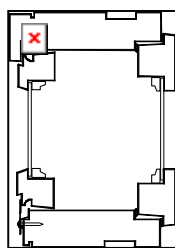


Ikkunan lisälämmöneristäminen sälekaihtimilla

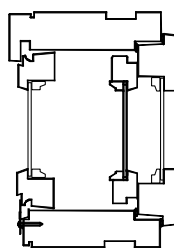
Kari Hemmilä
VTT Rakennustekniikka

Sälekaihtimia on totuttu pitämään vain näkösuojana ja häikäisyn estimenä. Tutkimuksissa on kuitenkin saatu selville, että suljetut sälekaihtimet parantavat ikkunan lämmöneristävyyttä ja vähentävät auringon lämpösäteilyn sisällepääsyä. Näillä tekijöillä on merkitystä sekä rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen että asumisviihtyisyyteen. Sälekaihdinten viimeaikaisen tuotekehityksen myötä on tullut uusia materiaalia ja kaihdintyyppejä, jotka parantavat entisestään kaihdinten ominaisuuksia.

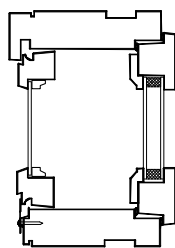
VTT Rakennustekniikassa tutkittiin sälekaihtimen vaikutusta ikkunan lämpötekniiseen toimintaan Kalajoen Kaihdin Oy:n ja Motivan rahoittamassa tutkimuksessa. Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää sekä ikkunan lämmöneristävyyden parantamismahdollisuuksia että sisätilojen liikalämmön torjuntaa sälekaihtimen avulla. Näillä molemmilla tekijöillä on vaikutusta sekä energiankulutukseen että viihtyisyyteen.



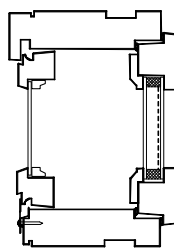
MS



MSK



MSE



MSE + sel.

Kuva 1. Suomalaisia ikkunatyyppejä.

Sälekaihdin hankitaan yleensä näkösuojaksi ja estämään auringon valon suora pääsy sisätiloihin. Mikäli kaihtimen tyyppin valinnassa ote-

taan huomioon ulkonäön lisäksi lämpötekniiset näkökohdat, tämä pieni lisäinvestointi energiansäästöön saattaa olla erittäin kannattavaa. Sälekaihtimen lisääminen ikkunaan pelkästään energiansäästösyistä on halpa lisäeristäminen ja on monissa tapauksissa taloudellisesti kannattavaa. Sen sijaan kunnossa olevien ikkunoiden vaihtaminen paremmin lämpöä eristäviin ei ole milloinkaan taloudellisesti kannattavaa pelkästään energiansäästön vuoksi.

Suomalaiset ikkunatyypit ovat sälekaihtimien asentamisen kannalta hyviä, sillä kaihtimet voidaan asentaa ikkunan sisälle pölyntyneiseltä ja vaurioitumiselta suojaan (kuva 1). Kiinteissä ja yksipuitteisissä eristyslasi-ikkunoissa tätä mahdollisuutta ei ole, vaan kaihtimet asennetaan ikkunan sisäpinnalle. Näissä voidaan myös käyttää eristyslaseja, joiden lasien väliseen tilaan on asennettu sähkömoottorilla toimiva kaihdin. Tämän tyyppiset lasit ovat kuitenkin vielä varsin kalliita.

Uudentyyppinen kaihdin

Solar Energy+ on Kalajoen Kaihdin Oy:n tuotemerkki kaihtimesta, jossa toinen puoli on pinnoitettu lämpöä heijastavalla pinnoitteella ja kaihtimen mekanismi on sellainen, että kaihtimen säleät sulkeutuvat tiiviisti. Tämä lämpöä heijastava pinnoite toimii samalla tavalla kuin selektiivilasi ikkunassa. Se heijastaa takaisin lasien pitkäaaltoista lämpösäteilyä ja näin parantaa ikkunan lämmöneristävyyttä. Lämmöneristävyyttä parantaa myös kaihtimen tiivis sulkeutuminen, jolloin ilmavirtaukset kaihtimen läpi ovat paljon pienempiä.

Sälekaihtimen vaikutus ikkunan lämmöneristävyyteen

Teoreettisesti tarkastellen tavallinen maalattu sälekaihdin suljettuna voi parantaa ikkunan lämmöneristävyyttä enintään saman verran kuin kaihtimen paikalla oleva lasi. Käytännössä parannus on kuitenkin pienempi, koska kaihdin ei ole reunoiltaan ilmatiiviisti kiinni puitteessa ja säleiden väliin jää rakoja. Tämä voidaan havaita taulukosta 1, jossa valkoiseksi maalatulla tavallisella sälekaihtimella varustetun MS-ikkunan lämmönläpäisykerroin on suurempi ($2,05 \text{ W/m}^2\text{K}$) kuin kirkkailla lasilla varustetun MSE-ikkunan arvo ($1,74 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Solar Energy+ -kaihdinta käytettäessä MS-ikkunan lämmönläpäisykerroin on kuitenkin pienempi (1,68 W/m²K) kuin kirkkailla lasella varustetun MSE-ikkunan arvo (1,74 W/m²K). Tämä selittyy säleen toisen pinnan selektiivipinnoitteen ja tiiviin sulkeutumisen yhteisvaikutuksella. Säleen maalipinnan värillä ei ole kovin suurta merkitystä lämmöneristävyyteen, koska eri maalien pitkäaaltoisen säteilyn ominaisuudet ovat lähellä toisiaan.

Sälekaihtimella saavutettava lämmöneristävyyden parannus on sitä suurempi mitä huonompi on ikkunan lämmöneristävyys. Tämä johtuu siitä, että kaihdin ja sen jakama ilmaväli muodostaa kerroksen, jonka eristävyys riippuu varsin vähän koko ikkunan lämmöneristävyydestä, mutta sen suhteellinen merkitys kasvaa, kun ikkunan lämmöneristävyys heikenee. Tätä voidaan verrata seinän lisäeristämiseen 50 mm paksuisella lämmöneristeellä. Tämän lisäeristeen vaikutus kokonaisuuteen on erilainen, jos seinän alkuperäinen lämmöneristepaksuus on 50 mm tai 150 mm.

Taulukosta 1 voidaan havaita, että tavallinen kaihdin suljettuna kaksilasisen MS-ikkunan sisällä parantaa lämmönläpäisykerrointa noin 0,4 W/m²K, mutta kirkkailla lasella varustetussa MSE-ikkunassa parannus on alle 0,2 W/m²K ja selektiivilasilla ja argonilla varustetussa MSE-ikkunassa parannus on alle 0,1 W/m²K. Solar Energy+ -kaihtimella varustetuissa ikkunoissa vastaavat arvot ovat noin 0,75, noin 0,4 ja noin 0,2 W/m²K.

Arvoja tarkasteltaessa tulee huomata, että mitaustulokset koskevat tietyn valmistajan ikkunaa ja jonkun toisen valmistajan ikkunan tulokset ovat erilaisia, mutta erot eri valmis-

tajien saman tyyppisten ikkunoiden välillä ovat pieniä. Mittaukset on tehty 1,2 m * 1,2 m -kokoisille ikkunoille. Pienissä ikkunoissa sälekaihtimien avulla saadut parannukset ovat pienempiä johtuen lasiosan pienemmästä suhteellisesta osuudesta. Suurissa ikkunoissa sälekaihtimen vaikutus on vastaavasti suurempi.

*Taulukko 1. Suljetun kaihtimien vaikutus alumiinisella ulkopuitteella varustetun 1,2 m * 1,2 m -kokoisien ikkunan lämmönläpäisykerrotimeen (W/m²K). Solar Energy+ kaihdin on suljettu siten, että selektiivinen pinta on ulospäin [1].*

Kaihdin	Ikkunan tyyppi		
	MS	MSE	MSE+sel+argon
Ei kaihdinta	2,44	1,74	1,13
Maalattu valkoinen	2,05	1,57	1,06 (arvio)
Solar Energy+	1,68	1,35	0,95

Ikkunoiden lämmöneristävyyden parannuksella saavutettava lämmitysenergian vuotuinen säästö voidaan laskea kohtuullisella tarkkuudella kertomalla paikkakunnan asetuntiluku ikkunoiden pinta-alalla, lämmönläpäisykerroimen muutoksella ja lämmitysenergian yksikköhinnalla:

$$H = 24 * S_{17} * \Delta U * A$$

missä

H = vuotuinen lämmitysenergian säästö (kWh)

S_{17} = keskimääräinen paikkakunnan lämmitystarveluku, joka perustuu 17 °C sisälämpötilaan (Kd)

ΔU = ikkunan lämmönläpäisykerroimen muutos (W/m²K)

A = ikkunoiden yhteispinta-ala (m²)

Taulukko 2. Kustannussäästö eri energiahinnoilla ja paikkakunnilla, kun ikkunan lämmönläpäisykerroin pienenee 1 W/m²K.

kaupunki	astetunti [Kh]	vuotuinen lämmityskustannusten säästö [mk/(W/m ² K)]			
		15 p/kWh	20 p/kWh	30 p/kWh	40 p/kWh
Helsinki	105000	15,75	21,00	31,50	42,00
Lahti	111000	16,65	22,20	33,30	44,40
Jyväskylä	121000	18,15	24,20	36,30	48,40
Joensuu	126000	18,90	25,20	37,80	50,40
Kajaani	133000	19,95	26,60	39,90	53,20
Oulu	126000	18,90	25,20	37,80	50,40
Sodankylä	154000	23,10	30,80	46,20	61,60
Ivalo	155000	23,25	31,00	46,50	62,00

Taulukossa 2 on laskettu ikkunan U-arvon pienentämisestä $1 \text{ W/m}^2\text{K}$:llä saatava vuotuinen säästö. Laskennan perustana on käytetty vuosien 1961-1990 keskimääräisistä 17°C sisälämpötilaan perustuvista lämmitystarveluvuista laskettuja astetuntilukuja. Rakennuskohtainen vuotuinen säästö saadaan kertomalla taulukosta saatava markkamäärä lämmönläpäisykertoimen pienentymisellä ja ikkunoiden yhteispinta-alalla.

Esimerkiksi, jos suljettu Solar Energy+ -kaihdin asennetaan Helsingissä kaksilasisen MS-ikkunan sisälle, lämmönläpäisykerroin muuttuu $2,44$:stä $1,68 \text{ W/m}^2\text{K}$:iin. Muutos on tällöin $0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kaukolämmityksessä kiinteistössä (energian hinta 15 p/kWh) vuotuinen säästö ikkunaneliometriä kohden on $15,75 \cdot 0,76 \text{ mk} = 12 \text{ mk}$. Sodankylässä sähkölämmityksessä talossa (energian hinta 30 p/kWh) vastaava säästö on $46,20 \cdot 0,76 \text{ mk} = 35 \text{ mk}$. Näiden hyötyjen saamiseksi kaihdin pitää sulkea yöksi.

Auringonsuojaus sälekaihtimella

Kirkkailla laseilla varustetun $1,2 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m}$ -kokoisen MSE-ikkunan läpi tulee sen ulkopintaan kohdistuvasta auringon lämpöenergiasta 59% huonetilaan ja sulkemalla Solar Energy+ -sälekaihdin saadaan sisään tuleva osuus pudotettua 25% :iin (taulukko 3). Jos ikkunassa on selektiivilasi ja argonia täytekaasuna, vastaavat arvot ovat 46% ja 19% .

Valkoisella tavallisella kaihtimella MSE-ikkunan läpi tulee sen ulkopintaan kohdistuvasta auringon lämpöenergiasta 22% . Ero valkoisen kaihtimen ja Solar Energy+ -kaihtimen välillä johtuu siitä, että säleiden erikoispinnoite oli ulospäin. Tutkimuksessa tavoitteena oli, että suljettu kaihdin näyttää sisälle tavalliselta. Mikäli säleet käännetään toisin päin, suljettu sälekaihdin torjuu auringon lämpösäteilyä ainakin yhtä hyvin kuin tavallinen valkoinen kaihdin ja todennäköisesti parantaa hieman enemmän ikkunan lämmöneristävyyttä.

Jos auringon säteilyteho ikkunan pintaan on 700 W/m^2 , kohdistuu $1,2 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m}$ -kokoisen ikkunan ulkopintaan noin 1000 W :n teho. Tästä kirkkailla laseilla varustetun ikkunan läpi sisälle tulee 590 W ja ulospäin olevalta pinnaltaan valkoisilla sälekaihtimilla se saadaan pienennettyä haluttaessa 220 W :iin. Tällä on ke- sällä suuri merkitys huonetilojen lämpötiloihin.

Säleen pinnoitteella ja värillä on suuri merkitys kaihtimen auringonsuojaominaisuuksiin. Tummat värit absorboivat tehokkaasti säteilyä ja heikentävät näin suojasominaisuuksia. Tummiin kaihtimiin absorboitunut auringonsäteily voi myös kuumentaa MSE-tyyppisen energiansäästöikkunan keskimmäisen lasin niin kuumaksi, että se saattaa rikkoutua. Vaaleat värit heijastavat tehokkaasti auringon lämpösäteilyä, minkä vuoksi ne estävät tehokkaimmin huonetilojen ylikämpenemiso- ngelmia.

Taulukko 3. Suljetun kaihtimien vaikutus ikkunan auringonsäteilyn kokonaisläpäisyyn. Solar Energy+ kaihdin on suljettu siten, että selektiivinen pinta on ulospäin [2].

Kaihdin	Ikkunan tyyppi	
	MSE	MSE+sel+Ar
Ei kaihdinta	59 %	46 %
Maalattu valkoinen	22 %	17 % (arvio)
Solar Energy+	25 %	19 %

Taulukossa 4 on esitetty Helsingin vuoden 1979 säätietoihin perusteella laskettu vuotuisen auringonsäteilyn energia pääilmansuuntien julkisivuille sekä sen ajallinen jakautuminen kesä- ja talvikuukausien ajalle. Kesäkuukausiksi on oletettu kesä-, heinä- ja elokuu. Jos kaihtimilla pienennetään aurinkoenergian läpäisyysuhde 59% :sta 22% :iin, aurinkoenergian läpäisyysuhdeiden ero ($59-22\%$) vastaa kesäkuukausina länsijulkisivulla 137 kWh/m^2 aurinkoenergiaa. Jos tämä muutetaan vuorokautiseksi keskiarvoksi olettaen auringonsäteily ajoittuvan 10 tunnille vuorokaudessa, hetkellinen säteilyteho, joka sälekaihtimella estetään, on 152 W/m^2 . Tämä on $1,5 \text{ kWh/m}^2\text{vrk}$, mikä varmasti vaikuttaa huoneilman lämpötilaan. Lämmityskaudella kaihtimien avaaminen hyödyntää auringon ilmaisenergiaa.

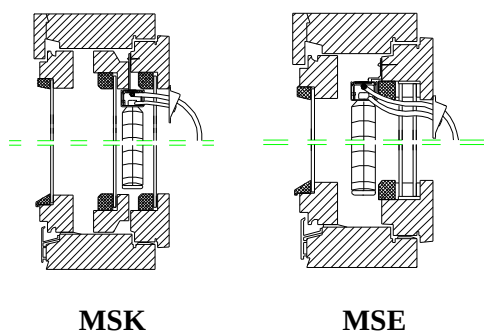
Taulukko 4. Vuotuinen auringonsäteilyn energia eri suuntaisille pinnoille kesä- ja talvikuukausien ajalle Helsingin vuoden 1979 säätietojen perusteella

Pinnan suunta	Auringonsäteilyn energia Helsingissä vuonna 1979 (kWh/m^2)		
	koko vuosi	syyskuu - toukokuu	kesäkuu - elokuu
vaaka	936	479	457
pohjoinen	380	184	196
itä	638	340	298
etelä	952	615	337
länsi	853	483	370

Sälekaihtimen paras sijoitus

Lämmöneristävyyden parantamisen kannalta sälekaihtimen paras paikka on ikkunan sisällä lasien välissä, jolloin kaihdin muodostaa suljettuna yhden ylimääräisen ilmakerroksen ikkunan lasien väliin. Lisäksi se likaantuu siellä vähemmän kuin ollessaan kiinnitettynä ikkunan sisäpintaan.

Kaksipuitteisissa MS- ja MSE-ikkunoissa kaihdin kannattaa kiinnittää sisäpuutteen ulkopintaan ulko- ja sisäpuutteen väliin. MSK-ikkunassa paras paikka on sisäpuutteen ja kytketyn keskipuutteen välissä, jolloin kaihdin ei likaannu kovin herkästi. Tämä asennus edellyttää kuitenkin, että lasien välinen etäisyys on tarpeeksi suuri (kuva 2). Yksipuitteisissa ja kiinteissä eristyslasi-ikkunoissa ainoa vaihtoehto on asentaa kaihdin ikkunan sisäpinnalle.



Kuva 2. Sälekaihtimen sijoitus ikkunassa.

Auringonsäteilyn liikalämmön torjumiseksi on edullista sijoittaa kaihdin mahdollisimman ulos. Mitä pitemmälle auringon lämpösäteily pääsee ikkunassa sitä enemmän siitä tulee sisälle. Kun sälekaihdinta ei ole järkevää sijoittaa ikkunan ulkopuolelle, toiseksi paras paikka on uloimman lasin sisäpuolella. Tällöin kaihtimen ja huonetilan välissä olevat lasit eristävät huoneilmasta auringon säteilystä lämpenevät säleet. Tummat säleet toimivat aurinkokerääjinä ja lisäävät sisälle tulevaa aurinkoenergiaa. Lisäksi tummat säleet saattavat lämmittää MSE-ikkunan eristyslasiin niin lämpimäksi, että se rikkoutuu. Näiden tekijöiden vuoksi sälekaihtimissa tulisi käyttää vaaleita sävyjä.

Ikkunoiden energiaremontti sälekaihtimilla

Suomen rakennuskannassa on paljon taloja, joissa on hyväkuntoiset kaksilasiset ikkunat. Näiden vaihtaminen uusiin ei ole taloudellisesti kannattavaa vain energiansäästösyistä. Samoin lisälasiin asentaminenkaan ei ole kannattavaa pelkästään energiansäästösyistä.

Sälekaihdin kuitenkin hankitaan useisiin ikkunoihin yksityisyyden suojauksen, häikäisyn eston ja pimennyksen vuoksi. Mikäli kaihtimen säleiden pinnoitusta valittaessa kiinnittää huomiota energiansäästöominaisuuksiin, tämä ominaisuus tulee ohessa hyvin edullisesti.

Sälekaihdin on yksi mahdollisuus parantaa lämmöneristävyyttä, mikäli vanhat kaksilasiset ikkunat tuntuvat pakkasella viileiltä. Kaihtimen avulla ikkunan lämmöneristävyys on mahdollista saada vastaamaan kolmilasisen ikkunan eristävyyttä, jolloin energiansäästön lisäksi sisäpinnan lämpötila kasvaa.

Sälekaihdin vaatii käyttäjältään viitseliäisyyttä, muuten siitä ei ole hyötyä. Se on muistettava sulkea yöksi ja avata päiväksi lämmityskauden aikana. Kaihtimella saadaan kuitenkin muita lisähyötyjä vastaavan lämmöneristävyyden ikkunaan verrattuna, kuten näkösuojaus, häikäisy suojaus, suojaus auringon lämpösäteilyltä ja ennen kaikkea näiden ominaisuuksien säädettävyys. Auringonsuojauksessa sälekaihdin on auringonsuojalaseja parempi, sillä käyttäjä voi säädellä sisälle tulevan aurinkoenergian määrää. Esimerkiksi kevättalvella kaihtimet avaamalla on mahdollista käyttää ilmaista aurinkoenergiaa huonetilojen lämmittämiseen, ja kesällä kaihtimet sulkemalla huonetilojen lämpenemistä voidaan hidastaa.

Testaustuloksia

1. Testausseloste nro RTE10483/99. VTT Rakennustekniikka. 1999
2. Testausseloste nro RTE10484/99. VTT Rakennustekniikka. 1999

Yhteystiedot

KALAJOEN KAIHDIN OY
Lankilantie 46
85100 KALAJOKI
Puhelin 08 - 462 990
Telefaksi 08 - 463 770