

Külmasillad

Külmasillad on kohad piirdetarindis, kus soojusläbivus on lokaalselt suurem ümbritseva tarindi soojusläbivusest. Külmasillad võivad olla geomeetrilised (näiteks välisseina välisnurk, põranda ja välisseina liitumine, välisseina ja akna liitekoht jne.) või põhjustatud ehituskonstruktiiivsest lahendusest (näiteks tarindite liitekohad, soojustusest läbiviigid jne.).

Külmasildade kahjulikkus seisneb ühelt poolt soojusvoolu suurenemises (isolatsiooni vähenemise tõttu) ja teisalt tarindi sisepinna temperatuuri alanemises. Külmasilla juures on tarindi sisepinna temperatuur madalam ja välispinna temperatuur kõrgem. Lisaks külmasillale võivad sisetemperatuuri lokaalset jahenemist põhjustada ka soojustuse puudumine, vead soojustuse paigaldamisel, märgunud soojustus, alarõhu tingimustes õhutõkke lekkes ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemide toimivus.

Külmas kliimas on külmasildadega arvestamine tähtis mitmel põhjusel:

- Külmasilla suuremast soojusläbivusest tingitud madalam sisepinna temperatuur ja sellest tulenev kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada tarindis või tarindi sisepinnal mikroorganismide kasvu, seina määrdumist või viia veeauru kondenseerumiseni. Veeaur kondenseerub, kui temperatuur langeb alla küllastustemperatuuri, kui suhteline niiskus on 100%. Hallituse kasvuks sobiv suhteline niiskus on 75...80% (temperatuuri langedes hallituse kasvuks vajalik suhteline niiskus tõuseb).
- Madalad pinnatemperatuurid suurtel aladel vähendavad soojuslikku mugavust tulenevalt eelkõige suuremast õhuliikumisest ja ebasümmeetrilisest kiirgusest.
- Külmasillad suurendavad hoonete energiakulu. Piirdetarindite soojusläbivuse üldise vähenemise juures hoone soojuskadudes külmasildade osakaal kasvab.

Kuna hoone välispiirete (välisseinad, põrandad, katused) soojuskaod arvutatakse välispiirdeosa soojusläbivuse ja sisemõõtudega arvutatud pindalade järgi, tuleb külmasildadest tingitud lisasoojuskaod võtta eraldi arvesse külmasildade joonsoojusläbivusega. Külmasilla soojusläbivus on soojuskadu vattides külmasilla kaudu, kui temperatuuride erinevus on üks kraad. Vajaduse korral teiseandatakse välispiirde summaarne soojusläbivus keskmiseks välispiirde soojusläbivuseks, jagades välispiirde summaarse soojusläbivuse kasutatava arvutustarkvara reeglite kohaselt määratud välispiirde pindalaga.

Külmasillast põhjustatud sisepinna madalama temperatuuri kriitilisuse taseme määrab sisepinna temperatuuri, välistemperatuuri ja sisetemperatuuride omavaheline suhe ehk temperatuuriindeks f_{Rsi} :

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T} \quad (3.1)$$

kus:

- f_{Rsi} temperatuuriindeks, -;
- t_{si} sisepinnatemperatuur, °C;
- t_i siseõhu temperatuur, °C;
- t_e välisõhu temperatuur, °C;
- R_T piirdetarindi kogusoojustakistus, $m^2 \cdot K/W$;
- R_{si} piirdetarindi sisepinna soojustakistus, $m^2 \cdot K/W$.

Eesti kliimatingimustes võib uute elamute projekteerimisel temperatuuriindeksi piirväärtuseks kasutada $f_{Rsi} \geq 0,8$. Termograafilise mõõdistamise ajal või temperatuurivälja arvutusega on võimalik kõik kolm temperatuuri mõõta või välja arvutada ning seejärel saab temperatuuriindeksi abil hinnata külmasilla kriitilisust.

Külmasilla mõju hoone energiakulule võetakse arvesse külmasilla soojuslähivuste abil:

- külmasilla joonsoojuslähivus Ψ_j , $W/(K \cdot m)$, mis statsionaarsetes tingimustes on arvutatav: $\Phi = \Psi_j \cdot l_j \cdot (T_1 - T_2)$, W ;
- külmasilla punktsoojuslähivus χ_p , W/K , mis statsionaarsetes tingimustes on arvutatav valemist: $\Phi = \chi_p \cdot (T_1 - T_2)$, W ;

Hoone soojuskadude arvutusmeetodi järgi võib külmasilla soojuslähivus e määramisel lähtuda tarindi:

- sisemõõtudest l_i ,
- välismõõtudest l_e ,
- summaarsest sisemõõdust l_{oi} .



Joonis 3.1 Tarindi geomeetria määramine välisseinanurga (vasakul) ja välisseinavaheseina liitekohta (paremal) külmasilla soojuskao arvutamisel.

Eesti energiatõhususarvutuse meetodi kohaselt lähtutakse hoone sisemistest mõõtudest. Pikkus, mille ulatuses arvutus tehakse, peab olema suurem kui 1 m ja kolm korda pikem arvutatava tarindi paksusest.

Teades summaarset soojuslevi läbi kogu arvutatava tarindi ja tarindi üksikute osade soojusläbivust, leitakse külmasilla joonsoojusläbivuse Ψ väärtused valemi 3.4 põhjal:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j, \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) \quad (3.1)$$

kus:

L_{2D} on külmasilla soojuserikadu ehk soojusvool sise- ja väliskeskkonna temperatuurierinevuse kohta, mis läbib neid kahte keskkonda ühendavat tarindit ja mis on leitud kahte vaadeldavat keskkonda eraldava kahemõotmelise temperatuurivälja arvutuste põhjal, $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;

U_j on kahte vaadeldavat keskkonda eraldava tarindi soojusläbivus, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;

l_j on pikkus, mille ulatuses kohaldatakse väärtust, U_j , m.

Standardis EVS-EN ISO 14683 on esitatud tarindite tüüpsõlmede külmasildade soojusläbivused. Tuleb märkida, et liginullenergia- ja madalenergiahoone tarindite puhul need suurused ei pruugi kehtida, kuna nende hoonete puhul võivad külmasilla soojusläbivused olla:

- suuremad, sest tarindite soojusläbivuse vähenedes kasvab külmasilla suhteline osakaal kogusoojuslevis;
- väiksemad, kui külmasildade likvideerimisele on pööratud erilist tähelepanu.

Külmasilla joonsoojusläbivuse suurus võib olla ka negatiivne: näiteks välisseina sisenurga puhul, kui soojuslevi arvutatakse hoone sisemõõtude alusel.

Tarindite liitekohtades saavad olla nii geomeetrilised kui ka konstruktiivsed külmasillad. Hoolika projekteerimisega on võimalik nende mõju oluliselt vähendada. Projekteerimise käigus tuleb pöörata erilist tähelepanu järgmistele kriitilisematele kohtadele:

- välisseina nurgad;
- katuse ja välisseina liitekohad;
- põranda ja välisseina liitekoht (eriti maani ulatuva akna korral);
- akna seinakinnitus;
- rõdu ja varikatuse kinnitus välisseinale.

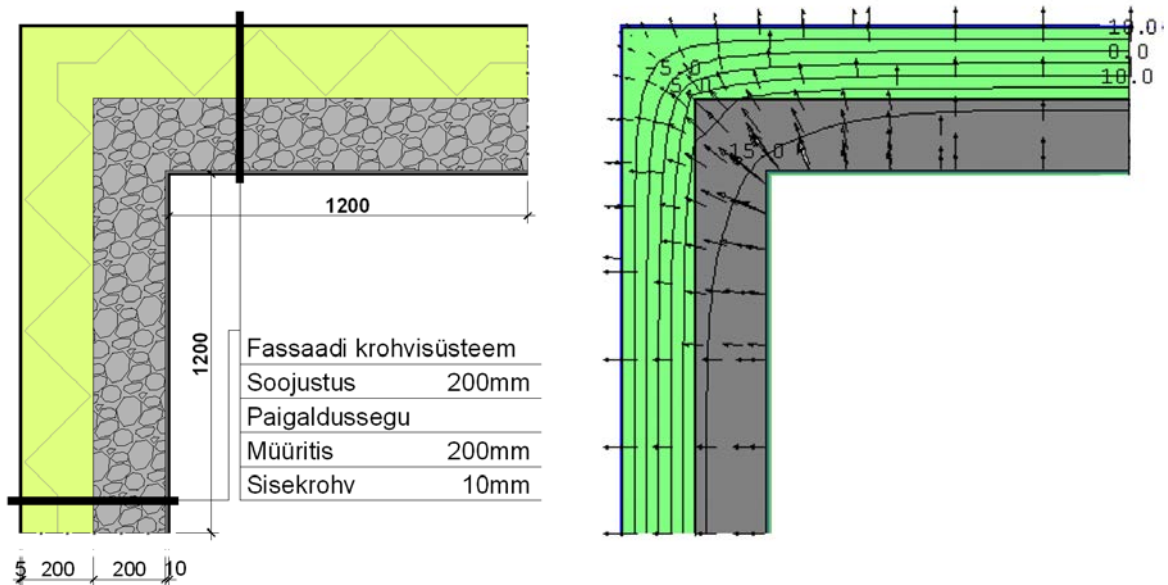
Akna asukoht seinaga liitumisel mõjutab hoone energiakulu kahest aspektist:

- akna ja välisseina liitekohas oleva külmasilla joonsoojusläbivuse suuruse kaudu;
- aknast siseruumidesse tuleva päikeseenergia kaudu.

Akna varjestustegur on väiksem, kui aken paikneb sein välispinna lähedal. Samas võib siis tekkida akna ja välisseina liitekohta suur külmasild. Akna ja välisseina liitekohta külmasilla mõju on väiksem, kui aken paikneb tuuletõkke sisepinnas või sein keskteljel. Kui aken paikneb sein välispinna lähedal, on külmasillast põhjustatud soojuskadu suurim ja temperatuuriindeks on väiksem.

Näide välisseina välisnurga geomeetrilise külmasilla joonsoojuśläbivuse arvutus

200 mm paksune keramsiitplokkidest sein on soojustatud 200 mm paksuse vahtpolüstüreeniga ja krohvitud mõlemalt poolt (vt. Joonis 3.5 vasakul). Arvutuses kasutatud materjalid ja nende paksused vt. Tabel 3.2. Külmasilla kogusoojuśläbivuse arvutamisel kasutatakse temperatuurivälja arvutusmeetodit, kus tarindi liitekohta genereeritakse võrgustik, mille sõlmpunktide vahel arvutatakse soojusvool ja temperatuuride jaotus (vt. Joonis 3.5 paremal), arvestades tarindi geomeetriat ja materjalide soojuseriitvust. Temperatuurivälja arvutusprogramme on nii kahe- kui ka kolmemõõtmelise soojuslevi jaoks.



Joonis 3.2 Välisseina välisnurga lahendus (vasakul) ning samatemperatuurijooned ja soojusvoolu vektorid (paremal).

Joonis 3.5 kujutatud välisseina välisnurga joonsoojuśläbivus on arvutatav valemi 3.5 põhjal:

$$\Psi = 0,1987 \cdot 2 \cdot 1,2 - (0,1701 \cdot 1,2 + 0,1701 \cdot 1,2) = 0,068 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Standardis EVS-EN ISO 14683 on toodud tarindite tüüpsõlmede külmasildade soojuslähivused. Tuleb märkida, et liginullenergia- ja madalenergiahoonete tarindite puhul need suurused ei pruugi kehtida, kuna nende hoonete puhul võivad külmasilla soojuslähivused olla:

- suuremad, sest tarindite soojuslähivuse vähenedes kasvab külmasilla suhteline osakaal;
- väiksemad, kui külmasildade likvideerimisele on pööratud erilist tähelepanu.

Külmasilla joonsoojuslähivuse suurus võib olla ka negatiivne: näiteks välisseina sisenurga puhul, kui soojuslevi arvutatakse hoone sisemõõtude alusel. Tarindite liitekohtades saavad olla nii geomeetrilised kui ka konstruktiivsed külmasillad. Hoolika projekteerimisega on võimalik nende mõju oluliselt vähendada. Projekteerimise käigus tuleb pöörata erilist tähelepanu järgmistele kriitilisematele kohtadele:

- välisseina nurgad;
- katuse ja välisseina liitekohad;
- põranda ja välisseina liitekoht (eriti maani ulatuva akna korral);
- akna seinakinnitus;
- rõdu ja varikatuse kinnitus välisseinale.

Akna asukoht seinaga liitumisel mõjutab hoone energiakulu kahest aspektist:

- akna ja välisseina liitekohas oleva külmasilla joonsoojuslähivuse suuruse kaudu;
- aknast siseruumidesse tuleva päikeseenergia kaudu (mõjutab nii kütte- kui ka jahutuse kulu).

Akna varjestustegur on väiksem, kui aken paikneb seinä välispinna lähedal. Samas võib siis tekkida akna ja välisseina liitekohta suur külmasild. Tabel 3.3 on näidatud akna asukoha mõju akna ja välisseina liitekohas oleva külmasilla suurusele ja mõjule. On näha, et akna ja välisseina liitekohta külmasilla mõju on väiksem, kui aken paikneb tuuletõkke sisepinnas või seinä keskteljel. Kui aken paikneb seinä välispinna lähedal, on külmasillast põhjustatud soojuskadu suurim ja temperatuuriindeks on väiksem.

Akna asukohta mõju akna ja välisseina liitekohas olevale külmasillale.

| Akna ja välisseina liitekohas oleva külmasilla joon- soojusläbivus Ψ_j , W/(m·K) | Akna ja välisseina liitekohas oleva külmasilla temperatuurindeks f_{Rsi} , - | Akna asukohta skeem (ülal) ja samatemperatuurijooned (all) |
|---|--|--|
| Akna asukoht: tuuletõke katab lengi | 0,01 0,83 | |
| Akna asukoht: välisvoodri sisepinnas | 0,06 0,78 | |
| Akna asukoht: sein keskkeljel | 0,02 0,84 | |
| Laia lengiga aken tuuletõkke välispinnas | 0,003 0,88 | |