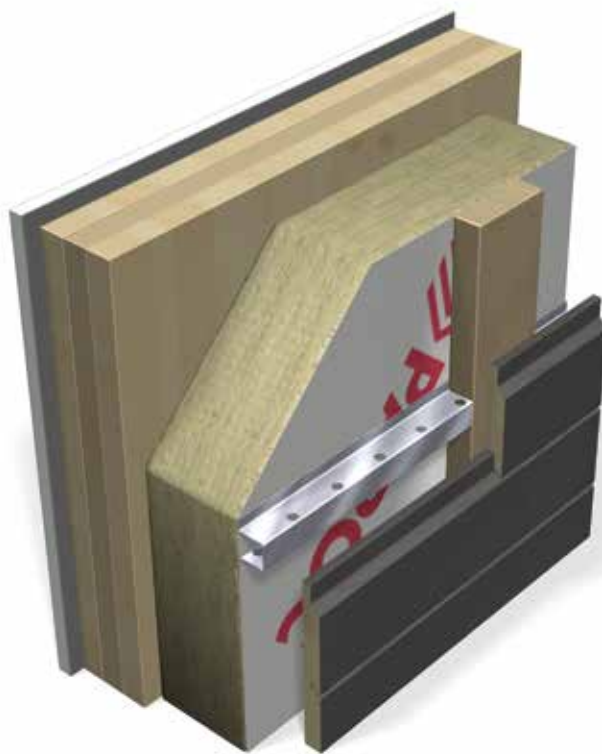


PALOSUOJAUSOPAS 3/PUU

KEVYET JA KANTAVAT PUURAKENTEET



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
Yläpohjat	18
Välipohjat	20
Väliseinät	21
Läpiviennit.....	21
Savupiiput	22
Asentaminen	23

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 palonkestävyydestejä 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

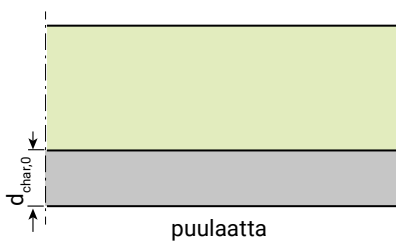
Mikäli massiivinen puurakenne on altistettava palolle osittain tai kokonaan ja eristemateriaalit eivät pysty tarjoamaan tarvittavaa palosuojaa, voidaan puurakenteista tehdä palonkestäviä suunnitteleamalla niihin uhrattava puuosuus lisäämällä puurakenteen leveyttä ja/tai syvyyttä. Muulle poikkileikkaukselle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

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

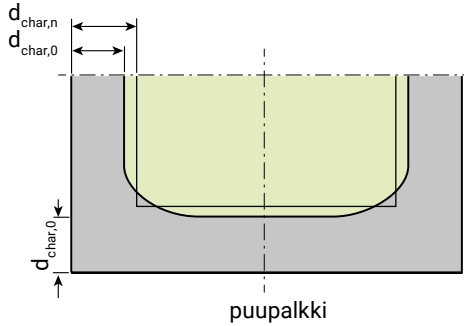
Hiiltymänopeus β tarkoittaa pehmeän puun hiiltymäsyvyyden d_{char} (mm/min) ja paloajan t (min) välistä suhdetta. Pehmeän puun hiiltymäsyvyys on esim. 0,7–0,8 mm/min.

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

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



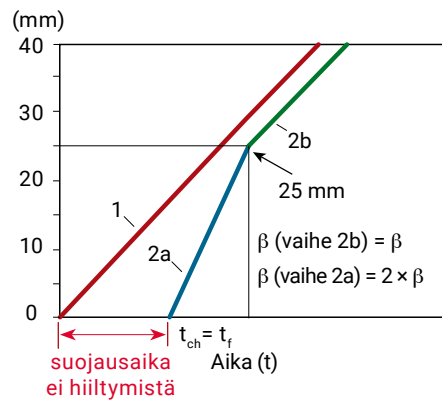
Nimellinen hiiltymisen; hiiltymänopeus β_n

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 kuumuudessa 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 mitoitusten menetelmät erilaisille rakenteille:

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

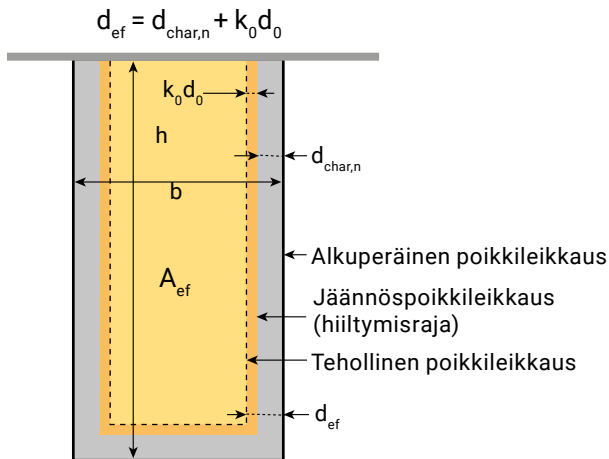
3) KANTAVAT MASSIIVISET PUURAKENTEET, PALONKESTÄVYYS (R)

Kantavat massiivipuorakenteet tulee mitoittaa kestämaan 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
hiiltemissyvyyden d_{ef} verran kaikilta niiltä sivuilta,
jotka ovat palolle alttiina.



Suojaamaton palkki

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

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

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

t = palorasituksen kesto

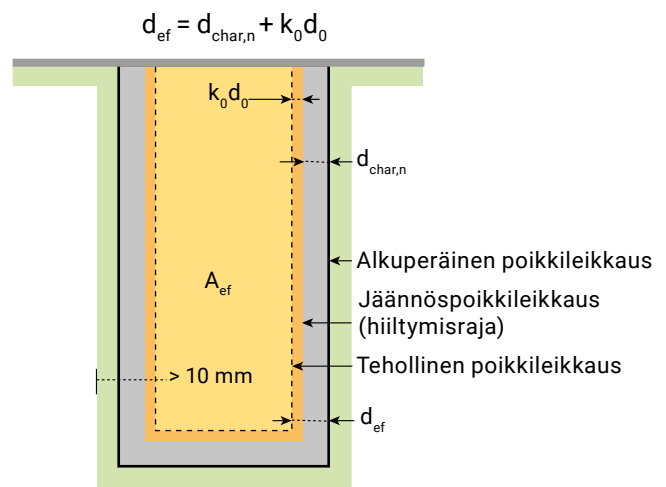
Suorakaidepoikkileikkauksen tehollinen poikkipinta-ala lasketaan seuraavilla kaavoilla. Saatuja arvoja voidaan käyttää kaikilla palonkestoluokilla kantavuuden (R) määrittämiseen.

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

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

b) Palolta suojatut palkit ja pilarit

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



Kivivillalla suojattu palkki

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

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

t_{ch} = hiiltemymisen 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**, hiiltemymisen alkamisajankohta 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 FPS 14	60	-	60	33	
PAROC FPS 17	30	-	30	9	
PAROC FPS 17	50	-	50	27	
PAROC FPS 17	60	-	60	36	

h_p = suojaavan kipsilevykerroksen kokonaispaksuus (mm)

h_{ins} = suojaavan kivillakerroksen kokonaispaksuus (mm)

Mikäli palosuojauksessa 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 palonsuojaus 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-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.

$$k_2 = 1 - 0.018 h_p$$

Mikäli puupalkkien ja pilarien suojaus tehdään kivillilevyillä, 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

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

Mikäli palonsuojauksessa käytettävät kivillilevyt eivät ole erikseen palotestattuja kyseiseen käyttötarkoitukseen, on turvallista olettaa, että $t_f = t_{ch}$. Tässä tapauksessa hetki, jolloin hiiltymiskeros saavuttaa 25 mm syvyyden (t_a), voidaan laskea alla olevalla kaavalla.

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

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:

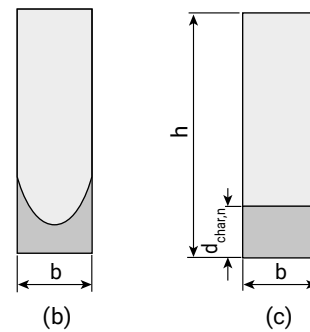
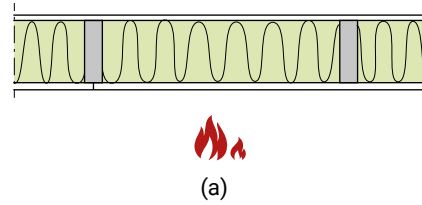
Puurakki on suojattu palonsuojalevyillä kolmelta sivultaan. Milloin puurakenteen hiiltyminen alkaa?

- 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 puurangoista ja niiden molemmille puolille kiinnitetystä verhouksesta. Runkotolppien välit voivat olla tyhjiä tai ne voidaan täyttää osittain tai kokonaan kivivillakeristeellä.

Asetus rakennusten paloturvallisuudesta edellyttää usein puurakennusten ulkoseinissä käytettävän vähintään A2-s1, d0 -paloluokan lämmöneristeitä. Eurokoodi 5 mukaisesti vain palamaton ja riittävän tiheä kivivillaeeristus 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 seiniä 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

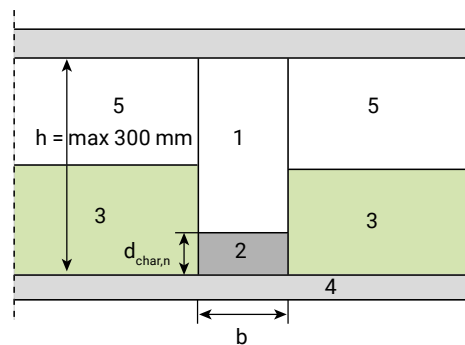
$$t_a = 25 / (k_s k_3 k_n \beta_0) + t_f = 25 / 1,23 + 15 = \mathbf{35,3 \text{ min}}$$

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.

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, $t < t_f$

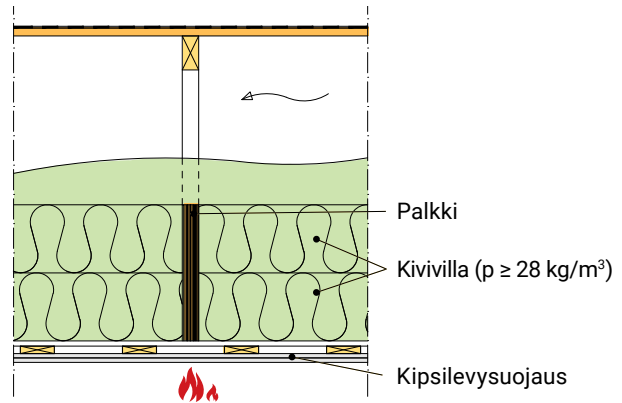
tai B)

- 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.

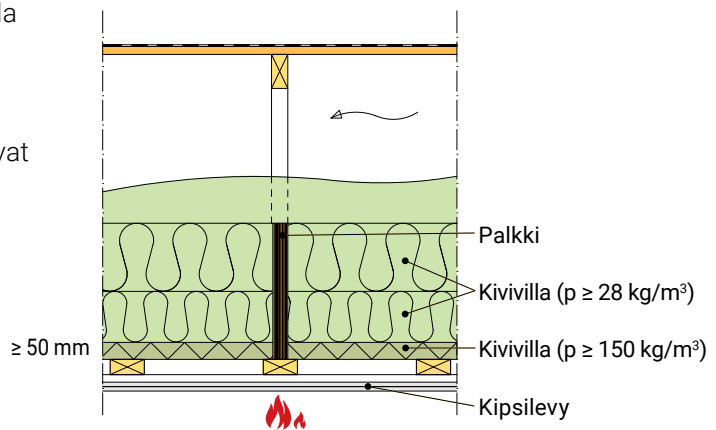
tai C)

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

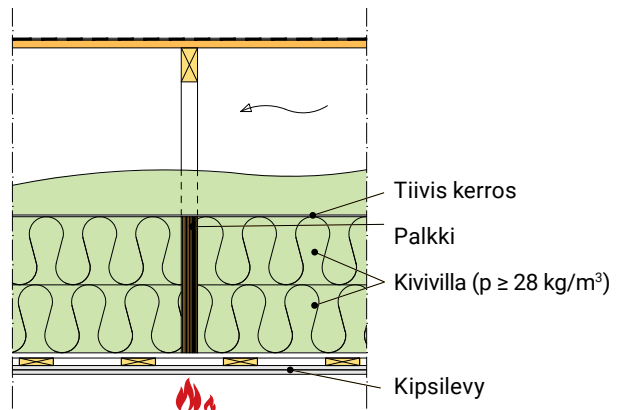
Ullakkopalossa palkkirakenteen yläpuolella oleva kivivillakerros suojaa palkkia palolta.



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 rakenneseosia 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 rakenneseosan 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	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	10 min	14 min	20 min	24 min	30 min	40 min
PAROC eXtra pro	11 min	15 min	22 min	26 min	33 min	44 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 saumakertoimille arvot taulukosta (Eurokoodi 5 taulukko E.6). Saumakerroin 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)	$0,2 \times 125 \times 1 = 25 \text{ min}$
$t_{ins,0,3}$	24 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

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

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:

$$(17 \times 0,84 \times 1,0) + (13,2 \times 1 \times 1) + (17 \times 1,5 \times 1,0) = 52,98 \text{ min}$$

Huom: laskentametodit ovat päteviä vain seinärakenteille 60 minuuttiin saakka.

5) SUOJAVERHOUS 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 kivivillalevyjen suojaverhousluokitukset:

Kivivillaeristys	Paksuus	Luokitus
PAROC WAS 25t	30 mm	K ₂ 10
PAROC Cortex Pro (tai WAS 35) PAROC Cortex One	50 mm 80 mm	K ₂ 30
PAROC FPS 17(t)	50 mm	
PAROC FPS 17(t)	60 mm	K ₂ 60

Läpäistäkseen testin, tuotteen on täytettävä seuraavat kriteerit halutun suojaverhousajan:

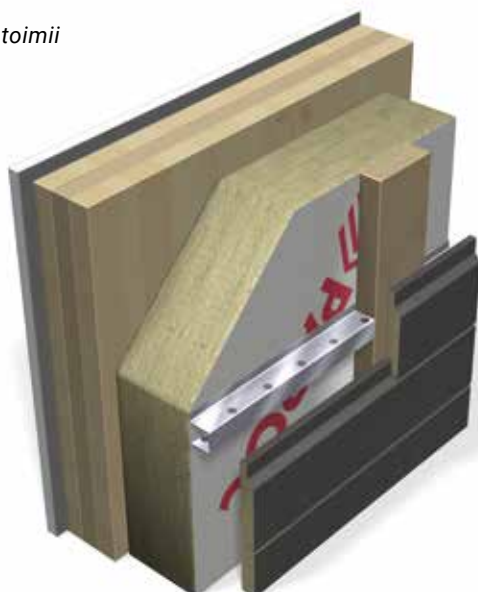
- Keskimääräinen lämpötilan nousu rakenteen vastakkaisella puolella tulee olla alle 250 °C alkulämpötilaan verrattuna.
- Suurin yksittäinen lämpötilan nousu rakenteen vastakkaiselle puolella saa olla enintään 270 °C alkulämpötilaan verrattuna.
- Suojattavassa rakenteessa (lastulevy) ei saa esiintyä hiiltynyttä 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

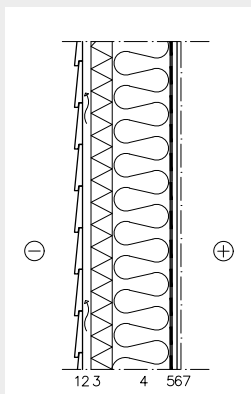
Parocilla on laaja valikoima valmiiksi palotestattuja puurakenteita. Seuraavat rakenteet ovat joko testattuja tai niiden suosittelun taustalla on pitkä kokemus kivivillan palo-ominaisuuksista. Eri valmistajien kivivilla-tuotteet eivät ole ominaisuuksiltaan samanlaisia, joten luokitus koskee pelkästään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

ULKOSEINÄT

Paloluokituksia tyypillisimmille ulkoseinärakenteille:

Tuulettuva kantava ulkoseinä, REI60

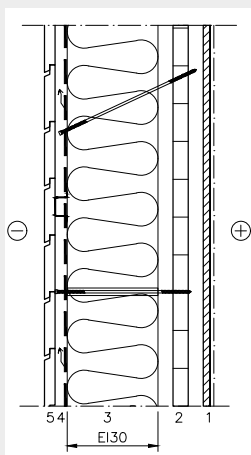
(Korkeus max. 3000 mm)



- Puupaneli 23 x 120 mm
- Tuuletusväli 22 mm
- Tuulensuojaeriste **PAROC Cortex**, 30 mm (tai 9 mm kipsilevy, tyyppi H)
- Puurunko 48x148 k600, luokka C24 + lämmöneristys **PAROC eXtra**, 150 mm
- Höyrynsulku
- Kipsilevy 13 mm (A, normaali)

Kuormitus 5,4 kN/tolppa
(viivakuorma 9 kN/m)
Luokitus perustuu palotestiin

Eurofins Expert Services Oy lausunnon EUFI29-19003518-T1 mukaan lähes kaikki tämän rakenteen eri variaatiot täyttävät REI60, kun eristeenä on käytetty PAROC kivivillaa. Paloluokitus pätee molemmista suunnista kohdistuvaan palorasitukseen. Lisää REI60 rakenteita on löydettävissä Paroc Rakennevalitsimesta www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/cad-kuvat.

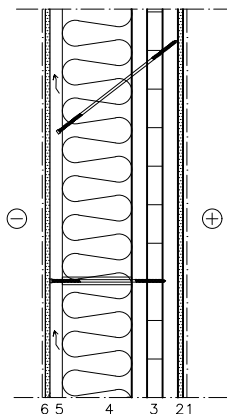


- Puupaneli ≥ 28 mm
- Puukoolaus 32 x 100 mm, k600, palokatkot kerroksittain/tuuletusväli
- Tuulensuojaeriste **PAROC Cortex One**, 180 mm
- CLT-massiivilevy 90–120 mm
- Kipsilevy 13 mm (A, normaali)

Luokitus perustuu laskelmaan

Laskelmien mukaan lähes kaikki tämän rakenteen variaatiot täyttävät REI60 paloluokituksen, kun ne on eristetty PAROC kivivillalla. Paloluokitus pätee molemmista suunnista kohdistuvaan palorasitukseen. Lisää REI60 rakenteita on löydettävissä Paroc Rakennevalitsimesta www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/cad-kuvat.

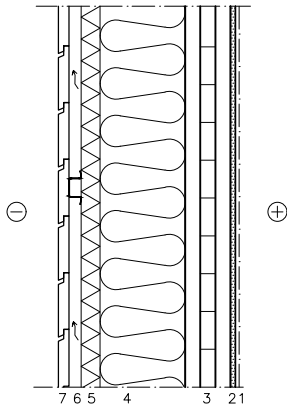
CLT/LVL -rakenteet



- Levyverhous
- Pystykoolaus 32x100 mm, k600/tuuletusväli
- **PAROC Cortex One**, 180 mm (toimii suojaverhouksena K₂30), ruuvi kiinnitys, saumat teipataan
- Kantava CLT-levy, 90–120 mm
- Suojaverhous K₂10 tai K₂30 vaatimustason mukaan
- Sisäverhous

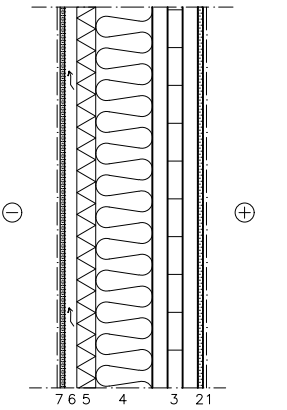
U-arvo: 0,16 W/m²K
Paloluokka: REI60, hiiltymämitoitus

CLT/LVL + puurunko



- Ulkoverhouslaudoitus
- Pystykoolaus 32×100 mm, k600, palokatkot kerroksittain/tuuletusväli
- **PAROC Cortex Pro**, 50 mm (K₂,30), saumat teipataan
- Koolaus 45×225 k600/**PAROC eXtra**, 100 + 125 mm
- Kantava CLT-levy 90–120 mm
- Suojaverhous K₂,10 tai K₂,30 vaatimustason mukaan
- Sisäverhous

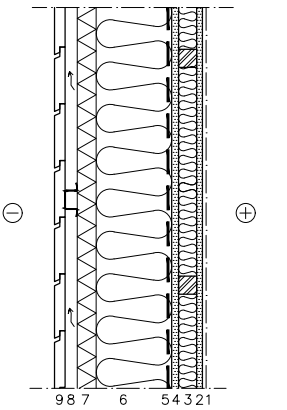
U-arvo: 0,12 W/m²K
 Paloluokka: REI60, hiiltymämitoitus



- Levyverhous
- Pystykoolaus 32×100 mm, k600, (palokatkot kerroksittain)/tuuletusväli
- **PAROC Cortex Pro**, 50 mm (K₂,30), saumat teipataan
- Koolaus 45×145 k600/**PAROC eXtra**, 150 mm
- Kantava CLT-levy 90–120 mm
- Suojaverhous K₂,10 tai K₂,30 vaatimustason mukaan
- Sisäverhous

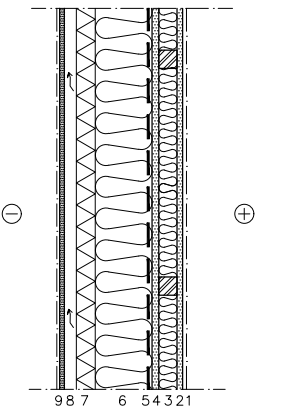
U-arvo: 0,16 W/m²K
 Paloluokka: REI60, hiiltymämitoitus

Puurunkorakenne



- Ulkoverhouslaudoitus ≥ 28 mm
- Pystykoolaus 32×100 k600, palokatkot kerroksittain/tuuletusväli
- **PAROC Cortex Pro**, 50 mm (K₂,30), saumat teipataan
- Pystyrunko 42×148 mm k600/**PAROC eXtra**, 150 mm
- Ilma- ja höyrynsulku
- Kuitukipsilevy, 18 mm, K₂,30
- Koolaus 50×50 mm/**PAROC COS 5**, 50 mm
- Kipsilevy
- Sisäverhous

U-arvo: 0,15 W/m²K
 Paloluokka: REI60, hiiltymämitoitus



- Levyverhous
- Pystykoolaus 32×100 mm, k600/tuuletusväli
- **PAROC Cortex Pro**, 50 mm, K₂,30, saumat teipataan
- Pystyrunko 42×148 mm, k600/**PAROC eXtra**, 150 mm
- Ilma- ja höyrynsulku
- Kuitukipsilevy, 18 mm, K₂,30
- Koolaus 50×50 mm/**PAROC COS 5**, 50 mm
- Kipsilevy
- Sisäverhous

U-arvo: 0,15 W/m²K
 Paloluokka: REI60, hiiltymämitoitus

YLÄPOHJAT

Yläpohjapalkkien mitoitus

PAROC eXtra eristyslevyt täyttävät Eurokoodi 5 vaatimukset ja suojaavat kattopalkkien sivu- ja yläosia hiiltymiseltä.

Alin eristyskerros tehdään aina kivivillalevyillä. Levyeristysten paksuuden on vastattava vähintään kattopalkin (alapaarteen) korkeutta.

Huonetilan puolelta tapahtuvassa palossa kattopalkkien väliset kivivillalevyt 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.

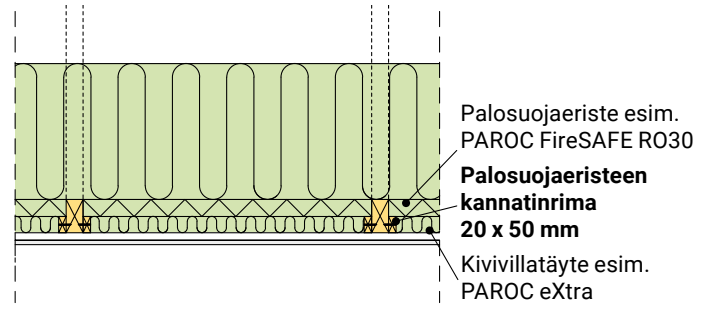
Yläpohjan palonkeston mitoituksessa RIL 205-2-2019 mukaisesti, voidaan rakenteen tiiviydelle asetetut vaatimukset täyttää seuraavilla tuotteilla;

- Vaakasuntainen eristys tehdään palkkien väliin PAROC eXtra -levyillä
- Palkkien (alapaarteiden) väliin asennetaan tiheä PAROC FPS 17 tai PAROC FireSAFE RO30 -levy estämään kuumien palokaasujen virtaus rakenteen läpi. Levyn paksuus ≥ 50 mm.
- Kivivillalevy voidaan asentaa palkkien kylkeen puurimoilla tai metallisilla L-listoilla. Levyjen sijainti palkkien välissä voidaan valita vapaasti.

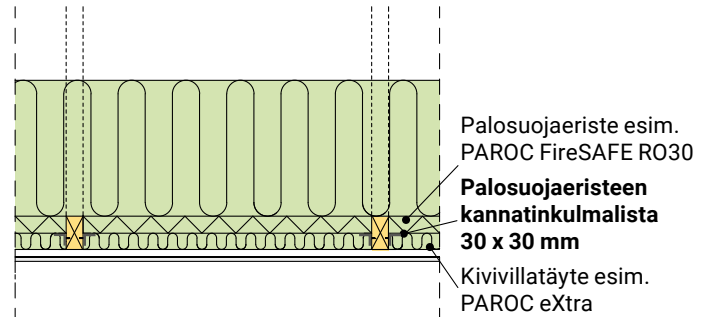
Ullakoiden palokatkot

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

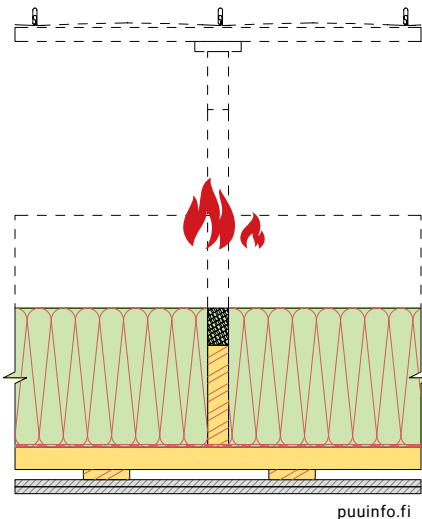
Yläpohjarakenteen muodostaessa oman palo-osastonsa, vesikattorakenteet voivat palaa kokonaan sen vaikuttamatta alla oleviin tiloihin. Tästä syystä kantavat rakenteet tehdäänkin usein betonista ja vesikattorakenteet puusta.



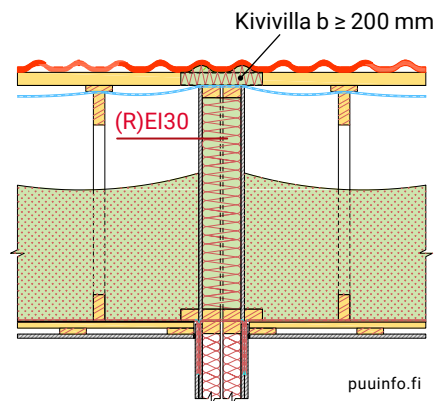
Palosuojaeriste asennettuna kannatusrimoille



Palosuojaeriste asennettuna kulmalistoille



Ullakkopalo



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 ullakkotilaan.

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

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 80 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.

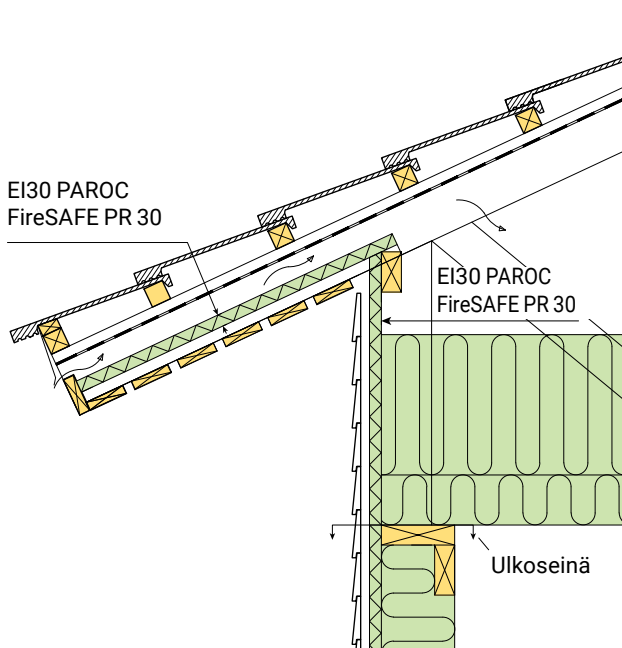
PAROC FireSAFE PR30:n asennus kattoristikoon



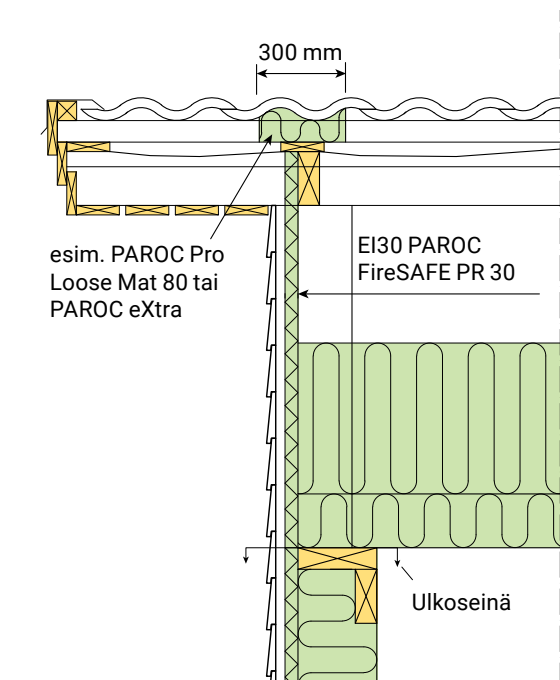
Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun julkisivuverhous on toteutettu palavista materiaaleista.

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.

Tarkemmat suunnitteluohjeet löydät ratkaisulle myönnetystä tuotesertifikaatista.



EI30 palo-osastoitu sivuräystä



EI30 palo-osastoitu päätäräystä

VÄLIPOHJAT

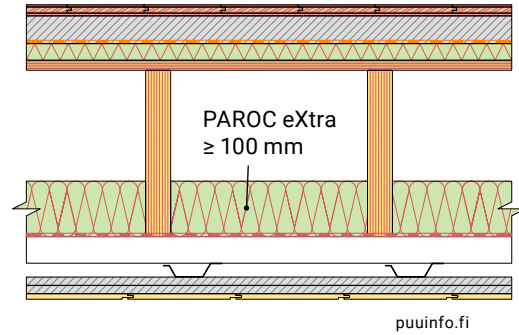
PAROC FPS 17 palosuojalevyllä voidaan palosuojata sekä palkkirakenteinen että CLT-rakenteinen välipohja. Palosuojalevy on testattu käyttötarkoitukseen kokeellisesti (FprEN 13381-7:2018).

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 (≥ 100 mm)**. Eristyksen pysyminen paikoillaan tulee varmistaa tukirakenteella kuten rimoituksella tai metalliverkolla.

Testi tehtiin **PAROC FPS 17 palosuojalevyille**, jonka tiheys on 170 kg/m^3 ja paksuus 60 mm.

Testiin perustuvat arvot eivät ole sovellettavissa muille kuin testissä mukana olleelle palosuojalevyille.

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

FPS 17 (60 mm) suojaa palkkeja ja CLT-laattaa hiiltymiseltä 55 minuutin ajan. 55 minuutin jälkeen hiiltymisen 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 suojausten murruttua hiiltyminen alkaa nopeasti, koska lämpötila on 99 minuutin kohdalla jo erittäin korkealla tasolla.

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

25 mm hiiltymissyvyys saavutetaan 101 minuutin kohdalla.

$$(25 \text{ mm} - 9,68 \text{ mm} = 15,32 \text{ mm} \rightarrow 15,32 \text{ mm} / 5,6 \text{ mm/min} = 2,73 \text{ min},$$

$$t_a = 99 \text{ min} + 2,73 \text{ min} = 101 \text{ min})$$

VÄLISEINÄT

Kevyt väliseinä (max 4 m korkea)

EI30

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



EI60

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



EI90

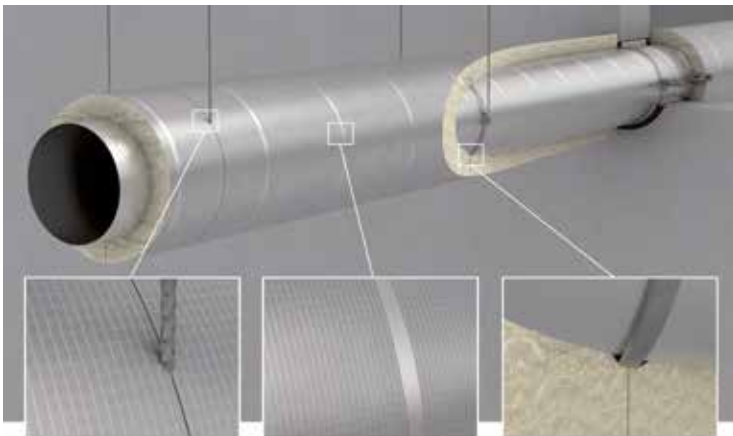
- 2 x 12,5 mm kipsilevy, A
- 120 mm puuranka, k600
+ **PAROC eXtra 120 mm**
- 2 x 12,5 mm kipsilevy, A



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

LÄPIVIENNIT

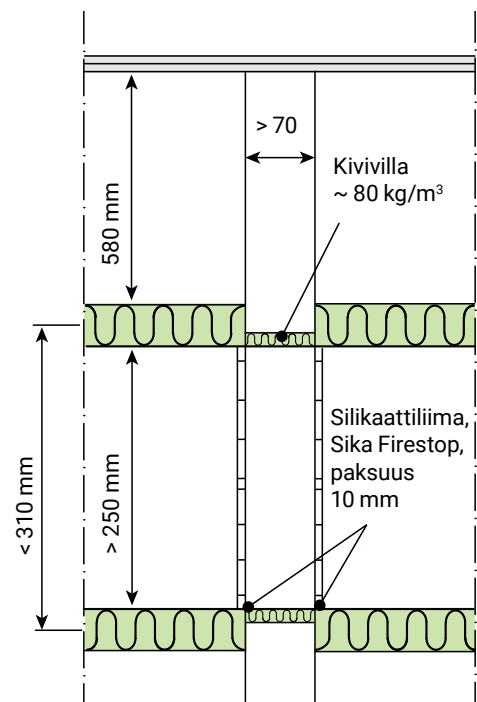
EI30 Läpivienti



Ilmakanavan läpivienti osastoivasta seinästä, katosta tai lattiasta, on mahdollista paloeristää käyttäen palotestattua läpivientiratkaisua.

Esimerkiksi, pyöreä ilmakanava (halkaisija ≤ 250 mm ja teräsmateriaalin vahvuus $\geq 0,5$ mm) voidaan eristää **PAROC Hvac AirCoat 50 mm** tuotteella. Läpivientireikä ei saa olla 30 mm eristetyn putken ulkohalkaisijaa suurempi. Reiän ja putken välinen rako täytetään **PAROC Pro Loose Mat 80** sullontavillalla. Sauma tiivistetään palomassalla (silikaattiliima).

Tätä ratkaisua voidaan käyttää puurakenteiden läpivienneissä. Rakenteen paksuus pystysuunnassa min. 70 mm (massiivi- tai rankarakenne) ja vaakasuunnassa 100 mm (soveltuu vain massiivirakenteille, joiden tiheys on > 650 kg/m³).



Puurakenteen EI30 paloluokiteltu läpivienti

Paloluokitus on voimassa kaiken suuntaisille kanaville (pysty, vaaka, sisältä ulos ja ulkoa sisään) (VTT-C-11685-16)

Läpiviennit eivät saa heikentää puurakenteiden palonkestoaikaa olennaisesti. Siksi on suositeltavaa käyttää vastaavan paloluokan läpivientiratkaisua, kuin mitä osastoiva rakenne on.

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 luokan 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 100-kivivillaverkkomattoa. Lämmöneristeen päälle tulee asentaa vähintään 0,5 mm paksu teräksinen ulkokuori.

Metallisavupiipun läpiviennit ylä- ja välipohjan kohdalla

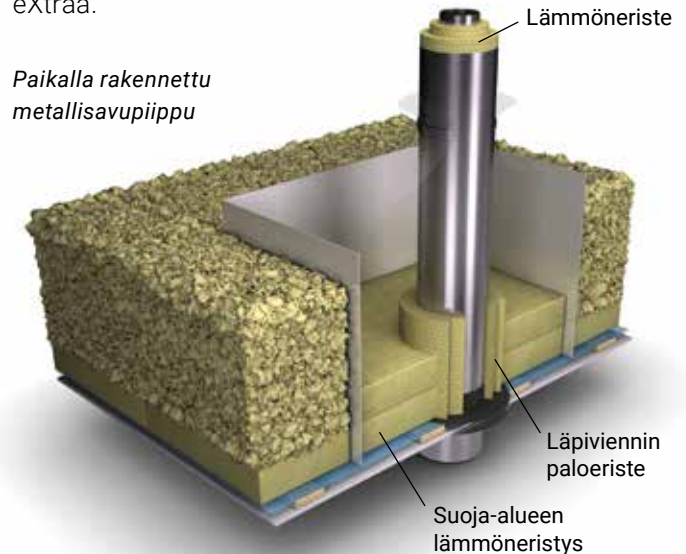
Savupiipun teräksinen ulkokuori ympäröidään väli- tai yläpohjan tai seinän läpimenokohdassa sekä seinän liittymäkohdassa paloeristeellä, joka asennetaan tiiviisti lämmöneristetyn savupiipun ulkokuorta vasten.

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-luokan mineraalivillaeristeet (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 100-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-luokan levyeristeillä. Suoja-alue on oltava suojattu roskilta ja muulta palavalta irtonaiselta materiaalilta sekä palamattomalta irtoeristeeltä. Suoja-alueen eristeeksi suosittelemme PAROC eXtraa.



Paikalla rakennettu metallisavupiippu

Liikuntavälien tiivistäminen

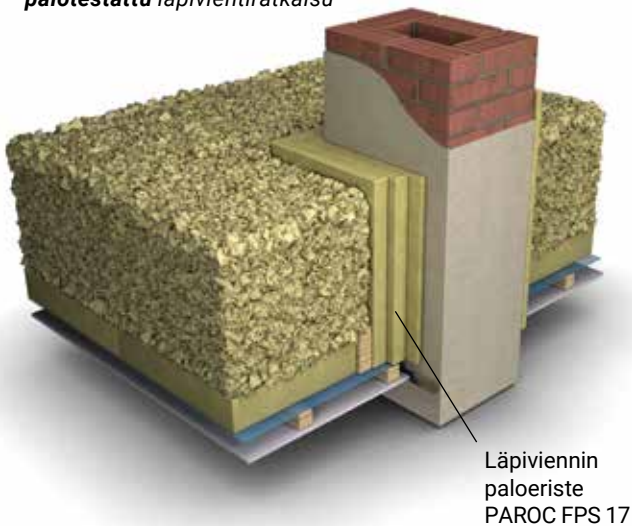
Läpivientikohdissa palamattoman rakennusosan ja paikalla metallista rakennetun savupiipun välisen liikuntavälin tiivistämiseen käytetään palotekniseen tiivistämiseen soveltuvaa A1-luokan päällystämättöä eristettä kuten PAROC Pro Loose Mat 80 -sullontavilla. Eriste tulee sulloa liikuntaväliin tiiviisti koko liikuntavälin syvyydeltä.

Palamattoman rakenteen läpivienti ylä- ja välipohjan kohdalla (esim. ontelolaatta) tehdään 20 mm liikuntavälillä. Liikuntaväli täytetään PAROC Pro Loose Mat 80 -sullontavillalla.

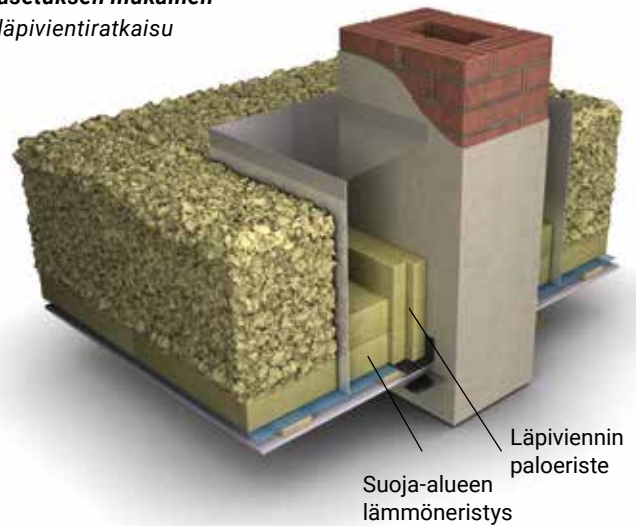
b) Paikalla muurattu piippu

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 luokan PAROC FPS 17 läpiviennin palosuojaeriste, jonka korkeus on vähintään 100 mm korkeampi kuin yläpohjan lämmöneristeen korkeus, suojaa hyvin ympäröiviä rakenteita yläpohjaeristeen paksuudesta riippumatta. Muiden vastaavanlaisten tuotteiden

Paikalla muurattu piippu,
palotestattu läpivientiratkaisu



Paikalla muurattu piippu,
asetuksen mukainen
läpivientiratkaisu



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 FPS17 palosuojaeristeellä. Eriste pitää tiilipiipun kuivempänä ja pidentää piipun elinkaarta. Lisäksi eriste pitää rakenteen lämpimämpänä, mikä parantaa piipun vetoa. Palosuojaeriste voidaan sijoittaa piipun pintaan eristelevyjen kulmista esimerkiksi villaruuvien avulla, jolloin rakenne on myös helposti tarkastettavissa.

Tiilipiipun läpiviennit ylä- ja välipohjan kohdalla
Mikäli tiilipiipun pinnan ja ruodepuun välissä on vähintään 20 mm:n paksuinen PAROC FPS 17 -palosuojaeriste, voidaan ruodepuu asentaa 20 mm etäisyydelle tiilipiipun pinnasta. Muiden vastaavalaisten tuotteiden soveltuvuus paloeristeeksi tulee osoittaa testaamalla.

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-luokan läpiviennin palonsuojaeriste. Eristetyyppi ja -vaatimukset kuten yläpohjan läpiviennissä.

c) Valmispiiput

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

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

ASENTAMINEN

Kivillan asentaminen on erittäin helppoa. Kaikissa puurankarakenteissa kivillalevyt asennetaan tiiviisti palkkien ja tolppien väliin. Pehmeiden kivillalevyjen 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.

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



DURABLE

Kivivillasta valmistetut energiatehokkaat ja paloturvalliset PAROC®-eristeratkaisut vastaavat uudis- ja korjausrakentamisen, laiva- ja offshore-teollisuuden, akustoinnin ja muun rakentamisen tarpeisiin. Tuotteidemme takana on 80-vuotinen historia, jonka aikana olemme kartuttaneet kivivillan tuotantoon liittyvää asiantuntemusta sekä teknistä eristeosaamista ja innovaatioita.



REUSABLE

Rakennuseristeiden laaja tuote- ja ratkaisutarjonta soveltuu kaikkeen perinteiseen rakennusten eristämiseen. Rakennuseristetuotteita käytetään pääasiassa ulkoseinien, kattojen, lattioiden ja alapohjien sekä välipohjien ja väliseinien lämpö-, palo- ja äänieristämiseen. Valikoimassa on muun muassa ääntä vaimentavia alakattoja ja seinälevyjä sisätilojen akustointiin sekä meluntorjuntatuotteita teollisuustiloihin.



SOUND REDUCING

Teknisiä eristeitä käytetään lämpö-, palo- ja äänieristeinä talotekniikassa, prosessiteollisuudessa ja putkistoissa, teollisuustuotteissa sekä laivanrakennus- ja offshore-teollisuudessa.



FIRE PROOF

Lisätietoja on saatavilla yrityksen kotisivuilla osoitteessa www.paroc.fi



MOISTURE PROOF



SAFE



ENERGY EFFICIENT

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.

Tammikuu 2020
2251BIFI0120
© Paroc 2020

