Utjecaj ekscentriciteta na nosivost priključka čeličnih rešetki

Junušić, Sanja; Topić, Jasmina; Jurić, Aleksandar

Source / Izvornik: **E-GFOS, 2011, 2, 30 - 37**

Journal article, Published version
Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

https://doi.org/10.13167/2011.2.3

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:907193

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

UTJECAJ EKSCENTRICITETA NA NOSIVOST PRIKLJUČKA ČELIČNIH REŠETKI

Sanja Junušić
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, student
Jasmina Topić
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, student
Aleksandar Jurić
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, doc.dr.sc.

Sažetak: U radu se analizira utjecaj ekscentriciteta na nosivost priključka ravninskih čeličnih grednih rešetkastih nosača. Numerička analiza je provedena na konkretnom ravninskom rešetkastom nosaču s unaprijed odabranim dimenzijama nosača, a pretpostavljena je potpuna upetost štapova ispune u pojaseve. Kombinacija opterećenja usvojena je kao zbroj vlastite težine i pokretnog opterećenja, koncentriranih u čvorovima gornjeg pojasa. Ekscentriciteti su zadavani kao postotak visine presjeka pojasa, a zadavani su u gornjem pojasu, donjem pojasu te u oba pojasa. Za izabrane varijacije ekscentriciteta praćena je nosivost karakterističnog priključka gredne rešetke u čvoru najveće vlačne i tlačne sile, odnosno priključka prvog polja. Praćena je promjena nosivosti priključka zavisno od ekscentriciteta nastalog preklapanjem štapova, te ekscentriciteta nastalog razdvajanjem štapova, a rezultati su prikazani bezdimenzionalnim dijagramima i uspoređivani s vrijednostima dobivenim po euronormama.

Ključne riječi: rešetka, ekscentricitet, priključak, proračun nosivosti

THE INFLUENCE OF EXCENTRICITY ON BEARING OF JOINT IN STEEL STRUCTURES

Abstract: The paper analyses the influence of eccentricity on the bearing capacity of a connection of an in plane steel truss girder. The numerical analysis is conducted on an in plane truss girder with specific dimensions of elements and full rigid connection of inner elements with upper and lower band. The design load combination is consisted of self weight and live load as concentrated forces applied in of the upper band. The eccentricity is applied in the upper, lower band and in both upper and lower band as a percentage of the height of the upper band section. For the different selected eccentricities the bearing capacity of a connection of a truss in the joint with the biggest tensile and compressive force, which is in the first panel, is observed. The change in bearing capacity in connection to the eccentricity caused by the overlap and separation of elements is measured and compared to euro codes with no dimensional diagrams.

Key words: truss, eccentricity, connection, design procedure

1 Uvod

Spajanjem gornjih i donjih pojasnih štapova sa štapovima ispune dolazi do odstupanja od centričnog spajanja, što rezultira pojavom ekscentriciteta. Istovremeno, dolazi do promjene unutarnjih sila u štapovima rešetke te do pojave dodatnih, sekundarnih naprezanja. Ako se ekscentricitet nalazi unutar propisanih granica $-0,55 \cdot h_0 \le e \le 0,25 \cdot h_0$, pri čemu je h_0 visina čeličnog profila štapa pojasa, ta naprezanja možemo u proračunu zanemariti.

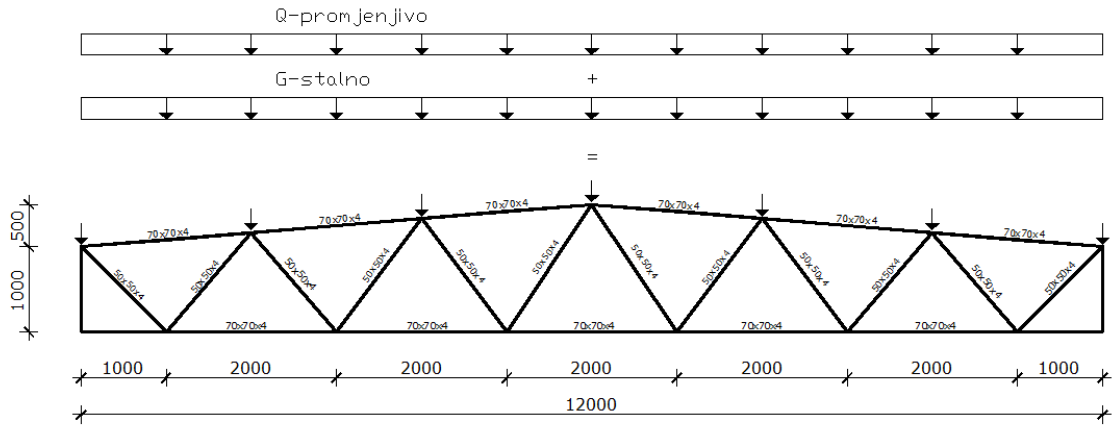
Promjena nosivosti priključaka čeličnih rešetki zavisno od ekscentriciteta definirana je euronormama [1] i literaturom [2] i [3], a analizirana u radovima nekih autora [4], [5] i [6]. U ovom radu analizirana je pomoću pripadnih izraza iz euronormi te pomoću jednog od, u inženjerskoj praksi uobičajenog programskog paketa [7]. Proračunata rešetkasta konstrukcija djelomično je preuzeta iz [4] i izvedena iz šupljih kvadratnih profila kvalitete čelika S235. Ekscentriciteti su zadavani kao postotak visine pojasnog štapa, gdje je negativni ekscentricitet nastao razmakom između štapova, zadavan u vrijednostima od 5%, 10%, 20%, 25%, a pozitivni ekscentricitet nastao preklopom štapova, u vrijednostima od 5%, 10%, 20% i 30%. Rešetkasti nosač je opterećen stalnim kontinuiranim opterećenjem vrijednosti 5.0 kN/m te korisnim kontinuiranim opterećenjem vrijednosti 2.5 kN/m, koncentriranima u čvorove gornjeg pojasa. Rezultati su, radi lakše usporedbe, prikazani u obliku bezdimenzionalnih dijagrama, gdje se na osi ordinate nalaze vrijednosti faktora uzdužnih sila f_N, a na osi apcise naneseni su omjeri ekscentriciteta ε. Prema tome vrijedi:

$$f_N = \frac{N_e}{N_0}, \quad \varepsilon = \frac{e}{h_0}, \tag{1}$$

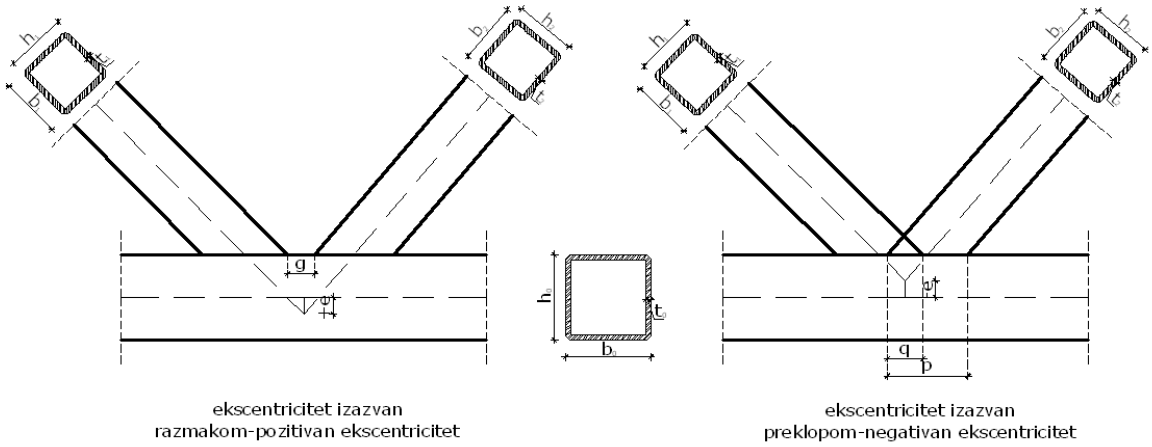
gdje je faktor uzdužnih sila omjer unutarnje uzdužne sile dobivene s ekscentricitetom N_e i unutarnje uzdužne sile dobivene bez zadanog ekscentriciteta N_0. Omjer ekscentriciteta uzet je kao omjer skraćenja/produljenja duljine štapa ispune i visine presjeka pojasnog štapa.

2 Statička analiza

Kako je rečeno u uvodu, unaprijed je odabrana geometrija rešetkastog nosača, a prikazana je na slici 1. U prvom koraku analizirana je rešetka s centrično spojenim štapovima, a nakon toga su zadavani ekscentriciteti u donjem, zatim u gornjem, te u oba pojasa. Slučajevi zadavanja pozitivnih i negativnih ekscentriciteta prikazani su na slici 2.



Slika 1 – Rešetkasta konstrukcija i opterećenje



Slika 2 – Zadavanje negativnog i pozitivnog ekscentriciteta

3 Proračun nosivosti priključka prema euro normama

Mogući načini otkazivanja nosivosti, na temelju kojih je proveden proračun priključka su: plastifikacija lica pojasnog štapa, posmični proboj stijenke pojasnog štapa tlačnim štapom, te otkazivanje štapa ispune zbog smanjenja efektivne širine pukotinom u zavaru ili štapu ispune. Potrebni izrazi za proračun nosivosti prema [1] su:

1) plastifikacija lica pojasnog štapa:

$$N_{i,Rd} = \frac{\dfrac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{\,2} \cdot \sqrt{\gamma}}{\sin\theta_i} \cdot \beta}{\gamma_{M5}} \tag{2}$$

2) posmični proboj stijenke pojasnog štapa kao pojava pukotine ili odvajanje štapa ispune od pojasa:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{yi} \cdot t_i \cdot \left(2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i + b_i + b_{eff}\right)}{\gamma_{M5}} \tag{3}$$

3) otkazivanje štapa ispune zbog smanjenja efektivne širine:

$$N_{i,Rd} = \frac{\dfrac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin\theta_i} \cdot \left(\dfrac{2 \cdot h_i}{\sin\theta_i} + b_i + b_{e,p}\right)}{\gamma_{M5}} \tag{4}$$

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{yi} \cdot t_i \cdot \left(b_{eff} + b_{e,ov} + \dfrac{\lambda_{ov}}{50} \cdot \left(2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i\right)\right)}{\gamma_{M5}} \tag{5}$$

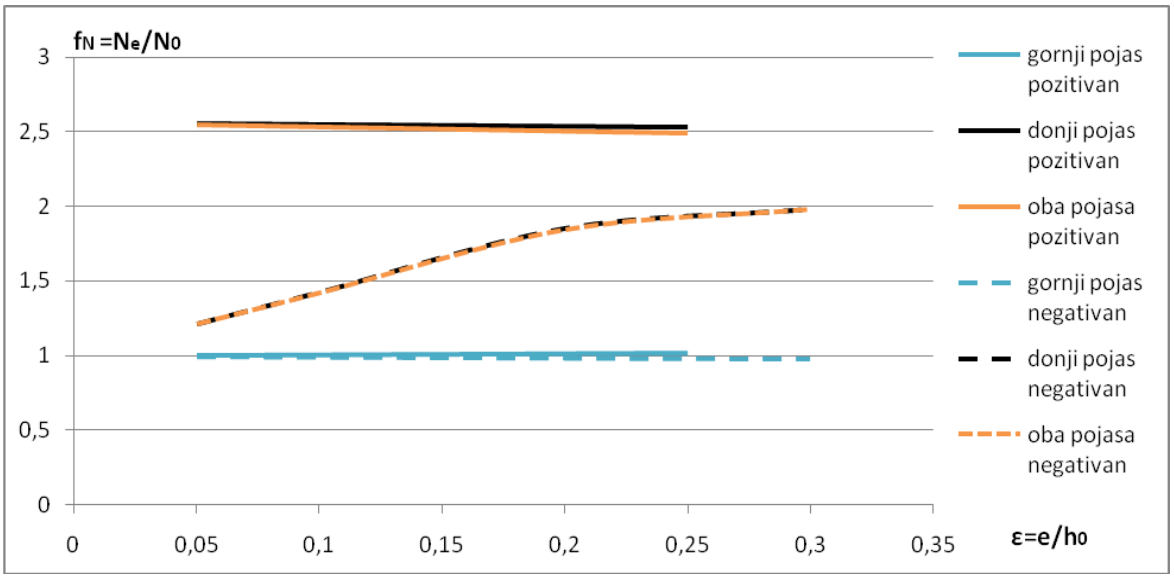
U izrazima 2, 3, 4 i 5 su: θ_i – kut između štapova ispune
f_{yi} – granica popuštanja za štap
b_i – ukupna širina šupljeg kutijastog profila
b_{eff} – efektivna širina spoja između štapa ispune i pojasnog štapa
$b_{e,ov}$ – efektivna širina spoja između dva štapa kod preklopa
$b_{e,p}$ – djelotvorna širina spoja pri posmičnom proboju stijenke profila
t_i – debljina stijenke šupljeg kutijastog profila
λ_{ov} – omjer preklopa u postotcima
β – omjer širine štapa ispune i širine pojasnog štapa i
γ – omjer širine pojasnog štapa i dvostruke debljine stijenke.

U tablici 1 dan je pregledni prikaz rezultata dobivenih proračunom nosivosti prema [1] za centrično spojeni priključak te za sve tipove ekscentrično spojenog priključka. Rezultati su dani za najmanji postotak ekscentriciteta od 5% visine pojasnog presjeka.

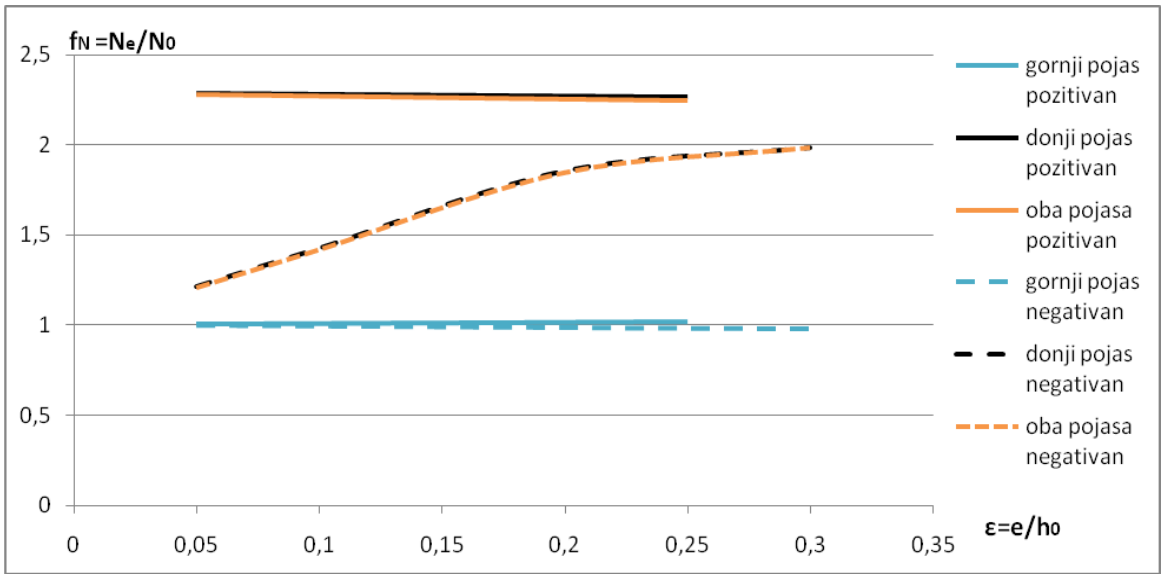
Tablica 1 – Rezultati proračuna prema [1] za ekscentricitet u vrijednosti od 5%

VRIJEDNOSTI SILA IZAČUNATIH PO EURONORMAMA ZA CENTRIČNO SPOJENE ŠTAPOVE			
Izraz		**Vlačna ispuna**	**Tlačna ispuna**
(5)	Centrično spojeni štapovi	72,32 kN	
VRIJEDNOSTI SILA IZRAČUNATIH PO EURONORMAMA ZA EKSCENTRICITET OD 5%			
	Tipovi ekscentriciteta	**Vlačna ispuna**	**Tlačna ispuna**
(5)	Pozitivan ekscentricitet na gornjem pojasu	72,620 kN	
(2)	Pozitivan ekscentricitet na donjem pojasu	99,779 kN	92,975 kN
(3)		152,816 kN	
(4)		184,781 kN	165,307 kN
(2)	Pozitivan ekscentricitet na oba pojasa	99,606 kN	99,836 kN
(3)		152,816 kN	
(4)		184,274 kN	164,922 kN
(5)	Negativan ekscentricitet na gornjem pojasu	72,047 kN	
(5)	Negativan ekscentricitet na donjem pojasu	87,662 kN	
(5)	Negativan ekscentricitet na oba pojasa	87,416 kN	

Iz izračunatih nosivosti s minimalnim ekscentricitetom prema euronormama, vidi se da je najmanja vrijednost sile u štapovima ispune upravo zbog otkazivanja štapa ispune, te su stoga za preostale vrijednosti ekscentriciteta računane pripadne sile pomoću izraza 4 i 5. Rezultati u obliku bezdimenzionalnih dijagrama prikazani su na slikama 3 i 4.



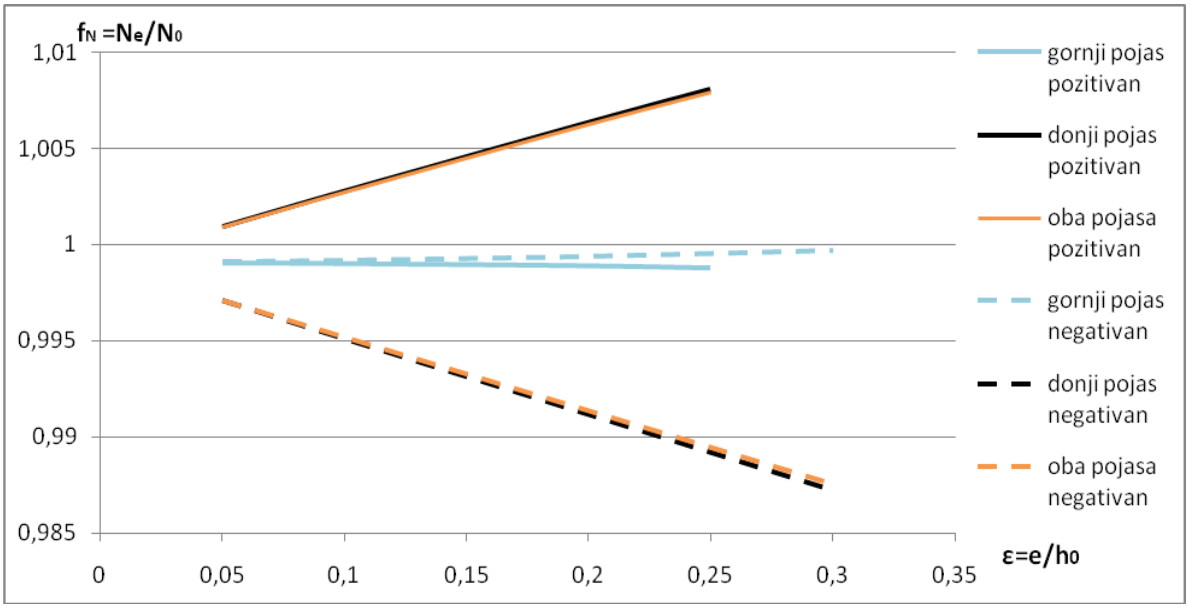
Slika 3 – Rezultati proračuna TLAČNE ispune dobiveni prema euronormama



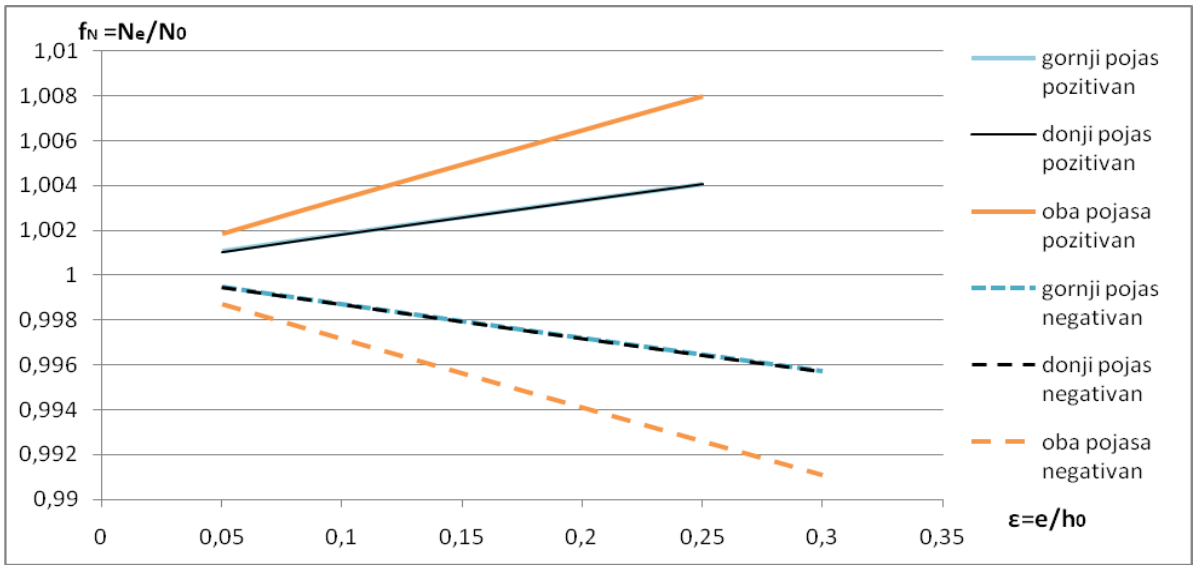
Slika 4 – Rezultati proračuna VLAČNE ispune dobiveni prema euronormama

4 Proračun sila u štapovima priključka metodom KE

Istovremeno su za zadano opterećenje i varijaciju ekscentriciteta dobivene najveće sile u vlačnom i tlačnom štapu ispune programskim paketom [7]. Očekivano su to sile u štapovima ispune prvog polja rešetke i iznose 70,19 kN za tlačni, te 65,74 kN za vlačni štap. Rezultati su prikazani bezdimenzionalnim dijagramima pomoću izraza 1 na slikama 5 i 6.



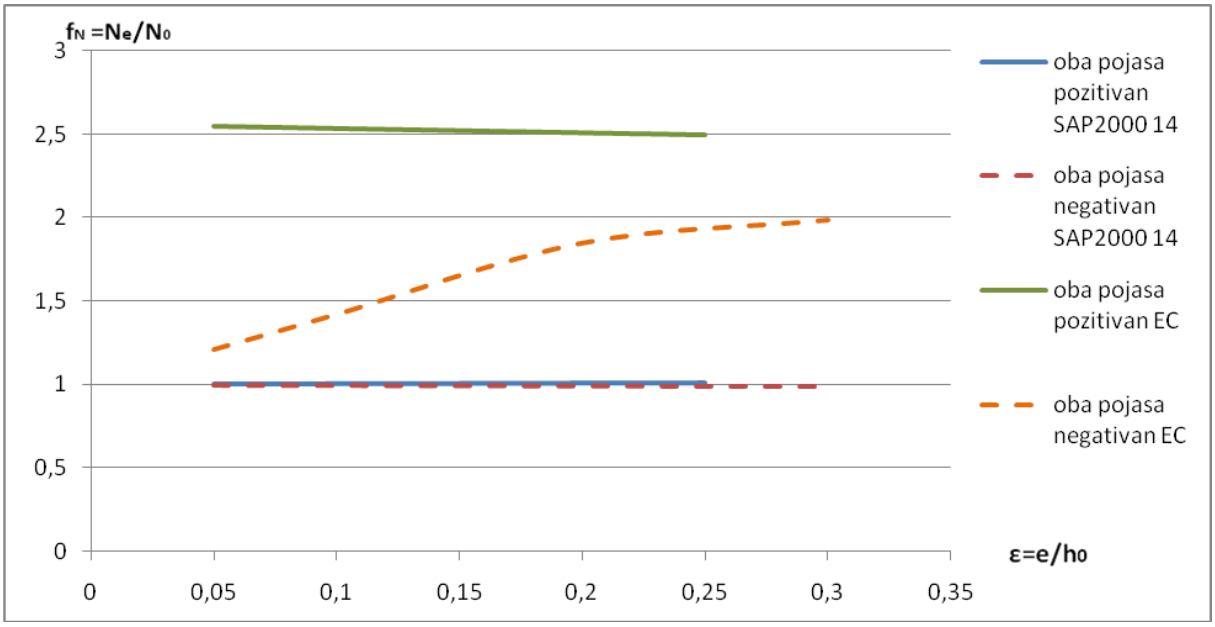
Slika 5 – Rezultati proračuna TLAČNE ispune dobiveni pomoću SAP2000 14 [2]



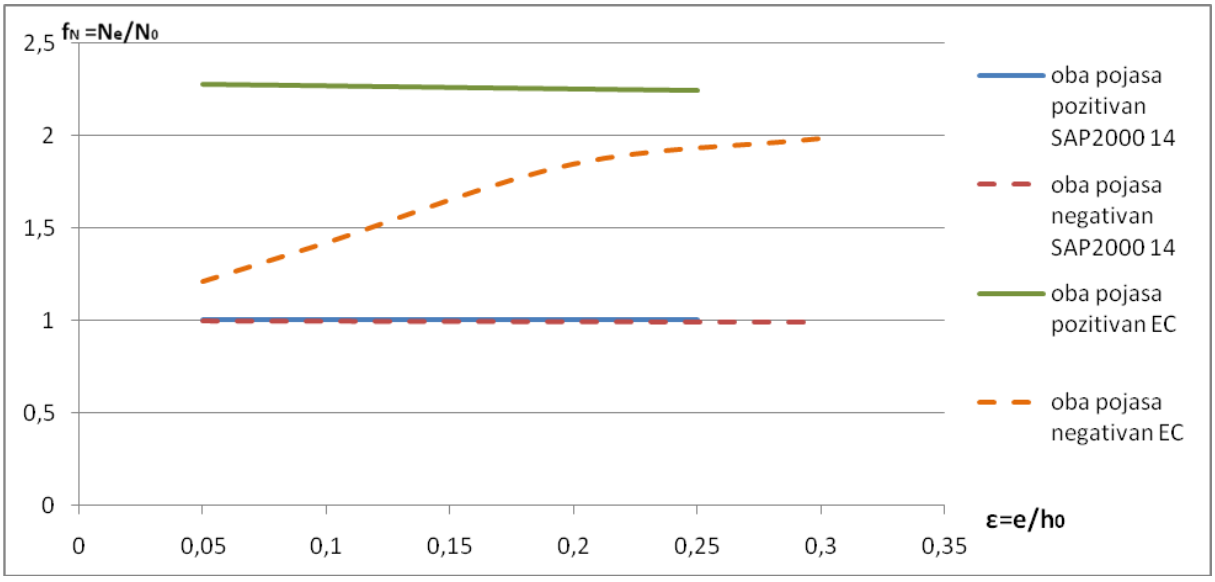
Slika 6 – Rezultati proračuna VLAČNE ispune dobiveni pomoću SAP2000 14 [2]

5 Usporedba rezultata

Kako bi se jednostavnije usporedile varijacije stvarnih sila i sila nosivosti prema euronormama, zavisno od promjene ekscentriciteta, uzeti su bezdimenzionalni rezultati za ekscentricitete u oba pojasa, a prikaz se vidi na slikama 7 i 8.



Slika 7 – Dijagrami za TLAČNU ispunu



Slika 8 – Dijagrami za VLAČNU ispunu

6 Zaključak

Nakon provedene analize nosivosti priključka izrazima iz euronormi, može se zaključiti da povećanjem ekscentriciteta izazvanog razmakom između štapova u donjem kao i u oba pojasa, vrijednost uzdužne sile u obje ispune raste. U slučaju ekscentriciteta izazvanog razmakom između štapova u gornjem, kao i ekscentriciteta izazvanog preklopom štapova u svim preostalim slučajevima, vrijednosti uzdužne sile u tlačnoj i vlačnoj ispuni opada. Provedenom analizom najvećih sila u štapovima ispune metodom KE, može se zaključiti da povećanjem ekscentriciteta izazvanog razmakom štapova u gornjem pojasu, vrijednost uzdužne sile u tlačnoj ispuni opada, dok vrijednost uzdužne sile u vlačnoj ispuni raste. U donjem pojasu, kao i u slučaju ekscentriciteta istovremeno u oba pojasa, vrijednost uzdužne sile u tlačnoj i vlačnoj ispuni raste. Povećanjem ekscentriciteta izazvanog

preklopom štapova u gornjem pojasu, vrijednost uzdužne sile u tlačnoj ispuni raste, dok u vlačnoj ispuni pada. U donjem pojasu, kao i u slučaju ekscentriciteta u oba pojasa, vrijednost uzdužne sile u tlačnoj i vlačnoj ispuni opada. Usporedbom rezultata za ekscentricitete u oba pojasa, sličnost pokazuju rezultati u slučaju pozitivnih ekscentriciteta, dakle ekscentriciteta izazvanih preklapanjem štapova.
Razmatrani rezultati upućuju na činjenicu koliko je važna precizna ugradnja štapova ispune pri izvedbi rešetke, posebno u slučajevima kada su ti štapovi u visokom stupnju iskorištenosti.

Literatura

[1] European Committe for Standardization (CEN) 2005: EN 1993-1-8, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of Joints
[2] Džeba, I.; Androić, B.; Dujmović, D.: Metalne konstrukcije 3, I.A.P., Zagreb
[3] Markulak, D.: Proračun čeličnih konstrukcija prema EN 1993-1-1, Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, GF Osijek, 2008
[4] Knežević, I.; Mikolin, M.; Markulak, D.: Proračun priključaka u rešetkastim čeličnim nosačima prema Eurokod normama, e –GFOS (br.1)
[5] Radić, I.; Markulak, D.; Mikolin, M. 2010: *Design and FEM Modelling of Steel Truss Girder Joints*; Strojarstvo 52 (2) 125-135
[6] Junušić, S., Anić, N., Jurić, A.: Utjecaj ekscentriciteta na unutarnje sile u rešetki
[7] Programski paket, 2009: CSI SAP2000 INTEGRATED SOFTWARE FOR STRUCTURAL ANALYSIS & DESIGN V14.