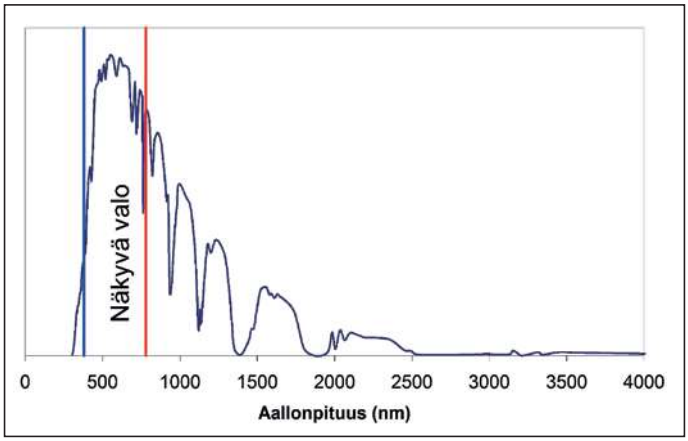
Lasirakenteen auringon-säteilyn kokonaisläpäisy ja sen pienentäminen

KARI HEMMILÄ, ERIKOISTUTKIJA, VTT OY

Rakennusten eristystason parantaminen ja sisäisten lämpökuormien jatkuva kasvu ovat johtaneen siihen, että ikkunoiden aurinkoenergian läpäisyominaisuuksiin joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota rakennuksen ikkunoita valittaessa. Lasirakenteen aurinkoenergian kokonaisläpäisysuhteen kasvattaminen lisää ilmaislämpökuormaa ja voi kasvattaa rakennuksen jäähdytystarvetta. Läpäisysuhteen pienentäminen taas vähentää auringon lämpökuormien hyväksikäyttöä lämmityksessä. Tarkoitukseen on sekä lasi- että varjostusteknisiä ratkaisuja.

Auringonsäteily koostuu ultraviolettisäteilystä, näkyvästä valosta ja infrapunasäteilystä (**Kuva 1**). Auringonsäteilyn energiasta noin 5 % on ultraviolettialueella, 40 % näkyvän valon alueella ja 55 % infrapuna-alueella. Auringonsäteilyn kokonaisteho kohtisuoraa pintaa vasten keskipäivällä on noin 1000 W/m2 ja valaistusvoimakkuus kirkkaassa auringonvalossa on noin 30 000 luksia.



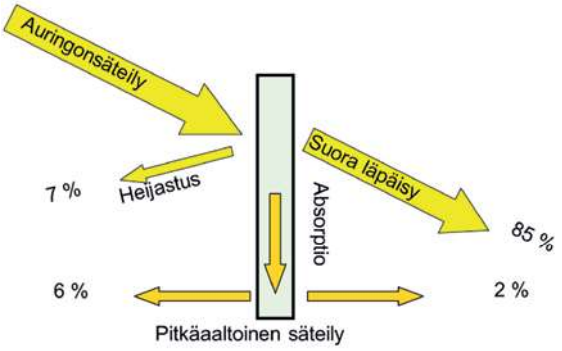
Kuva 1. Auringon maanpinnalle tulevan säteilyn spektri.

Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy

Auringonsäteilyn spektri lyhytaaltoista ultraviolettisäteilyä (UV-B) lukuun ottamatta läpäisee tavallisen ikkunalasin. Tämän pois suodattuva osuus auringon säteilyenergiasta on parin prosentin luokkaa.

Tarkasteltaessa yksittäistä pinnoittamatonta lasia (**Kuva 2**) havaitaan, että pääosa energiasta läpäisee sellaisenaan lasin (85 %). Pieni osa heijastuu ulkopinnasta takaisin (7 %) ja pieni osa absorboituu lasiin, jolloin sen lämpötila nousee. Lasi lämpenee ympäristöään lämpimämmäksi, jolloin siitä siirtyy johtumalla, konvektiolla ja pitkäaaltoisena lämpösäteilynä lämpöenergiaa sekä ulos (6 %) että sisälle (2 %). Näin ollen 4 mm:n float-lasin auringonsäteilyn kokonaisläpäisy (g-arvo) on 85 % + 2 % = 87 %.

Kun ikkunassa on yleensä enemmän kuin yksi lasi, pitkäaaltoisen lämmönsiirron osuus lasien välillä kasvaa ja suoran lyhytaaltoisen säteilyn läpäisy vähenee yksittäisen lasin tapaukseen verrattuna. Samoin kokonaisläpäisy (g-arvo) pienenee lasien määrän kasvaessa.



Kuva 2. Auringonsäteilyn energian kulkeutuminen 4 mm:n tavallisen float-lasin läpi.

Auringon lämpösäteilyn torjuntakeinot

Kuvissa **3** … **10** on esimerkkejä erilaisista auringon lämpösäteilyn torjuntakeinoista. Tehokkaimmat näistä ovat ikkunan ulkopuolella olevat rakenteet, jotka estävät auringonsäteilyn pääsemisen ikkunan ulkopinnalle. Haittana kiinteissä rakenteista on se, että ne rajoittavat myös valon pääsyä sisätiloihin eikä näitä voi säätää

Kuva 3. Ulkopuoliset säleet.

Kuva 4. Aurinkolippa.

Kuva 5. Ulkopinnan lasin silkkipainokuviointi.

Kuva 6. Heijastavat auringonsuojalasit.

Kuva 7. Absorboivat auringonsuojalasit.

tarpeen mukaan. Esimerkiksi kuvan **3** ulkopuolinen säleikkö ei päästä milloinkaan auringon suoraa säteilyä sisälle, vaikka talvikuukausina ylimääräisestä lämmöstä ja valosta voisi olla hyötyä.

Lasijulkisivun uloimman lasin ulkopintaan silkkipainolla tehty kuviointi (**Kuva 5**) pienentää lasiosan tehollista pinta-alaa ja siten vähentää sisälle tulevan aurinkoenergian määrää. Tämä ei kuitenkaan estä suoran auringonvalon aiheuttamaa häikäisyä ja on näin toiminnallisesti samanarvoinen auringonsuojalasien kanssa. Näissä kummassakaan edellä mainitussa suojaustavassa ei ole säätömahdollisuutta, joten suojaus on koko ajan toiminnassa, vaikkei sitä tarvittaisikaan.

Auringonsuojalaseja on kahta tyyppiä: heijastava auringonsuojalasi ja absorboiva auringonsuojalasi. Heijastava auringonsuojalasi (**Kuva 6**) valmistetaan tavallisesta float-lasista, joka pinnoitetaan toiselta pinnalta ohuella metalli- tai metallioksidikalvolla, joka heijastaa lyhytaaltoista lämpösäteilyä takaisin tulosuuntaan. Lisäksi pinnoite yleensä heijastaa pitkäaaltoista lämpösäteilyä, jolloin se parantaa eristyslasin lämmöneristävyyttä. Heijastavien auringonsuojalasien pinnoite ei yleensä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kestä ilmastorasitusta, joten pinnoite tulee asentaa eristyslasin välitilaan päin.

Absorboiva auringonsuojalasi (**Kuva 7**) perustuu sulaan lasimassaan liuotettuun aineeseen, joka kasvattaa lasilevyn lyhytaaltoisen säteilyn absorptiota. Tällainen lasi on värillinen tai harmaa. Lasin optisiin ja lämpöteknisiin ominaisuuksiin vaikuttaa oleellisesti seosaineen määrä ja lasin paksuus. Esimerkiksi kuvassa 7 olevat vihreät lasit on valmistettu sekoittamalla rautaoksidia sulaan lasimassaan. Absorboivien lasien teho perustuu siihen, että auringon lyhytaaltoinen säteily absorboituu lasiin ja lämmittää lasia, jolloin suuri osa lasiin tulleesta lämmöstä haihtuu ulkoilmaan ilmavirtausten ja säteilyn vaikutuksesta.

Tarpeenmukainen aurinkosuojaus on saavutettavissa rullaverhojen (**Kuva 8**), markiisien ja sälekaihtimien (**Kuva 9** ja **Kuva 10**) avulla.

Kuva 8. Automaattiset rullaverhot ikkunan sisäpinnalla.

Tehokkain suojaus saavutetaan sijoittamalla suojaus julkisivulle ikkunan ulkopinnalle. Tällöin varjostusratkaisuun absorboitunut auringonsäteily poistuu suurimmaksi osaksi ulkoilmaan.

Huonoin vaihtoehto on sijoittaa aurinkosuojaus eristyslasi-ikkunan sisäpuolelle (**Kuva 8** ja **Kuva 10**). Tällöin verhoon tai kaihtimeen absorboitunut lämpöenergia muuttuu pitkäaaltoiseksi lämpösäteilyksi, jota ikkunan lasit eivät läpäise, vaan lämmön pitää siirtyä ikkunan läpi samalla tavoin kuin huonetilan lämmön talvikautena. Ikkunan sisällä ja huonetilassa olevien rullaverhojen ja kaihtimien tehokkuutta voi parantaa käyttämällä heijastavalla pinnoitteella päällystettyjä tuotteita. Tällöin osa energiasta heijastuu takaisin ikkunan läpi ulos lyhytaaltoisena säteilynä.

Auringon lämpösäteilyn torjunta sälekaihtimella

Sälekaihtimien, rullaverhojen ja markiisien vaikutusta ikkunan auringonsäteilyn kokonaisläpäisyyn ei pystytä kovin tarkasti laskennallisesti arvioimaan. Vaikuttavia tekijöitä on muun muassa kaihtimen, verhon ja markiisin pintojen auringonsäteilyn heijastus ja absorptio, sijainti ikkunaan suhteen sekä kaihtimen ja ikkunan välisen tilan tuulettuvuus. Ainoa luotettava tapa määrittää varjostusratkaisun tehokkuus on mittaaminen laboratoriossa. **Taulukossa 1** on esitetty sekä pinnoittamattomilla laseilla että yhdellä selektiivilasilla varustetun MSE-ikkunan auringonsäteilyn kokonaisläpäisyn (g-arvo) laboratoriossa mitatut arvot. Tuloksista pitää tiedostaa, että ne ovat ikkunan keskimääräisiä arvoja, jotka sisältävät lasirakenteen lisäksi karmin ja puitteet. Verrattaessa arvoja pelkän lasirakenteen arvoihin, mitatut tulokset pitää kertoa suhteella (ikkunan pinta-ala)/(valoaukon pinta-ala), joka tässä tapauksessa on noin 1,3.

Tuloksista on havaittavissa, että selektiivilasilla on pieni vaikutus verrattuna suljettuun kaihtimeen. Sälekaihtimet ovat yhtä tehokkaita kuin sellaiset parhaimmat auringonsuojalasit, joiden valonläpäisy on kohtuullinen. Auringonsuojalaseihin verrattuna sälekaihtimien etuna on kuitenkin säädeltävyys: valoa ja lämpöä

Taulukko 1. Suljetun kaihtimen vaikutus eräiden 1,2 m x 1,2 m -kokoisten ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyyn.

Kaihdin	Ikkunan tyyppi	
	MSE kirkkaat lasit U = 1,8 W/m²K	MSE-ikkuna + 1 selektiivilasi+ argon U = 1,1 W/m²K
Ei kaihdinta	59 %	46 %
Maalattu valkoinen	22 %	17 %

voidaan haluttaessa torjua tai päästää sisään. Auringonsuojalasit rajoittavat näiden läpäisyä kaiken aikaa. Sälekaihtimet myös estävät suljettuna pimeällä näkemisen ulkoa valaistuun huonetilaan, mitä auringonsuojalasit eivät estä.

Sälekaihtimien haitat

Tutkimuksessa /1/ selvitettiin kiinteistössä tehdyillä mittauksilla sälekaihtimen tyypin ja asennon vaikutusta yhdellä selektiivilasilla varustetun MSE-ikkunan lasien lämpötiloihin ja rikkoutumisriskiin. Mittauksissa havaittiin, että sälekaihdin rajoitti sisäpuitteen lasien lämpenemistä, mikäli kaihdin oli kiinni, mutta vaakasuorassa olevat säleet heijastivat osan lämmöstä sisäpuitteen lasiin (**Kuva 11**). Samoin havaittiin, että säleen väri vaikutti lasien lämpenemiseen. Metallipintaisilla ja valkeilla kaihtimilla varustettu ikkuna lämpeni vähiten. ▶

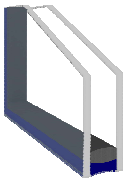
FEROX GLAS OY

Ferox Glas Oy on lasialalla toimiva maahantuonti– ja konsultointiyritys. Tuotteinamme ovat jo 30 v. olleet lasialalla käytettävät koneet, laitteet ja materiaalit ja päämiehinämme tunnetut eurooppalaiset toimittajat.

KÖMMERLING ERISTYSLASIMASSAT

Kömmerling Chemische Fabrik GmbH on johtava eristyslasimassojen valmistaja Euroopassa. Tuotevalikoimaan kuuluvat mm.:

- Polysulfidi-massat
- Polyuretaani-massat
- Eristylasien 2-komponenttisilikonit
- Sääsilikonit SG-lasitukseen
- Butyylit
- Hotmelt-massat
- TPS välilistat



Laajaa tuotevalikoimamme täydennetään jatkuvasti. Uusimpana tuotteena KODISPACE 4SG TPS välilista. Uuden tuotteen etuja:

- Muodostaa kemiallisen sidoksen lasipinnan kanssa
- Parempi kaasunpitävyys
- Ideaalinen tuote SG lasitukseen
- Ulompana massana voidaan käyttää silikonia
- Parantunut lämpötilankesto
- Laskenut reaktioherkkyys

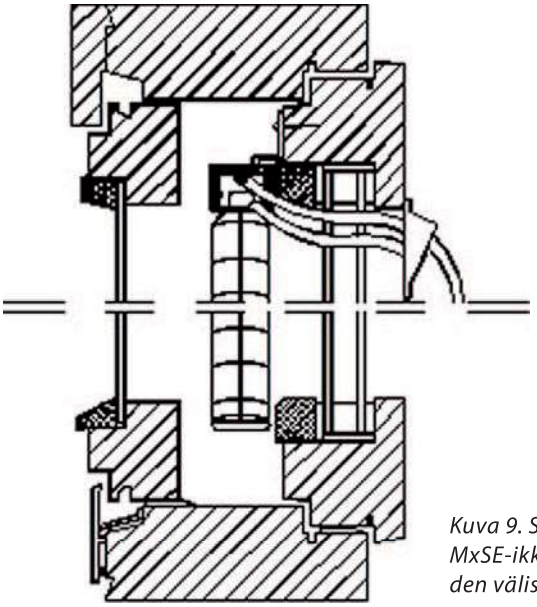
Meiltä myös REINHARDT massapumput.

PYYDÄ TARJOUS !

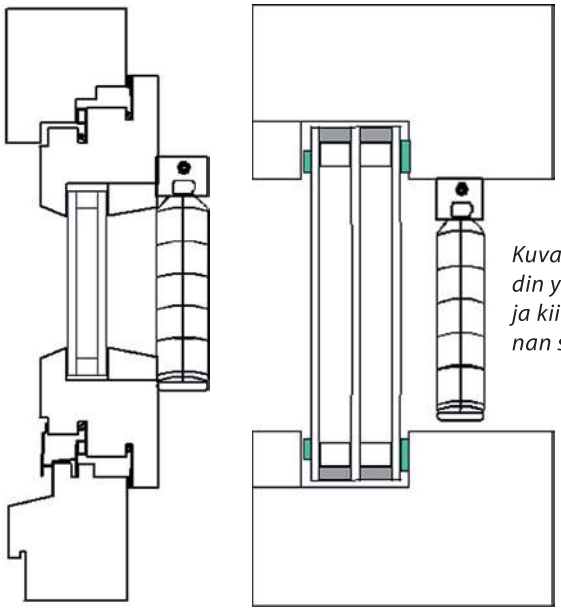
Ferox Glas Oy
Siirtolaisentie 1
28610 PORI

Puh: 02-6430 1100
Fax: 02-6376 224
Y-tunnus: 2039403-5

WWW.FEROXGLAS.FI



Kuva 9. Sälekaihdin MxSE-ikkunan puitteiden välissä.



Kuva 10. Sälekaihdin yksipuitteisen ja kiinteän ikkunan sisäpinnalla

Tutkimuksessa todettiin myös, että sisäpuitteen eristyslasin rikkoutumisriski kasvaa suureksi, jos kaihtimen säleet ovat väriltään tummat tai kaihdin nostetaan puolittain ylös ikkunan puoliväliin.

Auringon lämpösäteilyn torjunta auringonsuojalaseilla

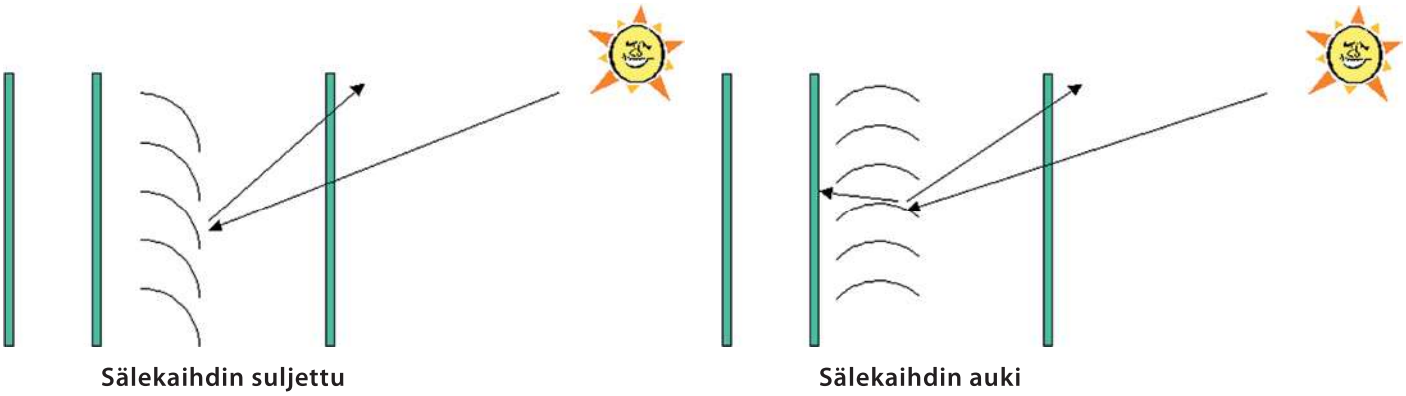
Auringonsuojalasien suhteen pätee sama totuus kuin varjostusratkaisuilla: auringonsuojalasit tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle ikkunan ulkopintaa. Erityisesti absorboivilla laseilla tämä on tärkeää, koska lämpö pitää päästä siirtymään laseista ulkoilmaan. Liian voimakas lämpeneminen voi rikkoa absorboivat lasit. Kaksipuitteisten ikkunoiden sisäpuitteessa olevat heijastavat auringonsuojalasit voivat myös lämmetä absorption vaikutuksesta niin paljon, että niilläkin on rikkoutumisriski. Tätä riskiä voidaan pienentää käyttämällä ikkunan sisäosissa karkaistuja laseja. **Taulukkoon 2** on laskettu ohjelmilla /2 ja 3/ muutamia erilaisia Pilkingtonin ja AGC:n laseista koostuvien lasirakenteiden teknisiä arvoja. Lasketuista arvoista voidaan havaita, että pyrittäessä pieniin g-arvoihin valonläpäisy pienenee vastaavasti. Jos valonläpäisy on paljon alle 0,60 (= 60 %), ikkuna näyttää tummalle huonetilasta ulos katsottaessa. Suoran auringonpaisteen aiheuttamaa häikäisyä auringonsuojalasi ei pysty poistamaan. Kun ulkona auringonpaisteessa valaistusvoimakkuus on noin 30 000 luxia, vaikka tämä menisi ikkunan ansiosta kolmanteen osaan, 10 000 luxia on vielä kirkas valaistus sisätiloissa.

MSE- ja MS3E-ikkunoiden (ikkunat nro 10 - 14 ja 19 - 22) rakenne on sellainen, että pehmeäpintaista, heijastavaa auringonsuojalasia ei voi asentaa ulkopuitteeseen, vaan se pitää asentaa sisäpuitteen uloimmaksi lasiksi. Tällöin lasi voi lämmetä absorboituneesta auringonsäteilystä niin paljon, että se voi rikkoutua. Lisäksi, jos näissä ikkunoissa käytetään sälekaihtimia puitteiden välissä, auringonsuojalasi ei toimi kaihtimen ollessa suljettu. Syy tähän on se, että auringon lyhytaaltoinen säteily ei pääse auringonsuojalasiin.

MSE- ja MS3E-ikkunoiden osalta kysymys onkin: tarvitaanko niissä auringonsuojalasia, jos ikkunoihin asennetaan sälekaihdin? Sälekaihtimen avulla on mahdollista saavuttaa pienempi g-arvo kuin auringonsuojalasilla (vertaa Taulukko 1 ja Taulukko 2, ikkunat 12, 13, 21 ja 22).

Yhteenveto

Lasirakenteiden ja ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä (g-arvoa) on mahdollista pienentää alle neljännekseen. Tehokkaimmat ratkaisut ovat lasirakenteen ulkopuolella olevat varjos-



Kuva 11. Auringon säteilyn heijastuminen avoimesta ja suljetusta kaihtimesta.

Taulukko 2. Lasivalinnan vaikutus erilaisten lasirakenteiden U- ja g-arvoon sekä valonläpäisevyyteen.

nro	lasi 1	väli	lasi 2	väli	lasi 3	väli	lasi 4	U	g	valonläp.	lasirakenne
1	float/4							5.8	0.87	0.90	
2	Optiwhite/4							5.8	0.91	0.92	
3	Optifloat green/4							5.8	0.65	0.80	
4	Optifloat green/6							5.8	0.58	0.75	
5	Sunergy Clear/4							5.8	0.67	0.69	
6	Optitherm S1N/4	argon 16	float/4	argon 16	Optitherm S1N/4			0.53	0.47	0.71	
7	Suncool 70/35/4	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4			0.53	0.34	0.63	
8	Suncool 70/35 AC/4	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4			0.53	0.31	0.58	
9	Suncool 50/25/6	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4			0.53	0.24	0.45	
10	float/4	ilma-100	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4			0.82	0.55	0.73	
11	Optifloat green/4	ilma-100	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4			0.82	0.41	0.65	
12	float/4	ilma-100	Suncool 70/35/4	argon-16	float/4			0.82	0.38	0.65	
13	float/4	ilma-100	Suncool 50/25/6	argon-16	float/4			0.81	0.31	0.46	
14	Sunergy Clear/4	ilma-100	float/4	argon-16	Top 1.1/4			0.76	0.42	0.56	
15	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	ilma-100	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.46	0.65	
16	Suncool 70/35/4	argon-16	float/4	ilma-100	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.37	0.58	
17	Suncool 50/25/6	argon-16	float/4	ilma-100	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.22	0.41	
18	Optifloat green/4	argon 16	Optitherm S1N/4	ilma 100	float/4	argon 16	Optitherm S1N/4	0.47	0.35	0.58	
19	float/4	ilma-100	Optitherm S1N/4	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.46	0.65	
20	Optifloat green/4	ilma-100	Optitherm S1N/4	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.33	0.58	
21	float/4	ilma-100	Suncool 70/35/4	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.33	0.58	
22	float/4	ilma-100	Suncool 50/25/6	argon-16	float/4	argon-16	Optitherm S1N/4	0.47	0.26	0.41	

tukset, kuten räystäät, lipat, markiisit, kaihtimet. Myös ikkunan puitteiden välissä olevilla sälekaihtimilla on saavutettavissa varsin hyviä tuloksia. Sälekaihtimien valintaa ja käyttöä pitää kuitenkin opastaa, jotta vältetään lämpörasitusten aiheuttama lasien rikkoutumisriski.

Auringonsuojalasit toimivat parhaiten niissä ikkunoissa, joissa ulkoilmaa vasten on eristyslasi. Tällöin heijastava auringonsuojalasi voidaan asentaa ikkunan uloimmaksi lasiksi ja näin vähennetään lasirakenteen sisäosien lämpenemistä ja pienennetään lasien rikkoutumisriskiä.

Erilaiset varjostusratkaisut poistavat suoran auringonpaisteen aiheuttaman häikäisyn, mitä auringonsuojalasien 50 - 60 % valonläpäisy ei riitä poistamaan.

MSE- ja MS3E-ikkunoiden osalta kysymys onkin: tarvitaanko niissä auringonsuojalasia, jos ikkunoihin asennetaan sälekaihdin? Sälekaihtimen avulla on mahdollista saavuttaa pienempi g-arvo kuin auringonsuojalasilla ja kaihtimen ollessa suljettu auringonsuojalasi ei toimi. ■

Kirjallisuus

1. Hemmilä, Kari, Heimonen, Ismo. 2005. Suomalaisten ikkunoiden kestävyys. VTT Tiedotteita - Research Notes: 2285, Espoo, VTT, 59 s. + liitt. 14 s. ISBN 951-38-6534-7, 951-38-6535-5 http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2285.pdf

2. Pilkington Spectum on-line. http://spectrum.pilkington.com/

3. AGC Your Glass. http://www.yourglass.com/configurator/gb/en/toolbox/configurator/main.html

Uusioaines Oy

Uusioaines Oy tarjoaa yrityksellesi kattavan lasinkierrätyspalvelun. Saat meiltä vaihtolavat, kuljetuksen ja takuun, että lasi menee 100% kierrätykseen. Kierrätyslasista jatkojalostetaan Suomessa uusia tuotteita, kuten vaahtolasia ja lasivillaeristettä.

Uusioaines Oy • PL 120 • 30101 Forssa • Puh. 03 4243 100 • www.uusioaines.com