

Gorica staklo d.o.o.

# LAMINIRANO SIGURNOSNO STAKLO U GRADITELJSTVU

Od njegovog izuma 1909.g. te nakon više od jednog stoljeća kontinuiranog poboljšavanja, laminirano sigurnosno staklo je ključna komponenta u suvremenoj arhitekturi.

U tehnološkom smislu radi se o trajnom spajanju dvije ili više pojedinačnih ploha PVB (polivinil-butiral) folijom, koja je elastična i visoke otpornosti na trganje.

Takav proizvod od stakla, može se nositi s visokim statičkim silama i konstruktivnim zadaćama uz visoku transparentnost stakla. Gotovo sve vrste ravnih stakala, mogu biti laminirana u sigurnosno staklo, bez obzira je li riječ o ravnom ili ornament staklu, staklu s premazom ili staklu s nanosom boje.

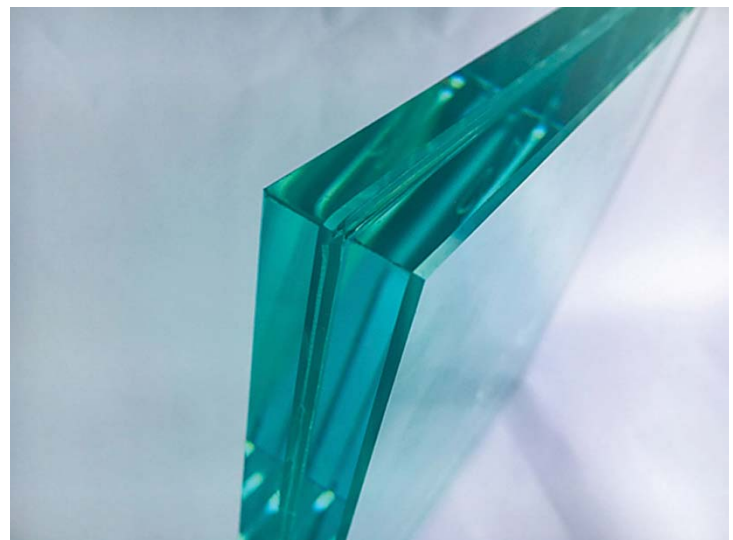
Sigurnosni učinak laminiranog sigurnosnog stakla temelji se na velikoj vlačnoj čvrstoći PVB međusloja i njegovom izvrsnom prijanjanju na drugu staklenu površinu. Što se tiče mehaničkog opterećenja, kao što su udarac, savijanje, ili utjecaj drugih sila koje djeluju na razbijanje stakla, PVB sloj drži fragmente tako da će laminirano sigurnosno staklo ostati cjelovito, što smanjuje rizik od ozljeda jer nema odlamanja i padanja dijelova stakla.

## SIGURNOST KOJU PRUŽA LAMINIRANO SIGURNOSNO STAKLO

### PASIVNA SIGURNOST

#### Zaštita od ozljeda

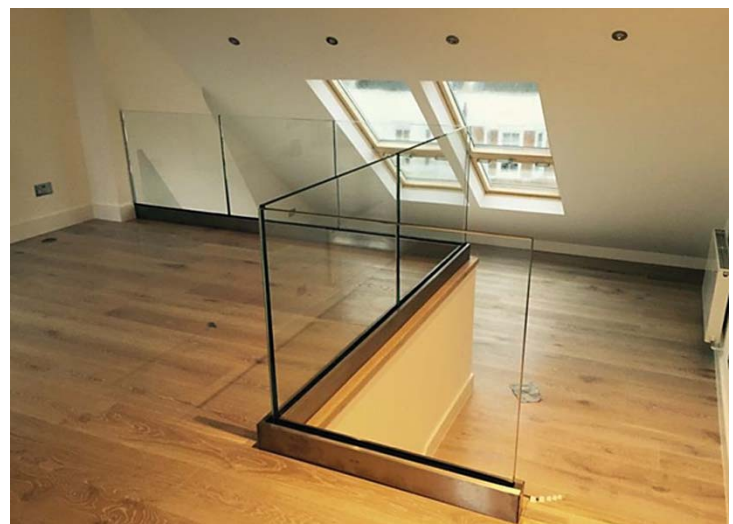
U svakoj aplikaciji, bilo da se radi o punim staklenim vratima, izlozima, dijelovima namještaja ili velikim ostakljenjima na javnim površinama, staklo ne smije biti postavljeno na način da se u slučaju pucanja ili lomljenja stvore oštre krotine koje mogu uzrokovati ozljede.



#### Ostakljivanje za zaštitu ljudi od pada

Jasno je regulirana ugradnja staklenih elemenata na mjestima gdje postoji opasnost od pada.

Ta mjesta su jednostavne ograde i pregrade, pa sve do visokog ostakljenja ugrađenog više od cca. jedan metar iznad čvrstog tla. U Njemačkoj ove vrste instalacije reguliraju "Tehnička pravila za sigurnosna stakla - TRAV", a uskoro će ih zamijeniti DIN 18 008.



## AKTIVNA SIGURNOST

U prošlosti, velike staklene površine su bile slaba karika u gradnji od napada bilo koje vrste. Moderno, novo ostakljenje je u potpunosti riješilo taj problem.

Staklo se danas može koristiti kao aktivna barijera protiv dinamičkih napada. Primarni cilj je spriječiti prodor u određenom vremenskom razdoblju, ali i u slučaju selektivnog, kratkotrajnog opterećenja.

EN norme propisuju kriterije testiranja koji pojedinačne vrste stakla moraju ispuniti.

### Otpornost na ručni napad (pad lopte) prema EN 356

Ispitivano je staklo otporno na udarce s čeličnom kuglom težom od 4 kg s promjerom 10 cm. Da biste razlikovali različite razine otpornosti, kugla je ispuštana u slobodnom padu s različitim visina nekoliko puta na istu točku (slika gore desno).

### Otpornost na ručni napad (napad sjekirom) prema EN 356

Koristi se drugi tip testa kako bi se zadovoljio postupak sve većih zahtjeva prevencija prodora. Ovisno o klasi otpornosti, ispitno staklo bi trebalo odoljeti određenom broju udaraca po istom mjestu sjekirom težine 2 kg. Nakon što se postigao određen broj udaraca na jednom mjestu, maksimalni otvor može biti  $\leq 400 \times 400$  mm.



### Otpornost na metke prema EN 1063

EN 1063 regulira sigurnost ljudi i roba u slučaju direktnog napada različitim oružjem s različitih udaljenosti. Na svako ispitno staklo puca se tri puta u unaprijed definiranu točku na sobnoj temperaturi. Staklo



ne bi trebalo biti probijeno na ovom testu.

Svi laminirani tipovi sigurnosnog stakla koji se koriste u ovoj skupini imaju laminirane asimetrične sklopove.

### Otpornost na eksploziju prema EN 13 541

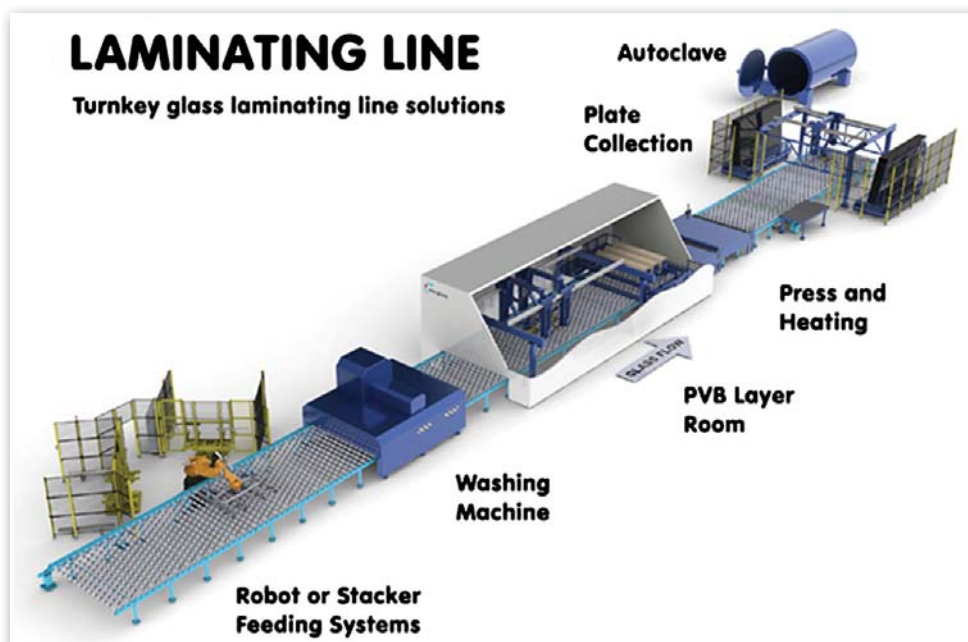
Ovaj zahtjev specificira kvalifikacije i metode otpornosti na udar za sigurnosne staklene proizvode kod stakla koja se ugrađuju u građevine. Razvrstavanje se odnosi samo na dimenziju uzorka od oko 1 m. Cilj je da se postigne izvrsna otpornost na prodor paralelno s tipovima stakla.



## IZRADA LAMINIRANOG SIGURNOSNOG STAKLA

Laminirano sigurnosno staklo se proizvodi u skladu s odredbama Europske norme EN 14 449.

Dvije ili više temeljito očišćene staklene ploče, svaka s jednim ili više PVB međusloja, slažu se jedna na drugu u tehnički „čistoj sobi“. Potom se takav sendvič ojačava u procesu prešanja valjcima na cca. 200 ° C topline. Ovaj proces se naziva mehaničko predzagrijani i prešani proizvod. Dobiveni proizvod nakon predgrijavanja i predprešanja transportira se do autoklave - visokotlačne komore, gdje se transparentni proizvod dobiven predgrijanjem i predprešanjem podvrgava uvjetima od cca. 10 bara pritiska i temperaturi do 130° C, pri čemu se dobiva apsolutno transparentno laminirano sigurnosno staklo.



## FIZIČKA SVOJSTVA LAMINIRANOG SIGURNOSNOG STAKLA

Tlačna čvrstoća, toplinska vodljivost, toplinska ekspanzija, modul elastičnosti i masa po jedinici površine i kemijskim svojstvima, slična je pojedinačnim svojstvima stakla. Prozirnost stakla je također rezultat vrijednosti obrađenog osnovnog stakla i PVB slojeva. Ovisno o debljini proizvoda, prijenos svjetlosti kod standardnog bezbojnog stakla je između 90 i 70%. Prijenos svjetlosti i dojam boja – posebno kad su stakleni proizvodi deblji s nekoliko slojeva i više međuslojeva, može se poboljšati pomoću stakala kao što su razni tipovi stakla s niskim udjelom metalnih oksida („low iron“ stakla) te stakala sa antirefleksivnim površinskim nanosima.

### Otpornost na udar

Za simulaciju mehaničkog utjecaja na staklo, poput udara ljudskog tijela, propisana je norma EN 12 600 za staklo u građevinarstvu te se obavlja ispitivanje pomoću posebnog „njjhala“.

## KALJENO I TERMIČKI OJAČANO STAKLO (DJELOMIČNO KALJENO) U LAMINIRANOM SENDVIČU

U modernoj arhitekturi, posebice za staklene ograde, razne stijene, horizontalne viseće elemente, vjetrobrane, fasade, krovove i sl., sve češće se koristi laminirano sigurnosno staklo koje se sastoji od staklenih ploha koje su prethodno termički obrađene, odnosno kaljene ili termički ojačane.

## PROIZVODNJA TERMIČKI OJAČANOG STAKLA

Proizvodnja djelomično kaljenog stakla je gotovo ista kao i za potpuno kaljeno staklo, ali je proces hlađenja sporiji, što znači da je i niže proizvodno opterećenje na staklo.

Djelomično kaljena stakla, kao i njihova otpornost na promjenu temperature te mehanička čvrstoća se mogu svrstati između sirovog i potpuno kaljenog stakla.

Mehanička otpornost (otpornost na savijanje):

- Sirovo staklo: 45 mPa
- Termički ojačano staklo: min. 70 mPa
- Kaljeno staklo: min. 120 mPa

Otpornost na razlike u temperaturi:

- Sirovo staklo: 40 K
- Termički ojačano staklo: 100 K
- Kaljeno staklo: min. 250 K

Izuzetno bitna i korisna karakteristika djelomično kaljenog stakla je njihov karakteristični lom, koji se bitno razlikuje od loma potpuno kaljenog stakla, a i od loma kod sirovog stakla.

Nastavno na činjenicu različitog karakterističnog loma spomenutih stakala, dvoslojno kaljeno/laminirano staklo nakon sloma nema više nikakvu mehaničku čvrstoću, dok termički ojačano/laminirano staklo, uslijed svojeg načina loma, i dalje ima određenu nosivost.

Ovo je bitan razlog zašto djelomično kaljena/laminirana stakla sve više zamjenjuju potpuno kaljeno laminirano staklo. Mehanička čvrstoća i otpornost na razliku temperature termički ojačanog stakla, zadovoljavaju zahtjeve moderne arhitekture te se vrlo rijetko pojavljuje potreba za potpuno kaljenim i laminiranim staklom.



Laminated safety glass made of 2 x tempered glass - both panes broken

Djelomično kaljena stakla imaju još jednu prednost. Uslijed sporijeg hlađenja tijekom proizvodnog procesa, izbjegava se rizik spontanog sloma uslijed inkluzije NiS-a (Nikl-sulfid).

Naime kod potpuno kaljenog stakla postoji rizik od spontanog loma uslijed postojanja kristala NiS-a u strukturi. Spontani lom često može uslijediti i mjesecima nakon ugradnje stakla na objektu.

Poduzeće Gorica staklo d.o.o. je uz pomoć EU fondova, implementiralo najmoderniju tehnologiju za proizvodnju svih navedenih vrsta laminiranih sigurnosnih stakala.

Naše stručno osoblje može zainteresiranim kupcima dati savjete i pomoć pri odabiru stakla. Svaki zahtjev je specifičan te je vrlo bitno odrediti optimalnu vrstu, debljinu i ostale karakteristike sigurnosnog laminiranog stakla.

Laminirano staklo možemo isporučiti u raznim bojama, također i s motivima, fotografijama i sl. Sve prema zahtjevu kupca u tehnologiji digitalnog printa keramičkim bojama.

Isto tako za montažu laminiranih sigurnosnih stakala imamo gotova rješenja za razne aplikacije poput balkonskih i ostalih ograda, nadstrešnica, pregrada, itd. Na sve proizvode dajemo garanciju 10 godina, a svi proizvodi su ispitani u ovlaštenim laboratorijima te zadovoljavaju važeće EU norme.



Laminated safety glass made of 2 x heat strengthened glass - both panes broken