

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 julkaistuja artikkeleita](#)

Lasiseinät, lasikatot ja niiden liittymät ympäröiviin rakenteisiin

Vilho Pekkala, DI

Suunnittelujohtaja, Insinööritoimisto Mikko Vahanen Oy
vilho.pekkala@vahanen.com

Kari Vikman, RI

Projektinjohtaja, HKR-Rakennuttaja
kari.vikman@hel.fi

1 Johdanto

Lasiseiniä ja lasikattoja on käytetty Suomessakin jo kauan, mm. 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa talvipuutarhoissa. Ulkomailla niitä on tehty kauemmin, esimerkiksi Crystal Palace 1851 Lontoon maailmannäyttelyyn oli huomattava lasirakennus. Nykyratkaisuja soveltavat lasiseinät ja lasikatot olivat Suomessa vielä 1970-luvulla verraten harvinaisia, mutta alkoivat selvästi yleistyä 1980-luvun loppupuolella. Tämän jälkeen niitä on rakennettu suureen osaan uudisrakennuksista. Alkuvaiheessa lasirakentaminen oli melkoista opettelua ja virheitä tehtiin runsaasti. ”Jokaisessa talossa on lasikatto ja lasiseiniä, ja jokainen niistä vuotaa” oli usein kuultu toteamus. Vaikka todellisuus ei aivan näin synkkä ollut, korjaamista oli runsaasti. Jos vika oli perustavaa laatua, vuotamattomaksi saaminen korjaamalla tuntui joskus mahdottomalta.

Erikoistuneiden osajien kouluttaminen, heidän työnsä arvostaminen ja tukeminen sekä asiantuntemuksen käyttäminen hankkeissa olisi kannattanut. Tuoteosakauppojen yleistymisen myötä on voitu koulua virheitä pois ja lasirakennetarkaisujen suunnitteluun ja toteutukseen on saatu yhä kokeneempia ja osaavampia voimia. Voidaan todeta, että vaikka rakennuslalalla on aikojen saatossa tehty joukko ison luokan virheitä, valtakunnassa olisi ollut tarjolla tietoa, jota käyttämällä kalliit ja alan mainetta rasittaneet virheet olisi voitu pääosin välttää. Vakio tuotteet onnistuvat yleensä, mutta erikoisuuksia harkittaessa kannattaa ottaa yhteys valmistajiin tai maahantuojaan.

Tässä artikkelissa käydään läpi lasiseinissä ja lasikatoissa käytettäviä järjestelmiä ja niiltä edellytettäviä ominaisuuksia. Listakiinnitysjärjestelmien osuus on laajin, koska niitä on eniten ja nimenomaan niissä on esiintynyt vuotoja. Liittymistä ympäröiville rakenteille esitetään yleisvaatimuksia ja joitakin esimerkkipiirroksia. Lasien mitoituskysymyksiä eikä myöskään kaksoislasiseiniä käsitellä. Kaksoislasiseinissä varsinainen seinä on periaatteessa samanlainen, mutta suojaavan lasin ansiosta myrskysadevesirasitus puuttuu tai on paljon lievempi.

Jo vuosia lasiseinien ja -kattojen lasikentät ovat olleet sangen luotettavia eikä niissä ole esiintynyt merkittävästi vuotoja, kunhan kohteeseen on valittu hyväksi tunnettu, toimiva ja ammattitaitoisesti asennettu järjestelmä. Lasirakenteen osalta rakennuksen suunnittelu on myös verraten helppoa ja hallittavaa, kun valittuun järjestelmään kuuluvien ohjeiden mukaisesti otetaan huomioon tuulikuorma, lämpöliikkeet, rakennusrungon rakenteiden taipumat ja muut liikkeet, kosteusteknisen toimivuuden edellytykset sekä muut tarpeelliset reunaehdot.

Lasijärjestelmätoimittajien yksityiskohtakirjastot ovat kattavia. Niistä puuttuvat kuitenkin liittymät muihin rakenteisiin, joten ne joudutaan suunnittelemaan kohdekohtaisesti. Lasirakennesarjelmistötoimittajien ohjepiirustuksissa on yleensä esitetty vain muutamia tavallisia vaihtoehtoja, jotka harvoin kelpaavat sellaiseen työhön alla olevaan kohteeseen.

Tavallisten julkisivuikkunoiden liittymisiin voidaan pitkälti soveltaa lasiseinissä ja lasikatoissa käytettäviä liittymäyksityiskohtia. Erilaisia yksityiskohtia on käytännössä erittäin paljon ja niitä muutetaan kaiken aikaa, joten kaikista ei ole ehtinyt kertyä tarpeeksi yksityiskohtaista kokemuseräistä tietoa.

Lasiseinien liittymiskohtia ovat sokkeli ja räystä sekä erilaiset ala-, ylä- ja sivuliittymät mitä erilaisimpiin ulkoseinä- ja lasirakenteisiin. Erilaisten ulkoseinä- ja julkisivupintamateriaalien ja niistä koottujen rakennepakettien kirjo on tavattoman laaja. Onkin ymmärrettävää, että lasiseinäjärjestelmien toimittajat ovat jättäneet liittymät pois ohjeellisista tyyppiirustuksista ja keskittyneet järjestelmiensä sisäisiin yksityiskohtiin. Liittymät pitääkin esittää tarkasti kohdekohtaisissa suunnitelmissa. Ne esitetään joko arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan suunnitelmissa. Oleellista on, että he tekevät tiivistä yhteistyötä paneutuen kunnolla niin periaatteellisiin toimivuuskysymyksiin kuin yksityiskohditiinkin.

Lasikatot liittyvät muihin vesikate- ja yläpohjamateriaaleihin ainakin alareunallaan. Lasikatoille ominainen riskilaji on lasin päällä sulaneesta lumesta muodostuneen veden jäätyminen.

nen alemmalle kylmälle kattopinnalle. Syntyvät jääpadot saattavat sopivissa olosuhteissa olla huomattavan suuria aiheuttaen vesikatteen pitävyyttä uhkaavaa vedenpainetta. On tärkeää poistaa jäätymisen aiheuttamat riskit sopivilla toimenpiteillä.

Valmistuneista rakennuksista on tullut edelleen huolellustavan paljon palautetta vesivuodoista ja muistakin ongelmista, vaikka pääosa tuotannosta on ollut verraten hyvälaatuista. Ongelmien lähtökohtia ovat selvästi olleet suunnittelun puutteet. On joko suunniteltu liian vähän, jolloin moni oleellinen luonnonlain toimivuus kuten lämpöliikkeet, betonirakenteiden kutistumat ja taipumat sekä saumojen muodonmuutoskyky ovat jääneet pohtimatta tai niiden monenlaisia yhteisvaikutuksia on tutkittu puutteellisesti.

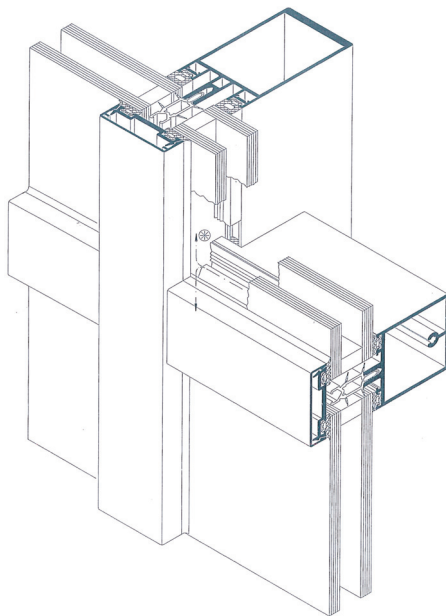
Lasirakenteen ja muun rakenteen välinen liittymäsauma on usein se vuotokohta, josta sadetta on päässyt tunkeutumaan rakenteeseen kastelemaan lämmöneristeitä, aiheuttamaan mikrobikasvuja, vuotamaan sisälle ja synnyttämään muita kosteusvaurioita.

Tuulenpaineen aiheuttamien ilmavirtausten suunnat ja samalla veden kuljettaminen vaihtelevat rakennuksen eri osissa. Tavallisella melko kovan tuulen viistosateella kastuvat lähinnä vain räystäslinja ja ulkonurkat. Harvoin, yleensä monen vuoden välein sattuvat kovat myrskysateet kastelevat kaiken. Silloin seinien pinoilla on vesikerros ja tuulen paine työntää vettä rakenteisiin jokaisesta pienestäkin vuotokohdasta. Paineellisesti vedelle mitoittaminen on siis lähtökohta lasiseinien, lasikattojen ja niiden jokaisen liittymän suunnittelulle ja rakentamiselle.

Lasiseinien ja lasikattojen rakentamista säätelee yli sata standardia. On selvää, ettei kukaan voi hallita niitä kaikkia. Standardi RakMK F2 rakennuksen käyttöturvallisuudesta sisältää varsin tiukkoja määräysten vaatimuksia lasirakenteille. Palo-osastointi on ulotettava myös lasiseiniin.

Lasirakenteita ja niiden profiilijärjestelmiä valmistavat yritykset ovat kehittäneet tuotteitaan vuosikymmeniä mm. myrskysadevedenpitävyyden aikaansaamiseksi. Vaikka niiden parissa työskennelleet asiantuntijat laativat mielestään varmat ja onnistumisen takaavat suunnitelmat, tutkimushallissa saadaan yleensä aina vielä lisätietoa tuotteen kehittämiseksi. Sädetus, sykkivä tuulen paine ja tarkkailu vastakkaiselta puolelta on paljastanut vuodot ja siten jatkokehittämistä vaativat heikot kohdat.

Myös kevyemmän luokan lasiseinä- ja lasikattojärjestelmiä on olemassa. Niiden soveltaminen voidaan arvioida U-arvon ja muun toimivuuden kannalta.



Kuva 1. Listalasisitusjärjestelmässä lasielementit puristetaan lasituslistalla kiinni runkoon ja ulkonäkö viimeistellään julkisivulistalla, ns. lyöntilistalla. Järjestelmässä on kyntetilan tuuletus ja vuotovesijärjestelmä. Pystyprofileihin jyrsketään kolot, joista vaakaprofiilien mahdollinen vuotovesi pääsee pystyprofiilien uriin.

2 Lasirakenteiden suunnittelu

Vuodot ovat olleet tärkein yhteinen nimittäjä lasirakenteiden ongelmille. Päähuomio onkin kiinnitettävä asioihin, jotka ovat välittömästi tai välillisesti aiheuttaneet vuotoja. Rakennuksen lasirakenteiden onnistumiselle on vain yksi hyvä vaihtoehto, joka on vedenpitävyyden onnistuminen kerralla. Korjauksien tekeminen jälkeenpäin on vaikea saada onnistumaan. Suurimman osan ongelmista on todettu poistuvan kunnollisella suunnittelulla. Aikataulutaminen on tärkeä vaihe: suunnittelulle, sen kaikille vaiheille ja tietojen prosessoitumiselle pitää olla tarpeeksi aikaa. Budjetissa on oltava tarpeeksi rahaa kunnolliseen suunnitteluttamiseen ja tilaajan on panostettava suunnittelun ohjaukseen ja koordinointiin.

Suunnittelussa ja suunnitteluratkaisuissa pitää ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat:

- Lasirakenteet ovat teknisiä erikoisrakenteita, joiden toiminta pitää ymmärtää kokonaisu-

nessaan. Muun muassa lasien ja kokonaisuuden U-arvot, tukirakenteiden mitoituspaine, paineen ja/tai imun esiintyminen sekä muodonmuutokset otetaan monipuoliseen harkintaan. Myös tuulenpainekaavioiden tulisi sisältyä urakkalaskentakyselypakettiin lasipaksuuksien ja lasilaatujen tasapuolista tarjontamista varten.

- Valitaan hyvä järjestelmä tavallisista tai SG-järjestelmistä. Vedenpitävyys ei saa koskaan olla pelkästään kumitiivisteiden varassa. Kumit ja muovit vanhenevat. Periaatteessa kaikki kohteet ovat vaativia.
- Suunnittelu on tehtävä riittävän yksityiskohteisesti. Liian vähäinen suunnittelu tai jopa suunnittelelmattomuus ovat olleet monien vuotojen merkittäviä osasyitä.
- Suunnittelijan on oltava selvillä toteutuksen edellyttämistä asioista. Näin vältetään asennusvirheitä.
- Osien ns. palikka-asennus suunnitelmiin vietyä ei riitä, vaan tarvitaan huomattavasti seikkaperäisemmin mietityt yksityiskohdat.
- Erityisesti perusvirheitä pitää välttää, sillä niitä on tehty usein.
- Lasien reunat kannattaa tilata hiottuina, jolloin rikkoutumisvaara työmaalla vähenee.
- Runkometalliksi sopii parhaiten alumiini, jolloin vältetään korroosio-ongelmat.
- Kiinnitysruuvien on oltava haponkestäviä.
- Lasin tehdaskoko 6000 x 3120 mm rajoittaa suunnittelua, jos pyritään pieneen hukkaan.
- Laminoidun lasin ääneneristys on huomattavasti parempi kuin laminoimattoman lasin. Lasien sijoittaminen mahdollisimman kauas toisistaan on ääneneristyksen kannalta etu.
- Huoltoturvallisuus pesutehtävissä edellyttää hoitolaiteita.
- Urakkalaskenta-aineiston tulee olla kunnollinen ja riittävä. Kaikkein tulee löytyä määrittelyt.
- Virheistä suurin osa syntyy yksityiskohdissa ja kommunikaatiossa. Kumpaankin on siis panostettava.

Suunnitteluratkaisujen perusteiksi on saatavissa tietoja järjestelmien toimittajilta. CE-merkin käyttäminen edellyttää testaustuloksia. Eri pyynnöstä voi saada tietoja mm. tuulenpainemitoituskäyriä, lämmöneristyksestä isotermikäyrästä ja ääneneristävyydestä.

3 Lasiseinät

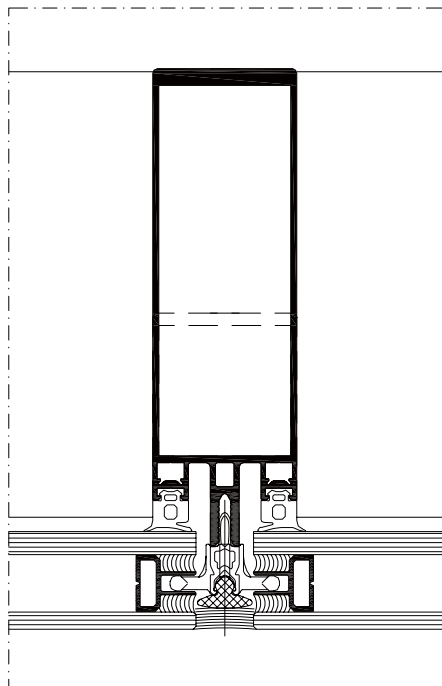
3.1 Kiinnitysjärjestelmä

Lasiseinän lasielementit ovat kaksi- tai kolmilasisia eristyslaselementtejä. Lasielementit painavat yleensä vähintään useita kymmeniä kiloja, joskus jopa satoja kiloja. Lasiosan U-arvot vaihtelevat käytännössä 0,7–1,8 W/m²K. Koh-

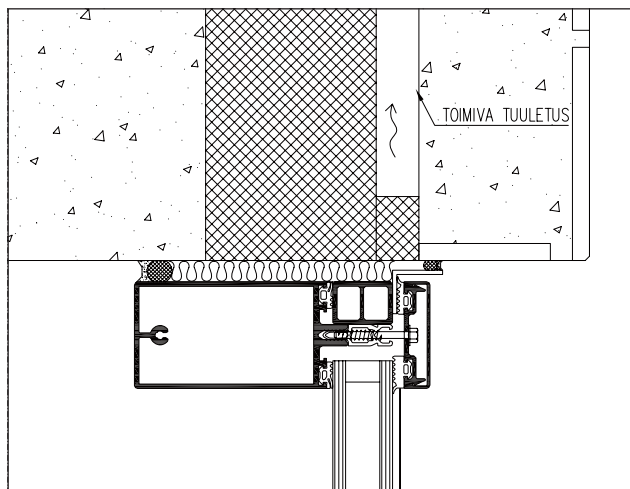
tuullisella kustannuksella päästään nykyään U-arvoon 1,0 W/m²K. Tätä paremmat arvot ovat huomattavasti kalliimpia. Profiilien suuressa lämmönjohtavuuden vuoksi lasiseinäkokonaisuuden U-arvo on huonompi kuin pelkän lasin U-arvo. Nykyaikaisen profiilijärjestelmän U-arvo on 1–1,4 W/m²K. Matalaenergia-ratkaisuissa U-arvon valinnalla ja kustannuksilla on tulevaisuudessa suuri merkitys. Ulkolasin ulkopinnan huurtumisia tulee tapahtumaan aikaisempaa enemmän.

Laselementtien kiinnittämiseen on olemassa neljä erilaista menettelyä:

- Yleisin ja edullisin menettelytapa on listakiinnitys liittyen kantavana rakenteena olevaan 50 mm tai 60 mm leveään alumiiniprofiilijärjestelmään. Se sopii hyvin myös seinäin, joissa kerrosten välillä on lämmöneristetty seinän osa. Laselementtien paino siirretään rungolle asennuskiilojen kautta. Isoilla jänneväleillä voidaan käyttää teräsrakenteista runkoa ja sen päällä alumiinista niin sanottua nollaprofiilia.



Kuva 2. Structural glazing eli SG-järjestelmä toteutetaan ilman näkyviä listoja. Tässä vaihtoehdossa lasielementit kiinnitetään runkoon mekaanisesti.



Kuva 3. Listajärjestelmällä toteutetun lasiseinän sivuliittymä kivirakenteiseen ulkoseinään. Lasit sijoitetaan seinän lämmöneristeen kohdalle. Sisäpinta tehdään ilmatiiviiksi ja ulkopinta paineellista vettä pitäväksi. Julkisivulistaa ei saa kiittää kiinni ulkoseinään, vaan apuna käytetään L-listaa. Yläliittymä on yleensä muuten samanlainen, mutta yläliittymä tulee suunnitella erikseen siten, että ylhäältä lämmöneristeestä valuva vesi ei pääse profiilijärjestelmään vaan ohjautuu ulos.

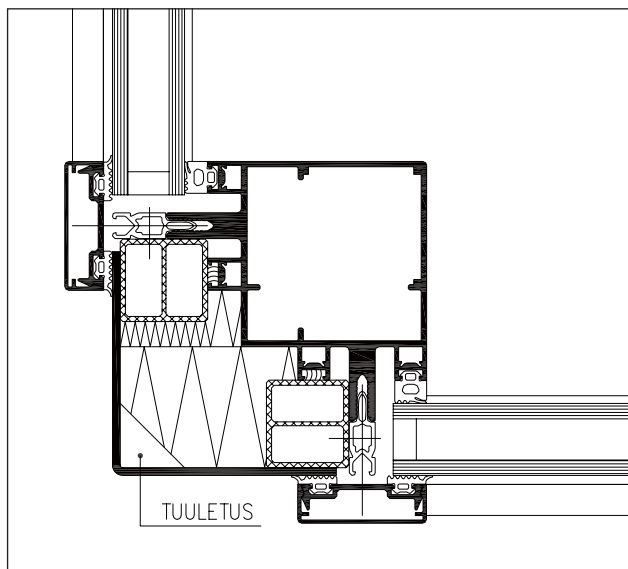
- Liimakiinnitys, SG-lasitus, structural glazing. Laselementit on kiinnitettävä erikoissilikonilla runkoalumiiniin laboratoriomaisen hyvin hallitun työmenetelmin puhtaissa ja hallituissa olosuhteissa. SG-massan tarttuvuus ja pitkäaikaiskestävyys on syytä varmistaa. Liimauksella on oltava laadunvarmistusmenetelmä. Ulkopinnaltaan lasit myös liimataan toisiinsa, jolloin julkisivuihin ei tule pintalistoja. SG-järjestelmää käytettäessä tulee kuitenkin kohdekohtaisesti arvioida mekaanisen kiinnityksen tarve. Joskus käytetään kahden kiinnitystavan välimuotoa: pystyyn listakiinnitys, vaakaan liimaus.
- Pistekiinnitys pienillä metalliruuveilla lasien läpi porattujen reikien kautta. Laselementtien paino viedään ruuvien kautta rungolle. Lasivälit saumataan kitillä. Isot pistekiinnitteiset lasiseinät voi usein tunnistaa ”härvelistä”, joka kantaa lasikuormat ja tuulikuormat.
- Rakenteelliset lasipalkit, jotka ovat uusin tuokas. Laselementit kiinnitetään niihin liimaamalla eli kysymyksessä on yksi SG-järjestelmän sovellus.

Karmi- tai tukirakenteen tarkoitus on lasin kannattaminen siten, että rakennuksen mahdolliset liikkeet eivät aiheuta lasille rikkoutumiseen johtavaa kuormitusta.

3.2 Lasiseinien toimivuusperiaatteita ja ratkaisuja

- Lasien ja takana olevan rungon on kestävä tuulikuormat. Suurissa lasiseinissä tukirakenteen dimensiot voivat olla huomattavan suuria. Taipumat tutkitaan. Teräs ja alumiinilapaprofiili ovat alumiinipalkin vaihtoehtona isoille jänneveleille.
- Lasien rikkoutumisia ei saa tapahtua. Tavanomaisissa lasiseinissä ei kuitenkaan tarvitse käyttää laminoituja lasia. Jos jollakin seinän osalla on kaidemerkitystä, kyseisellä kohdalla käytetään laminoitua lasia.
- Laselementtien paino siirretään asennuskiiloilla profiileille. Lasien pysyminen paikallaan varmistetaan. Kiilojen tulee olla oikean kokoisia ja asennettu tarkasti oikeille paikoille.
- Listajärjestelmällisestä lasituksesta tehdään mahdollisimman vedenpitävä. Rakenteen vesihöyrytiivistason tulee olla lasin sisäpinnalla säältä suojassa. Profiilijärjestelmässä on oltava veden vuotoveden keräys- ja ulosjohtajajärjestelmä. Ilman kourustoa olevat järjestelmät eivät ole kelvollisia vaativiin lasiseiniin.
- Vaakaprofiilien vuotovesiurista vesi ohjataan pystyprofiilien uriin ja pystyprofiilien alapäistä pois siten, että vettä ei voi päästä haitallisesti sokkelirakenteeseen.

- Lasielementtien väliset kyntetilat ovat tuuletettuja. Em. vuotovetikourut toimivat myös vaaka- ja pystyprofiilien tuuletuksessa.
- Ovissa ja tuuletusikkunoissa pitää tiivistettyyden vuoksi yleensä olla oma karmi ja kehys, mikä merkitsee niiden näkymistä julkisivussa.
- Monikerroksisissa rakennuksissa lasiseinät jaetaan kerroksen korkuisiin elementteihin. Seinän kannatus on järjestettävä johdonmukaisesti. Seinäelementit ripustetaan välipohjista ja vaakasuora liikutusauma on aina elementin alapäässä. Välipohjan taipuma ei saa aiheuttaa lasiseinärungon taipumaa siinä määrin, että lasien reunat ottavat kiinni runkoon aiheuttaen lasin rikkoutumisen.
- Lasiseinissä on tavallisesti välipohjan kohdalla ja sen yläpuolella lämmöneristetty osuus. Se on suunniteltava rakennusfysikaalisesti toimivaksi. Lämmöneristeenä on tavallisesti mineraalivilla, joka on saatava pysymään kuivana eri työvaiheiden ajan. Mineraalivillan ulkopinnassa on tuulensuojalevy, jonka tulee olla vesihöyryä läpäisevä ja tarpeeksi tukeva, jotta se ei pullistu. Levy kuumenee auringonpaisteisella seinällä noin 60 °C:een, jolloin myös villatilassa oleva runko lämpiää. Lämpäminen otetaan huomioon liikutusaumoituksessa.
- Julkisivulasin ja em. tuulensuojalevyn välissä on tuuletusväli. Tuuletusilma johdetaan listoissa olevien reikien kautta. Tuuletuksen kuivatuskyky on melko pieni, joten villatilaan ei saa päästä juuri ollenkaan kosteutta joten mm. betonin ja mineraalivillan välissä on oltava tehokas höyryn- ja ilmasulku estämässä betonin kuivuminen villatilaan. Jos julkisivulasin takapintaan pääsee tiivistymään vettä, lasista tulee häiritsevän laikukas. Julkisivulasin ulkopintaan joskus öisin tiivistyvä vesi tai kondenssijää on eri asia ja on seinän normaalia kosteuskäyttäytymistä, samaa mitä tavataan autojen ikkunoissa.
- Välipohjaliittymät ovat useimmiten palolueroja ja ne on tehtävä yksityiskohdiltaan paloa läpäisemättömiksi. Välipohjaliittymien ilmatiiviys ja ääneneristys varmistetaan lisäksi elastisella saumauksella tai paisuvalla saumanauhalla.
- Betonitason reunan sijainnilla on toleranssin- sa, joka otetaan huomioon kiinnitysten säätömahdollisuuksissa, paloeristyksissä, ilmatiiviiksi saumaamisessa jne.
- Lämmöneristettyjen lasiseinän osien lopullisena sisäpintana on usein kipsilevy. Kipsilevy on helppä homehtumaan kosteissa työmaolosuhteissa, joten se on hyvä asentaa vasta kun on saavutettu riittävän kuivat olosuhteet.
- Ääneneristystarpeissa kannattaa käyttää akustikon asiantuntemusta.
- Palopuolen asiat on hyvä antaa palokonsultin tarkastettaviksi.
- Jos sisäilma on kostutettua tai kostunutta (uimahallit yms.), rakennusfysiikkaan perehtyneen henkilön tulisi tarkastaa suunnitelmat.
- Julkisivupinnan ulkopuolelle tulevat asennukset kuten auringonsuojaukset, mainokset jne. aiheuttavat riskejä myrskysadevedenpitävyyteen, joten kiinnitykset on suunniteltava ja tehtävä huolella. Kiinnitykset tehdään tavallisesti alumiinirungosta, raskaat kiinnitykset vieläkin tukevammasta taustasta.
- Liittymät muihin julkisivurakenteisiin, sokkeleihin, räystäisiin jne. suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaisiksi, jolloin ne myös osataan toteuttaa. Liittymät ovat useimmiten samalla pienoisiikutusaumoja. Saumojen on oltava joustavia ja vesitiiviitä, myrskyllä myös vedenpainetta pitäviä. Pienikin vuoto- kohta voi syöttää ulkoseinärakenteeseen paljon vettä, jonka kuivuminen haittaa aiheuttamatta voi olla liian hidasta. Jäljempänä on muutamia piirroksia liittymistä.
- Lasiseinän ovien kynnysrakenteiden vedenpitävyyteen pitää panostaa sekä suunnittelussa että asennuksessa. Niissä on hankalia yksityiskohtia. Kynnys on monesti ollut vuotoveden sisäänmenokohta.
- Riskiarviointea käytetään laadunvarmistukseen. Ainakin suunnittelun katkokohdissa on hyvä pysähtyä, kutsua joukko koolle, kyseenalaistaa tehtyjä ratkaisuja ja pohtia vaihtoehtoja. Myös ulkopuolista asiantuntijaa voidaan käyttää.
- Laaditaan huolto-ohjeet.
- Olosuhdehallinta asennustyön aikana on oleellista, ehkä eniten lämmöneristettyjen kenttien kuivana pitämiseksi.
- Mallimenettelyä käytetään luovasti varmistamaan kerralla onnistuminen. Mallityöt voivat olla myös uudenlaisten kohtien eteen tullessa jatkuva prosessi, jolla yhä parannetaan laatua. Mallityökatsemuksista laaditaan aina pöytäkirja. Se ryhdistää sovittujen asioiden perille menoa. Mallitöitä suositellaan tehtäväksi reilusti etuajassa. Sadetuskokeet ovat hyödyllisiä. Muita malleille tehtäviä testejä ovat esimerkiksi asennettavuus ja toleranssien hallinta.
- Lasirakenteen asennus vaatii lasirakenteisiin perehtyneen valvojan. Valvojan tulisi olla kykenevä ja halukas osaltaan tarvittaessa opastamaan ja kouluttamaan asentajia. Hyväksytty mallityö on asennuksen lähtökohta, josta ratkaisuja pyritään edelleen parantamaan. Ei pidä tuudittautua uskomaan, että kaikki menee hyvin. Laatu ei synny itsestään, se on tehtävä.
- Järjestelmissä on paljon osia, on tiedettävä mitä ollaan asentamassa.



Kuva 4. Lasiseinän ulkonurkka. Nurkan lämmöneristetilaan suositellaan järjestettäväksi kuivumismahdollisuus tuuletuskanavalla ja sen kautta johdetulla tuuletuksella. Nurkkapilari voi olla kantava teräsneliöputki ja sen päällä lasijärjestelmän alumiiniset nollaprofiilit.

- Betonirakenteiden toleranssit otetaan huomioon etukäteen. Lasirakenne-elementit joudutaan valmistamaan aikaisemmin, joten mitoilla ei ehditä käydä. Betonirakenteet mitataan kuitenkin ennen asentamista, jotta jää toiminta-aikaa toleranssien korjaamiseen.

3.3 Lasiseinien liikuntasaumoitus

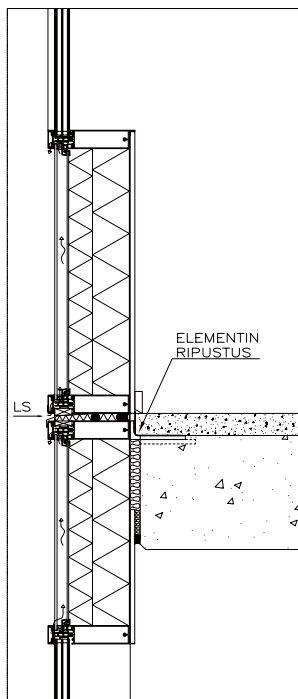
Lasiseiniin kohdistuu seinän lämpöliikkeitä ja rakennusrungon liikkeitä, joiden on voitava tapahtua haittoja aiheuttamatta. Haitat voivat olla ylimääräisiä vuotoja, pakkovoimista johtuvia lasiseinärungon nurjahtamisia, liikevarojen loppumisesta johtuvia lasien rikkoutumisia, lasielementtien putoamisia asennusvälin kasvaessa liikaa jne. Lasiseinäelementin sisäisten osien liikkeet ovat niin pieniä, että mm. lasit voivat liikkua sen verran kumitiivisteissään ilman erikoisjärjestelyjä. Kiinnitysruuvien ja pulttien reiät ovat tarvittaessa pitkulaiset. Hyvin suuriin liikuntasauмалиikkeisiin suositellaan suunniteltavaksi sovituskaisiat.

Liikuntasaumoja voidaan suositella käytettäväksi seuraavissa tilanteissa:

- Rakennuksen kantavan rungon liikuntasaumojen kohdilla
- Vaakasuurien liikuntasaumojen liikevaraan vaikuttavat lasiseinän rungon lämpöliikkeet,

betonirungon kutistuma ja viruma (jonkinlainen lähtökohta on 1 mm/korkeusmetri) ja seinän kiinnitysalustana olevan palkin tai laatan reunan pitkäaikaistaipuma.

- Pystysuorien liikuntasaumojen liikkeisiin vaikuttavat lähinnä lasiseinärungon lämpöliikkeet ja betonirungon kutistuma sekä jännite-tyissä betonirakenteissa myös viruma. Pystysaumat tehdään riittävän tiheään, jotta saadaan tehdyksi tiiviit saumat. Jokaisen vaakaprofiilin toisessa päässä on liikuntasauma, joka toteutetaan esimerkiksi herkästi liikkuvalla sisäholkillä. Suomessa vaakaprofiilin maksimipituus on 2,7 metriä. Liikuntasaumojen liikevarat eivät saa loppua kesken, jottei kehity hallitsemattomia pakkovoimia ja niiden seurauksena laseja alkaisi rikkoutua.
- Em. rakennusrungon liikkeet ovat lasiseinälle niin oleellisia, että rakennesuunnittelijan tulee laatia niistä laskelmat.
- Jos betonirungon taipuma on suuren jännevälillä, laatan hoikkuuden tai muun syyn vuoksi liian suuri, lasiseinän lämmöneristetyt osuuden sisälle voidaan rakentaa ristikkopalkki. Kannatus tehdään vain kahdesta pisteestä ja laatan reuna erotetaan vapaasti taipuvaksi. Sivusuuntainen kiinnitys tehdään tiheämmin, pystysuunnassa liukuvien kiinnikkein.



Kuva 5. Lasiseinän ja välipohjan liittyminen. Liittymän ääneneristykseen, ilmatiivyyden ja paloneristykseen tulee täyttää vaatimukset. Piirroksen lasiseinässä on poikkeuksellisesti liikuntasaumat välipohjien kohdalla, tehtynä kaksin vaakaprofiilein ja varustettuna vuotoveden ulos ohjauksella. Välipohjan reunan taipuma ei saa aiheuttaa liian suurta liikettä seinäelementteihin. Julkisivulasien taustat tuuletetaan.

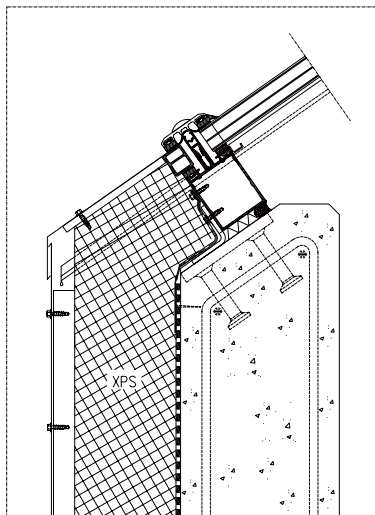
4 Lasikatot

4.1 Toimivuuden periaatteita ja käytännön ratkaisuja

Seuraavassa on koottu joukko käytännön onnistumisista ja ongelmien ratkaisuista koottuja näkemyksiä, jotka olisi saatava toteutumaan lasikatoissa. Osa niistä on turvallisuuskysymyksiä. Rakennusratkaisut ovat pääosin yhteisiä lasiseinien ratkaisujen kanssa.

- Lasien ja tukirakenteiden on kestettävä rakenteiden paino ja lumi- sekä tuulikuormat. Taipumille on rajoituksia. Lumikuorman suuruudessa on joskus ollut tulkintavaikeuksia.

- Lasikatotien rungot tehdään sellaisiksi, että lasikaton lämpöliikkeet, betonirungon pitkäaikaismuodonmuutokset jne. pääsevät tapahtumaan ilman pakkovoimien kehittymistä. Mahdollinen liikuntasuoritus ja rakenteellisten kiinnitysten toimintatapa ovat seurausta tehdyistä valinnoista.
- Yllättäviä ja vaarallisia lasin alas putoamisia ei saa koskaan tapahtua, ei edes ryynnimäisiksi muruiksi särkyvän karkaistun lasin putoamista. Alimman lasin tulee olla laminoitu ja riittävästi tuille viety niin, että se ei voi luiskahdtaa tuelta pois. Päälimmäinen lasi on karkaistu.
- Vedenpoisto lasikenttien päältä on hallittua. Talviaikana sulanut ja kylmälle kattopinnalle jäätymisriskin muodostava vesi ohjataan mielellään sulatusvarmistuksen lähellä sijaitseviin kattokaivoihin tai sulatuskaapelilla varustettua kourua pitkin pois.
- Jäämassojen putoamista ei saa päästä tapahtumaan.
- Jääpatojen muodostuminen estetään. Niiden aiheuttama vedenpaine ja katteeseen lujasti kiinni jääntyneen jään lämpöliikkeiden mekaaniset voimat lyhentävät katteen käyttöikää.
- Listoilla toteutettavasta lasitusjärjestelmästä tehdään mahdollisimman vedenpitävä. Listamuoto valitaan kattokaltevuuden mukaan matalaksi ja kulmasta viistetyksi siten, että sen taakse ei kerry paljon vettä. Lasituslistan alle asennetaan vedeneristeeksi 0,75 mm EPDM- tai butyylilikumisuikale. Ilman sitä padotustilanteiden vedellä olisi liian vapaa pääsy vuotovesikourustoon.
- Varaudutaan kuitenkin lasi-listajärjestelmän pieneen vuotamiseen tiivisteiden ikääntymisen ja lukuisien lämpöliikkeiden aiheuttamina. Tavallisiin tiivisten vuotokohtaan on nurkka.
- Profiilijärjestelmiksi valitaan ainoastaan sellaisia, joissa on toimiva vuotoveden keräys- ja ulosjohtatusjärjestelmä. Muunlaisia järjestelmiä ei kannata valita lasikattoihin.
- Sisäpintojen kondenssitilanne selvitetään. Elokuun loppupuolen ja syyskuun aikana ulkoilman (ja samalla sisäilman) kosteus on tyypillisesti korkeimmillaan. Pilvettöminä öinä lasielementit säteilevät itsensä taivaalle tavanomaisista kylmemmiksi, jolloin sisäpintoihin voi syntyä kondenssia. Jos arvioidaan olevan kondenssin mahdollisuus, voidaan valita profiilin ulkoreunalla sijaitsevan kondenssikouruston sisältävä profiilijärjestelmä. Kourustosta vesi johdetaan ulos. Vuotovesikourusto on eri asia, se tulee olla muutenkin. Yhä parantuneet lasielementtien lämmöneristävyydet ovat vähentäneet kondenssiriskiä, joten normaaleissa toimisto- ja kauppa-keskusrakennuksissa ei tarvita kondenssikouruja. Kosteissa tiloissa kuten uimahalleissa ja puoli-lämpimissä tiloissa kondenssikouruja tarvii-



Kuva 6. Lasikaton alaräystä. Mahdolliset vuotovedet johdetaan vaakaprofiilien urista pystyprofiilien uriin. Vesi poistuu pystyprofiilien uria pitkin lämmöneristeen ulkopuolelle. Ratkaisusta riippuen kourujen päät saattavat olla näkyvillä, jolloin lasien päällä olevan räntäkerroksen sulaessa voidaan nähdä onko lasikatto pitävä vai ei. Jäätymisaltiltiit poistokourujen ulkopäät varustetaan tarvittaessa sulatuksella. Kuvan järjestelmässä on myös lasien alapinnan kondenssivesikourusto.

taan edelleen. Myös ilmanvaihtolaitoksen järjestelyillä voidaan estää kondenssi. Ulkolasin yläpintaan joskus öisin tapahtuva kondenssi on lasikaton ominaisuus eikä vika.

- Pystyprofiileista vettä ulos johtavien poistokourujen umpeenjäätymisvaara selvitetään. Tarvittaessa kourut varustetaan sulatuskaapeleilla.
- Laselementtien väliset kyntetilat ovat tuuletettuja, sekä pystyyn että vaakaan.
- Varaudutaan lasikatolla esiintyvään pieneen vedenpaineeseen, jota voi tapahtua myrskytuulen paineesta ja satunnaisissa jääpudotustilanteissa.
- Liittymät muihin rakenteisiin, mahdollinen katon harjan rakenne ja muut erikoisuudet suunnitellaan toteuttamiskelpoisiksi erityisen huolellisesti.
- Tehdään suunnitelmille useampia riskiarvioita. Asiantuntijoita voidaan ottaa mukaan myös projektin ulkopuolelta.
- Huoltaminen ja korjaaminen otetaan huomioon suunnittelussa.

- Laaditaan huolto-ohjeet.
- Olosuhdehallinta asennustyön aikana ohjataan suunnitelmassa. Listajärjestelmä koostuu suuresta määrästä tarkasti toisiinsa sovitettavia alumiiniprofiileja vuotokourustoiheen, kumitiivisteitä, lasielementtejä, lasituslistoja, kiinnitysruuveja, peitelistoja ja tiivistemasauksia. Kerralla onnistuva asennustyö on tehtävä hallituissa olosuhteissa.
- Mallimenettelyt, laadunvarmistusmenettelyt, laadun toteaminen mittauksilla ja vesikokeilla määritellään suunnitelmassa.
- Sallittavat toleranssit.

4.2 Lasikattorakenteiden liikuntasauomoitus

Lasikattojen liikuntasauomoitus tehdään periaatteessa samalla tavalla kuin lasiseinissä.

- Lasikattojen jännemitat saattavat olla isoja ja auringonpaiste saattaa lämmittää huomattavasti runkopalkkeja. Suorien palkkien toinen pää on silloin yleensä suunniteltava liikkuvaksi.
- Harjakatoissa ja pyramideissa kantavan lasikattorungon ja rakennusrungon välille ei periaatteessa tarvita liikuntasaumoja. Harja tai pyramidin huippu nousee ja laskee lämpötilamuutosten mukaan.
- Alumiinijärjestelmän vaakaprofiilit liitetään liikuntasauomalla toisesta päästään pystyprofiileihin esimerkiksi herkkäliikkeisen sisäholkin avulla.

5 Liittymäyksityiskohtia

Liittymäsaumoihin ja viereiseen ulkoseinä- tai vesikatotyläpohjan rakenteeseen kohdistetaan neljä tärkeää perusvaatimusta:

- Ulkopinta on sadevedenpitävä ja suurimpaan mahdolliseen tuulenpaineeseen asti myös vedenpainetta pitävä. Tällaisena paineena voidaan pitää tavanomaisissa tapauksissa 0,6 kN/m² (600 pascalia).
- Sisäpinta on ilmatiivis. Ulkoseinän tai yläpohjan rakenteessa on aina materiaalipäästöjä ja mikrobikasvut ovat myös mahdollisia. Epäpuhtauksia ei saa päästää sisälle vuotoilman mukana. Sisäilman virtaus rakenteeseen ei ole suotavaa. Työmaa-aikana sisäilma on tavallisesti kostunutta, jolloin vettä tiivistyisi rakenteisiin etenkin kylmänä vuodenaikana. Tiivistykset tulee tehdä viivyttelemättä.
- Riittävä lämmöneristävyys. Se on useimmiten kunnossa.
- Kuivumiskykyyn on oltava toimiva kaikissa paikoissa. Käytännössä se järjestetään tuuletamalla.

Lasirakenne kuuluu osaltaan rakennuksen lämmöneristykseen. Siirryttäessä lasirakenteesta muuhun ulkoseinärakenteeseen lämmöneristykseen tulee jatkaa koko matkan katkeamatta. Profiilien kohdalla on lämmöneristyksessä heikkennys. Ne on pystytty kehittämään niin hyväksi, että kondenssilanteet vältetään.

Liittymät viereisiin rakennuksiin tehdään johdonmukaisesti tiiviinä sisä- ja ulkopuolelta ja rakennetoleranssit huomioon ottaen. Tiivistettävään saumaan kohdistuu lähes aina jonkin verran liikettä, joten saumausmateriaalin tulee olla joustavaa. Jos sauma tiivistetään elastisella kittillä, järjestetään riittävän syvä sola, jonne asennetaan pohjanauha ja jonka päälle sopii saumausmassa. Usein paisuva solunauha sopii tiivisteeksi paremmin kuin kittaus. Saumojen tiivistykset on pystyttävä uusimaan ilman ylimääräistä vaivaa.

Lähteitä

RIL 198-2001 Valoaläpäisevät rakenteet, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2001.

Matti Rainamo, Mauri Riikonen, Lasirakentajan käsikirja, 1999.

Tuotekansiot Schüco, Sapa, Purso, Nordic Aluminium.

RT-korttien tuotekortteja.

2

Rakennetekniikka Talotekniikka Teollisuussuunnittelu Ympäristösuunnittelu Infrasuunnittelu

Finnmap Consulting

FMC GROUP

PL 88, Ratamestarinkatu 7 A
00520 HELSINKI
0207 393 300
www.finnmapcons.fi

Finnmap Consulting Oy:n ympärille on rakentunut vahva ja monipuolinen konserni, FMC Group, jonka laajan alue- ja tytäryhtiöverkoston kautta voimme tarjota paikallista palvelua eri puolille Suomea.

-> Espoo, Hämeenlinna, Jyväskylä, Jämsänkoski, Kaarina, Kemi, Kuopio, Kouvola, Lahti, Lappeenranta, Oulu, Parainen, Pietarsaari, Pori, Porvoo, Rauma, Rovaniemi, Seinäjoki, Tampere, Turku, Vaasa, Vantaa -> Olsztyn, Lomianki, Oborniki, Poznan/Puola, Riika/Latvia, Pietari/Venäjät, Tallinna/Viro, Vilna/Liettua, Gurgaon/Intia