



Univerzitet u beogradu

Šumarski fakultet

Tehnologije inženjerskih proizvodi od masivnog drveta

Student:

Aleksandar Milovanović

40/2016

Pregledao:

Doc. Aleksandar Lovrić

Datum: 4.29.2019.

Zadatak 1

- 1) Napraviti tabelarni pregled iskorišćenja sirovine po fazama rada i operacijama
- 2) Izračunati potrebne količine lamela i rezane građe za izradu uslovnog proizvoda

1. Stovarište oblovine



2. Izrada rezane građe



3. Sušenje



4. Izrada lamella



5. Dimenzionisanje lamella i izrada elemenata veze



6. Nanošenje lepka



7. Dužinsko i širinsko spajanje



8. Dimenzionisanje ploča



9. Brušenje ploča



10. Dorada i skladištenje

$$M_{tr} = br. indeksa * 10 \{m^3\}$$

$$M_{tr} = 400m^3$$

I.

Faza rada operacija	Otpada		Ostaje	
	%	m^3	%	m^3
Izrada rezane građe	31.3	125.2	68.7	274.8
Sušenje	9	36	59.7	238.8
Izrada lamella	34.99	139.96	24.71	98.84
Izrada ploča	9.64	38.56	15.07	60.28
Ukupno	84.94	339.72	15.07	60.28
Učešće dužinskih ploča	Oko 4%=16 m^3			
Sveukupno	80.93	323.72	19.07	76.28

II.

Dužine lamella	Lamela 85mm (širina)			Lamela 120mm (širina)			Dimenzije ploča
	R.br.	%	m^3	R.br,	%	m^3	L/B/D mm
750		1.87	4.466		2.45	5.851	700/700/25
850		3.25	7.761		1.59	3.797	800/800/25
950		3.16	7.546		2.36	5.636	900/900/25
1000		4.5	10.746		4.37	10.436	950/950/25
1150		0.26	0.621		0.99	2.364	1100/450/25
1250		3.99	9.528		4.89	11.677	1200/700/25
1550		3.05	7.283		3.89	9.289	1500/760/25
1850		0.27	0.645	■	0.49	1.17012	1800/950/25

III. Potreban broj lamela za izradu ploče

$$N_{lam} = \frac{\text{širina ploče}}{\text{širina lamele}} \quad V_{lam} = L_{lam} * B_{lam} * D_{lam} * N_{lam} (m^3) \quad \text{Debljina lamela 32mm}$$

$$N_{lam} = \frac{0.95}{0.12} = 7.916 \approx 8$$

$$V_{lam} = 0.12 * 1.85 * 0.032 * 8 = 0.056832 m^3$$

IV. Proračun broja ploča koje se mogu dobiti iz rezane građe

$$N_p = \frac{M_{lam}}{V_{lam}} = \frac{1.17012}{0.056832} = 20.589 \approx 20$$

Tehnologija izrade daščanih ploča

Vezba:

II.

Strana:

3.

Zadatak 2

1. Izračunati potrošnju lamela za izradu $1m^3$ gotovih ploča.
2. Napraviti proračun

Dimenzije ploča L/B/D	Tip lamele	Broj lamella u 1 ploči	V ploče (m^3)	Broj ploča u $1m^3$
700/700/25	Lamele 85mm	9	0.01225	82
	Lamele 120mm	6		
800/800/25	Lamele 85mm	10	0.016	63
	Lamele 120mm	7		
900/900/25	Lamele 85mm	11	0.02025	50
	Lamele 120mm	8		
950/950/25	Lamele 85mm	12	0.0225625	45
	Lamele 120mm	8		
1100/450/25	Lamele 85mm	6	0.012375	81
	Lamele 120mm	4		
1200/700/25	Lamele 85mm	9	0.021	48
	Lamele 120mm	6		
1500/760/25	Lamele 85mm	9	0.0285	36
	Lamele 120mm	7		
1800/950/25	Lamele 85mm	12	0.04275	25
	Lamele 120mm	8		

Dimenzije ploča L/B/D	Tip lamele	Broj sljubnica u 1 ploči	Broj sljubnica u 100 ploča	Broj sljubnica u $1m^3$ ploča
700/700/25	Lamele 85mm	8	800	656
	Lamele 120mm	5	500	410
800/800/25	Lamele 85mm	9	900	567
	Lamele 120mm	6	600	378
900/900/25	Lamele 85mm	10	1000	500
	Lamele 120mm	7	700	350
950/950/25	Lamele 85mm	11	1100	495
	Lamele 120mm	8	800	360
1100/450/25	Lamele 85mm	5	500	405
	Lamele 120mm	3	300	243
1200/700/25	Lamele 85mm	8	800	384
	Lamele 120mm	5	500	240
1500/760/25	Lamele 85mm	8	800	288
	Lamele 120mm	6	600	216
1800/950/25	Lamele 85mm	11	1100	264
	Lamele 120mm	7	700	168

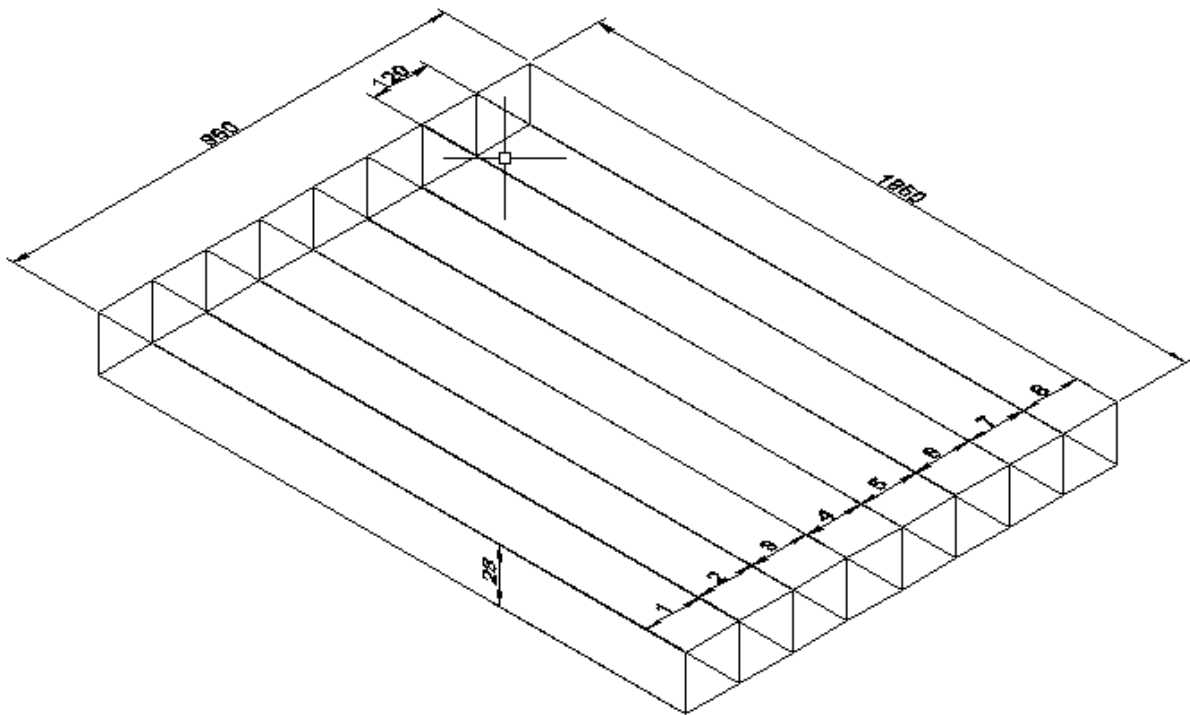
Potrošnja lepka- $250g/m^2$

Debljina lamele 28mm

Površina lepljenja = Dužina lamele x Broj sljubnica x Debljina lamele

$$1.85 * 0.028 * 7 = 0.3625m^2$$

Potrošnja lepka	Za 1 ploču	Za 100 ploča	Za $1m^3$ ploča
Kg	0.091	9.0625	2.1756



Vatrootpornost krovnih nosača

Vezba:

III.

Strana:

5.

Ulazni podaci: r. br. 7

Dimenzije lamella: 3,4x14cm
0,034x0,14m

Dimenzije nosaca: 0,5x0,5x5m

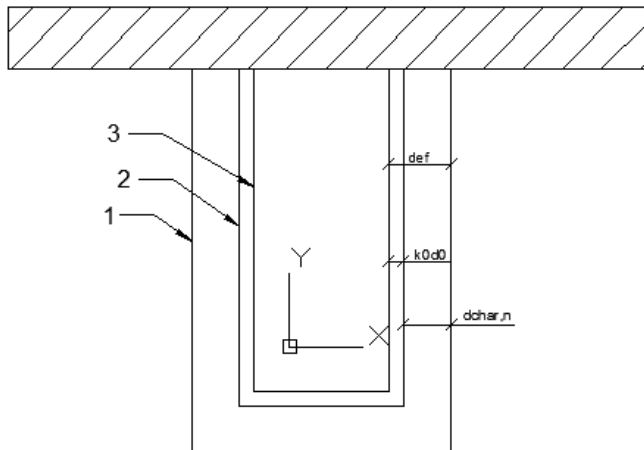
Broj i zapremina lamela	Uslov za krovni nosac	
Broj lamela	Po visini	15
	Po širini	4
Ukupna zapremina lamela	1.428	

$$\frac{0.5}{0.034} = 14.7 \text{ komada}$$

$$\frac{0.5}{0.14} = 3.57 \text{ komada}$$

zapremina jedne letvice:

$$0.034 * 0.14 * 5m = 0.0238m^3$$



$$d_{char,n} = \beta_n * t$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

$d_{char,n}$ - Proracunska debljina gareža

β_n - Brzina ugljenisanja 0,7 mm/min

Vreme	k_0
$t < 20min$	$t/20$
$t \geq 20min$	1

- 1-Početna površina elementa
- 2-Granica preostalog poprečnog preseka
- 3-Granica proračunskog poprečnog preseka

$$t = 15min$$

$$d_{char,n} = 0.7 * 15$$

$$k_0 d_0 = 2,1mm * 0.75$$

$$d_{char,n} = 10.5 mm = 0.0105m$$

$$k_0 d_0 = 1.575mm$$

$$d_0 = 20\% d_{char,n} = 0.2 *$$

$$k_0 d_0 = 0.001575m$$

Nove dimezije nosača: 0.512075x0.52415x5m

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

$$d_{ef} = 0,0105 + 0,001575$$

$$d_{ef} = 0,012075$$

$$\frac{0.5121}{0.034} = 15.06 \approx 15$$

$$\frac{0.52415}{0.14} = 3,74 \approx 4$$

Broj i zapremina lamela	Br lamela po nosaču	
Broj lamela	Po visini	15.06 ≈ 15
	Po širini	4
Ukupna zapremina lamela	1.428	

$$V = 0.0238m^3 * 15 * 4 = 1.428$$

zapremina jedne letvice:

$$0.034 * 0.14 * 5m = 0.0238m^3$$

Vatrootpornost krovnih nosača

Vezba:

III.

Strana:

6.

$$t = 30min$$

$$d_{char,n} = 0.7 * 30$$

$$k_0 d_0 = 4,2mm * 1$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

$$d_{char,n} = 21mm = 0.021m$$

$$k_0 d_0 = 4,2mm$$

$$d_{ef} = 0.021 + 0.0042$$

$$k_0 d_0 = 0.0042m$$

$$d_{ef} = 0.0252m$$

Nove dimezije nosača: 0.512075x0.52415x5m

Broj i zapremina lamela		Br lamela po nosaču
Broj lamela	Po visini	15.45 ≈ 16
	Po širini	4
Ukupna zapremina lamela		1.5232

$$\frac{0.5252}{0.034} = 15.45 \approx 16$$

$$\frac{0.5504}{0.14} = 3,93 \approx 4$$

$$V = 0,0238m^3 * 16 * 4 = 1.5232$$

$$0,034 * 0,14 * 5m = 0,0238m^3$$

zapremina jedne letvice:

$$t = 60min$$

$$d_{char,n} = 0.7 * 60$$

$$k_0 d_0 = 8,4mm * 1$$

$$0,034 * 0,14 * 5m = 0,0238m^3$$

$$d_{char,n} = 42mm = 0.042m$$

$$k_0 d_0 = 8,4mm$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

$$k_0 d_0 = 0.0084m$$

$$d_{ef} = 0.042 + 0.0084$$

$$d_{ef} = 0.0504m$$

Nove dimezije nosača: 0.512075x0.52415x5m

Broj i zapremina lamela		Br lamela po nosaču
Broj lamela	Po visini	16,2 ≈ 17
	Po širini	4,3 ≈ 5
Ukupna zapremina lamela		2,023

$$\frac{0.5504}{0.034} = 16,2 \approx 17$$

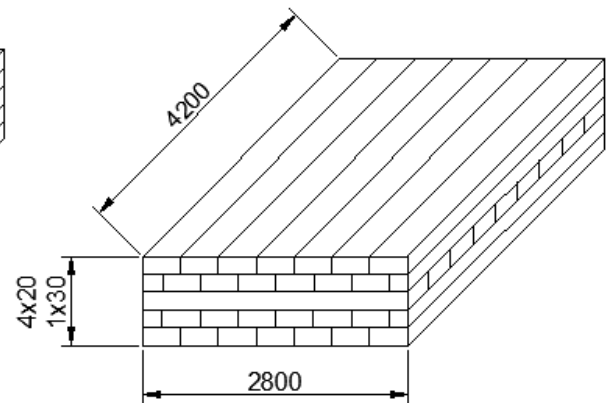
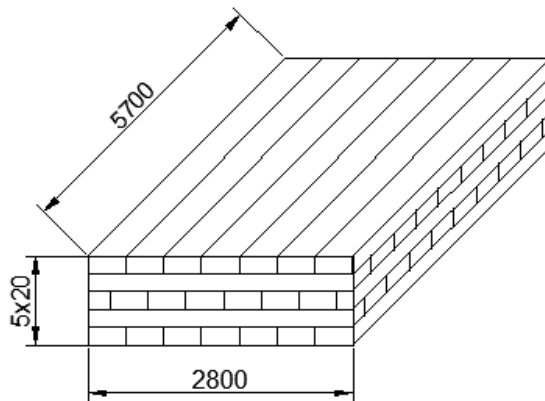
$$\frac{0.5504}{0.14} = 4,3 \approx 5$$

$$V = 0,0238m^3 * 17 * 5 = 2,023m^3$$

Tehnologija izrade CLT ploča

- I. Izračunati potreban broj i zapreminu dasaka za izradu CLT ploča
- II. Napraviti proračun potrošnje lepka za izabrani uslovni proizvod
 Najčešće debljine dasaka: 20,30,40mm
 Najčešće širine dasaka: 100,120,150mm
 Preporučeni odnos širine i debljine: $\bar{s} \geq 4 \times D$ (standard 150x30mm)

- I. Izračunati potreban broj i zapreminu dasaka za izradu CLT ploča
 Raspoložive širine dasaka: 110,120,130,140



Odnos širine(dužine) ploče i širine daske:

	Prva CLT ploca		Druga CLT ploca	
mm	5.7m	(2.8)m	4.2m	(2.8)m
110	51.818	25.455	38.182	25.455
120	47.500	23.333	35.000	23.333
130	43.846	21.538	32.308	21.538
140	40.714	20.00	30.00	20.00

- 140mm × 20mm → 20 kom × 3
- 130mm × 20mm → 44 kom × 2
- 140mm × 20mm → 20 kom × 4
- 140mm × 30mm → 30 kom × 1

Tehnologija izrade CLT ploča

Vezba:

IV.

Strana:

8.

dimenzije daske m3	Prva ploča		Druga ploča	
	uzdužne	poprečne	uzdužne	poprečne
širina	0.14	0.13	0.14	0.14
dužina	5.7	2.8	4.2	2.8
debljina	0.02	0.02	0.02	0.03
br. komada	20	44	20	30
Zarpemina sloja (m^3)	0.3192	0.32032	0.2352	0.3528
broj slojeva	3	2	4	1
Zepremina ploče (m^3)	0.9576	0.64064	0.9408	0.3528

Broj i zapremina dasaka		ploča I	ploča II
Broj uzdužnih dasaka	u sloju	20	20
	u ploči	60	80
Broj poprečnih dasaka	u sloju	44	30
	u ploči	88	30
Zapremina uzdužnih dasaka m3	u sloju	0.3192	0.2352
	u ploči	0.9576	0.9408
Zapremina poprečnih dasaka m3	u sloju	0.32032	0.3528
	u ploči	0.64064	0.3528

potrosnja lepka 220 g/m2

Potrošnja lepka (kg)		ploča I	ploča II
Broj uzdužnih sljubnica	u sloju	19	19
	u ploči	57	76
Broj poprečnih sljubnica	u sloju	43	29
	u ploči	86	29
ako se slepljuju samo slojevi dasaka		14.045	10.349
ako se međusobno slepljuju i slojevi i uzdužne daske		15.47436	11.7533
ako se međusobno slepljuju i slojevi i uzdužne i poprečne daske		16.53388	12.2892

- 1) Razlika između SRPS i EN standarda kod furnirskih ploča
- 2) Izračunati smicajne čvrstoće u sloju lepka kod daščanih (stolarskih) ploča

SRPS STANDARD

$$f_s = \frac{2F}{b * l * (n - 1)} \text{ (MPa)}$$

b – širina uzorka 25mm

$l = 10 * \sigma$ - dužina ispitivanja (razmak rezova),

δ – prosečna debljina lista furnira

n – broj slojeva

TP 20 – za enterijer – 24h u vodi na 20 °C

TP 67 – nadkriveni eksterijer – 3h u vodi na 67°C, 2h u vodi na 20°C

TP 100 – eksterijer – 6h u vodi na 100°C, 2h u vodi na 20°C

TP 100T – 4h u vodi na 100°C, 16-20h sušenje na 60°C,
4h u vodi na 100°C, 2-3h u vodi na 20°C

Uslovi za prolaz ispitivanja:

- Tvrdi lišćari 1,2MPa
- Meki lišćari 1 MPa
- Četinari i egzote 0,8MPa

EN STANDARD

$b_1 = (25 \pm 0,5)$ mm

$b_2 = (2,5 - 4)$ mm

$L_1 = (25 \pm 0,5)$ mm

$L_2 = 50$ mm

$$f_s = \frac{F}{b_1 * l_1} \text{ (MPa)}$$

Klasa 1 – enterijer - 24h u vodi na 20°C

Klasa 2 – nadkriveni eksterijer - 6h u vodi na 100°C, 1h u vodi na 20°C

Klasa 3 – eksterijer - 4h u vodi na 100°C, 16-20h sušenja na 60°C,
4h u vodi na 100°C, 1h na 20°C

Srednja smicajna čvrstoća N/mm^2	Procenat učešća zone drveta u sloju lepka%
$0,2 \leq f_v < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq f_v < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq f_v < 1,0$	≥ 40
$1,0 \leq f_v$	No requirements

Ispitivanje čvrstoće u sloju lepka

Vezba:

V.

Strana:

10.

REDNI BROJ: 16. F = 820N,
konstrukcija ploče: 2, 2.5, 3.2, 3.2, 3.2, 2.5, 2

SRPS D.A8.067.

- 1) Ako je u pitanju bukova furnirska ploča, da li su zadovoljeni kriterijumi standarda?
- 2) Koliko treba da budu min.prosečne sile smicanja da bi ploča zadovoljila zahteve ispitivanja za tvrde lišćare, meke lišćare I za četinare.

Parovi linija lepljenja		Br.uzoraka za ispitivanje									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	sila N	500	450	600	460	600	630	720	800	500	460
	W (%)	60	30	80	50	40	80	70	70	80	30
2	sila N	600	610	620	605	520	580	530	670	700	520
	W (%)	50	80	60	60	50	50	40	50	60	70
3	sila N	800	730	720	650	790	830	600	820	760	795
	W (%)	30	20	20	50	40	30	60	50	50	60

L = 25mm, B = 25mm

- 1) prosek F = 572N, W = 59%
- 2) prosek F = 595,5N, W = 57%
- 3) prosek F = 749,5N, W = 41%

EN 314

- 1) Da li su zadovoljeni kriterijumi standarda EN 314?
- 2) Ako se posle odg.predtretmana prosečne sile loma po linijama leplejnja smanje 20%, a učešće loma u zoni drveta za 30%, da li su tada zadovoljeni kriterijumi standard EN 314?

I – SRPS D.A8.067 STANDARD

1) $F=820N$

$$f_s = \frac{2F}{b \cdot l \cdot (n-1)} = \frac{2 \cdot 820}{25 \cdot 26.57 \cdot (7-1)} = 0.4115 \text{ MPa}$$

$$l = 10 \cdot \delta = 10 \cdot 2.657 = 26.57 \text{ mm}$$

Nisu zadovoljeni kriterijumi standarda.

2) $f_s = 1,2 \text{ Mpa}$ – tvrdi lišćar

$$F_{1,2} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1.2 \cdot 25 \cdot 26.57 \cdot (7-1)}{2} = 2391.4286 \text{ N}$$

$f_s = 1 \text{ Mpa}$ – meki lišćar

$$F_1 = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 26.57 \cdot (7-1)}{2} = 1992.8571 \text{ N}$$

$f_s = 0,8 \text{ Mpa}$ – četinari i egzote

$$F_{0,8} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{0,8 \cdot 25 \cdot 26.57 \cdot (7-1)}{2} = 1594.2857 \text{ N}$$

II – EN 341 STANDARD

1) $f_s = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{820}{625} = 1.312 \text{ MPa}$

$$f_{S1} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{572}{625} = 0,9152 \text{ MPa} \quad W = 59\% \quad \text{ISPUNJAVA}$$

$$f_{S2} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{595,5}{625} = 0,9528 \text{ MPa} \quad W = 57\% \quad \text{ISPUNJAVA}$$

$$f_{S3} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{749,5}{625} = 1,199 \text{ MPa} \quad W = 41\% \quad \text{ISPUNJAVA}$$

2) $F' = F \cdot 0,8 = 572 \cdot 0,8 = 457,6 \text{ N}$

$$f_{S1} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{457,6}{625} = 0,732 \text{ MPa}, \quad W' = W \cdot 0,7 = 59 \cdot 0,7 = 41,3\% \quad \text{ISPUNJAVA}$$

$F' = F \cdot 0,8 = 595,5 \cdot 0,8 = 476,4 \text{ N}$

$$f_{S2} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{476,4}{625} = 0,762 \text{ MPa}, \quad W' = W \cdot 0,7 = 57 \cdot 0,7 = 39,9\% \quad \text{NE ISPUNJAVA}$$

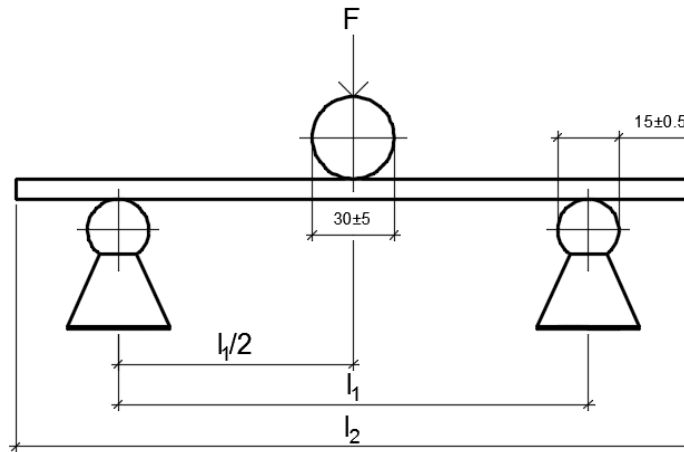
$F' = F \cdot 0,8 = 749,5 \cdot 0,8 = 599,6 \text{ N}$

$$f_{S3} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{599,6}{625} = 0,959 \text{ MPa}, \quad W' = W \cdot 0,7 = 41 \cdot 0,7 = 28,7\% \quad \text{NE ISPUNJAVA}$$

REDNI BROJ 15

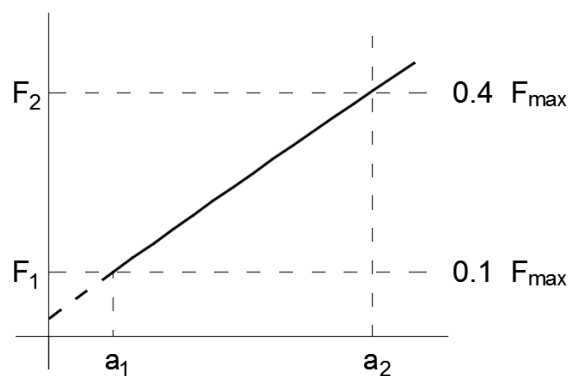
1) Razlika između EN standarda 310 i 789.

EN 310 STANDARD – ispitivanje strukturnih ploča

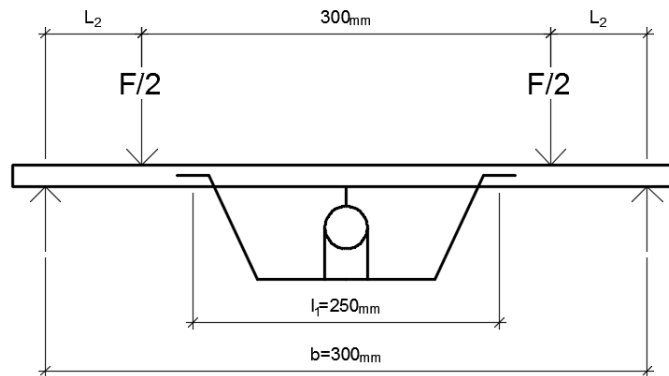


1-epruveta za ispitivanje $B=50\text{mm}$
 F-silapritiska $l_2\text{min}=150\text{mm}$
 t-debljina epruvete $l_2\text{max}=1050\text{mm}$
 $l_1=20t$ (mm)
 $l_2= l_1+50$ (mm)

$$f_s = \frac{3F_{\max} * l_1}{2 * b * t^2} \text{ (MPa)} E_m = \frac{M^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * t^3 * (a_1 - a_2)} \text{ (Mpa)}$$



EN 789 STANDARD – ispitivanje strukturalnih ploča



$$L_2 = 16t$$

min 240, max 400

$$L_1 = 250$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{F_{max} * l_2}{2 * \frac{b * t^2}{6}} \text{ (Mpa)} \quad E_m = \frac{l_1^2 * l_2 * (F_2 - F_1)}{16 * \frac{b * t^3}{12} * (a_2 - a_1)} \text{ (MPa)}$$

REDNI BROJ SA SPISKA 1

d (mm)	Fmax	F ₂	F ₁	a ₁	a ₂
19	820N	40%	10%	28	24

B – PRORAČUN

- 1) Izračunati dimenzije uzoraka za ispitivanje savojne čvrstoće po EN 310 i EN 789 standarda, ako se ispituju ploče sledećih debljina: 4mm, 20mm i 60mm
- 2) Za izabrane vrednosti debljine ploče, sile loma i ugiba uzoraka, izračunati savojnu čvrstoću i modulelastičnosti prisavijanju. Proračun uraditi i za EN 310 i EN 789, a kod EN 789 uzeti da je sila loma (Fmax) 10 puta veća od zadate u tabeli.

1.

EN 310

- $t=4\text{mm}$ $l_2=l_1+50=130 < l_{2\text{min}}$
 $l_1=20xt=80\text{mm}$ $l_2=150\text{mm}$
 $b=50\text{mm}$
- $t=20\text{mm}$ $l_2=l_1+50=450$
 $l_1=20xt=400\text{mm}$ $l_2=450\text{mm}$
 $b=50\text{mm}$
- $t=60\text{mm}$ $l_2=l_1+50=1250 > l_{2\text{max}}$
 $l_1=20xt=1200\text{mm}$ $l_2=1050\text{mm}$
 $b=50\text{mm}$

Redni broj 16

 $d=19\text{mm}$ $F=820\text{N}$ $F_2=40\%F=328$ $F_1=10\%F=82$ $a_1=28$ $a_2=24$

EN 789

- $t=4$
 $L_2=16xt=64 < 240$
 $L=2xL_2+300+50=830$
- $t=20$
 $L_2=16xt=320$
 $L=2xL_2+300+50=990$
- $t=60$
 $L_2=16xt=960 > 400$
 $L=2xL_2+300+50=1150$

2.

I. EN 310

 $t=19\text{mm}$
 $l_1=20xt=380\text{mm}$
 $l_2=l_1+50=420$
 $F_2=0.4 \times 820=328$
 $F_1=0.1 \times 820$

$$f_s = \frac{3 \times F_{\text{max}} \times l_1}{2 \times b \times t^2} = \frac{3 \times 820 \times 380}{2 \times 50 \times 19^2} = 25.895\text{MPa}$$

$$E_m = \frac{l_1^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_1 - a_2)} = \frac{380^3 \times (328 - 82)}{4 \times 50 \times 19^3 \times (28 - 24)} = 2460\text{Mpa}$$

 II. $L=2xL_2+300+50=958$
 $L_2=16xt=304$
 $t=19$

$$f_s = \frac{F_{\text{max}} \times l_2}{2 \times \frac{b \times t^2}{6}} = \frac{820 \times 304}{2 \times \frac{300 \times 19^2}{6}} = 69\text{MPa}$$

$$E_m = \frac{l_1^2 \times l_2 \times (F_2 - F_1)}{16 \times \frac{b \times t^3}{12} \times (a_1 - a_2)} = \frac{250^2 \times 304 \times (3280 - 820)}{16 \times \frac{300 \times 19^3}{12} \times (28 - 24)} = 4259\text{Mpa}$$