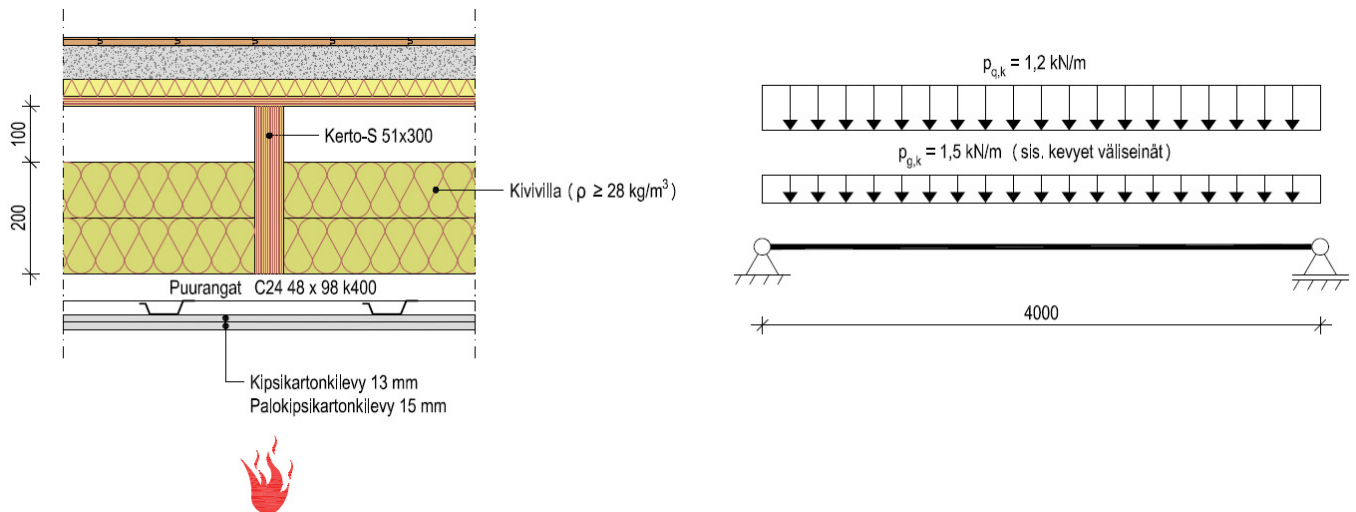


ESIMERKKI 3

Levysuojatun palkkivälipohjan palomitoitus luokkaan R 60



1 Palotilanteen kuormitus

$\psi_2 = 0,3$ (tässä esimerkissä muuttuva kuorma on hyötykuorma)

$$p_{fi} = p_{g,k} + \psi_2 \cdot p_{q,k} = 1,5 + 0,3 \cdot 1,2 = 1,86 \text{ kN/m}$$

2 Ontelon korkeus

$$\frac{h_{ontelo}}{h_{palkki}} \leq 0,6 \Rightarrow \frac{100}{300} = 0,33 \leq 0,6$$

Ontelon korkeus täyttää vaatimuksen

3 Nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltyminen alkaa ennen levytyksen murtumista, koska levytyksessä käytetään palokipsilevyä.

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$k_s = 1,22 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu)}$$

$$k_2 = 0,85 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$k_n = 1,5 \text{ (mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio)}$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min (RIL 205-2 taulukosta, LVL:lle)}$$

$$\beta_{n2} = k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,22 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 1,01 \text{ mm/min}$$

4 Nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$k_s = 1,22 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu)}$$

$$k_3 = 5,0 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, eristeet kannatettu puurangoilla)}$$

$$k_n = 1,5 \text{ (mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio)}$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min (RIL 205-2 taulukosta, LVL:lle)}$$

$$\beta_{n3} = k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,22 \cdot 5,0 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 5,95 \text{ mm/min}$$

5 Nimellinen hiiltymissyvyyden mitoitussarvo

$$\beta_{n2} = 1,01 \text{ mm/min}$$

$$t_f = 45 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

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

$$\beta_{n3} = 5,95 \text{ mm/min}$$

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

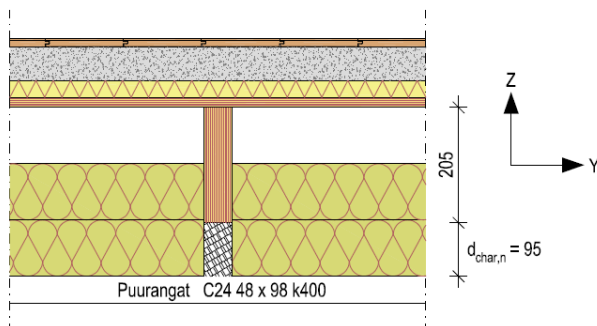
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t - t_f) = 1,01 \cdot (45 - 40) + 5,95 \cdot (60 - 45) = 94,3 \text{ mm} \approx 95 \text{ mm}$$

6 Nimellinen jäännöspoikkileikkaus

Kivivilla suojaa palkkien kylkiä, joten palkit hiiltyvät vain yhdestä suunnasta.

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

$$h_{fi} = 205 \text{ mm}$$



7 Palkin materiaaliominaisuudet

$$f_{m,k} = 44,0 \text{ N/mm}^2$$

Palkin korkeus on 300 mm, joten $k_h = 1,0$

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

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,1 \cdot 44,0 = 48,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{d_{char,n}}{h} = \frac{95}{300} = 0,3$$

$$k_{mod,fi} = 0,69 \text{ (RIL 205-2 taulukosta, interpoloitu, palo vedetyllä puolella)}$$

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

$$f_{m,d,fi} = \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} \cdot f_{m,20} = \frac{0,69}{1,0} \cdot 48,4 = 33,4 \text{ N/mm}^2$$

8 Taivutuskestävyys

$$M_{fi,max} = \frac{p_{fi} \cdot L^2}{8} = \frac{1,86 \cdot 4^2}{8} = 3,7 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 3,7 \cdot 10^6}{51 \cdot 205^2} = 10,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq f_{m,d,fi} \Rightarrow 10,4 \text{ N/mm}^2 < 33,4 \text{ N/mm}^2 \quad (31 \% \text{ OK kestä})$$

9 Kiepahduskestävyys

Palkin puristettu reuna on kiepahdustuettu palon vastaisen puolen levytyksellä koko palonkestoajan.

10 Leikkauskestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa, koska tolpan poikkileikkaus on suorakaide.

11 Tukipainekestävyys

Ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

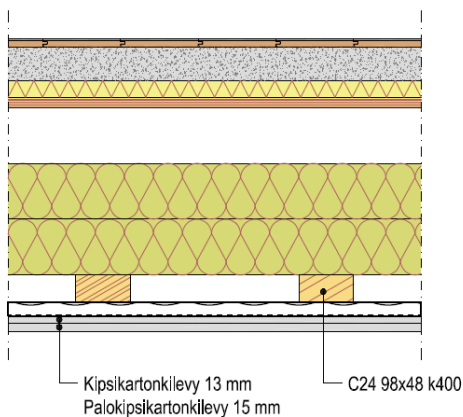
12 Taipuma

Taipumaa ei yleensä tarvitse tarkastaa palotilanteessa ellei taipumasta ole vaaraa rakenteiden osastoivuudelle ja palosuojauksille.

13 Ontelon palosuojavillojen kannatusrangat

Ontelon villat kannatetaan palkiston alapinnassa olevilla puurangoilla koko palonkestoajan. Villojen kannatus akustisilla jousirangoilla ei ole yleensä järkevää, koska niiden kiinnitysruuvien tulee yltää hiiltymättömään palkin osaan. Tällöin kiinnitysruuveista tulee yleensä erittäin pitkiä.

Mitoitetaan tämän esimerkin välipohjan villojen kannatukseen käytettävien puurankojen koko ja näiden kiinnitysruuvien pituus. Puurangat ovat sahatavaraa ja ne altistuvat palolle kolmelta sivulta.



14 Kannatusrankojen nimellinen hiiltymisnopeus ennen levyjen murtumista

Hiiltyminen alkaa ennen levytyksen murtumista, koska levytyksessä käytetään palokipsilevyä.

$$k_2 = 0,85 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, sahatavaralle})$$

$$\beta_{n2} = k_2 \cdot \beta_n = 0,85 \cdot 0,80 = 0,68 \text{ mm/min}$$

15 Kannatusrankojen nimellinen hiiltymisnopeus levyjen murtumisen jälkeen

$$k_3 = 2,0 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta, sahatavaralle})$$

$$\beta_{n3} = k_3 \cdot \beta_n = 2,0 \cdot 0,80 = 1,6 \text{ mm/min}$$

16 Kannatusrankojen tehollisen hiiltymissyvyyden mitoitusarvo

Mitoitus tehdään eristeettömän ontelon menetelmällä.

$$t_f = 45 \text{ min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$t_{ch} = 40 \text{ min} \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

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

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (45 - 40) \cdot 0,85 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,80} + 45 = 58,5 \text{ min}$$

t_a = aika, jolloin hiiltyminen on edennyt 25 mm:n syvyyteen ja hiiltymisnopeus palautuu normaaliksi

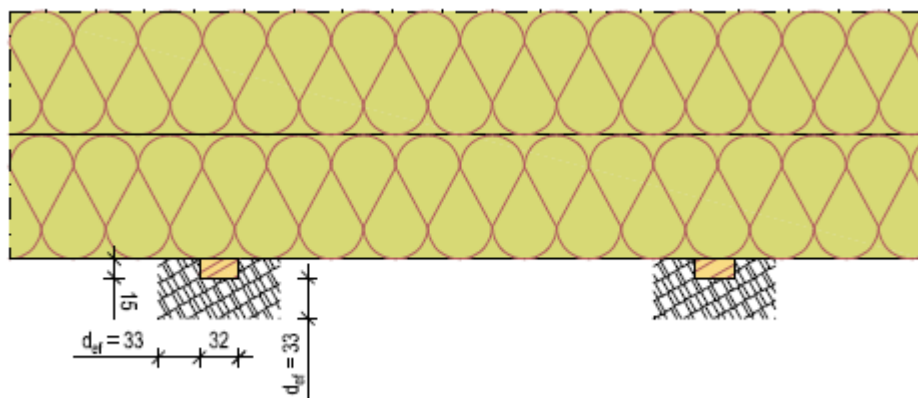
$$d_{char,n} = \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t_a - t_f) + \beta_n \cdot (t - t_a)$$

$$d_{char,n} = 0,68 \cdot (45 - 40) + 1,6 \cdot (58,5 - 45) + 0,8 \cdot (60 - 58,5) = 26,2 \text{ mm} \approx 26 \text{ mm}$$

$$t_{ch} > 20 \text{ min ja } t > t_{ch} \Rightarrow k_0 = 1,0 \quad (\text{RIL 205-2 taulukosta})$$

$$d_0 = 7,0 \text{ mm} \quad (\text{vakio})$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 26 + 1,0 \cdot 7,0 = 33 \text{ mm}$$



17 Kannatusrankojen kestävyys

Kannatusrangat C24 98x48 k400.

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

$$k_h = \left(\frac{150}{h_{fi}} \right)^{0,2} \leq 1,3 = \left(\frac{150}{15} \right)^{0,2} = 1,58 > 1,3 \Rightarrow 1,3$$

$$k_{fi} = 1,25 \text{ (taulukosta)}$$

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot k_h \cdot f_{m,k} = 1,25 \cdot 1,3 \cdot 24 = 39,0 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

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

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{m,20}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot \frac{39,0}{1,0} = 39,0 \text{ N/mm}^2$$

$$b_{fi} = 32 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = 15 \text{ mm}$$

$$p_{g,k,villa} = 0,055 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,4 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}$$

$$p_{g,k,ranka} = 0,048 \text{ m} \cdot 0,098 \text{ m} \cdot 5 \text{ kN/m}^3 = 0,02 \text{ kN/m}$$

$$L_{ranka} = 600 \text{ mm}$$

$$M_{y,d,fi} = \frac{(0,02 + 0,02) \cdot 0,6^2}{8} = 0,002 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{6 \cdot M_{y,d,fi}}{b_{fi} \cdot h_{fi}^2} = \frac{6 \cdot 0,002 \cdot 10^6}{32 \cdot 15^2} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} \leq f_{m,d,fi} \Rightarrow 1,7 \text{ N/mm}^2 < 39,0 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste 4 % OK kestää

18 Jousirankojen liittimien pituus

Jousirangat kiinnitetään villojen kannatusrankoihin C24 98x48 k400.

$$l_{a,min} = 10 \text{ mm} \text{ (liittimen tunkeuman vähimmäisarvo hiiltymättömään puuhun)}$$

$$t_s = 0,6 \text{ mm} \text{ (jousirangan materiaalipaksuus)}$$

$$k_2 = 0,85 \text{ (kannatusrangan hiiltymisnopeuskerroin)}$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min} \text{ (kannatusrangan nimellinen hiiltymisnopeus)}$$

$$t_f = 45 \text{ min} \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

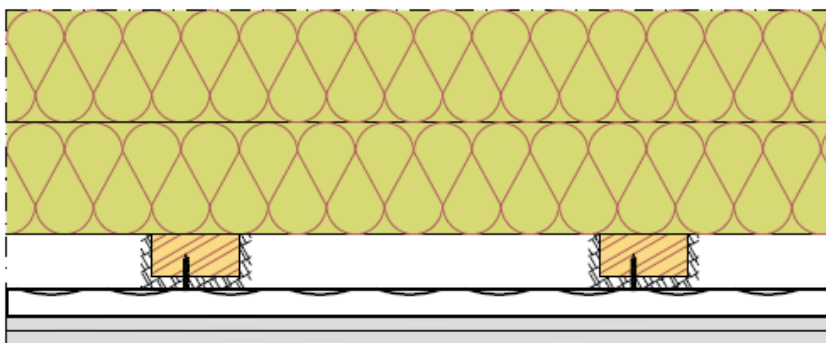
$$t_{ch} = 40 \text{ min} \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$t_{ch} > 20 \text{ min ja } t > t_{ch} \Rightarrow k_0 = 1,0 \text{ (RIL 205-2 taulukosta)}$$

$$d_0 = 7,0 \text{ mm} \text{ (vakio)}$$

Liittimen vähimmäispituus

$$l_f = l_{a,min} + t_s + k_2 \cdot \beta_n \cdot (t_f - t_{ch}) + k_0 \cdot d_0 = 10 + 0,6 + 0,85 \cdot 0,8 \cdot (45 - 40) + 1,0 \cdot 7 = 21 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm (käytännössä)}$$



19 Villojen kannatusrankojen liittimien vähimmäispituus

Villojen kannatusrangat kiinnitetään palkkeihin Kerto-S 51x300 k600.

$l_{a,min} = 10 \text{ mm}$ (liittimen tunkeuman vähimmäisarvo hiiltymättömään puuhun)

$h_s = 48 \text{ mm}$ (kannatusrangan korkeus)

$k_2 = 0,85$ (palkin hiiltymisnopeuskerroin)

$k_3 = 5$ (palkin hiiltymisnopeuskerroin)

$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$ (palkin nimellinen hiiltymisnopeus)

$t_f = 45 \text{ min}$ (RIL 205-2 taulukosta)

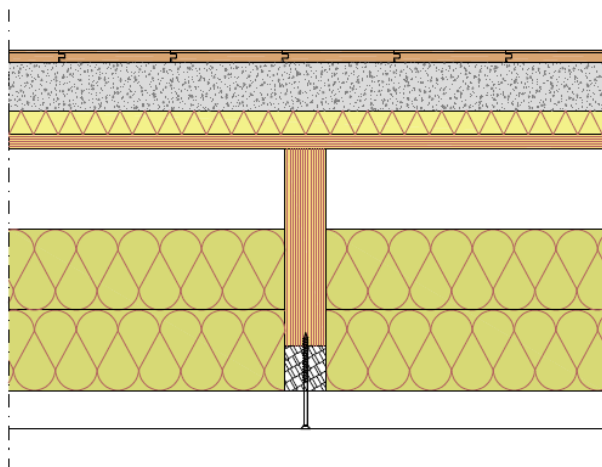
$t_{ch} = 40 \text{ min}$ (RIL 205-2 taulukosta)

$t_{pf} = 60 \text{ min}$ (kannatusrangan irtoamishetki)

Liittimen vähimmäispituus

$l_f = l_{a,min} + h_s + k_2 \cdot \beta_n \cdot (t_f - t_{ch}) + k_3 \cdot \beta_n \cdot (t_{pf} - t_f)$ ehto $\geq l_{a,min} + h_s$

$l_f = 10 + 48 + 0,85 \cdot 0,7 \cdot (45 - 40) + 5 \cdot 0,7 \cdot (60 - 45) = 113 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$ ehto $\geq 10 + 48 = 58 \text{ mm OK}$



20 Yhteenveto

Välipohjan palkisto täyttää vaatimuksen R 60, kun palkkien kiepahtaminen on estetty palon vastaisen puolen levytyksellä.

Kivillalevyjen kannatusrangat C24 98x48 k400 ovat riittävät, koska 60 min palon jälkeen rangen tehollinen poikkileikkaus on 32x15, joka kantaa kivillalevyt ajanhetkellä 60 min.

Käytännön toteutusratkaisuissa on suositeltavaa käyttää alakatossa 15 mm + 15 mm palokipsilevytystä, jolloin puurakenteet on palosuojattu 60 minuutin ajan. Tällöin puurakenteissa ei tapahdu hiiltymää 60 minuutin palonkestoajan, jolloin alakaton koolauksena voidaan käyttää tavallista lautta.