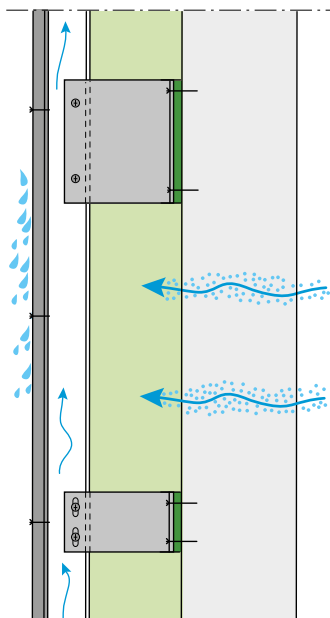




HYVIN ERISTETYT TUULETTUVAT JULKISIVUT

SUUNNITTELUOPAS



PAROC®

SISÄLTÖ

1. Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

1.1. Yleiset suunnitteluohjeet	4
--------------------------------------	---

2. Tuuletuksen suunnitteluperiaatteet

2.1. Tuuletuksen mitoitus	6
2.2. Lämmöneristysten suunnittelu	14

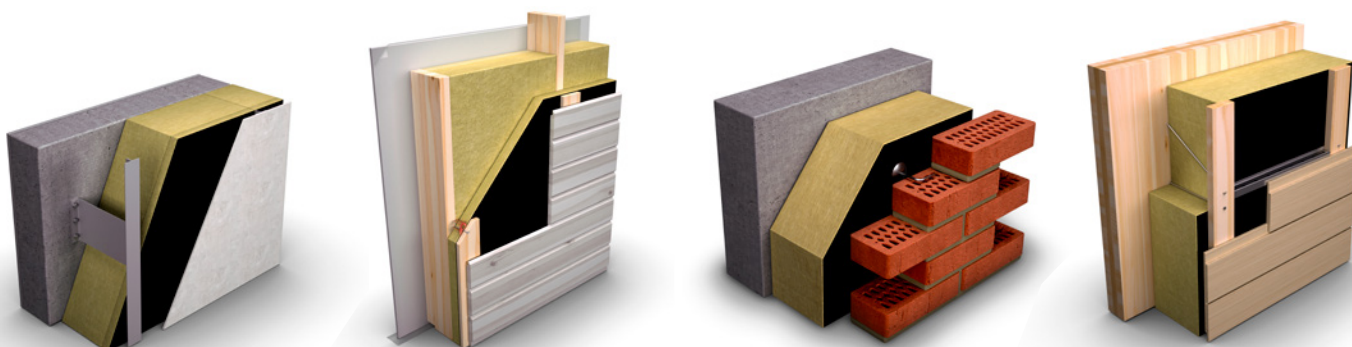
3. PAROC-tuotteet.....19

4. PAROC-eristysratkaisut

4.1. Puiset runkorakenteet.....	23
4.2. CLT-rakenteet	25
4.3. Metallirakenteiset julkisivujärjestelmät	27
4.4. Tiiliverhotut rakenteet	29

1. HYVIN ERISTETYT TUULETTUVAT JULKISIVUT

Tuulettuva julkisivu on yleistermi julkisivurakenteille, joissa julkisivuverhoilun ja lämmöneristekerroksen välissä on rakenteen kosteusturvallisuutta parantava yhtenäinen tuuletusväli. Tuulettuvissa rakenteissa julkisivuverhous kiinnitetään kantavaan rakenteeseen lämmöneristekerroksen läpi. Tuuletusväli on yhteydessä ulkoilmaan alareunan tuloaukkojen ja yläreunan poistoaukkojen kautta (esim. lisätuuletusaukot kerroksittain ikkuna- ja oviaukkoihin liitettynä), mikä varmistaa jatkuvan luonnollisen ilmanvaihdon.



Tuulettuville julkisivuille on ominaista, että järjestelmään tarvittavat komponentit tulevat usealta eri tavarantoimittajilta. Tästä syystä suunnittelijan voi olla vaikea saavuttaa kaikki ulkoseinärakenteelle asetetut tekniset tavoitteet. Monissa tapauksissa julkisivun suunnittelu alkaa julkisivuverhoilun valinnalla, minkä jälkeen valitaan sitä tukeva rakenne. Vasta lopuksi valitaan järjestelmään sopiva eristemateriaali.

Vaikkakin rakenteessa käytettävä eristeratkaisu valitaan listan viimeisenä, sillä ja sen toimivuudella on tärkeä rooli rakennuksen ulkovaipan lämpö-, ääni-, palo- ja kosteusominaisuuksien kannalta.

Tämän oppaan tavoitteena on esittää Paroc lämmöneristystuotteita koskevat suunnitteluohjeet uusille tuulettuville julkisivurakenteille. Suunnitteluohjeet soveltuvat betoni-, kevytbetoni- tiili-, puurunko- ja CLT-rakenteille.

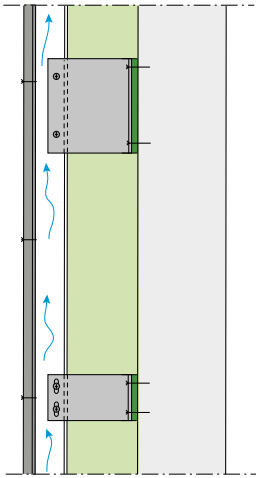
Nämä suunnitteluohjeet on laadittu VTT:n numeeristen simulaatioiden ja analyysien pohjalta (tutkimusraportti VTT-R-01215-20). Mitoitustaulukoissa esitetyt arvot perustuvat enimmäkseen vuotuisiin keskimääriin kosteuskuormiin ja tuuliolosuhteisiin eri ilmastovyöhykkeillä. Erilaisten ulkoseinien tuuletustarpeiden tutkimuksissa asetettiin lisäksi useita asiantuntemukseen perustuvia raja-arvoja. Saatuja tuloksia ei näin ollen voida pitää tarkkoina mitoitusarvoina, mutta ne antavat käytännölliset ohjeet siitä, millaisella tuuletuksella varmennetaan riittävä kosteuden kuivuminen ja eliminoidaan lämmöneristävyyden konvektiovaikutukset.

Tutkimuksissa otettiin huomioon kolme tyypillistä eurooppalaista ilmastoa:

	Pohjoinen ilmasto Vantaa, Suomi	Leuto rannikkoilmasto Bergen, Norja	Keskieuropalainen ilmasto Holzkirchen, Saksa
T, keskiarvo (°C)	6,5	8,1	6,6
T, min. (°C)	-24,8	-9,7	-20,1
V, tuuli, keskiarvo (m/s)	4,4	3,4	2,3
Vuotuinen sademäärä (mm)	756	2421	1185

1.1. YLEISET SUUNNITTELUOHJEET

Tuulettuvia julkisivuja voidaan suunnitella joko uudisrakennuksiin tai vanhojen rakennusten julkisivukorjauksiin. Muista tarkistaa paikalliset vaatimukset ja rakennusmääräykset erityisesti materiaalien, kantavien rakenteiden sekä rakennuksen vaipan rakenne-, lämpö-, palosuoja- ja äänieristysvaatimusten osalta.



Tuulettuvan julkisivun edut:

- Tuulettuva julkisivu tarjoaa ulkoseinärakenteelle pitkäkestoisen sää- ja kosteussuojan.
- Huolella valitut asennusjärjestelmä sekä eristemateriaalit mahdollistavat lähes minkä tahansa halutun U-arvon saavuttamisen.
- Säädettyvät julkisivujärjestelmät helpottavat julkisivukorjauksia
- Kestävä rakentaminen pitkän käyttöiän, alhaisten ylläpitokustannusten ja erillisten kierrätettävien kerrosten ansiosta.
- Palosuojaus oikealla palamattomien komponenttien ja rakennusmateriaalien valinnalla.

Kosteusturvallisuus

Kosteudenhallinta on olennaista rakennuksen moitteettoman toiminnan kannalta. Hyvin suunniteltu rakennuksen ulkovaippa suojaa asukkaita haitallisilta terveysvaikutuksilta ja rakennusta vaurioitumiselta.

Suurin osa rakennusten kosteusongelmista johtuu maaperän kosteudesta, sateesta tai rakennuksen sisällä käytetystä vedestä. Kosteudenhallinta on olennainen osa rakennuksen suunnitteluvaihetta - onneksi siihen liittyvät suunnittelusäännöt ovat melko yksinkertaisia:

- varmistaa, että kosteus ei pääse rakenteiden sisään ja
- varmistaa materiaalivalinnoilla, että rakenteen sisällä oleva kosteus voi poistua rakenteesta.

Hyvän kosteusteknisen toimivuuden saavuttamiseksi tuulettuvan julkisivun tuuletusväliässä kulkevan ilmavirran on oltava riittävä. Tämä ei kuitenkaan vielä yksinään takaa rakenteen turvallista toimintaa, sillä myös useat muutkin tekijät (materiaalikerrosten diffuusioavoimuus, ilmastokuormat, ilmastuvuodot jne.) voivat vaikuttaa rakenteen kosteustekniseen toimintaan ja niiden vaikutus tulee tarkastella erikseen.

Julkisivumateriaalin valinta ei ole pelkkä ulkonäkökysymys, sillä julkisivu toimii rakennuksen "sadetakkina" ja sääsuojana seinärakenteen sisemmille materiaalikerroksille. Julkisivuverhous ja sitä kannatteleva alusrakenne on suunniteltava ja mitoitettava siten, että julkisivuverhouksen läpi tunkeutuva sadevesi ja mahdollinen kondenssikosteus voidaan poistaa rakenteesta hallitusti. Näin

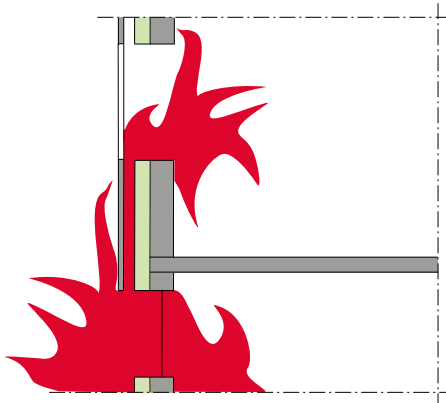
estetään haitallisen kosteuden tunkeutuminen lämmöneristeisiin, rakenteisiin ja rakenteissa oleviin puuosiin.

Tuulettuvien julkisivujen ulkoverhoilussa käytettävien paneelien, levyjen tai laattojen välisten saumojen suunnittelu ja tiivistäminen on toteutettava asianmukaisesti. Vaikka tuuletusväli pystyisikin siirtämään rakenteeseen tunkeutuvan kosteuden ulos rakenteesta, voi itse julkisivumateriaali kastua runsaasti vaarantaen koko julkisivun ulkonäön ja kestävyys. Ilmastovyöhykkeillä, joilla esiintyy pakkasta, voi jään muodostuminen aiheuttaa ylimääräistä rasitusta ja mahdollisia muodonmuutoksia julkisivurakenteille.

Julkisivupintojen sadevedenhallintaan tarvitaan rakenteellista kosteussuojausta, kuten asianmukaisia vesipeltejä ja tippanokkia mm. materiaalien sekä rakenteiden sauma- ja liittymäkohtiin johtamaan pinnalla valuva vesi pois rakenteesta. Ulkoseinärakenteessa tiiveimmät materiaalikerrokset sijoitetaan aina seinärakenteen lämpimämmälle puolelle. Rakenteen tulee harveta sisältä ulospäin mentäessä. Toisin sanoen erilaisten materiaalikerrosten vesihöyryläpäisevyyden tulisi kasvaa siirryttäessä ulospäin rakenteesta, jolloin rakenteissa mahdollisesti oleva rakennuskosteus pääsee kuivumaan ulospäin. Tuulettuvissa julkisivuissa ulospäin kulkeutunut kosteus poistetaan ulkoilmaan tuuletusvälin kautta, mikä tarkoittaa sitä, että julkisivumateriaali saa olla tarvittaessa vesi- ja höyrytiivis.

Paloturvallisuus

Julkisivujen kautta leviävä tulipalo on laajalti tunnistettu yhdeksi nopeimmista rakennuspalojen leviämistavoista. Huoneistopalon leviäminen julkisivun kautta voi tapahtua eri tavoin riippuen käytetystä julkisivujärjestelmästä sekä rakennusmateriaaleista. Tuulettuvat julkisivut ovat monikerroksisia järjestelmiä, joiden käyttö perustuu julkisivun ja lämmöneristeen välillä kiertävän ilmatilan luomiseen. Ilmaväliin luotu "hormivaikutus" on toimintamekanismi, joka parantaa julkisivun lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä. Tulipalon sattuessa tämä ilmaväli voi kuitenkin edistää tulipalon nopeaa leviämistä, joka taas aiheuttaa merkittävän riskin rakennuksen muihin kerroksiin. Siksi tuulettuvissa julkisivujärjestelmissä on aina suositeltavaa käyttää palamattomia eriste- ja julkisivumateriaaleja.



Ulkoverhouksen "hormivaikutus"

Energiatehokkuus

Julkisivumateriaalin valinnalla voi olla suuri vaikutus tuulettuvien julkisivujen energiatehokkuuteen, sillä esimerkiksi metalliprofiilijärjestelmissä varsinaisen julkisivukerroksen paino ja kiinnitystapa asettavat vaatimuksia alla olevalle runkorakenteelle sekä eristekerroksen läpi kulkeville kylmäsilloille.

Mekaaninen vakaus

Tuulettuvan julkisivun ulkoverhous kiinnitetään mekaanisesti kantavaan rakenteeseen ja kiinnityksen on oltava vakaa kaikissa olosuhteissa. Järjestelmän kiinnikkeiden mitoituksen tekee yleensä rakennesuunnittelija tai julkisivujärjestelmän valmistaja. Suunnittelussa on otettava huomioon mm. seuraavat kuormat (soveltuvin osin):

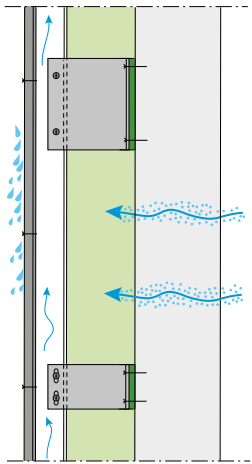
- rakenteen kuorma (mm. verhouksmateriaali, lämmöneriste)
- tuulikuorma (imu ja paine)
- lumi- ja jääkuormat
- iskukuormat
- erityiset muut kuormat (esimerkiksi maanjäristysrasitukset ja mainostaulut)

Rakennesuunnittelijan on laadittava tuulettuvasta julkisivujärjestelmästä erillinen suunnitelma voimassa olevien eurooppalaisten ja/tai kansallisten määräysten mukaisesti. Suunnitelmassa on esitettävä mm. julkisivujärjestelmän komponenttien muodostaman tukirakenteen, ulkoverhouksen sekä kiinnikkeiden mitoituslaskelmat. Metallisten julkisivujärjestelmien kohdalla tarvittavat laskelmat toimittaa yleensä järjestelmän valmistaja kohteen rakennesuunnittelijan antamien kohdekohtaisten tietojen perusteella.

2. TUULETUKSEN SUUNNITTELUPERIAATTEET

2.1. TUULETUKSEN MITOITUS

Tuulettuvassa julkisivussa ulkoilma virtaa julkisivun alaosissa sijaitsevien tuuletusaukkojen kautta tuuletusväliin, jossa ilma lämpenee seinän lämpöhäviöiden ja auringon säteilyn vaikutuksesta. Lämpenemisaste riippuu mm. ulkoseinärakenteen U-arvosta sekä julkisivumateriaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista. Julkisivumateriaalin suuri kosteuspitoisuus vähentää sen lämmöneristyskykyä ja materiaalista haihtuva kosteus pienentää tehokkaaseen tuuletukseen tarvittavaa ilman lämpötilaeroa tuuletusvälissä. Tyypillisesti tuuletusilman ja ulkoilman välinen keskimääräinen lämpötilaero on välillä 0,2–0,6 °C vuodenajasta riippuen.



Julkisivun tuulettamista tarvitaan ulkoseinärakenteen liiallisen kosteuden kuivaamiseen. Tyypillisiä kosteuslähteitä ovat rakennusmateriaalien alkukosteus, kosteuskuormat sisä ja ulkoilmasta (mm. tuuletusväliin johdettava ilma) sekä julkisivun kastuminen viistosateen vuoksi. Riittävän tuulettamisen varmistaminen voi olla haasteellista erilaisissa ilmastolosuhteissa, joissa kosteuskuormat ja tuulenpaineet vaihtelevat. Myös rakennuksen korkeus, tuuletusvälin koko, rakenteelliset yksityiskohdat ja tuuletusvälin mahdolliset palokatkot on otettava suunnittelussa huomioon.

Seuraavilla sivuilla esitetyt mitoitusaulukset perustuvat VTT:n WUFI® 6.1 -ohjelmistolla tehtyihin laajoihin numeerisiin simulaatioihin. Mallinnukset tehtiin käyttäen erilaisia rakenneyhdistelmiä:

- Kantavana rakenteena betoni, kevytbetoni, tiili, puurunko tai CLT
- Julkisivumateriaalina puu (28 mm), tiili (130 mm) tai sementtikuitulevy (8 mm)
- Lämmöneristeenä PAROC kivivilla, jonka paksuutena 200 mm, 250 mm tai 300 mm, riippuen käytetystä kantavan rakenteen materiaalista ja sen mitoista
- Kantavan rakenteen alkukosteuspitoisuus (betoni, kevytbetoni, tiili).

Tutkimukseen valittiin mahdollisimman suuret eriste- ja julkisivupaksuudet, jotta saavutettiin kosteudenhallinnan kannalta hankalimmat olosuhteet: suuri kosteuskapasiteetti ja pienet lämpötilaerot tuuletusilman ja ulkoilman välillä.

Analyysissä käytettiin 3–5 vuoden simulointijaksoja riippuen siitä, kuinka nopeasti rakenteissa oleva alkukosteus pystyi kuivumaan. Ulkoilmasto valittiin WUFI-mallikirjastosta (Vantaa, Bergen ja Holzkirchen) ja sisäilma asetettiin +20 °C:n lämpötilaan tason 2 kosteuskuormilla (enintään +4 g/m³ kosteuden lisäys ulkoilmaan verrattuna). Vain puurunkorakenteessa oli höyrysulku (Sd = 50 m).

Erikorkuisten rakennuksien keskimääräiset paine-erot arvioitiin tutkimuksessa mukana olleiden paikkakuntien ilmastotietojen perusteella. Näitä paine-eroja käytettiin tuulettamisen käyttövoimana. Rakennuksen korkeuden kasvaessa kasvoi myös tuuletukseen tarvittavan ilmavirran määrä ja vaadittava paine-ero kasvoi eksponentiaalisesti riittävän ilmavirran takaamiseksi. Myös lämpötilaeron aiheuttama luonnollinen konvektio otettiin tutkimuksessa huomioon tarpeellisin osin.

Simulaatioissa huomioitiin myös viistosateen vaikutus. Seinärakenteet asetettiin suurinta viistosadekuormaa kohden, tyypillisesti julkisivu etelään tai lounaaseen päin. Tutkittu ulkoseinän osa oli korkean (> 25 m) rakennuksen yläosa, jossa julkisivuihin kohdistuvat suurimmat viistosadekuormat. Simulaatioista jätettiin pois auringon säteilyn rakenteita kuivattava vaikutus, joten analyysi sisältää turvamarginaalin.

Suurimmat tuuletusvälin kosteuskuormat havaittiin käytettäessä 130 mm paksua tiilijulkisivua. Tiilijulkisivun tapauksessa kosteuskuorma ei ollut riippuvainen sisäseinärakenteesta. Tutkittua tiiliverhousta ei oltu käsitelty minkäänlaisella pintakäsittelyaineella, joka estäisi tiilien kastumisen viistosateen vuoksi. Tulokset voivat poiketa merkittävästi esitetystä, mikäli tiiliverhouks on ohuempi ja kosteuskapasiteetiltaan pienempi tai jos julkisivu on suojattu kastumiselta (vettä hylkivällä) pintakäsittelyaineella.

Höyrynsulullinen puu- tai teräsrakennus (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
Julkisivumateriaali		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,022	0,33	0,022	0,33	0,022	0,33	0,022	0,33
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,022 = 0,154 dm³/s m)		0,154	2,31	0,396	5,94	0,704	10,56	1,232	18,48
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	110	1450	220	2800	370	4600	580	8600
	25 mm	100	1500	230	3000	380	5900	600	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 67% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
Julkisivumateriaali		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusementti- levy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,045	0,33	0,045	0,33	0,045	0,33	0,045	0,33
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,045 = 0,315 dm³/s m)		0,315	2,31	0,810	5,94	1,440	10,56	2,520	18,48
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	180	1450	400	2800	660	4600	1030	8600
	25 mm	180	1500	410	3000	670	5900	1100	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
Julkisivumateriaali	2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m		
	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)	0,056	0,28	0,056	0,28	0,056	0,28	0,056	0,28	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,056 = 0392 dm³/s m)	0,392	1,96	1,008	5,04	1,792	8,96	3,136	15,68	
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	250	1450	550	2800	920	4600	1460	8600
	25 mm	260	1500	560	3000	950	5900	1600	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi	≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja				
	On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa								

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Höyrynsulullinen puu- tai teräsrakennus (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
Julkisivumateriaali	2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m		
	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)	0,028	0,44	0,028	0,44	0,028	0,44	0,028	0,44	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,028 = 0,196 dm³/s m)	0,196	3,08	0,504	7,920	0,896	14,08	1,568	24,64	
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	160	5500	350	-	560	-	910	-
	25 mm	160	-	350	-	570	-	970	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 67% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
Julkisivumateriaali	2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m		
	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)	0,057	0,44	0,057	0,44	0,057	0,44	0,057	0,44	
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,057 = 0,399 dm³/s m)	0,399	3,08	1,026	7,92	1,824	14,08	3,192	24,64	
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	270	5500	590	-	950	-	1550	-
	25 mm	270	-	600	-	990	-	1740	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi	≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja				
	On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinnoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa								

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,078	0,39	0,078	0,39	0,078	0,39	0,078	0,39
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,078 = 0,546 dm³/s m)		0,546	2,73	1,404	7,02	2,496	12,48	4,368	21,84
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	420	5500	900	-	1460	-	2420	-
	25 mm	420	-	920	-	1550	-	2970	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinnoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

Höyrynsulullinen puu- tai teräsrankaseinä (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,025	0,34	0,025	0,34	0,025	0,34	0,025	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,025 = 0,175 dm³/s m)		0,175	2,38	0,450	6,12	0,800	10,88	1,400	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	170	2500	380	5500	600	9600	890	-
	25 mm	190	2650	390	7400	620	-	940	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,037	0,34	0,037	0,34	0,037	0,34	0,037	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,037 = 0,259 dm³/s m)		0,259	2,38	0,666	6,12	1,184	10,88	2,072	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	240	2500	500	5500	770	9600	1140	-
	25 mm	240	2650	500	7400	800	-	1240	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla.
Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)	Puuverhous, kuitusement- tilevy jne.	Tiili (130 mm, ei pin- takäsitelty)
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm³/s m²)		0,062	0,34	0,062	0,34	0,062	0,34	0,062	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm³/s m²) eri korkuisissa rakennuks'ssa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,062 = 0,434 dm³/s m)		0,434	2,38	1,116	6,12	1,984	10,88	3,472	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	340	2500	710	5500	1100	9600	1660	-
	25 mm	350	2650	720	7400	1150	-	1900	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m³/m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja			
		On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokattojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinnoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m³/m² s Pa							

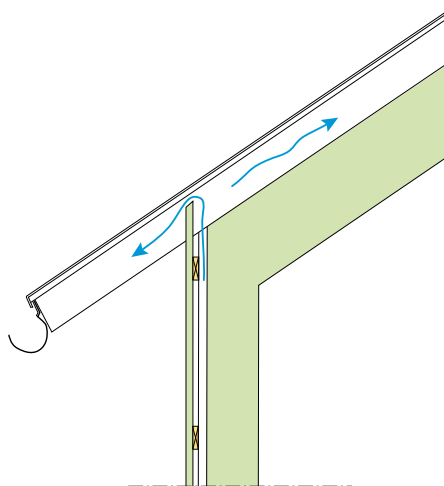
Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Kuitusementtilevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Tuuletusaukkojen mitoitus

Ilman tulo- ja poistoaukkojen pinta-alat on yleensä esitetty muodossa mm²/m. Tämä vastaa yhden tuuletusaukon pinta-alaa rakenteen leveyssuunnassa metriä kohti. Sekä tulo- että poistoaukkojen pinta-alan oletetaan olevan saman suuruinen, joten kokonaisaukkoala on kaksi kertaa suurempi kuin mitoitusaulukoissa esitetty arvo.

Jos tuuletusväliin johtaa julkisivun alaosaan vain yksi säädettävä aukko ja tuuletusvälin yläpää on täysin auki, voidaan mitoitusaulukkoa käyttää, vaikka se johtaisi seinän liian suureen tuuletukseen.

Kun tuuletusvälin ilmavirtaus ylittää vaaditun tason, ainoa tapa säätää se vaaditulle tasolle on lisätä ilman virtausvastusta tuloaukoissa pienentämällä aukon pinta-alaa.



Tuuletuksen mitoitusaulukoissa annetut aukkojen vähimmäiskoot koskevat sekä julkisivun ala että yläosan tuuletusaukkojen mitoitusta. Julkisivun yläosassa olevan tuuletusaukon oletetaan olevan aina auki, joten tältä osin taulukon suunnitteluarvot saavutetaan helposti.

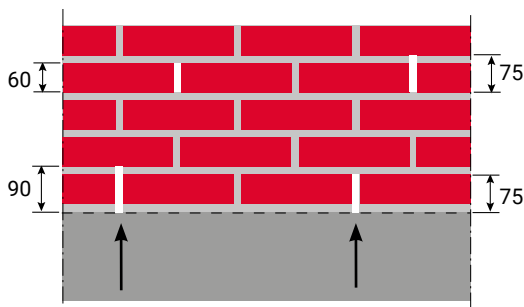
Tiilijulkisivut

Tiilijulkisivuissa tuuletusaukot tehdään tiilimuurauksen alaosaan pystysaumoihin alla olevan taulukon mukaan.

Tiilen korkeus (mm)	Tiilen pystysauman pinta-ala (mm ²)	Tuuletusaukkojen kokonaispinta-ala (mm ² /m)				
		Joka kolmas pystysauma auki	Joka kolmas pystysauma auki 2 x **	Joka toinen pystysauma auki	Joka toinen pystysauma auki 2 x **	Jokainen pystysauma auki
		1 aukko/m	2 aukkoa/m	2 aukkoa/m	4 aukkoa/m	3 aukkoa/m
60	1125 (1350*)	1125 (1350*)	2250 (2475*)	2250 (2475*)	4500 (4950*)	3375 (4050*)
75	1350 (1575*)	1350 (1575*)	2700 (2925*)	2700 (2925*)	5400 (5625*)	

* Ensimmäisellä tiilirivillä on mahdollista tehdä aukosta suurempia jättämällä laasti pois ylä- ja alasaumasta (h= 60 mm + 15 mm + 15 mm tai h= 75 mm + 15 mm + 15 mm)

** Tuuletusaukot sijoitetaan 1. ja 4. tiilikerrokseen



Esimerkki: Tuuletusaukon mitoitus (mm²/m) tiilijulkisivuille, jossa tiilen korkeus on 60 mm ja joka toinen sauma jätetään auki:

Ensimmäisen tiilirivin aukot:

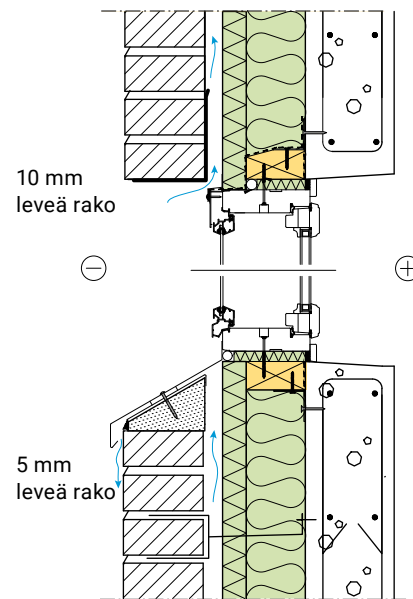
15 x 75 mm = 1125 mm² (tai 15 x 90 mm = 1350 mm²)

→ 2 aukkoa/m = 2 x 1125 mm²/m = 2250 mm²/m

→ 4 aukkoa/m (aukot 1. ja 4. tiilirivillä) =

4 x 1125 mm²/m = 4500 mm²/m

Jos tuuletusväliin johtaa useampia tuuletusaukkoja, voidaan tuuletusvälin suunnittelukorkeutena pitää tuuletusreitien enimmäiskorkeutta aukosta seuraavaan aukkoon. Tässä tapauksessa kunkin tuuletusaukon vähimmäisala määräytyy tämän suunnittelukorkeuden mukaan. Esimerkiksi, jos 28 m korkeassa rakennuksessa tuuletusaukot ovat 7 metrin välein, tällöin tuuletusaukkojen suunnittelukorkeus on 7 m ja tuuletusreitillä on viisi suunnilleen samanlaista aukkoa. Tätä lähestymistapaa voidaan käyttää myös tilanteissa, joissa ikkuna-aukkojen detaljeihin on lisätty tuuletusväliin johtavat tuuletusaukot. Mitoitustaulukon mukaisten tuuletusaukkojen vaadittu kokonaispinta-ala tulisi saavuttaa kosteusteknisesti turvallisen rakenteen varmistamiseksi, ja jokaisen aukon olisi oltava vähintään 50 prosenttia tarvittavasta kokonaispinta-alasta jaettuna tasaisesti kutakin aukkoa kohden.



Ikkunan tai oven leveys (mm)	Ikkunan/oven yläpuolella olevan tuuletusaukon pinta-ala (mm ²)	Ikkunan/oven alapuolella olevan tuuletusaukon pinta-ala (mm ²)
1000	10000	2500–5000
1200	12000	3000–6000
1500	15000	3750–7500
1800	18000	4500–9000
2100	21000	5250–10500

Ikkunan/oven yläpuolella olevan aukon pinta-ala = leveys x 10 mm

Ikkunan/oven alapuolella olevan aukon pinta-ala = leveys x 5 mm.

Kiinnikemateriaalit voivat pienentää ikkunan/oven alapuolella olevaa tuuletusaukkoa ~ 0–50%

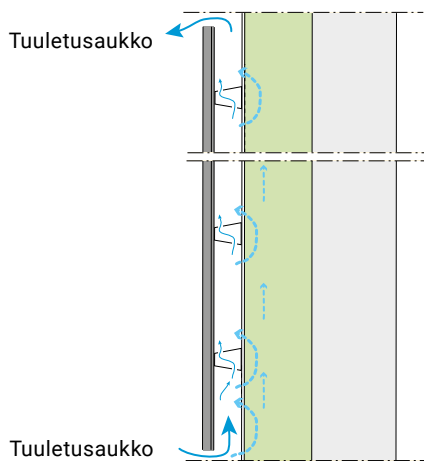
Huomautus: Tässä esitetyillä aukkojen pinta-aloilla tarkoitetaan aukkojen todellista vapaata pinta-alaa. Mikäli tuuletusväliin asennetaan eläimiltä suojaavia verkkoja tai muita vastaavia rakenteita, jotka vähentävät todellista aukon pinta-alaa, tulee aukkojen pinta-alat laskea ne huomioiden.

Palokatkot

Tuuletusväleihin voidaan asentaa palokatkoja kahdesta syystä; joko palavan julkisivun tai palavan eristeen käytön yhteydessä.

Jos julkisivumateriaalin paloluokka on D tai sitä heikompi (esimerkiksi puuverhous), voidaan tuuletusväleihin vaatia asennettavaksi vaakasuuntaiset palokatkot jokaiseen kerrokseen. Palokatkojen tarve on varmistettava voimassa olevista palomääräyksistä. Yleisin käytössä oleva palokatkoratkaisu on rei'itetty metalliprofiili, mutta tuuletuksen toimivuuden näkökulmasta olisi parempi käyttää palossa laajenevia palokatkovaihtoehtoja, jotta ilmanavat pysyvät mahdollisimman avoimina.

Palon leviäminen ulkoseinän tuuletusvälissä vaakasuuntaisesti esim. hätäpoistumisreittien ja osastoitujen porrashuoneiden kohdalla voidaan estää pystysuuntaisilla palokatkoilla.



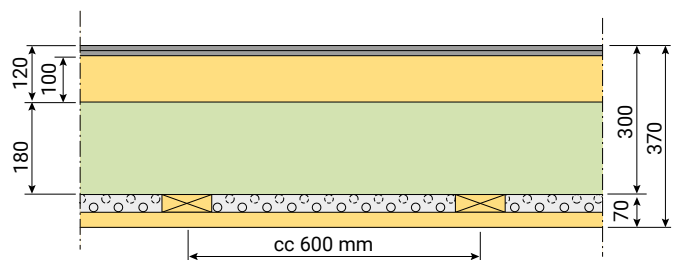
Mahdolliset palokatkot vähentävät tuuletusvälin ilmavirtausta. Palokatkoillisia tuuletusvälejä esiintyy kivivillaeristeiden käytön yhteydessä tyypillisesti esim. puujulkisivuissa. Palokatkot voivat aiheuttaa merkittävää vastusta tuuletusvälissä kulkevalle ilmavirralle pienentäen tuuletusvälin suurinta mitoituksessa käytettävää korkeutta ja aiheuttaen voimakasta paikallista konvektiovirtausta lämmöneristeeseen. Tämän vuoksi palokatkoillisissa tuuletusväleissä on aina suositeltavaa käyttää tuulensuojapinnoitteella varustettuja Cortex tuoteperheen tuulensuojaeristeitä. Vaihtoehtoisesti huokoisen eristeen pintaan voidaan asentaa erillinen tiivis tuulensuojapinnoite, jonka suositeltava ilmanläpäisevyyskerroin on enintään $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$.

Tuuletusvälin leveys

Tuuletusvälin leveyden (45 mm/25 mm) vaikutus tuuletuksen toimintaan on melko pieni tapauksissa, joissa käytetään avointa tuuletusväliä. Mutta kun tuuletusväleissä on palokatkoja, on tuuletusvälin leveyden vaikutus merkittävä, sillä palokatkot voivat vähentää tuuletusvälin poikkileikkausalaan jopa 95 %. Jos välin leveys on 45 mm, palokatkojen avoin pinta-ala on 80 prosenttia suurempi kuin mitä se olisi 25 mm leveällä raolla. Tämä vaikuttaa merkittävästi palokatkojen aiheuttamaan ilmapirranvastukseen.

Jotta palokatkoilla varustetuissa tuulettuvissa ulkoseinärakenteissa saavutettaisiin riittävä tuuletusilman virtausnopeus, tulisi korkeiden rakennusten seinissä olevien tuuletusaukkojen määrää lisätä. Tuuletusaukkojen välinen suurin sallittu etäisyys on yleensä ~18 m.

Jos palokatkoja (tai muita vastaavia ilmapirran esteitä) on enemmän kuin tässä oppaassa oletetaan (yksi kutakin kerrosta kohti 3,3 metrin välein), halutun tuuletusilman virtausnopeuden saavuttaminen voi olla vaikeaa.



Esimerkiksi yksi palokatko kussakin kerroksessa (jako pystysuunnassa ~3,3 m) ja jokaisella katkolla on kaksi puolta, joissa on 5 %:n avoin alue verrattuna tuuletusontelon poikkipinta-alaan.

Esimerkkirakenteessa on 45 mm leveä tuuletusväli, jonka pinta-ala on metrin tarkasteltavalta leveydeltä: $[(1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}) - (1,66 \times 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm})] = 37\,530 \text{ mm}^2/\text{m}$ → Julkisivun naulauslautojen (k600) osuus lasketaan kaavalla $(1 \text{ m}/0,6 \text{ m} = 1,66 \text{ kpl/m})$ eli niiden viemä pinta-ala on laskelmassa esitetty $1,66 \times 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$. Palokatkon vuoksi tuuletusvälissä olevan tuuletusaukon pinta-ala pienenee lisäksi $95\% = 0,05 \times 37\,530$ → Tuuletusaukon koko on näin ollen, $1876 \text{ mm}^2/\text{m}$.

2.2 LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU

LÄMMÖNERISTEKERROS

Tuulettuvassa julkisivussa käytettävällä eristeellä on oltava riittävä ilmavirranvastus, jotta vältetään konvektion kautta tapahtuvat lämpöhäviöt. Näissä rakenteissa lämmöneristävyyyteen voi kohdistua ainakin kolmenlaisia konvektion aiheuttamia vaikutuksia.

- 1. Tuuletusvälin suuntainen painegradientti tuuletusvälissä.** Ilma virtaa tuuletusvälissä lämmöneristeen pinnan suuntaisesti. Kun ontelo on suhteellisen avonainen, suurin osa ilmasta virtaa vapaassa tuuletusvälissä, ei eristeessä, sillä eriste vastustaa ilman virtausta paljon enemmän kuin tyhjä tila. Lämmöneristekerroksen sisäpuolen ja tuuletusvälin välillä oleva lämpötilaero voi sen sijaan aiheuttaa luonnollista konvektiota eristekerroksen sisällä, jos eriste on hyvin huokoinen (ilmaa läpäisevä) ja lämpötilaero eristeen eri puolilla suuri. Luonnollinen lämpötilaeroista johtuva konvektio voi vaikuttaa lämpöhäviöihin enemmän kuin ilmavirran aiheuttama tuuletusvälin korkeussuuntainen paine-ero.
- 2. Ilmavirtaus tuuletusaukkojen läpi.** Tuuli aiheuttaa tuuletusaukkojen kohdille dynaamisia painekenttiä, ja aukon pinta-alasta riippuen aukon läpi kulkevan ilmavirran nopeus voi olla suuri. Kun tämä ilmavirta osuu lämmöneristeen pintaan, joissakin tapauksissa kohtisuoraan, voi se aiheuttaa suuria paine-eroja ja voimakasta paikallista konvektiota eli eristävyiden heikennystä aukkojen kohdalla olevassa lämmöneristeessä.
- 3. Paine-erot tuuletusvälin rakenteellisten osien välillä.** Kun tuuletusontelossa on rakenteellisia osia (esim. palokatkoja), jotka vastustavat voimakkaasti ilman virtausta, pyrkii ilmavirta ohittamaan tämän esteen esim. huokoisemman lämmöneristekerroksen kautta.

Luonnollinen konvektio

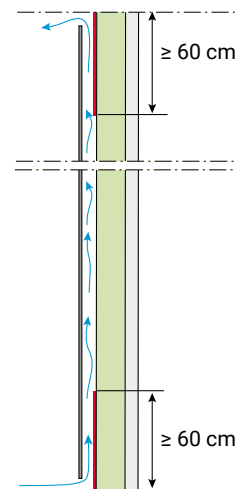
Luonnollisen konvektion riskin näkökulmasta tuulettuvissa julkisivuissa käytettävien eristetuotteiden suurimman ilmanläpäisevyyden tulisi olla noin $50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Luonnollista konvektiota voi tapahtua eristekerroksessa jo pelkästään suuresta sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevasta lämpötilaerosta. Jos eriste on liian huokoinen eli se ei vastusta ilman liikettä eristekerroksessa, voi ilman mukana siirtyvä lämpö alkaa liikkumaan eristekerroksen sisällä heikentäen näin rakennuksen energiatehokkuutta erityisesti kylminä talvipäivinä, jolloin lämpötilaero on suurimmillaan:

- Jos lämmöneristeen ilmanläpäisykerroin on välillä $70\text{--}190 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$, voi ulkoseinien lämmönsiirtokerroin kasvaa luonnollisesta konvektiosta johtuen $\sim 10\text{--}14\%$. Tätä heikennystä voidaan kompensoida joko lisäämällä lämmöneristekerroksen paksuutta tai käyttämällä erillistä tuulensuojatuotetta tai -pinnoitetta.
- Lämmöneristeet, joiden ilmanläpäisykerroin on yli $190 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$, on aina suojattava tuulensuojatuotteella tai -pinnoitteella

Pakotettu konvektio

Tuulen aiheuttamat paine-erot tuuletusaukkojen lähellä voivat aiheuttaa suuren konvektiovirtauksen lämmöneristeeseen erityisesti tuuletusvälin alaosassa, jossa luonnollinen konvektio tehostaa kylmemmän ulkoilman virtausta rakenteeseen. Tämä voi aiheuttaa merkittäviä paikallisia lämpötilaeroja rakenteeseen ja sitä kautta vaikuttaa myös sekä lämpöhäviöihin että jopa asumismukavuuteen.

Suosittelomme tiiviin tuulensuojakerroksen asentamista lämmöneristeiden pintaan kaikkiin tuuletusaukkoja sisältäviin rakenteisiin - vähintään tuuletusaukkojen kohdalle. Tuulensuojauksen tavoitteena on suojata lämmöneristettä näiltä paikallisilta suuren dynamiikan painegradienteilta ja ohjata ilmavirta tuuletusvälin suuntaiseksi. Suositeltava ilmanläpäisykerroin tuulensuojapinnoitelle on enintään $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$.



Helpoin ja varmin ratkaisu on käyttää tuulettuvissa julkisivuissa tuulensuojaeristettä, kuten esimerkiksi PAROC Cortexia koko lämmöneristekerroksen ulkopuolella tai vähintään tuuletusaukkojen kohdilla. Vaihtoehtoisesti tuuletusaukkoja sisältäville vyöhykkeille voidaan lämmöneristekerroksen päälle asentaa erillinen tiivis tuulensuojapinnoite, jonka suositeltava ilmanläpäisykerroin on enintään $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$. Suositus koskee kaikkia julkisivujen verhousmateriaaleja.

Tuuletusvälissä (ala- ja yläosan tuuletusaukkojen välillä) sijaitsevan lämmöneristeen tarvittava ilmanläpäisyarvo voidaan määrittää tuuletuksen mitoitustaulukoissa esitettyjen arvojen mukaisesti.

U-arvon laskenta

Tuulettujen julkisivurakenteen U-arvolaskenta tehdään ISO EN 6946 -standardin mukaisesti. Hyvin tuulettuvan ilmakerroksen sisältävän ulkoseinän kokonaislämmönvastus lasketaan ottamatta huomioon ilmakerroksen ja sen ulkopuolisten kerrosten lämmönvastuksia ja ulkopinnan lämmönvastukselle annetaan sama arvo kuin liikkumattomalle ilmalle.

Vaihtoehtoisesti laskennassa voidaan käyttää R_{si} -arvoa 0,13 sekä rakenteen sisä- että ulkopinnoilla.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n + R_{se}$$

jossa

$$R_i = d_i / \lambda_i$$

R_T = rakenneosan kokonaislämmönvastus (m^2K/W)

R_{si}/R_{se} = sisä-/ulkopuolen pintavastus (m^2K/W)

R_i = yhden materiaalikerroksen lämmönvastus (m^2K/W)

d_i = yhden materiaalikerroksen paksuus (m)

λ_i = yhden materiaalikerroksen lämmönjohtavuus (W/mK)

Rakenneosan sisä- ja ulkopuolen pintavastukset

Lämpövirran suunta

	Ylöspäin	Vaaka-suoraan	Alaspäin
R_{si} (sisäpuoli)	0,10	0,13	0,17
R_{se} (ulkopuoli)	0,04	0,04	0,04

U-arvo lasketaan rakenteelle ensin ilman eristekerroksen kylmäsiltoja, $U = 1/R_T$

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä (kylmäsilto)

Kylmäsilta on rakenteessa oleva kohta, jossa lämmön siirtyminen on huomattavasti suurempaa kuin ympäröivissä materiaaleissa. Tuulettuvissa julkisivuissa kylmäsilto muodostuvat mm. eristekerroksen läpi kulkevista metallisista kiinnikkeistä ja seinäkonsoleista. Näiden kylmäsiltojen kautta lämpövirta pääsee kulkeutumaan tehokkaammin eristekerroksen läpi heikentäen näin koko rakenteen energiatehokkuutta.

Kiinnikkeiden ja seinäkonsolien määrä ja koko riippuu mm. eristekerroksen paksuudesta sekä rakenteelle kohdistuvista kuormista, kuten julkisivumateriaalin paino ja tuulikuorma. Koska metallikiinnikkeillä ja -konsoleilla on huomattavasti suurempi lämmönjohtavuus kuin eristeillä, on niiden mitoituksella ja materiaalilla merkittävä rooli rakennuksen energiatehokkuuteen erityisesti kylmässä ilmastossa sijaitsevilla rakennuksilla.

Rakenteen U-arvoa laskettaessa on huomioitava eristeen osittain tai kokonaan läpäisevät pistemäiset kylmäsilto, jotka ovat jakautuneet tasaisesti koko seinärakenteen alalle. Tällaisia pistemäisiä kylmäsiltoja ovat mm. kiinnikkeet, kannakkeet, konsolit, tiilisiteet ja eristekiinnikkeet.

Mekaanisten kiinnikkeiden/ konsolien vaikutus rakenteen eristävytyteen otetaan huomioon rakenteen U-arvon laskennassa käyttämällä mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuvaa korjaustekijää ΔU_f . Jos U-arvon kokonaiskorjaus (korjaustermi ΔU) on $\geq 3\%$ rakenteen lasketusta U-arvosta, tulee korjaustermi ΔU_f lisätä laskettuun U-arvoon.

Metallisten julkisivujärjestelmien seinäkonsolit

Kaikilla metallisten julkisivujärjestelmien valmistajilla on yleensä omat, valmistajakohtaiset pistemäiset lämmönläpäisykertoimet (χ) kiinnikkeilleen/ konsoleilleen. Nämä Chi-kertoimet (χ) määritetään ISO 10211 -mallinnusmenettelyjen mukaisesti. Järjestelmävalmistajat suunnittelevat kiinnikkeiden tarvittavan määrän rakennuksen julkisivumateriaalin, yksityiskohtien ja kuormien perusteella. Jos kiinnikkeiden Chi-kertoimet ovat tiedossa, voidaan ΔU_f -korjaustekijä laskea helposti kertomalla Chi-kerroin kiinnikkeiden lukumäärällä:

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi$$

n_f = kiinnikkeiden lukumäärä neliometriä kohti m^2 ($1/m^2$)

χ = rakennuskohteeseen määritellyn kiinnikkeen Chi-kerroin

Jos kiinnikkeen kylmäsiltovaikutusta ei tiedetä, voidaan mekaanisten kiinnikkeiden likimääräinen vaikutus laskea seuraavalla kaavalla:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

ΔU_f = mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä (W/m^2K)

A_f = yhden kiinnikkeen poikkipinta-ala (m^2)

λ_f = kiinnikkeen lämmönjohtavuus (W/mK)

n_f = kiinnikkeiden lukumäärä neliometriä kohti ($1/m^2$)

R_1 = kiinnikkeen läpäisemän lämmöneristekerroksen lämmönvastus (m^2K/W)

R_{to} = rakenteen kokonaislämmönvastus, jossa ei oteta huomioon mahdollisia kylmäsiltoja (m^2K/W)

$\alpha = 0,8$, jos kiinnike läpäisee lämmöneristekerroksen kokonaan

d_0 = sen lämmöneristekerroksen paksuus, jossa kiinnike on (m)

d_1 = lämmöneristekerroksen läpäisevän kiinnikkeen pituus (m)

Mikäli kiinnike on vinossa ja läpäisee koko eristekerroksen (kiinnikkeen pituus on suurempi kuin eristekerroksen paksuus), $\alpha = 0,8$. Vinossa oleva kiinnike johtaa pienempään korjaukseen kuin suorassa oleva kiinnike.

Jos kiinnike läpäisee lämmöneristeen osittain (esim. lämmöneristeseen upotettu kattokiinnike):

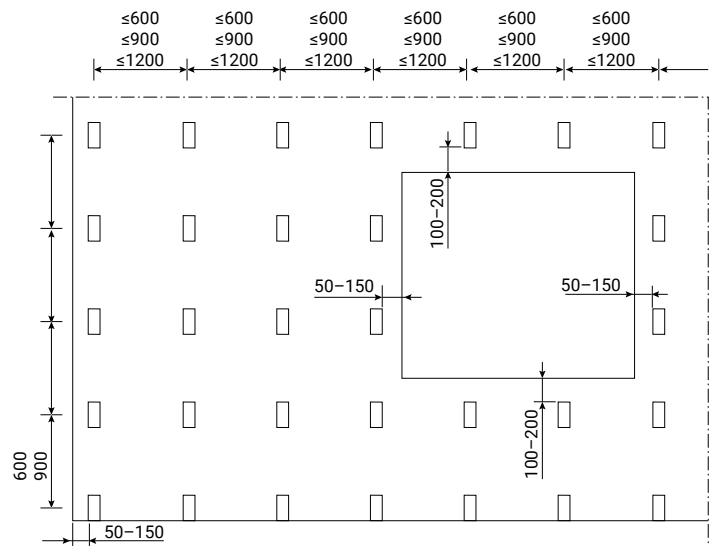
$$\alpha = 0,8 \cdot d_1 / d_0$$

Tällöin $R_1 = d_1 / \text{lämmöneristeen lämmönjohtavuus}$

Kiinnikkeen/seinäkonsolin mitoitus kuuluu rakennesuunnittelijan vastuulle, sillä kiinnikkeiden koko ja määrä neliömetriä kohti ($1/m^2$) riippuu julkisivun kuormista. Julkisivumateriaalin pystysuuntaiset kiinnitysprofiilit määritetään julkisivumateriaalin vaatimusten mukaisesti – tyypillisesti niiden asennus tehdään $k600$ mm jaolla. Käytettäessä paksuja eristekerroksia tai painavia julkisivumateriaaleja on tarvittavan seinäkonsolin koko suurempi kuin ohuilla eristekerroksilla tai kevyillä julkisivumateriaaleilla. Keskimääräinen kiinnikkeiden määrä on $\sim 3-4$ kiinnikettä/ m^2 .

Seinäkonsoleissa ja kiinnikkeissä käytetyillä erilaisilla metallilaaduilla on hyvin erilaiset lämmönjohtavuusarvot (λ). Alla olevassa taulukossa esitetään konsoleissa ja kiinnikkeissä tyypillisimmin käytettävien metallilaatujen viitteelliset lämmönjohtavuudet. Mitä suurempi metallin lämmönjohtavuus on, sitä suurempi on kiinnikkeen kylmäsiirtovaikutus.

Metalli	Lämmönjohtavuus (λ), W/mK
Alumiini	220
Teräs	50
Ruostumatonta teräs	17



Laskentaesimerkki:

Tuulettuva julkisivujärjestelmä asennetaan 150 mm betonielementtiin (sisäkuori) ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla L-muotoisilla seinäkonsoleilla. Eristekerroksen läpi kulkevan konsolin korkeus on 150 mm ja käytetyn materiaalin paksuus 3 mm, 4 konsolia/ m^2 . Kuinka paksu PAROC Cortex One b -eristekerros tarvitaan U-arvon $0,17$ W/ m^2K saavuttamiseksi?

Kiinnike, ruostumatonta terästä, λ	17 W/mK
Kiinnikkeen korkeus	0150 mm = $0,150$ m
Kiinnikkeessä käytetyn metallin paksuus	3 mm = $0,003$ m
Kiinnikkeen poikkipinta-ala	$0,00045$ m^2 (= $0,150$ m x $0,003$ m)
Kiinnikkeiden lukumäärä	4 kpl/ m^2
$R_{si} + R_{se}$	$0,13 + 0,13 = 0,26$ m^2K/W
Betoniseinän paksuus	150 mm = $0,150$ m
Betoni, lämmönjohtavuus	$2,5$ W/mK
R_2 betoniseinä	$0,06$ m^2K/W (= $0,15$ m / $2,5$ W/mK)
R_1 eriste	d_1 (m) / $0,033$ W/mK
U_c arvon vaatimus	$0,17$ W/ m^2K $\rightarrow U = 1/R$ $R = 1/U \rightarrow$ tavoite $R = 5,88$ m^2K/W

Näistä arvoista voidaan laskea tarvittava eristepaksuus ilman kylmäsiltoja:

$$R_{tot} = R_{si} + R_2 + R_1 + R_{se}$$

$$R_{tot} = 0,13 + 0,06 + d/0,033 + 0,013 = 5,88$$

$$\rightarrow R_1(\text{eriste}) = 5,56 \text{ m}^2K/W \text{ (} 5,88 - 0,13 - 0,06 - 0,13 = 5,56 \text{)}$$

$\rightarrow$ lman huomioituja kylmäsiltoja, tarvittava eristevahvuus olisi ~ 183 mm

$$(R_{eriste} = d_1/\lambda_{eriste} \quad d_1 = R_{eriste} \times \lambda_{eriste} \quad d_1 = 5,56 \times 0,033 = 0,183 \text{ m} = 183 \text{ mm})$$

Seuraavasta taulukosta löydät sekä likimääräiset korjaustekijät (ΔU_f) seinäkonsoleille että kylmäsilan vaikutuksen kompensoimiseksi tarvittavan eristyspaksuuden tason. Mikäli kylmäsiltoja ei huomioitaisi, niin tavoiteltava U-arvo voitaisiin saavuttaa 180 mm:n eristyspaksuudella. Mutta tuulettuvissa julkisivujärjestelmissä seinäkiinnikkeiden määrä on suuri, joten myös kylmäsiltojen vaikutus on suuri. Joten, kun edellä mainittuun arvoon lisätään ruostumattomasta teräksestä valmistettujen kiinnikkeiden kylmäsiltojen aiheuttama korjaus (ΔU_f), U-arvo kasvaa liian suureksi ollen 0,29 W/m²K. Muiden kiinnikemateriaalien kanssa U arvoa heikentävä vaikutus on vieläkin suurempi.

Kun siirryt taulukossa alaspäin sarakkeessa "Korjattu U-arvo, ruostumaton teräs", näet, että **U-arvo 0,17 W/m²K voidaan tässä tapauksessa saavuttaa 320 mm paksulla eristekerroksella.**

Paras tapa pienentää kylmäsilan vaikutusta ja tarvittavaa eristyspaksuutta olisi käyttää vähemmän konsoleita, joissa on pienempi lambda-arvo ja myös pienempi eristekerroksen läpi kulkeva poikkipinta-ala. Tämä ei ole aina mahdollista, koska konsoleiden mitat perustuvat koko julkisivujärjestelmän mitoituskeinoon.

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

Korjaustekijä (ΔU_f) esimerkkejä laskettuna 3 mm vahvaisille ja 150 mm korkeille L-muotoisille seinäkonsoleille, 4 kpl/m², $\alpha = 0,8$

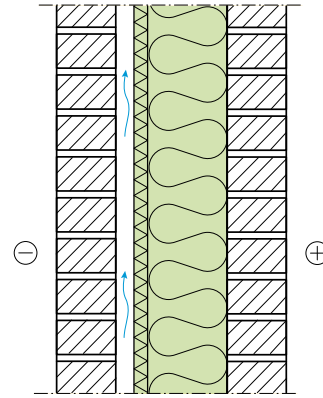
Eriste-paksuus	R ₁ (eriste)	R ₂ (betoni)	R _{tot}	ΔU_f	ΔU_f	ΔU_f	Korjaama-ton U arvo	Korjattu U-arvo, Ruostuma-ton teräs	Korjattu U-arvo, Teräs	Korjattu U-arvo, Alumiini
	R ₁ (Cortex One, $\lambda=0,033$ W/mK)	150 mm betoni, ($\lambda=2,5$ W/mK)	R _{tot} = R _{si} + R ₁ + R ₂ + R _{se}	Alumiini ($\lambda=220$ W/mK)	Teräs ($\lambda=50$ W/mK)	Ruostumaton teräs ($\lambda=17$ W/mK)				
d ₁	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]
0,150	4,545	0,06	4,865	1,843	0,419	0,142	0,206	0,348	0,625	2,049
0,160	4,848	0,06	5,168	1,742	0,396	0,134	0,193	0,328	0,589	1,935
0,170	5,152	0,06	5,472	1,651	0,375	0,127	0,183	0,310	0,558	1,834
0,180	5,455	0,06	5,775	1,570	0,356	0,121	0,173	0,294	0,529	1,743
0,190	5,758	0,06	6,078	1,496	0,340	0,115	0,165	0,281	0,505	1,661
0,200	6,061	0,06	6,381	1,428	0,324	0,110	0,157	0,267	0,481	1,585
0,210	6,364	0,06	6,684	1,367	0,310	0,105	0,150	0,255	0,460	1,517
0,220	6,667	0,06	6,987	1,310	0,298	0,101	0,143	0,244	0,441	1,453
0,230	6,970	0,06	7,290	1,259	0,286	0,097	0,137	0,234	0,423	1,396
0,240	7,273	0,06	7,593	1,210	0,275	0,093	0,132	0,225	0,407	1,342
0,250	7,576	0,06	7,896	1,166	0,265	0,090	0,127	0,217	0,392	1,293
0,260	7,879	0,06	8,199	1,125	0,255	0,087	0,122	0,209	0,377	1,247
0,270	8,182	0,06	8,502	1,086	0,246	0,083	0,118	0,201	0,364	1,204
0,280	8,485	0,06	8,805	1,050	0,238	0,081	0,114	0,195	0,352	1,164
0,290	8,788	0,06	9,108	1,016	0,231	0,078	0,110	0,188	0,341	1,126
0,300	9,091	0,06	9,411	0,985	0,224	0,076	0,106	0,182	0,330	1,091
0,310	9,394	0,06	9,714	0,955	0,217	0,073	0,103	0,176	0,320	1,058
0,320	9,697	0,06	10,017	0,927	0,210	0,071	0,100	0,171	0,310	1,027

R_{si} + R_{se} = 0.26 W/m²K

Tiiliverhotut julkisivut tiilisiteillä

Tiiliverhotuissa julkisivuissa esiintyy myös kylmäsiltoja, sillä tiilijulkisivu on tuettava kantavaan rakenteeseen eristekerroksen läpi metallisilla tiili-/muuraussiteillä. Tiilisiteen halkaisija on yleensä $\varnothing 4$ mm ja siteiden tarvittava määrä normaalisti n. 4–6 kpl/seinä- m^2 .

Tiilisiteiden kylmäsilta vaikutus lasketaan käyttämällä samaa kaavaa kuin metallikiinnikkeille.



Laskentaesimerkki:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Tiiliseinä } 130 \text{ mm } (\lambda_U = 1,0 \text{ W/mK}), R = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Lämmöneriste } 175 \text{ mm } (\lambda_U = 0,036 \text{ W/mK}), R = 4,86 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda_U \text{ ruostumattomasta teräksestä valmistetuille siteille} = 17 \text{ W/mK}$$

$$\text{Tuulensuojaeriste } 30 \text{ mm } (\lambda_U = 0,033 \text{ W/mK}), R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (0,13 + 0,13 + 4,86 + 0,90 + 0,13) \text{ m}^2\text{K/W} = 6,15 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (ilman kylmäsiltoja)}$$

$$U = 1/R_T = 1/6,15 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Kylmäsiltoja lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_f} \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

$$\text{Side, ruostumaton teräs, } \lambda = 17 \text{ W/mK}$$

$$\text{Siteen pituus eristekerroksessa } 30 + 175 = 205 \text{ mm} = 0,205 \text{ m}$$

$$\text{Siteessä käytetyn metallin paksuus } \varnothing 4 \text{ mm}$$

$$\text{Siteen poikkipinta-ala } A_f = \pi (4 \text{ mm})^2 / 4 = 12,6 \text{ mm}^2 = 0,0000126 \text{ m}^2$$

$$\text{Siteiden (kiinnikkeiden) lukumäärä } 6 \text{ kpl/m}^2$$

$$R_1 = d_0 / \lambda_{eriste} = 0,03 / 0,033 + 0,175 / 0,036 = 5,77 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 6,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_f = 0,8 \cdot [(17 \cdot 0,0000126 \cdot 6) / 0,205] \cdot (5,77 / 6,15)^2 = 0,0047 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$0,0047 / 0,162 = 2,9\%$ ($< 3\%$). Jos korjausvaikutus on vähemmän kuin 3 % lämmönläpäisykertoimen lasketusta arvosta (U), korjauksia ei huomioida. Lopullinen U-arvo on siis 0,16 W/m²K

3. PAROC-TUOTTEET

Parocin eristeet eivät ole pelkästään hyviä lämmöneristeitä – samassa tuotteessa saat myös erinomaiset palo-ominaisuudet ja kosteusteknisen suorituskyvyn rakenteillesi.

PALO-OMINAISUUDET

Kaikki pinnoittamattomat PAROC-kivivillatuotteet kuuluvat parhaaseen paloluokkaan A1 ja Cortex-pinnoitetut tuulensuojaeristeet paloluokkaan A2-s1, d0. A-luokan tuotteet eivät edistä palon leviämistä ja voit käyttää niitä kaikenlaisissa rakennuksissa. Palamaton kivivilla säilyttää muotonsa palon aikana, joten se suojaa kaikkia muita materiaaleja sekä omaisuutta palotilanteessa. Tämä antaa ihmisille enemmän aikaa poistua rakennuksesta ja palokunnalle aikaa työskennellä.

KOSTEUSOMINAISUUDET

Huokoisen rakenteensa vuoksi kivivilla edistää seinärakenteiden kuivumista muita eristemateriaaleja nopeammin. Kivivilla ei sulje kosteutta rakenteeseen – se mahdollistaa rakenteen nopean kuivumisen. Avoimen kuiturakenteen ansiosta kosteus ei voi tiivistyä kivivillaeristekerrokseen.

Kivivilla on epäorgaaninen materiaali. Kivivillan painosta 96–98 % on vulkaanista kiveä – loput 2–4 % on orgaanista sideainetta. PAROC-kivivillatuotteet on testattu puolueettomassa laboratoriossa* ja kivivillan

on todettu olevan epäsuotuisa kasvualusta homeelle. Testeissä tutkittiin tyypillisimpiä rakennuksissa esiintyviä homelajeja erittäin kosteissa olosuhteissa (95–100 % suhteellisessa kosteudessa ja 22 °C: n lämpötilassa 28 vuorokauden ajan; * SP Sweden, testiraportti ETi PXX07404/17.2.2011).

Näiden puolueettomien tutkimusten, laskelmien ja simulaatioiden perusteella tuulettuvissa julkisivuissa, joissa lämmöneristeenä on PAROC-kivivilla ja julkisivuna puuverhoilu, tiili tai julkisivulevy, kosteus- tai home-riskiä ei havaittu missään rakenteen osassa.

PAROC-kivivilla hylkii nestemäisessä muodossa olevaa vettä (hydrofobinen). Se ei myöskään ime vettä ympäröivästä ilmasta itseensä, vaan pysyy kuivana jopa erittäin kosteissa olosuhteissa (RH 98 %). Vain kuiva eriste toimii suunnitellusti.

Pehmeä kivivillaeriste on erittäin helppo asentaa. Eristystyössä eristelevyt asennetaan tiiviisti toisiaan tai ympäröivää rakennetta vasten puskuliitoksilla, jolloin saumat tiivistyvät automaattisesti villakuiduilla eikä erillisiä tiivistystuotteita tarvita. Kivivillaeriste on kestävä eristysratkaisu: se säilyttää mittansa ja eristysominaisuutensa erilaisissa ilmasto-olosuhteissa ja lämpötiloissa.

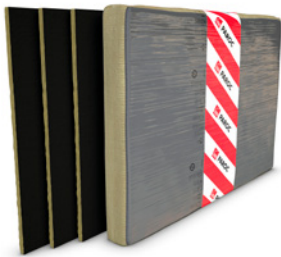
PAROC-TUOTTEET TUULETTUVILLE JULKISIVUILLE



*PAROC Cortex One b
tuulensuojaeriste*

PAROC Cortex One b – yksikerroksinen eristysratkaisu

- PAROC Cortex One b on yksikerroksinen eristysratkaisu tuulettuviin julkisivuihin, jossa tuulensuoja ja lämmöneriste yhdistyvät samaan levyyn. Tämä nopeuttaa ja helpottaa asennusta.
- Tuotteen erinomainen ilmatiiviys ja vedenpitävyys saavutetaan käyttämällä ilmatiivistä, mutta vesihöyryä läpäisevää mustaa tuulensuojapinnoitetta (pinnoitteen ilmanläpäisykerroin $< 10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$) kivivillalevyn päällä. Pinnoite suojaa rakennetta tuulelta ja sateelta, mutta mahdollistaa rakennuskosteuden kuivumisen ulospäin rakenteen läpi.
- Paksulla Cortex One b -eristeellä on erittäin pieni lambda-arvo 0,033 W/mK, joten erinomainen energiatehokkuus voidaan saavuttaa kaksikerroksratkaisua ohuemmillä eristepaksuuksilla.
- PAROC Cortex One b:n paloluokka on A2, s1-d0, mikä mahdollistaa tuotteen käytön kaikissa rakennusten paloluokissa (P0, P1, P2 ja P3). Tuotteella on myös suojaverhousluokka K₂30 paksuuksille 80 - 250 mm, joten sitä voidaan käyttää lämmöneristämisen lisäksi myös puurakenteiden suojaverhous tuotteena.
- Tuulensuojauksen ilmatiiviys varmistetaan teippaamalla tuulensuojaeristelevyjen väliset saumat ja liittymäkohdat ympäröiviin rakenteisiin PAROC Cortex -teipillä (XST 022). Ulkokulmien tiivistämisessä voidaan käyttää asennustyötä nopeuttavaa leveämpää PAROC Cortex-kulmateippiä (XST 021).



PAROC Cortex b ja
PAROC Cortex pro b



PAROC eXtra / eXtra pro



PAROC Cortex-teippi
(XST 022)



PAROC Cortex-kulmateippi
(XST 021)

PAROC Cortex b / PAROC Cortex pro b -tuulensuojajeriste – kaksikerroksinen eristysratkaisu

- PAROC Cortex b ja PAROC Cortex pro b -tuulensuojajeristelevyjä voidaan käyttää ulompana kerroksena kaksikerroksisessa eristysratkaisussa yhdessä toisen lämmöneristekerroksen (kuten PAROC eXtra) kanssa. Kaksikerroksisen eristysratkaisun avulla voidaan luoda yhtenäinen jatkuva lämmöneristekerros asentamalla eristeet mahdollisimman tiiviisti toisiaan vasten ja eri eristekerrosten saumat limittäin. Saumojen limittäminen parantaa seinän lämmöneristyskykyä.
- Tuulensuojauksen ilmatiiviys varmistetaan teippaamalla tuulensuojajeristelevyjen väliset saumat ja liittymäkohdat ympäröiviin rakenteisiin PAROC Cortex -teipillä (XST 022). Ulkokulmien tiivistämisessä voidaan käyttää asennustyötä nopeuttavaa leveämpää PAROC Cortex-kulmateippiä (XST 021).
- PAROC Cortex b ja PAROC Cortex pro b -levyt ovat erittäin energiatehokkaita. PAROC Cortexin λ on 0,033 W/mK ja PAROC Cortex pron λ on 0,032 W/mK.
- PAROC Cortex b ja PAROC Cortex pro b -eristeiden paloluokka on A2, s1-d0, mikä mahdollistaa tuotteen käytön kaikissa rakennusten paloluokissa (P0, P1, P2 ja P3).
- PAROC Cortex pro b tuotteella on myös suojaverhousluokka K₂30 paksuuksille 50 - 70 mm, joten sitä voidaan käyttää lämmöneristämisen lisäksi myös puurakenteiden suojaverhous tuotteena.

PAROC eXtra / PAROC eXtra pro -lämmöneriste – Kaksikerroksinen eristysratkaisu

- PAROC eXtra -tuotteet ovat pehmeitä yleiseristeitä, joita voidaan käyttää yhdessä ohuempien PAROC Cortex b ja PAROC Cortex pro b -tuulensuojajeristeiden kanssa varsinaisena lämmöneristekerroksena.
- PAROC eXtran lämmönjohtavuus (λ) on 0,036 W/mK. Jos asennustila on rajallinen, on parempi valita energiatehokkaampi PAROC eXtra pro, jonka λ -arvo on 0,033 W/mK.
- Päälystämättömät PAROC eXtra -tuotteet kuuluvat parhaaseen A1- paloluokkaan.

Cortex-tuulensuojajeristeiden saumausteipit

PAROC Cortex-teippi (XST 022)

PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021)

- Rakennuksen vaipan tuuli-/ilmatiiviys varmistetaan teippaamalla eristelevyjen väliset saumat sekä liittymät muihin rakenteisiin ja läpivienteihin erittäin hyvin tarttuvilla PAROC PAROC Cortex-teipeillä.
- PAROC Cortex-teippiä (XST 022) on saatavana 60 ja 100 mm leveänä. Teipin menekki: PAROC Cortex b ja PAROC Cortex pro b:n. 1,5 m/m² ja PAROC Cortex One b:n. 2,5 m/m².
- PAROC Cortex-kulmateippiä (XST 021) käytetään tuulensuojajeristeiden ulkokulmien tiivistämiseen. Leveämmän teipin käyttö nopeuttaa ja helpottaa asennustyötä. Saumausteipin leveys on 350 mm ja siinä on 2 erillistä pitkittäissuuntaista teippipintaa reunoissa.
- Tuulensuojajeristeiden saumojen teippaus tulee tehdä tuulensuojajeristeen asennuksen yhteydessä puhtaalle tuulensuojapinnalle kuivissa olosuhteissa. Saumaamattomia eristeitä ei saa jättää tuulelle alttiiksi pitkäksi aikaa. Pinnoitteen alle pääsevä tuuli voi repiä teippaamattomien saumojen kautta pinnoitetta alustaltaan.
- PAROC Cortex-teippien asennuslämpötila-alue: teipin lämpötila +5 °C – +40 °C, teipattavan pinnan/materiaalin lämpötila -10 °C – +40 °C.
- Varastointi kuivassa tilassa UV-säteilyltä suojattuna (+5 °C – +25 °C).



PAROC Pinnoitekiinnike
(XFF 022)



PAROC Naulausvälike Cortex
(XFP 002)



PAROC Aluslevy, metalli
(XFW 003)



Eristeruuvi Dabo SW8RT, CLT
(XFS 005)



Eristekiinnike/välike
SFS RP50x180/BS-4,8 puu
(XFM 006)

PAROC Pinnoitekiinnike (XFF 022)

- Muovinen kiinnike, jolla voidaan kiinnittää erillinen pinnoite jäykän kivivillalevyn päälle. Kiinnikkeen terävä kärki läpäisee helposti myös Cortex -tuotteiden kestävät ja lujat pinnat. Kiinnike ei sovellu käytettäväksi pehmeiden levyeristeiden kanssa.
- Kiinnikettä voidaan käyttää myös Cortex -tuotteiden tuulelle alttiina olevien reuna-alueiden tuulensuojapinnoitteen pysyvyyden varmistamiseen tilanteissa, joissa saumojen teippausta ei päästä tekemään heti tuulensuojaeristeen asennustyön yhteydessä.
- Kiinnike asennetaan painamalla kiinnike pinnoitteen läpi taustan jäykkään kivivillalevyyn.

PAROC Naulausvälike Cortex (XFP 002)

- Muovisen PAROC Naulausvälike Cortexin (XFP 002) avulla estetään tuulensuojaeristeen litistymisen naulausautoja kiinnitettäessä. Naulausvälike on varustettu piikeillä, jotka lävistävät hyvin PAROC-tuulensuojaeristeen pinnoitteen.
- Naulausvälikkeitä on saatavana 30, 40, 50, 55 ja 70 mm paksuille tuulensuojaeristeille.

PAROC Aluslevy, metalli (XFW 003)

- Metallista PAROC Aluslevyä (XFW 003) (Ø 50 mm/reikä Ø 6,5 mm) käytetään eristeiden kiinnittämiseen yhdessä naulojen/ruuvien kanssa.
- Aluslevy on valmistettu galvanoidusta teräslevystä. Aluslevy soveltuu käytettäväksi mm. Eristeruuvien Dabo SW8RT, CLT (XFS 005)-ruuvien kanssa sekä suojaverhousta vaativissa kohteissa kiinnitysohjeissa esitettyjen eristekiinnikkeiden aluslevynä.
- Menekki: suunnittelijan ohjeen mukaan.
- PAROC-suojaverhoustuotteiden asennus: Katso asennus- ja kiinnitysohjeet PAROC Rakennelitsimistä.

Eristeruuvi Dabo SW8RT, CLT (XFS 005)

- Eristeruuvi soveltuu 180–220 mm paksujen eristeiden kiinnittämiseen CLT-levyyn/puuhun. Ruuvi soveltuu käytettäväksi PAROC Aluslevyn, metalli (XFW 003) kanssa. Menekki: suunnittelijan ohjeen mukaan.

Huom! Ruuvi ei sovellu suojaverhousta vaativien kohteiden eristekiinnikkeeksi. Katso suojaverhousta vaativien kohteiden kiinnitysohjeistus PAROC Rakennelitsimistä.

Eristekiinnike/välike SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006)

- PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmään kuuluva 180mm pitkä eristekiinnike/välike SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006) toimii sekä naulauslaudan välikkeenä että 180mm paksun eristeen kiinnikkeenä puualustalle. Tuotepakkauksessa tulee mukana jatkovarsi 350 mm (Torx T25) puuruuvien asennukseen.
- Tuote ei sovellu suojaverhousta vaativien kohteiden kiinnikkeeksi.

ZEROFIX-JÄRJESTELMÄN TARVIKKEET (KANTAVANA RAKENTEENA CLT)



Julkisivuruuvi
HECO Topix Plus Therm puu
(XFS 006)



PAROC ZEROfix kulmatyökalu
(XTI 001)

Julkisivuruuvi HECO Topix Plus Therm puu (XFS 006) (puualustalle)

- Julkisivuruuvi HECO Topix Plus Therm puu (XFS 006) on puualustalle (mm. CLT ja LVL) soveltuva julkisivuruuvi, jolla kiinnitetään eristekerroksen päälle asennettava ulkoverhouksen aluspuu/naulauslaut. Soveltuu erinomaisesti mm. CLT -rakenteelle, jonka ulkopuolelle asennetaan paksu PAROC Cortex One b -tuulensuojaeriste.
- Julkisivuruuvit ottavat vastaan tuulikuorman ja pystysuuntaisen kuorman. Ruuveja tarvitaan kaksi eri pituutta/rakenne, joista toinen asennetaan vaakasuoraan (tuulikuorma) ja toinen vinoon (pystykuorma).
- Tarvittavien julkisivuruuvien lukumäärä, pituus ja sijainti on määritettävä kohteen sijainnin, tuulen nopeuden, rakennuksen korkeuden, rungon materiaalin ja verhouksmateriaalin painon perusteella suunnittelijan toimesta. Tarvittava mitoituslaskenta voidaan tehdä PAROC ZEROfix -mitoitustyökalulla (www.paroc.fi)

PAROC ZEROfix kulmatyökalu (XTI 001)

- Kulmatyökalu helpottaa julkisivuruuvien (XFS 006) asentamista joko 30° tai 45° kulmaan.

Lisäksi järjestelmään kuuluvat seuraavat tuotteet, jotka on esitetty edellä tässä oppaassa:

- PAROC Cortex One b Tuulensuojaeriste
- PAROC Cortex-teippi (XST 022)
- PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021)
- Eistekiinnike/välike SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006)
- Eristeruuvi Dabo SW8RT, CLT (XFS 005)
- PAROC Aluslevy, metalli (XFW 003)

4. PAROC-ERISTYSRATKAISUT

4.1. PUURUNKORAKENTEET / RAKENNE-ESIMERKKI

Puurakenteinen ulkoseinä voidaan rakentaa useilla eri tavoilla. Tästä syystä puurakenteiden palo- ja ääneneristävyysmitoitus tehdään yleensä laskennallisesti mm. Eurokoodi 5:n mukaisesti. Vinkkejä puurakenteiden palomitoitukseen löydät myös palo-oppaastamme.

Puista runkoseinä-rakennetta suunniteltaessa on otettava huomioon useita eri näkökohtia, joilla on vaikutus seinän palo-, lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan:



Sisäverhous kipsilevy, 13 mm

Koolaus, k600 / PAROC pehmeä lämmöneriste, 50 mm

PAROC Höyrynsulku 020 (XMV 020), saumojen tiivistys soveltuvalla höyrynsulkuteipillä

Puurunko (C24), k600 / PAROC pehmeä lämmöneriste, 125-200 mm

Tuulensuojaeristys: PAROC Cortex pro b tai PAROC Cortex b kiinnitettynä PAROC Aluslevyillä (PAROC XFW 003) ja sinkityillä nauloilla tai ruuveilla.

- Saumojen teippaus: PAROC Cortex-teippi (XST 022) ja ulkukulmien tiivistys PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021).

Tuuletusväli: PAROC Naulausvälike Cortex (XFP 002) tuulensuojaeristeen paksuuden mukaan + pystysuora naulauslauta 22 x 100 mm, k600

Puuverhous

REI 60, kuorma 5,5 kN/runkotolppa/9,2 kN/m (EUF129-19003518-T1)
(eristeinä: PAROC eXtra 150 mm + PAROC Cortex b 30 mm)

R_w 42 dB/R_w + C 40 dB/R_w + C_{tr} 37 dB

(eristeinä: PAROC eXtra 50 + 125 mm + PAROC Cortex pro b 40 mm)

RUNGON SISÄPUOLISET RAKENTEET

Rakenteen sisäpintaan asennetut rakennuslevyt

jäykistävät rakennetta, suojaavat rakennuksen runkoa tulipalolta ja parantavat rakenteen äänieristävyttä. Rakenteen palonkestävyyden mitoitus tehdään Eurokoodi 5 ohjeistuksen mukaisesti. Palonkestävyys voidaan osoittaa myös palokokeen avulla.

Tiivis ilman-/höyrynsulkukerros on erityisen tärkeä puurakenteen kosteudenhallinnan kannalta, koska tämä kerros estää kostean sisäilman tunkeutumisen syvemmälle rakenteeseen. Suunnittelutyön haasteena on varmistaa höyrynsulkukerroksen jatkuvuus erityisesti rakenteiden liittymäkohdissa ja höyrynsulun läpivientikohdissa. Kaikki liittymät ja läpiviennit on tiivistettävä huolellisesti. Johdot ja kaapelit asennetaan aina höyrynsulun lämpimälle puolelle. Rungon sisäpuolinen koolaus toimii rakenteessa höyrynsulun suojana ja johdotusten asennustilana. Koolausten väliin asennettu villoitus lisää lämmöneristävyden lisäksi rakenteen palonkesto-aikaa sekä ääneneristävyttä.

RUNKORAKENNE

Puurunkorakenne mitoitetaan kuormituksen ja/ tai energiatehokkuusvaatimusten mukaan. PAROC kivivillasta tehty pehmeät levyeristeet ovat kimmoisia ja jämäkkiä ja siten helppo asentaa tiiviisti kiinni ympäröiviin rakenteisiin ja toisiinsa ilman kiinnikkeitä. Tulipalossa kivivilla suojaa puurunkoa hiiltymiseltä.

Kivivilla onkin ainoa lämmöneristemateriaali, jota voidaan käyttää puurakenteiden palomitoituksessa palonkestävyyttä parantavana tekijänä. Palotestien ja -laskelmien mukaan yleisimmin käytössä olevat PAROC-kivivillalla eristetyt puurunkoiset seinärakenteet saavuttavat palonkestävyysluokan EI 60 (väliseinät tai ei-kantavat ulkoseinät) tai REI 60 (kantavat ulkoseinät). (Eurofins lausunto EUFI29-19003518-T1).

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra F** väliseinien palo- ja äänieristämiseen sekä rakenteisiin, joissa tarvitaan tiheydeltään $\geq 30 \text{ kg/m}^3$ kivivillatuotetta.
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex b** 30 mm eristevahvuus (b= musta), $\lambda 0,033 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex pro b** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevahvuudet, $\lambda 0,032 \text{ W/mK}$

RUNGON ULKOPUOLISET RAKENTEET

Puurungon ulkopintaan asennettu tuulensuojaeriste suojaa sekä puurunkoa, että lämmöneristekerrosta muuttuvilta sääolosuhteilta. Kun runko eristetään ulkopuolelta yhtenäisellä tuulensuojaeristekerroksella, eristekerroksen läpi kulkeva puun muodostama kylmäsilta katkeaa, ja runkorakenteen lämpötila nousee merkittävästi parantaen rakenteen kosteusturvallisuutta. Tuulensuojaeristekerroksen suositeltu paksuus on 30–70 mm.

Huokoinen kivillaeriste ja siinä käytettävä hengittävä pinnoite eivät estä rakenteessa olevan mahdollisen rakennuskosteuden haihtumista. Rakennuksen vaipan tuuli-/ilmatiiviys varmistetaan teippaamalla tuulensuojaeristelevyjen saumat ja leikkauspinnat PAROC Cortex-teipillä (PAROC XST 022) ja PAROC Cortex kulmateipillä (PAROC XST 021) heti levyjen asennuksen jälkeen. Tuulensuojaeristeen ja rungon välissä voidaan tarvittaessa käyttää rakennetta jäykistävää rakennuslevykerrosta.

PAROC Naulausvälikettä Cortex (XFP 002)

käytetään puu- ja levyverhouksen yhteydessä naulauslautojen asennuksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Välikkeellä estetään tuulensuojaeristeen puristuminen naulauslaudan asennuksessa. Naulausvälike valitaan tuulensuojaeristeen paksuuden mukaan. Välike työnnetään tuulensuojaeristeen läpi runkotolppaa vasten ja kiinnitetään ruuvilla tai naulalla k600 jaolla (menekki: 4–6 kpl/m²).

Naulausvälikkeiden päälle asennetaan naulauslaudat naulaamalla tai ruuvaamalla ne kiinni runkorakenteeseen. Välikkeiden ja lautojen avulla saadaan tarvittava tuuletusväli rakenteen ja ulkoverhouksen väliin. Yhtenäinen tiivistetty tuulensuojaeristekerros puurungon ulkopuolella

parantaa rakenteen kosteusturvallisuuden lisäksi myös koko seinärakenteen energiatehokkuutta. Naulausvälikkeet soveltuvat sekä uudisrakentamiseen että vanhan seinän lisäeristykseen.

SUOJAJVERHOUS

Puurunko voidaan asetuksen mukaisesti suojata ulkopuoliselta palolta suojajaverhouksella. Paloluokiteltu suojajaverhouk (K₂) suojaa puupintaa hiiltymiseltä 10, 30 tai 60 minuuttia. Suojajaverhoukluokat esitetään merkinnöillä K₂10, K₂30 ja K₂60. PAROC-tuulensuojaeristeitä voidaan käyttää samalla sekä lämmöneristeenä että suojajaverhoustuotteena. Seuraavassa taulukossa on esitettyä PAROC-tuulensuojaeristeiden suojajaverhoukluokituksia. Suojajaverhousta vaativat kohteet: katso kiinnitysohjeistus PAROC Rakennevalitsimesta.

Suojajaverhoukluokitellut PAROC-tuulensuojaeristeet

PAROC Cortex pro b	50 - 70 mm	K ₂ 30
PAROC Cortex One b	80 - 250 mm	K ₂ 30

Puurakenteisen seinän julkisivuverhoilun takana on aina oltava tuuletusväli. Puuverhoilun käyttö julkisivussa saattaa edellyttää palokatkon asentamista tuuletusväliin. Tämä on syytä pitää mielessä tuuletusvälin mitoituksessa ja tuulensuojaeristeen valinnassa. Tuuletusvälin palokatkoja sisältäviin rakenteisiin suosittelemme aina PAROC Cortex-tuotteiden käyttöä, sillä tuuletusvälissä olevat esteet lisäävät ilmavirtausta (konvektio) palokatkojen ympärillä ohjaten ilmaa eristekerrokseen. Cortex-tuotteen tiivis pinnoite estää tehokkaasti kylmän ilmavirran pääsyn eristeeseen.

Lämmöneristävyys/U-arvot eri paksuuksille

Eristepaksuus (mm)								
PAROC eXtra (pystykoolaus)		50	50			50	50	50
PAROC eXtra (puurunko)	100	150	125	175		175	175	200
PAROC eXtra pro (puurunko)					150			
PAROC Cortex pro b	40		40	40	50	40	55	55
PAROC Cortex b		30						
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,14	0,13	0,12

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Höyrynsulku λ_{ij} = 0,33 W/mK, d = 0,25 mm, R = 0,001 m²K/W
 Kipsilevy λ_{ij} = 0,25 W/mK, d = 9/13 mm, R = 0,036/0,052 m²K/W
 PAROC eXtra λ_{ij} = 0,036 W/mK
 PAROC eXtra pro λ_{ij} = 0,033 W/mK
 PAROC Cortex b λ_{ij} = 0,033 W/mK
 PAROC Cortex pro b λ_{ij} = 0,032 W/mK
 Puu λ_{ij} = 0,12 W/mK
 Puurunko/koolaus 50 x 50–200 mm, k600 mm
 Pintavastus, sisä R_{si} = 0,13 m²K/W
 Pintavastus, ulko R_{se} = 0,13 m²K/W

U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_g = Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0
 ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen U-arvoon on alle 3 %, jolloin korjauksia ei huomioida
 Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi $\Delta U = 0$ ja siten rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin U

4.2. CLT-RAKENTEET PAROC ZEROFIX -JULKISIVUJÄRJESTELMÄLLÄ / RAKENNE-ESIMERKKI

CLT-rakenteella (ristiinlaminoitu massiivinen puulevy) toteutetut ulkoseinät tarjoavat perustan ihanteellisille eristysratkaisuille, sillä rakennuksen kantava puinen rakenne pysyy kokonaisuudessaan eristekerroksen lämpimällä puolella.

Huomautus! CLT-tuotteille ei ole tällä hetkellä harmonisoitua eurooppalaista tuotestandardia, joten CLT-levyt voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen hyväksyntäkäytännön mukaisesti. CLT-elementtien tekniset ominaisuudet ja mitoitus ovat valmistajakohtaisia.



Seinärakenne on mitoitettava paloluokalle R30 tai R60 (tai tarvittaessa REI 30/REI 60).

Ilmaääneneristysluku:

R 49 dB / R + C 48 dB / R + C 42 dB

(Ilmaääneneristysluvun laskennassa huomioitu CLT kantavana rakenteena + sisäpuolinen K₂10 suojaverhaus, kipsilevy 13 mm)

Sisäverhaus huoneselityksen mukaan

Sisäpuolinen suojaverhaus vaatimustason mukaan

- P2 -paloluokan puukerrostalot: K₂10 tai K₂30 (esim. kipsilevy)
- P3 -paloluokan pientalot: ei suojaamisvaadetta

Kantava rakenne: 90–120 mm CLT -levy

Tuulensuojaeristys/suojaverhausvaatimus K₂10 (yli 2 krs. P2-paloluokan rakennukset/puukerrostalot):

- PAROC Cortex One b (K₂30), työmaalla tehtävä alkukiinnitys (menekki: 1-2 kpl/levy): SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006) tai
- Suojaverhousta vaativissa kohteissa: Katso kiinnitysohjeistus: PAROC Rakennevalitsin.
- Saumojen teippaus: PAROC Cortex-teippi (XST 022) (eristelevyjen väliset saumat) ja PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021) (ulkokulmien tiivistys)

Tuuletusväli + PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmä:

- Naulauslauta, minimikoko 30 x 95 mm, k600, kiinnitys Julkisivuruuveilla Heco Topix Plus Therm puu (XFS 006).
- SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006), k800 / vastaava puristusta kestävä välike.
- Tarvittaessa voidaan käyttää myös muita kiinnikkeitä ja naulauslautoja erillisen suunnitelman ja kohteen vaatimustason mukaan.

Palokatkot kerroksittain tarvittaessa kohteen vaatimustason mukaan.

Ulkoeristys

* Lähde/lisätietoja: 848/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta

CLT-RAKENNE JA SISÄPUOLISET RAKENNEKERROKSET

CLT-rakenteen ilma-/höyrytiiviyys perustuu huolellisesti suunniteltuihin ja toteutettuihin tiiviisiin rakenneliittymiin sekä massiivipuulementin ilmatiiviyteen. CLT-elementin valmistustekniikasta riippuen levyn jokaisen laudan syrjä on joko liimattu tai liimaamaton. Reunaliimatusta CLT:ssä rakenne pystytään toteuttamaan ilman höyrynsulkua, kun taas reunaliimaamattomassa CLT:ssä lautojen välit jäävät näkyviin, joten rakenteen tiiviyys täytyy varmistaa höyrynsululla.

On myös syytä pitää mielessä, että CLT-elementissä kosteus siirtyy liimaamattomissa puuliitoksissa. Toisaalta reunaliimatusta elementissä kuivuminen voi aiheuttaa halkeilua.

CLT-rakenteissa mahdollisesti edellytetty sisäinen palosuojaus tehdään yleensä sisäpinnalle asennettavilla kipsilevykerroksilla.

YKSI- TAI KAKSIKERROKSIINEN ERISTYSRATKAISU

Yksikerroksisessa eristysratkaisussa samanaikaisesti lämmöneristeinä ja tuulensuojana toimiva paksu PAROC Cortex One b -tuulensuojaeristekerros asennetaan suoraan CLT-elementin ulkopintaan. PAROC Cortex One b -tuulensuojaeriste kiinnitetään CLT-levyyn SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006) -aluslevyllisillä kiinnikkeillä tai suojaverhousta vaativissa kohteissa PAROC Rakennevalitsimessa esitetyn kiinnitysohjeis-tuksen mukaan ennen julkisivuverhouksen kiinnitykseen tarvittavien naulauslautojen asennusta. PAROC Cortex One b tuotteen erinomaisen ilmatiiviyden ja eristyskyvyn ansiosta vaadittu energiatehokkuus voidaan saavuttaa yhdellä paksulla eristekerroksella. Tämä nopeuttaa asennustyötä ja vähentää työmaalla käytettävien tuotteiden määrää.

Kaksikerroksista eristysratkaisua käytettäessä CLT-elementtiin kiinnitetään ensin pehmeä PAROC eXtra -lämmöneriste (tai muu PAROC pehmeä lämmöneriste), jonka päälle asennetaan erillinen ohut PAROC Cortex b tai Cortex pro b -tuulensuojaeristekerros.

Päällekkäisten eristekerrosten saumat limitetään. Pehmeiden eristeiden yhteydessä on hyvä käyttää naulausvälikettä asennuksen helpottamiseksi.

Lämmöneristeet tulee aina asentaa tiiviisti toisiaan ja kantavaa sisäkuorta vasten. Tuulensuojaeristelevyjen ja rakenteellisten liitoskohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiiviyden varmistamiseksi mahdollisimman pian tuulensuojaeristeen asentamisen jälkeen PAROC Cortex -teipeillä (XST 022 ja XST 021).

JULKISIVU

Julkisivuverhous kiinnitetään CLT-elementtiin eristekerroksen läpi. PAROC ZEROfix on julkisivujärjestelmä, jossa eristekerroksen läpäisevien kylmäsiltojen määrä on minimoitu. Tässä järjestelmässä eristekerroksen päälle asennetaan julkisivuverhouksen kiinnitystä varten naulauslauta (minimikoko 30 x 95 mm), k600. Naulauslauta kiinnitetään CLT-elementtiin pitkällä Julkisivuruuveilla Heco Topix Plus Therm puu (XFS 006). Naulauslauta sisältyy järjestelmään, mutta sitä ei ole tarjolla asennustarvikkeena. Järjestelmään soveltuvia naulauslautoja on saatavilla puutavaran jälleenmyyjältä. Julkisivuruuveja tarvitaan kaksi eri pituutta/rakennetta, joista toinen asennetaan vaakasuoraan (tuulikuorma) ja toinen vinoon (pystykuorma).

Pystysuorat naulauslaudat asennetaan eristekerroksen päälle yleensä 600 mm jaolla. Tarvittavien julkisivuruuvien lukumäärä, ruuvien pituus ja sijainti on määritettävä rakennustyömaalla vallitsevien tuuliolosuhteiden, rakennuksen korkeuden, kantavan seinärakenteen tyyppin ja verhousmateriaalin painon perusteella. Tarvittava mitoituslaskenta voidaan tehdä PAROC ZEROfix -mitoitustyökalulla. Suunnittelijan on määriteltävä naulauslaudan koko ja lujuusluokka (EN 14081-1) mitoituslaskenta käyttäessään, jotta työkalu voi ottaa ne huomioon laskelmissaan (lisätietoja: PAROC ZEROfix -ratkaisusivu ja mitoituslaskenta). Naulauslautojen on oltava massiivipuuta standardin EN 14081-1 mukaisesti. Naulauslaudan tulee olla vähintään 30 mm paksu ja 95 mm leveä.

Naulauslauta toimii valitun julkisivuverhoilun kiinnitysalustana. Julkisivuverhous asennetaan naulauslautojen julkisivutoimittajan ohjeiden mukaisesti.

Naulauslaudan asennusta helpottaa Eristekiinnike/ välike SFS RP50x180/BS-4,8 puu (XFM 006), 180 mm, jota voidaan käyttää välikkeinä naulauslautojen alla. Välike soveltuu 180 mm Cortex One -tuulensuojaeristeen välikkeeksi ja sillä estetään tuulensuojaeristeen puristuminen naulauslaudan asennuksessa.

Tarvittaessa voidaan käyttää myös muita kiinnikkeitä, välikkeitä ja naulauslautoja erillisen suunnitelman ja kohteen vaatimustason mukaan.

SUOJAJVERHOUS

Puurunko voidaan asetuksen mukaisesti suojata ulkopuoliselta palolta suojaverhouksella. Paloluokiteltu suojaverhous (K2) suojaa puupintaa hiiltymiseltä 10, 30 tai 60 minuuttia. Suojaverhousluokat esitetään merkinnöillä K₂10, K₂20 ja K₂60. PAROC-tuulensuojaeristeitä voidaan käyttää samalla sekä lämmöneristeenä että suojaverhoustuotteena.

Seuraavassa taulukossa esitettynä PAROC-tuulensuojaeristeiden suojaverhousluokituksia. Suojaverhousta vaativat kohteet: katso kiinnitysohjeistus PAROC Rakennevalitsimesta.

Suojaverhousluokitellut PAROC-tuulensuojaeristeet

PAROC Cortex pro b	50 - 70 mm	K ₂ 30
PAROC Cortex One b	80 - 250 mm	K ₂ 30

Puuverhoilun käyttö julkisivussa saattaa edellyttää palokatkon asentamista tuuletusväliin. Tämä on syytä pitää mielessä tuuletusvälin mitoituksessa ja tuulensuojaeristeen valinnassa. Tuuletusvälin palokatkoja sisältäviin rakenteisiin suosittelemme aina PAROC Cortex -tuotteiden käyttöä, sillä tuuletusväliin olevat esteet lisäävät ilmavirtausta (konvektio) palokatkojen ympärillä ohjaten ilmaa eristekerrokseen. Cortex-tuotteen tiivis pinnoite estää tehokkaasti kylmän ilmavirran pääsyn eristeeseen.

LÄMMÖNERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksille (kantavana rakenteena: CLT-elementti 90 mm) ZEROfix-järjestelmää käytettäessä:

Eristepaksuus (mm)			
PAROC Cortex One b	180	205	220
U-arvo, W/m²K	0,16	0,14	0,14

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Kipsilevy $\lambda_U = 0,25 \text{ W/mK}$, $d = 13 \text{ mm}$, $R = 0,052 \text{ m}^2\text{K/W}$
 PAROC Cortex One b $\lambda_U = 0,033 \text{ W/mK}$

Julkisivuruuvi Heco Topix Plus Therm puu (XFS 006): $\lambda = 50 \text{ W/mK}$

- vaakasuuntaan asennettava: k1200 (pystysuunta)
- vinoon asennettava (kulma 30°): k2700 (pystysuunta)
- vaakasuunta/naulauslaudat: k600

CLT elementti $\lambda_U = 0,11 \text{ W/mK}$, $d = 90 \text{ mm}$

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-arvoa korjaavat tekijät:

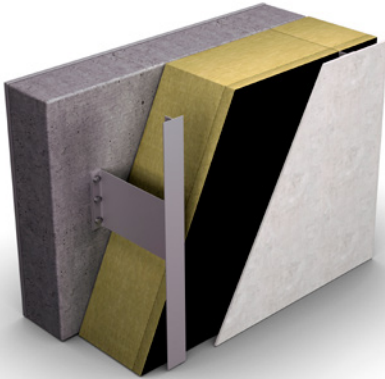
$\Delta U_g =$ Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

$\Delta U_f =$ ZEROfix/CLT) = Eristepaksuuksilla 180, 205 ja 220 mm

mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen U-arvoon on yli 3 % ja vaikutus (0,008 - 0,009 W/m²K) on huomioitu U-arvossa.

4.3. METALLIRAKENTEISET JULKISIVUJÄRJESTELMÄT / RAKENNE-ESIMERKKI

Metallirakenteista julkisivujärjestelmää voidaan käyttää kaikenlaisten kantavien seinärakenteiden yhteydessä ja sen käyttö tarjoaa laajat mahdollisuudet valita erilaisia julkisivumateriaaleja.



Kantava rakenne (betoni, kevytbetoni, tiili jne.)

Metallirakenteinen julkisivujärjestelmä (esim. seinäkannake + profiili)

Lämmöneristys:

- Yksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC Cortex One b -tuulensuojaeriste
- Kaksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC pehmeä lämmöneriste + PAROC tuulensuojaeriste.
- Saumojen teippaus: PAROC Cortex-teippi (XST 022) ja ulkokulmien tiivistys PAROC Cortex kulmateippi (XST 021)

Tuuletusväli järjestelmän mukaisesti

Verhouslevy + esim. rappaus

Seinärakenne on tarvittaessa mitoitettava paloluokalle R(EI)30 tai R(EI)60.

Ilmääneneristysluku on laskettava tarvittaessa.

JULKISIVUJÄRJESTELMÄ (VALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI)

Metallirakenteisten julkisivujärjestelmien julkisivuverhousta kannatteleva rakenne on yleensä valmistettu alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä. Järjestelmän seinäkonsoleissa käytetyllä metallityypillä on suuri vaikutus vaadittuun eristepaksuuteen. Tämä johtuu lämmöneristekerrokseen tunkeutuvien seinäkonsolien (kylmäsiltojen) suuresta määrästä ja metallin suuresta lämmönjohtavuudesta. Ruostumattomasta teräksestä valmistetulla konsoleilla on käytetyistä metallityypeistä pienin lämmönjohtavuus. Markkinoilla on myös sellaisia julkisivujärjestelmiä, joissa konsolien lämmönjohtavuutta on pienennetty kylmäsiltojen avulla (esimerkiksi Hilti) tai optimoimalla kiinnikkeen koko (esimerkiksi Sto Ventro X).

Järjestelmän valmistaja suunnittelee kiinnikkeiden määrän ja koon seinän neliömetriä kohti jokaiseen kohteeseen erikseen kohteen vaatimusten mukaisesti. Yleensä seinäkiinnikkeiden määrä on n. 2–4 kpl/m². Kiinnikkeen koko ja/tai määrä riippuu mm. julkisivuverhouksen painosta ja eristekerroksen paksuudesta. Jos seinäkiinnikkeen tyyppi vaihdetaan rakennusvaiheessa järjestelmästä toiseen, tulee kiinnikkeiden kylmäsiltojen vaikutuksen muutos tarkistaa niin, että rakenteen U-arvo pysyy vaatimusten mukaisena.

SUOJAVERHOUS

Lämmöneriste asennetaan yleensä joko seinäkiinnikkeiden väliin tai vaihtoehtoisesti asentamalla kiinnike eristelevyn läpi kiinni taustaseinään. Lämmöneristeet tulee aina asentaa tiiviisti toisiaan ja kantavaa sisäkuorta vasten. Lämmöneristys voidaan toteuttaa joko kaksikerroksisen tai yksikerroksisen eristysratkaisun avulla:

Yksikerroksisessa eristysratkaisussa koko lämmöneriste- ja tuulensuojakerros toteutetaan yhdellä paksulla PAROC Cortex One b -tuulensuojaeristekerroksella.

Tuulensuojaeristelevyjen ja rakenteellisten liitoskohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiiviyden varmistamiseksi mahdollisimman pian tuulensuojaeristeen asentamisen jälkeen PAROC Cortex -teipeillä (XST 022 ja XST 021).

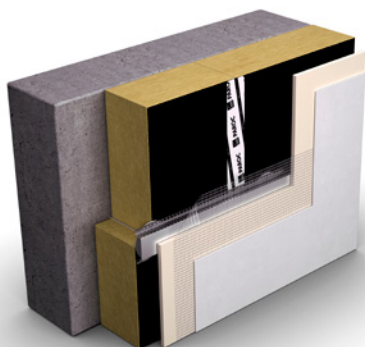
JULKISIVUVERHOUS

Julkisivuverhouksen kiinnitysalustana toimivat metalliprofiilit ja julkisivuverhous asennetaan mahdollisimman pian eristeiden asennuksen jälkeen antamaan tarvittava sääsuoja sisäpuolisille rakennekerroksille. Metallirakenteiset julkisivujärjestelmät tarjoavat laajat mahdollisuudet erilaisten julkisivuverhousten toteuttamiseen. Suosituimpia julkisivupintoja ovat mm. rappaus, tiililaatta ja erilaiset rakennuslevyt sekä niiden yhdistelmät.

LÄMMÖNERISTÄVYYS

Seuraavan sivun taulukoista löydät valmiiksi lasketut U-arvot eri eristepaksuuksilla joillekin markkinoilla oleville metallisille julkisivujärjestelmille.

STO Ventro X



U-arvot (yksikerroksinen eristeratkaisu) STO Ventro X -julkisivujärjestelmälle:

Eristepaksuus (mm)		
PAROC Cortex One b	135	205
U-arvo, W/m ² K	0,25	0,17

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Betoni, sisäkuori 80 mm (STO Ventro X -laskelma)

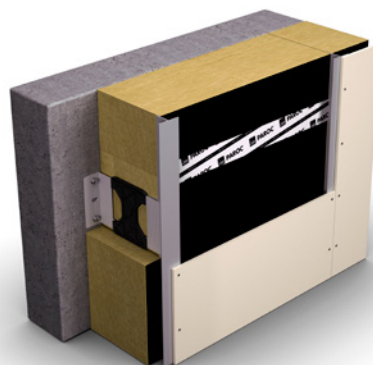
Betoni, sisäkuori 150 mm (Hilti Eurofox MFT- FOX VT -laskelma)

PAROC Cortex One b

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hilti Eurofox MFT – FOX VT



U-arvot (yksikerroksinen eristysratkaisu) Hilti Eurofox MFT-FOX VT -järjestelmälle:

Eristepaksuus (mm)		
PAROC Cortex One b	125	185
U-arvo, W/m ² K	0,25	0,17

$\lambda_u = 2.5 \text{ W/mK}$, $d = 80 \text{ mm}$, $R = 0.032 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\lambda_u = 2.5 \text{ W/mK}$, $d = 150 \text{ mm}$, $R = 0.060 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\lambda_u = 0.033 \text{ W/mK}$

U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_f = Imaraosta aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0)

ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin STO-järjestelmässä: $d = 135 \text{ mm} = 0,019$, $d = 205 \text{ mm} = 0,016 (> 3\%)$

ΔU_g = Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin Hilti-järjestelmässä: $d = 125 \text{ mm} = 0,008$, $d = 185 \text{ mm} = 0,004 (> 3\%)$

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex b** 30 mm eristevahvuus (b = musta), $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$
- **PAROC pro b** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevahvuudet, $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex One b** 180, 205 ja 220 mm eristevahvuudet, $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$

Seinäkonsoleissa käytettävillä metallityypeillä on hyvin erilaiset lämmönjohtavuudet. Alla olevassa taulukossa näkyy lämmönjohtavuuden erot eri metallien välillä. Mitä suurempi lämmönjohtavuus metallilla on sitä suurempi konsolin kylmäsiirtovaikutus.

Metallityyppi	Lämmönjohtavuus (λ) W/mK
Alumiini	220
Teräs	50
Ruostumaton teräs	17

4.4. TIILIVERHOTUT RAKENTEET

Tiiliverhousta voidaan käyttää monenlaisten kantavien rakenteiden yhteydessä. Toisin kuin muissa tuulettuvissa julkisivurakenteissa, tiilijulkisivujen tuuletusvälin ja -aukkojen mitoitus perustuu pääasiassa tiiliverhoilun suureen kosteudensitomiskykyyn ja sen vaikutukseen ympäröiviin rakenteisiin. Koska useimmat julkisivuverhousmateriaalit ovat melko ohuita, ne kuivuvat yleensä nopeasti. Paksu ja huokoinen tiilijulkisivu voi sen sijaan imeä itseensä paljon kosteutta muuttuvissa sääolosuhteissa. Tiiliverhouksen suuri kosteuskuorma lisää julkisivuverhouksen kuivumisaikaa ja taustalla olevan tuuletusvälin kosteuspitoisuutta. Tästä syystä tuuletusvälin ilmvirta tulee saada riittävän tehokkaaksi tuuletusaukotuksen huolellisella suunnittelulla, jotta ylimääräinen kosteus saadaan johdettua pois rakenteesta.

Tuuletusvälin ja -aukkojen mitoitusaulukko löytyy sivuilta 7–11.



Kantava rakenne (betoni), 150 mm

Lämmöneristys 180-250 mm:

- Yksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC Cortex One b
- Kaksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC eXtra tai eXtra pro + PAROC Cortex b tai Cortex pro b
- Saumojen teippaus: PAROC Cortex-teippi (XST 022) ja ulkokulmien tiivistys PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021)

Tuuletusväli:

- ≥ 30 mm 1-2 -kerroksiset rakennukset,
- ≥ 35 -50 mm yli 2-kerroksiset rakennukset

Tiilijulkisivu 130 mm, kiinnitetty kantavaan rakenteeseen tiilisiteillä.

Seinärakenne on tarvittaessa mitoitettava paloluokalle R(EI)30 tai R(EI)60.

Ilmaääneneristysluku: R_w 60 dB / $R_w + C$ 58 dB / $R_w + C_{tr}$ 52 dB

KIVIRAKENTEISET TIILIVERHOTUT SEINÄT

Lämmöneristekerros asennetaan kivirakenteisen seinän ulkopintaan. Kaksikerroksisessa eristeratkaisussa asennetaan kantavan rakenteen ulkopintaan ensin paksumpi pehmeä eristekerros (esimerkiksi PAROC eXtra) kantavaa seinärakennetta vasten, jonka päälle asennetaan ohuempi tuulensuojaeriste (esimerkiksi PAROC Cortex pro b). Eristekerrokset asennetaan limitetysti päällekkäin. Yksikerroksisessa eristysratkaisussa koko lämmöneriste- ja tuulensuojakerros toteutetaan yhdellä paksulla PAROC Cortex One b -tuulensuojaeristekerroksella. Tuulensuojaeristelevyjen ja rakenteellisten liitoskohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiiviyn varmistamiseksi.

Tiiliverhous tuetaan kantavaan seinärakenteeseen tiilisiteillä eristekerroksen läpi. U-arvoa laskettaessa on otettava huomioon tiilisiteistä muodostuvat kylmäsilat.

VTT:n tutkimuksen ja sen tulosten perusteella on suositeltavaa välttää korkeita ikkunattomia tiiliverhottuja julkisivurakenteita, sillä riittävän tuuletuksen varmistaminen voi olla niissä hankalaa. Ikkuna-aukkojen detaljoinnin hyödyntäminen osana tuuletusaukotusta parantaa huomattavasti tiiliverhouksen taustan tuuletusta ilmankierron tehostuessa. Ohuemat julkisivutiilet tai vettä hylkivä muurauksen pintakäsittely parantavat tiiliverhotun rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Tiiliverhottujen betonirakenteisten kerrostalojen puisten apukarmien yläosa suojataan asennusaikaiselta kosteudelta hengittävällä Tyvek-kankaalla. Apukarmin päälle asennettava vettä hylkivä, mutta vesihöyryä läpäisevä kangas, suojaa puurakennetta valulta vedeltä ja mahdollistaa materiaaleihin sitoutuneen rakennuskosteuden kuivumisen. Kosteuden siirtyminen tuoreesta betonista puiseen apukarmiin estetään apukarmin ja betoniseinän väliin asennettavalla bitumikaistaleella.

Edellä mainitun suojusratkaisun lisäksi puinen apukarmi tulee eristää ulkoapäin n. 50 mm paksulla tuulensuojaeristekerroksella. Eriste pitää apukarmin lämpötilan ulkolämpötilaa korkeampana ja parantaa siten puurakenteen kosteusteknistä toimintaa eri vuodenaikoina.

LÄMMÖNERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksilla:

Yksikerroksinen eristeratkaisu

Eristepaksuus (mm)				
PAROC Cortex One b	120	180	205	220
U-arvo, W/m ² K	0,25	0,17	0,15	0,14

Kaksikerroksinen eristeratkaisu:

Eristepaksuus (mm)							
PAROC Cortex b	30		30	30			
PAROC Cortex pro b		40			50	55	50
PAROC eXtra	100	150		175	175	175	200
PAROC eXtra pro b			150				
U-arvo, W/m ² K	0,25	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Betoni, sisäkuori 150 mm $\lambda_{ij} = 2.5 \text{ W/mK}$, $d = 150 \text{ mm}$, $R = 0.060 \text{ m}^2\text{K/W}$

PAROC Cortex One b $\lambda_{ij} = 0.33 \text{ W/mK}$

PAROC eXtra $\lambda_{ij} = 0.36 \text{ W/mK}$

PAROC eXtra pro $\lambda_{ij} = 0.33 \text{ W/mK}$

PAROC Cortex b $\lambda_{ij} = 0.33 \text{ W/mK}$

PAROC Cortex pro b $\lambda_{ij} = 0.32 \text{ W/mK}$

Pintavastus, sisä: $R_{si} + R_{se} = 0.26 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$

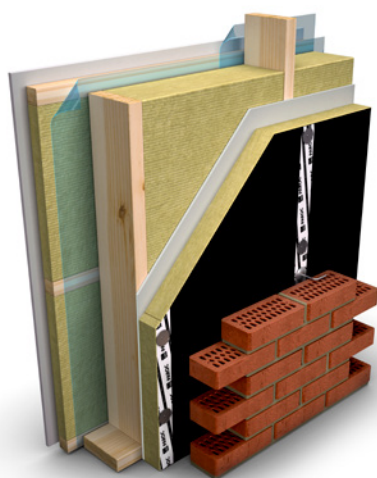
U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_g = Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin. Tiilisiteet $\varnothing 4 \text{ mm}$, 4–6 kpl/m², $\lambda_{ij} = 17 \text{ W/mK}$ (< 3%)

PUURAKENTEISET TIILIVERHOTUT SEINÄT

Hyvin tuulettettua tiiliverhoilua voidaan käyttää myös puurakenteissa. Korkeammissa puurunkoisissa rakennuksissa, joissa on tiilijulkisivu, on suositeltavaa tehostaa tuuletusraon ilmavirtausta toteuttamalla tuuletusaukot myös ikkuna-aukotusten detaljeihin.



Sisäverhous: kipsilevy, 13 mm

Koolaus, k600 / PAROC pehmeä lämmöneriste, 50 mm

(Tarvittaessa puurakenteen sisäpuolinen suojaverhous vaatimustason mukaan, esim. puukerrostaloissa K₂10 tai K₂30 (esim. soveltuva kipsilevy), pientaloissa ei suojaamisvaadetta.)

PAROC Höyrynsulku 020 (XMV 020), saumojen tiivistys soveltuvalla höyrynsulkuteipillä

Puurunko (C24), k600 / PAROC pehmeä lämmöneriste, 125-200 mm

(Tarvittaessa puurakenteen ulkopuolinen suojaverhous vaatimustason mukaan, esim. puukerrostaloissa K₂10, pientaloissa ei suojaamisvaadetta.)

Tuulensuojaeristys:

- PAROC Cortex pro b tai PAROC Cortex bi kiinnitettynä PAROC Aluslevyillä (XFW 003) ja sinkityillä nauloilla tai ruuveilla.
- Saumojen teippaus: PAROC Cortex-teippi (XST 022) ja ulkokulmien tiivistys PAROC Cortex-kulmateippi (XST 021)

Tuuletusväli: ≥ 40 mm tuuletusväli

Tiilijulkisivu 130 mm, kiinnitettynä runkotolppiin kohteeseen soveltuvilla tiilisiteillä

Paloluokka REI 60

Ilmääneneristysluku: R_w 57 dB / R_w + C 55 dB / R_w + C_{tr} 51 dB

(eristeinä: PAROC eXtra 175 mm + PAROC Cortex pro b 40 mm)

LÄMMÖNERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksilla

Eristepaksuus (mm)								
PAROC eXtra (pystykoolaus)		50	50			50	50	50
PAROC eXtra (puurunko)	100	150	125	175		175	175	200
PAROC eXtra pro					150			
PAROC Cortex pro b	40		40	40	50	40	55	55
PAROC Cortex b		30						
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,14	0,13	0,12

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Höyrynsulku	$\lambda_u = 0.33 \text{ W/mK}$, $d = 0.25 \text{ mm}$, $R = 0.001 \text{ m}^2\text{K/W}$
Kipsilevy	$\lambda_u = 0.25 \text{ W/mK}$, $d = 9/13 \text{ mm}$, $R = 0.036/0.052 \text{ m}^2\text{K/W}$
PAROC eXtra	$\lambda_u = 0.36 \text{ W/mK}$
PAROC eXtra pro	$\lambda_u = 0.33 \text{ W/mK}$
PAROC Cortex b	$\lambda_u = 0.33 \text{ W/mK}$
PAROC Cortex pro b	$\lambda_u = 0.32 \text{ W/mK}$
Puu	$\lambda_u = 0.12 \text{ W/mK}$

Pintavastus, sisä R_{si} = 0,13 m²K/W

Pintavastus, ulko R_{se} = 0,13 m²K/W

U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_g = Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin = $\Delta U''$: Taso 0

ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen

U-arvoon on alle 3 %, jolloin korjauksia ei huomioida

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi $\Delta U = 0$ ja siten rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin $U_c = U$.

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex b** 30 mm eristevahvuus (b= musta), $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex pro b** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevahvuudet, $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$

[illegible]





DURABLE

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.



REUSABLE

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.



**SOUND
ABSORBING**

Lisätietoja www.paroc.fi



**FIRE
RESILIENT**



**MOISTURE
RESISTANT**



**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 ennakkoilmoitusta. PAROC on Paroc Group Oy:n rekisteröity tavaramerkki.

Tammikuu 2026
Korvaa: Heinäkuu 2022
2319BIFI0126
© Paroc 2026



PAROC®