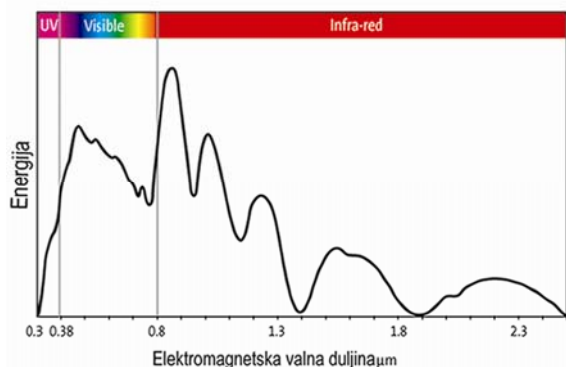


STAKLO KAO GRAĐEVNI MATERIJAL

Sunčevo zračenje koje dopire do zemlje sastoji se od 3 posto ultraljubičastih zraka (UV), 55 posto infracrvenoga zračenja (IR, infra-red) i 42 posto vidljive svjetlosti. Te tri komponente sunčeva zračenja podudaraju se svaka sa svojim područjem valne duljine. Ultraljubičasto se proteže od 0,28 do 0,38 μm (nanometara), vidljiva svjetlost od 0,38 do 0,78 μm , a infracrveno od 0,78 do 2,5 μm . Ukupna distribucija energije sunčeva zračenja, kao funkcija valne duljine između 0,3 i 2,5 μm (spektar) za površinu okomitu tome zračenju, prikazana je krivuljom na slici 1.



Spektar sunčeva zračenja prema EN 410

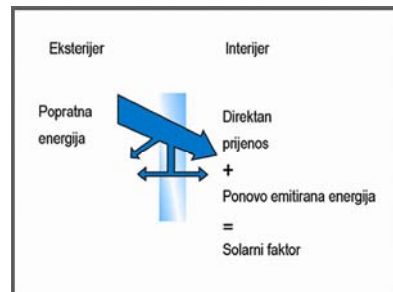
Taj spektar opisan prema definiciji iz norme EN 41 i određenim atmosferskim konstantama odnosi se na značajke zraka i difuznost zračenja. Vidljiva svjetlost ili dnevno svjetlo jest područje valne duljine elektromagnetskog spektra između 0,38 i 0,78 μm . Udružene valne duljine vidljivoga spektra djelujući na oko rezultiraju fiziološkim učinkom poznatim kao vid.

Značajke stakla

Kada sunčevo zračenje udara na staklo djelomično se reflektira, djelomično apsorbira u debljini stakla, a djelomično prenosi (transmitira). Omjer

svakoga od ova tri dijela popratnoga sunčeva zračenja određuje reflektirajući faktor, apsorbirajući faktor i transmissijski faktor ostakljene površine. Ako se ovi omjeri razdijele na čestice elektromagnetskoga spektra, stvaraju krivulju spektra ostakljene površine. Faktori koji će utjecati na te omjere za danu raspršenost su boja stakla, njegova debljina i, u slučaju stakla s premazom, priroda premaza.

Faktori prijenosa svjetla i njegova reflektiranja su omjeri između prenesenog ili reflektiranog svjetlosnoga toka i raspršenosti svjetlosnoga toka. Staklo ima prirodno zelenu boju koja može biti vrlo jasna u određenim vrlo tankim ili višestaklenim konstrukcijama (u dvostruko ostakljenim površinama ili lameliranim oblicima). Ona ovisi o ukupnoj debljini staklene površine ili njegovu sastavu.



Prikaz raspodjele sunčeva zračenja kroz staklo

Solarni faktor ostakljene površine postotak je ukupnoga sunčeva zračenja toplinske energije koja ulazi u prostor preko stakla. To je suma sunčeva zračenja toplinske energije koja ulazi izravno prijenosom i proporcijom energije apsorbirane i ponovno emitirane preko ostakljene površine u unutrašnji prostor.

Solarni faktor za različite tipove ostakljene površine prema EN 410 pretpostavlja sljedeće:

- sunčev spektar definiran je normom
- unutarnje i vanjske temperature su jednake
- koeficijent izmjene ostakljene



Različite boje stakla različito raspršuju sunčevo zračenje

površine mora biti $23 \text{ W/m}^2\text{K}$ prema van i $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ prema unutra.

Učinak staklenika

Sunčevo zračenje toplinske energije koja ulazi u prostor preko stakla apsorbira se i predmetima i površinama u interijeru, koje zatim ponovno prenose energiju kao toplinsko zrače

nje uglavnom u dalekom infracrvenom pojasu (iznad $5 \mu\text{m}$). Čak je i obično ravno staklo praktički neprozirno zračenju s valnom duljinom većom od $5 \mu\text{m}$. To znači da je sunčeva energija koja ulazi kroz staklo zarobljena u prostoru te naginje njegovu zagrijavanju, što je poznato kao učinak staklenika (*greenhouse effect*).

Kako bi se spriječilo zagrijavanje poduzimaju se sljedeći koraci:

- osigurava se adekvatno provjetranje
- upotrebljava se zaštita od sunca (mora se osigurati da ne povećava rizik toplinskih mostova). Unutarnja je zaštita od sunca manje učinkovita jer čuva samo od sunčeva zračenja koje je već prošlo kroz staklo. Upotrebljava li se vanjska zaštita od sunca u obzir se mora uzeti i njezino održavanje
- upotrebljava se staklo s niskim energetske prenošenjem poznato kao *solarno kontrolirano staklo*. To staklo dopušta prolaz samo specifičnoj frakciji energije sunčeva zračenja koja osigurava osvjetljenje, a pomaže u sprječavanju pregrijavanja.

Postoje tri mjere koje se odnose na sunčevo kontrolirano ostakljenje, a opisane su u tablici 1:

- redukcija sunčeve energije kako bi se postigao najmanji moguć solarni faktor (5. stupac tablice)
- kontrola prijenosa topline izvana u unutrašnjost postizanjem najmanje moguće U – vrijednosti (4. stupac tablice)



Primjer zaštite od sunca

- postizanje dobre razine prirodnog osvjetljenja kroz najveću moguću vrijednost prijenosa svjetla (3. stupac tablice).

Tablica 1. Komparacija značajki različitih dvostrukih ostakljenja

		LT (%)	U – vrijednost ⁽¹⁾ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Solar faktor g
SGG COOL-LITE SKN 174 I	6 mm	68	1.1	0.41
SGG PLANILUX	4 mm			
SGG COOL-LITE KN169	6 mm	61	1.3	0.44
SGG PLANILUX	6 mm			
SGG COOL-LITE SKN165B	6 mm	60	1.1	0.33
SGG PLANILUX	6 mm			
SGG COOL-LITE ST150	6 mm	44	1.2	0.37
SGG PLANITHERM TOTAL	6 mm			
SGG ANTELIO SILVER (face 1)	6 mm	58	1.2	0.48
SGG PLANITHERM TOTAL	6 mm			

(1) Vrijednosti dane za 15 ili 16 mm šupljine punjene s 90 posto argona

Prirodno svjetlo

Poznavanje faktora prijenosa svjetla određenoga stakla omogućava pristup razini dostupnog svjetla unutar prostora kada je poznata i razina vanjskog svjetla. Omjer unutarnje razine svjetlosti u određenoj točki prostora i vanjske razine svjetlosti mjeren na vodoravnoj plohi jest konstantna, bez obzira na vrijeme dana. Omjer unutarnje razine svjetlosti vanjske razine svjetlosti poznat je kao *faktor dnevnoga svjetla* i izražava se u postotcima. Na primjer, soba s faktorom dnevnog svjetla 0,10 blizu stakla i 0,01 prema unutrašnjosti sobe (prosječne vrijednosti za tipičnu sobu), vanjska razina svjetlosti od 5000 luxa osigurava razinu svjetlosti interijera od 500 luxa blizu prozora i 50 luxa na suprotnoj strani (na drugom kraju sobe). Za istu sobu razina svjetlosti od 20000 luxa (vedro nebo, bijeli oblaci) proizvodi razinu svjetlosti od 2000 odnosno 200 luxa.

Ukupna razina svjetlosti u sobi uglavnom je određena osjećajem zadovoljstva, osiguravanjem najpovoljnijih uvjeta i udobnosti za oči. Na to utječe količina i distribucija svjetla, prisutnosti bliještanja i o jakoj sjeni. Stupanj udobnosti postignut razinom prirodnoga svjetla određen je prozirnošću stakla i ovisi o ukupnoj distribuciji svjetlosti, orijentaciji građevine i veličini staklene površine.

Utjecaj izravnoga sunčeva svjetla na materijale

U određenim okolnostima, boja nekih materijala koji su izloženi izravnom sunčevu svjetlu blijedi.

Energija sunca sadrži tri tipa zračenja:

- ultraljubičaste zrake od 0,28 do 0,38 μm , ovaj dio elektromagnetskoga spektra uzrokuje opekline od sunca
- vidljivo zračenje ili dnevno svjetlo, sastavljeno od uskih pojasa elektromagnetskoga spektra s valnom duljinom od 0,38 μm (ljubičasta) do 0,78 μm (crvena) – kombinacija ovih valnih duljina stvara bijelo svjetlo
- infracrveno zračenje, koje osjećamo kao toplinu, u području od 0,78 do 2,5 μm .

Materijali mogu promijeniti boju kada su izloženi sunčevu zračenju jer molekularne veze u obojenim sredstvima postupno oslabljuju visokom energijom fotona. Ta vrsta fotokemijske reakcije uglavnom je uzrokovana ultraljubičastim zračenjem, iako u manjim opsezima može također biti uzrokovana kratkom valnom duljinom vidljive svjetlosti (ljubičasta, plava). Kada materijali apsorbiraju sunčevo zračenje njihova temperatura raste te to također može uzrokovati kemijske reakcije koje štete boji. Općenito blijedenje boje povezano je više organskim koloritnim sredstvima, u kojima ke-

mijske veze mogu biti manje stabilne nego u pigmentima s mineralnom osnovom. Kako svi oblici zračenja nose energiju, predmeti se ne mogu posve zaštititi od blijedenja. Međutim mogu se poduzeti koraci koji smanjuju problem, kao primjerice čuvanje predmeta od izravne svjetlosti, na nižoj temperaturi i zaštitnicima od atmosfere, posebno od izjedajućih plinova. No postoje i stakla koja osiguravaju učinkovita rješenja. Najučinkovitiji je način sprječavanja blijedenja isključivanje ultraljubičastoga zračenja jer ono najviše pridonosi procesu. Ultraljubičasto se zračenje praktički može ukloniti upotrebom PVB lameliranoga stakla (PVB je *polyvinyl butyral*) koje prenosi samo 0,4 posto ultraljubičastoga zračenja. druga je opcija upotreba obojenoga stakla koje će selektivno filtrirati svjetlost. Na primjer, žuto staklo uglavnom apsorbira ljubičastu i plavu svjetlost. Treće, staklo s niskim solarnim faktorom može se upotrijebiti da smanji toplinski učinak zračenja. Treba napomenuti da upotreba niti jednoga stakla ne može jamčiti potpunu zaštitu od blijedenja.

Optimiziranje svojstava stakla mora uvijek uključivati kompromise između ukupnih parametara svojstva i izbora na temelju izgleda i ekonomičnosti.

T. Vrančić

Izvor: Glass and solar radiation, Saint Gobain

VATROOTPORNO STAKLO KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL

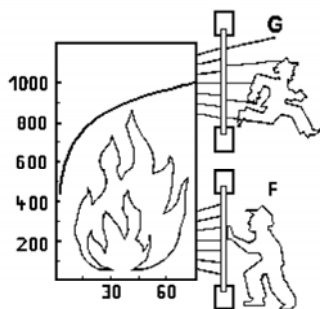
Staklo je kao materijal poznato stoljećima. Sastav stakla relativno je jednostavan; u njemu su kremen, pijesak, vapno, soda i drugi dodaci. U početku je nastalo prirodnim putem, a potom je postalo povlastica bogatih. Danas se bez njega ne može, pa je zato samo po sebi razumljivo stalno poboljšavanje svojstava stakla, a samim tim i njegove upotrebljivosti.

Na području pasivne požarne zaštite staklo je postalo važan element u proteklom desetljećima. Iako se proizvodi na visokim temperaturama (mješavina navedenih komponenata tali se na oko 1200° C), ono je prilično neotporno na povišene temperature. Tako pri povišenoj temperaturi relativno brzo nastupe unutarnja naprezanja koja dovode do pucanja, a samim tim i razbijanja stakla. To je ne-

poželjno svojstvo u zaštiti od požara. Hrvatska je preuzela sve dijelove DIN 4102 norme za vatrootporno staklo te oni nose oznaku HRN DIN 4102 dio 1 do 18.

U dijelu 13 spomenute norme vatrootporno staklo podijeljeno je na dva razreda: staklo razreda G i staklo razreda F, u oznaci je još i naznačena otpornost u minutama.

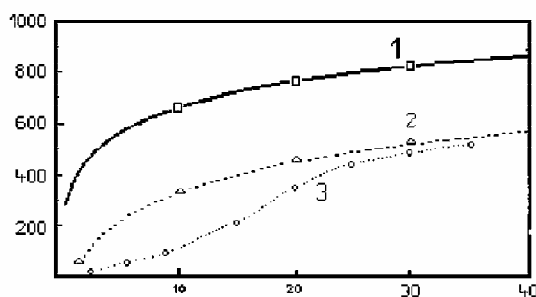
Zastakljivanje prema razredu G je građevinski dio, čiji odgovarajući elementi, vodoravni, okomiti ili kosi (nagnuti pod određenim kutem) na određeno vrijeme zaustavljaju širenje požara, dimnih i ostalih pri požaru nastalih produkata. Od zastakljivanja prema razredu G ne traži se da zaustavi i toplinsko zračenje.



Razlika stupnja zaštite od požara stakla razreda G i F

Već sama spoznaja da se od stakla razreda G ne zahtijeva sprječavanje toplinskog zračenja na neizloženoj strani, dopušta da to staklo može biti relativno tanko, ali mora izdržati sva opterećenja nastala zbog velikih temperaturnih razlika na obje strane svoje površine. Zbog velikoga toplinskoga zračenja na strani neizloženoj požaru mogu se zapaliti gorivi materijali i požar se prenosi na drugu stranu (nastanak tzv. sekundarnog požara). Pri projektiranju treba voditi računa o tome gdje i kako će se upotrijebiti staklo razreda G.

Za vatrootporno staklo razreda F vrijede jednaki kriteriji kao i za sve os-



Grafički prikaz porasta temperature na rubu i u sredini stakla tijekom požara ili pokusa

1. krivulja standardnog požara
2. porast temperature u sredini staklenog elementa
3. porast temperature na rubu staklenog elementa

tale elemente što se upotrebljavaju za pasivne zaštite od požara (vatrootporni elementi). To staklo, kao dio građevinske konstrukcije, mora izdržati jednaki test kao i drugi elementi, npr.: vrata, zidovi itd. Pokus se izvodi po krivulji standardnog požara (ETK = *Einheits-Temperaturkurve*), vatrootporno staklo mora osim dimova, plinova i vatre zadržavati i toplinsko isijavanje nastalo za vrijeme požara.

Vatrootporno staklo razreda G

Glavni su uzrok pucanja stakla u slučaju požara napreznja koja nastaju zbog sljedećih razloga:

- različitih temperatura na rubu i u sredini staklene površine
- velikog koeficijenta rastezanja stakla
- razlika između temperatura na vatri izloženoj strani odnosno na suprotnoj strani.

Stakleni element stavljen je u određeni okvir, radi očuvanja integriteta u slučaju požara. Tako je rub stakla prekriven staklenom letvicom, a preostali je dio neposredno izložen djelovanju topline. Zbog te letvice tijekom požara (u prvih 20 minuta) nastaju velike temperaturne razlike između sredine stakla i njegova ruba. Zbog tih razlika dolazi u staklu do velikih napreznja te ako su ta napreznja prevelika ono puca.

Napreznja u staklu zbog temperaturnih razlika između ruba stakla i njegove sredine nastaju čim dođe do temperaturne razlike između vatri izložene strane i suprotne strane. Napreznja su vlačna, a na njih je staklo posebno osjetljivo. Tijekom požara (ili pokusa) ta se napreznja smanjuju. Na slici 2., koja prikazuje porast temperature jednoslojnog stakla debljine 7 mm na rubu i u sredini s obzirom na ETK

krivulju, vidi se da razlika može iznositi i nešto više od 200° C. Napreznja su zbog toga prevelika i staklo počinje pucati već u drugoj, najkasnije u trećoj minuti pokusa.

Da bi staklo zadržalo svoju cjelovitost (integritet) i u požaru, potrebno je dodatnim mjerama osigurati da ne pukne ili da usprkos pukotinama ostane na svom mjestu. Kod različitih vrsta stakla proizvođači to postižu na različite načine.

Stakla razreda G dijele se prema izvedbama na skupine:

- 3.1 Kao osnovno staklo u toj je klasi žičano zrcalno staklo i žičano lijevano staklo, koje u svojoj masi ima umetnutu tanku žičanu mrežu, na spojevima zavarenu. Kod nas je ta vrsta stakla poznata pod imenom proizvođača kao *Pilkington staklo*. Debljina je tog stakla 7 mm, a velika mu je prednost što ga se prije upotrebe može rezati na željene dimenzije.
- 3.2 Sljedeći je oblik stakla, koji kod nas nije posebno poznat, oblikovano staklo (također profilirano staklo). Zbog poznatih svojstava i ovo staklo mora imati žičanu mrežu, iako samo u uzdužnom smjeru, zbog stabilnosti. Slično je staklo kod nas poznato kao kopilit staklo.
- 3.3 Jedan od oblika tog stakla su i staklene kocke (prizme) koje se spajaju posebnom vatrootpornom masom. Zbog manjih dimenzija, velike debljine i posebne zalivne mase, koja u slučaju požara zapunjava nastale pukotine, u inozemstvu ima uglavnom dekorativne namjene, dok je kod nas gotovo nepoznato.
- 3.4 Da bi staklu smanjili koeficijent rastezanja, neki proizvođači u osnovnu smjesu stavljaju posebne dodatke te ga toplinski obrađuju. Time zapravo djelomično kompenziraju napreznja koja nastaju zbog povišene temperature. U tu grupu pripadaju i bo-

rosilikatna stakla. Tipični predstavnik je staklo *Pyran*, proizvođača *Flachglas AG, Gelsenkirchen*.

3.5 Sljedeća su grupa stakla zapravo čvrsto povezana stakla sastavljena od više slojeva. Ti su slojevi (s obzirom na namjene i upotrebljivosti stakla) vrlo različiti, a osnova je zapravo staklo. U većini slučajeva to su dva sloja stakla, a između njih posebni gel.

Glavna je uloga gela da u slučaju pucanja stakla zadrži komadiće na mjestu i da u nastavku djelovanja širenjem gela stvori toplinsko – zaštitni sloj. U alkalijevu je silikatu vezana voda, koja dio isijane energije zadrži i upotrijebi u prvoj fazi za isparavanje vezane vode, u nastavku i za ekspanziju. Tako se stvori izolacijski sloj koji upije velik dio isijane energije i time smanji utjecaj toplinskog isijavanja na požaru neizloženoj strani.

U većini je slučajeva za monolitna stakla razreda G važno da dostižu klasifikaciju G-30, iako u prvih 15 minuta zadržavaju i toplinsko isijavanje u granicama propisanim za stakla razreda F, a u nastavku više ne. To staklo dakle možemo označiti kao F-15/G-30, usprkos tome što klasifikacija F-15 službeno ne postoji.

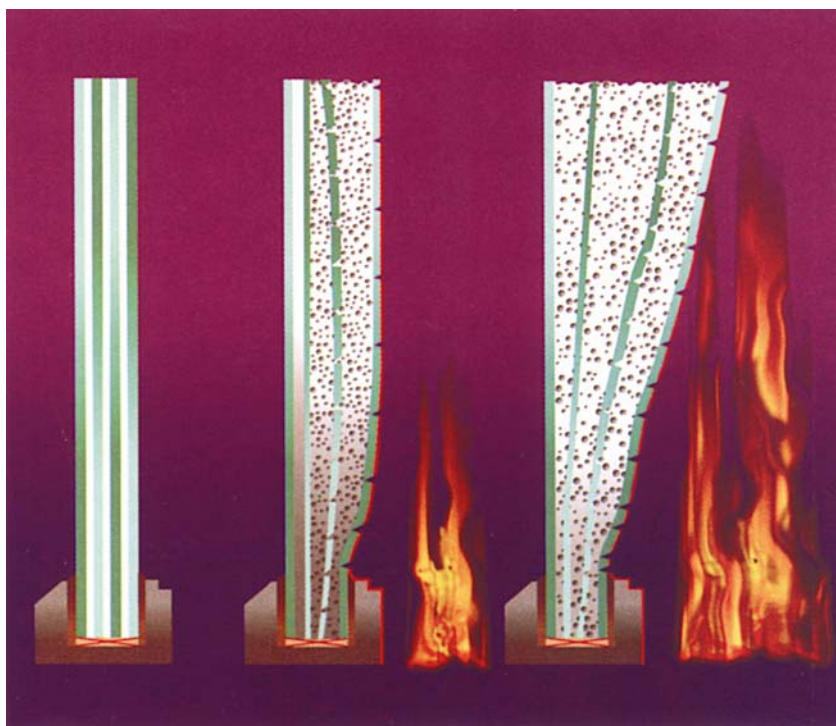
Tipični predstavnik tih vrsta stakala je *Promaglas G-30* staklo proizvođača *Promat* iz Beča i *Pyrodur* staklo proizvođača *Flachglas AG, Gelsenkirchen*.

S praktičnog stajališta prednost se daje čvrsto povezanom slojevitom staklu koje sa srednjim slojem alkalijeva silikata zadržava sitna stakalca na mjestu te omogućava zadržavanje toplinskog isijavanja. S pokusima po DIN 4102 ustanovljeno je da je temperatura na požaru neizloženoj strani nakon 30 minuta:

- kod jednoslojnih stakala klase G-30: oko 550 °C
- kod višeslojnih stakala klase G-30: oko 350 °C.

Vatrootporno staklo razreda F

Kao zastakljenje razreda F vrijedi po DIN 4102, dio 13, takav prozirni građevinski dio koji osim vatre i dima i energiju isijavanja zadržava u propisanim granicama. Pri takvom zastakljivanju također vrijedi podjela na okomito, nagnuto i vodoravno zastakljenje.



Djelovanje požara na vatrootporno staklo klase F

Vatrootporno staklo razreda F logičan je nastavak razvoja čvrstih višeslojnih stakala razreda G. U tom slučaju najbitniji je najviši porast temperature na neizloženoj strani koji traži DIN 4102 ($DT_{\text{prosj}} = 140 \text{ °C}$ i $DT_{\text{max}} = 180 \text{ °C}$). Zbog tog uvjeta logično je da se broj slojeva povećava s višom vatrootpornošću stakla. Na primjer, vatrootporno staklo F-30 ima 5 ili čak 7 slojeva, što može značiti:

- peteroslojno staklo: 3 sloja stakla i 2 sloja gela
- sedmeroslojno staklo: 4 sloja stakla i 3 sloja gela.

Djelovanje vatrootpornog stakla razreda F potpuno je jednako kao i čvr-

stih višeslojnih stakala razreda G. Zbog povišene temperature u požaru, unutarnje staklo (zbog nastalih naprezanja) puca. Tako počinje djelovati povišena temperatura na gel koji najprije postane mliječan (zbog toga se više ne vidi kroz njega, što može biti i slaba strana tog stakla). Temperatura zatim uzrokuje ispara-

vanje vezane vode (za što će se iskoristiti velik dio toplinske energije) tako da se dio energije upotrijebi za ekspanziju. Taj se proces nastavlja pod utjecajem rasta temperature te o broju slojeva stakla i gela ovisi kakvu vatrootpornost staklo doseže. Vatrootporno staklo F-30 ima 5 ili 7 slojeva, F-60 ima 9 ili 11 slojeva, F-90 ima 17 slojeva, dok staklo F-120 ima 23 sloja pa čak i više.

Pri zastakljivanju s pojedinim staklenim elementima potrebno je izvršiti pokus, tako da se može odrediti najveća dimenzija i raspored staklenih elemenata. Pritom je potrebno isprobati i položaj ugradnje, razne dodatke te odnos između obiju stranica stakla. Posebno je propisana

Tablica. Glavna svojstva vatrootpornih stakala

Proizv.	Tip mm	Deb. kg/m ²	Tež. kg	Prozirnost %	Zvučna izol. dB	Topl. prov. W/m K	Maks. dim. cm
Promaglas	G-30	7	16	86.4	28	5,6	135x235
Promaglas	F-30/1-0	17	40	82.1	36	5,3	135x235
Promaglas	F-60/1-0	21	4	81	38	5,2	135x235
Promaglas	F-90/1-0	43	95	71.5	45	4,6	120x230
Promaglas	G-30/3	32	3	79	30	3,0	135x235
Promaglas	F-30/3	32	55	74.8	39	3,0	135x235
Promaglas	F-90/3	58	111	65.1	46	2,7	120x230
Flachglas	1/30-10 D	15	36	84	-	5,2	140x200
Flachglas	1/30-25 D	32	60	75	-	3,0	140x200
Flachglas	1/90-10 D	50	106	70	-	2,9	140x200
Flachglas	1/90-20 D	54	110	65	-	2,8	140x200

ugradnja u masivne stijenke i u lake pregradne zidove. Za masivne zidove vrijedi, da je najmanja debljina zida od cigle 115 mm, a najmanja debljina betonskog zida 100 mm. Kod lakih pregradnih stjenki vrijedi da zid mora biti najmanje jednake požarne otpornosti kao što je zastakljeni element. U slučaju da je predviđena dodatna obrada okvira i nju se mora provjeriti.

Za višeslojna vatrootporna stakla proizvođači upotrebljavaju *float* staklo jer osigurava dobra optička svojstva stakla i mogućnost izrade većih dimenzija. Ipak su konačne dimenzije uvijek stvar ispitivanja vatrootpornosti, a najveće su proizvodne mjere samo orijentacija. Dakle, usprkos ispitivanom vatrootpornom staklu, svaku konstrukciju treba posebno ispitati jer vatrootpornost ovisi o više faktora a ne samo o staklu.

Kod stakala takvih debljina i težina postavlja se pitanje što je s ostalim svojstvima stakla, kao što su prozirnost, zvučna i toplinska izolacija. Odgovori na ta pitanja dani su u tablici 1., sastavljenoj na osnovi podataka iz prospekta pojedinih proizvođača.

Posebno je poglavlje toplinska izolacija (ili toplinska vodljivost) kojoj svi proizvođači posvećuju posebnu pozornost te u svom proizvodnom programu imaju posebne toplinsko-izolacijske kompletne elemente koji dosežu solidne vrijednosti toplinske izolacije.

Osnovna značajka svih toplinskih izolacijskih elemenata jest: sastoje se od dva staklena elementa između kojih je obično zrak (ili u novije vrijeme neki plemeniti plin) kao izolator. Samo načelo sastavljanja takvog elementa jednako je izradi običnoga staklenoga izolacijskog elementa.

Vatrootporno staklo razreda F ima i slabu stranu: to se staklo ne može i ne smije rezati niti obrađivati na neki drugi način. To proizlazi iz njegova složenog sastava budući da je takav element sastavljen od previše slojeva. Zanimljivo jest, da vatrootporno staklo razreda F stoji na raspolaganju u svim drugim oblicima, a ne samo u pravokutnom obliku. Tako se može naručiti staklo s kosom stranicom, poluokruglo ili čak i okruglo. Ograničenje za oblikovanje nije u staklu, već u okviru.

Kako vrijedi uvjet za prirast temperature na neizloženoj strani ($DT_{\text{pros}} = 140\text{ °C}$ i $D T_{\text{max}} = 180\text{ °C}$), posve je jasno da temperatura na neizloženoj strani ne smije prijeći prosjek od 140 °C . Porast temperature na jednome mjestu može uostalom doseći 180 °C , iako prosjek ne smije biti premašen.

Kod vatrootpornih je stakala, vatrootpornosti veće od 30 minuta, nakon približno jednog sata na vatri izloženoj strani staklo praktično u tekućem stanju, dok temperatura (glede zahtjeva koje propisuje DIN 4102) na neizloženoj strani mora biti u propisanim granicama. To znači da na nekoliko centimetara postoji izuzetno velik gradijent pada temperature. Ta svojstva bez upotrebe gela kod stakala zasad nije moguće postići.

Zaključak

Glede DIN propisa (DIN 4102, dio 13), vatrootporno zastakljivanje dijeli se na razred G i razred F. U Njemačkoj upotrebljavaju zastakljivanje razreda G za izradu dimonepropusnih elemenata, dok zastakljivanje razreda F upotrebljavaju za izradu vatrootpornih elemenata. Zbog toga se predlaže da se po tome ravna i u Hrvatskoj i da se elemente, izrađene od stakla razreda G, nazove dimonepropusnim elementima, a one izrađene od stakla razreda F vatrootpornim elementima. Ako cjelokupan element ima oznaku prema većem broju norme, tada mora ispunjavati uvjete za svaku normu posebno. Pravo vatrootporno staklo je samo višeslojno staklo. To staklo, osim što je vatrootporno, može biti i sigurnosno.

Stipe Barišić, dipl. ing. stroj.