



THE UNION OF ENGINEERS OF MONTENEGRO



MAINTAINERS SOCIETY OF MONTENEGRO



COOPERATIVE TRAINING CENTER  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
PODGORICA

**10<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC - EXPERT**

**CONFERENCE**

**MAINTENANCE AND  
PRODUCTION ENGINEERING**

**KODIP - 2012**

**PROCEEDINGS**

Budva, 26-29.06.2012.

## ZBORNİK RADOVA

### *Izdavači:*

Savez inženjera Crne Gore  
Društvo održavalaca sredstava za rad Crne Gore  
Mašinski fakultet u Podgorici - Kooperativni trening centar

### *Za izdavače:*

Prof. dr Miodrag Bulatović  
Doc. dr Deda Đelović  
Prof. dr Goran Čulafić

### *Tiraž:*

100 primjeraka

### *Štampa:*

Art Grafika, Podgorica

### *Zbornik uredili:*

Prof. dr Miodrag Bulatović  
Prof. dr Mileta Janjić  
Dr Nikola Šibalić

### *Adresa:*

Univerzitet Crne Gore  
Mašinski fakultet  
Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica  
Tel. +382 20 245 003 i +382 67 349 111; fax: +382 20 245 116  
E-mail: bulatovm@yahoo.com; mileta@ac.me

CIP - Каталогизација у публикацији

Централна народна библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-9940-527-24-2 (Mašinski fakultet)  
COBISS.CG-ID 20451600

## SUORGANIZATORI

MINISTARSTVO ODBRANE CRNE GORE  
INŽENJERSKA KOMORA CRNE GORE  
STRUKOVNA KOMORA MAŠINSKIH INŽENJERA CRNE GORE  
ELEKTROPRIVREDA CRNE GORE - Nikšić  
MEHANIZACIJA I PROGRAMAT - Nikšić  
BRODOGRADILIŠTE BIJELA - Bijela  
LUKA BAR - Bar  
RUDNIK UGLJA - Pljevlja  
STRATUS - Podgorica  
WAS-IMPEX - Podgorica

## NAUČNI ODBOR

Prof. dr Perović Milan, predsjednik (Crna Gora)  
Prof. dr Arsovski Slavko (Srbija)  
Prof. dr Babić Živko (BiH)  
Prof. dr Banerjee Jayanta (Puerto Rico)  
Prof. dr Bulatović Miodrag (Crna Gora)  
Prof. dr Čaloska Jasmina (Makedonija)  
Prof. dr Janjić Mileta (Crna Gora)  
Prof. dr Jovišević Vid (BiH)  
Doc. dr Jurković Zoran (Hrvatska)  
Prof. dr Kazimierska Marianna (Poljska)  
Prof. dr Krivokapić Zdravko (Crna Gora)  
Prof. dr Mandić Vesna (Srbija)  
Prof. dr Petković Darko (BiH)  
Dr Radosavljević Slobodan (Srbija)  
Prof. dr Savićević Sreten (Crna Gora)  
Prof. dr Soković Mirko (Slovenija)  
Dr Šćepanović Spasoje (Srbija)  
Prof. dr Šebo Dušan (Slovačka)  
Prof. dr Tanović Ljubodrag (Srbija)  
Prof. dr Vukčević Milan (Crna Gora)  
Prof. dr Vujović Lazo (Crna Gora)

## ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr Miodrag Bulatović, predsjednik  
Doc. dr Deda Đelović, potpredsjednik  
Mr Ivica Kozulić  
Mr Svetlana Pješčić  
Mr Zoran Čolović  
Dragan Peruničić dipl. inž. el.  
Mr Dušan Đurović  
Prof. dr Mileta Janjić

## PREFACE

*Dear participants of the Conference KODIP -2012,*

The conference KOD – KODIP is the 10<sup>th</sup> jubilee in this year.

This is the moment for a small retrospective of our Conference.

In 2002, Maintainers Society of Montenegro with the Center for Quality of Faculty of Mechanical Engineering in Podgorica, organized the Conference of Maintenance KOD-2002.

From 2003 to 2009 were held five conferences at which were treated the following topics: technical and technological aspects, economic aspects and social aspects of maintenance - the impact on the environment, the role and importance of maintenance in conjunction with the relevant standards ISO9000, ISO14000, ISO18000, ISO22000.

The basic theme of the KOD-2007 was the "European directives in the process of maintenance technical systems" dedicated to the harmonization of technical systems as recommended by the EU directives.

The KOD-2008 appointed role of engineering in the maintenance and frontier areas, and the KOD-2009 appointed important role of maintenance in achieving energy efficiency.

The organization of the KOD-2010 The Union of Engineers of Montenegro is realised, and the topic was the role of maintenance in sustainable development - waste treatment and environmental protection.

In 2011, after eight years, expanding the thematic area of the conference on the complex issue of PRODUCTION ENGINEERING. Its name changed to The Conference of maintenance and production engineering - KODIP, and in organizing includes the Cooperative training center of Faculty of Mechanical Engineering.

Given the international composition of the Scientific Committee and long-term participation of authors and co-authors from neighboring countries and European and World countries, the Conference got an international character.

This is the 10<sup>th</sup> Jubilee International Conference of Maintenance and Production Engineering KODIP-2012 with the most papers and the largest number of participants from all previous conferences, which confirms the popularity and quality of the conference.

*Welcome to KODIP-2012*

President of the Organizing Committee  
*Prof. dr Miodrag Bulatović*

## PROGRAM I SADRŽAJ

**UTORAK, 26.06.2012.**

**18:00-20:00 Registracija učesnika**

**SRIJEDA, 27.06.2012.**

**08:00-10:00 Registracija učesnika**

**10:00-11:00 Otvaranje konferencije – sala A**

**Predsjedavajući:**

**Prof. dr Safet Brdarević, prof. dr Vesna Mandić, prof. dr Jayanta Banarjee,  
prof. dr Ljubodrag Tanović, prof. dr Miodrag Bulatović**

**11:00-12:00 Uvodna izlaganja – sala A**

- Prof. dr Miodrag Bulatović  
KONFERENCIJA ODRŽAVANJA I PROIZVODNOG INŽENJERINGA –  
KODIP CRNA GORA.....1
- M. Jelić, M. Jevtić  
STRATEGIJE ZA IZVRSNE ORGANIZACIJE U  
USLOVIMA NEIZVESNOSTI.....9
- J. Velez Fournier, J. Banerjee  
THEORETICAL LIMITS ON BARRELING OF CYLINDERS UNDER  
AXISYMMETRIC COMPRESSION ..... 19
- D. Adamović, V. Mandić, M. Stefanović, Z. Jurković, M. Živković, D. Pavletić, M.  
Perinić  
NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE WALL TENSILE  
STRESS IN IRONING .....23

**12:30 Koktel dobrodošlice**

- M. Stanić, M. Blagojević  
PREGLED IZMENA U STANDARDU ISO 19011.....217
- Z. Cekić, N. Surlan  
PROJECT MANAGEMENT – DEFINING DESIGN BRIEF OF THE PROJECT  
THROUGH VALUE STUDY PROCESS.....223
- Z. Todorović  
INDIKATORI EKOLOŠKOG MENADŽMENTA-  
EKOMENADŽMENT MJERENJE NIVOVA ODRŽIVOG RAZVOJA.....229

### 11:30-13:30 Izlaganje radova – sala B

#### Predsjedavajući:

**Prof. dr Danilo Nikolić, Doc. dr Radoje Vujadinović, Mr Dušan Đurović**

- S. Todorović, S. Maksimović  
SAVREMENI SISTEMI ZA HLAĐENJE PROIZVODNIH PROCESA –  
PRIMER «FIAT AUTOMOBILI SRBIJA».....241
- S. Brakočević, R. Vujadinović  
OCJENA UTICAJA INTERVENCIJA ODRŽAVANJA NA ENERGETSKU  
EFIKASNOST VOZNOG PARKA .....247
- Z. Đukić  
INOVACIJE KOD MOTORNIM VOZILA U CILJU SMANJENJA ZAGAĐENJA  
ŽIVOTNE SREDINE.....253
- Milosavljević, S. Petronić, S. Polić – Radovanović, I. Nešić, P. Drobniak  
PRIMENA SAVREMENIH TEHNIKA ISPITIVANJA U CILJU  
IDENTIFIKOVANJA DEFEKATA U STRUKTURI  
SUPERLEGURA ŽELEZA .....261
- S. Radosavljević, M. Milovanović, M. Radosavljević, M. Minić  
SAVREMENI PRISTUPI MENADŽMENTA ODRŽAVANJA U INDUSTRIJI,  
PRIVATNO PREDUZETNIŠTVO I RIZIK .....267
- D. Đurović  
ODRŽAVANJE I EFEKTIVNOST GRAĐEVINSKE MEHANIZACIJE .....275
- J. Šušić, D. Nikolić  
PRIMJENA EMULGOVANOG GORIVA NA SMANJENJE NO<sub>x</sub> I ČAĐI KOD  
BRODSKIH MOTORA .....283

### 15:00-19:00 Izlet brodom

20:30 Svečana večera

### PETAK, 29.06.2012.

#### 09:00-11:00 Izlaganje radova – sala A

##### Predsjedavajući:

**Prof. dr Ljubodrag Tanović, Prof. dr Vesna Mandić, Prof. dr Krsto Mijanović**

- J. Lazarev, J. Čalocka, G. Ivanoska  
ИСТРАЖУВАЊЕ НА ОБРАБОТЛИВОСТА НА НИСКОЈАГЛЕРОДНИ  
ЛАДНО ВАЛАНИ ЧЕЛИЧНИ ЛИМОВИ.....291
- B. Naumovska, J. Čalocka, R. Polenaković  
OPTIMALNO DIZAJNIRANJE RADNOG MESTA ZA LICA SA  
INVALIDITETOM .....299
- G. Mladenović, M. Popović, Lj. Tanović  
MODELIRANJE, PRORAČUN I ISPITIVANJE REŠETKASTE KROVNE  
KONTRUKCIJE.....307
- S. Mandić, S. Mandić  
ZAMJENA KONVEKTIVNOG PREGRIJAČA PRIMARNE PARE NA  
KOTLOVSKOM POSTROJENJU TERMOELEKTRANE GACKO .....315
- Lj. Ilić, O. Zorić, M. Ilić  
IZBOR BAGERA U ZAVISNOSTI OD GEOMEHANIČKIH  
KARAKTERISTIKA LEŽIŠTA .....323
- K. Mijanović  
DJELOVANJE INŽENJERA SA ASPEKTA OKOLINSKE ETIKE.....331

#### 9:00-11:00 Izlaganje radova – sala B

##### Predsjedavajući:

**Prof. dr Darko Bajić, Prof. dr Mladen Perini, Špiro Ivošević**

- M. Imamović, Š. Goletić, S. Jašarević  
UTICAJ TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE GVOŽĐA NA  
STANJE ŽIVOTNE OKOLINE.....337
- D. Gligorić  
PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE SREDNENAPONSKO I NISKONAPONSKO  
OPREME PROIZVOĐAČA SCHNEIDER ELECTRIC .....343
- Z. Đukić  
FILTER ZA ČESTICE ČAĐI KOD DIZEL MOTORA .....347
- Samardžić, D. Bajić, T. Vuherer, A. Stoić, D. Kozak, M. Duspara  
ACCELERATED INVESTIGATION OF WELDABILITY BY WELD  
THERMAL CYCLE SIMULATION.....355
- D. Bajić, I. Samardžić, B. Despotović, D. Šarančić, T. Marsenić  
NOVI POSTUPCI ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA.....365
- Š. Ivošević, S. Bauk, R. Gagić  
ANALIZA ODRŽAVANJA ZASNOVANOG NA RIZIKU KOD STARIH  
BRODOVA U EKSPLOATACIJI .....373

G. Mladenović<sup>1</sup>, M. Popović<sup>1</sup>, Lj. Tanović<sup>1</sup>

## MODELIRANJE, PRORAČUN I ISPITIVANJE REŠETKASTE KROVNE KONTRUKCIJE

### Rezime

Upotreba rešetkastih zavarenih konstrukcija je česta u mašinstvu. U radu je opisana procedura modeliranja, proračuna i ispitivanja rešetkašte konstrukcije na primeru krovnog nosača hale raspona 8m. Posebno je opisana procedura korišćenja naredbe *Frame Generator* softvera *Autodesk Inventor*<sup>®</sup>, koja se koristi za jednostavno modeliranje konstrukcija koje su sastavljene od standardnih profila, kao i modul *Frame Analysis* koji omogućava da se predvidi ponašanje konstrukcije pod dejstvom opterećenja. Rezultat proračuna je upoređen i sa rezultatima drugih softvera. Na kraju rada se daju i eksperimentalni rezultati ispitivanja date konstrukcije za slučaj statičkog opterećenja.

**Ključne reči:** Rešetkasta konstrukcija, Autodesk Inventor<sup>®</sup>, Frame Analysis

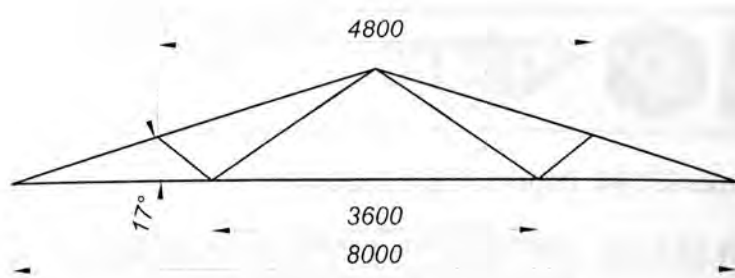
### 1. UVOD

Rešetkaste zavarene konstrukcije su česte u mašinstvu, a pogotovu ako se radi o krovnim pokrivačima industrijskih objekata. Samim tim je potrebno naći način što jednostavnijeg modeliranja i proračuna datih konstrukcija. Zavisno od softvera koji se koristi, razlikuje se i brzina modeliranja, gde većina softvera zahteva da se i za grede nacrtaju skica poprečnog preseka profila, a da se on zatim izvuče po nekoj trajektoriji. Međutim, softverski paket Autodesk Inventor<sup>®</sup> ima mogućnost izbora standardnih profila iz svoje baze. Potrebno je prvo skicirati skelet konstrukcije, a zatim samo postaviti neki od standardnih profila na odgovarajući segment skeleta. Pored brze izrade 3D modela, prednost ovakvog načina modeliranja je taj što se prilikom startovanja okruženja "Frame Analysis" dati model automatski prevodi u odgovarajući model sastavljen od greda i čvorova.

### 2. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE (REŠETKASTOG NOSAČA)

Kao što je u uvodu rečeno, za dobijanje 3D modela konstrukcije koja je sastavljena od standardnih profila potrebno je prvo skicirati skelet konstrukcije. Dovoljno je nacrtati skicu u okviru jednog "sketch"-a. Izgled skeleta date konstrukcije je prikazan na slici 1.

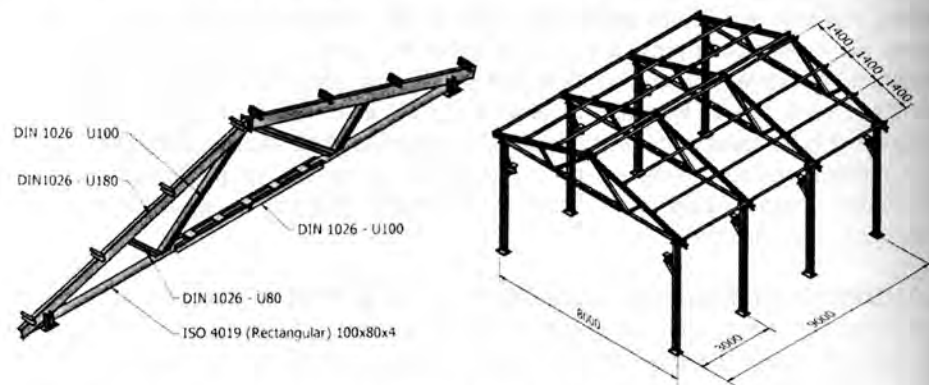
<sup>1</sup> Goran Mladenović, dipl. inž. maš., [gmladenovic@mas.bg.ac.rs](mailto:gmladenovic@mas.bg.ac.rs), mr Mihajlo Popović, [mpopovic@mas.bg.ac.rs](mailto:mpopovic@mas.bg.ac.rs), Prof. dr Ljubodrag Tanović, [ltanovic@mas.bg.ac.rs](mailto:ltanovic@mas.bg.ac.rs), Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet



Slika 1 – Skelet konstrukcije sa definisanim dimenzijama

Naredba Frame Generator može da se koristi samo u okruženju za rad sa sklopovima (Assembly). Aktiviranje naredbe (Insert Frame) zahteva definisanje standardnog profila, materijala i izbor segmenta (linije) na kome će se naći dati profil ili definisanje početne i krajnje tačke segmenta. Takođe, definiše se pozicija i orijentacija profila u poprečnom preseku. Moguće je izabrati jedan od 9 slučajeva, da se težište profila nađe na selektovanoj liniji ili pak da se neka od 4 konturnih strana profila poklopi sa projekcijom linije u toj ravni ili pak da se profil pomeri po dijagonali. Za sve ove slučajeve moguće je rotirati poprečni presek za željeni ugao kao i da se ofsetuje (pomeri) po nekom pravcu.

Dužina profila se poklapa sa dužinom linije nacrtane u okviru prethodne skice. Na kraju je potrebno doraditi završetke profila nekim od sledećih naredbi: Trim, Extend, Notch i Miter. Upotrebom naredbe Change je moguće brzo izmeniti neki od profila što je od velikog značaja prilikom optimizacije konstrukcije. Nakon sprovedenih naredbi izgled modeliranog krovnog nosača kao i celog objekta je prikazan na slici 2. Za modeliranje stubova je korišćena analogna procedura kao i za modeliranje krovnog nosača.



Slika 2 – 3D model krovnog nosača i kompletnog objekta

Ovde treba napomenuti da softver daje mogućnost modeliranja konstrukcija gde dati segment nije pravolinijski, međutim, za takve konstrukcije nije moguće vršiti proračun napona i deformacija u okviru modula Frame Analysis koji će dalje biti detaljno prikazan.

### 3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

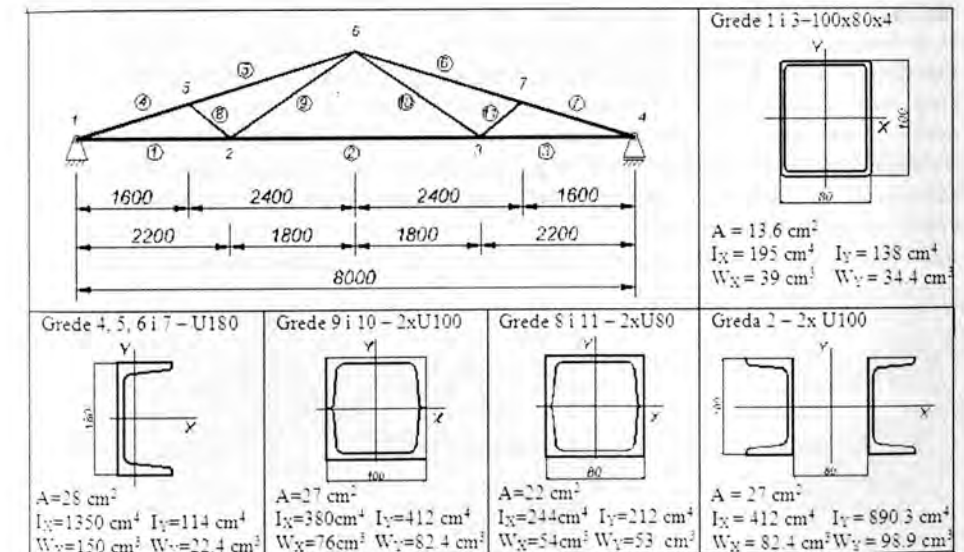
Frame Analysis okruženje se koristi da bi se razmotrio integritet konstrukcije sastavljene od datih greda, a sve to analizirajući napone i deformacije. Jedanput kada je definisan kriterijum moguće je pokretati simulaciju i posmatrati ponašanje konstrukcije pod uslovima koji su definisani. Grede su obavezno linijski elementi. Kada se otvori Frame Analysis okruženje i pokrene simulacija, dati 3D model se automatski konvertuje u simplifikirani model sastavljen od greda i čvorova.

Za merodavno opterećenje je uzeto opterećenje od snega, rožnjača i od sopstvene težine konstrukcije koju softver sam izračunava za osnovu 3D modela. Prema dimenzijama objekta datih na slici 2 ukupno opterećenje koje deluje na nosač je računato po sledećim obrascima: Krovni pokrivač ALTR lim  $0.10 \text{ kN/m}^2$ , rožnjače, spregovi  $0.10 \text{ kN/m}^2$ , opterećenje od snega  $0.63 \text{ kN/m}^2$  (približno za 45cm snežnog pokrivača). Zbir svih ovih opterećenja daje ukupno merodavno opterećenje od  $0.83 \text{ kN/m}^2$ .

Numeracija greda i čvorova, kao i geometrijske karakteristike poprečnih preseka greda su prikazane na slici 3 (Dato radi poređenja sa tabličnim vrednostima i korišćenja drugih softvera. U većini softvera treba takođe uvesti i dopunske čvorne tačke na mestu dejstva sile).

Opterećenja u čvorovima rešetke su izračunata po sledećim obrascima:

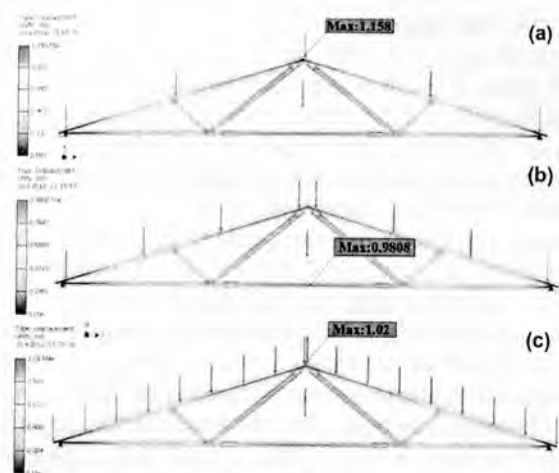
$$P_5 = P_7 = 0.95 \cdot 3 \cdot 2.4 = 6.84 \text{ kN}, \quad P_6 = 6.84 \text{ kN}, \quad P_1 = P_4 = 3.42 \text{ kN}$$



Slika 3 – Numeracija čvorova i greda date konstrukcije

Na osnovu analize merodavnog opterećenja moguće je započeti proračun konstrukcije u okviru okruženja Frame Analysis. Rezultati simulacije za dato opterećenje su prikazani na slici 4. Razmatrana su tri slučaja i to:

- Opterećenje koje deluje samo u čvorovima rešetke na mestu spajanja profila;
- Opterećenje koje deluje na mestima gde su pričvršćene rožnjače;
- Kontinualno opterećenje koje deluje na gornji deo nosača.



Slika 4 – Rezultati proračuna iz Inventor® – a

Analizom dobijenih rezultata može se videti da se pomeraji razlikuju za najviše 10% u zavisnosti od tipa opterećenja. Najmanji pomeraj se dobija za slučaj pod (b), gde opterećenje deluje na mestima gde su pričvršćene rožnjače što inače odgovara realnom stanju.

U softveru je vrlo jednostavno definisati novi čvor (potrebno za slučaj pod (b)). Potrebno je samo definisati na kojoj se gredi nalazi i koliko je udaljen od kraja grede. Ovo vrlo pojednostavljuje proračun konstrukcija koje su sastavljene od standardnih profila i skraćuje vreme predprocesiranja. Moguća su dva pristupa koja daju identične rezultate, prvi da se definiše novi čvor pa da se na tom mestu postavi opterećenje. Drugi način je da se definiše na kojoj gredi deluje opterećenje kao i koliko je udaljena tačka u kojoj deluje koncentrisana sila.

Radi preglednije analize daje se tabelarni pregled naponskog stanja za svaki slučaj opterećenja ponaosob (tabela 1).

Tabela 1 – Naponsko stanje konstrukcije

Rebni broj	$S_{MAX}$ [MPa]	$S_{MIN}$ [MPa]	$S_{MAX}(M_x)$ [MPa]	$S_{MAX}(M_y)$ [MPa]	$S_{MIN}(M_x)$ [MPa]	$S_{MIN}(M_y)$ [MPa]	Saxial [MPa]
(a)	29.55	13.32	15.88	11.79	-15.88	-20.99	13.71
(b)	27.22	11.71	15.24	13.29	-15.24	-27.9	12.05
(c)	30.46	11.78	18.18	14.18	-18.18	-29.76	12.48

Na osnovu rezultata datih u tabeli 1 vidi se da se naponsko stanje razlikuje za svaki slučaj opterećenja. Uočava se da je najpovoljniji slučaj opterećenja (osim za parameter  $S_{MAX}(M_y)$ ) pod rednim brojem (b) koji u najboljem opisuje stvarno stanje opterećenja konstrukcije.

#### 4. UPOREDNA ANALIZA DRUGOG SOFTVERA

Za uporednu analizu je korišćen softver Pro/Mechanica proizvođača PTC (Parametric Technology Corporation – USA). U predprocesoru Pro/Mechanica-e mora da se vodi računa i o položaju dejstva koncentrisanog opterećenja, jer se tu mora ručno uvesti čvorna tačka. To malo povećava vreme potrebno za formiranje različitih slučajeva dejstva opterećenja. Međutim Pro/Mechanica omogućava da se svojstva KE (poprečni

presek, materijal i sl.) definišu i na samoj geometriji (skelet ili skica u ovom slučaju) i da ih mreža KE preuzima, pa se svojstva ne gube prilikom formiranja različitih slučajeva i ne treba ih iznova definisati. Rezultati proračuna su dati u tabeli 2. Primenjeni metod za proračun je bio Multi – Pass Adaptive sa maksimalnim zadatim procentom konvergencije od 10% i sa polinomom između polinoma prvog i šestog stepena.

Tabela 2 – Rezultati proračuna softvera Pro mechanica

RB	(a)	(b)	(c)		
Rezultati proračuna	max_beam_bending	13.3575	max_beam_bending: 12.16804	max_beam_bending	13.3926
	max_beam_tensile	13.5945	max_beam_tensile: 11.10841	max_beam_tensile	11.4385
	max_beam_torsion	0	max_beam_torsion: 0	max_beam_torsion	0
	max_beam_total	25.791	max_beam_total: 21.27589	max_beam_total	21.881
	max_disp_mag	1.26701	max_disp_mag: 1.15566	max_disp_mag	1.1964
	max_disp_x	0.408637	max_disp_x: 0.3481304	max_disp_x	0.349313
	max_disp_y	-1.23813	max_disp_y: -1.128169	max_disp_y	-1.16724
	max_disp_z	0	max_disp_z: 0	max_disp_z	0
	max_prin_mag	25.791	max_prin_mag: 21.27589	max_prin_mag	21.881
	max_rot_mag	0.00076	max_rot_mag: 0.0006483	max_rot_mag	0.000631414
	max_rot_z	0.00076	max_rot_z: 0.0006483	max_rot_z	0.000631414
	max_stress_prin	25.791	max_stress_prin: 21.27589	max_stress_prin	21.881
	max_stress_vm	25.791	max_stress_vm: 21.27589	max_stress_vm	21.881
min_stress_prin	-13.8597	min_stress_prin: -11.97724	min_stress_prin	-13.5629	
strain_energy	10840.2	strain_energy: 7928.614	strain_energy	8254.65	
Jedinice mere: disp [mm], mag [N/mm <sup>2</sup> ], rot [°], stress [N/mm <sup>2</sup> ], energy [J],					

#### 5. IZRADA KONSTRUKCIJE

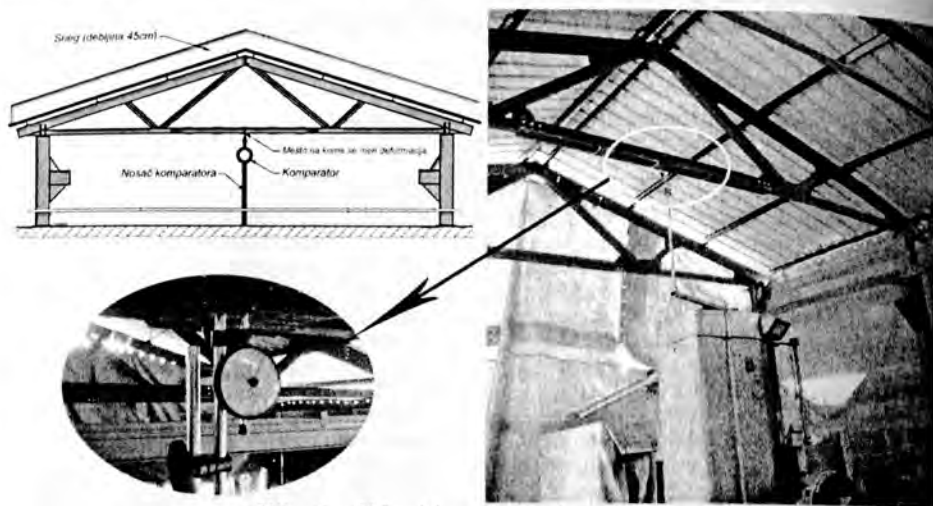
Nakod modeliranja i proračuna konstrukcije pristupilo se izradi i montaži iste. Prilikom izrade odstupilo se malo od 3D modela koji je modeliran. Naime, postavljena su rebra za ojačanje što je prikazano kao detalj na slici 5. Ova rebra u mnogome povećavaju krutost konstrukcije. Svaki krovni nosač je pričvršćen za stup sa po 4 vijka M22 na svakoj strani.



Slika 5 – Izrađena konstrukcija i završetak faze montiranja krovnih nosača

## 6. ISPITIVANJE KONSTRUKCIJE

U okviru ispitivanja konstrukcije merena je samo deformacija u vertikalnom pravcu. Slika eksperimenta kao i izvođenje eksperimenta je prikazano na slici 6.



Slika 6 – Skica i izvođenje eksperimenta

Eksperiment je sproveden na sledeći način. Nosac komparatora sa komparatorom je postavljen pre početka snežnih padavina i kazaljka komparatora je postavljena na nulu. Nakon toga se čekalo par dana dok sneg nije napadao na debljinu od 45cm i tek nakon toga je očitano pokazivanje komparatora. Takođe je izmerena i težina jednog kvadratnog metra snežnog pokrivača koja je iznosila 63kg. Zbog ovakvog načina izvođenja eksperimenta izvršena je još jedna simulacija u Inventoru. Naime, za merodavno opterećenje je uzeto samo opterećenje od snega jer je ukupni pomeraj od soptvene težine konstrukcije, rožnjača i pokrivnog lima već uračunat prilikom nulovanja komparatora. Za unete parametre iz simulacije se dobilo da je vertikalno pomeranje na mestu komparatora 0.54mm. Pokazivanje komparatora za vreme eksperimenta je bilo 0.9mm.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je opisana procedura modeliranja rešetkaste konstrukcije primenom metode koja daje izbor standardnih profila iz baze. Rezultati proračuna su upoređeni sa još jednim softverom, a nakon toga i eksperimentalno određen pomeraj izradene konstrukcije po modeliranom i proračunatom 3D modelu.

Upotreba Frame Analysis okruženja softvera Autodesk Inventor omogućava konstruktoru da sa minimalnim znanjem izvrši analize MKE, jer softver vodi računa o potrebnim ČT i KE, pa je moguće uvesti opterećenje na bilo koji deo KE (grede) u jednom koraku, što je rezultat vrlo naprednog predprocesora koji sam prepoznaje i automatski formira mrežu KE. Pro/Mechanica ima klasičan predprocesor u kome je potrebno na predhodno definisanu geometriju (koju je takođe moguće dobiti simplifikacijom CAD modela) dodati čvorne tačke i KE.

Analizirajući rezultate iz softvera i izmereni pomeraj videlo se da postoji odstupanje. Ovo odstupanje je uslovljeno iz više razloga:

- Nemogućnost tačnog određivanja opterećenja,

- Razlike u spoljnoj temperaturi kada je postavljen komparator i kada je izmereno odstupanje jer zbog toplotnih promena dolazi i promene dimenzija konstrukcije, a i samog nosača komparatora,
- U ukupnom vertikalnom pomeraju na način na koji je vršeno merenje nije moguće izdvojiti pomeraj uslovljen sleganjem temelja konstrukcije jer je ovo bila prva zima nakon montiranja objekta pa zbog toga i dolazi do ovolike razlike u izračunatim i eksperimentalnim rezultatima.

## 7. LITERATURA

- [1] Kalajdžić M., "Metod konačnih elemenata, osnovi statike, statika nosećih struktura, dinamika nosećih struktura, primene", IAMA, Beograd, 1978
- [2] Sekulović, M., "Metod konačnih elemenata", Građevinska knjiga, Beograd, 1988
- [3] Mladenović, G., Popović, M., DESIGN AND OPTIMIZATION FOR TRUSS CONSTRUCTIONS USING THE SOFTWARE PACKAGE AUTODESK INVENTOR 2011®, The 7th International Conference HEAVY MACHINERY HM 2011, Vrnjačka Banja, st. 29
- [4] Autodesk Inventor 2011® Profesional – Help
- [5] Pro/Mechanica Structure
- [6] <http://usa.autodesk.com/>

G. Mladenović, M. Popović, Lj. Tanović

## DESIGN, CALCULATIONS AND INVESTIGATION OF TRUSS ROOF CONSTRUCTION

### Abstract

*The use of truss constructions is frequent in mechanical engineering. This paper describes the procedures of construction, calculations and investigation for truss constructions at the example of roof structure of the Hall range 8m. It is described the procedure of using the command Frame Generator Software Package Autodesk Inventor®, which is used for simple modeling of structures that are composed of standard profiles, as well as module Frame Analysis that allows to predict the behavior of constructions under the action of load. The result of calculations were compared with results of other software. Finally the paper gives the experimental results of the construction for the case of static load.*

**Keywords:** Truss construction, Autodesk Inventor®, Frame Analysis