

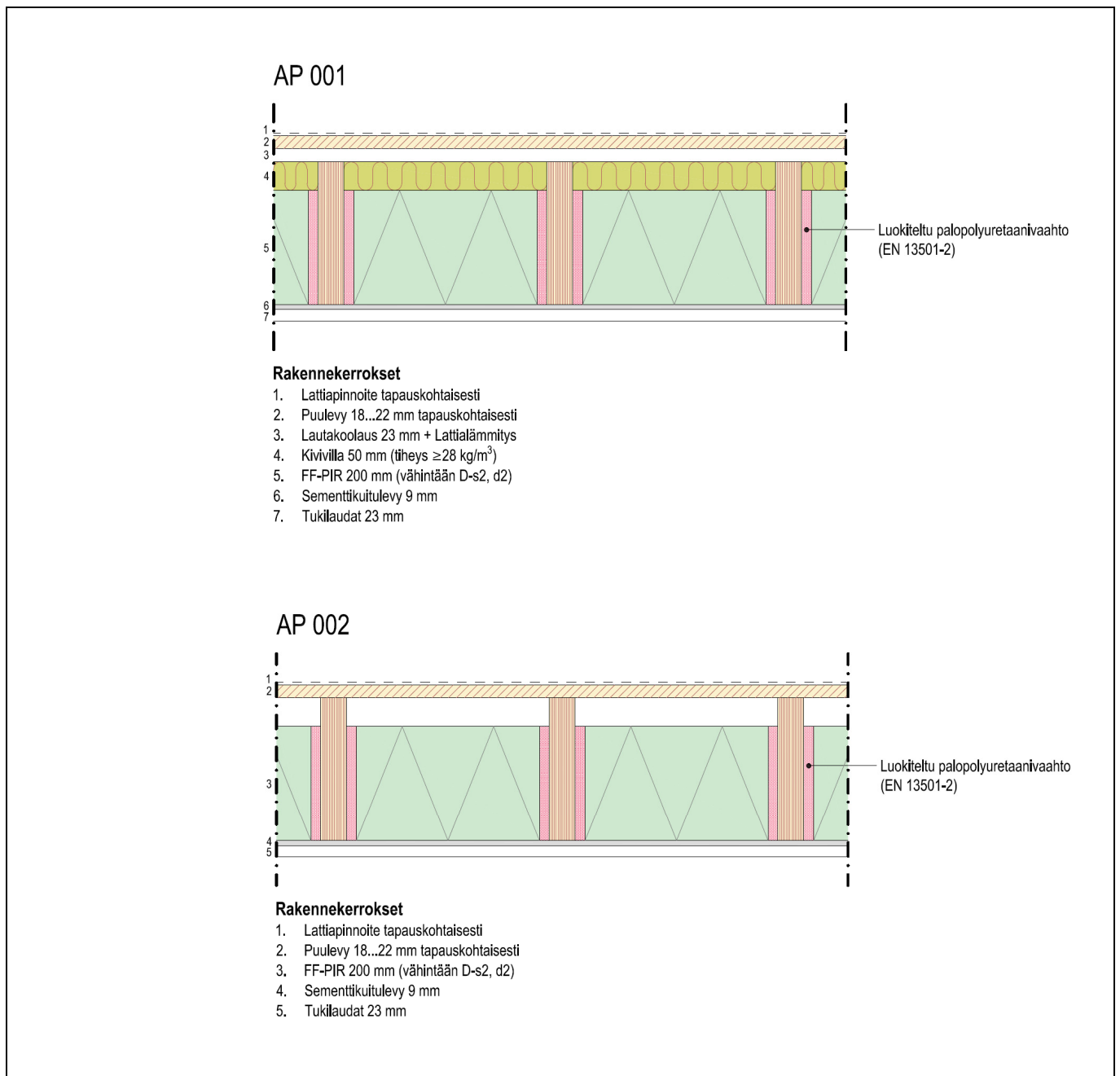
FF-PIR LÄMMÖNERISTEIDEN KÄYTTÖ PUUPALKKIRAKENTEISESSA ALAPOHJASSA

1 Yleistä

Tässä ohjeessa käsitellään puurakenteisen tuulettuvan alapohjan (rossipohja) paloteknistä suunnittelua. Alapohjassa käytetään FF-PIR lämmöneristeitä, joiden eristävä osa ja pinnat ovat D-s1, d0-luokkaa. Tässä ohjeessa esitetty FF-PIR lämmöneristeiden käyttö kantavien rakenteiden paloteknisessä mitoituksessa perustuu KK-Palokonsultti Oy:n laatimaan lausuntoon (ks. lähde /1/). Lisätietoja FF-PIR lämmöneristeiden paloteknisistä ominaisuuksista antaa Finnfoam Oy.

2 Tarkasteltavat alapohjat

Tässä ohjeessa käsitellään alapohjatyyppejä AP001 ja AP002, joissa käytetään D-s1, d0-luokan FF-PIR lämmöneristeitä (ks. kuva 1). Palotekninen tarkastelu on rajattu kyseisten alapohjien osastoivuuteen ja palotilanteen kantavuuteen rakennuksen sisäpuolisessa palossa.



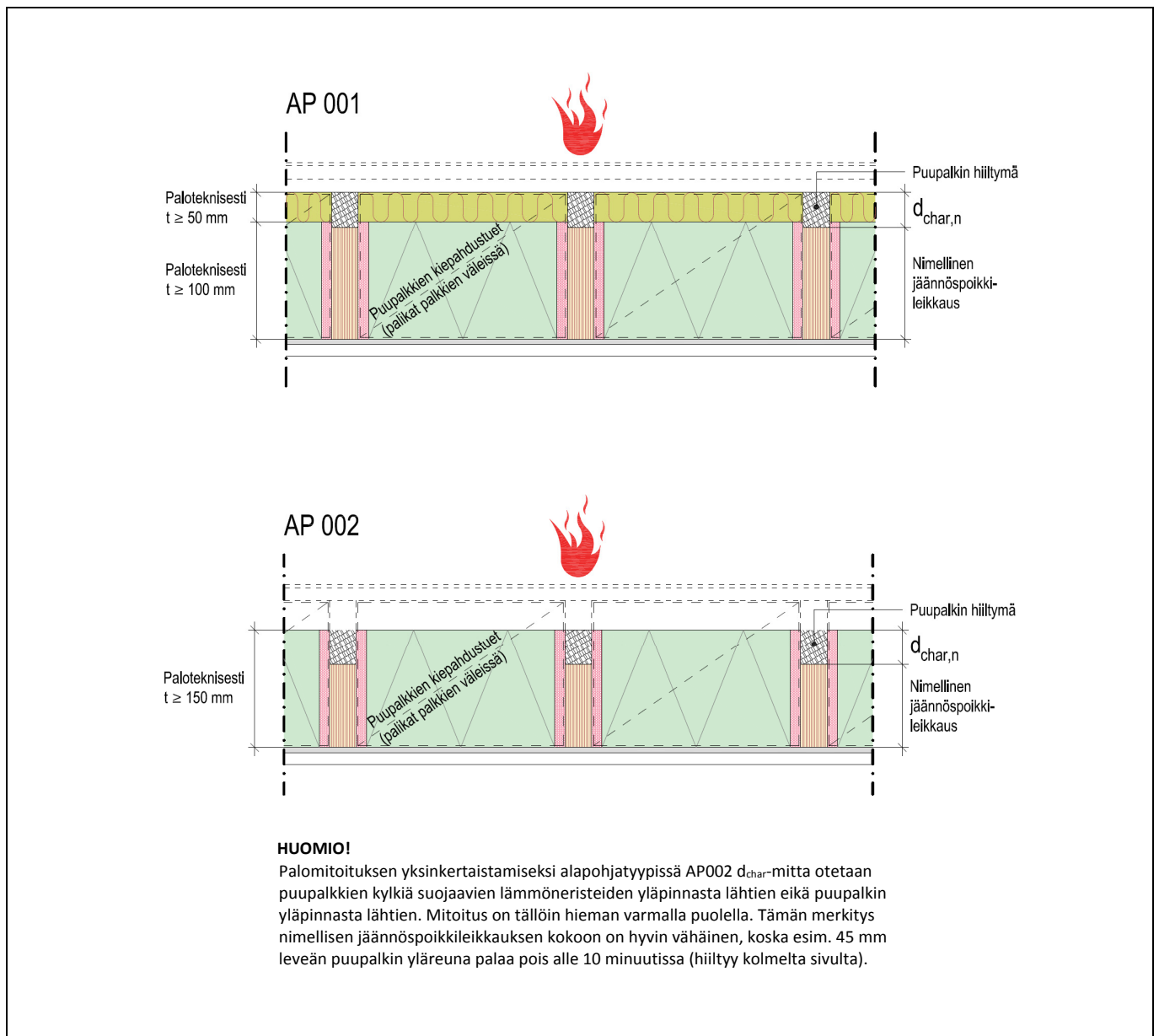
Kuva 1. Tarkasteltavat alapohjatyyppit.

3 Rakennuksen sisäpuolinen palo

Kohdassa 2 esitetyt alapohjatyyppit AP001 ja AP002 käyttäytyvät rakennuksen sisäpuolisessa palossa kuvassa 2 esitetyn periaatteen mukaisesti, kun puupalkkien väleissä olevat lämmöneristeet suojaavat puupalkkien kylkiä palolta. Tällöin puupalkit hiiltyvät vain yläpinnastaan. Finnfoam Oy:n KK-Palokonsultti Oy:llä teettämän lausunnon (ks. lähde /1/) mukaan FF-PIR lämmöneristeitä voidaan käyttää puupalkkien kylkien palosuojaamiseen, kun FF-PIR lämmöneristeet on tiivistetty puupalkkeja vasten luokitellulla palopolyuretaanivaahdolla (EN 13501-2). FF-PIR lämmöneristeiden ja kivivillalevyn vähimmäispaksuus paloteknisestä näkökulmasta on esitetty kuvassa 2.

Alapohjatyyppin AP001 ontelossa käytetään ääniteknisistä syistä mineraalivillalevyä. Mikäli kyseinen villa on kivivillalevy, jonka tiheys $\geq 28 \text{ kg/m}^3$, voidaan villalevy hyödyntää puupalkkien kylkien palosuojaukseen, kun kyseiset villalevyt asennetaan tiiviisti puupalkkien kylkiä vasten.

Rakennesuunnittelija mitoittaa alapohjan kantavan rungon vaadittuun R-luokkaan. Mikäli puupalkit ovat kiepahdusalttiita, tulee suunnitella kiepahdustuentasysteemi, joka on toimintakykyinen koko vaaditun palonkestoajan. Puupalkkien kiepahdustukina voidaan käyttää esimerkiksi puupalkkien materiaalista valmistettuja palikoita, jotka asennetaan puupalkkien väleihin. Kyseiset palikat asennetaan tiiviisti puupalkkeja vasten ja kiinnitetään siten, että ne välittävät kiepahdustavoimat jäykisteille. FF-PIR lämmöneristeet tiivistetään luokitellulla palopolyuretaanivaahdolla (EN 13501-2) kiepahdustukipalikoita vasten (kuten puupalkit). Myös kivivillalevyt asennetaan tiiviisti kyseisten palikoiden kylkiä vasten, mikäli kivivilla hyödynnetään palomitoituksessa. Tällöin kyseiset palikat hiiltyvät vain yläpinnastaan ja ne toimivat puupalkkien kiepahdustukina koko vaaditun palonkestoajan.



Kuva 2. Tarkasteltavien alapohjatyyppien käyttäytyminen rakennuksen sisäpuolisessa palossa.

4 Esimerkkilaskelma

Määritetään kohdassa 2 esitettyjen alapohjatyypin AP001 ja AP002 Kerto-S-palkkien nimellisen hiiltemissyvyyden mitoitusarvo $d_{char,n}$. Mitoitusmenetelmänä käytetään eurokoodi 5:n mukaista nimellisen jäännöspoikkileikkauksen menetelmää. Mitoituksessa käytetään ohjeessa RIL 205-2-2019 esitettyjä parametreja. Kyseisellä mitoitusmenetelmällä voidaan tarkastella mitä tahansa puupalkkia, jonka hiiltemisnopeus β_0 tunnetaan.

Tapauksessa, jossa lämmöneristeet suojaavat puupalkkien kylkiä palolta, saadaan nimellisen jäännöspoikkileikkauksen korkeus vähentämällä mitta $d_{char,n}$ puupalkkien kylkien palosuojaukseen käytettävien lämmöneristeiden yläpinnasta lähtien (ks. kuva 2).

Rakennesuunnittelija tarkastelee laskelmilla puupalkin nimellisen jäännöspoikkileikkauksen kestävyden ja stabiiliiteetin. Lisäksi rakennesuunnittelijan tulee tarkastella puupalkin nimellisen jäännöspoikkileikkauksen taipuma, mikäli taipumasta on haittaa osastoiville rakennusosille ja rakennusosien palosuojauksille.

4.1 Lämmöneristeiden paksuus paloteknisestä näkökulmasta (ks. lähde /1/)

AP001:

- FF-PIR lämmöneriste 200 mm \geq vaatimus 100 mm \rightarrow OK
- Kivivillalevy 50 mm (tiheys \geq 28 kg/m³) \geq vaatimus 50 mm \rightarrow OK

AP002:

- FF-PIR lämmöneriste 200 mm \geq vaatimus 150 mm \rightarrow OK

4.2 Kerto-S-palkin yksidimensionaalinen hiiltemisnopeus

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta, LVL})$$

4.3 Palonkesto aika

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

4.4 Kerto-S-palkin nimellinen hiiltemisnopeus ennen puulevytyksen murtumista

Tarkastellaan alapohjaa, jossa käytetään 22 mm paksua P6-luokan lastulevyä. Kerto-S-palkkien hiiltemisvaihetta ennen lastulevytyksen murtumista ei ole, koska kysymyksessä on tavallisen puulevy.

$$t_{ch} = t_f$$

$$\beta_{n,2} = 0 \text{ mm/min} \quad (t_{ch} \leq t \leq t_f)$$

Määritetään lastulevyn murtumishetki t_f

$$h_p = 22 \text{ mm} \quad (\text{lastulevyn paksuus})$$

$$\rho_k = 550 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{lastulevyn ominaistiheys})$$

$$\beta_0 = 0,9 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta, muu puulevy})$$

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{550}} = 0,9$$

$$k_h = 1,0 \quad (\text{levyn paksuus } h_p \geq 20 \text{ mm})$$

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ mm/min}$$

$$t_f = t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_{0,p,t}} - 4 = \frac{22}{0,8} - 4 = 24 \text{ min}$$

4.5 Kerto-S-palkin nimellinen hiiltymisnopeus puulevytyksen murtumisen jälkeen

$$\begin{aligned}
 b &= 45 \text{ mm} \quad (\text{Kerto-S-palkin leveys}) \\
 k_s &= 1,3 \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta}) \\
 k_3 &= 0,036 \cdot t_f + 1 = 0,036 \cdot 24 + 1 = 1,86 \quad (t_f \leq t \leq t_a) \\
 k_n &= 1,5 \quad (\text{mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio}) \\
 \beta_0 &= 0,65 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta, LVL}) \\
 \beta_{n3} &= k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,3 \cdot 1,86 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 2,4 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

4.6 Kerto-S-palkin nimellinen hiiltymisnopeus 25 mm:n hiiltymissyvyyden jälkeen

$$\begin{aligned}
 b &= 45 \text{ mm} \quad (\text{Kerto-S-palkin leveys}) \\
 k_s &= 1,3 \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta}) \\
 k_3 &= 1,0 \quad (t > t_a) \\
 k_n &= 1,5 \quad (\text{mitoitusmenetelmään sisältyvä vakio}) \\
 \beta_0 &= 0,65 \text{ mm/min} \quad (\text{RIL 205-2-2019 taulukosta, LVL}) \\
 \beta_{n3} &= k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0 = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,65 = 1,3 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

4.7 Kerto-S-palkin nimellisen hiiltymissyvyyden mitoitusarvo

$$\begin{aligned}
 \beta_{n2} &= 0 \text{ mm/min} \quad (\text{hiiltymisnopeus ennen levytyksen murtumista}) \\
 \beta_{n3} &= 2,4 \text{ mm/min} \quad (\text{hiiltymisnopeus levytyksen murtumisen jälkeen 25 mm:n hiiltymissyvyyteen saakka}) \\
 \beta_{n3} &= 1,3 \text{ mm/min} \quad (\text{hiiltymisnopeus 25 mm:n hiiltymissyvyyden jälkeen}) \\
 t_f &= 24 \text{ min} \quad (\text{levytyksen murtumishetki}) \\
 t_{ch} &= 24 \text{ min} \quad (\text{puupalkin hiiltymisen alkamishetki}) \\
 t_a &= \frac{25}{k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0} + t_f = \frac{25}{1,3 \cdot 1,86 \cdot 1,5 \cdot 0,65} + 24 = 35 \text{ min} \\
 t_a &= \text{aika, jolloin hiiltyminen on edennyt 25 mm:n syvyyteen ja hiiltymisnopeus palautuu normaaliksi} \\
 t &= 60 \text{ min} \quad (\text{tässä esimerkissä}) \\
 d_{char,n} &= \beta_{n2} \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} \cdot (t_a - t_f) + \beta_{n3} \cdot (t - t_a) = 0 \cdot (24 - 24) + 2,4 \cdot (35 - 24) + 1,3 \cdot (60 - 35) = 59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.8 Alapohjan osastoivuus rakennuksen sisäpuolisessa palossa (ks. lähde /1/)

Alapohjan osastoivuus rakennuksen sisäpuolisessa palossa luokkaan EI 60 toteutuu, koska alapohjatyypeissä AP001 ja AP002 käytetään vähimmäisvaatimuksien mukaisia levytyksiä ja lämmöneristekerroksien paksuuksia sekä alapohjan kantava runko palomitoitetaan rakennesuunnittelijan toimesta luokkaan R 60.

Lähteet

- /1/ FF-PIR lämmöneristeen hiiltyminen ja toimiminen osastoivan rakenteen osana, KK-Palokonsultti Oy, 17.2.2020.
 /2/ RIL 205-2-2019 Puurakenteiden palomitoitus.

Ohjeen käyttäjän vastuu

Tämä ohjeen tekijä ei vastaa ohjeen mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuneista vahingoista ohjeen käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Ohjeen käyttäjä käyttää ohjetta omalla vastuulla ja on itse vastuussa voimassa olevien määräysten ja mitoitusten menetelmien käytöstä sekä laskelmien oikeellisuudesta.