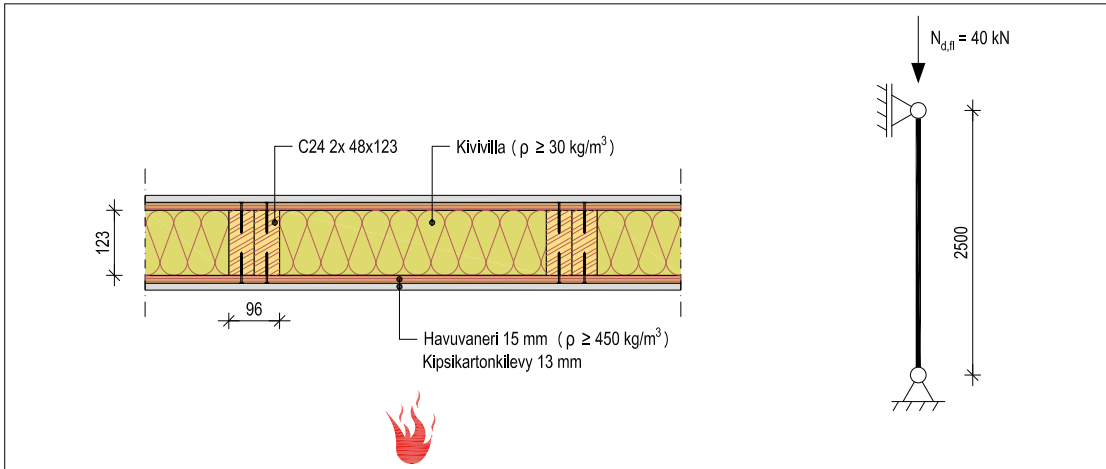


## Esimerkki 2

# LEVYSUOJATUN RANKASEINÄN PALOMITOITUS LUOKKAAN R 60



## 1 Nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltymisvaihetta ennen levyjen murtumista ei ole, koska kysymyksessä on tavallisen kipsikartonkilevyn ja puulevyn yhdistelmä.

$t_{ch}$  = hiiltymisen alkamishetki

$t_f$  = levytyksen murtumishetki

$t_{ch} = t_f = 40$  min (RIL 205-2 taulukosta)

Havuvaneri on paksumpi kuin 12 mm, joten  $t_{ch}$ - ja  $t_f$ -arvoja voidaan korottaa määrällä  $\Delta t$

$\beta_0 = 1,0$  mm/min (RIL 205-2 taulukosta, vanerille)

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{450}} = 1,0$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{15}} = 1,15$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_h = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 1,15 \text{ mm/min}$$

$d = 15$  mm (vaneri)

$$\Delta t = \frac{d - 12}{\beta_0} = \frac{15 - 12}{1,15} = 2,6 \text{ min} \approx 3,0 \text{ min}$$

$t_{ch} = t_f = 43$  min

$\beta_{n,2} = 0$  mm/min

## 2 Nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$b = 96$  mm

$b \geq 90$  mm  $\Rightarrow k_s = 1,0$  (RIL 205 taulukosta)

$k_3 = 1,0$  (RIL 205 taulukosta)

$k_n = 1,5$  (vakio)

$\beta_0 = 0,65$  mm/min (RIL 205 taulukosta, tolpalle)

$$\beta_{n3} = k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 0,98 \text{ mm/min}$$

### 3 Nimellinen hiiltemissyvyyden mitoitussarvo

$$\beta_{n2} = 0 \text{ mm/min}$$

$$t_f = 43 \text{ min}$$

$$t_{ch} = 43 \text{ min}$$

$$\beta_{n3} = 0,98$$

$$t = 60 \text{ min (tässä esimerkissä)}$$

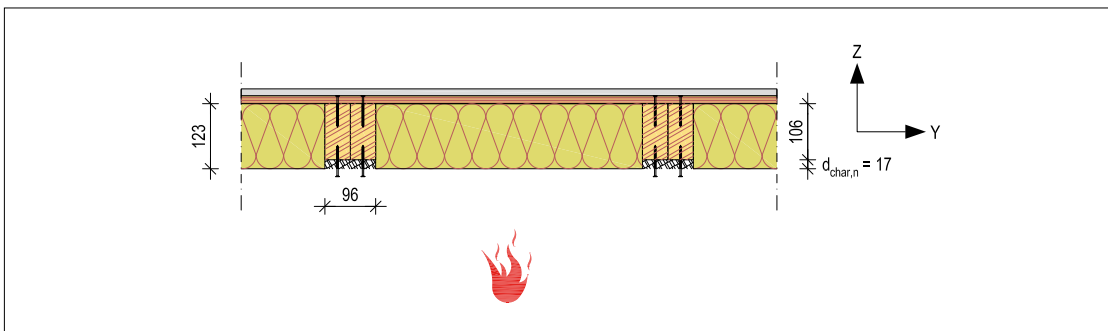
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t - t_f) = 0 \cdot (43 - 43) + 0,98 \cdot (60 - 43) = 16,7 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm}$$

### 4 Nimellinen jäännöspoikkileikkaus

Kivillä suojaa tolppien kylkiä, joten tolpat hiiltävät vain yhdestä suunnasta.

$$b_{fi} = 48 \text{ mm (yksi tolppa)}$$

$$h_{fi} = 106 \text{ mm}$$



### 5 Palotilanteen rasitukset tolpan Z-suunnassa

$$\text{Hiiltemän aiheuttama epäkeskisyys } e_{ch} = \frac{d_{char,n}}{2} = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ mm}$$

$$N_{d,fi} = 40 \text{ kN}$$

$$M_{y,ch,d,fi} = e_{ch} \cdot N_{d,fi} = 0,0085 \cdot 40 = 0,34 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d,fi} = 0,34 \text{ kNm}$$

Tolppia on 2 kpl rinnakkain, joten yhden tolpan rasitukset ovat

$$N_{d,fi} = 20 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,fi} = 0,17 \text{ kNm}$$

## 6 Tolpan materiaaliominaisuudet

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$f_{c,0,20} = k_{fi} \cdot f_{c,0,k} = 1,25 \cdot 21 = 26,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{17}{123} = 0,14$$

$$k_{mod,c,fi} = 0,45 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu})$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{c,0,d,fi} = \frac{k_{mod,c,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{c,0,20} = \frac{0,45}{1,0} \cdot 26,25 = 11,81 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3 = \left(\frac{150}{123}\right)^{0,2} = 1,04 \leq 1,3 \Rightarrow 1,04$$

$$f_{m,k} = k_h \cdot f_{m,k} = 1,04 \cdot 24 = 24,96 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{fi} = 1,25 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,25 \cdot 24,96 = 31,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{17}{123} = 0,14$$

$$k_{mod,fm,fi} = 0,45 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu, palo puristetulla puolella})$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fm,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{0,45}{1,0} \cdot 31,20 = 14,04 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$$

## 7 Nurjahduskestävyys Z-suunnassa

$$L_{c,z,fi} = 1,0 \cdot L = 1,0 \cdot 2500 = 2500 \text{ mm}$$

$$I_{y,fi} = \frac{b_{fi} \cdot h_{fi}^3}{12} = \frac{48 \cdot 106^3}{12} = 4,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 48 \cdot 106 = 5088 \text{ mm}^2$$

$$i_{y,fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{4,76 \cdot 10^6}{5088}} = 30,59 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,fi} = \frac{L_{c,z,fi}}{i_{y,fi}} = \frac{2500}{30,59} = 81,73$$

$$\lambda_{rel,y,fi} = \frac{\lambda_{y,fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{81,73}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,39$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$k_{y,fi} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,y,fi}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,39 - 0,3) + 1,39^2) = 1,58$$

$$k_{c,y,fi} = \frac{1}{k_{y,fi} + \sqrt{k_{y,fi}^2 - \lambda_{rel,y,fi}^2}} \leq 1 = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,39^2}} = 0,43 \leq 1 \Rightarrow 0,43$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{fi}} = \frac{20000}{5088} = 3,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{y,d,fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 0,17 \cdot 10^6}{48 \cdot 106^2} = 1,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1 = \frac{3,93}{0,43 \cdot 11,81} + \frac{1,89}{14,04} = 0,91 < 1 \quad (91 \% \text{ OK kestä})$$

## 8 Kiepahduskestävyys

Palotilanteessa tolppien puristettu reuna on tukematon.

$$\ell_{ef,fi} = 1,0 \cdot L + 2 \cdot h_{fi} = 1,0 \cdot 2500 + 2 \cdot 106 = 2712 \text{ mm}$$

$$c = 0,78$$

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{c \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot \ell_{ef,fi}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 48^2}{106 \cdot 2712} \cdot 7400 = 46,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_{fi} \cdot f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}} = \sqrt{\frac{1,04 \cdot 24}{46,26}} = 0,73$$

$$k_{crit,fi} = 1,0 \quad (\lambda_{rel,m,fi} \leq 0,75) \Rightarrow \text{Tolppa ei ole kiepahdusaltis}$$

## 9 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska tolpan poikkileikkaus on suorakaide.

## 10 Tukipainekestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

## 11 Taipuma

Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa, ellei siitä ole vaaraa muille rakenteille ja rakenteiden palosuojauksille.

## 12 Yhteenveto

Rankaseinä täyttää vaatimuksen R 60, kun rankojen nurjahtaminen Y-suunnassa on estetty palon vastaisen puolen levytyksellä.