



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Lasi julkisivun materiaalina työmaalla

Elina Uusitalo, insinööriopiskelija
Rita Toikka, insinööriopiskelija
Stadia, Helsingin ammattikorkeakoulu

Auli Olenius, diplomi-insinööri
Tutkija, Mittaviiva Oy
auli.olenius@mittaviiva.fi

2

Tämä artikkeli keskittyy julkisivulasien työmaakäsittelyyn ja asentamiseen. Artikkelin perustuu Ratu-tutkimuksen yhteydessä tehtyihin työmaahavaintoihin, julkaistuun kirjallisuuteen ja alan lehtiartikkeleihin. Ratu-työmaahavainnoinnissa tutustuttiin lasijulkisivujen suurten ikkunoiden ja kaksoisjulkisivulasien kuljetukseen, varastointiin, asennukseen ja kiinnitykseen sekä kirjattiin työhön kuluva aika. Artikkelissa ei puututa mielipiteitä jakavaan kaksoisjulkisivujen arkkitehtuuriin, rakentamiskustannuksiin eikä kaksoisjulkisivun käyttöaloudellisuuteen.

1 Lasijulkisivu – kaksoisvaipallinen lasiseinä on 1900-luvun tuote

Vanhimpina lasijulkisivuina voidaan pitää keskiaikaisten goottilaisten kirkkojen isoja lyijylasimaalauksia. Suuria lasimaalauksin koristeltuja ikkunoita rakennettiin, koska kirkkojen sisätiloihin haluttiin mahdollisimman paljon auringon valoa sekä seinä- ja kattopintoihin suuria valoa läpäiseviä koristemaalauksia.

1800-luvulla Euroopassa rakennettiin myös suuria lasisia kasvihuoneita sekä lasikatteisia rautatieasemia ja kauppahalleja. Ensimmäiset ns. ikkunaseinä-julkisivut rakennettiin Yhdysvalloissa 1800-luvun lopulla. Lasijulkisivun läpimurto tapahtui kuitenkin vasta modernismin myötä 1900-luvun alussa, jolloin lasijulkisivuja alettiin rakentaa tehdas- ja toimistorakennuksiin. Toisen maailmansodan jälkeen Yhdysvalloissa aloitettiin lasijulkisivullisten pilvenpiirtäjien rakentaminen.

Tämän päivän kaksoisjulkisivurakennekaan ei ole aivan uusi rakenne, vaan arkkitehtuurin historia tuntee sen jo 1900-luvun alusta. Vuonna 1917 San Franciscon keskustaan valmistui arkkitehti Willis Jefferson Polkin (1867–1924) suunnittelema Hallidie Building. Se on kahdeksankerroksinen kaupunkitalo, jonka julkisivu on maailman ensimmäinen varsinainen kaksoisjulkisivu.

Euroopassa ensimmäiset tunnetut kaksoisjulkisivut suunnitteli Le Corbusier Moskovaan 1920-luvulla ja Pariisiin 1930-luvulla. Moskovan Centrosoyos-nimisen teollisuusministeriön virastotalon julkisivua ei kuitenkaan rakennettu suunnitellulla tavalla. Pariisiin Cité de Refuge de l'Armée du Salut ei toiminut toivotulla tavalla. Puutteena oli rakennuksen ilmanvaihto, joka varsinkin kesäaikana antoi auringon lämmittää talon sisätilat sietämättömän kuumiksi.

1970-luvulla energiakriisi pysäytti suurten ikkunoiden ja laajojen lasipintojen käytön ulkoseinissä sekä samalla hiipui myös lasijulkisivurakenteen kehitystyö. Vasta 1980-luvulla lasin käyttö julkisivuissa alkoi hiljalleen lisääntyä. Lasin käyttö julkisivuissa kasvoi merkittävästi, kun 1990-luvulla alkoi ns. high tech -rakentaminen. High tech -teknologiaa ilmentävää läpinäkyvyyttä noudatettiin myös ajan rakentamisessa. Rakenteiden tuli olla hoikkia, kevyitä, ilmavia ja muunneltavia.

Lasi ja hoikat teräsrakenteet sopivat hyvin 1990-luvun tyyliin ja henkeen, joskin uuden julkisivumateriaalin käytölle oli muitakin syitä. Teollisesti 1960-luvulta alkaen valmistetut betonielementtijulkisivut olivat nimittäin rapautuneet uusittaviksi. Paikalla muurattavat tiilirakenteet ja kiillotetut kivipinnat vaikuttivat historialta ja metallikasetit halvoilta peltihalleilta. Lasimateriaalien, runkojärjestelmien ja kiinnitystekniikan sekä varsinkin talotekniikan kehittymisen antoivat lasijulkisivuille ja kaksoisjulkisivurakenteelle varsinaisen mahdollisuuden. Korkeatasoinen arkkitehtisuunnittelu, kehittynyt materiaali- ja laitetekniikka sekä suunnitelmallinen käytönaikainen huolto- ja säätötoiminta ovat siis olleet tekijöitä, joiden ansiosta monikerroksinen ja -aineinen kaksoisjulkisivurakenne on yleistynyt eri puolilla maailmaa. (Teräsrakenne. 1/2001. arkkitehti Esa Piironen).

2 Kaksoisjulkisivu 2000-luvulla

Kaksoisjulkisivu edustaa uudenaikaista high tech -rakentamista, jossa julkisivurakenteet

TUOTTEET

505

muodostuvat kaksoisrakenteista. Uloimpana on yksinkertainen lasirakenne ja sisävaipan ikkunaosat on lasitettu kaksin- tai kolminkertaisilla eristyslaseilla.

Kaksoisvaipallisen julkisivurakenteen perusajatuksena on ollut rakennuksen energiakulutuksen alentaminen ja rakennuksen sisäilmaston hallinnan helpottaminen. Tavallisesti kaksoisjulkisivut integroidaan eli yhdistetään rakennuksen ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmiin. Kaksoisjulkisivut voivat toimia myös poistoilma-, raitisilma- ja kiertoilmaikkunoiden periaatteella. Uloin vaippa voidaan rakentaa myös vain suojaamaan rakennusta tuulelta, lumelta ja vesisateelta sekä toimimaan äänen eristäjänä.

Uusissa kaksoisjulkisivuissa ulkopuolinen lasiverhous on yleensä ”yhtenäinen”, samanlaisesta lasimateriaalista tehty koko julkisivun peittävä kokonaisuus. Verhouksien asennus- ja kiinnitys on riippuu lasin kiinnitystekniikasta ja runkorakennearkitekstiin, ja se suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Verhouksien käsittelyä ja materiaalinominaisuuksia muuttamalla säädellään auringon valon ja lämpösäteilyn kulkeutumista ulkoa sisälle ja päinvastoin.

Koska kaksoisjulkisivu sisältää monta erilaista rakenneosaa, on sen lämmön- ja valonläpäisyominaisuuksia sekä ulkonäköä tarkasteltava kokonaisuutena. Varsinkin taloudellisuustarkasteluissa on otettava huomioon itse rakenteen rakentamiskustannusten lisäksi huolto- ja korjauskustannukset. Kustannuksissa merkittäviä ovat myös kehittyneiden ja monimutkaisten taloteknisten järjestelmien rakentamis-, huolto- ja käyttökokustannukset sekä niiden avulla saavutettavissa olevat säästöt.

Toiveikkaat odotukset rakenteen energiataloudellisuudesta ja muista hyvistä ominaisuuksista eivät kuitenkaan ole täysin tähtyneet. Rakenteesta on saatu jo jonkin verran mitattua tietoa ja käyttökokemuksia, joiden mukaan käyttökokustannuksissa ei ole saavutettu odotettua säästöä. Todellisten rakentamis- ja käyttökokustannusten perusteella myös koko kaksoisjulkisivurakenteen elinkaarikustannukset ovat osoittautuneet oletettua kallimmiksi.

Kaksoisjulkisivujen sekä isojen lasijulkisivujen ulkonäön ja käytön haittana on pölyn ja lian kerääntyminen laajoille lasipinnoille, jota sadevesi valuaan vielä lisää. Ulkonäköhaitat eivät ole kuitenkaan rakenteen suosiota laskeneet, vaan käyttö lisääntyy koko ajan.

Kiinnitysjärjestelmiä, runkorakenteita ja lasin ominaisuuksia kehitellään jatkuvasti. Esimerkiksi runkoprofiileista ja kiinnitysjärjestelmistä tehdään yhä kevyempiä ja huomaamattomampia, lasipinnat toimivat kaksisuuntaisesti ja ne käsitellään likaa hylkiviksi. Lisäksi lasijulkisivujen huoltoon ja puhtaanapitoon kehitetään entistä parempia kiinteitä sisäisiä ja ulkoisia

laitteistoja, esimerkiksi huoltokelkkoja, automaattisia pesulaitteistoja ja pölynpoistojärjestelmiä.

3 Julkisivulasituksen rakennejärjestelmät

Lasijulkisivujen kehitystyö on tuonut markkinoille useita erilaisia lasitus-, karmi- ja runkojärjestelmiä. Varsinkin kaksoisjulkisivuissa lasitusjärjestelmällä on erittäin suuri merkitys, koska se vaikuttaa koko julkisivun ulkonäköön ja pintojen yhtenäisyyteen.

Keskialjalta lähtöisin ja jonkin verran vieläkin käytössä oleva lasien kittaus vaatii tämän päivän valmistustekniikalla toimiakseen tukevan runko- ja puiterakenteen. Puiset karmi- ja puiteosat ovat niin leveitä ja syviä, että ne tulevat näkyvästi esiin julkisivupinnasta. Entisajan puusepät ja lasimestarit osasivat tehdä suuria ikkunapintoja hyvinkin siroilla runko- ja puiterakenteilla, joskin silloin ikkunoilta ei vaadittu nykypäivän lämmön- ja ääneneristävyysominaisuuksia. Entisöinti- ja peruskorjauskohteita lukuunottamatta profiili- ja listakiinnitykset ovat syrjäyttäneet kittauksen lähes kokonaan.

3.1 Lasilistalasisitus

Lasilistalasisituksessa lasilevyjä paikallaan pitävät lasilistat kiinnitetään julkisivun suoraan julkisivurungon rakenteisiin. Lasilistat kiinnitetään ruuvaamalla, niittaamalla tai piilokiinnitteisesti painamalla. Lasilistat lukitsevat asennettavan lasilevyn paikoilleen ja tiivistysaineella varmistetaan rakenteen ilma- ja kosteusitiivisyys. Elastinen tiiviste toimii myös lasin lämpöliikkeiden tasaajana ja estää kiinnityksestä aiheutuvan jännityksen muodostumisen lasiin ja samalla lasin murtumisen.

Lasilistat sijoitetaan puiteprofiilista riippuen rakenteen sisä- tai ulko- tai molemmille puolille. Yleensä lasilistat ovat alumiinia, mutta materiaalina voi olla myös puu tai muovi. Julkisivulasituksessa lasilistakiinnitys on syrjäyttänyt perinteisen puristuslistakiinnityksen.

Lasilistalasisitustapoja ovat märkä- ja kuivalasitus. Märkälasituksessa lasin ja puiteen välissä käytetään joustavaa saumanauhaa ja liitos tiivistetään saumaumasalla. Kuivalasituksessa alumiiniprofiileihin kiinnitetään silikoni- tai EPDM-kumiprofiili, joka joustaa ja tiivistää samalla kertaa. Nykyään kuivalasitus on märkälasisitusta yleisempi.

3.2 Puristuslistakiinnitys

Suomessa puristuslistakiinnitys on ollut yleisin ja tyypillisin lasijulkisivujen lasiosien kiinnitys-

tapa. Puristuslistakiinnitys on lineaarinen kiinnitystapa, jossa eristyslaselementti puristetaan sisäpuolisen rungon ja ulkoisen listan väliin. Korkeissa ja suurissa lasijulkisivupinnoissa on usein tärkeää säilyttää rakenteen kevyt vaikutelma, siksi lasit kiinnitetään puristuslistakiinnityksellä erilliseen vain julkisivua kantavaan runkoon. Esimerkiksi kaksoisjulkisivuissa käytetään usein puristuslistakiinnitystä.

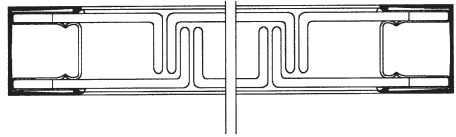
Ikkunan runko on tavallisesti terästä tai alumiinia ja ulkopuoliset puristuslistat yleensä alumiinia. Alumiinin käyttö ikkunarakenteissa on hyvin yleistä ja varsinkin perusteltua, koska runsaan kosteuden, ilman epäpuhtauksien ja lämpötilavaihteluiden takia rakenteilta vaaditaan hyvää korroosionkestävyyttä ja pientä lämpölaajenemista. Alumiiniset listat ja runkorakenteet voivat olla muodoltaan hyvinkin monimutkaisia, koska ne valmistetaan muotin läpi pursottamalla. Puristuslistakiinnityksessä käytetään usein lämpökotkoa, joka asennetaan rungon ja puristuslistan väliin. Tiivistä asennetaan rungon ja eristyslaselementin väliin. Tiivistämistä varten runkoon voidaan kiinnittää myös EPDM-kumiprofiili, joka tiivistää liitoksen, pitää lasin paikallaan ja estää metallipintojen toisiinsa koskettamisen.

Rakenteen ulkonäkö huolitellaan puristuslistan päälle asennettavalla peitelistalla. Peitelista on yleensä alumiinia. Materiaalina voi olla myös kupari, messinki tai ruostumaton teräs. Uusimpia puristuslistakiinnitys -järjestelmiä ovat pintalistattomat lasijulkisivut, joissa lasi kiinnitetään mekaanisesti eristyslaselementin pästä. Järjestelmän avulla on mahdollista saada rakenteista 4-sivuisia eli täysin pintalistattomia tai 2-sivuisia, joissa pintalista kulkee joko pysty- tai vaakasuunnassa.

Julkisivussa alumiinisen puiterakenteen leveys on profiileista riippuen 50–60 mm. Runkojärjestelmän rakenteet mitoittetaan aukkojen jännemittojen mukaan aina tapauskohtaisesti. Puristuslistakiinnitysjärjestelmää käytettäessä voidaan käyttää runkorakennetta, jossa joko on tai ei ole vuotoveden keräys- ja poistojärjestelmää. Käyttökokemusten ja ilmenneiden ongelmatilanteiden vuoksi vuotovesijärjestelmällä varustetut rakenteet ovat osoittautuneet paremmin toimiviksi ja siitä syystä kestävimmiiksi

3.3 Profiililasitus

Lasilanku eli U-muotoiset profiililasit ovat lasielementtejä, joiden struktuuripinta saa valon heijastumaan erittäin tasaisesti. Profiililasi-järjestelmä perustuu itsensä kantaviin lasielementteihin, jolloin rakenne ei vaadi erillisiä välitukia. Profiililaseista voidaan rakentaa jopa 7 metriä korkeaa lasipintaa joko yksinkertaisena tai kaksinkertaisena rakenteena. Profiililasian paksuus



Kuva 1. Profiililaseinän vaakaleikkaus, Vitrea Oy.

on 6 tai 7 mm, leveys vaihtelee 23 sentistä noin puoleen metriin.

Profiililasi-järjestelmään kuuluvat alumiiniset reunaprofiilit, jotka voidaan varustaa lämpökotkolla sekä muoviset asennus- ja tukiprofiilit. Profiilirakenne tiivistetään silikonilla. Profiililaseja valmistetaan läpinäkymättöminä kirkkaina sekä värillisinä sinisinä ja vihreänä.

Profiililasit sopivat hyvän lämmöneristyskykynsä vuoksi kylmään ilmastoomme. Yleisiä käyttökohteita ovat urheiluhallit, nauhaikkunat sekä asuin- ja toimistotalojen porrahuoneet. Hyvän ääneneristävyyden ansiosta profiililasit sopivat myös sisäläsitukseen esimerkiksi neuvottelutiloihin.

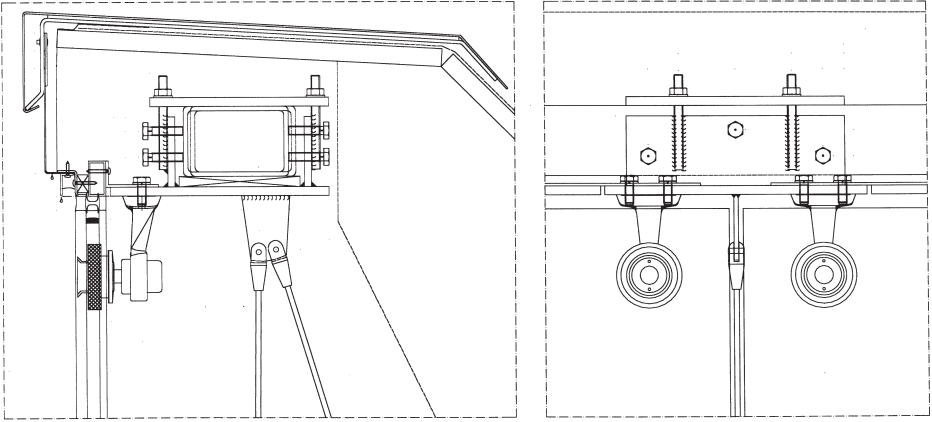
3.4 Pistekiinnitysjärjestelmä

Pistekiinnitysjärjestelmässä rei'itetyt lasilevyt kiinnitetään taustarakenteeseen pistemäisesti neljästä tai useammasta kohdasta lasipulttien ja taustakiinnikkeiden avulla. Tällöin lasilevyt yhdistyvät toisiinsa vain ohuen silikonisauman tai värittömän liimasauaman välityksellä. Lasilevyjen pistemäinen kiinnitys antaa rakennukselle kevyen ja valoisan ulkonäön. Pistekiinnitteen lasijulkisivu liittyy usein rakennuksen ulkopuoliseen teräsrakenteeseen, joka muodostuu puristusauvoista ja vetovaijereista. Tällöin lasijulkisivuun kohdistuvat tuulikuormat ottaa vastaan teräsrakenne lasilevyjen sijaan. Teräsrakenteiden runko voidaan asentaa myös julkisivun sisäpuolelle, jolloin ulkopinta säilyy yhtenäisenä silteinä lasipintana.

Pistekiinnitysjärjestelmää voidaan käyttää yksinkertaisiin lasitukseen. Järjestelmän käyttö onkin yleistä kaksioisjulkisivujen ulkovaipoissa. Myös kaksinkertaisista eristyslaselementeistä pistekiinnitysjärjestelmällä tehdyt lasikatteet ovat melko yleisiä. Eristyslaselementtien käytössä voidaan liitospultteja varten tarvittavat reiät porata vain toiseen eristyslaselementin lasilevyyn, jolloin rakenteesta muodostuu ns. liimarakennelasituksen ja pistekiinnityksen yhdistelmä.

3.5 Structural glazing eli liimarakennelasitus

Structural glazing eli liimarakennelasitus on Suomessa uusin tapa rakentaa lasijulkisivuja.



Kuva 2. Pistekiinnitysjärjestelmän pystyleikkaus ja naamakuva, Vitrea Oy.

Lasityypistä riippuen kaikki rakenteeseen liittyvät kehykset ja listat ovat kätketty rakenteen sisäpuolelle. Rakenteen sisäpuolella ne ovat ulkoilmalta suojassa, ja tulokseksi saadaan ehjä, helposti puhdistettava ja ilmeeltään yhtenäinen lasijulkisivu.

Liimarakennejärjestelmän avulla homogeeninen lasipinta saavutetaan kuitenkin vain rakennuksen ulkopuolelle, jolloin lasituksen metallirakenteet jäävät näkyviin rakenteen sisäpuolelle. Lasitusrakenteiden peittämiseksi julkisivussa käytetään sävytettyjä tai peilaavia lasseja. Suomalainen ensimmäinen kookkaampi liimarakennejulkisivu on Turun Typhoon-hallissa.

Liimarakenteessa eristyslaselementit liimataan tehtaalla alumiinipuitteeseen, ja puite kiinnitetään työmaalla runkoon mekaanisesti. Rakente tiivistetään tiivisteprofiilien ja kylmäsilat estetään muovisten lämpökatkoprofiilien avulla. Julkisivussa käytetään erikoisliimoja, koska liimauksen on kestettävä lasielementin omapainon, tuulikuorman ja lämpötilavaihteluiden aiheuttamat rasitukset. Mekaanisen kestävyyden lisäksi liiman on oltava UV-säteilyn kestävä. Liimarakenteen lasilevyn paikallaan pysyminen varmistetaan vielä mekaanisilla kiinnikkeillä.

4 Julkisivuissa käytettävät lasityypit

Lasijulkisivujen päätarkoituksena on antaa rakennukselle kevyt ulkoasu, tuoda luonnonvaloa rakennuksen sisätiloihin sekä luoda sisätiloista näköyhteys ulos. Lasimateriaalien ominaisuuksien

kehittäminen on lisännyt mahdollisuuksia lasivalintojen avulla vaikuttaa julkisivun ulkonäköön ja rakenteen fysikaaliseen toimintaan. Lasijulkisivun lasit voidaan valita esimerkiksi halutun värin, läpinäkyvyyden, lämmön- ja äänenieristävyyden sekä valon läpäisyominaisuuksien perusteella.

4.1 Karkaistu lasi

Lasin karkaisuprosessissa lasi lämmitetään noin 650 °C lämpötilaan ja jäädytetään sitten nopeasti. Lasin karkaisu muodostaa lasin pinnalle puristusjännityksen, jonka ansiosta lasin lujuusominaisuudet paranevat, lasista tulee noin viisi kertaa kestävämpää kuin tavallisesta lasista. Lasiin muodostuu karkaisuprosessissa karkaisujännityksiin sitoutunutta energiaa, joka vapautuu lasin murtuessa itsestään hajottaen lasin pieniin palasiini.

Karkaistua lasia voidaan käyttää tavallisen lasin tapaan. Karkaistun lasin käyttöä suositellaan kohteissa, joissa lasin särkyminen aiheuttaa vaaraa. Lasijulkisivuissa karkaistun lasin käyttö on yleistä, koska se kestää hyvin myös lämpötilavaihtelut. Karkaistu lasi kestää hetkellisiä lämpötiloja aina 275 °C asti. Säätönä voidaan pitää, että voimakkaasti absorboivat lasit, joihin lämpöenergia imeytyy helposti, tulisi aina karkaista, kun ne asennetaan julkisivuun etelä-, itä- ja länsipuolelle.

Hyvistä lämmönsieto- ja rikkoutumistapaominaisuuksistaan huolimatta karkaistua lasia ei tule käyttää yksinään lasikattoihin. Rikkoutuessaan karkaistu kattolasi putoaa tiukkana murukasana alas, pahimmassa tapauksessa alapuolella olevien ihmisten päälle aiheuttaen huomattavia vahinkoja.

Karkaistua lasia ei voi työstää, siksi lasi on leikattava, porattava ja hiottava ennen karkaisua. Karkaisun jälkeen lasi voidaan pinnoittaa selektiivipinnoitteella tai laminoitua. Karkaistua lasia on myös mahdollista saada hiekkapuhallettuna ja maalattuna.

4.2 Laminoitu lasi

Laminoitu lasi koostuu kahdesta tai useammasta lasista, jotka on liitetty kerroksittain toisiinsa PVB (polyvinyl putyral) -kalvolla. Kalvo sulatetaan yhteen lasien kanssa korkeassa paineessa ja lämpötilassa. Laminoitu lasi on yhtä kirkas kuin tavallinen lasi, koska muovikalvon valon- taitekerroin on sama kuin lasin. Lasit voivat olla kirkkaan lasin lisäksi myös värillisiä, jolloin haluttu lasin väri saadaan laminoimalla värillinen muovikalvo kirkkaiden lasilevyjen väliin. Laminoituja laseja saa myös heijastavaksi pinnoitettuna sekä lämpölujitettuna tai karkaistuna.

Jos lasi rikkoutuu, muovikalvo pitää lasinpalat koossa estäen sirpaleiden leviämisen ympäristöön. Tämä estää lasiruudun läpikaatumisen ja elementti pysyy kehyyksessä.

4.3 Selektiiviset lasit

Selektiiviset lasit vähentävät auringon liikalämpöä sekä näkyvän valon läpäisyä. Tämä saavutetaan siten, että lasi heijastaa siihen kohdistuvan pitkäaaltoisen lämpösäteilyn pääosin pois ja päästää kuitenkin näkyvän auringon valon läpi.

Selektiiviset lasit valmistetaan pinnoittamalla lasi joko metallilla tai puolijohdeaineilla. Pinnoitteiden paksuuksilla ja materiaalivalinnoilla vaikutetaan kalvojen heijastus- ja läpäisyominaisuuksiin. Pinnoite voidaan tehdä yhdestä tai useammasta päällekkäisestä kalvosta. Metalliset pinnoitteet valmistetaan esimerkiksi kullasta, hopeasta, ruostumattomasta teräksestä tai kuparista. Ne ovat vain muutaman sadan atomin paksuisia pinnoitteita. Puolijohdepinnoitteet ovat metallipinnoitteita paksampia ja voidaan valmistaa esimerkiksi tinaoksidista.

Pinnoitteita on kehitetty sekä kylmiin että lämpimiin olosuhteisiin. Kylmissä ilmastoissa pinnoitteita käytetään parantamaan ikkunan lämmöneristävyyttä, jolloin pinta läpäisee valon ja auringon lyhytaaltoisen lämpösäteilyn ja heijastaa takaisin huonetilan pitkäaikaisen lämpösäteilyn. Lämpimissä ja kuumissa ilmastoissa pinnoitetta käytetään vähentämään auringon lämpösäteilyn pääsyä huonetiloihin, jolloin pinta läpäisee ainakin osittain näkyvän valon ja heijastaa takaisin suurimman osan auringon lämpösäteilystä.

4.4 Eristyslasit

Eristyslasit, umpiolasit ja lämpölasit ovat lasielementtejä, joissa kaksi tai useampi lasi on liitetty ilmatiiviisti yhteen, jolloin lasien väliin jää kaasutila. Eristyslasien perustana on eristää lämmön siirtymistä ulkoa sisälle ja sisältä ulos. Eristyslasien kaasutila täytetäänkin usein kryptonilla tai argonilla, koska ne johtavat huonosti ilmaa ja parantavat eristyslasien lämmöneristävyyttä. Täytekaasun avulla voidaan parantaa myös eristyslasien ääneneristävyyttä.

Eristyslaseissa voidaan käyttää lähes kaikkia lasityyppejä, jolloin saadaan elementeille kohteeseen vaadittavia ominaisuuksia esimerkiksi auringonsuojaa, hyvää lämmöneristävyyttä ja ääneneristävyyttä, murto- ja luotisuusojaa sekä henkilösuoja. Eristyslaseja voidaan käyttää kaikissa valoa läpäisevissä rakenteissa, kun lasilaudut ja rakenne valitaan tarkoituksenmukaisesti.

5 Fysikaaliset ominaisuudet

5.1 Kaksoisjulkisivun U-arvo

Ilman lähempää tutkiskelua voidaan olettaa, että yhtenäisen lasiverhouksen peittämät ulkoseinät ovat myös lämmöneristysominaisuuksiltaan ylivertaisia normaaliin ikkuna-umpiseinä -rakenteeseen verrattuna. Kadun miehen oletus perustuu ajatukseen julkisivun kokoisesta eristyslasi-ikkunasta. Teoreettisessa tarkastelussa kaksoisvaipalliset lasiseinät oletetaan kuitenkin toimivan ns. normaalin, yhtenäisellä tuulettuvalla pintaverhouksella varustetun ulkoseinän tavoin. Seinän ulkovaippana toimii tällöin yksinkertainen lasirakenne ja seinän sisärakenne koostuu kaksin- tai kolminkertaisilla eristyslaseilla lasitetuista ikkunoista ja levyrakenteisista umpiosista.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osien C3 *Lämmöneristys. Määräykset 1985* ja C4 *Lämmöneristys. Ohjeet 1978* ohjeita tulee noudattaa myös kaksoisjulkisivujen kohdalla. C4:n mukaan tuuletetun ilma- ja lämmönvaihdon ei saa ottaa huomioon laskelmissa ellei ilmakerroksen ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen vaikutusta rakenteeseen ole erikseen selvitetty.

Kaksoisvaipallisten lasiseinien lämmöneristyskykyä on tutkittu kokeellisesti, laskennallisesti sekä rakennusaikaisia lasipintojen lämpötiloja mittaamalla. Varsinaista tutkittua käytön- aikaista tietoa kaksoisvaipallisten lasiseinien lämmöneristävyydestä ja lasipintojen lämpötiloista ei ole julkisesti saatavilla.

Kaksoisjulkisivun lämmönläpäisykerrointa tutkittaessa on uloimman ilmavälin lämmönvaihduksella todettu olevan erityinen merkitys. Ilmavälin lämmönvaihduksen laskenta-arvo on riippuvainen välitilan lämpövirrasta ja ilman-

virtauksen nopeudesta. Käytännön tilanteissa mitattujen lämpötilojen perusteella, kun uloimassa ilmavälissä on savupiippuvaikutus ja ilman virtausnopeuden on suurempi kuin 1,0 m/s, ilmavälin lämmönvastus on $RI = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$. Normaalin vapaan konvektion tapauksessa, jolloin ilman virtausnopeus on pienempi kuin 0,3 m/s, ilmavälin lämmönvastus on $RI = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Lasirakentaja 2/2000, Aulis Bertin).

Käytönaikaiseen laskelmien paikkansa pitävyyteen vaikuttaa kuitenkin suuresti uloimman ilmatilan ilmanvirtauksien ja -nopeuksien säätö sekä säädön onnistuminen vaihtuvissa olosuhteissa.

5.2 Kaksoisjulkisivu – auringon-suojaus

Kaksoisjulkisivujen sisäseinien ikkunapinta-alat ovat yleensä suuria, jolloin lasien ominaisuuksia valittaessa joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota auringon lämpösäteilyyn. Suuret ikkunapinta-alat tekevät huonetiloista avaran tuntuista, mutta mahdollistavat auringon lämpösäteilyn kulkeutumisen sisään huonetiloihin ja lämpötilojen vaihtelua. Auringon lämpösäteilyn liiallinen kulkeutuminen huonetiloihin estetään käyttämällä ikkunan eristyslaselementissä tai ulkopuolen verhouksilasin auringonsuojalasia.

Auringonsuojalasiat ovat läpivärjättyjä tai suojaavalla pinnoitteella käsiteltyjä lasia. Sisäseinän rakenteen ja tilojen viihtyvyyden, tuuletuksen jäähdytystarpeen, lämmityksen, huollon ja käytön tarpeen mukaan lasien auringonsuojaominaisuuksia voidaan muuttaa ja saada aikaan haluttu lopputulos.

Auringon suojausominaisuuden perusteella julkisivulasit voidaan jakaa kolmeen perustyyppiin, joilla voidaan vaikuttaa myös julkisivun ulkonäköön.

Kirkkaslasissa julkisivussa käytetään tavallista energiansäästölasiä, jonka valonläpäisy on 65–75 %. Kirkas lasi läpäisee paljon valoa ja lämpöä, sisätiloissa tarvitaan tehokasta jäähdytystä. Kirkas lasi luo talosta avoimen mielikuvan, talosta näkee hyvin ulos ja taloon näkee sisälle. Koko julkisivun peittävän lasiverhouksen alla olevat sisäseinän umpiosat erottuvat hyvin, jonka vuoksi niiden tulee olla hyvin suunniteltu- ja huolellisesti toteutettuja. Usein kuitenkin umpiosan kohdalla käytetään ulkonäöltään erilaista, esimerkiksi värillistä lasia.

Lähes yhtenäinen julkisivupinta saadaan aikaan aurinkosuojalaseilla. Kirkaalla ilmalla päivisin sisäseinän umpi- ja ikkunaosat ovat samannäköisiä. Aurinkosuojalasiin valonläpäisy on 20–65 %. Valonläpäisyn rajoittaminen vähentää auringon lämpösäteilyn kulkeutumista

ulkoa sisälle, samalla se vähentää sisätilojen jäähdytystarvetta.

Yhdennäköinen julkisivu saadaan aikaan auringonsuojalaseilla, joiden valonläpäisy on 5–20 %. Suuren auringon lämpösäteilyn vähennyksen ansiosta sisätilojen jäähdytystarve on tällöin vähäinen. Julkisivussa on vaikea havaita ikkunalasien ja umpiosien verhouksien eroa.

Sanomatalo, Helsinki – kaksoisjulkisivu osa taloteknistä järjestelmää

Helsingin keskustassa sijaitsevassa Sanomatolossa kaksoisjulkisivu on toteutettu siten, että varsinainen lasijulkisivu muodostuu kolminkertaisista eristyslaseista, jonka eteen 70 cm päähän on sijoitettu toinen yksinkertaisista laminoituista ja karkaistuista lasista koostuva rakenne. Uloin vaippa on lasitettu 2-sivuisella structural glazing -menetelmällä, jossa lasien ylä- ja alareunat on lasitettu lasilistalasiutuksella ja pystyreunat on liimattu toisiinsa. Julkisivun pohjoislasiseinän on kuitenkin yksivaippainen kaksoinkertaisilla selektiivisillä eristyslaseilla lasilistalasiutettu rakenne.

Julkisivun välitilan kosteutta ja lämpötilaa seurataan välitilaan asennettujen anturien avulla. Anturit säätelevät kaksoisjulkisivun ylä- ja alapäähän sijoitettuja luokkuja vallitsevien sääolosuhteiden mukaan. Lisäksi välitilaan on asennettu huoltotasoja kerroksien kohdille.

Kolminkertaiset eristyslaseit on lasitettu Sanomatoloon erityisesti suunnitellun lasitusjärjestelmällä. Kolminkertaisten eristyslasiin ominaisuuksia parannettiin täyttämällä välitilat jaloakaasuilla, argonilla ja kryptonilla. Eristyslasiin ominaisuuksiksi määriteltiin riittävä lämmöneristys ja suoja auringon lämpösäteilyä vastaan, siksi eristyslaseissa on ainakin yksi selektiivilasi.

6 Työmaa – toteutus ja laatu

6.1 Aloitusedellytysten varmistaminen

Jotta ikkuna- ja ovirunkojen asennus sekä lasitus saadaan työmaalla joustavasti aikaan, järjestetään työmaalla ennen töiden aloittamista aloituspalaveri. Siinä käydään läpi kaikki työhön oleellisesti vaikuttavat asiat, kuten aikataulu, laatuvaatimukset ja työturvallisuus. Samalla sovitaan työn toteutukseen liittyvistä järjestelyistä. Aloituspalaverissa käydään läpi myös lasitusjärjestelmän valmistajan kirjalliset ohjeet sekä tarkistetaan, että kaikki tarvittavat suunnitelma-asiakirjat ovat käytettävissä.

Suunnitelma- ja asennusasiakirjoissa määritetään lasin tyyppi, väri ja mitat. Niissä tulee ilmetä myös asennustapa, kiinnitys ja saumaus-

tarvikkeet. Julkisivulasien kohdalla kiinnitetään erityisesti huomiota rakennesuunnitelmiin, joissa tulee olla esitettyä valuveiden poisjohtaminen ja taustatuuletus. Myös ulkorakenteiden ja kyntelöjen tulisi olla hyvin ulkoilmaan tuuletettuja. Suunnitelmissa tulisi huomioida myös rakenteen sisäpuolinen höyryntiiviyys sekä kylmien pintojen muodostuminen runkorakenteeseen. Kylmien sisäpintojen syntyminen estetään lämpökatkaisujen avulla.

6.2 Logistiikka – kuljetus ja varastointi

Materiaalin vastaanotto

Vastaanoton yhteydessä lasi tulee tarkistaa huolellisesti. Lasitus- ja laadunvarmistusohjeissa sekä norneissa on mainintoja olosuhteista, joissa tarkistustoimenpiteet tehdään, esimerkiksi lasit tarkastetaan normaalilta tarkasteluetaisyydeltä ja normaalissa päivänvalossa.

Jotta voidaan varmistua toimituksen sopimustenmukaisuudesta ja laatuvaatimusten täyttymisestä, on tarkastuksessa pystyttävä toteamaan lasien virheetömyys, puhtaus ja ehjyys. Näkyviin jäävillä pinnoilla ei saa olla ulkonäköä haittaavia läiskiä tai naarmuja. Kaikki näkyvät vauriot ja sopimuksesta poikkeavat asiat kirjataan tarkastustilanteessa ylös. Piilevien vaurioiden yhteydessä käytetään yleisesti käytössä olevia reklamoinnin menettelyohjeita, jotka eivät kaikilla rakennustuoteollisuuden aloilla ole täysin yhtenäiset ja siksi joskus hankalia.

Materiaalien siirrot ja varastointi

Materiaalit siirretään ja varastoidaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Yleensä ohjeena on, että lasit kuljetetaan pystyasennossa. Kuljetuksessa huolehditaan, että lasin herkät reunat eivät vahingoitu tai lasi naarmuunnu. Lasilaatikat nostetaan laatikon pohjan tukipisteistä. Väärin kuljetettujen ja varastoitujen lasien rikkoutuessa vastuu lasaista ei enää ole lasin toimittajalla, vaan kyseisen siirron ja varastoinnin tekijällä.

Varastoinnissa huolehditaan, että lasilevyt pysyvät kuivina ja ehjinä. Lasien alustan tulee olla irti maasta. Kosteus ei saa päästä nousemaan lasien väliin ja aiheuttaa lasille vaurioita. Erityisesti kosteuden aiheuttamiin ongelmiin on paneuduttava, jos lasia säilytetään pitkään. Jo lyhyessäkin työmaavarastoinnissa lasipinta voi joutua voimakkaalle auringonvalolle alttiiksi ja lasipinnan väriytyä muuttua. Tämän takia tulee lasien työmaavarastoinnissa huolehtia, että lasit eivät joudu alttiiksi suoralle auringon valolle ja sateelle.

Varastoinnissa on huolehdittava myös varastointitilan ilmanvaihdosta. Erikoislasiin, kuten geelejä sisältävien palolasien, kohdalla lasit tulee varastoida sisätiloihin sekä suojata kos-

teudelta ja jäätymiseltä. Myös lasilaatikoihin pakattu lasi on suojattava auringonpaisteelta, sateelta, sementtipölyltä sekä hitsauskipinöiltä. Sementtipöly aiheuttaa lasipinnan syöpymistä. Hionta- ja hitsauskipinät sen sijaan vahingoittavat pintaa.

Lasit varastoidaan yleensä pystyasennossa, koska lasien täytyy olla aina kohtisuorassa alustansa vasten. Alustan tulee olla kuiva ja pehmeäkö. Hyviä materiaaleja lasien alustaksi ovat mm. puu, muovi ja kumi. Jos alustana käytetään pehmeitä materiaaleja, kuten styroksia tai vastaavaa, tulee alustamateriaalia olla koko lasin reunan alla.

6.3 Työskentely- ja asennusolosuhteet

Lasitustyötä voidaan tehdä lähes kaikissa olosuhteissa, yleensä työn estää vain äärimmäiset luonnon olosuhteet. Pieni tuuli ei haittaa taitavan asennusryhmän työtä. Tosin ei ole järkevää vaarantaa asennusryhmän turvallisuutta ja arvokkaita materiaaleja, jos asennusolosuhteet ovat kovin huonot.

Lasitustyölle varataan työkohteesta selvästi erottuva alue. Turvallisuuden varmenttamiseksi asennusalue on hyvä sulkea myös kerroksista lasitustyön kohdalta. Asennusalue on hyvä aidata myös rakennukseen päin ja sivuilta parin metrin päähän reunasta. Alueella saavat työskennellä vain lasitustyötä suorittavat henkilöt.

Asennusalueen tulee täyttää suunnitteluasikirjoissa esitetyt ja sopimuksessa sovitut asiat. Lasien asennus tehdään stabiilille alustalle. Alustan tulee olla myös puhdas ja kuiva. Tarpeen vaatiessa alusta harjataan, puhdistetaan ja lopuksi imuroidaan.

6.4 Tietävä ja osaava työntekijä

Hyvällä työmaalla työntekijät perehdytetään työkohteeseen ja muihin työmaan olosuhteisiin ennen töiden aloittamista. Perehdyttäjänä toimii joko työryhmän oma työjohtaja, joka on tutustunut työmaahan etukäteen tai kohteen päätoimittajan työjohtaja. Olosuhteiden lisäksi työntekijöille selvitetään asennussuunnitelma, aikataulu ja työaikainen laadunvarmistus. Työhön liittyvien vaaratilanteiden ennakoiminen ja estäminen sekä toimintaohjeet onnettomuustilanteissa selvitetään työntekijöille. Työturvallisuusmääräysten ja -ohjeiden sekä suojainten esimerkiksi turvavaljaiden ja kypärien käyttö tulee olla selvillä ennen asennuksen aloitusta. Työtä ei aloiteta ennen kuin työturvallisuusasiat on kunnossa.

Lasirakenteiden asennustyössä ei riitä, että työntekijät osaavat tehdä vain lasitustöitä. Asennusryhmälle kuuluu usein lasituksen lisäksi

si muitakin työvaiheita esimerkiksi metallien työstöä ja hitsausta. Ikkuna-asennuksia, lasitusta ja saumausta tekevillä työntekijöillä tulee olla ammattitaitoa ja tietämystä laajalta alalta metallien ja lasien käyttäytymisestä.

Asentavan työryhmän täytyy tietää, kuinka toteuttaa vaativimmatkin liitosdetaljit sekä ymmärrettävä, miksi asiat tehdään tietyllä tavalla. On tiedettävä, miksi on tärkeää, että mm. lasit ovat sisäpuolelta höyrytiiviiä ja mikä osa lasituksessa on tarkoitettu täyttämään tämän vaatimuksen. Aina koko asennus ei näy suunnittelmissa ja piirustuksissa, vaan ne piirretään työn edetessä ja sillä mallilla kun työt tehdään. Tämä on valitettavaa, mutta todellisuutta. Tämä koskee kuitenkin lähinnä vain lasituksen rungon kiinnitystapoja rakennuksen runkoon. Näin tehdään silloin, kun kohteen varsinainen rakennesuunnittelu on lasien ja lasien runkojärjestelmän suunnitteluvaiheessa vielä kesken. Lasituksessa tulee harvemmin tällaisia ongelmia.

6.5 Apuvälineet asennustyössä

Kiinnityslaitteet

Lasituksessa työmaakäyttöön soveltuu yleensä vain akkukäyttöinen porakone ja ruuvinväänin, koska jatkojohtojen käyttö työmaalla vaikeuttaa liikkumista. Jatkojohdot rajoittavat myös pystysuunnassa liikkumista. Korkealla työskennellä on myös syytä välttää ylimääräisiä riskitekijöitä. Vara-akkuja sekä varakoneita käytössä olevien akkujen ja koneiden lisäksi on oltava aina saatavissa.

Tyhjönostimet

Tyhjönostimen eli imukuppinostimen toimintaperiaate on yksinkertainen. Tyhjänostimen kumireunaiseen imukuppi kiinnitetään alipaineen avulla lasilevyyn. Imuosan koko muuttamalla ja alipainetta säätämällä on mahdollista nostaa ja siirtää hyvinkin painavia laseja turvallisesti. Tyhjänostimen käyttö lasien nostoissa nopeuttaa työtä lasien varastoinnissa, jalostuksessa, asennuksessa ja lasin muissa käsittelyissä.

Yksinkertaisin imukuppinostin on käsikäyttöinen yksikuppinostin. Nostimessa saadaan imukupin kiinnittämiseen tarvittava alipaine laitteen runkoon sijoitetun mekaanisen pumpun avulla. Tällainen imukuppinostin on hyvä apuväline asennuksen yhteydessä. Näitä käsikäyttöisiä nostimia on hyvä olla useampia mukana työmaalla, jotta käsien ulottuvilla on nostin ylläpitävissäkin tilanteissa. Käsikäyttöisen käsi-nostimen lisäksi löytyy myös mekaanisesti kiinnittyviä imukuppeja, jotka vain painetaan kiinni lasin pintaan. Vaatiiviin olosuhteisiin tarvittavissa imukuppinostimissa on mahdollisuus tarkkailla imukupin painetta.

Suurimpien lasien kohdalla tarvitaan tehokkaampia nostimia kuin käsikäyttöinen yksikuppinostin. Tällöin imukuppeja voidaan sijoittaa suoraan nostoputkeen tai erimuotoisiin nostorunkoihin. Tämä mahdollistaa suurien lasien siirrot nostimien avulla turvallisesti. Käyttötarkoituksesta riippuen voi imukuppien määrä vaihdella nostimessa. Nostovaijereiden, -ketjujen tai -puomien varassa siirreltävässä nostimissa imukuppien määrä vaihtelee yleensä neljästä kuuteen.

Suurimpia nostimia ovat mekaaniset siirtolaitteet, joiden imukuppien alipaine saadaan aikaan moottorikäyttöisillä pumpuilla. Pumpun avulla imukepeista pumpataan ilma pois joko suoraan tai ohivirtausperiaatteella. Työmailla käytössä olevat mekaaniset siirtolaitteet ovat yleensä akkukäyttöisiä nostimia. Nostimet ovat myös helposti käsiteltäviä; pienikokoisia ja kevyitä. Työmaille tarkoitetuissa nostimissa on painotettu hyvää ulottuvuutta ja monipuolista tarkkaa ohjattavuutta. Työmaalla nostinlaitteet kiinnitetään yleensä nostoautoon tai työma-nosturiin. Tällaisella nostimella maksimikapasiteetti voi olla jopa 300 kg. Työmaita varten on mahdollista saada myös kauko-ohjattavia nostimia.

Imukuppilaitteita on säilytettävä viileässä, vedolta ja pölyltä suojattuna. Ennen käyttöön-ottoa kumpit pitäisi aina puhdistaa sprillä, jotta kumpit säilyttävät tartuntakykynsä. Kuppiosat ovat irrotettavia ja vaihdettavia. Mekaanisissa nostimissa imukupin keskiössä oleva suodatin tulee puhdistaa määrävälein, jotta moottorin imukyky säilyy pitkään. Suodattimen tulee estää pölyn kulkeutuminen putkistoon ja pumppuun. Akkukäyttöisen nostimen akkua pitäisi käyttää mahdollisimman pitkään ennen uudelleen latausta, jotta akku säilyttää toimintavalmiutensa kauem-
min.

Nosturit

Työnaikaisia materiaalien nostoja varten on syytä isompien lasien kohdalla – ainakin lasien asennuksen ajaksi – varata nosturi. Nosturin valinnassa on otettava huomioon kohde ja asennettavat materiaalit eli lasi ja runko, jos koko rakenne tullaan asentamaan samalla nosturilla. Lasien kohdalla nosturin on myös sovellettava imukuppinostimen käyttöön sekä pikkutarkkoihin nostoihin. Nostojen helpottamiseksi näköyhteys asennusryhmän ja nosturikuskin välillä on välttämätön.

Henkilön nosto- ja siirtovälineet

Henkilön nosto- ja siirtovälinettä valittaessa otetaan huomioon samat asiat kuin nosturia valittaessa. Asennettavien lasien koolla on merkitystä asentavan henkilön nosto- ja siirtovälinettä valittaessa. Pienimpien lasien asentamiseen riittää esimerkiksi nivelpuominosturi. Sen avulla

pystytään asentamaan muutamia pieniä yksittäisiä laseja, jos nostaessa huolehditaan lasin turvallisuudesta siirroista. Pienien lasien asennukseen tarvitaan yleensä vain yksi työmies. Jos laseja on useampia samaan kohteeseen, on syytä miettiä suurempaa työskentelytasoa, johon voi ottaa useamman lasin kerralla.

Isommalla työtasolla, kuten saksilavalla, joka on riittävän tilava työskennellä, on myös turvallisempaa. Tason tulisi ulottua kerralla lasitettavan alueen laidasta laitaan, jottei työntekijöiden tarvitse kurotella lavan reunalla. Erittäin leveän lasituskohteen kohdalla on usein valittava autonosturi, joka on mastolavaa helpompi ja kätevämpi liikutella uuteen nostokohtaan. Nostokaluston saatavuuden ja ikkunakoon mukaan lasitustyökohte on usein syytä jakaa pienempiin ja asennuksen kannalta järkeviin osiin.

Työskentelytasot huolletaan ja niiden turvallisuus tarkastetaan riittävän usein, normaalissa toiminnassa kerran viikossa. Tarkastuksessa katsotaan mm. että kaiteet ovat saksilavoilla paikoillaan ja kunnolla kiinni. Jos kaide estää työskentelyn on mietittävä, kuinka työ voidaan toteuttaa ilman kaiteen irrotusta jollakin muulla menetelmällä tai apuvälineitä käyttäen.

Muita välineitä

Vaikka asennuskohde olisi kuinka siisti ja sopimuksen mukainen, on siellä aina jotain työstettävää, ennen ikkunoiden asennusta. Näihin pieniinkin ongelmiin on syytä varautua. Tällaiset ongelmat tulevat yleensä esille sellaiselle työryhmälle, jonka työsuorituksen kuuluu lasituksen lisäksi rungon asennus.

Asennuskohteen puhdistuksen tule varautua. Pienet harjat, puhaltimet ja imurit listojen tai runkojen puhdistukseen ovat usein tarpeen lasitustyössä. Detaljitasolla suunnitelmissa mennään niin tarkkoihin asioihin, että pienetkin muruset voivat rikkoa koko rakenteen ja samalla koko toimintaperiaate häiriintyy.

6.6 Lasitustyö

Lasin käsittely

Reunat ovat lasin heikoin kohta, joten sekä nostoissa että siirroissa on käytettävä imukuppeja apuna. Lasia ei saa koskaan työntää reunaan vasten tai kääntää kulmiensa varassa. Lasia käännettäessä on käytettävä imukuppeja tai lasi käännetään suojattujen reunojen varassa. Muutenkaan lasin reunat eivät saa joutua kosketuksiin kovien esineiden, kuten työkalujen kanssa. Jos lasin reunaan syntyy särö, lasia ei saa asentaa, koska lasin rikkoutuu asennuksen jälkeen lähes varmasti.

Asennus

Ennen lasien nostoa seinälle niistä poistetaan kaikki tarrat ja pehmustetyyny. Tarrat ja tyynyt poistamalla vältetään lasipinnan värin epätasaisuuksien muodostuminen. Samalla vältetään tarrojen liiman sulaminen kiinni lasipintaan. Lasi tulee aina tarkastaa vielä ennen seinälle nostoa. Viimeisellä tarkastuksella varmistetaan, että nostoa ja asennusta ei häiritse ylimääräiset tarrat ja pehmusteet, kuten tarrojen jääminen tiivistein ja ikkunan väliin. Näin saadaan kerranostolla asennettua ikkuna paikoilleen ja asennusjälki on siisti.

Asennuksen aikana varotaan, että lasi ei taitu. Taipuminen on vaarana varsinkin suurien lasien kanssa. Taipumisriski on syy, jonka takia lasia on siirrettävä vain pystyasennossa. Nostoissa käytetään apuna imukuppinnostimia. Nostoissa ja lasien kuljetuksessa käytetään lasien ohjauksen apuna narua.

Asennuksessa on syytä olla huolellinen ja tehdä asennustyö hätäilemättä. Pienelläkin huolimattomuudella voi saada aikaan enemmän vahinkoa kuin nopealla työtahdilla saavuttaa. Esimerkiksi työvälineiden osuminen lasipintaan aiheuttaa helposti murtumia, joita lasitustyössä ei anneta anteeksi tai korvata arvonalennuksella. Rauhallisella ja maltillisella, mutta kuitenkin riippäällä työtahdilla saadaan julkisivu kerralla umpeen, eikä tarvitse jälkeä päin korjailia rikkoutuneita laseja ja odotella uusien tuloa työmaalle.

Kiinnitys

Kiinnityksissä noudatetaan aina lasien ja ikkunarunkojen suunnitelmia ja asennusohjeita. Asennustyössä on vielä työn aikana huomioitava, että kuormitus jakautuu tasaisesti kantaville rakenteille. Samalla on muistettava lämpölaajenemisen aiheuttamien muodonmuutosten vaatima liikkumavara.

Asennuksen yhteydessä on koko ajan huolehdittava runkojen ja lasien riittävästä työnaikaisesta ja lopullisesta kiinnityksestä sekä saumojen tiiviydestä. Kiinnityslistojen tulee olla suunnitelmien mukaisia, ehjiä ja suoria, ja niiden tulee kestää käyttöolosuhteiden, lämpötilan ja kosteuden aiheuttamat muutokset ilman haitallisia muodonmuutoksia, kuten vääntymisiä tms.

Kiinnitystarvikkeet eivät saa syövyttää lasin pintaa tai muita rakennustarvikkeita. Lasitustyössä ei käytetä ruostuvia materiaaleja, liitoksia ja ruuveja kosteudelle alttiissa paikoissa. Asennustyössä tehdyt virheet ja huolimattomuudet eivät saa pilata ikkunarakenteen ulkonäköä ja kestävyyttä, esimerkiksi ruoste kiinnityskohdissa on rumaa ja vähentää liitoksen lujuutta. Saumasaineita valittaessa ja saumattaessa tämä on otettava myös huomioon. Saumastarvikkeiden on oltava suunnitelmien ja asennusohjeiden mukaisia ja täyttävä liitoksen tiivysvaatimukset.

Lastakiinnityksessä työmaalla huomioitavia asioita:

- Muistetaan tiivisteiden/tiivistenauhojen kohdalla niiden mahdollinen, noin 0,5 %:n pituus- kustuminen.
- Kannatuskiilat asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kannatuskiilojen tulee tukea umpiolasia koko sen leveydeltä. Raskaiden elementtien kohdalla asennuksessa tulisi käyttää kahta kiilaa rinnakkain. Kiilat eivät saa kuitenkaan tukkia lasitilan tuuletusaukkoja.
- On tarkastettava, että lasilevy ei jää kosketuksiin metallin kanssa.
- Lasituslistan kiinnityksessä huomioidaan kosteuden ja lämpötilan muutosten aiheuttamat liikkeet.

Profiililasitusjärjestelmässä työmaalla huomioitavia asioita:

- Ylä- ja alaprofiilien väliin tulevilla PVC-tuki- profiileilla estetään alumiinin ja lasin välinen kosketus.

Liimarakennekiinnityksessä eli SG-lasitusjärjestelmässä työmaalla huomioitavia asioita:

- Lasien saumat on saumattava saumaussmassalla.
 - Kirjallisia ohjeita on noudatettava.
- Kaikkien näiden lasitusmenetelmien kohdalla on syytä vielä erikseen muistaa, että tehdään suunnitelmien mukaisia rakenteita erityisesti seuraavissa asioissa:
- höyryntiivisyys
 - kondenssiveden poisto
 - ulkorakenteet ja lasien kyntetilat ulkoilmalla tuuletettavia
 - ruostumattomuus eli korroosio estetty
 - lämpökatkaisut eli kylmän johtuminen estetty.

6.7 Työkohde asennuksen jälkeen

Asennustyön päätyttyä työkohde siivotaan. Asennuksesta muodostuneet jätteet lajitellaan poiskuljetusta varten. Hyödynnettävissä oleva lasi kerätään talteen ja toimitetaan uudelleen käytettäväksi.

Kaikki lasi ei sovellu kierrätykseen, esimerkiksi palo-ovissa käytetty palonsuojalasi ei ole kierrätettävää. Ennen kierrätyksen menoa lasimateriaali puhdistetaan epäpuhtauksista, kuten kitistä. Kierrätykseen kelpaamaton jäte: lasituksessa käytetyt silikonimassat, kumit yms. asennustarvikkeet, hävitetään viranomaisten osoittamalla tavalla.

Työkohteen tulee olla siisti seuraavaa työvaihetta varten. Tarvittaessa valmis työ on suojattaan muoveilla, pahveilla levyillä tai muilla suojaustarvikkeilla niin, etteivät lasit vaurioidu. Asennustyön ja lopputuloksen tulee täyttää sopimuksen laatuvaatimukset. Kaikkien lasien tulee olla ehjiä ja puhtaita. Lasitus on ominaisuus- siltaan ja ulkonäöltään yhdenmukainen.

Asennuksen jälkeen laseihin kiinnitetään tarvittaessa esimerkiksi teipit, jotta lasien läpi ei käveltäisi vahingossa. Teipin tulee olla lasipinnan sisäpuolella, jotta se voidaan helposti poistaa. Teippin materiaali tulee valita niin, ettei se jää kiinni lasin pintaan tai jätä pintaan jälkeä. Teippi ei saa myöskään aiheuttaa lasin pinnalla suuria lämpötilan eroja, jotta lasiin ei tule värirajoja.

Teipit ovat myös hyviä merkintävälineitä, kun tarkastetaan ikkunoita. Sisäpuolisia tiivisteitä asennettaessa ja tarkistettaessa teipillä on hyvä merkitä valmiit tarkastuskohteet ja lasitukset. Merkitsemisessä voidaan soveltaa myös piirustuksiin merkittävää Vinjet-menetelmää.

Lasien pinnassa olevat epätasaisuudet tai rikkoutumiset eivät kaikki johdu rakennusaikaisista vaurioista. Osaan löytyy syy myös käytön aikaisesta huolimattomuudesta ja huomaamattomuudesta. Käytön aikana on otettava huomioon seuraavia asioita:

- Tummien säleverhojen käyttö saattaa aiheuttaa yllämpiämistä lasseissa.
- Terävät varjot saattavat aiheuttaa lasissa suuria lämpötilaeroja ja sitä myöten pinnan epätasaisuutta.
- Vaurioita voivat aiheuttaa
 - lentokoneiden äänivallin ylittäminen
 - raskaiden ajoneuvojen, räjäytystöiden yms. aiheuttama värähtely
 - kalvojen, alumiinifolioiden, liimattujen tarrojen tai vastaavien kiinnittäminen eristyslasiin tai osittain siihen.
- Lasin pinnan rikkoutuminen terävän esineen osumasta tai kovalla nopeudella kohti tulevan esineen törmäessä siihen.

6.8 Julkisivulasitukseen liittyviä ongelmia

Työmaalla lasitukseen kohdistuvat ongelmat alkavat lasien saavuttua työmaalle. Ongelmia ja riskejä on paljon, jos niihin ei varauduta etukäteen. Laseista johtuvia ongelmia ovat mm. lasien rikkoutuminen kuljetuksen aikana ja se, että lasit eivät työmaalle saapuessaan täytä niille asetettuja laatuvaatimuksia. Tällöin laseja ei voida asentaa ja koko työ myöhästyy suunnitellusta aikataulustaan.

Riski voidaan välttää varastoimalla laseja työmaalle, jolloin asennuskelpoisia laseja on työmaalla aina riittävästi. Työmaavarastointia ei kuitenkaan suositella rakennuspaikkojen ahautauden vuoksi. Ihanteellisena tilanteena voidaan pitää asentajien ja tavaratoimittajien yhteistyötä. Tällöin kuljetukset työmaalle hoidetaan työmaan asennustahdin ja materiaalitarpeen mukaan, niin että lasit voidaan päivittäin asentaa suoraan kuljetusauton lavalta ilman välivarastointia työmaalla.

Ongelma voi johtua myös työkohteen valmiudesta. Jos asennustyötä edeltävät työvaiheet ovat myöhässä, ei asennustyö pääse alkamaan suunnitellussa aikataulussa. Aikatauluriskien minimoimiseksi työnjohdon on seurattava kriittisten työvaiheiden aikataulun toteutumista, tavaratoimituksia ja urakoitsijoiden työsuoritusta säännöllisin väliajoin, niin että korjaavat toimenpiteet saadaan tehtyä riittävän ajoissa. Ongelmia voivat olla esimerkiksi julkisivurunгон suunnittelussa tai sen asennuksessa tapahtuneet mittavirheet, jolloin julkisivulasit eivät sovi paikoilleen rungon virheellisestä sijainnista johtuen.

Lasien asennuksessa ongelman voi aiheuttaa työvälaineiden rikkoutuminen kesken asennustyön, jolloin pahimmassa tapauksessa asennustyö keskeytyy. Asentajat voivat varautua näihin riskeihin käyttämällä työssään asennustyöhön tarkoitettuja ja hyvässä kunnossa olevia työkaluja sekä varaamalla ylimääräisiä työkaluja rikkoutumisen varalle.

6.9 Laadunvarmistus

Rakennuttaja vaatii nykyään lähes poikkeuksetta urakoitsijoilta laadunvarmistusta. Julkisivulasitusurakoitsijan lisäksi myös lasien valmistajin.

Kun valitaan kohteeseen laatuvaatimukset täyttävää lasien valmistajaa, yhtenä tärkeimpänä valintakriteerinä on yrityksen referenssit ja niiden laatutaso. Tämän lisäksi on hyvä varmistaa yrityksen tuotannolliset, taloudelliset ja henkilöresurssit, jotta voidaan varmistua kohteen rakenteiden toteutumisesta ja suunnitellun aikataulun saavuttamisesta.

Lasien tuotantovaiheessa valmistajalta on hyvä edellyttää dokumentoitua laadunvarmistusta, josta tilaaja voi tarvittaessa tarkastaa tuotannon laadun. Lasien valmistusvaiheen laadunvarmistus tulee sisältää lujuus- ja ulkonäköominaisuuksien tarkastuksia tehtaalla.

Lasitusurakoitsijan valinnassa toistuvat samanlaiset valintakriteerit kuin lasien valmistajan valittaessa, mutta painopiste on kuitenkin asentajien ammattitaidossa. Asentajien ammattitaito mitataan yleensä urakoitsijan referensseillä sekä tunnettavuudella. Valitsemalla asennustyöhön ammattitaitoinen urakoitsija minimoidaan asennukseen kohdistuvia riskejä huomattavasti. Urakoitsijan työn laatu varmistetaan malliasennuksella, joka tehdään juuri ennen varsinaisen asennustyön aloitusta.

Muiltakin lasitusvaiheen riskeiltä vältytään, kun lasitusurakoitsija tarkastaa ennen asennustyön aloitusta lasien laadun ja varmistaa, että työkohte on lasitustyön aloitusta varten valmis. Jotta työn tulos täyttää tilaajan sille asettamat vaatimukset, on työhön kohdistuvaa laadunvarmistusta tehtävä koko asennustyön ajan mm. mittauksia tekemällä ja työn aikataulua seuraamalla. Työn laatuun vaikuttavat myös asianmukaisten työvälaineiden käyttö ja työmaan järjestys. Työn valmistuttua tilaaja hyväksyy asennustyön vastaanottotarkastuksessa.

Mallityön tekeminen ennen varsinaisen asennustyön aloitusta on myös yksi ennakoiva laadunvarmistusmenetelmä. Se on kaikkien osapuolten kannalta suositeltavaa, koska malliasennuksessa voidaan varmistua, että kaikilla osapuolilla on yhtenäinen näkemys lopputuloksen ulkonäöstä, työn laadusta ja tavaratoimituksesta. Käytännössä mallityön idea ei aivan toimi lasirakentamisen kohdalla. Materiaaleilla on pitkä toimitusaika suhteessa rakennusaikaan. Työn aloituksen yhteydessä tehtävän mallityön jälkeen ei ole juurikaan enää mahdollisuuksia muuttaa lasimittoja, lasien tyyppiä ja väriä tai profiilien väriä ja muotoilua.

Jos halutaan käyttää mallityötä ja -asennusta yhtenä tekijänä materiaalien valinnassa ja lopputuloksen ulkonäössä, tulisi mallityö tehdä jo suunnitteluvaiheessa. Tämä nostaa jonkin verran suunnittelukustannuksia, mutta varsinkin suurissa kohteissa kustannusnousun merkitys jää vähäiseksi. Suunnitteluvaiheen mallityön tekemisellä varmistetaan lopputuloksen laadusta ja saadaan työnaikaiselle tuotannon laadulle vertailukohta.

6.10 Ympäristötekijöitä

Lasin merkittävimpiä ympäristövaikutuksia ovat valmistuksen energiankulutus ja päästöt. Lasin valmistuksessa vapautuu mm. rikki- ja typpioksideja sekä metalliyhdisteitä ja pölyä. On huomioitava myös lasirakenteiden käytönäikäinen energiankulutus, joka on varsin suuri. Ympäristötekijöiden tarkasteluun kuuluvat myös raaka-aineiden, kuten kvartsihiekan, kalkin ja dolomiitin, louhintaa ja murskausta.

Varsinainen työmaalla tehtävä lasitus on varsin ympäristöystävällistä, koska asennusvaiheessa työhön ei enää juurikaan sitoudu energiaa, nostolaitteiden ja kiinnitysvälaineiden käyttöenergiaa lukuun ottamatta.