

PALOSUOJAUSOPAS PUU



PAROC[®]

SISÄLTÖ:

1) Määrittele tarvittava palonkesto-aika	3
2) Määrittele suojaustapa.....	3
a) Suojaamaton puu – massiivipuurakenteet	3
b) Palolta suojattu puu.....	4
c) Puurakenteiden suojaus osaksi palonkesto-aikaa.....	4
3) Kantavat massiiviset puurakenteet, palonkestävyys (R).....	5
a) Suojaamattomat massiiviset ja palosuojatut palkit ja pilarit ..	5
b) Palolta suojatut palkit ja pilarit	5
c) Kivivillalla eristetyt kantavat seinä- ja lattiarakenteet.....	7
d) Kivivillalla eristetyt yläpohjarakenteet.....	9
4) Osastoivat seinärakenteet, tiiveys (E) ja eristävyys (I)	11
5) Suojaverhous K₂.....	15
6) PAROC-ratkaisuja	16
Ulkoseinät.....	16
Väliseinät	16
Yläpohjat	17
Välipohjat	19
Savupiiput	20
Asentaminen	21

PALOSUOJAUSOPAS / KEVYET JA KANTAVAT PUURAKENTEET

1) MÄÄRITTELE TARVITTAVA PALONKESTOAIKA

Vaikka puu luokitellaan palavaksi materiaaliksi, oikein suunniteltu puurakenne selviää tulipalossa suhteellisen hyvin. Kevyet puurakenteet suojataan yleensä palamattomilla materiaaleilla. Massiivisten puurakenteiden suojana toimii hiili.

Kun massiivipuurakenne altistuu palolle, puun pintakerros saavuttaa syttymispisteensä noin 300°C lämpötilassa, jonka jälkeen puu syttyy ja palaa nopeasti. Palaneen puun pinnalle muodostuu hiilikerros, joka menettää lujuutensa, mutta eristää puun sisäosan estäen sen liiallisen kuumenemisen. Puun hiiltymänopeus on pitkälti vakio. Se riippuu puun tiheydestä, kosteuspitoisuudesta ja paloaltituksesta.

Rakennuksen palonkestävyysvaatimukset määrittävät rakennuksen paloluokan sekä palokuorman perusteella ja ilmaistaan minuuteissa (15, 30, 45, 60, 75, 90 tai 120 minuuttia). Tarvittavat palonkestoajat löytyvät rakennusmääräyksistä ja riippuvat mm. rakennuksen korkeudesta, käyttötarkoituksesta sekä henkilömäärästä. Käytännössä palonkesto-vaatimus tarkoittaa sitä, että rakennuksen rungon on säilytettävä kantavuutensa koko palonkestoajan (ml. hiipumisvaihe). Rakennesuunnittelijan vastuulla on määrittää kunkin rakenteen käyttö- ja murtorajalämpötilat EN 1992 Eurokoodi 5 (puurakenteiden suunnittelu) perusteella.

Materiaalit testataan yleensä todellista palonkehitystä kuvaavan standardipalokäyrän mukaisesti. Standardipalokäyrän mukaisessa tulipalossa lämpötila nousee aluksi melko nopeasti ja jatkaa sitten nousuaan loputtomiin.

Palokokeen tulokset ilmaistaan aikana, jonka rakenteet kestävät ennen kuin yksi tai useampi mitattavista ominaisuuksista pettää. Mitattavia ominaisuuksia ovat:

- Kantavuus (R)
- Tiiviys (kuumien kaasujen/liekkien läpäisevyys) (E)
- Eristävyys (lämpötilan nousu) (I)

Kantaville palkeille ja pilareille asetetaan vain luokan R mukaisia kantavuusvaatimuksia. Osastoiville rakennusosille, kuten seinät ja vaakarakenteet, voidaan asettaa myös EI tai REI mukaisia kantavuus-, eristävyys- ja tiiveysvaatimuksia.

Jotta palonkestävyydesteistä ei tarvitsisi suorittaa jokaiselle rakennustuotteelle ja rakenteelle erikseen, auttavat laskentamenetelmät selvittämään lämmön aiheuttamat mekaaniset rasitukset ja arvioimaan siten betonista, teräksestä, betonin ja teräksen yhdistelmästä, puusta, tiilestä ja alumiinista valmistettujen rakenteiden palonkestävyyttä. Näitä laskentamenetelmiä on esitetty Eurokoodien palokäyttötymistä käsittelevissä osioissa.

2) MÄÄRITTELE SUOJAUSTAPA

Puurakenteiden palonkestävyyttä voidaan lisätä tehollisen poikkileikkauksen menetelmällä tai suojaamalla rakenteet palamattomilla materiaaleilla kokonaan tai osaksi palonkestoaikaa.

a) Suojaamaton puu – massiivipuorakenteet

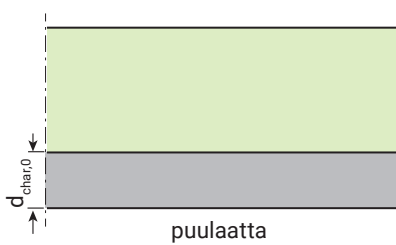
Mikäli massiivinen puurakenne on altistettava palolle osittain tai kokonaan ja eristemateriaalit eivät pysty tarjoamaan tarvittavaa palosuojaa, voidaan puurakenteista tehdä palonkestäviä suunnittelemalla niihin uhrattava puuosuus lisäämällä puurakenteen leveyttä ja/tai syvyyttä. Muulle poikkileikkaukselle käytetään normaalilämpötilan lujuus- ja jäykkyysarvoja (tehollinen poikkileikkaus).

Standardi EN1995-1-2 (2004) sisältää yksinkertaisia laskentatapoja, joilla voidaan määrittää erityyppisten puukappaleiden hiiltymänopeus ja hiiltymäsyvyys.

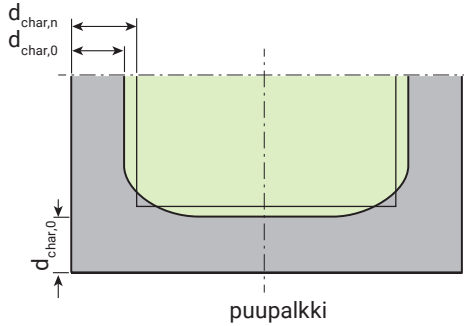
Hiiltymänopeus β tarkoittaa pehmeän puun hiiltymäsyvyyden d_{char} (mm/min) ja paloajan t (min) välistä suhdetta. Pehmeän puun hiiltymäsyvyys on esim. 0,7–0,8 mm/min.

$$\beta = \frac{d_{char}}{t}$$

Eurokoodi 5 antaa taulukoidun hiiltymänopeuden mitoitusarvot pehmeille puulajeille lajista ja tiheydestä riippumatta. Hiiltymissäännöt ovat suhteellisen riittävät yhdeltä sivulta palolle altistuville puulaatoille ja kolmelta tai neljältä sivulta altistuville suorakaidepoikkileikkauksille.



Yksidimensionaalinen hiiltymisen; hiiltymänopeus β_0



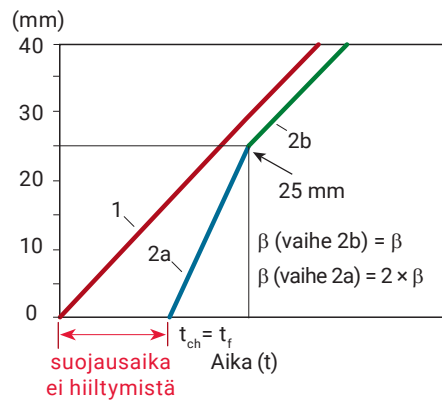
Nimellinen hiiltymisen; hiiltymänopeus β_n

b) Palolta suojattu puu

Suojaamalla puurakenteet palolta joko koko palonkestoajaksi tai vain osaksi palonkestoajaa, viivytetään puussa tapahtuvan hiiltymisen alkamisaikaa t_{ch} . Suojana toimivien palosuojalevyjen välisten rakojen ollessa suurempia kuin 2 mm, tulee myös rakojen kautta tapahtuva hiiltymisen ottaa huomioon mitoituksessa.

c) Puurakenteiden suojaus osaksi palonkestoajaa

Tässä menetelmässä puun hiiltymisen lasketaan osaksi erillistä palosuojaa. Mitoituksessa tulee tällöin huomioida puun erilaiset hiiltymänopeudet paloaltistuksen eri vaiheissa. Kun puu on suojattu levytyksellä, hiiltymisen alkaminen viivästyy. Mikäli suojaava verhous putoaa pois, hiiltymisen oletetaan tapahtuvan kaksinkertaisella nopeudella (verrattuna alun perin suojaamattoman pinnan hiiltymiseen) siihen asti, että puun hiiltymäsyvyys on 25 mm ($k_3 = 2$). Tämän hiiltymäsyvyyden jälkeen hiiltymisen jatkuu suojaamattoman puun hiiltymänopeudella.



Hiiltymäsyvyys $d_{char,0}$ tai $d_{char,n}$

Mikäli suojaava levytyys pysyy paikoillaan ja hiiltymisen alkaa suojaavan levyn takana lämpötilan nousun seurauksena (esim. tyypin F kipsilevyllä tehdyssä suojauksessa) tapahtuu hiiltymisen taulukkoarvoja hitaammin ($k_2 < 1$).

Puun palosuojaus voi pettää kahdella tavalla: suojaukseen käytetyt levyt voivat murtua kuumudessa tai suojausta paikallaan pitävät kiinnikkeet irrota suojauksen takana olevan puun hiiltyttyä. Kiinnikkeiden irtoamisen välttämiseksi kiinnikkeiden tulee upota vähintään 10 mm hiiltymättömään puuhun.

Eurokoodi 5:ssä on esitetty erilliset mitoitusmenetelmät erilaisille rakenteille:

- Palkit ja pilarit
- Eristetyt ja eristämättömät seinä- ja lattiarakenteet

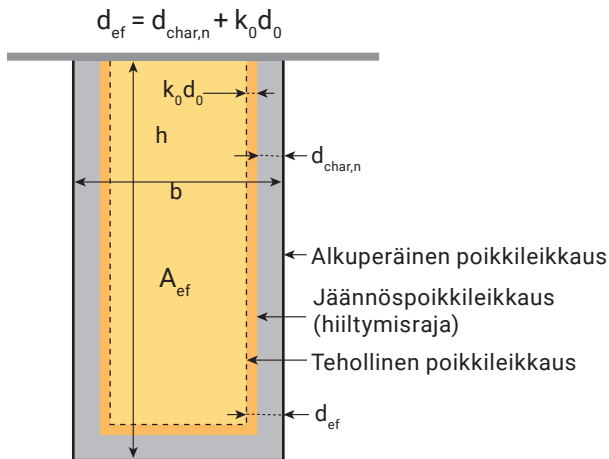
3) KANTAVAT MASSIIVISET PUURAKENTEET, PALONKESTÄVYYS (R)

Kantavat massiivipuorakenteet tulee mitoittaa kestämään paloa kaikista altistussuunnista yhtä aikaa. Mitoitusmenetelmä pätee kaikille kantavuuden palonkestoluokille (R) eikä mitoitusaikaa ole rajoitettu.

Alla on esimerkkejä kantavan palkin tai pilarin palotekniseen suunnitteluun:

a) Suojaamattomat massiiviset ja palosuojatut palkit ja pilarit

Tehollisen poikkileikkauksen menetelmässä alkupe-
räisestä poikkileikkauksesta vähennetään tehollisen
hiiltymissyvyyden d_{ef} verran kaikilta niiltä sivuilta,
jotka ovat palolle alttiina.



Suojaamaton palkki

$$d_{char,n} = \beta_n t$$

$d_{char,n}$ = nimellisen hiiltymissyvyyden mitoitusarvo,
johon sisältyy kulmapyöristysten vaikutus

β_n = nimellisen hiiltymisnopeuden mitoitusarvo,
johon sisältyy kulmapyöristysten ja halkeamien
vaikutus. Taulukkoarvo löytyy
Eurokoodi 5 taulukosta 3.1

t = palorasituksen kesto

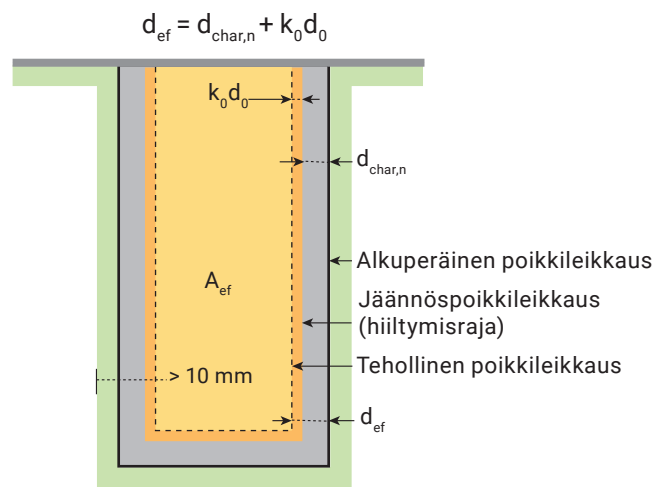
Suurakaidepoikkileikkauksen tehollinen poikki-
pinta-ala lasketaan seuraavilla kaavoilla. Saatuja
arvoja voidaan käyttää kaikilla palonkestoluokilla
kantavuuden (R) määrittämiseen.

$$A_{ef} = (h - 2d_{ef})(b - 2d_{ef}), \text{ kun paloaltistus on neljällä sivulla}$$

$$A_{ef} = (h - d_{ef})(b - 2d_{ef}), \text{ kun paloaltistus on kolmella sivulla}$$

b) Palolta suojatut palkit ja pilarit

Palolta suojattujen palkkien ja pilarien hiiltymisen
alkaa suojaamatonta puuta myöhemmin. Rakenteen
palomitoituksen kannalta on tärkeä tietää milloin
hiiltymisen suojauksen takana alkaa (t_{ch}), milloin
suojaus murtuu (t_f), kuinka nopeasti hiiltymisen
suojauksen takana tapahtuu (k_2) ja kuinka nopeasti
puun hiiltymisen tapahtuu suojauksen murtumisen
jälkeen (k_3). Kun nämä asiat ovat tiedossa voidaan
laskea hiiltymissyvyys ja tehdä tarvittava mitoitus
palkille tai pilarille.



Kivivillalla suojattu palkki

Kivivillalla suojattujen palkkien ja pilarien hiiltymisen
alkamisajankohta (t_{ch}) lasketaan käyttäen kaavaa
(EC5 3.13).

$$t_{ch} = 0,07 (h_{ins} - 20) \sqrt{\rho_{ins}}$$

t_{ch} = hiiltymisen alkamis aika (min)

h_{ins} = kivivillakerroksen paksuus (mm), > 20 mm

ρ_{ins} = kivivillan tiheys (kg/m^3)

Mikäli palkit tai pilarit on suojattu palolta käyttäen
A, F tai H tyyppin kipsilevyä, hiiltymisen alka-
misajankohta on laskettavissa kaavalla (EC5 3.11).

$$t_{ch} = 2,8h_p - 14, \text{ sauma} \leq 2 \text{ mm}$$

$$t_{ch} = 2,8h_p - 23, \text{ sauma} > 2 \text{ mm}$$

Mikäli palonsuojaus tehdään useammalla kuin
yhdellä kipsilevykerroksella, huomioidaan toisen
levykerroksen paksuus laskelmissa vain osittain.

Taulukossa on valmiiksi laskettuja (t_{ch}) arvoja palkeille ja pilareille erilaisilla suojausvaihtoehdoilla:

Palolta suojaava tuote	Uloimman levykerroksen paksuus (palolle altistettu) (mm)	Sisemmän levykerroksen paksuus (mm)	h_p (mm)	t_{ch} (kun sauma on ≤ 2 mm) (min)	t_{ch} (kun sauma on > 2 mm) (min)
A (normaali)	12,5	-	12,5	21	12
2 x A	12,5	12,5	18,75	38	29
F + A	15	12,5	21,25	45	36
F (palo)	15	-	15	28	19
2 x F	15	15	27	61	52
H (tuulensuoja)	9	-	9	11	2
			h_{ins} (mm)	t_{ch}	
PAROC Figra 170	30	-	30	9	
PAROC Figra 170	50	-	50	27	
PAROC Figra 170	60	-	60	36	

h_p = suojaavan kipsilevykerroksen kokonaispaksuus (mm)

h_{ins} = suojaavan kivillakerroksen kokonaispaksuus (mm)

Huom: Parocin suositus perustuu Eurokoodi 5 laskentasääntöön (kivillan tiheys; PAROC Figra 170 = 170 kg/m³)

Mikäli palosuojaus on käytetty tyyppin A tai H kipsilevyä, hiiltymisen alkaa samaan aikaan kun suojaava levyverhous pettää, joten laskelmissa ei huomioida k_2 arvoa vaan $t_{ch} = t_f$. Kun palosuojaus murtuu, hiiltymisen tapahtuu kaksinkertaisella nopeudella siihen asti, kunnes hiiltymä ylittää 25 mm syvyyteen. Tästä syystä suunnitellun hiiltymisarvon kerroin (EC5 taulukossa 3.1) on $k_3 = 2$ kunnes hiiltymissyvyys 25 mm (t_a) on saavutettu. Hetken (t_a) jälkeen puun hiiltymisen jatkuu suojaamattoman puun hiiltymisnopeudella (β_n).

Kivillä ja F-tyypin kipsilevy kestävät paloa kauemmin murtumatta, jolloin puu alkaa hiiltyä levyn takana taulukkoarvoja hitaammin suojauksen vielä ollessa paikoillaan. Hiiltymisen alkamisajankohdan ja levytyksen murtumisajankohdan välinen hiiltymisnopeus saadaan kertomalla Eurokoodin taulukkoarvo kertoimella (k_2).

Mikäli suojauksessa on käytetty tyyppin F-kipsilevyjä, suunnittelussa tulee käyttää Eurokoodi 5 taulukon 3.1 mukaisia eristyskertoimia (k_2) kunnes hiiltymä ylittää 25 mm syvyyteen (t_a). Murtumishetki (t_f) F-tyypin kipsilevyllä on pyydettävä materiaali-valmistajalta.

$$k_2 = 1 - 0.018 h_p$$

Mikäli puupalkkien ja pilarien suojaus tehdään kivillalevyillä, joiden minimi paksuus on vähintään 20 mm, tiheys vähintään 26 kg/m³ ja lämpötilankestä 1000°C, k_2 arvo voidaan ottaa oheisesta taulukosta.

Kivillä-eristyksen paksuus (h_p) (Eurokoodi 5 taulukko 3.2)

h_{ins} (mm)	k_2
20	1
25	0,92
30	0,84
35	0,76
40	0,68
≥ 45	0,6

Suojaus murtumisen jälkeen taulukoitu hiiltymisnopeus kerrotaan kertoimella $k_3 = 2$. (Eurokoodi 5 taulukko 3.1)

Mikäli palosuojaus on käytetty tyyppin F-kipsilevyä, suunnittelussa tulee käyttää Eurokoodi 5 taulukon 3.1 mukaisia eristyskertoimia (k_2) kunnes hiiltymä ylittää 25 mm syvyyteen (t_a). Murtumishetki (t_f) F-tyypin kipsilevyllä on pyydettävä materiaali-valmistajalta.

$$t_a = \min \left\{ \begin{array}{l} 2t_f \\ 25/k_3 \beta_n + t_f \end{array} \right.$$

Mikäli A tyyppin kipsilevysoojaus pettää 21 minuutin jälkeen, puun hiiltymisen alkaa kaksinkertaisella nopeudella: $2 \times 0,8$ mm/min. 25 mm hiiltymissyvyys saavutetaan ajassa $t_a = 25 \text{ mm} / 2 \times 0,8 \text{ mm/min} + 21 \text{ min} = 36,6 \text{ min}$. Tämä tarkoittaa, että 25 mm hiiltymissyvyys saavutetaan 36,6 minuutin kohdalla.

F tyyppin kipsilevyillä t_f arvo tulee pyytää valmistajalta. 25 mm hiiltymäsyvyyden saavuttamiseen kuluva aika (t_a) saadaan laskettua seuraavasta kaavasta:

$$t_a = [25 - (t_f - t_{ch})k_2 \beta_n / k_3 \beta_n] + t_f$$

Laskentaesimerkit:

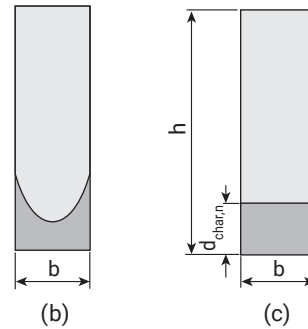
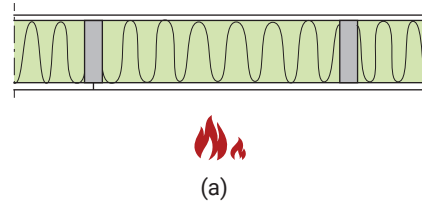
Puurakki on suojattu palonsuojalevyillä kolmelta sivultaan. Milloin puurakenteen hiiltyminen alkaa?

- Suojaus on toteutettu yhdellä 12,5 mm kipsilevykerroksella (A, F tai H) sauman ollessa alle 2 mm:
 $t_{ch} = 2,8 h_p - 14 = 2,8 \times 12,5 - 14 = \mathbf{21 \text{ min}}$ ($t_{ch} = t_f$)
- Suojaus on toteutettu kahdella kipsilevykerroksella; uloimpana 15 mm kipsilevy (F) + sisempänä 12,5 mm kipsilevy (A) sauman ollessa alle 2 mm:
 $h_p = 15 \text{ mm} + 0,5 \times 12,5 \text{ mm} = 21,25 \text{ mm}$
 (sisemmän levyn paksuudesta lasketaan mukaan 50%)
 $t_{ch} = 2,8 h_p - 14 = 2,8 \times 21,25 - 14 = \mathbf{\sim 45 \text{ min}}$
- Suojaus on toteutettu kivivillalla, eristelevyn tiheys (ρ_{ins}) 170 kg/m³ ja paksuus (h_{ins}) 60 mm:
 $t_{ch} = 0,07 \times (60 - 20) \times \sqrt{170} = \mathbf{36 \text{ min}}$
 $t_a = 25 \text{ mm} / 2 \times 0,8 \text{ mm/min} + 36 \text{ min} = \mathbf{51,6 \text{ min}}$

c) Kivivillalla eristetyt kantavat seinä- ja lattiarakenteet

Puurakenteiset seinät tehdään yleensä puuran-goista ja niiden molemmille puolille kiinnitetystä verhouksesta. Runkotolppien välit voivat olla tyhjiä tai ne voidaan täyttää osittain tai kokonaan kivivillaeisteillä.

Asetus rakennusten paloturvallisuudesta edellyttää usein puurakennusten ulkoseinissä käytettävän vähintään A2-s1, d0 -paloluokan lämmöneristeitä. Eurokoodi 5 mukaisesti vain palamaton ja riittävän tiheä kivivillaeistys parantaa seinärakenteen palonkestävyyttä. Puurakenteeseen asennettu kivivilla suojaa runkotolppia palon aikana rungon eristetyltä sivuilta. Näin hiiltymistä pääsee tapahtumaan vain runkotolpan palolle alttiina olevan kapean syrjän suunnasta. Mikäli rakenne eristetään muilla eristemateriaaleilla kuin kivivillalla, mitoitus tehdään samoin kuin eristämättömällä rakenteella. Näin ollen myös runkotolpan lapheet tulee mitoittaa hiiltymiselle.



Puurungon paloaltistus (a), puurakenteen todellinen hiiltymä (b) ja vastaavamitoituksessa käytettävä nimellinen jäännöspoikkileikkaus (c).

Puurunkoisten seinä- ja lattiarakenteiden mitoitusmenetelmillä voidaan mitoittaa enintään R90 seinäiä ja R60 välipohjia. Suunnittelussa tulee huomioida tolppien ja palkkien tuenta nurjahdusta ja kiepahdusta vastaan.

Palomitoituksessa on tärkeä tietää milloin puurungon hiiltymisen levytyksen takana alkaa (t_{ch}), milloin levyitys murtuu (t_f), kuinka nopeasti hiiltymisen levytyksen takana alkaa (k_2) ja kuinka nopeasti hiiltymisen tapahtuu levytyksen murtumisen jälkeen (k_3).

Nimellinen hiiltymäsyvyyden mitoitusarvo ($d_{char,n}$) lasketaan kivivillalla eristetyissä seinä- ja lattiarakenteissa seuraavasti:

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

$$\beta_{n2} = k_s k_2 k_n \beta_0, \text{ kun } t_{ch} \leq t < t_f$$

$$\beta_{n3} = k_s k_3 k_n \beta_0, \text{ kun } t \geq t_f$$

β_{n2} = hiiltymänopeus ennen levyjen murtumista
 β_{n3} = hiiltymänopeus levyjen murruttua

Laskennassa tarvittava poikkileikkauskerroin k_s saadaan alla olevasta taulukosta (Eurokoodi 5, taulukko C.1):

Runkotolpan syrjä b(mm)	k_s	Runkotolpan syrjä b(mm)	k_s
38	1,4	50	1,23
39	1,39	51	1,22
40	1,37	52	1,21
41	1,36	53	1,19
42	1,34	54	1,18
43	1,33	55	1,17
44	1,31	56	1,15
45	1,3	57	1,14
46	1,29	58	1,13
47	1,27	59	1,11
48	1,26	60	1,1
49	1,25	>90	1

Kerroin, jonka avulla epäsäännöllinen jäännöspoikkileikkaus muunnetaan nimelliseksi suorakaidepoikkileikkaukseksi, on vakio (Eurokoodi 5 C.2.1):

$$k_n = 1,5$$

β_0 yksidimensionaalisen hiiltymisnopeuden mitoitusarvo puulle löytyy Eurokoodi 5, C5 taulukosta 3.1

Alla olevasta taulukosta löytyy valmiita laskenta-arvoja kipsilevyillä verhoilluille seinä- ja lattiarakenteille. Erikoiskovalle kipsilevyille (tyyppi R) käytetään A tyyppin kipsilevyn arvoja. (Eurokoodi 5, kansallinen liite NCCI):

t_{ch} , t_f , k_2 ja k_3 seinäarakenteille:

Seinä rakenne kipsilevyillä	t_{ch} (min) (hiiltymisen alkamisaika)	k_2	t_f (min) (verhouksen murtumisaika)	k_3 (jälkisuojauskerroin, kun rakenteen eristeenä käytetään kivivillaa)	Vähimmäisvaatimukset kipsilevyille
A	15	-	15	1,0	12,5 mm, 8,2 kg/m ³
2 x A	40	-	40	1,0	12,5 mm, 8,2 kg/m ³
A + F	55	0,85	70	1,5	12,5 mm, 8,2 kg/m ³ + 15 mm, 12,7 kg/m ³
F	20	0,85	50	1,5	15 mm, 12,7 kg/m ³
2 x F	65	0,60	>90	-	15 mm + 15 mm, 12,7 kg/m ³
H	10	-	10	1,5	9 mm, 7,2 kg/m ³

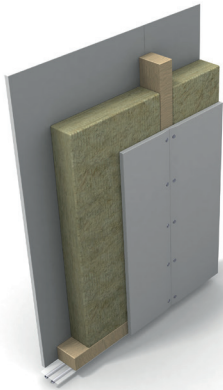
t_{ch} , t_f , k_2 ja k_3 lattiarakenteille:

Lattiarakenne kipsilevyillä	t_{ch} (min) (hiiltymisen alkamisaika)	k_2	t_f (min) (verhouksen murtumisaika)	k_3 (jälkisuojauskerroin, kun rakenteen eristeenä käytetään kivivillaa)	Vähimmäisvaatimukset kipsilevyille
A	10	-	10	3,0 / 4,0	12,5 mm, 8,2 kg/m ³
2 x A	30	-	30	3,0 / 4,0	12,5 mm, 8,2 kg/m ³
A + F	40	0,85	45	3,8 / 5,0	12,5 mm, 8,2 kg/m ³ + 15 mm, 12,7 kg/m ³
F	15	0,85	30	3,8 / 5,0	15 mm, 12,7 kg/m ³
2 x F	60	0,85	>60	-	15 mm + 15 mm, 12,7 kg/m ³

(Lähde taulukoille: RIL 205-2-2019)

Laskentaesimerkki:

Määrittele hiiltymäsyvyys kantavalle puurungolle 30 minuutin paloaltistuksen jälkeen ($t = 30$).



- Kantavat puurungot
48×150×2800 mm C24 k600
- Kipsilevy 12,5 mm
A-tyyppi molemmin puolin
seinärakennetta
- Kivivillaeristys 150 mm
(tiheys 30 kg/m³)

Ensin lasketaan puun nimelliset hiiltymisnopeudet ennen ja jälkeen suojaavan kipsilevytyksen murtumista:

A ja H tyyppin kipsilevyillä $t_{ch} = t_f$. Tästä syystä levyn takana olevaan puurunkoon ei synny hiiltymää ennen kipsilevytyksen murtumista vaan hiiltymä alkaa levytyksen murtumisajankohtana.

30 minuutin palorasituksen jälkeen ($t = 30$ min) hiiltymissyvyys näkyvälle puuosalle on:

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

$$\beta_{n3} = k_s k_3 k_n \beta_0 = 1,26 \times 1 \times 1,5 \times 0,65 = \mathbf{1,23 \text{ mm/min}}$$

$k_s = 1,26$ (poikkileikkauskerroin, perustuen puun mittoihin (Eurokoodi 5, taulukko C.1))

$k_3 = 1,0$ (jälkisuojauskerroin, kun eristeenä käytetään kivivillaa rankojen välissä. NCCI 1)

$k_n = 1,5$ (vakiokerroin, jonka avulla epäsäännöllinen jäännöspoikkileikkaus muunnetaan nimelliseksi suorakaidepoikkileikkaukseksi. Eurokoodi C5 C.2.1)

$\beta_0 = 0,65$ mm/min (yksidimensionaalisen hiiltymisnopeuden mitoitusarvo puulle, (Eurokoodi 5, taulukko 3.1))

$$d_{char,n} = \beta_{n2} (t_f - t_{ch}) + \beta_{n3} (t - t_f) = 0 + 1,23 \text{ mm/min} \times (30 - 15 \text{ min}) = \mathbf{18,45 \text{ mm}}$$

aika jolloin hiiltymissyvyys saavuttaa 25 mm

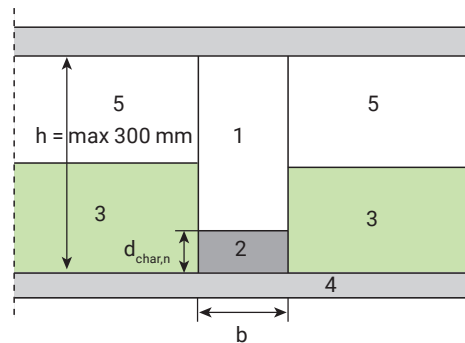
$$t_a = 25 / (k_s k_3 k_n \beta_0) + t_f = 25 / 1,23 + 15 = \mathbf{35,3 \text{ min}}$$

Mikäli eristeenä käytetään lasivillaa, tehdään mitoitus käyttämällä eristämättömän seinän ja välipohjan mitoitusmenetelmää.

Edellä esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää myös vain osittain eristetyille rakenteille. Tällöin eristeenä käytettävän kivivillan paksuus tulee olla vähintään ≥ 100 mm ja eristeen tiheys ≥ 28 kg/m³. (RIL 205-2-2019).

Eristeen tulee olla rakenteessa tulen puolella kannattajan syrjän tasolla siten, että se suojaa puun lappeita hiiltymiseltä palotilanteessa. Erityisesti lattiarakenteissa on tärkeää varmistaa kivivillaeristuksen pysyminen paikoillaan rakennetta alapuolelta suojaavan levytyksen murruttua.

1. Nimellinen jäännöspoikkileikkaus
2. Nimellinen hiiltymäsyvyys
3. Kivivillaeristys
4. Palosuojalevytytys
5. Ontelo (tyhjä ilmatila)



Osittain eristetty rakenne

d) Kivivillalla eristetyt yläpohjarakenteet

Normaali kattoristikko kestää paloa noin 10 minuuttia, jonka jälkeen naulalevyt antavat periksi. Kun kattoristikolta vaaditaan pidempää palonkestoaikaa (R30-R120), mitoitetaan ristikon alapaarteet toimimaan kantavana palkkirakenteena.

Valitettavasti Eurokoodi 5 ei anna ohjeistusta kattoristikoiden palomitoitukseen. Harjakatoilla, joissa eristys asennetaan vaakatasoon, ei ole ilmatiivistä rakennekerrosta eristekerroksen ulkopuolella. Tästä syystä kuumat palokaasut pääsevät virtaamaan palotilanteessa avohuokaisen eristemateriaalin läpi ullakotilaan alapuolisen palosuojalevytyksen murruttua. Välipohjissa ja seinärakenteissa, joissa on levytys rakenteen molemmiin puolin, palokaasujen pääsy rakenteen läpi on estetty ulkopuolisella levykerroksella.

Välipohjien kantavuuden mitoitusmenetelmää voidaan käyttää myös yläpohjille, mikäli seuraavat edellytykset täyttyvät (RIL 205-2-2019):

A)

- Yläpohjan vaakatasossa oleva lämmön-eristys on toteutettu kivivillalevyillä ja
- Palosuojana toimivat levykerrokset palkkien alapuolella pysyvät paikoillaan vaaditun ajan, $t < t_f$

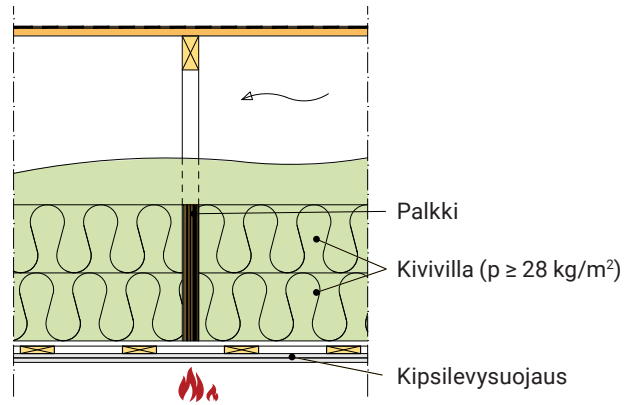
tai B)

- Palkkien väliin on asennettu riittävän korkea-tiheyskainen kivivillaeristelevykerros, jolla estetään kuumien palokaasujen pääsy rakenteen läpi, kivivillalevyn paksuus ≥ 50 mm ja tiheys ≥ 150 kg/m³. Eristelevyt tulee asentaa tiiviisti palkkeja vasten.

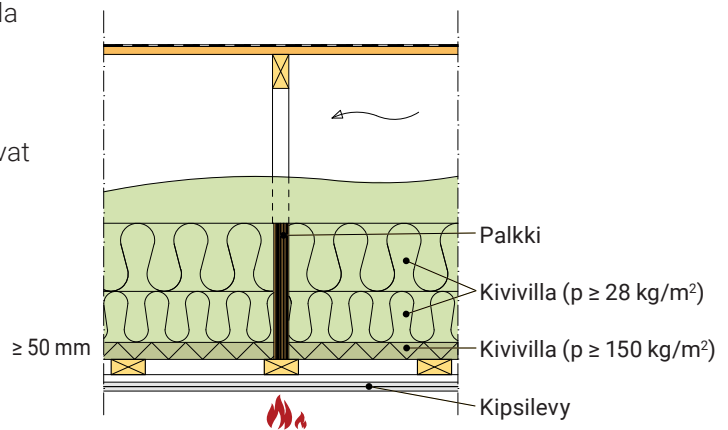
tai C)

- Eristekerroksen päälle on asennettu ilmatiivis kerros, joka pysyy paikallaan koko vaaditun palonkestoajan. Tiiviin kerroksen ilmanläpäisevyys $L \leq 10 \times 10^{-6}$ m³/msPa.

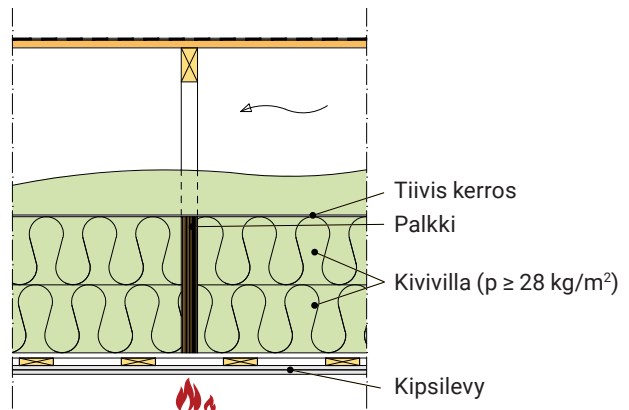
Ullakkopalossa palkkirakenteen yläpuolella oleva kivivillakerros suojaa palkkia palolta.



A) Alapuolelta koko palonkestoajan suojattu rakenne, kivivillaeristys



B) Tiheällä kivivillalevyllä suojattu rakenne, kivivillaeristys



C) Rakenteen ulkopuolinen ilmatiivis kerros, kivivillaeristys

4) OSASTOIVAT SEINÄRAKENTEET, TIIVEYS (E) JA ERISTÄVYYS (I)

Osastoivia rakenneosia käytetään rakennuksissa rajoittamaan palon leviämistä palo-osastosta toiseen. Kantavat ja osastoivat rakenteet mitoitetaan vain toispuolista paloa vastaan. Välipohjat mitoitetaan alapuolista paloa vastaan.

Osastoivuuden osoittamiseen tarkoitettuja laskentamenetelmiä voidaan käyttää enintään REI60 seinärakenteisiin, jotka ovat maksimissaan 4 m korkeita.

Tiiviysvaatimusten (E) oletetaan täyttyvän, kun eristävyttä (I) koskevat kriteerit täyttyvät ja puurankoihin kiinnitettyt levyt pysyvät palontilanteessa paikoillaan rakenteen vastakkaisella puolella.

Osastoiville rakennusosille osoitetaan, että $t_{ins} \geq t_{req}$

t_{ins} = lämpötilan nousuun kuluva aika tulon vastakkaisen puolen pinnalla (140°C ja suurin lämpötilan nousu missä tahansa kyseisen pinnan pisteessä on enintään 180°C).

t_{req} = vaadittu palonkesto aika rakenneosan osastoivuuden suhteen

t_{ins} = lasketaan rakenteen eri kerrosten eristävyttä lisäävien osuuksien summana seuraavan kaavan mukaisesti:

$$t_{ins} = (t_{ins,0,1} \times k_{pos,1} \times k_{j,1}) + (t_{ins,0,2} \times k_{pos,2} \times k_{j,2}) + (t_{ins,0,3} \times k_{pos,3} \times k_{j,3}) \text{ jne.}$$

Eurokoodi 5 antaa valmiita eristävyden perusarvoja seuraaville materiaaleille:

- Vaneri ($\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$), $t_{ins,0} = 0,95h_p$
- Puupanelointi ($\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$), $t_{ins,0} = 0,5h_p$
- Lastulevy ja Kuitulevy ($\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$), $t_{ins,0} = 1,1h_p$
- Kipsilevytyypit A, F, R tai H, $t_{ins,0} = 1,4h_p$
- Kivivilla ($26 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 50 \text{ kg/m}^3$), $t_{ins,0} = 0,2 \times h_{ins} \times k_{dens}$
- Tyhjä ontelo 45...200 mm, $t_{ins,0} = 5,0 \text{ min}$

(h_p = kerroksen paksuus)

$t_{ins,0}$ (min) eri levy vahvuuksille ja kivivillalla eristetyille onteloille:

Levytyyppi	9 mm	11 mm	12 mm	15 mm	18 mm	19 mm	21 mm	24 mm
Vaneri	8 min		11 min	14 min	17 min		19 min	22 min
Puupanelointi				7 min		9 min		
Lastulevy & Kuitulevy		12 min	13 min					
Kipsilevytyypit A, F, R ja H	12 min		12,5 min 17 min	21 min				

$t_{ins,0}$ (min) eri eristepaksuuksille:

Kivivillaeristys ontelon täytteenä ^a	50 mm	70 mm	100 mm	120 mm	150 mm	200 mm
PAROC eXtra (tiheys $\geq 26 \text{ kg/m}^3$)	10 min	14 min	20 min	24 min	30 min	40 min

$t_{ins,0,1}$ = Viimeinen numero tunnuksessa kertoo kyseisen materiaalin sijainnin rakenteessa

^a Eristyksen paksuuden väliarvoille voidaan käyttää lineaarista interpolaatiota

Kertoimen k_{dens} arvoja kivivillalle:

Eristemateriaali	Tiheys (kg/m ³)	k_{dens} ^a
Kivivilla	26	1,0
	30	1,02
	35	1,04
	40	1,06
	45	1,08
	50	1,1

^a Tiheyden väliarvoille voidaan käyttää lineaarista interpolaatiota

Palonpuoleisen seinälevytyksen sijaintikerroin k_{pos} , kun levytys koostuu yhdestä levykerroksesta ja kun sen takana on lasi- tai kivivillaeristys. Viimeinen sarake kertoo arvon, kun takana on tyhjä ontelo ($k_{pos} = 0,02h_p + 0,54$):

Levytyyppi	9 mm	11 mm	12 mm	15 mm	18 mm	19 mm	21 mm	24 mm	Tyhjä ontelo
Vaneri	0,72		0,78	0,84	0,9		0,96	1,0	0,8
Puupanelointi				0,84		0,92			0,8
Lastulevy & Kuitulevy		0,76	0,78						0,8
Kipsilevytyypit A, F, R ja H	0,72		(12,5 mm) 0,79	0,84					0,8

Palon vastakkaisen puolen seinälevytyksen sijaintikerroin k_{pos} , kun levytys koostuu yhdestä levykerroksesta ja kun sen edessä on kivivillaeristys. Viimeinen sarake kertoo arvon, kun edessä on tyhjä ontelo (Eurokoodi 5 taulukko E.4):

Levytyyppi	Kivivillaeristuksen paksuus			Ei eristystä, Tyhjä ontelo
	45–95mm	145 mm	195 mm	
Vaneri, $h_p = 9-25$ mm	1,5	3,9	4,9	0,6
Puupanelointi, $h_p = 15$ tai 19 mm	1,5	3,9	4,9	0,6
Lastulevy & Kuitulevy, $h_p = 9-25$ mm	1,5	3,9	4,9	0,6
Kipsilevytyypit A, F, R ja H, $h_p = 9-25$ mm	1,5	3,9	4,9	0,7

^a Eristyskerroksen paksuuden väliarvoille voidaan käyttää lineaarista interpolaatiota

Sijaintikerroin tyhjälle **ontelolle** tai **eristekerrokselle**:

- Kun palonpuoleinen levytys on tehty muusta kuin F tyyppin kipsilevystä, $k_{pos} = 1$.
- Jos palonpuoleinen levytys on tehty F tyyppin kipsilevyllä, sijaintikerroin kivivillaeristetyllä rakenteella on, $k_{pos} = 1,5$

Seinille, joissa on käytetty tuplalevytystä, sijaintikerroin k_{pos} , saadaan seuraavasta taulukosta (Eurokoodi 5 taulukko E.5):

Rakennekerrokset	Levytyyppi	Kerroksen numero				
		1.	2.	3.	4.	5.
1,2,4,5 3	Puulevy Tyhjä ontelo	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7
1,2,4,5 3	A tai H tyyppin kipsilevy Tyhjä ontelo	1,0	0,8	1,0	0,8	0,7
1,2,4,5 3	Puulevy Kivivillaeristys	0,7	0,6	1,0	1,0	1,5
1,2,4,5 3	A tai H tyyppin kipsilevy Kivivillaeristys	1,0	0,6	1,0	0,9	1,5
1,5 2,4 3	A tai H tyyppin kipsilevy Puulevy Kivivillaeristys	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2
1,5 2,4 3	Puulevy A tai H tyyppin kipsilevy Kivivillaeristys	1,0	0,6	1,0	1,0	1,5

Saumakerroin $k_j = 1$, kun

- levyt kiinnitetään saumakohtaan vähintään saman paksuiseen puusoivon tai rakenneosaan, joka estää kuumien savukaasujen pääsyn rakenteen sisään.
- pintakerros tehdään puupaneelista.
- kyse on kivivillaeristys saumoista.

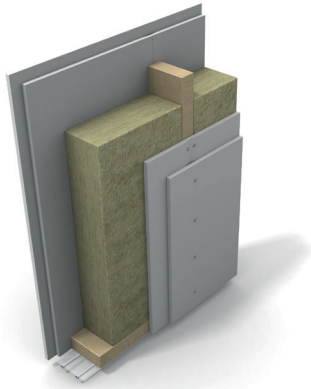
Kun levyjä ei kiinnitetä saumakohtaan takana olevaan puurankaan, saadaan saumakerroksille arvot taulukosta (Eurokoodi 5 taulukko E.6). Saumakerroksien vaihtelevat välillä 0,2– 0,6, riippuen levyjen sauman tyypistä.

Eristelevyjen saumakerroin $k_j = 1$.

Laskentaesimerkki:

Kaksinkertaisella kipsilevykerroksella levytetty osastoiva väliseinärakenne

(EN1995-1-2 mukaisesti, perustaulukkoarvot kivivillalle)



Eristävä rakenne

- 2 × 12,5 mm kipsilevy, tyyppi A (EN520)
- 125 mm puuranka, k600 + PAROC eXtra 125 mm
- 2 × 12,5 mm kipsilevy, tyyppi A (EN520)

(Saumat keskellä puurankoja ja niiden välissä enintään enintään 2 mm rako)

KIPSILEVY

$t_{ins,0,1}$	17 min	1. kipsilevy
$k_{pos,1}$	1,0	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,1}$	1,0	Saumakerroin taulukosta
$t_{ins,0,2}$	17 min	2. kipsilevy
$k_{pos,2}$	0,6	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,2}$	1,0	Saumakerroin taulukosta

KIVIVILLA

$t_{ins,0,3}$	$0,2 \times h_{ins} \times k_{dens}$ (arvo vain kivivillalle)	$0,2 \times 125 \times 1 = 25 \text{ min}$
$t_{ins,0,3}$	25 min	3. PAROC eXtra, eristys rankojen välissä
$k_{pos,3}$	1,0	Sijainti rakenteessa
$k_{j,3}$	1,0	Saumakerroin eristelevyille taulukosta

KIPSILEVY

$t_{ins,0,4}$	17 min	4. Kipsilevy
$k_{pos,4}$	0,9	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,4}$	1,0	Saumakerroin taulukosta
$t_{ins,0,5}$	17 min	5. Kipsilevy
$k_{pos,5}$	1,5	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,5}$	1,0	Saumakerroin taulukosta

$$t_{ins} = (t_{ins,0,1} \times k_{pos,1} \times k_{j,1}) + (t_{ins,0,2} \times k_{pos,2} \times k_{j,2}) + (t_{ins,0,3} \times k_{pos,3} \times k_{j,3}) + (t_{ins,0,4} \times k_{pos,4} \times k_{j,4}) + (t_{ins,0,5} \times k_{pos,5} \times k_{j,5})$$
$$(17 \times 1,0 \times 1,0) + (17 \times 0,6 \times 1,0) + (25 \times 1,0 \times 1,0) + (17 \times 0,9 \times 1,0) + (17 \times 1,5 \times 1,0) = \underline{93 \text{ min}}$$

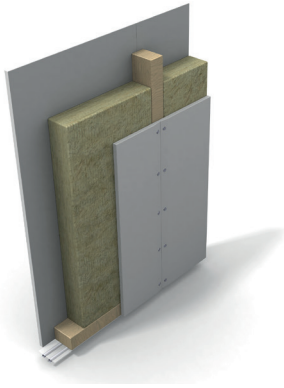
Osastoivuus voidaan osoittaa laskennallisesti enintään 60 minuutin palorasitukselle. Näin ollen tämän rakenteen paloluokitus on EI60.

Korkeampi paloluokitus voidaan osoittaa tarvittaessa palokokeella.

Huom: laskentametodit ovat päteviä vain seinärakenteille 60 minuuttiin saakka.

Laskentaesimerkki:

Yksinkertaisella kipsilevykerroksella levytetty osastoiva väliseinärakenne



Eristävä rakenne

- 15 mm kipsilevy, tyyppi F (EN520)
- 66 mm puuranka, k600 + PAROC eXtra 66 mm
- 15 mm kipsilevy, tyyppi F (EN520)

(Saumat keskellä puurankoja ja niiden välissä enintään 2 mm rako)

KIPSILEVY

$t_{ins,0,1}$	21 min	1. kipsilevy
$k_{pos,1}$	0,84	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,1}$	1,0	Saumakerroin taulukosta

KIVIVILLA

$t_{ins,0,2}$	$0,2 \times h_{ins} \times k_{dens}$ (arvo vain kivivillalle)	$0,2 \times 66 \times 1 = 13,2 \text{ min}$
$t_{ins,0,2}$	13,2 min	PAROC eXtra, eristys rankojen välissä
$k_{pos,2}$	1,5	Sijainti rakenteessa
$k_{j,2}$	1,0	Saumakerroin eristelevyille taulukosta

KIPSILEVY

$t_{ins,0,3}$	21 min	2. Kipsilevy
$k_{pos,3}$	1,5	Sijainti rakenteessa, kipsilevy
$k_{j,3}$	1,0	Saumakerroin taulukosta

$$t_{ins} = (t_{ins,0,1} \times k_{pos,1} \times k_{j,1}) + (t_{ins,0,2} \times k_{pos,2} \times k_{j,2}) + (t_{ins,0,3} \times k_{pos,3} \times k_{j,3})$$

$$(21 \times 0,84 \times 1,0) + (13,2 \times 1,5 \times 1,0) + (21 \times 1,5 \times 1,0) = \underline{\underline{68,94 \text{ min} = E160}}$$

Jos levytys tehtäisiinkin 12,5 mm A tyyppin kipsilevyillä:

$$(17 \times 0,79 \times 1,0) + (13,2 \times 1,0 \times 1,0) + (17 \times 1,5 \times 1,0) = 52,13 \text{ min}$$

Huom: laskentametodit ovat päteviä vain seinärakenteille 60 minuuttiin saakka.

5) SUOJAJERHOUS K₂

Palavia puupintoja voidaan suojata palolta suojaverhouksella. Suojaverhous suojaa puupintaa hiiltymiseltä 10, 30 tai 60 minuuttia. Suojaverhousluokat esitetään merkinnöillä K₂10, K₂30 and K₂60. Seuraavassa taulukossa on esitettyä EN 14135 standardin mukaisesti testattujen Paroc kivivillaeritysten suojaverhousluokitus:

Kivivillaeritys	Paksuus	Luokitus
PAROC Cortex pro, PAROC Cortex pro b PAROC Cortex One, PAROC Cortex One b PAROC Figra 170 (t)	50 - 70 mm 80 - 250 mm 50 mm	K ₂ 30
PAROC Figra 170 (t)	60 mm	K ₂ 60

Katso suojaverhoustuotteiden kiinnitysohjeistukset PAROC Rakennevalitsimesta, www.paroc.fi

Huom: Parocin suositus perustuu suojaverhouspalotesteihin. EUFI29-25000472-T1 Paroc Oy Ab, Allekirjoitettu lausunto asennusvaihtoehdoista.

Läpäistäkseen testin, tuotteen on täytettävä seuraavat kriteerit halutun suojaverhousajan:

- Keskimääräinen lämpötilan nousu rakenteen vastakkaisella puolella tulee olla alle 250 °C alkulämpötilaan verrattuna.
- Suurin yksittäinen lämpötilan nousu rakenteen vastakkaiselle puolella saa olla enintään 270 °C alkulämpötilaan verrattuna.
- Suojattavassa rakenteessa (lastulevy) ei saa esiintyä hiiltynyttä tai palanutta materiaalia ja siten alustan tulee olla silmämääräisesti kunnossa.
- Suojaverhouksen tulee pysyä paikoillaan koko altistusajan, eikä siitä saa pudota paloja/osia siten, että suojattava pinta altistuu suoraan palolle

K₂-luokitus ei vastaa EI-luokitusta. EI-luokituksen kriteerit ovat seuraavat:

- I = eristävyys. Aika, joka kuluu lämpötilan nousuun rakenteen kylmällä puolella (lämpötilan nousu keskimäärin enintään 140 °C, yksittäinen lämpötilan nousu enintään 180 °C).
- E = tiiviys. Aika, jonka rakenne säilyttää tiiviytensä liekkejä ja kuumia savukaasuja vastaan standardipalossa.

EI-luokiteltua rakennetta voidaan käyttää suojaverhouksena. Tällöin EI-luokitellun rakenteen on oltava kokonaisuudessaan suojattavan puupinnan tai -rakenteen päällä.

K₂30 -luokiteltu lämmöneriste toimii myös suojaverhouksena

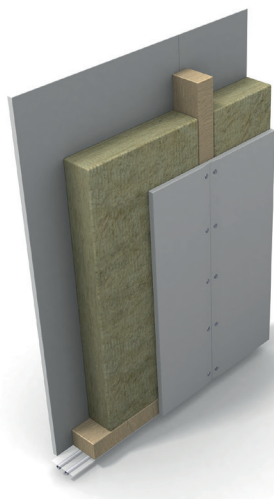


6) PAROC-RATKAISUJA

Parocilla on laaja valikoima valmiiksi palotestattuja puurakenteita. Seuraavat rakenteet ovat joko testattuja tai niiden suosittelun taustalla on pitkä kokemus kivivillan palo-ominaisuuksista. Eri valmistajien kivivilla-tuotteet eivät ole ominaisuuksiltaan samanlaisia, joten luokitus koskee pelkästään Parocin nimetyillä tuotteilla eristettyjä rakenteita.

VÄLISEINÄT

Kevyt väliseinä (max 4 m korkea), EI60



- 12,5 mm kipsilevy, A
- 66 mm:n puuranka, k600
+ **PAROC eXtra F 66 mm**
- 12,5 mm kipsilevy, A

Kivivillan pysyminen paikallaan voidaan varmistaa kiinnittämällä runkotolppiin esim. puolittain porattuja ruuveja.

Lisätietoja ja suunnitteluohjeita: Eurooppalainen tekninen arviointi:
Kuivien tilojen väliseinäjärjestelmät (ETA-07/0071), www.paroc.fi

YLÄPOHJAT

Yläpohjapalkkien mitoitus

PAROC -kivillilevyeristeet suojaavat kattopalkkien sivu- ja yläosia hiiltymiseltä.

PAROC eXtra -levyeriste soveltuu rakenteisiin ja ratkaisuihin, joissa kivillaeristeeltä vaaditaan vähintään 26 kg/m³ tiheyttä ja PAROC eXtra F, kun tarve on vähintään 30 kg/m³ kivillilevyeristeelle.

Alin eristyskerros tehdään aina kivillilevyillä. Levyeristyksen paksuuden on vastattava vähintään kattopalkin (alapaarteiden) korkeutta.

Huonetilan puolelta tapahtuvassa palossa kattopalkkien väliset kivillilevyt pysyvät paikoillaan alapuolisen koolauksen/harvalaudoituksen tukemana, vaikka sisäkaton suojaavat kipsilevyt murtuisivat. Palkkien yläpuolinen eristyskerros voidaan tehdä levyillä tai puhallusvillalla. Puhallusvilla on irtonaista ja putoaa paikoiltaan ilman alapuolista tukea. Tästä syystä palkkien sivujen palosuojauksessa käytetään vain levymäisiä eristeitä.

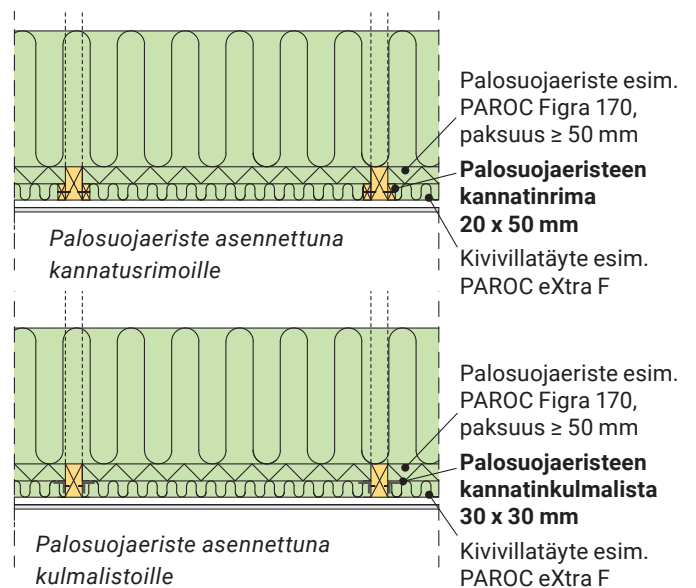
Koska kattopalkkeihin (alapaarteisiin) kiinnitetty harvalaudoitus on oleellinen osa palkkien palosuojausta, täytyy laudoituksen mitoituksessa huomioida rakenteelle asetettu palonkestovaatimus.

Kattoristikot suojataan alapuolelta tarkoitukseen soveltuvilla levyillä, kuten esimerkiksi normaaleilla kipsilevyillä. Kipsilevytys voi hoitaa tarvittavan palosuojauksen yksinään tai olla osa sitä.

Yläpohjan palonkeston mitoituksessa RIL 205-2-2019 mukaisesti, voidaan rakenteen tiiviydelle asetetut vaatimukset täyttää seuraavilla tuotteilla;

- Vaakasuntainen eristys tehdään palkkien väliin PAROC eXtra F (tiheys $\geq 30 \text{ kg/m}^3$) -levyillä
- Palkkien (alapaarteiden) väliin asennetaan tiheä PAROC Figra 170* -palosuojaeriste estämään kuumien palokaasujen virtaus rakenteen läpi. Levyn paksuus $\geq 50 \text{ mm}$. Levy voidaan asentaa palkkien kylkeen puurimoilla tai metallisilla L-listoilla. Levyn sijainti palkkien välissä voidaan valita vapaasti.

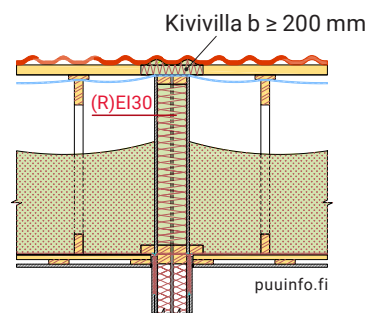
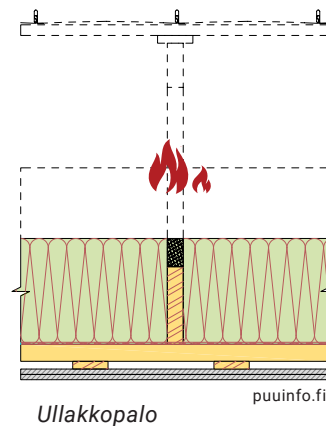
* **Huom:** Parocin suositus perustuu tuotteen tiheysvaatimukseen $> 150 \text{ kg/m}^3$ (PAROC Figra 170 = 170 kg/m^3)



Ullakoiden palokatkot

Tulipalot leviävät tuulettuvissa yläpohjan onteloissa erittäin herkästi. Ullakkotilat on rajattava palo-osastoihin huoneistoittain tai pinta-aloittain ja tarvittaessa suuri palo-osasto on rajattava vielä pienempiin osiin palon leviämisen hidastamiseksi.

Yläpohjarakenteen muodostaessa oman palo-osastonsa, vesikattorakenteet voivat palaa kokonaan sen vaikuttamatta alla oleviin tiloihin. Tästä syystä kantavat rakenteet tehdäänkin usein betonista ja vesikattorakenteet puusta.



Ullakon palo-osastointi

Rivitaloissa jokainen asunto on eroteltava omaksi palo-osastokseen vesikattorakenteita myöten. Yläpohjarakenteissa tämä tarkoittaa EI30-paloluokan seinän/rakenteen rakentamista huoneistojen välisten seinien päälle ullakotilaan.

PAROC FireSAFE PR30 -tuote on suunniteltu palokatkojen tekemiseen ullakollisissa yläpohjissa. Tuote on 30 mm paksu ja se on valmistettu kivivillasta.

Paloluokka EI30 saavutetaan yhdellä palosuojalevykerroksella, kun levytys on kiinnitetty kattoristikon kylkeen. (testattu standardin EN 1364-1 mukaisesti). Liitoskohdat tulee tiivistää käyttäen esim. PAROC Pro Loose Mat 600 sullontavillaa tai PAROC eXtralla.

Paloluokka REI30 saavutetaan kun PAROC FireSAFE PR30 palolevyt asennetaan kahden kattotuolin väliin kiinnittämällä levytys vain toiseen ristikoista.

Osastoiva seinärakenne on ulotettava ullakolla räystäälle saakka niin, että palo ei pääse kiertämään osastosta toiseen ulkokautta.

Huoltoluukku PAROC FireSAFE PR15 on testattu paloluokkaan EI15.

Koska yläpohjatila / ullakko tuulettuu avoimien räystäiden kautta, voi palava julkisivu levittää palon helposti ulkokautta rakennuksen yläpohjaan.

Palon leviäminen yläpohjaan räystäiden kautta tulee estää käyttäen EI30 rakenteita julkisivun ullakkoon liittyvissä rakenteissa ja räystäissä.

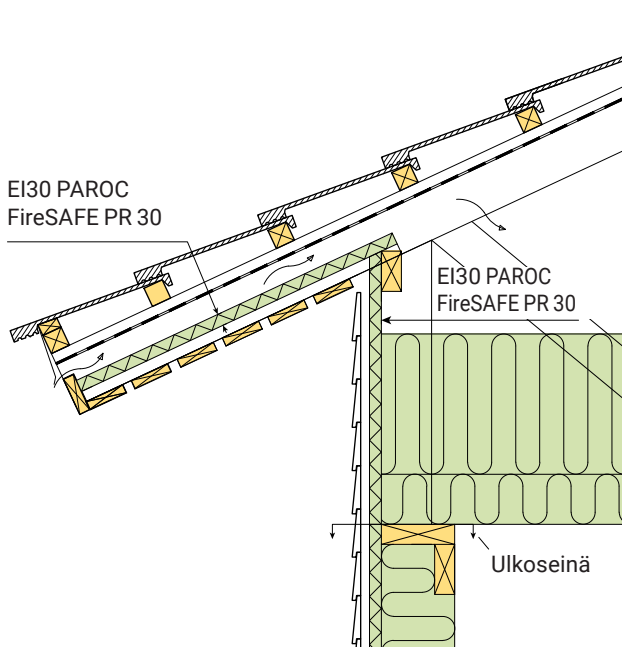
PAROC FireSAFE PR30:n asennus kattoristikoon



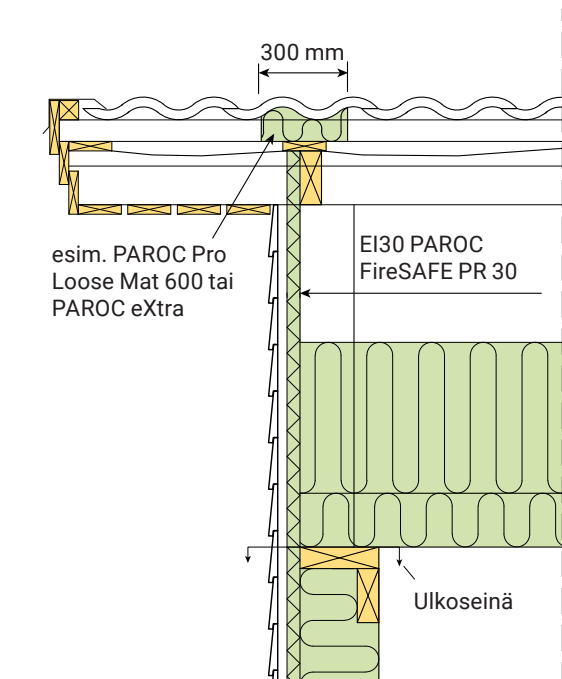
Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun julkisivuverho on toteutettu palavista materiaaleista.

Paloräystä voidaan toteuttaa EI30 luokitelluilla PAROC FireSAFE PR30 levyillä. Levyt voidaan kiinnittää ruuveilla ja aluslevyillä puulistöihin, jotka ovat kiinni kattotuoleissa tai muissa katon / räystään tukirakenteissa.

Lisätietoja ja suunnitteluohjeita löydät järjestelmän tuotesertifikaatista* ja räystäsrakenteiden palonkestävyys -lausunnosta**.



EI30 palo-osastoitu sivuräystä



EI30 palo-osastoitu pääräystä

* Tuotesertifikaatti EUFI29-19002461-C, PAROC FireSAFE PR -järjestelmä yläpohjaontelon osastointiin EI 30 ja REI 30-luokkiin

** Lausunto EUFI29-24003250-T1 Statement on fire resistance of an eave structures made of PAROC FireSAFE PR 30 stonewool boards

VÄLIPOHJAT

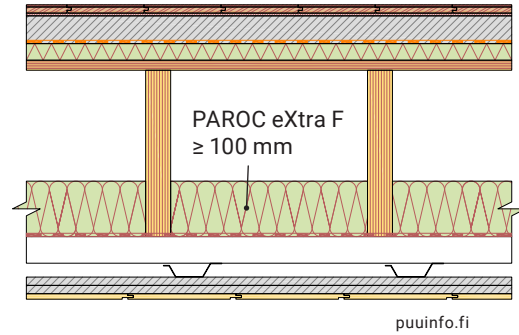
PAROC Figra 170* palosuojalevyllä voidaan palosuojata sekä palkkirakenteinen että CLT-rakenteinen välipohja. Palosuojalevy on testattu käyttötarkoitukseen kokeellisesti (FprEN 13381-7:2018).

Alla esitetyjä mitoitusarvoja on mahdollista käyttää sekä puuranka- että CLT-rakenteisissa seinissä ja latioissa:

$t_{ch} = 55 \text{ min}$ (hiiltymisen alkamisaika kivivillasuojauksen takana)

$\beta_2 = 0,22 \text{ mm/min}$ (hiiltymisnopeuden mitoitusarvo kivivillasuojauksen takana 55 minuutin jälkeen)

$t_f = 99 \text{ min}$ (kivivillasuojauksen murtumishetki)



Kivivillalla on tärkeä rooli myös välipohjapalkkien välissä. Kivivilla suojaa palkkien kylkiä hiiltymiseltä.

Oikea tuote tähän tarkoitukseen on **PAROC eXtra F (≥ 100 mm)** (RIL 205-2-2019). Eristyksen pysyminen paikoillaan tulee varmistaa tukirakenteella kuten rimoituksella tai metalliverkolla.

Testi tehtiin **PAROC Figra 170* palosuojalevyllä**, jonka tiheys on 170 kg/m^3 ja paksuus 60 mm. Testiin perustuvat arvot eivät ole sovellettavissa muille kuin testissä mukana olleelle palosuojalevyllä. Mitoitusarvojen käyttöön liittyvät reunaehdot:

- Palkkien jänneväli voi olla suurempi tai pienempi kuin 5200 mm (EN1995-1-2 mukaisesti)
- Voidaan käyttää puurakenteilla, joiden kuormitus on suurempi kuin testissä ollut $6,18 \text{ kNm/m}$, $Y_m = 1,25$ ja $k_{mod} = 1,0$ (EN1995-1-2 mukaisesti)
- Palosuojalevyn koko $600 \times 1200 \text{ mm}$ tai pienempi
- Voidaan käyttää vaaka, pysty tai kallistetuille pinnoille
- Palosuojauksen kiinnitys: puuruuvi SPAX 5 x 100 + metallinen aluslevy $\varnothing 50 \text{ mm}$ (Paroc XFW 003), 8 kpl/levy, kiinnityskohta palkkiin tai palkkien väliin asennettuun ristikkäiseen puurimoitukseen
- Puutavaran tulee olla jäykkyydeltään vähintään testatun kaltaista
- Puupalkkien tai vasojen leveys täytyy olla vähintään $2 \times 48 \text{ mm}$
- Ontelossa käytetyn eristyksen tulee olla paloluokkaa A1 tai A2-s1, d0 tai eristystä ei ole ollenkaan
- Puupalkkien tai vasojen etäisyys keskeltä keskelle ei saa olla suurempi kuin 600 mm

PAROC Figra 170 (60 mm)* suojaa palkkeja ja CLT-laattaa hiiltymiseltä 55 minuutin ajan. 55 minuutin jälkeen hiiltyminen alkaa rajoitetulla nopeudella siihen saakka, kunnes suojaus murtuu:

$$d_{char,2} = \beta_2 (t_f - t_{ch}) = 0,22 \times (99 \text{ min} - 55 \text{ min}) = 9,68 \text{ mm}.$$

Tämä tarkoittaa sitä, että 99 minuutin jälkeen hiiltyminen on vieläkin alle 10 mm. Kivivilla suojauksen murruttua hiiltyminen alkaa nopeasti, koska lämpötila on 99 minuutin kohdalla jo erittäin korkealla tasolla.

$$\begin{aligned} \beta_{n3} &= k_s k_3 k_n \beta_0 \\ \beta_{n3} &= 1,26 \times 4,564 \times 1,5 \times 0,65 = \underline{5,6 \text{ mm/min}} \\ (k_3 &= 0,036 t_f + 1 = 0,036 \times 99 + 1 = 4,564) \end{aligned}$$

25 mm hiiltymissyvyys saavutetaan 101 minuutin kohdalla.

$$(25 \text{ mm} - 9,68 \text{ mm} = 15,32 \text{ mm} \rightarrow 15,32 \text{ mm} / 5,6 \text{ mm/min} = 2,73 \text{ min}, t_a = 99 \text{ min} + 2,73 \text{ min} = \underline{101 \text{ min}})$$

* Lähteet:

- EUFI29-18000751-T1 Paroc 26.4.2019 - palonkestävyydestä välipohjalle, joka on suojattu PAROC Figra 170:llä
- EUFI29-25000471-T2 Paroc arviointi 3.2.2025 - hiiltymisnopeus ja vaurioitumisaika PAROC Figra 170 -verhoukselle välipohjassa
- EUFI29-25000471-T1 Paroc lausunto 3.2.2025 - CLT-lattiarakenteet, jotka on suojattu PAROC Figra 170:llä

SAVUPIIPUT

Savupiippujen yhteydessä käytetään neljää erilaista eristystyyppiä;

1. Hormin sisä- ja ulkokuoren välissä käytetään yleensä kuumia lämpötiloja kestäväää lämmöneristettä,
2. Läpiviennin kohdalla hormi paloeristetään palavista rakenteista paloeristeellä
3. Yläpohjan osalla vaaditaan läpiviennin paloeristuksen jatkeeksi 200 mm levyinen ja paksuinen suoja-alueen lämmöneristys
4. Savupiipun ja viereisen rakennusosan välinen liikuntaväli tiivistetään paloteknisellä eristeellä

a) Paikalla rakennettavat metallisavupiiput

Paikalla metallista rakennettava savupiippu tulee suunnitella ympäristöministeriön savupiippuasetuksen 745/2017 mukaisesti.

Savupiipun sisäkuori ympäröidään koko pituudeltaan tarkoitukseen soveltuvalla A1-paloluokan lämmöneristeellä. Lämmöneriste asennetaan sisäkuoren päälle yhtenäisenä, vähintään kahtena limitettynä kerroksena (2 x 50 mm) – yhteispaksuus vähintään 100 mm. Savupiipun lämmöneristeiden saumojen limityksen tulee olla vähintään yksittäisen eristekerroksen paksuuden verran eli vähintään 50 mm.

Eristeen tulee soveltua korkeisiin käyttölämpötiloihin (vähintään 600 C°) ja lämmönjohtavuuden 600 C° keskilämpötilassa tulee olla korkeintaan 0,19 W/(mK).

Metallisavupiipun lämmöneristämiseen suosittelemme kriteerit täyttävää PAROC Pro Wired Mat 680 -kivivillaverkkomattoa. Lämmöneristeen päälle tulee asentaa vähintään 0,5 mm paksu teräksinen ulkokuori.

Metallisavupiipun läpiviennit ylä- ja välipohjan kohdalla

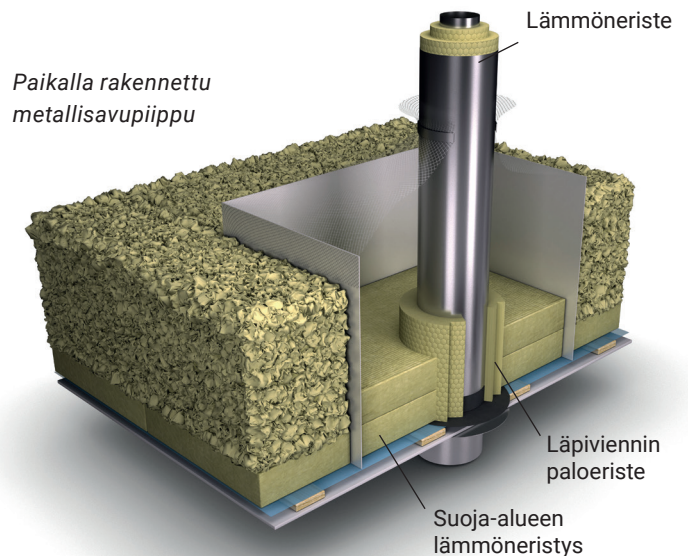
Savupiipun teräksinen ulkokuori ympäröidään väli- tai yläpohjan tai seinän läpimenokohdassa sekä seinän liittymäkohdassa paloeristeellä, joka asennetaan tiiviisti lämmöneristetyn savupiipun ulkokuorta vasten.

Läpiviennin paloeristeen kokonaispaksuus on vähintään 100 mm ja se asennetaan vähintään kahtena kerroksena (2 x 50 mm) saumat vähintään eristepaksuuden verran limittäen (50 mm). Paloeristeen korkeus tulee olla vähintään 100 mm korkeampi kuin savupiippuun liittyvän yläpohjarakenteen suoja-alueen lämmöneristekerroksen paksuus.

Soveltuvia läpiviennin palosuojaeristeitä ovat päällystämättömät A1-paloluokan mineraalivillakerroksat (kuten verkkomattotuotteet), joiden käyttölämpötila on vähintään 600 °C ja lämmönjohtavuus 600 °C keskilämpötilassa on korkeintaan 0,19 W/(mK).

Metallisavupiipun läpiviennin paloeristämiseen soveltuu sama tuote kuin lämmöneristämiseen eli PAROC Pro Wired Mat 680 -kivivillaverkkomatto.

Kun metallista paikalla rakennettu savupiippu läpäisee yli 200 mm paksun yläpohjarakenteen lämmöneristekerroksen, tulee savupiipun läpiviennin palosuojaeristeen ympärille tehdä 200 mm levyinen lämmöneristeen suoja-alue, joka on enintään 200 mm paksuinen. Suoja-alue tehdään aina A1-paloluokan levyeristeillä. Suoja-alue on oltava suojattu roskilta ja muulta palavalta irtoneiselta materiaailta sekä palamattomalta irtoeristeeltä. Suoja-alueen eristeeksi suosittelemme PAROC eXtraa.



Liikuntavälien tiivistäminen

Läpivientikohdissa palamattoman rakennusosan ja paikalla metallista rakennetun savupiipun välisen liikuntavälin tiivistämiseen käytetään palotekniseen tiivistämiseen soveltuvaa A1-paloluokan päällystämätöntä eristettä kuten PAROC Pro Loose Mat 600 -sullontavilla. Eriste tulee sulloa liikuntaväliin tiiviisti koko liikuntavälin syvyydeltä.

Palamattoman rakenteen läpivienti ylä- ja välipohjan kohdalla (esim. ontelolaatta) tehdään 20 mm liikuntavälillä. Liikuntaväli täytetään PAROC Pro Loose Mat 600 -sullontavillalla.

b) Valmispiiput

Valmispiippujen valmistaja vastaa testatun savupiippukokonaisuuden soveltuvuudesta rakennuksen eristekerrosten läpivienteihin. CE-merkitty savupiippu testataan vähintään 200 mm paksuisen eristekerroksen läpivienttiin. Kun yläpohjan lämmöneristekerros on tätä paksumpi, tulee asennusohje varmistaa savupiipun valmistajalta.

c) Paikalla muurattu piippu

Tiilipiipun läpivienti yläpohjan kohdalla

Tiilipiipun yläpohjarakenteen läpivientikohdassa voidaan poiketa asetuksen 745/2017 6 §:n läpivientiratkaisusta, kun ratkaisun toimivuus on todennettu erillisellä palokokeella. Palokokeessa saatujen tulosten mukaan läpivientikohtaan asennettu 120 mm paksuinen (20 + 50 + 50 mm) A1-paloluokan PAROC Figra 170 läpiviennin palosuojaeriste, jonka korkeus on vähintään 100 mm korkeampi kuin yläpohjan lämmöneristeen (esim. puhallusvillan) korkeus, soveltuu yläpohjarakenteen läpivientiratkaisuksi. Tämä ohjeistus koskee yläpohjan lämmöneristepaksuuksia 300 - 600 mm.. Muiden vastaavanlaisten tuotteiden soveltuvuus läpiviennin palosuojaeristeeksi tulee osoittaa testaamalla tai laskentamenetelmällä, joka on verifioitu kokeiden perusteella.

Yläpohjarakenteen sisään jäävä piipun ulkopinta tulee pinnoittaa vesikatteen tasoon asti, esimerkiksi 3-5 mm paksuisella slammauksella tai 5-10 mm paksuisella rappauksella. Suositeltavaa on vuorata myös yläpohjarakenteen sisään jäävä eristämätön piipun osa 20 mm PAROC Figra 170 palosuojaeris-

teellä. Eriste pitää tiilipiipun kuivempänä ja pidentää piipun elinkaarta. Lisäksi eriste pitää rakenteen lämpimämpänä, mikä parantaa piipun vetoa. Palosuojaeriste voidaan sijoittaa piipun pintaan eristelevyjen kulumista esimerkiksi villaruuvien avulla, jolloin rakenne on myös helposti tarkastettavissa.

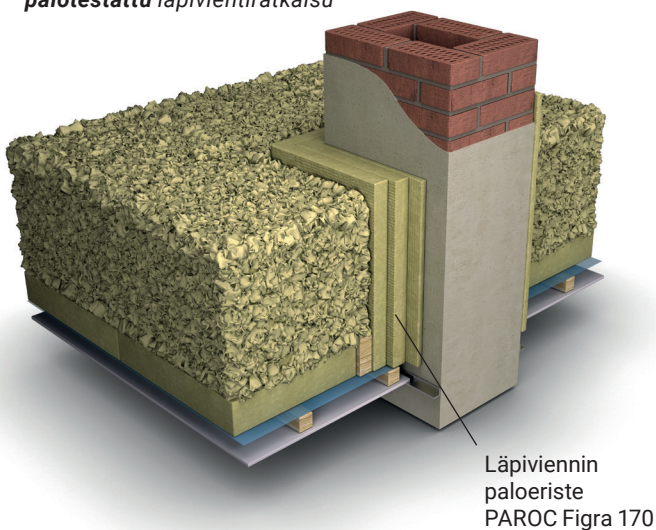
Tiilipiipun läpivienti välipohjan kohdalla

Tiilipiipun välipohjarakenteen läpivientiratkaisussa noudatetaan samoja periaatteita kuin yläpohjarakenteessa. Tiilipiipun välipohjarakenteen läpivientikohdassa voidaan poiketa asetuksen 745/2017 6 §:n läpivientiratkaisusta, kun läpivientikohtaan asennetaan 100 mm paksuinen (50 + 50 mm) A1-paloluokan läpiviennin palosuojaeriste kuten PAROC Figra 170. Eristetyyppi ja -vaatimukset kuten yläpohjan läpiviennissä.

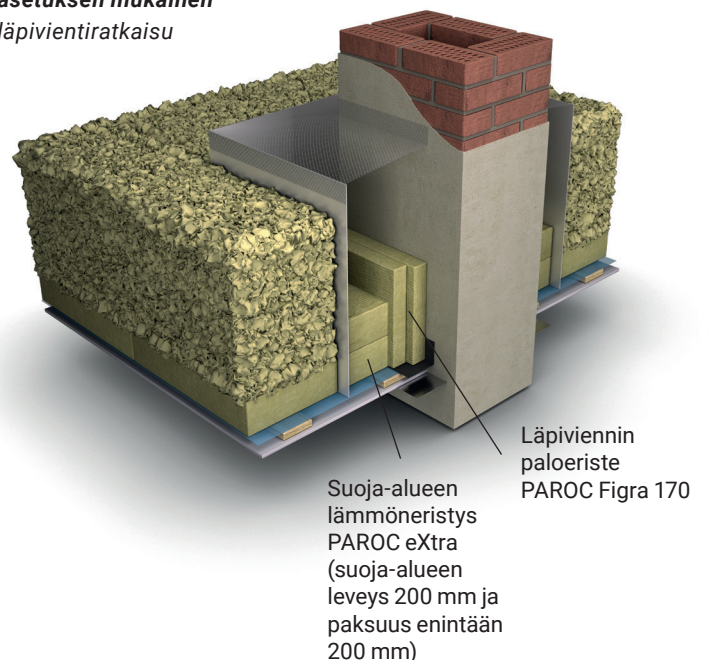
(Lähde/lisätietoja muuratuista savupiipuista: Suomen Tiiliteollisuusliitto, Muuratut savupiiput 10-2020 -ohjekirja)

Huom! Savupiipun läpivienti ei saa heikentää rakennusvaipan vesi- ja ilmatiiviyttä

**Paikalla muurattu piippu,
palotestattu läpivientiratkaisu**



**Paikalla muurattu piippu,
asetuksen mukainen
läpivientiratkaisu**



ASENTAMINEN

Kivivillan asentaminen on erittäin helppoa. Kaikissa puurankarakenteissa kivivillalevyt asennetaan tiiviisti palkkien ja tolppien väliin. Pehmeiden kivivillalevyjen joustavuuden ansiosta erillistä saumojen tiivistämistä ei tarvitse tehdä.

Vaakarakenteissa eristys voidaan tukea esim. runkojen/rankojen sisälle asennettavilla nautoilla tai ruuveilla, jotka auttavat pitämään eristyksen paikallaan palon aikana.

Kivivillasta tehty palosuojaus on erittäin kestävä. Huolto on tarpeen ainoastaan mekaanisten vaurioiden tapauksessa, jolloin vaurioitunut tuote on vaihdettava ehjään.

PAROC® tarkoittaa energiatehokkaita ja palonkestäviä kivivillasta valmistettuja eristeratkaisuja uudis- ja korjausrakentamisen, sekä talotekniikan ja teollisuuden tarpeisiin. Parocin tuotteiden takana on lähes 90 vuotta asiantuntemusta kivivillan tuotannosta, teknistä osaamista ja innovaatioita.

Tutuista punavalkoraidallisesta pakkauksestaan helposti tunnistettaviin PAROC®-tuotteisiin kuuluvat muun muassa rakennuseristeet ulkoseinien, kattojen, välipohjien ja väliseinien lämmön-, palo- ja äänieristykseen sekä tekniset eristeet LVI-ratkaisuihin, prosessiteollisuuteen sekä OEM-teollisuuteen.

Lisätietoja www.paroc.fi

Tarjoamme nämä tekniset tiedot ilmaiseksi ja ilman velvoitteita, ja vastaanottaja on yksin vastuussa niiden vastaanottamisesta ja hyväksymisestä. Koska käyttöolosuhteet voivat vaihdella emmekä me voi vaikuttaa niihin, Paroc ei anna mitään takuuta eikä ota minkäänlaista vastuuta näiden tuotteiden käyttöön liittyvien tietojen täsmällisyydestä tai luotettavuudesta. Paroc pidättää oikeuden muuttaa tätä asiakirjaa ilman ennakoilmoitusta. PAROC on Paroc Group Oy:n rekisteröity tavaramerkki.

Helmikuu 2025
2301BIFI0225
© Paroc 2025

