



## 7 Navodila za zastekljevanje

### **7.1 Splošno**

7.1.1 Področje veljave

7.1.2 Naloga

7.1.3 Kakovostna in trajnostna garancija izolacijskih stekel REFLEX (RX)

### **7.2 Tehnični pravilniki**

### **7.3 Smernice za rokovanje z izolacijskim steklom (transport, skladiščenje in vgradnja)**

7.3.1 Navodilo za uporabo troslojnega izolacijskega stekla

### **7.4 Dodatne zahteve**

7.4.1 Zasteklitve, ki so izpostavljene izrednim termičnim in/ali dinamičnim obremenitvam

7.4.2 Zasteklitve s stekli z nanosom in v masi obarvanimi stekli v drsnih vratih in oknih

7.4.3 Transport in vgradnja na večjih nadmorskih višinah

7.4.4 Steklene ograje

7.4.5 Izolacijsko steklo z odkritim robnim tesnjenjem

7.4.6 Omejitve upogiba za izolacijska stekla REFLEX

7.4.7 Izolacijska stekla s stikalnimi vertikalnimi robovi

7.4.8 Izolacijska stekla majhnih dimenzij

7.4.9 Toplotnozaščitna stekla RX WARM

7.4.10 Visokoselektivna sončnozaščitna stekla RX SUN

7.4.11 Zvočnozaščitna stekla RX PHONE

7.4.12 Izolacijska stekla z okrasnimi profili

7.4.13 RX SAFE varnostna izolacijska stekla in stekla z alarmno zanko

7.4.14 Parapetni elementi REFLEX

7.4.15 Barvno odstopanje

7.4.16 Lom stekla

7.4.17 Površinske poškodbe na steklu

7.4.18 Ohranjanje kakovosti

## 7.1 Splošno

### 7.1.1 Področje veljave

Praviloma se mora pri zastekljevanju vseh vrst stekla upoštevati navodila proizvajalca, zato imajo v nadaljevanju opisane smernice pomen tehničnega predpisa.

Navodila za zastekljevanje so namenjena vsem, ki uporabljajo izdelke in storitve podjetja REFLEX. Z njimi želimo uporabnike informirati o pravilnem načinu manipuliranja, vgradnje in uporabe stekla. Samo na ta način uporabniki s svojim ravnanjem ne bodo mogli negativno vplivati na kakovost dobavljenega stekla.

Navodila veljajo za vse izdelke iz stekla, ki so namenjeni vgradnji v okenske in fasadne elemente v visoki gradnji, pri čemer izhajamo iz predpostavke, da so omenjeni elementi izdelani iz izbranih in v praksi že preizkušenih materialov oziroma profilov.

Uporabniki naših izdelkov se lahko sklicujejo na našo izjavo o garanciji za kakovost le pod pogojem, da so pri delu in uporabi upoštevali določila v teh smernicah. Seveda ob predpogoju, da s posegi – bodisi zaradi naknadne predelave ali zaradi poškodb – niso vplivali na samo steklo ali njegovo robno tesnjenje.

### 7.1.2 Naloga

Smernice oziroma navodila so sestavljena tako, da omogočajo brezhibno izvajanje zasteklitev s tehničnega, fizikalnega in gradbenega vidika. Zavedati se moramo, da bodo zasteklitve le ob upoštevanju navodil ohranile svojo večnamensko funkcionalnost, hkrati pa na njih ne bodo nastale predčasne poškodbe.

## 7.1.3 Kakovostna in trajnostna garancija izolacijskih stekel REFLEX (RX)

1. Sklicevanje naših pogodbenih partnerjev na garancijo je omejeno le na pravico do odprave pomanjkljivosti v smislu popravila oziroma nadomestne dobave novega izdelka. Kupec mora ugotovljene pomanjkljivosti sporočiti v pisni obliki takoj po prevzemu blaga. Rok za odpravo pomanjkljivosti oziroma nadomestno dobavo je predmet dogovora obeh strani. Če tudi po tem ukrepu dobavljeno blago ne ustreza zahtevanim kriterijem, je kupec upravičen do povračila vrednosti oziroma preklica pogodbe. Izključena je pravica kupca do povračila stroškov za škodo, ki nastane zaradi napačne odločitve o popravilu oziroma nadomestni dobavi ali zaradi prepoznega ukrepanja.
2. Podjetje REFLEX daje svojim neposrednim partnerjem (ob upoštevanju omejitev, ki so navedene v točki 1) za izolacijsko steklo 5-letno garancijo, da se steklene površine v medstekelnem prostoru ne bodo orosile (da na njih ne bo prišlo do kondenzacije vodne pare). Garancija začne teči z dnevom dobave in velja pod pogojem, da je kupec upošteval določila teh navodil za zastekljevanje.
3. Predpogoj za sklicevanje na garancijo je, da kupec poleg REFLEX-ovih smernic za vgradnjo upošteva tudi splošno priznane tehnične zakonitosti in standarde ter da na dobavljenem steklu niso bili opravljeni nobeni posegi v smislu obdelave ali dodelave.
4. Garancija ne velja v primerih, ko je izolacijsko steklo vgrajeno v mobilna sredstva ali zamrzovalnike. Garancija prav tako ne velja (kot je v panogi običajno) v nekaterih primerih posebnih kombinacij. Zato za kombinacije z nekaterimi ornamentnimi stekli z zelo močnim ali zelo blagim ornamentnim vzorcem ter za žično steklo veljajo posebne smernice. Če prvi kupec ali njegov odjemalec izolacijsko steklo izvozi, velja ta garancija le v primeru naše pisne odobritve.
5. Izdana garancija podjetje REFLEX obvezuje, da odpravi pomanjkljivosti oziroma brezplačno nadomesti reklamirani izdelek. Vse dodatne zahteve so izključene, razen ko gre za poročta, navedena v točki 1.
6. Morebitno pomanjkljivost, ki je bila odkrita v garancijskem roku, mora kupec pisno prijaviti v roku šest mesecev.

## 7.2 Tehnični pravilniki

Sestavni del "Navodil za zastekljevanje" so tudi spodaj navedeni standardi in predpisi. Njihova uporaba je za strokovno izvajanje zasteklitev nujna.

### Standardi

- DIN 18 361 – Zasteklitvena dela
- SIST EN 1991-1-3: Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega – Nacionalni dodatek
- SIST EN 1991-1-4: Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Obtežbe vetra – Nacionalni dodatek
- DIN 7863 – Brezcelični elastomerni tesnilni profili za okna in fasade
- DIN 18 055 – Okno, prepustnost fug, tesnost v nalivu in mehanska obremenitev
- DIN 18 516 – Prezračevana obloga zunanjih sten
- DIN 18545 – Tesnjenje zasteklitev s tesnilnimi materiali
- EN 1279 – Steklo v gradbeništvu: Izolacijsko steklo
- EN 14449 – Steklo v gradbeništvu: Lepljeno in varnostno lepljeno steklo
- EN 12150 – Steklo v gradbeništvu: Varnostno kaljeno steklo
- EN 1863 – Steklo v gradbeništvu: Delno kaljeno steklo
- EN 14179 – Steklo v gradbeništvu: Varnostno kaljeno steklo s toplotnim preizkusom

### Priznana pravila tehnike

- Smernice za rokovanje z izolacijskim steklom
- IFT Rosenheim – Obremenilne skupine za zasteklitve oken, ift – smernica VE 06/01
- IFT Rosenheim – Smernice za zasteklitve lesenih oken brez podložnega traku
- IGH Hadamar – Tehnične smernice in navodila
- Smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti stekla za gradbeništvu
- Smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti emajliranega in potiskanega stekla
- Brošura »Zdržljivost materialov pri izdelavi in montaži izolacijskega stekla«
- Brošura »Čiščenje stekla«
- Tehnični pravilnik za uporabo linijsko vpetih zasteklitev (TRLV)
- Tehnični pravilnik za uporabo zasteklitev, ki varujejo pred padcem v globino (TRAV)
- Tehnični pravilnik za dimenzioniranje in izvedbo točkovno vpetih zasteklitev (TRPV)

## 7.3 Smernice za rokovanje z izolacijskim steklom (transport, skladiščenje in vgradnja)

### 0.0 Uvod

Izolacijsko steklo je sestavljeno iz minimalno dveh stekel, med seboj povezanih prek robnega tesnjenja, ki vmesni medstekelni prostor hermetično zapirata pred okolico.

Izolacijsko steklo je na končno mero izdelana komponenta za uporabo v gradbeništvu, z minimalno dvostransko linijskim vpetjem (1); (2). Proizvajalec oken ali fasad je v osnovi odgovoren za tehnično uporabnost svojega produkta za določen namen uporabe.

Ta smernica izhaja iz predpostavke, da bodo transport, skladiščenje in vgradnja izvedeni samo s strokovnim osebjem.

### 1.0 Področje veljave

Smernica velja za:

- transport
- skladiščenje in
- vgradnjo

večslojnega izolacijskega stekla, skladno z EN 1279.

Opisuje ukrepe, potrebne za ohranjanje trajnosti tesnjenja oziroma tehnične uporabnosti robnega tesnjenja.

Gradbenofizikalna funkcija, mehanske lastnosti, elementi, vstavljeni v medstekelni prostor, optične lastnosti in lom stekla niso predmet te smernice.

Smernica je pravno zavezujoča, če se proizvajalec izolacijskega stekla ali pogodbeni partner v kupoprodajni pogodbi sklicujeta nanjo ali se dogovorita za posamezen primer.

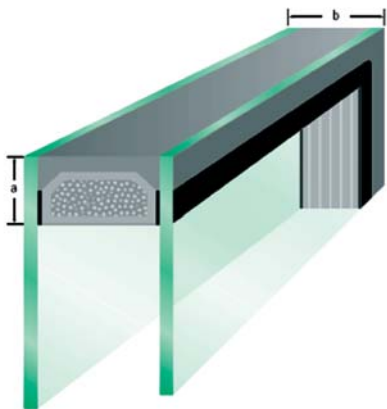
Ne nadomešča pa standarda, vpeljanih tehničnih pravilnikov ali zakonskih določil za uporabo izolacijskega stekla. Nekaj pomembnejših strokovnih informacij je naštetih na koncu te smernice.

### 2.0 Osnovne zahteve

Robno tesnjenje ne sme biti poškodovano. Njegova zaščita je brezpogojna za ohranitev funkcije. Izogibati se moramo vsem škodljivim vplivom. To velja od dneva dobave za skladiščenje, transport in vgradnjo.

Škodljivi vplivi so med drugim lahko tudi:

- nenehno nastajanje vode na robnem tesnjenju
- UV sevanje
- nenačrtovane mehanske napetosti
- nezdružljivi materiali
- ekstremne temperature.



Slika 1

Področje »a« (stransko prekrivanje steklenega roba na zunanji strani) je višina, ki poteka od roba stekla do vidnega področja izolacijskega stekla.

Neodvisno od zahtev v standardu glede globine vpetja stekla moramo preprečiti, da v vgrajenem stanju naravna dnevna svetloba sveti na področji »a« ali »b«. V nasprotnem primeru je treba naročiti izolacijsko steklo z UV-obstojnim robnim tesnjenjem oziroma robno tesnjenje zaščititi pred UV sevanjem.

## 3.0 Transport, skladiščenje in rokovanje

Običajno se transport izvaja na stojalih ali v zabojih.

### 3.1 Transport na stojalih

Stekla na transportnih stojalih zavarujemo, pri čemer zaradi varovalnih naprav oziroma pripomočkov ne sme delovati noben nedovoljen pritisk na stekla.

### 3.2 Transport v zabojih

Zaboje moramo kot lahko embalažo, ki ni namenjena za delovanje statičnih ali dinamičnih obremenitev, v posameznem primeru pazljivo preveriti: kako poteka rokovanje z zaboji, ali lahko na primer uporabimo transportne vrvi ipd.

Skladiščenje ali odlaganje se lahko izvede samo v vertikalnem položaju na primernih stojalih ali pripravah.

Če se nalaga več stekel, so obvezni vmesni sloji (na primer vmesni papir, vmesni blažilniki, pluta).

Izolacijsko steklo moramo na gradbišču zaščititi pred škodljivim kemičnim ali fizikalnim vplivi.

S primernim popolnim pokritjem moramo izolacijsko steklo na prostem zaščititi pred dolgotrajno vlago ali sončnim sevanjem.

## 4.0 Vgradnja

Vsako dobavljeno steklo moramo pred vgradnjo pregledati zaradi morebitnih poškodb. Poškodovanega stekla ne smemo vgraditi. Izolacijska stekla so po pravilu polnilni elementi, kar pomeni, da so brez nosilne funkcije. Njihova lastna teža in na njih delujoče zunanje obremenitve se morajo prenašati na okvir ali nosilno konstrukcijo stekla.

Drugačnih zasteklitvenih sistemov, kot so na primer točkovno vpeti ali lepljeni sistemi, ta smernica ne zajema. Glede na konstrukcijo robnega tesnjenja so zanje postavljene drugačne zahteve.

## 5.0 Podlaganje

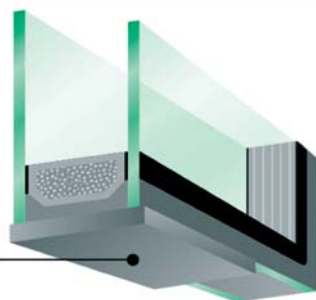
Zasteklitvena podložka je kontaktno mesto med steklom in okvirjem. Tehnika podlaganja je prikazana v (3).

Podlaganje oziroma podložke morajo zagotavljati prosti prostor steklo-folc za vzdrževanje izravnavanja parnega tlaka (dolgotrajna kondenzacija), za prezračevanje in morebitno odvodnjavanje.

Za vgradnjo izolacijskega stekla moramo uporabiti primerne zasteklitvene podložke oziroma podložne mostičke. Vsa stekla večslojnega izolacijskega stekla morajo biti podložena skladno s priznanim pravilom tehnike (3).

Zahteve, materiali, velikosti in oblike so določene v smernici (3) ali v izjavi proizvajalca podložk.

Podložke so lahko izdelane iz primernege lesa, primerne umetne mase ali drugega primernege materiala, imeti morajo zadostno trajno tlačno trdnost in na robu stekla ne smejo povzročati nobenih odkruškov.



Slika 2

Podložke ne smejo spremeniti svojih lastnosti in lastnosti izolacijskega stekla v življenjski dobi ali oslabiliti svoje funkcije zaradi uporabljenih tesnilnih in lepilnih materialov, vlage, ekstremnih temperatur ali drugih vplivov.



## 6.0 Mehanske obremenitve

V vgrajenem stanju delujejo na večslojna izolacijska stekla dinamične in trajne obremenitve vetra, snega, gneča ljudi itn. Te obremenitve so odvedene v naležne profile (okvirje), pri čemer se upogneta naležni profil in rob zasteklitev.

Upogib vodi k strižnim silam v robnem tesnjenju izolacijskega stekla. Da ni ogrožena trajna tesnost robnega tesnjenja, moramo upoštevati omejitve v nadaljevanju.

Upogib robnega tesnjenja večslojnega izolacijskega stekla pravokotno na površino v področju enega roba pri maksimalni obremenitvi ne sme presegati 1/200 dolžine roba stekla oziroma maksimalno 15 mm. Zato mora biti okvir primerno dimenzioniran.

## 7.0 Steklitveni folc, tesnjenje in izravnava parnega tlaka

Dokazali so se zasteklitveni sistemi, ki ločujejo prostor steklitvenega folca od prostorske klime. Za srednjeevropske razmere se izvaja prezračevanje prostora steklitvenega folca na atmosfersko stran. Izmenjavo zraka iz prostora v prostor steklitvenega folca moramo v glavnem preprečevati.

## 8.0 Standardi, smernice, pravilniki (v veljavni izdaji)

- 1) TRAV – Tehnični pravilnik za uporabo zasteklitev, ki varujejo pred padcem v globino
- 2) TRLV – Tehnični pravilnik za uporabo linijsko vpetih zasteklitev
- 3) Tehnična smernica št. 3 – Podlaganje zasteklitvenih enot, IGH Hadamar
- 4) Tehnična smernica št. 17 – Zasteklitev z izolacijskim steklom, IGH Hadamar
- 5) EN 1279-5 – Steklo v gradbeništvu: Izolacijsko steklo, potrjevanje skladnosti
- 6) DIN 18545-1 – Tesnjenje zasteklitev z tesnilnimi materiali; Zahteve za steklitvene folce zasteklitev s tesnilnimi materiali
- 7) DIN 18545-3 – Tesnjenje zasteklitev z tesnilnimi materiali; Zasteklitveni sistemi
- 8) Obremenilne skupine za zasteklitve oken, ift – smernica VE 06/01
- 9) Smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti stekla za gradbeništvu
- 10) Brošura »Čiščenje stekla«

To smernico je izdalo  
»Zvezno združenje ploščatega stekla«:  
Bundesverband Flachglas e. V.  
Mülheimer Straße 1,  
D-53840 Troisdorf

## 7.3.1 Navodilo za uporabo troslojnega izolacijskega stekla

### 1.0 Uvod

Predpis o varčevanju energije (EnEV v Nemčiji in Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah v Sloveniji) je najpomembnejši pravilnik vlade v prizadevanjih za učinkovito rabo energije v novogradnjah in obstoječih zgradbah. Pravilnik služi za prenos smernic za energijsko učinkovitost EU. Nova izdaja pravilnika – planirana za 2009 in 2012 – bo zahtevnostni nivo za porabo energije predvidoma zaostri za 30 %.

Da bi v prihodnosti dosegali te zahteve, so potrebne številne inovacije tudi na področju stekla, oken in fasade. K izboljšanju toplotnotehničnih lastnosti oken in fasad bo pomembno prispevala povečana uporaba troslojnih izolacijskih stekel.

Nemško zvezno združenje ploščatega stekla in njegovi člani podpirajo težnje vlade za še učinkovitejše ravnanje z omejenimi viri energije. Troslojna izolacijska stekla so že več kot 10 let na trgu uveljavljen in priznan proizvod, vendar pa so bila doslej uporabljena oziroma vgrajevana le v omejenem obsegu.

Večji obseg proizvodnje troslojnega izolacijskega stekla močno vpliva na proizvodno tehnologijo in posledično na zagotavljanje merila kakovosti. Močno razširjena uporaba troslojnega izolacijskega stekla v oknih in fasadah zahteva upoštevanje in zaznavanje različnih vidikov. Naloga tega navodila je odgovoriti na številna vprašanja, ki se zastavljajo, in posredovati priporočila proizvajalcem ter uporabnikom troslojnega izolacijskega stekla.

### 2.0 Troslojna izolacijska stekla

#### 2.1 Sestava troslojnega izolacijskega stekla

S troslojnim izolacijskim stekom dosežemo  $U_g$ -vrednosti, ki ležijo občutno pod  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Pri tem mora sestava troslojnega izolacijskega stekla vsebovati dve stekli z nizkoemisijskim nanosom, ki sta obrnjeni v medstekelni prostor (MSP). Poleg tega mora biti plinsko polnjenje v obeh medstekelnih prostorih žlahtni plin.

#### 2.2 Standardni proizvodi

Za standardne proizvode mora biti na voljo dovolj velika količina potrebnih surovin in polizdelkov. Kripton ali ksenon kot polnilni plin za doseganje nižjih  $U_g$ -vrednosti nista na voljo v dovolj velikih količinah, da bi ju pri troslojnem izolacijskem steklu lahko uporabljali kot standardi produkt. Zato se praviloma uporablja argon.

Kot standardna sestava troslojnega izolacijskega stekla se priporoča sestava stekla 4/12/4/12/4 z dvema visokotoplotno zaščitnima nanosoma (Low-e) na pozicijah 2 in 5 in polnjenje z argonom v obeh medstekelnih prostorih.

#### 2.3 Dosežene U-vrednosti

Troslojno izolacijsko steklo s sestavo 4/12/4/12/4, z dvema visokotoplotno zaščitnima nanosoma (Low-e) stopnja emisije  $\epsilon_n \sim 0,03$  (stanje tehnike) in s plinom argonom (koncentracija plina 90 %) v obeh medstekelnih prostorih doseže pri izračunu po EN 673  $U_g$ -vrednost  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Brez nadaljnjih ukrepov za izboljšanje toplotnotehničnih lastnosti dobimo iz tega, skladno z EN 10077-1, Tabela F. 1 za okna z različnimi okvirji naslednje  $U_w$ -vrednosti:

$$- U_f = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}; U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$- U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}; U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Mogoči ukrepi za nadaljnje izboljšanje toplotnotehničnih lastnosti okenskih konstrukcij so na primer:

- izboljšanje toplotnotehničnih lastnosti profila okvirja
- uporaba toplotnozaščitnih izolacijskih stekel s toplotnotehnično izboljšanim robnim tesnjenjem (tako imenovani topli rob). S tem ukrepom praviloma dosežemo izboljšanje  $U_w$ -vrednosti za 0,1  $\text{W/m}^2\text{K}$ .
- toplotnotehnično izboljšanje zasteklitvenega sistema, na primer z globljim vpjetjem stekla.

## 2.4 Dosežene g-vrednosti

Z opisanim standardnim proizvodom za troslojno izolacijsko steklo dosežemo skupni prehod energije (g-vrednost) približno 50 % oziroma približno 0,50, ker z uporabo osnovnega stekla in nanosa lahko vrednost malce odstopa.

## 2.5 Bilanca U-vrednosti

Za varčevanje energije s troslojnim izolacijskim steklom oziroma gradbenim elementom okno je nazadnje odločilna bilanca toplotnih izgub (opisanih z U-vrednostjo) in solarnega dobitka toplote (opisane z g-vrednostjo).

Bilanca U-vrednosti za okna se lahko izračuna po:

$$U_{w,eq} = U_w - S \cdot g$$

Koeficient S za dobitke solarne toplote je odvisen od strani neba, v katero je vgrajeno troslojno izolacijsko steklo oziroma okno. Skladno z DIN-V 4108-6 se uporabljajo naslednje vrednosti:

$$S = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{južna orientacija}$$

$$S = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{vzhodna/zahodna orientacija}$$

$$S = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{severna orientacija}$$

S temi vrednostmi dosežemo za opisane standardne proizvode troslojnega izolacijskega stekla pri U-vrednosti okenskega okvirja  $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  in vrednosti okna  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (glej Poglavje 2.3) naslednje bilančne  $U_w$ -vrednosti, ki spet v posameznih primerih zaradi uporabljene osnovnega stekla in nanosa lahko malce odstopajo:

$$U_{w,eq} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{južna orientacija}$$

$$U_{w,eq} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{vzhodna/zahodna orientacija}$$

$$U_{w,eq} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K} - \text{severna orientacija}$$

## 3.0 Dejavniki, ki vplivajo na trajnost

### 3.1 Medstekelni prostor in dimenzija stekla (površina, razmerje stranic)

Obremenitev sistema narašča z velikostjo oziroma širino medstekelnega prostora (klimatski učinek, glej Poglavje 5.2). Dva medstekelna prostora troslojnega izolacijskega stekla se s svojim delovanjem seštevata najmanj tako, kot da gre za samo en neprekinjen medstekelni prostor. Katere obremenitve na steklo in robno tesnjenje sledijo iz tega, je odvisno od formata: majhna ozka stekla (razmerje stranic 1:3) imajo na primer največje obremenitve na steklo in robno tesnjenje.

Za standardno uporabo troslojnega izolacijskega stekla v oknih je medstekelni prostori 2 x 12 mm tehnično najbolj smiselna dimenzija. Manjši medstekelni prostori vodijo (ob uporabi argona kot polnilnega plina) do višjih  $U_g$ -vrednosti, večji medstekelni prostori pa do močnejše obremenitve stekla in robnega tesnjenja.

### 3.2 Prekrivanje hrbta

Pri troslojnem izolacijskem steklu so mehanske obremenitve za robno tesnjenje višje. Zato mora biti prekrivanje hrbta povečano, še posebej pri ozkih formatih.

### 3.3 Dimenzioniranje stekla

V osnovi veljajo vsi standardi in smernice kot za dvoslojno izolacijsko steklo. Zaradi omenjenih višjih obremenitev lahko na posebna vprašanja za dimenzioniranje stekla odgovorimo s pomočjo programske opreme (software) za statiko (na primer rešitev za panogo GLASTIK, izdajatelj BF). Dejavniki, ki povečujejo obremenitve, so na primer asimetrična sestava stekla ali uporaba posebnih in absorpcijskih stekel. Ornamentno ali žično steklo ima ob tem še nižjo mehansko trdnost kot float steklo.

### 3.4 Površine z nanosi

Priporoča se, da je nanos na obeh zunanjih steklih obrnjen v medstekelni prostor (stran nanosa 2 in 5). Kaljenje srednjega stekla brez nanosa na splošno ni potrebno.

Če je, na primer zaradi vpliva na g-vrednost troslojnega izolacijskega stekla, nanos na srednjem steklu (stran nanosa 3 in 5 oziroma 2 in 4) mora biti to srednje steklo kaljeno.

## 3.5 Posebne funkcije

Izkustvene vrednosti dvoslojnega izolacijskega stekla se ne morejo prenesti na troslojno izolacijsko steklo. Kombinacije s posebnimi funkcijami, kot je varnost (nadglavna zasteklitev, zasteklitev za zaščito pred padcem v globino), zvočna zaščita, sončna zaščita itn. imajo posebne zahteve.

### 3.5.1 Varnost (nadglavna zasteklitev, zasteklitev za zaščito pred padcem v globino)

Tehnični pravilnik za linijsko vpete in zasteklitve, ki varujejo pred padcem v globino TRLV in TRAV, ne omenjata posebej troslojnega izolacijskega stekla. Zato velja, po mnenju nemškega zveznega združenja za ploščato steklo, splošno formulirana zahteva za »večslojno izolacijsko steklo« tako za troslojno kot za dvoslojno izolacijsko steklo.

Protivlomne zasteklitve (zaščita pred zaščitanim predmetom, protivlomna, neprebodna in zaščita pred učinki eksplozije) in ognjeodporne zasteklitve določamo oziroma potrjujemo za vsak primer posebej.

### 3.5.2 Zvočna zaščita

Zvočnozaščitne lastnosti se lahko kombinirajo s toplotnozaščitnimi lastnostmi troslojnega izolacijskega stekla.

### 3.5.3 Sončna zaščita

Sončnozaščitne lastnosti se lahko kombinirajo s toplotnozaščitnimi lastnostmi troslojnega izolacijskega stekla. V primerjavi z dvoslojnim sončnozaščitnim izolacijskim steklom se spremenijo svetlobne in sevalne fizikalne lastnosti.

## 4.0 Navodila za zastekljevanje

Tako kot pri dvoslojnim izolacijskem steklu veljajo osnovne zahteve, ki jih najdemo na primer v »Smernicah za rokovanje z izolacijskim steklom (transport, skladiščenje in vgradnja)« nemškega zveznega združenja za ploščato steklo: zaščita pred trajno obremenitvijo oziroma delovanjem vlage (izravnava parnih tlakov), zaščita pred direktnim UV sevanjem (alternativa: UV-obstojno robno tesnjenje), združljivost materialov, uporaba v običajnih gradbenih temperaturnih področjih in nepriljena vgradnja. Konstrukcije okvirjev morajo biti primerne za prevzem troslojnega izolacijskega stekla. Za napake, ki so posledica nespoštovanja teh osnovnih zahtev, proizvajalec izolacijskega stekla ne odgovarja.

*Upoštevati moramo tehnično smernico št. 17 – IGH »Zasteklitev izolacijskega stekla«.*

### 4.1 Podlaganje

Funkcionalne lastnosti zasteklitvenih podložk se morajo obdržati skozi celo življenjsko dobo. Da to zagotovimo, morajo biti dovolj trajno tlačno stabilne, odporne na staranje in primerne za združljivost. Pri podložkah moramo paziti na to, da sta nosilna in distančna podložka razporejeni ravno in vzporedno z robom zasteklitvene enote. Podložka mora prevzeti celotno debelino zasteklitvene enote in tako prenašati lastno težo vseh treh stekel. Pri sistemih s prostim prostorom folca podložka ne sme ovirati izenačitve parnih tlakov ali povzročati odkruškov na robu stekla. Prav tako ne sme nastopiti obremenitev robnega tesnjenja zaradi črepinj.

*Upoštevati moramo tehnično smernico št. 3 – IGH »Podlaganje zasteklitvenih enot«.*

## 4.2 Povečanje globine vstavljanja stekla

Povečana globina vstavljanja za troslojna izolacijska stekla je, glede na termično povzročene napetosti, ki povečujejo nevarnost loma stekla, pri dobro toplotno zaščitenem sistemu okvirja sprejemljiva (raziskovalni projekt HIWIN delni projekt B: Preiskava nevarnosti loma stekla zaradi povečane globine vpetja, zaključno poročilo april 2003, ift Rosenheim in Passivhaus Institut Darmstadt).

## 5.0 Nadaljnje značilnosti

### 5.1 Zunanja kondenzacija

Za vsako izolacijsko steklo velja: čim manjša je toplotna prehodnost oziroma čim manjša je  $U_g$ -vrednost, toliko toplejše je notranje steklo in toliko hladnejše je zunanje steklo. To seveda velja tudi za troslojno izolacijsko steklo. Poleg tega med zunanjo površino izolacijskega stekla in nebom neprestano poteka izmenjava sevalne energije. Glede na individualno situacijo vgradnje vodi ta izmenjava sevalne energije, še posebej v jasni noči, do dodatnega močnega ohlajanja zunanjega stekla. Če okoliški zrak ob tako podhlajeni stekleni površini doseže točko rosišča, se bo vodna para izločila v obliki kondenza. Ta pojav je v naravi poznan kot nastanek rose. Orošenost bo izginila takoj, ko bo površina stekla toplejša od okoliškega zraka (ob prvih sončnih žarkih). Ta fenomen ne pomeni napake, temveč je znak odlične vrednosti toplotne zaščite troslojnega izolacijskega stekla.

Zaradi boljše toplotne zaščite troslojnega izolacijskega stekla od običajnih dvoslojnih izolacijskih stekel moramo računati s tem, da bo pojav kondenza na zunanjem steklu še pogostejši. Za preprečevanje nesoglasij pri kupcih in potrošnikih je priporočljivo opozoriti na ta fenomen pred nakupom.

## 5.2 Klimatski efekt

»Smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti stekla za gradbeništvo«, ki jih je izdalo nemško zvezno združenje za ploščato steklo, opisujejo v Poglavlju 4.2.2 učinek dvojnega stekla, zaradi katerega se, pri spremembi temperature in nihanju zunanjega pritiska, pojavi konkavno ali konveksno upogibanje posameznih stekel in s tem popačenje optičnega videza. Zaradi večjega zaprtega volumna plina v dva medstekelnega prostora lahko ta učinek pri troslojnem izolacijskem steklu pride še bolj do izraza.

## 5.3 Lastna barva

»Smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti stekla za gradbeništvo« opisujejo v Poglavlju 4.1.1 lastno barvo vseh steklenih izdelkov, še posebej posebnih stekel z nanosom. Zaradi še tretjega stekla in drugega nanosa je lahko lastna barva troslojnega izolacijskega stekla občutno bolj opazna kot pri dvoslojnem izolacijskem steklu.

To navodilo je izdalo

»Zvezno združenje ploščatega stekla«:  
Bundesverband Flachglas e. V.  
Mülheimer Straße 1,  
D-53840 Troisdorf

## 7.4 Dodatne zahteve

### 7.4.1 Zasteklitve, ki so izpostavljene izrednim termičnim in/ali dinamičnim obremenitvam

Poškodbe zasteklitev, ki so posledica izrednih termičnih ali dinamičnih obremenitev, ne spadajo pod reklamacijo oziroma garancijo dobavitelja. Pri tem moramo paziti na naslednje:

#### **Folije, barve notranje žaluzije**

Naknadno nanašanje absorpcijskih folij in barv ter nameščanje notranjih žaluzij, ki zadržujejo toploto, lahko vodi do termičnega loma pri sončnem obsevanju.

Pred izvedbo takšnih naknadnih sprememb zasteklitvenih enot se je treba posvetovati.

#### **Polaganje asfalta**

Pri polaganju asfalta v prostorih z že zastekljenimi okni pride do močnega, neenakomernega, enostranskega segrevanja stekla. Pred temi vplivi moramo izolacijska stekla zavarovati z ustreznimi ukrepi.

#### **Grelno telo**

Med grelnim telesom in izolacijskim steklom moramo zagotoviti minimalno razdaljo 30 cm. Pri izolacijskem steklu v kombinaciji s kaljenim steklom na notranji strani se lahko ta minimalna razdalja zmanjša na 15 cm. Istočasno naj bo širina grelnega telesa enaka širini izolacijskega stekla, tako da zagotovimo enakomerno segrevanje stekla. Pri prekoračitvi omejenih minimalnih razdalj grelnega telesa je treba zaradi varnosti vstaviti vmesno sevalno zaščito.

### 7.4.2 Zasteklitve s stekli z nanosom in v masi obarvanimi stekli v drsnih vratih in oknih

Pri zasteklitvah s toplim steklom z nanosom Low-e in visokoselektivnim steklom ter v masi obarvanimi stekli moramo paziti na dovolj veliko prezračevanje prostora med posameznimi steklenimi elementi, da se stekla pri sončnem obsevanju

preveč ne segrejejo. Če ni zagotovljeno zadostno prezračevanje prostora med obema steklenima elementoma, se priporoča uporaba kaljenega ESG ali delno kaljenega TVG stekla.

### 7.4.3 Transport in vgradnja na večjih nadmorskih višinah

V medstekelnem prostoru izolacijskega stekla je hermetično zaprt zrak oziroma plin, ki ima enak tlak, kot ga je imela atmosfera v trenutku proizvodnje. Na večjih nadmorskih višinah je redkejši zrak z manjšim atmosferskim tlakom. Tako je tlak v steklu, ki ga pripeljemo na večjo nadmorsko višino, vedno večji od tlaka okolice. Zaradi te razlike se stekli izbočita. Posledica tega ni samo estetska pomanjkljivost, temveč predvsem negativen vpliv na robno tesnjenje. V ekstremnih primerih lahko pride celo do loma stekla.

Zato mora kupec pri naročanju stekla, ki bo vgrajeno v objekt na večji nadmorski višini, na to opozoriti proizvajalca izolacijskega stekla. Če so v izolacijska stekla vgrajena stekla z visoko absorpcijo, v masi obarvana stekla, stekla z majhno površino, nesimetrična stekla ali stekla z razmerjem stranic, ki je večje od 2: 1, je že v primerih, ko je mesto vgradnje za 400 m višje od mesta izdelave, potreben posvet s tehnologi podjetja REFLEX.

### 7.4.4 Steklene ograje

REFLEX-ovi stekleni elementi se lahko uporabijo kot ograja brez notranje nosilne ograje. Seveda lahko v takšnih primerih izbiramo le med varnostnimi stekli: kaljenim ESG ali lepljenim steklom VSG.

Pri izračunu potrebne debeline stekla, izbiri potrebne vrste stekla in zahtevah za konstrukcije vpetja stekla moramo upoštevati pogoje, ki so opisani v Poglavju 6.9.3.

7.4.3

### 7.4.5 Izolacijsko steklo z odkritim robnim tesnjenjem

V teh primerih (npr. strehe) moramo uporabiti izolacijsko steklo RX WARM, SUN, SAFE UV. Ta stekla imajo robno tesnjenje izdelano iz materiala, ki je odporen na škodljivi vpliv ultravijoličnih žarkov. Tudi ta stekla so izdelana po sistemu REFLEX, torej z dvostopenjskim tesnjenjem. Od drugih stekel se razlikujejo le v tem, da sekundarno (zunanje) tesnjenje ni izvedeno s polisulfidom, temveč s silikonom. Parotesnost tega tesnila je nekoliko slabša, zato je potreben debelejši nanos. Hrbet distančnika je prekrit s 6 mm debelim nanosom, skupna širina robnega tesnjenja pa je za 3 mm večja.

Izolacijska stekla z odkritim robnim tesnjenjem se standardno dobavljajo napolnjena z zrakom. Z izdelavo posebnega robnega tesnjenja so možna tudi izolacijska stekla z odkritim robnim tesnjenjem, napolnjena s plinom argonom.

Ker se pri steklih z nanosom v področju robnega tesnjenja odstrani nanos, lahko pride pri izolacijskem steklu z odkritim robnim tesnjenjem na meji med nanosom in delom, ki je odbrušen, do razlike v obliki barvnih učinkov. To je proizvodnotehnično in fizikalno pogojeno in ni predmet reklamacije.



## 7.4.6 Omejitve upogiba za izolacijskega stekla REFLEX

Omejitev upogiba za robno tesnjenje izolacijskega stekla		
Vpetje robnega tesnjenja izolacijskega stekla	Vgradnja	
	Vertikalno vpetje	Zasteklitve pod naklonom, skladno s TRLV
Linijsko	1/100 maksimalno 15 mm	1/200 maksimalno 15 mm
Prosto	1/100*	1/200 maksimalno 15 mm

Dopustni upogibi veljajo za najbolj neugoden položaj obremenitev.  
 \* Zaradi izključno kratkotrajnih obremenitev brez omejitve absolutnega upogiba.

## 7.4.7 Izolacijska stekla s stikalnimi vertikalnimi robovi

Vrstno vertikalno zasteklitev z izolacijskimi stekli lahko izvedemo tudi brez vmesnih vertikalnih profilov. V tem primeru so stekla vložena eno poleg drugega tako, da se vertikalno stikajo.

Tudi pri tem načinu imajo stekla odkrito robno tesnjenje. Pri takšnih zasteklitvah moramo upoštevati naslednje konstrukcijske zahteve:

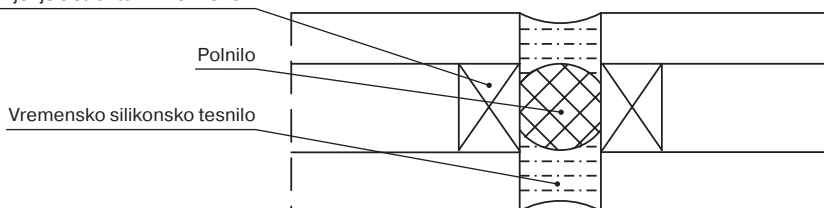
- Najmanjša razdalja med dvema steklo-ma mora znašati 5 mm.
- Ves prostor med obema elementoma lahko povsem in brez zračnih mehurjev zapolnimo s tesnilom.

- Kadar fuga ni povsem zapolnjena s tesnilom, mora biti v coni robnega tesnjenja izolacijskih stekel zagotovljena možnost izenačevanja parnih tlakov.
- Material za tesnjenje fug mora biti združljiv z materialom v robnem tesnjenju.
- Zatesnjenega vertikalnega stika pri statičnem izračunu ne smemo upoštevati kot nosilne opore.
- Upoštevati moramo navodila za obdelavo in uporabo proizvajalcev tesnilnih materialov in ustrezna pravila tehnike.

7.4.6

### Horizontalni stik

Robno tesnjenje s strukturnim silikonom



## 7.4.8 Izolacijska stekla majhnih dimenzij

Med majhna izolacijska stekla uvrščamo vsa tista stekla, ki imajo stranico krajšo od 50 cm. V primerjavi z normalnim izolacijskim steklom so ta stekla, predvsem pa njihovo robno tesnjenje, bistveno bolj izpostavljena upogibnim obremenitvam.

Med izdelavo izolacijskega stekla medstekelni prostor hermetično zapremo. V njem so enaki klimatski pogoji (temperatura in zračni tlak), kakršne je imelo okolje v času proizvodnje stekla.

Ob spremembah temperature ali zračnega tlaka (na primer pri vgradnji na večji nadmorski višini in pri vsaki spremembi vremena) se spreminja tudi tlak v medstekelnem prostoru. Zaradi tega se močno povečajo napetosti v obeh steklih oziroma v robni coni.

Pri izolacijskem steklu večjih dimenzij elastični modul stekla dovoljuje, da se te povečane napetosti sprostijo z deformacijo stekel (izbočenje ali vbočenje). Majhna stekla pa so toga in se ne morejo podati, zato nastanejo v steklu in robnem tesnjenju velike napetosti. Te so še zlasti velike

pri asimetričnih oblikah stekel in pri zelo širokem MSP (na primer pri nekaterih zvočnoizolativnih steklih). Ob posebno neugodnih pogojih lahko zaradi tega pride celo do loma stekla.

Verjetnejša posledica teh napetosti pa izhaja iz trajnega raztezanja robnega tesnjenja – predvsem notranjega, trajnoelastičnega tesnila. Zaradi teh deformacij nastanejo v tesnilu bolj ali manj široke difuzijske poti, zato lahko vodna para hitreje prodira v medstekelni prostor. Posledica je krajša življenjska doba stekla, v najslabšem primeru pa rosenje na notranjih površinah stekel.

O tveganju, ki ga predstavljajo izolacijska stekla majhnih dimenzij, je zato treba razmišljati že v fazi projektiranja. Priporočamo posvet s proizvajalcem glede možnosti drugačnega dimenzioniranja stekel. Ena od možnih rešitev je uporaba "dunajskih" (Wiener) okrasnih profilov, s katerimi lahko vizualno "spremenimo" veliko steklo v več manjših. Sicer pa je treba pri asimetričnih steklih z medprostorom, ki je širši od 16 mm, vsaj tanjše steklo kaliti RX SAFE ESG.

## 7.4.9 Toplotnozaščitna stekla RX WARM

RX WARM dobi svoje tehnične lastnosti z nanosom na površini stekla v MSP. Tehnični podatki so delno odvisni od tega, na kateri poziciji je nanos. Zato je pravilna stran za montažo označena z nalepko. Ta izolacijska stekla v osnovi zastekljujemo na enak način kot vsa druga stekla. Če toplotnozaščitna stekla nastopajo v kombinaciji z žičnim steklom, podjetje REFLEX

zanje ne daje običajne garancije. Če pa ta stekla nastopajo v kombinaciji s stekli, ki so obarvana v masi, morajo ta biti kaljena.

Stekla RX WARM moramo med prevozom in skladiščenjem zaščititi pred vlago in sončnimi žarki.

## 7.4.10 Visokoselektivna sončnozaščitna stekla RX SUN

Izolacijska stekla z visokoselektivnimi sončnozaščitnimi stekli v osnovi zastekljujemo na enak način kot običajna izolacijska stekla. Zaradi povečane toplotne obremenitve naj steklo ne sega več kot 15 mm globoko v steklitveno brazdo.

RX SUN dobi svoje tehnične lastnosti z nanosom na površini stekla v MSP. Tehnični podatki so delno odvisni od tega, na kateri poziciji je nanos. Zato je pravilna stran za montažo označena z nalepko.

Če visokoselektivna sončnozaščitna stekla nastopajo v kombinaciji z žičnim steklom, podjetje REFLEX zanje ne daje običajne garancije. Če pa ta stekla nastopajo v kombinaciji s stekli, obarvanimi v masi, morajo biti kaljena.

Stekla RX SUN moramo med prevozom in skladiščenjem zaščititi pred vlago in sončnimi žarki.

## 7.4.11 Zvočnozaščitna stekla RX PHONE

Polno učinkovitost teh stekel lahko pričakujemo le, če so pravilno vgrajena v ustrezne konstrukcije. Zato v nadaljevanju navajamo navodila za njihovo zastekljevanje:

- RX PHONE izolacijska stekla v osnovi zastekljujemo na enak način kot običajna izolacijska stekla.
- Pri zastekljevanju s stekli RX PHONE z zvočnozaščitno folijo moramo preveriti združljivost vseh uporabljenih materialov.
- Zvočnoizolativna stekla imajo praviloma veliko površinsko težo. Zato moramo preveriti nosilnost konstrukcije in okovja.
- Pričakovano zvočno izolativnost bomo dosegli le v primeru, če bo ves sistem odlično zatesnjen. Pri zastekljevanju s tesnilnimi profili moramo biti posebej pozorni na tesnost vogalov. Višji zvočnoizolativni razredi zahtevajo, da sta med krilom in okvirjem nameščena dva nivoja tesnil, ki naj bi bila po možnosti med seboj zamaknjena. Posebno pozornost moramo posveti-

ti tudi vgradnji okenske konstrukcije v gradbeno odprtino. Če posamezne faze dela (vgradnja stekla v krilo, spoj krila in okvirja ter vgradnja celotnega okna) niso opravljene strokovno, meritev dejanske zvočne izolirnosti na objektu ne bo dala pričakovanih rezultatov.

- Šibke točke v zvočni izolirnosti sistema lahko predstavljajo vgrajene roletne omarice in zračniki ter pod oknom ležeči parapet. Njihove konstrukcije morajo ustrezati enakim zahtevam glede zvočne izolirnosti, kot to velja za fasadne stene.
- Praviloma je sestava zvočnoizolirnih stekel RX PHONE asimetrična. Pozicija vgradnje debelejšega stekla je za funkcijo zvočne zaščite nepomembna. Vseeno pa naj iz statičnih in estetskih razlogov debelejša stekla nastopa kot zunanje steklo.
- Vrednosti zvočne izolirnosti, ki jih za zvočnozaščitne razrede navajajo smernice VDI 2719, se vedno nanašajo na končno vrednost že vgrajenega okna.

## 7.4.12 Izolacijska stekla z okrasnimi profili

### Švicarski križ, filigranski profili

Ker so ti profili, praviloma široki 16 ali 26 mm, vgrajeni v medstekelni prostor, je čiščenje steklenih površin zelo preprosto. Zaradi širokega medstekelnega prostora (16 mm) je možnost nastanka kondenza ob okrasnih profilih minimalna, v vsakem primeru pa neprimerno manjša kot pri oknih s pravimi prečkami. Kljub veliki širini medstekelnega prostora pa se pod posebnimi pogoji profil vseeno lahko nasloni na steklo. V takšnih primerih se lahko (ob sunkih vetra ali med rokovanjem z oknom) sliši žvenket ali "zvonjenje" stekla. Pojav je proizvodnotehnično pogojen in se mu ne moremo izogniti.

Na okrasnih profilih lahko občasno opazimo rahla odstopanja od barve po RAL lestvici ali pa, predvsem v področju križne povezave, manjše neravnine. Obe anomaliji ne moreta biti predmet reklamacije.

### Dunajski križ

Širino vgrajenega dunajskega profila prilagodimo širino profila, ki bo nalepljen na zunanjo stran stekla.

Zaradi širokega medstekelnega prostora (16 mm) je možnost nastanka kondenza ob okrasnih profilih minimalna, v vsakem primeru pa neprimerno manjša kot pri oknih s pravimi prečkami.

Kljub veliki širini medstekelnega prostora pa se profil v posebnih pogojih vseeno lahko nasloni na steklo. V takšnih primerih se lahko (ob sunkih vetra ali med rokovanjem z oknom) sliši žvenket ali "zvonjenje" stekla. Pojav je proizvodnotehnično pogojen in se mu ne moremo izogniti.

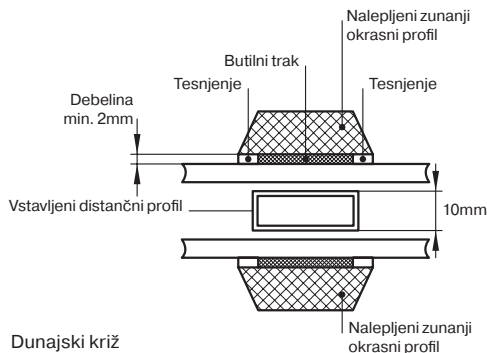
Vgrajeni dunajski križ ima na zunanji površini stekla nalepljene okrasne profile. V tej fazi dela moramo paziti na naslednje:

#### • Sestava

Širino butilnega traku določa širina profila. Naloga traku je fiksiranje profila, da med kasnejšim kitanjem ne bi zdrsnil, in zagotavljanje minimalnega (2 mm) razmaka med steklom in profilom. Ta razmak ne sme biti manjši, saj mora pri različnih raztezkih šipe in profila delovati kot blažilec.

#### • Navodilo za namestitve

Vse naležne površine naj bodo suhe, nemastne in brez prahu. Ostanke olja ali mastnih delcev moramo s stekla oziroma profila odstraniti z ustreznim topilom.



Dunajski križ

## 7.4.13 RX SAFE varnostna izolacijska stekla in stekla z alarmno zanko

Za izolacijska stekla, ki imajo v svoji sestavi kaljeno RX SAFE ESG, delno kaljeno RX SAFE TVG ali lepljeno varnostno steklo, veljajo v osnovi enaka navodila za zastekljevanje kot za konvencionalna stekla. Pri zasteklitvi večplastnih lepljenih stekel moramo (v odvisnosti od klasifikacije) upoštevati posebne pogoje:

- Podlaganje težkih izolacijskih stekel izvajamo s posebno pozornostjo. Pri teži elementa nad 100 kg priporočamo obdelavo nosilnega roba. Zato se mora

pri naročilu podati nosilni rob.

- Podložke ne smejo povzročati točkovnih obremenitev na steklenih robovih, zato naj bo njihova trdota po Shoru od 60° do 70°.
- Dovoljeni so le sistemi za zastekljevanje z zračeno steklitveno brazdo.
- Preveriti moramo združljivost lepilnega sloja s pomožnimi materiali za zastekljevanje.

## Smernice za zasteklitev kaljenega stekla z alarmno zanko

### Alarmno izolacijsko steklo (G 103139)

Alarmno izolacijsko steklo RX SAFE ima v svoji sestavi kaljeno steklo z električno-prevodno alarmno zanko. Ta je s pomočjo sitotiska nanosena na steklo in v postopku kaljenja vžgana v njegovo površino. Zanka je vedno orientirana v medstekelni prostor.

Kaljeno steklo z alarmom je vedno vgrajeno na tisti strani izolacijskega stekla, s katere pričakujemo poskus vdora.

Če pride na kateremkoli delu površine do poškodovanja stekla, se to v celoti zlomi ter s tem prekine električni tok v zanki. Prekinitev toka aktivira na zanko priključeno alarmno napravo.

### Alarmno lepljeno (VSG) steklo

Sestavljeno je iz kaljenega stekla, ki ima na določenem mestu na svoji površini vžgano električnoprevodno zanko, ter iz navadnega float stekla. PVB folija povezuje obe stekli v lepljeno varnostno steklo.

Lepljeno steklo pri vgradnji obrnemo tako, da je kaljeno steklo vedno na tisti strani, s katere pričakujemo poskus vloma.

Če pride na kateremkoli delu površine do poškodovanja stekla, se to v celoti zlomi ter s tem prekine električni tok v zanki.

Za obe vrsti alarmnih stekel veljajo naslednji kriteriji:

- Za priključitev alarmne zanke na alarmno napravo je na voljo ploščati brezbarvni štirižilni kabel, dolg 30 cm.
- Prečni prerez posamezne žile znaša 0,14 mm<sup>2</sup>. Na nasprotni strani traku je nameščen ploščati vtič.

- Steklu je lahko priložen še 5 ali 10 metrov dolg podaljšek z zaščito in povezovalnim členom.
- Električna upornost posameznih delov zanke (glej skico):  $6 \pm 3 \Omega$  za zanko  $> 20 M\Omega$  med zanko in sredinskim kontaktorjem  $< 1,0 \Omega$  med priključki sredinskega kontakta
- Vsako alarmno steklo ima etiketo, na kateri je izhodna kontrola navedla izmerjeno vrednost upornosti.
- Maksimalna jakost toka v alarmni zanki znaša 0,5 A.
- Pred in po zasteklitvi vsakega alarmnega stekla RX SAFE je treba izmeriti električni upor alarmne zanke in srednjega kontakta (povezani kabli) ter ozemljitve. Izmerjeni podatki morajo biti enaki vrednostim, ki so navedene na etiketi.
- Vgradnja alarmnih stekel mora biti opravljena tako, da demontaža z zunanje strani praktično ni mogoča (zasteklitvene letve znotraj). Če to ni mogoče, je treba sistem tako zavarovati, da se bo ob poskusu demontaže stekel sprožil alarm.

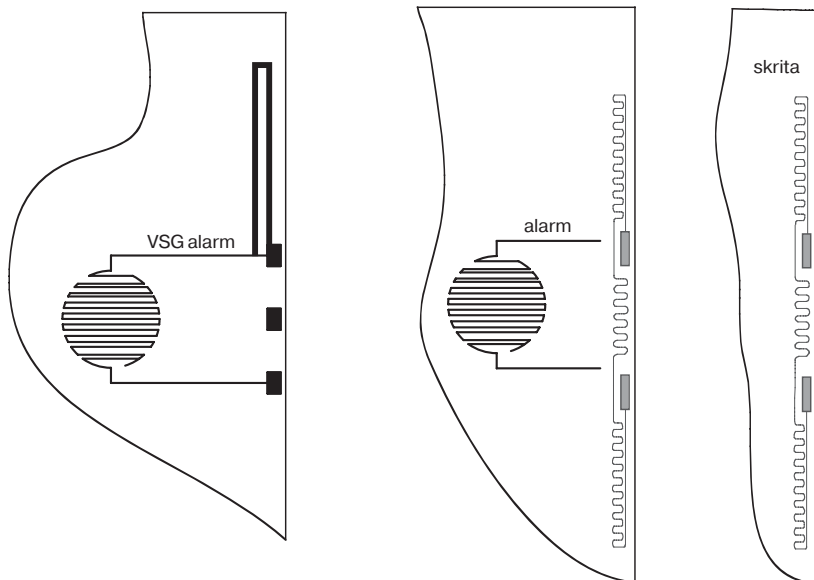
### Zahteve za zasteklitev in priklop alarmnih stekel

Za alarmna stekla oziroma protivlomne alarmne naprave trenutno še ni na voljo nobenega predpisa, zato izhodišče za naslednje zahteve predstavljajo "Navodila za protivlomne alarmne naprave - načrtovanje in vgradnja", ki jih je izdalo združenje zavarovalnic v Kölnu.

- Alarmnih stekel RX SAFE med skladiščenjem, transportom in montažo ne smemo postavljati na kabelske priključke.
- Zastekljevanje z alarmnimi izolacijskimi stekli RX SAFE je treba opraviti v skladu s trenutno veljavnimi navodili za zastekljevanje podjetja REFLEX. Zastekljevanje izolacijskih stekel z alarmnim steklom lahko opravimo samo z uporabo zasteklitvenih sistemov z zračeno steklitveno brazdo. Enako velja tudi za lesena okna. Zasteklitveni sistemi morajo ustrezati obremenilni skupini Vf 5 v tabeli Rosenheim. Vsi tesnilni materiali morajo biti združljivi z lepljenim steklom in električno neprevodni.
- Kaljena alarmna stekla vedno vgrajujemo na strani, s katere pričakujemo poskus vloma. Pri tem je treba upoštevati označbo na steklu!
- Vsi zunanji kabelski kontakti morajo biti dobro zavarovani pred vlago. Zato so pri dobavi vtiči na alarmnem steklu zaščiteni z rumenim zamaškom in vtičnica na podaljšku z rumeno kapo kot zaščito. Kabelski stik v fasadnem področju med priključnim kablom in podaljškom izvedemo s ploščatim vtičem, ki ob strokovni montaži ščiti pred vlago. Pred vstavitvijo vtiča v vtičnico moramo odstraniti rumeni zamašek oziroma kapo, ki služita kot zaščita pred vlago. Po spojitvi ploščatega vtiča in vtičnice moramo paziti na to, da se spoj med seboj zaskoči oziroma zatakne.
- Paziti moramo, da zgornje kotno podlaganje stekla ne leži v področju alarmne zanke. Pri vrtljivem oziroma vrtljivo/nagibnem krilu je nujno, da alarmno zanko že pri načrtovanju umestimo na tisto stran okna, na kateri so tečaji.
- Pri alarmnih izolacijskih steklih je lahko alarmna zanka vgrajena desno ali levo zgoraj oziroma desno ali levo spodaj. Pri alarmnih steklih VSG pa je lahko alarmna zanka vgrajena samo levo oziroma desno zgoraj. Pri naročilu je treba navesti mesto, na katerem naj bo nameščena alarmna zanka.

- Spodnji rob stekla mora biti od dna steklitvene brazde oddaljen najmanj 7 mm, saj s tem preprečimo ostro pregibanje (natrganje) kabla. Distančnik izolacijskega stekla ne bo viden, če bo na mestu, kjer leži alarmna zanka v svetli odprtini okna, globina steklitvene brazde najmanj 20 mm.
- Pri zunanji montaži kabla je treba upoštevati:
  - Priključna mesta alarmnega stekla ne smejo biti mehansko obremenjena.
  - Prehod kabla skozi profile okvirja naj bo zaščiten pred poškodbami (na primer s kabelskimi vodili).
  - Vodilo skozi okvir v notranjost prostora naj bo tesnjeno.
  - Napeljava kabla naj bo izvedena tako, da ne bodo mogoče naknadne poškodbe kabla zaradi vijačenja, stiskanja ...
- Skupna upornost vseh alarmnih zank, ki so na enem primarnem vodu (vključno z uporom voda), lahko znaša največ 150 % zahtevane spremembe upornosti, ki je potrebna za sprožitev alarma.

## Električne upornosti alarmne zanke



Upornost R zanke	$6 \pm 3 \Omega$
Upornost R med priključki sredinskega kontakta	$< 1,0 \Omega$
Upornost R med zanko in sredinskim kontaktorjem	$> 20 M\Omega$

## 7.4.14 Parapetni elementi REFLEX

Parapetne elemente delimo na:

- parapetne plošče in
- parapetne panele.

Parapetne plošče so lahko izdelane iz enojnega ali dvojnega (izolacijskega) kaljenega stekla ali kaljenega stekla s toplotnim preizkusom. Uporabljamo jih za zastekljevanje prezračevanih (mrzlih) fasad.

Parapetni paneli so izdelani iz enojnih ali dvojnih (izolacijskih) parapetnih plošč. Element ima na hrbtni strani nalepljeno ploščo iz izolacijskega materiala. S parapetnimi paneli zastekljujemo tople fasade.

### Splošne zahteve za zastekljevanje

Zastekljevanje parapetnih plošč in panelov iz dvojnega stekla mora potekati v skladu s smernicami, ki so navedene v navodilih za zastekljevanje izolacijskega stekla podjetja REFLEX. Vse štiri stranice elementa praviloma ležijo v okvirju, le pri dvoslojnih parapetnih ploščah je mogoče tudi dvostransko vpenjanje. Pri dvoslojnih parapetnih elementih manjših dimenzij (< 800 mm) je nujen povišan nanos tesnilnega materiala. Posledica je povečana globina vpetja stekla.

V osnovi veljajo za vse parapetne elemente (enojne ali dvojne) naslednje zahteve:

- V skladu z navodili iz standarda DIN 18 516 T4 je treba na kaljenem steklu, ki ga bomo uporabili za izdelavo parapeta, opraviti Heat soak test oziroma toplotni preizkus ESG-H (steklo za določen čas izpostavimo vplivu določene temperature, glej točko 5.7.1).
- Pred montažo je treba na vseh elementih pregledati steklene robove. Skladno z aktualnim TRLV lahko vgradimo samo tista stekla, pri katerih poškodbe robov niso globlje od 5 % debeline stekla.
- Če za objekt ni predpisana posebna obremenitev, za določanje potrebne debeline stekla uporabljamo obremenitve v skladu s standardom DIN 18 516 T1. V nobenem primeru pa debelina stekla ne sme biti manjša od 6 mm.
- Stekla pri montaži ne smemo tesno oziroma togo vpeti.
- Pod vplivom obtežbe in temperature steklo ne sme priti v neposreden stik s kovino ali zidom.
- Ležišče stekla naj bo vremensko trajno obstojno. Ker mora biti mehko, je praviloma izdelano iz elastičnega materiala.
- Razdalja med spodnjim robom stekla in dnom steklitvene brazde mora meriti vsaj 5 mm.
- Pri uporabi zasteklitvenega sistema s tesnjenjem nad podložnim trakom morata biti oba razmaka med steklom in okvirjem široka vsaj 4 mm.



### **Dodatna navodila za zastekljevanje enojnih parapetnih plošč po standardu DIN 18 516 T4**

- Če ležijo vse štiri stranice parapetne plošče v okvirju, mora biti ležišče stekla globoko vsaj 10 mm.
- Pri dvo ali tristransko vpetih steklih določimo globino ležišča s formulo:  $g = \text{debelina stekla} + 1/500 \text{ razdalja}$  med podporama (minimalna globina vpetja je 15 mm). Zdrs stekla preprečimo z uporabo distančnih podložk. Kadar ležijo parapetni elementi le v dveh vertikalnih profilih, mora biti spodnji, prosto ležeči rob elementa v levem in desnem vogalu dodatno podprt. Podpora za prevzem teže stekla naj bo pravokotna, njena dimenzija pa naj znaša vsaj toliko kot zmnožek globine ležišča stekla

in debeline stekla. Trdota podpore po Shoru naj znaša od  $60^\circ$  do  $80^\circ$ .

- Pri točkasto pritrjenih elementih mora znašati površina objemke vsaj  $1.000 \text{ mm}^2$ . Ležišče stekla naj bo globoko vsaj 25 mm. Kadar so objemke nameščene na vogalih stekla, naj bo njihova oblika nesimetrična. Stranici opore naj bosta v razmerju 1 : 2,5. Če točkasta držala niso nameščena v vogalih, morajo biti parapetne plošče zavarovane z ustreznimi oblikovnimi vezniki (vijaki). Razdalja med spodnjim robom izvrtine v steklu in robom stekla naj bo enaka vsaj dvakratni debelini stekla oziroma naj znaša vsaj toliko kot premer izvrtine. Izvrtine v vogalih stekla ne smejo biti enako oddaljene od vodoravne in navpične smeri. Obe razdalji naj se razlikujeta vsaj za 15 mm.

## **7.4.15 Barvno odstopanje**

Vsi uporabljeni materiali pri izdelkih iz stekla imajo lastno barvo, pogojeno s surovino. Intenzivnost barve narašča z debelino. Da zadovoljimo zakonske zahteve glede varčevanja energije, se uporabljajo stekla z nanosi. Tudi stekla z nanosi imajo lastno barvo. Ta barva se ob pogledu skozi steklo in/ali na steklo lahko različno zaznava. Nihanje barvnega vtisa je možno in neizogibno zaradi vsebnosti žele-

zovega oksida v steklu, procesa nanosa, nanosa in spremembe debeline stekla v sestavi ter kota opazovanja.

Pri naknadnem naročilu stekel z nanosi zaradi proizvodnotehničnih vzrokov ni vedno mogoča absolutna barvna enakost. Barvno odstopanje te vrste ne more biti predmet reklamacije.

## 7.4.16 Lom stekla

Odgovor na vprašanje, zakaj je steklo tako lomljivo, lahko poiščemo tudi v dveh izmed treh najbolj pogosto uporabljenih definicij o tem, kaj je steklo.

1. Steklo je anorganski produkt taljenja, ki se, ne da bi pri tem nastala kristalna mreža, pri ohlajevanju pod točko transformacije spremeni v trdno snov.
2. Steklo je pri normalni temperaturi trdna tekočina, ki je zaradi izredno visoke viskoznosti amorfna snov (torej brez kristalne strukture).

Iz tega izhaja, da je steklo, kljub veliki trdoti, zelo krhek material. Zato ga ne moremo, tako kot na primer kovine, plastično preoblikovati.

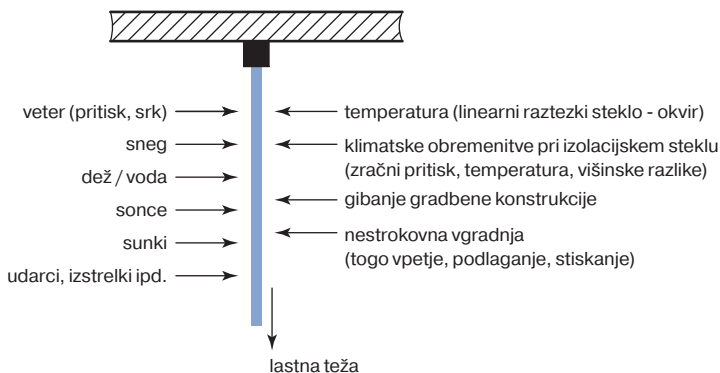
Današnji način proizvodnje float stekla je takšen, da ostane po kontroliranem ohlajevanju steklenega traka v njem zelo malo

t.i. zaostalih notranjih napetosti, pa še te so zelo enakomerno porazdeljene po vsej površini. Tudi v vseh nadaljnjih fazah predelave, obdelave ali oplemenitjenja v robni coni stekla ne morejo nastati večje konice napetosti. Če bi morda nastale, kot na primer pri rezanju (lomljenju) stekla, bi v eni od naslednjih faz manipulacije (nazadnje v transportu) povzročile lom stekla.

Zgoraj navedeno je osnova za zahtevanje steklarjev, da se steklo samo od sebe nikoli ne zlomi. Pri dobavljenem ali pa že vgrajenem steklu pride do loma izključno zaradi zunanjih vplivov, kar pa ne more biti razlog za reklamacijo stekla. Proizvajalčeva deklarirana garancija (v primeru izolacijskega stekla) pomeni samo zagotovilo, da v naslednjih petih letih vodna para v medstekelnem prostoru ne bo kondenzirala.

### Zunanji vplivi

Zunanje vplive prikazuje spodnja shema vertikalne zasteklitve:



Obremenitev na steklo je večkrat (odvisno od vgradnje in vrste zasteklitve) tudi kombinacijarazličnih, istočasno delujočih vplivov.

Povečana obremenitev na steklo je lahko tudi rezultat nestrokovnega transporta ali skladiščenja. V nekaterih primerih je ta obremenitev tako velika, da se steklo zlomi.

Tudi pri nekaterih specialnih steklih je ob nestrokovnem ravnanju povečana nevarnost loma. To velja predvsem za žična in v masi obarvana stekla.

Pri prvih predstavljajo latentno nevarnost trije različni linearni toplotni raztezki: stekla, kovine in zraka, ki je v kanalu ob žici. Zato je to steklo že brez zunanjih obremenitev v nestabilnem stanju.

Pri v masi obarvanih steklih pa je ogroženost večja zaradi njihove velike sposobnosti absorpcije sončne energije. Ker se zaradi tega močneje segrevajo, v njih nastanejo dodatne notranje napetosti. Te se še povečajo, kadar se zaradi delnega osenčenja samo en del steklene površine prične ohlajevati. Podobno povečanje napetosti in s tem obremenjenost stekla nastopi tudi pri t.i. toplotnem zastoju; zaradi nezadostnega prezračevanja ali zaradi ovir, ki to preprečujejo, se steklo ne more (enakomerno) ohlajevati.

Da se v naštetih primerih izognemo lomu stekla, moramo upoštevati naslednja navodila:

- preprečiti moramo možnost delnega osenčenja stekel
- zagotoviti moramo zadostno, predvsem pa neovirano prezračevanje
- materiali za okvir in pritrdilne letve morajo biti prilagojeni absorpcijski stopnji stekla

- upoštevati moramo možnost povečanega raztezanja, zato steklo ne sme biti tako vpeto.

Kadar teh navodil ni mogoče upoštevati, lahko nevarnost loma eliminiramo tako, da ta stekla kalimo RX SAFE ESG.

Pri steklenih manjših dimenzij z MSP > 16 mm in neugodnim razmerjem stranic pri asimetrični sestavi, tanjše steklo kaljeno RX SAFE ESG.

Bolj kot običajno so ogrožena tudi notranja stekla v zvočnozaščitnih steklih. Ta imajo običajno asimetrično sestavo – zunanje steklo je vedno precej debelejše od notranjega. Učinek “dvojnega stekla”, do katerega prihaja zaradi sprememb klimatskih vplivov na zrak (plin) v medstekelnem prostoru, se manifestira v obliki povečanih obremenitev na steklu. Rezultat tega so permanentna vbočenja oz. izbočenja obeh stekel. Kadar je eno od stekel bistveno tanjše od drugega, mora samo prevzeti vse deformacije. Nevarnosti, da se to steklo zlomi, se izognemo tako, da ga kalimo.

## Iskanje vzrokov za nastanek loma stekla

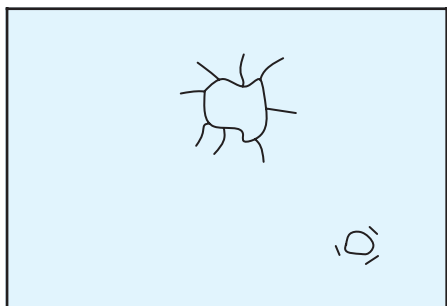
Pri ugotavljanju vzrokov za nastanek loma moramo dosledno preveriti vse elemente, ki bi lahko bili povzročitelji:

- vrsta, lega in konstrukcija objekta
- izpostavljenost soncu, možnosti delnega osenčenja
- možnost ohlajevanja
- konstrukcija okna
- izbrana vrsta stekla in izbira debeline
- izbrani način zastekljevanja
- izvedba zastekljevanja.

Pri tem delu si lahko pomagamo tudi s primerjanjem slike loma stekla s slikami lomov, ki so tipični za nekatere vrste obremenitev. Nekatere izmed njih prikazujejo spodnje slike.

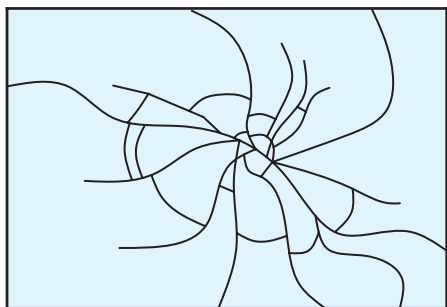
## Iskanje vzroka za lom s pomočjo slike loma

### Lom stekla zaradi udarca, sunka, zalučanega predmeta ali izstrelka



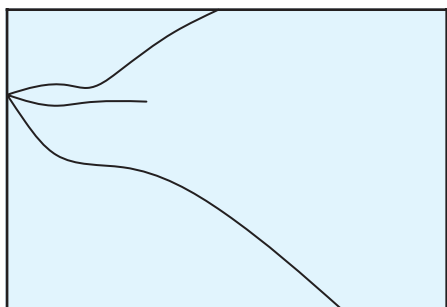
Zaradi kratkega in hitrega udarca nastane čisti preboj. Lom stekla je značilen za udarno obremenitev, ki jo povzroči predmet z majhno težo in veliko hitrostjo.

7.4.16

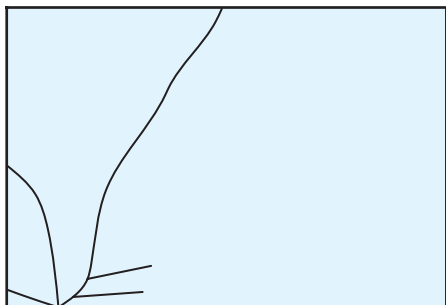


Slika loma, ki je značilen za udarec predmeta z majhno hitrostjo in veliko težo. Na mestu udarca ne nastane vedno preboj, vendar pa iz njega vedno v obliki žarkov izhajajo razpoke.

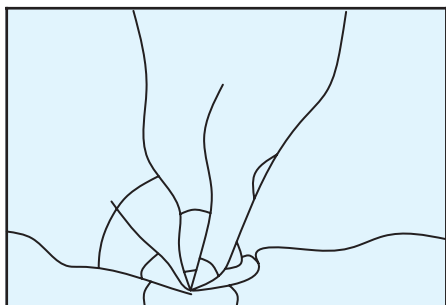
### Lom stekla zaradi upogibanja, pritiskanja, napenjanja in točkovnega obremenjevanja



Udarec na rob stekla; kratkotrajna točkovna obremenitev z majhno intenzivnostjo; na primer nepravilna uporaba orodja za vstavljanje podložk.



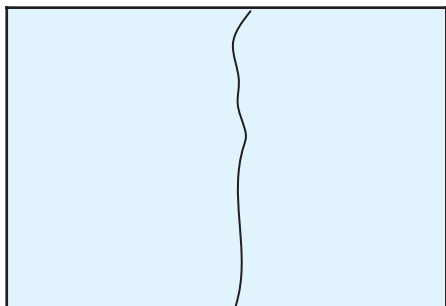
Udarec na rob stekla; kratkotrajna ali trajna točkovna obremenitev zaradi poddimenzionirane podloške pri veliki teži stekla ali pa kot posledica prevelikega pritiska pri žebličanju.



Kratkotrajna mehanska točkovna obremenitev z majhno ali srednjo intenzivnostjo; kamenček med stekli ali pa udarec s kladivom po zasteklitveni letvici.

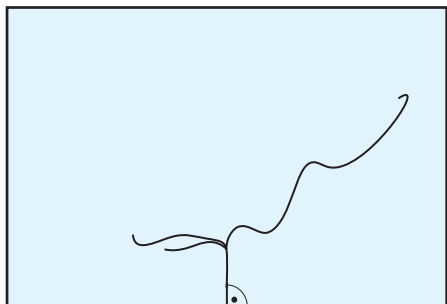


Lom stekla je posledica napačno dimenzioniranih podložk, napačne uporabe orodja za vstavljanje, neupoštevanja razteznostnih koeficientov stekla in okvirja.

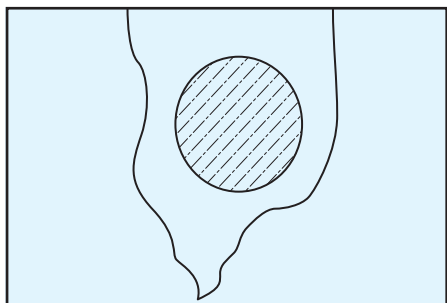


Lom je posledica premajhne debeline stekla (predvsem pri dvostranskem vpenjanju), zatikanja stekla na oviri v okvirju ali ker se na steklo prenašajo obremenitve, ki so posledica gibanja objekta.

## Lom stekla zaradi lokalnega pregrevanja, delnega osenčenja ali oviranega prezračevanja

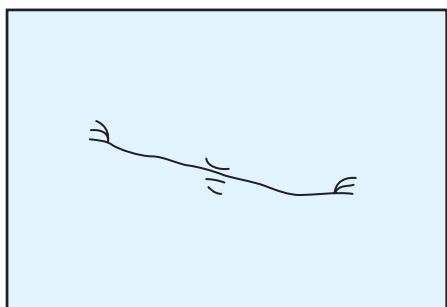


Tipična slika za termični lom; vzroki so lahko delno prekrivanje pri sončnem sevanju, prevelika globina steklitvene brazde, v paketu skladiščena stekla z nanosom ali v masi obarvana stekla, lokalno pregrevanje zaradi vpliva grelnih teles ipd.

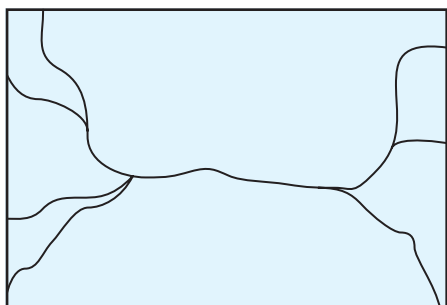


Termični lom zaradi delnega prekrivanja na notranji strani; npr. reklamne nalepke ali veliki listi rastlin tik ob steklu. V obeh primerih je ovirano enakomerno ohlajevanje stekla.

7.4.16



Lom je nastal zaradi bližine dela z varilnim aparatom, direktnega vpihovanja vročega zraka ali pa, pri velikih in debelih izložbenih steklih, zaradi točkovnega pregrevanja.



Lom zaradi prevelikega vbočenja ali izbočenja stekla, ki je posledica sprememb zračnega pritiska in temperature v medstekelnem prostoru (neupoštevanje nadmorske višine vgradnje, asimetrična stekla, polnjenje stekel z zelo mrzlim plinom, pri akvariju pa premajhna debelina stekla).

## 7.4.17 Površinske poškodbe na steklu

Različni vplivi lahko s svojim delovanjem povzročijo poškodbe na steklenih površinah.

### Mehanski vplivi

Iz prakse poznamo celo vrsto možnosti, zaradi katerih lahko med manipulacijo s steklom ali v njegovi življenjski dobi nastanejo poškodbe na njegovih površinah.

Po Mohsovi lestvici trdote materialov (razredi od 1 do 10) se steklo uvršča med peti in šesti razred.

Po določenih te razporeditve lahko različne oblike prask na površinah povzročijo materiali, katerih trdota je enaka ali večja od trdote stekla. Seveda pa praske na trdih, predvsem pa na mehkih nanosih na steklu lahko povzročijo tudi že veliko "mehkejši" materiali.

Tukaj moramo opozoriti na zmotno prepričanje, da je kaljeno steklo trše in zato manj občutljivo na mehanske poškodbe. To seveda ni res, saj se pri termični obdelavi steklu poveča le trdnost ne pa tudi njegova trdota.

Če so na steklu nastale lasne praske (to so tiste, ki jih pod nohtom ne čutimo), jih lahko odstranimo z intenzivnim poliranjem. Te možnosti nimamo, kadar so praske na kovinskem nanosu na steklu.

### Termični vplivi

Kadar v bližini zasteklitve poteka delo z brusilnim ali varilnim aparatom, se pri tem nastale iskre zaradi velike temperature vžgejo v stekleno površino. Takšne poškodbe so običajno nepopravljive.

### Kemijski vplivi

#### Razjede zaradi vpliva kisline

Med gradnjo objekta se posebno zidani deli fasade močno umažejo. Za njihovo čiščenje se včasih uporabljajo tudi sredstva, ki vsebujejo fluorovodikovo kislino. Ta je edina med vsemi kislinami, na katero steklo ni odporno. Zato moramo v teh primerih s prekrivanjem stekla preprečiti možnost razjedanja steklenih površin.

#### Razjede zaradi kapljev

V zadnjem obdobju vedno pogosteje ugotavljamo površinske poškodbe predvsem na fasadah, ki so zastekljene z refleksnimi stekli (stekla s kovinskim nanosom). Pojav je posebej izrazit na tistih fasadah, kjer steklo nastopa skupaj z neobdelanim betonom, umetnim ali naravnim kamnom ali opeko.

Kemijska struktura stekla omogoča vlagi, da iz njegove površine izluži atome nekaterih elementov, kar pa je v bistvu oslabilen material oz. korozija. To razjedanje imenujemo tudi nevtralna korozija.

Steklo je le navidezno gladko, mikroskopsko gledano pa je njegova površina močno razgibana.

Zato je oprijemljivost (omočljivost) vlage velika, kovinski nanos na steklu pa ta učinek še poveča.

Kadar so na fasadi tudi silikatni elementi, padavine iz njih izlužijo alkalne raztopine, te pa skupaj z onesnaženim zrakom tvorijo močno korozijsko sredstvo. Omočljivost stekla omogoča, da raztopina na površini zastane in še dodatno korodira njegovo površino. To vrsto korozije imenujemo alkalna agresija. Enak učinek bi imel tudi kisli dež. V tem primeru bi govorili o kisli koroziji.

Povzetek: Ob ugotovitvi, da ne moremo vplivati ne na sestavo fasade niti na kemijsko zgradbo stekla oz. na vreme, so nam na izbiro samo naslednje tri rešitve:

- Vgrajeno steklo naj se pogosto in intenzivno čisti.
- Kovinski nanos na steklu naj bo orientiran navznoter (na poziciji 2).
- Površina stekla s kovinskim nanosom se zaščiti z materialom, ki površino zgladi. (neomočljivo).

## 7.4.18 Ohranjanje kakovosti

Vsi gradbeni materiali, od okenskega okvirja in premazov pa do tesnil oziroma tesnilnih profilov, so izpostavljeni naravnemu staranju. Ker uporabnik ne želi ohraniti kakovosti zgolj v garancijskem roku, temveč od izolacijskega stekla pričakuje veliko daljšo življenjsko dobo, je nujno redno izvajanje nekaterih preventivnih pregledov. Mednje sodijo ocena

o potrebi dodatne zaščite okenskega okvirja, kontrola tesnjenja vgrajenega izolacijskega stekla, kontrola funkcionalnosti odprtih za zračenje in izravnavo parnih pritiskov in podobno.

Še posebej je za ohranjanje kakovosti priporočljivo redno čiščenje izolacijskega stekla (glej točko 6.9.8).