



**Suomen  
Tasolasiyhdistys ry**

**Tasolaselementtien mitoitus prEN 16612:2013 (E) mukaan  
Suomessa**

**MITOITUSOHJELMA**

**Ohjelman laskentaperusteet**

Versio 30.1.2017

Paavo Hassinen

Jari Uoti

Mauri Riikonen

Tahvo Sutela

## LASIRAKENTEIDEN MITOITUSOHJELMA

### Ohjelman laskentaperusteet

#### 1. Yleistä

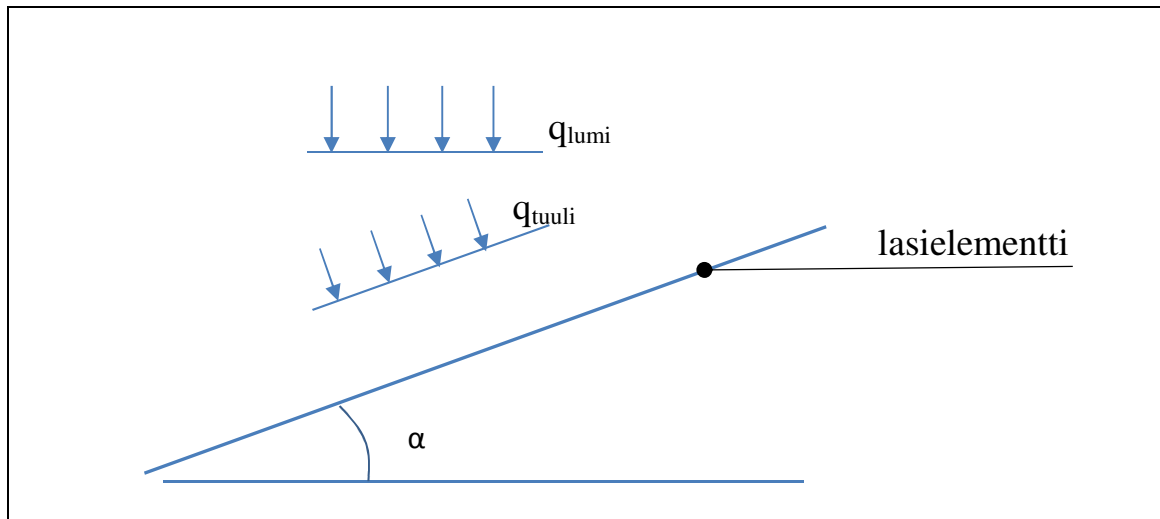
Eräänä lasirakenteiden mitoitusohjeena Suomessa käytetään vuonna 2001 julkaistua RIL 198-2001 ohjetta. RIL ohjeessa kuvataan rakenteellisesti laattana toimivan yksikerroksisen, laminoidun lasilaatan ja 2k eristyslaselementin mitoitus. Laatan kuormien yhdistäminen suoritetaan ENV-ohjeiden osoittamalla tavalla. RIL-ohje perustuu ohjeen kirjoittamisajan kohtana saatavissa olleeseen prEN 13474 Glass in Building standardin versioon.

RIL-ohjeen julkaisemisen jälkeen Glass in Building standardista on julkaistu useita päivitettyjä käsikirjoituksia. Uusin käsikirjoitus on prEN 16612:2013(E) on vuodelta 2013. Uudessa luonnoksessa kuormien yhdistäminen suoritetaan EN 1990 ohjeen periaatteiden mukaisesti. Lasilaatan lasin taivutuslujuuden mitoitusarvon määrittämislausekkeita on päivitetty. Teknisiä lisäyksiä ovat 3k eristyslaselementin mitoituslausekkeet ja laattakertoimien kuvaamiseen tarkoitetut jatkuvat funktiot.

prEN 16612:2013 (E) standardin laskentalausekkeiden perusteella on kirjoitettu lasilaattojen mitoittamiseen tarkoitettu laskentaohjelma. Tässä ohjeessa kuvataan niitä valintoja, jotka ohjelmaa kirjoitettaessa on tehty standardiluonnoksesta löytyvien parametrien määrän rajoittamiseksi tavanomaisissa mitoitusasteissa tai jotka standardiluonnoksessa ovat avoimia parametreja tai kansallisesti määritettäviä parametreja. Ohjeessa on kuvattu myös yleisesti muista Eurocode-standardeista löytyviä, lasirakenteiden mitoituksessa tarpeellisia ohjeita.

Standardiluonnos prEN 16612:2013 (E) kuvaa neljältä sivulta jatkuvasti tuettujen lasilaattojen lujuusteknistä mitoitusta, kun laattoihin kohdistuu tasaisesti jakautuneen painekuorman vaikutus. Standardiluonnoksen kuvaamia periaatteita voidaan käyttää myös paikallisilla kuormilla kuormitettujen pistemäisesti tuettujen laattojen mitoituksessa.

Standardiluonnoksessa prEN 16612:2013 (E) esitetyt laskentalausekkeet on ohjelmoitu MS Excel -ohjelmalla. Standardiluonnos ja laskentaohjelma rajautuvat painekuorman kuormittaman tasomaisen lasilaattarakenteen lujuustekniseen tarkasteluun. Ohjelman käyttäjän edellytetään tuntevan tasolasirakenteiden lujuustekninen käyttäytymisen ja mitoituksen. Ohjelman tekijät eivät ota vastuuta laskettujen tulosten oikeellisuudesta.



Kuva 1. Laskelmassa huomioitavat ulkoiset kuormat ja laatan ja vaakatason välinen kulma  $\alpha$ . Lasilaatan omapaino lasketaan lasikerrosten paksuuden ja  $\alpha$ -kulman perusteella. Tuulikuorma kohdistuu kohtisuoraan lasipintaa vasten. Lumikuorma on pystysuora kuorma, joka sisältää kinostumisen yms tekijöiden vaikutukset. Kuormat ovat ominaiskuormia.

## 2. Lasilaatan mekaaniset ominaisuudet

Laskentaohjelmassa käytetään lasin tiheydelle, kimmokertoimelle ja Poisson vakiolle arvoja

$$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3, E = 70000 \text{ N/mm}^2 \text{ ja } \mu = 0.22.$$

## 3. Laskentaohjeessa käytetyt laskentapaksuudet

Laskentaohjelmassa lasilaatan taivutusjännitys, taipuma, suhteellinen painekuorma, laminoidun lasilaatan tehollinen paksuus ja kuormien jakautuminen eristyslaselementin kerrosten välillä lasketaan yksittäisten lasilaattojen nimellisten paksuuksien perusteella. Lasilaatan todellinen paksuus voi olla sallitun paksuuspoikkeaman verran pienempi, mitä poikkeamaa ei huomioida laskennassa. Yksittäisten lasikerrosten nimellisiä paksuuksia merkitään laskentaohjelmassa standardiluonnoksessa käytetyllä symbolilla  $h_i$ .

## 4. Lasilaatan taivutuslujuuden mitoitusarvo

Laskentaohjelmassa float-lasilaatan taivutusvetolujuuden mitoitusarvo lasketaan lausekkeesta (luku 8.1)

$$f_{g.d} = \frac{k_{mod} k_{sp}}{\gamma_{M.A}} f_{g.k}$$

Lämpölujitetun ja karkaistun lasilaatan taivutusvetolujuuden mitoitusarvo lasketaan vastaavasti lausekkeesta (luku 8.2)

$$f_{gv.d} = \frac{k_{mod} k_{sp}}{\gamma_{M.A}} f_{g.k} + \frac{k_v}{\gamma_{M.v}} (f_{b.k} - f_{g.k})$$

Lausekkeissa lasilaatan aikavaikutuskerroin  $k_{mod}$  saa arvon

- $k_{\text{mod}} = 0.74$ , kun kuormitusyhdistelmässä on mukana hetkellisen tuulikuorman (10 min keskiarvo) vaikutus,
- $k_{\text{mod}} = 0.4$ , kun yhdistelmässä on mukana lumikuorman vaikutus ja
- $k_{\text{mod}} = 0.29$ , kun tarkastellaan pelkästään pysyvän kuorman kuten omapainon vaikutusta.

Edellä annettu lumikuorman aikavaikutuskerroin vastaa 3 kk mittaista kuormitusaikaa.

Float lasin pintakertoimelle käytetään arvoa  $k_{\text{sp}} = 1.0$  ja lämpölujitetun ja karkaistun lasilaatan karkaisukertoimelle arvoa  $k_v = 1$ . Jälkimmäinen kerroin on tarkoitettu sellaisille lämpölujituksen tai karkaisun tuottamille lasilaatoille, joihin ei ole jäänyt paikallisia esimerkiksi käsiteltävän laatan tukien kohtien aiheuttamia lujuuden heikennyksiä. Tarvittaessa nämä heikennykset pitää ottaa erikseen huomioon.

Laskentaohjelmassa float lasin taivutusvetolujuuden ominaisarvo on  $f_{g,k} = 45 \text{ N/mm}^2$ . Lämpölujitetun ja karkaistun laatan taivutusvetolujuuden ominaisarvo on vastaavasti  $f_{b,k} = 70$  ja  $120 \text{ N/mm}^2$ .

Aineosavarmuusluku float lasille murtorajatilassa on  $\gamma_{M,A} = 1.8$ . Lämpölujituksen ja karkaisun tuomalle taivutusvetolujuuden lisäykselle aineosavarmuusluku on  $\gamma_{M,b} = 1.2$ . Aineosavarmuuslukuja käyttörajatilamitoitusta varten ei ole määritetty, koska laatan kestävyyttä käyttörajatilassa ei tutkita.

Edellä esitettyjen parametriarvojen avulla saadaan alla olevassa taulukossa esitetyt kuorman vaikutusajasta riippuvat taivutusvetolujuuden mitoitusarvot.

Lasilaatu	pysyvä kuorma	lumikuorma	tuulikuorma
Murtorajatilamitoitus			
Float lasi	7.2	10.0	18.5
Lämpölujitettu lasi	28.1	30.8	39.3
Karkaistu lasi	69.7	72.5	81.0

Taivutusvetolujuuden mitoitusarvo tarkoittaa rajatilamenetelmän mukaista jännityksen raja-arvoa ( $R_d$ ). Tätä raja-arvoa ei saa sekoittaa aiemmin käytetyn sallittujen jännitysten menetelmän mukaiseen taivutusjännityksen sallittuun arvoon.

## 5. Lasilaatan laattakertoimet

Taivutetun laatan määrävän jännityksen ja määrävän taipuman arvioinnissa käytettävissä lausekkeissa yhtenä muuttujana on laatan sivumittojen suhteesta ( $\lambda = a/b \leq 1$ ) riippuva laattakerroin  $k_1$  ja  $k_4$  (Liite B, lausekkeet B1 ja B2).

$$\sigma_d = k_1 \frac{a^2}{h^2} q_d \quad \text{ja} \quad w_k = k_4 \frac{a^4}{h^3} \frac{q_k}{E}$$

Laatan taipuessa muodostuvan taipumapinnan tilavuutta kuvataan lisäksi kertoimella  $k_5$  (Liite B, lauseke B3).

$$\Delta V_k = k_5 ab \frac{a^4}{h^3} \frac{q_k}{E}$$

Jos taivutetun laatan suurten taipumien vaikutus eli niin sanottu kalvovaikutus otetaan huomioon, laattakertoimet  $k_1$  ja  $k_4$  riippuvat sivusuhteen  $\lambda$  lisäksi myös kuorman suuruudesta  $p^*$  (Liite B, lauseke B4).

$$p^* = \left(\frac{ab}{4h^2}\right)^2 \frac{q}{E}$$

Kalvovaikutus muuttaa jännitysten jakautumista ja taipumapintaa, jos laatan taipuma ylittää puolet laatan paksuudesta. Kalvovaikutus yleensä pienentää laatan jännitysten ja taipumien kasvua.

Ohjeen prEN 16612:2013 (E) liitteen B mukaan laattakertoimet määritetään joko valitsemalla ja interpoloimalla annetuista taulukkoarvoista tai laskemalla suljetuista lausekkeista.

- lasilaatan taivutusjännityksen laskennassa tarvittava kerroin  $k_1 = k_1(\lambda, p^*)$  (taulukko B.1)
- lasilaatan taipuman laskennassa tarvittava kerroin  $k_4 = k_4(\lambda, p^*)$  (taulukko B.2)
- lasilaatan taipumisen aiheuttaman tilavuuden muutoksen arvioinnissa tarvittava kerroin  $k_5 = k_5(\lambda)$  (taulukko B.3)

Lausekkeissa  $\lambda=a/b$  on suorakaiteen muotoisen laatan sivusuhte ( $\lambda \leq 1.0$ ) ja  $p^*$

suhteellinen tasaisesti jakautunut pintakuorma. Lineaarinen ratkaisu ilman kalvovoimien vaikutusta saadaan asettamalla  $p^* = 0$ .

On huomattava, että taipuisan laatan ( $p^* > 0$ ) määräävä taivutusjännitys eli ensimmäinen päävetojännitys ei välttämättä löydy laatan keskeltä, vaan määräävä jännitys voi olla laatan nurkassa, jossa lasin vetolujuus on reunan alkusäröjen vuoksi yleensä pienempi kuin lujuus laatan keskellä.

## 6. Laminoidun lasilaatan tehollinen paksuus

Laminoidun lasilaatan kerrosten välistä yhteistoimintaa kuvataan leikkauskertoimella  $\omega$ , joka voi saada arvoja välillä 0 ... 1. Leikkauskerroin  $\omega$  pitää määrittää tuotekohtaisesti kokeellisesti. Laskentaohjelmaan leikkauskertoimen arvoksi on valittu  $\omega = 0.2$ . Tämä arvo ei välttämättä ole aina ns. varmalla puolella. Suuri leikkauskerroin kasvattaa lasikerrosten taivutusjäykkyyttä, joka lisää eristyslaselementin sisäisiä kuormia. Eristyslaselementin kuormia arvioitaessa, leikkauskertoimelle pitäisi käyttää yläraja-arvoa ja lasikerrosten kestävyyttä arvioitaessa alaraja-arvoa. Erityisesti silloin, kun leikkauskerroin  $\omega$  on tätä arvoa pienempi, leikkauskertoimen vaikutus pitää erikseen selvittää.

Laminoidulle lasilaatalle lasketaan tehollinen paksuus erikseen

- taipumien laskemista ja eristyslaselementin painekuormien jakautumisen määrittämistä varten ja
- yksittäisten lasikerrosten taivutusjännitysten laskemista varten.

Leikkauskertoimen merkitystä kuvaa alla olevassa taulukossa laskettu esimerkki. Esimerkissä käytetty laminoitu lasilaatta on valmistettu kahdesta lasikerroksesta  $h_1 = 6$  mm ja  $h_2 = 4$  mm, joiden välissä on 0.76 mm paksu välikalvo.

Leikkauskerroin $\omega$	Taipumien laskenta		Taivutusjännitysten laskenta	
	Tehollinen paksuus ( $h_{ef,w}$ ), mm	1. kerroksen tehollinen paksuus ( $h_{ef,\sigma,1}$ ), mm	2. kerroksen tehollinen paksuus ( $h_{ef,\sigma,2}$ ), mm	
0	6.54	6.83	8.37	
0.2	7.78	8.25	9.36	
0.3	8.28	8.76	9.66	
0.5	9.12	9.55	10.08	
1	10.76	10.76	10.76	

Tehollinen paksuus taipumien ( $h_{ef,w}$ ) ja jännitysjakautumien laskentaan saadaan standardiluonnoksen luvussa 9 esitetystä lausekkeesta (9) ja teholliset paksuudet erillisten lasikerrosten taivutusjännitysten laskentaa ( $h_{ef,\sigma,i}$ ) varten saman luvun lausekkeesta (10).

#### 7. Kuormien osavarmuuskertoimet ja yhteisvaikutuskertoimet ja kuormien yhdistäminen

EN 1990 standardin mukaan murtorajatilamitoituksessa käytetään pysyvälle kuormalle (G) ja muuttuvalle kuormalle (Q) seuraavia kuorman osavarmuuskertoimia

$$\gamma_G = 1.35, \gamma_{G1} = 1.15, \gamma_{G2} = 0.9, \gamma_Q = 1.5.$$

Muuttuvien kuormien yhdistelykertoimille käytetään arvoja

$$\psi_{lumi} = 0.7 \text{ ja } \psi_{tuuli} = 0.6.$$

Lämpötilan ja barometrisen paineen muutoksesta aiheutuvan eristyslaselementin välitilan kaasunpaineen muutoksen aiheuttamalle kuormalle on laskentaohjelmassa käytetty yhdistelykerrointa

$$\psi_{clima} = 0.6.$$

Laskentaohjelmassa lasilaattojen kuormakertoimen  $K_{FI}$  arvoksi on valittu  $K_{FI} = 1.0$ , joka on vaurioiden seuraamusluokan CC2 mukaisille keskisuurille vahingoille valittu kerroin. Jos seuraamusluokka on korkeampi (CC3), kuormakerrointa pitää kasvattaa.

Murtorajatilan mukaiseen yhdistelmään otetaan mukaan pysyvien kuormien ja tuuli- ja lumikuorman vaikutus. Eristyslaselementtien suunnittelussa, murtorajatilamitoituksen mukaiseen jännitysten yhdistelmään otetaan mukaan lisäksi elementin välitilan tai välitilojen kaasun paineen muutoksen tuomat vaikutukset. Yhdistelmää kuvaa standardiehdotuksen luvussa 7 annettu lauseke (3a).

Pystysuoraan asennetun eristyslaselementin kunkin lasilaatan murtorajatilatarkastelussa tutkitaan seuraavat tasaisesti jakautuneiden kuormien aiheuttamien jännitysten lyhytaikaiset ja hetkelliset yhdistelmät

$$\sigma_d = \gamma_G \sigma_{\Delta H,k} + \gamma_Q (\sigma_{\Delta p,k} + \sigma_{\Delta T,k})$$

$$\sigma_d = \gamma_G \sigma_{\Delta H.k} + \gamma_Q \left( \sigma_{tuuli.k} + \psi_{clima} (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k}) \right)$$

$$\sigma_d = \gamma_G \sigma_{\Delta H.k} + \gamma_Q (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k} + \psi_{tuuli} \sigma_{tuuli.k})$$

Yksittäisen pystysuoraan asennetun lasilaatan murtorajatilatarkastelussa mukana on vain tuulikuorman vaikutus  $\sigma_{tuuli.k}$ .

Vaakasuoraan asennetun eristyslaselementin kunkin lasilaatan murtorajatilatarkastelussa tutkitaan seuraavat tasaisesti jakautuneiden kuormien aiheuttamien jännitysten pitkäaikaiset, lyhytaikaiset ja hetkelliset yhdistelmät

$$\sigma_d = \gamma_G (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k})$$

$$\sigma_d = \gamma_{G1} (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k}) + \gamma_Q \left( \sigma_{lumi.k} + \psi_{clima} (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k}) \right)$$

$$\sigma_d = \gamma_{G1} (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k}) + \gamma_Q \left( \psi_{lumi} \sigma_{lumi.k} + (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k}) \right)$$

$$\sigma_d = \gamma_{G1} (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k}) + \gamma_Q \left( \sigma_{lumi.k} + \psi_{tuuli} \sigma_{tuuli.k} + \psi_{clima} (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k}) \right)$$

$$\sigma_d = \gamma_{G1} (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k}) + \gamma_Q \left( \sigma_{tuuli.k} + \psi_{lumi} \sigma_{lumi.k} + \psi_{clima} (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k}) \right)$$

$$\sigma_d = \gamma_{G1} (\sigma_G + \sigma_{\Delta H.k}) + \gamma_Q (\sigma_{\Delta p.k} + \sigma_{\Delta T.k} + \psi_{lumi} \sigma_{lumi.k} + \psi_{tuuli} \sigma_{tuuli.k})$$

Kuormitusyhdistelmässä käytetty pysyvän kuorman osavarmuuskerroin  $\gamma_G$  riippuu kuorman vaikutuksen suunnasta. Mitoitusjännitystä kasvattavalle jännitykselle käytetään kerrointa  $\gamma_{G1}$  ja mitoitusjännitystä pienentävälle jännitykselle kerrointa  $\gamma_{G2}$ .

Yksittäisen vaakasuuntaan asennetun lasilaatan murtorajatilatarkastelussa mukana ovat pysyvän kuorman ja lumi- ja tuulikuorman vaikutukset  $\sigma_G$ ,  $\sigma_{lumi.k}$  ja  $\sigma_{tuuli.k}$ .

Käytännössä on tapauskohtaisesti otettava huomioon myös paikallisten vaakasuorien törmäyskuormien ja paikallisten pystykuormien vaikutus.

Käyttörajatilatarkastelu sisältää vain taipumien arvioimisen ja taipumien vertaamisen sallittuihin taipumiin. Kuormitusyhdistely taipumatarkastelua varten tehdään EN 1990 standardin kuvaaman ominaisyhdistelmän mukaan. Tämä poikkeaa standardiluonnoksen luvussa 7 esitetystä yhdistelmästä (3.b), joka vastaa tavallista yhdistelmää.

Pystysuoraan asennetun eristyslaselementin lasilaattojen käyttörajatilatarkastelussa tutkitaan seuraavat tasaisesti jakautuneiden kuormien aiheuttamien taipumien yhdistelmät

$$w_k = w_{\Delta H.k} + w_{tuuli.k} + \psi_{clima} (w_{\Delta p.k} + w_{\Delta T.k})$$

$$w_k = w_{\Delta H.k} + w_{\Delta p.k} + w_{\Delta T.k} + \psi_{tuuli} w_{tuuli.k}$$

Yksittäisen pystysuoraan asennetun lasilaatan käyttörajatilatarkastelussa mukana on vain tuulikuorman vaikutus  $w_{tuuli.k}$ .

Vaakasuoraan asennetun eristyslaselementin lasilaattojen käyttörajatilatarkastelussa tutkitaan seuraavat tasaisesti jakautuneiden kuormien aiheuttamien taipumien yhdistelmät

$$w_k = w_G + w_{\Delta H.k} + w_{lumi.k} + \psi_{tuuli} w_{tuuli.k} + \psi_{clima} (w_{\Delta p.k} + w_{\Delta T.k})$$

$$w_d = w_G + w_{\Delta H.k} + w_{tuuli.k} + \psi_{lumi} w_{lumi.k} + \psi_{clima} (w_{\Delta p.k} + w_{\Delta T.k})$$

$$w_d = w_G + w_{\Delta H.k} + w_{\Delta p.k} + w_{\Delta T.k} + \psi_{lumi} w_{lumi.k} + \psi_{tuuli} w_{tuuli.k}$$

Yksittäisen vaakasuuntaan asennetun lasilaatan käyttörajatilatarkastelussa mukana ovat pysyvän kuorman ja lumi- ja tuulikuorman vaikutukset  $w_G$ ,  $w_{lumi.k}$  ja  $w_{tuuli.k}$ .

Käytännössä on tapauskohtaisesti otettava huomioon myös pysty- ja vaakasuuntaan vaikuttavien paikallisten piste- ja viivakuormien vaikutus.

## 8. Eristyslaselementin kuormat

Tuulikuorma aiheuttaa ilman paine-eroja laatan eri puolille. Näitä paine-eroja kuvataan paine- ja imukertoimilla. Paine-ero voidaan jakaa ulko- ja sisäpintaan kohdistuviksi kuormiksi ( $q_{tuuli.e.k}$  ja  $q_{tuuli.i.k}$ ). Tässä laskentaohjelmassa tuulikuorman painearvo ( $q_{tuuli.e.k} + q_{tuuli.i.k}$ ) on kokonaisuudessaan kohdistettu eristyslaselementin ulkopinnan lasilaattaan kohdistuvaksi kuormaksi ja tuulikuorman ns. imukuorma paineena kokonaisuudessaan sisäpinnan lasilaattaan kohdistuvaksi kuormaksi. Eristyslaselementin lasikerrosten jäykkyyksien ja välitilan paksuuden perusteella kuormat jakautuvat eri kerroksille.

Eristyslaselementin välitilan tai välitilojen kaasun paine muuttuu kolmen eri ilmiön vaikutuksesta, jotka ovat asennus- ja valmistuspaikan maantieteellinen korkeusero, barometrisen paineen muutos ja lämpötilan muutos. Välitilan paineen muutos tuo lisäkuormaa yksittäiseen lasilaattaan.

Laskentaohjelmassa on tehty seuraavat eristyslaselementin välitilan kaasunpaineen muutokseen vaikuttavat valinnat.

Suurimmaksi korkeuseroksi eristyslaselementin asennus- ja valmistuspaikan välille on valittu  $\Delta H = +100 \text{ m} / -100 \text{ m}$ . Korkeuseron tuottama välitilan paine-ero on pysyvä kuorma.

Barometrisen paineen muutoksen ääriarvot ohjelmassa ovat  $\Delta p = -2 \text{ kPa}$  ja  $+4 \text{ kPa}$ , jotka vastaavat  $-20$  ja  $+40$  millibaarin suuruista ilmanpaineen muutosta. Normaali ilmanpaine on  $1013$  millibaaria.

Eristyslaselementin eristämän sisätilan ja ulkotilan väliseksi lämpötilaeroksi on valittu kesäaikaan  $(+20 - (+70)) = -50^\circ\text{C}$  ja talviaikaan  $(+20 - (-30)) = +50^\circ\text{C}$ . Lämpötilaero jaetaan suoraviivaisesti sisä- ja ulkopinnan ja välitilojen välille. 2k eristyslaselementin välitilan kaasun lämpötilan muutos on siten  $\pm 25^\circ\text{C}$ . 3k eristyslaselementin sisemmän ja ulomman välitilan kaasun lämpötilan muutos on vastaavasti  $\pm 17^\circ\text{C}$  ja  $\pm 33^\circ\text{C}$ .

Barometrisen paineen muutoksen ja lämpötilan muutoksen tuottama välitilan paine-ero on ohjelmassa lumikuormaan verrattava lyhytaikainen muuttuva kuorma.



Tarkemmat arvot välitilojen lämpötilan muutoksille tulee määrittää eristyslaselementin lämpötila-analyysin avulla. Lämpötila-analyysistä saadaan myös profiilien taakse jäävien lasikerrosten reuna-osien lämpötilaero, jota pitää erikseen verrata kyseisen lasikerroksen kestävyysasteeseen. Lasikerroksen reuna- ja keskiosan välisen lämpötila-eron vaikutusta lasikerroksen kestävyysasteeseen tässä analyysissä ei tutkita.

Jos valmistus- ja asennuspaikan välinen korkeusero, barometrisen paineen muutos tai kesä- ja talviympäristön tuottama lämpötilaero poikkeaa merkittävästi edellä mainituista valinnoista, ne pitää ottaa huomioon eristyslaselementin lopullisessa mitoituksessa.

## 9. Sallittu taipuma

Yhdestä monoliittisesta tai yhdestä laminoidusta lasikerroksesta muodostuvan lasilaatan sallittu taipuma käyttörajatilassa tässä laskentaohjelmassa on määräävä arvoista 25 mm tai  $a/100$ , missä  $a$  on lasielementin pienin sivumitta. Eristyslaselementin kunkin lasikerroksen sallittu taipuma käyttörajatilassa on vastaavasti määräävä arvoista 25 mm tai  $a/125$ .

## 10. Rakennevaihtoehdot ohjelmassa

yleiset rajoitukset

lasilaatan sivusuhte  $0.2 \leq a/b \leq 1$

laminoidun lasilaatan leikkauskerroin  $\omega = 0.2$

laminoidun lasilaatan välikerroksen paksuus 0.76 mm

kuormakerroin  $K_{FI} = 1.0$  (seuraamusluokka CC2)

1k lasilaatta

rakenne; monoliittinen lasilaatta ja kahdesta tai kolmesta kerroksesta laminoitu lasilaatta

yksittäisten lasikerrosten lujuudet; float, lämpölujitettu ja karkaistu

2k eristyslaselementti

ulko- ja sisälasikerroksen rakenne; monoliittinen lasilaatta ja kahdesta kerroksesta laminoitu lasilaatta

yksittäisten lasikerrosten lujuudet; float, lämpölujitettu ja karkaistu

3k eristyslaselementti

ulko-, väli- ja sisälasikerroksen rakenne; monoliittinen lasilaatta ja kahdesta kerroksesta laminoitu lasilaatta

yksittäisten lasikerrosten lujuudet; float, lämpölujitettu ja karkaistu