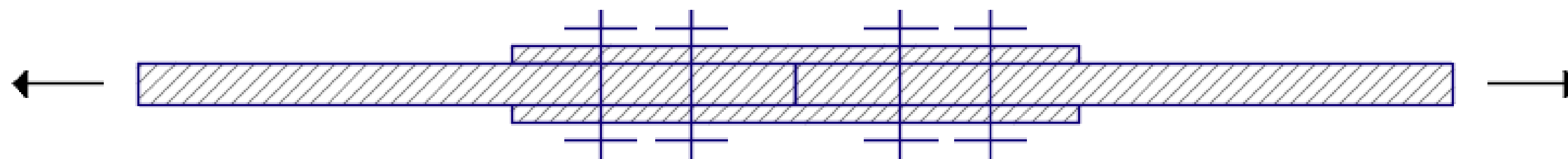




Награда из Фонда проф. др Бранка Зарића за најбољи мастер рад из области Металних конструкција одбрањен у школској 2019/20. години

ПОНАШАЊЕ ОБОСТРАНИХ СМИЧУЋИХ СПОЈЕВА ОД ТАНКОЗИДНИХ ЧЕЛИЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА



Студијски програм: Грађевинарство
Модул: Конструкције
Предмет: Лаке металне конструкције
Ментор: в.проф.др Јелена Добрић, дипл. грађ. инж.

АРМИН ХАМИДОВИЋ

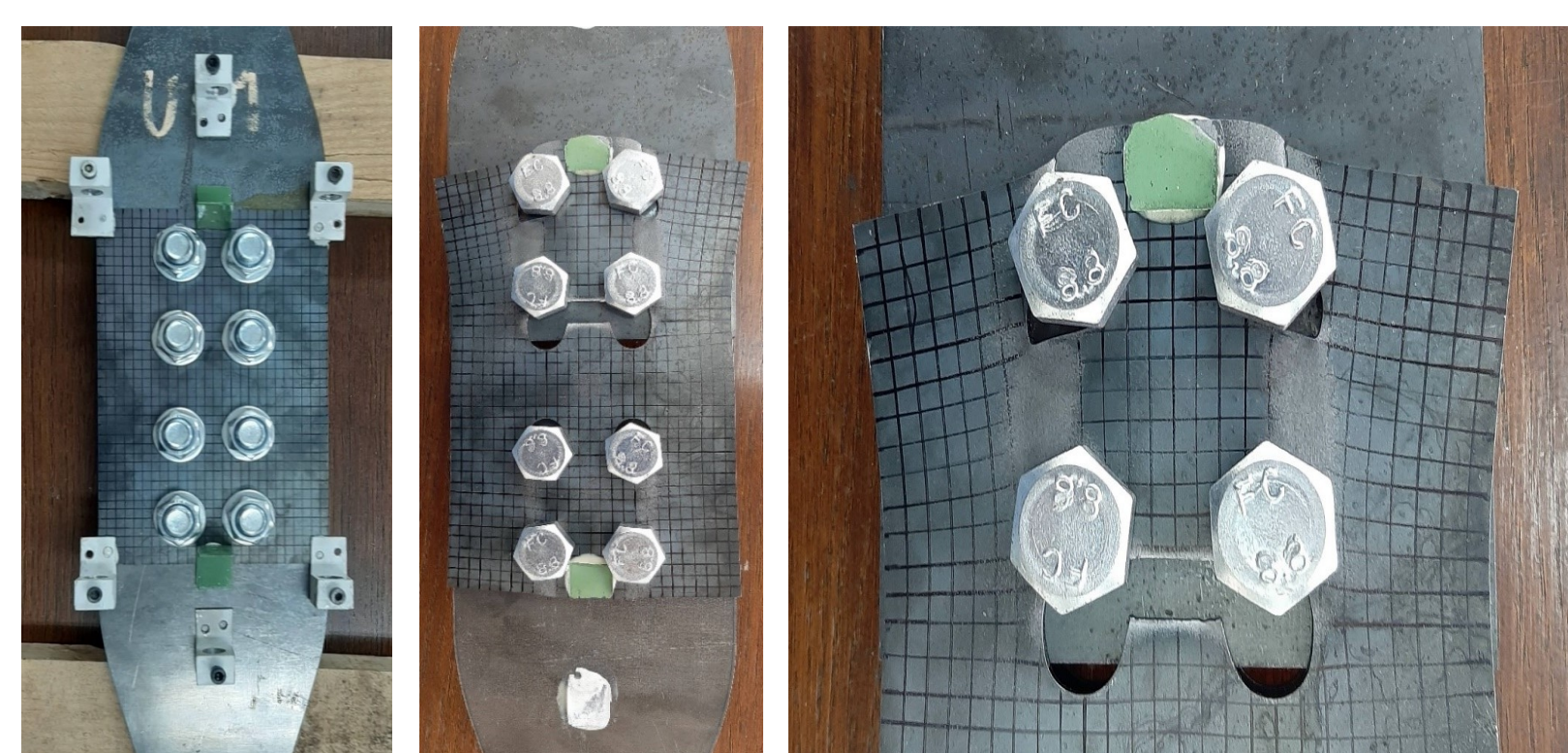
Мастер студије уписане 2019. године
Мастер студије завршене 2020. године
Просечна оцена: 10,00 (десет и 00/100)

1. САЖЕТАК РАДА

Тема овог мастер рада је анализа понашања обостраних смичућих спојева од челичних танкозидних елемената чија је гранична носивост везе одређена ломом услед цепања блока, односно ломом нето пресека. Основне карактеристике везе, гранична вредност силе и дуктилност, утврђене су експерименталним испитивањем две серије узорка са различитом геометријом везе усвојеном према препорукама датим у SRPS EN 1993. Поред експерименталног испитивања, извршена је и нумеричка симулација експеримента користећи Методу коначних елемената (МКЕ). Експериментално и нумерички утврђени облици лома и граничне силе су упоређене са предиктивним рачунским вредностима добијеним према препорукама датим у SRPS EN 1993. Утврђен је висок степен поклапања између експерименталних и рачунских вредности.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ

За потребе овог рада испитане су две серије од по два узорка као и две епрувете различитих дебелина израђене од истог материјала као и узорци. Праћене су деформације, постављањем угибометара у карактеристичним тачкама, као и напрезања узорка. По завршетку испитивања извршена је класификација механизма лома и детерминисана носивост узорка. Резултати су се поклопили са предикцијама прорачуна.



СЛИКА 3. Узорак серије 1 – пре и после лома

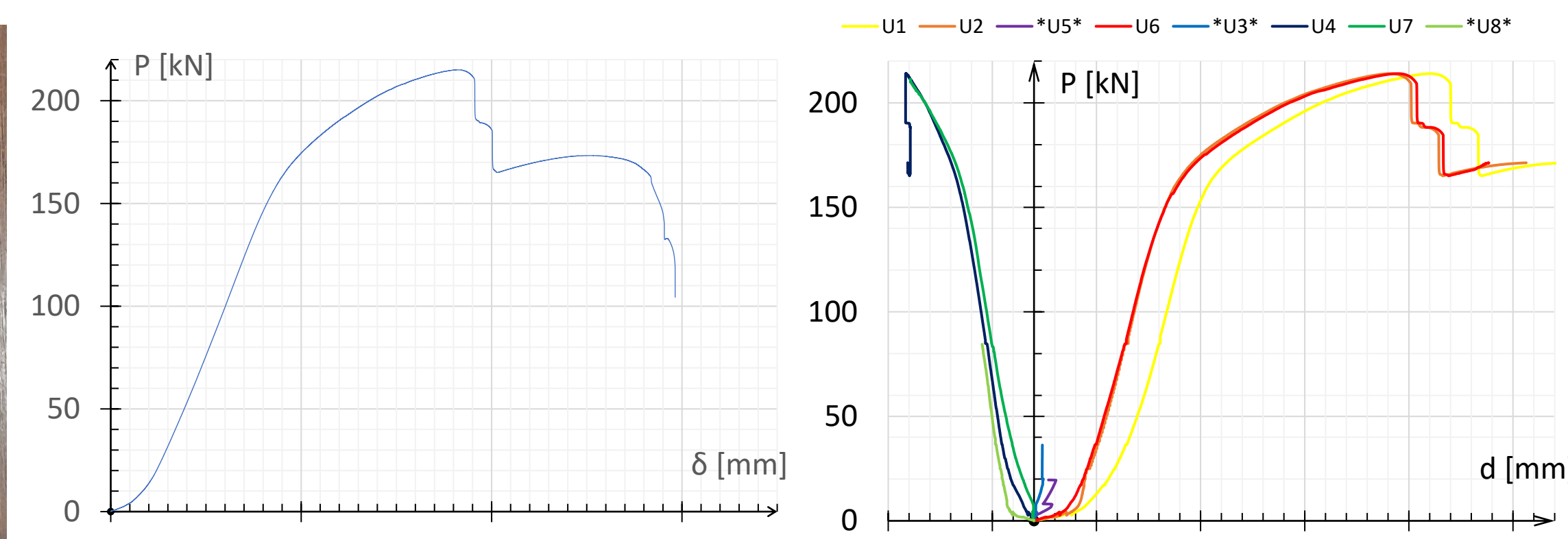


ГРАФИК 2. Носивост и дуктилност узорка серије 2



СЛИКА 1. Узорци серије 1 и 2 – упоредни приказ



СЛИКА 2. Узорци у кидалици



СЛИКА 4. Узорак серије 2 – пре и после лома

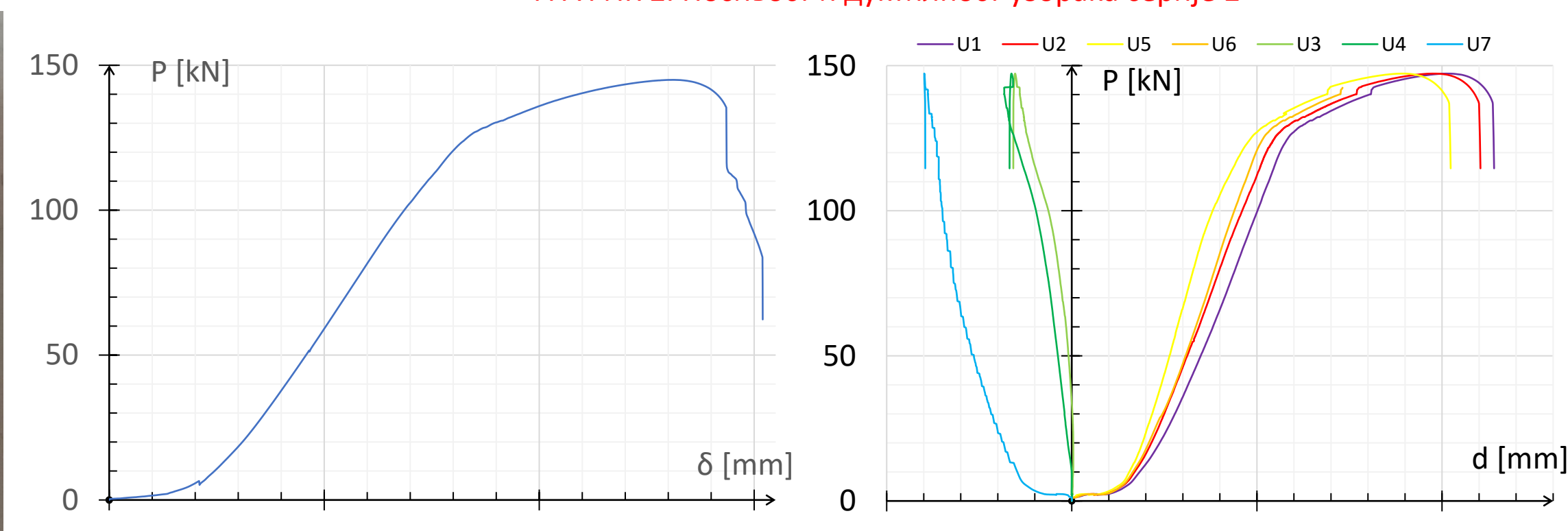
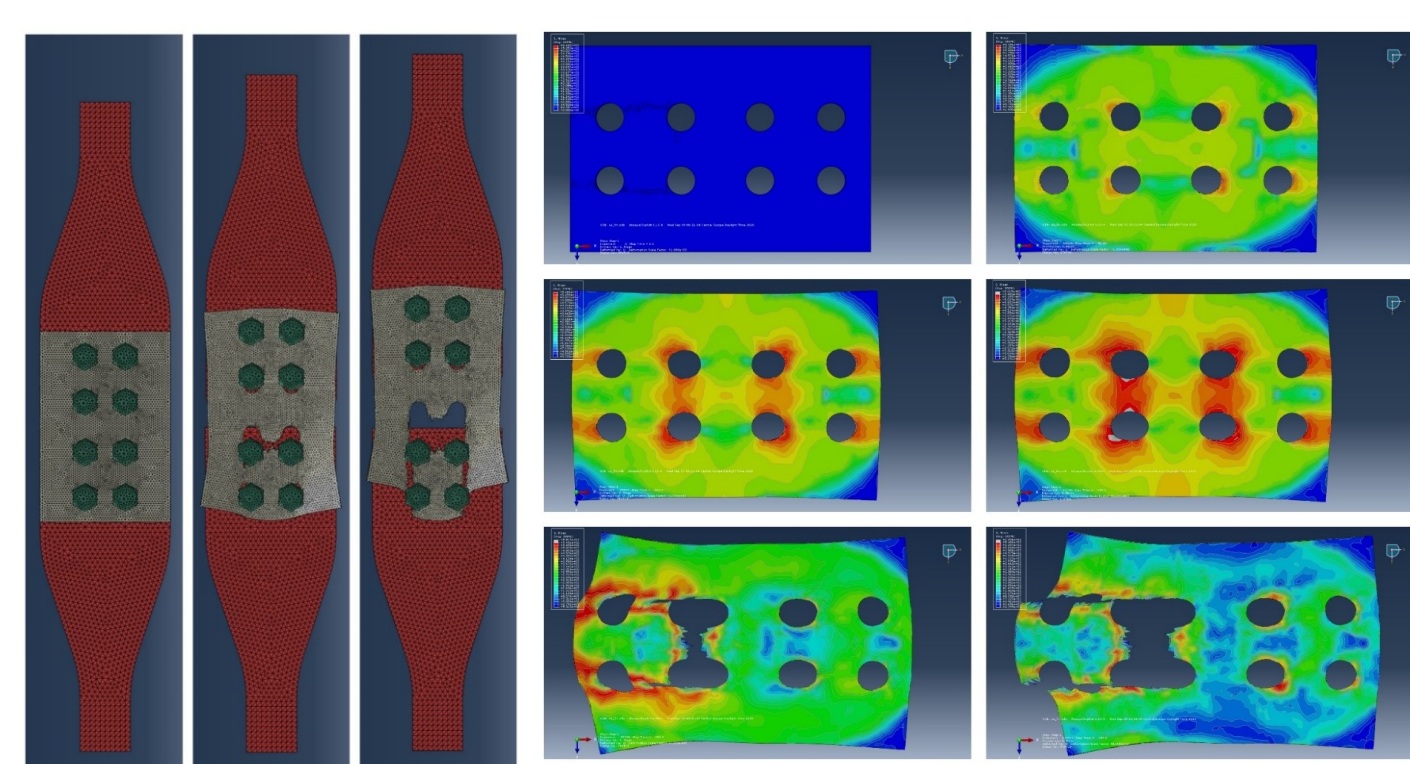


ГРАФИК 1. Носивост и дуктилност узорка серије 1

3. НУМЕРИЧКА СИМУЛАЦИЈА



СЛИКА 5. Нумеричка симулација лома узорка серије 1

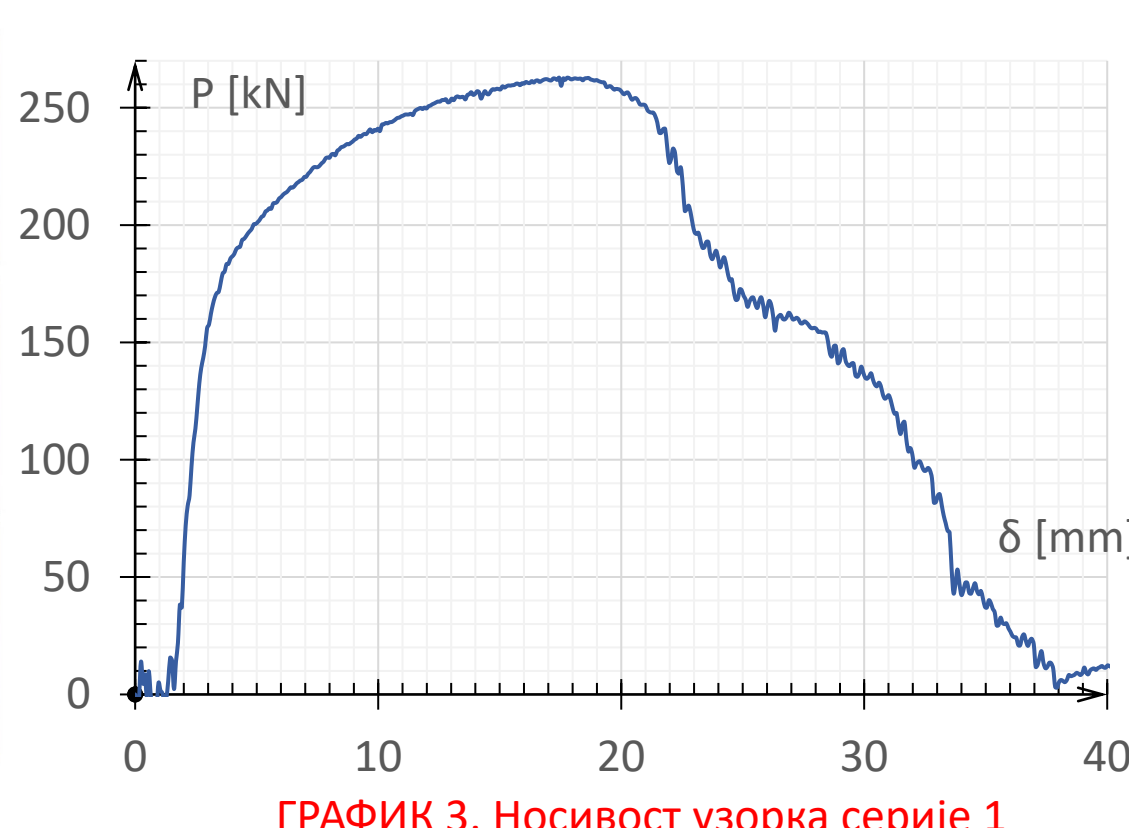
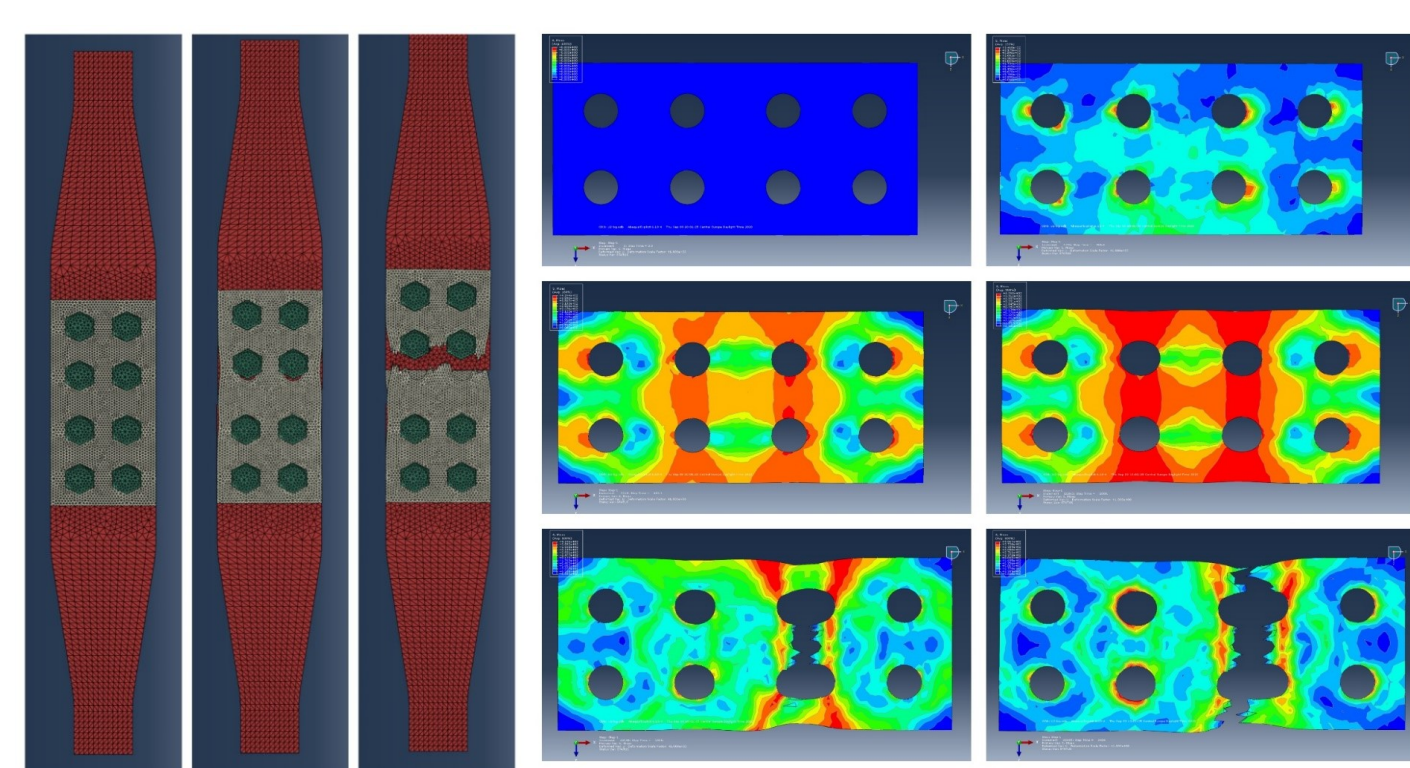


ГРАФИК 3. Носивост узорка серије 1



СЛИКА 6. Нумеричка симулација лома узорка серије 2

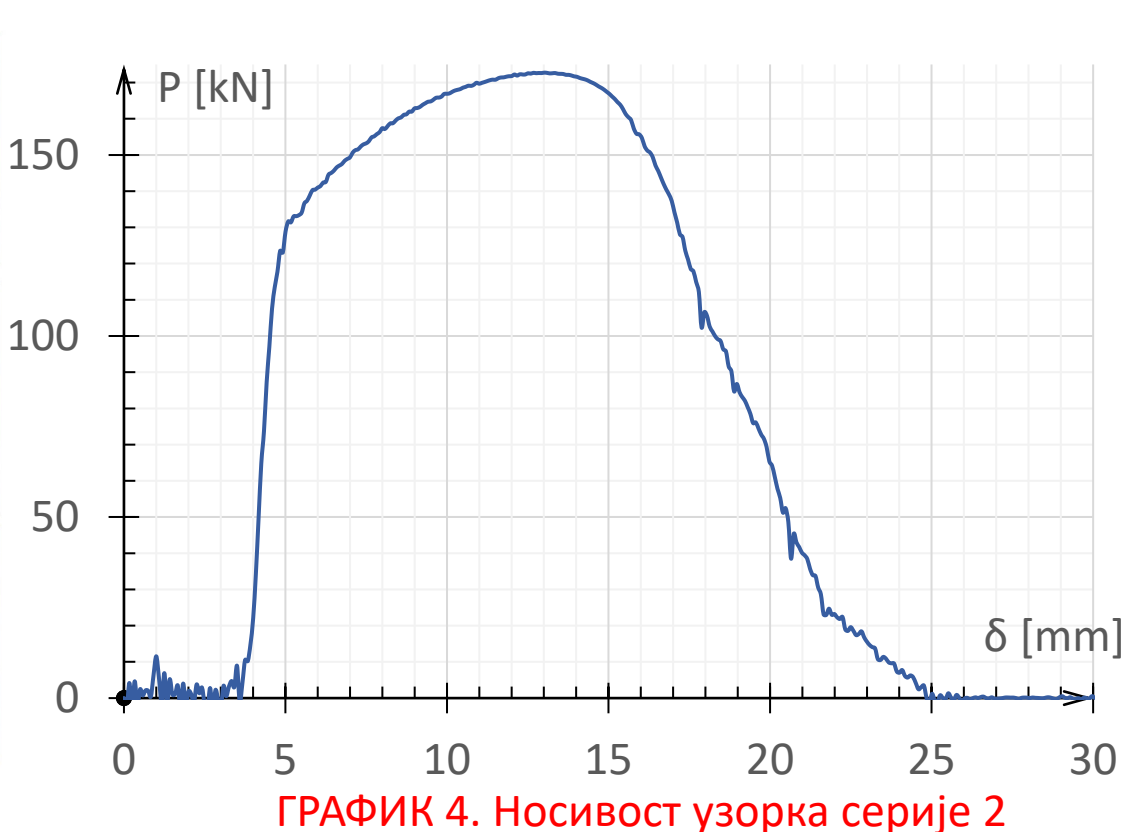


ГРАФИК 4. Носивост узорка серије 2

За израду нумеричког модела узорка коришћен је софтвер који ради на бази методе коначних елемената - Abaqus. У Abaqus-у су нумерички симулиране обе серије узорка. На основу резултата експерименталних испитивања епрувета, у Abaqus-у су такође измоделиране и епрувете. Калибрисањем материјалних карактеристика епрувета у моделу са реалним резултатима експерименталних испитивања за $\sigma - \epsilon$ криве, добијена је формулација материјала за моделирање узорка. Резултати нумеричке симулације су потврдили механизме лома добијене претходним експерименталним испитивањем. Такође, носивост узорка није много одступала од носивости које су добијене експериментом.

4. ПРЕДИКЦИЈЕ ПРОРАЧУНА

Прорачун је спроведен у свему према препорукама које даје SRPS EN 1993-1-3 и SRPS EN 1993-1-8, али и према SRPS EN 1993-1-5 који даје специјалне препоруке које се односе на танкозидне пресеке. На основу резултата прорачуна, носивост узорка серије 1 је ограничена цепањем блока док је носивост у случају узорка серије 2, код којих се геометријски разликује једино попречно ивично растојање завртњева, ограничена носивошћу нето пресека.

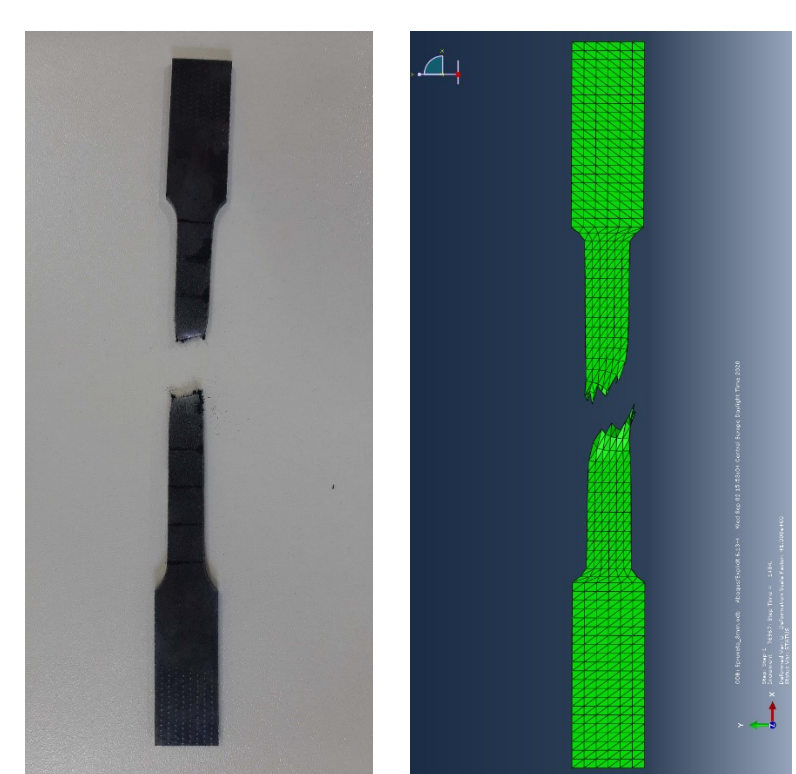
Механизам лома	Носивост [kN]
Смицање завртњева	401.92
Притисак по омотачу рупе	255
Носивост лима	213
Носивост нето пресека подвезице	287.64
Цепање блока подвезице	173.08

ТАБЕЛА 1. Резултати прорачуна узорка серије 1

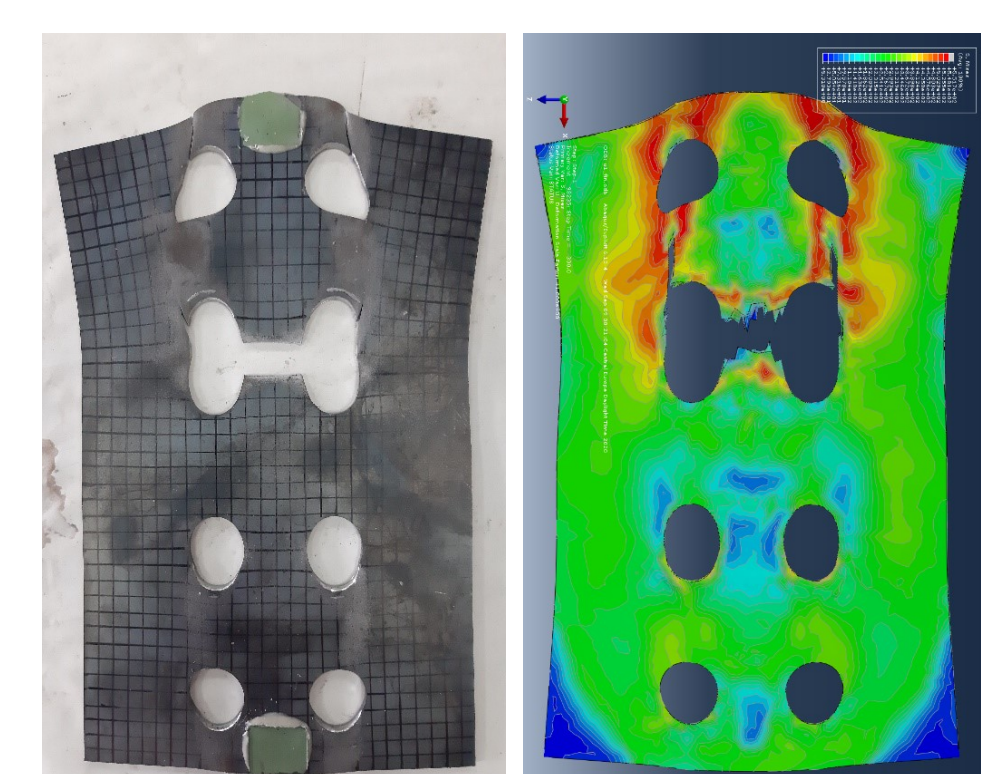
Механизам лома	Носивост [kN]
Смицање завртњева	401.92
Притисак по омотачу рупе	255
Носивост лима	213
Носивост нето пресека подвезице	165.24
Цепање блока подвезице	173.08

ТАБЕЛА 2. Резултати прорачуна узорка серије 2

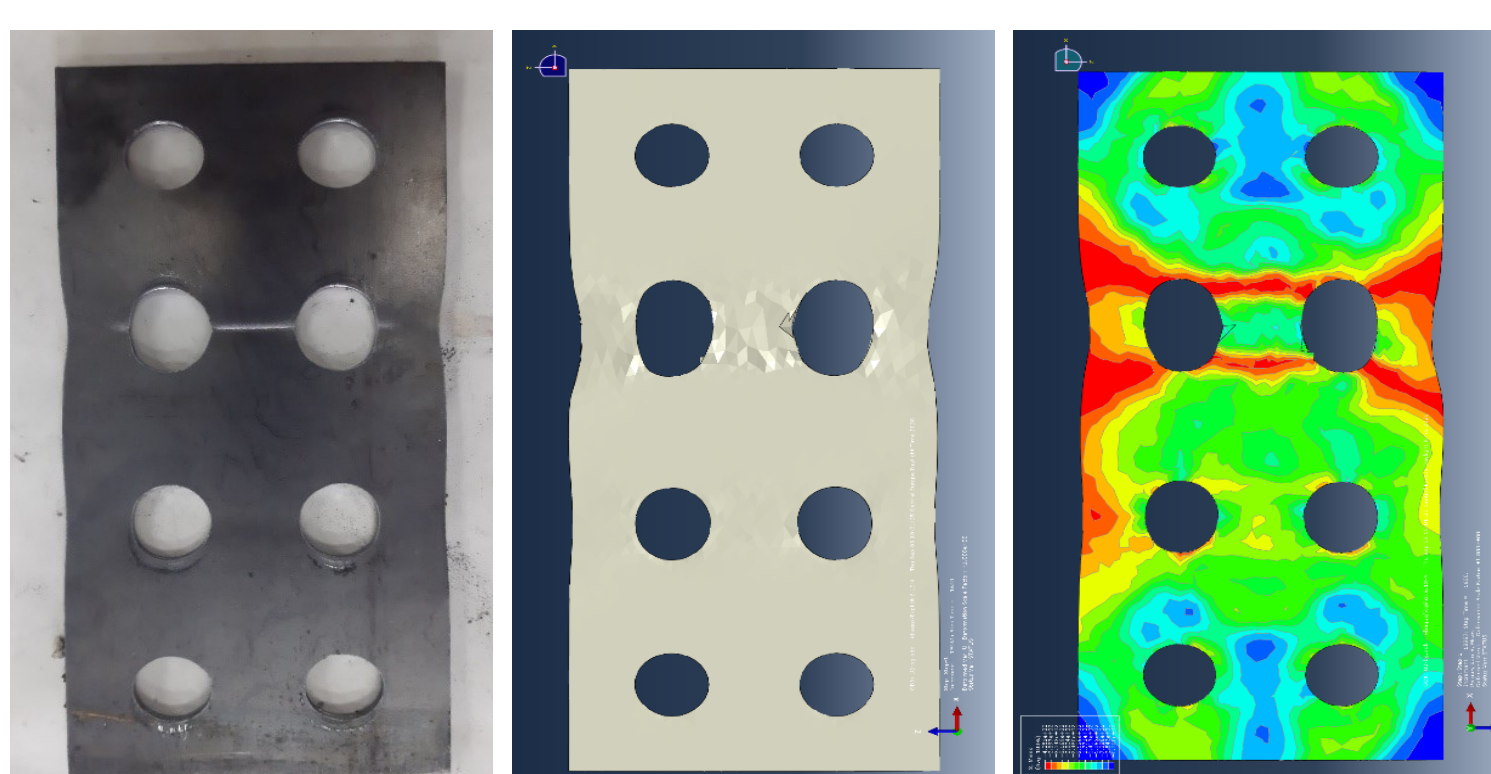
5. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА



СЛИКА 7. Лом епрувете – стварни и симулација



СЛИКА 8. Лом подвезице серије 1 – стварни и симулација



СЛИКА 9. Лом подвезице серије 2 – стварни и симулација

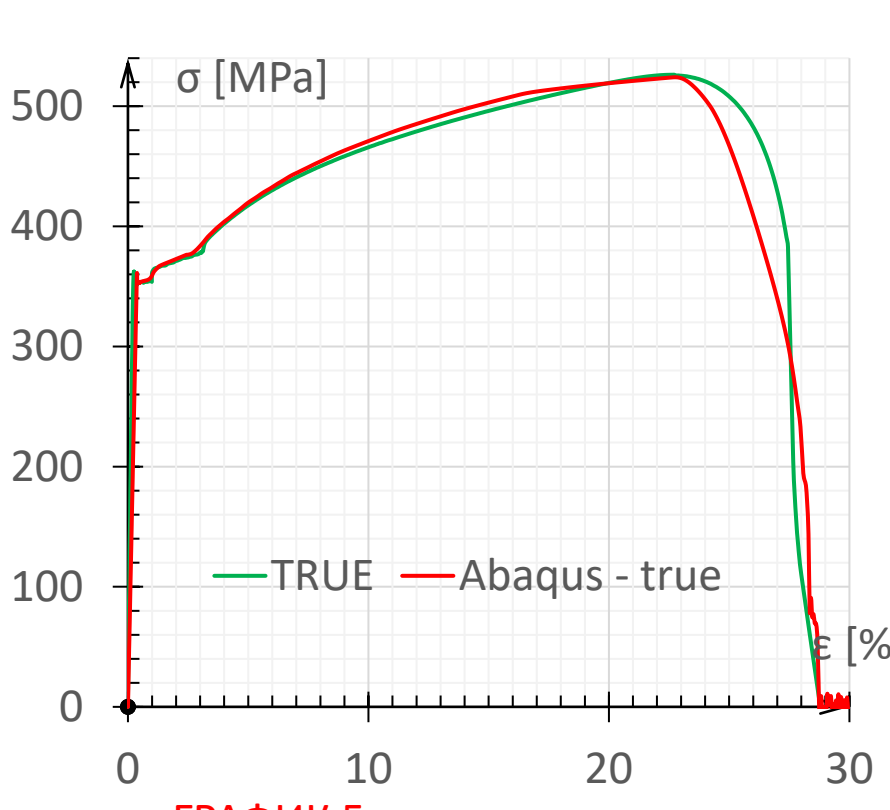


ГРАФИК 5. $\sigma - \epsilon$ крива епрувете

Серија	Експеримент		Симулација		Прорачун	
	Мех. лома	N _{exp} [kN]	Мех. лома	N _{sim} [kN]	Мех. лома	N _{ec} [kN]
1	Цепање блока	173	Цепање блока	261	Цепање блока	215
2	Лом нето пресека	165	Лом нето пресека	172	Лом нето пресека	145

ТАБЕЛА 3. Носивост и механизми лома

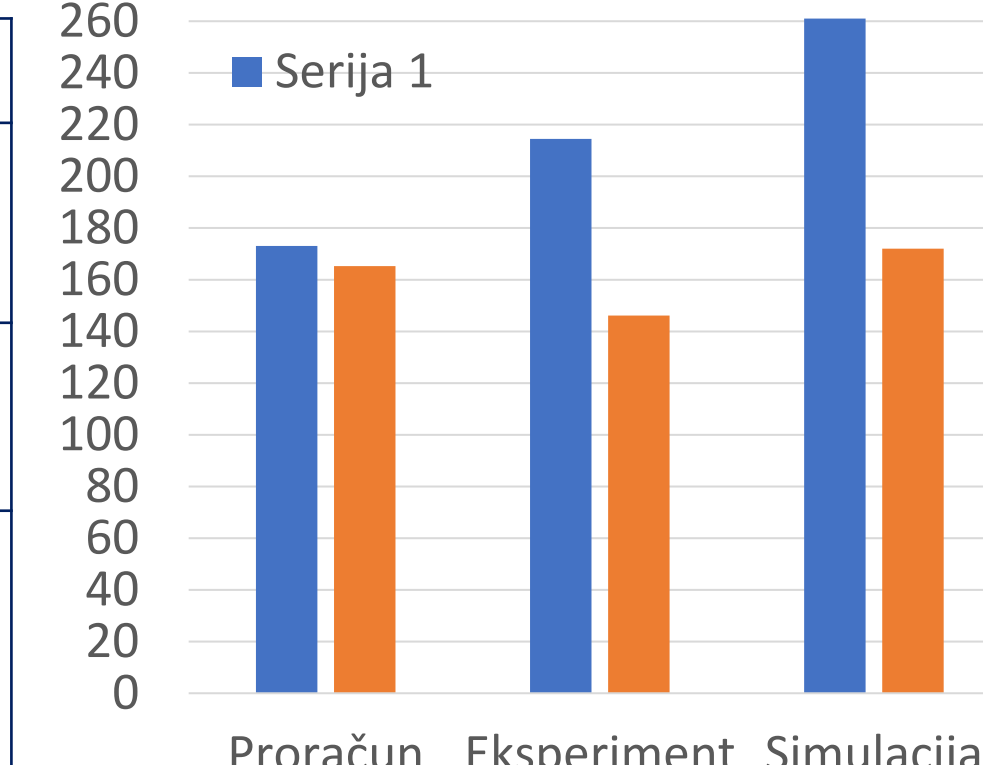


ГРАФИК 6. Упоредни приказ носивости узорка

Механизми лома, предвиђени прорачуном према релевантним Европским прописима, потврђени су како експериментално тако и применом методе коначних елемената за обе серије узорка. Носивост предвиђена прорачуном је, у случају серије узорка 1, на страни сигурности у поређењу са носивошћу оствареном током експерименталног испитивања ($N_{exp}/N_{ec} = 1.24$) и носивошћу добијеном нумеричком симулацијом испитивања ($N_{sim}/N_{ec} = 1.51$). У случају серије узорка 2, носивост предвиђена прорачуном је на страни сигурности у поређењу са носивошћу добијеном нумеричком симулацијом ($N_{sim}/N_{ec} = 1.04$), али не и са носивошћу оствареном током експерименталног испитивања ($N_{exp}/N_{ec} = 0.88$).