

JUKO - OHJEISTOKANSIO JULKISIVUKORJAUSHANKKEEN LÄPIVIEMISEKSI

KORJAUSTAPAKUVAUKSET

Betonijulkisivut Peittävä korjaus levyverhouksella - suunnitteluohjeet päivitetty 11/2023

*DI Matti Haukijärvi
Tampereen teknillinen yliopisto,
Talonrakennustekniikka*

*Päivittäjä DI Niko Lindman
Tampereen yliopisto,
Rakennetekniikka*

JUKO-ohjeistokansio on tarkoitettu henkilöille, jotka pystyvät soveltamaan annettuja ohjeita, ymmärtämään niihin liittyvät rajoitukset sekä ottamaan vastuun niiden soveltamisesta omassa työssään. Aineiston laajuuden takia on mahdollista, että siinä esiintyy ristiriitaisuuksia, jopa suoranaisia virheitä. Vaikka valmisteluohjeeseen on osallistunut lukuisa joukko julkisivukorjaamisen osaajia, ei Julkisivuyhdistys, sen jäsenet tai valmisteluohjeeseen osallistuneet henkilöt, yritykset tai yhteisöt ota vastuuta annetuista ohjeista.

JUKO-ohjeistokansiossa havaituista virheistä ja puutteista pyydetään ilmoittamaan Julkisivuyhdistykselle (email. info@julkisivuyhdistys.fi).

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO
Suunnitteluohjeet
Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella

YHTEENVETO

Tässä luvussa käsitellään betonijulkisivun levyverhoukorkorjausten suunnitteluohjeita.

Ohjeissa on käsitelty

- suunnittelun lähtökohdat
- korjauksen valmistelevat työt
- rankarakenne
- lisälämmöneristys
- verhoukslevyjen asennus
- laadunvarmistus

JUKO OHJEISTOKANSIO

A RAKENNUKSEN YLLÄPITO	B KORJAUTARVE JA HANKE-SUUNNITTELU	C KORJAUS-SUUNNITTELU	D RAKENTAMIS-VAIHE	E KORJATUN RAKENTEEN YLLÄPITO
A1 Kiinteistönpidon strategiat	B1 Korjaushankkeen osapuolet	C1 Suunnittelun valmistelu	D1 Rakennusvaiheen organisaatio, urakamuodot ja toteutus	E1 Julkisivukorjauksen käyttö ja huolto-ohje
A2 Korjaushanke asunto-osakeyhtiössä	B2 Rakenteet ja korjausmahdollisuudet	C2 Suunnittelun ohjaus	D2 Korjausurakan vastaanotto	
A3 Rakennuksen kiinteistönpitokirja	B3 Korjaustarpeen selvittäminen ja kuntotutkimukset			
A4 Ilmastonmuutokseen varautuminen	B4 Korjaustavan valinta			
A5 Kestävä kehitys	B5 Rahoitustarkastelut			
	B6 Viranomaisohjaus julkisivukorjaushankkeessa			

KORJAUSTAPAKUVAUKSET
Yleiskuvaukset
Suunnitteluohjeet

Sisällysluettelo

1	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	5
1.1	PURKUTYÖT	5
1.2	RASITUSTEKIJÄT JA KUORMITUKSET.....	5
1.3	SÄÄRASITUKSET.....	5
1.4	KUORMITUKSET	7
1.5	RAKENNEOSIEN LUJUUSMITOITUS	9
1.6	MUODONMUUTOKSET	10
1.7	ALUSTAN SUORUUS.....	10
1.8	RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA.....	11
1.8.1	<i>Lämmöneristys.....</i>	<i>11</i>
1.8.2	<i>Ilmatiiveys</i>	<i>12</i>
1.9	ILMAÄNENERISTÄVYYS.....	12
1.10	LIITOS- JA DETALJISUUNNITTELU.....	13
1.10.1	<i>Sokkeliliitos</i>	<i>13</i>
1.10.2	<i>Vanhan ulkokuoren lisäkiinnitys.....</i>	<i>14</i>
1.10.3	<i>Ikkunaliitokset.....</i>	<i>14</i>
1.10.4	<i>Parvekerakenteet</i>	<i>15</i>
1.10.5	<i>Runkomateriaalien liitos</i>	<i>17</i>
1.11	PALOMÄÄRÄYKSET	18
1.12	TERVEYDELLE JA YMPÄRISTÖLLE VAARALLISET AINEET.....	20
2	MATERIAALIEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TYÖMAALLA	21
3	RANKARAKENNE.....	22
3.1	RANKARAKENTEEN VALINTA	22
3.1.1	<i>Yleistä rankarakenteista.....</i>	<i>22</i>
3.2	PUURANKA.....	23
3.2.1	<i>Yleistä.....</i>	<i>23</i>
3.2.2	<i>Puurangan suojaaminen kosteusrasituksilta</i>	<i>23</i>
3.2.3	<i>Kyllästetty puutavara</i>	<i>24</i>
3.3	ALUMIINI	24
3.4	SINKITTYY TERÄS.....	25
3.5	RANKARAKENTEEN MITOITUS	25
3.6	RANKARAKENTEEN KIINNITYS	26
3.6.1	<i>Yleistä.....</i>	<i>26</i>
3.6.2	<i>Kiinnitystapa.....</i>	<i>26</i>
3.7	ULKOKUOREN LISÄKIINNITYS.....	27
3.7.1	<i>Lisäkiinnitystarpeesta</i>	<i>27</i>
3.7.2	<i>Lisäkiinnityksen toteutus</i>	<i>27</i>
3.8	ALUSTAN MITTAPOIKKEAMIEN TASAAMINEN	28
3.9	RANKARAKENTEEN JATKOKSET.....	29
4	LISÄLÄMMÖNERISTYS	30
4.1	LISÄLÄMMÖNERISTYKSEN TARPEESTA	30
4.2	MATERIAALIVALINNAT	30
4.2.1	<i>Lämmöneriste</i>	<i>30</i>
4.2.2	<i>Tuulensuojapinta</i>	<i>30</i>
4.3	RAKENNEPAKSUDET	30
4.4	LÄMMÖNERISTEIDEN KIINNITYS	31
5	VERHOUSLEVYJEN ASENNUS	32

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella

5.1	LEVYJAON MÄÄRITYS.....	32
5.1.1	<i>Yleistä.....</i>	32
5.1.2	<i>Levymäiset tuotteet.....</i>	32
5.1.3	<i>Kasettimaiset tuotteet.....</i>	33
5.1.4	<i>Laattamaiset tuotteet.....</i>	33
5.2	KIINNITYS.....	33
5.2.1	<i>Yleistä.....</i>	33
5.2.2	<i>Ruuvikiinnitys.....</i>	34
5.2.3	<i>Niittikiinnitys.....</i>	35
5.2.4	<i>Konsolit ja muut erikoiskiinnitysosat.....</i>	36
5.2.5	<i>Liimaus.....</i>	36
5.3	LIITOS- JA SAUMARATKAISUT.....	37
5.3.1	<i>Saumavaihtoehdot.....</i>	37
5.3.2	<i>Nurkkaliitokset.....</i>	38
6	LAADUNVARMISTUS	40
6.1	YLEISTÄ.....	40
6.2	SUUNNITTELIJAN LAADUNVARMISTUKSEEN LIITTYVÄT TYÖMAATOIMINNAT	40

1 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Julkisivurakenteiden korjaamista, kuten kaikkea korjaamista tulee edeltää riittävät kuntotutkimukset, joissa selvitetään rakenteen nykykunto sekä määritetään tapauskohtaisesti soveltuvat ja mahdolliset korjaustavat. Korjauksia suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon myös säilytettävien rakenteiden jäljellä oleva käyttöikä.

1.1 Purkutyöt

Korjaushankkeissa varsinaisia tuulettuvan julkisivujärjestelmän rakennusvaiheita saattaa edeltää purkutöitä. Purkutöitä tarvitaan usein silloin, kun vanhan julkisivun vaurioituminen on edennyt pitkälle, eikä sen riittävää kestävyyttä voida enää varmistaa kustannustehokkaasti.

Vanhan vaurioituneen julkisivun poistaminen aiheuttaa korjaussuunnitteluun ainakin seuraavia tarkasteltavia asioita:

- alustan oikaisutarpeen määrittäminen ja säilytettävien rakenteiden ilmanpitävyyden varmistaminen
- liittymät sokkeliin
- liittymät säilytettäviin parvekkeisiin, kun lämmöneristyksen paksuus kasvaa
- ikkunan sijainti, kun lämmöneristyksen paksuus kasvaa
- rankojen kiinnitysmahdollisuudet säilytettäviin rakenteisiin
- rakenteen äänitekninen toimivuus korjauksen jälkeen
- mahdollisten haitta-aineiden, kuten asbestin, mikrobien sekä PCB- ja lyijy-yhdisteiden tai näitä sisältävien materiaalien purkaminen sekä näihin liittyen riskien hallinta.

Haitta-aineita ja niihin liittyviä haitta-ainetutkimuksia on kuvattu mm. RT-korteissa *RT 20-11160 Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet* sekä *RT 20-11159 Haitta-ainetutkimus. Tilaajan ohje*. Oheisten tarkastelujen rinnalla tulee suorittaa muut tavanomaiset purkamiseen liittyvät suunnittelutehtävät.

1.2 Rasitustekijät ja kuormitukset

1.3 Säärasitukset

Suunniteltaessa vanhan julkisivurakenteen korjaamista uudella tuulettuvalla julkisivurakenteella on otettava kantaa myös alkuperäisen rakenteen ja sen materiaalien säänkestävyyteen sekä mahdollisten vaurioiden nykytilaan. Erityisen tärkeää tämä on tarkasteltaessa säilytettäviä säärasitukselle alttiita rakenteen osia ja materiaaleja. Säilytettävien materiaalien säänkestävyyttä arvioitaessa tulee ottaa huomioon mahdolliset rasitustason muutokset, joita julkisivurakenteen muuttamisesta seuraa. Vanhan julkisivun peittämissä korjauksissa säilytettävien materiaalien ja rakenneosien rasitustaso usein pienenee, mikä hidastaa merkittävästi vaurioitumista tai jopa pysäyttää sen.

Vanhojen julkisivurakenteiden säänkestävyydessä on usein ollut puutteita julkisivumateriaaleista riippumatta. Tästä johtuen perusteelliset kuntotutkimukset ja niihin sisällytetty riittävän laaja näyteotanta on oleellinen lähtötieto korjaushankkeisiin. Kuntotutkimuksissa on tärkeä tunnistaa vaurioiden syyt, jotta näihin osataan reagoida korjaussuunnittelussa.

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella

Julkisivurakenteiden kuntotutkimuksia on käsitelty mm. seuraavissa Betoniyhdistyksen julkaisuissa:

- by 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2021
- by 75 Rapatun julkisivun kuntotutkimus 2022.

Ulkoseinässä merkittävimmät rasitukset ovat

- kosteus
- pakkasrasitus
- lämpötilojen vaihtelu
- UV-säteily
- erilaiset haitalliset aineet (esim. kloridit ja ilman hiilidioksidi).

Säärasitusten, erityisesti kosteusrasituksen sekä lämpötilan vaihtelujen vaikutusta voidaan pienentää oleellisesti oikealla detaljisuunnittelulla sekä materiaalivalinnoilla.

Kosteus eri muodoissaan on useimpien rakenteiden pahin rasitustekijä ja se on osallisena lähes kaikissa merkittävässä turmeltumisilmiöissä. Tärkeimmät huomioon otettavat kosteuslähteet ovat viistosade, ulkoilman kosteus sekä pinnoille tiivistyvä kosteus. Muita mahdollisia kosteuslähteitä ovat sisäilman kosteus, maaperän kosteus eri muodoissaan, rakennuksessa käytettävä vesi sekä erilaiset vuotovedet. Se aiheuttaa mm. huokoisissa materiaaleissa pakkasrapautumista, metalleissa korroosiota sekä saattaa lisäksi vaikuttaa orgaanisiin materiaaleihin haitallisesti, esim. heikentäen saumausmassojen tartuntaominaisuuksia.

Pakkanen rasittaa erityisesti huokoisia rakenteita, jotka ovat alttiina kosteusrasituksille. Jäätyessään vesi laajenee, mikä voi aiheuttaa rakenteen rapautumista. Tiiviissä materiaalissa, esim. metallissa, ei pakkasella ole luonnollisesti rapauttavaa vaikutusta.

Pakkasrasitus on korkeimmillaan rannikolla, jossa rakenteet altistuvat voimakkaalle viistosaderasitukselle, ja jossa jäätymis-sulamissykliä on suuri.

Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat rakenteeseen mekaanista rasitusta lämpöliikkeiden muodossa. Muodonmuutoseroja syntyy levyjen väleillä (vierekkäiset levyt laajenevat tai supistuvat) sekä levyjen ja rankarakenteen välillä (levyn ja rankarakenteen erisuuruiset lämpöliikkeet). Lämpöliikkeet seurauksena syntyvät muodonmuutoserot on otettava huomioon detaljisuunnittelussa mm. levyjen kiinnitysten osalta. Lämpöliikkeet ovat levyverhouksissa yksi merkittävimmistä rasitustekijöistä.

UV-säteily heikentää lähinnä orgaanisten materiaalien ominaisuuksia. Vaikutukset ovat nähtävissä erityisesti pinnoitteissa, tiivistenaupoissa ja saumausmassoissa värien haalistumisena sekä halkeiluna.

Illan hiilidioksidi aiheuttaa mm. betonin ja paikkauslaastien karbonatisoitumista (hiilidioksidi) sekä sitä kautta aiheuttavat raudoitteiden korroosiota.

Betonissa oleva riittävän korkea **kloridipitoisuus** voi käynnistää betoniraidoitteiden korroosion sellaisessakin betonissa, joka ei ole karbonatisoitunut. Julkisivurakenteissa on mahdollista, että betonin valmistuksessa on käytetty kiihdyttävänä lisäaineena kalsiumkloridia (CaCl₂), jonka määrä on yleensä moninkertainen raudoitteiden korroosion kynnyksiarvoon verrattuna. Klorideja voi päästä betoniin myös ulkoisista rasituslähteistä, esimerkiksi jään-sulatussuoloista ja rannikkoseuduilla tuulen kuljettamasta merivedestä.

1.4 Kuormitukset

Säilytettävien rakenteiden kuormat sekä kantaville rakenneosille välittyvät kuormat usein muuttuvat julkisivurakennetta muutettaessa - ne voivat sekä kasvaa että pienentyä. Kuormat kasvavat, jos peittävä korjaus tehdään purkamatta vanhoja rakenteita ja materiaalikerroksia. Vastaavasti vanhoja rakenteita purkamalla voidaan pienentää säilytettäviin rakenteisiin kohdistuvia kuormituksia huolimatta uusien materiaalien tuomasta lisäkuormasta. Näin tapahtuu esimerkiksi korvattaessa vanhan betonisandwich-elementin ulkokuori pienemmän omapainon omaavalla tuulettuvalla julkisivurakenteella.

Rakenteen muuttumisella voi olla vaikutuksensa myös kuormien välittymiseen julkisivumateriaaleilta ja rankarakenteilta kantaviin rakenteisiin ja edelleen perustuksiin asti. Muutokset tulee ottaa huomioon rakenteellisen toiminnan tarkastelussa sekä lujuuslaskelmia tehtäessä.

Kuormituksen muuttuminen voi edellyttää vanhojen rakenteiden vahvistamista. Tyypillinen tilanne on vanhan betonisandwich-elementin peittäväkorjaus, jossa joudutaan arvioimaan säilytettävien rakenteiden ja ulkokuoren kiinnitykseen käytettyjen ansaskiinnitysten kuntoa ja kapasiteettia. Lisäksi joudutaan arvioimaan, onko alusta riittävän luja tuulettuvan järjestelmän kiinnityksille.

Yleistä

Rakenteelle aiheutuu kuormitusta ja muuta mekaanista rasitusta seuraavista lähteistä

- omapaino
- tuuli
- iskukuorma

Omapaino

Rakenteen omapaino riippuu levy- ja rankarakenteesta. Rakenteen omaa painoa on tarkasteltava mm. rakenteen kiinnitystä mitoitettaessa sekä vanhan seinärakenteen lisäkiinnitystarvetta harkittaessa.

Rakenteen omapainon tarkat lukuarvot ovat saatavilla tuotevalmistajilta, taulukossa 1 on annettu likimääräisiä rakenteiden omapainoja erilaisille levyvaihtoehdoille.

Taulukko 1 Tyypillisten levyverhousvaihtoehtojen omapainoja

Levyrakenne	Omapaino
kuitusementtilevyt	0,2–0,3 kN/m ²
polymeeripohjaiset levyt	0,2–0,3 kN/m ²
kalsiumsilikaattilevyt	0,2–0,3 kN/m ²
korkeapainelaminaatti	0,2–0,3 kN/m ²
sementtilastulevyt	0,2–0,3 kN/m ²
metallilevyt	0,1–0,2 kN/m ²
metallikasetit	0,1–0,2 kN/m ²
tiililaattapintaiset levyt tai kasetit	0,3–0,4 kN/m ²
keraamiset laatat ja levyt	0,4–0,6 kN/m ²
rankarakenteeseen kiinnitettävät betonilaatat	0,4–0,6 kN/m ²
luonnonkivilevyt	0,4–0,6 kN/m ²
rapattavat levyt	0,3–0,4 kN/m ²

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella

Tuuli

Tuulikuorman suuruus riippuu rakennuksen korkeudesta, muodosta sekä sen sijainnista. Tuulenpaineen mitoitusarvot määritetään eurokoodin EN 1991-1-4 mukaan.

Levyt ja rankarakenne on mitoitettava tuulenpaineelle. Mitoituksessa varmistetaan, että rankarakenne sekä levyjen paksuus ja kiinnikevälit ovat sellaiset, ettei tuulenpaine aiheuta rakenteelle vaurioita. Tuotevalmistajilta löytyy yleensä valmiit mitoitusaulukot em. tekijöille tuotekohtaisesti.

Rankarakenteen ja levyjen kiinnitykset on mitoitettava kestäämään myös tuulen imu. Tuulen imu on suurinta rakennuksen nurkissa sekä yläreunoissa.

Tuulen imuvaikutukselle lasketaan mitoitusarvot rakennuksen koon ja muodon perusteella esimerkiksi julkaisun *RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat* mukaan.

Taulukko 2. Ulkopuolisen paineen kertoimet pohjaltaan suorakulmaisten rakennusten pystysuorille seinille (RIL 201-1-2008).

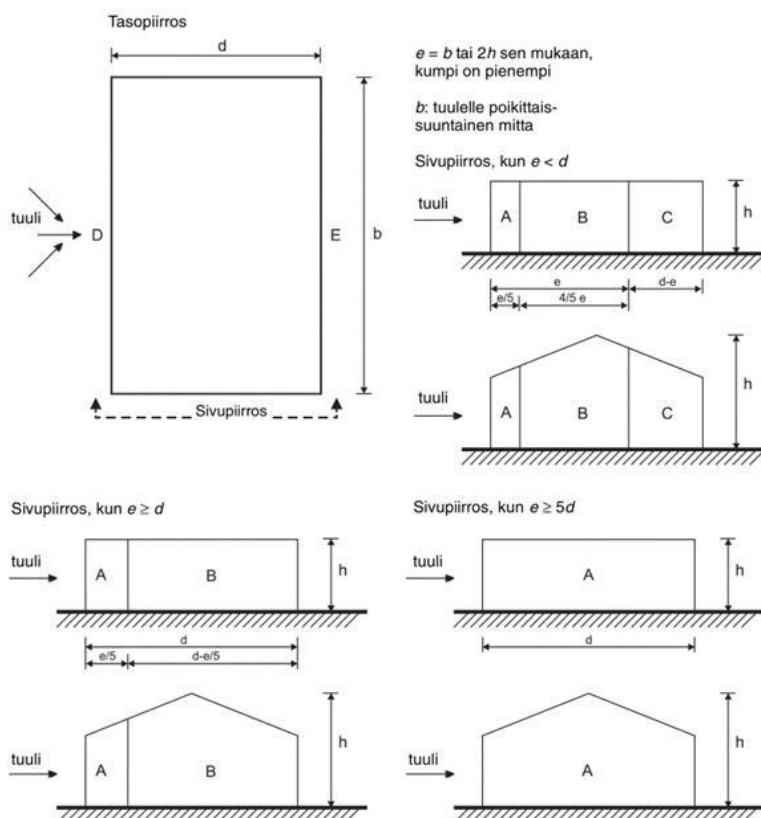
Vyöhyke	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
≥ 5 ^{*)}	-1,2	-1.4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1.4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1.4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

^{*)} Kansallisen liitteen mukaan (5 §) tarkennettu standardin taulukkoa

h = seinän suurin korkeus [m], ks. kuva 2.

d = seinän leveys [m]

C_{pe} = mitoitettava tuulenpaine [kN/m^2].



Kuva 1 Pystyseiniä koskeva vyöhykekaavio (SFS-EN 1991-1-4).

Iskukuorma

Iskunkestävyyttä on tarkasteltava erityisesti rakennuksen maantasokerroksissa, erilaisten kulkuväylien yhteydessä olevilla sekä leikkipaikkojen viereisillä seinäosilla. Tarkastelussa on syytä erottaa

- iskunkestävyys ilkivaltaa ja vastaavan tyypisiä kolhuja vastaan (esim. potkut, pallon tai vast. iskemät jne.).
- ajoneuvoliikenteestä yms. aiheutuvat törmäyskuormat.

Levyverhourakenteen iskunkestävyyttä voidaan parantaa

- tuotteita/materiaaleja vaihtelemalla
 - o valitaan seinien alaosiin kovempaa/lujempaa tuotetta, jos ylempänä on kolhuille herkempää tuotetta
- levyn paksuutta tai profiilia muuttamalla
 - o paksuutta kasvattamalla voidaan kasvattaa kaikkien levytyyppien iskunkestävyyttä
 - o levyjen profiilimuunnokset tulevat kyseeseen lähinnä metallilevyjen ja –kaiteiden yhteydessä
- tihentämällä rankarakenteen k-jakoa osassa rakennetta.

Julkisivulevyjen iskunkestävyys on yleensä testattu tuotekohtaisesti, ja testauksista saatuja tietoja voidaan käyttää referenssitietona arvioitaessa levyn soveltuvuutta tiettyyn rakenteeseen. Testausmenetelmät kuitenkin vaihtelevat materiaaliakohtaisesti, eikä menetelmät ole suoraan vertailukelpoisia.

Ajoneuvoliikenteen törmäyskuormia ei voida yleensä ottaa vastaan levyverhourakenteella, vaan tällaisissa kohdissa on tarpeen vaatiessa rakennettava muita suojarakenteita (esim. kaiteet).

1.5 Rakenneosien lujuusmitoitus

Korjausrakentamista koskevassa suunnittelussa on tärkeää selvittää säilytettävien rakenteiden lujuus, jotta varmistetaan sen riittävydestä uuden tuulettuvan julkisivujärjestelmän kiinnityksille. Säilytettävän rakenteen lujuus voidaan määrittää kuntotutkimuksessa otettujen materiaalinäytteiden tai kentällä suoritettavien koekuormitusten avulla.

Kuntotutkimuksessa timanttiporalla irrotetuista materiaalinäytteistä alustan lujuus voidaan selvittää laboratoriossa suoritettavilla vetolujuuskokeilla. Vaihtoehtoisesti lujuuskokeet voidaan suorittaa kentällä. Tällöin tuulettuvan rakennejärjestelmän runkokiinnike asennetaan alustaan normaalien menetelmien mukaisesti. Asennuksen jälkeen kiinnikettä kuormitetaan murtoon asti. Suoritettavien lujuuskokeiden tulee soveltua työkohteessa olevan alustan materiaalien testaamiseen.

Säilytettävän rakenteen lujuutta määrittäessä näytemäärän täytyy olla riittävän suuri ottaen huomioon kohteen laajuus, materiaalien ja rakenteiden vaihtelut sekä alustan mahdolliset lujuusominaisuuksien vaihtelut. Säilytettävän rakenteen lujuutta ei voi perustaa yksittäisen lujuuskokeen tulokseen. Suositeltava vähimmäismäärä lujuuskokeilla on 6 kiinnikkeen vetolujuuskoetta rakennetta ja rakennusmateriaalia kohden.

Kun alustan riittävä lujuus on varmistettu, voidaan tuulettuva julkisivurakenne suunnitella rakenneosien lujuusmitoituksen osalta kuten uudisrakentamisessa. Osassa tuulettuvista julkisivujärjestelmistä on rankarakenteet, joilla voidaan tasata alustan epätasaisuuksia. Alustan epätasaisuuksien tasaaminen aiheuttaa tavanomaista suurempia rasituksia tuulettuvan rakennejärjestelmän yksittäisiin osiin ja kiinnityksiin. Nämä tulee ottaa huomioon

lujuusmitoitusta tehdessä. Uudisrakentamisen tavoin lujuusmitoituksessa tulee ottaa huomioon kaikki rakennejärjestelmän osiin tulevat kuormat, kuten veto-, puristus-, taivutus- ja leikkausvoimat.

1.6 Muodonmuutokset

Tuulettuvan julkisivun rakenneosien sekä rakennuksen muodonmuutoksiin (mm. kutistuma) ja liikkeisiin (lämpö- ja kosteusliikkeet) tulee korjausrakentamisessa varautua uudisrakentamista koskevien periaatteiden mukaisesti. Uusi tuulettuva julkisivurakenne tulee sovittaa yhteensopivaksi käytössä olevan alustan liikkeiden kanssa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää liikuntasaumoihin sekä rakenteiden ja rakenneosien välisiin liitoksiin.

1.7 Alustan suoruus

Erityisesti korjausrakentamisessa tulee kiinnittää huomiota alustan tasaisuuteen jo rakennesuunnittelun yhteydessä, sillä vanhoja rakenteita purkaessa alusta ei välttämättä sellaisenaan ole soveltuva tuulettuvan julkisivurakenteen pohjaksi, vaan sitä voidaan joutua tasamaan. Vanhaa rakennetta purkavissa korjauksissa alustan suoruuden varmistaminen ennen purkamista on käytännössä mahdotonta, minkä johdosta alustan suoristustarve voidaan yleensä määrittää vasta purkutöiden päätyttyä.

Alustaa voidaan tasata piikkaamalla tai muilla mekaanisilla menetelmillä sekä käyttötarkoitukseen soveltuvilla tuotteilla, joita betonirakenteisen alustan kohdalla ovat mm. tasoituslaastit, ruiskubetoni ja betonivalu. Lisäksi useissa tuulettuvissa julkisivujärjestelmissä on mahdollista käyttää erilaisia säätökiinnikkeitä, joilla alustan epätasaisuuksia voidaan tasata tiettyyn rajaan asti.

Taulukossa 3 on esitelty alustavan tasaukseen soveltuvia menetelmiä ja niiden käyttötilanteita alustan epätasaisuuden perusteella.

Taulukko 3 Alustan tasauksessa käytettävät menetelmät

	Alustan epätasaisuus (mm)		
	< 10	10 – 30	> 30
säätökiinnikkeet	+	+	+
oikaisulaasti	+		
rappauslaasti		+	
rankarakenteet		+	
ruiskubetonointi		+	+
betonivalu			+

Valitusta julkisivujärjestelmästä riippuen alustan epätasaisuuksia voidaan määritettyyn rajaan asti tasata käyttämällä tähän soveltuvia säädettäviä rankarakenteita ja runkokiinnikkeiden alle asetettavia korokepaloja, mikäli ne ovat osa käytettävää julkisivujärjestelmää. Runkokiinnikkeiden ja rankojen avulla epätasaisuuksia voidaan tasata järjestelmästä riippuen noin 30 mm asti. Jos varsinaista alustaa ei tasata, vaan se toteutetaan rankojen ja kiinnikkeiden avulla, on tärkeää huolehtia, että lämmöneristeet saadaan asennettua tiiviisti epätasaisista alustasta vasten. Tällä varmistetaan, että haitalliset ilmavirtaukset lämmöneristekerroksen sisällä eivät ole mahdollisia.

1.8 Rakennusfysikaalinen toiminta

Tehtäessä julkisivuihin peittäviä korjauksia on tärkeä huolehtia, että säilytettävät materiaalit ja rakennekerrokset ovat ennen peittävää korjausta riittävän kuivia tai että niissä oleva kosteus pääsee kuivumaan riittävän nopeasti rakenteita vaurioittamatta myös uusista kuivumista mahdollisesti hidastavista materiaalikerroksista huolimatta. Rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan tulee kiinnittää huomiota.

Peittävien korjausten yhteydessä voi olla tarpeellista selvittää voidaanko säilytettävien materiaalien kuivumista edistää. Yhtenä esimerkkinä on betonisandwich-elementtien saumausten poistaminen ennen peittävän tuulettuvan rakenteen asentamista. Elementtien väliin syntyvät raot tulee kuitenkin täyttää lämmöneristeellä, jotta lämmöneristekerrokseen ei synny sisäistä konvektiota. Kuivumisen edistämiseksi tehtävät toimenpiteet eivät kuitenkaan saa heikentää rakenteen toimivuutta, kuten ilmatiiveyttä.

Rakenteen rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta ilmatiiviin rakennekerroksen tulee usein sijaita ulkoseinärakenteen sisäpinnassa tai sen läheisyydessä, jotta sisäilman kosteus ei kulkeudu rakenteen sisälle.

Tuulettuvan rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta, tuuletusväli, sadevesitiiveys sekä vuoto- ja kondenssivesien hallinta tulee ottaa korjausrakentamisessa huomioon yhtenevästi uudisrakentamisen kanssa.

1.8.1 Lämmöneristys

Rakennusten ulkoseinien lämmönläpäisykertoimen (U-arvon) määräystasoa on Suomessa kiristetty vuosikymmenten aikana useita kertoja, kuten taulukosta 4 voidaan havaita.

Taulukko 4 Ulkoseinien U-arvoon kohdistuvien vaatimusten kehittyminen Suomessa.

	1962	1969	1976	1978	1985	2003	2007	2010
U-arvo (W/m ² K)	0,70	0,70	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17

Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 (27.2.2013) mukaan rakennusten energiatehokkuutta tulee parantaa luvanvaraisten korjaus- ja muutostöiden yhteydessä, mikäli energiatehokkuuden parantaminen on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti kannattavaa. Energiatehokkuuden parantaminen koskee näin todennäköisesti korjaushankkeita, joissa vanhalle julkisivulle tehdään peittävä julkisivukorjaus, koska lisäeristäminen on tällöin usein teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti kannattavaa. Peittävä korjaustoimenpide on luvanvarainen ja siten lisäeristäminen täytyy ottaa huomioon korjausta suunniteltaessa.

Yksistään ulkoseinärakenteita tarkasteltaessa energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa U-arvon puolittamista alkuperäisestä arvosta tai nykyisen uudisrakentamisen määräystason U-arvovaatimuksen täyttämistä. Käytännön toimenpiteenä tämä tarkoittaa lämmöneristekerroksen paksuuden kasvattamista tai vanhan lämmöneristeen korvaamista alhaisemman lämmönjohtavuuden omaavalla tuotteella. Taulukossa 5 on esitetty eri aikakausien rakennuksille korjaus- ja muutostöissä tavoiteltavan U-arvon vähimmäisarvot. Erityisesti vanhemmassa rakennuskannassa U-arvon pienentäminen vähimmäisvaatimusta enemmän voi olla taloudellisesti kannattavaa, koska lämmöneristekerroksen paksuuden kasvattaminen ei välttämättä muiden kustannusten rinnalla merkittävästi vaikuta korjauksen kokonaiskustannukseen. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon eristekerroksen paksuuden kasvattamisen vaikutus ulkoseinärakenteen ja rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen. Tyypillisesti

ulkoseinärakenteen lisälämmöneristämistä aiheuttaa muutostarpeita ikkunoiden sijaintiin, räystäisiin sekä parveke- ja katosliittymiin.

Taulukko 5 Ulkoseinärakenteiden korjaamisessa tavoiteltavat U-arvon vähimmäisarvot.

	1962	1969	1976	1978	1985	2003	2007	2010
U-arvo (W/m ² K)	0,35	0,35	0,20	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Lämmöneristeiden asennus

Ilmaraot lämmöneristeen ja rungon välissä sekä lämmöneristekerroksen sisällä heikentävät rakenteen lämmöneristyskykyä ja kosteusteknistä toimivuutta. Tästä johtuen erityisesti korjauskohteissa tulee huolehtia alustan riittävästä tasaisuudesta ennen lämmöneristeiden asennusta tai vaihtoehtoisesti käyttää lämmöneristeenä tuotetta, joka voidaan asentaa tiiviisti epätasaista pintaa vasten. Alustan epätasaisuuksien tasaaminen voidaan myös tehdä käyttämällä hyödyksi vastaavasta lämmöneristeestä leikattuja paloja, joilla syntyvät kolot ja reiät tilkitään.

1.8.2 Ilmatiiveys

Ulkoseinärakenteiden korjaus- ja muutostöiden yhteydessä on usein tarpeellista parantaa korjattavan rakenteen ilmatiiveyttä, jotta rakenteen kosteustekninen toiminta säilyy hyvänä kasvavasta lämmöneristekerroksen paksuudesta huolimatta. Mikäli vanhan rakenteen ilmatiiveys on heikko, on ilmatiiveyden parantaminen välttämätöntä ulkoseinärakenteen kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi.

Vaipparakenteen riittäväällä ilmatiiveydellä estetään kosteuden kulkeutuminen sisäilmasta rakenteeseen ja epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteen läpi sisäilmaan. Lisäksi hyvä ilmatiiveys ja rakennusvaipan läpi tapahtuvat vähäiset hallitsemattomat ilmavuodot helpottavat taloteknisten järjestelmien tasapainottamista, hyvien sisäilmaolosuhteiden ylläpitämistä sekä parantavat osaltaan rakennuksen energiatehokkuutta.

Tavanomaisissa korjauskohteissa säilytettävän ulkoseinärakenteen ilmatiiveyttä voidaan parantaa erityisesti seuraavissa paikoissa:

- erilaisten läpivientien yhteydessä
- ikkuna- ja oviliitoksissa
- rakenteiden välisissä liitoksissa
- erilaisissa elementti ja rakenteiden saumoissa ja liitoksissa.

Vanhan säilytettävän rakenteen ilmatiiveyttä voidaan korjausten yhteydessä parantaa mm. tarkoitukseen soveltuvilla laasteilla, polyuretaanivaahdolla, elementtisaumoihin asennettavalla bitumikermillä, ilmatiiviillä lämmöneristekerroksella, elastisilla massoilla sekä muilla tiivistämiseen soveltuvilla tuotteilla.

1.9 Ilmaääneneristävyys

Rakennuksen vaipan ilmaääneneristävyttä tulee tarkastella kussakin korjaushankkeessa tapauskohtaisena kokonaisuutena. Ulkoseinien osalta ilmaääneneristysominaisuuksiin liittyvät oleellisesti rakenteen massa, ominaistajuus sekä ilmatiiveys. Mikäli rakennuksen käyttötarkoitusta ei muuteta, tulee julkisivuremontissa huolehtia, etteivät ulkoseinien ääneristävyys ominaisuudet heikenny merkittävästi.

Betonirakenteisissa rakennuksissa sandwich-elementtien ulkokuoren purkaminen vähentää ulkoseinärakenteen massaa ja aiheuttaa siten ilmastäneristävyyden heikentymistä. Tämä koskee erityisesti kantamattomia rakenteita, joissa vanha sisäkuori saattaa olla hyvin ohut ja rakenteen kokonaismassasta häviää siten purkamisen yhteydessä noin puolet. Kantavien betonisandwich-elementtien 150 mm sisäkuori on yleensä yksistään riittävä ilmastäneristävyyden kannalta.

Ulkoseinärakenteen ilmastäneristävyyttä voidaan parantaa mm.

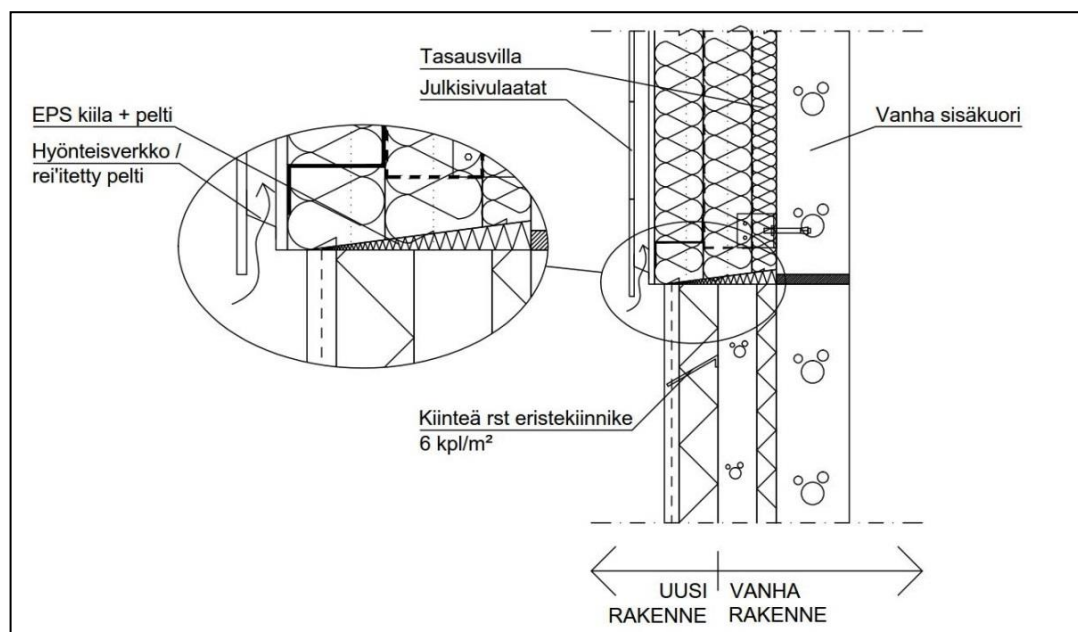
- kasvattamalla rakenteen massaa esimerkiksi ruiskubetonoinnilla
- parantamalla rakennusvaipan ilmatiiviyttä
- käyttämällä raskaampia tuulettuvia rakenteita
- käyttämällä ääntä absorboivia materiaaleja ja lämmöneristeitä.

Lisäksi on tärkeää ottaa huomioon liittyvät rakenteet, kuten ikkunat, joiden osuus julkisivupinta-alasta saattaa olla huomattavan suuri ja siten niiden vaikutus on myös merkittävä. Rakennusvaipan ilmastäneristävyyden parantaminen paremman ääneneristävyyden ja lämmöneristävyyden omaavilla ikkunoilla on tavanomaisessa asuinkerrostalossa kustannustehokkaampaa kuin ulkoseinän massan kasvattaminen.

1.10 Liitos- ja detaljisuunnittelu

1.10.1 Sokkeliliitos

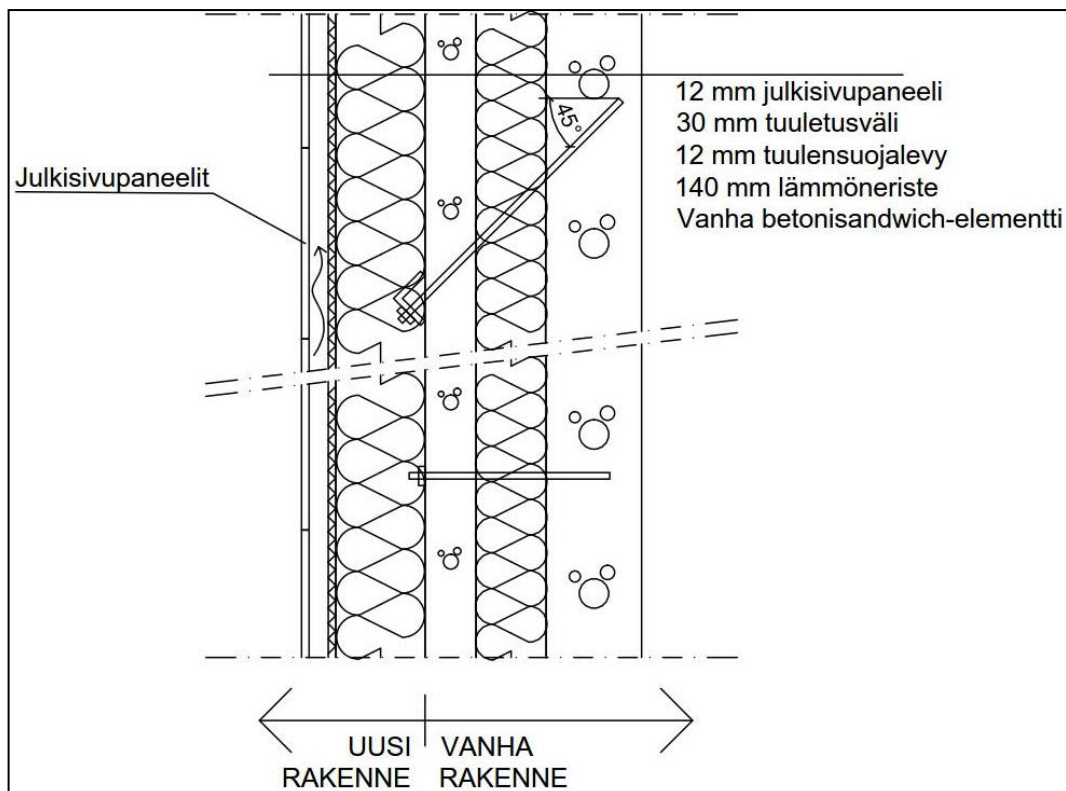
Kuvassa 2 on esitetty sokkeliliitoksen esimerkki korjauskohteeseen. Betonisandwich-elementin ulkokuori on purettu korjauksen yhteydessä ja korvattu kuvan mukaisella tuulettuvalla rakenteella. Betonisokkeliin on esimerkissä tehty peittävä korjaus paksurappauksella. Kuvan mukaisesti on tärkeä huolehtia, etteivät vuoto- ja kondenssivedet aiheuta vaurioita alapuolella sijaitseviin rakenteisiin. Esimerkin mukaisessa ratkaisussa sokkelin lämmöneristeiden kastuminen on estetty vesipellillä, joka on asennettu tiiviisti vanhaa sisäkuorta vasten.



Kuva 2 Sokkeliliitos korjauskohteessa – rakenteessa on tärkeä ottaa huomioon tuuletusvälin suuaukon vapaata poikkipinta-alaa koskeva vähimmäisvaatimus > 150 cm²/m.

1.10.2 Vanhan ulkokuoren lisäkiinnitys

Mikäli peittäväkorjaus tehdään purkamatta vanhoja rakenteita, voi betonisandwich-elementin ulkokuoren lisäkiinnittäminen olla tarpeellista. Lisäkiinnitys tehdään ulkokuoren läpi sisäkuoreen. Kiinnikkeinä voidaan käyttää kiila-, lyönti- tai kemiallisia ankkureita, jotka asennetaan kuvan 3 mukaisesti: elementin yläosaan tulevat ankkurit 45° kulmaan ja elementin alareunaan kohtisuoraan. Ankkurit mitoitetaan ulkokuoren ja sen päälle tulevan rakenteen omapainon mukaan. Ankkureiden asennus suoritetaan niiden asennusohjeen mukaan. Tärkeää on ottaa huomioon sisäkuorelta vaadittu paksuus, jotta riittävä ankkurointikapasiteetti saavutetaan.

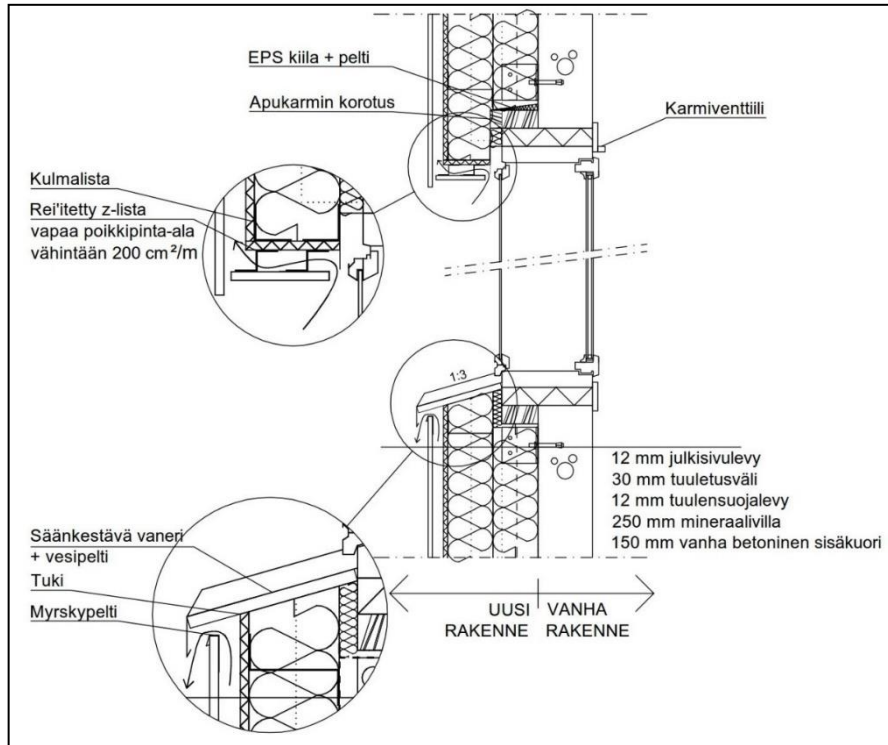


Kuva 3 Esimerkki vanhan betonisandwich-elementin ulkokuoren lisäkiinnittämisestä.

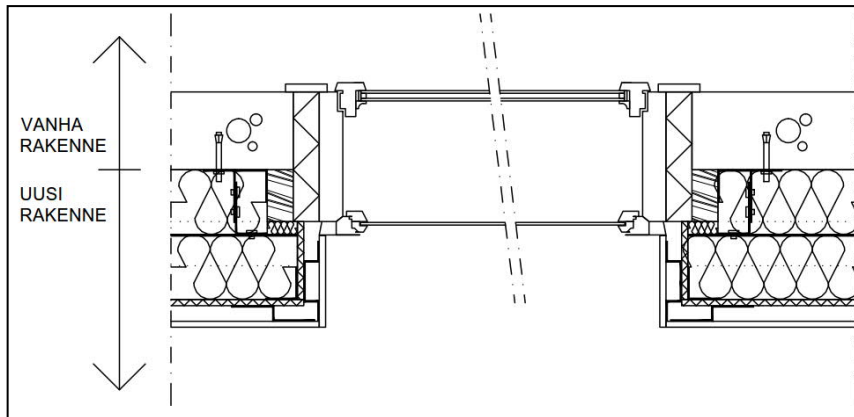
1.10.3 Ikkunaliitokset

Kuvissa 4 ja 5 on esitetty ikkunaliitoksen vaaka- ja pystyleikkaukset. Ikkunoiden yhteydessä on tärkeä huolehtia siitä, että vuoto- ja kondenssivedet johdetaan pois hallitusti. Esimerkin mukaisessa ratkaisussa tämä on toteutettu vesipeltien avulla. Lisäksi korjauskohteessa on tärkeä huolehtia siitä, että ikkuna asennetaan ja sijoitetaan siten, ettei rakenteeseen muodostu kylmäsiltoja esimerkiksi karmien tai apukarmien kohdalle.

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO
Suunnitteluohjeet
Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella



Kuva 4 Ikkunan pystyleikkaus korjauskohteeseen – ikkunan ylä- ja alapuolella on tärkeä huolehtia tuuletusväli suuaukkojen riittävästä vapaasta poikkipinta-alasta (> 150 cm²/m) sekä siitä, ettei mahdolliset vuoto- ja kondenssivedet pääse turmelemaan ympäröiviä rakenteita.

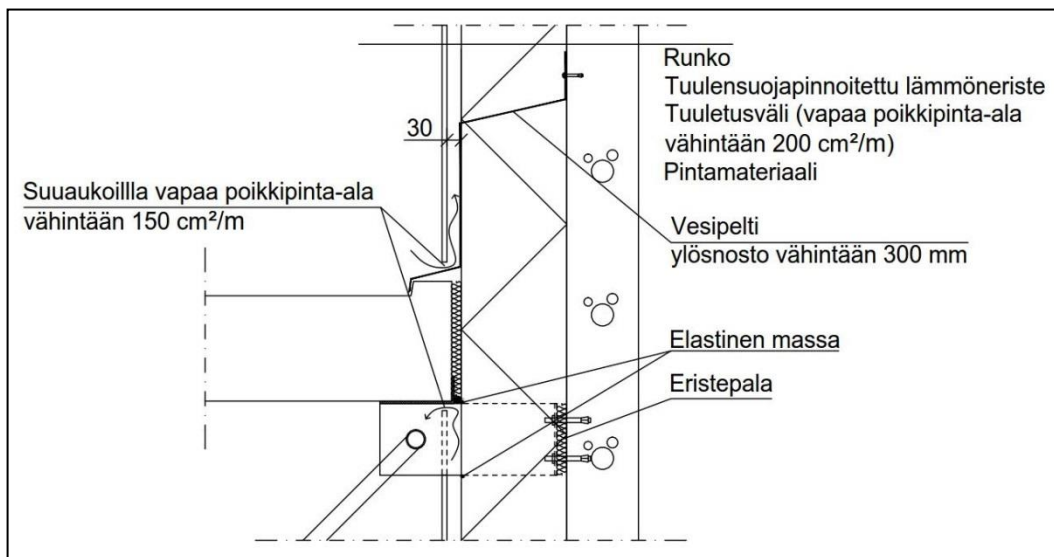


Kuva 5 Ikkunan vaakaleikkaus korjauskohteeseen - ikkunan sivuilla on tärkeä huolehtia tuuletusväli suuaukkojen riittävästä vapaasta poikkipinta-alasta (> 150 cm²/m) sekä siitä, ettei mahdolliset vuoto- ja kondenssivedet pääse turmelemaan ympäröiviä rakenteita.

1.10.4 Parvekerakenteet

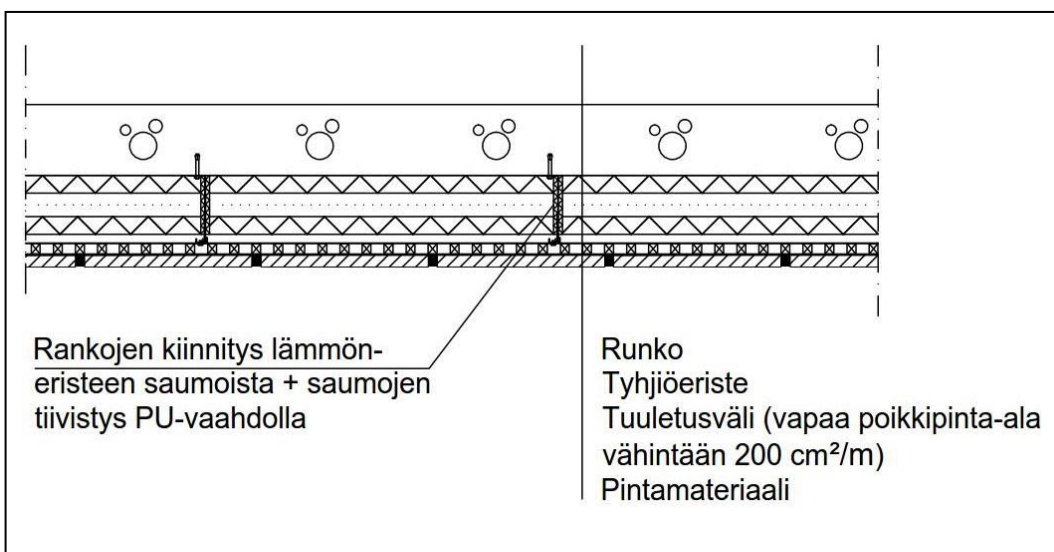
Parvekelaattojen kohdalla on tärkeä huolehtia ilmakierron esteettömyydestä tuuletusvälin suuaukoilla. Vapaa poikkipinta-ala tulee suuaukoilla olla vähintään 150 cm²/m.

Parvekkeelta mahdollisesti tulevien roiskevesien tunkeutuminen rakenteeseen tulee estää tuulensuojakerroksen yhtenäisyydellä sekä vesipellillä. Tuulensuojakerros tehdään materiaalista riippuen ilmatiiviiksi teippaamalla ja/tai elastisella massalla. Roiskevesien tunkeutuminen rakenteeseen estetään vesipellin avulla, johon tehdään vähintään 300 mm ylösnosto.



Kuva 6 Kevytrakenteinen parveke tuettuna korjauskohteessa teräskonsolin varaan – parvekkeen ylä- ja alapuolella tulee huolehtia esteettömästä ilmakierrosta tuuletusväliin, jonka suuaukkojen vapaa poikkipinta-ala tulee olla vähintään 150 cm²/m. Parvekkeelta mahdollisesti tulevien roiskevesien tunkeutuminen rakenteeseen on estetty vesipellin avulla, jonka ylösnosto parvekkeen yläpinnasta on vähintään 300 mm.

Kuvassa 7 on esitetty esimerkki korjauskohteen parvekkeenseinästä, jossa rakenteen kokonaispaksuus on pidetty mahdollisimman pienenä, jottei se vähennä parvekkeen lattia-pinta-alaa. Hoikka rakenne voidaan toteuttaa tehokkailla supereristeillä, joita ovat mm. tyhjiöeristeet. Erityisesti tyhjiöeristeiden kohdalla on tärkeää, että rankarakenteiden kiinnikkeet asennetaan lämmöneristeiden saumoihin, jonka jälkeen saumat vaahdotetaan ja/tai teipataan kyseisen lämmöneristeiden ohjeiden mukaisesti. Käytettäessä ilmatiiviitä lämmöneristeitä ei parvekkeen kohdalla tarvitse käyttää erillistä tuulensuojakerrosta.

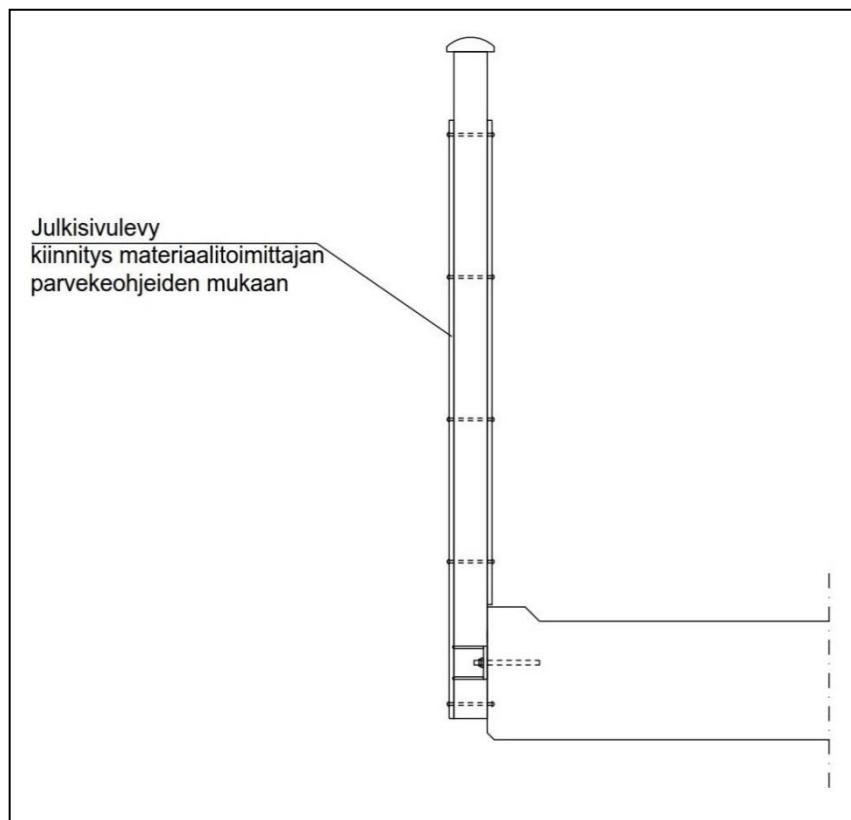


Kuva 7 Korjauskohteen parvekeseinän rakenneleikkaus: lämmöneristys on toteutettu alhaisen lämmönjohtuvuuden omaavasta lämmöneristeestä, joka mahdollistaa hoikan rakenteen. Tuulettuvan julkisivun rankarakenteiden kiinnitys on

lämmöneristeen saumoihin, jonka jälkeen ne on vaahdotettu ja teipattu ilmatiiviiksi.

Tuulettuviin julkisivuihin tarkoitettu julkisivulevyjä voidaan myös joidenkin tuotteiden kohdalla käyttää esimerkiksi kevyinä parvekekaiteina. Tällöin on tärkeä varmistaa materiaali- valmistajalta, että käytettävä levy ja sen kiinnitys soveltuu kyseiseen käyttötarkoitukseen.

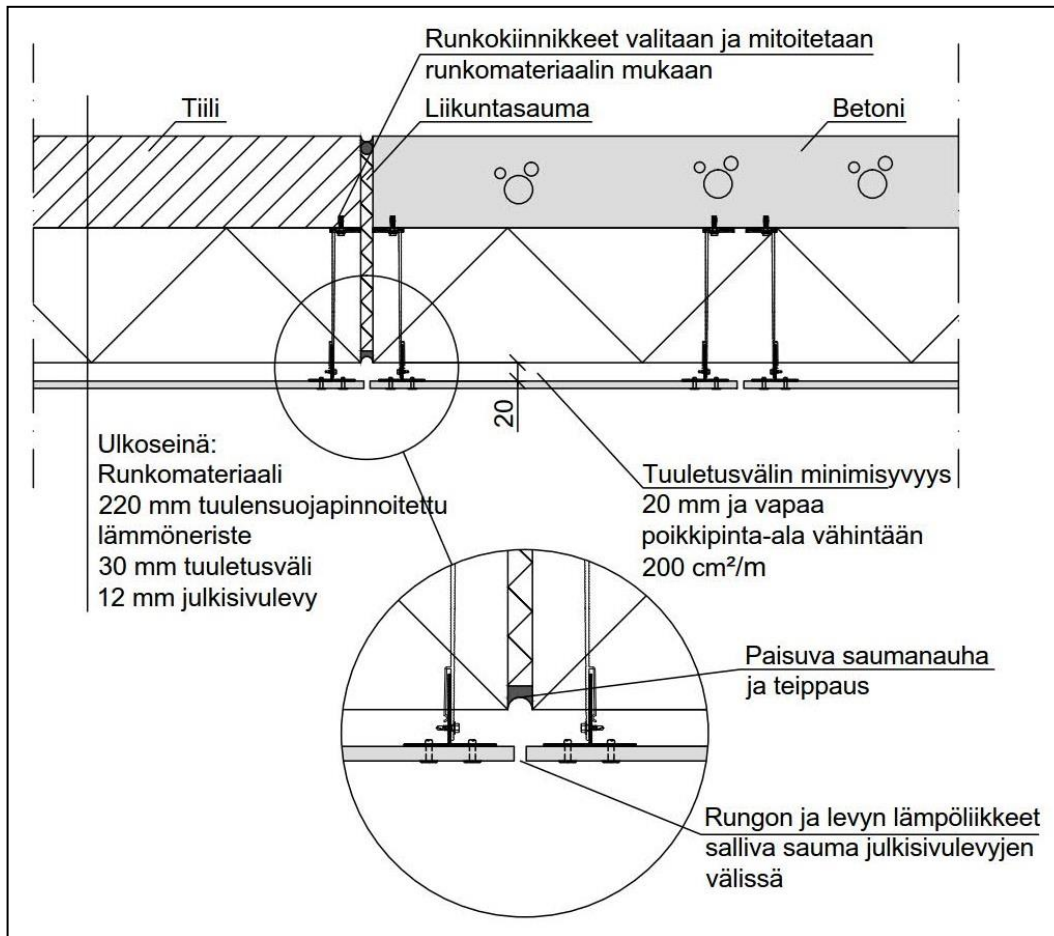
Käytettäessä julkisivulevyä parvekekaiteena on huolehdittava erityisesti levyn riittävästä kiinnityksestä ja kiinnitysrunkojen riittävästi jaosta. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki julkisivulevyllä toteutetusta parvekekaiteesta, jossa julkisivulevyä on käytetty kiinnitysrunkojen molemmin puolin. Tällä ratkaisulla levyjen taustapinta sekä kiinnitysalusta on saatu piiloon.



Kuva 8 Julkisivulevystä toteutettu kevytparvekekaide. Käytettävän levyn tulee soveltua kyseiseen käyttötarkoitukseen ja kestää parvekkeen käytöstä aiheutuvat kuormitukset.

1.10.5 Runkomateriaalien liitos

Mikäli runkomateriaali vaihtuu yhtenäisen tuulettuvan julkisivurakenteen taustalla, tulee se ottaa huomioon rakenteen ankkuroinnin ja runkokiinnityksen suunnittelussa. Käytettävä runkokiinnike valitaan runkomateriaaliin soveltuvaksi, minkä lisäksi tarvittava kiinnikemäärä määritetään runkomateriaalin lujuuden perusteella riittäväksi. Korjauskohteissa runkomateriaali voi olla sama, mutta eri aikakausina tehdyn rungon lujuusominaisuudet voivat poiketa toisistaan. Riittävän ankkuroinnin tutkimiseksi suositellaan runkomateriaalille ja käytettävälle kiinniketyypille vetokokeita, joiden avulla varmistetaan yksittäisten runkoon kiinnitettyjen runkokiinnikkeiden vetolujuus.



Kuva 9 Yhtenäisen tuulettuvan julkisivupinnan takana voi olla runkomateriaalin rajapintoja. Tällöin on tärkeä huolehtia siitä, että runkokiinnikkeiden määrä on mitoitettu runkomateriaalin mukaan.

1.11 Palomääräykset

Paloturvallisuus tulee ottaa huomioon tuulettuvan julkisivurakenteen suunnittelussa. Tämä tarkoittaa tarkasteluja sekä yksittäisten materiaalien että rakennekokonaisuuden osalta. Materiaalien osalta paloturvallisuus tulee ottaa huomioon erityisesti julkisivumateriaalin, tuulensuojan, rankarakenteiden ja lämmöneristeiden materiaalivalinnoissa. Lisäksi keskeistä on tarkastella palokatkoja. Vaatimukset riippuvat rakennuksen paloluokasta sekä sen käyttötarkoituksesta ja kerrosten lukumäärästä. Palomääräysten soveltamisesta käytäntöön mm. soveltuvien suojauskeinojen osalta päättää aina paikallinen paloviranomainen.

Rakennustarvikkeet jaetaan tarvikeluokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen ja sen leviämiseen sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Luokitus on esitetty taulukossa 6.

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO
Suunnitteluohjeet
Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella

Taulukko 6 Rakennustarvikkeiden luokittelu.

TARVIKELUOKKA		SAVUNTUOTTO		PISAROINTI	
A 1	eivät osallistu lainkaan paloon	s 1	savuntuotto on erittäin vähäistä	d 0	palavia pisaroita tai osia ei esiinny
A 2	osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu	s 2	savuntuotto on vähäistä	d 1	palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
B	osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu	s 3	savuntuotto ei täyty s1 eikä s2 vaatimuksia	d 2	palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia
C	osallistuvat paloon rajoitetusti				
D	osallistuminen paloon on hyväksyttävissä				
E	käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä				
F	käyttäytymistä ei ole määritetty				

Enintään kahdeksankerroksisissa P1-luokan rakennuksissa on käytettävä yleensä B-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita. Mikäli käytetään tätä luokitusta huonompaa eristettä, on palon leviäminen eristykseen, palo-osastosta toiseen ja rakennuksesta toiseen estettävä. Julkisivulevyjen kiinnittämiseen saa tällöin käyttää vähäisessä määrin D-s2, d2 -luokan rakennustarvikkeita.

Yli kahdeksankerroksisissa P1-luokan rakennuksissa tuuletusraon ulko- ja sisäpinnan on oltava yleensä B-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita, eikä levyjen kiinnittämiseen saa tällöin käyttää heikomman luokan rakennustarvikkeita.

P2-luokan rakennuksissa on käytettävä yleensä B-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita. P2-luokan rakennuksissa voidaan käyttää D-s2, d2 -luokan rakennustarvikkeita, mikäli rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla ja seinä on suunniteltu siten, että ulkoisen syttymisen aiheuttaman palon leviäminen seinässä on estetty riittävän tehokkaasti.

P3-luokan rakennuksissa on käytettävä yleensä B-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita. Tuuletusraossa riittää kuitenkin D-s2, d2 -luokan rakennustarvikkeet. Tuuletusraon sisäpinnalle ei ole asetettu vaatimuksia.

Rakennusten paloturvallisuutta käsitellään tarkemmin asetuksessa *Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)* sekä *Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta (927/2020)*.

Paloasetus määrää ulkoseinän ulkopinnan ja tuuletusvälin pintojen luokkavaatimuksista, joiden tulee täyttyä lähtökohtaisesti myös kiinnitystarvikkeiden osalta. Paloasetuksen 26§ Taulukko 8 tarkentaa kuitenkin, että

- *Julkisivuverhoilun kiinnitystarvikkeet voivat vähäisessä määrin olla D-s2, d2 -luokkaa enintään 28 m korkeassa rakennuksessa.*

Asetuksen perustelumuuisto määrittää rajat sille, mikä tulkitaan asetuksen tarkoittamaksi ”vähäisessä määrin” seuraavasti:

- *Julkisivuverhoilun kiinnitykseen tarvittavien tarvikkeiden määrää voidaan pitää vähäisenä, kun tuuletusvälin leveys on enintään 50 mm ja koolauksen väli keskeltä keskelle on vähintään 600 mm. Myös ristiin koolaus on mahdollinen.*

1.12 Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet

Tyypillisimmät betonijulkisivuissa olevat terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet ovat pinnoitteiden asbesti sekä saumausmassoissa ja EPS-eristeissä olevat POP-yhdisteet (PCB- ja SCCP-yhdisteet), PAH-yhdisteet sekä raskasmetallit (esim. lyijy-yhdisteet). Lisäksi lämmöneristeissä saattaa harvinaisissa tapauksissa esiintyä mikrobikasvustoa. **Ennen korjaussuunnittelun aloitusta kohteeseen on tehtävä korjattavan alueen kattava asbesti ja haitta-ainekartoitus, jotta korjaustavan ja korjausmenetelmien valinnassa osataan ottaa ne huomioon. Haitta-aineet ja niiden voimassa olevat raja-arvot tarkistettava viranomaislähteistä.**

Laajemmin terveydelle ja ympäristölle vaarallisista aineista on selostettu JUKO-ohjeistokansion osassa *B2 Rakenteen ja korjausmahdollisuudet*.

2 MATERIAALIEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TYÖMAALLA

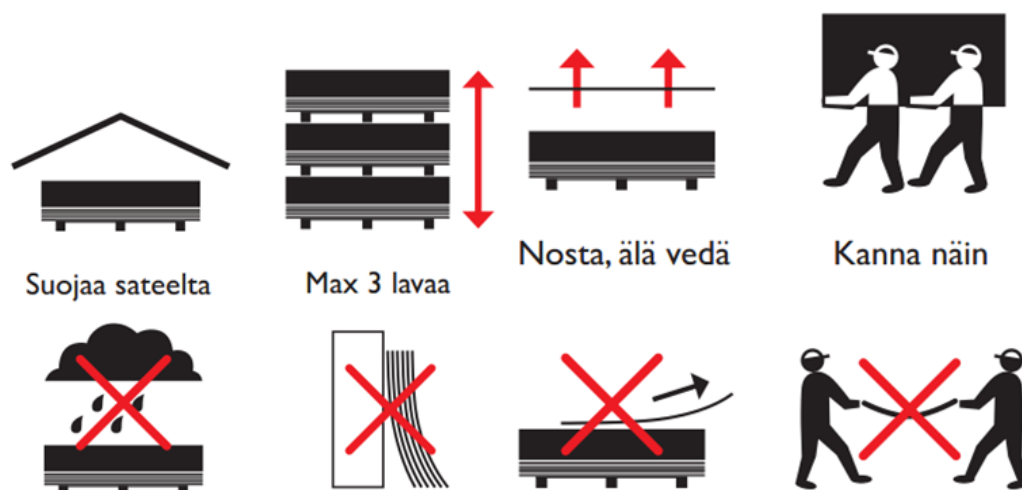
Tuulettuvissa julkisivuissa materiaalien varastointia ja käsittelyä koskevat ohjeet annetaan usein erityisesti varsinaista julkisivumateriaalia silmällä pitäen. Annettuja ohjeita materiaalien varastoinnista ja suojaamisesta on kuitenkin suositeltua soveltaa muidenkin rakennusmateriaalien, kuten tuulensuojalevyjen ja lämmöneristeiden kohdalla. Materiaalien varastointi tulee suunnitella ja liittää osaksi työmaasuunnitelmaa.

Rakennusmateriaalien oikeaoppinen käsittely tehtaalta valmiiseen rakenteeseen tulee varmistaa. Materiaali työmaalle toimittavalta taholta tulee vaatia materiaalien oikeaa käsittelyä ja suojausta jo työmaalle tehtävän toimituksen aikana.

Materiaalien varastointi työmaalla täytyy ottaa huomioon työmaasuunnittelussa ja varata riittävät varastointialueet ja suojausmenetelmät. Käytettävät materiaalit tulee varastoida materiaalivalmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Usein tämä tarkoittaa materiaalien suojaamista erilaisilta säärasituksilta: mm. kosteudelta, lialta ja UV-säteilyltä, eikä niitä siten voida säilyttää ulkona suojaamattomana. Lisäksi materiaalivalmistaja on saattanut antaa ohjeita materiaalin oikeasta säilytysasennosta, jolla estetään julkisivumateriaalien muodonmuutokset ja vaurioituminen ennen asentamista. Vaaka- ja pystysuoravarastointiasento voivat molemmat olla sallittuja, mutta näitä varten on voitu antaa erillisiä ohjeita mm. tuotteiden välisistä suojamateriaaleista, varastohyllyn riittävästä tukipinta-aloista sekä tuotteiden pinoamisesta päällekkäin.

Rakennusmateriaalivalmistajat antavat usein ohjeet materiaalien oikeaoppiseen käsittelyyn, kuljettamiseen ja mahdollisiin muotoiluihin (mm. sahaus, leikkaus ja reiitys). Erityisesti pintamateriaalien muotoilut tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti työhön soveltuvia työkaluja ja menetelmiä käyttäen, koska tällä yleensä on suora vaikutus valmiin julkisivun ulkonäköön.

Kuvassa 10 on esimerkki julkisivulevyjen oikeaa käsittelyä ja varastointia havainnollistavasta kuvasarjasta.



Kuva 10 Esimerkki julkisivulevyjen oikeaoppisesta varastoinnista ja käsittelystä (kuva Cembrit Oy).

3 RANKARAKENNE

3.1 Rankarakenteen valinta

3.1.1 Yleistä rankarakenteista

Rankavaihtoehdot

Rankarakenne voidaan tehdä

- puusta
 - o tavallinen kyllästämätön puutavara
 - o kyllästetty puutavara
- alumiinista tai
- sinkitystä teräksestä.

Myös edellisten yhdistelmiä voidaan käyttää yhdistämällä puuta ja sinkittyä terästä. Yhdistelmissä yleensä sisempi ranka on sinkittyä terästä, ja ulompi koolaus puuta.

Puun ja alumiinin yhdistelmä ei ole suositeltava ratkaisu; alumiini voi syöpyä pitkäaikaisessa kosketuksessa kostean puun kanssa. Myöskään sinkityn teräksen ja alumiinin yhdistäminen ei ole mahdollista.

Eri tuotteisiin soveltuvat rankarakenteet on syytä varmistaa aina tapauskohtaisesti tuotevalmistajalta.

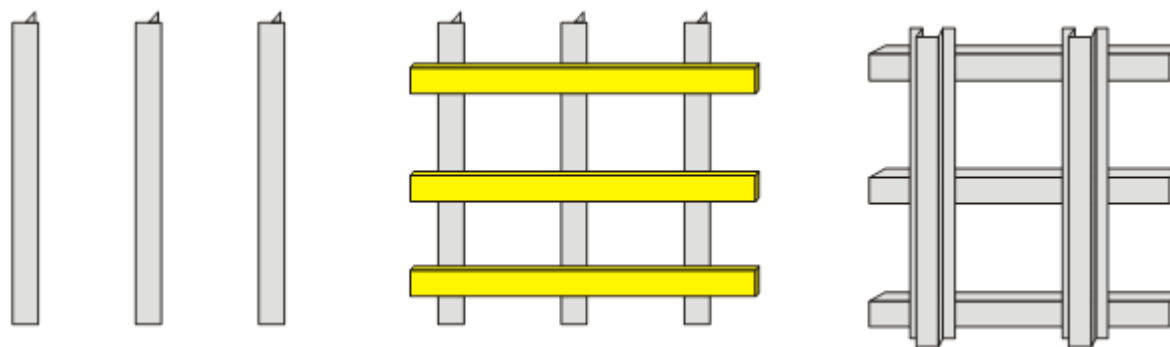
Pysty- ja vaakarakenteet

Rankarakenne tehdään yleensä ristiinkoolaamalla. Uloimman koolauksen suunnan määrittää levyjen asennussuunta.

Asennettaessa levyt pystyyn käytetään uloimpana rankana pystyrankaa.

Asennettaessa levyt vaakasuuntaan uloin ranka voidaan asentaa pysty- tai vaakasuunnassa. Vaakasuuntaan asennettaessa rakenteen tuulettuminen on varmistettava.

Kasetti- ja vastaavilla verhousrakenteilla sekä käytettäessä erikoiskiinnikkeitä rankarakenteen suunta riippuu valittavasta tuoteratkaisusta.



Kuva 11 Erilaisia rankavaihtoehtoja.

Metallien yhteensopivuus

Rankarakennetta valittaessa on kiinnitettävä huomiota myös eri metallien yhteensopivuuteen. Yhteensopivuutta tulee tarkastella erityisesti metalliverhousten tai metalliosia sisältävien tuotteiden (esim. kasettien) yhteydessä. Taulukkoa 7 voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa verhouksrakenteissa tyypillisesti käytettävien metallien yhteensopivuutta.

Taulukko 7 Julkisivuverhouksrakenteissa tyypillisesti käytettävien metallien sähkökemiallinen jännityssarja.

Jalot metallit	Epäjalot metallit
ruostumaton teräs	alumiini
kupari	sinkki
messinki	
lyijy	
teräs	

3.2 Puuranka

3.2.1 Yleistä

Puurankaa voidaan käyttää rakenteissa, joissa levyt kiinnitetään ruuveilla rankarakenteeseen. Puuranka soveltuu selkeästi levymäisiin tuotteisiin, esim. kuitusementtilevyjen, polymeeripohjaisten levyjen, kalsiumsilikaattilevyjen, korkeapainelaminaattien, sementtilastulevyjen, metallilevyjen sekä rapattavien levyjen yhteydessä.

Puurangan käyttöä rajoittaa palomääräykset (ks. kohta 1.11) sekä kosteusrasituksen määrä.

Puurankana tulee käyttää lujuuslajiteltua puutavaraa. Minimivaatimuksena voidaan pitää luokan T18 käyttämistä. Rakenne mitoitetaan toimimaan kosteusluokassa 2.

Sisemmän rangan koko määräytyy käytännössä lisälämmöneristyksen paksuuden mukaan. Uloimman rangan k-jako määritetään käytettävän levyrakenteen sekä seinärakenteeseen kohdistuvien rasitusten (tuulenpaine ja iskukuormat) mukaan. Lisäksi alimmaisena levyrivin yhteydessä voidaan käyttää tihennettyä rankajakoa.

Yleisimmin käytetyt rankajaot ovat k300, k400 ja k600. Näistä tiheimmät k-jaot on käytössä, jos levyinä käytetään ohuita tuotteita, tai kun halutaan parantaa ulkopinnan iskunkestävyyttä.

Puuranka kiinnitetään joko ulkokuoreen tai sisäkuoreen. Kiinnitystä on käsitelty tarkemmin jäljempänä luvussa 3.6.

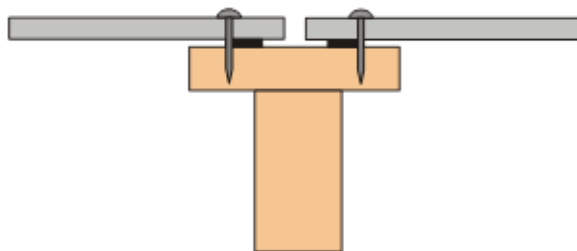
3.2.2 Puurangan suojaaminen kosteusrasituksilta

Käytettäessä puurankaa on otettava erityisesti huomioon puurangan ja levyjen kiinnikkeiden suojaaminen kosteudelta. Erityinen huomio on kiinnitettävä levyjen saumojen ja kiinnityskohtien sadevedentiiviyyteen. Ruuvien reikien kastuessa niiden kuivuminen kestää kauan. Vaarana on kiinnityksen heikkeneminen puun lahovaurioiden seurauksena.

Puurangan yhteydessä ei tule käyttää avosaumaa.

Verhouslevyt eivät saa olla suoraan kosketuksissa puurankaan siten, että levyn ja puun väliin syntyy sellainen rako, joka kuljettaa kosteutta kapillaarisesti ja jonka kuivuminen kestää huomattavan kauan.

On suositeltavaa, että levyn ja puurangan väliin asennetaan tiivistenauha tai sellainen peittäjä, joka estää em. haitallisen kosteutta kuljettavan raon syntymisen ja joka toisaalta parantaa liitoskohdan sadevedentiiviyyttä. Tiivistettä tulee käyttää aina kyllästetyn puutavaran yhteydessä.



Kuva 12 Tiivisteet puun ja julkisivulevyn liitoskohdassa.

3.2.3 Kyllästetty puutavara

Kyllästetyn puutavaran kosteudenkesto tavalliseen sahatavaraan verrattuna on oleellisesti parempi.

Kyllästetyn puutavaran käyttämisessä on otettava huomioon viranomaispäätökset arseeniyhdisteillä kyllästetyn puutavaran käytön rajoittamisesta. Rankarakenteessa tulee käyttää luokan AB kyllästettyä puutavaraa.

Työmaalla tulee välttää kyllästetyn puutavaran käsittelyä. Kyllästetyn puutavaran työstämisessä sekä purkamisessa syntyvät jätteet ovat ongelmajätettä.

Kyllästettyä puutavaraa käytettäessä on kiinnikkeiden valintaan kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kyllästetyn puutavaran yhteensopivuus verhousmateriaalin kanssa on selvitettävä erikseen. Kyllästetyn puutavaran ja levyrakenteen välissä on käytettävä ehdottomasti tiivisteitä. Puun kyllästyssuolat voivat aiheuttaa levyrakenteen värjäytymistä. Lisäksi kuparikyllästeet voivat reagoida kemiallisesti tiettyjen metallit kanssa.

3.3 Alumiini

Alumiinirangat ovat erikoisvalmisteisia osia, eikä niiden suunnitteluun ole annettavissa yleisiä ohjeita. Käytännössä profiilimuodon valinta tehdään tuotevalmistajan toimesta.

Alumiiniprofiilia valittaessa kiinnitetään huomio sen

- jäykkyyteen
- rakenteen lämpöliikkeisiin
- ulkonäköön, jos profiili jää näkyviin
- liittyviin asennustarvikkeisiin
 - o mm. mittapoikkeamien tasaamismahdollisuus

Alumiiniprofiiliin on oltava riittävän jäykkää, jotta se kestää sille tulevat taivutus- ja vääntöra-situkset. Jäykkyyttä on tarkastettava erityisesti vaakarakenteissa, esim. käytettäessä Z-profiilia.

Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon alumiinin suuret lämpöliikkeet, jotka ovat tyypillisesti muita rakennusmateriaaleja selkeästi suuremmat. Lämpöliikkeitä on tarkasteltava erityisesti rankarakenteen jatkoskohdissa sekä levyjen kiinnitystavassa.

Alumiiniprofiili voidaan pinnoittaa. Pinnoittaminen tehdään tehdasmaalauksena pulverimaa-leilla. Pinnoittamista suositellaan käytettäväksi ainakin voimakkaasti rasitetuilla alueilla (esim. rannikkoalueet tai alueet, joilla ilman saasteita on runsaasti) ja kun alumiiniprofiili jää näkyviin (esim. avosaumat).

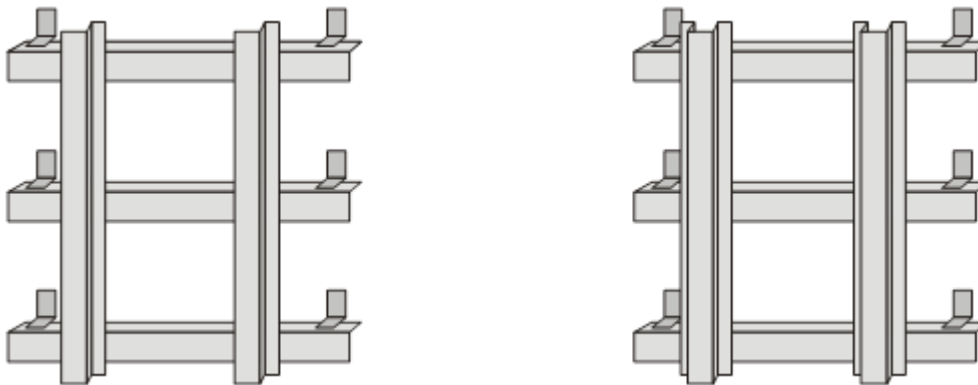
3.4 Sinkitty teräs

Sinkityt teräsrankat valmistetaan yleensä kylmämuovaamalla sinkitystä teräksestä.

Kylmämuovatuissa profiileissa sinkityksen (minimi)paksuutena käytetään 20 µm. Sinkitys-kerroksen paksuutta ei ole yleensä mahdollisuuksia kasvattaa sinkitysprosessista johtuen.

Sisempänä profiilina käytetään yleensä L- tai Z-profiilia, jolloin lämmöneristys saadaan hel-posti yhtenäiseksi. Profiilit kiinnitetään kulmateräksillä (säätökiinnikkeet) rakennuksen run-koon.

Uloimpana profiilina voidaan käyttää hattuprofiilia, johon muotoon levyjen kiinnitys on yksin-kertaista. Uloimpana profiilina voidaan käyttää myös Z-profiilia, jos varmistutaan rakenteen riittävästä jäykkyydestä. Z-profiili soveltuu käytettäväksi erityisesti pystyrankaan.



Kuva 13 Periaatekuvat sinkitystä teräksestä tehdyistä rankarakenteista, uloimpana profiilina pystyyn asennettu Z- tai hattuprofiili.

Rakenteissa, joiden kiinnityksessä käytetään erikoisosia, esim. erilaiset konsolit ja vast., on rankarakenne yleensä tuotetoimittajan vakiomallia, eikä se vaadi erikseen mitoittamista.

Teräsprofiilin paksuus määräytyy rasitusten perusteella. Jos teräsprofiiliksi valitaan jokin yleisprofiili (ei tietyn järjestelmätoimittajan kuuluva osa), on se mitoittettava taivutusta ja vääntöä vastaan.

3.5 Rankarakenteen mitoitus

Rankarakenne mitoitetaan kestämään sille tulevat kuormitukset, joita ovat

- verhousrakenteen omapaino

- tuulenpaine- ja imu
- ulkopuoliset törmäyskuormat.

Alumiini- tai teräsprofiilin valinnassa on syytä kiinnittää huomiota myös rakenteen jäykkyyteen, varsinkin käytettäessä vaakarakenteissa ohuita profiileita. Rakenteelle on suunniteltava tarpeen vaatiessa taipumavara erilaisiin liitoskohtiin.

Verhousrakenteen omapaino aiheuttaa rankarakenteeseen vääntöä sekä taivutusta.

Tuulenpaine aiheuttaa rakenteeseen seinäpintaa vasten kohtisuoraa taivutusta, joka on huomioitava rankarakenteen profiilia määritettäessä sekä levyjen kiinnikkeiden määrissä ja sijoituksessa.

Tuulen aikaansaama imu on otettava huomioon rankarakenteen ankkuroinnissa. Rankarakenne pyritään kiinnittämään ensisijaisesti vanhojen betonielementtien ulkokuoreen. Mikäli ulkokuori on liian heikkoa (alusta vaurioitunut, lujuus alun perin liian heikko, rakennepaksuudet eivät riitä luotettavaan ankkurointikestävytyteen), on kiinnitys tehtävä osin tai kokonaan sisäkuoreen.

3.6 Rankarakenteen kiinnitys

3.6.1 Yleistä

Rankarakenteen kiinnitystavan ja vanhan seinärakenteen lisäkiinnitystarpeen tarkastelussa on otettava huomioon

- ulkokuoren vauriotilanne
 - o vaikuttaa erityisesti ankkurointimahdollisuuksiin
- vanha rakenne
 - o ulkokuoren kiinnitystapa
 - lisäkuormitusmahdollisuus
 - o ulko- ja sisäkuorten paksuudet
 - kiinnikkeiden ankkurointipituudet
 - o ulkokuoren toteutustapa
 - erit. kerrokselliset rakenteet (erilaiset laattapinnat sekä pesubetoni)
- uusi rakenne
 - o kuormitus.

Yleensä ulkokuoren heikentynyt lujuus estää ulkokuoreen tehtävät kiinnitykset.

3.6.2 Kiinnitystapa

Rankarakenne kiinnitetään alustaan mekaanisin kiinnikkein, joko kiila-, lyönti- tai kemiallisin ankkurein.

Ensisijaisesti tulee pyrkiä siihen, että rakenne kiinnitetään vanhaan ulkokuoreen.

Mikäli ulkokuoren lujuus on heikentynyt tai jos vaadittua ankkurointikapasiteettia ei saavuteta, kiinnitetään rankarakenne ulkokuoren läpi sisäkuoreen. Kiinnitys tapahtuu samalla periaatteella kuin ulkokuoren lisäkiinnitys. Rankarakenteen kiinnitystä sisäkuoreen voidaan hyödyntää ulkoseinän lisäkiinnityksestä mitoitettaessa.

Kiinnikkeet mitoitetaan verhousrakenteesta sekä tuulesta aiheutuville kuormille (ankkurointi ja leikkaus).

Kiinnikkeiden määrä ja mitoitusarvot määritetään samalla periaatteella kuin lisäkiinnikkeiden kapasiteetti (kohdekohtaiset vetokokeet).

3.7 Ulkokuoren lisäkiinnitys

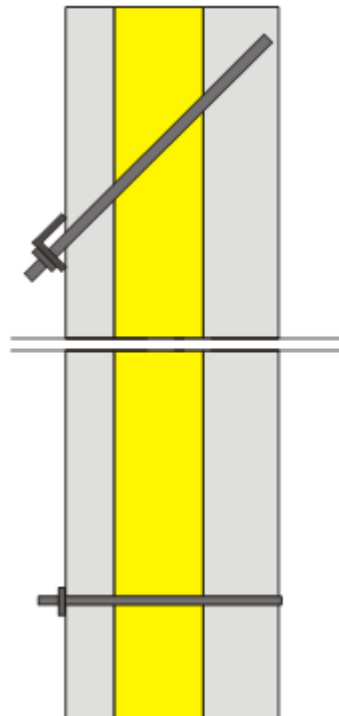
3.7.1 Lisäkiinnitystarpeesta

Betonisandwich-rakenteissa yleisimmin käytettyä ulkokuoren ruostumattomasta teräksestä tehtyä ansaskiinnitystä voidaan pitää erittäin varmana kiinnitystapana. Poikkeuksen muodostavat erittäin pitkälle edennyt betonin pakkasrapautuminen tai sellaisten kerroksellisten ulkokuorien vaurioituminen, joissa vaurioituminen voi aiheuttaa ulkokuoren ulko-osien irtoamisen (esim. pesubetonipintaisen ulkokuoren korroosiovauriot pesu- ja taustabetonin rajapinnassa).

Jos ulkokuoren kiinnitys on tehty pistemäisesti ruostuvasta teräksestä (esim. tavallinen harjateräs tai pyörötanko, teräskiskot), on lisäkiinnitys yleensä tarpeellinen. Korroosio saattaa huonoissa olosuhteissa edetä myös verhouksen jälkeen, joten näissä tapauksissa lisäkiinnitystä voidaan pitää aina suositeltavana vaihtoehtona.

3.7.2 Lisäkiinnityksen toteutus

Betonisten ulkokuorien lisäkiinnitys tehdään ulkokuoren läpi sisäkuoreen. Kiinnikkeinä käytetään kiila-, lyönti- tai kemiallisia ankkureita, jotka asennetaan kuvan 14 periaatteen mukaisesti (ankkurit ylös 45° kulmaan, alas kohtisuoraan). Vinoon asennettavan ankkurin asennuksessa voidaan käyttää apuna kulmarautaa.



Kuva 14 Periaatekuva vanhan ulkokuoren lisäkiinnityksestä.

Kiinnikkeet mitoitetaan koko ulkokuoren ja lisäverhouksen painolle (vetolujuus ja leikkauslujuus).

Kiinnikkeet asennetaan siten, että niiden käyttöohjeiden mukainen asennussyvyys täyttyy. Huomattavaa on, että varsinkin kantamattomissa seinissä sisäkuoren paksuus voi olla pieni, jolloin ankkurointipituudet on määritettävä vanhan ulkoseinän sisäkuoren paksuuden mukaisesti.

Asennuksessa on otettava huomioon sisäkuoren paksuuden vaihtelu, joka voi olla jopa useita senttimetrejä.

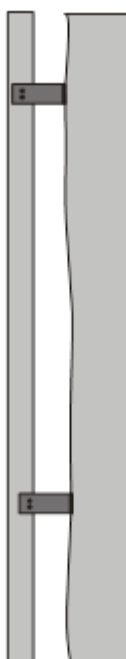
Kiinnikkeiden todellinen vetolujuus (ankkurointikapasiteetti) selvitetään aina kohdekohtaisesti suoritettavilla vetokokeilla. Kiinnikkeiden määrä lasketaan vetokokeiden perusteella saatavien ankkurointikapasiteetin mitoitusarvojen perusteella.

Käytettävillä kiinnikkeillä tulee olla voimassa oleva tuotehyväksyntä (esim. CE-merkintä). Lisäkiinnikkeinä tulee käyttää ruostumattomasta (AISI 304) tai haponkestävästä (AISI 316) teräksestä valmistettuja tuotteita.

3.8 Alustan mittapoikkeamien tasaaminen

Vanhan ulkoseinäpinnan epätasaisuudet on tasattava ennen verhourakenteen asennusta. Epätasaisuudet näkyvät valmiissa pinnassa varjostumina ja saumojen hammastuksina. Mitä sileämpi ja kiiltävämpi on tuleva pinta, sitä herkemmin alustan epätasaisuudet erottuvat valmiissa pinnassa.

Alustan mittapoikkeamat tasataan rankarakennejärjestelmään liittyvillä säätökiinnikkeillä. Säätökiinnikkeet on valittava niin, että niiden liikevaroilla saadaan alustan epätasaisuudet tasattua. Rankarakenteen asennuksessa on käytettävä linjalankaa tai vastaavaa menetelmää, jolla julkisivupinnan kohtisuoruus voidaan varmistaa.



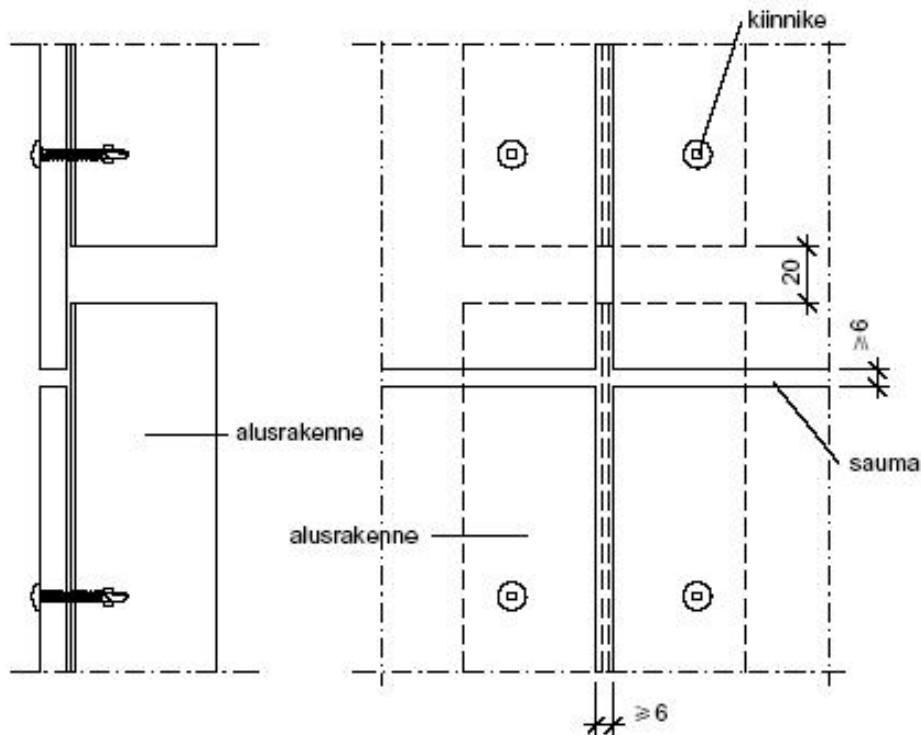
Kuva 15 Säätökiinnikkeen periaate.

Puurangan osalta mittapoikkeamat tasataan sisimmän rangen asennuksessa esim. käyttämällä kulmateräksiä. Mittapoikkeamien tasaamisessa on huolehdittava myös tuuletusraon minimimitan säilymisestä.

Alustan tasaisuusvaatimukset määritetään tarvittaessa tapauskohtaisesti. Uudisrakentamisen tasaisuusvaatimuksia ei voida yleensä soveltaa sellaisenaan.

3.9 Rankarakenteen jatkokset

Levyjen asennuksessa on otettava huomioon rankarakenteen jatkokset. Levyjä ei voida kiinnittää jatkoskohdan yli, vaan verhourakenteessa on oltava sauma rankarakenteen jatkoksien kohdalla (ks. kuva 16).



Kuva 16 Levyn kiinnitys rankarakenteen jatkoskohdassa.

Levyverhoukset eivät vaadi yleensä varsinaisia liikuntasauvoja. Poikkeuksen muodostavat rapatut levyt sekä tiililaattapintaiset levyt. Liikuntasauva on kuitenkin aina tehtävä rakenteellisten liikuntasauvojen kohdalle.

4 LISÄLÄMMÖNERISTYS

4.1 Lisälämmöneristyksen tarpeesta

Levyverhoukorkorjaukseen suositellaan aina liitettäväksi lisälämmöneristystä.

Levyverhous voidaan tehdä myös ilman lisälämmöneristystä erityisesti silloin, kun ulkoseinän paksuutta ei voida kasvattaa, esim. rakennusoikeudellisista tai arkkitehtonisista syistä. Verhoukorkorjauksessa rakenteen paksuus kasvaa aina kuitenkin jonkin verran, sillä verhouksen rakenne vaatii toimiakseen tuuletusvälin.

Myös ilman lisälämmöneristystä tehtävä levyverhoukorkorjaus parantaa ulkoseinän lämmöneristävyyttä jonkin verran. Samoin vaurioiden eteneminen hidastuu, kun ulkoseinän kosteusrasitus pienenee. Varsinainen lisälämmöneristys on kuitenkin toimivuudeltaan varmempi vaihtoehto kuin ilman lisälämmöneristystä tehtävä korjaus.

4.2 Materiaalivalinnat

4.2.1 Lämmöneriste

Tuuletetuissa levyverhoilluissa julkisivuissa käytetään lämmöneristeenä mineraalivillaa. Lämmöneriste voi olla ns. pehmeää villaa, kovaa villaa tai pehmeän ja kovan villan yhdistelmä ja siinä voi olla erillinen tuulensuojapinta.

Jos alusta on epätasainen, on ns. kovaa villaa vaikea saada asennettua tiiviisti kiinni alustaan. Käyttämällä pehmeän ja kovan villan yhdistelmää saadaan pehmeä villa painettua tiiviisti alustaan kovan villan läpi asennettavien kiinnikkein.

Käytettävän eristeen ja sen pintakerrosten (mahd. tuulensuojapinta) on täytettävä palomääräykset.

4.2.2 Tuulensuojapinta

Tuulensuojana voidaan käyttää tuulensuojapintaista villaa tai erillistä tuulensuojapintaa. Tuulensuojapintana voi olla levymäinen tai rullamainen tuote.

Tuulensuojapinnan tulee täyttää palomääräykset.

Tuulensuojapinnan suositeltavana ilmanläpäisykertoimena voidaan pitää rakentamismääräyskokoelman mukaisesti $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{s} \times \text{Pa})$.

Tuulensuojan tulee olla vesihöyryä läpäisevä. Tarvittaessa tuulensuojapinnan vaikutus rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen on tarkistettava laskelmin (ks. luku 1.8 Rakennusfysikaalinen toiminta).

4.3 Rakennepaksuudet

Lämmöneristekerroksen paksuutta kasvattamalla saadaan parannettua seinärakenteen U-arvoa (ks. taulukko 8). Yleensä lisälämmöneristeen paksuus on luokkaa 50 – 70 mm.

Taulukko 8 Esimerkkejä ulkoseinärakenteen U-arvosta lisälämmöneristyksen jälkeen. Laskelmat on laadittu rakenteille, joissa vanhan betonisandwich-rakenteen sisäkuoren paksuudeksi on oletettu 80 mm ja ulkokuoren 60 mm. Vanhojen lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden arvona on laskelmissa käytetty 0,04 W/m²K.

Vanha rakenne		Uusi rakenne		U-arvon kasvu
Lämmöneristyksen paksuus [mm]	U-arvo [W/m ² K]	Lisälämmöneristyksen paksuus [mm]	U-arvo [W/m ² K]	
80	0,44	50	0,27	39 %
		70	0,24	45 %
100	0,36	50	0,24	33 %
		70	0,21	42 %
140	0,26	50	0,19	27 %
		70	0,17	35 %

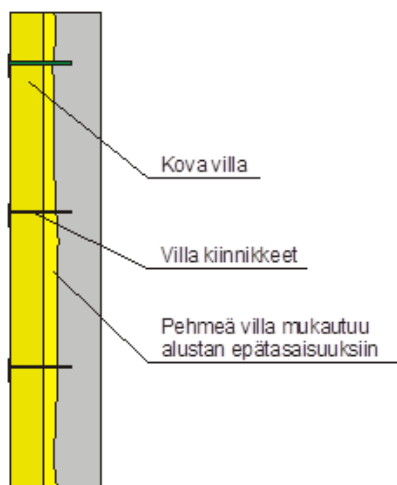
Taulukossa 8 esitetyt lukemat koskevat umpinaista seinää. Koko ulkoseinärakenteen U-arvon laskennassa on otettava huomioon myös ikkunat ja ovet. Ulkoseinien osuus koko rakennuksen energiankulutuksesta on luokkaa 10–15 %.

Rakennepaksuutta määritettäessä on otettava huomioon myös seinän paksuuden muuttuminen, ja esim. ikkunarakenteiden jääminen syvennykseen ja suunniteltava yksityiskohdat huolellisesti myös ulkonäkö- ja toimivuusnäkökulmasta.

4.4 Lämmöneristeiden kiinnitys

Lämmöneristeet ja tuulensuojapinnat on kiinnitettävä mekaanisin kiinnikkein alustaan. Kiinnityksessä on otettava huomioon, että lämmöneristelevyt pysyvät alustassaan kiinni eivätkä pääse kaareutumaan. Lämpötekniikan toimivuuden kannalta on tärkeää, että lämmöneristeet asennetaan tiiviisti alustaan niin, ettei lämmöneristeen ja alustan väliin jää suuria yhteisiä ilmavälejä. Lämpötekniisesti toimivin vaihtoehto saadaan kovan ja pehmeän villan yhdistelmällä, jossa pehmeä villa painetaan alustaan kovan villan läpi asennettavien kiinnikkein.

Suunnitelmissa määritetään käytettävät kiinniketyypit sekä niiden määrä seinäneliötä kohden. Yleensä kiinnityksessä riittää 3–4 kpl/m². Mikäli lämmöneristeitä on useammassa kerroksessa, on kerrosten saumat limitettävä. Tällä pienennetään lämpövuotoja.



Kuva 17 Alustan epätasaisuuksien tasaaminen kovan ja pehmeän villan yhdistelmällä.

5 VERHOUSLEVYJEN ASENNUS

5.1 Levyjaon määrittäminen

5.1.1 Yleistä

Suunnitelmissa määritetään levyjako.

Levyjaon määrittelee arkkitehti. Levyjako määritetään julkisivun koon, aukkojen sekä halutun ulkonäön, esim. saumajaon ja -detaljien perusteella.

Rakennuksen nurkissa sekä ovi- ja ikkunaliittymissä voidaan käyttää joko kulmalistoja tai erillisiä sovitekappaleita, joiden avulla valmistajien vakiokokoiset tuotteet saadaan sopimaan julkisivupintaan.

5.1.2 Levymäiset tuotteet

Kuitusementti-, komposiitti-, korkeapainelaminaatti-, kalsiumsilikaatti- sekä sementtilastulevyt on mahdollista asentaa joko pysty- tai vaakasuoraan.

Levyjen leveys riippuu valittavasta tuotteesta, joilla on yleensä jokin vakioleveys. Tuotekohtaiset leveydet on varmistettava tuotetoimittajalta. Yleensä leveys on luokkaa 1190–1200 mm. Levyjä on mahdollista saada myös kapeampina soiroina erikoistilauksesta.

Levyjen korkeudelle on valmistajakohtaisia vakiokokoja. Lähes poikkeuksetta on myös mahdollista saada määrämittaan sahattuja levyjä tilauksesta. Levyjen maksimikorkeus on yleensä n. 3–3,5 m.

Yleensä ei ole suositeltavaa käyttää yli kerroksen korkuisia levyjä asennusteknisistä syistä eikä myöskään levyrakenteeseen syntyvien suurien lämpö- ja kosteusliikkeiden takia.

Levyjen saumoja voidaan korostaa tai häivyttää halutusta ulkonäkövaikutuksesta riippuen. Levyjä ei voida kuitenkaan asentaa suoraan puskusaumoiksi, vaan saumojen häivyttämiseen tulee käyttää erilaisia peite- tai värilistoja sekä muiden saumojen korostamista. Saumadetalleja on käsitelty enemmän luvussa 5.3.1 Saumavaihtoehdot.

Metallilevyt voidaan asentaa pysty- tai vaakasuoraan halutusta ulkonäkövaikutuksesta riippuen.

Ulkonäköön vaikuttaa levyjen profiilit (esim. ura- tai aaltoprofiilit) ja niiden syvyys, asennusuunta sekä luonnollisesti pinnoitustapa sekä käytettävä perusmetalli. Levyillä voidaan saada aikaan yhtenäinen julkisivu, jossa voi olla esim. pysty- tai vaakasuuntainen profiili.

Levyjen saumat tehdään levytyypistä riippuen yleensä levyjen pystysuunnassa limittämällä sekä poikittaissuunnassa erilaisilla listoilla. Listoja voidaan käyttää myös ulkonäön muuntelemaan.

Levyt valmistetaan yleensä kohdekohtaisilla mitoilla. Levyjen maksimimita vaihtelee 3000–6000 mm:iin, maksimimitat on syytä aina tarkistaa tuotevalmistajalta. Leveys riippuu niin ikään tuotteesta, leveydet vaihtelevat 600–1200 mm.

5.1.3 Kasettimaiset tuotteet

Metallikasetit. Metallikasetit valmistetaan yleensä kohdekohtaisilla mitoilla, jolloin julkisivupinnasta saadaan saumajaon kannalta tasainen pinta. Kasettikoko määritetään julkisivupinnan, sen aukkojen sekä halutun saumamuodon ja -jaon perusteella.

Kasettijaon määrittämisessä on otettava huomioon saumoilta haluttu ulkonäkövaikutus. Kaseteilla voidaan saada aikaa selkeästi perinteinen kasettimainen ulkonäkö, tai saumat voidaan tehdä puskusaumoina, jolloin saadaan aikaan nauhamaista ulkoseinää. Suunnittelija määrittää kasettijaon yhteistyössä tuotetoimittajan kanssa, esim. valmiilla tilauskaavakeilla.

Eri kasettityypeillä on valmistajakohtaisesti määritetyt suositeltavat ainevahvuus- ja kokoalueet, joita on syytä noudattaa.

Tiililaattapintaiset levyt. Tiililaattapintaisilla levyillä on vakiokoot, joiden lisäksi käytetään aukkojen reunoissa sekä rakennukset nurkissa sovitelevyjä.

Tiililaattapintaisilla levyillä haluttuun ulkonäköön vaikuttaa haluttu saumaratkaisu. Saumat voidaan tehdä muurauksen tapaan joko 1/3 kiven limityksellä tai ns. votsisaumalla (ei limitystä lainkaan). Tiililaattapintaisilla levyillä pyritään yleensä tiilijulkisivun ulkonäköön, jolloin käytetään 1/3 kiven limitystä.

5.1.4 Laattamaiset tuotteet

Luonnonkivilaatat, keraamiset laatat, betonilaatat. Laattamaisilla tuotteilla on yleensä vakiokoot, joita tulee käyttää mahdollisimman paljon. Saumajako sovitaan julkisivupinnan kokoon ja aukkoihin tehtaalla sahattavilla laatoilla.

5.2 Kiinnitys

5.2.1 Yleistä

Levyjen kiinnitystapa riippuu valitusta tuotteesta ja rankarakenteesta. Mahdollisia kiinnitystapoja ovat

- ruuvikiinnitys
- niittikiinnitys
- kiinnitys rankarakenteessa olevien konsolien tai muiden erikoiskiinnitysosien varaan
- liimaus + mekaaninen kiinnitys.

Taulukossa 9 on käsitelty eri kiinnitystapojen soveltuvuutta erilaisiin levyverhouksratkaisuihin.

Taulukko 9 Verhouslevyjen kiinnitystapoja

	ruuvit	niitit	konsolit, erikoisosat	liimaus
kuitusementtilevyt	x	x		x
komposiittilevyt	x	x		x
kalsiumsilikaattilevyt	x	x		x
metallilevyt	x		x	x
metallikasetit	x		x	
tiililaattapintaiset levyt			x	
keraamiset laatat ja levyt			x	x
betonilaatat			x	
luonnonkivilevyt			x	
rapattavat levyt	x			x

5.2.2 Ruuvikiinnitys

Ruuvikiinnitys on yleisin levyverhouksissa käytetty kiinnitystapa. Se soveltuu käytettäväksi kaikissa muissa ratkaisussa paitsi tuotteissa, jossa kiinnitys tehdään ripustamalla tuote erilaisten konsolien tai erikoisosien varaan.

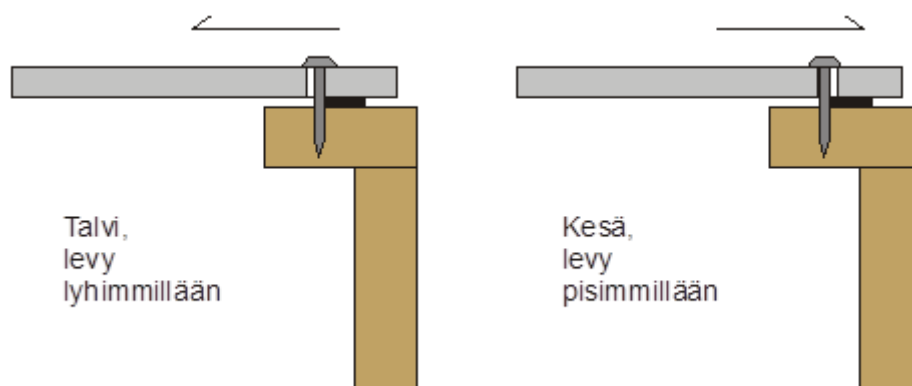
Ruuveina tulee käyttää ruostumattomasta (AISI 304) tai haponkestävästä (AISI 316) teräksestä valmistettuja ruuveja riippumatta verhoustyyppistä. Poikkeuksen muodostaa tietyt erikoismetalliseokset, esim. säänkestävät teräkset (kauppanimi CORTEN), jolloin on suositeltavaa käyttää vain haponkestäviä teräksiä.

Julkisivulevyjen kiinnitykseen käytettävillä ruuveilla tulee olla varmennettu käyttöseloste tai muu hyväksytyyn tarkastuslaitoksen tekemä selvitys niitten ominaisuuksista.

Ruuvit voidaan jättää näkyviin, piilottaa käyttämällä pinnoitettuja ruuveja, piilottaa piilokiinnityksellä tai kiinnikkeiden ulkonäköä voidaan korostaa (ns. design-ruuvit).

Ruuvauksessa on otettava huomioon rankarakenteen ja levyn erisuuruiset lämpö- ja kosteusliikkeet käyttämällä levyrakenteessa suurempaa porausreikää kuin ruuvin halkaisija. Tämä voidaan toteuttaa

- tekemällä levyyn rei'itys valmiiksi tehtaalla
- poraamalla reiät työmaalla käyttäen levyn kohdalla suurempaa poranterää
- käyttämällä ruuveja, joissa ovat siivekkeet tekevät levyyn suuremman reiän kuin rankarakenteeseen.



Kuva 18 Julkisivulevyn liikkeet suhteessa rankarakenteeseen.

Valmistajan tulee ilmoittaa levyjen tarvitsema liikevara suhteessa ruuvien kokoon erilaisilla rankarakenteilla. Liikevara on tarkistettava tuotekohtaisesti. Reikien kokojen mitoituksessa on otettava huomioon

- levytyyppi
- levyjen mitat
- rangan materiaalit
- kiinnikkeiden koko (kuormitus).

Edelleen lämpöliikkeistä johtuen kiinnikkeiden tulee sallia liikkeiden tapahtuminen. Tämän vuoksi ruuvien tulee olla tasakantaisia. Ruuvit eivät myöskään saa olla senkkautuvia eikä niitä saa kiristää liian tiukalle.

5.2.3 Niittikiinnitys

Niittikiinnityksiä voidaan käyttää alumiinirangan yhteydessä sekä yleisemmin listojen ja peitepeltien kiinnityksessä.

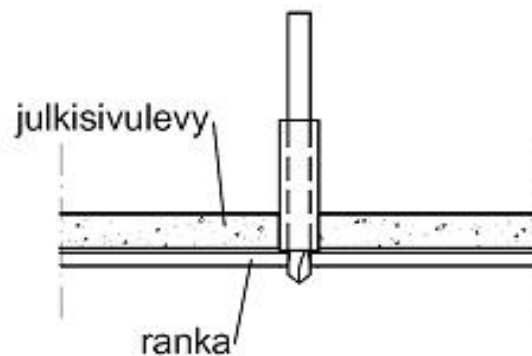
Niiteinä käytetään karaniittejä (vetoniittejä). Alumiinirankaan kiinnitettäessä käytetään alumiinisia niittejä.

Julkisivulevyjen kiinnitykseen käytettävillä niiteillä tulee olla varmennettu käyttöseloste tai muu hyväksytyt tarkastuslaitoksen tekemä selvitys niittien ominaisuuksista.

Kiinnitettäessä levyt rankarakenteeseen niittikiinnityksellä on levyille jätettävä ruuvi kiinnityksen tapaan riittävä liikevara. Kiinnitysreiät tehdään siten, että levyyn porataan hieman rankarakenteen reikää suurempi reikä.

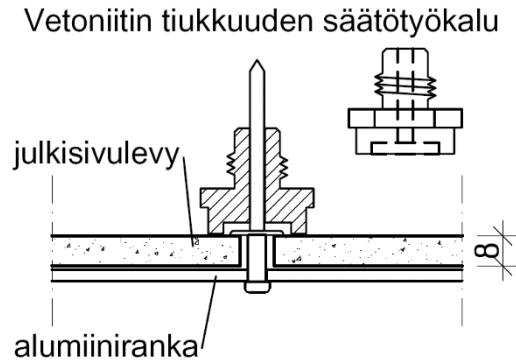
Liikevara määritetään kuten ruuvi kiinnitysten yhteydessä. Valmistajan tulee ilmoittaa levyjen vaatima liikevara suhteessa niittien kokoon eri rankarakenteilla. Liikevarat on tarkistettava tuotekohtaisesti.

Porattaessa reikää rankarakenteeseen, on poranterässä käytettävä apuholkkiä, joka keskittää rankaan tulevan reiän keskelle levyssä olevaa reikää.



Kuva 19 Porauksessa käytettävä apuholkki.

Niittejä ei saa kiristää liian tiukalle. Tätä tarkoitusta varten on kiinnityksessä käytettävä aputyökalua, joka estää kiinnityksen liian tiukalle.



Kuva 20 Aputyökalu, joka estää vetoniitin kiinnittämisen liian tiukalle.

5.2.4 Konsolit ja muut erikoiskiinnitysosat

Levyverhoustuotteiden kiinnitykseen voidaan käyttää myös erilaisia konsoleita tai muita erikoiskiinnitysosia, joihin verhoustuotteet kiinnitetään.

Konsolit ja muut erikoiskiinnitysosat ovat aina tiettyyn tuotteeseen liittyvä kiinnitysmenetelmä, eikä niistä ole annettavissa yleisiä suunnitteluohjeita.

Käytettäessä erikoiskiinnitysosia on varmistuttava

- rakenteiden liikevarasta
 - o lämpö- ja kosteusliikkeiden on päästävä tapahtumaan vapaasti ilman haitallisia jännityksiä
- kiinnikkeiden riittävästä lujuudesta
 - o tuulikuormat
 - o rakenteen omapaino
- kiinnikkeiden pitkäaikaiskestävyydestä
 - o metalliosien korroosio
 - o orgaanisten osien (esim. äänen vaimentamiseen käytetyt nauhat ja tiivisteet yms.) kestävyys
- kiinnikkeiden ulkonäöstä
 - o näkyviin jäävillä kiinnikkeillä on merkittävä osuus ulkoseinän ulkonäköön.

Suunnittelijan tulee selvittää em. tekijät tuotteen valmistajalta, joka vastaa tuotteiden ominaisuuksista ja siitä, että kiinnitysosat soveltuvat käytettäväksi kyseisessä kohteessa.

5.2.5 Liimaus

Julkisivulevyjä voidaan kiinnittää myös liimaamalla riippuen käytettävästä tuotteesta. Liimausta käytetään alumiini- tai teräsranan yhteydessä. Liimauskiinnityksestä ei ole Suomen olosuhteissa pitkäaikaisia kokemuksia.

Liimaus voidaan tehdä vain julkisivulevyjen liimaukseen kehitetyillä erikoisjärjestelmillä ja niihin kuuluvilla tuotteilla.

Kiinnitysjärjestelmä koostuu yleensä seuraavista tuotteista

- rankaprofiilin ja kiinnityslevyjen puhdistusaineet
- pohjusteaineet rankaprofiilille ja levyille
- asennusteippi
- varsinainen kiinnityслиima.

Liimauksessa työvaiheet ovat karkeasti

- liimattavien pintojen puhdistus
- liimattavien pintojen esikäsitteleminen pohjusteaineella
- asennusteipin kiinnittäminen
- kiinnitysliiman pursottaminen
- kiinnitysliiman muotoileminen
- levyjen asennus paikoilleen.

Asennusteippi toimii liimauksessa asennuksen aikaisena tukena siihen saakka, kunnes kiinnitysliima on kovettunut. Asennuksessa on otettava huomioon valmistajan käyttölämpötilasuositukset.

Kiinnitysliimat ovat erikoisvalmisteisiä liimoja, joita on ainakin polyuretaanipohjaisia sekä ns. hybridimassoja. Käytettävien liimojen ominaisuuksien tulee olla testattuja hyväksytyssä tutkimuslaitoksessa. Liimaamalla kiinnitettäessä on suositeltavaa käyttää lisäksi mekaanisia kiinnikkeitä.

5.3 Liitos- ja saumaratkaisut

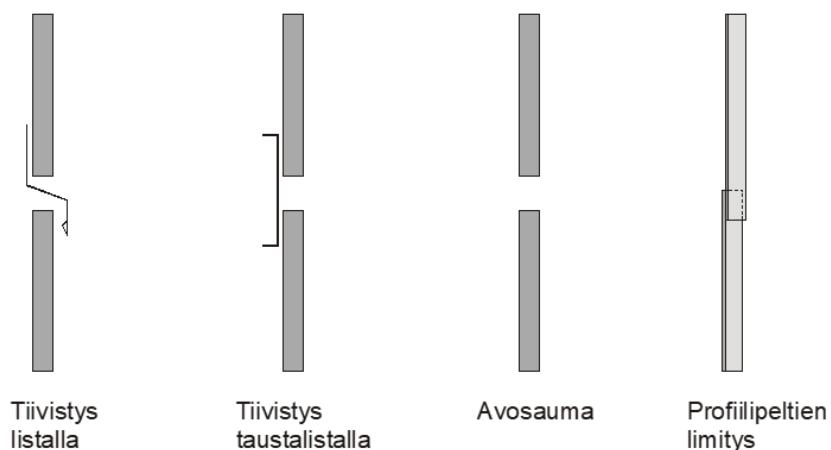
5.3.1 Saumavaihtoehdot

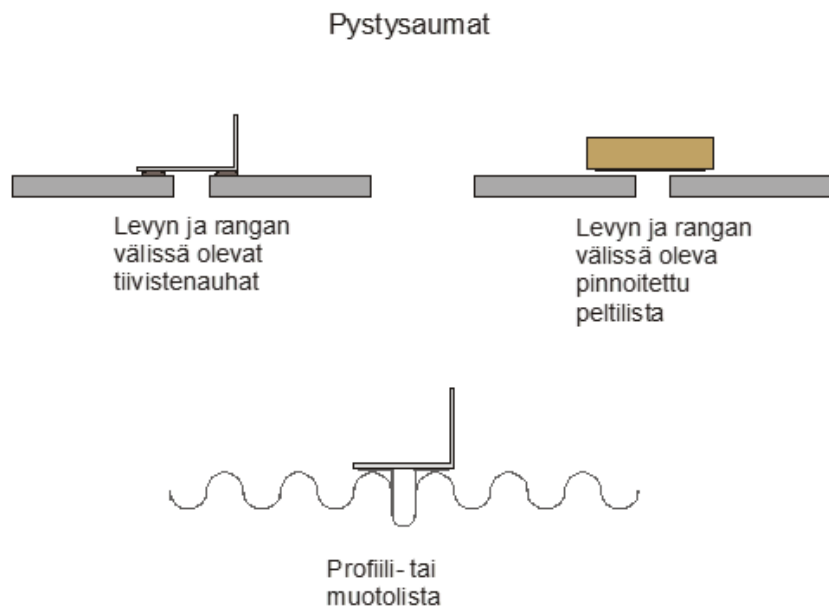
Saumojen toteutustapa riippuu käytettävästä tuotteesta. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomio

- kosteustekniseen toimivuuteen
 - o sadeveden tiivytteen
 - o rakenteen tuulettumiseen
- lämpö- ja kosteusliikkeisiin
 - o muodonmuutosten salliminen
- ulkonäköön
 - o saumojen korostaminen tai häivyttäminen
 - o seinän ulkonäön muuntelu
 - nauhamaisuus, ruutumaisuus, kasettijulkisivu jne.
 - o saumojen värittäminen.

Seuraavassa on kuvattu periaatteellisia saumaratkaisuja erilaisilla levytyypeillä.

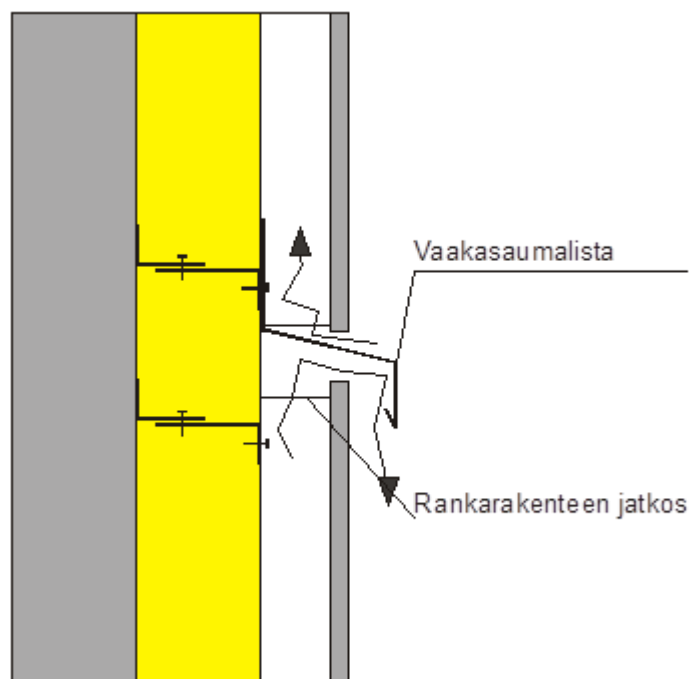
Vaakasaumat





Kuva 21 Saumaratkaisuja levymäisillä tuotteilla.

Vaakasaumoihin on mahdollista sijoittaa myös palokatkoja.

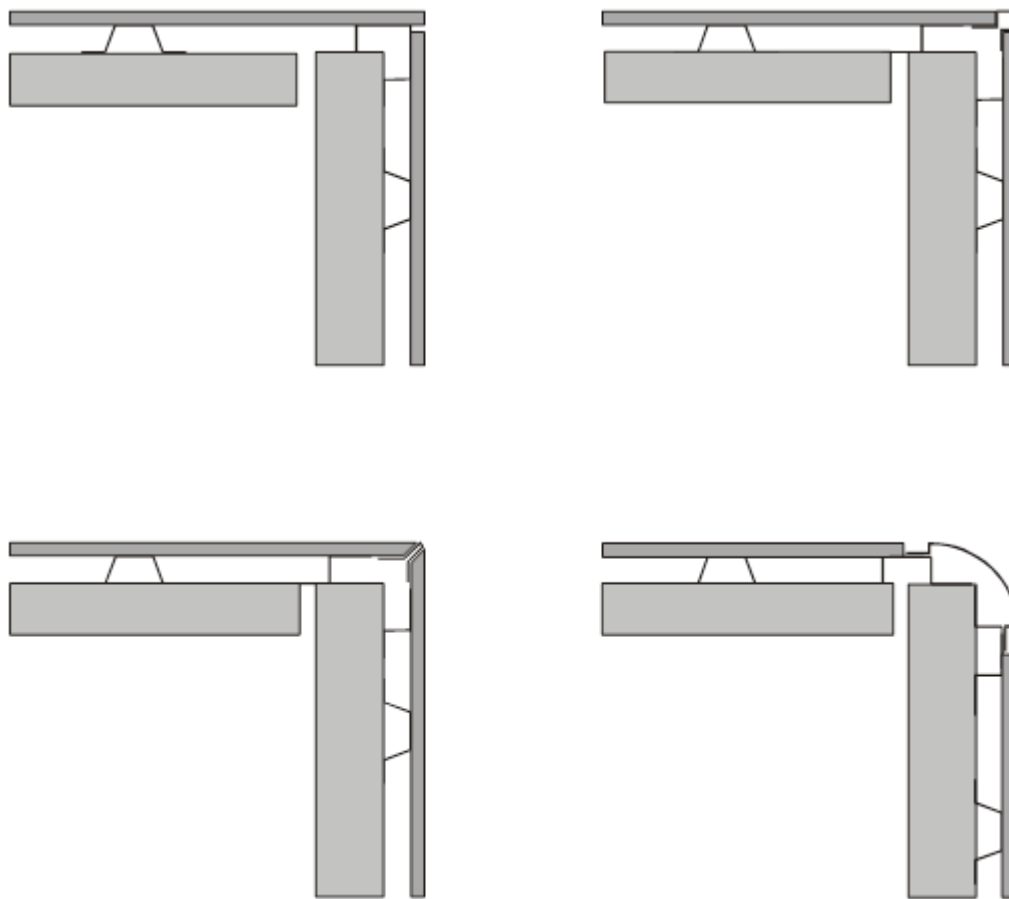


Kuva 22 Vaakasauman palokatko.

5.3.2 Nurkkaliitokset

Levyjulkisivujen nurkkaliitokset voidaan tehdä joko valmiilla tuotekohtaisilla sovitepaloilla tai erilaisilla listoilla.

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN OHJEISTOKANSIO
Suunnitteluohjeet
Betonijulkisivut / Peittävä korjaus levyverhouksella



Kuva 23 Erilaisia ulkonurkkaliitoksia.

6 LAADUNVARMISTUS

6.1 Yleistä

Korjaustyön laadunvarmistuksella ei tarkoiteta pelkästään korjauksen lopputuloksen laadunvalvontaa erilaisilla työmaalla tehtävillä seurantatoimilla (esim. katselmuksilla, tartuntalujuusmittauksilla jne.), vaan korjaustyön laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkea sitä toimintaa, jonka tavoitteena on varmistaa korjaustyön lopputuloksen laadun toteutuminen halutun tasoisena.

Lähtökohdan laadunohjaukselle ja –varmistukselle muodostaa kiinteistönomistajan tekemä linjaus siitä, minkä tasoista laatua korjaustyöltä ja sen lopputulokselta tavoitellaan. Laatuvaatimuksia voidaan asettaa monille eri seikoille, kuten lopputuloksen esteettiselle laadulle, korjauksen käyttöiälle (tekniselle laadulle), korjaustyön nopeudelle tai sujuvuudelle tai asetetun kustannustason pitävyydelle jne.

Korjaustyön laadunvarmistuksen keskeisin osuus on korjausperiaatteen valinta ja sitä seuraava korjaussuunnittelu. Tällöin lyödään lukkoon sekä käytettävät korjaustuotteet ja -menetelmät että ne laadunvalvontatoimet, joilla varmistetaan eri työvaiheille ja esim. työolosuhteille asetettujen vaatimusten täyttyminen joko suoraan tai epäsuorasti. Korjaustuloksen laadun kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että valittu korjausperiaate on kohteen vauriotilanteeseen ja muihin reunaehtoihin soveltuva.

Asetettuja laatuvaatimuksia voidaan periaatteessa tavoitella kahdella lähtökohtaisesti erilaisella tavalla. Toinen vaihtoehto on valita sellaisia korjaustapoja (teknisiä ratkaisuja, työtapoja ja materiaaleja), joilla korjauksen toteuttamiseen sisältyy mahdollisimman vähän epäonnistumisriskejä (esimerkiksi liittyen korjattavan rakenteen vauriotilanteeseen, työtekniiseen toteutukseen, korjaustuotteen laadunvaihteluun, työolosuhteisiin jne.). Tällöin korjaustyön suunnittelu voi olla yleispiirteisempää ja urakka-asiakirjat kevyemmät. Myös erilaisia laadunvarmistustoimia tarvitaan usein vain suhteellisen vähän.

Toinen vaihtoehto on valita enemmän riskejä sisältävä (ja todennäköisesti esim. kustannuksiltaan alempi) korjaustapa, mutta varmistaa korjaustyön toteutuva laatu huolellisesti. Tämä tarkoittaa rakenteessa vallitsevan vauriotilanteen huolellista selvittämistä, yksityiskohtaista korjaussuunnittelua, keskeisten laatuun vaikuttavien seikkojen huolellista seuraamista ja valvontaa sekä korjaustuloksen laadun toteamista siitä tehtävin mittauksin.

Korjaustyön laadunvarmistukseen sisältyy siis myös riittävien tietojen hankkiminen korjauskohteen ominaisuuksista, jotta korjaussuunnittelu voidaan perustaa oikeisiin lähtötietoihin. Tämä tarkoittaa käytännössä kunnollisen kuntotutkimuksen teettämistä.

6.2 Suunnittelijan laadunvarmistukseen liittyvät työmaatoiminnot

Työnaikaisen laadunvarmistuksen tarkoituksena on varmistaa, että korjaustyö tehdään suunnitelmien mukaisesti. Tämä käsittää pääpiirteittäin vauriokohtien paikallistamisen ja vaurioituneen materiaalin poistamisen, korjattavien pintojen puhdistamisen ja muun esikäsitteilyn sekä korjaustuotteiden suunnitelmien ja tuotevalmistajan ohjeiden mukaisen käytön tarvittavine jälkihoitokäsittelyineen.

Työnaikainen laadunvarmistus tapahtuu yhteistyössä urakoitsijan, materiaalityöntekijöiden, suunnittelijan ja rakennuttajan kesken.

Suunnittelijan korjaustyön laadunvarmistustehtävät liittyvät lähinnä siihen, että suunnittelija kirjaa tarvittavat laatuvaatimukset sekä niiden toteamistavat korjaussuunnitelmaan. Tämän lisäksi rakennuttaja tai urakoitsija voi sopia suunnittelijan kanssa myös muiden laadunvarmistukseen liittyvien tehtävien hoitamisesta.

Suunnittelijan tehtäviin laadunvarmistuksen suhteen kuuluvat mm.

- työsuoritukseen, käytettäviin materiaaleihin ja olosuhteisiin liittyvien laatuvaatimusten määrittely ja kirjaaminen urakka-asiakirjoihin. Käytettävillä korjaustuotteilla tulee olla CE-merkintä tai kansallinen hyväksyntä siltä osin, kuin tuotteet ovat näiden piirissä. Erikoistapauksissa voidaan käyttää suunnittelijan harkinnan mukaan muita tuotteita.
- työsuoritusten seuranta ja ohjaus sopimusasiakirjojen mukaan,
- laadunvarmistuskokeiden tulosten asianmukaisuuden tarkistaminen sopimusasiakirjojen mukaan,
- suunnittelijalle sopimusasiakirjoissa osoitettujen laadunvalvontakokeiden järjestäminen, tulosten dokumentointi ja toimittaminen rakennuttajalle sekä
- laadunvalvontakokeissa havaittujen laadunvalvontatapausten aiheuttamien korjaavien toimien ohjeistaminen sopimusasiakirjojen mukaan.