



Julkisivuyhdistys r.y.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Talonrakennustekniikka



JUKO - OHJEISTOKANSIO JULKISIVUKORJAUSHANKKEEN LÄPIVIEMISEKSI

KORJAUSTAPAKUVAUKSET

Betonijulkisivut verhoukorkorjaus muuraamalla - suunnitteluohjeet päivitetty 9/2005

*DI Matti Haukijärvi
Tampereen teknillinen yliopisto,
Talonrakennustekniikka*

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 valmistelutyöhön on osallistunut lukuisa joukko julkisivukorjaamisen osajia, ei Julkisivuyhdistys, sen jäsenet tai valmistelutyöhön osallistuneet henkilöt, yritykset tai yhteisöt ota vastuuta annetuista ohjeista.

JUKO ohjeistokansio on toistaiseksi koekäytössä. Havaituista virheistä ja puutteista pyydetään ilmoittamaan Julkisivuyhdistykselle (email. info@julkisivuyhdistys.fi).

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / verhoukorkorjaus muurauksella

YHTEENVETO

Tässä luvussa käsitellään betonijulkisivun verhoukorkorjausta muuraamalla ja sen suunnitteluohjeita.

Ohjeissa on käsitelty

- suunnittelun lähtökohdat
- korjauksen valmistelevat työt
- lisälämmöneristys
- varsinainen julkisivumuuraus

JUKO OHJEISTOKANSIO

A RAKENNUKSEN YLLÄPITO	B 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 käyttö- ja huolto-ohje	B3 Korjaustarpeen selvittäminen ja kuntotutkimukset			
	B4 Korjaustavan valinta			
	B5 Rahoitustarkastelut			
	B6 Viranomaisohjaus julkisivukorjaushankkeessa			

KORJAUSTAPAKUVAUKSET

Yleiskuvaukset
Suunnitteluohjeet

ELIKAARIKUSTANNUSLASKENTAOHJELMA JUKO.xls

Investointikustannukset
Elinkaarikustannusten vertailu

Sisällysluettelo

1	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	5
1.1	SÄÄRASITUKSET.....	5
1.2	MEKAANISET RASITUKSET.....	5
1.2.1	<i>Yleistä</i>	5
1.2.2	<i>Omapaino</i>	5
1.2.3	<i>Tuuli</i>	6
1.2.4	<i>Iskukuorma</i>	7
1.3	KOSTEUSTEKNISEN TOIMIVUUDEN VARMISTAMINEN.....	7
1.4	LÄMPÖTEKNISEN TOIMIVUUDEN VARMISTAMINEN.....	7
1.5	PALOMÄÄRÄYKSET.....	8
1.6	MUUT SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVAT TEKIJÄT.....	8
1.6.1	<i>Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet</i>	8
2	MATERIAALIEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TYÖMAALLA.....	10
2.1.1	<i>Tuotteiden tilaaminen työmaalle</i>	10
2.1.2	<i>Varastointi</i>	10
3	VANHAN SEINÄN LISÄKIINNITYS.....	11
3.1	YLEISTÄ.....	11
3.2	BETONIJULKISIVUN LISÄKIINNITYS.....	11
4	LISÄLÄMMÖNERISTYS.....	13
4.1	LÄMMÖNERISTE.....	13
4.2	TUULENSUOJAPINTA.....	13
4.3	RAKENNEPAKSUUDET.....	13
4.4	LÄMMÖNERISTEIDEN KIINNITYS.....	14
5	MUURAUUS.....	15
5.1	MUURAUKSEN ULKONÄKÖ.....	15
5.1.1	<i>Yleistä</i>	15
5.1.2	<i>Tiilien ominaisuudet</i>	15
5.1.3	<i>Tiilien koot</i>	15
5.1.4	<i>Saummat ja limitykset</i>	16
5.2	TIILIMUURIN KANNATUS.....	17
5.2.1	<i>Pääperiaatteet</i>	17
5.2.2	<i>Mitoitus</i>	18
5.3	SIDONTA RUNKOON.....	18
5.3.1	<i>Yleistä</i>	18
5.3.2	<i>Muuraussiteet</i>	18
5.3.3	<i>Mitoitus</i>	19
5.4	AUKKOJEN YLÄPUOLISTEN RAKENTEIDEN KANNATUS.....	19
5.4.1	<i>Periaatteet</i>	19
5.4.2	<i>Raudoitettut tiilipalkit</i>	20
5.5	RAUDOITUS.....	21
5.5.1	<i>Yleistä</i>	21
5.5.2	<i>Sijoittaminen</i>	21
5.6	MUURAUSLAASTI.....	21
5.6.1	<i>Laastin valinta</i>	21
5.6.2	<i>Valmistus</i>	21
5.7	MUURAUSTYÖ.....	21
5.7.1	<i>Yleistä</i>	21

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / verhoukorkorjaus muurauksella

5.7.2	<i>Työtekniikat</i>	22
5.7.3	<i>Olosuhteet</i>	22
5.8	LIIKUNTASAUMAT	23
5.8.1	<i>Sijoittaminen</i>	23
5.8.2	<i>Liikuntasauman rakenne</i>	24
5.9	LIITOSKOHDAT JA PELLITYKSET	25
5.9.1	<i>Ikkunaliitokset</i>	25
5.9.2	<i>Räystäsrakenteet</i>	26
5.9.3	<i>Sokkelileikkaukset</i>	28
5.9.4	<i>Ulkoseinän varusteet (räystäskourut, syöksytorvet, tikkaat jne.)</i>	29

1 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Säätörasitukset

Ulkoseinässä merkittävimmät säätörasitukset ovat

- kosteus
- pakkanen
- lämpötilojen vaihtelu
- UV-säteily

Käytettävien tuotteiden täyttää niille asetetut vaatimukset. Säätörasitusten, erityisesti kosteusrasituksen sekä lämpötilan vaihtelujen vaikutusta voidaan pienentää oleellisesti oikealla detaljisuunnittelulla sekä materiaalivalinnoilla.

Kosteus on rasitustekijöistä yksi merkittävimmistä. Se on osallisena lähes kaikissa merkittävimmissä turmeltumisilmiöissä. Kosteus on osallisena mm. huokoisten materiaalien rapautumisessa sekä metallien korroosiossa. Lisäksi se vaikuttaa orgaanisiin materiaaleihin haitallisesti, esim. heikentäen liimojen tai saumaussmassojen tartuntaominaisuuksia.

Pakkanen rasittaa erityisesti huokoisia rakenteita, jotka ovat alttiina kosteusrasituksille. Jäätymässä vesi laajenee, mikä voi aiheuttaa rakenteen rapautumista. Pakkasrasitus on korkeimmillaan rannikolla, jossa rakenteet altistuvat voimakkaalle viistosaderasitukselle, ja jossa jäätymis-sulamissykliin lukumäärä on suuri.

Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat rakenteeseen mekaanista rasitusta lämpöliikkeiden muodossa. Lämpöliikkeet voivat aiheuttaa tiilimuurin halkeilua. Lämpötilojen vaihtelujen aiheuttamat liikkeet on otettava huomioon detaljisuunnittelussa, erityisesti liikuntasaumojen määrällä ja sijoittelulla.

1.2 Mekaaniset rasitukset

1.2.1 Yleistä

Rakenteelle aiheutuu kuormitusta ja muuta mekaanista rasitusta seuraavista lähteistä

- omapaino
- tuuli
- iskukuorma

1.2.2 Omapaino

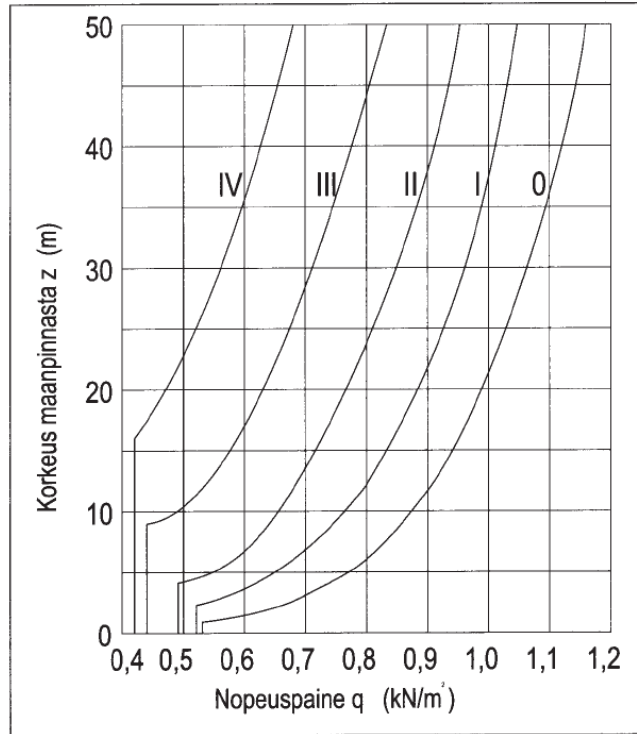
Rakenteen omapaino riippuu käytettävän tiilen ominaisuuksista (tiilityyppi, tiheys ja dimensiot) sekä työtekniikasta (mm. käytettävä saumaleveys). Rakenteen omapaino tulee määrittää tapauskohtaisesti. Tiilijulkisivun omapaino vaihtelee tyyppillisesti välillä 1,7 – 2,7 kN/m².

Lämmöneristetyypillä ei ole merkitystä kuormituksia ajatellen.

Tiilimuurit vaativat joko omat perustukset tai erillisen kannatuskonsolin.

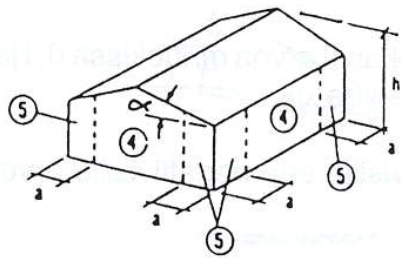
1.2.3 Tuuli

Tuulikuorman suuruus riippuu rakennuksen korkeudesta, muodosta sekä sen sijainnista. Tuulenpaineen mitoitusarvot määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan.



Kuva 1 Tuulen nopeuspaine eri maastoluokissa (Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset)

Tuulen imuvaikutukselle saadaan arvot rakennuksen koon ja muodon perusteella kuvan 2 perusteella. Kuorimuri mitoitetaan verhoukorjauksissa niin, että tuulenpaineen aikaansaama kuormitus siirretään tiilisiteillä sisempiin rakenteisiin.



h ≤ 18 m		h > 18 m
Alue	C _p	C _p
4	-1,0 1,0	-1,0 1,0
5	-1,5 1,0	-2,0 1,0

Kuva 2 Tuulenpaineen muotokertoimet (Lähde: RIL144-2002 Rakenteiden kuormitusohjeet, s. 41 kuva 4.232a seinien painekertoimet C_p)

1.2.4 Iskukuorma

Kuorimuurin iskukuorman kestävyys on erittäin hyvä.

Iskunkestävyyttä on tarkasteltava rakennuksen alaosissa sekä kulkuväylien yhteydessä olevilla seinäosilla.

1.3 Kosteusteknisen toimivuuden varmistaminen

Kuorimuurit ovat toiminnaltaan tuulettuvia rakenteita.

Kuorimuurirakenteen läpi voi kulkeutua vettä tuulisen sään aikana. Kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi on rakenteeseen pääsevän kosteusmäärän oltava mahdollisimman vähäinen (rakenteen yksityiskohtien kosteustekninen toimivuus sekä kuorimuurin halkeilemattomuus). Toisaalta rakenteen sisään päässeän kosteuden kuivumisen on oltava mahdollista.

Kosteustekninen toimivuus edellyttää rakenteen toimivaa tuulettumista. Tuuletusraon minimileveys on 40 mm.

Kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin tekijöihin

- estetään veden pääsy rakenteen sisään
 - o erilaiset liitoskohdat ja detaljit
 - ikkunaliitokset
 - sokkelirakenteet
 - ulkonevat räystäsrakenteet
 - käytetään aina mahdollisuuksien mukaan
 - o tuuletusraon leveys
 - leveämpi tuuletusrako pienentää lämmöneristeen pinnalle pääsevän veden määrää
 - o veden ohjaaminen liitoskohdissa
 - pellitysten ja tiivistysten toteutus
 - o laastisaumojen tiiviys
 - työn huolellisuus
- mahdollistetaan rakenteen kuivuminen
 - o tuuletusrako
 - tuuletusraon leveys
 - tuuletusraon avonaisuus
 - tuuletusraon leveys (min. 40 mm)
 - käytettävät työtekniikat

1.4 Lämpötekniikan toimivuuden varmistaminen

Tiilimuuraus tehdään yleensä lisälämmöneristyksellä.

Lisälämmöneristys parantaa vanhan seinän toimivuutta, sillä vaurioiden eteneminen pysähtyy lämpötilan nousun ja kosteusrasituksen pienenemisen seurauksena. Lämmöneristuksen myötä myös ulkoseinän lämmöneristyskyky paranee.

Lämpötekniikan toimivuuden varmistamiseksi on lämmöneristelevyjen asennukseen kiinnitettävä huomiota. Ennen lämmöneristelevyjen asennusta alustan epätasaisuuden tasoitet-

tava, jotta lämmöneristeet voidaan asentaa riittävän tiiviisti alustaan ja välttää näin rakenteen sisäinen konvektio.

Soveltuva lämmöneristekerroksen paksuus määritetään tapauskohtaisesti. Lämmöneristekerroksen paksuuden valintaa on käsitelty tarkemmin luvussa 4 Lisälämmöneristys.

1.5 Palomääräykset

Julkisivukorjauksissa on otettava huomioon palomääräykset. Palomääräykset vaikuttavat mm. lämmöneritys- ja tuulensuojatuotteiden valintaan.

Rakennuksen paloluokka ja eri luokkien asettamat vaatimukset selviää Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta E1.

Seuraavassa taulukoissa on esitetty määräysten antamat suuntaviivat tuotevalinnoille. Määräyksiin sisältyy poikkeuksia, jolloin joissain tapauksissa myös alhaisemman paloluokituksen omaavien materiaalien käyttö on mahdollista. Lopullisen hyväksynnän tietyn rakennustarvikkeen käytöstä antaa paikallinen paloviranomainen.

Taulukko 1 Suuntaviivat verhoustuotteille asetettavista palovaatimuksista

Rakennuksen paloluokka Käyttötapa	P1	P2	P2	P3
	luokan P1 rakennukset yleensä	3 – 4 krs asuin- ja työpaikka- rakennukset sekä hoitolaitokset	muut luokan P2 rakennukset	
Tuulensuojapinta Lämmöneriste (ei toimi tuulensuojapintana)	B-s1, d0 ⁽¹⁾ B-s1, d0	B-s1, d0 ⁽¹⁾ D-s2, d2	D-s2, d2 ei vaatimusta	ei vaatimusta ei vaatimusta

⁽¹⁾ Luokan D-s2, d2 rakennustarvikkeiden käyttäminen sallittu tietyin edellytyksin, ks. RakMK E1, luku 8.3 Ulkoseinät

1.6 Muut suunnittelussa huomioon otettavat tekijät

1.6.1 Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet

Tyypillisimmät betonijulkisivuissa olevat terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet ovat pinnoitteiden sisältämä asbesti sekä saumausmassojen PCB- ja lyijy-yhdisteet. Lisäksi lämmöneristeissä saattaa harvinaisissa tapauksissa esiintyä mikrobikasvustoa.

Asbesti. Pinnoitteiden asbesti on otettava huomioon pölyävissä työvaiheissa. Yleissääntönä on, että pölyävät työvaiheet on tehtävä asbestityönä. Verhoukorkorjauksissa pölyävinä työvaiheina voidaan pitää lähinnä ulkokuoren ja rankarakenteen ankkurointiin liittyviä po-rauksia.

Saumausmassojen PCB- ja lyijy-yhdisteet. Saumausmassojen sisältämien PCB- ja lyijy-yhdisteiden osalta pääperiaatteena voidaan pitää sitä, että niitä sisältävät saumausmassat poistetaan mahdollisimmat tehokkaasti. Poiston yhteydessä ei kuitenkaan ole tarpeen hioa elementtien reunoja, vaan poisto voidaan tehdä esim. porakoneella. Tavoitteena on, että rakenteeseen ei jää enää merkittäviä määriä ko. yhdisteitä.

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / verhoukorkorjaus muurauksella

Mikrobit. Mikrobien esiintyminen betonisandwich-elementeissä on todettu varsin harvinaiseksi, kuitenkin niiden esiintyminen on mahdollista. Mikrobien esiintymisen vuoksi ei ole välttämätöntä ryhtyä purkavaan korjaukseen. Mikäli todettuja mikrobikasvustoja ei lähdetä poistamaan (purkava korjaus), on niiden haitat sisäilmaan pienennettävä estämällä ilma- vuodot rakenteen läpi ulkoilmasta sisäilmaan. Tämä edellyttää ulkoseinässä olevien epä- tiiviyskohtien (elementtien saumat, ovi – ja ikkunaliitokset jne.) tiivistämistä sekä sisä- että ulkopuolelta sekä hallitun korvausilmareitistön rakentamista esim. raitisilmaventtiilien tai ikkunarakenteeseen rakennettavien tuloilmaventtiilien avulla.

2 MATERIAALIEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TYÖMAALLA

2.1.1 Tuotteiden tilaaminen työmaalle

Tiilien ja muurauslaastien toimittamisesta työmaalle (määrät, aikataulut jne.) tulee sopia yhteistyössä materiaalitoimittajan kanssa. Etenkin erikoistiilien tai laastien toimittamisesta tulee sopia riittävän ajoissa.

Tiilet tilataan työmaalle aina täysinä kuormina. Kuormat tilataan arvioidun työsaavutuksen perusteella niin, että työmaalla tapahtuva välivarastointi on mahdollisimman lyhytaikaista.

Laastit tilataan joko suursäkeissä tai irtolaastina valittavasta varastointitavasta (varastointisiilon koko) riippuen. Laastimenekkiä tulee seurata työn aikana ja laastitilaukset tehtävä ajoissa.

2.1.2 Varastointi

Tiilet on varastoitava kosteudelta, lialta ja pölyltä suojattuna. Tiililetkat peitetään esim. kevytpeitteillä. Tiililetkat eivät saa olla suoraan kosketuksissa maahan eivätkä talviolosuhteissa lumeen.

Laastit varastoidaan yleensä suoraan siloihin, varastointisiiloja on ainakin 3, 10 ja 14 tonnin siloja suursäkeille sekä 25 tonnin siloja irtolaastille. Varalla säilytettävät suursäkit on varastoitava kosteudelta (sade ja maaperän kosteus), lialta ja pölyltä suojattuna (vrt. tiililetkojen suojaus).

3 VANHAN SEINÄN LISÄKIINNITYS

3.1 Yleistä

Vanhan seinärakenteen lisäkiinnitystarve tulee selvittää aina erikseen. Lisäkiinnitys on tehtävä, jos vanhan seinärakenteen kiinnitysvarmuus on heikentynyt. On kuitenkin huomioidava, että muuraus ei lisää yleensä vanhan ulkokuoren kuormitusta, sillä muorimuurin kannatus tapahtuu tyypillisesti omilta perustoista tai kannatuskonsoleilta.

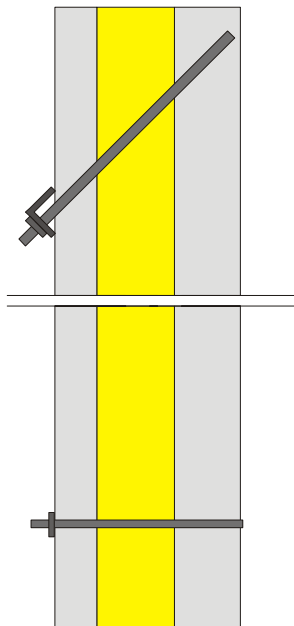
Lisäkiinnitystarvetta pohdittaessa on syytä ottaa huomioon vanhan rakenteen kiinnitystapa.

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. Korrosio saattaa huonoissa olosuhteissa edetä myös korjauksen jälkeen, joten näissä tapauksissa lisäkiinnitystä voidaan pitää aina suositeltavana vaihtoehtona.

3.2 Betonijulkisivun lisäkiinnitys

Betonisten ulkokuorien lisäkiinnitys tehdään ulkokuoren läpi sisäkuoreen. Kiinnikkeinä käytetään kiila-, lyönti- tai kemiallisia ankkureita, jotka asennetaan kuvan 3 periaatteen mukaisesti (ankkurit elementin yläosaan 45° kulmaan ja alareunaan kohtisuoraan). Vinoon asennettavan ankkurin asennuksessa voidaan käyttää apuna kulmarautaa.



Kuva 3 Periaatekuva vanhan ulkokuoren lisäkiinnityksestä

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

Suunnitteluohjeet

Betonijulkisivut / verhoukorkorjaus muurauksella

Kiinnikkeet mitoitetaan koko ulkokuoren 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. BY:n varmennettu käyttöseloste). Lisäkiinnikkeinä tulee käyttää ruostumattomasta (AISI 304) tai happonkestävästä (AISI 316) teräksestä valmistettuja tuotteita.

4 LISÄLÄMMÖNERISTYS

4.1 Lämmöneriste

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

Käytettävän eristeen ja sen pintakerrosten on täytettävä palomääräykset, ks. luku 1.5.

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 Tuulensuojapinta

Tuulensuojana voidaan käyttää tuulensuojapintaista villaa tai erillistä tuulensuojapintaa. Tuulensuojapintana voi olla levymainen 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.

4.3 Rakennepaksuudet

Lämmöneristekerroksen paksuutta kasvattamalla saadaan parannettua seinärakenteen U-arvoa (ks. taulukko 2). Yleensä lisälämmöneristeen paksuus on luokkaa 50 – 70 mm.

Taulukko 2 Esimerkkejä ulkoseinärakenteen U-arvosta lisälämmöneristykseen 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 $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Vanha rakenne		Uusi rakenne		
Lämmöneristykseen paksuus [mm]	U-arvo [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Lisälämmöneristykseen paksuus [mm]	U-arvo [$\text{W/m}^2\text{K}$]	U-arvon kasvu
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 %

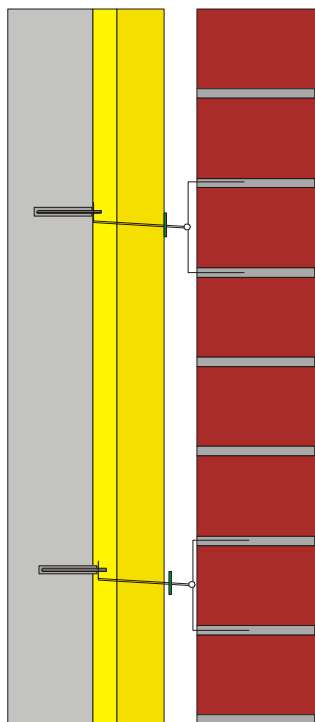
Taulukossa 2 esitetyt lukemat koskevat umpinaista seinää. Koko ulkoseinärakenteen U-arvon laskennassa on otettava huomioon myös ikkunat ja ovet. Ulkoseinien osuus koko rakennuksen energiankulutuksesta on luokkaa 10 – 15 %.

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. Kiinnikkeinä käytetään muuraussiteitä, joiden varsinaisena tehtävänä on kuorimuurin sidonta runkoon.

Kiinnityksessä on huomioitava, että lämmöneristelevyt pysyvät alustassaan kiinni eivätkä pääse kaareutumaan. Muuraussiteet asennetaan niin, ettei niitä pitkin kulkeudu vuotovesiä lämmöneristeeseen (siteet kallistetaan kuorimuurin puoleisesta päästä alaspäin, ks. Kuva 4).



Kuva 4 Lämmöneristeiden kiinnitys muuraussiteiden avulla.

Suunnitelmissa määritetään käytettävät kiinnikkeet sekä niiden määrä seinäneliötä kohden. Kiinnikkeiden määrä määräytyy käytännössä kuorimuurin tuulikuormien mukaan. Yleensä kiinnityksessä riittää 4 kpl/m². Kiinnikkeiden määrä tarkistetaan erikseen, jos kuorimuurin kuormitusolosuhteet poikkeavat normaalista (nurkat, aukkojen pielet, liikuntasaumamat jne.). Muuraussiteitä ja niiden määrän laskemista on käsitelty tarkemmin luvussa 5.3.

Mikäli lämmöneristeitä on useammassa kerroksessa, on kerrosten saumat limitettävä lämpövuotojen minimoimiseksi.

5 MUURAUUS

5.1 Muurauksen ulkonäkö

5.1.1 Yleistä

Muurauksen ulkonäköä voidaan muunnella

- eri tiilityypeillä
 - o poltetut tiilet / kalkkihiekkatiilet
 - o erikokoisilla tiilillä
 - o tiilien väreillä ja pintamuodoilla
- saumaratkaisulla
 - o sauman paksuutta muuntelemalla
 - o muuntelemalla tiililimitystä
 - o sauman viimeistelytekniikka

Muurattu rakenne voidaan myös rapata ja pinnoittaa.

5.1.2 Tiilien ominaisuudet

Tiilen valmistustavalla (poltettu tiili tai kalkkihiekkatiili) ei ole sellaisenaan merkittävää vaikutusta kuorimuurin ulkonäköön, sen sijaan valmistusmenetelmä vaikuttaa mm. saata-
villa oleviin värisävyihin.

Tiilien värivalikoima vaihtelee valmistajan valmistusohjelman mukaisesti. Laajempi väriva-
likoima on periaatteessa mahdollista kalkkihiekkatiilillä, käytännössä kalkkihiekkatiiliäkin
on rajattu vakiovärivalikoima.

Poltettujen tiilien osalla värisävyyden vaikuttaa

- raaka-aineena käytetty savi
- lisäaineet
- polttolämpötila sekä
- polttoaika.

Tiilien ulkopinta voi olla

- sileäpintainen
- harjattu
- karheapintainen
- lohkopintainen
- kuvioitu.

5.1.3 Tiilien koot

Seuraavassa taulukossa on esitettyä julkisivumuuraukseen soveltuvat yleisimmät tiilityy-
pit ja niiden koot. Valmistajilla saattaa olla myös taulukosta poikkeavia tiilikokoja, valikoima
on tarkastettava aina valmistajakohtaisesti.

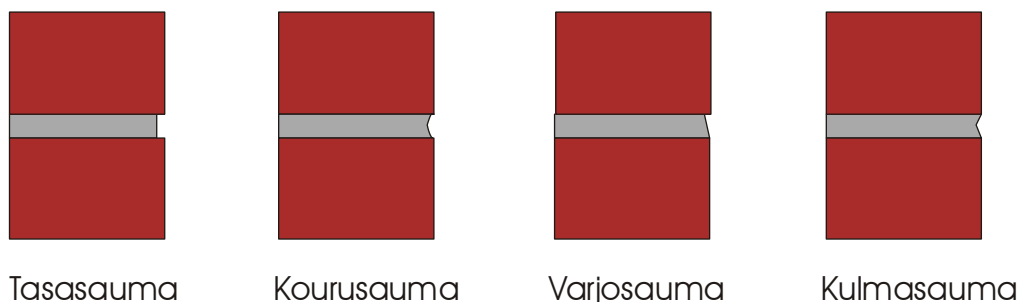
Taulukko 3 Julkisivumuuraukseen soveltuvia tiilityyppejä.

	tiilityyppi	tiilen koot
Poltetut tiilet	PRT	257x123x57
	NRT	270x130x75
	RT	285x135x85
	RT 60	270x130x60
	RT 75	270x130x75
	RT 185	285x135x185
	MRT 60	285x85x60
	MRT 85	285x85x85
	MRT 185	285x85x185
Julkisivuissa voidaan käyttää myös poltetusta tiilestä valmistettua runkoponttihakkoa 300x130x198, runkoponttihakko soveltuu lähinnä rappauksen alustaksi.		
Kahi-tiilet	NKH	270x130x75
	MKH 85	285x85x85
	MKH 135	285x85x135
	KH 75	270x85x75
	KH 50	270x85x50
	KH185	285x135x185

Julkisivumuurauksessa on käytettävä vähintään 85 mm leveää tiiltä. Korkeissa rakennuksissa (yli 10 m) ja muutoin viistosateille alttiissa julkisivuissa on suositeltavaa käyttää kuitenkin 130 mm leveää tiiltä.

5.1.4 Saumat ja limitykset

Kuorimuuri ulkonäköä voidaan muunnella saumausta ja tiilien limitystä muuntelemalla. Saumojen ulkonäköä voidaan muunnella sauman ulkopinnan muodolla ja viimeistelytekniikalla. Sauman ulkopinta voi olla suora, kupera tai kovera, sen lisäksi se voi olla sileä tai harjattu. Lisäksi sauman ulkopinnassa voidaan käyttää erilaisia tehosteita, kuten harjauksia.

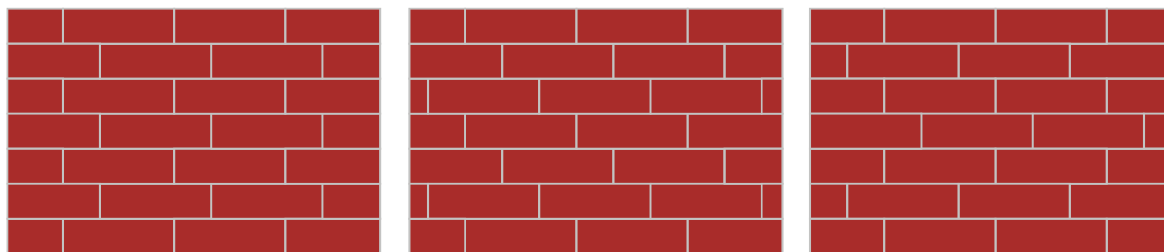


Kuva 5 Erilaisia saumatyyppiejä

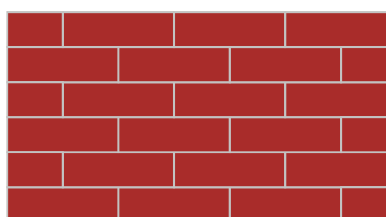
Tiilien limitys voidaan tehdä

- 1/2-kiven porrastus
- 1/3-kiven porrastus
- 1/4-kiven porrastus
- votsisauma
- erikoislimitykset
 - o ristilimitys
 - o munkkilimitys.

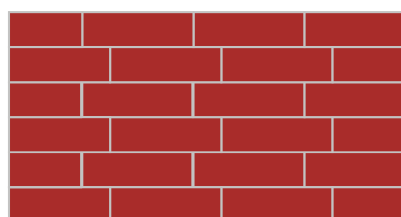
Votsisaumalla (ei limitystä lainkaan) tehtävät kuorimuurit on raudoitettava. Esimerkkejä erilaisista limityksistä on esitetty kuvassa 6.



1/3-kiven porrastuksia



1/2-kiven porrastus



1/4-kiven porrastus

Kuva 6 Esimerkkejä erilaisista julkisivumuurauksessa käytettävistä kivien limitystavoista.

5.2 Tiilimuurin kannatus

5.2.1 Pääperiaatteet

Kuorimuri vaatii aina oman kannatusrakenteensa. Kannatus voidaan tehdä joko koko kuorimuurille yhdestä kohtaa (sokkelitasossa oleva varsinainen perustus) tai esim. kerroksittain erilaisilla konsolirakenteilla. Rakennuksen eri osissa voidaan käyttää erilaisia kannatustapoja.

Uusien perustusten kannatus voidaan tehdä usealla eri tavalla

- piiloperustus
 - o perustus lähtee maanpinnan alapuolelta
 - o kannatus joko vanhan anturan päältä, uudelta anturalta tai ripustus vanhasta perusmuurista tai kellarin seinästä
- valettu konsoliperustus
 - o vanhaan sokkelirakenteeseen valamalla rakennettava perustustapa
 - o ripustetaan vanhasta sokkelirakenteesta teräsankkureilla
- ulokkeena toimiva L-teräs
 - o vanhasta sokkelirakenteesta ulokkeena toimiva L-teräs
 - o kiinnitetään vanhaan sokkelirakenteeseen kiila-ankkureilla
- esijännitetty tiilipalkki, jossa on konsolit

Sokkelin korkeudeksi suositellaan vähintään 500 mm, jonka saavuttaminen korjauskohdessa voi muodostua ongelmalliseksi.

Konsoliperustus sekä ulokkeena toimiva L-teräs soveltuvat käytettäväksi rakenteiden kerroksittaiseen kannatukseen.

5.2.2 Mitoitus

Eri kannatustavoilla on rakennesuunnitelmissa tarkastettava erityisesti taulukossa 4 esitetyt tekijät.

Taulukko 4 Kuorimuurin kannatustapojen mitoituksessa tarkastettavat tekijät

Perustus	toteutustapa	tarkastettavat asiat
piiloperustus	uusi perustus	perustuksen mitoitus - kuormitus - painumat
	vanhan anturan päälle	vanhan anturan kuormituksen kestävyys vanhan anturan leveys
	ripustus vanhaan perusmuuriin/kellarin seinään	ripustuskuormien kestävyys - ankkurointitarvikkeiden lujuus ja ankkurointimahdollisuus
valettu konsoliperustus		ripustuskuormien kestävyys - ankkurointitarvikkeiden lujuus - ankkurointimahdollisuus
L-teräs		ripustuskuormien kestävyys - ankkurointitarvikkeiden lujuus - ankkurointimahdollisuus
Esijännitetty tiilipalkki, jossa konsolit		konsolien ripustuskuormien kestävyys - ankkurointitarvikkeiden lujuus - ankkurointimahdollisuus Esijännitetyn tiilipalkin kuormituksenkestävyys

5.3 Sidonta runkoon

5.3.1 Yleistä

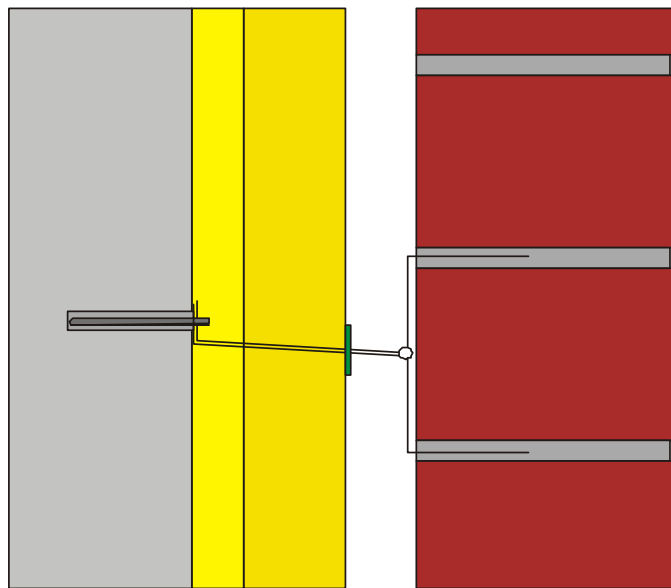
Kuorimuri sidotaan muuraussiteillä yleensä vanhojen elementtien ulkokuoreen tuulikuormia vastaan. Muuraussiteiden avulla kiinnitetään myös lämmöneristeet.

5.3.2 Muuraussiteet

Kiinnikkeinä käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja muuraussiteitä, jotka voivat olla joko tehdasvalmisteisia tai työmaalla taivutettavia 4 mm teräslankoja.

Muuraussiteet kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä vanhaan ulkokuoreen. Kiinnikkeinä käytetään tyypillisesti nailontulppaa.

Muuraussiteiden tulee kestää kuorimuurin kosteus- ja lämpöliikkeet. Erityisen korkeissa kuorimuureissa sekä käytettäessä erityisen lyhyitä muuraussiteitä tulee käyttää erikseen pystysuuntaisen liikkeen sallivia muuraussiteitä.



Kuva 7 Muuraussiteen kiinnitys vanhaan betoniulkokuoreen

5.3.3 Mitoitus

Muuraussiteitä sijoitetaan riittävästi niin, että ne sitovat kuorimuurin rakennuksen runkoon tuulikuormia vastaan. Yleensä tiilisiteitä tarvitaan 4 kpl/m². Tavallisen 4 mm ruostumattoman teräslangasta valmistetun muuraussiteen vetokestävyydeksi voidaan olettaa 0,8 kN ja puristuskestävyydeksi 0,4 kN.

Aukkojen, liikuntasaumojen sekä ulkonurkkien kohdalla käytetään tiheimmin asetettuja muuraussiteitä. Muuraussiteiden määrää kasvatetaan näissä yleensä 50 %:lla. Määrät on tarvittaessa tarkistettava laskelmin.

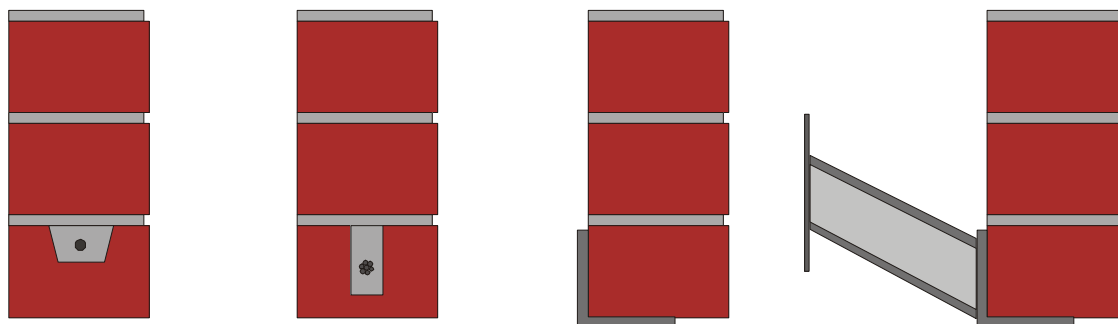
Muuraussiteet asennetaan niin, ettei niitä pitkin kulkeudu kosteutta lämmöneristeisiin. Muuraussiteet kallistetaan etureunastaan alaspäin (ks. Kuva 7).

5.4 Aukkojen yläpuolisten rakenteiden kannatus

5.4.1 Periaatteet

Aukkojen yläpuoliset rakenteet voidaan kannattaa

- raudoitettulla tiilipalkilla
- esijännitetyllä tiilipalkilla
- muototeräksellä
- betonipalkilla
- holvaamalla



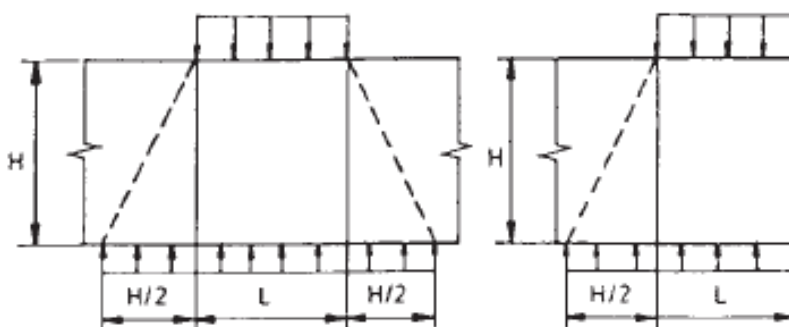
Kuva 8 Aukkojen yläpuolisten rakenteiden kannatustapoja (paikallarakennettu tai esijännitetty tiilipalkki, teräsprofiili tai ulokkeena kannatettu teräsprofiili)

5.4.2 Raudoitettut tiilipalkit

Raudoitteena tulee käyttää ruostumatonta harjatankoa tai tikasraudoitteita. Laastisauman paksuuden tulee olla 1,5 x raudoitteen paksuus.

Raudoitettut palkit mitoitetaan taivutukselle ja leikkaukselle sekä raudoituksen ankkuroinnille.

Muurattujen tiilipalkkien mitoitus perustuu pystysuorien kuormien jakaantumiseen tiilimuurissa. Kuormat jakaantuvat kaltevuudella 2 : 1.



Kuva 9 Kuormien jakaantuminen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B8 Tiilirakenteet, ohjeet 1998, mukaisesti.

Muuratun palkin toimivaksi korkeudeksi saa otaksua enintään 1/2 palkin jännemitasta ja 10 kertaa palkin leveys. Raudoitettujen tiilipalkkien käyttömahdollisuus riippuu aukon leveydestä ja yläpuolisen palkin korkeudesta.

Taulukko 5 Raudoitettujen tiilipalkkien jänneväli- ja korkeusvaatimukset

Raudoitettujen paikallatehtyjen tai esijännitettyjen tiilipalkkien jänneväli- ja korkeusvaatimukset					
aukon yläpuolisen muurauksen korkeus [mm]	255	525	705	885	1065
Jänneväli [m] poltetut reikätiilet	1,7	3,2	4,2	4,7	5,2
Jänneväli [m] kalkkihiekkatiilet	2,1	4,0	5,3	5,9	6,5

5.5 Raudoitus

5.5.1 Yleistä

Julkisivumuuraus on raudoitettava aukkorakenteiden lisäksi myös halkeilun rajoittamiseksi. Raudoitteiden avulla kuorimuurin liikkeet siirretään liikuntasaumojen kohdalle.

Raudoitteena käytetään ruostumatonta harjatankoa tai tikasraudoitteita.

5.5.2 Sijoittaminen

Raudoitus sijoitetaan julkisivuille sellaisiin kohtiin, jotka ovat alttiina halkeilulle

- aukkojen ylä- ja alapuolet
- ilman liikuntasaumaa olevat nurkat
- muihin halkeilulle alttiisiin kohtiin, joihin ei saada sijoitettua liikuntasaumaa

5.6 Muurauslaasti

5.6.1 Laastin valinta

Muurauslaastina käytetään yleensä valmiiksi värjättyjä tehdasvalmisteisiä kuivalaasteja, jolloin saadaan sekä lujuuden että värisävyjen suhteen tasaisin lopputulos.

Yleisin laastityyppi on M100/600. Myös muun tyyppisiä laasteja voidaan käyttää (esim. kuitulaastit sekä kalkkisementtilaastit).

Rakennuksissa, joiden julkisivuihin kohdistuu erityisen voimakas saderasitus, suositellaan käytettäväksi ns. tiivislaastia. Tiivislaastien vedenläpäisy on karkeasti kolmasosa tavanomaisiin muurauslaasteihin verrattuna.

5.6.2 Valmistus

Muurauslaasti valmistetaan työmaalla sekoittamalla tehdasvalmisteiseen kuivalaastiin vettä valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Laastien sekoituksessa on noudatettava valmistajan ohjeita

- vesimäärien suhteen
- sekoitusajojen suhteen
- sekoituskertojen suhteen
- laastin käyttöajan suhteen.

5.7 Muuraustyö

5.7.1 Yleistä

Muuraustyöllä on merkittävä vaikutus rakenteen tiiviyteen sekä ulkonäköön.

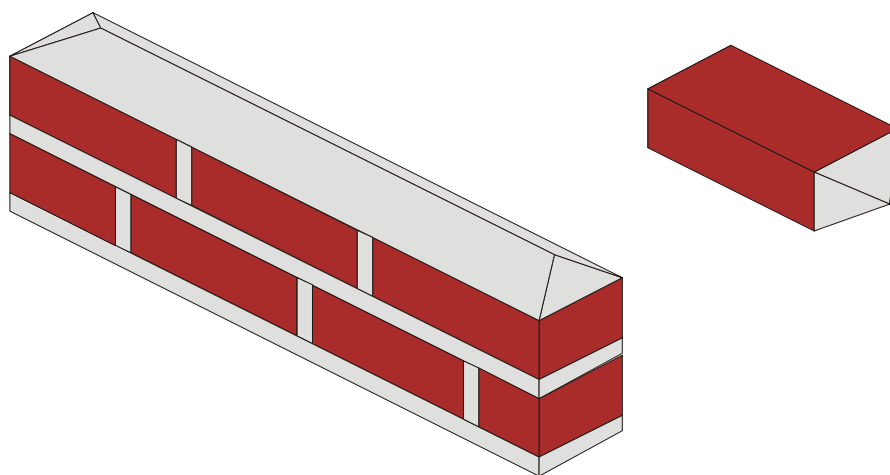
Laastin valmistuksen ohella muuraustyössä on kiinnitettävä huomiota saumojen tiiviyteen sekä tuuletusraon avonaisuuteen ja toimivuuteen.

5.7.2 Työtekniikat

Julkisivumuurauksessa tulisi välttää jälkisaumausta. Sauman lujuuden ja tiiviynen sekä myös säänkestävyyden kannalta paras lopputulos saavutetaan muuraamalla saumat keralla täyteen.

Pystysauman täyttämiseksi on käytettävä ns. nokkalaastitekniikkaa. Vajaaksi jääneet pystysaumot täytetään sullomalla välittömästi, kun kivi on asennettu paikoilleen.

Muuratessa käytetään ns. viistemuuraustekniikkaan. Tällä varmistetaan osaltaan, että tuuletusrako jää avonaiseksi, eikä laastipurseet tuki sitä.



Kuva 10 Viistemuuraus- ja nokkalaastitekniikka

Alimmassa tiilivarvissa joka kolmas pystysauma jätetään avonaiseksi taustatilan tuulettamisen vuoksi.

Tuuletusraon avonaisuuden tarkastamiseksi alimmasta tiilivarvista jätetään joka kuudes tiili muuraamatta. Aukot muurataan umpeen, kun kuorimuri on valmis, ja tuuletusraon avonaisuus on varmistettu.

5.7.3 Olosuhteet

Muurausta ei tule tehdä sateisella säällä ilman asianmukaista sääsuojasta.

Muurattu rakenne on tarvittaessa suojattava liiallisen haihtumisen estämiseksi, liian nopea kuivuminen aiheuttaa laastin halkeilua, ja siten myös mm. lujuuden ja tiiviynen heikkene mistä.

Alle +0 °C lämpötilassa on noudatettava talvimuurausohjeita.

Talvimuurauksessa on huolehdittava, että laastin lämpötila ei laske alle + 5 °C ennen muurausta.

Laastin lämpötila on pidettävä riittävän pitkään yli +0 °C lämpöisenä. Laasti ei saa jäätyä ennen kuin laastille on kehittynyt riittävä lujuus tai kun tiilen imu on pienentänyt laastin vesimäärän riittävän pieneksi. Normaaleilla muurauslaasteilla katsotaan riittävän pieneksi vesimääräksi alle 6 % laastin kuivapainosta. Muurauksen voidaan normaalisti olettaa saa-

vuttaneen riittävän lujuuden jäätymistä vastaan, kun se on lujittunut 2 vuorokautta yli +0 °C lämpötilassa.

Raudoitettut rakenteet on pidettävä aina vähintään 2 vuorokautta yli +0 °C lämpöisinä muurauksen jälkeen.

5.8 Liikuntasaumamat

5.8.1 Sijoittaminen

Kuorimuri vaatii toimiakseen riittävästi liikuntasaumojia. Ilman liikuntasaumojia kuorimuurissa tapahtuvat lämpö- ja kosteusliikkeet aiheuttavat rakenteeseen halkeilua.

Aukottoman kuorimuurin liikuntasaumojen enimmäisvälit on esitetty seuraavassa taulukossa 5.

Taulukko 6 Liikuntasaumavälit

	Rakenteen korkeus (m)					
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Poltettu tiili	8	12	15	18	21	24
Kalkkihiekkatiili	5	8	10	12	14	16

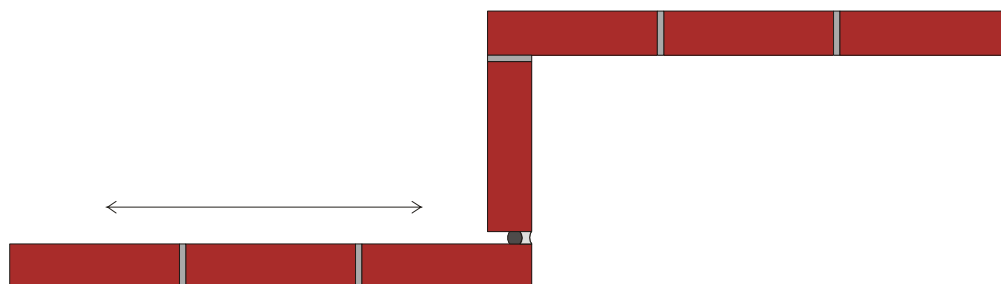
Liikuntasaumaväliä on tihennettävä, jos rakenteessa on isoja aukkoja. Poltetuilla tiilillä liikuntasaumavälin tulisi olla tällöin enintään 12 m ja kalkkihiekkatiilillä 8 m.

Liikuntasaumamat on tehtävä lisäksi

- rakenteellisen liikuntasauaman kohdalle
- perustustavan muutoksen kohdalle
- rakennekorkeuden muutosten kohdalle
- kuorimuurin paksuuden (tiilityypin vaihtuminen) muutosten kohdalle
- nurkkien vierelle tai lähetyville
- seinän suurien jäykkyserojen lähelle

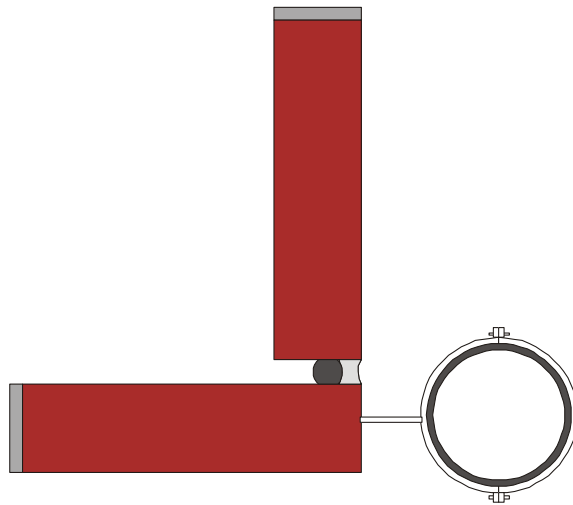
Lisäksi liikuntasaumoilla otetaan huomioon seuraavat seinän muodonmuutoksiin vaikuttavat tekijät

- erilaiset perustustavat
- taipuvat kannatusrakenteet
- kannatusalustan muodonmuutokset



Kuva 11 Liikuntasauaman sijoittaminen rakennuksen nurkkaan

Liikuntasaumoja voidaan häivyttää rakenteisiin, esim. syöksytorvien taakse.



Kuva 12 Liikuntasauma syöksytorven takana

5.8.2 Liikuntasauman rakenne

Liikuntasauma tehdään katkaisemalla kuorimuuri kokonaan sauman kohdalta. Raudoitteet ja muut teräsosat on ehdottomasti katkaistava tai muuten laakeroitava liikuntasauman kohdalla.

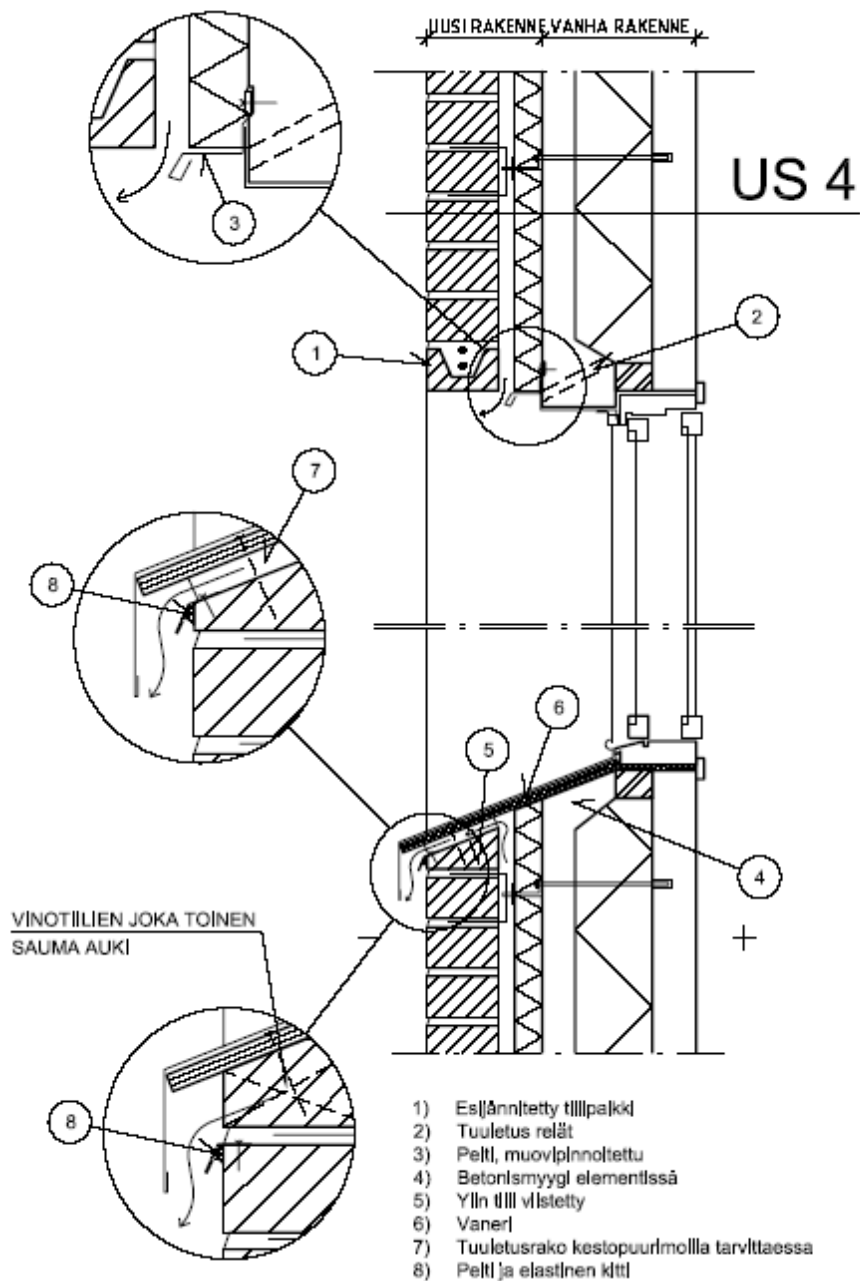
Liikuntasaumat tiivistetään elastisella saumaussmassalla tai paisuvalla saumanauhalla.

Liikuntasaumojen leveys tulee olla tyypillisesti luokkaa 15 – 20 mm.

5.9 Liitoskohdat ja pellitykset

5.9.1 Ikkunaliitokset

Ikkunaliitoksissa on huomioitava veden johtaminen pois tuuletustilasta sekä toisaalta rakenteiden muotoilu niin, ettei vesi kulkeudu rakenteen sisälle.

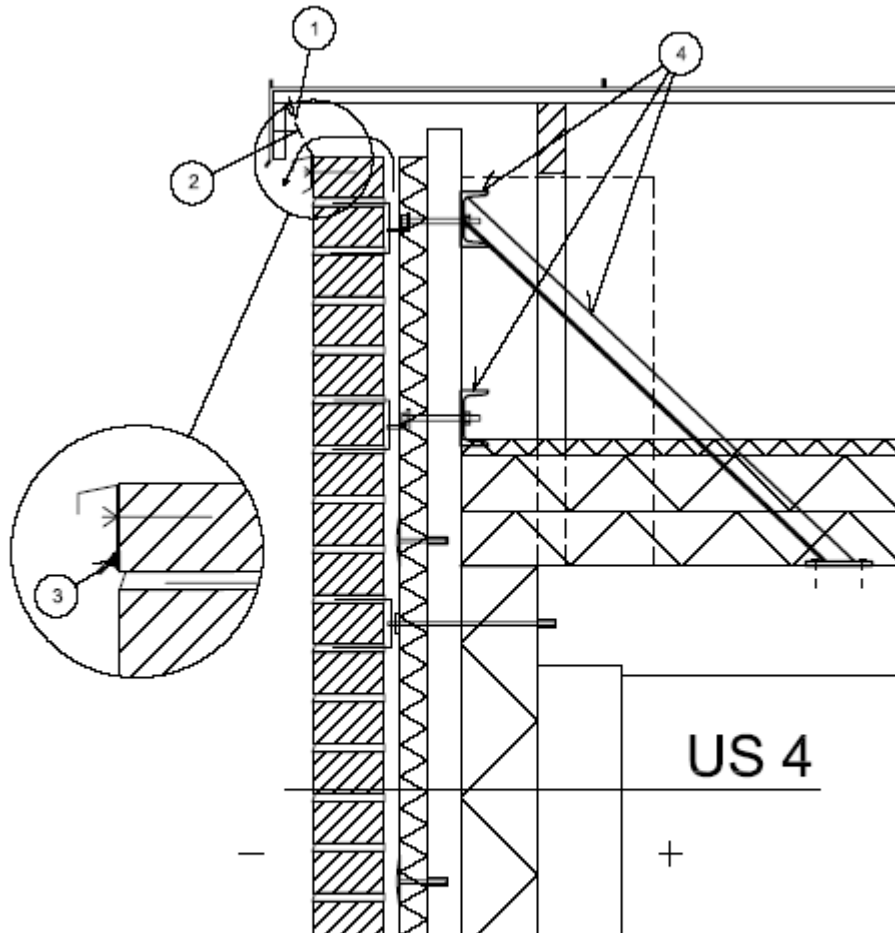


Kuva 13 Esimerkkejä ikkunaliitoksista

5.9.2 Rästärakenteet

Rästärakenteet on muotoiltava niin, ettei vesi kulkeudu räystäspeltien ja kuorimuurin välistä rakenteen sisälle. Rästäällä on käytettävä tippanokkaa.

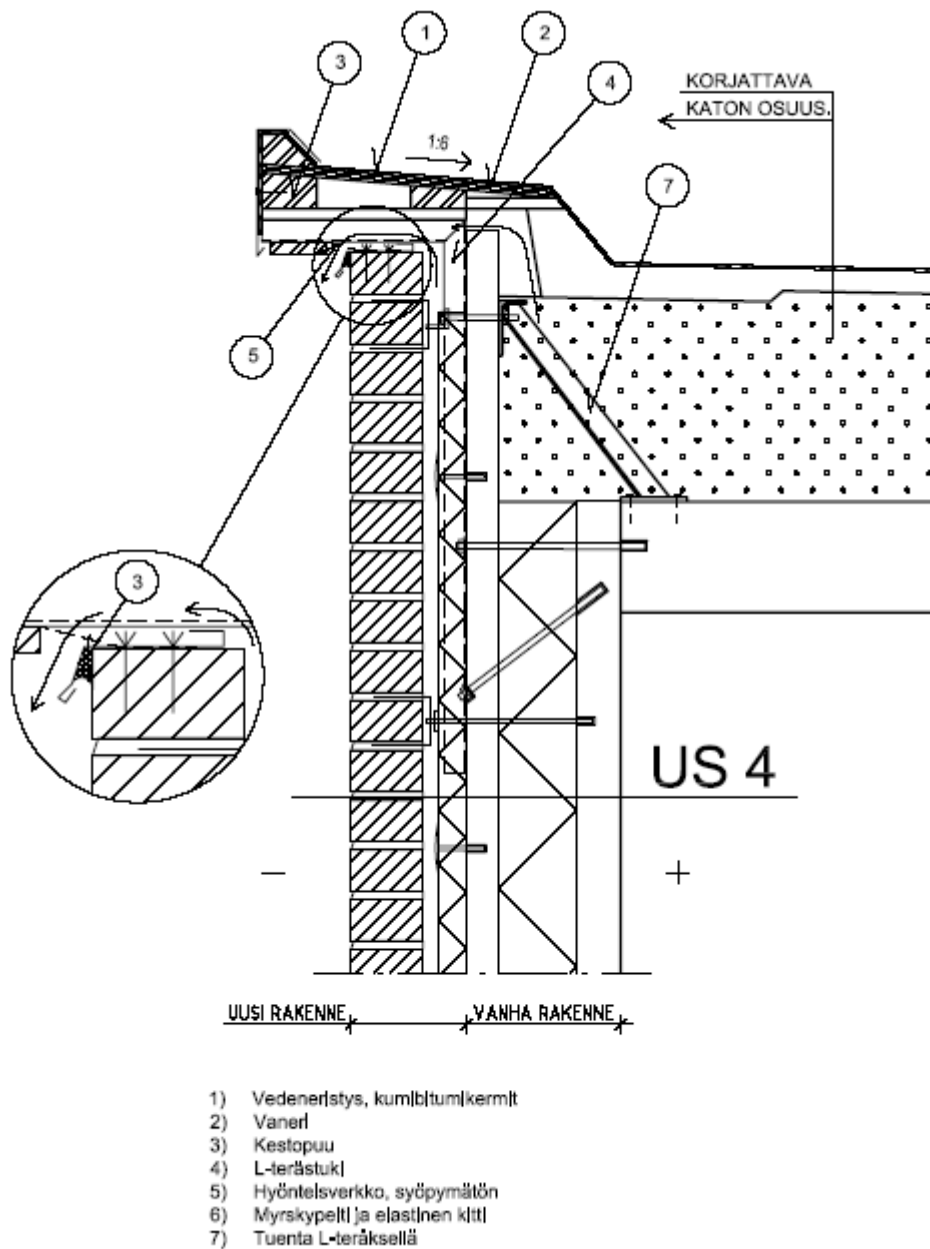
Suunnitelmissa on varmistettava, että kuorimuurin taustatila pääsee tuulettumaan.



- 1) Hyönteliverkko, syöpymätön
- 2) Lauta
- 3) Myrskypelti + elastinen kitti
- 4) Tukiteräs tarvittaessa

Kuva 14 Esimerkkejä rästäsrakenteista (räystäitä ei ole levennetty lainkaan)

JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS
Suunnitteluohjeet
Betonijulkisivut / verhoukorkorjaus muurauksella



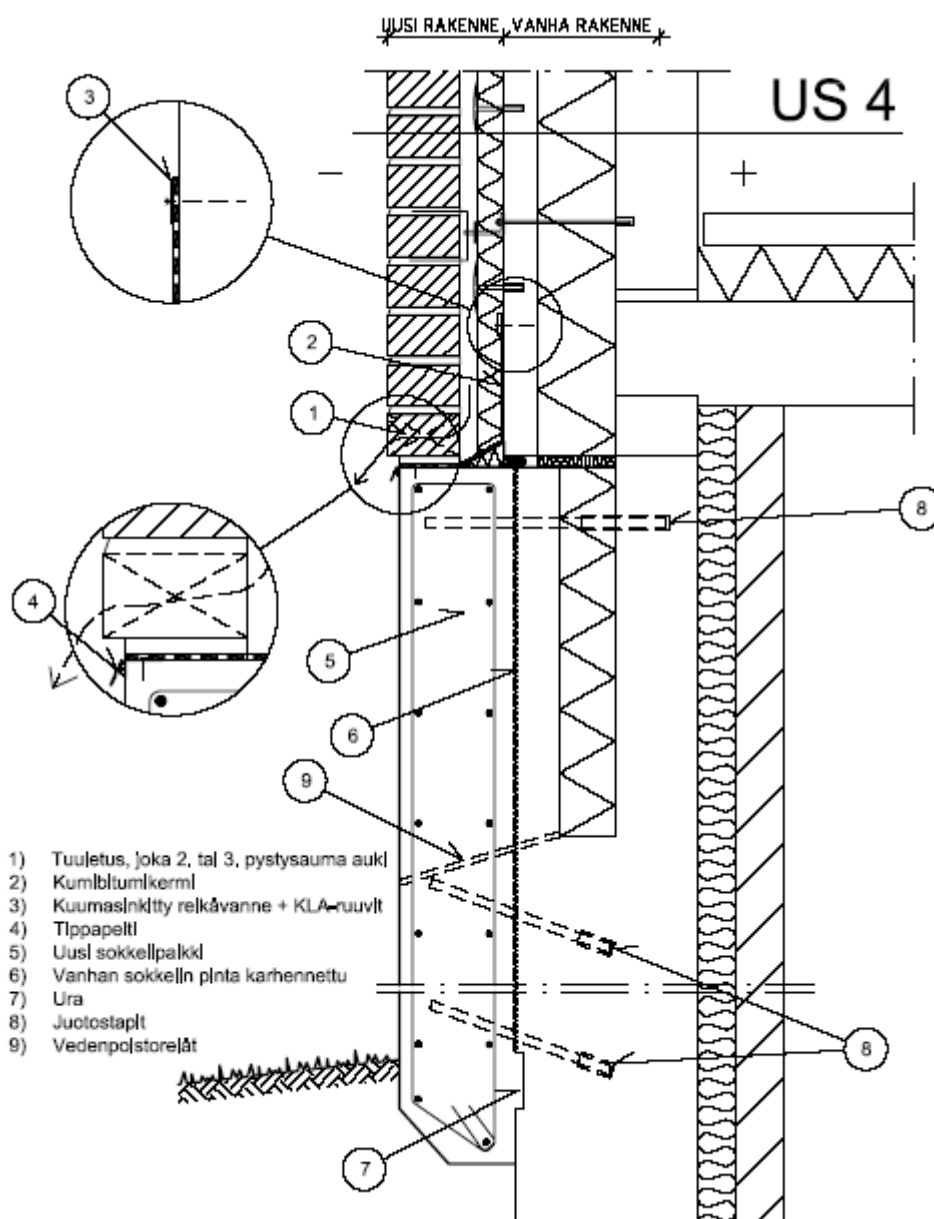
Kuva 15 Esimerkkejä räystäärakenteista (räystäitä on pyritty muotoilemaan hieman ulkoneviksi)

5.9.3 Sokkelileikkaukset

Kuorimuurin ja sokkelin väliin tulee asentaa bitumikermikaista estämään kosteuden kapillaarisen nousun sokkelirakennetta pitkin muuraukseen sekä toimimaan laakerikerroksena sokkelirakenteen ja kuorimuurin välillä. Bitumikermikaista asennetaan tippapelti.

Bitumikermikaista nostetaan vanhan seinärakenteen päälle niin, että se ohjaa lisälämmöneristeen pintaa pitkin kulkeutuvan veden ulos.

Joka 2. tai 3. pystysauma jätetään avoimeksi.



Kuva 16 Esimerkkejä sokkeliliitoksista.

5.9.4 Ulkoseinän varusteet (räystäskourut, syöksytorvet, tikkaat jne.)

Ulkoseinän varusteet tulee kiinnittää niin, ettei vesi kulkeudu niiden kiinnikkeitä pitkin rakenteeseen. Kiinnikkeet asennetaan hieman etureunastaan alaspäin kallistettuina.

Kiinnikkeistä ei saa aiheutua pakkovoimia muuratulle rakenteelle.