

Ljubljana, 02.08.2013

**POROČILO****št. P 0806/13-630-1**o preskušanju upogibne trdnosti  
vzorcev kaljenega stekla  
debelin 6 mm, 8 mm in 10 mm

---

**Naročnik:** ISO-STEKLARSTVO IN GRADBENIŠTVO ISMET HAMZIĆ s.p.  
Magistrova ulica 1, 1000 LJUBLJANA

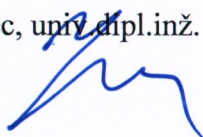
---

**Naročilo/pogodba:** Naročilo z dne 26.07.2013

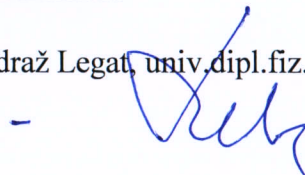
---

**Nosilec naloge:**

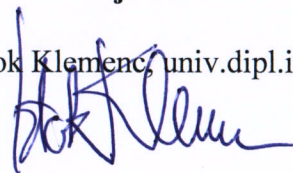
Bojan Jarec, univ. dipl. inž.

**Direktor:**

izr. prof. dr. Andraž Legat, univ. dipl. fiz.

**Vodja odseka:**

dr. Iztok Klemenc, univ. dipl. inž. grad.



## 1.0 Uvod

ISO-STEKLARSTVO IN GRADBENIŠTVO ISMET HAMZIĆ s.p. je z naročilnico z dne 26.07.2013 pri Zavodu za gradbeništvo Slovenije naročilo preskušanje upogibne trdnosti vzorcev kaljenega stekla debelin 6 mm, 8 mm in 10 mm.

Testiranje smo izvedli skladno s standardom SIST EN 1288-3: 2001, Steklo v stavbah - Ugotavljanje upogibne trdnosti stekla - 3. del: Preskušanje dvakrat podprtega vzorca (štiritočkovna obremenitev).

## 2.0 Preskusni vzorci

Za izvedbo preskusa je naročnik dne 26.07.2013 dostavil za vsako debelino stekla po 5 vzorcev stekla, dolžine 1100 mm in širine 360 mm. Dejanske povprečne izmerjene širine vzorcev in njihove debeline so navedene v tabeli rezultatov.

Vzorci smo označili z internimi oznakami in sicer:

debelina 6 mm: L13100/15/4, L13100/15/5, L13100/15/6, L13100/15/7, L13100/15/8

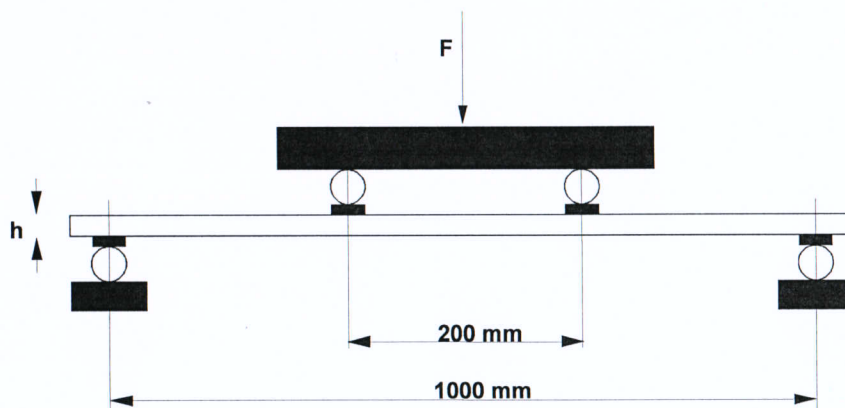
debelina 8 mm: L13100/15/3, L13100/15/12, L13100/15/13, L13100/15/14, L13100/15/15

debelina 10 mm: L13100/15/1, L13100/15/2, L13100/15/9, L13100/15/10, L13100/15/11

## 3.0 Izvedba preskusa

Za testiranje upogibne trdnosti stekla smo izvedli štiritočkovni upogibni preskus v skladu z zgoraj omenjenim standardom. Preskusni vzorec stekla smo položili prostoležeče na valjaste podpore, premera 50 mm, na razmaku 1000 mm. Silo smo uvajali na sredino plošče preko dveh valjev, ki sta bila razmaknjena 200 mm in enakega premera kot podpore. Zaradi enakomernega vnosa sile smo med podporne valje in steklo vstavili gumijaste trakove ustrezne debeline in trdote. Obtežbo smo povečevali tako, da je naraščanje napetosti potekalo v predpisanih mejah  $2 \pm 0,4 \text{ N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$  do porušitve vzorca. Med obremenilnim preskusom smo merili velikost uvedene sile in upogibno deformacijo na sredini plošče. Za izvajanje sile smo uporabili Amslerjev hidravlični bat, deformacije pa smo merili s pomočjo dveh induktivnih dajalnikov pomika. Preskušanje smo izvedli dne 01.08.2013. Med preskušanjem so bile v laboratoriju vzpostavljene normalne klimatske razmere.

Obremenilna shema je prikazana na spodnji risbi. Način preskušanja je prikazan na fotografiji v prilogi.



#### 4.0 Rezultati

Rezultati upogibnih preskusov so prikazani v tabeli rezultatov. Za vsak preskusni vzorec navajamo sledeče vrednosti: srednjo izmerjeno širino plošče, srednjo izmerjeno debelino stekla, maksimalno doseženo silo in izvednoteno upogibno napetost.

Upogibna napetost je izračunana na sledeč način:

$$\sigma_{hB} = k \left[ F_{\max} \frac{3(Ls - Lb)}{2Bh^2} \right] + \sigma_{bG}$$

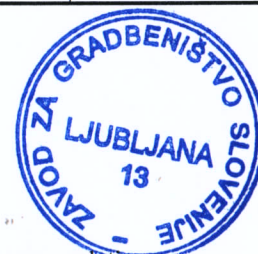
Pri tem pomeni  $\sigma_{bG}$  upogibno napetost vsled lastne teže.

Med upogibnimi preskusi smo beležili funkcijsko odvisnost deformacije od preskusne sile.

Grafi upogibnih preskusov so prikazani v prilogi.

Št. vzorca	Imenska debelina $h$ (mm)	Dejanska debelina $h_{dej}$ (mm)	Širina plošče $B$ (mm)	Max. sila $F_{\max}$ (kN)	Upog. nap. $\sigma_{hB}$ (N/mm <sup>2</sup> )
L13100/15/6	6	5,81	360,50	1,46	147,1
L13100/15/8		5,82	360,33	1,47	147,7
L13100/15/7		5,85	358,83	1,61	160,5
L13100/15/5		5,86	358,17	1,47	146,6
L13100/15/4		5,91	359,33	1,56	152,3
L13100/15/13	8	7,77	360,00	2,67	149,8
L13100/15/12		7,92	358,50	2,83	153,3
L13100/15/3		7,97	358,50	2,45	131,4
L13100/15/14		7,97	357,83	2,72	146,0
L13100/15/15		7,98	358,50	2,42	129,5
L13100/15/2	10	9,85	358,10	4,39	153,5
L13100/15/10		9,86	358,00	3,86	135,0
L13100/15/11		9,93	358,33	3,65	125,8
L13100/15/1		9,97	358,93	4,23	144,1
L13100/15/9		10,03	357,83	4,06	137,2

Tabela rezultatov



## 5.0 Zaključek

Na podlagi rezultatov preskusov lahko ugotovimo, da so vsi preskušeni vzorci dosegli upogibno napetost več kot  $120 \text{ N/mm}^2$  in tako glede upogibne trdnosti usrezajo zahtevam standarda SIST EN 12150-1:2001, Steklo v stavbah – Kaljeno natrijevo-kalcijevo-silikatno varnostno steklo -1.del: Definicije in opis.

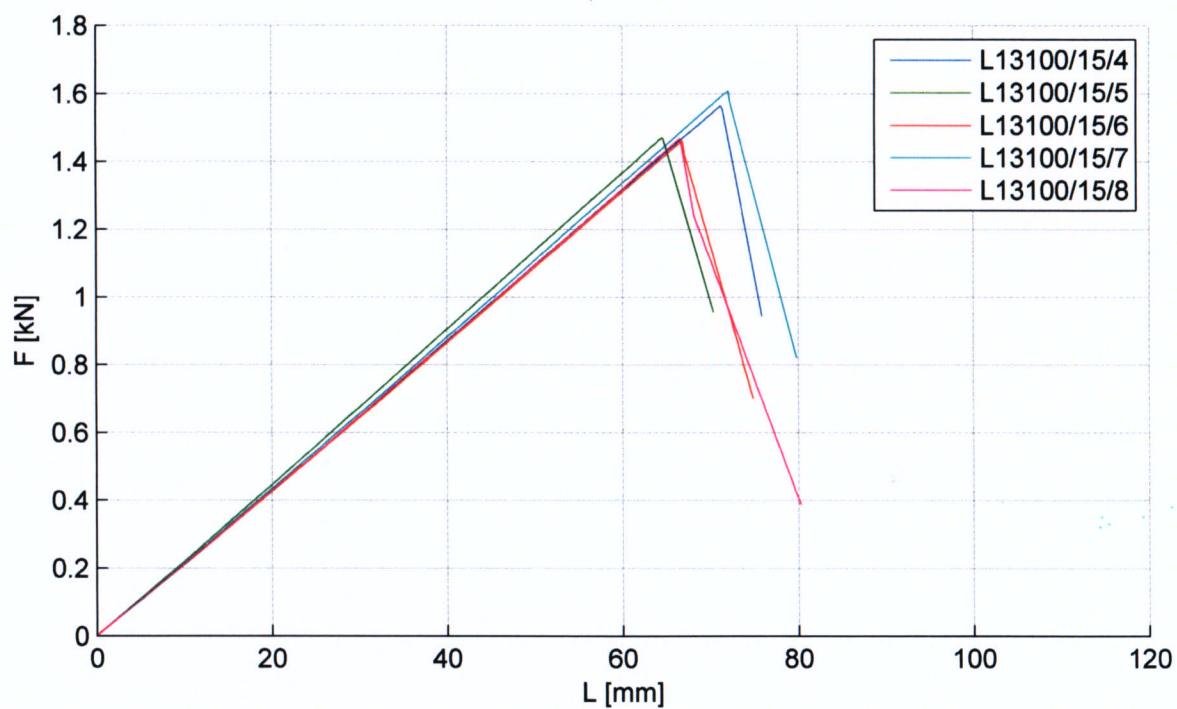
Poročilo pripravil: Bojan Jarec, univ. dipl.inž.

Priloge 4x: - Grafi upogibnih preskusov  
- Fotografija preskuševališča



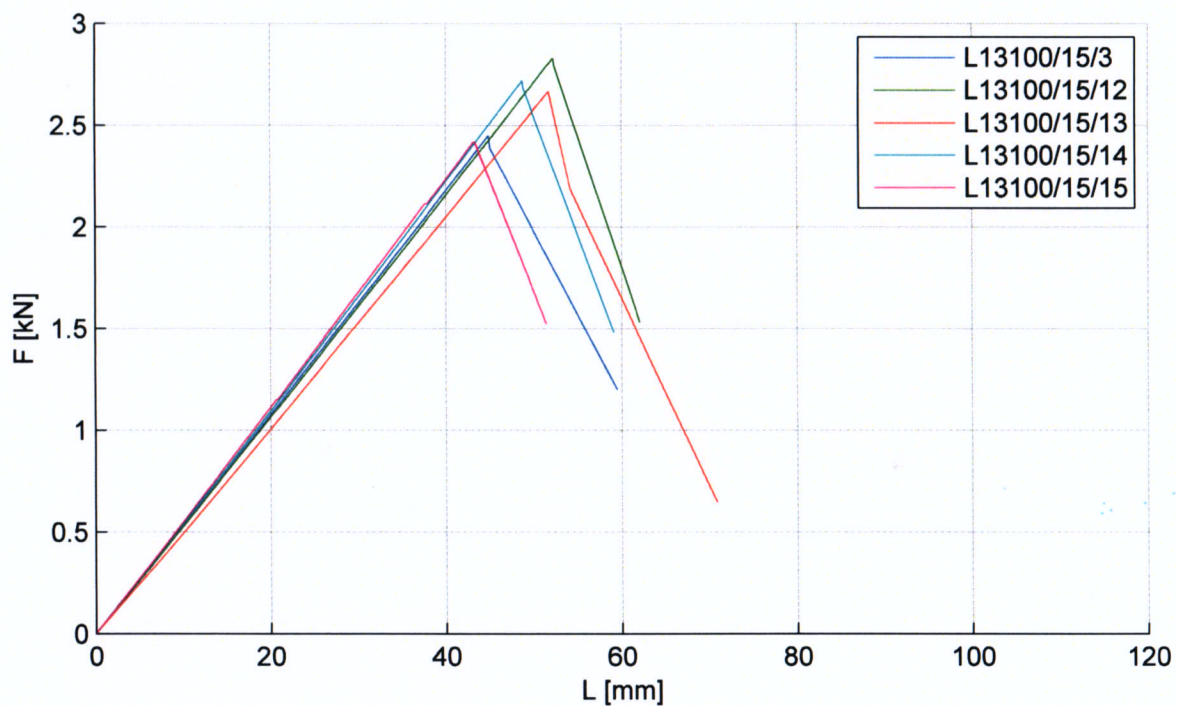
## Priloga 1/4

Grafii Sila – upogib vzorcev stekla debeline 6 mm



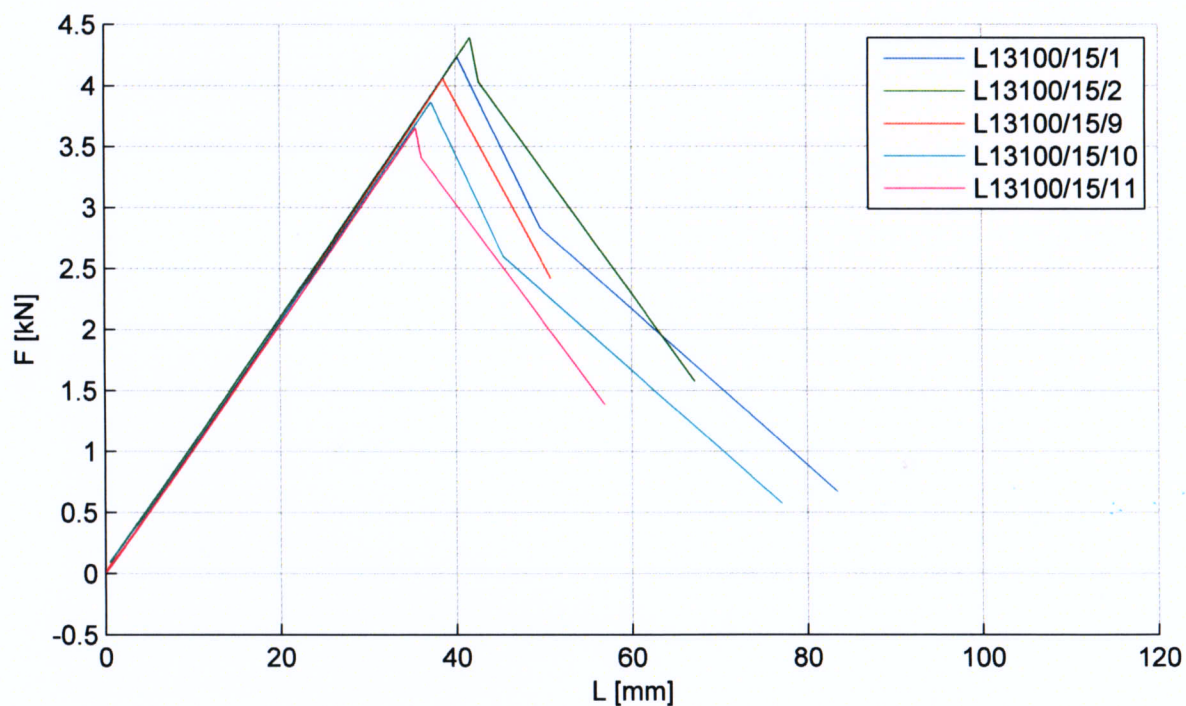
**Priloga 2/4**

Grafu Sila – upogib vzorcev stekla debeline 8 mm



Priloga: 1/1



**Priloga 3/4**Graf *Sila – upogib* vzorcev stekla debeline 10 mm

**Priloga 4/4**



*Slika 1: Način preskušanja upogibne trdnosti vzorcev stekla (foto arhiv ZAG št: 26963d-05)*

