

Eristyslaselementin sisäiset paineet ja stressaava elämä

TEKSTI: PAAVO HASSINEN, INSINÖÖRITOIMISTO PONTEK OY

Ideaalikaasun tilan yhtälö ilmaisee suljetun tilan kaasun paineen (p) ja tilavuuden (V) tulon suhteen kaasun absoluuttiseen lämpötilaan (T). Tämä suure pysyy vakiona (nR), minkä seurauksena suureen yhden parametrin muutos vaikuttaa kahden muun parametrin arvoihin. Suljetulla tilalla ja ideaalikaasun tilanyhtälöllä voidaan kuvata eristyslaselementin välitilan paineen vaihteluita.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_0 V_0}{T_0} = nR$$

Eristyslaselementin välitilan eräs ääritilanne syntyy silloin, kun kaasun paineen ja lämpötilan muuttuessa välitilan tilavuus ei pääse muuttumaan. Välitilan rajoittavien lasipintojen tiivisyys on hyvin suuri verrattuna lasipintojen sivumitoihin. Tällöin V_0 ja V_1 pysyvät saman suuruisina ja tilayhtälö supistuu muotoon (isokoorinen muutos)

$$p_1 = \frac{T_1}{T_0} p_0$$

Välitilan paineen muutokseksi saadaan

$$\Delta p = p_1 - p_0 = \frac{\Delta T}{T_0} p_0$$

Oletetaan, että eristyslaselementin väliltä suljetaan ilmakehän normaaliympäristössä $p_0 = 101,3$ kPa. Edelleen, oletetaan välitilan lämpötilaksi sulkemishetkellä $T_0 = +25^\circ\text{C}$. Jos välitilan kaasun lämpötila nousee 25°C , saadaan välitilan kaasun ääripaineeksi

$$\Delta p = \frac{25}{297,16} \cdot 101,3 \text{ kPa} = 8,50 \text{ kPa}$$

Todellisuudessa välitilan kaasun paine liikkuu nollan (taipuisat lasipinnat) ja edellä olevan maksimipaineen (hyvin jäykät lasipinnat) välillä.

Välitilan kaasun lämpötilaan vaikuttaa ulkolämpötilan muutos kesällä ja talvella, ilmanpaineen muuttuminen normaaliympäristöstä korkeapaineeseen tai matalapaineeseen ja korkeusero eristyslaselementin lopullisen asennuspaikan ja kaasutilan sulkemispaikan eli tehoalan välillä. Ilmakehän paineen muuttumisen vaikutukseksi on laskelmiin oletettu

$-2 / +4$ kPa. Nämä paineen vaihtelut ovat pienempiä kuin Suomessa mitatun suurimman matalapaineen ($95-101,3 = -7,3$ kPa) ja suurimman korkeapaineen ($106,6-101,3 = 5,3$ kPa) ja normaaliympäristön väläinen paine-ero. Ilmanpaineen jakautumista ei ole tarkemmin analysoitu mitoitustarkasteluita varten. 100 m suuruisen korkeuden muutosta aiheuttaa 1,25 kPa suuruisen ilmanpaineen muutoksen. Suomessa eristyslaselementteihin ja elementin asennuspaikan laskemallisena korkeuserona on käytetty ± 100 m, joka siis aiheuttaa edellä painatun paine-eron $+1,25 / -1,25$ kPa. Tämä korkeusero kattaa useimmat lasitoimitukset. Erikoistilanteiden elementit kuten esimerkiksi Saana-turbin huipulle asennettavan reventturi-iglin eristyslaselementtien lasikerrokset ja saumat pitää mitoittaa erikseen.

Edellä olevat numeroesimerkit osoittavat välitilan kaasun lämpötilan muutoksen olevan merkittävin sisäisen paineen tuottama kuorma eristyslaselementin lasipinnoille Suomessa.

Kaasun paine ($p = 0 \dots p_{\text{max}}$) on todellinen kuorma lasipinnoille. Kaasun paine voi aiheuttaa lasipinnan ja saumausten rikkoutumisen siinä missä tuulen nopeuspaineekin.

Laselementin lasilaatat pitää mitoittaa riittävän lujiksi tuulen nopeuspaineen ja lumen aiheuttamille kuormille. Lasilaatan jäykkyyden pitää kuitenkin pysyä alhaisena, jotta sisäinen kaasun paine ei tuo lasielementtiin liian suurta sisäistä kuormaa.

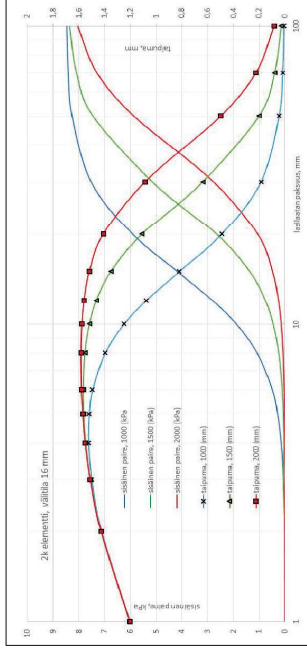
Joustavuutta saadaan, jos lasilaatan muoto on nelio, lähes neliö tai ympyrä ja laatan pienemmän sivumitan suhde-paksuuteen yli 100.

LASILIRI

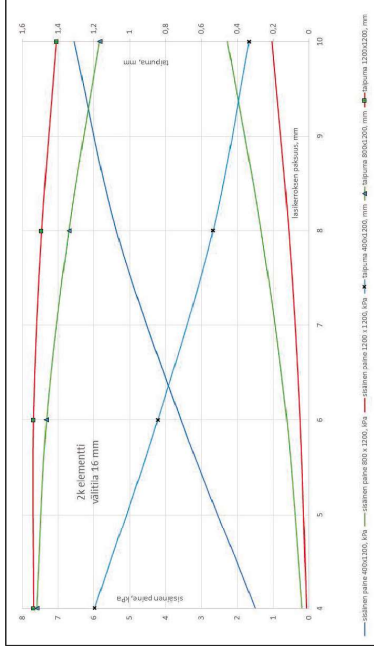
INNOVATIIVISIA LASIRATKAISUJA ASIANTUNTEMUKSELLA

ERISTYSLASIT, KARKAISTUT LASIT, PALONSUOJALASIT, LAMINOIDUT LASIT, ÄLYLASIT

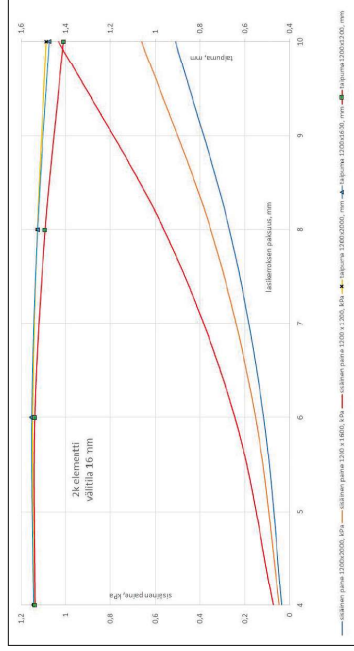
Lasiliri Oy • Riihimäki • lasiliri@lasiliri.fi • www.lasiliri.fi



Kuva 1. Eristyslaselementin 2K t/16t välitilaan muodostuva sisäinen paine ja lasikerrosten taipuma, kun välitilan kaasun lämpötila kasvaa 25°C . Tässä laskelmassa elementin koko on 1000×1000 , 1500×1500 ja 2000×2000 mm. Vaaka-akselilla symmetrisen 2k elementin lasipinnan poiksaus (t) logaritmisessa asteikossa. Asteikko kattaa kaksi dekaadia välillä 1...100 mm, jotka arvot edustavat paksuuksien teoreettisia ääriarvoja. Kava osoittaa sivumitoituaan pieneen elementtiin muodostuvan maksimaalista painetta lähesyvän kuorman, kun lasikerrosten paksuus kasvaa yli 10 mm suuruisiksi. Sivumitoituaan suureen elementtiin maksimaalinen paine syntyy käytännön lasipaksuuksien yläpuolella.



Kuva 2. Eristyslaselementin 2K t/16t välitilaan muodostuva sisäinen paine ja lasikerrosten taipuma, kun välitilan kaasun lämpötila kasvaa 25°C . Elementin koko tässä laskelmassa on 400×1200 , 800×1200 ja 1200×1200 mm. Vaaka-akselilla symmetrisen elementin lasipinnan poiksaus ($t = 4 \dots 10$ mm) lineaarisessa asteikossa. Kava osoittaa muodollaan kepeään suoraankaitteen muotoiseen elementtiin muodostuvan maksimaalista painetta lähesyvän kuorman, kun lasikerrosten paksuus lähestyy 10 mm paksuutta. Neljänmääriseen lasilaat-taan suuri paine syntyy vasta käytännön lasipaksuuksien yläpuolella.



Kuva 3. Eristyslaselementin 2K t/16t välitilaan muodostuva sisäinen paine ja lasikerrosten taipuma, kun välitilan kaasun lämpötila kasvaa 25°C . Elementin koko laskelmassa on 1200×1200 , 1600×1200 ja 2000×1200 mm. Vaaka-akselilla symmetrisen elementin lasipinnan poiksaus ($t = 4 \dots 10$ mm) lineaarisessa asteikossa. Kuvaa mukaan kaasun paineen vaikutus vähenee, kun elementin sivumitta kasvaa ja lasikerrosten paksuus pienenee.

Lasimitta-ohjelma perustuu prEN 16612:2013 versioon. Vuoden 2013 jälkeen standardista on kirjoitettu useita päivityksiä luonnoksia. Lasimitta-ohjelman käyttämiä lähtöarvoja on nyt muutettu joulukuussa 2018 kirjoitetun työryhmäluonnoksen mukaiseksi. Muutokset koskevat seuraavia asioita.

- infill panel rakennusosiksi luokiteltavien verhoavien lasielementtien kuorman osavarmuusluvut murtorajatarkasteluita varten on pienennetty: $\gamma_c = 1,1$ (aikaisemmin 1,15 tai 1,35) ja $\gamma_0 = 1,1$ (aikaisemmin 1,5),
- kuormien samanaikaisuuskertoin on pienennetty kuormitusilanteelle, jossa arvioidaan eristyslaselementin sisäisen paineen ja ulkoisten paine-

- nekuormien samanaikaisista esiintymistä: $\psi_{\text{dama}} = 0,3$ (aikaisemmin 0,6),
- tuulen puuskan vaikutustajan vaikutus float-lasin taiputuslujiteuteen: $k_{\text{wind}} = 1,0$ (aikaisemmin 0,74),
- eristyslaselementtien välitilojen sisäiseen paineeseen vaikuttavan lämpötilaeron uudelleen arviointi: $\Delta T_{\text{indoor}} = +40^\circ\text{C}$ (aikaisemmin $+50^\circ\text{C}$) ja $\Delta T_{\text{indoor}} = -50^\circ\text{C}$ (aikaisemmin -50°C) ja
- eristyslaselementin lasipintojen sallittu taipuma käyttörajatilassa; $w_{\text{all}} = \min(a/100, 25 \text{ mm})$ (aikaisemmin $\min(a/125, 25 \text{ mm})$).

Kaksi viimeistä muutosta ovat uudelleen tehtyyn harkintaan tuloksia suomalaisia tuotteita ja olosuhteita silmällä pitäen.