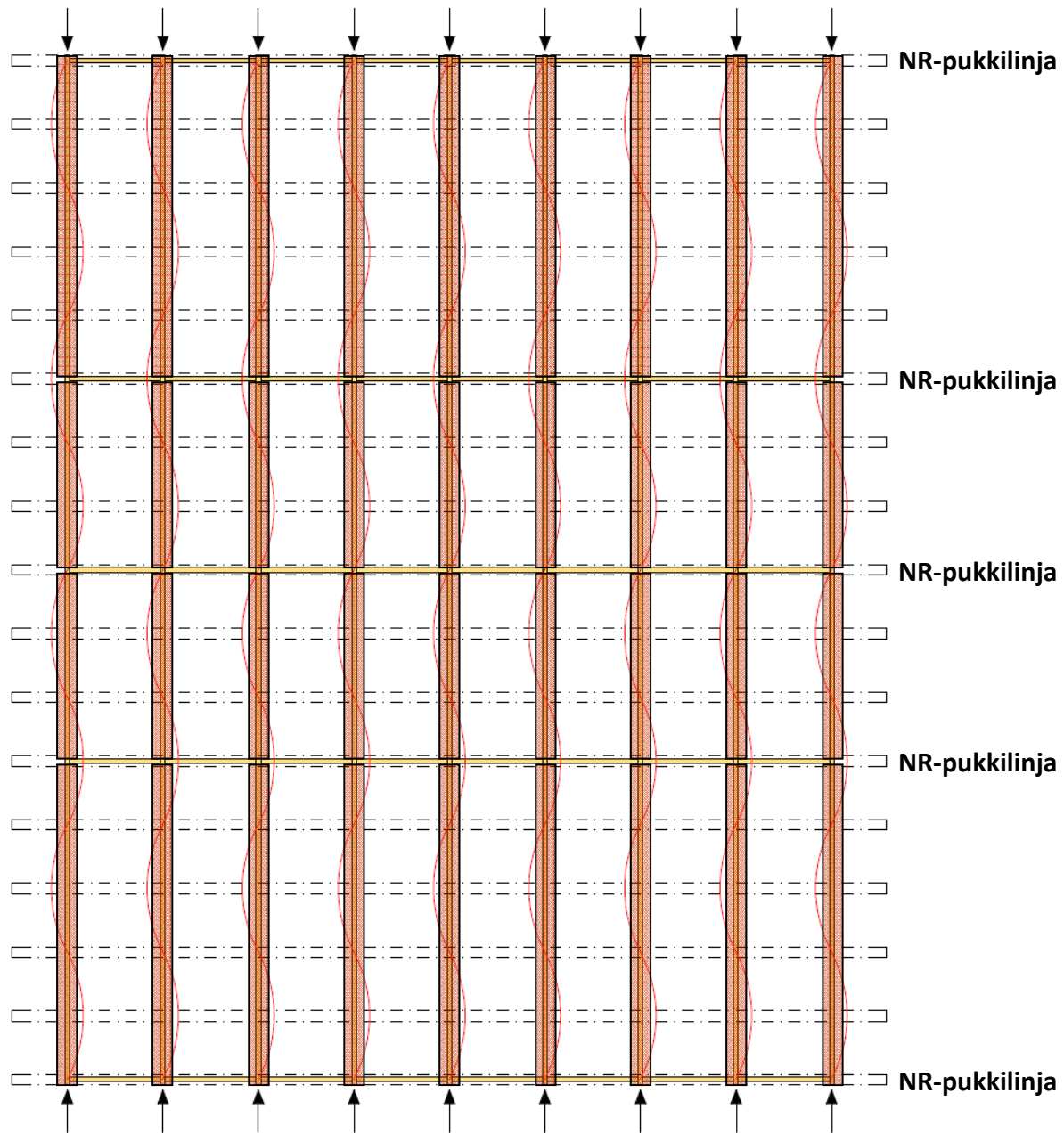
- Yläpaarteen päällä oleva lauta/soiro/lankku vastaanottaa sivuttaistuentavoimat ristikkokohtaisesti ja siirtää ne NR-pukkilinjoille

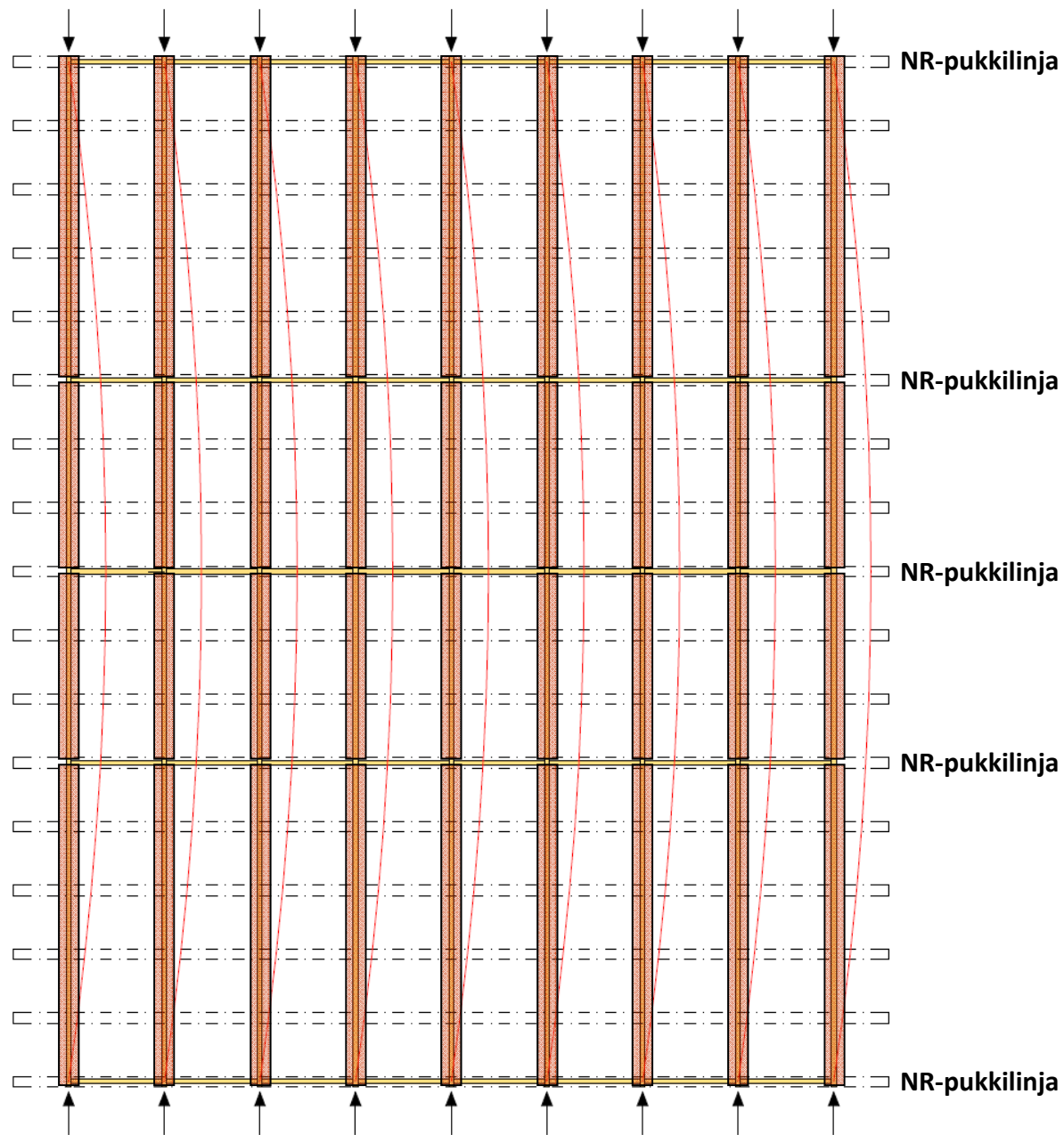




- Yläpaarten päällä oleva jäykiste ei useinkaan ole jatkuva ristikon tukien (esim. seinälinja) välillä ja jäykiste sijaitsee yläpaarten päällä, jolloin jäykistysjärjestelmästä ei saada automaattisesti suljettua
- Edellisestä johtuen ristikon jännevälin keskialueella oleville NR-pukeille ja päädyissä oleville NR-pukeille syntyy voimia myös nurjahduksesta (sisäisestä voimasta tulee ulkoinen voima)

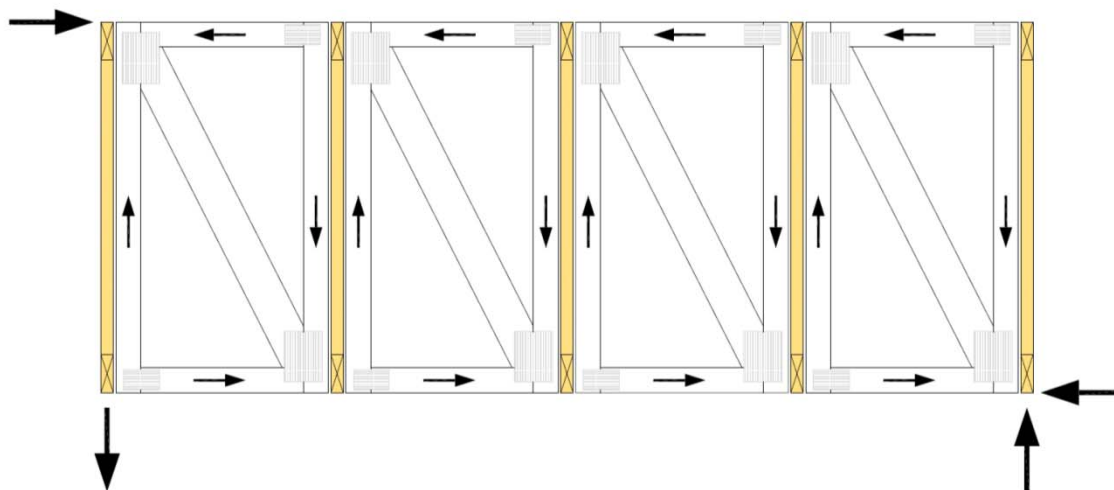
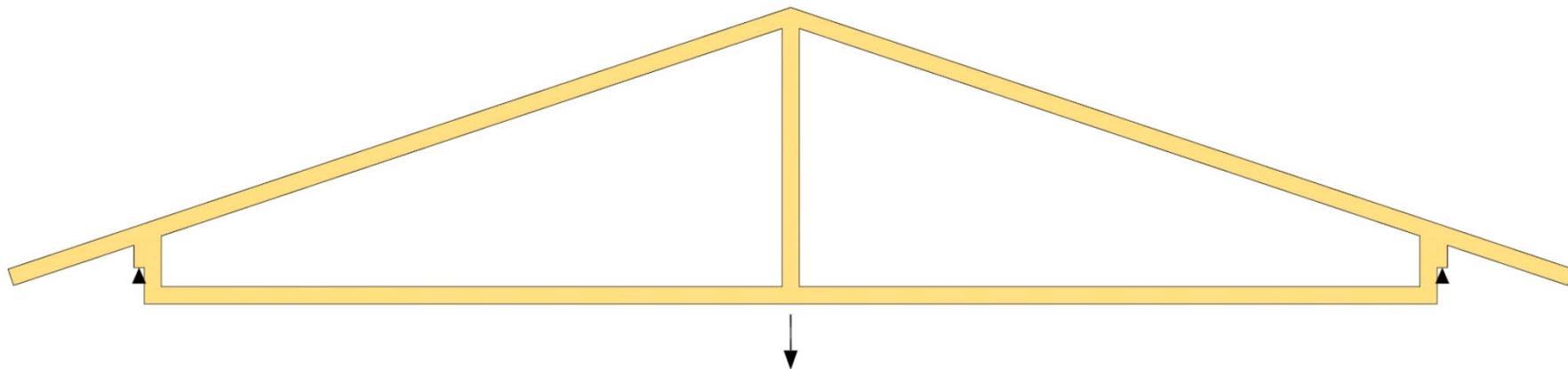






Pystyjäykisteille tarvitaan lisäsauvoja

- aiheuttaa pistekuorman ristikkoon



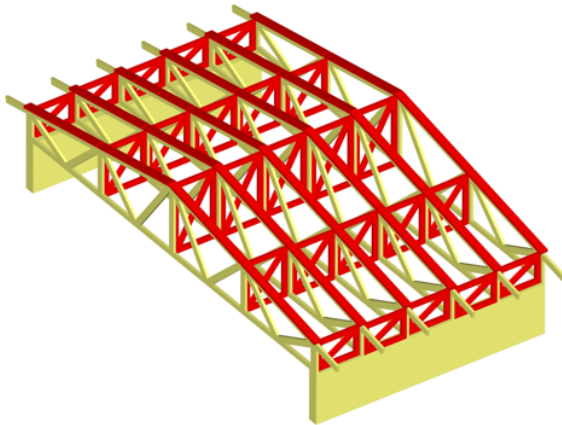
Mitoitusohjelma

Versio 1.2

NR-yläpohjan jäykistyksen mitoitusohjelma Eurokoodi 5 / Suomen kansallinen liite

Versio 1.2

26.9.2017

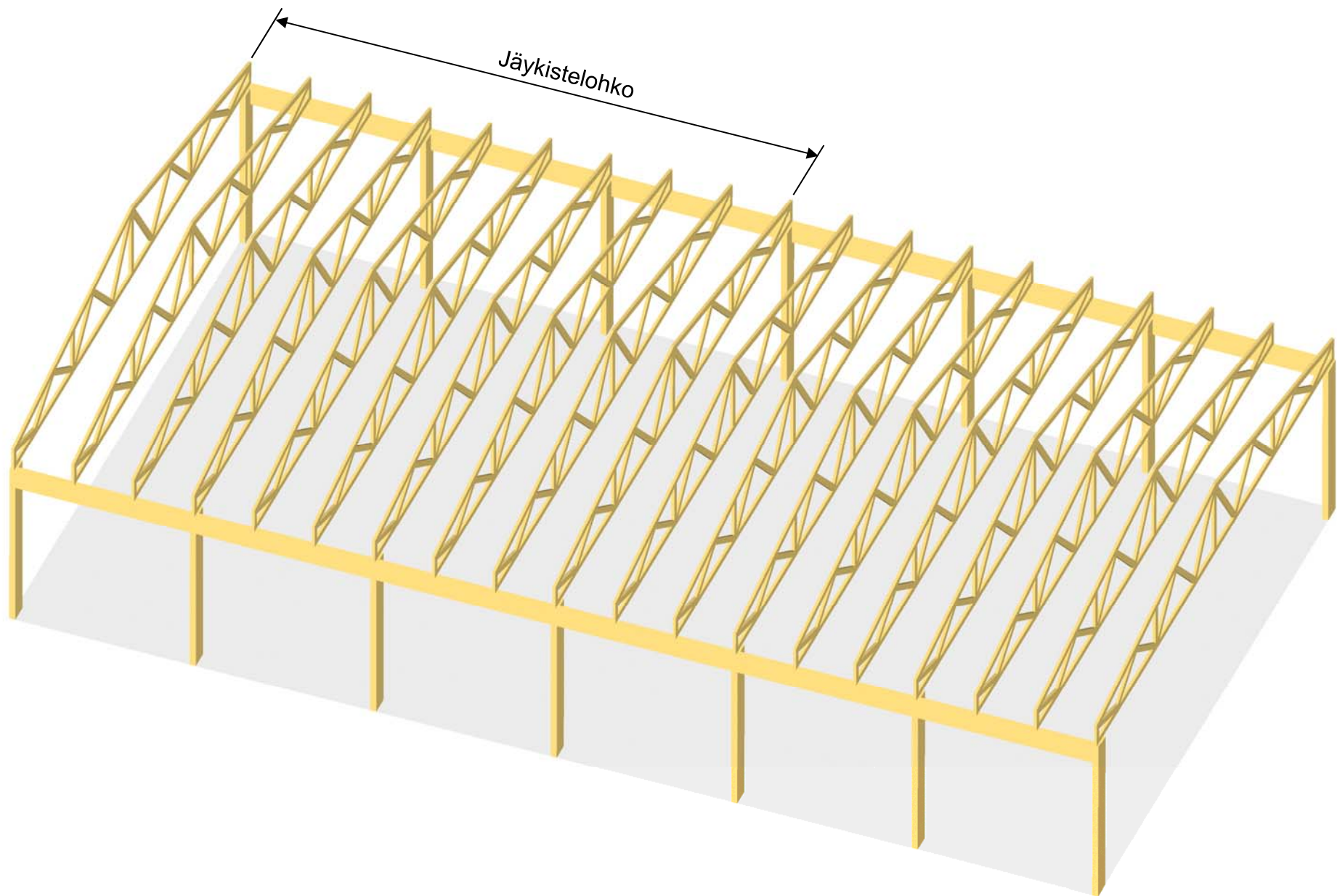


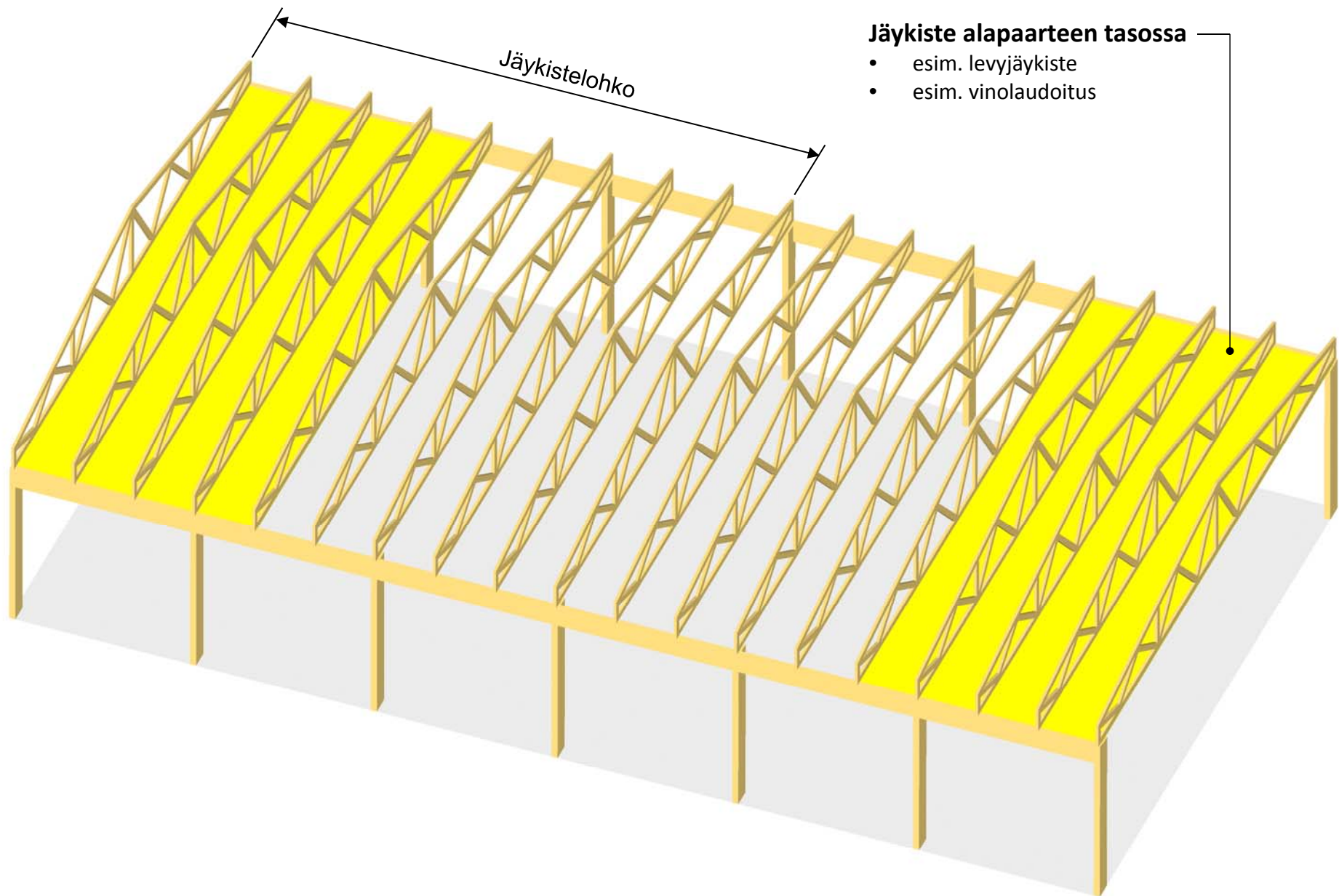
Ohje

Vaihe 1

Ohjelman käyttäjän vastuu
Ohjelman tekijä ei vastaa ohjelman mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuneista vahingoista ohjelman käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Ohjelman käyttäjä käyttää ohjelmaa omalla vastuulla ja on itse vastuussa tulosten oikeellisuudesta.

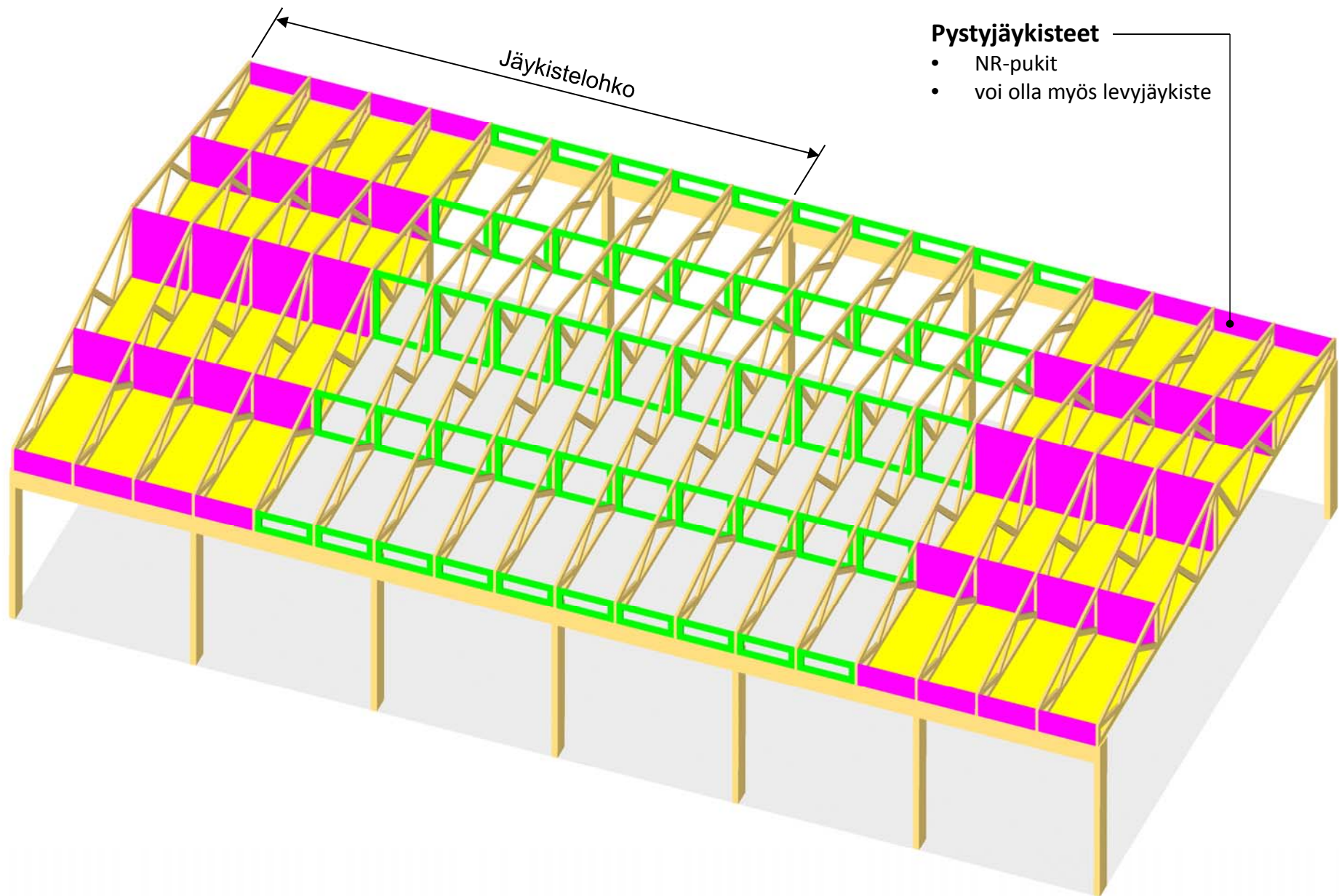


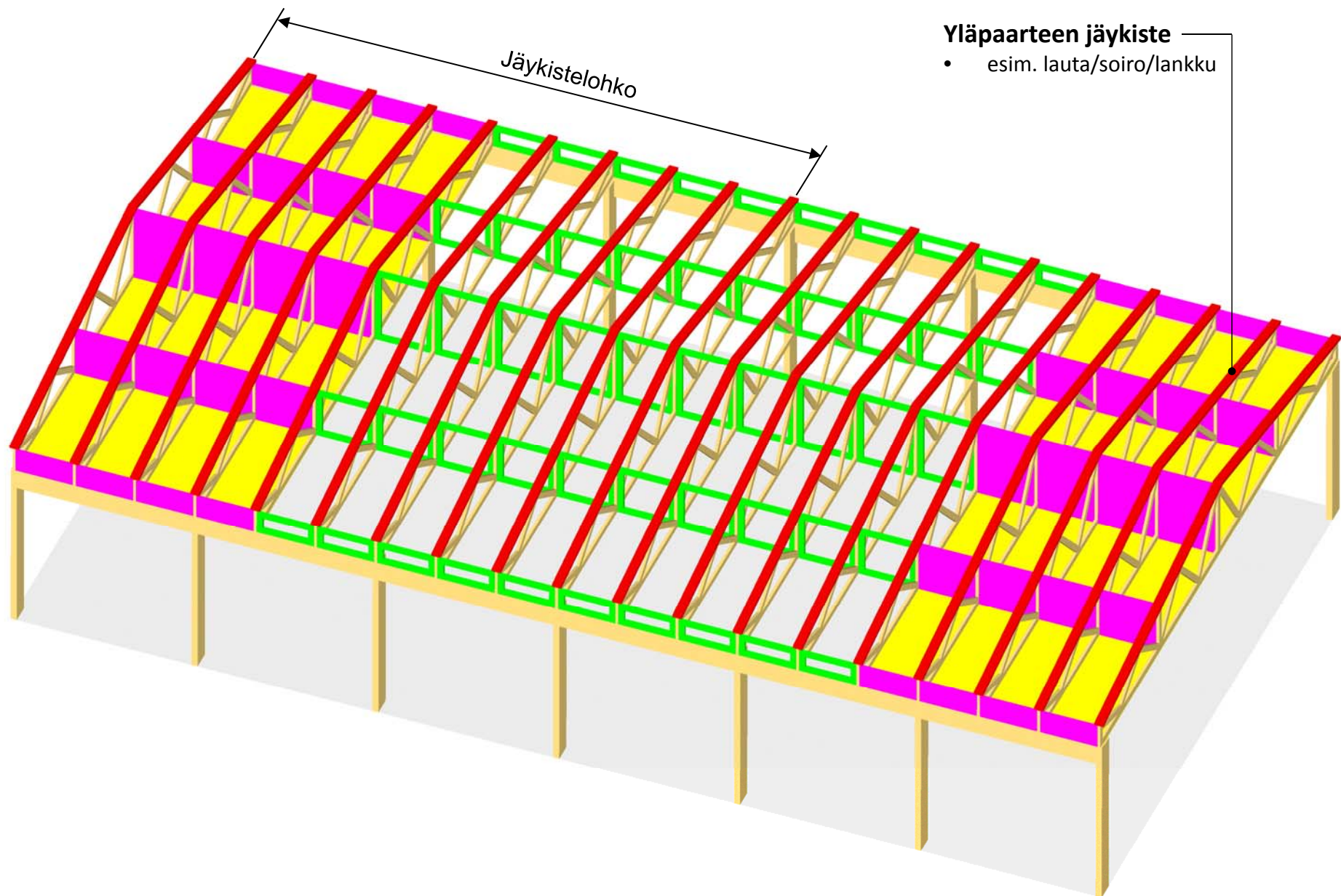




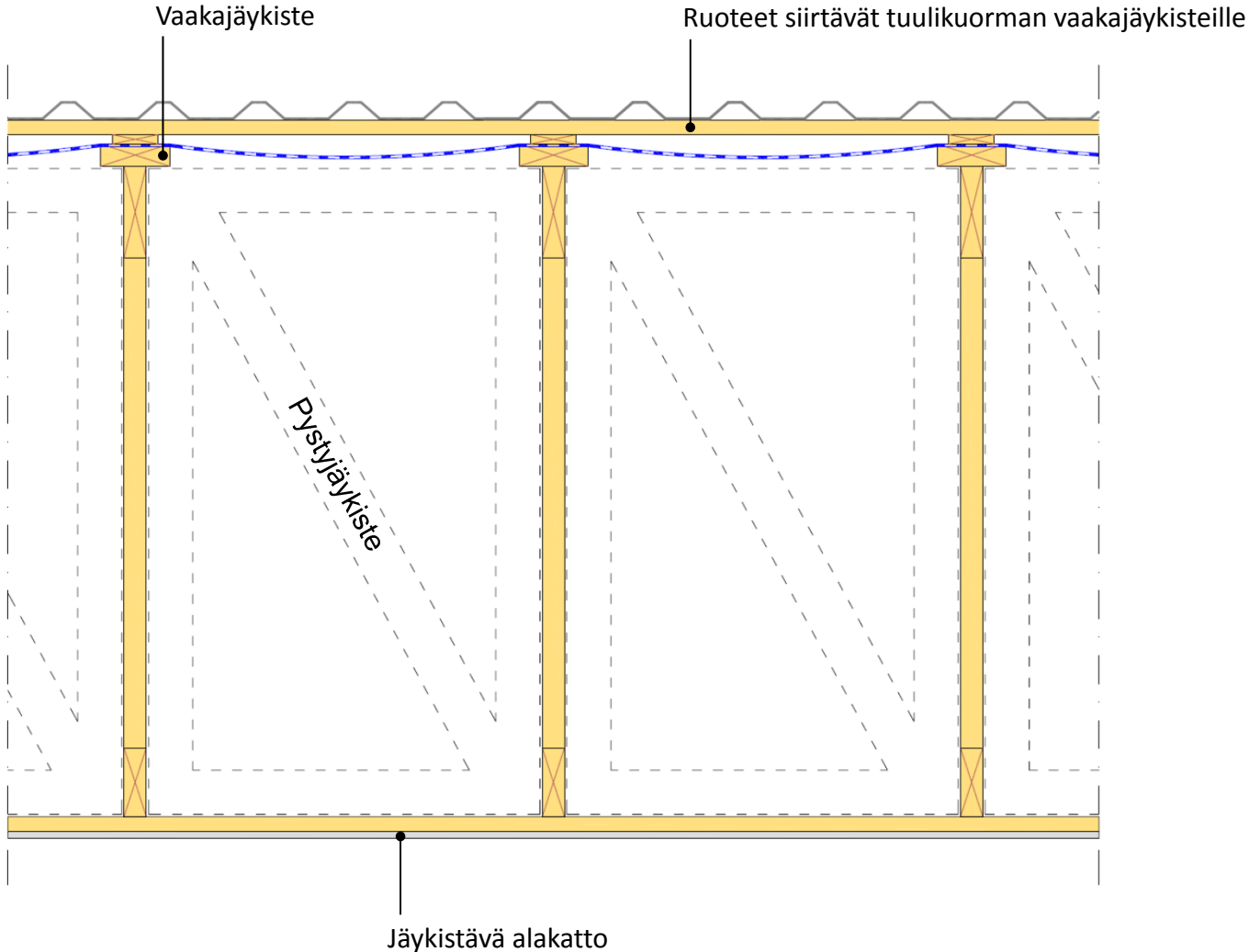
Jäykiste alapaarteen tasossa

- esim. levyjäykiste
- esim. vinolaudoitus

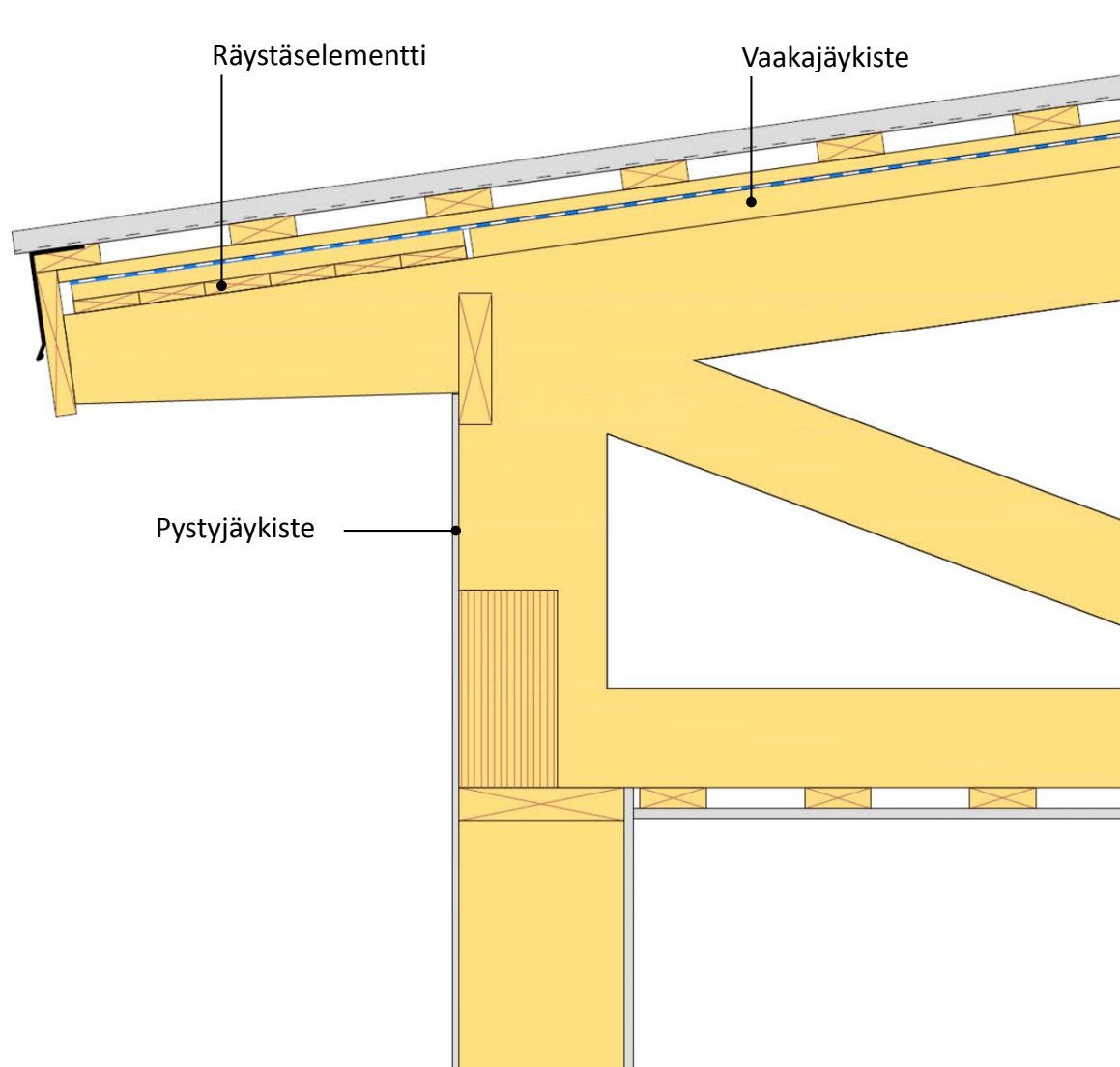




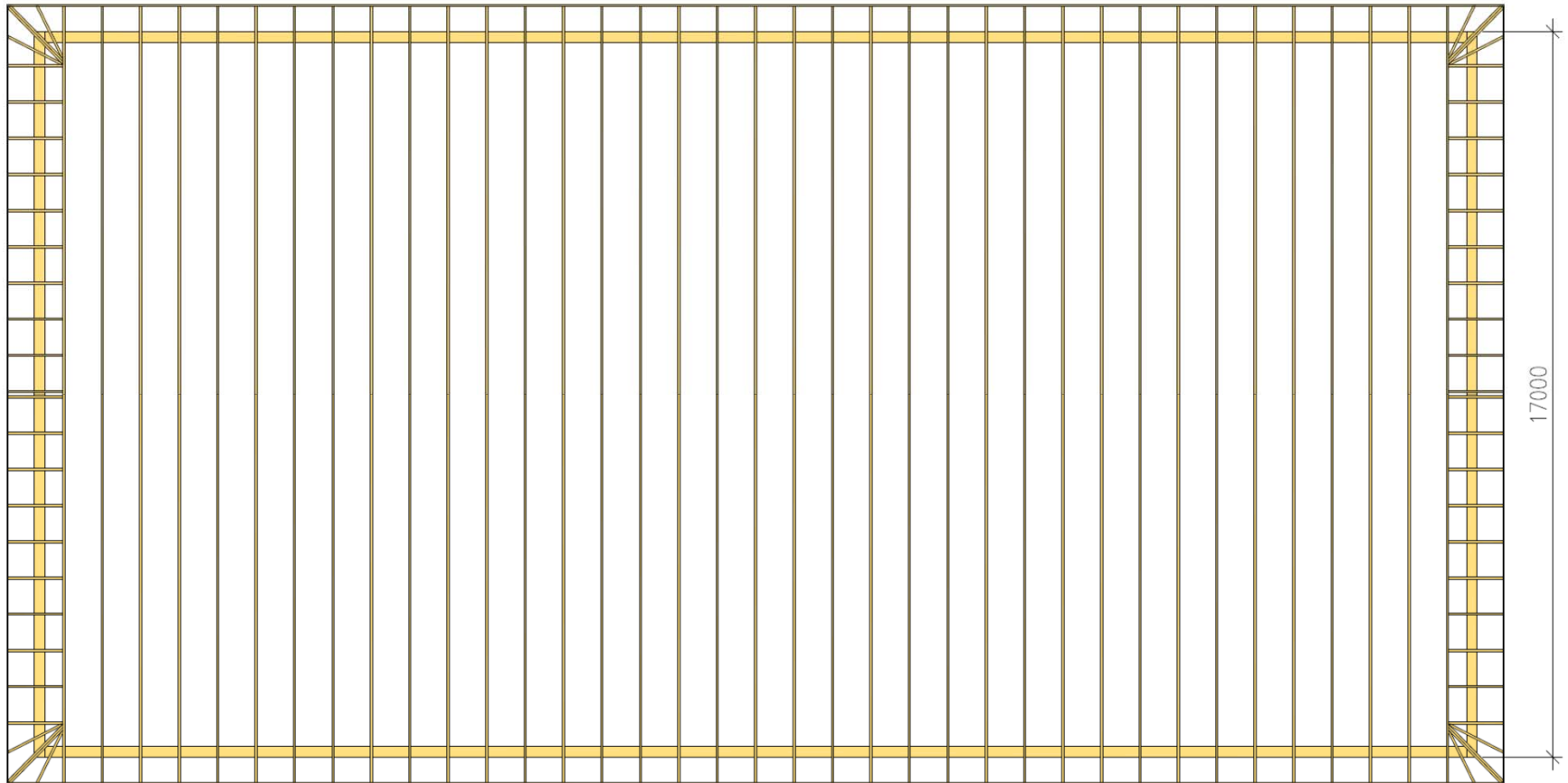
Vaaka- ja pystyjäykiste



Vaaka- ja pystyjäykiste

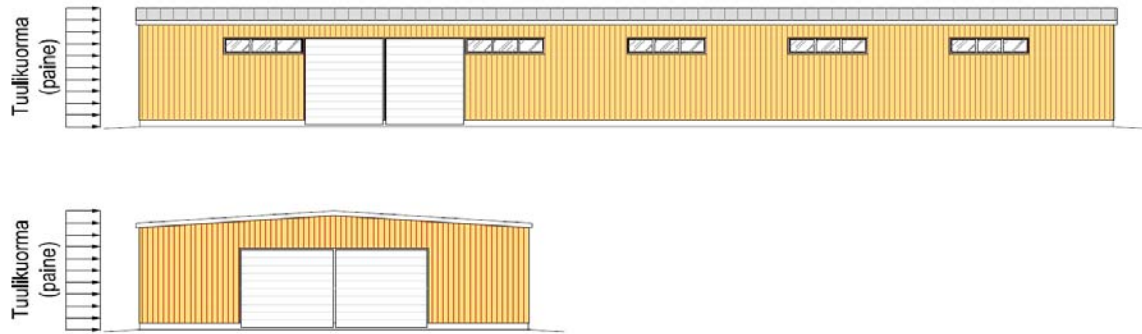


Esimerkkiyläpohja

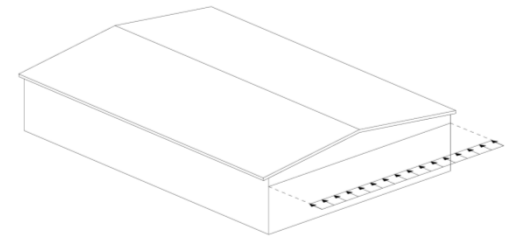
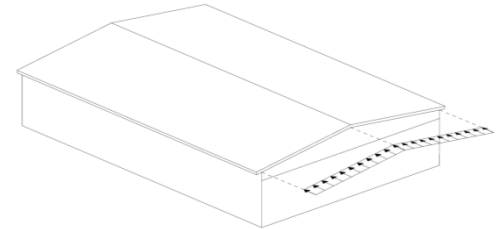
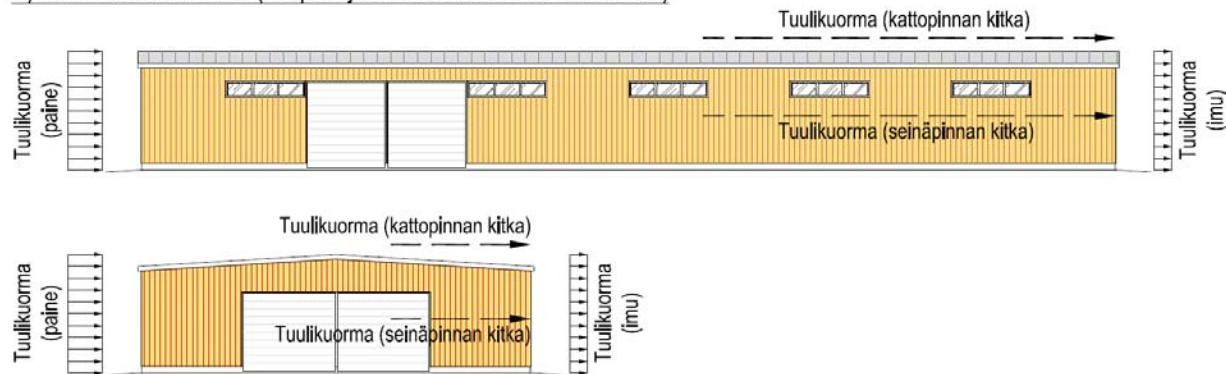


Tuulikuorma

A) Kokonaistuulikuorma (voimakerroinmenetelmä)



B) Kokonaistuulikuorma (osapintojen tuulikuormien vektorisumma)



Esimerkkiyläpohja

10 kpl ristikoita

Jäykisteloikka 1

Jäykisteloikka 1

Jäykisteloikka 1

Jäykisteloikka 1

Pystyjäykistelinja E

Pystyjäykistelinja D

Pystyjäykistelinja C

Pystyjäykistelinja B

Pystyjäykistelinja A

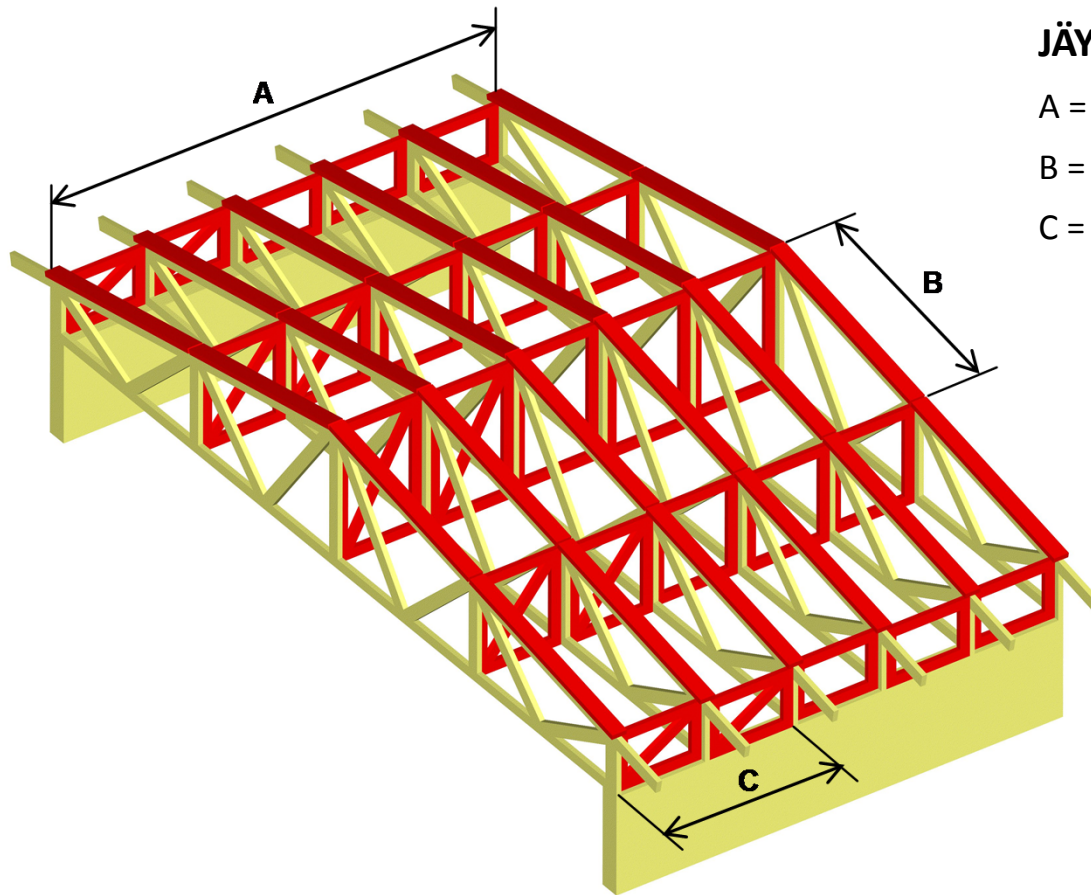
Tuulikuorma $q_{w,k} = 0,5 \text{ kN/m}$

17000

NR-ristikoita 37 kpl



Jäykisteloško



JÄYKISTYSSYSTEMI

A = jäykisteloško

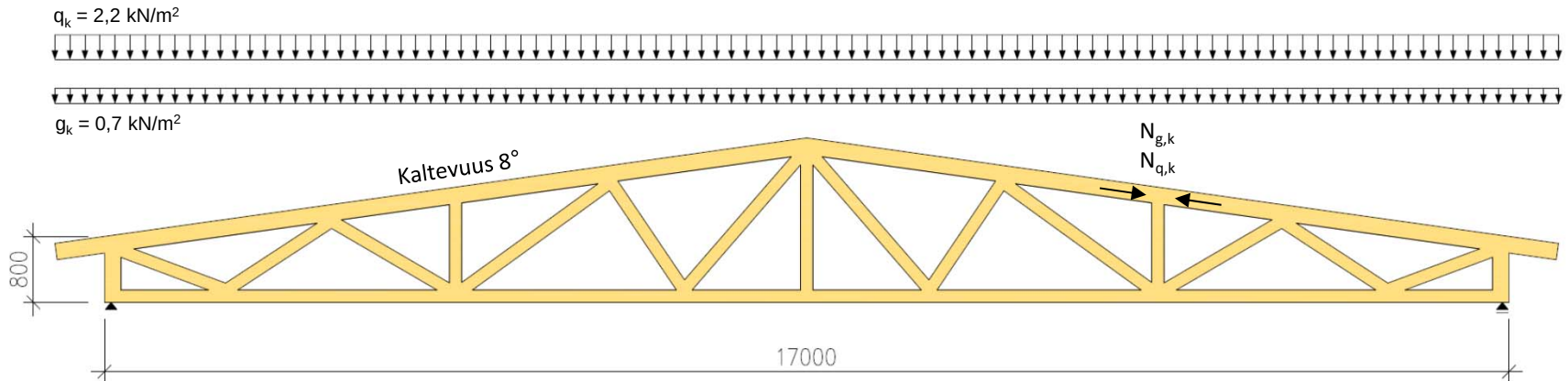
B = vaakajäykiste

C = pystyjäykiste

OMINAISUUKSIA

- Ruoteet eivät osallistu jäykistykseen
- Ruoteet välittävät tuulikuorman vaakajäykisteille
- Jokainen jäykisteloško toimii itsenäisesti

Esimerkkiyläpohja



OMINAISKUORMAT YHDELLE RISTIKOLLE (k900)

Pysyväkuorma $g_k = 0,7 \cdot 0,9 = 0,63 \text{ kN / m}$

Lumikuorma $q_k = 2,0 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ kN / m}$

Ristikon keskikorkeus 1400 mm

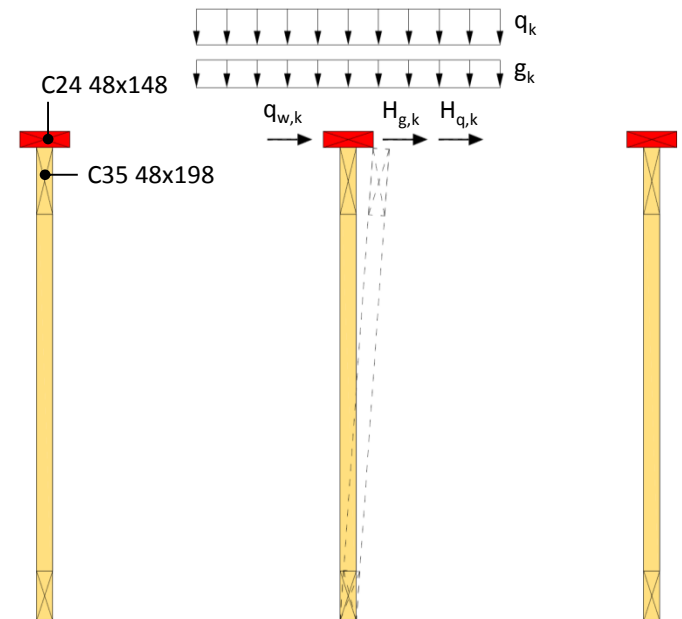
Yläpaarteen puristusvoima pysyvästä kuormasta $N_{g,k} = \frac{0,63 \cdot 17^2}{8 \cdot 1,4} = 16,3 \text{ kN}$

Yläpaarteen puristusvoima lumikuormasta $N_{q,k} = \frac{1,8 \cdot 17^2}{8 \cdot 1,4} = 46,4 \text{ kN}$

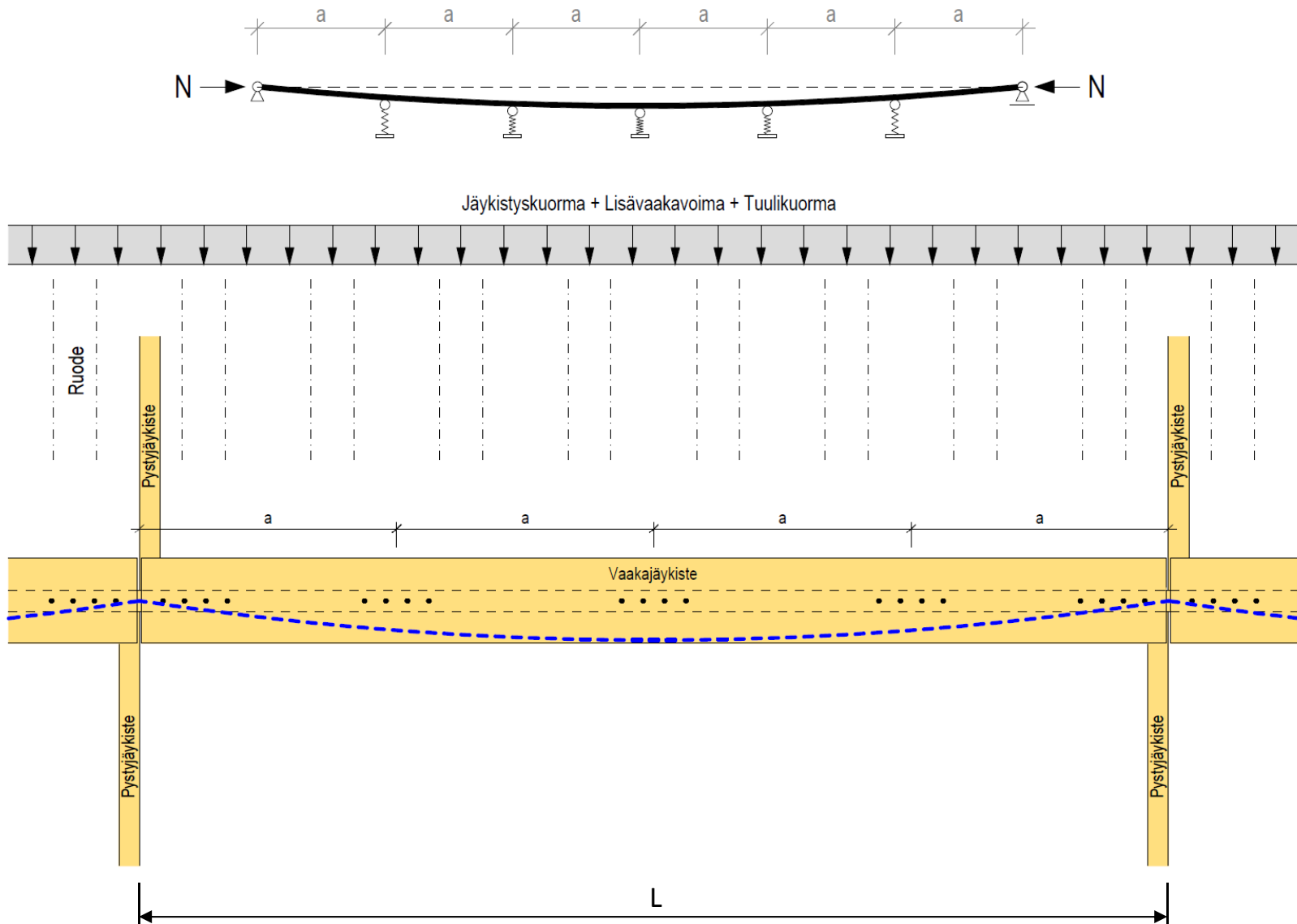
Lisävaakavoima pysyvästä kuormasta $H_{g,k} = \frac{0,63}{250} = 0,003 \text{ kN / m}$

Lisävaakavoima lumikuormasta $H_{q,k} = \frac{1,8}{250} = 0,008 \text{ kN / m}$

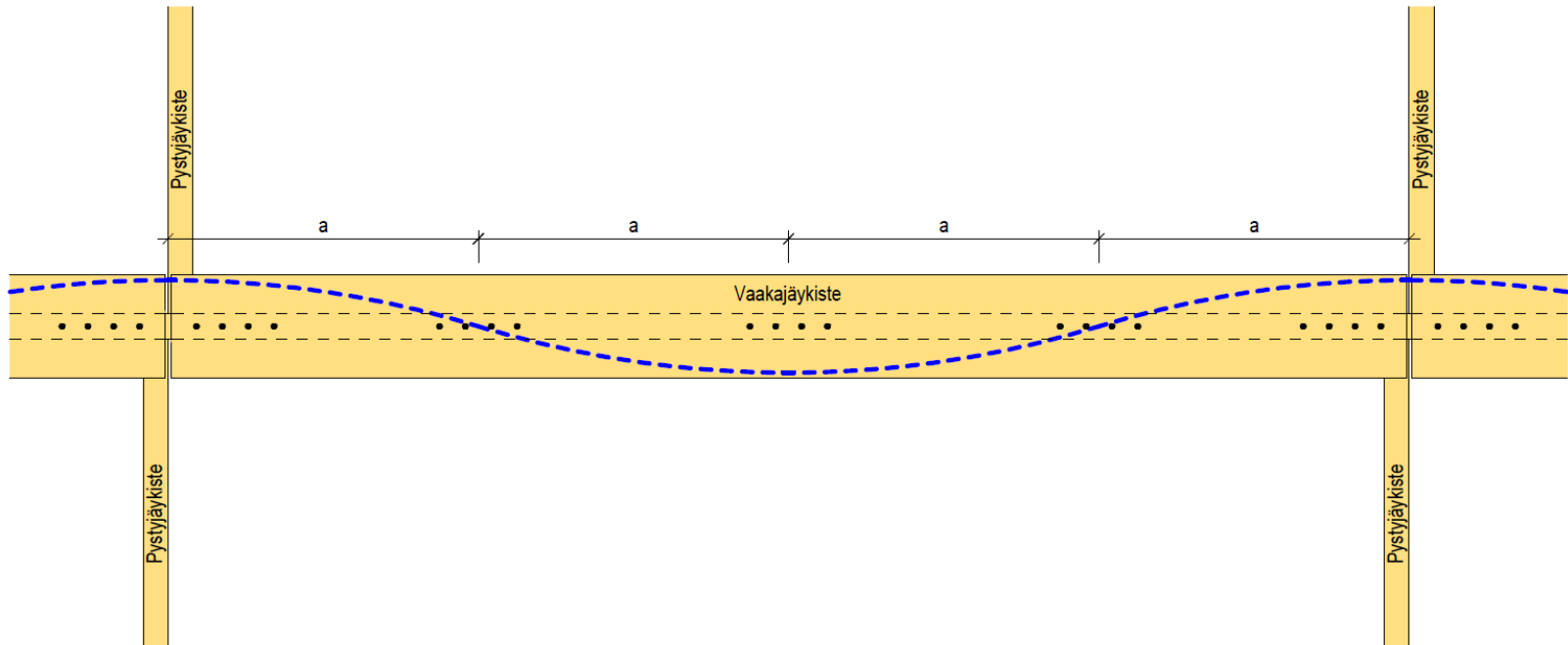
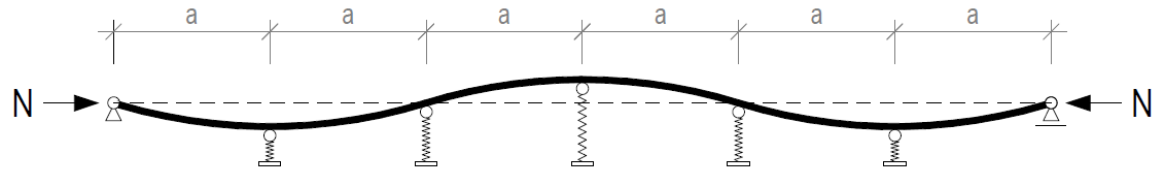
Tuulikuorma yläpaarteen tasossa $q_{w,k} = 0,014 \text{ kN / m}$



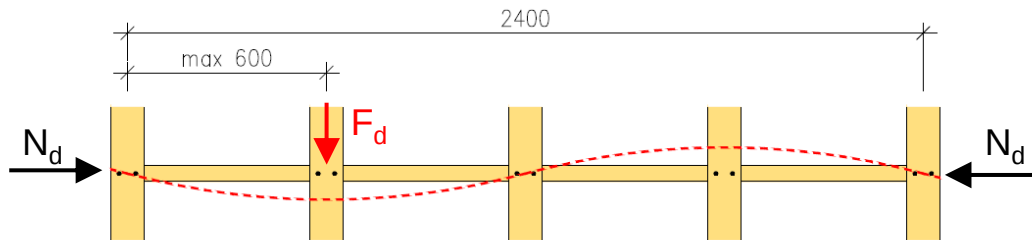
Esimerkkiyläpohja (vaihe 1)



Esimerkkiyläpohja (vaihe 2)



Jäykkyysvaatimus



TAPAUS 1

Liimapuu GL30cs 42x270

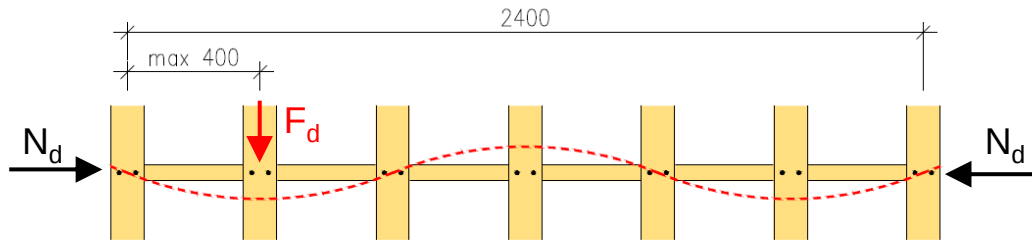
$N_d = 155 \text{ kN}$

Käyttöaste 100 % (k600 jaolla)

$$k = \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{13,7}{0,92 \cdot 14,9} = 1,0 \quad (\text{RIL 205-1-2017, kaava 9.35.1S})$$

$$F_d = k \cdot \frac{N_d}{80} = 1,0 \cdot \frac{155}{80} = 1,9 \text{ kN}$$

$$C = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{m}\right) \right) \cdot \frac{N_d}{a} = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{4}\right) \right) \cdot \frac{155}{0,6} = 882 \text{ N/mm}$$



TAPAUS 2

Liimapuu GL30cs 42x270

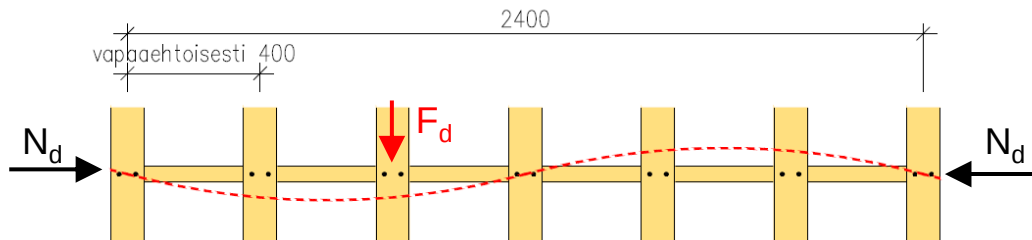
$N_d = 165 \text{ kN}$

Käyttöaste 100 % (k400 jaolla)

$$k = \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{14,6}{0,97 \cdot 14,9} = 1,0 \quad (\text{RIL 205-1-2017, kaava 9.35.1S})$$

$$F_d = k \cdot \frac{N_d}{80} = 1,0 \cdot \frac{165}{80} = 2,0 \text{ kN}$$

$$C = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{m}\right) \right) \cdot \frac{N_d}{a} = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{6}\right) \right) \cdot \frac{165}{0,4} = 1540 \text{ N/mm}$$



TAPAUS 3

Liimapuu GL30cs 42x270

$N_d = 155 \text{ kN}$

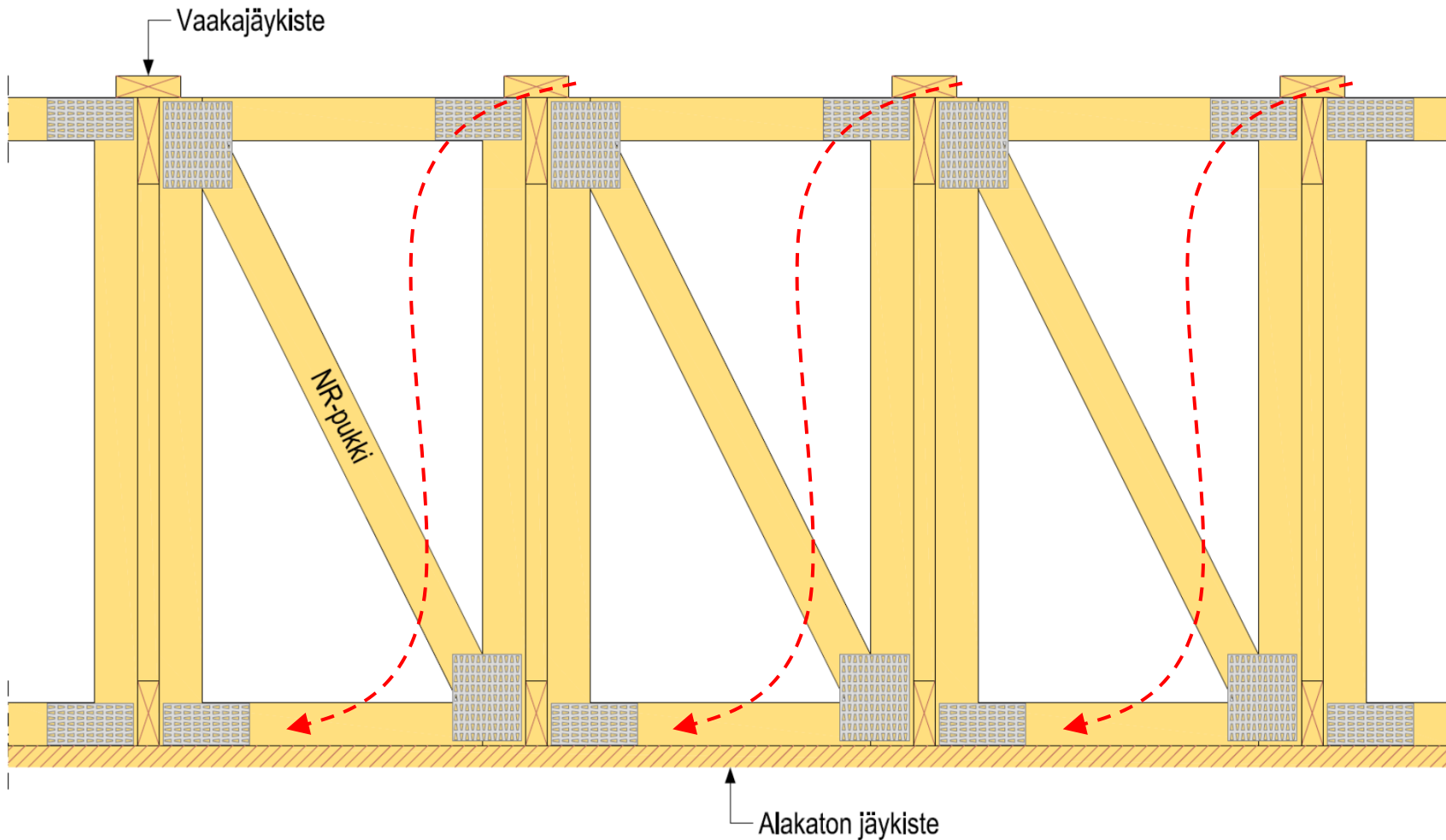
Käyttöaste 94 % (k400 jaolla)

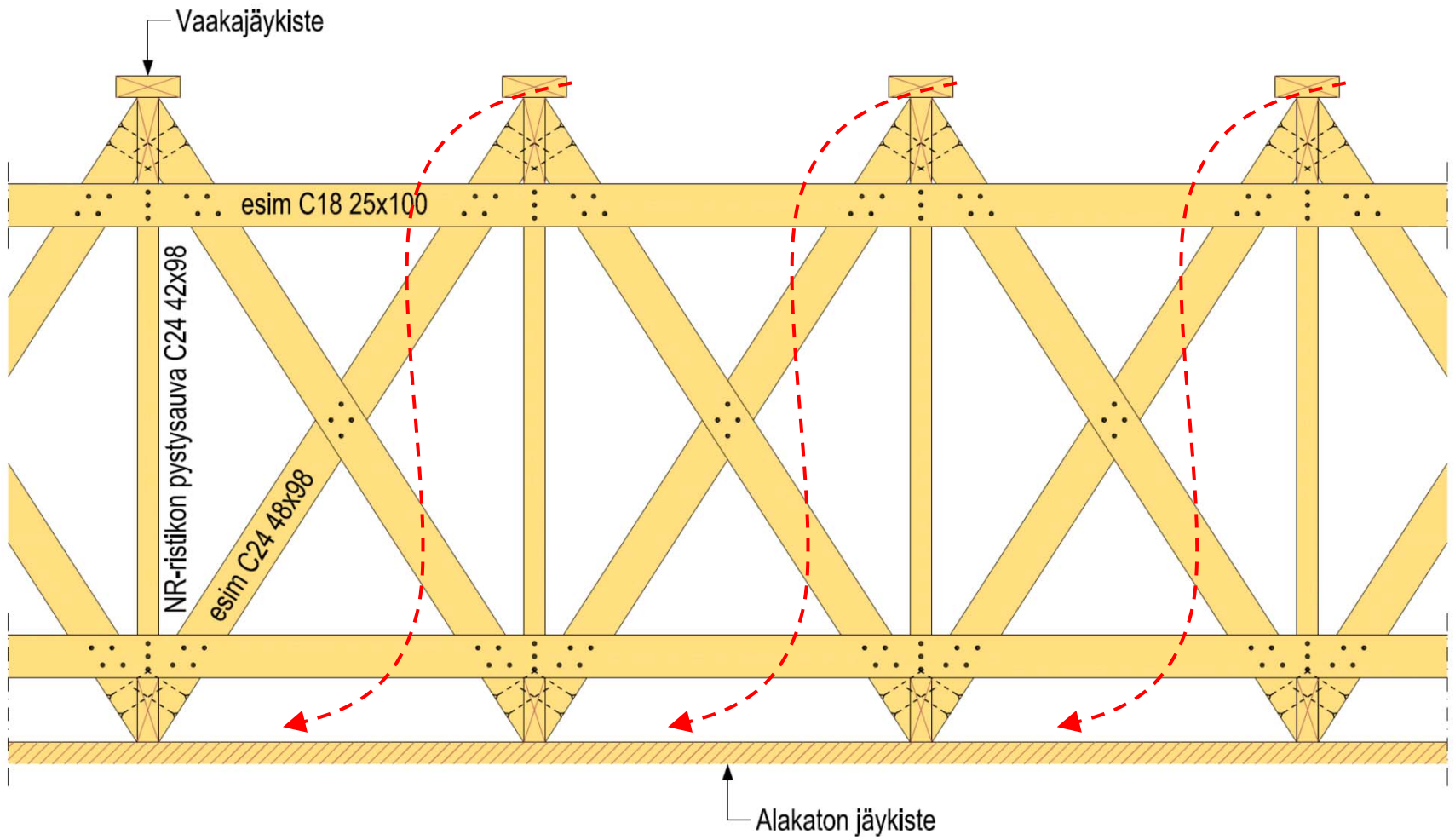
$$k = \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{13,7}{0,97 \cdot 14,9} = 0,94 \quad (\text{RIL 205-1-2017, kaava 9.35.1S})$$

$$F_d = k \cdot \frac{N_d}{80} = 0,94 \cdot \frac{155}{80} = 1,8 \text{ kN}$$

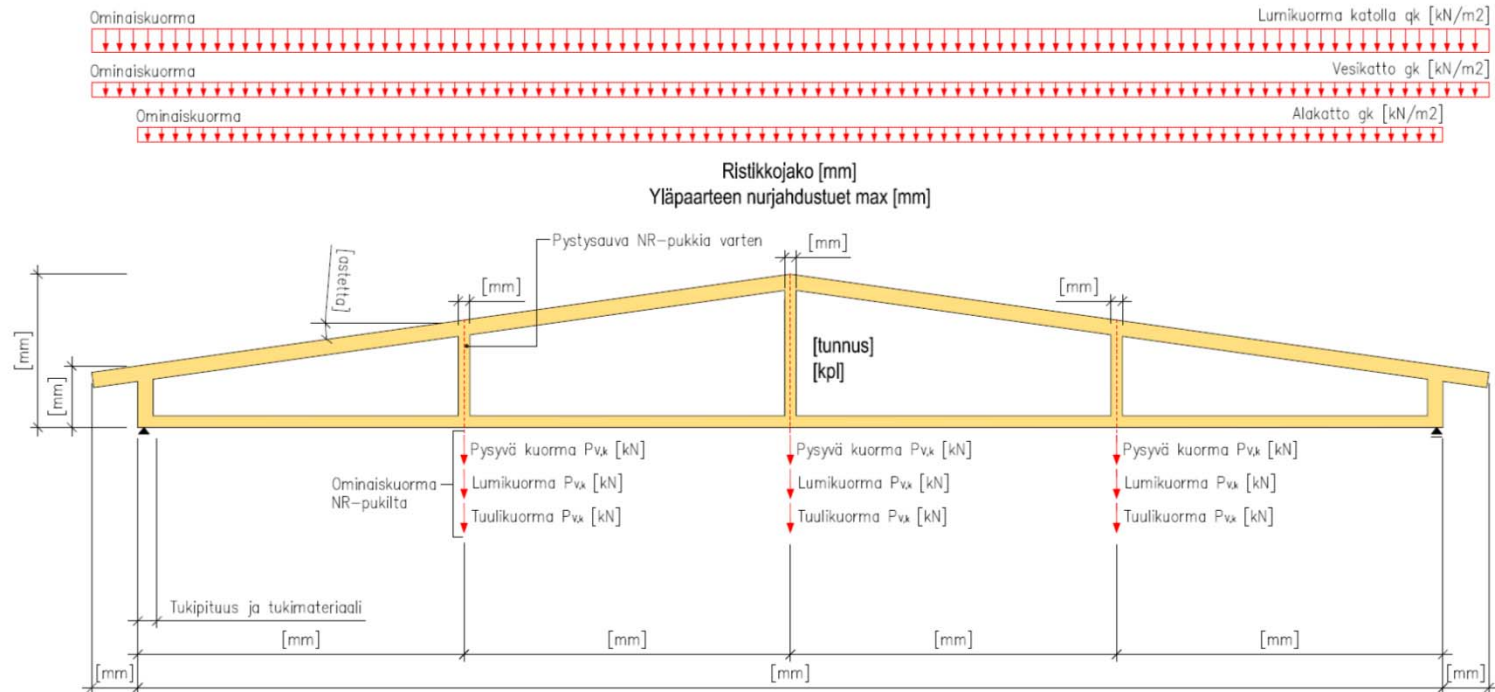
$$C = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{m}\right) \right) \cdot \frac{N_d}{a} = \left(2 + 2 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{6}\right) \right) \cdot \frac{155}{0,4} = 1446 \text{ N/mm}$$

Esimerkkiyläpohja (vaihe 3)

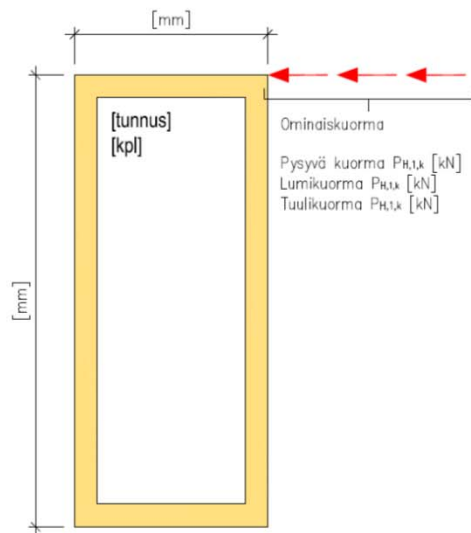




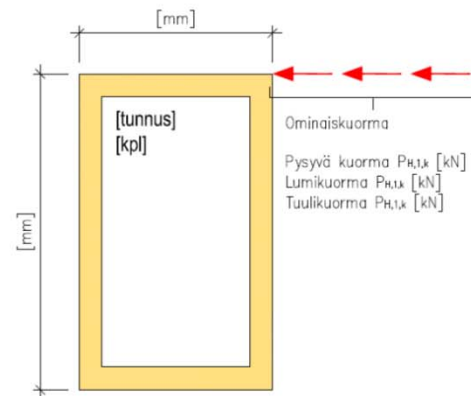
Ristikkokaavio



K.O.S.A.	KORTTELI/TELA	TONTTI/No	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMAKIRJE	UUDISRAKENNUS		JUOKS.No
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE			MITTAAKAAVAT
			[tunnus]
	SUUNNITTELA	TYÖ No	PIR.No
	RAK		MUUTOS
	PÄIVÄYS	YHTENK.	

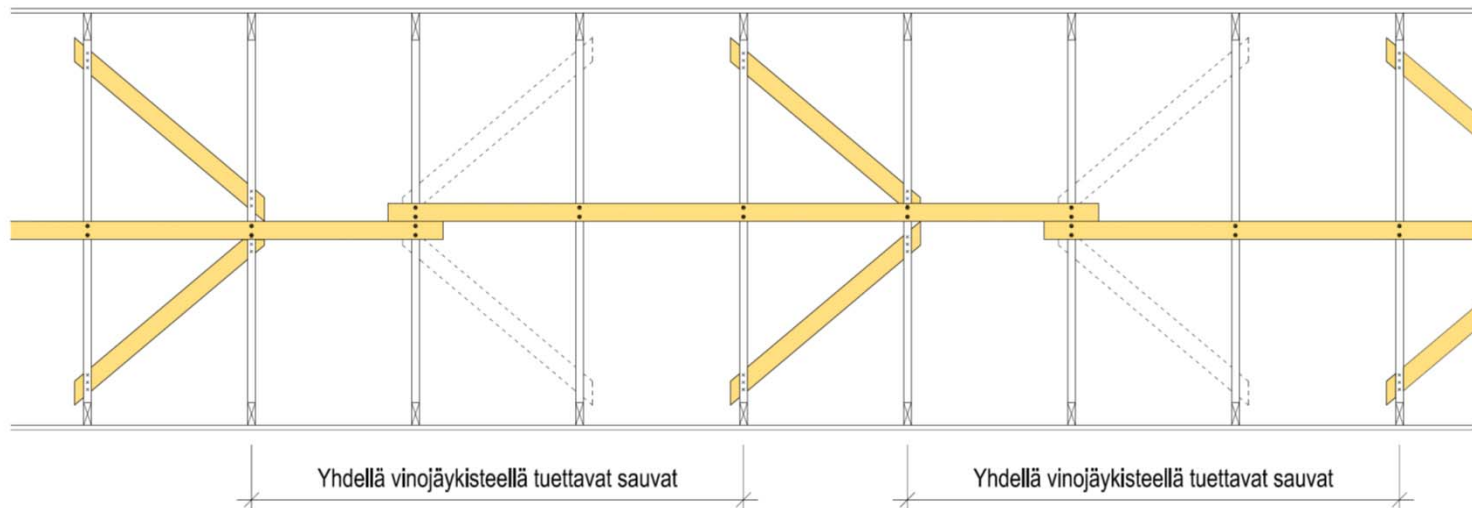
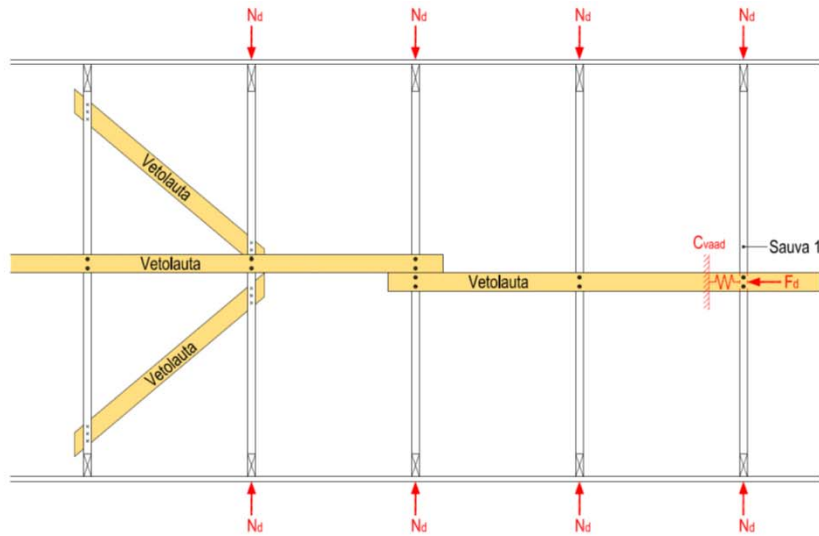


K.Osa	KORTTELI/TILA	TONTTI/NO	RAKENNUSLUVAN TUNNUS				
RAKENNUS/TOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAIJI	JUOKS.No			
RAKENNEPIIRUSTUS							
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT			
			[tunnus]				
			SUUNNALLA	TYÖ No	PER No	MUUTOS	
			RAK				
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.			

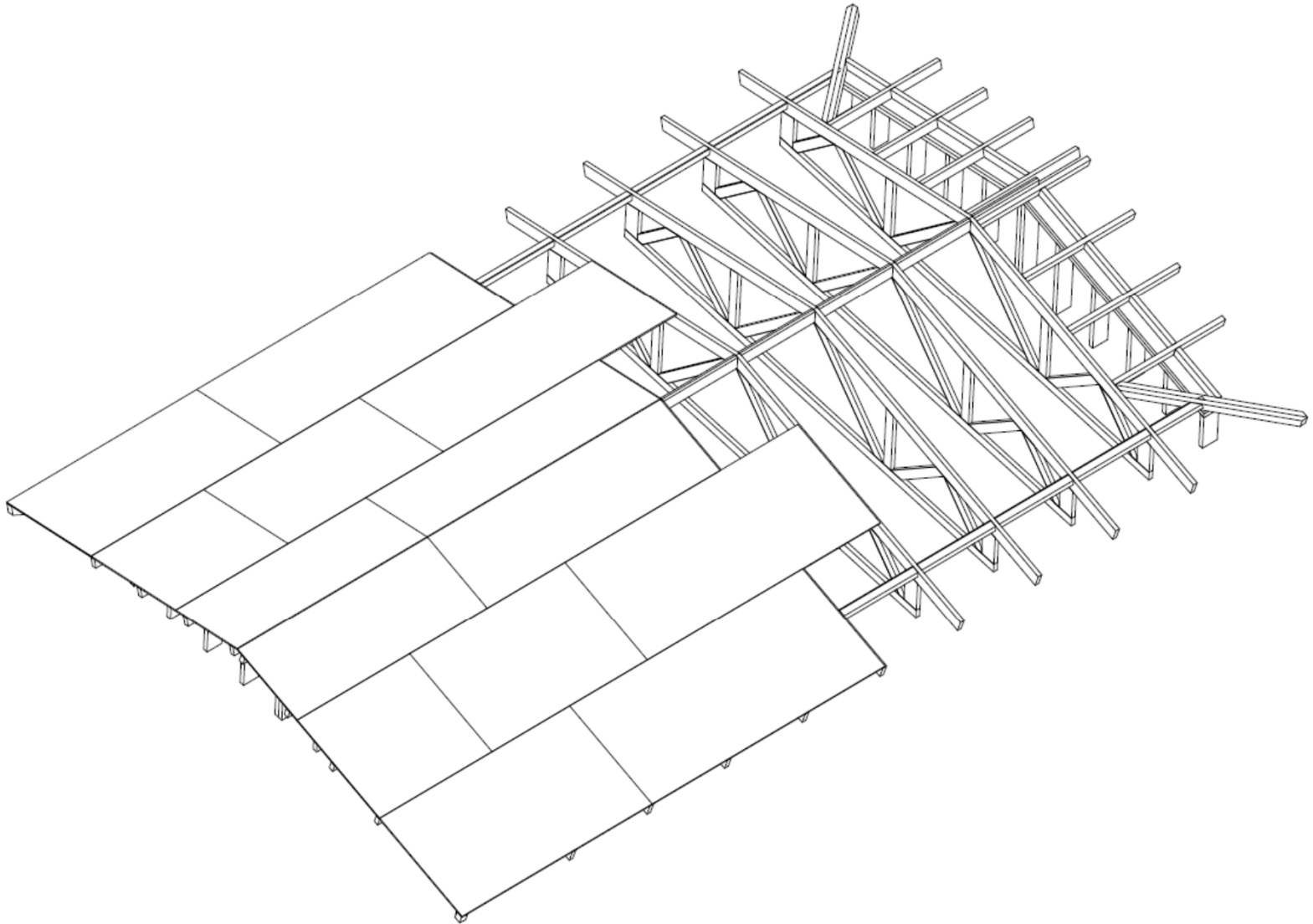


K.Osa	KORTTELU/ILJA	TONTTI/No	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
RAKENNUSTOIMENPÄIJEE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No		
RAKENNEPIIRUSTUS						
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT		
			[tunnus]			
			SUUNNALLA	TYÖ No	PER.No	MUUTOS
			RAK			
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.		

Uumasauvan tuennan suunnittelu



Levyjäykistys





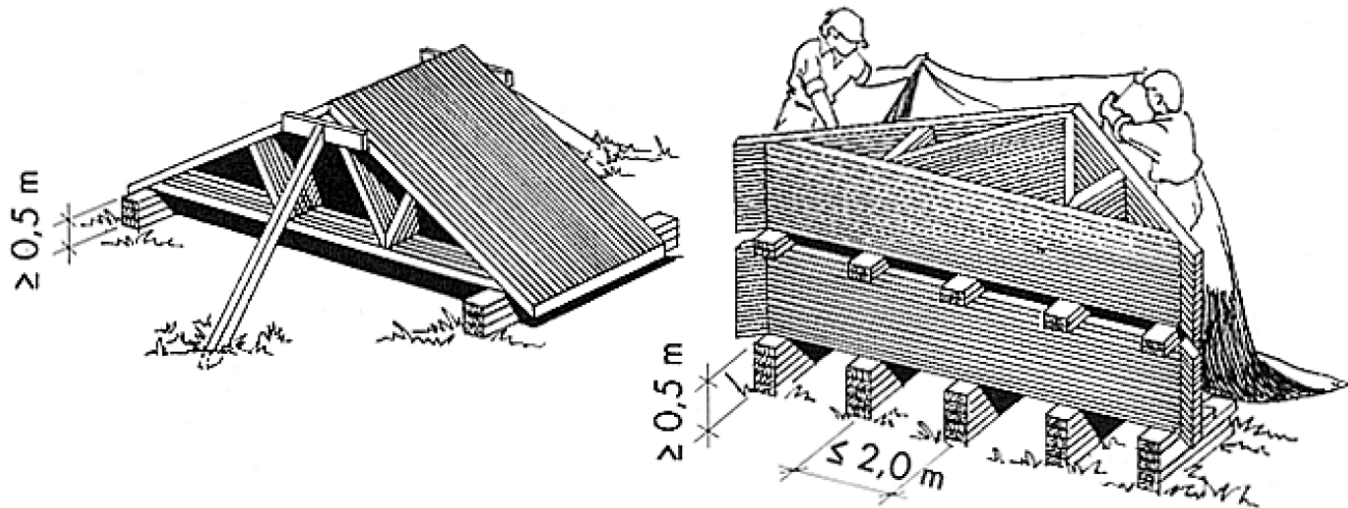
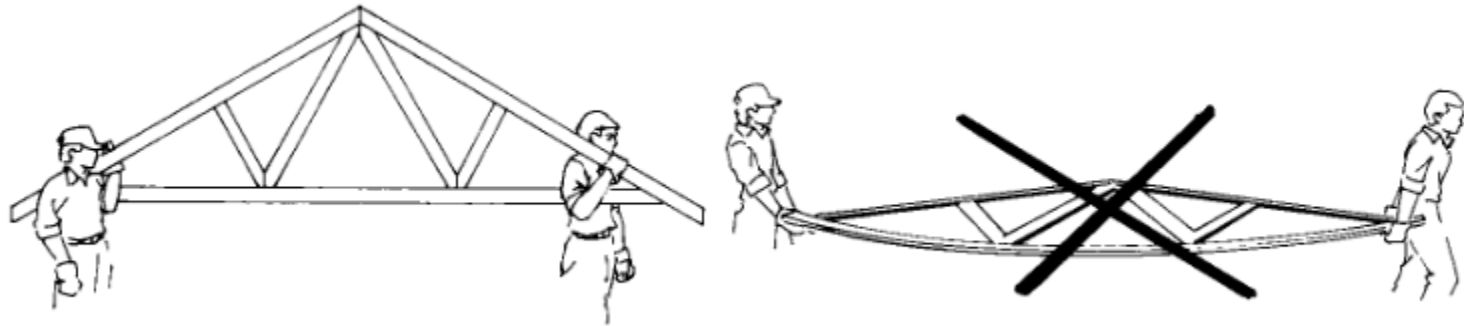
Levyjäykisteellä saatavat hyödyt

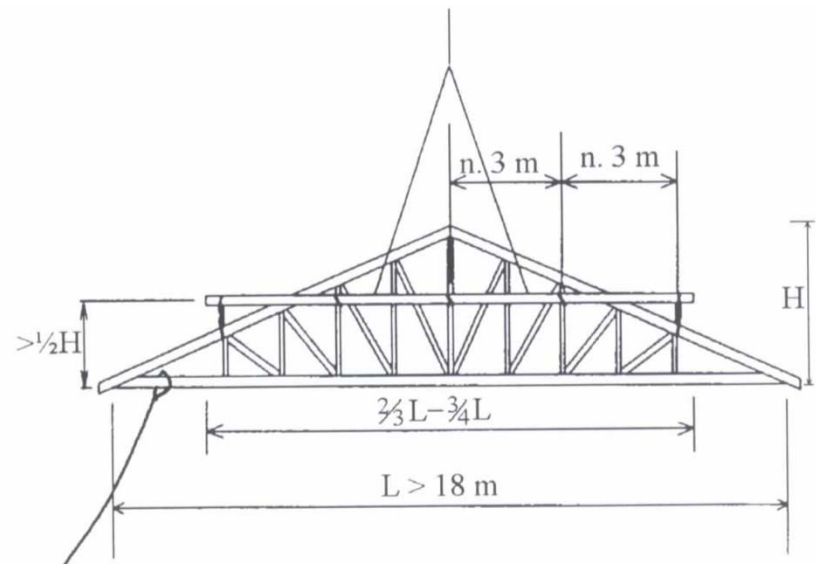
- Yläpaarteen sivuttaistuenta yhdellä rakenneosalla (1. ja 2. nurjahdusmuoto)
- Voidaan hyödyntää koko rakennuksen jäykistyksessä
- Yhtenäinen levyjäykistekenttä yläpaarteen tasossa vapauttaa alakaton ylimääräisistä jäykisteistä
- Levytys toimii vesikatteen alusrakenteena
- Levytys toimii työskentelytasona (turvallisuus)
- Jäykistystoiminnaltaan yksinkertainen (ymmärrettävä) ja varma ratkaisu
- Vähentää työvirheen riskiä jäykistävässä rakenteessa

MUISTA KUITENKIN !

- Uumasauvan nurjahdustuenta (ei liity levyjäykistykseen)

Käsittely ja toleranssit





Ristikon korkeuden puoliväliin on asetettu palkki, jossa on palkin pituussuunnassa säädettävät nostokohdat. Ristikko sidotaan palkkiin.

