

**ŠUMARSKI FAKULTET**  
**KATEDRA PRIMARNE PRERADE DRVETA**

---

**ELABORAT IZ**  
**TEHNOLOGIJA INŽENJERSKIH**  
**PROIZVODA OD MASIVNOG**  
**DRVETA**

**2019/2020.**

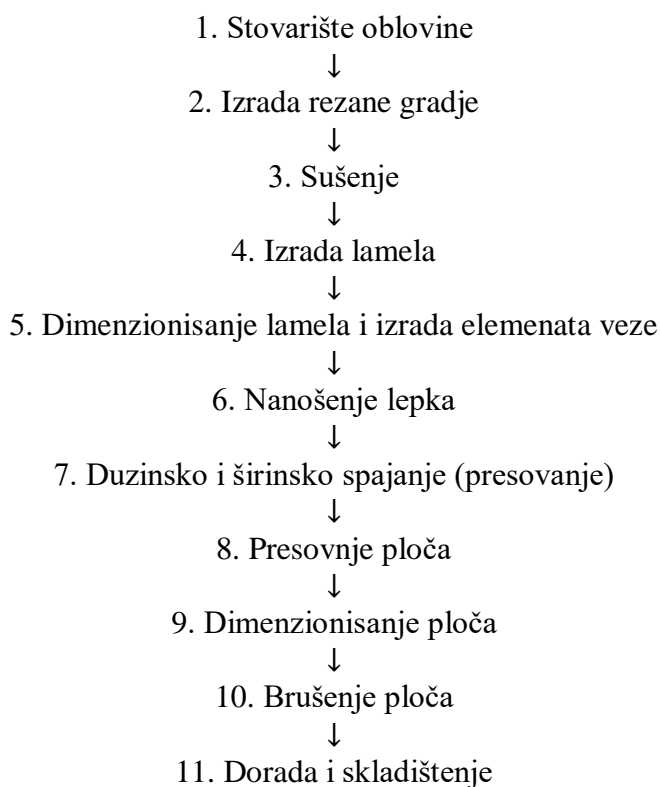
**Student:**

**Rade Vuković 13/2016**

**Overio:**

---

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



$$M = br. indexa \cdot 10 \dots [m^3]$$

$$M = 13 \cdot 10 \Rightarrow M = 130 m^3$$

Faza rada - operacije	OTPADA		OSTAJE	
	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>
Izrada rezane gradje	31,3	40,69	68,7	89,31
Sušenje	9	11,7	59,7	77,61
Izrada lamela	34,99	45,487	24,71	32,123
Izrada ploča	9,64	12,532	15,07	19,591
Ukupno	84,93	110,409	15,07	19,591
Učesce duzinskih ploča	Oko 4 % = 5,2 m <sup>3</sup>			
Sve ukupno	80,93	1505,209	19,07	24,791

Dužina lamela (mm)	LAMELA 85 mm Širina			LAMELA 120 Širina			Dimenzije ploče L/B/D
	R. B.	%	m <sup>3</sup>	R.B.	%	m <sup>3</sup>	
750	1,17	1,87	1,451	9,25	2,45	1,901	700/700/25
850	2,18	3,25	2,522	10,26	1,59	1,233	800/800/25
950	3,19	3,16	2,452	11,27	2,36	1,831	900/900/25
1000	4,20	4,50	3,492	12,28	4,37	3,391	950/950/25
1150	5,21	0,26	0,201	13,29	0,99	0,768	1100/450/25
<b>1250</b>	<b>6,22</b>	<b>3,99</b>	<b>3,096</b>	<b>14,30</b>	<b>4,89</b>	<b>3,795</b>	<b>1200/700/25</b>
1550	7,23	3,05	2,367	15,31	3,89	3,019	1500/760/25
1850	8,24	0,27	0,209	16,32	0,49	0,380	1800/950/25

- 2) Proračun potrebnog broja i količine lamela za izradu jedne ploče (Debljina lamele 32mm)

$$N_{lam} = \frac{\text{širina ploče}}{\text{širina lamele}}$$

$$V_{lam} = L_{lam} * B_{lam} * D_{lam} * N_{lam} \text{ (m}^3\text{)}$$

$N_{lam}$  – broj lamela

$L_{lam}$  – dužina lamele

$B_{lam}$  – širina lamele

$D_{lam}$  – debljina lamele

$V_{lam}$  – zapremina lamela

$$N_{lam} = \frac{700}{85} = 9 \text{ lamela}$$

$$V_{lam} = 1,25 * 0,085 * 0,032 * 9 = 0,0306 \text{ m}^3$$

- 3) Proračun broja ploča koje se mogu dobiti iz rezane građe.

$$N_p = \frac{M_{lam}}{V_{lam}}$$

$N_p$ - broj ploča

$M_{lam}$ - količina lamela

$V_{lam}$  – zapremina lamela

$$N_p = \frac{3,096}{0,0306} = 101 \text{ ploča}$$

Datum

Radio

Datum

Overio

Rade Vuković 13/2016

- 1) Napraviti proračun potrošnje lepka za izabrani uslovni proizvod.
- 2) Izračunati potrebnu vreme presovanja za izradu uslovnog proizvoda.

Dimenzije ploče L/B/D	Tip lamelle	Broj lamela u jednoj ploči	V ploče	Broj ploča u m <sup>3</sup>
700/700/25	85	9	0,01225	82
	120	6		
800/800/25	85	10	0,016	63
	120	7		
900/900/25	85	11	0,0205	49
	120	8		
950/950/25	85	12	0,0225	45
	120	8		
1100/450/25	85	6	0,0123	81
	120	4		
1200/700/25	85	9	0,021	48
	120	6		
1500/760/25	85	9	0,0285	36
	120	7		
1800/950/25	85	12	0,0427	24
	120	8		

Dimenzije ploče L/B/D	Dimenzije lamela	Broj sljubnica u jednoj ploči	Broj sljubnica u 100 ploča	Broj sljubnica u 1m <sup>3</sup>
700/700/25	750/85/32	8	800	656
	750/120/32	5	500	410
800/800/25	850/85/32	9	900	567
	850/120/32	6	600	378
900/900/25	950/85/32	10	1000	500
	950/120/32	7	700	350
950/950/25	1000/85/32	11	1100	495
	1000/120/32	7	700	315
1100/450/25	1150/85/32	5	500	410
	1150/120/32	3	300	246
1200/700/25	1250/85/32	8	800	384
	1250/120/32	5	500	240
1500/760/25	1550/85/32	8	800	288
	1550/120/32	6	600	216
1800/950/25	1850/85/32	11	1100	264
	1850/120/32	7	700	168

3) Proračun upotrebe količine lepka  
(debljina lamela 28mm)

Površina lepljenja=dužina lamela \* debljina lamela \* broj sljubnica  
Potrošnja lepka 250 g/m<sup>2</sup>

$$P=1,250*0,028*8=0,28 \text{ m}^2$$

Potrošnja lepka	Za jednu ploču	Za 100 ploča	Za 1m <sup>3</sup> ploča
	0,07	7	3,36

Datum

Radio

Datum

Overio

Rade Vuković 13/2016

- 1) Izračunati potreban broj i zapreminu lamela za izradu lameliranog krovnog nosača
- 2) Proračun korigovati prema traženom zahtevu vatrootpornosti

R.B	Dimenzija lamela	Dimenzija nosača
1	3,2 x 12 cm	0,4 x 0,3x 5,5 m

Broj i zapremina lamela		Za uslovni krovni nosač
Broj lamela	Po visini	13
	Po širini	3
Ukupna zapremina lamela m <sup>3</sup>		0,823

Drvo I vatra

Legenda:

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

$$d_{ef} = d_{charin} + k_o \cdot d_o$$

$d_{charin}$  – proračunska debljina ugljensanjanja

$$d_{charin} = \beta \cdot t$$

$\beta$  – brzina ugljensanjanja 0,7 mm/min

$d_o$  – sloj nulte nosivosti

$d_o$  – 20% od  $d_{charin}$

Ukoliko	$k_o$
$t < 20$ min	$t/20$
$t \geq 20$ min	1,0

Izvršiti prepravku proračuna ako su krovni nosači izloženi požaru sa tri strane.

- a) 15 min
- b) 30 min
- c) 60 min

- a)  $d_{\text{charin}} = 0,7 \cdot 15 = 10,5 \text{ mm}$   
 $k_o = 0,75$   
 $d_o = 0,2 \cdot d_{\text{charin}} = 2,1 \text{ mm}$   
 $d_{\text{ef}} = 10,5 + 0,75 \cdot 2,1 = 12,075 \text{ mm}$   
 $B = 300 + 12,075 = 324,15 \text{ mm}$   
 $H = 400 + 12,075 = 412,075 \text{ mm}$

Broj i zapremina lamela		Za uslovni krovni nosač
Broj lamela	Po visini	13
	Po širini	3
Ukupna zapremina lamela m <sup>3</sup>		0,823

- b)  $d_{\text{charin}} = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ mm}$   
 $k_o = 1$   
 $d_o = 0,2 \cdot d_{\text{charin}} = 4,2 \text{ mm}$   
 $d_{\text{ef}} = 21 + 1 \cdot 4,2 = 25,2 \text{ mm}$   
 $B = 300 + 25,2 \cdot 2 = 350,4 \text{ mm}$   
 $H = 400 + 25,2 = 425,2 \text{ mm}$

Broj i zapremina lamela		Za uslovni krovni nosač
Broj lamela	Po visini	14
	Po širini	3
Ukupna zapremina lamela m <sup>3</sup>		0,887

- c)  $d_{\text{charin}} = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ mm}$   
 $k_o = 1$   
 $d_o = 0,2 \cdot d_{\text{charin}} = 8,4 \text{ mm}$   
 $d_{\text{ef}} = 42 + 1 \cdot 8,4 = 50,4 \text{ mm}$   
 $B = 300 + 50,4 \cdot 2 = 400,8 \text{ mm}$   
 $H = 400 + 50,4 = 450,4 \text{ mm}$

Broj i zapremina lamela		Za uslovni krovni nosač
Broj lamela	Po visini	15
	Po širini	4
Ukupna zapremina lamela m <sup>3</sup>		1,2672

Datum	Radio	Datum	Overio
	Rade Vuković 13/2016		

## A-Zadatak

- 2) Izračunati potreban broj i zapreminu dasaka za izradu CLT ploče
- 3) Napraviti proračun potrošnje lepka za izradu uslovnog proizvoda

## B-Polazni podaci

Najčešće debljine dasaka: 20; 30; 40 mm (6...45)

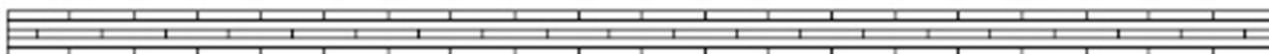
Najčešće širine dasaka: 100; 120; 150 mm (40...300)

Preporučeni odnos širine i debljine:  $\check{S} \geq 4 \cdot D$

Standard 150x30 mm

Raspoložive širine dasaka: 110; 120; 130; 140 mm

## CLT I



Konstrukcija	20-20-20-20-20
L x B (m)	5.5 x 3.0

## CLT II



Konstrukcija	20-20-30-20-20
L x B (m)	4.0x3.0

## C-Proračun

Broj i zapremina dasaka		CLT I	CLT II
Broj uzdužnih dasaka	U sloju	25 (120mm)	25 (120mm)
	U ploči	75	100
Broj poprečnih dasaka	U sloju	50 (110mm)	29 (140mm)
	U ploči	100	50
Zapremina uzdužnih dasaka (m <sup>3</sup> )	U sloju	0,33	0,24
	U ploči	0,99	0,96
Zapremina poprečnih dasaka (m <sup>3</sup> )	U sloju	0,33	0,2436
	U ploči	0,66	0,2436

Uzdužne :  $3/0,12=25$       Uzdužne :  $3/0,12=25$

Poprečne :  $5,5/0,11= 50$       Poprečne:  $4/0,14=28,57=29$



## Tehnologija izrade CLT ploče

Zadatak

4

List

2

Potrošnja lepka (Kg)		CLT I	CLT II
Broj uzdužnih sljubnica	U sloju	24	24
	U ploči	74	99
Broj poprečnih sljubnica	U sloju	49	28
	U ploči	98	28
1) Ako se slepljuju samo daske		14,52	10.56
2) Ako se međusobno slepljuju slojevi i uzdužne daske		16.2624	12.2496
3) Ako se međusobno slepljuju i slojevi i uzdužne i poprečne daske		17.4384	12.8656

Datum

Radio

Datum

Overio

Rade Vuković 13/2016

- 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),

$\delta$  – 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

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

$b_2 = (2,5 -4)\text{mm}$

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

$L_2 = 50\text{mm}$

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

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 %
$0,2 \leq f_v < 0,4$	$\geq 80$
$0,4 \leq f_v < 0,6$	$\geq 60$
$0,6 \leq f_v < 1,0$	$\geq 40$
$1,0 \leq f_v$	No requirements

REDNI BROJ: 1. F = 580

konstrukcija ploče: 1,5 - 3 - 3 - 3 - 3 - 3 - 1,5

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)  $F=580N$ 

$$f_s = \frac{2F}{b \cdot l \cdot (n-1)} = \frac{2 \cdot 580}{25 \cdot 25,71 \cdot (7-1)} = 0,30 \text{ MPa NE ISPUNJAVA}$$

$$l = 10 \cdot \delta = 10 \cdot 2,571 = 25,71$$

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

$$F_{1,2} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1,2 \cdot 25 \cdot 25,71 \cdot (7-1)}{2} = 2313,9 \text{ N}$$

 $f_s = 1 \text{ Mpa}$  – meki liščar

$$F_1 = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 25,71 \cdot (7-1)}{2} = 1928,25 \text{ N}$$

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

$$F_{0,8} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{0,8 \cdot 25 \cdot 25,71 \cdot (7-1)}{2} = 1542,6 \text{ N}$$

## II – EN 341 STANDARD

1)  $f_s = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{580}{625} = 0,928 \text{ MPa}$ 

$$f_{s1} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{572}{625} = 0,9152 \text{ MPa } W = 59\% \text{ ISPUNJAVA}$$

$$f_{s2} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{595,5}{625} = 0,9528 \text{ MPa } W = 57\% \text{ ISPUNJAVA}$$

$$f_{s3} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{749,5}{625} = 1,199 \text{ MPa } W = 41\% \text{ ISPUNJAVA}$$

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

$$f_{s1} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{457,6}{625} = 0,732 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 59 \cdot 0,7 = 41,3\% \text{ ISPUNJAVA}$$

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

$$f_{s2} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{476,4}{625} = 0,762 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 57 \cdot 0,7 = 39,9\% \text{ NE ISPUNJAVA}$$

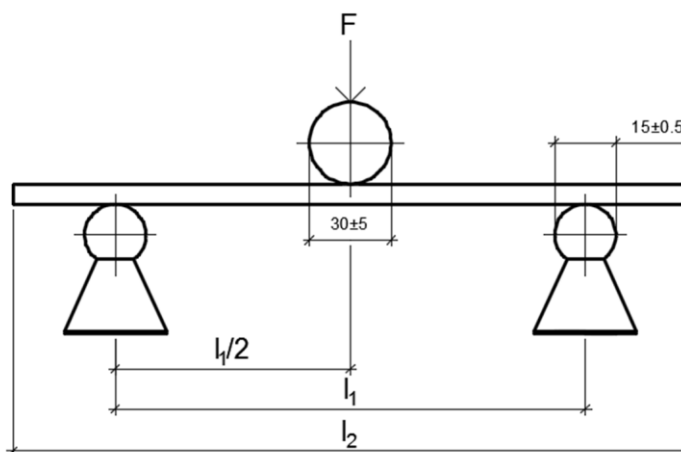
 $F' = F \cdot 0,8 = 749,5 \cdot 0,8 = 599,6 \text{ N}$ 

$$f_{s3} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{599,6}{625} = 0,959 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 41 \cdot 0,7 = 28,7\% \text{ NE ISPUNJAVA}$$

Datum	Radio	Datum	Overio
	Rade Vuković 13/2016		

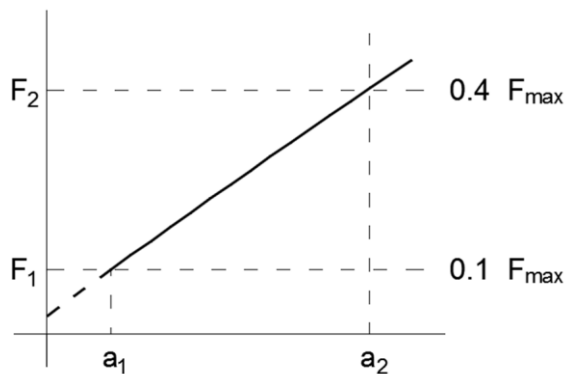
1) Razlika između EN standarda 310 i 789.

EN 310 STANDARD – ispitivanje strukturalnih ploča

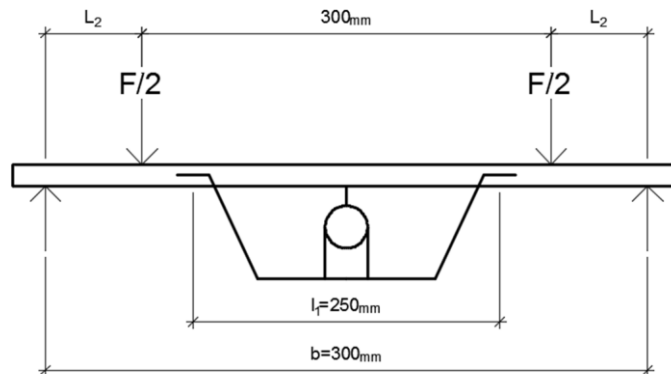


1-eproveta za ispitivanje  $B=50\text{mm}$   
 F-sila pritiska  $l_2\text{min}=150\text{mm}$   
 t-debljina epruvete  $l_2\text{max}=1050\text{mm}$   
 $l_1=20t$  (mm)  
 $l_2=l_1+50$  (mm)

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



## 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 <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
25	1050N	40%	10%	20	30

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 modul elastičnosti prisvajanju. 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.

**EN 310**

1)  $t = 4\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 4 = 80\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 80 + 50 = 130\text{mm} \Rightarrow 150\text{mm}$$

2)

$t = 20\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 20 = 400\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 400 + 50 = 450\text{mm}$$

3)  $t = 60\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 60 = 1200\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 1200 + 50 = 1250\text{mm} \Rightarrow 1050\text{mm}$$

**EN 789**

1)  $t = 4\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 4 = 64\text{mm} \Rightarrow 240\text{mm}$$

$$Luk = 2 l_2 + 300 + 50 = 830\text{mm}$$

2)  $t = 20\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 20 = 320\text{mm}$$

$$Luk = 2 l_2 + 300 + 50 = 990\text{mm}$$

3)  $t = 60\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 60 = 960\text{mm} \Rightarrow 400\text{mm}$$

$$Luk = 2 l_2 + 300 + 50 = 1150\text{mm}$$

**EN 310**

1)  $t = 25\text{mm}$

$F_{\text{max}} = 1050\text{N}$

$l_1 = 20 \cdot t = 20 \cdot 25 = 500\text{mm}$

$$f_s = \frac{3F_{\text{max}} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot t^2} = \frac{3 \cdot 1050 \cdot 500}{2 \cdot 50 \cdot 25^2} = 25.2 \text{ Mpa}$$

$$F_1 = 0,1 \cdot F_{\text{max}} = 105 \text{ N}$$

$$F_2 = 0,4 \cdot F_{\text{max}} = 420\text{N}$$

$$E_m = \frac{l_1^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 \cdot (a_1 - a_2)} = \frac{500^3 \cdot (420 - 105)}{4 \cdot 50 \cdot 25^3 \cdot (30 - 20)} = 1260 \text{ N/mm}^2$$

**EN 789**

2)  $t = 23 \text{ mm}$

$F_{\text{max}} = 1050\text{N}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$l_2 = 16 \cdot t = 16 \cdot 25 = 400\text{mm}$

$b = 300\text{mm}$

$$f_s = \frac{F_{\text{max}} \cdot l_2}{2 \cdot b \cdot t^2} = \frac{8100 \cdot 400}{2 \cdot \frac{300 \cdot 25^2}{6}} = 67.2 \text{ Mpa}$$

$$F_2 = 0,4 \cdot F_{\text{max}} = 4200\text{N}$$

$$F_1 = 0,1 \cdot F_{\text{max}} = 1050 \text{ N}$$

$$E_m = \frac{l_1^2 \cdot l_2 \cdot (F_2 - F_1)}{16 \cdot \frac{b \cdot t^3}{12} \cdot (a_2 - a_1)} = \frac{250^2 \cdot 400 \cdot (4200 - 1050)}{16 \cdot \frac{300 \cdot 25^3}{12} \cdot (30 - 20)} = 1260 \text{ N/mm}^2$$

Datum	Radio	Datum	Overio
	Rade Vuković 13/2016		