



## 5. Proračun posude za radni pritisak ( $p = 10,0/\text{vak bar}$ )

Redni broj	ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA	DIMENZIJE [mm]	Strana
1	Klasa posude	-	P-01
2	Cilindrični omotač posude	$\Phi 2600 \times 16,0$	P-02
3	Oslabljenje omotača na mestu priključka	$\Phi 508 \times 12,5$	P-04
4	Cilindrični omotač – spoljni pritisak	$\Phi 2600 \times 16,0$	P-07
5	Gornje ispušćeno dance posude	$\Phi 2600 \times 14,0$	P-09
6	Donje ispušćeno dance posude	$\Phi 2600 \times 14,0$	P-15
7	Prirubnica sa grlom za zavarivanje	$\Phi 670 \times 28,0$	P-21
8	Slepa prirubnica	$\Phi 670 \times 28,0$	P-25
9	Vijci otvora za kontrolu	M24 (20 kom.)	P-27
10	Opterećenje od uticaja vetra	-	P-30
11	Opterećenje od seizmičkih uticaja	-	P-33
12	Lokalni naponi na mestu oslanjanja	-	P-36

MAŠINSKI FAKULTET Beograd			Proračun prema <b>JUS M.E2.151/82</b>		P- 1
					T-2080
<b>pritisak</b>	<b>(bar)</b>	<b>bodovi</b>	<b>ODREDJIVANJE KLASSE POSUDE</b>		
nizak	< 4	0			
srednji	4÷25	1	a) Uticajni faktori		
visok	25÷80	2			Broj bodova
vrlo visok	80÷200	3	1. pritisak ..... $p = (10 / -1) / 6 \text{ bar}$		1
ultra visok	> 200	4	2. zapremina ..... $V = 28,0 / 0,078 \text{ m}^3$		2
<b>zapremina</b>	<b>(m³)</b>	<b>bodovi</b>	3. temperatura ..... $t < 120 / 120^\circ\text{C}$		0
mala	< 1,5	0	4. radna materija ..... $\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{H}_2\text{O}$		3
srednja	1,5÷15	1	5. akumulirana energija ..... $pV_g = / \text{bar} \cdot \text{m}^3$		0
velika	15÷150	2			
vrlo velika	> 150	3			
<b>akumulirana energija</b>	<b>(bar m³)</b>	<b>bodovi</b>	UKUPNO BODOVA:		6
vrlo mala	< 0,3	0			
mala	0,3÷4	1			
srednja	4÷80	2			
velika	80÷1600	3			
vrlo velika	1600÷31500	4			
ultra velika	> 31500	5	b) Lokacijski faktori		
<b>temperatura</b>	<b>(°C)</b>	<b>bodovi</b>	1. rizik za ljude		
vrlo niska	< -60	2	2. ekonomski rizik		
niska	-60÷0	1	3. ekološki rizik		
umerena	0÷120	0			
visoka	120÷400	1			
vrlo visoka	> 400	2	c) Na osnovu zbira bodova za opšte uticajne faktore		6
<b>delovanje radne materije na okolinu</b>		<b>bodovi</b>	i procene lokacijskih faktora određuje se projektna klasa posude pod pritiskom		III
neutralna (pH = 6÷8)		0			
agresivna		1			
zapaljiva		1÷3			
eksplozivna		2÷5			
otrovna		2÷5			
radioaktivna		2÷6			
moгуće kombinacije		2÷6			
<b>ODREDJIVANJE KLASSE POSUDE*</b>					
UKUPAN BR. BODOVA	KLASA*				
iznad 15	I				
iznad 10 do 15	II				
iznad 5 do 10	III (II,I)				
do 5	IV (III,II,I)				
*) u zavisnosti od lokacijskih faktora					

**CILINDRIČNI OMOTAČI**  
IZLOŽENI DEJSTVU UNUTRAŠNJEG PRITISKA

1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: **CILINDRIČNI OMOTAČ POSUDE**

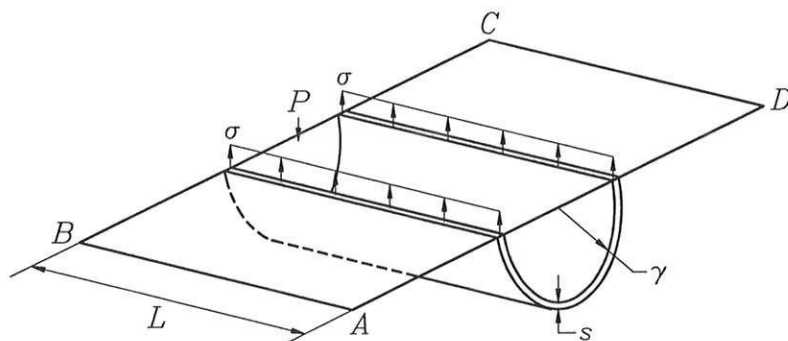
1.1. *Polazni i usvojeni podaci, oznake i geometrija*

$D_s = 2600,0$	mm	Spoljni prečnik cilindričnog omotača,
$s_e = 16,00$	mm	Izvedena debljina zida cilindričnog omotača,
$D_u = 2568,0$	mm	Unutrašnji prečnik cilindričnog omotača,
$p = 10,00$	bar	Proračunski pritisak,
$t = 120,0$	°C	Proračunska temperatura,
$K = 231,3$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala omotača na proračunskoj temperaturi
$S = 1,5$	-	Stepen sigurnosti materijala pri proračunskoj temperaturi,
$v = 0,80$	-	Koeficijent valjanosti zavarenog spoja (Sl. list SFRJ br.16/83)
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem
$p_i = 13,00$	bar	Ispitni pritisak,

1.2. *Uslovi pod kojima važi proračun:*

$$\frac{D_s}{D_u} < 1,2$$

$$\frac{2600,0}{2568,0} = 1,012 < 1,2$$

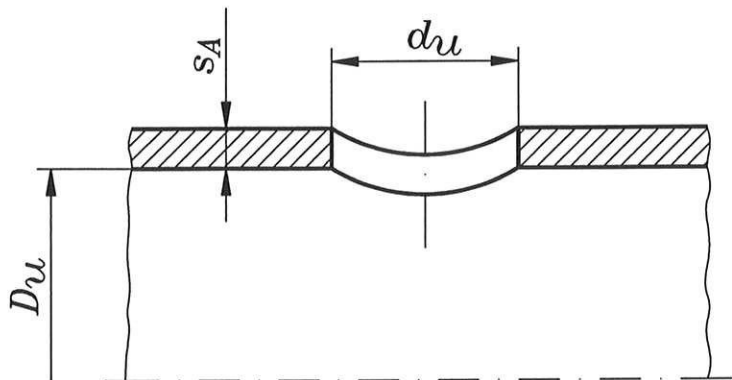


1.3. *Proračun minimalno potrebne debljine zida cilindričnog omotača izloženog unutrašnjem pritisku:*

$$s = \frac{p \cdot D_s}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$$

$$s = \frac{10,00 \cdot 2600,0}{20 \cdot 231,3 / 1,5 \cdot 0,8 + 10,00} + 0,50 + 3,0 = 13,99 \text{ mm}$$

$s = 13,99$	mm	Minimalna proračunska debljina omotača za $v = 0,80$
$s_e = 16,00$	mm	Minimalna izmerena ili usvojena debljina omotača

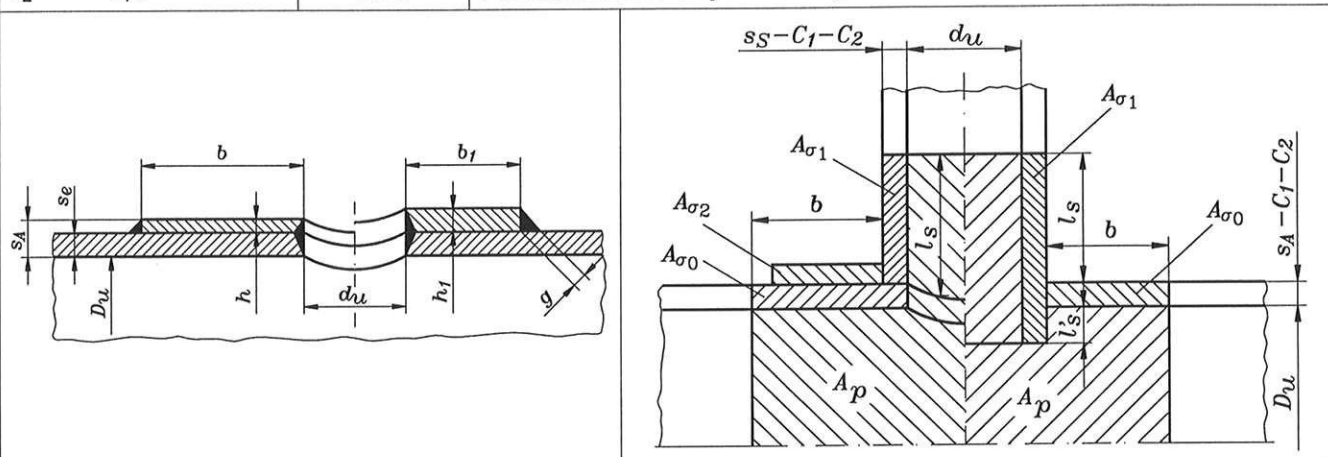
MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema JUS M.E2.256		P- 3 T-2080	
1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA:					
VELIČINA IZREZA NA CILINDRIČNOM OMOTAČU KOJI NIJE POTREBNO OJAČAVATI					
1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake					
v <sub>A</sub> = v = 0,80		-		Dozvoljeni koeficijent oslabljenja neojačanim izrezom na cilindričnom omotaču za izvedenu debljinu zida omotača,	
s <sub>A</sub> = s <sub>e</sub> = 16,00		mm		Izvedena debljina zida cilindričnog omotača (potrebna debljina zida cilindričnog omotača na mestu izreza).	
2. Proračun ojačavanja osnovnog tela cilindričnog omotača na mestu izreza:					
					
2.1. Oblast primene standarda:					
$0,002 < \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} < 0,1$				0,002 < 0,005 < 0,1	
2.2. Odredjivanje koeficijenta slabljenja zavarenog spoja za izvedenu debljinu zida cilindra:					
$v = \frac{D_s \cdot p - p \cdot (s_e - c_1 - c_2)}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot (s_e - c_1 - c_2)}$				v = 0,671	
Napomena: Izvan područja uticaja zavarenog spoja ( 3·s <sub>e</sub> , a najmanje 50 mm ), debljina zida suda je predimenzionisana za 1/v = 1,490 puta, pa za istu vrednost može da se oslabi izrezom. Kada se koeficijent slabljenja omotača usled izreza "v <sub>A</sub> " zameni vrednošću koeficijenta slabljenja u području zavarenog spoja "v" dobija se veličina otvora na omotaču koji nije potrebno ojačavati.					
2.3. Određivanje funkcije prečnika izreza prema dijagramu sa slike 7 standarda i najvećeg unutrašnjeg prečnika priključka na omotaču koji nije potrebno ojačavati (d <sub>umax</sub> )					
$\frac{d_{umax}}{\sqrt{(D_u + s_e - c_1 - c_2) \cdot (s_e - c_1 - c_2)}} = f\left(v; \frac{s_s - c_1 - c_2}{s_e - c_1 - c_2} = 0\right)$					
v = 0,671		-		Koeficijent oslabljenja za izvedenu debljinu zida suda	
f <sub>d</sub> = 0,97		mm		Funkcija prečnika izreza prema dijagramu na slici 7	
d <sub>umax</sub> = 174,34		mm		Max. vrednost izreza na omotaču koji nije potrebno ojačavati	



## 1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: IZREZI NA CILINDRIČNOM OMOTAČU POSUDE

## 1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake

$p = 10,00$	bar	Proračunski pritisak
$D_s = 2600,0$	mm	Spoljašnji prečnik suda
$s_e = 16,00$	mm	Debljina zida suda
$d_s = 508,00$	mm	Spoljašnji prečnik cevnog priključka
$s_s = 12,50$	mm	Debljina zida cevnog priključka
$K = 231,3$	N/mm <sup>2</sup>	Čvrstoća materijala zida suda
$K_1 = 231,3$	N/mm <sup>2</sup>	Čvrstoća materijala cevnog priključka
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida suda
$c_{1s} = 1,88$	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida priključka
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak na koroziju i habanje


2. Proračun oslabljenja izrezom zasnovan na ravnoteži između površine opterećene pritiskom ( $A_p$ ) i noseće površine poprečnog preseka ( $A_\sigma$ )

## 2.1. Redukovana debljina zida cevnog priključka

$$s_r = s_s \cdot \frac{K_1}{K}$$

$$s_r = 12,50 \text{ mm}$$

## 2.2. Samonoseća visina (visina zone uticaja) za cevni priključak

$$l_s = 1,25 \cdot \sqrt{(d_u + s_s - c_1 - c_2) \cdot (s_s - c_1 - c_2)}$$

$$l_s = 76,43 \text{ mm}$$

## 2.3. Samonoseća dužina (širina zone uticaja ojačanja) za cilindrični omotač

$$b = \sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}$$

$$b = 272,03 \text{ mm}$$

2.4. Odredjivanje površine opterećene pritiskom ( $A_p$ )

$$A_p = \left( b + s_s - c_1 - c_2 + \frac{d_u}{2} \right) \frac{D_u}{2} + (l_s + s_e - c_1 - c_2) \frac{d_u}{2}$$

$$A_p = 602867,0 \text{ mm}^2$$

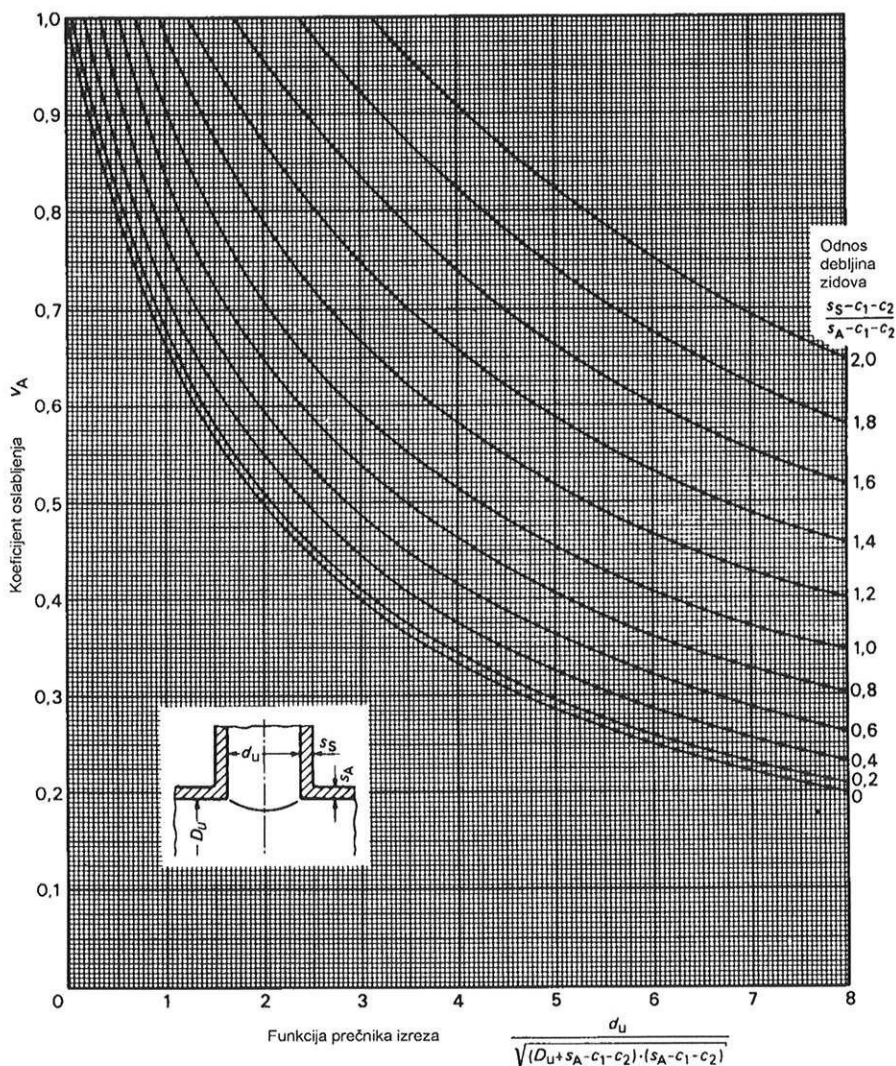
$$A_p = 602867,0$$

$$\text{mm}^2$$

Površina opterećena pritiskom

MAŠINSKI FAKULTET Beograd	Proračun prema JUS M.E2.256	P- 5
		T-2080
2.5. Odredjivanje ukupne noseće površine poprečnog preseka elemenata suda (Aσ)		
$A_{\sigma} = A_{\sigma 0} + A_{\sigma 1} + A_{\sigma 2}$		
2.5.1 Noseća površina poprečnog preseka zida suda (Aσ0)		
$A_{\sigma 0} = (s_e - c_1 - c_2) \cdot b$	Aσ0 = 2546,0 mm²	
2.5.2 Noseća površina poprečnog preseka ojačanja u obliku cevi (Aσ1)		
$A_{\sigma 1} = l_s \cdot s_r$	Aσ1 = 1250,0 mm²	
2.5.3 Noseća površina poprečnog preseka ojačanja u obliku ploče (Aσ2)		
$A_{\sigma 2} = b_l \cdot h$	Aσ2 = 1600,0 mm²	
2.5.4 Odredjivanje ukupne noseće površine poprečnog preseka elemenata suda (Aσ)		
$A_{\sigma} = A_{\sigma 0} + A_{\sigma 1} + A_{\sigma 2}$	Aσ = 5395,9 mm²	
2.6. Uslov čvrstoće		
$\left(\frac{K}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 0} + \left(\frac{K_l}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 1} + \left(\frac{K_2}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 2} \geq \frac{p}{10} \cdot A_p$	829471,1 > 602867,0	
3. Određivanje koeficijenta oslabljenja izrezom		
$v_a = f\left(\frac{d_u}{\sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}}; \frac{s_r - c_{1s} - c_{2s}}{s_a - c_1 - c_2}\right)$		
3.1. Određivanje odnosa debljine zidova		
$f_s = \frac{s_s - c_{1s} - c_{2s}}{s_A - c_1 - c_2}$	fs = 0,47	
3.2. Određivanje funkcije prečnika izreza		
$f_d = \frac{d_u}{\sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}}$	fd = 2,37	
3.3. Koeficijent oslabljenja izrezom		
$v_A = f(2,37; 0,47)$	vA = 0,52	

*Dijagram za određivanje koeficijenta oslabljenja izrezom za cilindrični omotač*



$v_A = 0,52$

- Koeficijent oslabljenja izrezom prema dijagramu

4. *Proračun debljine zida cilindričnog omotača*

4.1. Minimalna potrebna debljina zida cilindričnog omotača na mestu izreza:

$$s_A = \frac{D_s \cdot p}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v_A + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$$

$$s_A = \frac{10,00 \cdot 2600,0}{20 \cdot 231,3 / 1,5 \cdot 0,52 + 10,0} + 0,50 + 3,0 = 19,55 \text{ mm}$$

$s_A = 19,55$

mm

Minimalna potrebna debljina zida suda oko izreza

$s_{Ae} = 32,00$

mm

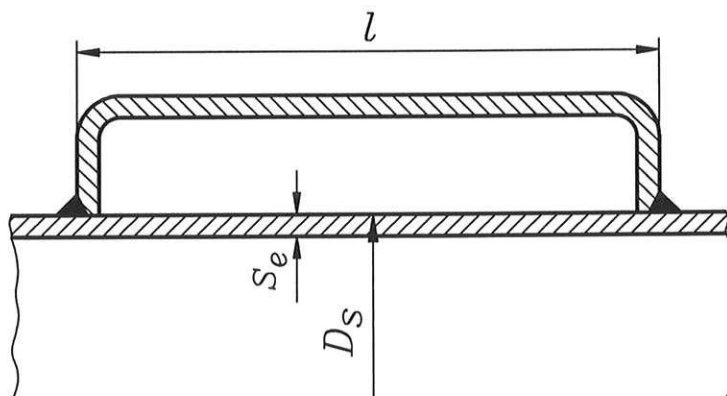
Usvojena ili izmerena debljina zida omotača na mestu izreza

**PRORAČUN CILINDRIČNOG OMOTAČA SUDA POD SPOLJNIM PRITISKOM**

**1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: CILINDRIČNI OMOTAČ BEZ POJAČANJA**

**1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake**

Č.1204	-	Oznaka kvaliteta materijala omotača
$D_s = 2600,0 > 200$	mm	Spoljni prečnik cilindričnog omotača
$s_e = 16,00$	mm	Izvedena debljina cilindričnog omotača
$t = 120,0$	°C	Proračunska temperatura
$p = 1,00$	bar	Proračunski pritisak
$K = 231,3$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća
$E = 199 \cdot 10^3$	N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti materijala na proračunskoj temperaturi
$l = 4700,0$	mm	Dužina omotača izložena spoljašnjem pritisku
$I_x = 0$	mm <sup>4</sup>	Proračunski moment inercije poprečnog preseka ojačanja u odnosu na njegovu težišnu osu x-x.
$A = 0$	mm <sup>2</sup>	Površina poprečnog preseka ojačanja
$\mu = 0,3$	-	Poasonov koeficijent
$u = 1,50$	%	Odstupanje od kružnog oblika
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem
$S_k = 3,0$	-	Stepen sigurnosti na elastično ulubljivanje
$S_{k1} = 1,6$	-	Stepen sigurnosti na plastične deformacije



**2.1. PRORAČUN OTPORNOSTI PREMA ELASTIČNOM ULUBLJENJU**

Z - pomoćna vrednost

$$Z = 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot D_s}{l}$$

$$Z = 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot 2600,0}{4700,0} = 0,9$$

n - broj talasa ulubljivanja po obimu omotača

$$n = 1,63 \sqrt[4]{\frac{D_s^3}{l^2 (s_e - c_1 - c_2)}}$$

$$n = 1,63 \sqrt[4]{\frac{2600,0^3}{4700,0^2 \cdot (16,00 - 3,0)}} = 4,6$$

$$n = 5,00$$

Vrednost za "n" je izabrana tako da se postigne najmanja vrednost za pritisak (p) i da se zadovolje uslovi:

n - ceo broj

$n \geq 2$

$n \geq Z$ ,  $5,00 > 0,9$

$p_e$  - minimalni pritisak pri kome nastaje elastično ulubljivanje

$$p_e = \frac{E}{S_k} \left\{ \frac{20}{(n^2 - 1) \left[ 1 + \left( \frac{n}{Z} \right)^2 \right]^2} \cdot \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} + \right. \\ \left. + \frac{80}{12(1 - \mu^2)} \left[ n^2 - 1 + \frac{2n^2 - 1 - \mu}{1 + \left( \frac{n}{Z} \right)^2} \right] \left[ \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} \right]^3 \right\}$$

$p_e = 1,60 \text{ bar}$

## 2.2 PRORAČUN OTPORNOSTI PREMA PLASTIČNIM DEFORMACIJAMA

$$Za \frac{D_s}{l} = \frac{2600,0}{4700,0} = 0,55 < 5$$

Pritisak na plastično ulubljivanje:

$$p_p = \frac{20 \cdot K}{S} \cdot \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} \cdot \frac{l}{1 + \frac{1,5 u (1 - 0,2 \frac{D_s}{l}) D_s}{100 (s_e - c_1 - c_2)}}$$

$p_p = 2,69 \text{ bar}$

## 2.3. MERODAVA VREDNOST PRITISKA

Merodavna je manja izračunata vrednost za "p" (prema tačkama 2.1. i 2.2.)

$p_m = 1,60 \text{ bar}$

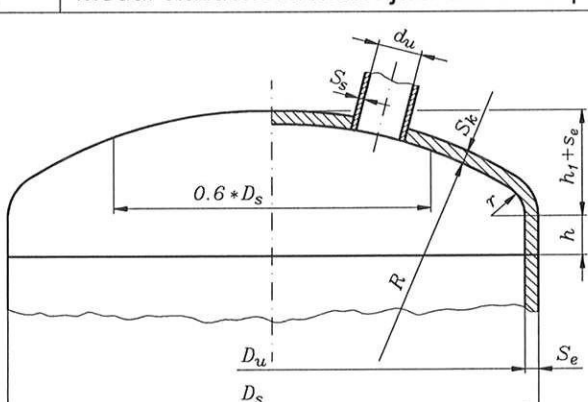
Merodavna vrednost pritiska

Izvedenom dužinom ulubljivanja  $l = 4700,0 \text{ mm}$  (dužina dvostrukog omotača) može se obezbediti stabilnost omotača na elastično ulubljivanje i plastične deformacije.

*Napomena:*

*Najmanja debljina zida bešavnih, zavarenih ili tvrdo lemljenih omotača je 3 mm.*



MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.252</b>		P- 9 T-2080
ISPUPČENO TORISFERIČNO DANCE DEJSTVO UNUTRAŠNJEG NATPRITISKA				
1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: TORISFERIČNO DANCE SUDA - GORNJE				
1.1. Polazni i usvojeni podaci, oznake i geometrija				
D <sub>s</sub> = 2600,0	mm	Spoljni prečnik ispupčenog torisferičnog danca suda,		
s <sub>e</sub> = 14,00	mm	Izvedena debljina zida ispupčenog danca suda,		
p = 10,00	bar	Proračunski pritisak,		
t = 120,0	°C	Proračunska temperatura,		
K = 236,7	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi,		
S = 1,5	-	Stepen sigurnosti materijala pri proračunskoj temperaturi,		
v = 1,0	-	Usvojeni koeficijent valjanosti zavarenog spoja		
c <sub>1</sub> = 0,50	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala		
c <sub>2</sub> = 3,0	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem		
d <sub>s</sub> = 508,00	mm	Spoljni prečnik najvećeg izreza na dancu		
s <sub>s</sub> = 12,50	mm	Izvedena debljina cevnog priključka		
R = 2080,0	mm	Unutrašnji poluprečnik kalote danca (sferičnog dela)		
r = 400,4	mm	Unutrašnji poluprečnik torusnog dela danca		
h <sub>1</sub> = 42,0	mm	Nazivna visina cilindričnog dela posle poravnanja ivica		
h = 654,1	mm	Nazivna dubina ispupčenja		
H = 710,1	mm	Ukupna visina danca (minimalna)		
E = 199 · 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti materijala danca na proračun. temperaturi		
<div></div>				
1.2. Oblast primene standarda				
$0,001 < \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} < 0,1$		$0,001 < 0,004 < 0,1$		
PRORAČUN POTREBNE DEBLJINE ZIDA DANCA				
2.1. Odredjivanje proračunskog koeficijenta (koeficijent oblika danca) β, za izreze u području 0,6 D <sub>s</sub>				
$\beta = f\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} ; \frac{d_u}{D_s} = 0\right)$			$\beta = f(0,004 ; 0,0)$	
β = 2,33	-	Proračunski koeficijent (koeficijent oblika danca)		

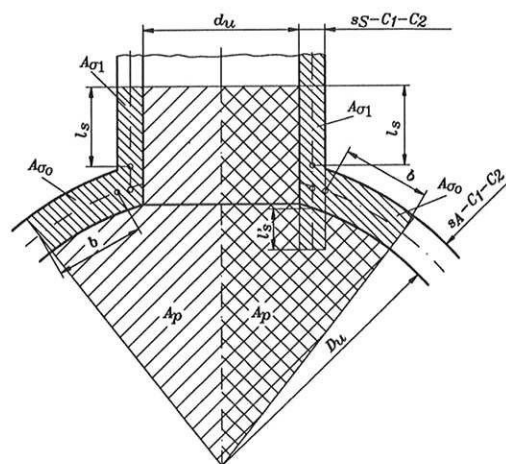
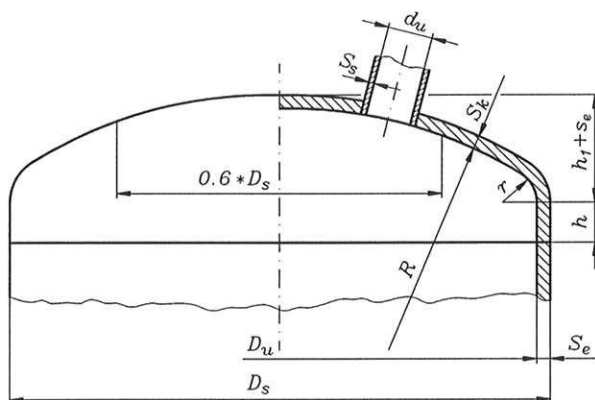
MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.252 i 250</b>		P- 10 T-2080	
2.2. Potrebna debljina torusnog dela danca (rub danca)					
$s_t = \frac{D_s \cdot p \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad [mm]$					
$s_t = \frac{2600,0 \cdot 10,00 \cdot 2,33}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 1,0} + 0,50 + 3,0 = 13,10 \text{ mm}$					
2.3. Potrebna debljina kalote danca (sferični deo danca)					
$s_k = \frac{D_s \cdot p}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$					
$s_k = \frac{2 \cdot (2080,0 + 14,00) \cdot 10,00}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 1,0 + 10,00} + 0,50 + 3,0 = 10,13 \text{ mm}$					
3. Provera danca na elastična ulubljenja pod unutrašnjim pritiskom (pojava nabora na prelazu)					
$\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s}$		$p_b = \left( \frac{p_b \cdot 10^5}{E} \right) \cdot E \cdot 10^{-5}$		$\frac{p_b \cdot 10^5}{E}$	
$p_b \cdot 10^5 / E = 21,373$	-	Pomoćna vrednost (dijagram sl. 9)			
$p_b = 42,532$	bar	Pritisak ulubljenja pod unutrašnjim pritiskom za dance			
$1,5 \cdot p = 15,000$	bar	Min. vrednost pritiska pri kome ne dolazi do pojave nabora na prelazu			
4. Određivanje maksimalnog unutrašnjeg pritiska za izvedenu debljinu zida danca					
$p_{\max} = \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s \cdot \beta} \cdot 40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v \quad [bar]$					
$p_{\max} = 11,10$	bar	Maksimalni unutrašnji pritisak za izvedenu debljinu danca			
$s_t = 13,10$	mm	Potrebna debljina torusnog dela danca			
$s_{et} = 14,00$	mm	Minimalna usvojena ili izmerena debljina torusnog dela danca			
$s_k = 10,13$	mm	Potrebna debljina kalote danca			
$s_{ek} = 14,00$	mm	Minimalna usvojena ili izmerena debljina kalote danca			



## 1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: PRIKLJUČAK NA ISPUPČENOM DANCU POSUDE

## 1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake

p	= 10,00	bar	Proračunski pritisak
D <sub>s</sub>	= 2600,0	mm	Spoljni prečnik ispupčenog torisferičnog danca suda,
s <sub>e</sub>	= 14,00	mm	Izvedena debljina zida ispupčenog danca suda
d <sub>s</sub>	= 508,00	mm	Spoljašnji prečnik cevnog priključka
s <sub>s</sub>	= 12,50	mm	Debljina zida cevnog priključka
K	= 236,7	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi
K <sub>1</sub>	= 236,7	N/mm <sup>2</sup>	Čvrstoća materijala cevnog priključka
c <sub>1</sub>	= 0,50	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida suda
c <sub>1s</sub>	= 1,88	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida priključka
c <sub>2</sub>	= 3,0	mm	Dodatak na koroziju i habanje
E	= 199 · 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	Izvedena širina ojačanja u obliku ploče



## 2.1. Redukovana debljina zida cevnog priključka

$$s_r = s_s \cdot \frac{K_1}{K}$$

$$s_r = 12,50 \text{ mm}$$

## 2.2. Samonoseća visina (visina zone uticaja) za cevni priključak

$$l_s = 1,25 \cdot \sqrt{(d_u + s_s - c_1 - c_2) \cdot (s_s - c_1 - c_2)}$$

$$l_s = 76,43 \text{ mm}$$

## 2.3. Samonoseća dužina (širina zone uticaja ojačanja) za konusni omotač

$$b = \sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}$$

$$b = 320,19 \text{ mm}$$

$$b_i = 222,05 \text{ mm}$$

## 2.1. Određivanje koeficijenta oslabljenja izrezom

$$v_a = f \left( \frac{d_u}{\sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}} ; \frac{s_r - c_{1s} - c_{2s}}{s_A - c_1 - c_2} \right)$$

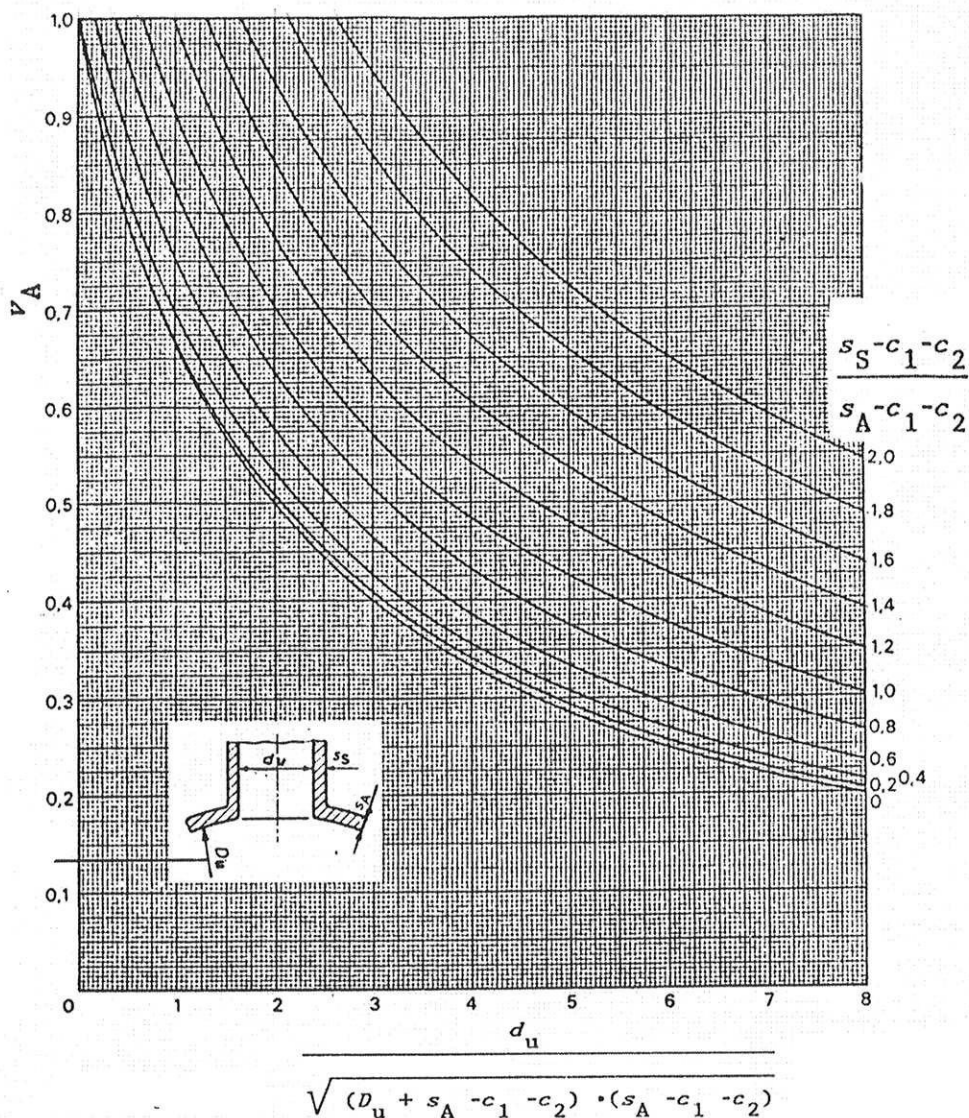
$$v_A = f(2,22 ; 0,64)$$

$$v_A = 0,56$$

-

Koeficijent oslabljenja izrezom

Dijagram za određivanje koeficijenta oslabljenja izrezom za sferični omotač



$v_A = 0,56$

- Koeficijent oslabljenja izrezom prema dijagramu

4. Proračun debljine zida kalote danca na mestu izreza

4.1. Minimalna potrebna debljina zida kalote danca (sferični deo danca) na mestu izreza:

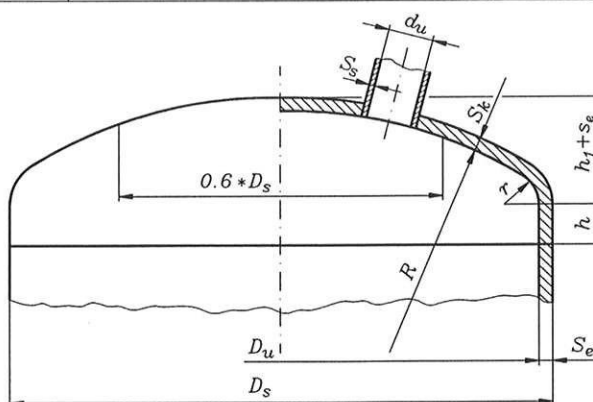
$$s_k = \frac{2 \cdot R \cdot p}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$$

$$s = \frac{2 \cdot (2080,0 + 14,00) \cdot 10,00}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 0,56 + 10,0} + 0,50 + 3,0 = 15,32 \text{ mm}$$

$s_{Ak} = 15,32$	mm	Minimalna potrebna debljina zida kalote danca oko izreza
$s_{Ae} = 28,00$	mm	Usvojena ili izmerena debljina zida kalote danca na mestu izreza

**DEJSTVO SPOLJAŠNJEG NATPRITISKA**
**1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: TORISFERIČNO DANCE SUDA - GORNJE**
**1.1. Polazni i usvojeni podaci, oznake i geometrija**

$D_s = 2600,0$	mm	Spoljni prečnik ispučenog torisferičnog dance suda,
$s_e = 14,00$	mm	Izvedena debljina zida ispučenog dance suda,
$p = 1,000$	bar	Proračunski pritisak (maksimalni spoljašnji pritisak),
$t = 120,0$	°C	Proračunska temperatura,
$K = 236,7$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala dance na proračunskoj temperaturi,
$S = 1,5$	-	Stepen sigurnosti prema granici razvlačenja (JUS M.E2.250),
$S_p = 1,8$	-	Stepen sigurnosti za opterećenje spoljašnjim pritiskom
$v = 1,0$	-	Usvojeni koeficijent valjanosti zavarenog spoja
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem
$d_s = 508,00$	mm	Spoljni prečnik najvećeg izreza na dancu
$s_s = 12,50$	mm	Izvedena debljina cevnog priključka
$R = 2080,0$	mm	Unutrašnji poluprečnik kalote dance (sferičnog dela)
$r = 400,4$	mm	Unutrašnji poluprečnik torusnog dela dance
$h_1 = 42,0$	mm	Nazivna visina cilindričnog dela posle poravnanja ivica
$h = 654,1$	mm	Nazivna dubina ispučenja
$H = 710,1$	mm	Ukupna visina dance (minimalna)
$E = 199 \cdot 10^3$	N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti materijala dance na proračun. temperaturi


**2. Proračun otpornosti dance prema plastičnim deformacijama pod dejstvom spoljašnjeg pritiska**
**2.1. Odredjivanje proračunskog koeficijenta (koeficijent oblika dance)  $\beta$** 

$$\beta = f\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s}; \frac{d_u}{D_s} = 0\right)$$

$$\beta = f(0,001; 0,0)$$

**2.1. Odredjivanje stepena sigurnosti za opterećenje spoljašnjim pritiskom**

$$S_p = 1,2 \cdot S = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8$$

$$S_p = 1,8$$

$$\beta = 3,20$$

-

Proračunski koeficijent (koeficijent oblika dance)

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema JUS M.E2.252		P- 14
				T-2080
2.3. Potrebna debljina torusnog dela danca pri dejstvu spoljašnjeg pritiska (rub danca)				
$s_t = \frac{D_s \cdot p \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S_p} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad [mm]$				
$s_t = \frac{2600,0 \cdot 1,000 \cdot 3,20}{40 \cdot 236,7 / 1,8 \cdot 1,0} + 0,50 + 3,0 = 5,08 \text{ mm}$				
2.4. Provera otpornosti danca prema elastičnom ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku				
$p < 3,66 \cdot \frac{E}{S_k} \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^2$				
2.4.1. Određivanje stepena sigurnosti S <sub>k</sub> prema elastičnom ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku				
$S_k = 3 + 0,002 \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^{-1}$				S <sub>k</sub> = 3,40
S <sub>k</sub> = 3,40	-	Stepen sigurnosti prema elast. ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku		
2.4.2. Određivanje najnižeg stepena sigurnosti S <sub>k'</sub> ukoliko je pritisak ispitivanja veći od 1,3·p				
$S_{k'} = \left[ 3 + 0,002 \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^{-1} \right] \cdot \frac{2,2}{3}$				S' <sub>k</sub> = 2,49
S' <sub>k</sub> = 2,49	-	Stepen sigurnosti prema elastičnom ulubljivanju pri p <sub>i</sub> > 1,3·p		
$p = 1,000 \leq 3,66 \cdot \frac{199}{3,40} \cdot \left( \frac{14,00 - 0,50 - 3,0}{2080,0} \right)^2 = 5,47 \text{ bar}$				
p = 1,000	bar	Proračunska vrednost spoljašnjeg pritiska		
p <sub>max</sub> = 5,47	bar	Maksimalna dozvoljena vrednost spoljašnjeg pritiska		
s <sub>t</sub> = 5,08	mm	Potrebna debljina torusnog dela pri dejstvu spoljašnjeg pritiska		
s <sub>e</sub> = 14,00	mm	Usvojena ili minimalna izmerena debljina danca		

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.252</b>		P- 15 T-2080
ISPUČENO TORISFERIČNO DANCE DEJSTVO UNUTRAŠNJEG NATPRITISKA				
1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: TORISFERIČNO DANCE SUDA - DONJE				
1.1. Polazni i usvojeni podaci, oznake i geometrija				
$D_s = 2600,0$	mm	Spoljni prečnik ispupčenog torisferičnog danca suda,		
$s_e = 14,00$	mm	Izvedena debljina zida ispupčenog danca suda,		
$p = 10,00$	bar	Proračunski pritisak,		
$t = 120,0$	°C	Proračunska temperatura,		
$K = 236,7$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi,		
$S = 1,5$	-	Stepen sigurnosti materijala pri proračunskoj temperaturi,		
$v = 1,0$	-	Usvojeni koeficijent valjanosti zavarenog spoja		
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala		
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem		
$d_s = 60,30$	mm	Spoljni prečnik najvećeg izreza na dancu		
$s_s = 7,10$	mm	Izvedena debljina cevnog priključka		
$R = 2080,0$	mm	Unutrašnji poluprečnik kalote danca (sferičnog dela)		
$r = 400,4$	mm	Unutrašnji poluprečnik torusnog dela danca		
$h_1 = 42,0$	mm	Nazivna visina cilindričnog dela posle poravnanja ivica		
$h = 654,1$	mm	Nazivna dubina ispupčenja		
$H = 710,1$	mm	Ukupna visina danca (minimalna)		
$E = 199 \cdot 10^3$	N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti materijala danca na proračun. temperaturi		
1.2. Oblast primene standarda				
$0,001 < \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s} < 0,1$		$0,001 < 0,004 < 0,1$		
PRORAČUN POTREBNE DEBLJINE ZIDA DANCA				
2.1. Odredjivanje proračunskog koeficijenta (koeficijent oblika danca) $\beta$ , za izreze u području $0,6 D_s$				
$\beta = f\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s}; \frac{d_u}{D_s} = 0\right)$				$\beta = f(0,004; 0,0)$
$\beta = 2,33$	-	Proračunski koeficijent (koeficijent oblika danca)		

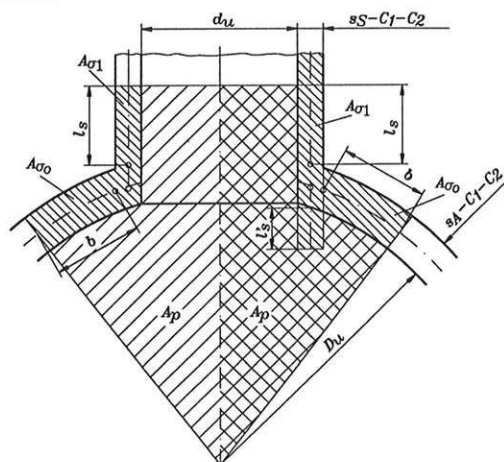
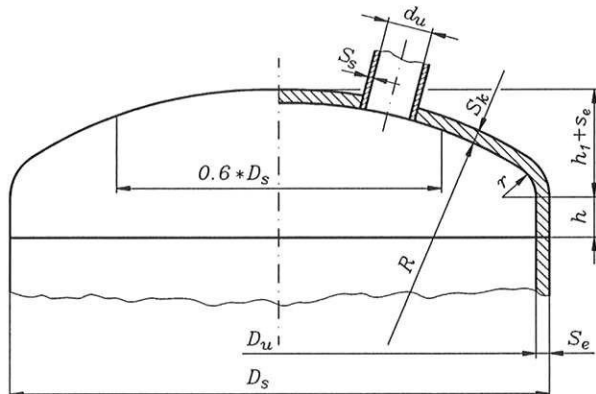


MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.252 i 250</b>		P- 16 T-2080	
2.2. Potrebna debljina torusnog dela danca (rub danca)					
$s_t = \frac{D_s \cdot p \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad [mm]$					
$s_t = \frac{2600,0 \cdot 10,00 \cdot 2,33}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 1,0} + 0,50 + 3,0 = 13,10 \text{ mm}$					
2.3. Potrebna debljina kalote danca (sferični deo danca)					
$s_k = \frac{D_s \cdot p}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$					
$s_k = \frac{2 \cdot (2080,0 + 14,00) \cdot 10,00}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 1,0 + 10,00} + 0,50 + 3,0 = 10,13 \text{ mm}$					
3. Provera danca na elastična ulubljenja pod unutrašnjim pritiskom (pojava nabora na prelazu)					
$\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s}$		$p_b = \left( \frac{p_b \cdot 10^5}{E} \right) \cdot E \cdot 10^{-5}$		$\frac{p_b \cdot 10^5}{E}$	
$p_b \cdot 10^5 / E = 21,373$	-	Pomoćna vrednost (dijagram sl. 9)			
$p_b = 42,532$	bar	Pritisak ulubljenja pod unutrašnjim pritiskom za dance			
$1,5 \cdot p = 15,000$	bar	Min. vrednost pritiska pri kome ne dolazi do pojave nabora na prelazu			
4. Određivanje maksimalnog unutrašnjeg pritiska za izvedenu debljinu zida danca					
$p_{\max} = \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s \cdot \beta} \cdot 40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v \quad [bar]$					
$p_{\max} = 11,10$	bar	Maksimalni unutrašnji pritisak za izvedenu debljinu danca			
$s_t = 13,10$	mm	Potrebna debljina torusnog dela danca			
$s_{et} = 14,00$	mm	Minimalna usvojena ili izmerena debljina torusnog dela danca			
$s_k = 10,13$	mm	Potrebna debljina kalote danca			
$s_{ek} = 14,00$	mm	Minimalna usvojena ili izmerena debljina kalote danca			

## 1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: PRIKLJUČAK NA ISPUPČENOM DANCU POSUDE

## 1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake

p	= 10,00	bar	Proračunski pritisak
D <sub>s</sub>	= 2600,0	mm	Spoljni prečnik ispupčenog torisferičnog danca suda,
s <sub>e</sub>	= 14,00	mm	Izvedena debljina zida ispupčenog danca suda
d <sub>s</sub>	= 60,30	mm	Spoljašnji prečnik cevnog priključka
s <sub>s</sub>	= 7,10	mm	Debljina zida cevnog priključka
K	= 236,7	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi
K <sub>1</sub>	= 212,1	N/mm <sup>2</sup>	Čvrstoća materijala cevnog priključka
c <sub>1</sub>	= 0,50	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida suda
c <sub>1s</sub>	= 0,71	mm	Dodatak na smanjenje debljine zida priključka
c <sub>2</sub>	= 3,0	mm	Dodatak na koroziju i habanje
E	= 199 · 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	Izvedena širina ojačanja u obliku ploče



## 2.1. Redukovana debljina zida cevnog priključka

$$s_r = s_s \cdot \frac{K_1}{K}$$

$$s_r = 6,36 \text{ mm}$$

## 2.2. Samonoseća visina (visina zone uticaja) za cevni priključak

$$l_s = 1,25 \cdot \sqrt{(d_u + s_s - c_1 - c_2) \cdot (s_s - c_1 - c_2)}$$

$$l_s = 14,22 \text{ mm}$$

## 2.3. Samonoseća dužina (širina zone uticaja ojačanja) za konusni omotač

$$b = \sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}$$

$$b = 209,26 \text{ mm}$$

$$b_1 = 169,92 \text{ mm}$$

## 2.1. Određjivanje koeficijenta oslabljenja izrezom

$$v_a = f \left( \frac{d_u}{\sqrt{(D_u + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)}} ; \frac{s_r - c_{1s} - c_{2s}}{s_A - c_1 - c_2} \right)$$

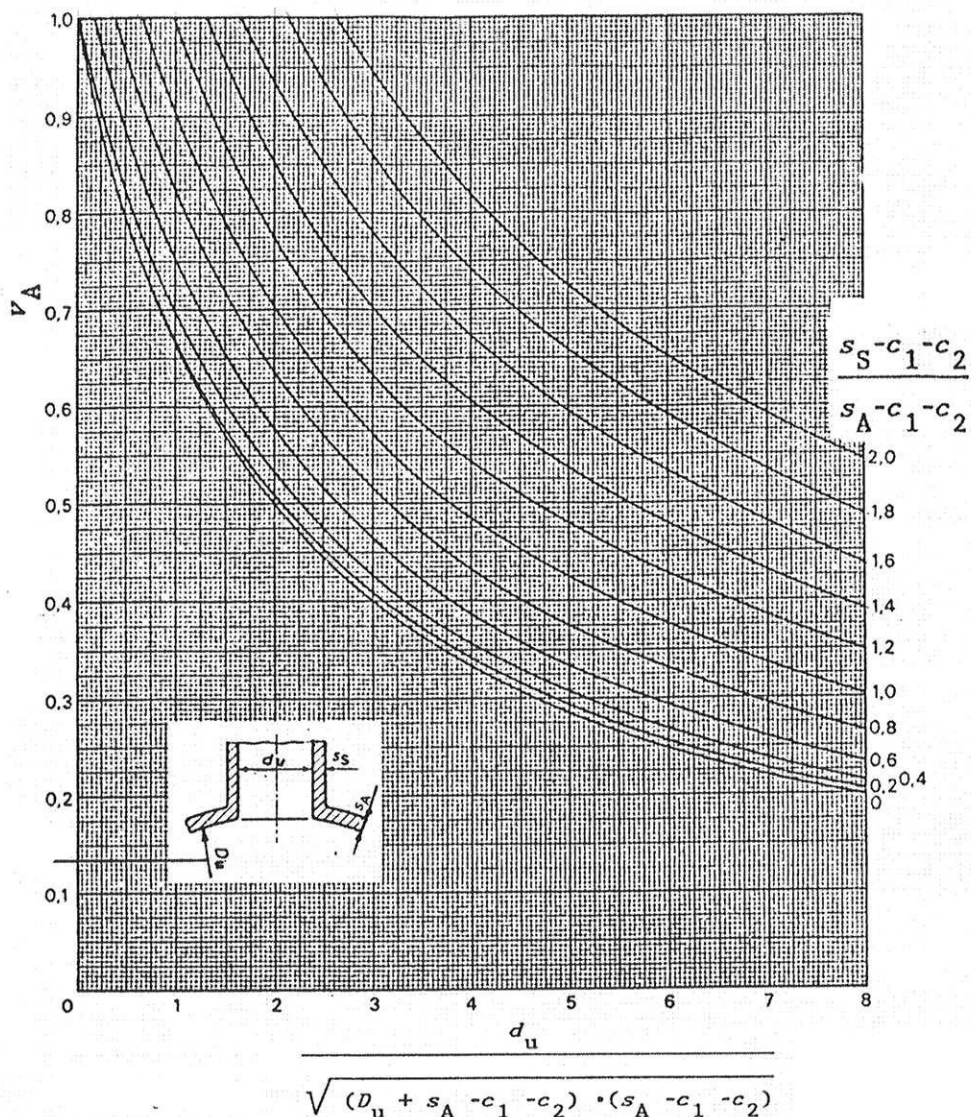
$$v_A = f(0,32 ; 0,38)$$

$$v_A = 0,96$$

Koeficijent oslabljenja izrezom



Dijagram za određivanje koeficijenta oslabljenja izrezom za sferični omotač



$v_A = 0,96$

- Koeficijent oslabljenja izrezom prema dijagramu

4. Proračun debljine zida kalote danca na mestu izreza

4.1. Minimalna potrebna debljina zida kalote danca (sferični deo danca) na mestu izreza:

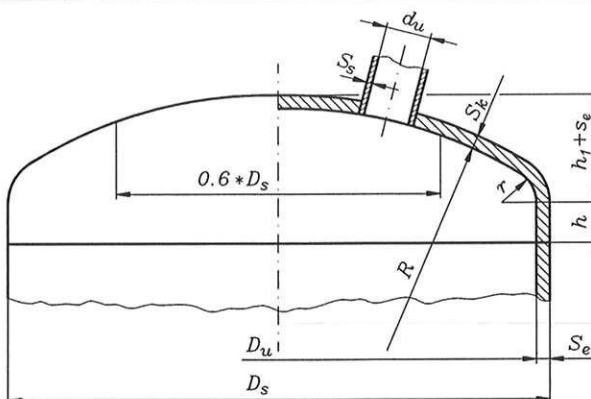
$$s_k = \frac{2 \cdot R \cdot p}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad [mm]$$

$$s = \frac{2 \cdot (2080,0 + 14,00) \cdot 10,00}{40 \cdot 236,7 / 1,5 \cdot 0,96 + 10,0} + 0,50 + 3,0 = 10,43 \text{ mm}$$

$s_{Ak} = 10,43$	mm	Minimalna potrebna debljina zida kalote danca oko izreza
$s_{Ae} = 14,00$	mm	Usvojena ili izmerena debljina zida kalote danca na mestu izreza

**DEJSTVO SPOLJAŠNJEG NATPRITISKA**
**1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: TORISFERIČNO DANCE SUDA - DONJE**
**1.1. Polazni i usvojeni podaci, oznake i geometrija**

$D_s = 2600,0$	mm	Spoljni prečnik ispučenog torisferičnog danca suda,
$s_e = 14,00$	mm	Izvedena debljina zida ispučenog danca suda,
$p = 1,000$	bar	Proračunski pritisak (maksimalni spoljašnji pritisak),
$t = 120,0$	°C	Proračunska temperatura,
$K = 236,7$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi,
$S = 1,5$	-	Stepen sigurnosti prema granici razvlačenja (JUS M.E2.250),
$S_p = 1,8$	-	Stepen sigurnosti za opterećenje spoljašnjim pritiskom
$v = 1,0$	-	Usvojeni koeficijent valjanosti zavarenog spoja
$c_1 = 0,50$	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje dimenzija materijala
$c_2 = 3,0$	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima korozijom i habanjem
$d_s = 60,30$	mm	Spoljni prečnik najvećeg izreza na dancu
$s_s = 7,10$	mm	Izvedena debljina cevnog priključka
$R = 2080,0$	mm	Unutrašnji poluprečnik kalote danca (sferičnog dela)
$r = 400,4$	mm	Unutrašnji poluprečnik torusnog dela danca
$h_1 = 42,0$	mm	Nazivna visina cilindričnog dela posle poravnanja ivica
$h = 654,1$	mm	Nazivna dubina ispučenja
$H = 710,1$	mm	Ukupna visina danca (minimalna)
$E = 199 \cdot 10^3$	N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti materijala danca na proračun. temperaturi


**2. Proračun otpornosti danca prema plastičnim deformacijama pod dejstvom spoljašnjeg pritiska**
**2.1. Odredjivanje proračunskog koeficijenta (koeficijent oblika danca)  $\beta$** 

$$\beta = f\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{D_s}; \frac{d_u}{D_s} = 0\right)$$

$$\beta = f(0,001; 0,0)$$

**2.1. Odredjivanje stepena sigurnosti za opterećenje spoljašnjim pritiskom**

$$S_p = 1,2 \cdot S = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8$$

$$S_p = 1,8$$

$$\beta = 3,20$$

-

Proračunski koeficijent (koeficijent oblika danca)

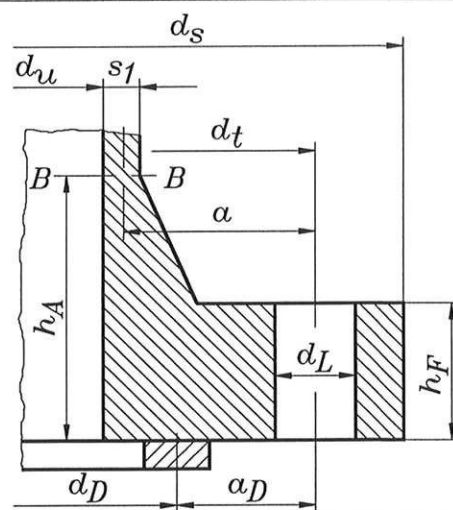
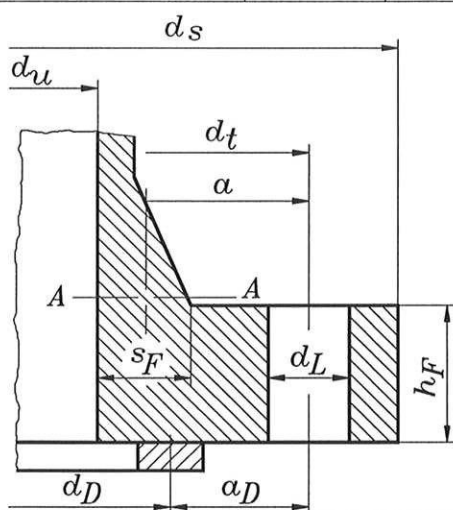
MAŠINSKI FAKULTET Beograd	Proračun prema JUS M.E2.252		P- 20
			T-2080
2.3. Potrebna debljina torusnog dela danca pri dejstvu spoljašnjeg pritiska (rub danca)			
$s_t = \frac{D_s \cdot p \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S_p} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad [mm]$			
$s_t = \frac{2600,0 \cdot 1,000 \cdot 3,20}{40 \cdot 236,7 / 1,8 \cdot 1,0} + 0,50 + 3,0 = 5,08 \text{ mm}$			
2.4. Provera otpornosti danca prema elastičnom ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku			
$p < 3,66 \cdot \frac{E}{S_k} \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^2$			
2.4.1. Određivanje stepena sigurnosti $S_k$ prema elastičnom ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku			
$S_k = 3 + 0,002 \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^{-1}$			$S_k = 3,40$
$S_k = 3,40$	-	Stepen sigurnosti prema elast. ulubljivanju pri spoljašnjem pritisku	
2.4.2. Određivanje najnižeg stepena sigurnosti $S_{k'}$ ukoliko je pritisak ispitivanja veći od $1,3 \cdot p$			
$S_{k'} = \left[ 3 + 0,002 \cdot \left( \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^{-1} \right] \cdot \frac{2,2}{3}$			$S'_{k'} = 2,49$
$S'_{k'} = 2,49$	-	Stepen sigurnosti prema elastičnom ulubljivanju pri $p_i > 1,3 \cdot p$	
$p = 1,000 \leq 3,66 \cdot \frac{199}{3,40} \cdot \left( \frac{14,00 - 0,50 - 3,0}{2080,0} \right)^2 = 5,47 \text{ bar}$			
$p = 1,000$	bar	Proračunska vrednost spoljašnjeg pritiska	
$p_{max} = 5,47$	bar	Maksimalna dozvoljena vrednost spoljašnjeg pritiska	
$s_t = 5,08$	mm	Potrebna debljina torusnog dela pri dejstvu spoljašnjeg pritiska	
$s_e = 14,00$	mm	Usvojena ili minimalna izmerena debljina danca	

**PRORAČUN PRIRUBNICE ZA ZAVARIVANJE SA KONUSNIM PRELAZOM**  
(  $d_u \leq 3600 \text{ mm}$  )

**1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: PRIRUBNICA OTVORA ZA KONTROLU**

**1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake**

Č.1330	-	Oznaka kvaliteta materijala prirubnice,
$K = 209,47$	$\text{N/mm}^2$	Proračunska čvrstoća materijala prirubnice na proračunskoj temperaturi,
$K_{20} = 230,0$	$\text{N/mm}^2$	Proračunska čvrstoća materijala prirubnice pri temperaturi od $20^\circ \text{C}$
$p = 10,00$	bar	Proračunski pritisak,
$p_i = 13,00$	bar	Ispitni pritisak,
$S = 1,5$	-	Stepen sigurnosti materijala pri proračunskoj temperaturi,
$S_1 = 1,1$	-	Stepen sigurnosti materijala pri probnoj temperaturi,
$d_s = 670,00$	mm	Spoljni prečnik prirubnice,
$d_u = 482,00$	mm	Unutrašnji prečnik prirubnice,
$d_L = 26,0$	mm	Prečnik rupe za vijke,
$d_D = 562,00$	mm	Srednji prečnik zaptivača,
$d_t = 620,00$	mm	Prečnik podeonog kruga,
$d_F /$	mm	Prečnik prirubnice na prelaznom delu,
$r > 6$	mm	Radius zaobljenja između venca prirubnice i konusnog ili cilindričnog grla,
$h_A = 55,00$	mm	Ukupna izvedena visina prirubnice,
$h_E = 0,00$	mm	Visina unutrašnjeg prstena,
$h_F = 28,00$	mm	Visina oboda prirubnice,
$s_1 = 12,50$	mm	Debljina zida grla,
$s_F = 9,33$	mm	Debljina prirubnice na prelaznom delu,
$W /$	$\text{mm}^3$	Otporni momenat prirubnice,



**2. DIMENZIONISANJE PRIRUBNICE PREMA NAJVEĆEM OTPORNOM MOMENTU**  
**2.1. PRIRUBNICA ZA ZAVARIVANJE SA KONUSNIM PRELAZOM**

$d_L$  - reducirani prečnik rupe za vijke,

$$d_L = V \cdot d_L \text{ (mm)}$$

$$V = f(d_u) = 0,52 \text{ (slika 3)}$$

$$d_L = 0,52 \cdot 26,0 = 13,47 \text{ mm}$$

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.258</b>	P- 22 T-2080
b - korisna dvostruka širina prirubnice:			
$b = d_s - d_u - 2 d_L' \text{ (mm)}$			
$b = 670,00 - 482,00 - 2 \cdot 13,47 = 161,06 \text{ mm}$			
$b = 161,06 \text{ mm}$			
Z - pomoćna vrednost:			
$Z = ( d_u + s_F ) s_F^2$			
$Z = ( 482,00 + 9,33 ) \cdot 9,33^2 = 42800,6$			
Z <sub>1</sub> - pomoćna vrednost:			
$Z_1 = 0,75 ( d_u + s_1 ) s_1^2$			
$Z_1 = ( 482,00 + 12,50 ) \cdot 12,50^2 = 57949,2$			
$F_{SB} = 283869,2$	N	Najmanja sila u vijku za radno stanje	
$F_{DV} = 403874,1$	N	Najmanja sila u vijku za ugradno stanje	
$F_{SBI} = 369029,9$	N	Najmanja sila u vijku za ispitno stanje	
POTREBNA VISINA OBODA PRIRUBNICE ( PRESEK A-A )			
$a = 64,33$	mm	Krak delovanja sile u vijku za radno i ispitno stanje	
$a = \frac{d_t - d_u - s_F}{2}$		$a = \frac{620,00 - 482,00 - 9,33}{2} = 64,33 \text{ mm}$	
$a_D = 29,00$	mm	Krak delovanja sile u vijku za ugradno stanje	
$a_D = \frac{d_t - d_D}{2}$		$a_D = \frac{620,00 - 562,00}{2} = 29,00 \text{ mm}$	
$W = 130776,8$	mm <sup>3</sup>	Najveći otporni moment prirubnice za pogonsko stanje	
$W = ( \frac{F_{SB} \cdot S}{K} ) a$		$W = \frac{283869,2 \cdot 1,5}{209,47} \cdot 64,33 = 130776,8 \text{ mm}^3$	
$W = 113543,6$	mm <sup>3</sup>	Najveći otporni moment prirubnice za ispitno stanje	
$W = ( \frac{F_{SBI} \cdot S_l}{K_{20}} ) a$		$W = \frac{369029,9 \cdot 1,1}{230,0} \cdot 64,33 = 113543,6 \text{ mm}^3$	

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.258</b>	P- 23 T-2080
$W = 56015,6$	$\text{mm}^3$	Najveći otporni moment prirubnice za stanje pri ugradnji	
$W = \left( \frac{F_{DV} \cdot S_I}{K_{20}} \right) a_D$		$\bar{W} = \frac{403874,1 \cdot 1,1}{230,0} \cdot 29,00 = 56015,6 \text{ mm}^3$	
$W_{\max} = 130776,8$	$\text{mm}^3$	Merodavni otporni moment prirubnice	
<b>POTREBNA VISINA OBODA PRIRUBNICE ( PRESEK A-A )</b>			
$h_F = \sqrt{\frac{(1,27 W - Z)}{b}}$			
$h_F = \sqrt{(1,27 \cdot 130776,8 - 42800,6) / 161,06}$			
$h_F = 27,67$	$\text{mm}$	Potrebna visina oboda prirubnice	
$\delta = 28,00$	$\text{mm}$	Izvedena visina oboda prirubnice	



MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.258</b>	P- 24 T-2080
POTREBNA VISINA OBODA PRIRUBNICE ( PRESEK B-B )			
a = 62,75	mm	Krak delovanja sile u vijku za radno i ispitno stanje	
$a = \frac{d_i - d_u - s_l}{2}$		$a = \frac{620,00 - 482,00 - 12,50}{2} = 62,75 \text{ mm}$	
W = 127558,2	mm <sup>3</sup>	Najveći otporni moment prirubnice za radno stanje	
$W = (\frac{F_{SB} \cdot S}{K})a$		$W = \frac{283869,2 \cdot 1,5}{209,47} \cdot 62,75 = 127558,2 \text{ mm}^3$	
W = 110749,1	mm <sup>3</sup>	Najveći otporni moment prirubnice za ispitno stanje	
$W = (\frac{F_{SBi} \cdot S_l}{K_{20}})a$		$W = \frac{369029,9 \cdot 1,1}{230,0} \cdot 62,75 = 110749,1 \text{ mm}^3$	
W <sub>max</sub> = 127558,2	mm <sup>3</sup>	Merodavni otporni moment prirubnice	
B <sub>1</sub> = 0,96	-	Pomoćna vrednost	
$B_l = \frac{h_A - h_F}{h_F}$		$B_1 = \frac{55,00 - 28,00}{28,00} = 0,96 \text{ mm}$	
s <sub>m</sub> = 10,92	-	Pomoćna vrednost	
$s_m = \frac{s_F + s_l}{2}$		$s_m = \frac{9,33 + 12,50}{2} = 10,92 \text{ mm}$	
B = 0,81	-	Pomoćna vrednost	
$B = \frac{1 + 2 \frac{s_m}{b} B_l}{1 + 2 \frac{s_m}{b} (B_l^2 + 2 B_l)}$			
POTREBNA VISINA OBODA PRIRUBNICE ( PRESEK B-B )			
$h_F = B \sqrt{\frac{(1,27 W - Z_l)}{b}}$			
$h_F = 0,81 \sqrt{(1,27 \cdot 127558,2 - 57949,2) / 161,06}$			
h <sub>F</sub> = 20,71	mm	Potrebna visina oboda prirubnice	
δ = 28,00	mm	Izvedena visina oboda prirubnice	
Izvedena visina oboda prirubnice δ = 28,00 mm zadovoljava.			



**NEANKERISANA OKRUGLA RAVNA DANCA I PLOČE  
SA DODATNIM IVIČNIM MOMENTOM**
**1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: OKRUGLA RAVNA PLOČA – SLEPA PRIRUBNICA**
**1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake**

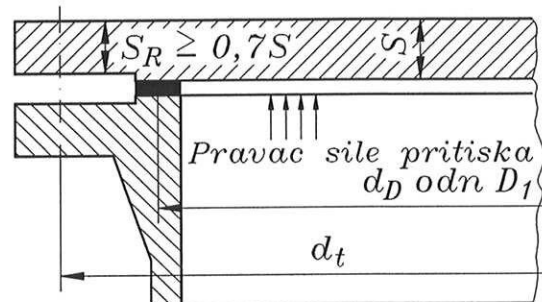
Č.1204	-	Oznaka kvaliteta materijala ravnog danca ili ploče
$D_1 = 562,00$	mm	Proračunski prečnik
$p = 10,00$	bar	Proračunski pritisak
$K = 231,33$	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća na proračunskoj temperaturi
$S = 1,50$	-	Stepen sigurnosti (prema JUS M.E2.250, tabela 2)
$d_D = 562,00$	mm	Srednji prečnik zaptivača
$d_t = 620,00$	mm	Prečnik podeonog kruga
$b_D = 13,00$	mm	Širina zaptivača
$d_s = 0,00$	mm	Spoljni prečnik izreza ili cevi
$d_u = 0,00$	mm	Unutrašnji prečnik priključka ili cevi
$k_1 = 16,90$		Karakteristika zaptivača za radno stanje
$C_1 = 0,35$	-	Proračunski koeficijent za dodatni ivični moment suprotnog smera

**POTREBNA DEBLJINA ZIDA PLOČE**

$$s = C_1 \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 \cdot K}} \quad [mm]$$

Potrebna debljina ploče oslabljene izrezom

$$s = C_1 \cdot C_A \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 \cdot K}} \quad [mm]$$


**1.2. ODREĐIVANJE PRORAČUNSKOG KOEFICIJENTA  $C_1$  (slika 5)**

$$C_1 = f \left[ \frac{d_t}{d_D} ; \delta = 1 + 4 \cdot \frac{k_1 \cdot S_D}{d_D} \right]$$

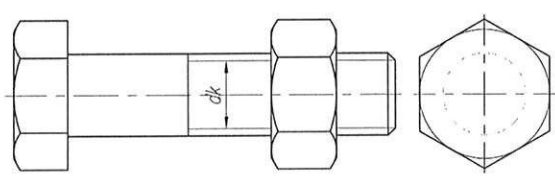
$d_t/d_D = 1,10$	-	Odnos prečnika
$\delta = 1,14$	-	Odnos prečnika izreza na ploči i ploče
$C_1 = 0,50$	-	Proračunski koeficijent

**1.3. ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA OSABLJENJA IZREZIMA NA PLOČI ( $C_A$ )**

$$C_A = f \left( \frac{d_u}{d_D} ; \frac{d_t}{d_D} \right) \quad \text{slika 22}$$

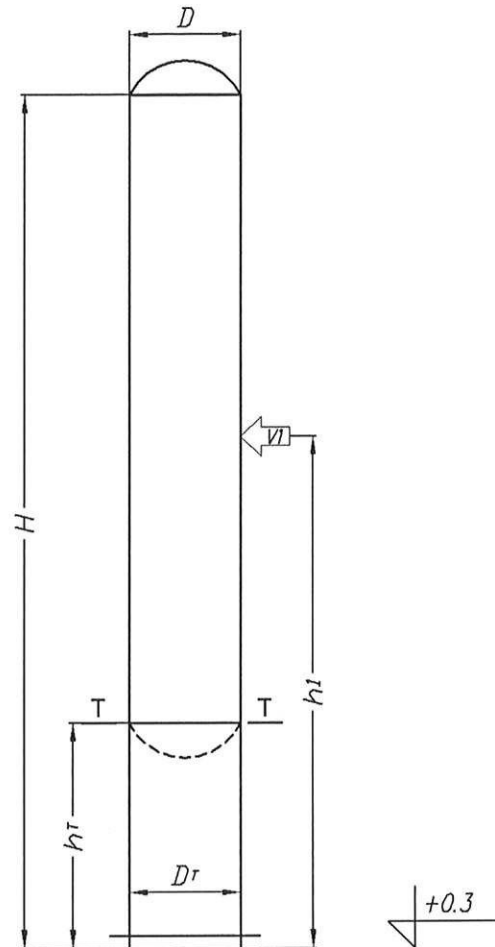
$d_u/d_D = 0,00$	-	Odnos prečnika izreza na ploči i ploče
$d_t/d_D = 1,10$	-	Odnos prečnika
$C_A = 1,00$	-	Koeficijent slabljenja izrezom na ravnom dancu ili ploči

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.259</b>		P- 26 T-2080
2.3. Potrebna debljina zida neankerisane, okrugle ploče sa dodatnim ivičnim momentom suprotnog smera				
$s_2 = 0,35 \cdot D_I \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 \cdot K}} \quad [mm]$				
$s_2$	= 15,84	mm	Minimalna proračunska debljina danca ili ploče bez izreza	
2.4. Potrebna debljina zida (s) neankerisane, okrugle ploče sa dodatnim jednosmernim ivičnim momentom				
$s = C_1 \cdot D_I \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 \cdot K}} \quad [mm]$				
$s$	= 22,70	mm	Minimalna proračunska debljina danca ili ploče bez izreza	
2.5. Potrebna debljina zida neankerisane, okrugle ploče oslabljene izrezom				
$s_e = C_1 \cdot C_A \cdot D_I \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 \cdot K}} \quad [mm]$				
$s_e$	= 22,70	mm	Potrebna debljina neankerisane, okrugle ploče oslabljene izrezom	
$s$	= 28,00	mm	Minimalna usvojena ili izmerena debljina ploče	

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.257 i 250</b>	P- 27 T-2080
PRORAČUN VIJAKA KRUŽNI VIJČANI SPOJEVI SA ZAPTIVAČEM UNUTAR KRUGA RUPA			
1. ELEMENT KOJI SE PRORAČUNAVA: VIJCI OTVORA ZA KONTROLU			
1.1. Polazni i usvojeni podaci i oznake			
5.6	-	Oznaka klase čvrstoće materijala vijka,	
K <sub>20</sub> = 280,00	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala vijka (za t = 20°C),	
K = 246,00	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća materijala vijka (za t radno),	
p = 10,00	bar	Proračunski pritisak,	
p <sub>i</sub> = 13,00	bar	Ispitni pritisak,	
t = 120,00	°C	Proračunska temperatura,	
b <sub>D</sub> = 13,00	mm	Korisna širina zaptivača	
d <sub>D</sub> = 562,00	mm	Srednji prečnik zaptivača,	
d <sub>u</sub> = 482,00	mm	Unutrašnji prečnik priрубnice,	
d <sub>t</sub> = 620,00	mm	Prečnik podeonog kruga vijka,	
k <sub>0</sub> /	-	Koeficijent zaptivača za stanje pri ugradnji,	
k <sub>1</sub> = 16,90	-	Koeficijent zaptivača za stanje pri radu,	
K <sub>D</sub> /	N/mm <sup>2</sup>	Otpor promeni oblika materijala zaptivača,	
c <sub>5</sub>	mm	Konstrukcioni dodatak, (prema tački 8 standarda),	
d <sub>k</sub> /	mm	Prečnik jezgra navoja vijka,	
POTREBAN PREČNIK JEZGRA NAVOJA VIJKA			
$d_k = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB(DV,SBi)}}{K \cdot n}} + c_5$ <p>Za dimenzionisanje je merodavna veća vrednost</p>			
2. PRORAČUN SILA U VIJCIMA			
2.1. Najmanja sila u vijku za radno stanje:			
$F_{SB} = F_{RB} + F_{FB} + F_{DB}$			
2.1.1 Komponenta sile u vijku			
$F_{RB} = \frac{p \cdot \pi \cdot d_u^2}{40}$			$F_{RB} = 182467 \text{ N}$
2.1.2 Komponenta sile u vijku			
$F_{FB} = \frac{p \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_u^2)}{40}$			$F_{FB} = 65596 \text{ N}$
2.1.3 Komponenta sile u vijku			
$F_{DB} = \frac{p}{10} \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1$			$F_{DB} = 35806 \text{ N}$
$F_{SB} = F_{RB} + F_{FB} + F_{DB} = 182467 + 65596 + 35806 = 283869 \text{ N}$			
F <sub>SB</sub> = 283869	N	Najmanja sila u vijku za radno stanje	

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.257 i 250</b>		P- 28 T-2080
2.2. Najmanja sila u vijku za ispitno stanje				
$F_{SP} = \frac{p_i \cdot \pi \cdot d_u^2}{40} + \frac{p_i \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_u^2)}{40} + \frac{p_i \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1}{10}$			$F_{SP} = 369030 \text{ N}$	
$F_{SP} = 369030$	N	Najmanja sila u vijku za ispitno stanje		
2.3. Najmanja sila u vijku za ugradno stanje				
$k_0 \cdot K_D = 286,00$	-	Za radno stanje se uzimaju vrednosti za gasove i pare (tabela 1)		
$F_{DV} = \pi \cdot d_D \cdot k_0 \cdot K_D$			$F_{DV} = 504954 \text{ N}$	
Ukoliko je $F_{DV} > F_{SB}$ može se kod zaptivača od mekog materijala i zaptivača od metala i mekog materijala zameniti sa				
$F_{DV} = 0,2 \cdot F_{DV} + 0,8 \cdot \sqrt{F_{SB} \cdot F_{DV}}$			$F_{DV} = 403874 \text{ N}$	
$F_{DV} = 403874$	N	Merodavna najmanja sila u vijku za ugradno stanje		
<b>PRORAČUN PREČNIKA VIJKA</b>				
3.1. Za radno stanje				
$d_k = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SB}}{K \cdot n}} + c_5$		$d_k = 13,28 + 3,00 = 16,28 \text{ mm}$		
$\varphi = 0,75$	-	Za izvedene nalegajuće površine spojnih delova		
$S = 1,80$	-	Stepen sigurnosti za radno stanje		
$n = 20,00$	-	Broj vijaka		
$Z = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi \cdot \varphi}}$		$Z = \sqrt{4 \cdot 1,80 / (\pi \cdot 0,75)} = 1,75$		
$Z = 1,75$	mm	Pomoćna vrednost za radno stanje (tabela 3)		
3.1.1. Određivanje dodatka $c_5$				
$c_5 = 3 \text{ mm}$ za $(d_k - c_5) < 20 \text{ mm}$		$c_5 = 1 \text{ mm}$ za $(d_k - c_5) > 50 \text{ mm}$		
Za međupodručje se vrši linearna interpolacija prema obrascu:				
$c_5 = \frac{65 - Z \cdot \sqrt{\frac{F_{DB}}{K \cdot n}}}{15}$				
$d_k - c_5 = 13,28$	mm	Potreban prečnik jezgra navoja vijka bez dodatka		
$c_5 = 3,00$	mm	Konstrukcioni dodatak		
3.2. Za ugradno stanje				
$d_k = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{DV}}{K_{20} \cdot n}}$		$d_k = 12,62 \text{ mm}$		
$\varphi = 0,75$	-	Za izvedene nalegajuće površine spojnih delova		
$S = 1,30$	-	Stepen sigurnosti za ugradno stanje		
$n = 20,00$	-	Broj vijaka		

MAŠINSKI FAKULTET Beograd		Proračun prema <b>JUS M.E2.257 i 250</b>		P- 29
				T-2080
$Z = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi \cdot \varphi}}$		$Z = \sqrt{4 \cdot 1,30 / (\pi \cdot 0,75)} = 1,49$		
Z = 1,49	mm	Pomoćna vrednost za ugradno stanje (tabela 3)		
3.3. Za ispitno stanje				
$d_k = Z \cdot \sqrt{\frac{F_{SP}}{K_{20} \cdot n}}$		$d_k = 12,06 \text{ mm}$		
$\varphi = 0,75$	-	Za izvedene nalegajuće površine spojnih delova		
S = 1,30	-	Stepen sigurnosti za ispitno stanje		
n = 20,00	-	Broj vijaka		
$Z = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi \cdot \varphi}}$		$Z = \sqrt{4 \cdot 1,30 / (\pi \cdot 0,75)} = 1,49$		
Z = 1,49	mm	Pomoćna vrednost za ispitno stanje (tabela 3)		
d <sub>k</sub> = 16,28	mm	Potreban prečnik jezgra navoja vijka za radno stanje		
d <sub>k</sub> = 12,62	mm	Potreban prečnik jezgra navoja vijka za ugradno stanje		
d <sub>k</sub> = 12,06	mm	Potreban prečnik jezgra navoja vijka za ispitno stanje		
d <sub>k</sub> = 20,102	mm	Usvojeni prečnik jezgra navoja vijka		



## 1. POLAZNI I USVOJENI PODACI I OZNAKE

Č.1204	-	Oznaka kvaliteta materijala cilindričnog omotača,
p	= 10,0 bar	Proračunski pritisak
p <sub>r</sub>	= 7,0 bar	Maksimalni dozvoljen radni pritisak,
D	= 2600,0 mm	Spoljni prečnik sekcije cilindričnog omotača,
D <sub>T</sub>	= 2600,0 mm	Spoljni prečnik oslonca (suknjice),
H <sub>1</sub>	= 4700,0 mm	Proračunska visina cilindričnog omotača,
H	= 7400,0 mm	Ukupna proračunska visina suda,
h <sub>T</sub>	= 2700,0 mm	Visina suknjice,
K	= 236,67 N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća (minimalna vrednost napona na granici tečenja za Č.1204 na proračunskoj temperaturi),
v	= 0,70 -	Koeficijent slabljenja za kružni šav
t	= 120 °C	Proračunska temperatura,
S	= 1,5 -	Stepen sigurnosti u odnosu na napon na granici tečenja,
II	-	Geografska zona,
q <sub>1</sub>	= 0,7 kN/m <sup>2</sup>	Osnovno opterećenje vetrom za izložen objekat visine do 10 m,
q <sub>2</sub>	= 0,9 kN/m <sup>2</sup>	Osnovno opterećenje vetrom za izložen objekat visine od 10 do 30 m,
c	= 1,2 -	Koeficijent oblika za glatku i hrapavu površinu, za h/D = 3,17 < 7,
s <sub>1</sub>	= 16,0 mm	Izvedena debljina zida sekcije cilindričnog omotača,
s <sub>T</sub>	= 16,0 mm	Izvedena debljina zida oslonca (suknjice),
c <sub>2</sub>	= 3,0 mm	Dodatak na koroziju,
V	= / kN	Ukupna horizontalna sila od uticaja vetra,
M	= / kNm	Moment savijanja od horizontalne sile vetra na mestu oslanjanja,
M <sub>T</sub>	= / kNm	Moment savijanja od uticaja vetra na vrhu oslonca (suknjice),
σ <sub>s</sub>	= / N/mm <sup>2</sup>	Svojno naprezanje od uticaj vetra.

**2. PRORAČUN****2.1 Određivanje ukupne horizontalne sile od uticaja vetra**

PRIMENJENE FORMULE	REZULTATI	$s = s - c_2$	Jedinice
Osnovno opterećenje vetrom (do 10 m visine) $w_1 = c \cdot q_1$	0,98	-	kN/m <sup>2</sup>
Osnovno opterećenje vetrom (preko 10 do 30 m visine) $w_2 = c \cdot q_2$	1,26	-	kN/m <sup>2</sup>
Horizontalna sila vetra za visinu objekta do 10 m $V_1 = w_1 \cdot D \cdot H_{10}$	18,86	-	kN
Horizontalna sila vetra za visinu objekta preko 10 do 30 m $V_2 = w_2 \cdot D \cdot H_{10-30}$	-	-	kN
Ukupna horizontalna sila vetra $V = V_1 + V_2$	18,86	-	kN

**2.2 Određivanje momenata savijanja od uticaja horizontalne sile vetra**

Krak sile vetra za donji segment $h_1 = \frac{H_{10}}{2}$	3,7	-	m
Krak sile vetra za gornji segment $h_2 = H_{10} + \left( \frac{H_{10-30}}{2} \right)$	-	-	m
Moment savijanja od sile $V_1$ (presek I - I) $M_1 = V_1 \cdot h_1$	69,78	-	kNm
Moment savijanja od sile $V_2$ (presek I - I) $M_2 = V_2 \cdot h_2$	-	-	kNm
Ukupan moment savijanja od uticaja vetra (presek I - I) $M = M_1 + M_2$	69,78	-	kNm
Moment savijanja od uticaja vetra na mestu oslanjanja (presek T - T) $M_T = M - h_T \cdot (V - 0,5 \cdot w_1 \cdot D_T \cdot h_T)$	28,15	-	kNm

**2.3.1 Provera napona savijanja od uticaja vetra**

Napon savijanja na mestu oslanjanja $\sigma_s = \frac{4 \cdot M}{W} = \frac{4 \cdot M}{D^2 \cdot \pi \cdot s_T}$	0,821	1,051	N/mm <sup>2</sup>
Napon savijanja na vrhu oslonca (suknjice) $\sigma_T = \frac{4 \cdot M_T}{W} = \frac{4 \cdot M_T}{D^2 \cdot \pi \cdot s_T}$	0,331	0,424	N/mm <sup>2</sup>





### 2.3.2 Obimni napon od unutrašnjeg pritiska

Obimni napon od unutrašnjeg pritiska

$$\sigma_p = \frac{p \cdot D_{sr}}{4 \cdot s_l}$$

40,38

51,75

N/mm<sup>2</sup>

### 2.3.3 Pritisni napon od sopstvene težine i korisnog opterećenja

Pritisni napon od vertikalnog opterećenja

$$\sigma_v = \frac{G_{op} + G_{kor}}{D_{sr} \cdot \pi \cdot s_T}$$

2,77

3,54

N/mm<sup>2</sup>

### 2.3.4 Kombinovano naprezanje na vrhu oslonca (suknjice)

Kombinovani napon na vrhu oslonca

$$\sigma_k = \sigma_T + \sigma_p - \sigma_v$$

37,94

48,63

N/mm<sup>2</sup>

### 2.4 Dozvoljeno naprezanje

Dozvoljeno naprezanje

$$\sigma_{sd} = \frac{2}{3} \cdot K_t \cdot v$$

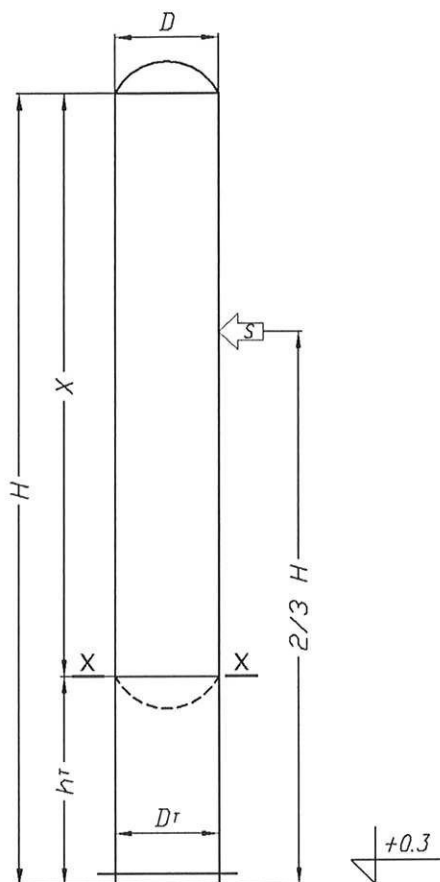
110,45

-

N/mm<sup>2</sup>

Zaključak:

1. Svi proračunati naponi manji su od dozvoljenih.



## 1. POLAZNI I USVOJENI PODACI I OZNAKE

Č.1204	-	Oznaka kvaliteta materijala cilindričnog omotača,
p = 10,0	bar	Proračunski pritisak
p <sub>r</sub> = 7,0	bar	Maksimalni radni pritisak,
D = 2600,0	mm	Spoljni prečnik cilindričnog omotača i oslonca,
D <sub>sr</sub> = 2584,0	mm	Srednji prečnik cilindričnog omotača,
D <sub>Ts</sub> = 2584,0	mm	Srednji prečnik oslonca - suknje,
H = 7400	mm	Ukupna proračunska visina posude,
X = 4700	mm	Proračunska visina posude bez oslonca (suknje),
h <sub>T</sub> = 2700,0	mm	Visina suknjice,
s = 16,0	mm	Izvedena debljina cilindričnog omotača,
s <sub>T</sub> = 16,0	mm	Izvedena debljina oslonca – suknje,
c <sub>2</sub> = 3,0	mm	Dodatak na koroziju,
K = 236,67	N/mm <sup>2</sup>	Proračunska čvrstoća (minimalna vrednost napona na granici tečenja za Č.1204 na proračunskoj temperaturi),
v = 0,70	-	Koeficijent slabljenja za kružni šav,
t = 120	°C	Proračunska temperatura,
S = 1,5	-	Stepen sigurnosti u odnosu na napon na granici tečenja,
II	-	Kategorija objekta,
K <sub>0</sub> = 1,0	-	Koeficijent kategorije objekta,
K <sub>s</sub> = 0,1	-	Koeficijent seizmičkog intenziteta (IX stepen po MCS skali),
K <sub>d</sub> = 1,0	-	Koeficijent dinamičnosti,
K <sub>p</sub> = 1,6	-	Koeficijent duktiliteta i prigušenja,
G <sub>op</sub> = 360	kN	Ukupna sopstvena težina objekta i opreme (stalno opterećenje)
G <sub>kr</sub> = 392	kN	Verovatno korisno opterećenje (tečna faza),
S = /	kN	Ukupna horizontalna seizmička sila,
M = /	kNm	Moment savijanja od horizontalnih seizmičkih sila,
σ <sub>s</sub> = /	N/mm <sup>2</sup>	Svojno naprezanje od horizontalnih seizmičkih sila,



## 2. PRORAČUN

### 2.1 Određivanje ukupne horizontalne seizmičke sile

PRIMENJENE FORMULE	REZULTATI	$s = s - c_2$	Jedinice
Ukupni seizmički koeficijent za horizontalni pravac $K = K_0 \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_p$	0,16	-	/
Ukupno vertikalno opterećenje $G = G_{op} + G_{kr}$	752,0	-	kN
Ukupna horizontalna seizmička sila $S = K \cdot G$	120,32	-	kN
Horizontalna seizmička sila u i-tom segmentu plašta $S_i = S \cdot \frac{G_i \cdot H_i}{\sum G_i \cdot H_i}$	-	-	kN

### 2.2 Određivanje momenata savijanja od uticaja horizontalnih seizmičkih sila

Krak horizontalne seizmičke sile $h_l = \frac{2 \cdot H}{3}$	4,933	-	m
Moment savijanja od sile S (na gornjem rubu temelja) $M = S \cdot h_l$	593,58	-	kNm
Moment savijanja na spoju oslonac - sud (presek x - x) $M_x = \frac{S \cdot X^2 \cdot (3 \cdot H - X)}{3 \cdot H^2}$	283,13	-	kNm

#### 2.3.1 Provera napona savijanja od seizmičkih uticaja u preseku x - x (spoj oslonac – posuda)

Napon savijanja u preseku x - x $\sigma_{sx} = \frac{4 \cdot M_{x-x}}{W} = \frac{4 \cdot M_{x-x}}{D^2 \cdot \pi \cdot s}$	4,307	-	N/mm <sup>2</sup>
--	-------	---	-------------------

#### 2.3.2 Provera obimnog napona od unutrašnjeg pritiska u preseku x - x

Obimni napon od unutrašnjeg pritiska u preseku x - x $\sigma_p = \frac{p \cdot D_{sr}}{4 \cdot s}$	51,75	-	N/mm <sup>2</sup>
---	-------	---	-------------------

#### 2.3.3 Provera pritisnog napona od sopstvene težine i korisnog opterećenja u preseku x - x

Pritisni napon od vertikalnog opterećenja u preseku x - x $\sigma_v = \frac{G_{op} + G_{kr}}{D_{sr} \cdot \pi \cdot s}$	0,984	-	N/mm <sup>2</sup>
--	-------	---	-------------------

#### 2.3.4 Kombinovano naprezanje u preseku x - x

Kombinovani napon u preseku x - x $\sigma_k = \sigma_{sx} + \sigma_p - \sigma_v$	55,07	-	N/mm <sup>2</sup>
---	-------	---	-------------------

### 2.4 Dozvoljeno naprezanje

Dozvoljeno naprezanje $\sigma_{dop} = \frac{2 \cdot K_t}{3} \cdot \nu$	110,45	-	N/mm <sup>2</sup>
---	--------	---	-------------------



**2.5.1 Potrebna debljina zida za naprezanje savijanjem**

Potrebna debljina zida u preseku x - x

$$t_s = \frac{4 \cdot M_{x-x}}{D_{sr}^2 \cdot \pi \cdot \sigma_{dop}}$$

0,49

-

mm

**2.5.2 Potrebna debljina zida za dejstvo unutrašnjeg pritiska**

Potrebna debljina zida u preseku x - x

$$t_p = \frac{p \cdot D_{sr}}{4 \cdot \sigma_{dop}}$$

5,86

-

mm

**2.5.3 Potrebna debljina zida za vertikalno opterećenje od sopstvene težine**

Potrebna debljina zida u preseku x - x

$$t_v = \frac{G_{op}}{D_{sr} \cdot \pi \cdot \sigma_{dop}}$$

0,11

-

N/mm<sup>2</sup>

**2.5.4 Potrebna debljina zida za dejstvo kombinovanog opterećenja**

Potrebna debljina zida u preseku x - x

$$t_u = t_s + t_p - t_v + c_1 + c_2$$

9,74

mm

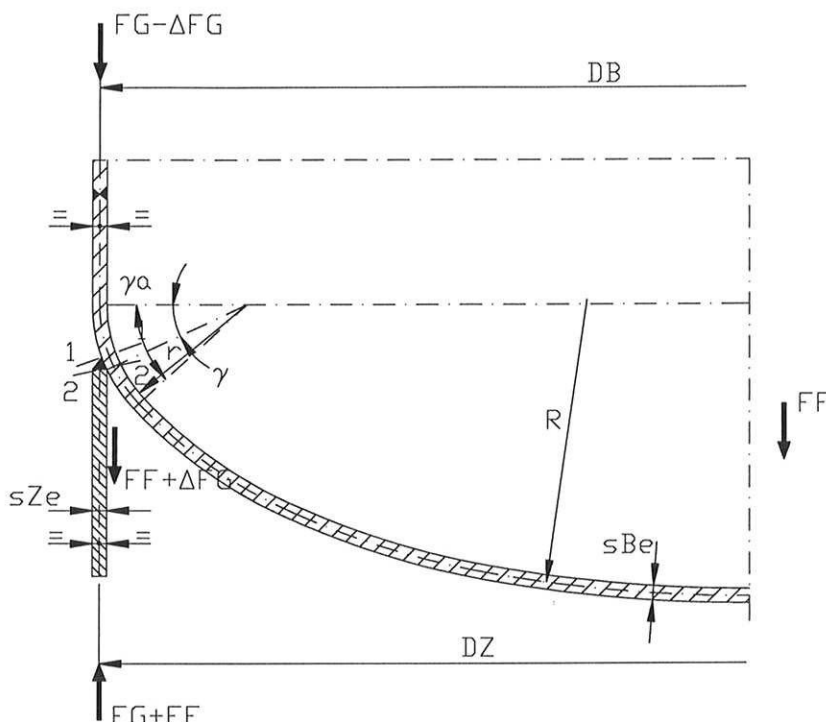
Zaključak Izvedena debljina zida suda u preseku x - x (s = 16 mm) zadovoljava

**PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)**

P-36

T-2080

Proračun prema: AD-MERKBLATT S 3/1 6.86



1

**1. OZNAKE, JEDINICE I VELIČINE**

$C_{B1}$	= 0.50	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje mera materijala danca
$C_{B2}$	= 3.00	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima danca korozijom i habanjem
$C_{Z1}$	= 0.50	mm	Dodatak za dozvoljeno odstupanje mera materijala oslonca
$C_{Z2}$	= 3.00	mm	Dodatak zbog smanjenja debljine lima oslonca korozijom i habanjem
$D_{Ba}$	= 2600.00	mm	Spoljni prečnik danca
$D_{Za}$	= 2600.00	mm	Spoljni prečnik oslonca
$F_F$	= 392.00	kN	Težina radne materije
$F_F'$	= 280.00	kN	Težina ispitne materije
$F_G$	= 360.00	kN	Težina prazne posude
$\Delta F_G$	= 30.00	kN	Težina prazne posude ispod preseka 2-2
$K_B$	= 165.70	MPa	Proračunska čvrstoća materijala danca na proračunskoj temperaturi
$K_B'$	= 182.00	MPa	Proračunska čvrstoća materijala danca na sobnoj temperaturi
$M_W$	= 147.59	N·m	Moment od spoljnog opterećenja na spoju oslonca i danca
$p_H$	= 1.34	bar	Hidrostatski pritisak radne materije
$p_H'$	= 0.73	bar	Hidrostatski pritisak ispitne materije
$p_U$	= 10.00	bar	Nadpritisak radne materije
$p_U'$	= 13.00	bar	Nadpritisak ispitne materije
$s_{Be}$	= 16.00	mm	Izvedena debljina zida danca
$s_{Ze}$	= 16.00	mm	Izvedena debljina zida oslonca
$S_B$	= 1.50	-	Stepen sigurnosti materijala danca pri proračunskoj temperaturi
$S_B'$	= 1.10	-	Stepen sigurnosti materijala danca pri ispitnom pritisku

**PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)**

P-37

T-2080

**2. PRORAČUN**

**2.1 Radni uslovi**

	$p_U = 0$	$p_U$	
Srednji prečnik danca $D_B = D_{Ba} - s_{Be} + c_B l + c_B 21$	2587.50		mm
Vertikalna sila od oslonca, na izloženoj strani posude $F_{Z.luv} = \frac{4 \cdot M_W}{D_B} - F_G - F_F 2$	-523.84		N
Vertikalna sila od oslonca, na pritisutoj strani posude $F_{Z.lee} = -\frac{4 \cdot M_W}{D_B} - F_G - F_F 3$	-980.16		N
Debljina zida danca bez dodatka $s_B = s_{Be} - c_B l - c_B 24$	12.50		mm
Srednji prečnik oslonca $D_Z = D_{Za} - s_{Ze} + c_Z l + c_Z 25$	2587.50		mm
Debljina zida oslonca bez dodatka $s_Z = s_{Ze} - c_Z l - c_Z 26$	12.50		mm
Poluprečnik torusnog dela danca, plitkog $r = 0,1 \cdot D_{Ba} 7$ ili dubokog $r = 0,154 \cdot D_{Ba} 8$	400.40		mm
Ugao dodira oslonca i danca $\gamma = \arccos \left[ 1 - \frac{D_B + s_B - D_Z + s_Z}{2 \cdot (r + s_B)} \right] \leq \gamma_a 9$	14.1		°
Granični ugao dodira oslonca i danca $\gamma_a 10$	40		°
Krak vertikalne sile $a = \frac{l}{2} \cdot \sqrt{s_B^2 + s_Z^2 + 2 \cdot s_B \cdot s_Z \cdot \cos \gamma} 11$	12.41		mm
Moment od vertikalne sile, na izloženoj strani posude $M_{luv} = a \cdot F_{Z.luv} 12$	-6.50		N·mm
Moment od vertikalne sile, na pritisutoj strani posude $M_{lee} = a \cdot F_{Z.lee}$	-12.16		N·mm



PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)			P-38
			T-2080
	$p_U = 0$	$p_U$	
Membranski napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude $\sigma_{1.luv}^m = \frac{F_{Z.luv} + F_F + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m \quad 14$	-1.00	50.75	MPa
Membranski napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude $\sigma_{1.lee}^m = \frac{F_{Z.lee} + F_F + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m \quad 15$	-5.49	46.26	MPa
Membranski napon u preseku 2-2 $\sigma_2^m = \frac{F_F + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m \quad 16$	4.15	55.90	MPa
Najveći dozvoljeni membranski napon $\sigma_{zul}^m = \frac{K_B}{S_B} \quad 17$	110.47		MPa
Korekcionni faktor $C = 0,63 - 0,057 \cdot \left( \frac{s_B}{s_Z} \right)^2 \quad 18$ kada je $0,5 \leq \frac{s_B}{s_Z} \leq 2,25 \quad 19$	0.57		-
Napon savijanja u preseku 1-1, na izloženoj strani posude $\sigma_{luv}^b = C \cdot \frac{6 \cdot M_{luv}}{\pi \cdot D_B \cdot s_B^2} \quad 20$	-17.59		MPa
Napon savijanja u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude $\sigma_{lee}^b = C \cdot \frac{6 \cdot M_{lee}}{\pi \cdot D_B \cdot s_B^2} \quad 21$	-32.91		MPa
Koeficijent oblika danca (Sl. 1) $\alpha \quad 22$	4.14		-
Dodatni napon $\sigma_k = \frac{(p_U + p_H) \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \cdot \left( \frac{\gamma}{\gamma_a} \cdot \alpha - 1 \right) \quad 23$	3.21	27.15	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{1.luv}^i = \sigma_{1.luv}^m - \sigma_{luv}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul} \quad 24$	19.80	95.49	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{1.lee}^i = \sigma_{1.lee}^m - \sigma_{lee}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul} \quad 25$	30.63	106.32	MPa

PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)			P-39
			T-2080
	$p_u = 0$	$p_u$	
Ukupni napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{1.luv}^a = \sigma_{1.luv}^m + \sigma_{luv}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 26	-21.80	6.00	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{1.lee}^a = \sigma_{1.lee}^m + \sigma_{lee}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 27	-41.61	-13.81	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na izloženoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{2.luv}^i = \sigma_2^m + \sigma_{luv}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 28	-10.23	65.47	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na pritisnutoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{2.lee}^i = \sigma_2^m + \sigma_{lee}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 29	-25.55	50.15	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na izloženoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{2.luv}^a = \sigma_2^m - \sigma_{luv}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 30	18.53	46.34	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na pritisnutoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{2.lee}^a = \sigma_2^m - \sigma_{lee}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 31	33.86	61.66	MPa
Proračunski koeficijent (Sl. 1) $\delta$ 32	1.89		-
Najveći dozvoljeni ukupni napon $\sigma_{zul} = \delta \cdot \frac{K_B}{S_B}$ 33	208.60		MPa

**PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)**

P-40

T-2080

**2.2 Ispitni uslovi**

	$p_U' = 0$	$p_U'$	
Srednji prečnik danca $D_B = D_{Ba} - s_{Be} + c_B l + c_B z_{34}$	2587.50		mm
Vertikalna sila od oslonca, na izloženoj strani posude $F_{Z.luv} = \frac{4 \cdot M_W}{D_B} - F_G - F_{F'} \quad 35$	-411.84		N
Vertikalna sila od oslonca, na pritisnutoj strani posude $F_{Z.lee} = -\frac{4 \cdot M_W}{D_B} - F_G - F_{F'} \quad 36$	-868.16		N
Debljina zida danca bez dodataka $s_B = s_{Be} - c_B l - c_B z_{37}$	12.50		mm
Srednji prečnik oslonca $D_Z = D_{Za} - s_{Ze} + c_Z l + c_Z z_{38}$	2587.50		mm
Debljina zida oslonca bez dodataka $s_Z = s_{Ze} - c_Z l - c_Z z_{39}$	12.50		mm
Poluprečnik torusnog dela danca, plitkog $r = 0,1 \cdot D_{Ba} \quad 40$ ili dubokog $r = 0,154 \cdot D_{Ba} \quad 41$	400.40		mm
Ugao dodira oslonca i danca $\gamma = \arccos \left[ 1 - \frac{D_B + s_B - D_Z + s_Z}{2 \cdot (r + s_B)} \right] \leq \gamma_a \quad 42$	14.1		°
Granični ugao dodira oslonca i danca $\gamma_a \quad 43$	40		°
Krak vertikalne sile $a = \frac{l}{2} \cdot \sqrt{s_B^2 + s_Z^2 + 2 \cdot s_B \cdot s_Z \cdot \cos \gamma} \quad 44$	12.41		mm
Moment od vertikalne sile, na izloženoj strani posude $M_{luv} = a \cdot F_{Z.luv} \quad 45$	-5.11		N·mm
Moment od vertikalne sile, na pritisnutoj strani posude $M_{lee} = a \cdot F_{Z.lee} \quad 46$	-10.77		N·mm
Membranski napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude $\sigma_{l.luv}^m = \frac{F_{Z.luv} + F_{F'} + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U' \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m \quad 47$	66.27	66.27	MPa

PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)			P-41
			T-2080
	$p_U' = 0$	$p_U'$	
Membranski napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude $\sigma_{1.lee}^m = \frac{F_{Z.lee} + F_{F'} + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U' \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m$ 48	61.78	61.78	MPa
Membranski napon u preseku 2-2 $\sigma_2^m = \frac{F_{F'} + \Delta F_G}{\pi \cdot D_B \cdot s_B} + \frac{p_U' \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \leq \sigma_{zul}^m$ 49	70.33	70.33	MPa
Najveći dozvoljeni membranski napon $\sigma_{zul}^m = \frac{K_{B'}}{S_{B'}}$ 50	165.45		MPa
Korekcionni faktor $C = 0,63 - 0,057 \cdot \left( \frac{s_B}{s_Z} \right)^2$ 51 kada je $0,5 \leq \frac{s_B}{s_Z} \leq 2,25$ 52	0.57		-
Napon savijanja u preseku 1-1, na izloženoj strani posude $\sigma_{luv}^b = C \cdot \frac{6 \cdot M_{luv}}{\pi \cdot D_B \cdot s_B^2}$ 53	-13.83		MPa
Napon savijanja u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude $\sigma_{lee}^b = C \cdot \frac{6 \cdot M_{lee}}{\pi \cdot D_B \cdot s_B^2}$ 54	-29.15		MPa
Koeficijent oblika danca (Sl. 1) $\alpha$ 55	4.14		-
Dodatni napon $\sigma_k = \frac{(p_U' + p_{H'}) \cdot D_B}{4 \cdot s_B} \cdot \left( \frac{\gamma}{\gamma_a} \cdot \alpha - 1 \right)$ 56	31.13	32.87	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{1.luv}^i = \sigma_{1.luv}^m - \sigma_{luv}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 57	111.23	112.97	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{1.lee}^i = \sigma_{1.lee}^m - \sigma_{lee}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 58	122.06	123.80	MPa
Ukupni napon u preseku 1-1, na izloženoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{1.luv}^a = \sigma_{1.luv}^m + \sigma_{luv}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 59	21.31	19.58	MPa

PRORAČUN LOKALNIH NAPONA U ISPUPČENOM DANCU VERTIKALNE POSUDE POD PRITISKOM USLED OPTEREĆENJA OSLONCEM - SUKNJOM (SLIKA 2)			P-42
			T-2080
	$p_U' = 0$	$p_U'$	
Ukupni napon u preseku 1-1, na pritisnutoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{1.lee}^a = \sigma_{1.lee}^m + \sigma_{lee}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 60	1.50	-0.24	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na izloženoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{2.luv}^i = \sigma_2^m + \sigma_{luv}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 61	87.63	89.37	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na pritisnutoj strani posude, na unutrašnjoj strani zida danca $\sigma_{2.lee}^i = \sigma_2^m + \sigma_{lee}^b + \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 62	72.30	74.04	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na izloženoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{2.luv}^a = \sigma_2^m - \sigma_{luv}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 63	53.03	51.29	MPa
Ukupni napon u preseku 2-2, na pritisnutoj strani posude, na spoljnoj strani zida danca $\sigma_{2.lee}^a = \sigma_2^m - \sigma_{lee}^b - \sigma_k \leq \sigma_{zul}$ 64	68.35	66.61	MPa
Proračunski koeficijent (Sl. 1) $\delta$ 65	1.89		-
Najveći dozvoljeni ukupni napon $\sigma_{zul} = \delta \cdot \frac{K_{B'}}{S_{B'}}$ 66	312.44		MPa



MAŠINSKI  
FAKULTET  
BEOGRAD

KONTROLNI PRORAČUN ČVRSTOĆE  
TANKA SUMPORNE KISELINE

T-2080 A

## 7. ZAKLJUČAK





## 7. ZAKLJUČAK

Svi delovi TANKA SUMPORNE KISELINE dimenzionisani su u skladu sa odredbama "Pravilnika o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom", Sl. list SFRJ br. 16 od 1. aprila 1983. godine za proračunski pritisak  $p_{\max} = 10,0/\text{vak bar}$ .

Pri dejstvu max. dozvoljenog radnog pritiska  $p_{\max} = 10,0/\text{vak bar}$ , dodatak za koroziju na svim elementima tanka sumporne kiseline koji se proračunavaju na čvrstoću veći je od 1,0 mm.

Pri izradi kontrolnih proračuna čvrstoće za merodavnu vrednost proračunske čvrstoće je usvojena minimalna vrednost napona na granici tečenja na proračunskoj temperaturi za čelike koji su prema dokumentaciji proizvođača upotrebljeni za izradu elemenata tanka sumporne kiseline.

Ispravnost upotrebljenog oblika posude i njenih delova, dokazana je kontrolnim proračunom čvrstoće prema važećim srpskim standardima.

Ostvareni nivo bezbednosti i pouzdanosti nije niži od nivoa koji se zahteva srpskim propisima i standardima, pa se može odobriti normalan rad tanka sumporne kiseline sa proračunskim pritiskom  $p_{\max} = 10,0/\text{vak bar}$ .

Kontrolni proračun čvrstoće dostaviti na pregled i overu nadležnoj Inspekciji za opremu pod pritiskom.



ODGOVORNI PROJEKTANT

*[Signature]*