



# Reiät ja lovet

**Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018**

**Moduuli 4**

Jani Pitkänen

**PUU**INFO

# Reiät

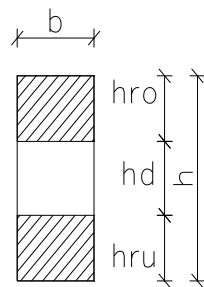
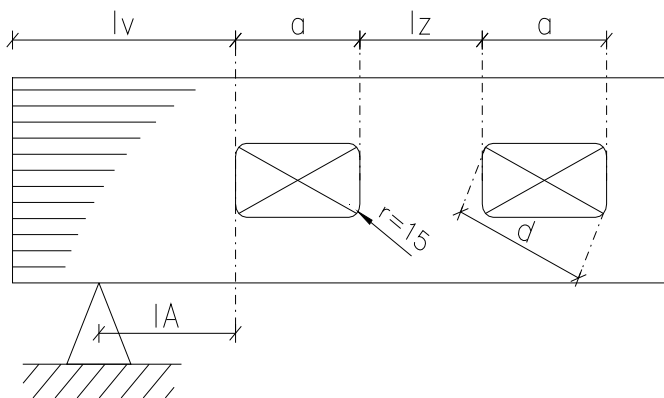
## RIL 205-1-2017

- Koskee reiällisiä liimapuu- ja LVL-palkkeja, kun
  - Reiät ovat ovat pyöreitä tai
  - Suorakaiteita muotoisia (kulmapyöristys  $r \geq 15$  mm)
- Mitoitus perustuu DIN EN1995-1-1/NA mukaiseen mitoitusmenetelmään
- Kerto-LVL:n reikien mitoitus voidaan tehdä vaihtoehtoisesti VTT:n sertifikaatin nro 184/03 mukaan

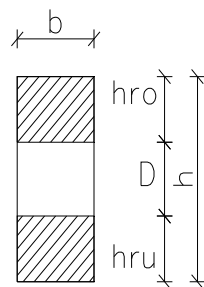
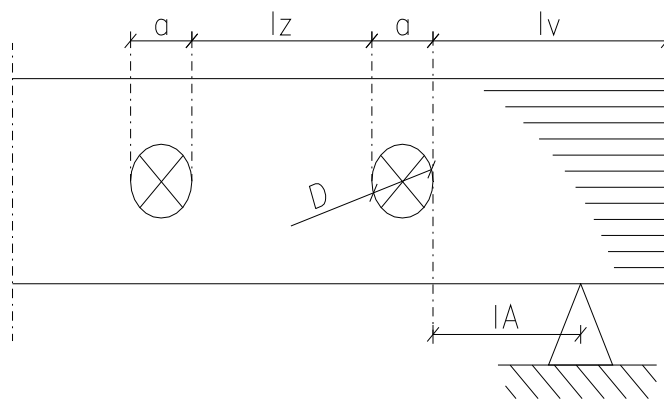
# Reiät

## RIL 205-1-2017

- Kun reiän halkaisija  $d > 50$  mm, tulee alla olevien mittaehtojen toteutua (6 kpl:tta):



- $l_v \geq h$
- $l_z \geq 1,5 \times h$ , kuitenkin  $l_z \geq 300$  mm
- $l_A \geq h / 2$
- $h_{ro}$  ja  $h_{ru} \geq 0,35 \times h$
- $a \leq 0,4 \times h$
- $h_d < 0,15 \times h$  ja pyöreillä  $D \leq 0,3 \times h^{1)}$ ,  
1) ei ole esitetty DIN 1052:ssa



Suorakaide rei'illä  $h_d =$  aukon korkeus ja  
pyöreillä rei'illä  $h_d = 0,7 \times D$

# Reiät

## RIL 205-1-2017

- Kun reiän halkaisija  $d < 50$  mm, voidaan myös käyttää edellä esitettyjä ohjeita.
- Kun **pyöreän reiän** halkaisija enintään 30 mm
  - Huomioidaan mitoituksessa ne ainoastaan poikkileikkauspinta-alan pienennyksenä, kun
    - Reiän keskikohdan etäisyys palkin reunasta on vähintään  $3d$
    - Palkin päästä vähintään  $5d$
    - Useiden reikien tapauksessa reikien keskiöväli syynsuunnassa vähintään  $5d$  ja kohtisuoraan syitävästään  $3d$
  - Päteen myös sahatavaralle

# Reiät

## RIL 205-1-2017

- Seuraavat mitoitus ehdot tulee tarkistaa:

1. Poikittainen vetojännitys:  $\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d}$

2. Leikkausjännitys:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

3. Vetojännitys:  $\sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$

4. Puristusjännitys:  $\sigma_{t,d} \leq f_{t,d}$

5. Taivutusjännitys:  $\max(\sigma_a; \sigma_y) \leq f_{m,d}$

6. Yhdistetyt jännitykset

a. Veto- ja taivutusjännitys:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_y}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

b. Puristus- ja taivutusjännitys:

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

# Reiät

RIL 205-1-2017

- Mitoituksessa huomioitavia asioita:
  - Poikittainen vetovoima riippuu reiän kohdalla vaikuttavasta leikkausvoimasta  $V_d$  ja taivutusmomentista  $M_d$
  - Lisäksi leikkaus-, taivutus- ja veto-/puristuskestävyys tarkistetaan reiän kohdalla poikkileikkaukselle, josta on vähennetty reiän osuus
  - Mainituissa tarkasteluissa vähennetään siis vain reiän pinta-ala muiden jännityshuipputarkastelujen sisältyessä edellä esitettyyn kohtaan

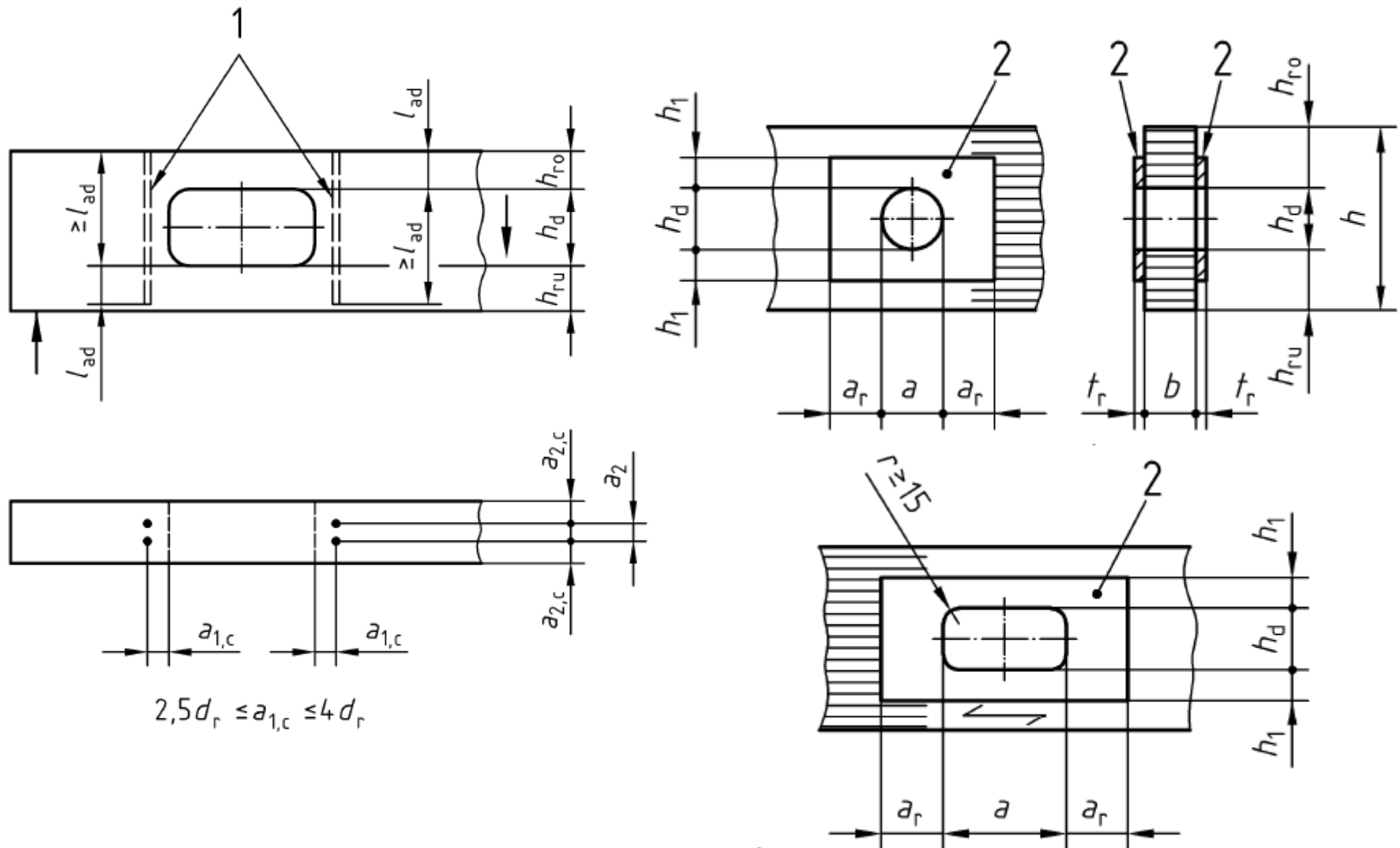
# Reiät

## RIL 205-1-2017

- Suurempia reikiä voidaan tehdä vahvistamalla rakennetta reiän vierestä esimerkiksi
  - Ruuveilla
  - Liimatangoilla
  - Liimatulla vanerilla
- DIN EN1995-1-1/NA standardissa on esitetty vahvistettujen reikien menetelmä (s.45 - 60)
- Lisäksi eri ruuvivalmistajilta löytyy ohjeita vahvistusten mitoittamiseen (SFS Intec, Würth, jne)

# Reiät

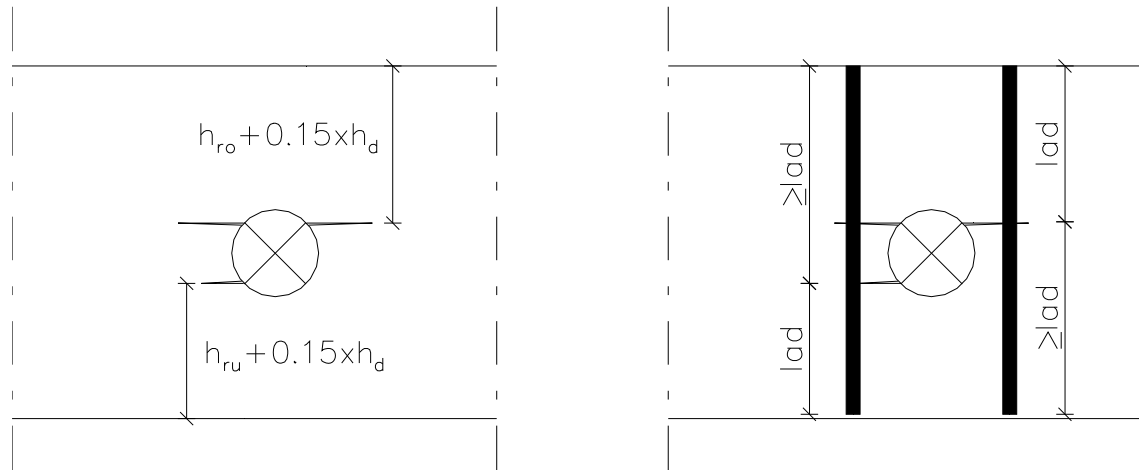
DIN EN1995-1-1/NA:2013-08





# Reiät

## SFS Intec WB-T (DIN EN1995-1-1/NA:2013-08)

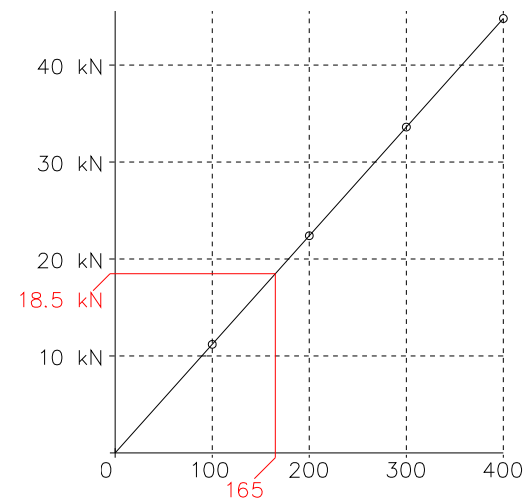


### Load-bearing capacities of the WB threaded rod

For  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$  and  $k_{\text{mod}} = 0.9$

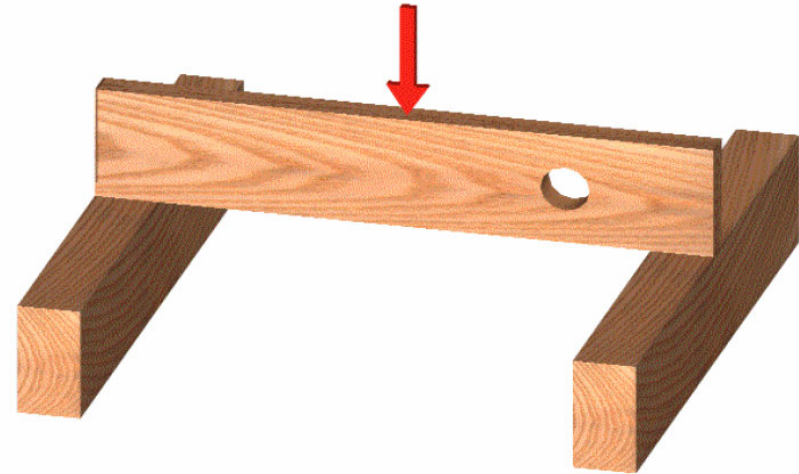
Other gross densities or modification factors:  $R'_{\text{ax,d}} = R_{\text{ax,d}} \cdot k_F \cdot k_M$

	WB-T-16	WB-T-20
$l_{\text{ef}}$	$R_{\text{ax,d}}$	$R_{\text{ax,d}}$
100 mm	11.2 kN	14.0 kN
200 mm	22.4 kN	28.0 kN
300 mm	33.6 kN	42.0 kN
400 mm	44.8 kN	56.0 kN
500 mm	56.0 kN	70.0 kN
600 mm	67.2 kN	84.0 kN
700 mm	beyond $l_{\text{ef}} = 644 \text{ mm}$ : $R_{\text{ax,d,max}} = 72.38 \text{ kN}$	98.0 kN
800 mm		112.0 kN
		beyond $l_{\text{ef}} = 808 \text{ mm}$ : $R_{\text{ax,d,max}} = 113.10 \text{ kN}$



# Reiät

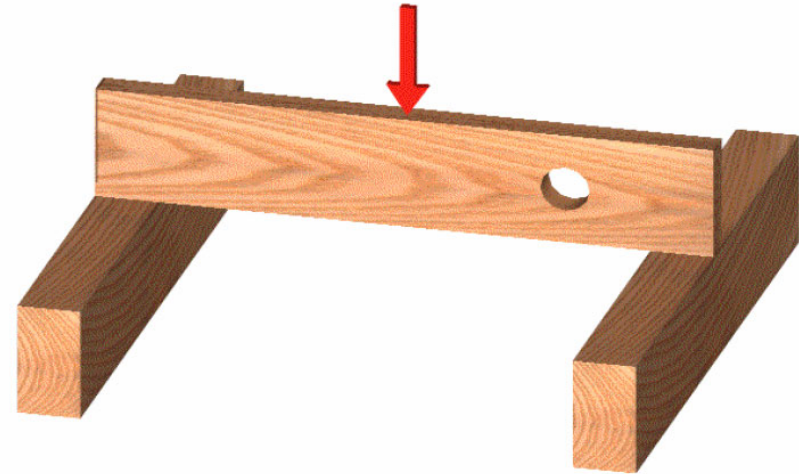
- Esimerkki: Video



<b>Taivutetun, reiällisen palkin leikkausmurto</b>	
Kuormitusvideo:	P5_reiällisen_palkin_leikkausmurto
Rakenne:	Yksiaukkoinen, vapaasti tuettu palkki
Materiaali:	Kerto-S
Poikkileikkauksen mitat:	51 mm x 200 mm
Jänneväli:	900 mm
Tukipinnan pituus:	100 mm
Yksityiskohdat:	Reikä (Ø 76 mm) palkin korkeuden puolivälissä, keskipiste 140 mm tuelta
Kuormituksen sijainti:	Jännevälin keskellä
Kuormituspinnan pituus:	190 mm

# Reiät

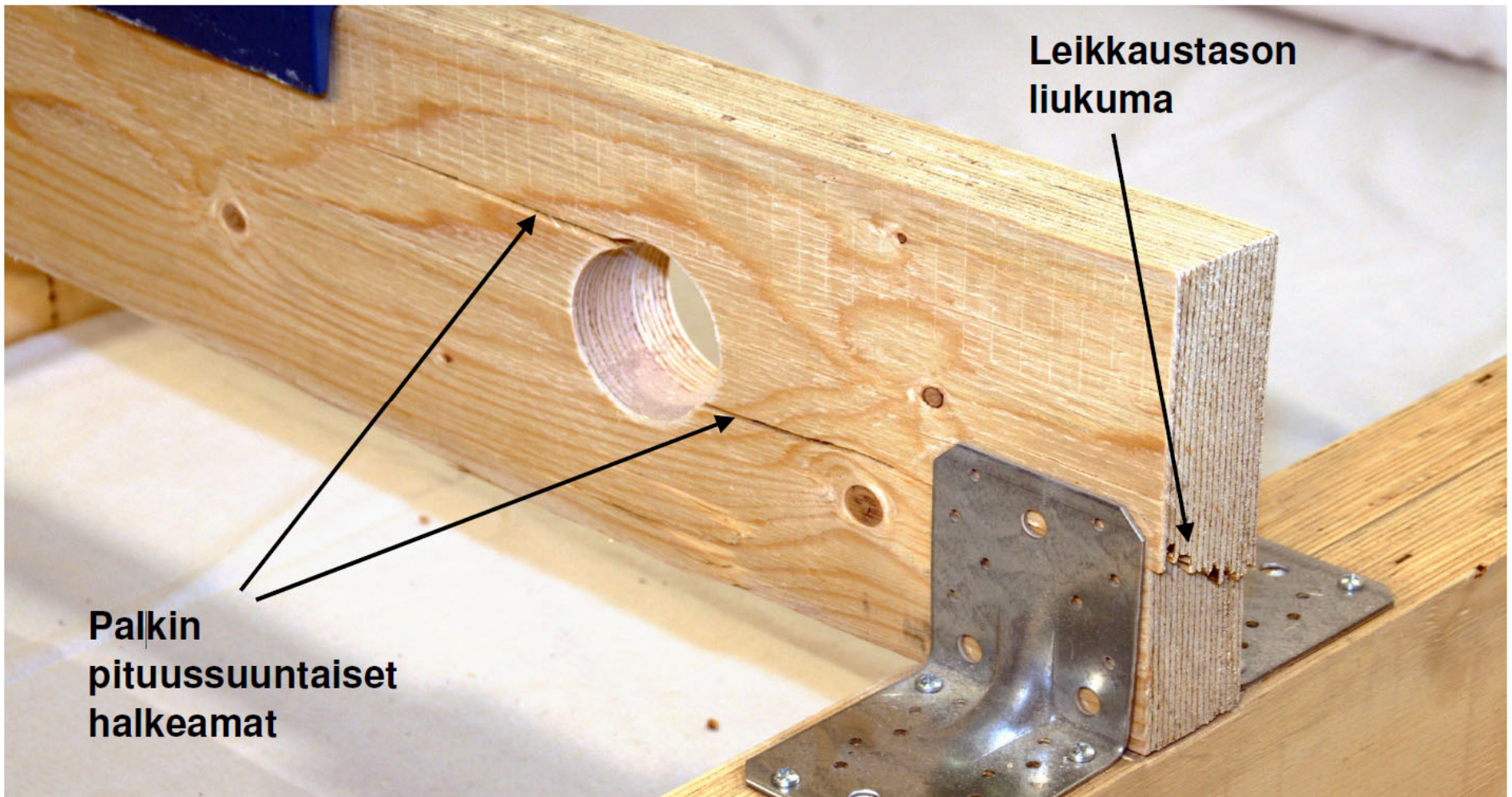
- Esimerkki: Video



Laskennallinen ominaismurtokuorma:	26,3 kN ( $\gamma_M = 1,0$ , $k_{mod} = 1,10$ )
Murtumistapa:	Leikkausmurto
Murtumisen syy:	Leikkausjännitys yhdessä reiän vastakkaisille reunoille muodostuvan, syitä vastaan kohtisuoran vetojännityksen kanssa saa aikaan palkin leikkausmurron
Rakenteen vauriot:	Palkin pituussuuntaiset halkeamat reiän vastakkaisilla reunoilla, leikkaustason liukuma

# Reiät

- Esimerkki: Video



Kuva: Puuinfo

# Reiät

- Esimerkkilaskelmat
  - Vahvistamaton reikä
  - Vahvistettu reikä

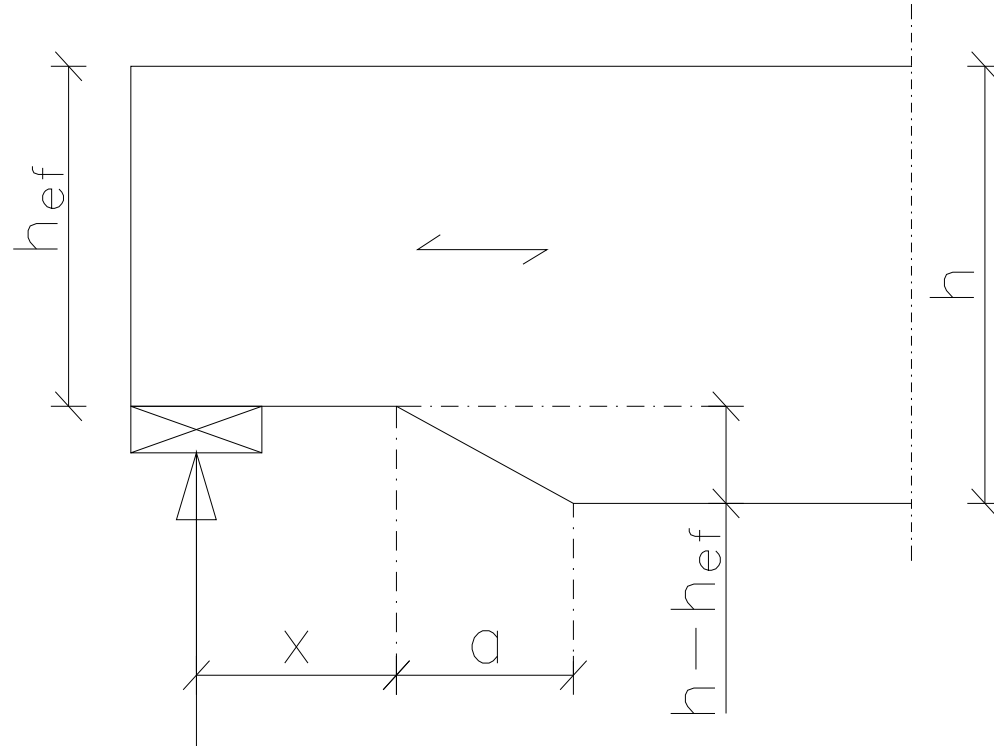
# Lovet

## RIL 205-1-2017

- Loven kohdalle syntyvien jännityshuippujen vaikutukset sauvojen kestävyys tulla ottaa huomioon
- Jännityshuippujen vaikutus voidaan jättää huomiotta seuraavissa tapauksissa:
  - Syynsuuntainen veto tai puristus
  - Taivutus, josta aiheutuu vetojännityksiä loven kohdalle, jos viisteen kaltevuus on enintään 1:10 (1:i, kun  $i = h - h_{ef}$ )
  - Taivutus, josta aiheutuu puristusjännityksiä loven kohdalle (eli lovi puristetulla puolella)

# Lovet

RIL 205-1-2017



- Kun palkin poikkileikkaus on suorakaide ja syyt ovat lähes sauvan pituusakselin suuntaiset  
=> Lasketaan leikkausjännitykset tuella olevan loven kohdalla käyttämällä tehollista korkeutta  $h_{ef}$

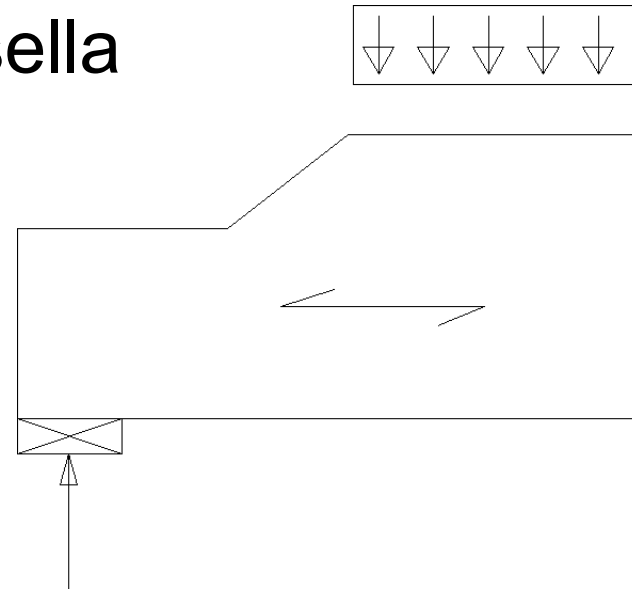
# Lovet

## RIL 205-1-2017

- Loven kohdalla vaikuttavan leikkausjännityksen tulee täyttää seuraava ehto:

$$\tau_d = \frac{1,5 \times V_d}{b_{ef} \times h_{ef}} \leq k_v \times f_{v,d}$$

- Jos lovi on tuen vastakkaisella puolella niin  $k_v = 1,0$

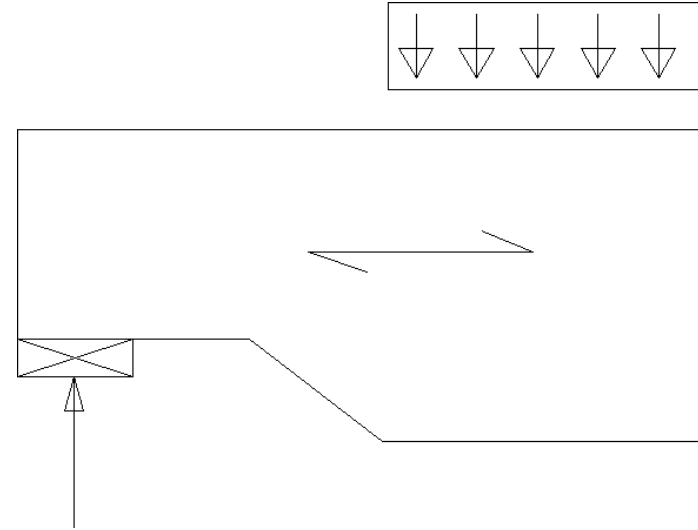




# Lovet

## RIL 205-1-2017

- Jos lovi on tuen puolella niin  $k_v (\leq 1,0)$  lasketaan seuraavalla kaavalla:



$$k_v = \frac{k_n \times \left( 1 + \frac{1,1 \times i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \times \left( \sqrt{\alpha \times (1 - \alpha)} + 0,8 \times \frac{x}{h} \times \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}$$

# Lovet

RIL 205-1-2017

- Jossa

$$k_n = \begin{cases} 5,0 & \text{sahatavara} \\ 6,5 & \text{liimapuu} \\ 4,5 & \text{LVL yleensä} \\ 6,0 & \text{Kerto-S -LVL} \\ 16,0 & \text{Kerto-Q -LVL} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h}$$

$$i = \frac{a}{h - h_{ef}}$$

- Lisäksi tulee muistaa tarkistaa  $b_{eff}$  (käyttöluokka 1)

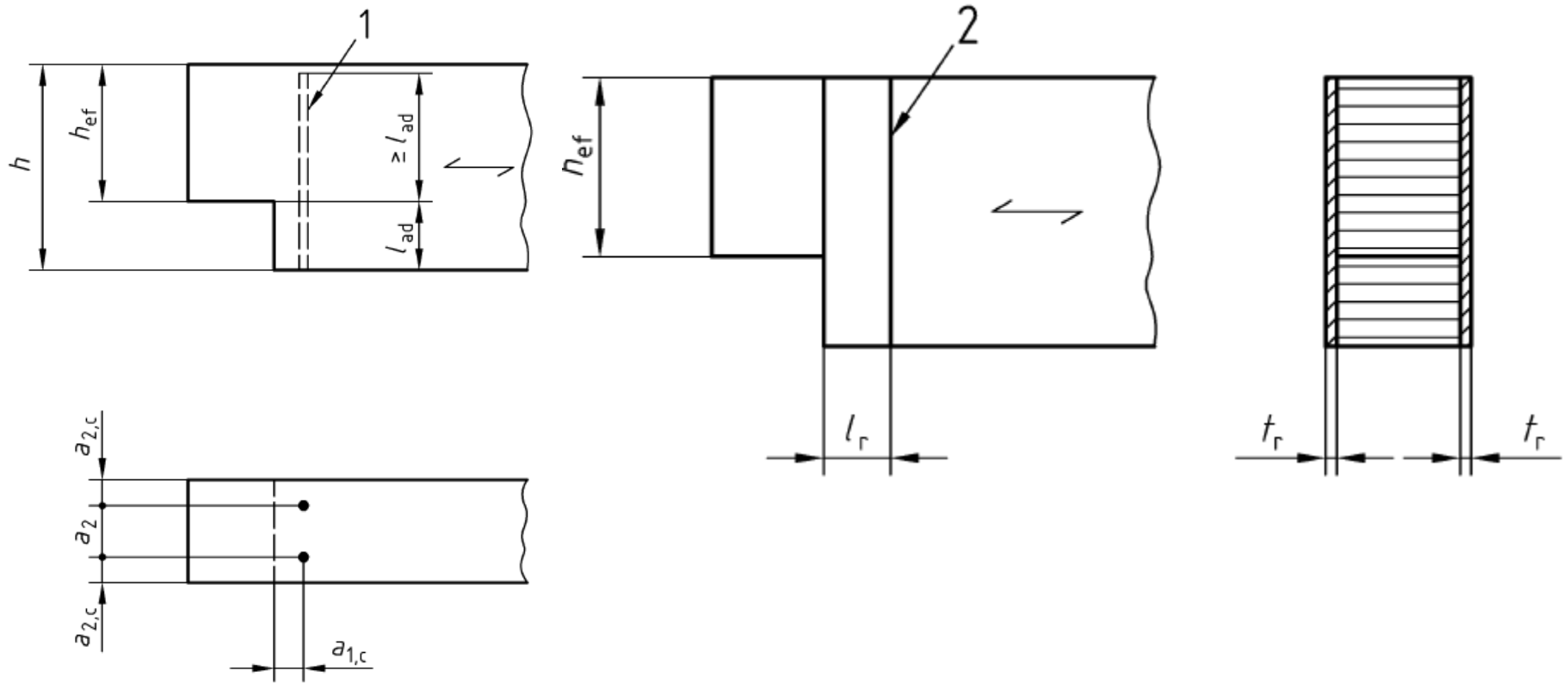
# Lovet

## RIL 205-1-2017

- Lovet voidaan vahvistaa, kuten reiät eli
  - Ruuveilla
  - Liimatangoilla
  - Liimatulla vanerilla
- DIN EN1995-1-1/NA standardissa on esitetty vahvistettujen lovien menetelmä (s.45 - 60)
- Lisäksi eri ruuvivalmistajilta löytyy ohjeita vahvistusten mitoittamiseen (SFS Intec, Würth, jne)

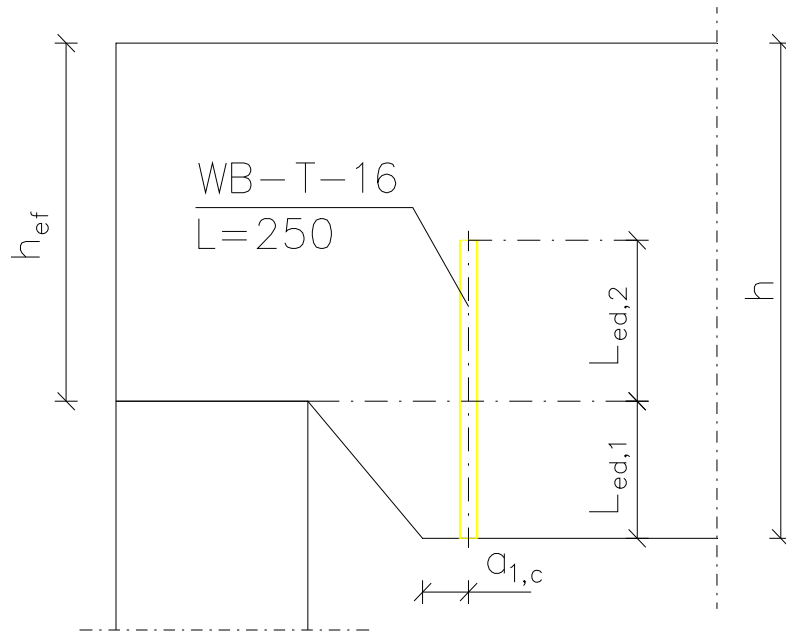
# Lovet

DIN EN1995-1-1/NA:2013-08



# Lovet

## SFS Intec WB-T (DIN EN1995-1-1/NA:2013-08)



### Load-bearing capacities of the WB threaded rod

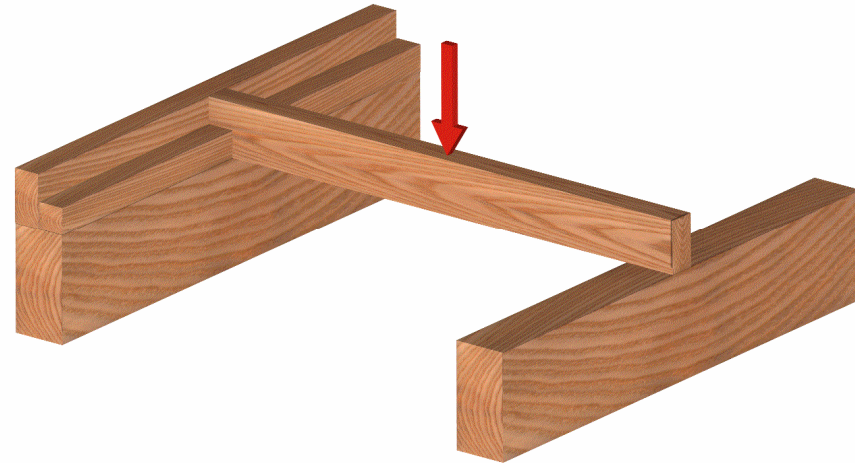
For  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$  and  $k_{mod} = 0.9$

Other gross densities or modification factors:  $R'_{ax,d} = R_{ax,d} \cdot k_F \cdot k_M$

	WB-T-16	WB-T-20
$l_{ef}$	$R_{ax,d}$	$R_{ax,d}$
100 mm	11.2 kN	14.0 kN
200 mm	22.4 kN	28.0 kN
300 mm	33.6 kN	42.0 kN
400 mm	44.8 kN	56.0 kN
500 mm	56.0 kN	70.0 kN
600 mm	67.2 kN	84.0 kN
700 mm	<b>beyond <math>l_{ef} = 644 \text{ mm}</math>: <math>R_{ax,d,max} = 72.38 \text{ kN}</math></b>	98.0 kN
800 mm		112.0 kN
		<b>beyond <math>l_{ef} = 808 \text{ mm}</math>: <math>R_{ax,d,max} = 113.10 \text{ kN}</math></b>

# Lovet

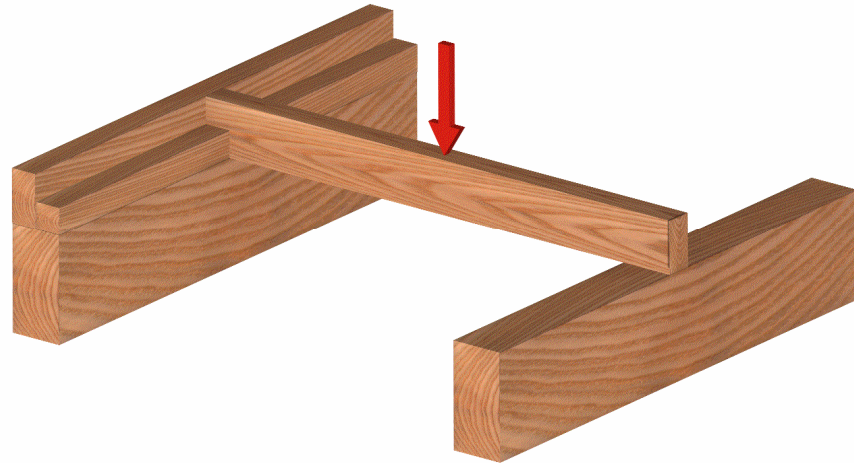
- Esimerkki: Video



<b>Taivutetun, tuelta lovetun palkin lovimurto</b>	
Kuormitusvideo:	P6_lovetun_palkin_leikkausmurto
Rakenne:	Yksiaukkoinen, vapaasti tuettu palkki
Materiaali:	Sahatavara
Poikkileikkauksen mitat:	50 mm x 100 mm
Jänneväli:	930 mm
Tukipinnan pituus:	50 mm, 100 mm
Yksityiskohdat:	Palkin toisessa päässä lovi 50 mm x 50 mm kiinnitystä varten
Kuormituksen sijainti:	455 mm loven reunasta
Kuormituspinnan pituus:	190 mm

# Lovet

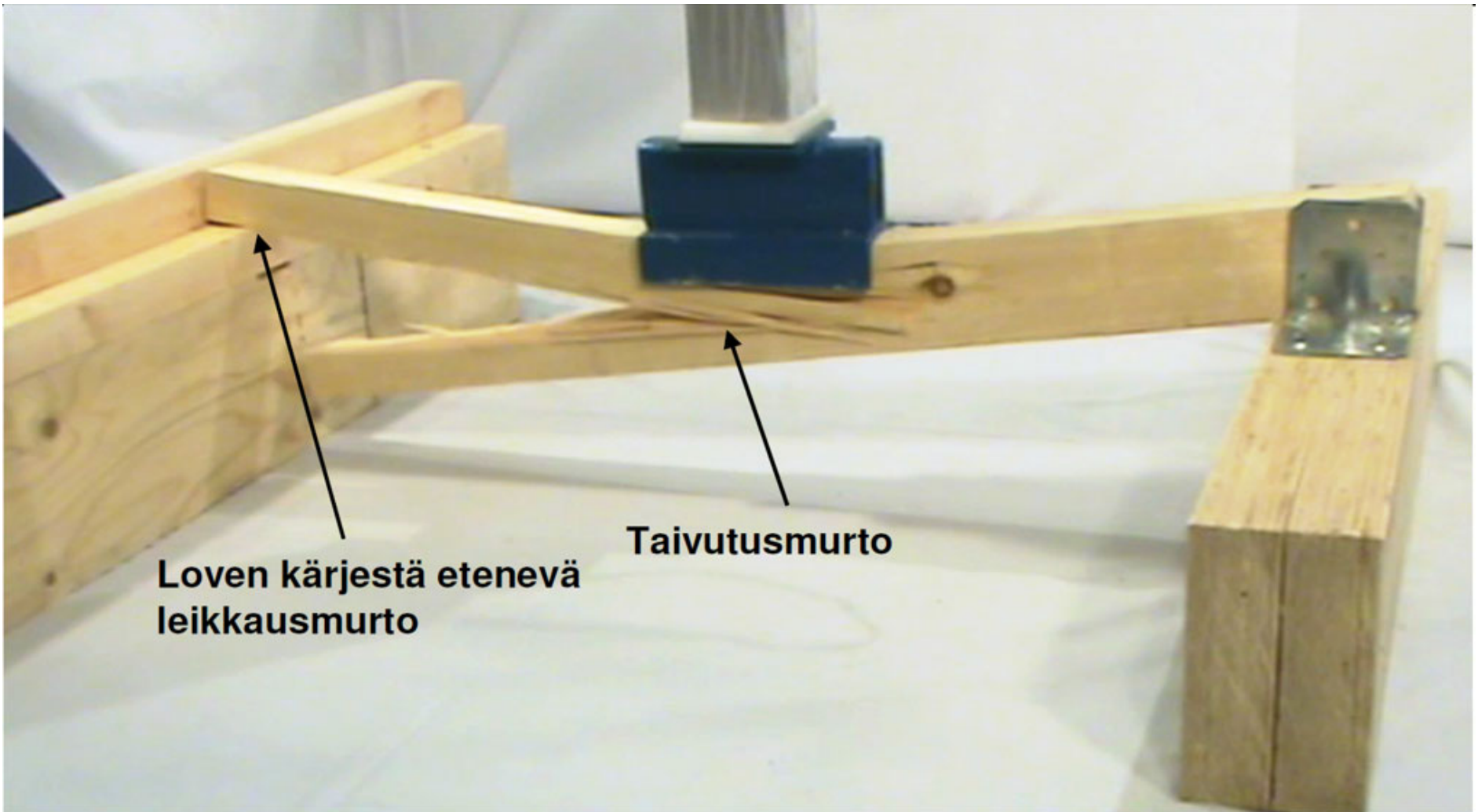
- Esimerkki: Video



Laskennallinen ominaismurtokuorma:	5,9 kN
Murtumistapa:	Leikkausmurto
Murtumisen syy:	Poikittaisen vetolujuuden ja leikkauslujuuden ylittyminen
Rakenteen vauriot:	Palkin pituussuuntainen halkeama loven nurkasta alkaen

# Lovet

- Esimerkki: Video



Kuva: Puuinfo



# Lovet

- Esimerkkilaskelmat
  - Vahvistamaton lovi + vahvistus