

6. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE O  
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE  
INDUSTRIJE



6 th INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON ACCOMPLISHMENTS OF  
ELETRICAL AND MECHANICAL  
INDUSTRIES

# ZBORNIK RADOVA

## PROCEEDINGS



UNIVERZITET U BANJALUCI  
MAŠINSKI FAKULTET



"METAL" a.d. BANJALUKA  
BANJALUČKI VELESAJAM

6. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE O  
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE  
INDUSTRIJE

BANJALUKA  
DEMI  
2003

6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON ACCOMPLISHMENTS OF  
ELECTRICAL AND MECHANICAL  
INDUSTRIES

30. i 31. 5. 2003. god

**ZBORNIK RADOVA 6. MEĐUNARODNOG SAVJETOVANJA O  
DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE INDUSTRIJE**

**PROCEEDINGS OF THE 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL AND MECHANICAL  
INDUSTRIES**

**Izdavač  
Publisher**

**MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA**

**Urednik  
Editor**

**Dr Drago Blagojević, red. prof.**

**Recezentски tim  
Reviewer's team**

**Dr Drago Blagojević, red. prof.  
Dr Milan Šljivić, red. prof.  
Dr Aleksa Blagojević, red. prof.  
Dr Milan Đudurović, red. prof.  
Dr dr Veljko Đuričković, red. prof.  
Dr Prof. dr Vid Jovišević, vanr. prof.  
Dr Slavko Sebastijanović, vanr. prof.  
Dr Miroslav Rogić, vanr. prof.  
Dr Ostoja Miletić, vanr. prof.  
Dr Snežana Petković, doc.  
Dr Milosav Đurđević, doc.**

**Tehnička obrada i dizajn  
Technical treatment and design**

**Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.**

**Tiraž  
Circulation**

**300 primjeraka**

**NAUČNI ODBOR  
PROGRAMME COMMITTEE**

---

*Banabic Dorel, Universitet Cluj Napaca*  
*Blagojević Drago, MF Banjaluka*  
*Božić Milorad, ETF Banjaluka*  
*Bojanić Pavao, MF Beograd*  
*Bulatović Miodrag, MF Podgorica*  
*Duboka Čedomir, MF Beograd*  
*Đudurović Milan, MF Banjaluka*  
*Đuričković Veljko, MF Banjaluka*  
*Georgijević Milisav, FTN Novi Sad*  
*Janković Dimitrije, MF Beograd*  
*Jovanović Relja, CIP Beograd*  
*Kojić Miloš, MF Kragujevac*  
*Miletić Ostoja, MF Banjaluka*  
*Mrđa Jovo, MF B. Luka*  
*Plančak Miroslav, FTN Novi Sad*  
*Ružić Dobroslav, MF Beograd*  
*Sebastijanović Slavko, SF Slavonski Brod*  
*Stefanović Milentije, MF Kragujevac*  
*Šarenac Momir, MF Srpsko Sarajevo*  
*Šljivić Milan, MF Banjaluka*  
*Tufekčić Džemal, MF Tuzla*  
*Veinović Stevan, MF Kragujevac*  
*Wagner Stefan, Universitat Stuttgart*

**ORGANIZACIONI ODBOR  
ORGANIZING COMMITTEE**

---

*Drago Blagojević, predsjednik, MF Banjaluka*  
*Ostoja Miletić, MF Banjaluka*  
*Milan Šljivić, MF Banjaluka*  
*Sveto Kovačević, gen. direktor, Metal Banjaluka*  
*Dragoljub Bojanić, direktor Velesajma, Banjaluka*  
*Biljana Prochaska MF Banjaluka*

# SADRŽAJ

## UVODNI REFERATI

1.	Djordje G. Kozić, Jelena M. Malenović: KONCEPT ODRŽIVOG RAZVOJA U TERMOTEHNICI I ENERGETICI _____	1
2.	Milan Šljivić: DOSTIGNUĆA I PERSPEKTIVE RAZVOJA PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA _____ Milosav Ognjanović:	11
3.	FENOMENI VIBRACIJA ZUPČANIKA U SUPERKRITIČNOM PODRUČJU FREKVENCIJA SPREZANJA ZUBACA _____	23
4.	Miroslav Rogić: POTENCIJAL I RAZVOJNE MOGUĆNOSTI NANOTEHNOLOGIJA _____	33

## A. PROIZVODNE TEHNOLOGIJE I INŽENJERSTVO

### A1. OBRADNI SISTEMI

1.	M. Stefanović, V. Mandić, M. Živković, S. Aleksandrović: FIZIČKO I NUMERIČKO MODELIRANJE DEFLEKSIONIH POJAVA KOD TANKIH LIMOVA - YOSHIDA TEST _____	45
2.	Plancak, M., Vilotić, D., Jevremov, J.: DIMENZIONI EFEKAT (SIZE EFFECT) U OBLASTI PLASTIČNOG DEFORMISANJA _____	51
3.	I. Budić, D. Novoselović MJERENJE ZAOSTALIH NAPREZANJA U ODLJEVCIMA _____	55
4.	P. Dakić, B. Pejović ODREĐIVANJE TEMPERATURSKE FUNKCIJE PRI PERIODIČNOJ STRUGARSKOJ OBRADI PRIMENOM NOVOG MODELA _____	61
5.	B. Pejović P. Dakić: JEDAN PREDLOG ZA LABORATORIJSKO ODREĐIVANJE MERČANTOVE KONSTANTE I UGLA TRENJA PRI OBRADI NA STRUGU _____	67
6.	Miroslav R. Radovanović: CHARACTERISTICS OF MATERIAL IN ZONE OF LASER CUT _____	73
7.	S. Aleksandrović, M. Stefanović, V. Mandić, T. Vujinović: PERSPEKTIVE PRIMENE I AKTUELNA PITANJA OBRADIVOSTI LIMOVA POVEĆANE ČVRSTOĆE _____	79
8.	Saša Živanović, Radomir Ivanović: SIMULACIJE KINEMATIKE TROOSNE PARALELNE MAŠINE _____	85
9.	Karabegović Edina, Rošić Husein, Mahmić Mehmed: MATEMATIČKO MODELIRANJE POSTOJANOSTI ALATA U FUNKCIJI BRZINE, POSMAKA I DUBINE REZANJA _____	91
10.	Matin I., Kovač R., Hodolić J.: PRIMENA PRO/E MODULA ZA DIZAJNIRANJE KALUPNIH ŠUPLJINA KOKILE KLIPA M-3 _____	97

11. Boško Mišić, Simo Bajić, Zdravko Božičković:  
PRIMJENJIVOST METODA IZRADE CJEVASTIH ELEMENATA SA SLOŽENIM  
UZDUŽNIM I POPREČNIM PRESJEKOM \_\_\_\_\_ 101
12. Gordana Lakić Globočki:  
MODELIRANJE I SIMULACIJA PROCESA REZANJA \_\_\_\_\_ 107
13. Borislav Kovljenić:  
INTEGRISANO CAD/CAM/CAE OKRUŽENJE ZA PROJEKTOVANJE LIVENIH  
PROIZVODA OD PLASTIKE I ODGOVARAJUĆIH ALATA \_\_\_\_\_ 115
14. M. Soković, P. Panjan and R. Kimn:  
POSSIBILITY OF IMPROVEMENT OF DIES CASTING TOOLS - DUPLEX  
TREATMENT \_\_\_\_\_ 121
15. Ostoja Miletić, Mladen Todić:  
TOK DEFORMACIJE PRI PRESAVIJANJU NA 180° \_\_\_\_\_ 125

## A2. MATERIJALI

16. Lepasava Šidanin i Katarina Gerić:  
MIKROSTRUKTURA I ŽILAVOST LOMA  $K_{IC}$  ADI MATERIJALA \_\_\_\_\_ 135
17. M S.Trifunović, B D. Nedeljković, S. Nikezić:  
TRIBOLOŠKA I MEHANIČKA SVOJSTVA KOMPOZITA SA METALNOM  
MATRICOM NA BAZI LEGURE BAKAR-CINK \_\_\_\_\_ 141
18. Mile Stojilković:  
ORGANIZACIJA PODMAZIVANJA \_\_\_\_\_ 147
19. Dušan Ješić:  
METODOLOGIJA MJERENJA I IZBORA MEHANIČKIH I TRIBOLOŠKIH  
KARAKTERISTIKA MATERIJALA \_\_\_\_\_ 153
20. Miodrag Arsić, Živče Šarkočević, Vujadin Aleksić, Zijah Burzić:  
UTICAJ UNETE KOLIČINE TOPLOTE PRI ZAVARIVANJU NA ŽILAVOST  
METALA ŠAVA CEVI IZRAĐENIH OD ČELIKA POVIŠENE ČVRSTOĆE \_\_\_\_\_ 159
21. Radenko M. Zrilić, Jandrić Mirko:  
ISTRAŽIVANJE UTICAJA TERMIČKE OBRADU, STEPENA DEFORMACIJE I  
NAPONSKOG STANJA NA INTENZITET NAPONA KRIVE TEČENJA  
(OČVRŠĆAVANJA) \_\_\_\_\_ 165
22. B.Nedeljković, R.Filipović S.Kočanović:  
ISPITIVANJE ULJA ZA TERMIČKU OBRADU \_\_\_\_\_ 171
23. Milutin Živković, Ljubodrag Đorđević, Ljubomir Bogdanov, Dragan Golubović:  
GRAFO-ANALITIČKA APROKSIMACIJA KRIVE OJAČAVANJA Č.4721 U  
HLADNOM STANJU METODOM ISTEZANJA \_\_\_\_\_ 177
24. Olivera Erić, Zoran Mišković, Lepasava Šidanin:  
IDENTIFIKACIJA KARBIDNIH FAZA U ADI MATERIJALU \_\_\_\_\_ 183

## A3. PROIZVODNI SISTEMI

25. Plančak M., Koch H.W.:  
KOMERCIJALNI RAPID PROTOTYPING SISTEMI \_\_\_\_\_ 189
26. Ilija Čosić, Zoran Anišić, Bojan Lalić:  
MODULARNOST KAO KLJUČNI KONCEPT U PROJEKTOVANJU ZA ŽIVOTNI  
CIKLUS PROIZVODA \_\_\_\_\_ 193
27. Михаил Лепаров:  
К ВОПРОСУ МУЛЬТИПЛИЦИРОВАНИЯ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ \_\_\_\_\_ 201

12.	Dušan Jovanić, Milorad Rančić, Andraš Herold: ODREĐIVANJE NAPADNOG UGLA PROFILA CILINDRIČNIH ZUPČANIK A IZ POZNATE VREDNOSTI EVOLVENTNE FUNKCIJE_____	405
13.	Alic Carmen Inge: ESTIMATING SURVEY ON THE EXPLOITATION SAFETY OF METAL SHEDS WITH TRAVELING CRANES_____	411
✓ 14.	Vujadin Aleksić, Miodrag Arsić, Zoran Anđelković: MODELIRANJE I METODOLOŠKI PRISTUP PRORAČUNU ČVRSTOĆE NOSEĆE STRUKTURE TERETNOG KONTEJNERA ICC_____	417
15.	Milutin Živković, Dragan Golubović: ANALIZA KONTAKTNIH NAPREZANJA U ELASTIČNOJ OBLASTI PRI KALIBRACIJI LANACA SA ALKAMA_____	423
16.	Nadežda Subara, Saša Stojković, Saša Radulović: LOMOVI USLED ZAMORA ELEMENATA ŽELEZNIČKIH STRUKTURA_____	429
17.	Momir Šarenac, Aleksandar Košarac, Arpad Pastor: ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA MODELA SKLOPA GLAVNOG VRETENA PRIMJENOM PROGRAMSKIH SISTEMA ZA ANALIZU METODOM KONAČNIH ELEMENATA_____	435
18.	Vanja Šušteršič, Nebojša Jovičić, Dušan Gordić, Milan Despotović: MATEMATIČKI MODEL RADA LAMELASTIH FRIKCIJONIH SPOJNICA U AUTOMATSKOJ TRANSMISIJI_____	441
19.	Sava Ianici: METODA KONAČNIH ELEMENATA U IZUČAVANJU DINAMIČNOSTI DVOSTEPENE TALASNE TRANSMISIJE_____	447
✓ 20.	Vujadin Aleksić, Miodrag Arsić, Zoran Anđelković: PRILOG ANALIZI IZBORA ČELIČNOG VODOTORNJA U FUNKCIJI PARAMETARA EKSPLOATACIJE_____	453
21.	Rodoljub Vujanac, Radovan Slavković, Miroslav Živković: PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA U PRORAČUNIMA TANKOZIDNIH ČELIČNIH KONSTRUKCIJA – PRORAČUN VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA HEMOFARM BANJA LUKA_____	459
22.	Dobrivoje Čatić, Svetislav Jovičić: TRANSFORMACIJA OPŠTIH JEDNAČINA ZA ANALITIČKO ODREĐIVANJE POUZDANOSTI_____	465
23.	Jelena Govedarović, Zorica Đorđević: UTICAJ SPOLJAŠNJE SREDINE NA NAPONSKO STANJE ZUPČANIK A IZRAĐENIH OD KOMPOZITNIH MATERIJALA_____	471
24.	Đorđević Zorica, Govedarović Jelena: NEKE KARAKTERISTIKE VRATILA IZRAĐENIH OD KOMPOZITNIH MATERIJALA_____	477
25.	Blagojević Mirko, Nikolić Vera: ANALIZA SILA KOJE DEJSTVUJU NA CIKLOZUPČANIK SA IDEALNIM PROFILOM_____	483

## C. SAOBRAĆAJNA SREDSTVA

### C1. MOTORI

1.	R. Pešić, S. Veinović: NOVA GENERACIJA MOTORA SA UNUTRAŠNJI M SAGOREVANJEM SIMBIOZOM DOBRIH STRANA OTO I DIZEL PROCESA_____	491
----	---	-----

## PRILOG ANALIZI IZBORA ČELIČNOG VODOTORNJA U FUNKCIJI PARAMETARA EKSPLOATACIJE

Vujadin Aleksić<sup>1</sup>, Miodrag Arsić<sup>2</sup>, Zoran Anđelković<sup>3</sup>

*Rezime:* U radu je dat algoritam izbora čeličnog vodotoranja u tehnološkom lancu snabdevanja vodom imajući u vidu pozitivne i negativne strane ograničavajućih faktora eksploatacije. Naročito je ukazano na faktore koji utiču na sigurnost konstrukcije u eksploataciji.

*Ključne reči:* čelični vodotoranj, analiza

### CONTRIBUTION TO ANALYSIS OF SELECTION OF STEEL WATER TOWER IN FUNCION OF EXPLOATATION PARAMETERS

*Abstract:* This paper presents algorithm for steel water tower selection in water supply technological chain, taking into consideration positive and negative aspects of exploitation limitations. Structure safety aspects are emphasized.

*Keywords:* steel water tower, analysis

#### 1. UVOD

Jedan od najvažnijih objekata u sistemu vodosnabdevanja (tehničkom vodom ili vodom za piće) je rezervoar za vodu ili vodotoranj. Služe za akumulaciju rezervi vode i ujednačavanje rada pumpnih stanica. Osim toga ovi objekti regulišu pritisak i potrošnju vode u vodovodnoj mreži. Za razliku od rezervoara vodotoranj ima noseću konstrukciju (noseći stub) i može biti postavljen na ravnom ili uzvišenom terenu. Najčešće se postavlja u ravninama radi obezbeđenja odgovarajućeg pritiska u vodovodnoj mreži u lancu nekog tehnološkog procesa ili vode za piće.

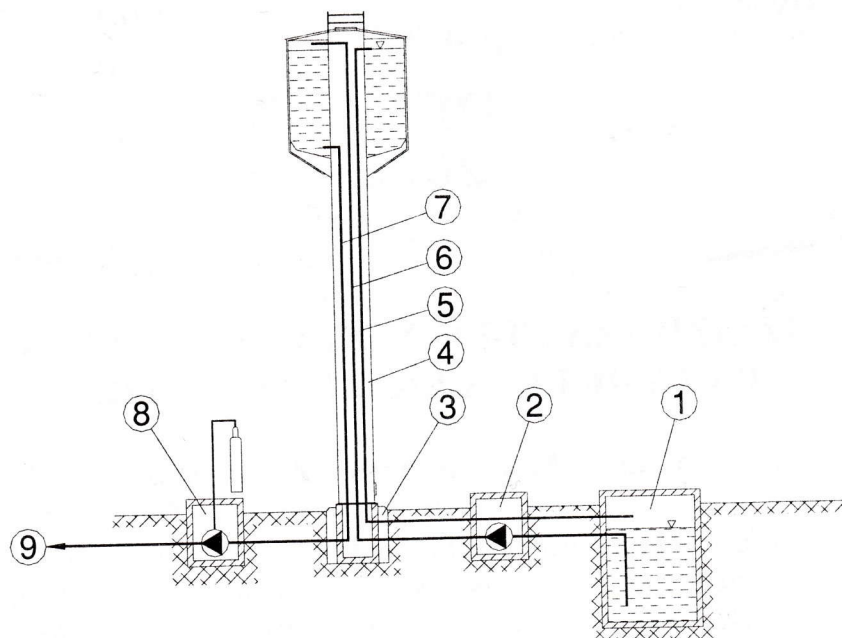
#### 2. ČELIČNI VODOTORANJ KAO DEO SISTEMA VODOSNABDEVANJA

Vodotornjevi se izrađuju od različitih materijala: armirani beton, cigla, čelik, kombinacija ovih materijala. Svetski trend su čelični vodotornjevi zbog jednostavne konstrukcije i neograničene mogućnosti izrade vodotornjeva različitih oblika u funkciji integriteta konstrukcije, uštede u materijalu i lakšeg održavanja objekta u eksploataciji. Različite kombinacije oblika rezervoara i nosećeg stuba omogućavaju akumulacije od 10 do 500 m<sup>3</sup> vode u rezervoaru, pa i više. Na sl. 1 je prikazan vodotoranj u tehnološkoj shemi vodosnabdevanja.

<sup>1</sup> Vujadin Aleksić, istraživač saradnik, Beograd, GOŠA Institut, v\_aleksic@hotmail.com,

<sup>2</sup> Miodrag Arsić, naučni saradnik, Beograd, GOŠA Institut, razvoj@verat.net

<sup>3</sup> Zoran Anđelković, dipl.maš.inž., Beograd, GOŠA Institut, razvoj@verat.net



Slika 1. 1-bunar, 2-pumpna stanica, 3-temelj vodotornja, 4-vodotoranj, 5-prelivni vod, 6-potisni vod, 7-povratni vod, 8-stanica za hlorisanje i prečišćavanje vode, 9-krajnji potrošači

Prateći objekti vodotornja su:

- Bunar iskopan u neposrednoj blizini vodotornja koji može da obezbedi odgovarajući kapacitet;
- Pumpna stanica sa odgovarajućim brojem pumpi (najmanje dve, jedna radna i jedna rezervna) odgovarajućeg kapaciteta uslovljenog kapacitetom rezervoara čiji rad će obezbediti pouzdano vodosnabdevanje;
- Električna mreža potrebna za elektroosnabdevanje pumpne stanice i potrošača u i na vodotornju;

### 3. OSNOVNI ELEMENTI ČELIČNIH VODOTORNJEVA

Čelični vodotoranj se sastoji iz rezervoara sfernog ili cilindričnog oblika. Prečnik sfere ili prečnik i visina cilindra i debljina plašta su u funkciji kapaciteta vodotornja. Noseći stub može biti različitog oblika (cev, konus, rešetka) i visine  $H=30+50$  m, zavisno od toga koliki se pritisak želi postići u vodovodnoj mreži. Oslonci su u obliku prirubnice ili zgloba, zavisno od toga da li vodotoranj ima zatege (sajle) ili ne. Prateća oprema su i cevovodi (potisni, povratni i prelivne cevi), priključni ormari za napajanje potrošača u i na rezervoaru, instalacija za osvetljavanje, signalizaciju i regulisanje nivoa vode u rezervoaru i gromobranska instalacija.

**Rezervoar** zavisno od kapaciteta ima odgovarajući oblik i dimenzije. Sastavljen je iz međusobno zavarenih segmenata lima odgovarajuće debljine. Termički je izolovan slojem mineralne vune i obložen pocinkovanim limom.

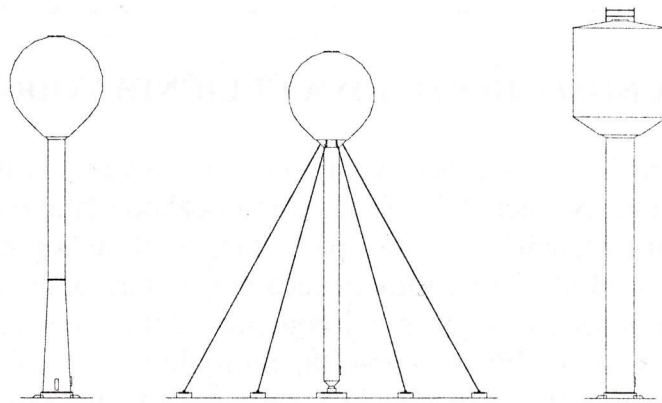
**Noseći stub** na kome se nalazi rezervoar je izrađen zavarivanjem kružnih šavnih cevi odgovarajućeg prečnika i debljine zida ili kao rešetkasti nosač izveden zavarivanjem. Donji deo stuba se završava konusom (kod vodotornja sa sajlama) ili prirubnicom (kod vodotornja bez sajli). Unutar nosećeg stuba nalazi se cevovod, el. instalacija i merdevine.

**Oslonac** je okrugla ploča sa temeljnom čašicom na sredini, na koju se naslanja stubna kugla (kod vodotornjeva sa sajlama) ili prirubnica koja se veže za temeljnu ploču.

**Cevovodi** (potisni, povratni, prelivni i za potpuno pražnjenje) su izrađeni od PVC ili čeličnog materijala.



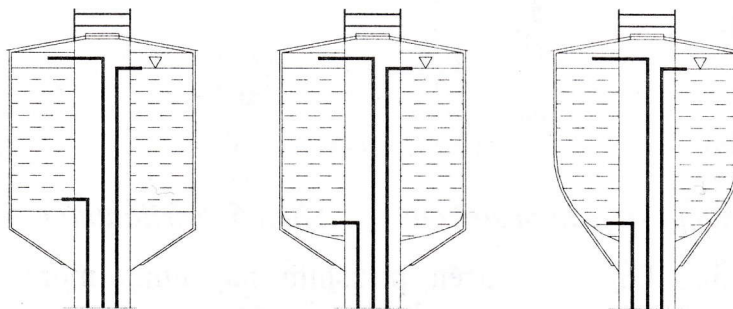
Na sl. 2 su prikazana neka od varijantnih rešenja vodotornjeva s obzirom na oblik i konstrukciju.



Slika 2. Različite izvedbe čeličnih vodotornjeva

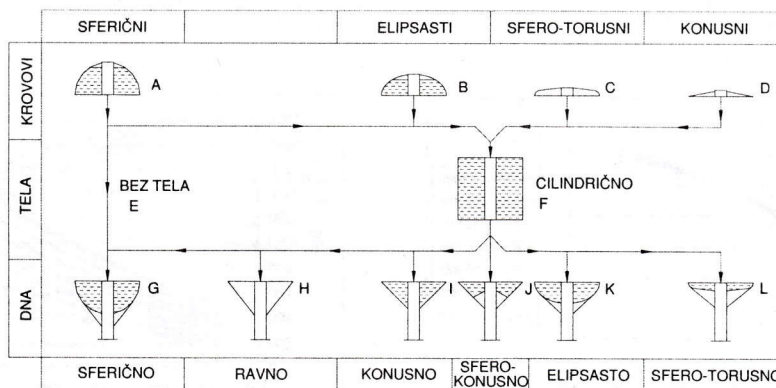
#### 4. ANALIZA REŠENJA OBLIKA REZERVOARA ČELIČNIH VODOTORNJEVA

Oblici rezervoara mogu biti različiti, a uticajni faktori su: čvrstoća rezervoara i stabilnost vodotornja pod uticajem vetra, tehnoložnost izrade, transporta i montaže kao i sam kapacitet rezervoara. Svi oblici rezervoara na mestu spajanja rezervoara i nosećeg stuba imaju ojačavajuća rebra. Težina vode u rezervoaru prouzrokuje hidrostatički pritisak u rezervoaru čiji intenzitet je najveći na samom dnu rezervoara koje takođe može da ima različit oblik (ravno dno, torisferično, sferično), sl. 3. Pri izboru oblika rezervoara potrebno je voditi računa i o obliku dna (sa rebrima, bez, sa kragom, ravno, sferno itd...) da bi se izbegao fenomen pritiska "igle na balon".



Slika 3. Različite izvedbe dna rezervoara

I ostali elementi rezervoara kao što su krov i telo rezervoara mogu imati različit oblik, sl.4.



Slika 4. Varijantna rešenja elemenata rezervoara

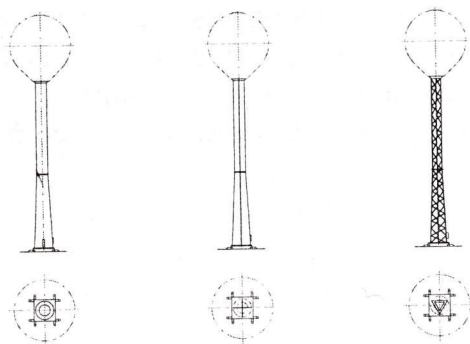
Rezervoar se proračunava na pritisak po važećim standardima JUS M.E2 /1/. Pretpostavka je da je pritisak mase posude zajedno sa masom fluida (vode), na noseći stub veći

od proračunskog unutrašnjeg pritiska i da postoji mogućnost oštećenja posude usled njihovog uticaja, pa se oni moraju uzeti u obzir pri određivanju proračunskog pritiska (tačka 4.5 JUS M.E2.250).

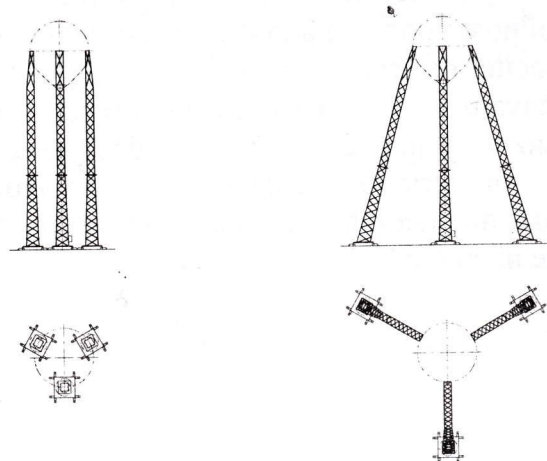
## 5. ANALIZA REŠENJA NOSEĆIH STUBOVA ČELIČNIH VODOTORNJEVA

Kao što postoje različiti oblici rezervoara, tako postoje i različiti oblici nosećih stubova na koje se oslanja rezervoar. Noseći stubovi treba da obezbede čitavom sistemu odgovarajuću nosivost i stabilnost u svim situacijama (vetar, padavine, zemljotres predpostavljen za područje mesta eksploatacije). Neki od oblika su samonoseća cev ili cev poduprta sajlama konstantnog poprečnog preseka, samonoseća cev promenljivog poprečnog preseka, zatim više cevi (tri i više), rešetka konstantnog ili različitog gabarita, radiljalno zavareni limovi konstantnog ili različitog gabaritnog preseka, sl.5. Moguća je i varijanta sa više podupirača rezervoara koji mogu stajati vertikalno ili pod nekim optimalnim uglom, sl.6.

Kod izbora oblika stuba potrebno je izvršiti analizu i sa aspekta održavanja. Naime potrebno je uraditi detaljan elaborat o održavanju vodotornja imajući u vidu opremu koju je potrebno dizati ili provlačiti kroz otvore stuba i rezervoara.



Slika 5. Varijantna rešenja sa jednim stubom

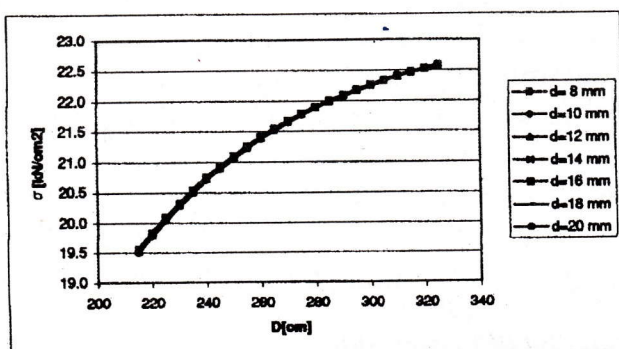


Slika 6. Varijantna rešenja sa više stubova

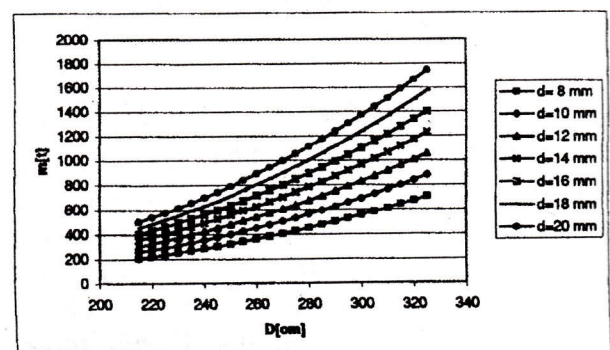
Stub vodotornja, koji je izložen pritiskim naponima mora da zadovolji uslove stabilnosti. Isto važi i za sve ostale elemente koji su izloženi pritisku.

U tab. 2 su prikazani rezultati proračuna stabilnosti stuba sfernog vodotornja kapaciteta 200-500 m<sup>3</sup> sa korakom od 50 m<sup>3</sup> /3/. Merodavni kritični naponi su u osenčenim poljima.

Na sl. 8,9,10 su prikazani rezultati proračuna nosećeg stuba na osnovu podataka iz tab. 2 za različite debljine lima.



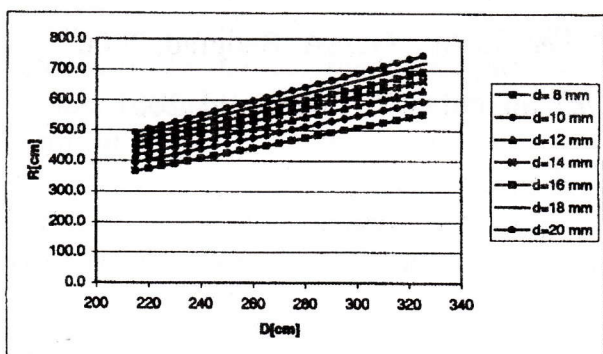
Slika 8. Kritični naponi izvijanja u zavisnosti od prečnika i debljine lima stuba



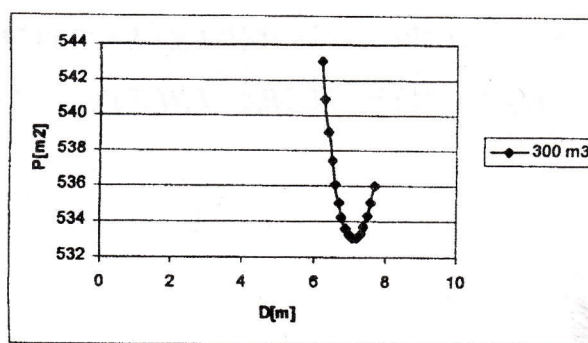
Slika 9. Dozvoljeno opterećenje u zavisnosti od prečnika i debljine stuba

Tabela 2. Rezultati proračuna stabilnosti stuba debljine lima 8 mm

D [cm]	d [cm]	komb. No	l [cm]	I <sub>min</sub> [cm <sup>4</sup> ]	A [cm <sup>2</sup> ]	λ	σ <sub>kr0</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ]	V	σ <sub>kr</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ]	F <sub>kr</sub> [kN]	F [kN]	masa sf. [t]	R sf. [cm]
100	98.4	1	4000.0	306544.1	249.2	228.092	3.98	5.917	6.21	992	198	20	169.0
105	103.4	2	4000.0	355269.9	261.8	217.147	4.39	5.363	6.93	1149	230	23	177.5
110	108.4	3	4000.0	408903.5	274.3	207.205	4.82	4.883	7.67	1323	265	27	186.1
115	113.4	4	4000.0	467680.5	286.9	198.134	5.27	4.465	8.42	1513	303	31	194.6
120	118.4	5	4000.0	531836.3	299.4	189.823	5.75	4.098	9.18	1721	344	35	203.1
125	123.4	6	4000.0	601606.4	312.0	182.182	6.24	3.775	9.94	1946	389	40	211.6
130	128.4	7	4000.0	677226.3	324.6	175.131	6.75	3.489	10.69	2191	438	45	220.1
135	133.4	8	4000.0	758931.6	337.1	168.607	7.28	3.233	11.43	2455	491	50	228.7
140	138.4	9	4000.0	846957.7	349.7	162.551	7.84	3.005	12.16	2740	548	56	237.2
145	143.4	10	4000.0	941540.0	362.2	156.914	8.41	2.801	12.86	3046	609	62	245.7
150	148.4	11	4000.0	1042914.3	374.8	151.656	9.00	2.616	13.54	3374	675	69	254.2
155	153.4	12	4000.0	1151315.8	387.4	146.739	9.62	2.449	14.18	3725	745	76	262.7
160	158.4	13	4000.0	1266980.1	399.9	142.130	10.25	2.298	14.80	4099	820	84	271.3
165	163.4	14	4000.0	1390142.8	412.5	137.802	10.90	2.160	15.39	4497	899	92	279.8
170	168.4	15	4000.0	1521039.3	425.0	133.730	11.58	2.034	15.94	4921	984	100	288.3
175	173.4	17	4000.0	1659905.1	437.6	129.892	12.27	1.919	16.46	5370	1074	109	296.8
180	178.4	18	4000.0	1806975.7	450.2	126.268	12.99	1.813	16.95	5846	1169	119	305.3
185	183.4	19	4000.0	1962486.7	462.7	122.840	13.72	1.716	17.41	6349	1270	129	313.9
190	188.4	20	4000.0	2126673.4	475.3	119.594	14.48	1.627	17.84	6880	1376	140	322.4
195	193.4	21	4000.0	2299771.5	487.8	116.515	15.25	1.544	18.23	7440	1488	152	330.9
200	198.4	22	4000.0	2482016.4	500.4	113.591	16.05	1.468	18.60	8030	1606	164	339.4
205	203.4	23	4000.0	2673643.7	513.0	110.809	16.86	1.397	18.95	8650	1730	176	347.9
210	208.4	24	4000.0	2874888.7	525.5	108.161	17.70	1.331	19.27	9301	1860	190	356.5
215	213.4	25	4000.0	3085987.1	538.1	105.636	18.55	1.269	19.56	9984	1997	204	365.0
220	218.4	26	4000.0	3307174.3	550.6	103.227	19.43	1.212	19.84	10699	2140	218	373.5
225	223.4	27	4000.0	3538685.8	563.2	100.925	20.33	1.159	20.09	11448	2290	233	382.0
230	228.4	28	4000.0	3780757.1	575.8	98.723	21.24	1.109	20.32	12231	2446	249	390.5
235	233.4	28	4000.0	4033623.8	588.3	96.615	22.18	1.062	20.54	13050	2610	266	399.1
240	238.4	28	4000.0	4297521.2	600.9	94.596	23.14	1.018	20.74	13903	2781	283	407.6
245	243.4	28	4000.0	4572685.0	613.4	92.659	24.12	0.977	20.93	14793	2959	302	416.1
250	248.4	28	4000.0	4859350.6	626.0	90.800	25.11	0.938	21.10	15721	3144	321	424.6
255	253.4	28	4000.0	5157753.6	638.6	89.014	26.13	0.901	21.26	16686	3337	340	433.1
260	258.4	28	4000.0	5468129.3	651.1	87.297	27.17	0.867	21.41	17690	3538	361	441.6
265	263.4	28	4000.0	5790713.4	663.7	85.645	28.23	0.834	21.54	18734	3747	382	450.2
270	268.4	28	4000.0	6125741.3	676.2	84.054	29.31	0.804	21.67	19818	3964	404	458.7
275	273.4	28	4000.0	6473448.5	688.8	82.521	30.41	0.775	21.79	20943	4189	427	467.2
280	278.4	28	4000.0	6834070.5	701.4	81.043	31.52	0.747	21.89	22109	4422	451	475.7
285	283.4	28	4000.0	7207842.9	713.9	79.618	32.66	0.721	22.00	23319	4664	475	484.2
290	288.4	28	4000.0	7595001.0	726.5	78.241	33.82	0.696	22.09	24571	4914	501	492.8
295	293.4	28	4000.0	7995780.5	739.0	76.911	35.00	0.673	22.18	25868	5174	527	501.3
300	298.4	28	4000.0	8410416.8	751.6	75.626	36.20	0.651	22.26	27209	5442	555	509.8
305	303.4	28	4000.0	8839145.5	764.2	74.383	37.42	0.629	22.33	28596	5719	583	518.3
310	308.4	28	4000.0	9282201.9	776.7	73.180	38.66	0.609	22.40	30030	6006	612	526.8
315	313.4	28	4000.0	9739821.7	789.3	72.016	39.92	0.590	22.47	31510	6302	642	535.4
320	318.4	28	4000.0	10212240.3	801.8	70.888	41.20	0.572	22.53	33038	6608	674	543.9
325	323.4	28	4000.0	10699693.2	814.4	69.794	42.50	0.554	22.59	34615	6923	706	552.4



Slika 10. Poluprečnik sfere u zavisnosti od prečnika i debljine stuba



Slika 11. Minimum utroška materijala vodotornja kapaciteta 300 m<sup>3</sup>

## 6. PARAMETRI EKSPLOATACIJE

Parametri eksploatacije koji direktno utiču na čvrstoću konstrukcije i cenu vodotornja su:

- kapacitet vodotornja;
- potrebna količina materijala za izradu;
- uticaj ruže vetrova, zemljotresa, padavina;
- mogućnost održavanja;
- blizina naseljenog mesta.

## 7. OPTIMIZACIJA MATERIJALA

Za određivanje optimalne količine materijala za izradu korišćen je program za proračun napravljen u EXCEL-u. Na osnovu rezultata proračuna za vodotoranj sa cilindričnim rezervoarom prečnika  $D$  i zapremine  $300 \text{ m}^3$  i cilindričnim nosećim stubom prečnika  $1.62 \text{ m}$ , urađen je grafički prikaz funkcije minimuma utrošenog materijala, predstavljen preko površine lima  $P$ , sl.11.

Posle dimenzionog proračuna, proračuna debljine zida rezervoara, stabilnosti vodotornja i proračuna potrebnog materijala potrebno je uraditi statički i dinamički proračun naponskog stanja primenom metode konačnih elemenata, da bi se videla raspodela napona usled uticaja svih opterećenja prisutnih u uslovima eksploatacije.

## 8. ZAKLJUČAK

Uticaj statičkog pritiska vode na zidove rezervoara i rezervoara na stub je znatno manji u odnosu na uticaj vetra pri ukupnoj nosivosti. Prema tome najvažnije je vodotoranj proračunati na vetar za poznato područje eksploatacije i ružu vetrova. Takođe je važno pravilno odrediti stranu za otvor vrata na cevnom stubu za poznate uslove eksploatacije. Zbog različitih koeficijenata trenja veoma je bitan izbor oblika kako stuba, tako i rezervoara. Naravno, oblik utiče na tehnologiju izrade i bitno utiče na ukupnu cenu vodotornja.

Zbog značaja investicije i potrebe da rezervoar služi više decenija potreban je uvek detaljan elaborat sa obrazloženjem o izboru konkretnog rešenja vodotornja, da bi se potom pristupilo njegovom oblikovanju, modeliranju, proračunu i projektovanju.

## LITERATURA

- [1] Standardi JUS M.E2...
- [2] *Projekat "VODOTORANJ SA SAJLAMA 200-500 m<sup>3</sup>*, Institut GOŠA, Beograd, 2000.
- [3] *Projekat "VODOTORANJ BEZ SAJLI 200-500 m<sup>3</sup>*, Institut GOŠA, Beograd, 2001.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

621(082)  
531/534(082)  
621.43(082)  
629.11(082)  
66.021.4(082)  
620.9(082)

МЕЂУНАРОДНО савјетовање о достигнућима електро и машинске  
индустрија (6 ; 2003 ; Бања Лука)

Zbornik radova = Proceedings / 6. међународно савјетовање о  
достигнућима електро и машинске индустрије DEMI = 6th International  
Conference on Accomplishments of Electrical and Mechanical  
Industries DEMI, Banja Luka, 30. i 31. мај 2003.; [organizatori]  
Mašinski fakultet Banja Luka [i] Metal banjalučki velesajam ; [уредник=  
editor Драго Благојевић]. - Banja Luka: Mašinski fakultet, 2003  
(Čelinac : D&S Design). - 706 str.: ilustr. ; 23 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Banjaluci.-Радови на срп., енгл. и  
рус. језику. - Тираж 300. - Биљешке уз текст.- Библиографија уз све  
радове. - Summaries

ISBN 99938-623-8-X

БЛАГОЈЕВИЋ, Драго 340

П.О.: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО - Зборници, МАШИНСКЕ  
КОНСТРУКЦИЈЕ - Зборници, МЕХАНИКА - Зборници, МОТОРИ СА  
УНУТРАШЊИМ САГОРИЈЕВАЊЕМ - Зборници, МОТОРНА ВОЗИЛА -  
Зборници, ТЕРМОТЕХНИКА - Зборници, ЕНЕРГЕТИКА - Зборници

MFN=001275  
Winisis-Библио