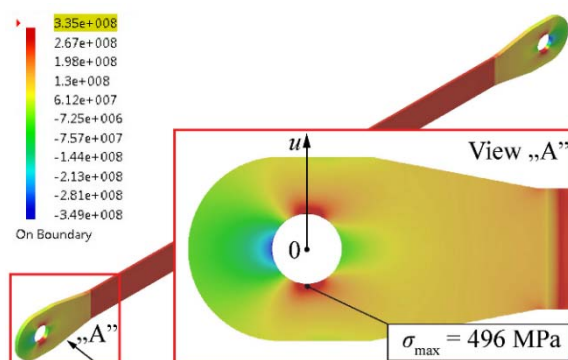
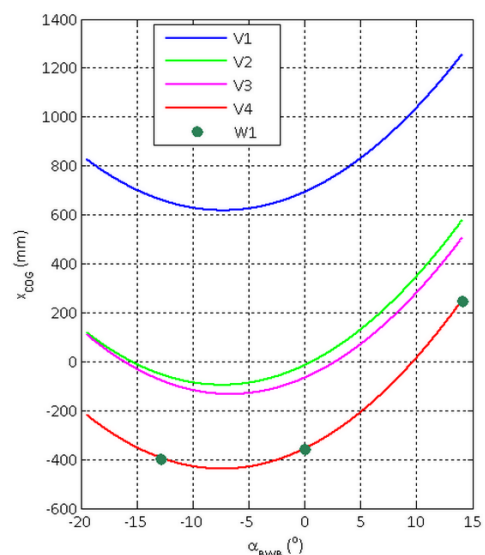
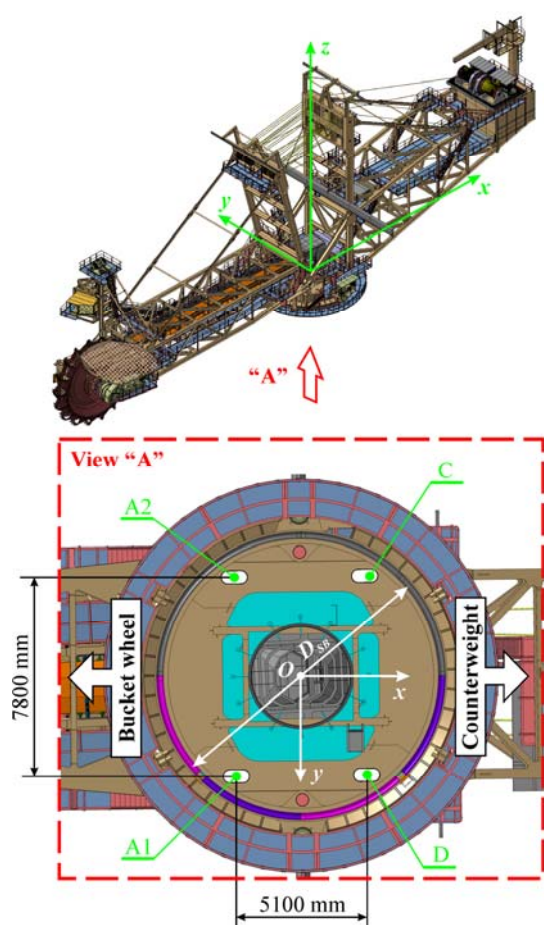


УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

**ПРИМЕНА 3Д МОДЕЛА ЗА АНАЛИТИЧКО-
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОДРЕЂИВАЊЕ ПАРАМЕТАРА
СТАТИЧКЕ СТАБИЛНОСТИ И СПОЉАШЊЕГ ОПТЕРЕЋЕЊА
РОТОРНОГ БАГЕРА
– ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ (КАТЕГОРИЈА М83) –**



БЕОГРАД, децембар 2017.

САДРЖАЈ

1. Аутори техничког решења	1
2. Назив техничког решења и пријављена категорија	1
3. Кључне речи	1
4. Инвеститор	1
5. Година израде техничког решења	1
6. Година почетка примене техничког решења	1
7. Научна област и научна дисциплина којој припада техничко решење	1
8. Проблем који се решава применом техничког решења	2
9. Стање решености проблема у свету	3
10. Опис техничког решења	5
11. Техничка документација	33
12. Доказ о примени техничког решења	278
13. Листа раније прихваћених техничких решења	278
14. Литература	281
15. Прилози	283
15.1 Прилог 1: Уговор	284
15.2 Прилог 2: Потврда корисника	289
15.3 Прилог 3: Рад публикован у часопису са SCI листе (категорија: M22)	291

1. АУТОРИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

проф. др Срђан Бошњак, Универзитет у Београду-Машински факултет

доц. др Небојша Ђатовић, Универзитет у Београду-Машински факултет

др Зоран Петковић, ред. професор у пензији, Универзитет у Београду-Машински факултет

истраживач-сарадник, Горан Милојевић, Универзитет у Београду-Машински факултет

истраживач-сарадник, Иван Миленовић, Универзитет у Београду-Машински факултет

истраживач-сарадник, Александар Стефановић, Универзитет у Београду-Машински факултет

2. НАЗИВ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА И ПРИЈАВЉЕНА КАТЕГОРИЈА

„Примена 3Д модела за аналитичко-експериментално одређивање параметара статичке стабилности и спољашњег оптерећења роторног багера“

Категорија: М83

3. КЉУЧНЕ РЕЧИ

роторни багер, обртна горња градња, тежина, положај тежишта, оптерећења

4. ИНВЕСТИТОР

Техничко решење развијено је током пружања услуге под називом „Израда пројекта стабилности горње градње на багеру SchRs 1600 (погонски бр. 3) на ПК Тамнава-Западно поље према пројектном задатку“ за потребе Привредног друштва за производњу, прераду и транспорт угља, РБ „КОЛУБАРА“ д.о.о., Лазаревац, ул. Светг Саве бр. 1. Уговор је дат у Прилогу 1.

5. ГОДИНА ИЗРАДЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

2015.

6. ГОДИНА ПОЧЕТКА ПРИМЕНЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

2015. (Прилог 2: Потврда корисника)

7. НАУЧНА ОБЛАСТ И НАУЧНА ДИСЦИПЛИНА КОЈОЈ ПРИПАДА ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Научна област: машинство

Ужа научна област: механизација

8. ПРОБЛЕМ КОЈИ СЕ РЕШАВА ПРИМЕНОМ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Основни проблем који се решава применом техничког решења јесте проблем дистрибуције маса обртне горње градње роторног багера. Одређивање масе (тежине) обртне градње и положаја њеног средишта (тежишта) представља кључни корак при решавању проблема њене статичке стабилности. Осим за решавање проблема статичке стабилности, подаци добијени применом техничког решења представљају поуздану основу за:

- анализу чврстоће структуре [1];
- анализу динамичког понашања обртне горње градње [2,3];
- анализу оптерећења и оцену века радиаксијалног лежаја обртне горње градње [4,5], чији пречник код багера на коме је примењено техничко решење износи 10 m.

Развијено техничко решење може успешно да се примени и на одлагаче, мобилне транспортере и багере са повлачком кашиком-драглајне [1].

Примена техничког решења доприноси поузданости и сигурности рада роторних багера, као основних машина на површинским угљенокопима, што има изузетан значај ако се сагледа у светлу чињенице да у укупној производњи електричне енергије у Србији доминира електрична енергија добијена из лигнита (70,3% у 2015. [6]).

9. СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ

Сопствена тежина подсистема стреле ротора доминантно утиче на интензитет силе у ужету механизма за промену угла нагиба стреле ротора [1]. Осим тога, положај тежишта обртне горње градње значајно утиче на дистрибуцију оптерећења унутар радиаксијалног лежаја којим се обртна горња градња ослања на доњу градњу, а тиме и на његов век [4,5]. На основу изложених чињеница закључује се да прецизна идентификација основних параметара статичке стабилности (ОПСС: тежина и положај тежишта) омогућава: (1) поуздано подешавање граничних вредности сила у ужадима механизма за промену угла нагиба стреле ротора, које представљају основну заштиту од губитка статичке стабилности обртне горње градње; (2) идентификацију оптерећења кука-хватаљки, које спречавају губитак статичке стабилности у екстремним случајевима оптерећења; (3) одређивање неравномерности оптерећења котрљајних тела радиаксијалног лежаја за ослањање обртне горње градње.

Основне експлоатационе карактеристике, поузданост и безбедност роторних багера доминантно одређују параметри горње градње. Они се могу сврстати у три основне групе: (1) параметри који одређују статичку стабилност горње градње; (2) параметри који одређују чврстоћу горње градње; (3) параметри који одређују динамичко понашање горње градње. Заједнички именитељ свих наведених параметара јесте маса горње градње односно, њена дистрибуција по структури. Зато се одређивању ОПСС, мора посветити посебна пажња у свим фазама пројектовања роторног багера. Чак и код светски реномираних произвођача роторних багера јављају се знатне разлике поменутих параметара горње градње током развоја пројекта, што је најчешће последица накнадних захтева купца, или немогућности набавке пројектом предвиђених компоненти. Управо због тога, након завршетка монтаже машине обавезно се врши експериментално одређивање тежине горње градње и положаја њеног тежишта [7-10] са циљем да се изврши валидација пројектованих ОПСС [11,12]. Према цитираној литератури, поступак валидације изводи се упоређивањем пројектоване и измерене тежине горње градње. Уколико је разлика измерене и пројектоване тежине већа од 5%, онда се захтева понављање и прорачуна и вагања. О упоређивању положаја тежишта, одређеног аналитички и експериментом, у цитираној литератури нема ни помена. С обзиром на чињеницу да се у литератури [2-12], као ни у [13-16], дакле у целокупној литератури и техничкој регулативи која је била доступна ауторима, нигде не наводи могућност спрезања резултата добијених аналитички и експериментом, техничким решењем постављен је оригинални метод

формирања аналитичког модела обртне горње градње потпуно усаглашеног са изведеним стањем утврђеним експериментом.

Суштину техничког решења и његову примену код роторног багера SchRs 1600 аутори су публиковали у часопису Journal of Zhejiang University - SCIENCE A (категорија M22) као рад под називом „*Basic parameters of the static stability, loads and strength of the vital parts of the bucket wheel excavator's slewing superstructure*“ (<https://doi.org/10.1631/jzus.A1500037>), Прилог 3. Поменути рад представља први рад из области идентификације и оцене основних параметара статичке стабилности роторних багера објављен у часопису са SCI листе, што сведочи о научном потенцијалу техничког решења.

10. ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Основна идеја техничког решења јесте да се спрезањем резултата аналитичког и експерименталног поступка одређивања ОПСС формира модел који је у потпуности усаглашен са стварном сликом (изведеним стањем) обртне горње градње и који се са довољном тачношћу може користити за анализу статичке стабилности, као и анализу оптерећења и напонског стања структуре. Формирање таквог модела засновано је на новоуведеном концепту „корективне масе“ [1].

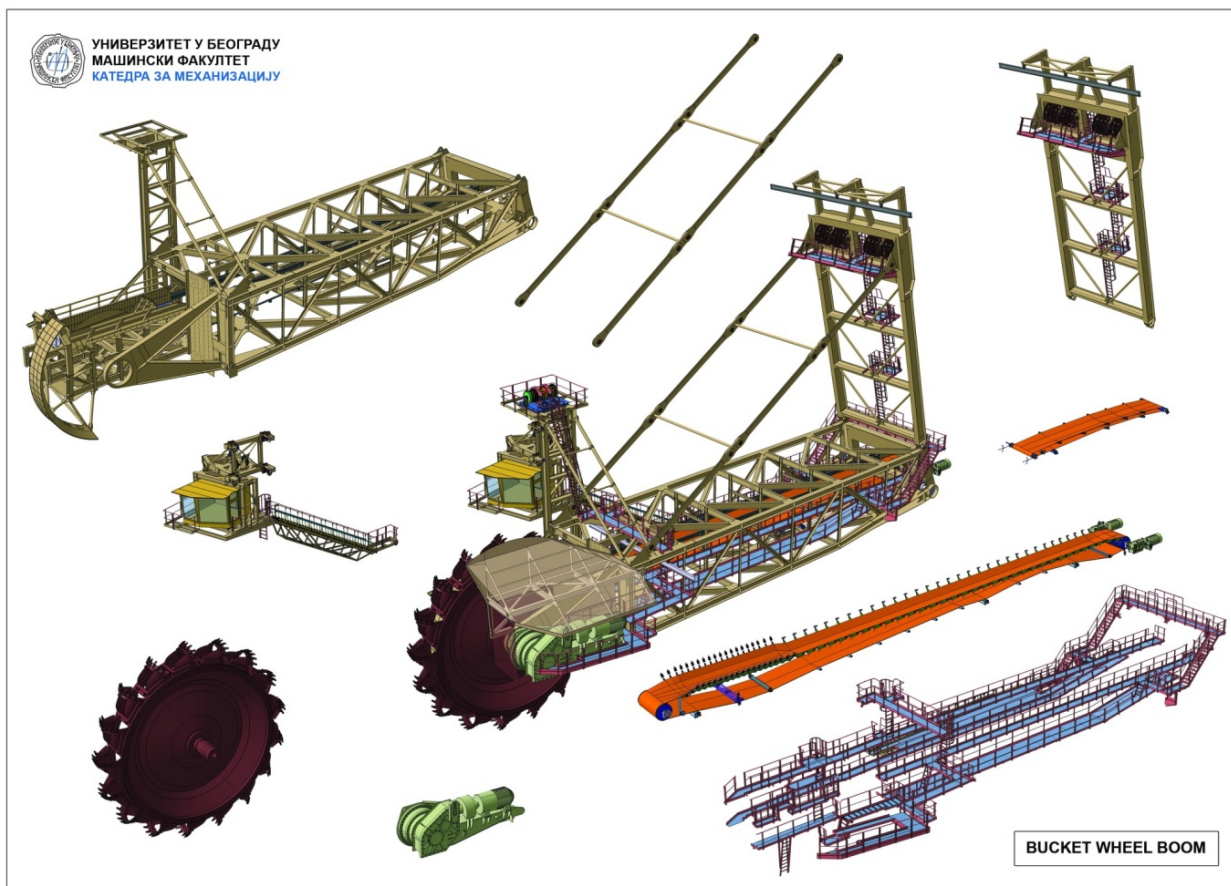
Роторни багер Krupp SchRs 1600, слика 1, пуштен је у експлоатацију 2010. године и опремљен је системом за континуално праћење (мониторинг) напонских стања виталних елемената носеће конструкције. Полазећи од чињенице да оптерећење од сопствене тежине представља доминантни део укупног оптерећења структурних елемената на линији мерења напонских стања, на основу конструкционе документације произвођача (2832 цртежа), у првој фази примене техничког решења развијен је 3Д модел багера (са 40856 делова), слике 2-6.



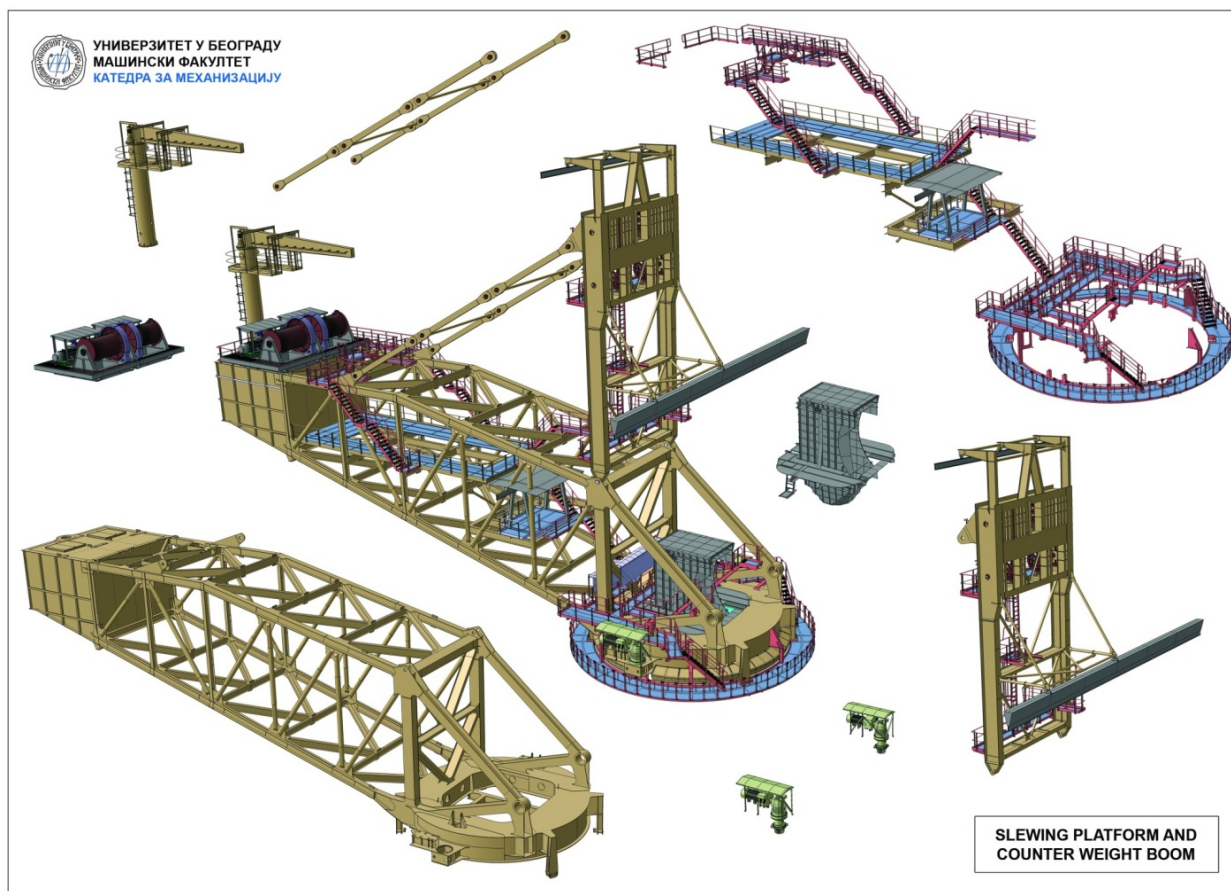
Слика 1. Роторни багер Krupp SchRs 1600



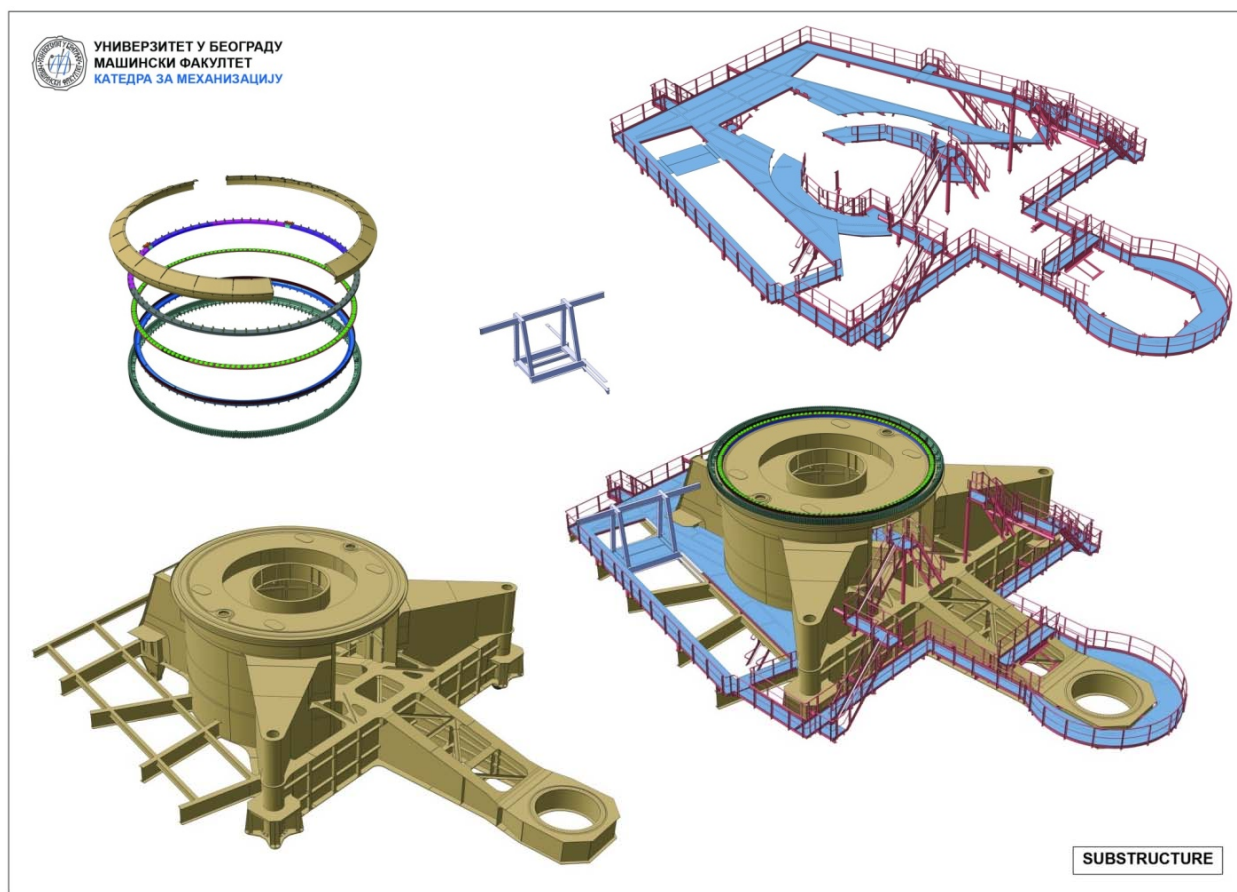
Слика 2. 3Д модел роторног багера KRUPP SchRs 1600



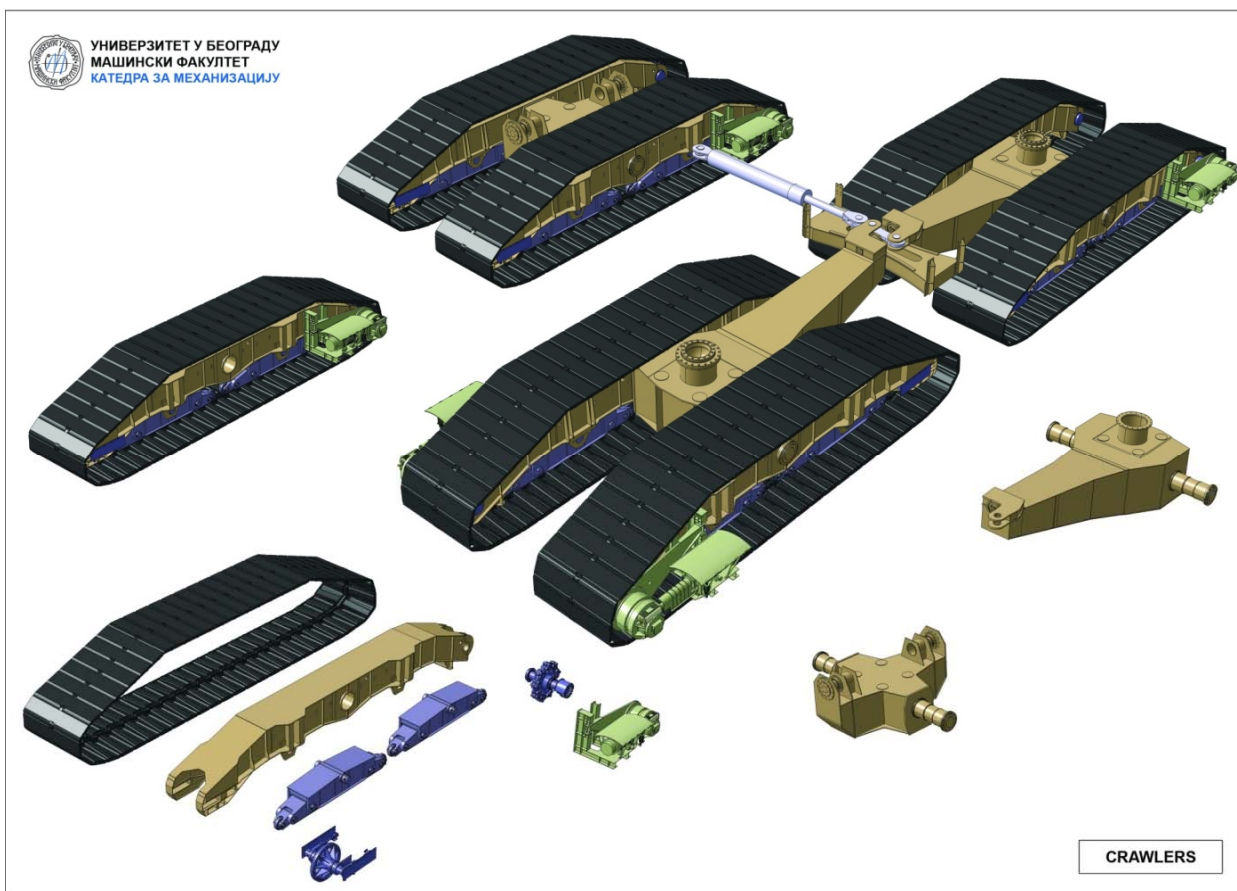
Слика 3. Експандирани 3Д модел стреле ротора



Слика 4. Експандирани 3Д модел стреле баласта



Слика 5. Експандирани 3Д модел доње градње

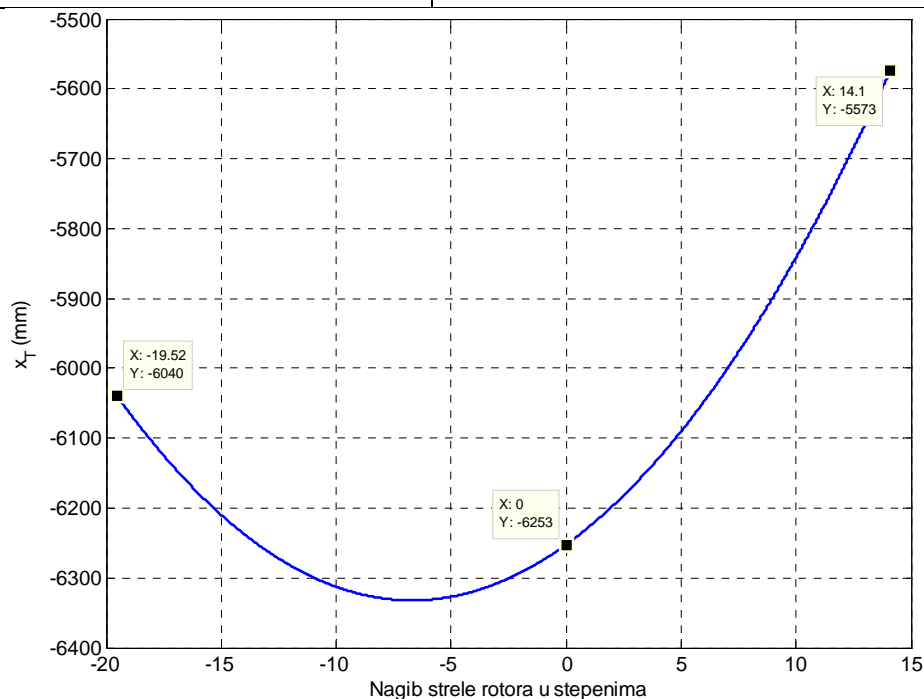


Слика 6. Експандирани 3Д модел гусеничног кретача

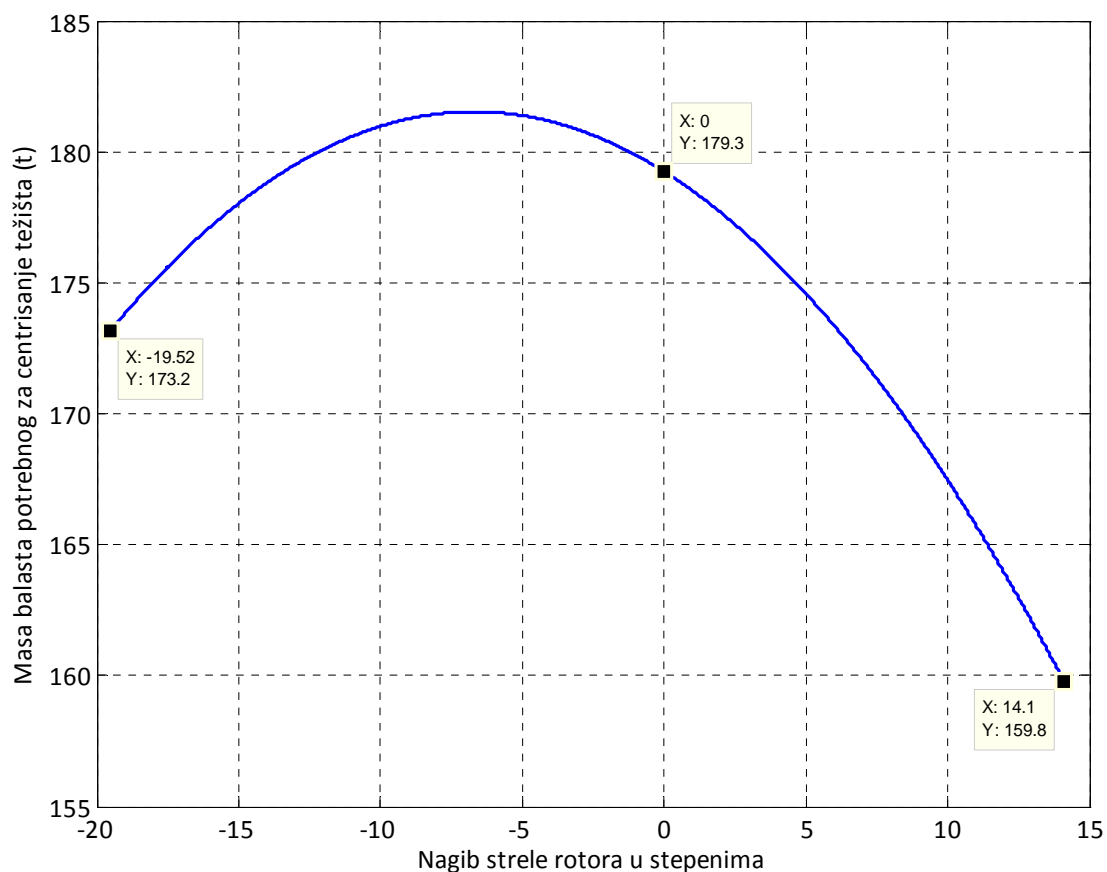
Основни параметри горње градње, одређени на основу 3Д модела приказаних на сликама 3 и 4, дати су у табели 1 и презентирани на сликама 7-9.

Табела 1. Основни параметри горње градње

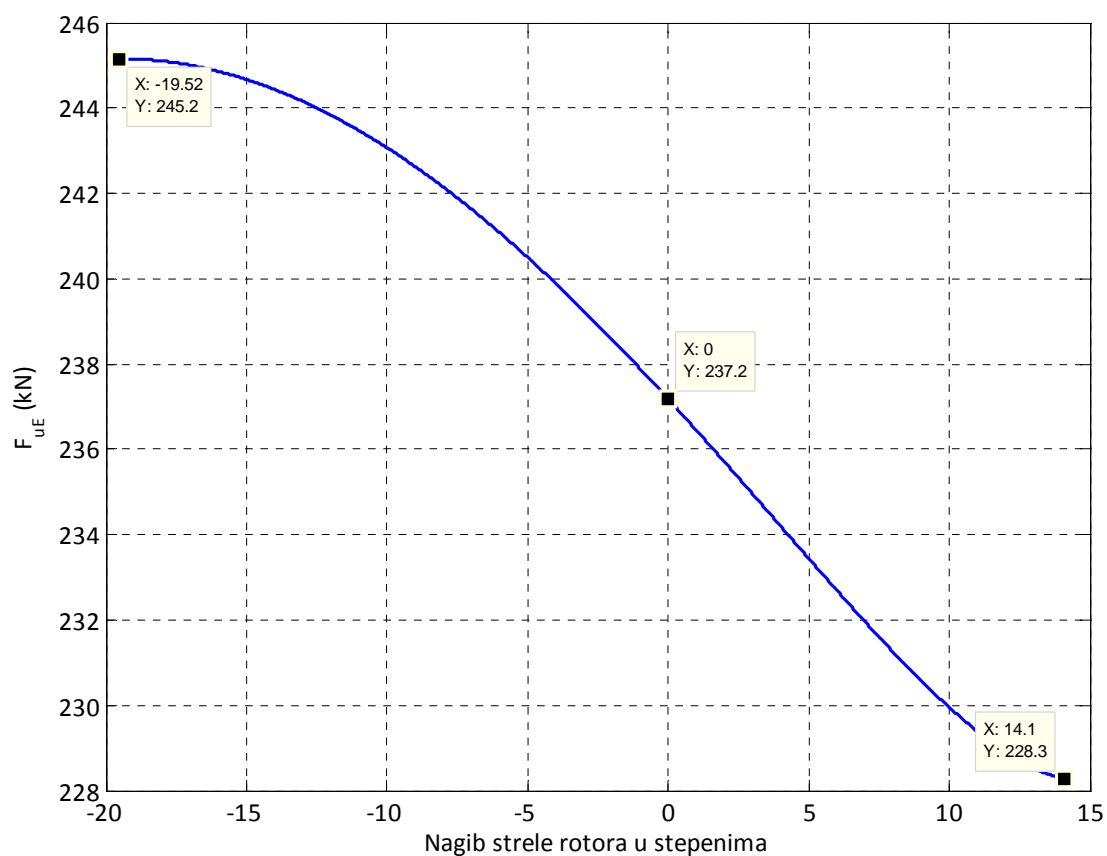
Параметар	3Д модел
Укупна маса горње градње без баласта (t)	978,266
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	476,119
Маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом (t)	502,147
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта горње градње x_T (mm)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-6040
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-6253
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-5573
Положај стреле ротора	Баласт потребан за центрисање тежишта (t)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	173,2
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	179,3
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	159,8
Положај стреле ротора	Сила у ужету за вешање стреле ротора (kN)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	245,2
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	237,2
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	228,3



Слика 7. Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта

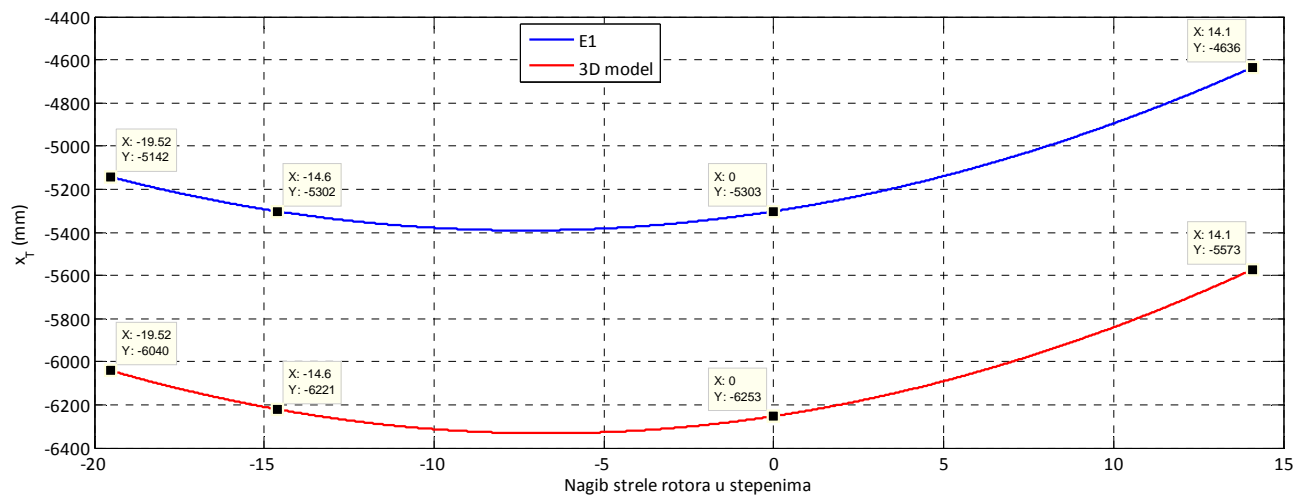


Слика 8. Маса баласта потребне за центрисање тежишта горње градње

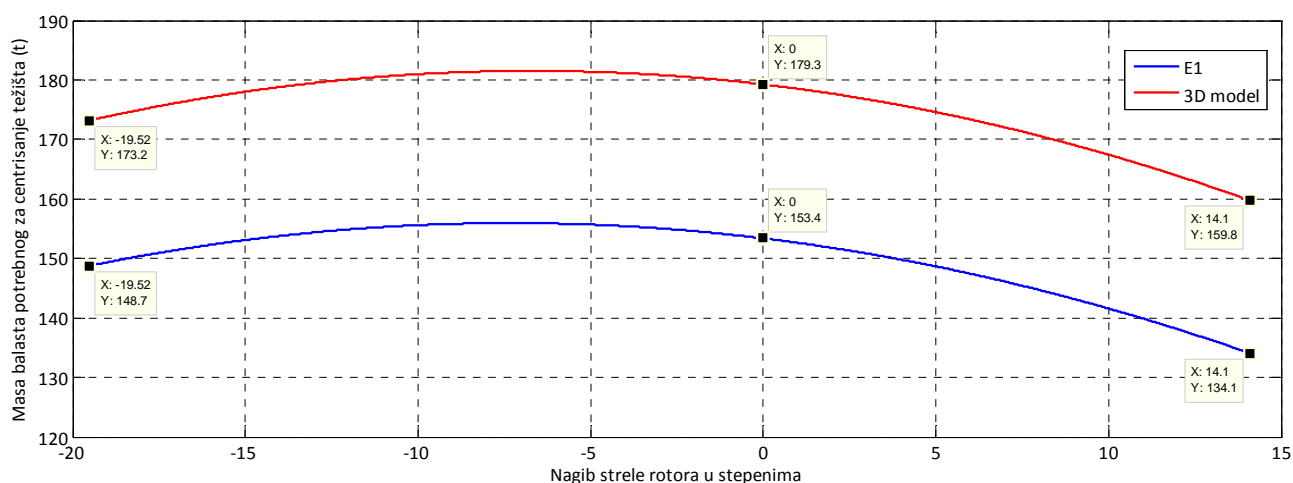


Слика 9. Зависност силе у ужету од угла нагиба стреле ротора

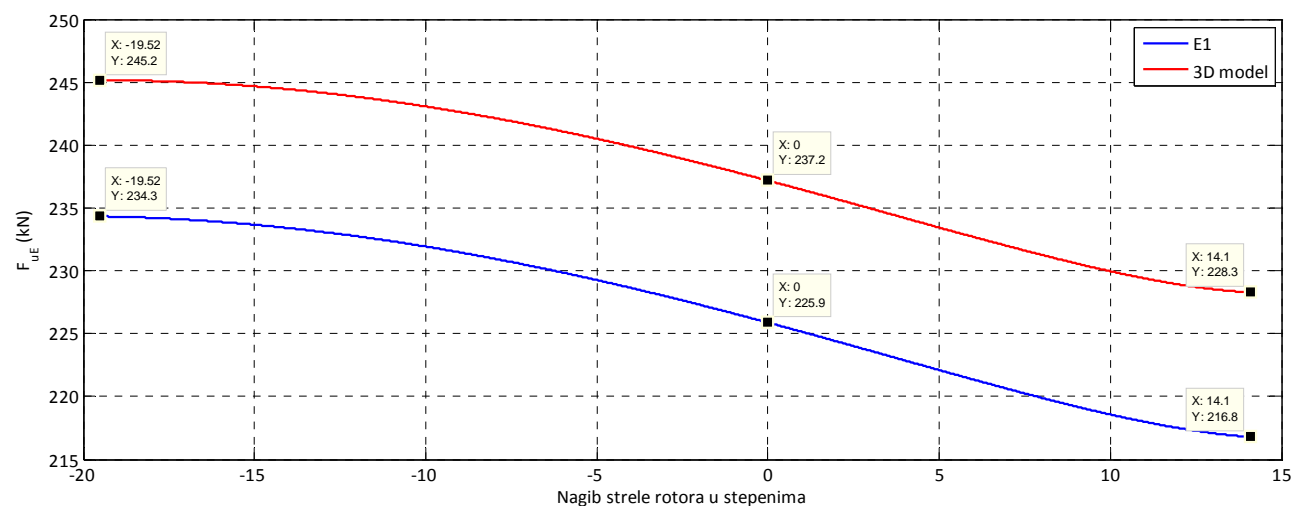
У другој фази примене техничког решења извршена је упоредна анализа параметара горње градње одређених на основу “Preliminary Stability Calculation – Revision 1” (Круп, у наставку Елаборат 1 – Е1) и параметара одређених применом 3Д модела, слике 10-12, табела 2.



Слика 10. Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта



Слика 11. Маса баласта потребне за центрисање тежишта горње градње



Слика 12. Силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора

Табела 2. Упоредни приказ параметара горње градње: Е1 vs 3Д

Параметар	Елаборат 1	3Д модел	Разлика „3Д-Е1“
Укупна маса горње градње без баласта (t)	992,162	978,266	-13,896 t
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	451,395	476,119	24,724 t
Маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом (t)	540,767	502,147	-38,620 t
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта горње градње без баласта x_T (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-5142	-6040	-898 mm
Планум, $\alpha_{SR}=-14,6^\circ$	-5302	-6221	-919 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-5303	-6253	-950 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-4636	-5573	-937 mm
		највеће одступање: -951 mm	
Положај стреле ротора	Баласт потребан за центрисање тежишта (t)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	148,7	173,2	24,5 t
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	153,4	179,3	25,9 t
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	134,1	159,8	25,7 t
Максимална вредност	155,9	181,5	25,6 t
Положај стреле ротора	Сила у ужадима котурача за дизање стреле ротора (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	245,2	10,9 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	237,2	11,3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	228,3	11,5 kN

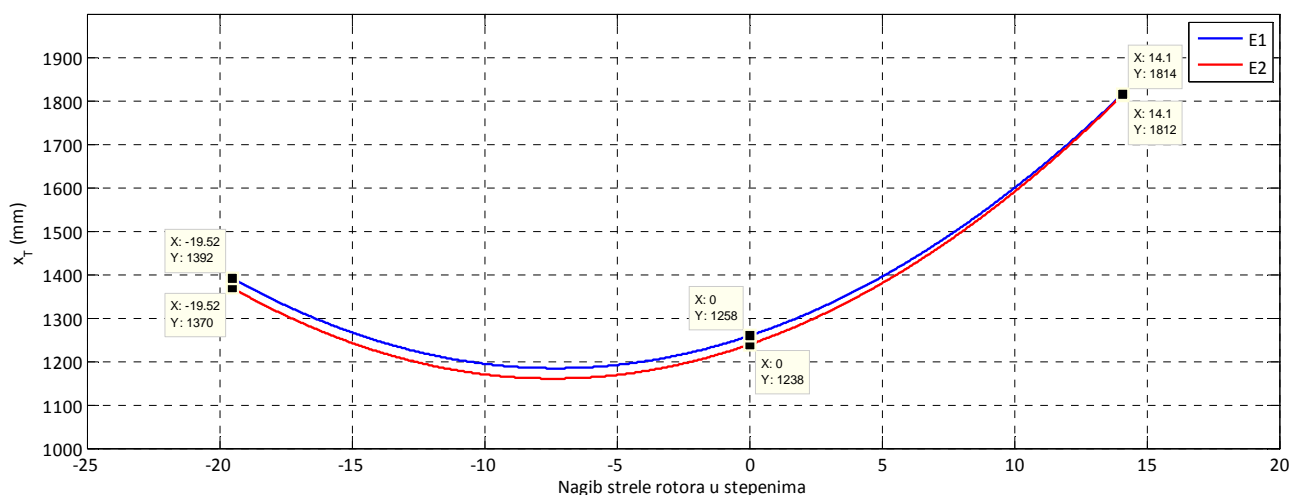
На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Маса горње градње према 3Д моделу мања је за $\approx 13,9$ t, уз изразито неповољну дистрибуцију разлике маса основних подструктура, са аспекта положаја тежишта и интензитета силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора; наиме, маса стреле ротора са затегама и стубом 1 већа је код 3Д модела за $\approx 24,7$ t, док је маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом мања за $\approx 38,6$ t.
2. Због знатно неповољнијег односа маса подструктура, апсциса тежишта горње градње без баласта код 3Д модела ближа је ротору за готово 1 m; максимална разлика износи -951 mm, а минимална -898 mm.

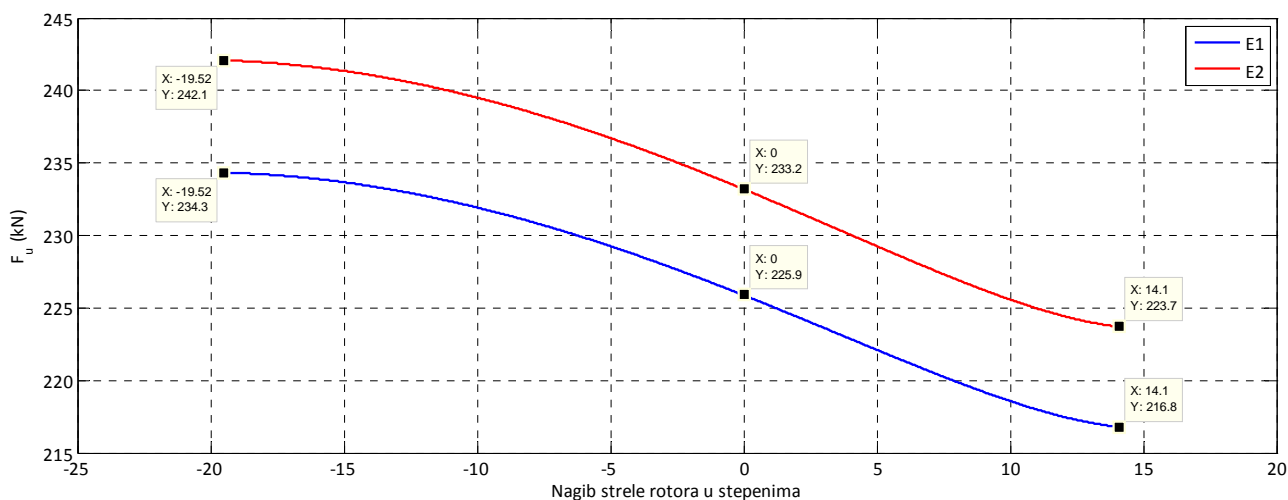
3. Према Елаборату 1, при хоризонталном положају стреле ротора потребно је 153,4 t баласта, док је према 3Д моделу потребно 179,3 t баласта.
4. Маса баласта потребна за центрисање тежишта горње градње без баласта већа је за ≈ 25 t код 3Д модела; максимална разлика од 25,9 t јавља се при хоризонталном положају стреле ротора, а минимална разлика од 24,5 t јавља се када је стрела ротора у поткопу.
5. Као последица лошије сопствене уравнотежености горње градње, сила у ужету котураче за подизање стреле ротора већа је за ≈ 11 kN код 3Д модела; максимална разлика од 11,5 kN јавља се у горњем положају стреле ротора, а минимална разлика од 10,9 kN јавља се у доњем положају стреле ротора.

На основу изложеног закључује се да постоји знатна неусаглашеност Елабората 1 и графичке документације на основу које је формиран 3Д модел.

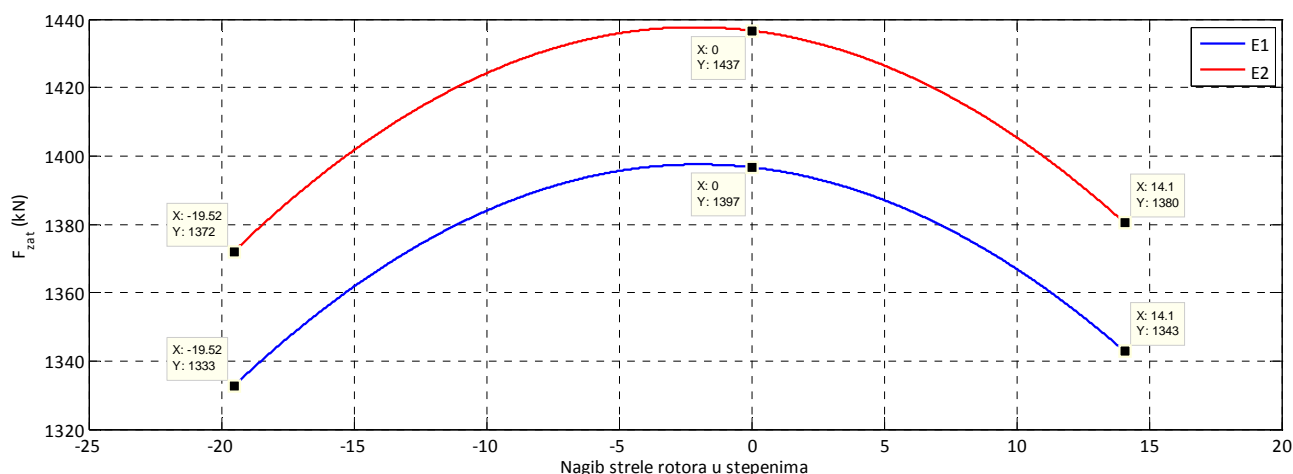
У трећој фази примене техничког решења извршена је упоредна анализа параметара горње градње одређених на основу "Preliminary Stability Calculation – Revision 1" (Круп, E1) и параметара одређених на основу "Final Stability Calculation – Revision 1" (Круп, Елаборат 2 – E2), слике 13-15, табела 3.



Слика 13. Пројектована апсциса тежишта горње градње



Слика 14. Пројектовани интензитети сила у ужадима



Слика 15. Пројектовани интензитети сила у једној ламели затега

Табела 3. Упоредни приказ параметара горње градње: E1 vs E2

Параметар	Елаборат 1	Елаборат 2	Разлика „E2-E1“
Укупна маса горње градње (t)	1189,162	1198,370	9,208 t
Маса баласта (t)	197,0	221,0	24,00 t
Маса конструкције горње градње са опремом, без баласта (t)	992,162	977,370	-14,792 t
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	451,395	467,518	16,123 t
Маса стреле баласта са затегама и стубом 2 (t)	414,767	328,139	-86,628 t
Маса обртне платформе (t)	126,0	181,713	55,713 t
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта x_T (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1392	1370	-22 mm
Планум, $\alpha_{SR}=-14,6^\circ$	1259	1234	-25 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-14,3^\circ$	1253	1228	-25 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	1228	1204	-24 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-11,4^\circ$	1208	1183	-25 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1258	1238	-20 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=13,55^\circ$	1783	1779	-4 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1814	1812	-2 mm
Положај стреле ротора	Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-5142	-6036	-894 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-5303	-6198	-895 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-4636	-5494	-858 mm
		највеће одступање: -902 mm	
Положај стреле ротора	Сила у ужету (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	242,1	7,8 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	233,2	7,3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	223,7	6,9 kN
Положај стреле ротора	Сила у једној ламели затега (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1333	1372	39,0 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1397	1437	40,0 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1343	1380	37,0 kN
Максимална сила у ламели	1398	1438	40,0 kN

На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Укупна маса горње градње према Елаборату 2 већа је за $\approx 9,2$ t, док је маса конструкције горње градње са опремом, без баласта, мања за $\approx 14,8$ t, уз изразито неповољну дистрибуцију разлике маса основних подструктура, са аспекта положаја тежишта и интензитета силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора; наиме, маса стреле ротора са затегама и стубом 1 према Елаборату 2 већа је за $\approx 16,1$ t, док је маса обртне платформе већа за $\approx 55,7$ t; истовремено, маса стреле баласта са затегама и стубом 2 мања је за $\approx 86,6$ t.
2. Због знатно неповољнијег односа маса подструктура, апсциса тежишта горње градње без баласта према Елаборату 2 ближа је ротору за готово 1 m; максимална разлика апсциса одређених према Елаборату 2 и Елаборату 1 износи -902 mm, а минимална -858 mm.
3. Маса баласта потребна за центрисање горње градње, израчуната на основу Елабората 2, већа је за ≈ 24 t; максимална разлика износи $24,32$ t, а минимална разлика од $23,3$ t јавља се када је стрела ротора у горњем положају.
4. Према Елаборату 1, при хоризонталном положају стреле ротора потребно је $153,4$ t баласта за центрисање тежишта горње градње, док је према Елаборату 2 потребно $177,5$ t баласта, слика 25. Управо за величину разлике маса поменутих баласта ($24,1$ t ≈ 24 t), слика 26, повећана је маса баласта у Елаборату 2.
5. Пројектовани положаји тежишта горње градње су усаглашени, слика 13; максимално одступање од 25 mm јавља се када је стрела ротора у плану.
6. Према Елаборату 1 за прорачун чврстоће горње градње меродавна је резерва баласта од 25 t у односу на пројектовану масу баласта од $197,0$ t. То значи да је прорачун чврстоће изведен узимајући у обзир масу баласта од $197,0$ t + $25,0$ t = $222,0$ t; с обзиром на чињеницу да пројектована маса баласта према Елаборату 2 износи $221,0$ t, од резерве баласта према Елаборату 1 остаје $1,0$ t.
7. Као последица лошије сопствене уравнотежености горње градње, сила у ужету котураче за подизање стреле ротора израчуната на основу Елабората 2 већа је за ≈ 7 kN (максимална разлика од $7,8$ kN јавља се када је стрела ротора у поткопу, а минимална разлика од $6,9$ kN јавља се у горњем положају стреле ротора); већи интензитет силе у ужету условљава и већи интензитет сила у затегама стреле ротора –

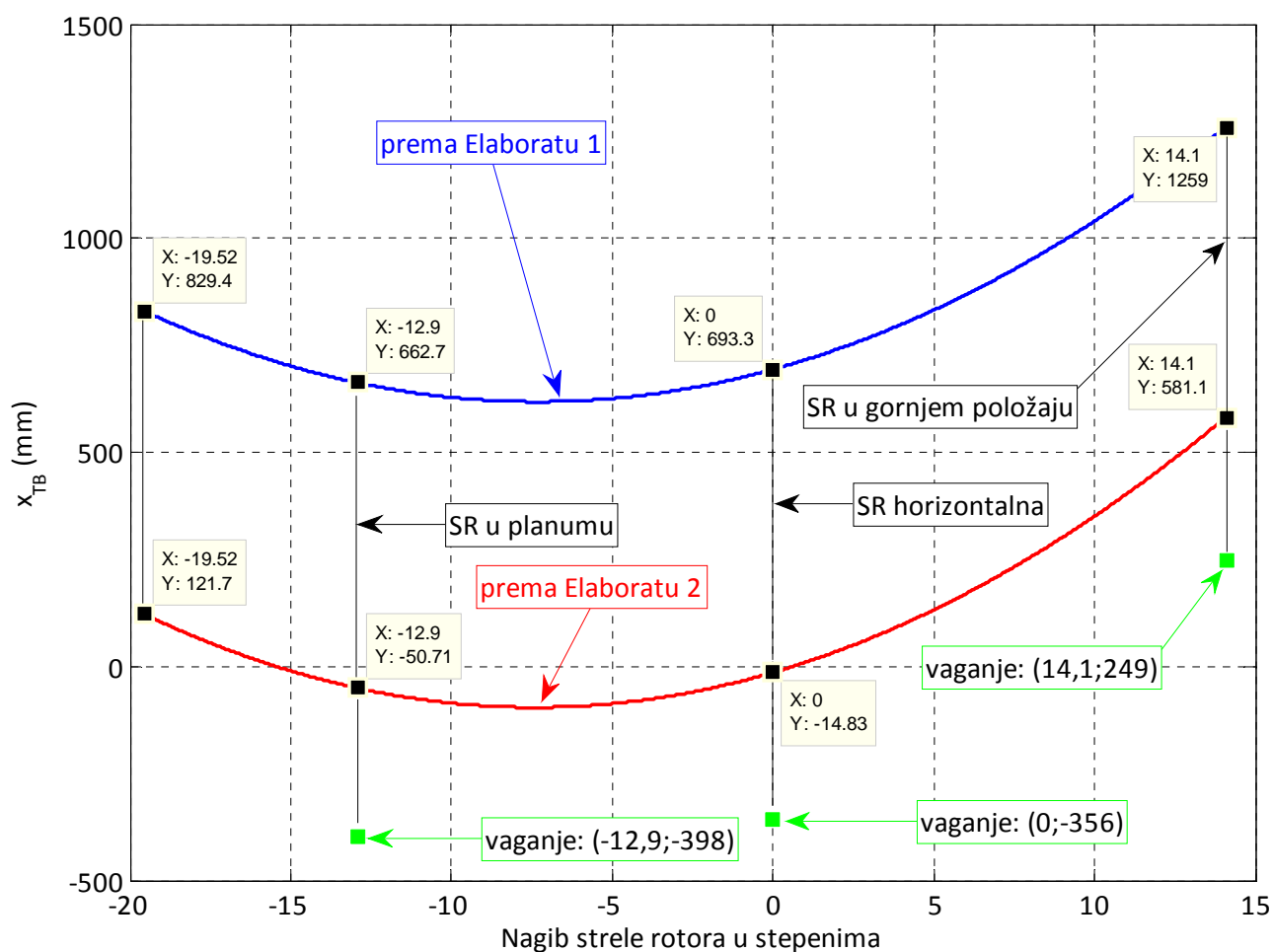
при хоризонталном положају стреле ротора сила у једној ламели затеге већа је за 40 kN, а у горњем положају стреле ротора за 37,0 kN.

На основу изложеног, закључује се да постоји знатна неусаглашеност подлога: Елабората 1 и Елабората 2. Она онемогућава добијање резултата коначноелементне анализе који би били валидни са аспекта калибрације система за праћење напонског стања структуре.

Да би се применом методе коначних елемената добили валидни резултати напонско – деформационе анализе, неопходно је отклонити неусаглашености подлога. Једини пут је упоредна анализа резултата добијених на основу 3Д модела, Елабората 1, Елабората 2 и мерења тежине горње градње и сила у ужадима котураче за подизање стреле ротора.

У четвртој фази истраживања извршена је упоредна анализа резултата добијених на основу: Елабората 1, Елабората 2, Мерења 1 (М1, вагање горње градње са баластом масе 177,017 t), Мерења 2 (М2, вагање горње градње са баластом масе 231,977 t) и 3Д модела.

Апсцисе тежишта одређене на основу елабората Е1 и Е2 знатно одступају у односу на вредности утврђене мерењем М1, слика 16, табела 4.

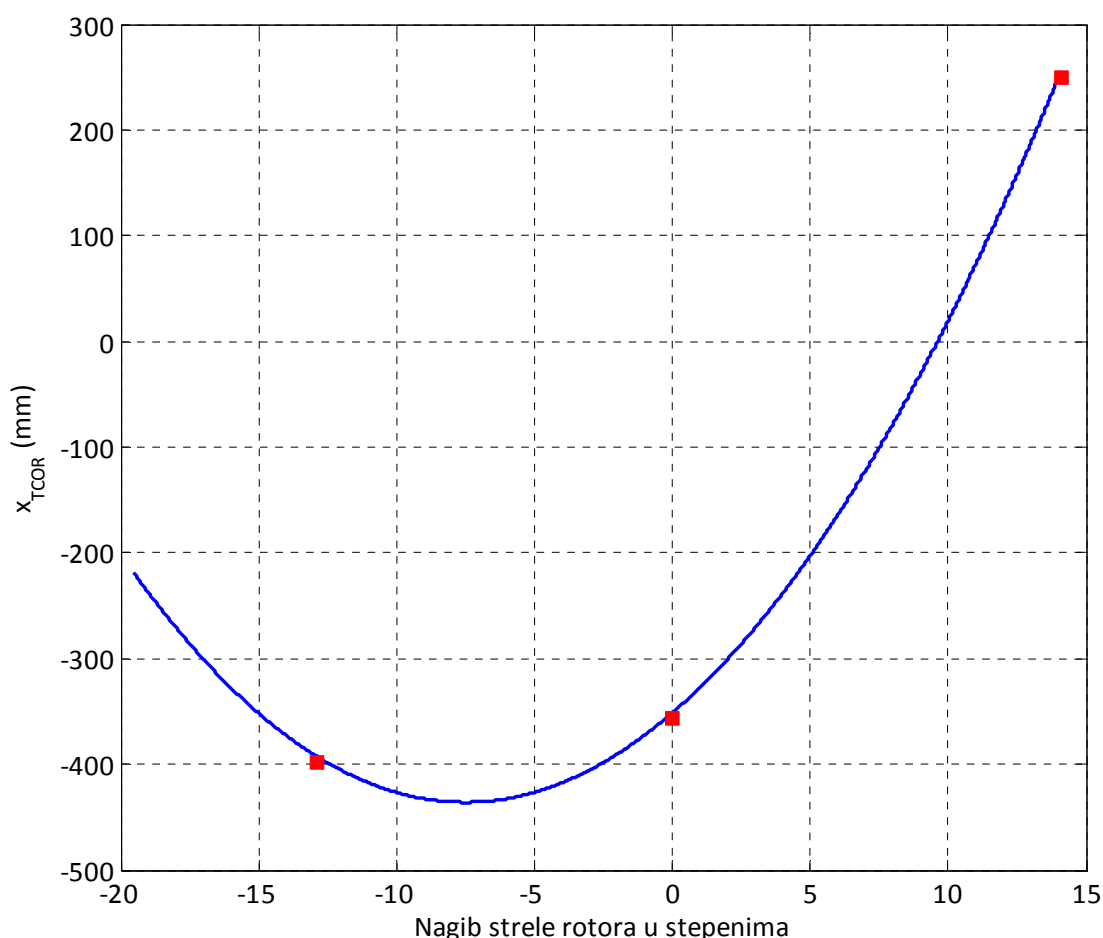


Слика 16. Апсцисе тежишта горње градње са баластом 177,017 t

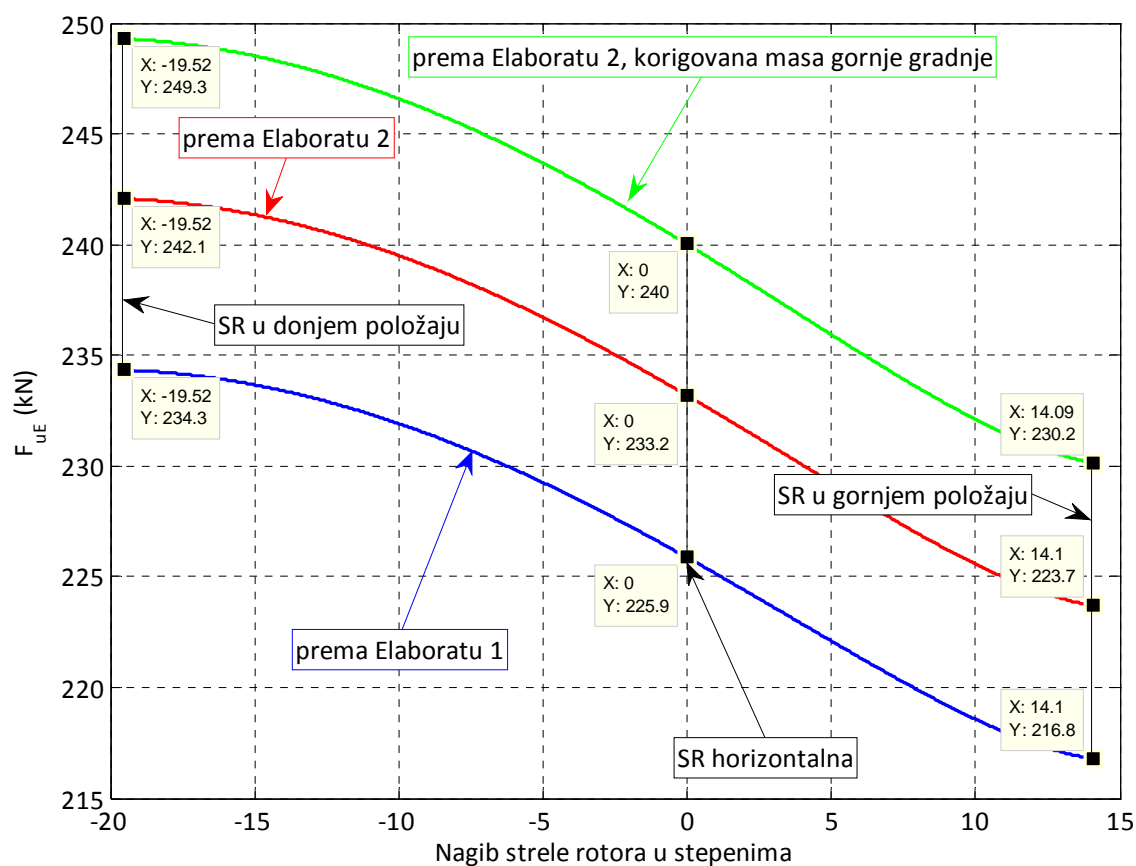
Табела 4. Апсцисе тежишта горње градње: Елаборат 1, Елаборат 2 и Мерење 1

Положај стреле тотора	Е1	Е2	Вагање (М1)	Одступање [mm]	
	$x_{T,E1}$ [mm]	$x_{T,E2}$ [mm]	$x_{T,V}$ [mm]	$x_{T,V}-x_{T,E1}$	$x_{T,V}-x_{T,E2}$
планум, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	663	-51	-398	-1061	-347
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	693	-15	-356	-1049	-341
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1259	581	249	-1010	-332

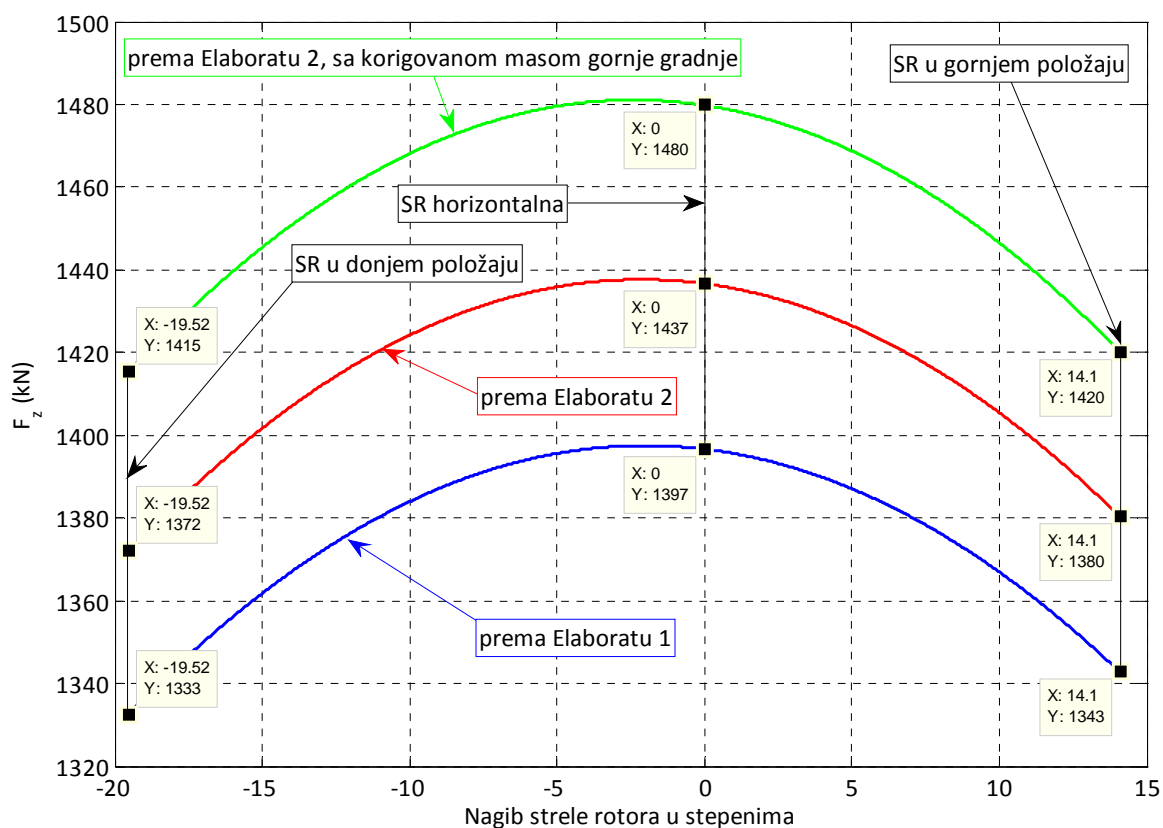
Са циљем да отклони неусаглашеност параметара одређених на основу Елабората 2 и резултата Мерења 1, пројектант багера (Круп) кориговао је (увећао) масу горње градње за $\Delta m_{GG}^{E2} = 17,788 \text{ t}$ (разлика масе горње градње утврђене Мерењем 1 и масе горње градње према Елаборату 2) са средиштем у тачки са координатама $x_{1\Delta m} = -18347,8 \text{ mm}$, $y_{1\Delta m} = -162,1 \text{ mm}$ и $z_{1\Delta m} = 3429 \text{ mm}$ у односу на координатни систем везан за зглоб стреле ротора. На тај начин добијена је добра усаглашеност положаја апсциса тежишта, слика 17. Међутим, то је условило веће интензитете сила у ужетном систему вешања стреле ротора, слика 18, и сила у затегама стреле ротора, слика 19.



Слика 17. Апсцисе тежишта коригованог модела горње градње према Е2 са баластом 177,017 t (црвеним маркерима означени су резултати мерења)

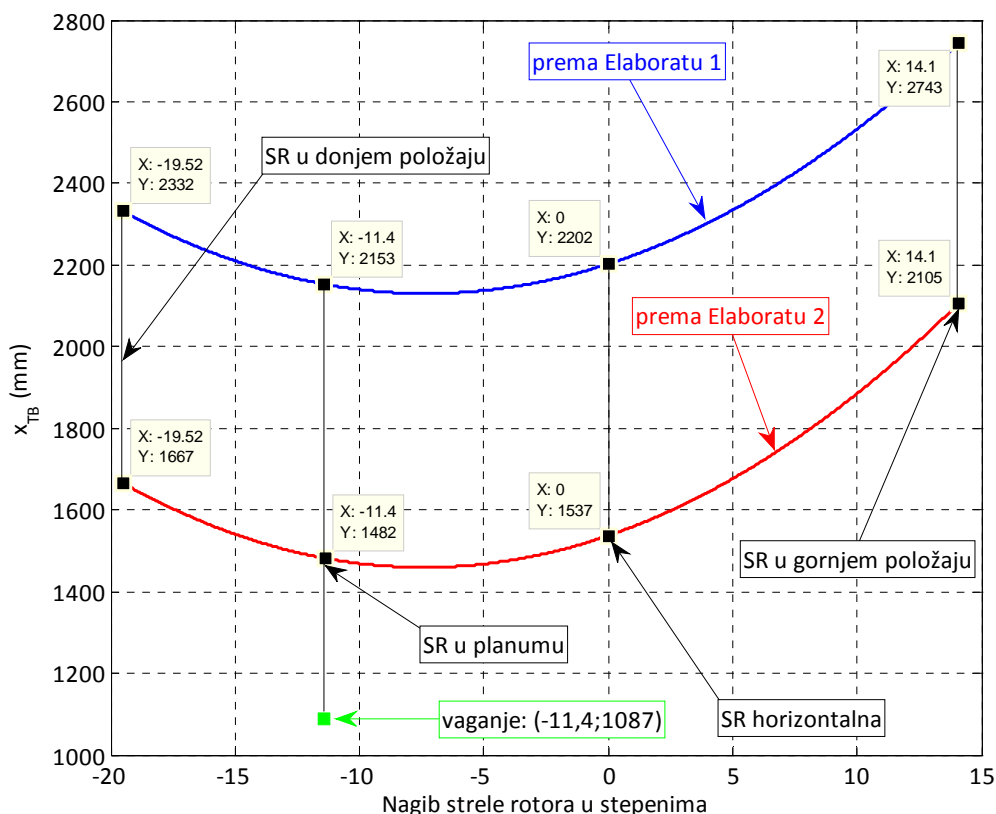


Слика 18. Сила у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора



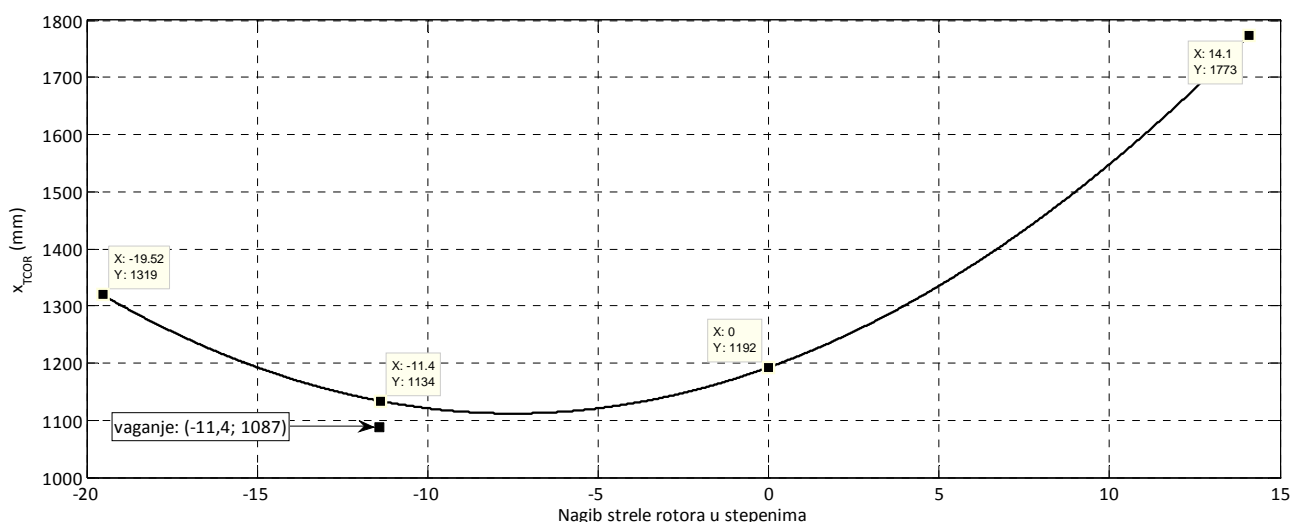
Слика 19. Силе у затегама стреле ротора (по једној ламели затеге)

Да би се кориговао положај тежишта горње градње, пре Мерења 2 (пре вагања) додато је 54,96 t баласта. Дакле, укупна маса баласта приликом другог вагања износила је $m_{B2}=m_{B1}+54,96=177,017+54,96=231,977$ t. Промене апсцисе тежишта горње градње при тој маси баласта, као и резултат другог вагања, приказане су на слици 20.



Слика 20. Апсцисе тежишта горње градње са баластом 231,977 t

Дијаграм зависности апсцисе тежишта горње градње према Елаборату 2 са коригованом масом стреле ротора и 231,977 t баласта приказан је на слици 21. На истој слици приказан је и резултат добијен другим вагањем (Мерење 2), који је у доброј сагласности са њим.



Слика 21. Апсцисе тежишта горње градње према Елаборату 2 са коригованом масом стреле ротора и 231,977 t баласта

На основу презентираних резултата закључује се да модел формиран према Елаборату 2, уз корекцију масе према резултатима Мерења 1, даје најбољу апроксимацију апсцисе тежишта горње градње, када је реч о варијантама анализираним у четвртој фази истраживања. Истовремено, у односу на Елаборат 1 и Елаборат 2, максимални интензитет силе у ужету котураче система за подизање стреле ротора већи је за 15 kN и 7,2 kN, респективно, слика 18. Када је реч о максималној сили у једној ламели затеге стреле ротора, посматране разлике износе 83 kN, односно 43 kN, слика 19.

Као основа за наставак анализе (пета фаза истраживања) усвојени су резултати Мерења 1 и Мерења 2, као и 3Д модел развијен током прве етапе истраживања (слике 2-6). Корекција масе 3Д модела извршена је на основу резултата Мерења 1, табела 5.

Табела 5. Тежина и апсциса тежишта горње градње: 3Д модел и Мерење 1

Положај CP ¹⁾	Укупна тежина G (kN)			Апсциса тежишта x _T (m)			G x _T (kNm)		
	3Д	М1	'М1-3Д'	3Д	М1	'М1-3Д'	3Д	М1	'М1-3Д'
1	11333,3	11501,1	167,8	-0,066	-0,356	-0,290	-751,8	-4094,4	-3342,6
2	11333,3	11499,2	165,9	-0,075	-0,398	-0,323	-851,3	-4576,7	-3725,4
3	11333,3	11499,4	166,1	0,509	0,249	-0,260	5770,2	2863,4	-2906,8

¹⁾Положај 1: CP хоризонтална; Положај 2: CP у доњем положају под углом $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$; Положај 3: CP у горњем положају под углом $\alpha_{SR}=14,1^\circ$

На основу упоредне анализе резултата, табела 5, закључује се да је 3Д модел лакши за

$$\Delta G_{GG}^{3D} = \frac{1}{3} \sum_{p=1}^3 (G_p^{M1} - G_p^{3D}) = \frac{1}{3} (167,8 + 165,9 + 166,1) = 166,6 \text{ kN},$$

односно, да масу 3Д модела треба увећати за

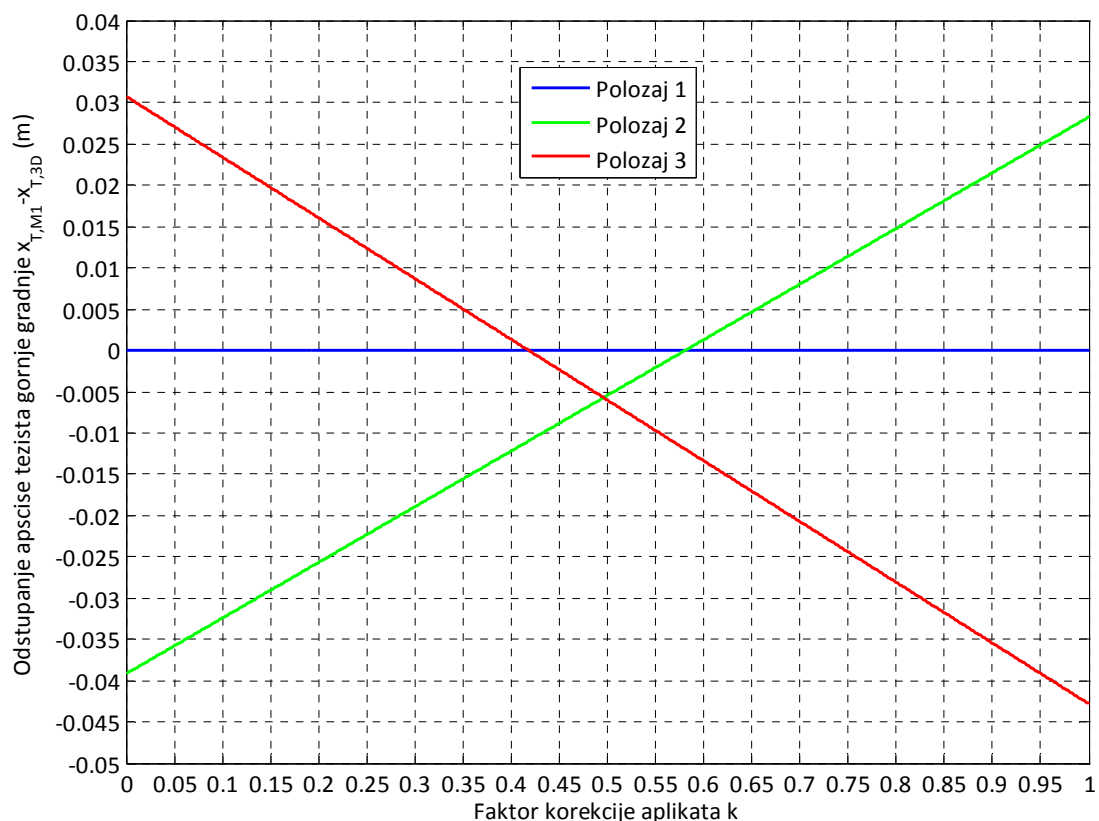
$$\Delta m_{GG}^{3D} = \frac{\Delta G_{GG}^{3D}}{g} = \frac{166,6}{9,81} = 16,98 \text{ t}.$$

Апсциса средишта корективне масе горње градње 3Д модела у односу на координатни систем $x_1y_1z_1$ везан за зглоб стреле ротора одређује се на основу израза

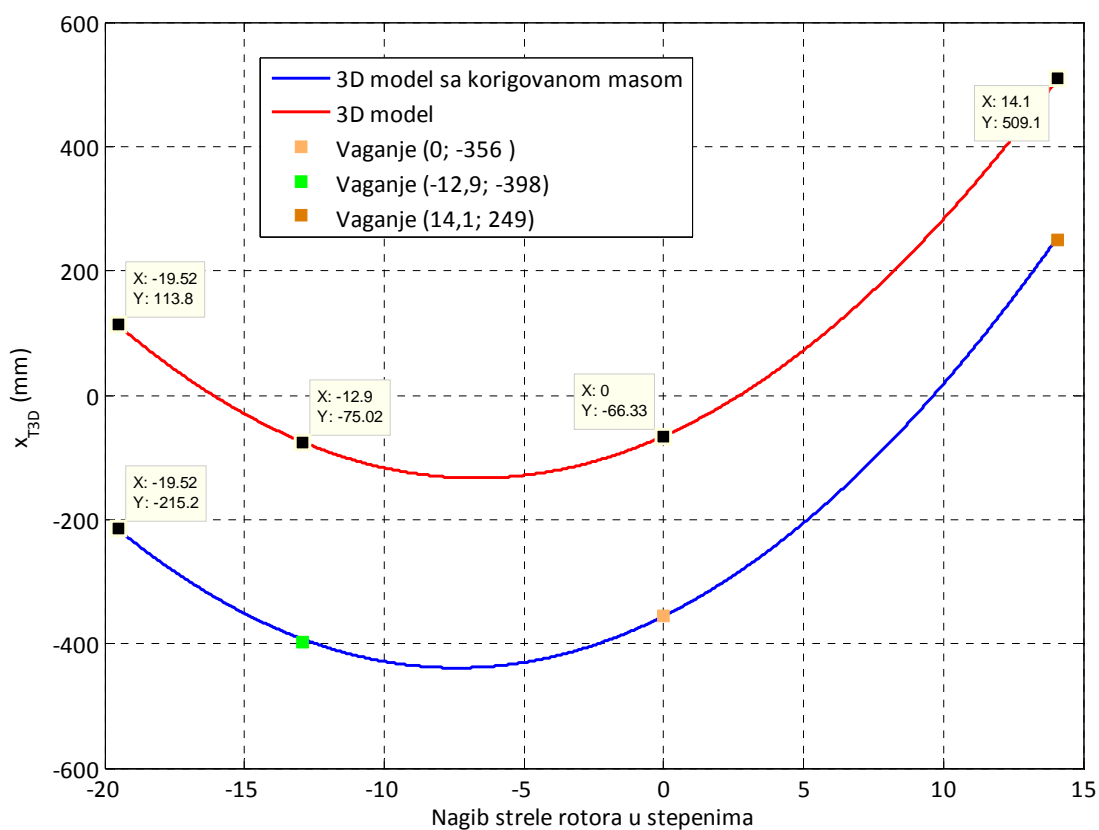
$$\begin{aligned} x_{1Am}^{3D} &= \frac{G_1^{M1} x_{T1}^{M1} - G_1^{3D} x_{T1}^{3D}}{\Delta G_{GG}^{3D}} + 3,878 = \\ &= \frac{11501,1 \times (-0,356) - 11333,3 \times (-0,066)}{166,6} + 3,878 = -16,189 \text{ m}. \end{aligned}$$

Да би се формирао модел који истовремено даје добре апроксимације апсцисе тежишта горње градње у доњем (Положај 2) и горњем мерном положају (Положај 3), неопходно је збир апликаата средишта корективне масе одређених на основу резултата Мерења 1 кориговати фактором $k=0,4967$, слика 22. При тој вредности фактора k , апсолутне вредности одступања

апсцисе тежишта мање су од 6 mm, на целокупном домену промене угла нагиба стреле ротора, слика 23, табела 6.



Слика 22. Зависност одступања апсцисе тежишта од фактора корекције апликата



Слика 23. Апсцисе тежишта – 3Д модел, 3Д модел са коригованом масом, Мерење 1

Табела 6. Апсциса тежишта: 3Д модел са коригованом масом vs M1

Положај стреле ротора ¹⁾	Апсциса тежишта (mm)					
	3Д, коригована маса		Вагање		Одступање	
	x_{T3D}	y_{T3D}	$x_{T,V}$	$y_{T,V}$	$x_{T,V}-x_{T3D}$	$y_{T,V}-y_{T3D}$
1	-356,0	-121,4	-356	-125	0	-3,6
2	-392,3	-121,4	-398	-121	-5,7	0,4
3	254,7	-121,4	249	-118	-5,7	3,4

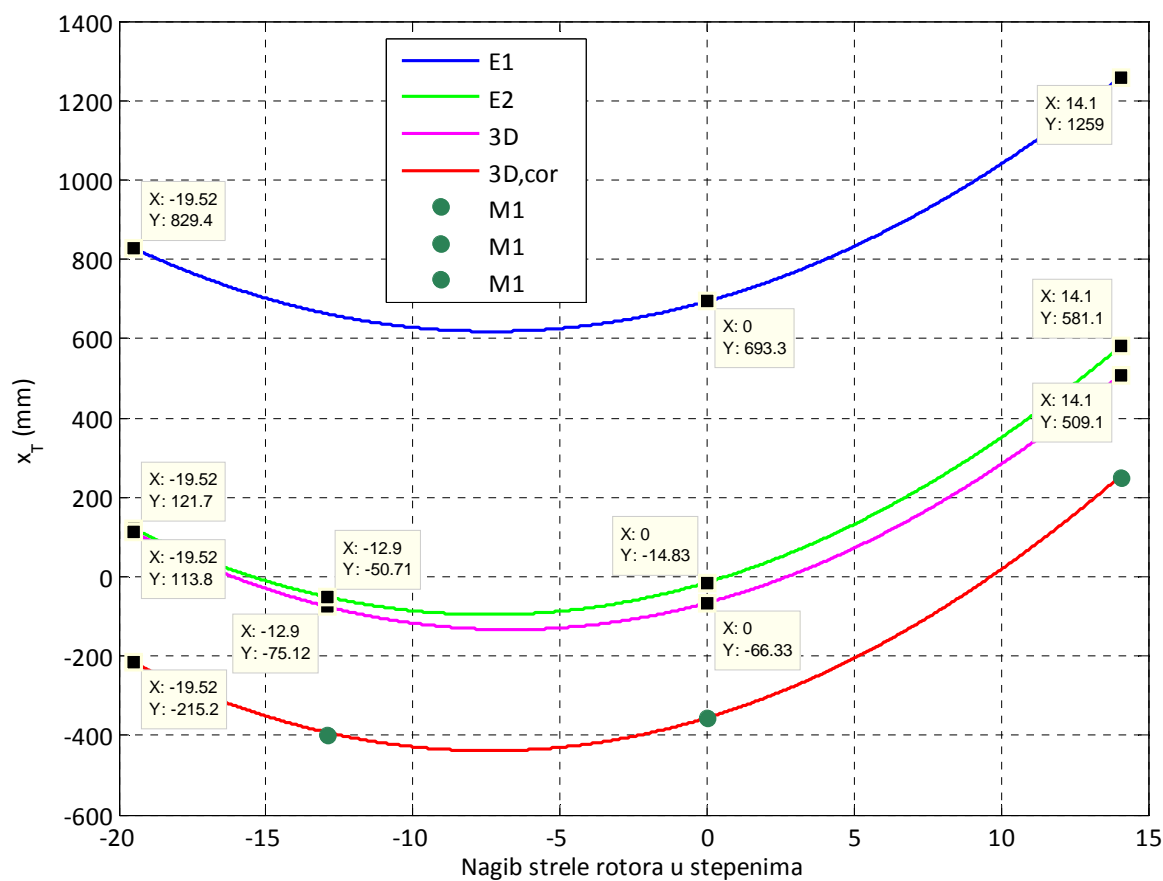
¹⁾ Положај 1: CP хоризонтална; Положај 2: CP у доњем положају под углом $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$; Положај 3: CP у горњем положају под углом $\alpha_{SR}=14,1^\circ$

Упоредни прикази основних параметара горње градње са 177,017 t баласта (маса баласта при Мерењу 1) одређених током првих пет фаза примене техничког решења, дати су на сликама 24-27 и у табели 7. На основу презентираних резултата, закључује се да 3Д модел са коригованом масом даје боље приближење резултатима Мерења 1. Управо зато, он се усваја као основа за наставак анализе и идентификацију напонско – деформационог стања структуре горње градње.

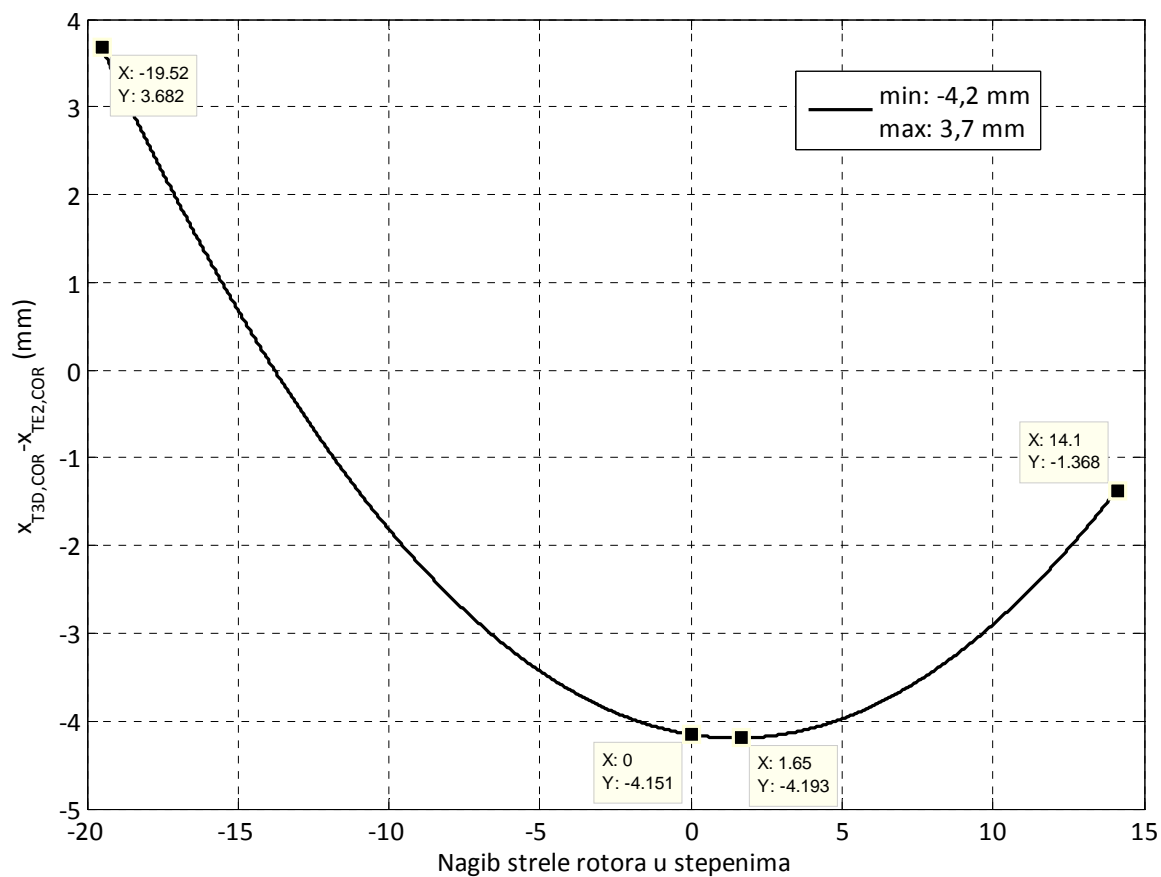
Табела 7. Упоредни приказ параметара горње градње

Параметар	E1	E2	E2,кор	3Д	3Д,кор	M1
Укупна маса горње градње (t)	1169,179	1154,387	1172,263	1155,283	1172,263	1172,263
Маса баласта (t)	177,017	177,017	177,017	177,017	177,017	177,017
Маса горње градње без баласта (t)	992,162	977,370	995,246	978,266	995,246	995,246
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта x_T (mm)					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	829	122	-219	114	-215	-
Доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	663	-51	-392	-75	-392	-398
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	693	-15	-352	-66	-356	-356
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1259	581	256	509	255	249
Положај стреле ротора	Сила у ужету (kN) ¹⁾					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	242,1	249,3	245,2	252,2	-
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	233,2	240,0	237,2	242,9	-
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	223,7	230,2	228,3	233,1	-
Положај стреле ротора	Сила у једној ламели затеге (kN) ¹⁾					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1333	1372	1415	1393	1435	-
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1397	1437	1480	1462	1499	-
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1343	1380	1420	1407	1437	-

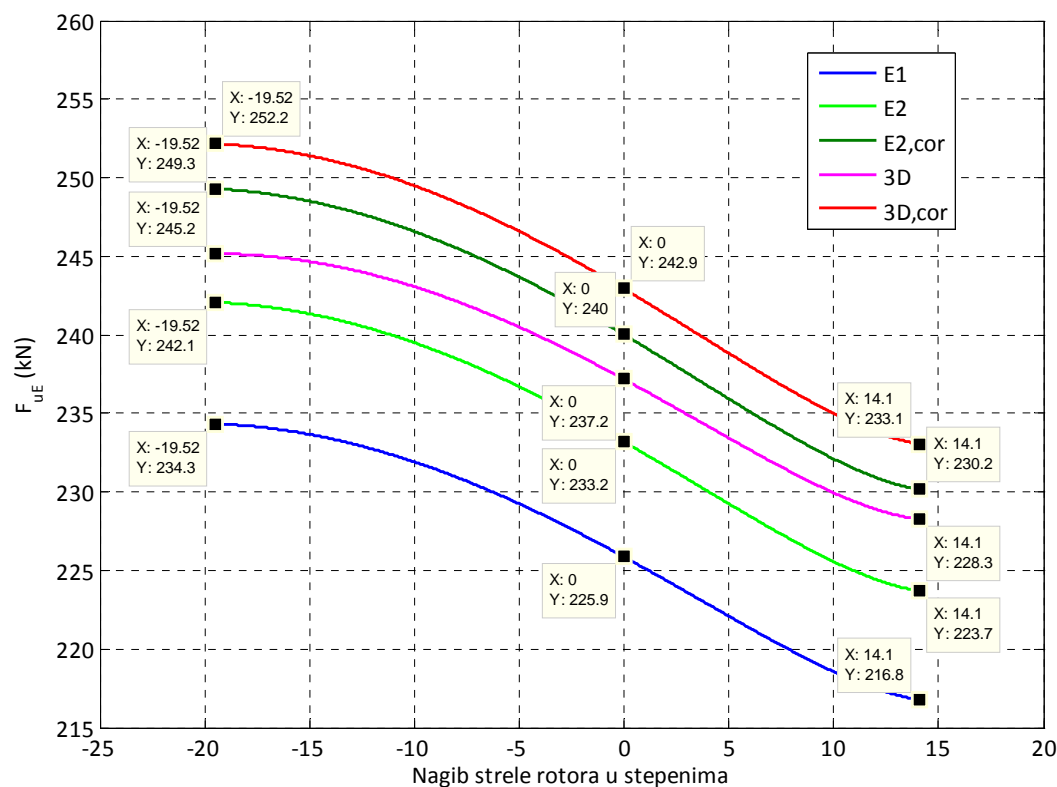
¹⁾ За $g=10 \text{ m/s}^2$



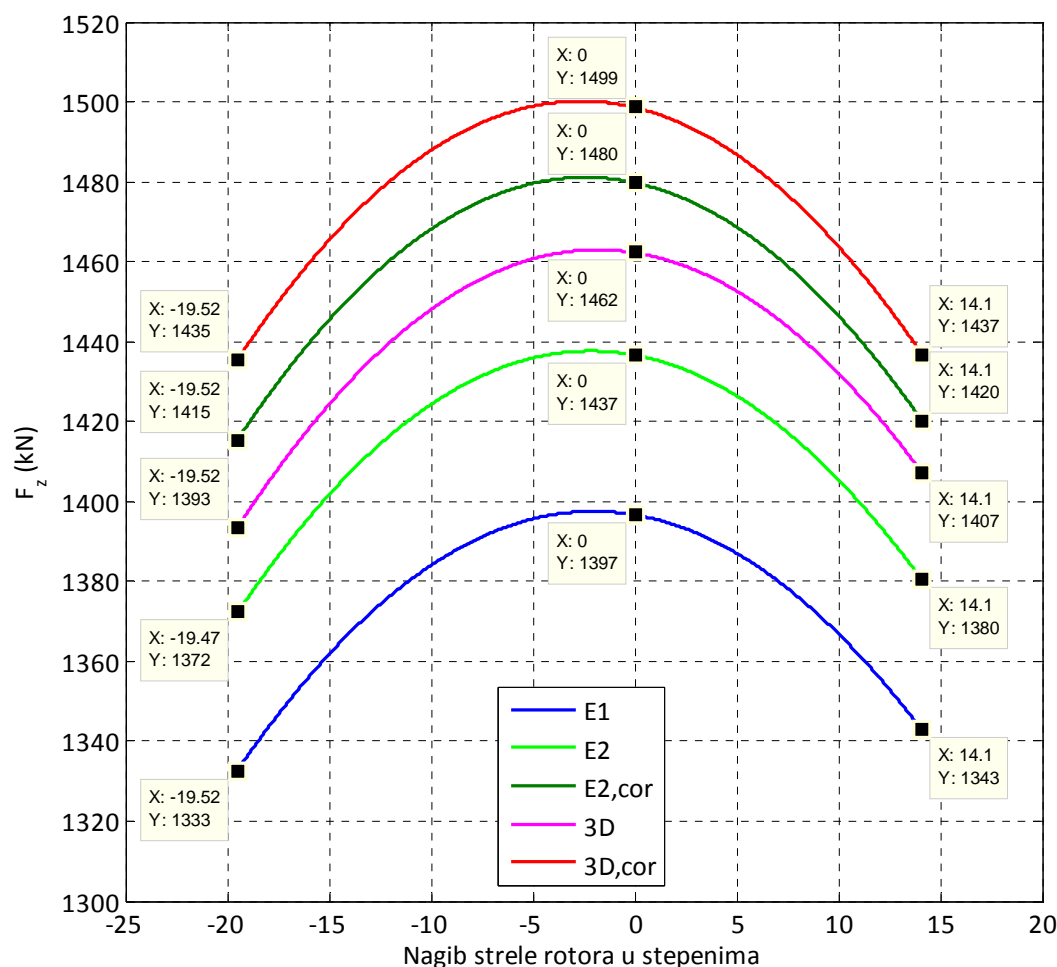
Слика 24. Апсцисе тежишта



Слика 25. Разлика апсциса тежишта коригованог 3Д модела и коригованог Елабората 2



Слика 26. Сила у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора



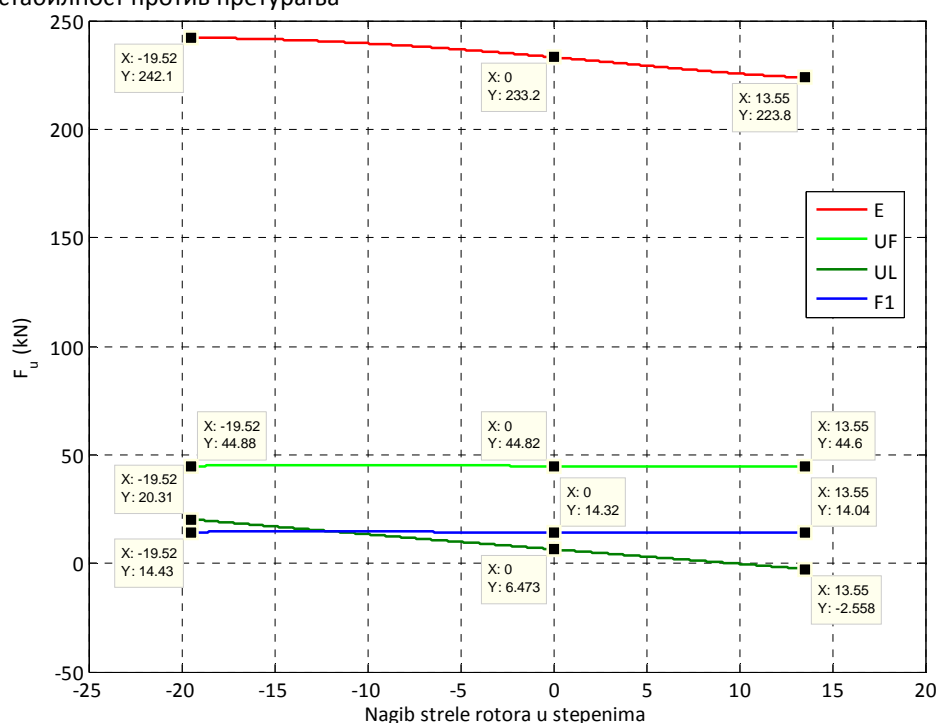
Слика 27. Сила у једној ламели затеге стреле ротора

Шеста фаза примене техничког решења обухвата анализу оптерећења роторног багера у нормалном раду – случај оптерећења H1b према DIN 22261-2. Да би се извршила идентификација оптерећења у целокупном дијапазону промене угла нагиба стреле ротора, развијен је софтвер чија је валидација извршена на основу резултата добијених за улазне податке преузете из Елабората 2, табела 8. Применом поменутог софтвера одређени су карактери промене парцијалних оптерећења ужетног система за вешање стреле ротора, слике 28-31.

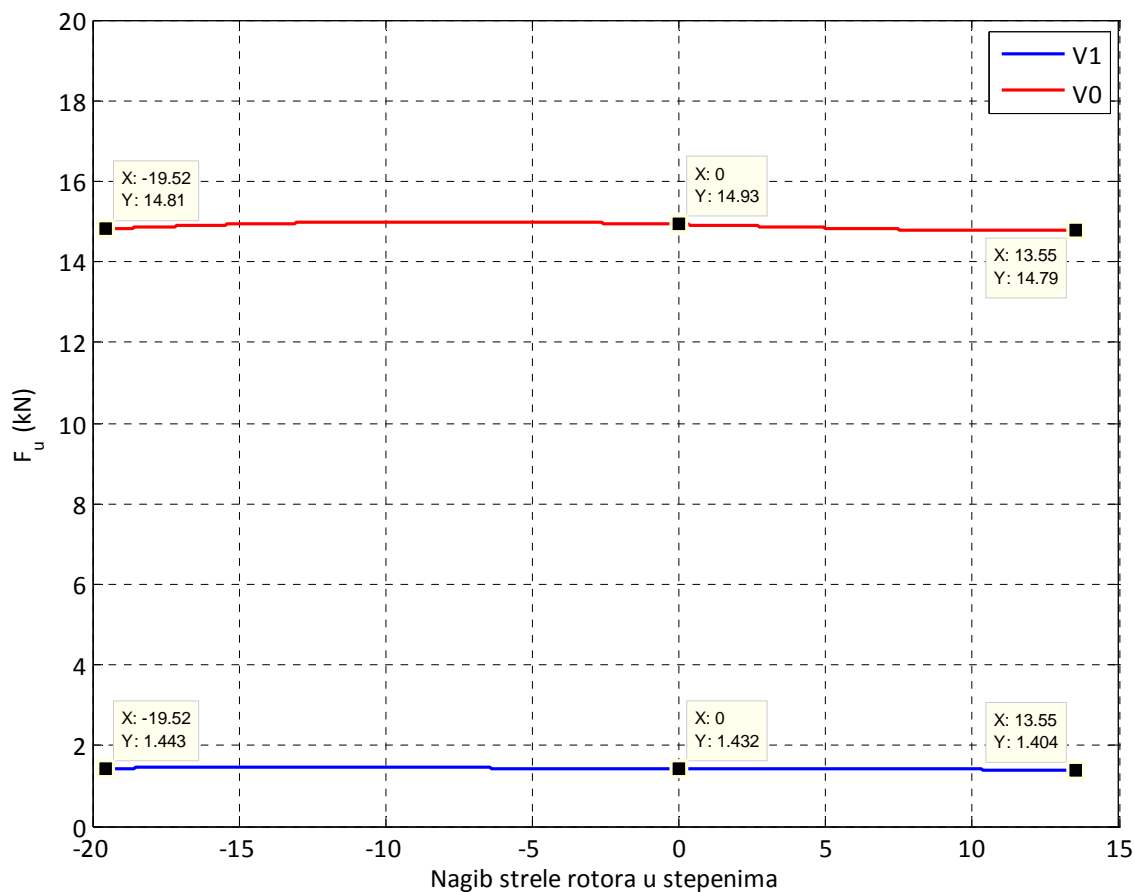
Табела 8.

Оптерећење	Ознака	Интензитет (kN)
Сопствена тежина	E	11983,7 ¹⁾
Транспортовани материјал	$F1$	376,1
Кора	V	
трака 1	$V1$	37,6
ротор	$V0$	196,6
Нагиб (5,0 %)	N	
сопствена тежина	N_E	599,2
транспортовани материјал	N_{F1}	18,8
кора на траци 1	N_{V1}	1,9
кора на ротору	N_{V0}	9,8
Номинална резна сила	U	
напред	U_F	505,1
доле	U_L	505,1
Динамички утицаји ²⁾	D	0

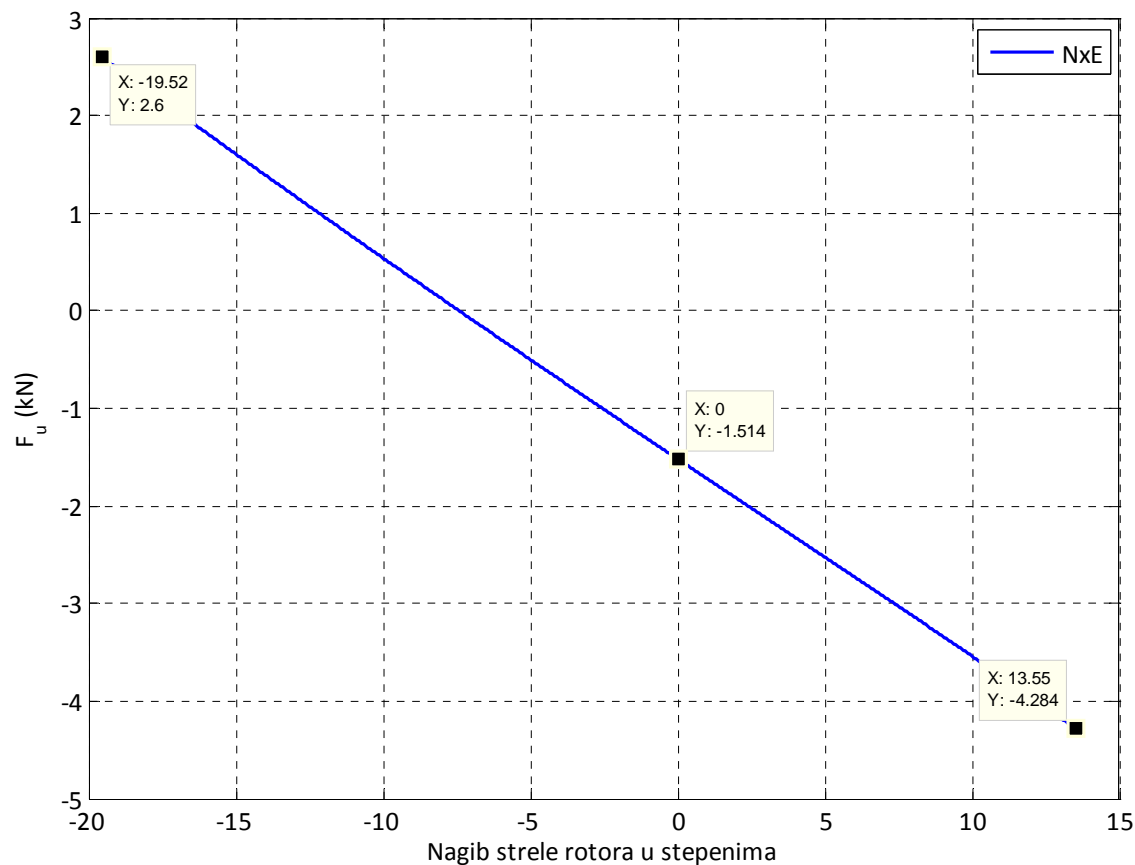
¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$; ²⁾Динамички утицаји у Елаборату 2 нису узети у обзир, зато што се прорачун односи на статичку стабилност – стабилност против претурања



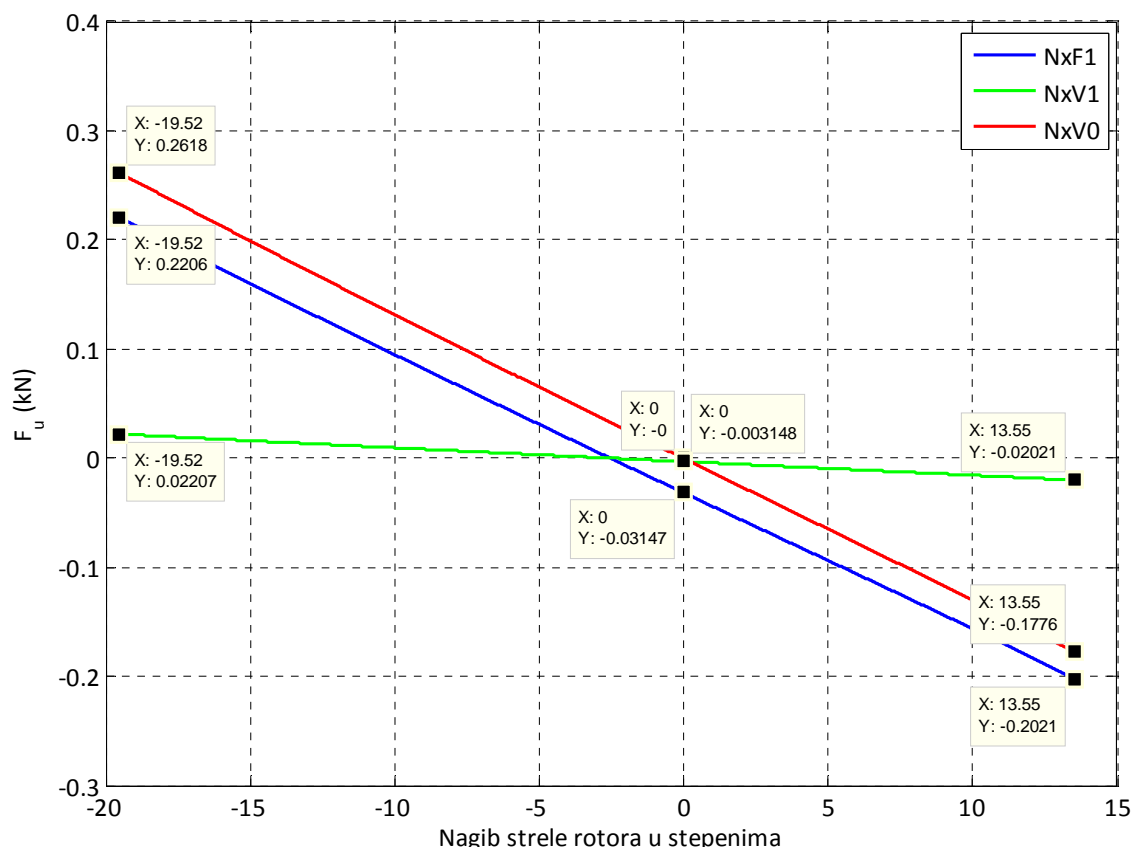
Слика 28. Сила у ужету од E , UF , UL и $F1$



Слика 29. Сила у ужету од V0 и V1

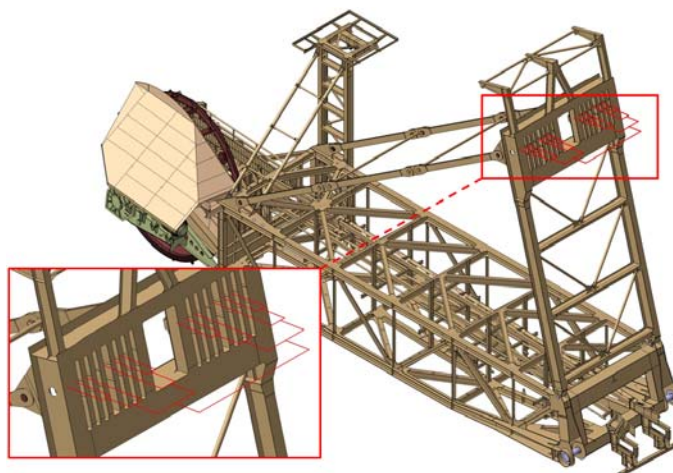


Слика 30. Сила у ужету од N_E (нагиб у „+x“)

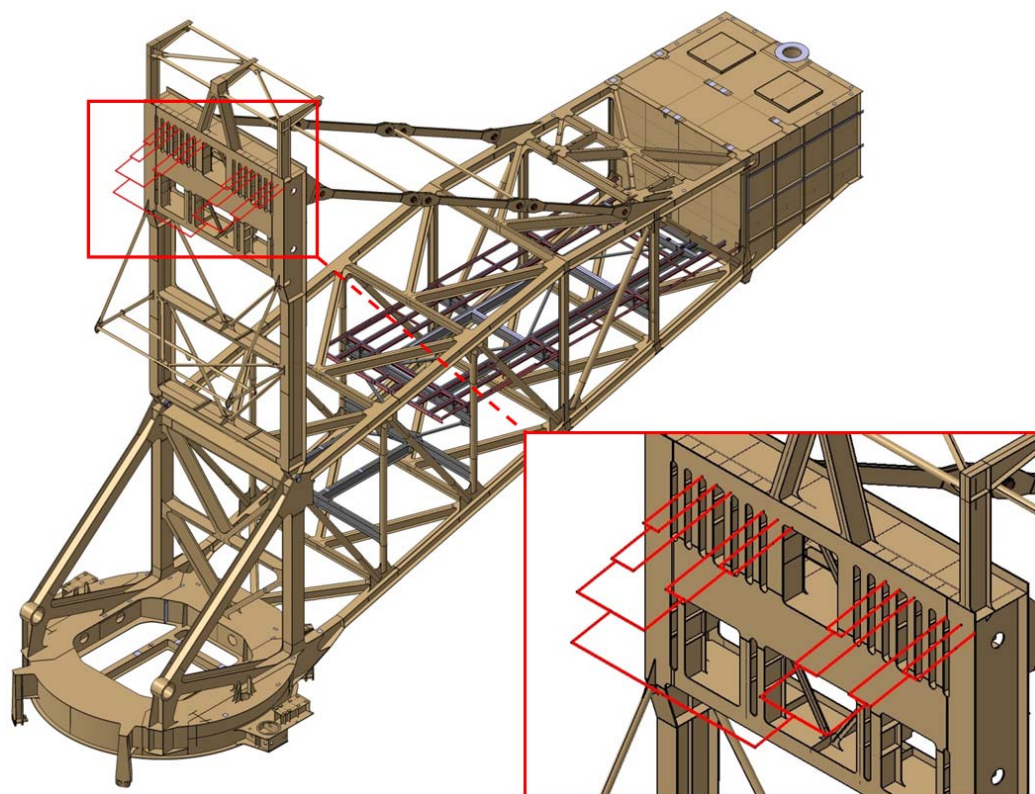


Слика 31. Сила у ужету од N_{F1} , N_{V1} и N_{V0} (нагиб у „+x“)

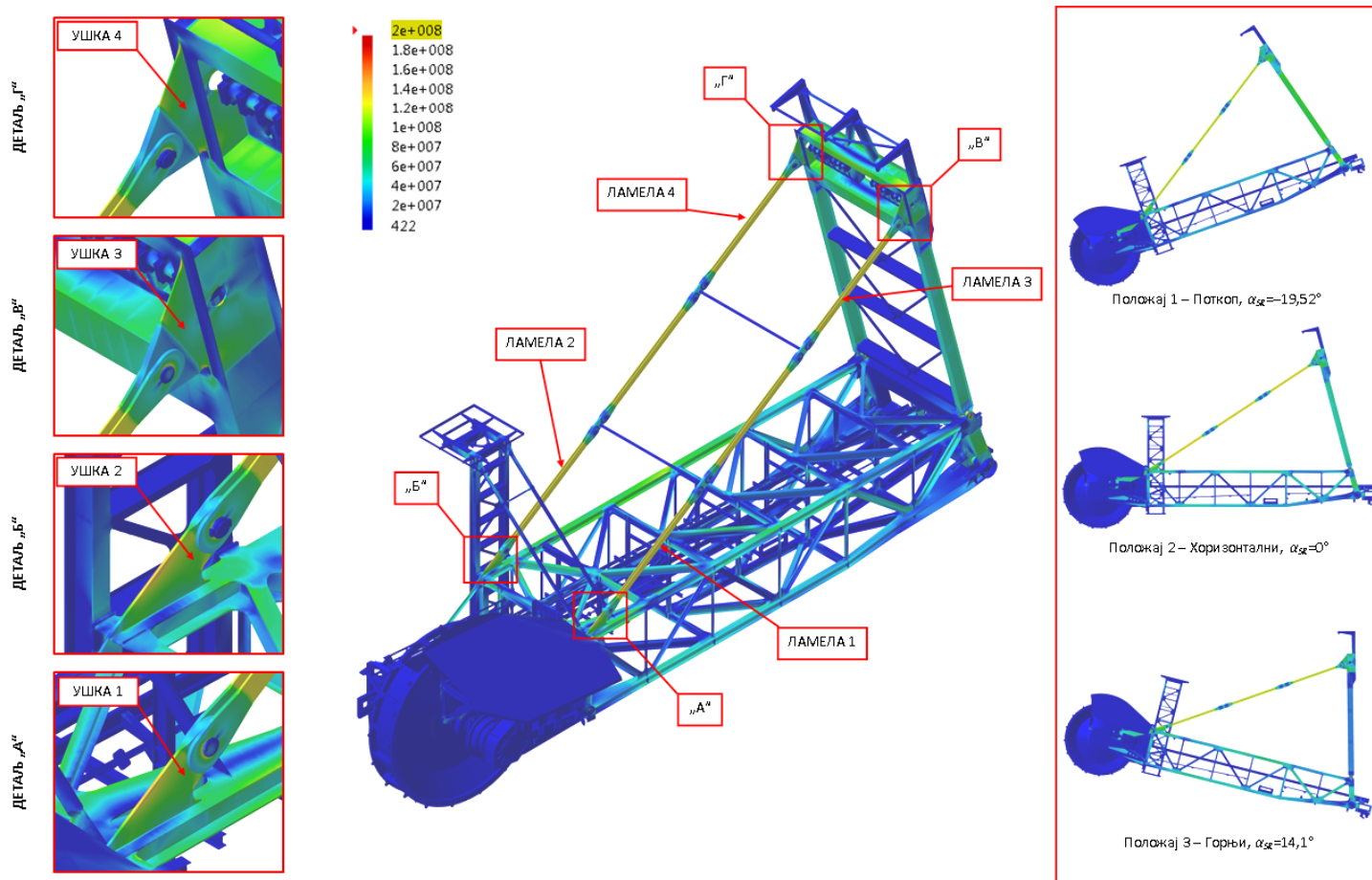
Седма и осма фаза примене техничког решења посвећене су анализи оптерећења виталних елемената структуре горње градње, при чему су отклоњене неусаглашености прорачуна (Круп) и конструкционе документације (Круп). Интензитети сила које оптерећују поменуте елементе структуре, потпуно усаглашени са резултатима мерења (вагања горње градње) добијени су применом развијеног софтвера и представљају основу за валидацију коначноелементних модела подструктура горње градње, развијених на основу одговарајућих 3Д модела, слике 32 и 33. Девета и десета фаза примене техничког решења обухватају идентификацију напонских стања, слике 34 и 35.



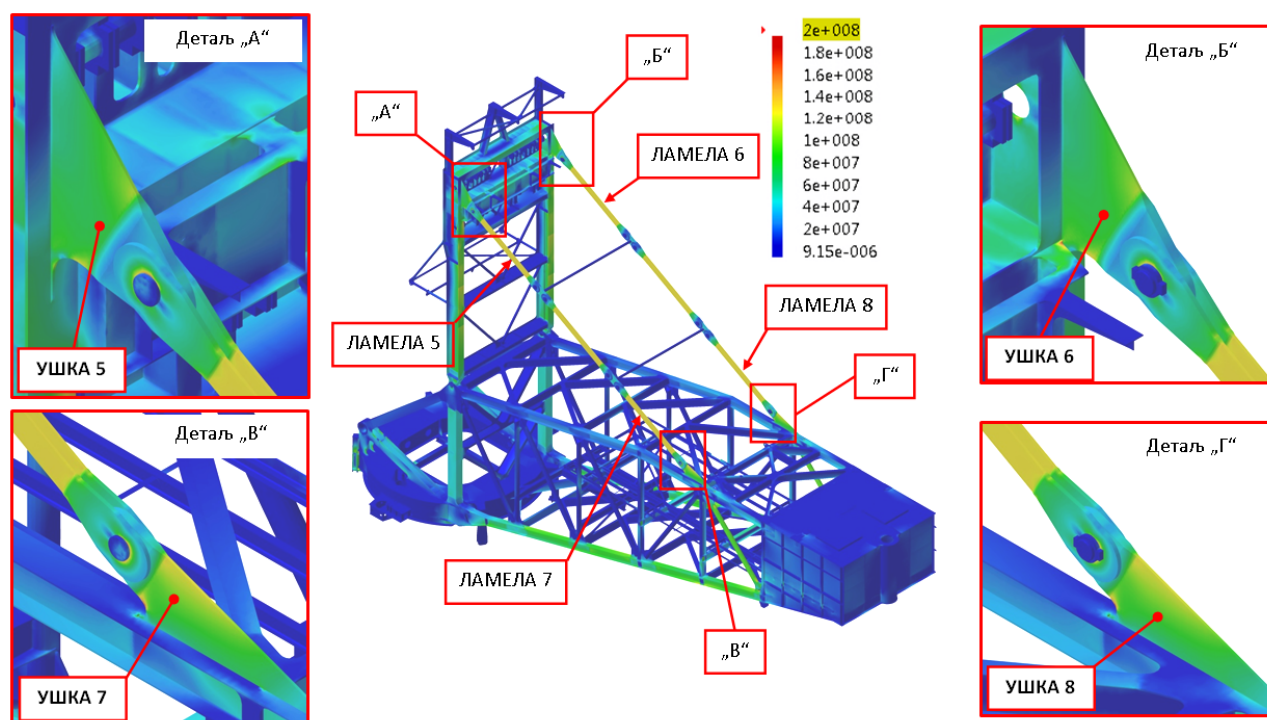
Слика 32. 3Д модел подструктуре стреле ротора



Слика 33. 3Д модел подструктуре стреле баласта



Слика 34. Напонско поље подструктура стреле ротора под дејством сопствене тежине (вредности напона веће од 20 kN/cm² приказане су црвеном бојом)



Слика 35. Напонско поље подструктура стреле баласта под дејством сопствене тежине (вредности напона веће од 20 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)

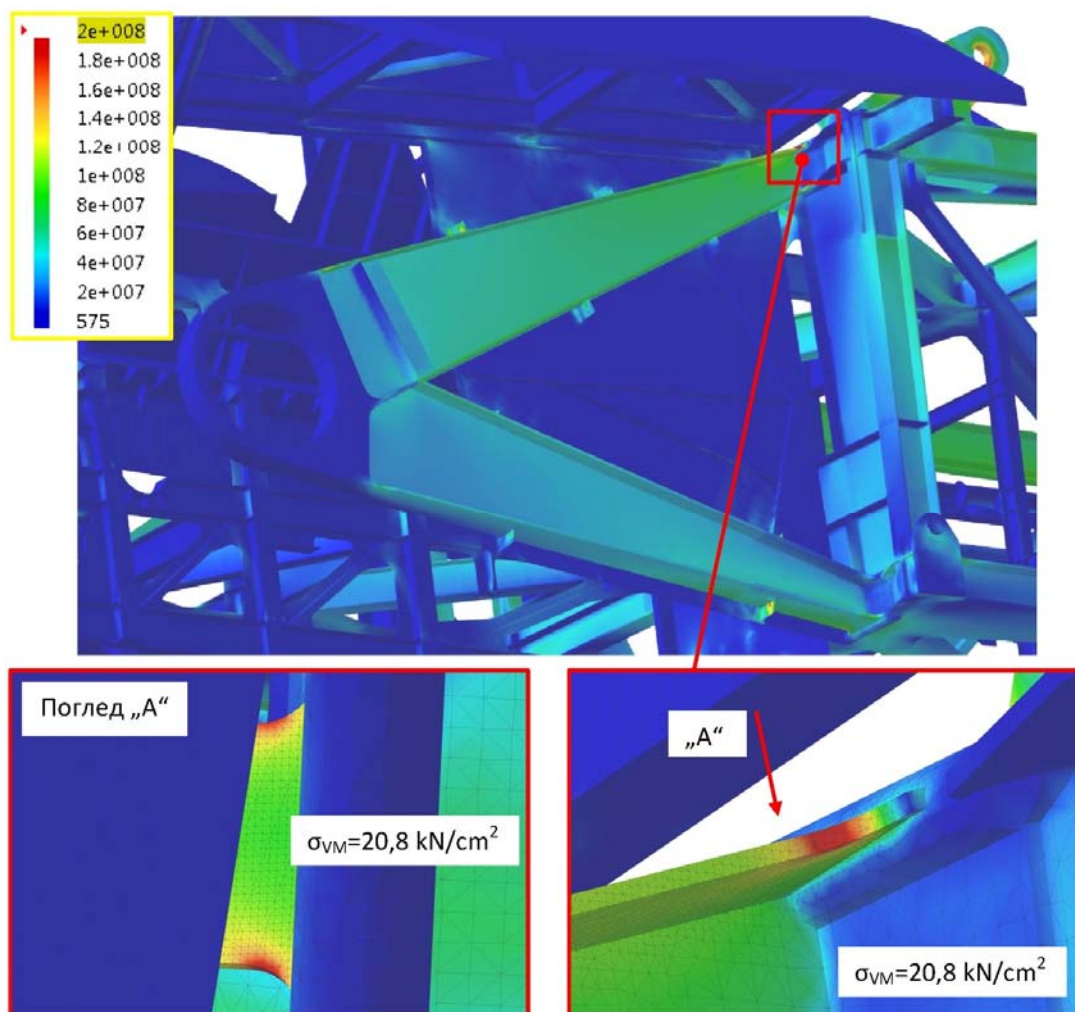
Калибрација и контрола система за континуално праћење напонских стања виталних елемената структуре извршена је на основу вредности релативних деформација одређених коначноелементним анализама подструктура за случај дејства сопствене тежине. Међутим, резултати прорачуна показали су да је напонско стање појединих елемената носеће конструкције недопустиво високо, чак и у стању мировања машине, дакле када је целокупна структура изложена дејству само сопствене тежине и тежине машинских и електричних подсистема, слика 36, табела 9.

Табела 9. Максимални нефакторисани напони од сопствене тежине и допуштени напони

Ушка	Максимални нефакторисани напон	Допуштени напон (Н1b)
	kN/cm^2	
Стрела ротора	22,2	21,0
Стуб 1	19,4	21,0
Затеза стреле ротора	25,2	22,3
Стрела баласта	21,4	21,0
Стуб 2	17,7	21,0
Затеза стреле баласта	22,4	22,3

С обзиром на чињеницу да отказ (лом) ушки, чија су напонска стања приказана у табели 9, неминовно доводи до колапса целокупне машине, у наставку истраживања извршена је

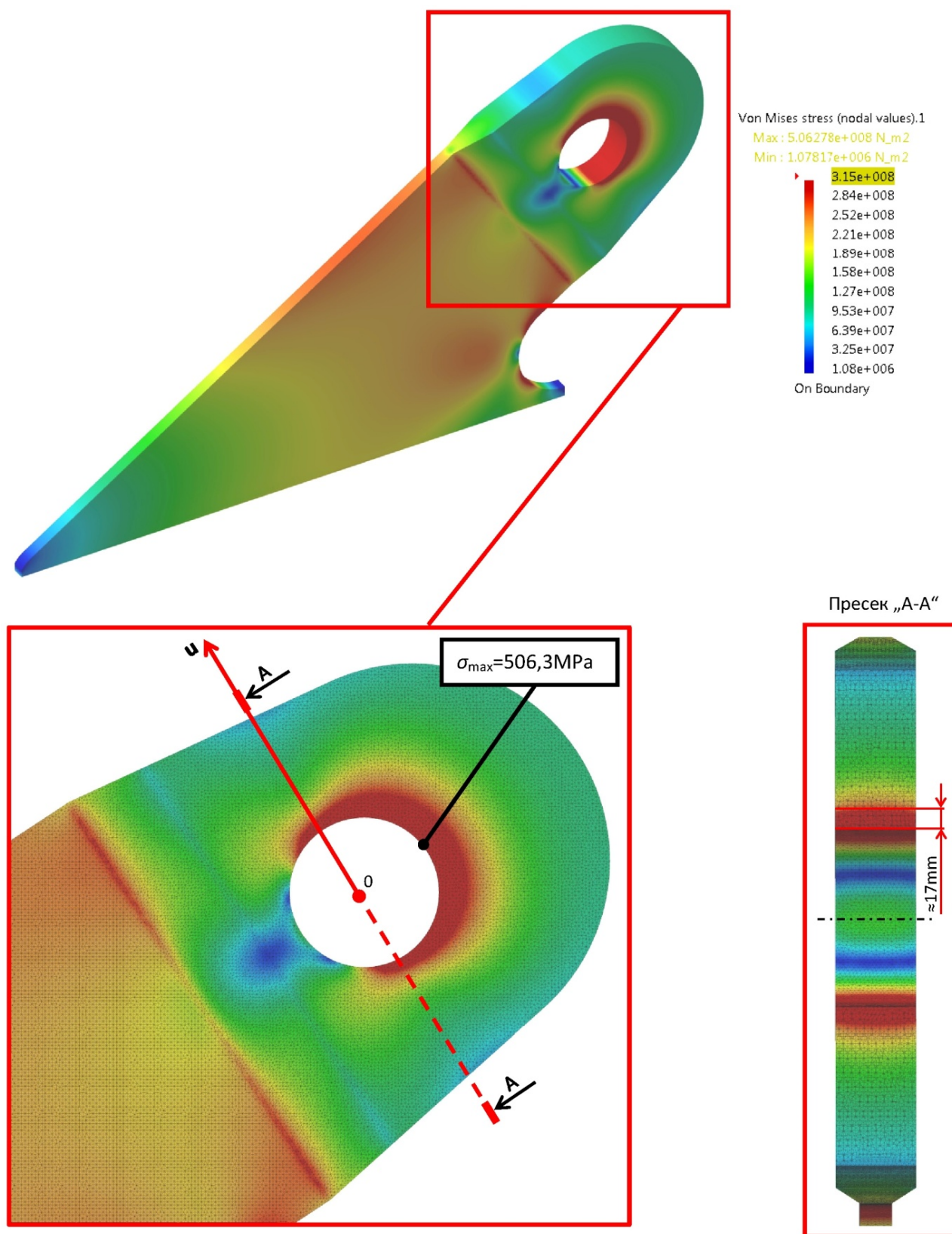
идентификација њиховог напонског стања за случај оптерећења H1b (багер у нормалном раду), слика 37. Максималне вредности факторисаних напона јављају се у зони контакта осовинице и отвора и не представљају опасност за интегритет структуре, Међутим, вредности факторисаних напона у критичном пресеку ушке (пресек А-А, управан на линију дејства силе, слика 37) су недопустиво високе – веће од одговарајуће минималне вредности напона на граници течења, слика 38, табела 10.



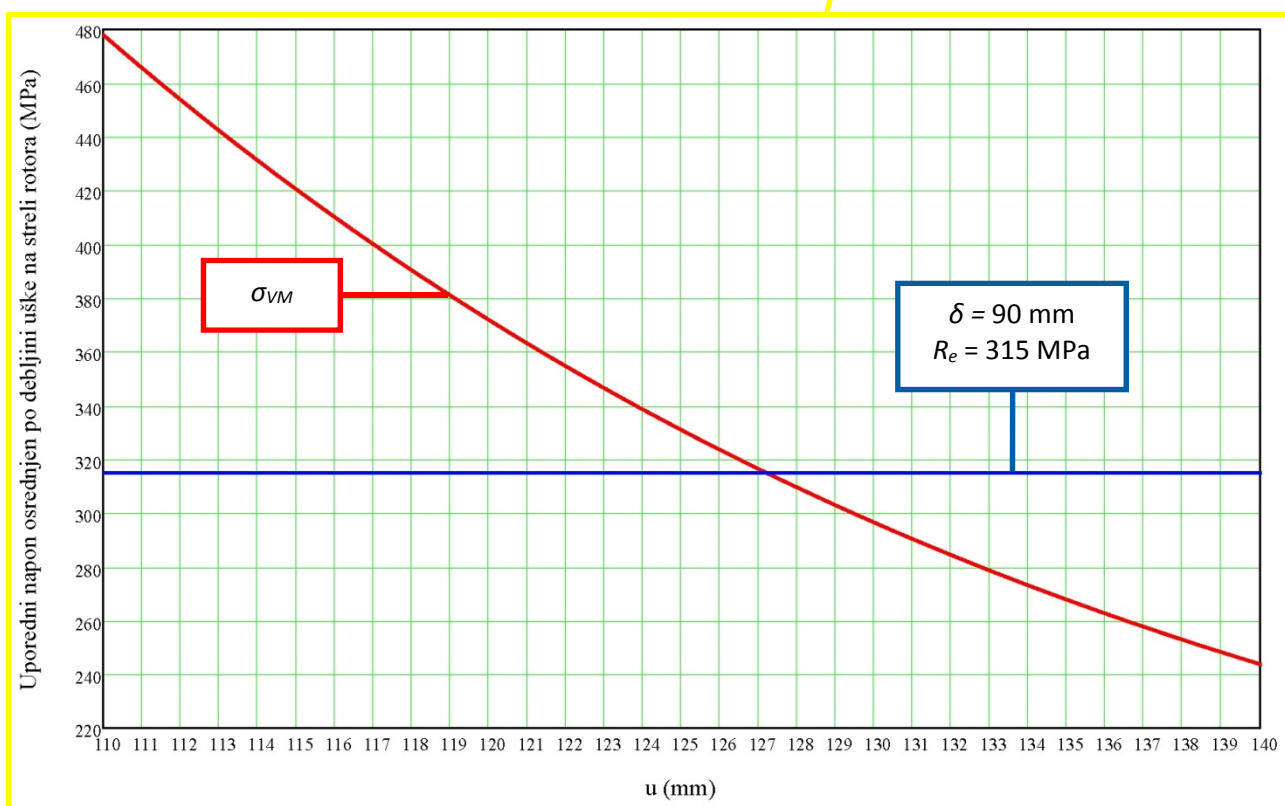
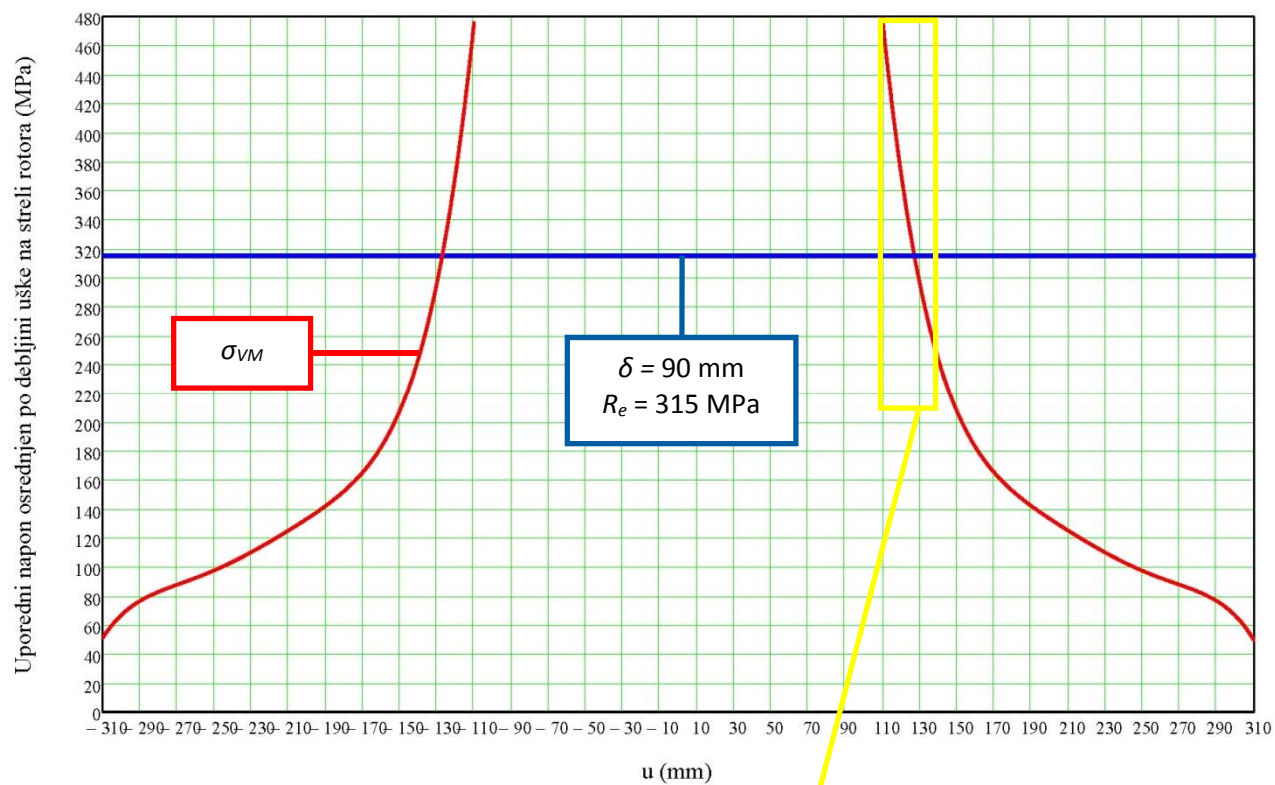
Слика 36. Детаљ напонског поља стреле ротора под дејством сопствене тежине (вредности напона веће од 20 kN/cm² приказане су црвеном бојом)

Табела 10. Максималне вредности факторисаних напона и дубине зона преоптерећења

Ушка	Максимални напон у критичном пресеку (kN/cm ²)	Дубина зоне преоптерећења (mm)
Затеза стреле ротора	49,2	17
Стрела ротора	47,8	17
Затеза стреле баласта	45,3	13
Стрела баласта	43,2	13



Слика 37. Факторисани напони ушке на стрели ротора (црвеном бојом означене су зоне у којима је фон Мизесов напон већи од $R_e = 315 \text{ MPa}$)



Слика 38. Расподела упоредног (фон Мизес) напона у критичном пресеку ушке на стрели ротора

Развијени поступак одређивања параметара статичке стабилности, заснован на примени 3Д модела коригованог резултатима мерења (вагања горње градње), омогућава врло тачну идентификацију оптерећења изазваног сопственом тежином горње градње. Ова чињеница је од изузетног значаја зато што је утицај тежине доминантан у укупном оптерећењу виталних елемената структуре, слике 28-31. Осим тога, тачно одређивање положаја тежишта горње градње је од пресудне важности за век радиаксијалног лежаја (пречник 10 m) којим се она ослања на доњу градњу, као и за њено динамичко понашање. Развијени софтвер омогућава да се на целокупном домену промене угла стреле ротора одреди спектар оптерећења ужета система за вешање стреле ротора, затега стреле ротора и стреле баласта. На основу резултата истраживања применом техничког решења, идентификована су слаба места у конструкцији горње градње.

11. ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

У наставку је дат пројекат под називом „ Пројекат стабилности горње градње на багеру SchRs 1600 (погонски број 3) на ПК „Тамнава – Западно поље“ “, током чије реализације је развијено и примењено техничко решење.



ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

БЕОГРАД, Краљице Марије 16

**ПРОЈЕКАТ СТАБИЛНОСТИ ГОРЊЕ ГРАДЊЕ
НА БАГЕРУ SchRs 1600 (ПОГОНСКИ БРОЈ 3)
НА ПК „ТАМНАВА – ЗАПАДНО ПОЉЕ“**

ИНВЕСТИТОР:

**ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ ПРЕРАДУ И ТРАНСПОРТ УГЉА,
РУДАРСКИ БАСЕН „КОЛУБАРА“ д.о.о. - ЛАЗАРЕВАЦ**

ИСТРАЖИВАЧКИ ТИМ:

Срђан Бошњак
Срђан Бошњак, одговорни пројектант



Зоран Петковић

Небојша Гњатовић

Иван Миленовић

Горан Милојевић

Александар Стефановић

Ненад Зрнић

Влада Гашић

Милош Ђорђевић

Припремио

Срђан Бошњак

**Заступник Иновационог центра
Машинског факултета**



Војкан Лучанин
Проф. др Војкан Лучанин

САДРЖАЈ




Општи део	O-1
Извод о регистрацији привредног субјекта	O-2
Опис делатности Иновационог центра Машинског факултета	O-6
Решење о одређивању одговорног пројектанта	O-10
Лиценца	O-11
1.0 ПРВА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: 3Д модел горње градње	1
2.0 ДРУГА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Упоредна анализа 3Д модела и Елабората 1	9
2.1 Упоредна анализа резултата друге фазе истраживања	18
3.0 ТРЕЋА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Упоредна анализа Елабората 1 и Елабората 2	22
3.1 Положај локалних координатних система и референтних чворова	22
3.2 Маса и положаји средишта маса основних подструктура горње градње	26
3.2.1 Стрела ротора и стуб 1	26
3.2.2 Стуб 2 и стрела баласта	27
3.2.3 Обртна платформа	27
3.3 Пројектована маса, положај тежишта горње градње без баласта и маса баласта потребна за његово центрисање	27
3.4 Пројектована маса и положај тежишта горње градње	32
3.5 Пројектовани интензитети сила у ужету и затегама стреле ротора од сопствене тежине	34
3.6 Упоредна анализа резултата треће фазе истраживања	39
4.0 ЧЕТВРТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Упоредна анализа Елабората 1, Елабората 2 и резултата мерења	42
4.1 Положај тежишта горње градње са баластом 177,017 t (прво вагање)	43
4.2 Корекција масе горње градње на основу резултата првог вагања	44
4.3 Силе у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора	46
4.4 Силе у затегама стреле ротора од сопствене тежине	47
4.5 Положај тежишта горње градње са баластом 231,977 t (друго вагање)	48
4.6 Упоредна анализа резултата треће фазе истраживања	49
4.6.1 Упоредна анализа резултата Мерења 1, Мерења 2 и Мерења 4	52
4.6.2 Упоредна анализа резултата мерења притиска у хидроцилиндрима система за подизање стреле ротора (Елаборат 3, Мерење 3 и Мерење 5).	54
5.0 ПЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Упоредна анализа Елабората 1, Елабората 2, 3Д модела и резултата мерења	55
5.1 Упоредна анализа резултата истраживања I, II, III, IV и V фазе	57
6.0 ШЕСТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Валидација софтвера – случај оптерећења H1b (Елаборат 2)	60
6.1 Упоредна анализа резултата	66

7.0 СЕДМА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Случај оптерећења H1b (3Д модел)	68
7.1 Положај тежишта	68
7.2 Сила у ужету од сопствене тежине	69
7.3 Притисак у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора	70
7.4 Силе у затегама од сопствене тежине	71
7.5 Екстремни интензитети сила у ужету за случај оптерећења H1b ($D=0$)	73
7.6 Екстремни интензитети сила у затегама стреле ротора за случај оптерећења H1b ($D=0$)	74
7.7 Екстремни интензитети сила у затегама стреле баласта за случај оптерећења H1b ($D=0$)	75
7.8 Упоредна анализа основних параметара багера	76
7.9 Максималне силе у затегама за случај оптерећења H1b ($D \neq 0$)	78
8.0 ОСМА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Анализа утицаја дислокације оса обртања четири превојна котура на стубу 2	80
8.1 Сила у ужету од сопствене тежине	80
8.2 Притисак у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора	81
8.3 Силе у затегама од сопствене тежине	82
8.4 Екстремни интензитети сила у ужету за случај оптерећења H1b ($D=0$)	84
8.5 Екстремни интензитети сила у затегама стреле ротора за случај оптерећења H1b ($D=0$)	85
8.6 Екстремни интензитети сила у затегама стреле баласта за случај оптерећења H1b ($D=0$)	86
8.7 Максималне силе у затегама за случај оптерећења H1b ($D \neq 0$)	87
8.8 Упоредна анализа резултата VII и VIII фазе истраживања	88
9.0 ДЕВЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Идентификација напонских стања структурних елемената горње градње на линији мониторинга	90
9.1 Узајамна валидација коначноелементног и аналитичког модела горње градње	92
9.2 Напонска стања структурних елемената горње градње на линији мониторинга	92
9.3 Напонско стање носача радијалног лежаја вратила ротора	120
10.0 ДЕСЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА: Идентификација напонских стања ушки за случај оптерећења H1b	121
10.1 Напонска стања ушки - оптерећења затега Круп	121
10.1.1 Ушке затега стреле ротора	122
10.1.2 Ушке на стрели ротора	124
10.1.3 Ушке затега стреле баласта	126
10.1.4 Ушке на стрели баласта	128
10.2 Напонска стања ушки - оптерећења затега МФ	130
10.2.1 Ушке затега стреле ротора	130
10.2.2 Ушке на стрели ротора	132
10.2.3 Ушке затега стреле баласта	134
10.2.4 Ушке на стрели баласта	136
10.3 Упоредна анализа резултата	138
11.0 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	139

ПРИЛОЗИ	П-1
Прилог 1 - "Preliminary Stability Calculation – Revision 1" (Krupp, 05.04. 2007.)	П-2
Прилог 2 - "Final Stability Calculation – Revision 1" (Krupp, 10.09. 2009.)	П-21
Прилог 3 - „Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 01/10 од 20.01. 2010.)	П-42
Прилог 4 - "Weighing" (Krupp, 29.01. 2010.)	П-45
Прилог 5 - „Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 02/10 од 01.02. 2010.)	П-60
Прилог 6 - "Final Stability Calculation – Revision 1, Addendum: Modification of ballast" (Krupp, од 08.11. 2011.)	П-64
Прилог 7 - „Резултати мерења притисака на mini mess прикључцима на хидрауличним цилиндрима за праћење силе у ужадима роторног багера SchRs 1600/3x25“ (извештај „Колубара Метал“, 30.01. 2010.)	П-69
Прилог 8 - „Извод из извештаја о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 1/14 од 27.01. 2014.)	П-71
Прилог 9 - Шема поужавања котураче за подизање стреле ротора (Krupp, цртеж број 4324042)	П-73
Прилог 10 - Диспозиција мерних места на линији мониторинга („TRCpro“ d.o.o., достављено електронском поштом 17.03. 2014.)	П-76
Прилог 11 - Затезне карактеристике материјала од кога су израђене ушке (EN 10025)	П-82
Прилог 12 - "Proofs and special provisions for stays of BWB and CWB" (Krupp, 30.11. 2007.)	П-84

ОПШТИ ДЕО

ИЗВОД О РЕГИСТРАЦИЈИ ПРИВРЕДНОГ СУБЈЕКТА

		ИЗВОД О РЕГИСТРАЦИЈИ ПРИВРЕДНОГ СУБЈЕКТА	 Република Србија Агенција за привредне регистре
5000014397900			

Пословно име привредног субјекта		место	
Назив	ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ	Седиште	Београд-Палилула
Правна форма	Друштво са ограниченом одговорношћу	улица и број	Краљице Марије 16
Део пословног имена који ближе означава делатност			
Бр. рег. улошка			
Трговински суд			
Матични број	20134798		
Бројеви рачуна у банкама			

Пуно пословно име	ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ ДОО БЕОГРАД, КРАЉИЦЕ МАРИЈЕ 16
Скраћени назив	

Претежна делатност	
73102	Истраживање и експериментални развој у техничко-технолошким наукама

Датум оснивања	27.02.2006
Време трајања привредног субјекта: Неограничено	

Подаци о капиталу			
Новчани			
износ	датум		
Уписани 1.000,00 EUR			
износ	датум		
Уплаћени 1.000,00 EUR	27.02.2006		

АГЕНЦИЈА ЗА
ПРИВРЕДНЕ РЕГИСТРЕ
26-03-2009
БЕОГРАД

Страна 1

Регистрован за спољнотрговински промет: да
 Регистрован за услуге у спољнотрговинском промету: да

ПОДАЦИ О ОСНИВАЧИМА - ЧЛАНОВИМА ДРУШТВА

Подаци о оснивачу

Пословно име **МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Адреса

место и држава

Београд (град), Србија

Регистарски /
Матични број

7032501

улица и број

Краљице Марије 16

Подаци о капиталу

Новчани

износ

датум

Уписани 1.000,00 EUR

износ

датум

Уплаћени 1.000,00 EUR

27.02.2006

износ(%)

Сувласништво удела од

100,00

СКРАЋЕНО И/ИЛИ ПОСЛОВНО ИМЕ НА СТРАНОМ ЈЕЗИКУ

Скраћено пословно име привредног субјекта:

место

Назив

Београд-Палилула

Облик

Друштво са ограниченом одговорношћу

ПОДАЦИ О ДИРЕКТОРУ И/ИЛИ ЧЛАНОВИМА УПРАВНОГ ОДБОРА

Подаци о директору

место и држава

Име и презиме

Александар Седмак

Адреса

Београд-Нови Београд,
Србија

ЈМБГ

0205955710143

улица и број

Стојана Аралије 125

Функција у привредном субјекту

Директор

АГЕНЦИЈА ЗА
ПРИВРЕДНЕ РЕГИСТРЕ

26-03-2009

ПОДАЦИ О ЗАСТУПНИЦИМА

Заступник

место и држава БЕОГРАД

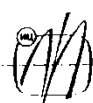
Страна 2

Име и презиме	Војкан Лучанин	Адреса	Београд (град), Србија
ЈМБГ	0308959710028	улица и број	Париске комуне 51
Функција у привредном субјекту			
Лице овлашћено за заступање			
Овлашћења у промету			
Овлашћења у унутрашњем промету неограничена			
Овлашћења у спољнотрговинском промету неограничена			
Заступник		место и држава	
Име и презиме	Александар Седмак	Адреса	Београд-Нови Београд, Србија
ЈМБГ	0205955710143	улица и број	Стојана Аралице 125
Функција у привредном субјекту			
Директор			
Овлашћења у промету			
Овлашћења у унутрашњем промету неограничена			
Овлашћења у спољнотрговинском промету неограничена			



АГЕНЦИЈА ЗА
ПРИВРЕДНЕ РЕГИСТРЕ
26-03-2009
БЕОГРАД

**ОПИС ДЕЛАТНОСТИ ИНОВАЦИОНОГ ЦЕНТРА
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА**



ИСТРАЖИВАЊЕ И ТЕХНИЧКО- ТЕХНОЛОШКО ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ ДООО	INOVAZIONI CENTRO MECANICO FACULTA DE INGENHARIA DE BEOGRADO
--	---

ОПИС ПРЕТЕЖНЕ ДЕЛАТНОСТИ КОЈОМ СЕ БАВИ ДРУШТВО

ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ, д.о.о.

Грана	Група	Подгрупа	Назив и опис делатности
731	7310		Истраживање и експериментални развој у природним наукама и технолошки развој
731	7310	73102	Истраживање и експериментални развој у техничко-технолошким наукама
731	7310	73105	Истраживање и експериментални развој у мулти-дисциплинарним наукама
731	7310	73109	Истраживање и експериментални развој у непоменутих природним наукама
			Обављање основних, примењених, развојних и научних истраживања ради унапређења образовног и научно-истраживачког рада у областима производног машинства и примене компјутера, механизације (транспортне, грађевинске и рударске машине) пољопривредног машинства, мотора, моторних и прикључних возила (транспортних, радних и специјалних), ефективности машинских система, термотехнике, термомеханике, термоенергетике, хидроенергетике, железничког машинства, бродоградње, ваздухопловства, војног машинства, система наоружања и космичке технике процесне технике, аутоматског управљања, пројектовања фабрика и фабричких постројења складишних, транспортних и процесних система индустријског инжењерства, менаџмента, биоинжењерства, биомедицинског инжењерства, нанотехнологија, прехранбеног машинства примењене механике, примењене механике флуида теорије механизма и машина, општих машинских конструкција, сагоревања, примењене теорије еластичности, погонских материјала, машинских материјала, трибологије, заваривања трибологије, машинских елемената и конструкција, примењене математике, физике, електротехнике, аутоматске обраде података, организације рада и заштите животне средине.
			Организовање научно-стручних скупова и семинара, сарадња са образовним, научним и другим организацијама у земљи и иностранству.

Београд, Маршје 16, 11120 Београд 35, Контактни факс 34

Тел: 011/3370-339, Телефакс: 011/3370-364

Јединствено друштво са ограниченом одговорношћу

Агенција за привредне регистре бр. 109273/2006, каталог бр. 20134/08

Текстни радови: 160-252408-34 код Биса Интеа, Фирма за Планирање и Анализу

Пореско-математички идентификатор бр. 011115-104274412

Уписано капитал, новчано: 1.000,00 ЕУР

Уписано капитал, новчано: 1.000,00 ЕУР

<http://www.masbg.ac.rs>



ИНОВАЦИОННИ ЦЕНТАР МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ	INOVAZIONI CENTRO MASCINICO FACULTA BEOGRAD
---	---

Обављање наставно образовних и научно-истраживачких делатности ради унапређења науке и сарадње са привредом и другим организацијама у решавању основних примењених научних стручних проблема, израда студија, експертиза и других стручних и научних докуменata.

ОПИС ДОПУЊЕНЕ ДЕЛАТНОСТИ И НОВАЦИОНОГ ЦЕНТРА МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Грана	Група	Подгрупа	Назив и опис делатности
742	7420	74204	Остале архитектонске и инжењерске активности и технички савет Пројектовање машина и индустријских постројења израда, анализа и ревизија пројеката и техничке документације из области машинства и сродних делатности, израда и комплетирање уникатних машина, апарата, уређаја, алата и других машинских и специјалних производа, као и прототипова и нултих серија, по сопственим пројектима и конструкционим решењима која произилазе из резултата научно-истраживачке или друге наведене делатности и сарадње са другим организационим јединицама и заједницама.
743	7430	74300	Техничко испитивање и анализа Испитивање чврстоће и помљивости издавање сертификата за бродове, ваздухоплове, моторе, моторна возила, судове под притиском, машинска енергетска и процесна постројења, средства наоружања и војне опреме, специјална постројења и опрема наменске производње. Услуге, контрола квалитета и квантитета робе за примену заштитних прописа и мера и истраживања ради обогаћивања услова рада и безбедности, издавања атеста, одобрења, уверења, стручних оцена, хомологација, сертификата за оруђа за рад, постројења, уређаја, заштитних направа и унапређења машинских конструкција и материјала. Израда експертиза, контрола и нострификација техничке документације, надзор над извођењем машинских система и извршавање радионичких услуга.

Крстомир Марјас 16, 11120 Београд 35, Контактско факс 34
Тел. 011/3370-339, Технофакс: 011/3370-364
Јединствено друштво са ограниченом одговорношћу
Агенција за привредне регистре бр. 109773/2006, матични бр. 20134-98
Текући рачун: 160-252408-34 (улаз Банка Југославије, Филијала Црвена Звезда)
Норесни идентификациони број (ННБ) 404274412
Уписан капитал, новчано: 1.000.000 ЕУР
Уплаћени капитал, новчано: 1.000.000 ЕУР
<http://www.mas.bg.ac.rs>



ИНОВАЦИОНИ
ЦЕНТАР
МАШИНСКОГ
ФАКУЛТЕТА
У БЕОГРАДУ

INOVACIONI
CENTAR
MASINSKOG
FAKULTETA
U BEOGRADU

741	7411	74112	Остали правни послови - вештачење
221			Издавачка делатност
221	2211	22110	Издавање књига, брошура и других публикација
221	2213	22130	Издавање часописа и сличних периодичних издања
			Издавање уџбеника, скрипти, саопштења, биографија, зборника и монографија, као и периодичних часописа у научно-истраживачким подручјима.



ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Проф. др Александар Седмак

Београд, Маршала Тито 36, 11120 Београд 36, Поштански факс 34
Тел. 011/5370-339, Телефакс 011/5370-364
Е-пошта: ic@mas.bg.ac.rs
Адреса за преглед: регистар бр. 109773/2006, матични бр. 20134798
Господарини: 160-252408-34 код Банке Интеса, Филијала Немањина, Београд
Порески идентификациони број (ПИБ): 104274412
Уплатни капијал, површан: 1.000,00 ЕУР
Уплатни капијал, површан: 1.000,00 ЕУР
<http://www.mas.bg.ac.rs>

На основу Закона о планирању и изградњи (Службени гласник РС број 47 од 5. маја 2003), а у складу са одредбама из члана 107 овог Закона, доносим следеће

Р Е Ш Е Њ Е

којим се за одговорног пројектанта за реализацију пројекта под називом:

ПРОЈЕКАТ СТАБИЛНОСТИ ГОРЊЕ ГРАДЊЕ НА БАГЕРУ SchRs 1600 (ПОГОНСКИ БРОЈ 3) НА ПК „ТАМНАВА – ЗАПАДНО ПОЉЕ“

ИНВЕСТИТОР:

**ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ, ПРЕРАДУ И ТРАНСПОРТ УГЉА,
РУДАРСКИ БАСЕН „КОЛУБАРА“ д.о.о. - Лазаревац**

одређује: **проф. др Срђан Бошњак, дипл. инж. маш.**
(лиценца бр. 333 0065 03)

Именовани испуњава услове из Закона о планирању и изградњи, а дужан је да се при изради техничке документације придржава Закона о планирању и изградњи.

Доставити:

- Именованом
- Архиви

**Заступник Иновационог центра
Машинског факултета**

Проф. др Војкан Лучанин

У Београду, јануар 2014. године.

ЛИЦЕНЦА



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Срђан М. Бошњак

дипломирани машински инжењер

ЈМБ 0904959220014

одговорни пројектант

транспортних средстава, складишта и машинских конструкција и
технологије

Број лиценце

333 0065 03

У Београду,
18. септембра 2003. године



ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Милош Лазовић
Проф. др Милош Лазовић
дипл. грађ. инж.

1.0

ПРВА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**3Д модел горње градње**

Полазећи од чињенице да оптерећење од сопствене тежине представља доминантни део укупног оптерећења структурних елемената на линији мерења напонских стања, на основу конструкционе документације произвођача (2832 цртежа) формиран је 3Д модел багера, слике 1-5.

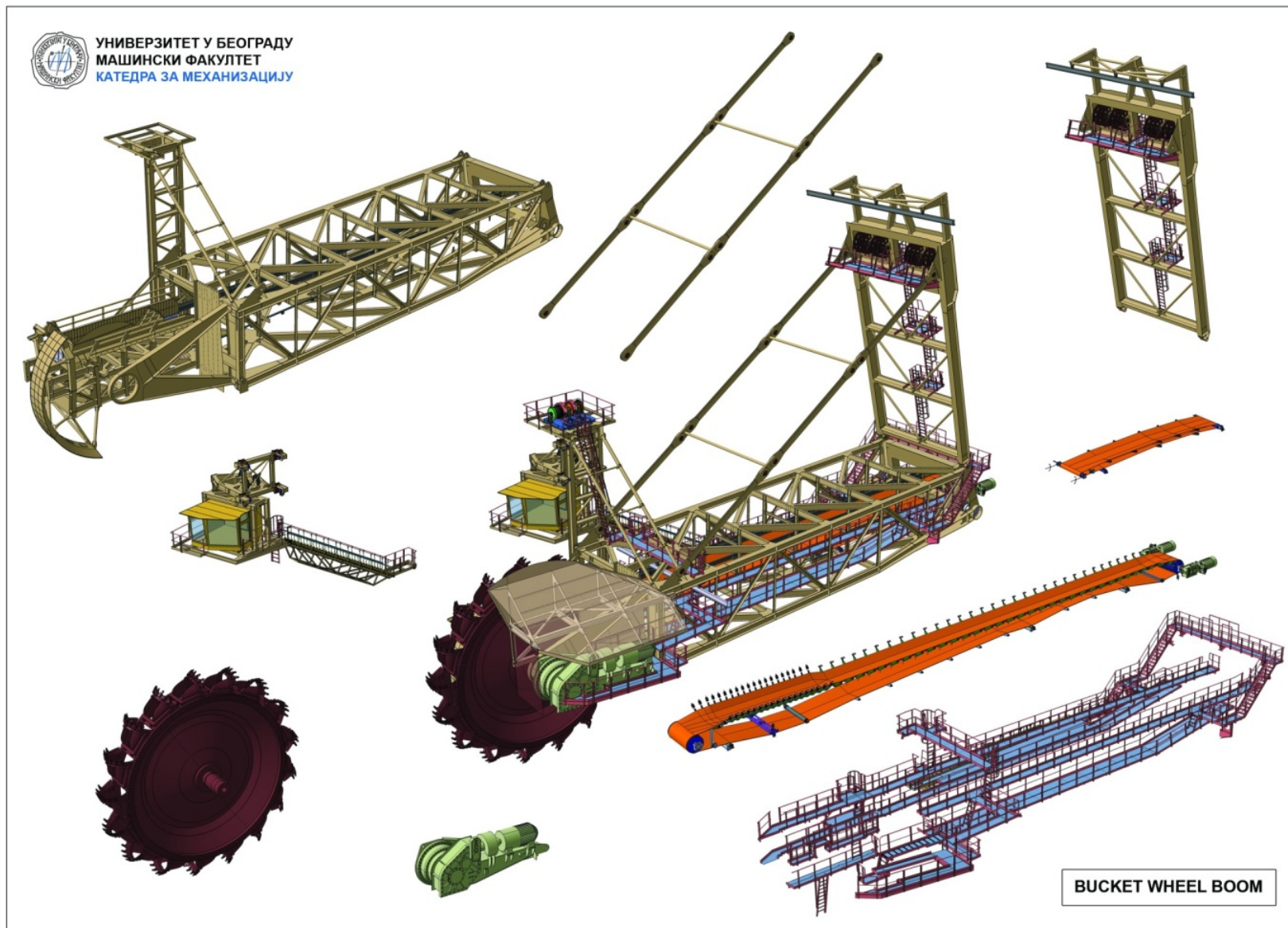
Основни параметри горње градње одређени на основу 3Д модела приказани су на сликама 6-8 и презентирани у табели 1.

Табела 1

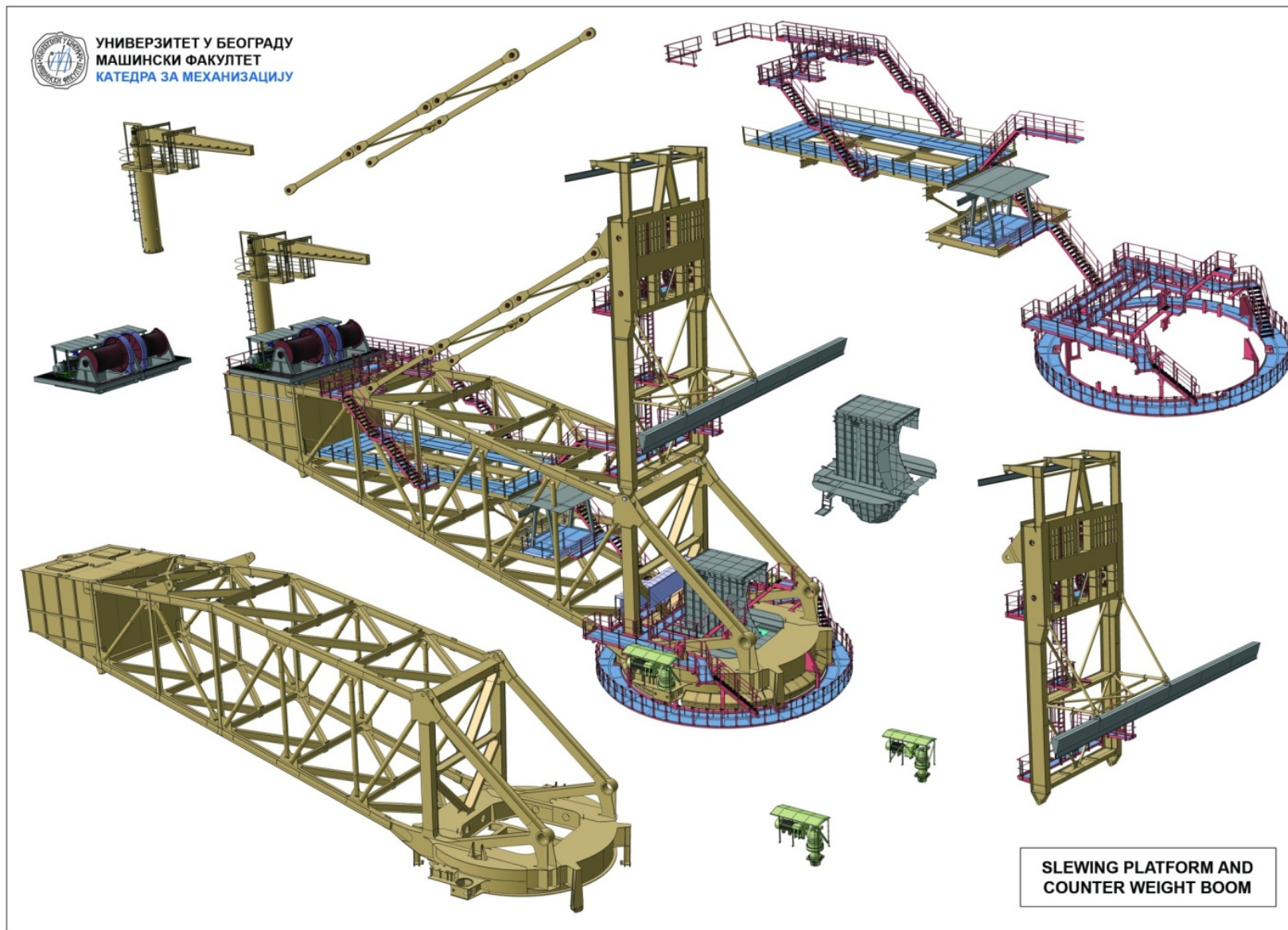
Параметар	3Д модел
Укупна маса горње градње без баласта (t)	978,266
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	476,119
Маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом (t)	502,147
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта горње градње x_T (mm)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-6040
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-6253
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-5573
Положај стреле ротора	Баласт потребан за центрисање тежишта (t)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	173,2
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	179,3
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	159,8
Положај стреле ротора	Сила у ужету за вешање стреле ротора (kN)
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	245,2
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	237,2
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	228,3



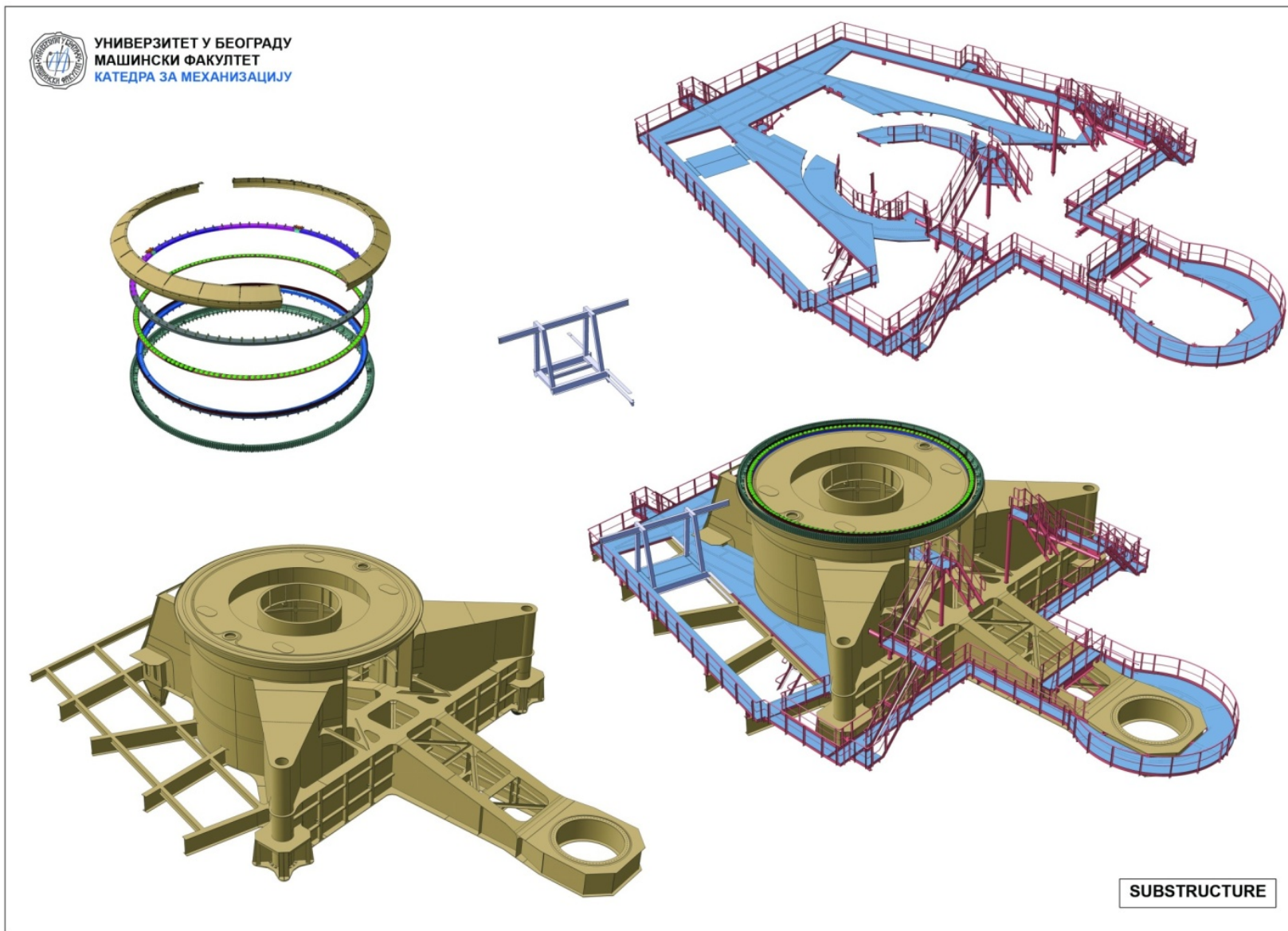
Слика 1: 3D модел роторног багера KRUPP SchRs 1600



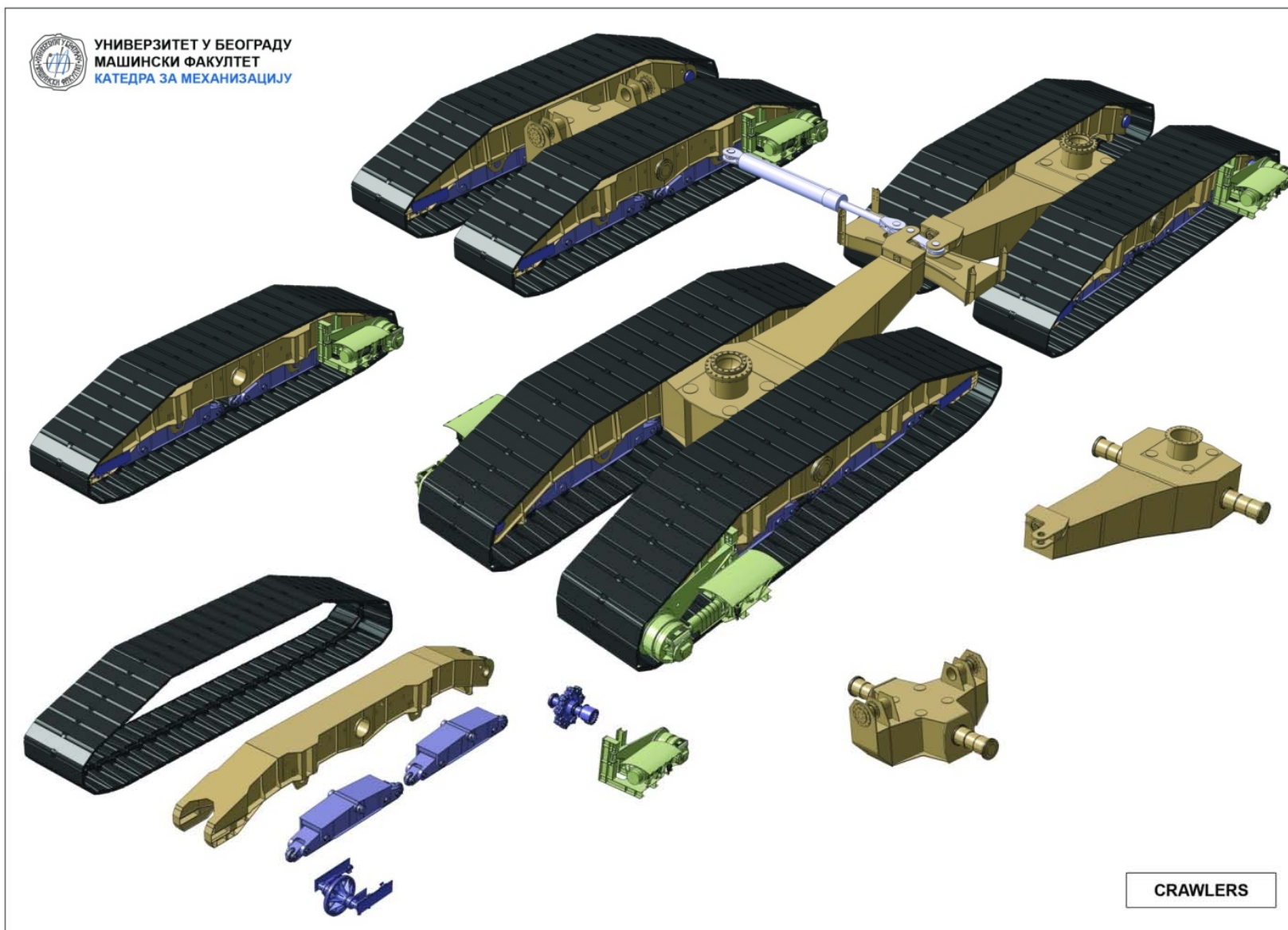
Слика 2: Експандирани 3D модел стреле ротора



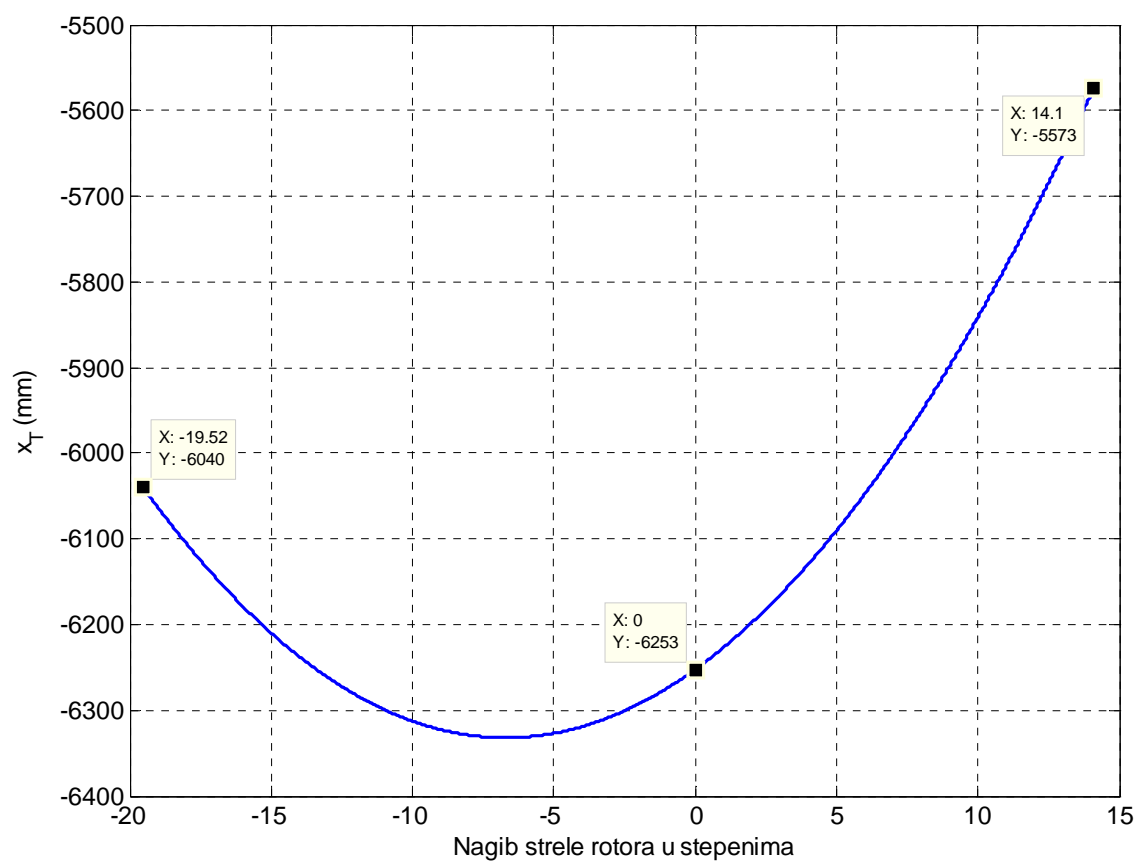
Слика 3: Експандирани 3D модел стреле баласта



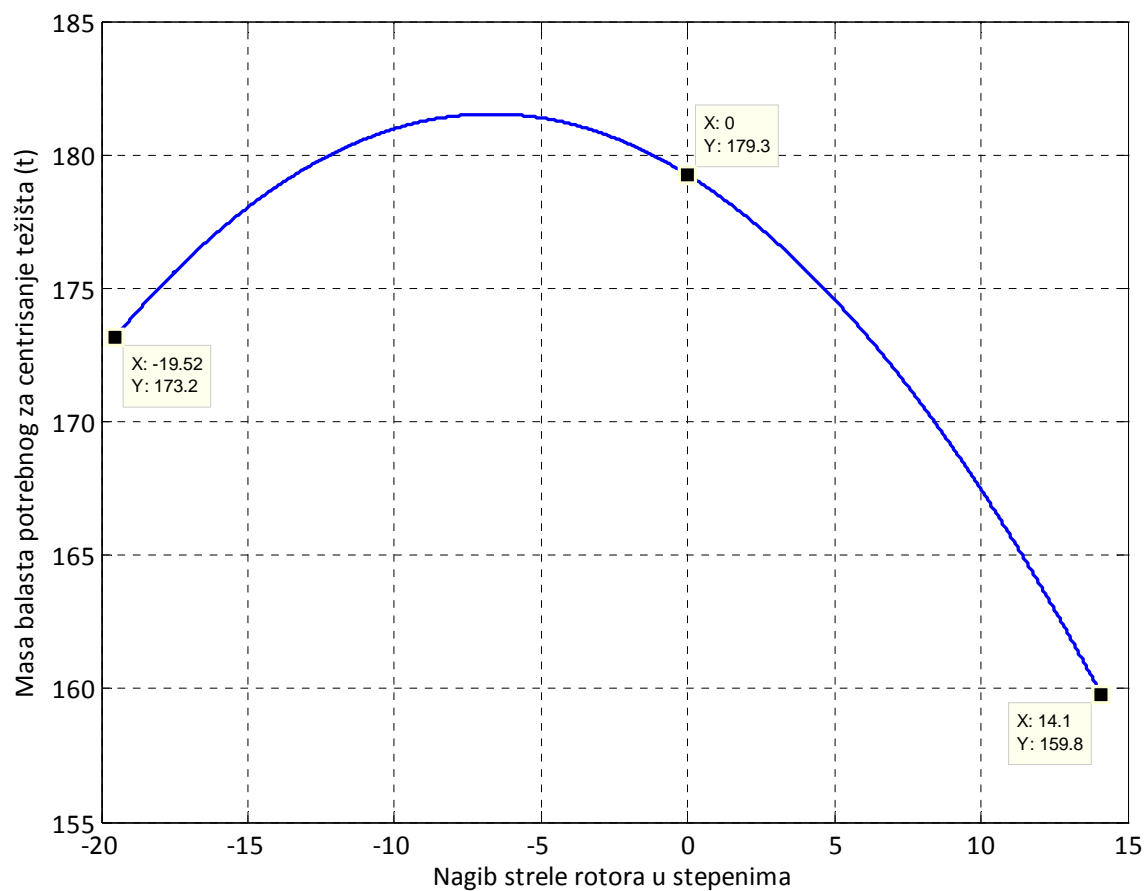
Слика 4: Експандирани 3D модел доње градње



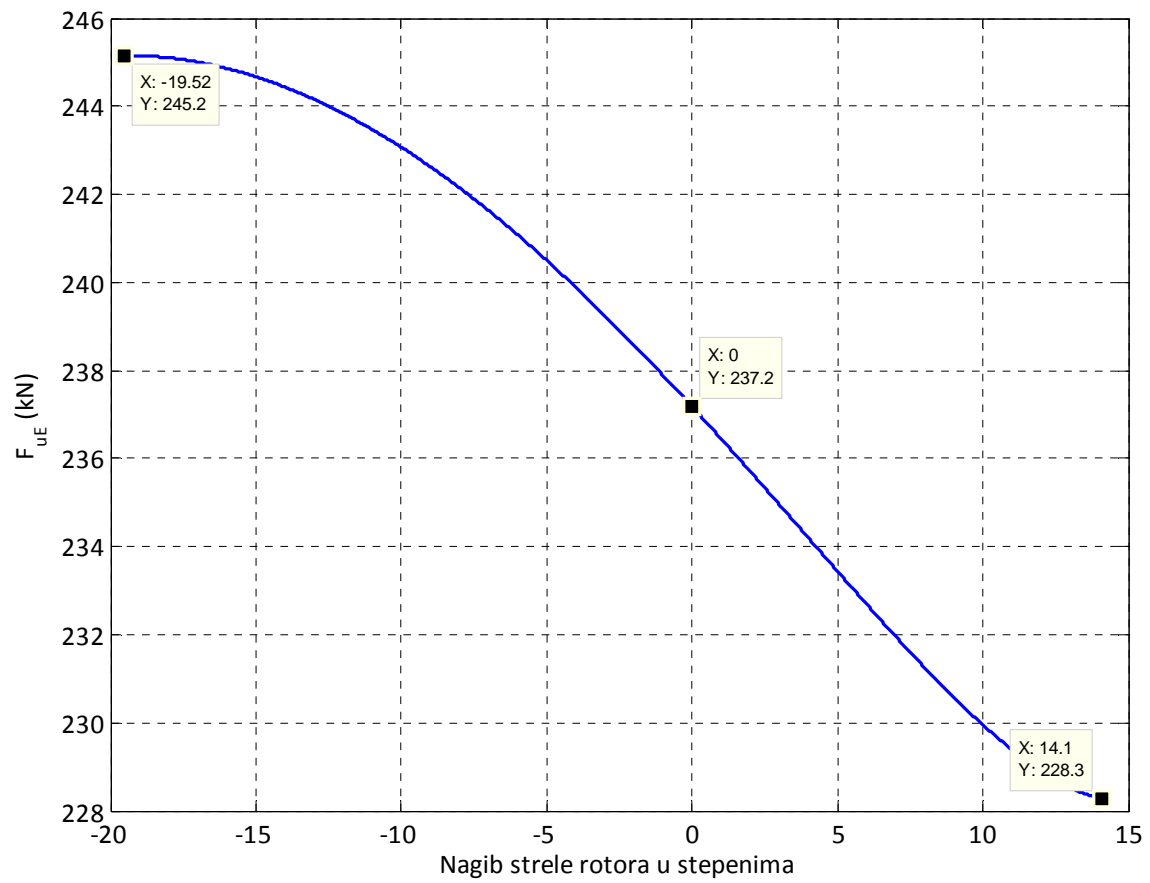
Слика 5: Експандирани 3D модел гусеничног кретача



Слика 6: Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта



Слика 7: Маса баласта потребне за центрисање тежишта горње градње



Слика 8: Зависност силе у ужету од угла нагиба стреле ротора

2.0

ДРУГА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Упоредна анализа 3Д модела и Елабората 1**

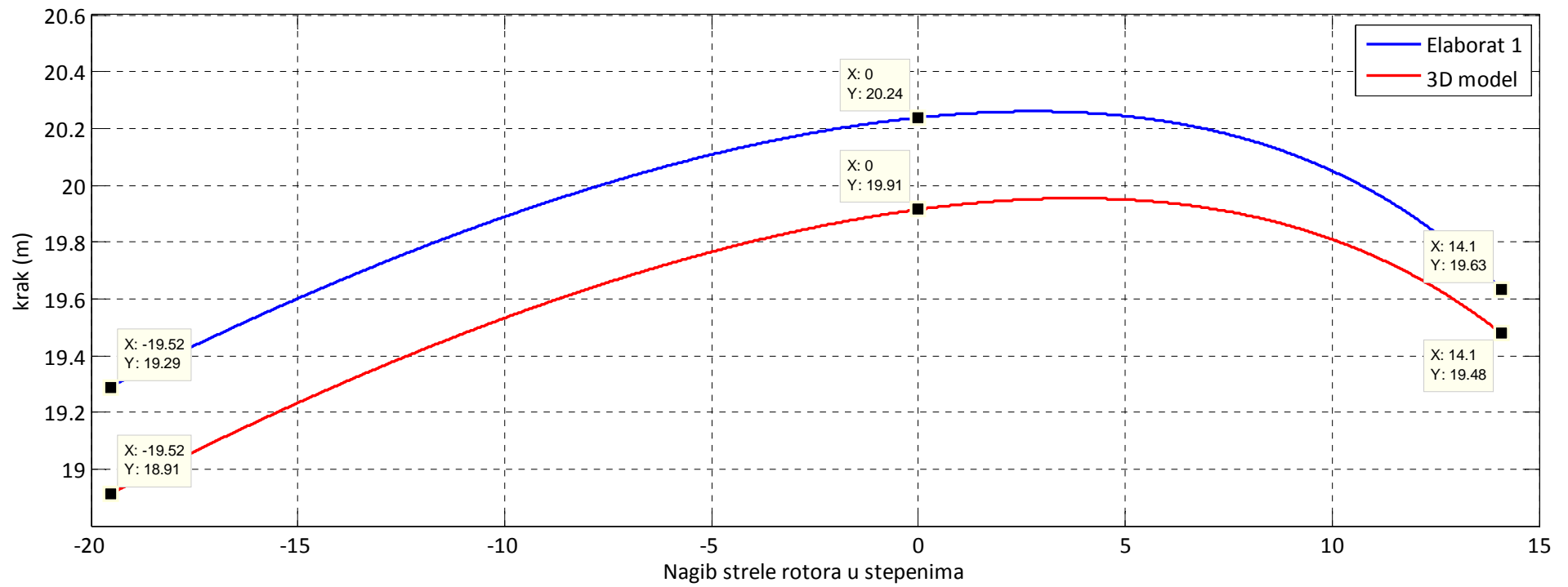
Друга фаза истраживања обављена је на основу следећих подлога:

- “Preliminary Stability Calculation – Revision 1” од 05.04. 2007. године (у даљем тексту: **Елаборат 1**, Прилог 1);
- **3Д модел.**

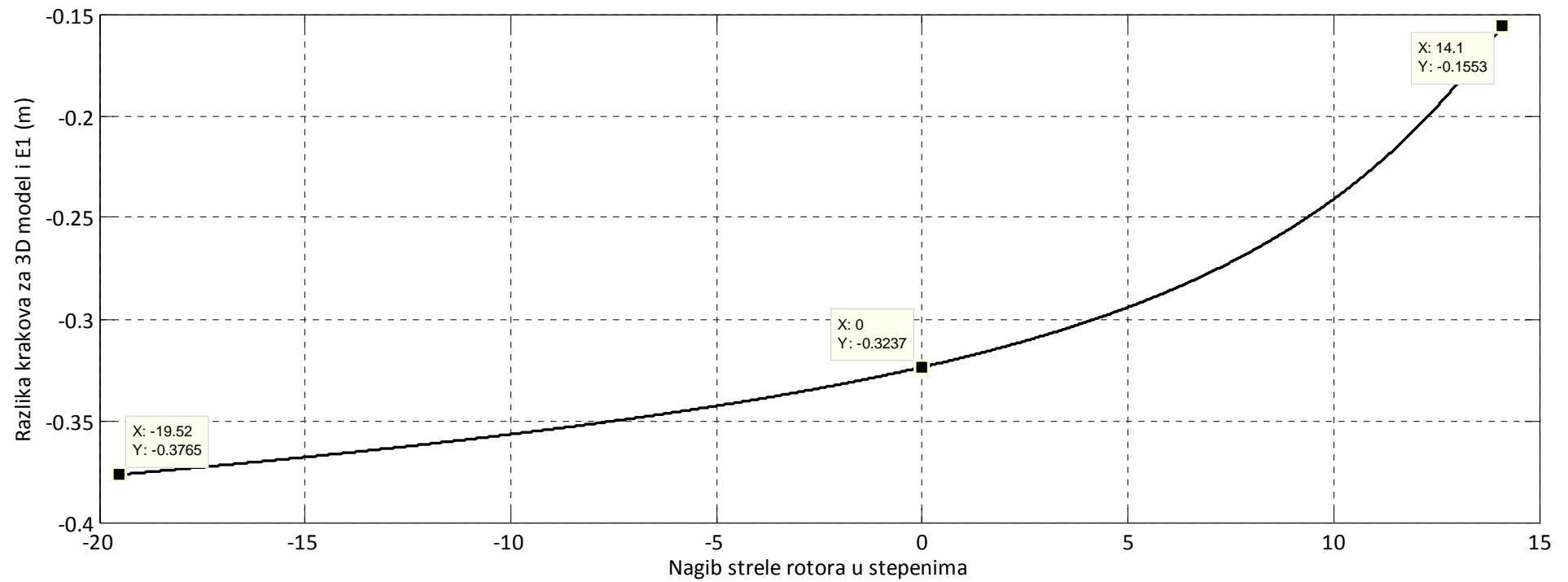
Да би могла да се изврши упоредна анализа резултата добијених на основу Елабората 1 и 3Д модела, најпре је отклоњена неусаглашеност самог Елабората 1 када је реч о координатама карактеристичних чворова конструкције багера и величинама кракова котураче за подизање стреле ротора. На слици 9 приказане су зависности кракова котураче од угла нагиба стреле ротора, док је на слици 10 дат дијаграм промене њихове разлике. Вредности кракова у карактеристичним положајима стреле ротора презентирани су у табели 2. У наставку упоредне анализе, усвојене су величине кракова одређене на основу 3Д модела. На сликама 11 – 16 приказани су дијаграми зависности основних параметара горње градње од угла нагиба стреле ротора, одређених на основу Елабората 1 и 3Д модела.

Табела 2

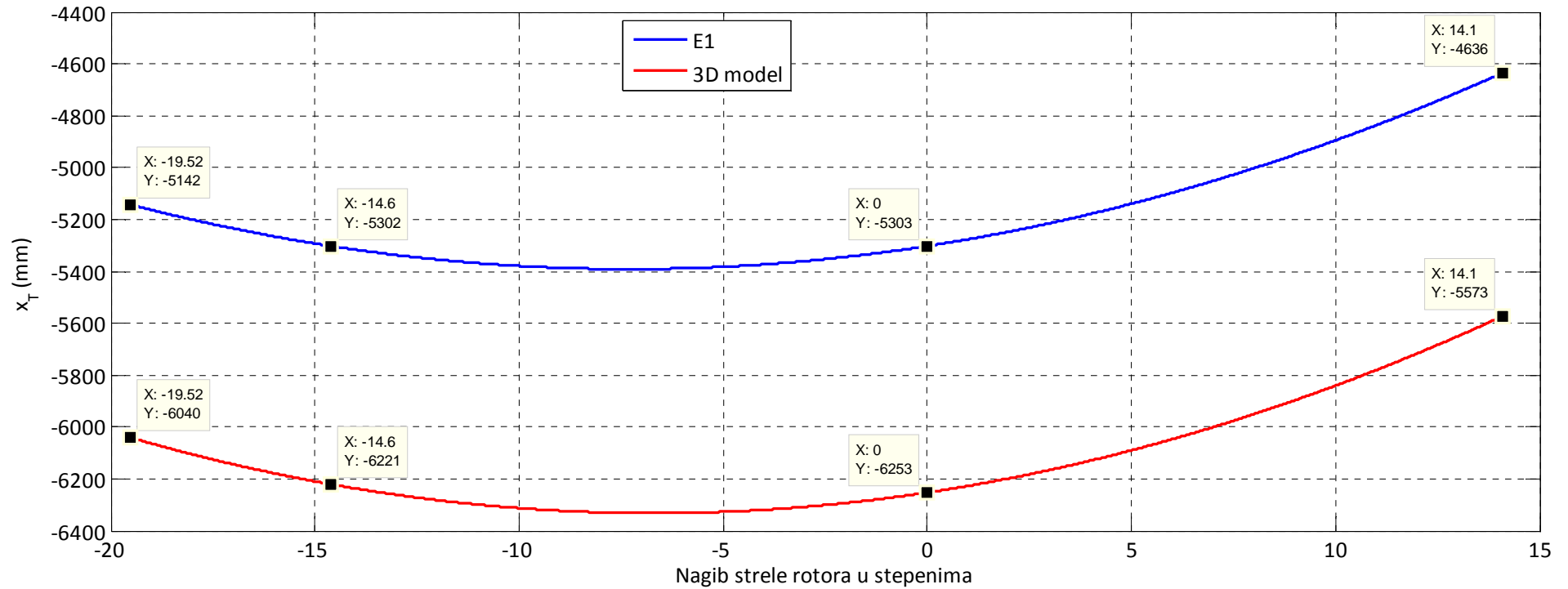
Положај стреле ротора	Крак силе котураче за подизање стреле ротора (m)			
	Наведен у Е1 (страна А2_26)	Прорачун Е1	3Д	Разлика „3Д-Е1“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	19,001	19,289	18,913	-0,377
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	19,912	20,238	19,914	-0,324
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	19,476	19,710	19,479	-0,155



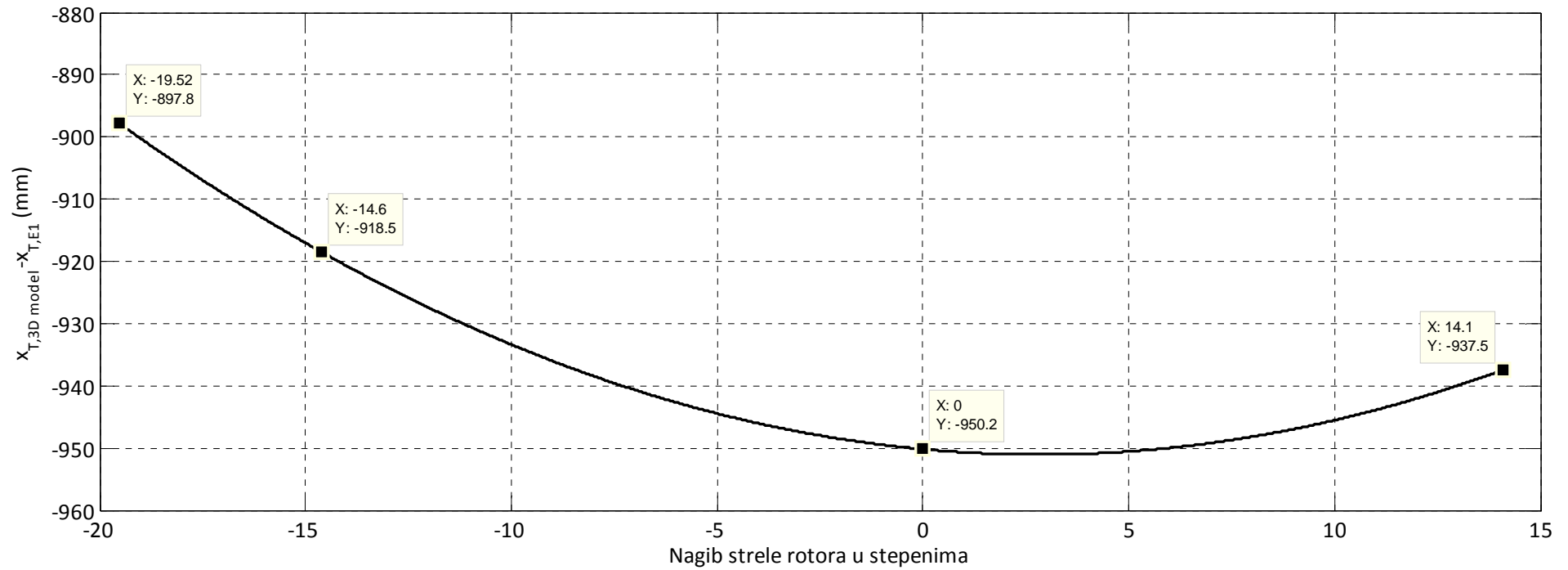
Слика 9: Крак силе котураче за дизање стреле ротора



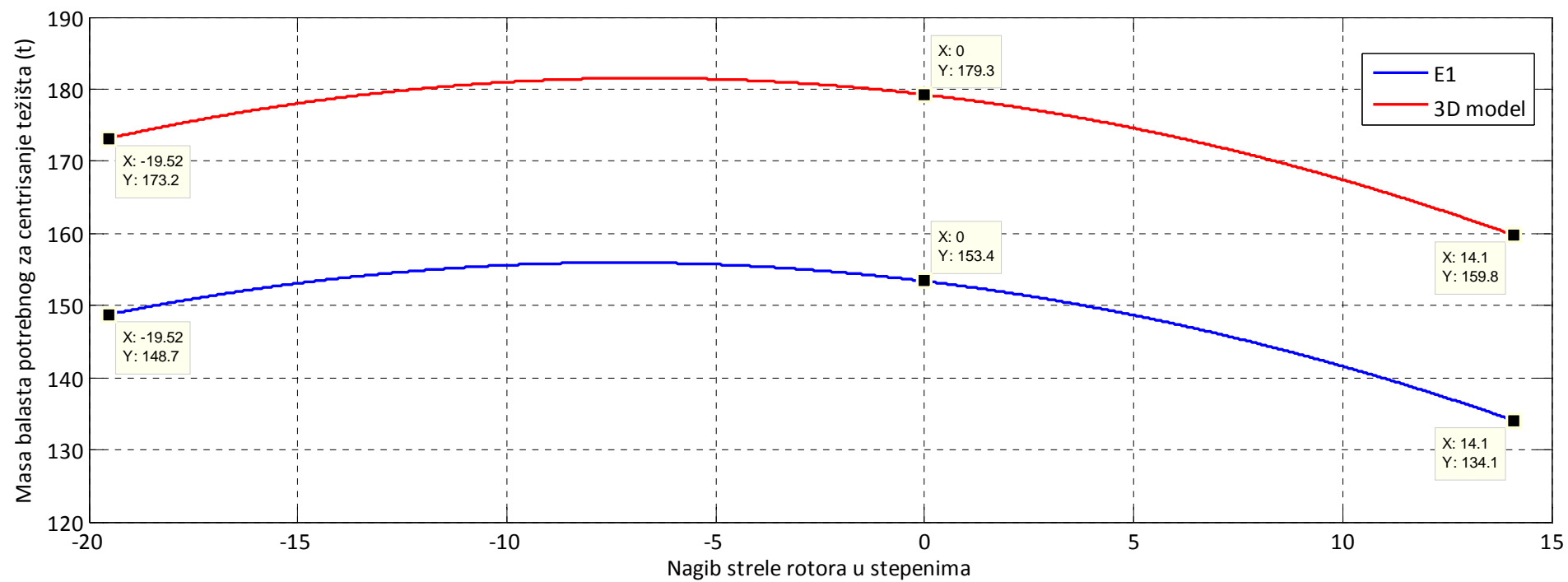
Слика 10: Разлика кракова силе котураче за подизање стреле ротора одређених на основу 3Д модела и Елабората 1



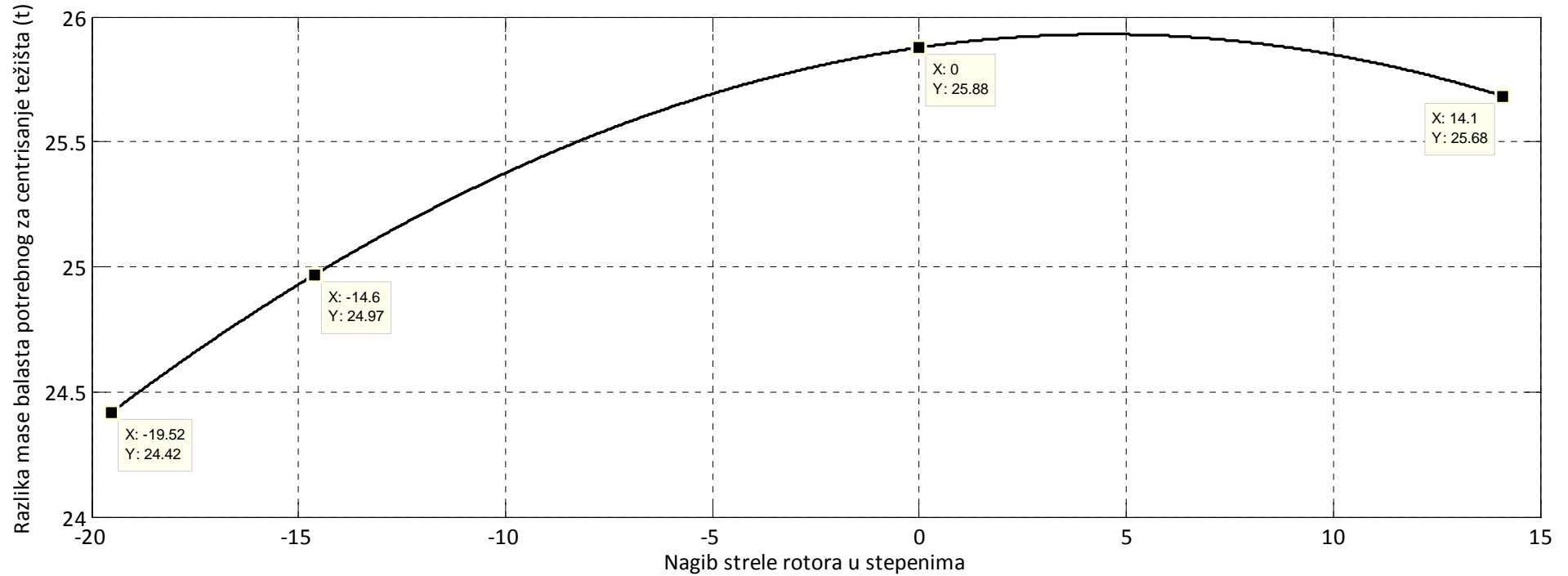
Слика 11: Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта



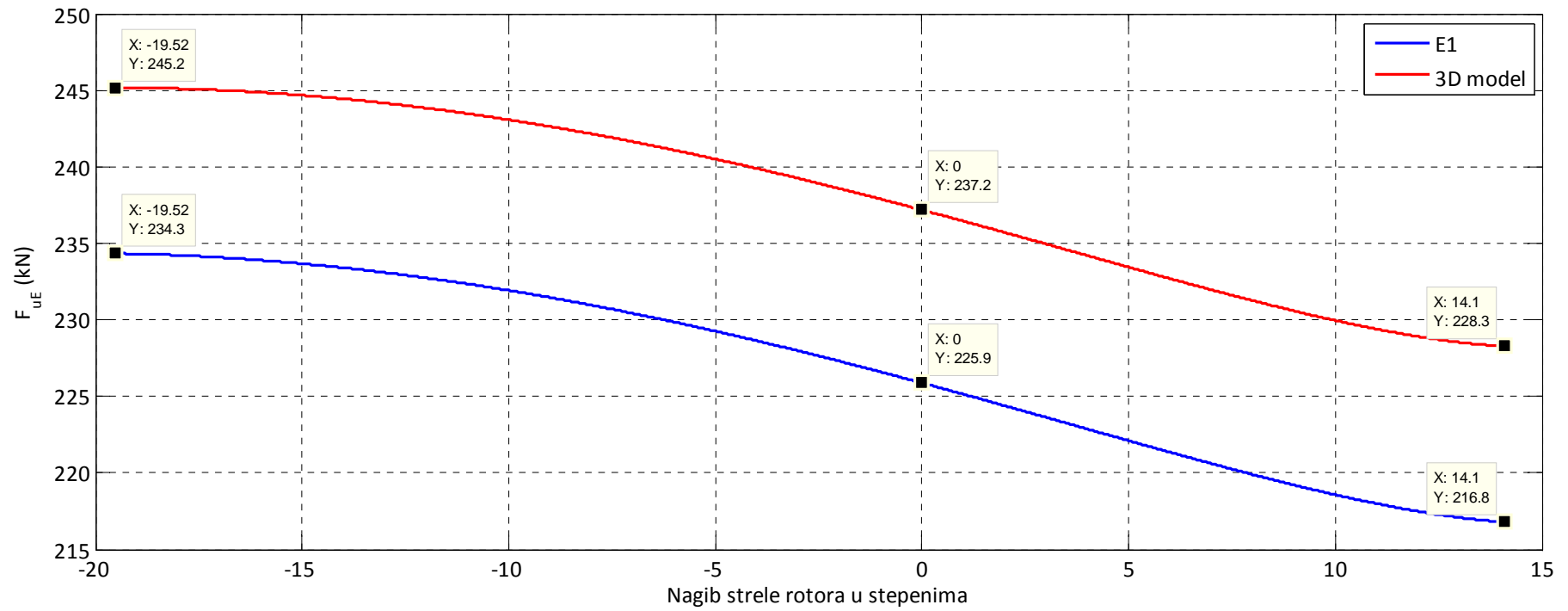
Слика 12: Разлика пројектованих апсциса тежишта горње градње без баласта
(максимална разлика –951 mm)



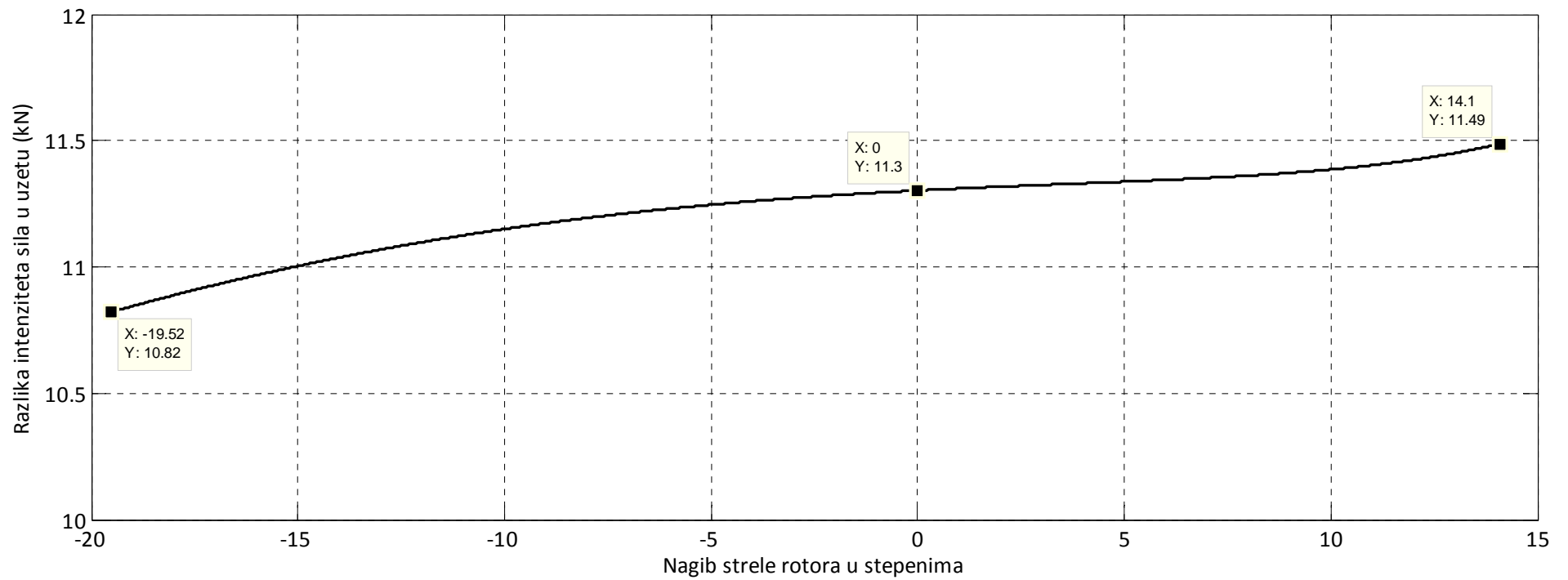
Слика 13: Маса баласта потребне за центрисање тежишта горње градње



Слика 14: Разлика масе баласта потребне за центрисање тежишта горње градње
(максимална разлика 25,9 t)



Слика 15: Силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора



Слика 16: Разлика сила у ужадима котураче за подизање стреле ротора

2.1 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ДРУГЕ ФАЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Упоредни приказ основних параметара горње градње одређених на основу Елабората 1 и 3Д модела дат је у табели 3.

Табела 3

Параметар	Елаборат 1	3Д модел	Разлика „3Д-Е1“
Укупна маса горње градње без баласта (t)	992,162	978,266	-13,896 t
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	451,395	476,119	24,724 t
Маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом (t)	540,767	502,147	-38,620 t
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта горње градње без баласта x_T (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-5142	-6040	-898 mm
Планум, $\alpha_{SR}=-14,6^\circ$	-5302	-6221	-919 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-5303	-6253	-950 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-4636	-5573	-937 mm
		највеће одступање: -951 mm	
Положај стреле ротора	Баласт потребан за центрисање тежишта (t)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	148,7	173,2	24,5 t
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	153,4	179,3	25,9 t
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	134,1	159,8	25,7 t
Максимална вредност	155,9	181,5	25,6 t
Положај стреле ротора	Сила у ужадима котурача за дизање стреле ротора (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	245,2	10,9 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	237,2	11,3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	228,3	11,5 kN

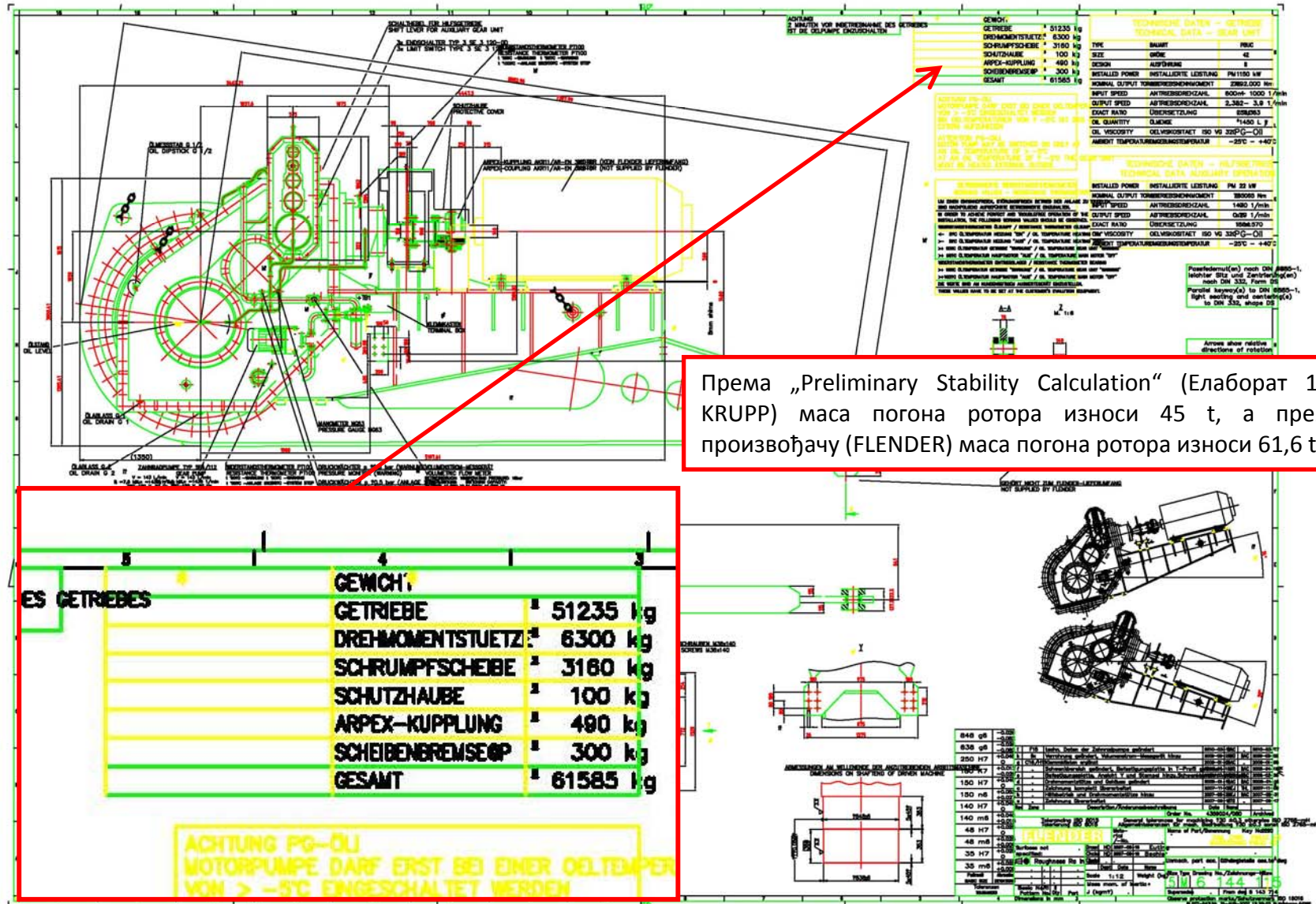
На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Маса горње градње према 3Д моделу мања је за $\approx 13,9$ t, уз изразито неповољну дистрибуцију разлике маса основних подструктура, са аспекта положаја тежишта и интензитета силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора; наиме, маса стреле ротора са затегама и стубом 1 већа је код 3Д модела за $\approx 24,7$ t, док је маса стреле баласта са затегама, стубом 2 и обртном платформом мања за $\approx 38,6$ t.

2. Због знатно неповољнијег односа маса подструктура, апсциса тежишта горње градње без баласта код 3Д модела ближа је ротору за готово 1 m; максимална разлика износи –951 mm, а минимална –898 mm.
3. Према Елаборату 1, при хоризонталном положају стреле ротора потребно је 153,4 t баласта (овај резултат је идентичан податку који се наводи у Елаборату 1 на страни A2_32), док је према 3Д моделу потребно 179,3 t баласта.
4. Маса баласта потребна за центрисање тежишта горње градње без баласта већа је за ≈ 25 t код 3Д модела; максимална разлика од 25,9 t јавља се при хоризонталном положају стреле ротора, а минимална разлика од 24,5 t јавља се када је стрела ротора у поткопу.
5. Као последица лошије сопствене уравнотежености горње градње, сила у ужету котураче за подизање стреле ротора већа је за ≈ 11 kN код 3Д модела; максимална разлика од 11,5 kN јавља се у горњем положају стреле ротора, а минимална разлика од 10,9 kN јавља се у доњем положају стреле ротора.

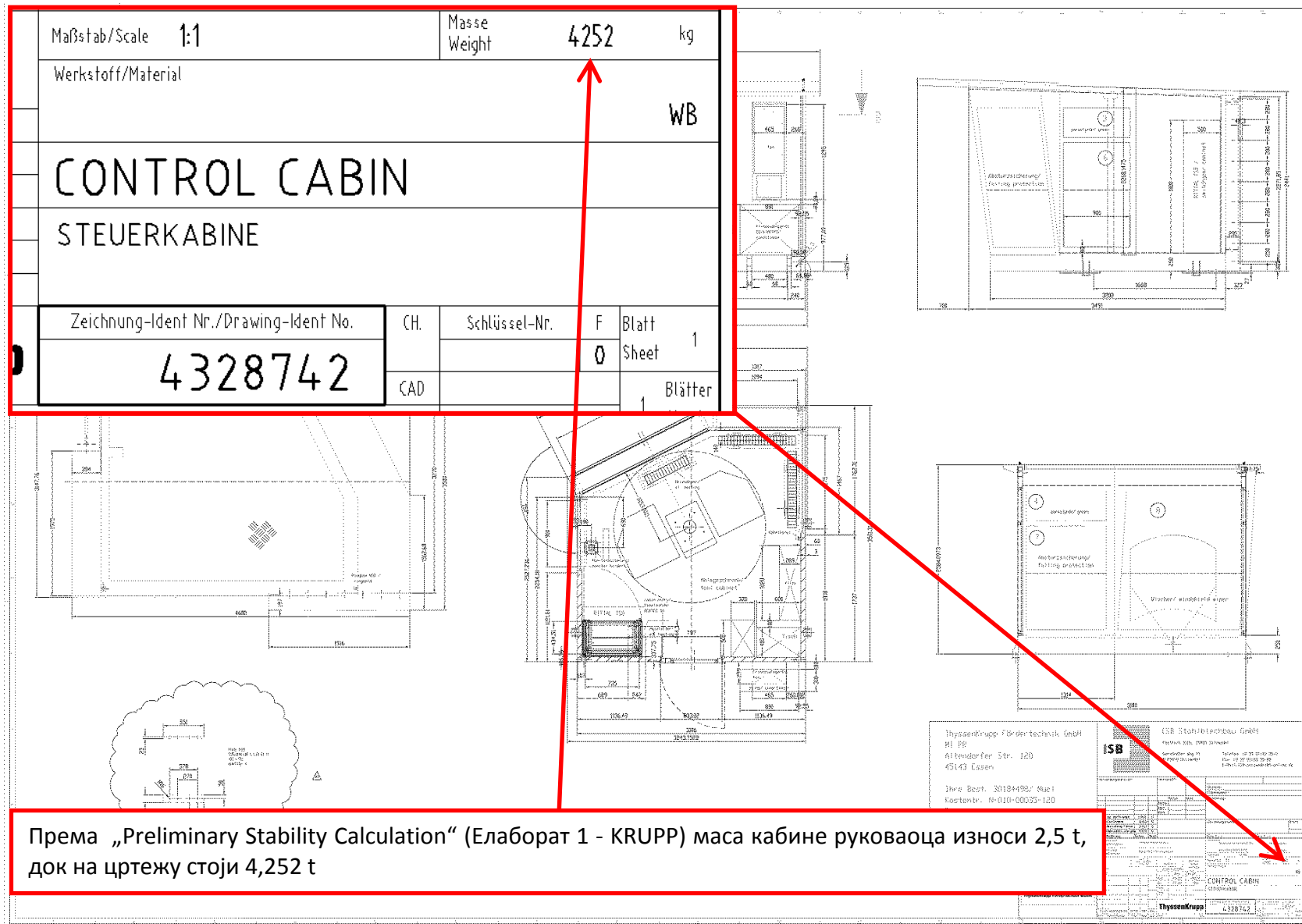
На основу изложеног, закључује се да постоји знатна неусаглашеност подлога: Елабората 1 и цртежа на основу којих је формиран 3Д модел. Она онемогућава добијање резултата коначноелементне анализе који би били валидни са аспекта калибрације система за праћење напонског стања структуре.

Да би се применом методе коначних елемената добили валидни резултати напонско – деформационе анализе, неопходно је отклонити неусаглашености подлога. Типични примери поменуте неусаглашености дати су на сликама 17 и 18.



Према „Preliminary Stability Calculation“ (Елаборат 1 - KRUPP) маса погона ротора износи 45 t, а према произвођачу (FLENDER) маса погона ротора износи 61,6 t

Слика 17: Неусаглашеност масе погона ротора



Слика 18: Неусаглашеност масе кабине багеристе

3.0

ТРЕЋА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Упоредна анализа Елабората 1 и Елабората 2**

Трећа фаза истраживања обављена је на основу следећих подлога:

- “Preliminary Stability Calculation – Revision 1” од 05.04. 2007. године (у даљем тексту: **Елаборат 1**, Прилог 1);
- “Final Stability Calculation – Revision 1” од 10.09. 2009. године (у даљем тексту: **Елаборат 2**, Прилог 2).

Оба елабората израдио је KRUPP.

3.1 ПОЛОЖАЈ ЛОКАЛНИХ КООРДИНАТНИХ СИСТЕМА И РЕФЕРЕНТНИХ ЧВОРОВА

На сликама 19 и 20 приказани су основни структурни елементи багера, положај локалних координатних система и референтних чворова. У табели 4 дат је упоредни приказ координата локалних координатних система у односу на глобални координатни систем.

Табела 4

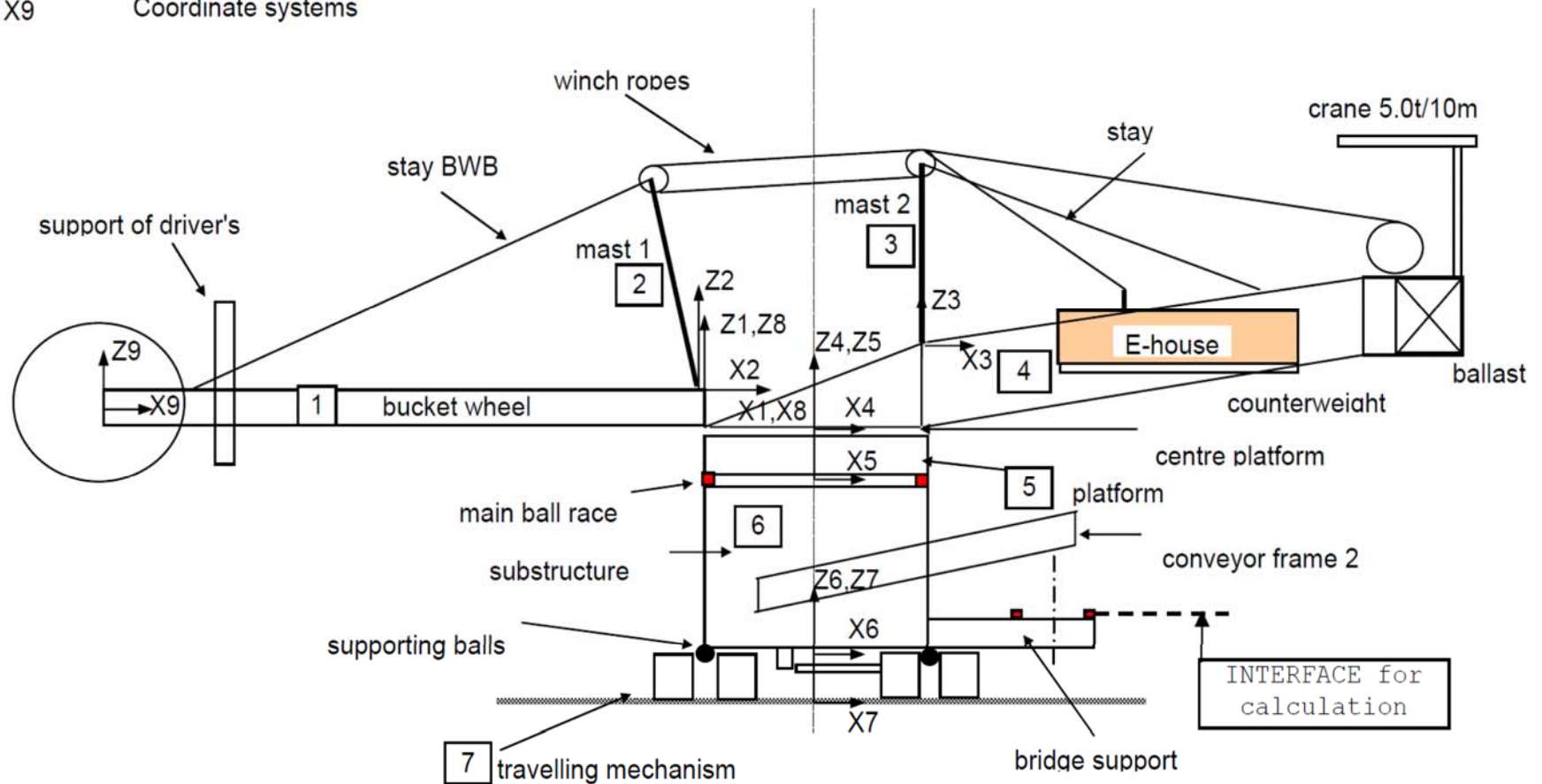
Назив	Чвор	Глобалне координате					
		Елаборат 1 (стр. А2_15)			Елаборат 2 (стр. А3-16)		
		x [m]	y [m]	z [m]	x [m]	y [m]	z [m]
Зглоб пете стреле ротора	5	–3,878	0,0	15,250	–3,878	0,0	15,250
Зглоб стуба 1	4	–4,864	0,0	18,984	–4,864	0,0	18,983
Зглоб стуба 2	11	3,878	0,0	22,450	3,878	0,0	22,330
Ослонац на врху/центру платформе	16	0,0	0,0	13,400	0,0	0,0	13,400
Котрљајна стаза куглана	17	0,0	0,0	11,575	0,0	0,0	11,575
Ослоне кугле	19	0,0	0,0	3,850	0,0	0,0	3,850
Планум	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

На основу података презентираних у табели 4, очигледно је да постоје разлике у вредностима ордината чворова 4 и 11. Утицај поменутих разлика на крак силе у котурачи механизма за промену угла нагиба стреле ротора, у односу на зглоб пете стреле ротора, приказан је на сликама 21 и 22.

Bucket wheel excavator

1 to 7
 X1 to X9

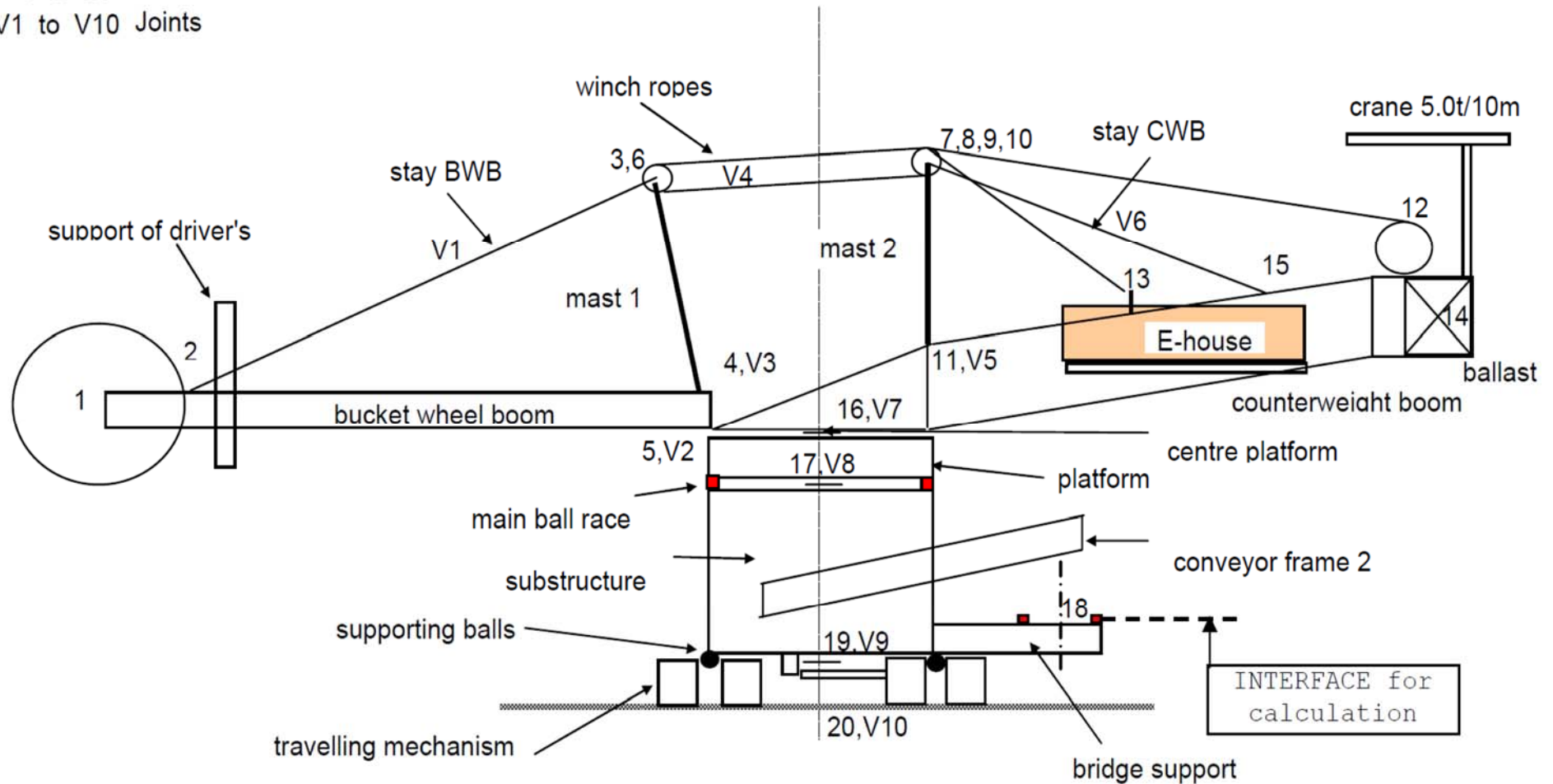
Parts
 Coordinate systems



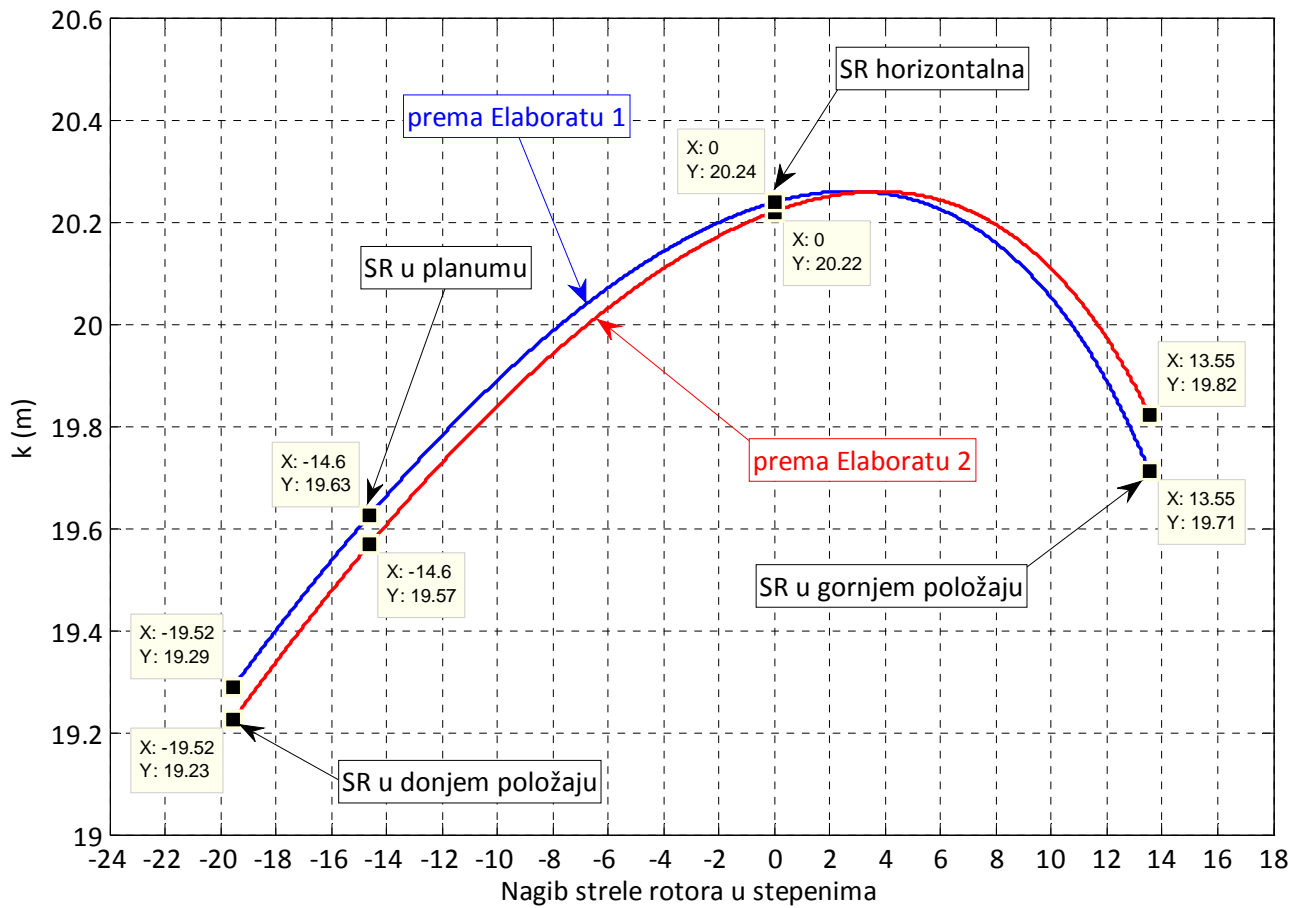
Слика 19: Локални координатни системи (Елаборат 1, страна A2_4)

Bucket wheel excavator

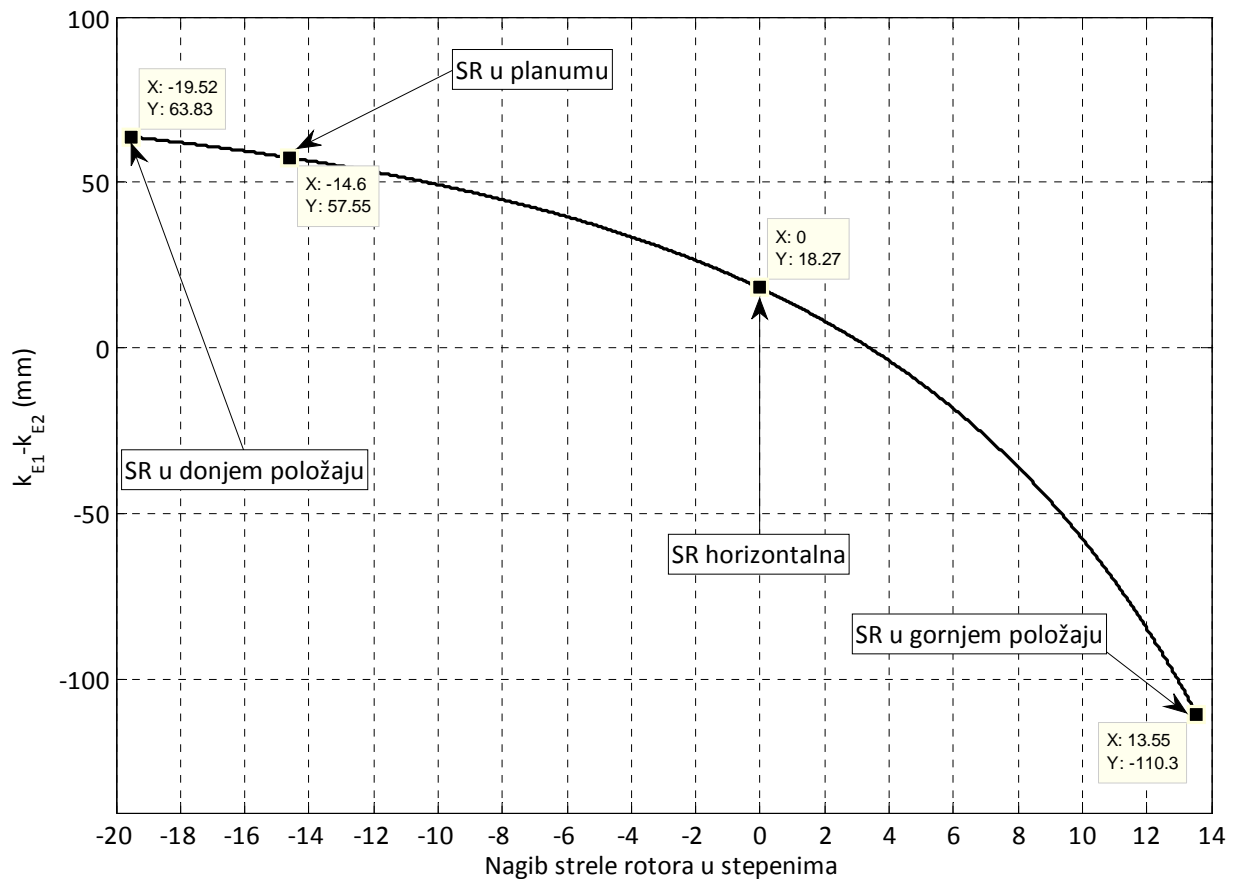
1 to 20 Nodes
V1 to V10 Joints



Слика 20: Референтни чворови (Елаборат 1, страна A2_5)



Слика 21: Крак силе котураче у односу на зглоб пете стреле ротора



Слика 22: Разлика кракова силе котураче у односу на зглоб пете стреле ротора

У Елаборату 1 (страна А2_26) и Елаборату 2 (страна А3-27) за карактеристичне положаје стреле ротора наведене су вредности крака котураче које одступају од вредности приказаних на слици 21, табеле 5 и 6.

Табела 5

Положај стреле ротора	Крак котураче [m]					
	Израчунат према Е1	Наведен у Е1 (с. А2_26)	Разлика	Израчунат према Е2	Наведен у Е2 (с. А3_27)	Разлика
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	19,289	19,001	0,288 m	19,226	18,909	0,317 m
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	20,238	19,912	0,326 m	20,220	19,912	0,308 m
горњи, $\alpha_{SR}=13,55^\circ$	19,710	19,476	0,234 m	19,820	19,524	0,298 m

Табела 6

Положај стреле ротора	Крак котураче [m]					
	Израчунат према Е1	Израчунат према Е2	Разлика	Наведен у Е1 (с. А2_26)	Наведен у Е2 (с. А3_27)	Разлика
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	19,289	19,226	0,063 m	19,001	18,909	0,092
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	20,238	20,220	0,018 m	19,912	19,912	0,0
горњи, $\alpha_{SR}=13,55^\circ$	19,710	19,820	-0,110 m	19,476	19,524	-0,048

3.2 МАСЕ И ПОЛОЖАЈИ СРЕДИШТА МАСА ОСНОВНИХ ПОДСТРУКТУРА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ

3.2.1 Стрела ротора и стуб 1

Упоредни приказ података о маси и положају средишта маса стреле ротора (CP) и стуба 1 (C1) при хоризонталном положају стреле ротора дат је у табели 7.

Табела 7

Назив	Елаборат	Маса [t]	x_1 [m]	y_1 [m]	z_1 [m]
CP	Е1 (страна А2_15)	391,459	-26,958	-0,050	0,864
CP	Е2 (страна А3-16)	406,991	-26,693	-0,350	0,931
C1	Е1 (страна А2_15)	59,936	-4,059	0,000	17,398
C1	Е2 (страна А3-16)	60,527	-4,656	0,000	17,624
CP+C1	Е1 (страна А2_15)	451,395	-23,917	-0,043	3,059
CP+C1	Е2 (страна А3-16)	467,518	-23,840	-0,305	3,092

3.2.2 Стуб 2 и стрела баласта

Упоредни приказ података о маси и положају средишта маса стуба 2 (C2) и стреле баласта (СБ) дат је у табели 8.

Табела 8

Назив	Елаборат	Маса [t]	x_4 [m]	y_4 [m]	z_4 [m]
C2	E1 (страна A2_15)	75,770	3,879	0,000	21,393
C2	E2 (страна A3-16)	79,364	3,773	-0,219	20,863
СБ	E1 (страна A2_15)	338,997	20,624	0,000	8,652
СБ	E2 (страна A3-16)	248,775	26,296	0,050	10,701

3.2.3 Обртна платформа

Упоредни приказ података о маси и положају средишта маса обртне платформе (ОП) дат је у табели 9.

Табела 9

Назив	Елаборат	Маса [t]	x_5 [m]	y_5 [m]	z_5 [m]
ОП	E1 (страна A2_15)	126,000	0,000	0,000	0,875
ОП	E2 (страна A3-12)	181,713	0,330	0,000	1,375

3.3 ПРОЈЕКТОВАНА МАСА, ПОЛОЖАЈ ТЕЖИШТА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ БЕЗ БАЛАСТА И МАСА БАЛАСТА ПОТРЕБНА ЗА ЊЕГОВО ЦЕНТРИСАЊЕ

Укупна маса горње градње без баласта према Елаборату 1 износи

$$m_{GG,B=0}^{E1} = m_{SR}^{E1} + m_{S1}^{E1} + m_{S2}^{E1} + m_{SB}^{E1} + m_{OP}^{E1} =$$

$$= 391,459 + 59,936 + 75,770 + 338,997 + 126,0 = 992,162 \text{ t,}$$

а према Елаборату 2

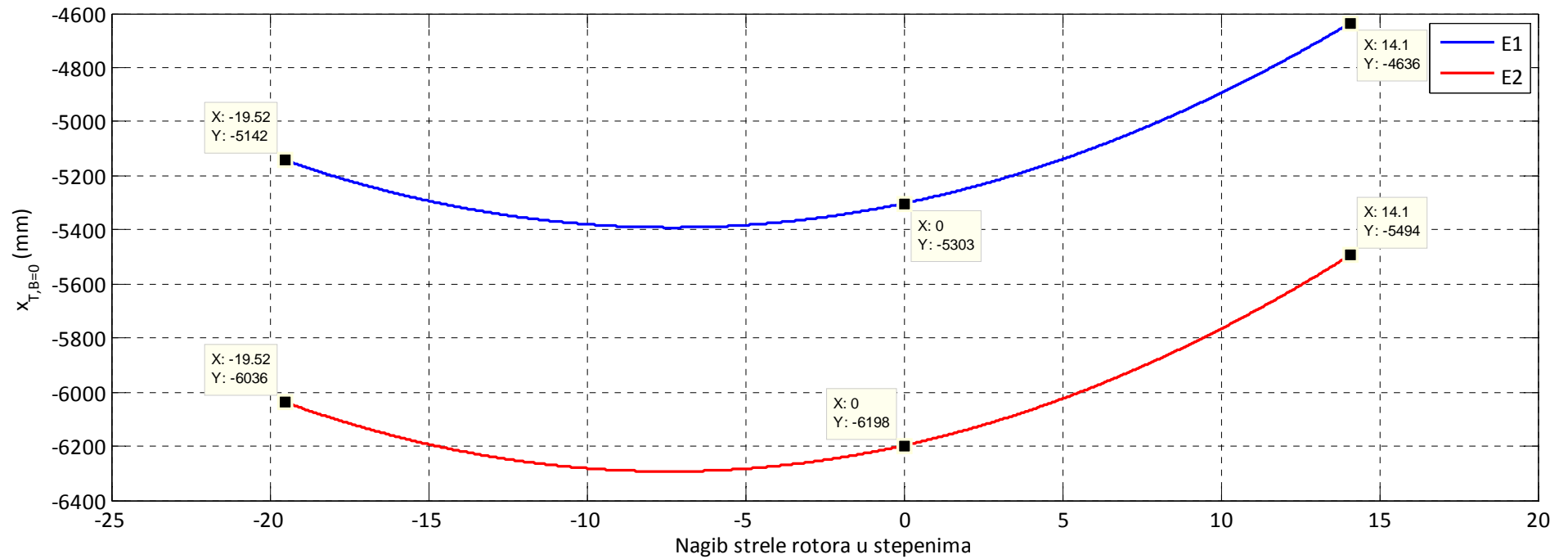
$$m_{GG,B=0}^{E2} = m_{SR}^{E2} + m_{S1}^{E2} + m_{S2}^{E2} + m_{SB}^{E2} + m_{OP}^{E2} =$$

$$= 406,991 + 60,527 + 79,364 + 248,775 + 181,713 = 977,37 \text{ t.}$$

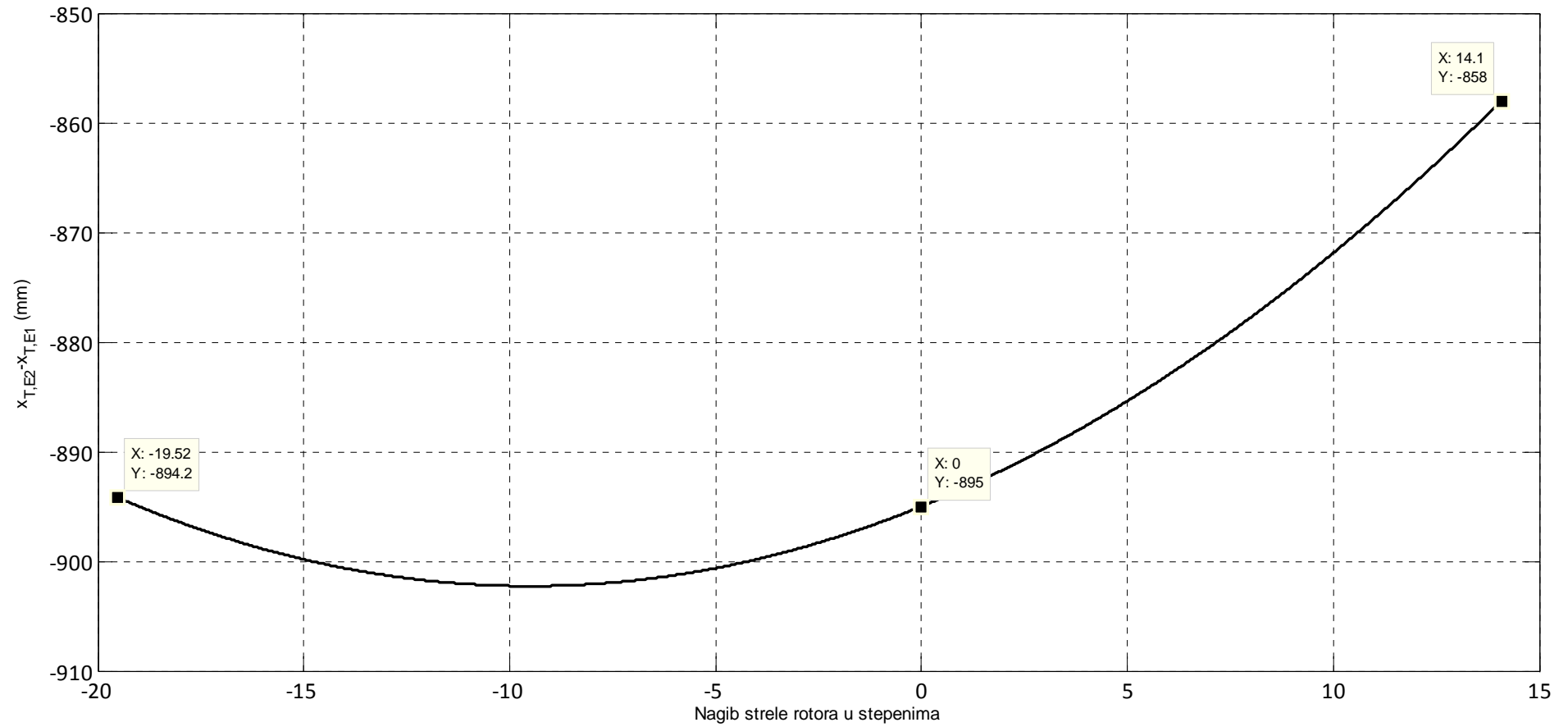
Дакле, према Елаборату 2 маса горње градње без баласта мања је за

$$\Delta m_{GG,B=0} = m_{GG,B=0}^{E1} - m_{GG,B=0}^{E2} = 992,162 - 977,37 = 14,792 \text{ t.}$$

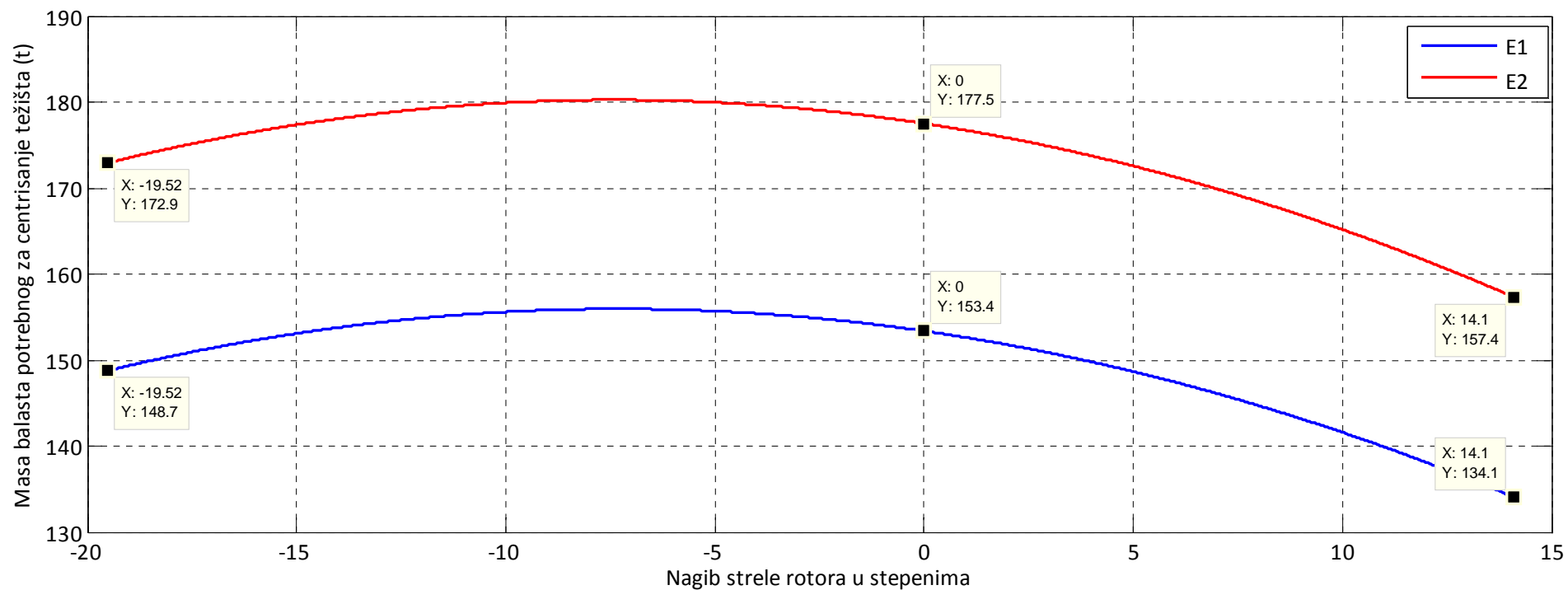
Осим разлике у масама, постоји и изузетно је изражена разлика у распореду маса, што условљава релативно велику разлику апсциса средишта маса горње градње без баласта, слике 23 и 24, као и баласта потребног за центрисање њеног тежишта, слике 25 и 26.



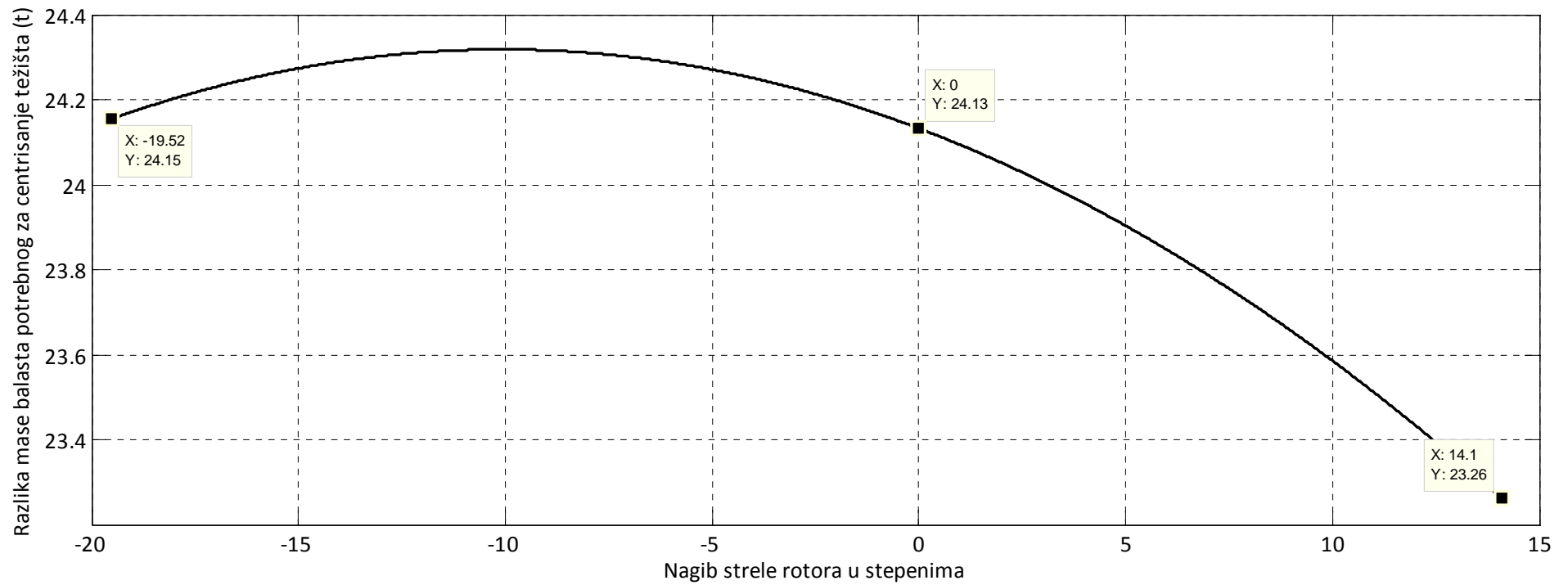
Слика 23: Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта



Слика 24: Разлика пројектованих апсциса тежишта горње градње без баласта
(максимална разлика 902 mm)



Слика 25: Маса баласта потребне за центрисање тежишта горње градње



Слика 26: Разлика масе баласта потребне за центрисање тежишта горње градње
(максимална разлика 24,32 t)

3.4 ПРОЈЕКТОВАНА МАСА И ПОЛОЖАЈ ТЕЖИШТА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ

Пројектована маса баласта према Елаборату 1 (страна A2_15) износи

$$m_B^{E1} = 197,0 \text{ t},$$

а према Елаборату 2 (страна A3_16)

$$m_B^{E2} = 221,0 \text{ t}.$$

Маса пројектованог баласта према Елаборату 2 већа је за

$$\Delta m_B = m_B^{E2} - m_B^{E1} = 221,0 - 197,0 = 24,0 \text{ t}.$$

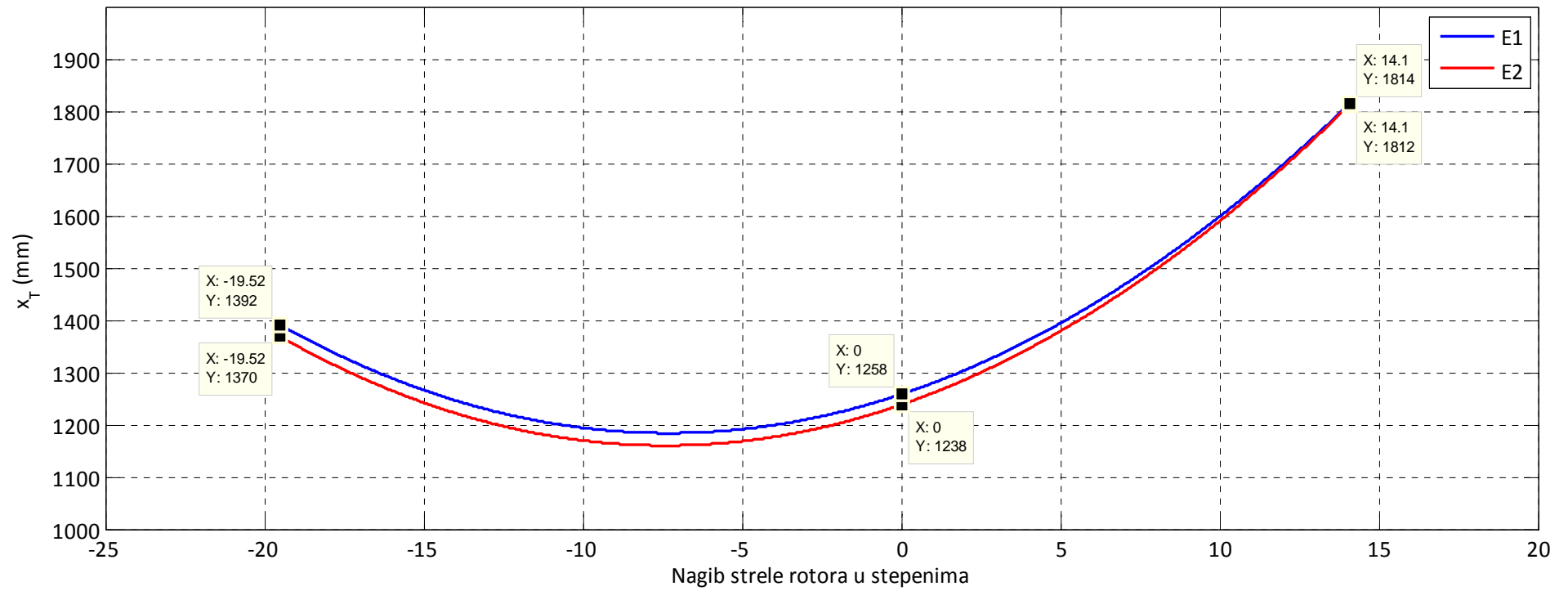
од масе пројектованог баласта према Елаборату 1. Ова бројна вредност је идентична бројној вредности која се читава на дијаграму приказаном на слици 26 при углу нагиба стреле ротора $\alpha_{SR}=0^\circ$. Дакле, да би се компензовао негативан утицај неповољније расподеле маса подструктура горње градње, и тиме одржао пројектовани положај тежишта, слика 27, било је неопходно да се повећа маса баласта за 12,2%.

Коначно, укупна маса надградње према Елаборату 1 износи

$$m_{GG}^{E1} = m_{GG,B=0}^{E1} + m_B^{E1} = 992,162 + 197,0 = 1189,162 \text{ t},$$

а према Елаборату 2

$$m_{GG}^{E2} = m_{GG,B=0}^{E2} + m_B^{E2} = 977,37 + 221,0 = 1198,37 \text{ t}.$$

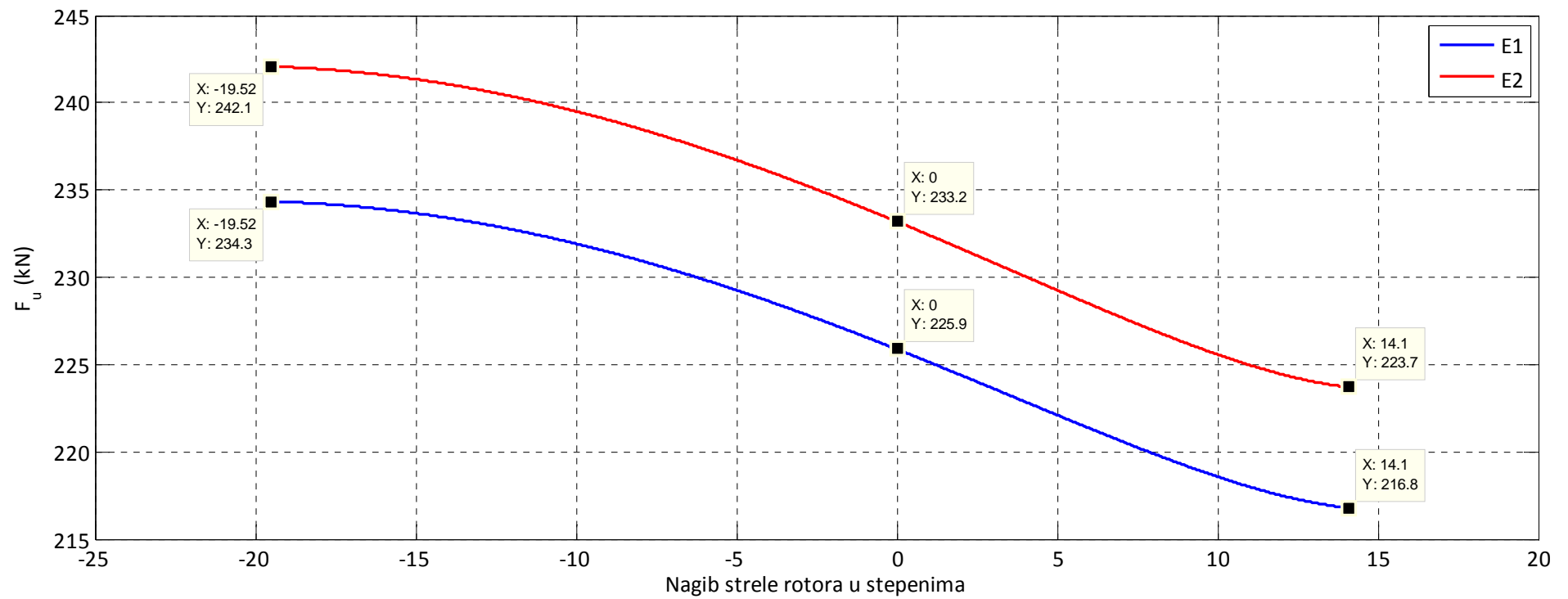


Слика 27: Пројектована апсциса тежишта горње градње

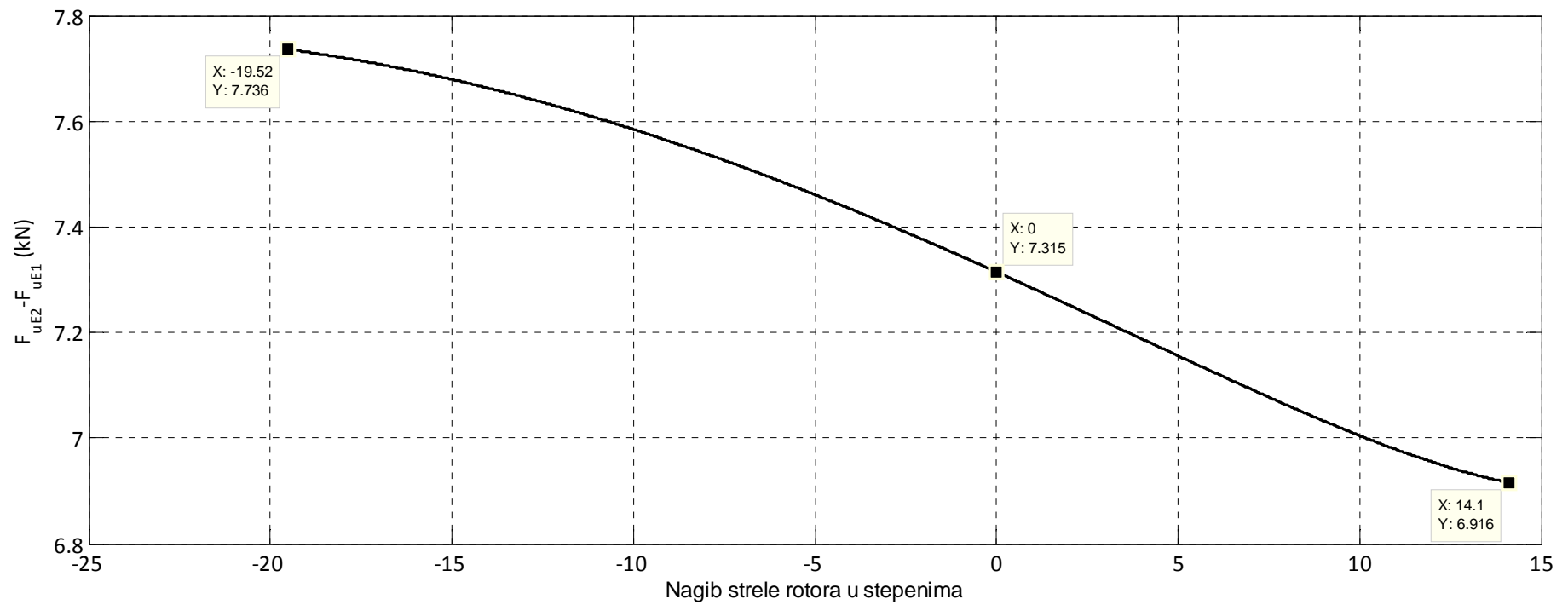
3.5 ПРОЈЕКТОВАНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У УЖЕТУ И ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ РОТОРА ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Доминантни утицај на оптерећење ужади и затега стреле ротора има сопствена тежина. У разматраном случају, према Елаборату 2, сила у ужету од сопствене тежине при хоризонталном положају стреле ротора износи 233,2 kN, док утицај номиналне резне силе, као највећи од свих преосталих утицаја, износи 44,8 kN, што чини 19,2 % од утицаја сопствене тежине. Наведена чињеница, као и чињеница да само утицај сопствене тежине није у домену претпоставки, за разлику од свих осталих утицаја, налажу изузетну пажњу приликом идентификације удела сопствене тежине у оптерећењу ужета и затега.

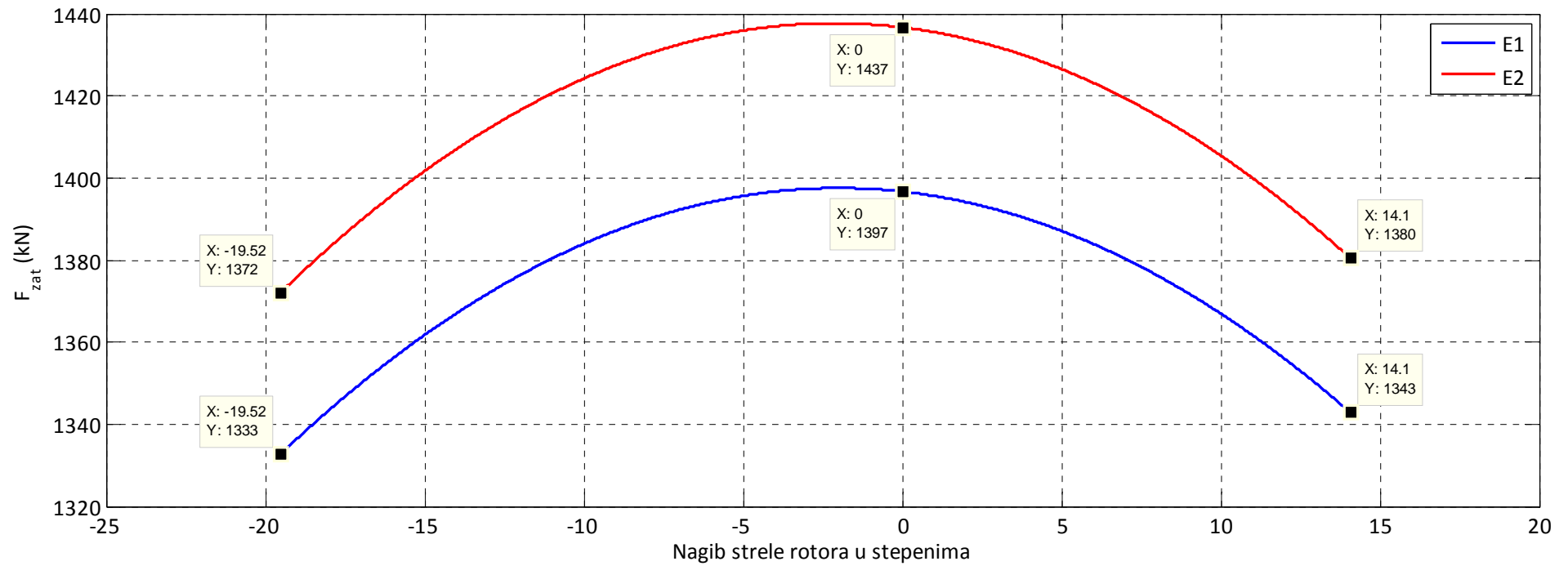
Разлике у масама стреле ротора и стуба 1, као и положају њихових тежишта, условљавају разлике у интензитетима сила у ужету и затегама стреле ротора изазваних сопственом тежином, слике 28-31.



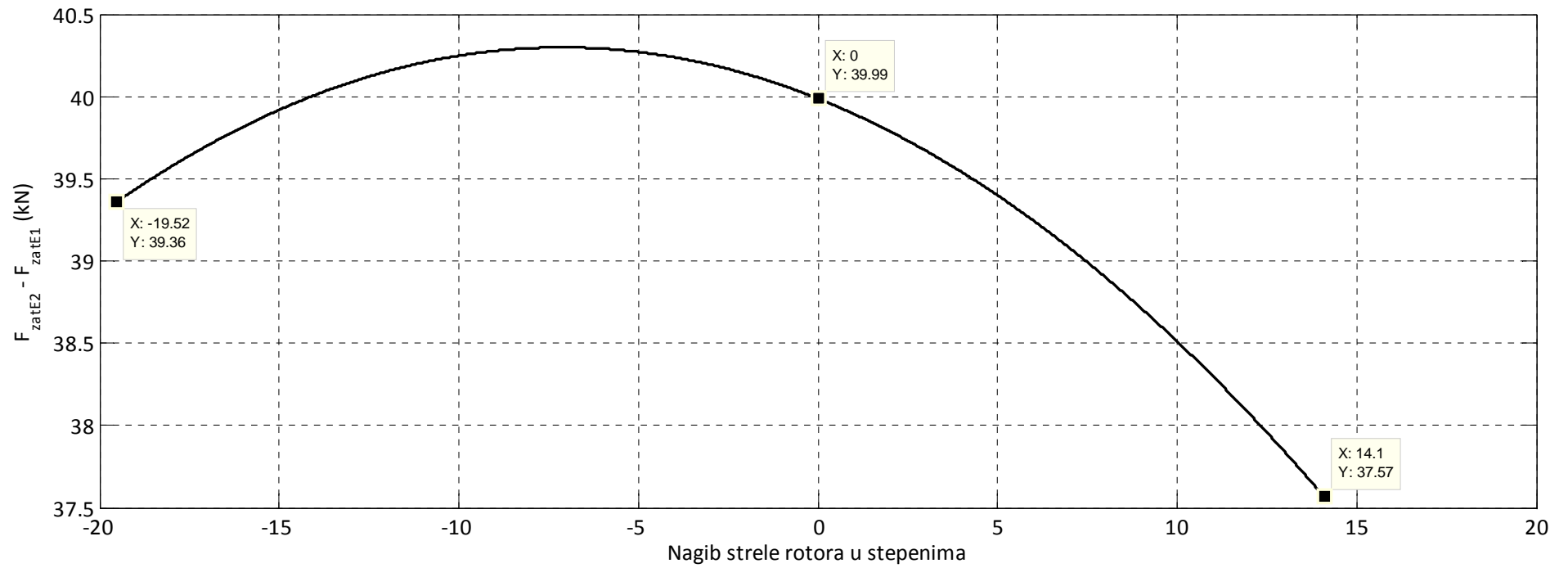
Слика 28: Пројектовани интензитети сила у ужадима



Слика 29: Разлика пројектованих интензитета сила у ужадима



Слика 30: Пројектовани интензитети сила у једној ламели затеге



Слика 31: Разлика пројектованих интензитета сила у једној ламели затеге

3.6 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ТРЕЋЕ ФАЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Упоредни приказ основних параметара горње градње одређених на основу Елабората 1 и Елабората 2 дат је у табели 10.

Табела 10

Параметар	Елаборат 1	Елаборат 2	Разлика „Е2-Е1“
Укупна маса горње градње (t)	1189,162	1198,370	9,208 t
Маса баласта (t)	197,0	221,0	24,00 t
Маса конструкције горње градње са опремом, без баласта (t)	992,162	977,370	-14,792 t
Маса стреле ротора са затегама и стубом 1 (t)	451,395	467,518	16,123 t
Маса стреле баласта са затегама и стубом 2 (t)	414,767	328,139	-86,628 t
Маса обртне платформе (t)	126,0	181,713	55,713 t
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта x_T (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1392	1370	-22 mm
Планум, $\alpha_{SR}=-14,6^\circ$	1259	1234	-25 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-14,3^\circ$	1253	1228	-25 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	1228	1204	-24 mm
Доњи, $\alpha_{SR}=-11,4^\circ$	1208	1183	-25 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1258	1238	-20 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=13,55^\circ$	1783	1779	-4 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1814	1812	-2 mm
Положај стреле ротора	Пројектована апсциса тежишта горње градње без баласта (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	-5142	-6036	-894 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-5303	-6198	-895 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	-4636	-5494	-858 mm
		највеће одступање: -902 mm	
Положај стреле ротора	Сила у ужету (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	242,1	7,8 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	233,2	7,3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	223,7	6,9 kN
Положај стреле ротора	Сила у једној ламели затеге (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1333	1372	39,0 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1397	1437	40,0 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1343	1380	37,0 kN
Максимална сила у ламели затеге	1398	1438	40,0 kN

На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Укупна маса горње градње према Елаборату 2 већа је за $\approx 9,2$ t, док је маса конструкције горње градње са опремом, без баласта, мања за $\approx 14,8$ t, уз изразито неповољну дистрибуцију разлике маса основних подструктура, са аспекта положаја тежишта и интензитета силе у ужадима котураче за подизање стреле ротора; наиме, маса стреле ротора са затегама и стубом 1 према Елаборату 2 већа је за $\approx 16,1$ t, док је маса обртне платформе већа за $\approx 55,7$ t; истовремено, маса стреле баласта са затегама и стубом 2 мања је за $\approx 86,6$ t.
2. Због знатно неповољнијег односа маса подструктура, апсциса тежишта горње градње без баласта према Елаборату 2 ближа је ротору за готово 1 m; максимална разлика апсциса одређених према Елаборату 2 и Елаборату 1 износи -902 mm, а минимална -858 mm.
3. Маса баласта потребна за центрисање горње градње, израчуната на основу Елабората 2, већа је за ≈ 24 t; максимална разлика износи 24,32 t, а минимална разлика од 23,3 t јавља се када је стрела ротора у горњем положају.
4. Према Елаборату 1, при хоризонталном положају стреле ротора потребно је 153,4 t баласта за центрисање тежишта горње градње, док је према Елаборату 2 потребно 177,5 t баласта, слика 25. Управо за величину разлике маса поменутих баласта ($24,1 \text{ t} \approx 24 \text{ t}$), слика 26, повећана је маса баласта у Елаборату 2.
5. Пројектовани положаји тежишта горње градње су усаглашени, слика 27; максимално одступање од 25 mm јавља се када је стрела ротора у плану.
6. Према Елаборату 1 (страна А2_31) за прорачун чврстоће горње градње меродавна је резерва баласта од 25 t у односу на пројектовану масу баласта од 197,0 t. То значи да је прорачун чврстоће изведен узимајући у обзир масу баласта од $197,0 \text{ t} + 25,0 \text{ t} = 222,0 \text{ t}$; с обзиром на чињеницу да пројектована маса баласта према Елаборату 2 износи 221,0 t, од резерве баласта према Елаборату 1 остаје 1,0 t.
7. Као последица лошије сопствене уравнотежености горње градње, сила у ужету котураче за подизање стреле ротора израчуната на основу Елабората 2 већа је за ≈ 7 kN (максимална разлика од 7,8 kN јавља се када је стрела ротора у поткопу, а минимална разлика од 6,9 kN јавља се у горњем положају стреле ротора); већи интензитет силе у ужету условљава и већи интензитет сила у затегама стреле ротора –

при хоризонталном положају стреле ротора сила у једној ламели затеге већа је за 40 kN, а у горњем положају стреле ротора за 37,0 kN.

На основу изложеног, закључује се да постоји знатна неусаглашеност подлога: Елабората 1 и Елабората 2. Она онемогућава добијање резултата коначноелементне анализе који би били валидни са аспекта калибрације система за праћење напонског стања структуре.

Да би се применом методе коначних елемената добили валидни резултати напонско – деформационе анализе, неопходно је отклонити неусаглашености подлога. Једини пут је упоредна анализа резултата добијених на основу 3Д модела, Елабората 1, Елабората 2 и мерења тежине горње градње и сила у ужадима котураче за подизање стреле ротора.

4.0

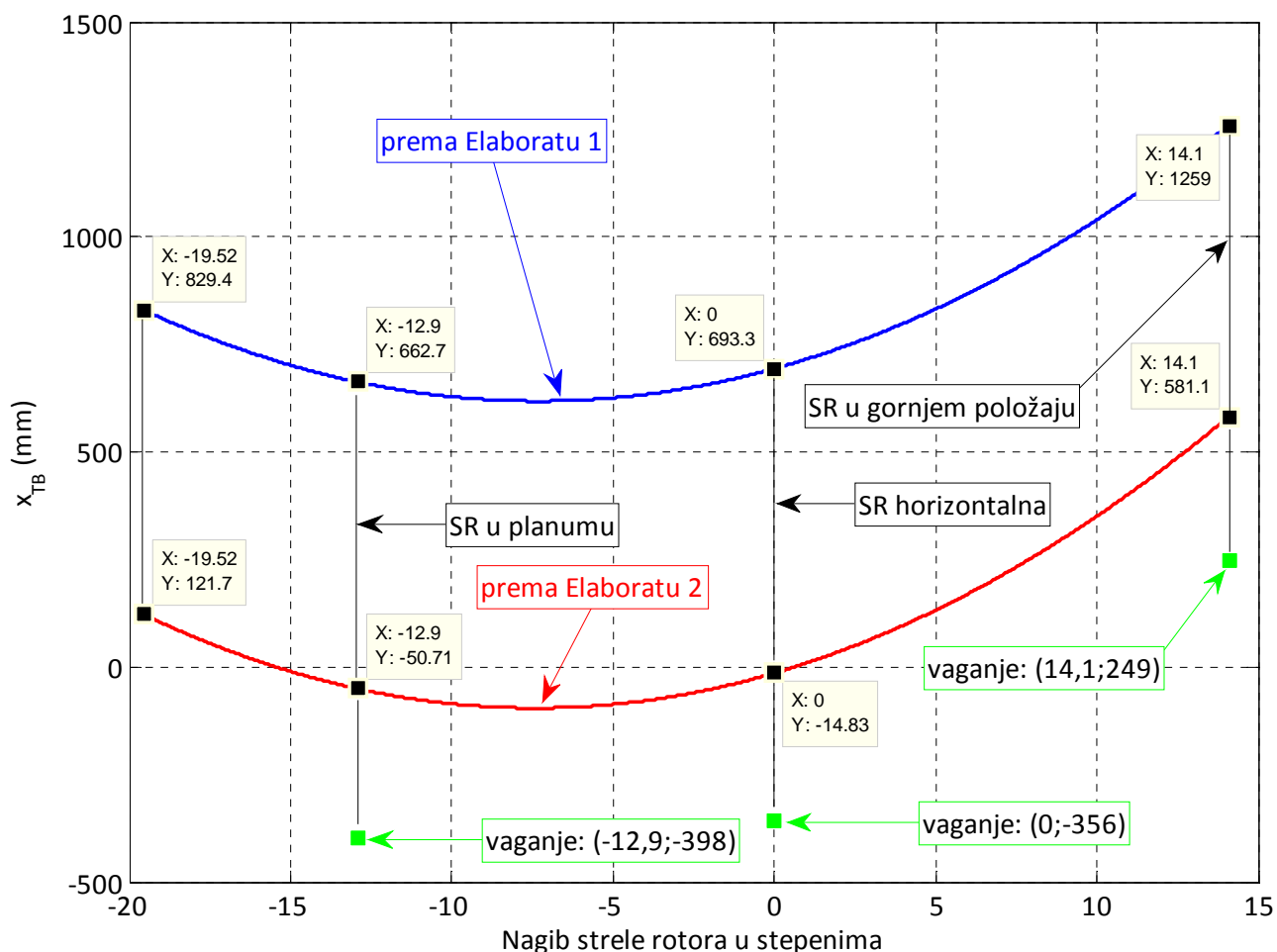
ЧЕТВРТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Упоредна анализа Елабората 1, Елабората 2 и резултата мерења**

Четврта фаза истраживања обављена је на основу следећих подлога:

- “Preliminary Stability Calculation – Revision 1” од 05.04. 2007. године (у даљем тексту: **Елаборат 1**, Прилог 1);
- “Final Stability Calculation – Revision 1” од 10.09. 2009. године (у даљем тексту: **Елаборат 2**, Прилог 2);
- „Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 01/10 од 20.01. 2010 (у даљем тексту: **Мерење 1**, Прилог 3);
- “Weighing” од 29.01. 2010. године (у даљем тексту: **Елаборат 3**, Прилог 4);
- „Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 02/10 од 01.02. 2010. (у даљем тексту: **Мерење 2**, Прилог 5);
- “Final Stability Calculation – Revision 1, Addendum: Modification of ballast” од 08.11. 2011. (у даљем тексту: **Елаборат 4**, Прилог 6);
- „Резултати мерења притисака на mini mess прикључцима на хидрауличним цилиндрима за праћење силе у ужадима роторног багера SchRs 1600/3x25“ од 30.01. 2010. (у даљем тексту: **Мерење 3**, Прилог 7);
- „Извод из извештаја о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“ (извештај „Колубара Метал“ број 1/14 од 27.01. 2014. године (у даљем тексту: **Мерење 4**, Прилог 8);
- Интерни извештај о мерењу притисака у хидроцилиндрима система за подизање стреле ротора (у даљем тексту: **Мерење 5**).

4.1 ПОЛОЖАЈ ТЕЖИШТА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ СА БАЛАСТОМ 177,017 t (ПРВО ВАГАЊЕ)

Према Елаборату 3 (Прилог 4, "Protokol for Counterweight", лист 7) маса баласта приликом првог вагања износила је $m_{BI}=177,017$ t. Дијаграми промене апсциса тежишта горње градње при тој маси баласта приказани су на слици 32. Осим тога, на истој слици приказани су и резултати добијени првим вагањем 20.01. 2010. (Мерење 1). Вредности апсциса тежишта за карактеристичне положаје стреле ротора презентирани су у табели 11.



Слика 32: Апсцисе тежишта горње градње са баластом 177,017 t

Табела 11

Положај стреле тотора	E1	E2	Вагање	Одступање [mm]	
	$x_{T,E1}$ [mm]	$x_{T,E2}$ [mm]	$x_{T,V}$ [mm]	$x_{T,V}-x_{T,E1}$	$x_{T,V}-x_{T,E2}$
планум, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	663	-51	-398	-1061	-347
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	693	-15	-356	-1049	-341
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1259	581	249	-1010	-332

4.2 КОРЕКЦИЈА МАСЕ ГОРЊЕ ГРАДЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ПРВОГ ВАГАЊА

На основу резултата првог вагања извршена је корекција модела горње градње према Елаборату 2 и додата маса

$$\Delta m_{GG}^{E2} = 17,788 \text{ t},$$

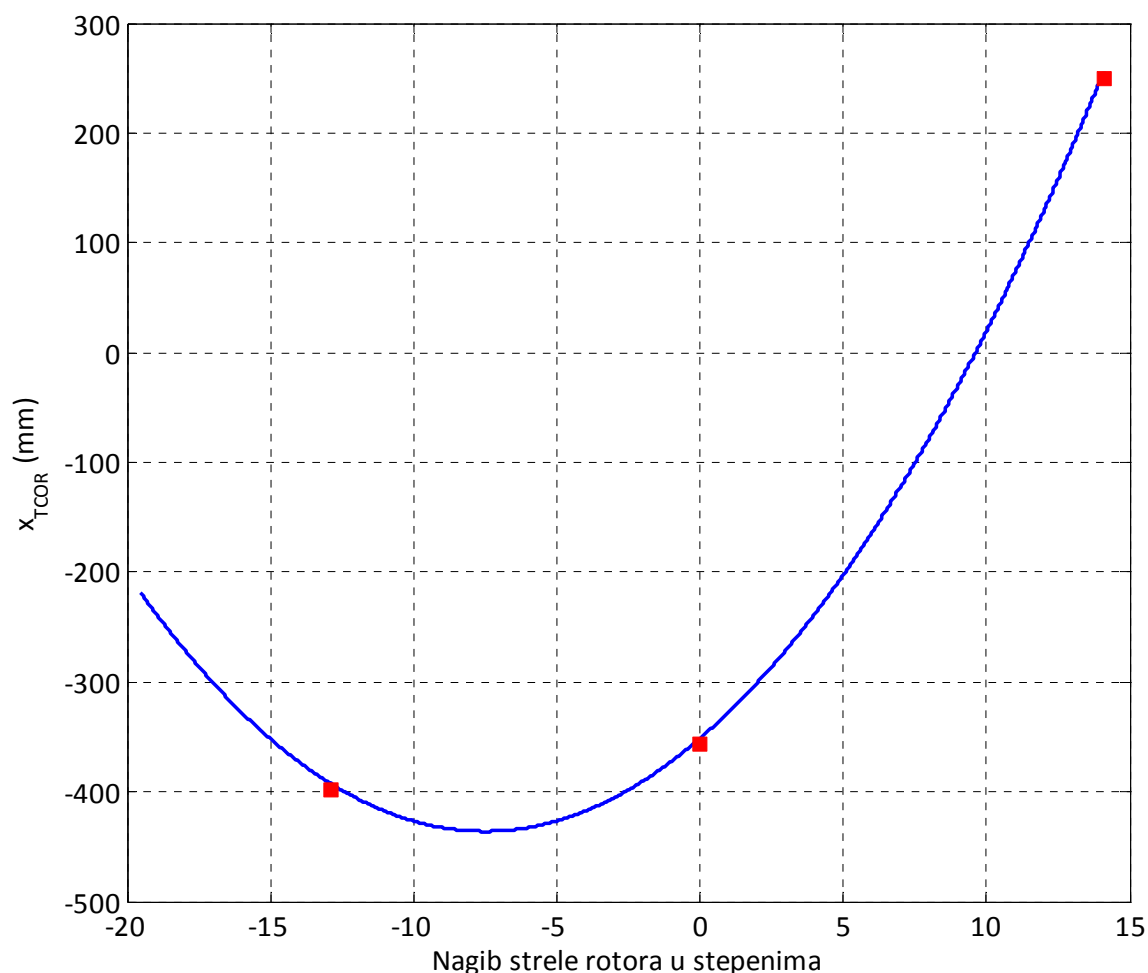
са средиштем у тачки чије су координате у односу на координатни систем $x_1y_1z_1$ везан за зглоб пете стреле ротора:

$$x_{1\Delta m} = -18347,8 \text{ mm},$$

$$y_{1\Delta m} = -162,1 \text{ mm},$$

$$z_{1\Delta m} = 3429 \text{ mm}.$$

Маса тако коригованог модела горње градње једнака је средњој маси горње градње утврђеној на основу резултата првог вагања. Дијаграм промене апсцисе тежишта коригованог модела горње градње и резултати вагања приказани су на слици 33. Упоредни приказ аналитички и експериментално одређених координата тежишта горње градње у карактеристичним положајима стреле ротора дат је у табели 12.



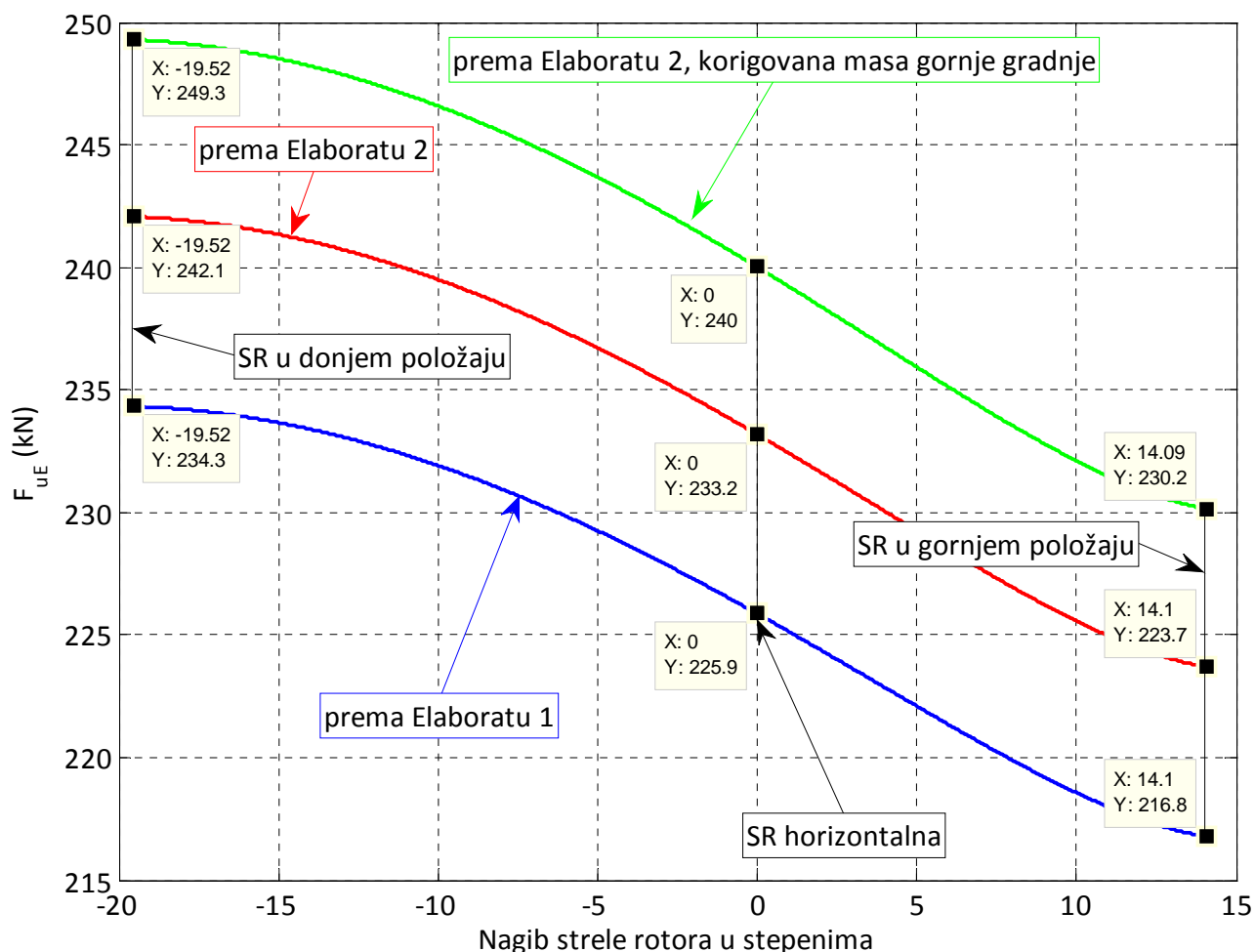
Слика 33: Апсцисе тежишта коригованог модела горње градње према E2 са баластом 177,017 t (црвеним маркерима означени су резултати мерења)

Табела 12

Положај стреле ротора	Апсциса тежишта (mm)						
	Е2, коригована маса			Вагање		Одступање	
	x_T	y_T	z_T	$x_{T,V}$	$y_{T,V}$	$ x_{T,V}-x_T $	$ y_{T,V}-y_T $
доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	-391,8	-123,4	6518,6	-398	-121	6,2	2,4
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	-351,9	-123,4	8736,0	-356	-125	4,1	1,6
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	256,1	-123,4	11081,5	249	-118	7,1	5,4

4.3 СИЛЕ У УЖЕТУ КОТУРАЧЕ ЗА ПРОМЕНУ УГЛА НАГИБА СТРЕЛЕ РОТОРА

Дијаграми промене сила у ужадима котураче за промену угла нагиба стреле ротора приказани су на слици 34. Њихови интензитети у карактеристичним положајима стреле ротора дати су у табели 14.



Слика 34: Сила у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора

Табела 13

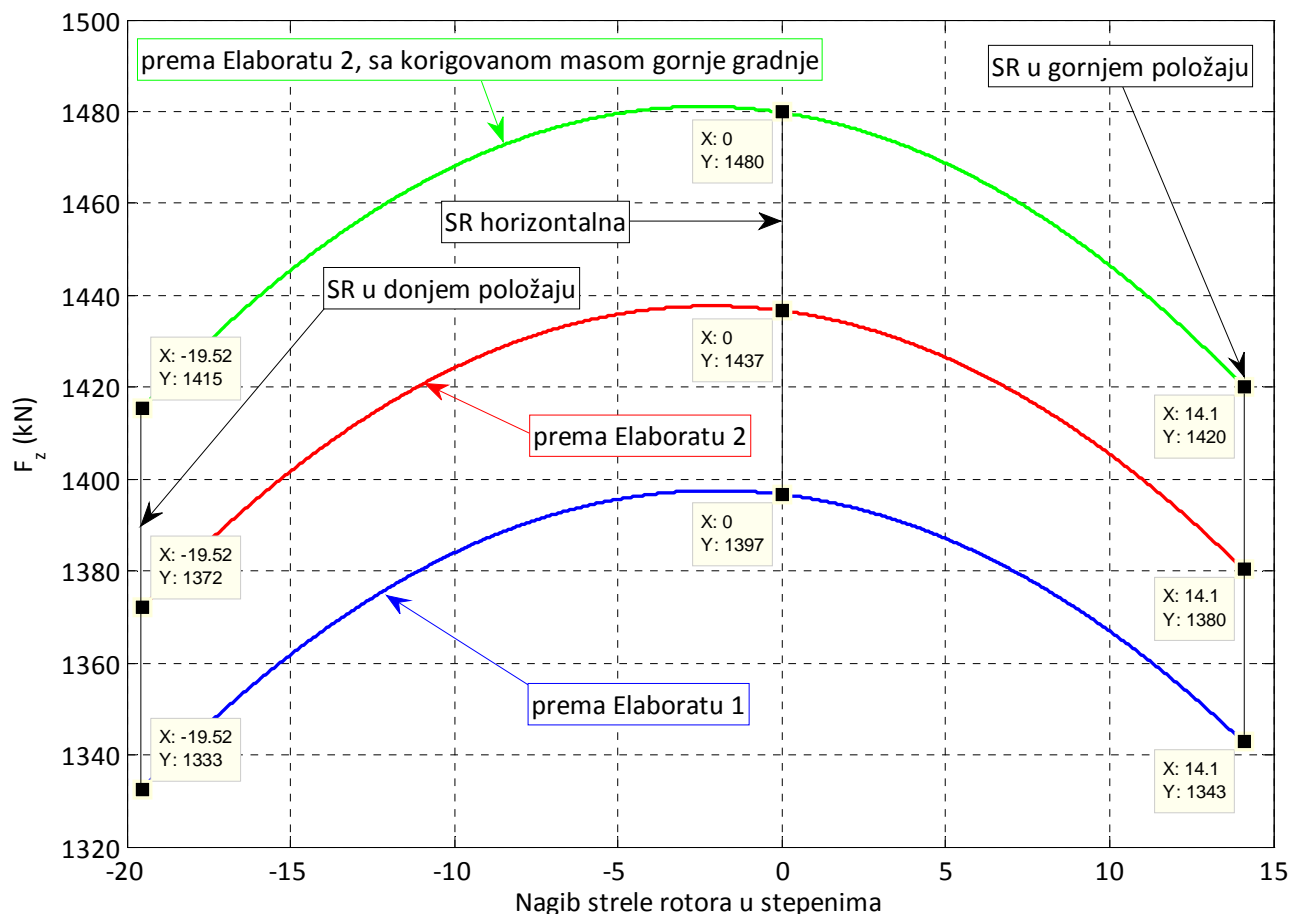
Положај стреле ротора	Сила (kN) у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора ¹⁾				
	E1	E2	E2,кор ²⁾	„E2,кор–E1“	„E2,кор–E2“
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	242,1	249,3	15,0	7,2
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	233,2	240,0	14,1	6,8
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	223,7	230,2	13,4	6,5

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

²⁾Елаборат 2 са корекцијом масе стреле ротора

4.4 СИЛЕ У ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ РОТОРА ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Дијаграми промене сила у затегама стреле ротора приказани су на слици 35. Њихови интензитети у карактеристичним положајима стреле ротора дати су у табели 14. У истој табели презентирани су и њихови максимални интензитети.



Слика 35: Силе у затегама стреле ротора (по једној ламели затеге)

Табела 14

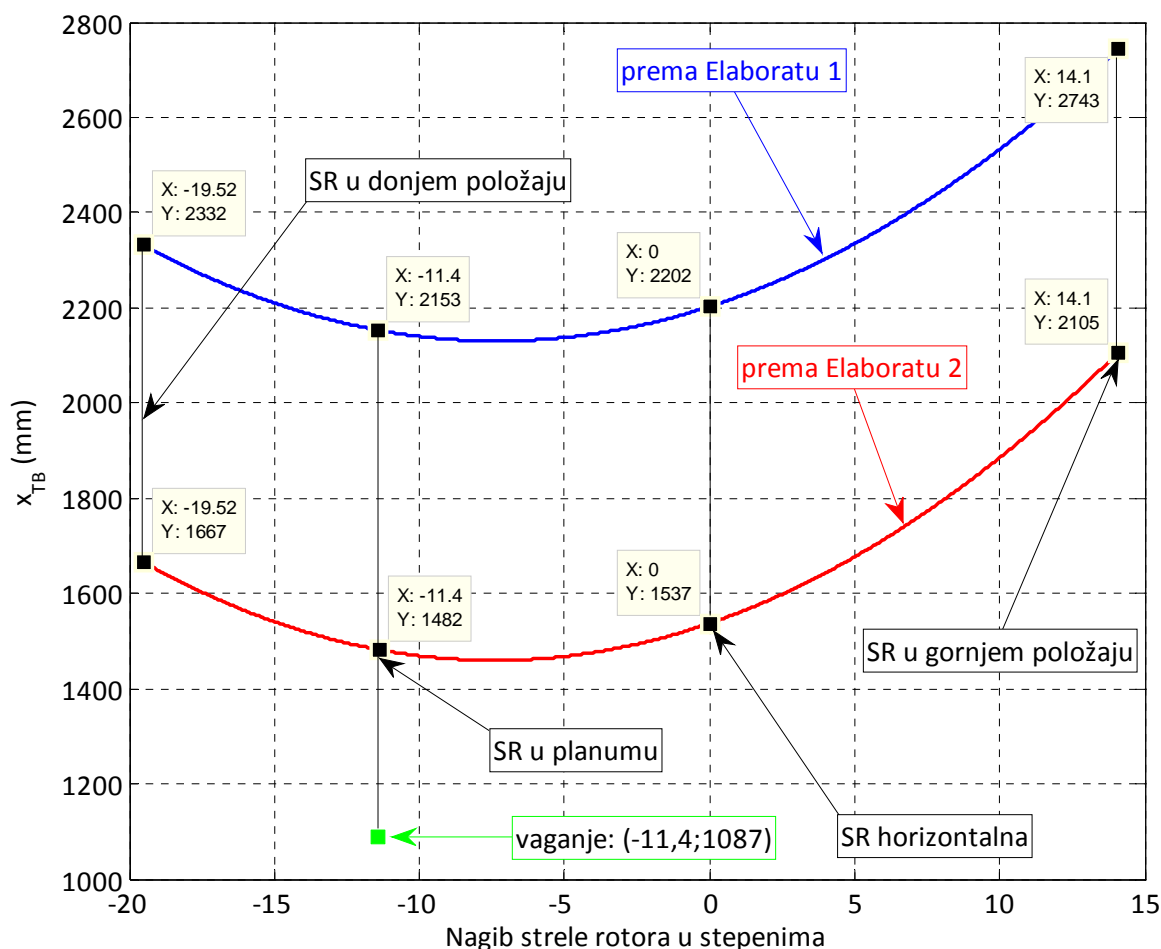
Положај стреле ротора	Сила (kN) у затези стреле ротора (по једној ламели затеге) ¹⁾				
	E1	E2	E2,кор ²⁾	„E2,кор–E1“	„E2,кор–E2“
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1333	1372	1415	82	43
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1397	1437	1480	83	43
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1343	1380	1420	77	40
максимум	1398	1438	1481	83	43

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

²⁾Елаборат 2 са корекцијом масе стреле ротора

4.5 ПОЛОЖАЈ ТЕЖИШТА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ СА БАЛАСТОМ 231,977 t (ДРУГО ВАГАЊЕ)

Према Мерњу 2 (Прилог 5, страна 2), пре вагања убачено је 54,96 t баласта. Дакле укупна маса баласта приликом другог вагања износила је $m_{B2}=m_{B1}+54,96=177,017+54,96=231,977$ t. Дијаграм промене апсцисе тежишта горње градње при тој маси баласта приказан је на слици 36. Осим тога, на истој слици приказан је и резултат добијен другим вагањем. Вредности апсциса тежишта за карактеристичне положаје стреле ротора презентирани су у табели 15.



Слика 36: Апсцисе тежишта горње градње са баластом 231,977 t

Табела 15

Положај стреле ротора	E1	E2	M2	Одступање [mm]		
	$x_{T,E1}$ (mm)	$x_{T,E2}$ (mm)	$x_{T,V}$ (mm)	$x_{T,E2}-x_{T,E1}$	$x_{T,V}-x_{T,E1}$	$x_{T,V}-x_{T,E2}$
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2332	1667	—	-665	—	—
планум, $\alpha_{SR}=-11,4^\circ$	2153	1482	1087	-671	-1066	-395
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2202	1537	—	-665	—	—
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2743	2105	—	-638	—	—

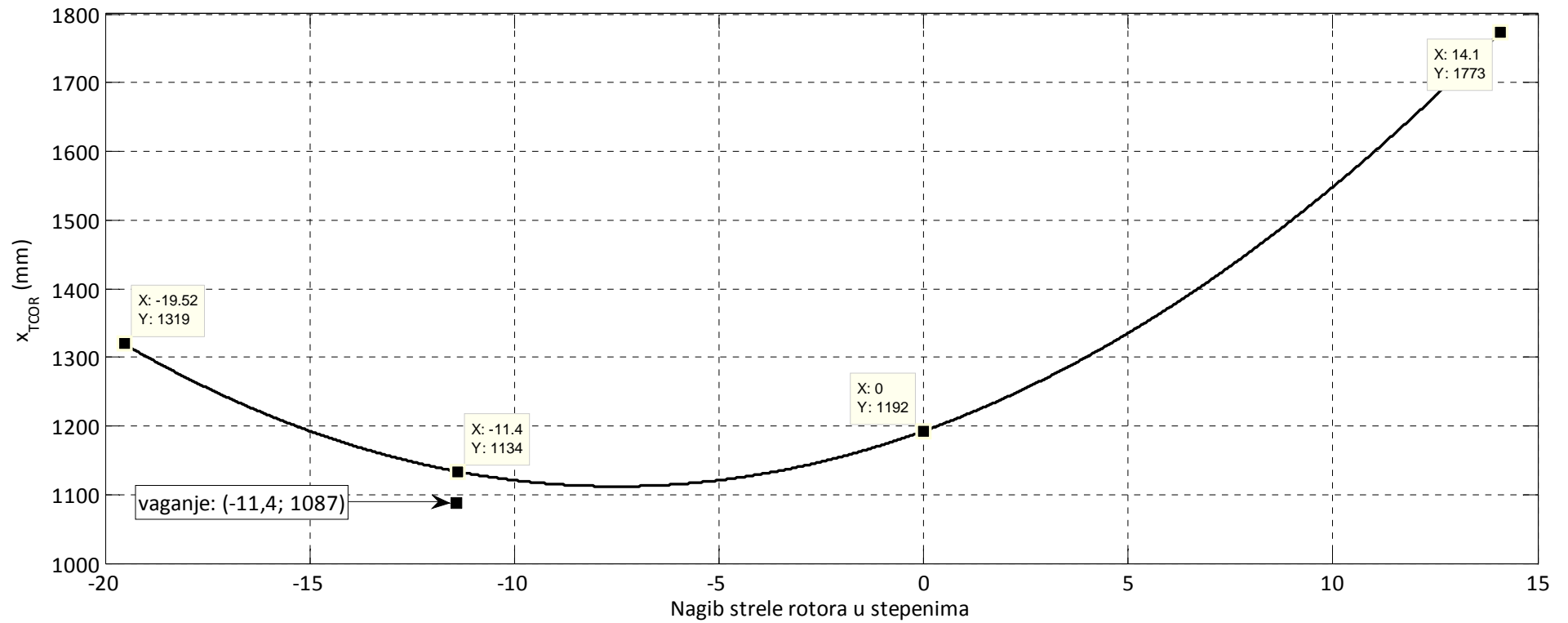
Дијаграм зависности апсцисе тежишта горње градње према Елаборату 2 са коригованом масом стреле ротора и 231,977 t баласта приказан је на слици 37. На истој слици приказан је и резултат добијен другим вагањем. Вредности апсциса тежишта за карактеристичне положаје стреле ротора презентирани су у табели 16.

Табела 16

Положај стреле тотора	Е2,кор	Мерење 2	Одступање (mm)
	$x_{T,E2cor}$ (mm)	$x_{T,V}$ (mm)	$x_{T,V} - x_{T,E2cor}$
доњи, $\alpha_{SR} = -19,52^\circ$	1319	—	—
планум, $\alpha_{SR} = -11,4^\circ$	1134	1087	-47
хоризонтални, $\alpha_{SR} = 0^\circ$	1192	—	—
горњи, $\alpha_{SR} = 14,1^\circ$	1773	—	—

4.6 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ЧЕТВРТЕ ФАЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Упоредни приказ основних параметара горње градње одређених на основу Елабората 1, Елабората 2, Елабората 3, Мерења 1 и Мерења 2 дат је у табели 17. На основу презентираних резултата закључује се да модел формиран према Елаборату 2, уз корекцију масе према резултатима Мерења 1, даје најбољу апроксимацију апсцисе тежишта горње градње. Истовремено, у односу на Елаборат 1 и Елаборат 2, максимални интензитет силе у ужету котураче система за подизање стреле ротора већи је за 15 kN и 7,2 kN, респективно. Када је реч о максималној сили у једној ламели затеге стреле ротора, посматране разлике износе 83 kN, односно 43 kN.



Слика 37: Апсисе тежишта горње градње према Елаборату 2 са коригованом масом стреле ротора и 231,977 t баласта

Табела 17

Положај стреле ротора	Е1 ¹⁾			Е2 ²⁾			М1 (баласт 177,017 t)			Е2+Δm _{SR} = 995,246–977,37=17,8 t			Е2			Е2+Δm _{SR}			М2 (баласт 231,977 t)			
	МКГГ ³⁾	МБ ⁴⁾	УМГГ ⁵⁾	МКГГ	МБ	УМГГ	МКГГ	МБ	УМГГ	МКГГ	МБ	УМГГ	МКГГ	МБ	УМГГ	МКГГ	МБ	УМГГ	МКГГ ⁶⁾	МБ	УМГГ ⁶⁾	
	992,162	177,017	1169,179	977,37	177,017	1154,387	995,246	177,017	1172,263	995,246	177,017	1172,263	977,37	231,977	1209,347	995,246	231,977	1227,223	1001,795	231,977	1233,772	
	Апсциса тежишта x _T (mm)																					
поткоп α _{SR} =−19,52°	829			122						−219			1667			1319						
планум α _{SR} =−14,6°	694			−19						−360			1533			1185						
доњи α _{SR} =−12,9°	663			−51			−398			−392												
доњи α _{SR} =−11,4°													1482			1134			1087			
хоризон. α _{SR} =0°	693			−15			−356			−352			1537			1192						
горњи α _{SR} =13,55°	1227			547						222			2073			1740						
горњи α _{SR} =14,1°	1259			581			249			256			2105			1773						
Положај СР	Сила у ужету (kN) ⁷⁾																					
поткоп α _{SR} =−19,52°	234,3			242,1						249,3												
хоризон. α _{SR} =0°	225,9			233,2						240,0												
горњи α _{SR} =14,1°	216,8			223,7						230,2												
Положај СР	Сила у једној ламели затеге стреле ротора (kN) ⁷⁾																					
поткоп α _{SR} =−19,52°	1333			1372						1415												
хоризон. α _{SR} =0°	1397			1437						1480												
горњи α _{SR} =14,1°	1343			1380						1420												
максимум	1398			1438						1481												

¹⁾ Пројектована маса баласта 197 t
²⁾ Пројектована маса баласта 221 t
³⁾ Маса Конструкције Горње Градње са опремом (t)
⁴⁾ Маса Баласта (t)
⁵⁾ Укупна Маса Горње Градње (t)
⁶⁾ Према Мерењу 2 (Прилог 5, страна 2), на горњој градњи се током испитивања налазило ≈ 1,24 t страних тела; осим тога, у извесној мери, горња градња је била оптерећена и снегом
⁷⁾ За g=10 m/s²

4.6.1 Упоредна анализа резултата Мерења 1, Мерења 2 и Мерења 4

Упоредни приказ резултата Мерења 1 (Прилог 3), Мерења 2 (Прилог 5) и Мерења 4 (Прилог 8) дат је у табели 18.

Табела 18

Параметар	M1	M2	M4 ⁴⁾	„M2-M1“	„M4-M1“	„M4-M2“
УМГГ ¹⁾ (t)	1172,263	1233,772	1321,025	61,509	148,787	87,278
МБ (t) ²⁾	177,017	231,977	237,983	54,960	60,966	6,006
МКГГ ³⁾ (t)	995,246	1001,795	1083,042	6,549	87,796	81,247

¹⁾ Укупна Маса Горње Градње

²⁾ Маса Баласта

³⁾ Маса Конструкције Горње Градње са опремом

⁴⁾ Према Мерењу 2, на горњој градњи се током испитивања налазило $\approx 1,24$ t страних тела; осим тога, у извесној мери, горња градња је била оптерећена и снегом

На основу резултата Мерења 1, утврђено је да у односу на Елаборат 2 постоји вишак масе (неидентификованог порекла) конструкције горње градње без баласта од

$$\Delta m_{GG}^{E2} = 17,788 \text{ t}$$

на страни стреле ротора (страна 44 овог извештаја). Осим тога, у Елаборату 4 (Прилог 6) наводи се да је на стрели ротора накнадно уграђено 6,569 t, а на стрели баласта 0,866 t, односно, укупно

$$\Delta m_{GG}^{E4} = 7,435 \text{ t.}$$

Дакле, на основу Мерења 1 и Елабората 4 закључује се да постоји „познати“ вишак масе конструкције горње градње без баласта од

$$\Delta m_{GG}^{E2+E4} = 17,788 + 7,435 = 25,235 \text{ t} \approx 25,3 \text{ t.}$$

Према Елаборату 2 укупна маса горње градње без баласта износи

$$m_{GG,B=0}^{E2} = 977,37 \text{ t,}$$

а на основу резултата Мерења 4 њена маса је

$$m_{GG,B=0}^{M4} = 1083,042 \text{ t.}$$

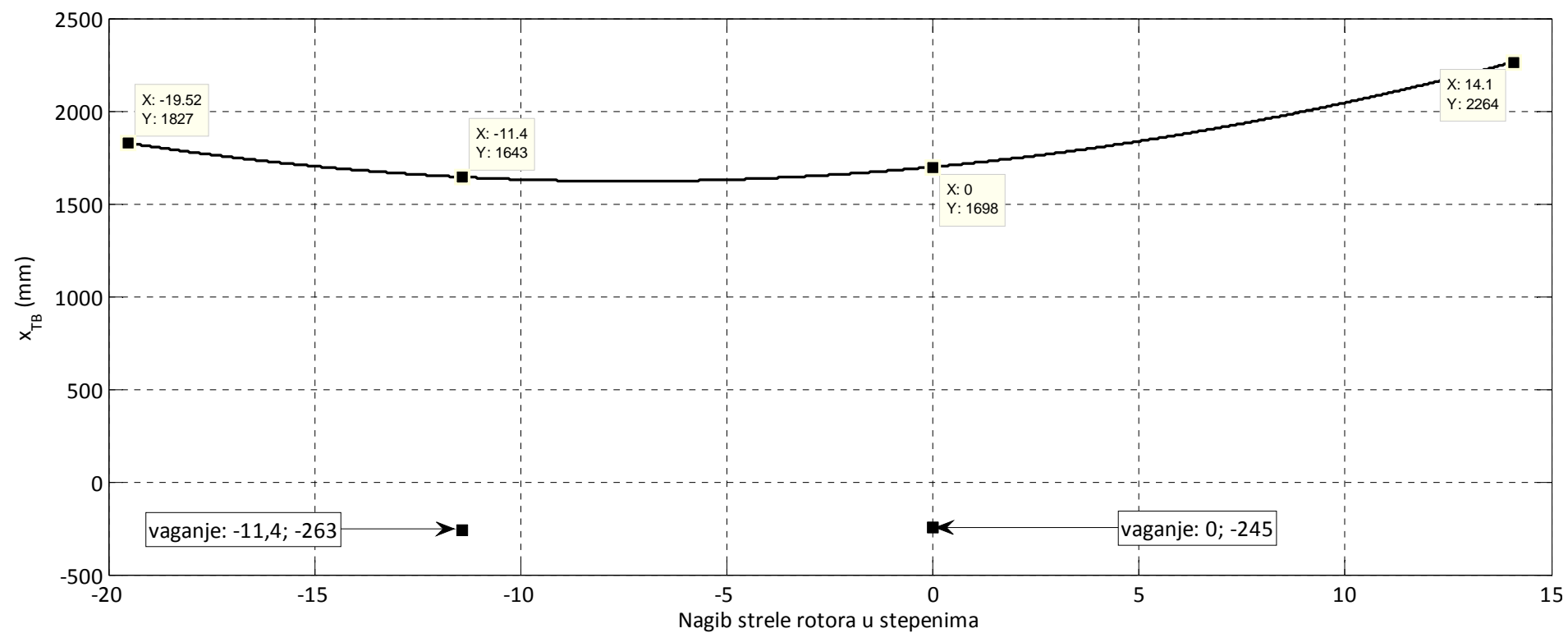
Разлика маса горње градње без баласта одређених на основу Мерења 4 и Елабората 2 износи

$$\Delta m_{GG}^{M4-E2} = m_{GG,B=0}^{M4} - m_{GG,B=0}^{E2} = 1083,042 - 977,37 = 105,672 \text{ t} \approx 105,7 \text{ t.}$$

Када се од ње одузме „познати“ вишак масе, закључује се да је према Мерењу 4 маса горње градње без баласта већа за

$$\Delta m_{GG} = m_{GG,B=0}^{M4-E2} - \Delta m_{GG}^{E2+E4} = 105,7 - 25,3 = 80,4 \text{ t}$$

непознато порекла, која је условила недопустиво одступање апсцисе тежишта у односу на пројектовано стање, слика 38, табела 19.



Слика 38: Апсцисе тежишта горње градње израчунате према Елаборату 2 са 237,983 t баласта (маса баласта при Мерењу 4) и израчунате на основу Мерења 4

Табела 19

Положај стреле ротора	E2 са 237,983 t баласта	M4	Одступање (mm)
	$x_{T,E2}$ (mm)	$x_{T,V}$ (mm)	$x_{T,V}-x_{T,E2}$
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1827	–	–
планум, $\alpha_{SR}=-11,4^\circ$	1643	–263	–1906
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1698	–245	–1943
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2264	–	–

4.6.2 Упоредна анализа резултата мерења притиска у хидроцилиндрима система за подизање стреле ротора (Елаборат 3, Мерење 3 и Мерење 5)

Упоредни приказ резултата мерења притисака у хидроцилиндрима система за подизање стреле ротора дат је у табели 20. Уочавају се знатна одступања притисака у карактеристичним положајима стреле ротора и, сагласно томе, знатна одступања интензитета сила у ужадима.

На основу презентираних података, закључује се да подаци о измереним вредностима притисака нису довољно поуздани за валидну коначноелементну идентификацију структуре надградње.

Табела 20

Положај СР	E3 ¹⁾		M3		M5 ²⁾			
	p_{sr} (bar)	F_u (kN)	p_{sr} (bar)	F_u (kN)	p_{sr} (bar)		F_u (kN)	
					KM ³⁾	П ⁴⁾	KM	П
доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	106,5	240,8	–	–	115,0	109,0	260,1	246,6
планум, $\alpha_{SR}=-11,4^\circ$	–	–	86,25	195,1	–	–	–	–
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	103,1	233,2	–	–	111,5	108,0	252,2	244,3
горњи, $\alpha_{SR}=10,7^\circ$	99,6	225,2	–	–	110,0	109,0	248,8	246,6

¹⁾У испитне листове нису уписане измерене вредности притисака већ прорачунске

²⁾Не постоји тачан податак у углу нагиба стреле ротора при мерењу у доњем и горњем положају

³⁾Контролни манометри

⁴⁾“Паркери“

ПЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**5.0****Упоредна анализа Елабората 1, Елабората 2,
3Д модела и резултата мерења**

Резултати Мерења 4 знатно одступају у односу на резултате Мерења 1 и Мерења 2, табела 18. Зато су као основа за наставак анализе усвојени резултати Мерења 1 и Мерења 2, као и 3Д модел развијен током прве етапе истраживања (слике 1-5).

Корекција масе 3Д модела извршена је на основу резултата Мерења 1, табела 21.

Табела 21

Положај CP ¹⁾	Укупна тежина G (kN)			Апсциса тежишта x_T (m)			$G x_T$ (kNm)		
	3Д	М1	‘М1-3Д’	3Д	М1	‘М1-3Д’	3Д	М1	‘М1-3Д’
1	11333,3	11501,1	167,8	-0,066	-0,356	-0,290	-751,8	-4094,4	-3342,6
2	11333,3	11499,2	165,9	-0,075	-0,398	-0,323	-851,3	-4576,7	-3725,4
3	11333,3	11499,4	166,1	0,509	0,249	-0,260	5770,2	2863,4	-2906,8

¹⁾ Положај 1: CP хоризонтална

Положај 2: CP у доњем положају под углом $\alpha_{SR} = -12,9^\circ$

Положај 3: CP у горњем положају под углом $\alpha_{SR} = 14,1^\circ$

На основу упоредне анализе резултата, табела 21, закључује се да је 3Д модел лакши за

$$\Delta G_{GG}^{3D} = \frac{1}{3} \sum_{p=1}^3 (G_p^{M1} - G_p^{3D}) = \frac{1}{3} (167,8 + 165,9 + 166,1) = 166,6 \text{ kN},$$

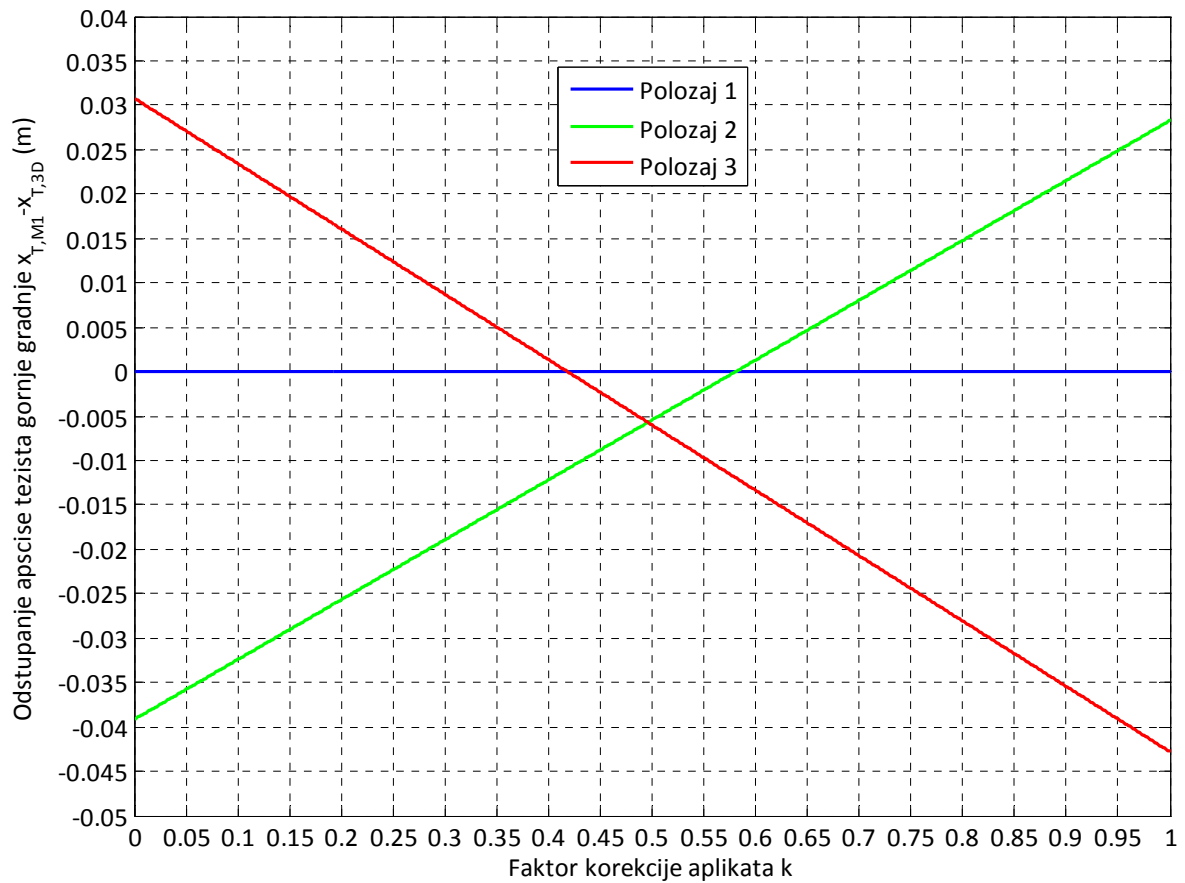
односно, да масу 3Д модела теба увећати за

$$\Delta m_{GG}^{3D} = \frac{\Delta G_{GG}^{3D}}{g} = \frac{166,6}{9,81} = 16,98 \text{ t}.$$

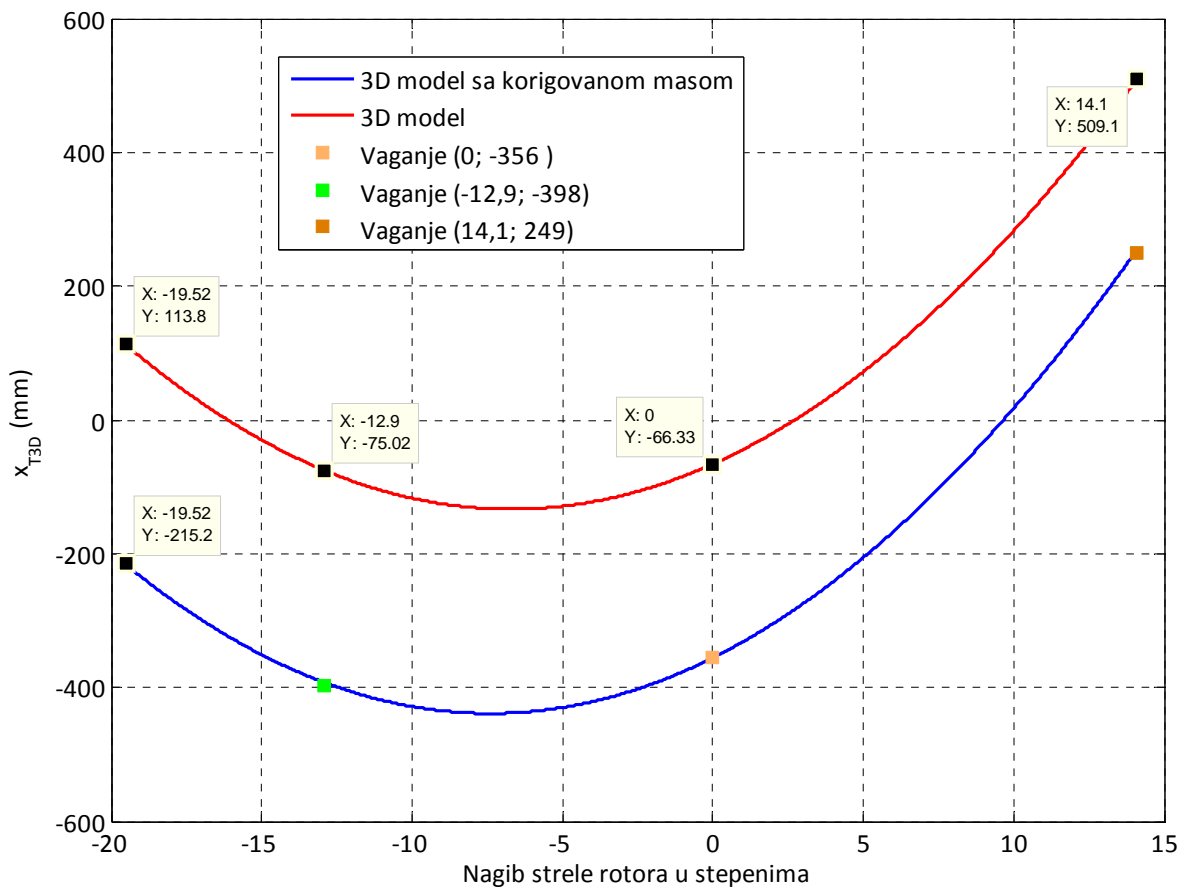
Апсциса средишта корективне масе горње градње 3Д модела у односу на координатни систем $x_1 y_1 z_1$ везан за зглоб пете стреле ротора одређује се на основу израза:

$$\begin{aligned} x_{1Am}^{3D} &= \frac{G_1^{M1} x_{T1}^{M1} - G_1^{3D} x_{T1}^{3D}}{\Delta G_{GG}^{3D}} + 3,878 = \\ &= \frac{11501,1 \times (-0,356) - 11333,3 \times (-0,066)}{166,6} + 3,878 = -16,189 \text{ m}. \end{aligned}$$

Да би се формирао модел који истовремено даје добре апроксимације апсцисе тежишта горње градње у мерном доњем (2) и горњем положају (3), неопходно је збир апликаата средишта корективне масе одређених на основу резултата Мерења 1 кориговати фактором $k=0,4967$, слика 39. При тој вредности фактора k , апсолутне вредности одступања апсцисе тежишта мање су од 6 mm, слика 40, табела 22.



Слика 39: Зависност одступања апсцисе тежишта од фактора корекције апликаата



Слика 40: Апсцисе тежишта – 3Д модел, 3Д модел са коригованом масом, Мерење 1

Табела 22

Положај стреле ротора ¹⁾	Апсиса тежишта (mm)					
	ЗД, коригована маса		Вагање		Одступање	
	x_{T3D}	y_{T3D}	$x_{T,V}$	$y_{T,V}$	$x_{T,V}-x_{T3D}$	$y_{T,V}-y_{T3D}$
1	-356,0	-121,4	-356	-125	0	-3,6
2	-392,3	-121,4	-398	-121	-5,7	0,4
3	254,7	-121,4	249	-118	-5,7	3,4

¹⁾ Положај 1: СР хоризонтална

Положај 2: СР у доњем положају под углом $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$

Положај 3: СР у горњем положају под углом $\alpha_{SR}=14,1^\circ$

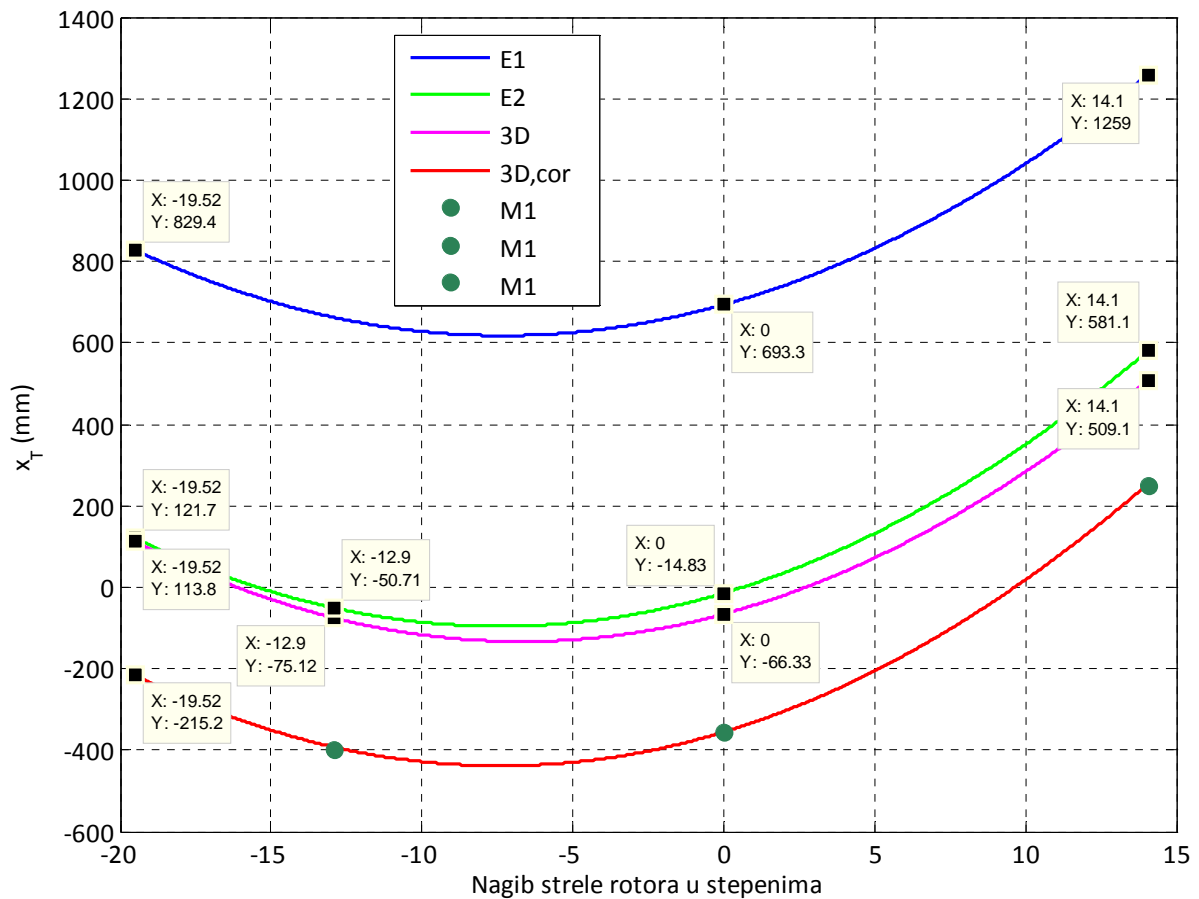
5.1 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА I, II, III, IV И V ФАЗЕ

Упоредни прикази основних карактеристика горње градње са 177,017 t баласта (маса баласта при Мерењу 1) дати су на сликама 41-44 и у табели 23. На основу презентираних резултата, закључује се да ЗД модел са коригованом масом даје боље приближење резултатима Мерења 1. Управо зато он се усваја као основа за наставак анализе и идентификацију напонско – деформационог стања структуре горње градње.

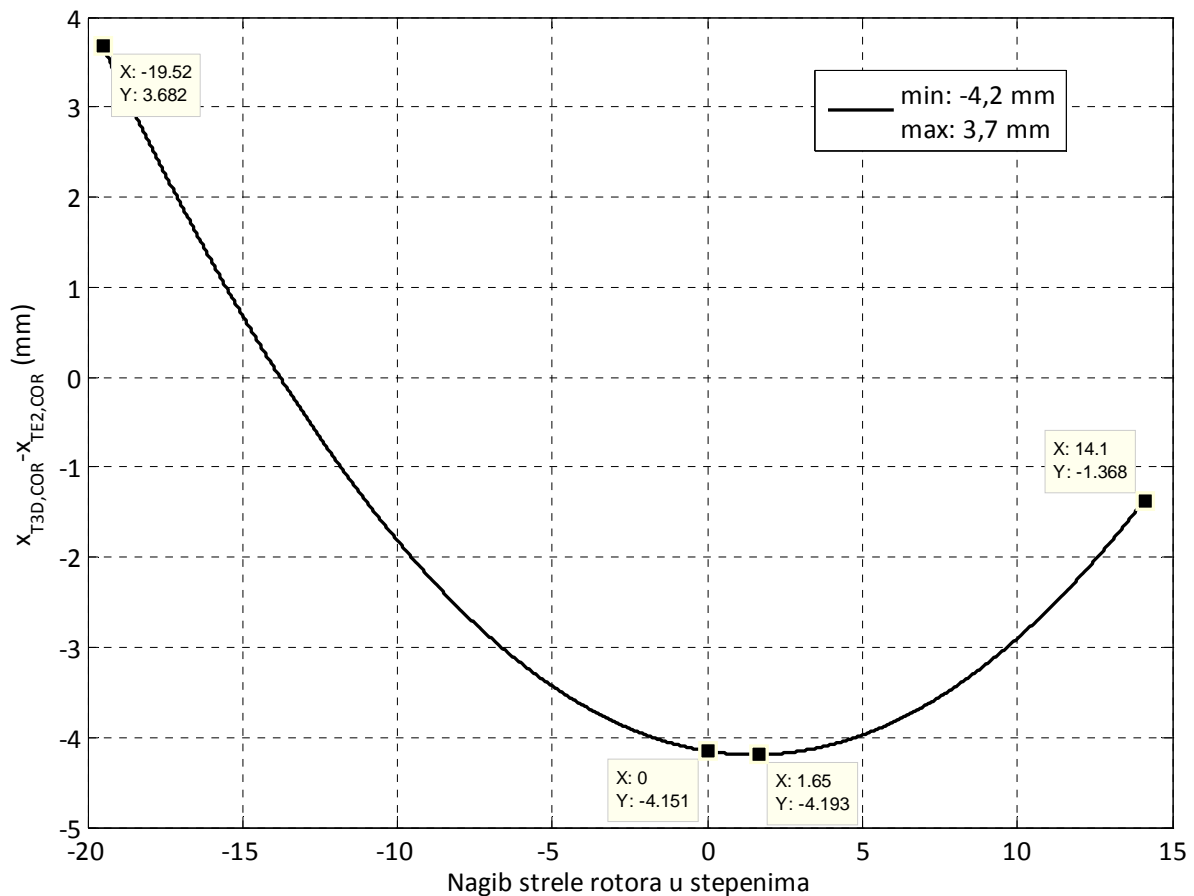
Табела 23

Параметар	E1	E2	E2,кор	ЗД	ЗД,кор	M1
Укупна маса горње градње (t)	1169,179	1154,387	1172,263	1155,283	1172,263	1172,263
Маса баласта (t)	177,017	177,017	177,017	177,017	177,017	177,017
Маса горње градње без баласта (t)	992,162	977,370	995,246	978,266	995,246	995,246
Положај стреле ротора	Апсиса тежишта x_T (mm)					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	829	122	-219	114	-215	-
Доњи, $\alpha_{SR}=-12,9^\circ$	663	-51	-392	-75	-392	-398
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	693	-15	-352	-66	-356	-356
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1259	581	256	509	255	249
Положај стреле ротора	Сила у ужету (kN) ¹⁾					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	234,3	242,1	249,3	245,2	252,2	-
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	225,9	233,2	240,0	237,2	242,9	-
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	216,8	223,7	230,2	228,3	233,1	-
Положај стреле ротора	Сила у једној ламели затеге (kN) ¹⁾					
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1333	1372	1415	1393	1435	-
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1397	1437	1480	1462	1499	-
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1343	1380	1420	1407	1437	-

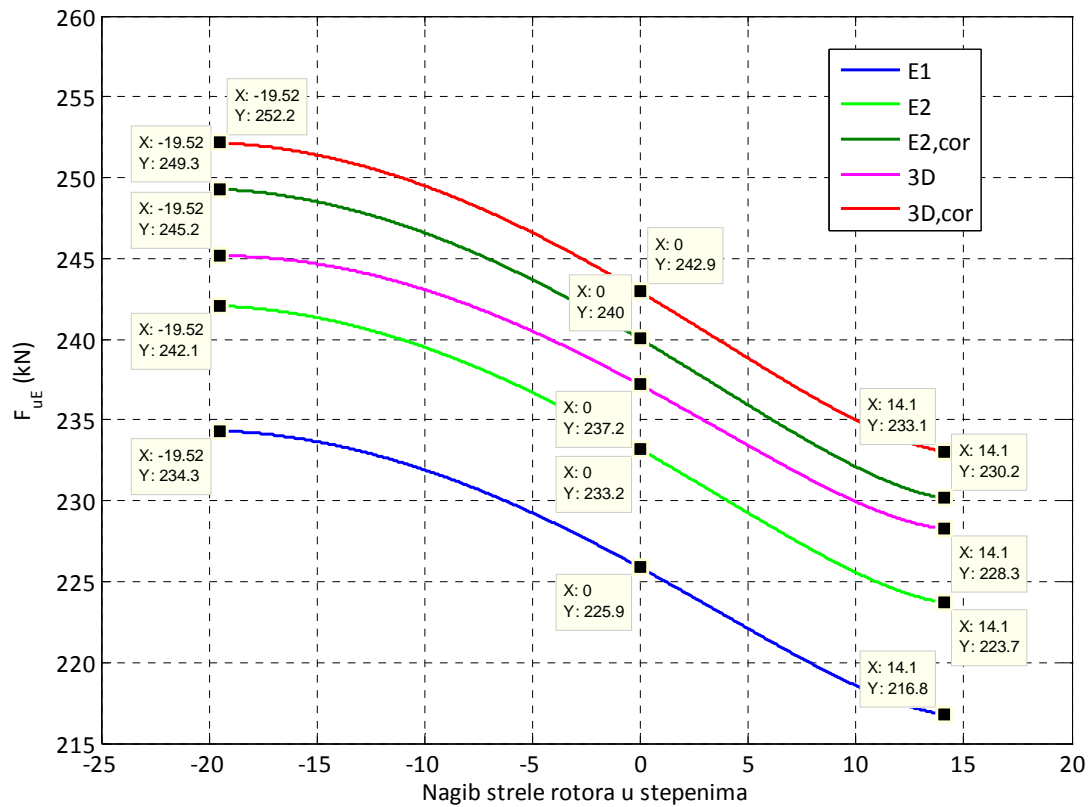
¹⁾ За $g=10 \text{ m/s}^2$



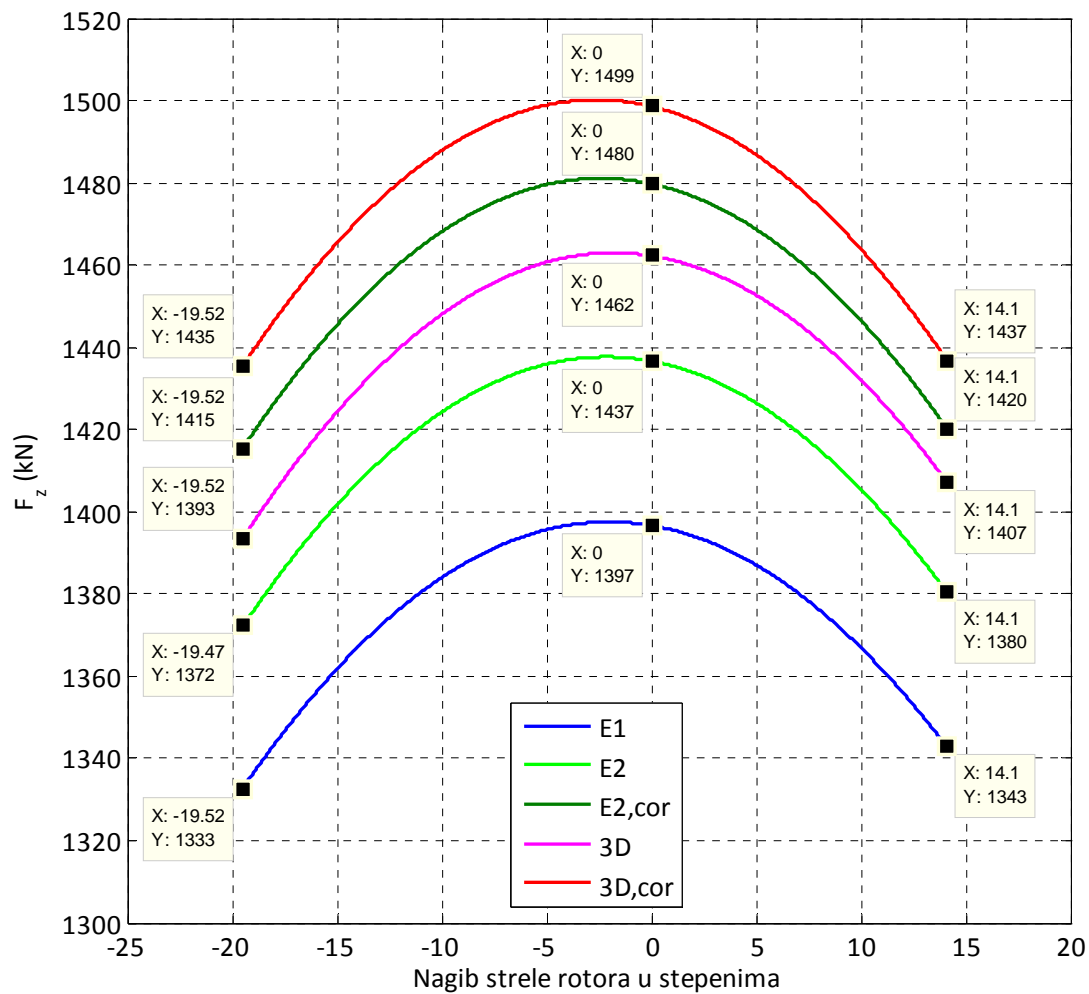
Слика 41: Апсисе тежишта



Слика 42: Разлика апсиса тежишта коригованог 3Д модела и коригованог Елабората 2



Слика 43: Сила у ужету котураче за промену угла нагиба стреле ротора (од сопствене тежине)



Слика 44: Сила у једној ламели затеге стреле ротора (од сопствене тежине)

6.0

ШЕСТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Валидација софтвера - случај оптерећења H1b (Елаборат 2)**

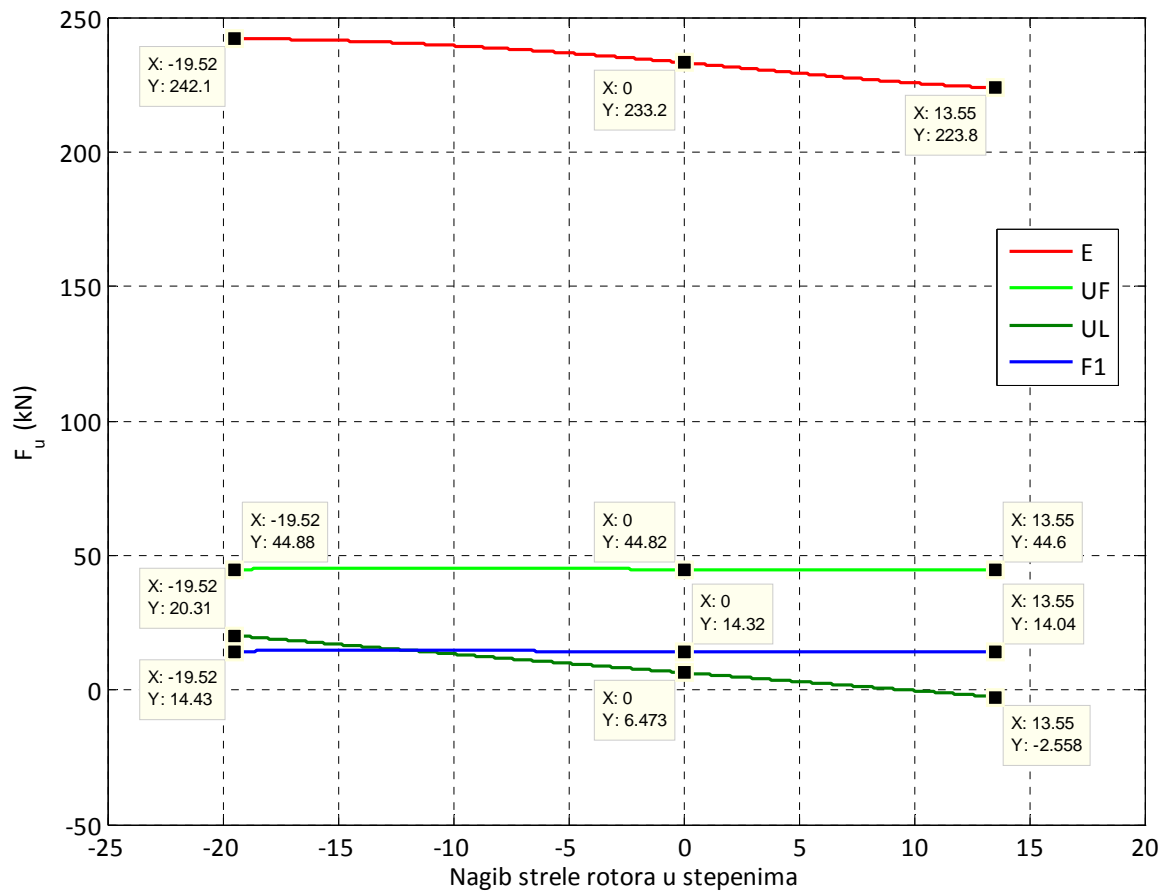
Шеста фаза истраживања посвећена је анализи оптерећења роторног багера у нормалном раду – случај оптерећења H1b према DIN 22261-2. Да би се извршила идентификација оптерећења у целокупном дијапазону промене угла нагиба стреле ротора, развијен је софтвер чија је валидација извршена на основу резултата добијених за улазне податке преузете из Елабората 2, табела 24. Применом поменутог софтвера одређени су карактери промене референтних оптерећења система за вешање стреле ротора (затеге стреле ротора, ужад котураче за промену угла нагиба стреле ротора и затеге стреле баласта) слике 45-54.

Табела 24

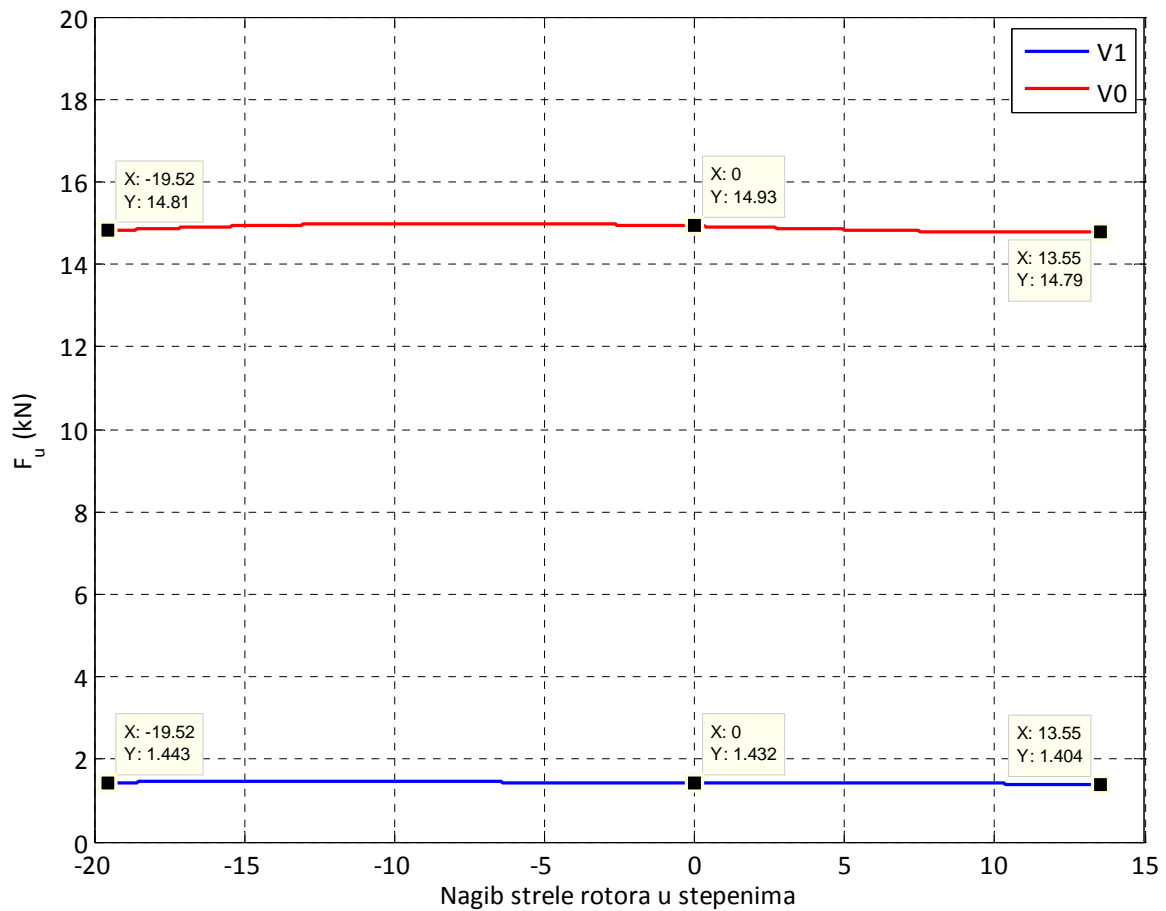
Оптерећење	Ознака	Интензитет (kN)
Сопствена тежина	E	11983,7 ¹⁾
Транспортовани материјал	$F1$	376,1
Кора	V	
трака 1	$V1$	37,6
ротор	$V0$	196,6
Нагиб (5,0 %)	N	
сопствена тежина	N_E	599,2
транспортовани материјал	N_{F1}	18,8
кора на траци 1	N_{V1}	1,9
кора на ротору	N_{V0}	9,8
Номинална резна сила	U	
напред	U_F	505,1
доле	U_L	505,1
Динамички утицаји ²⁾	D	0

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

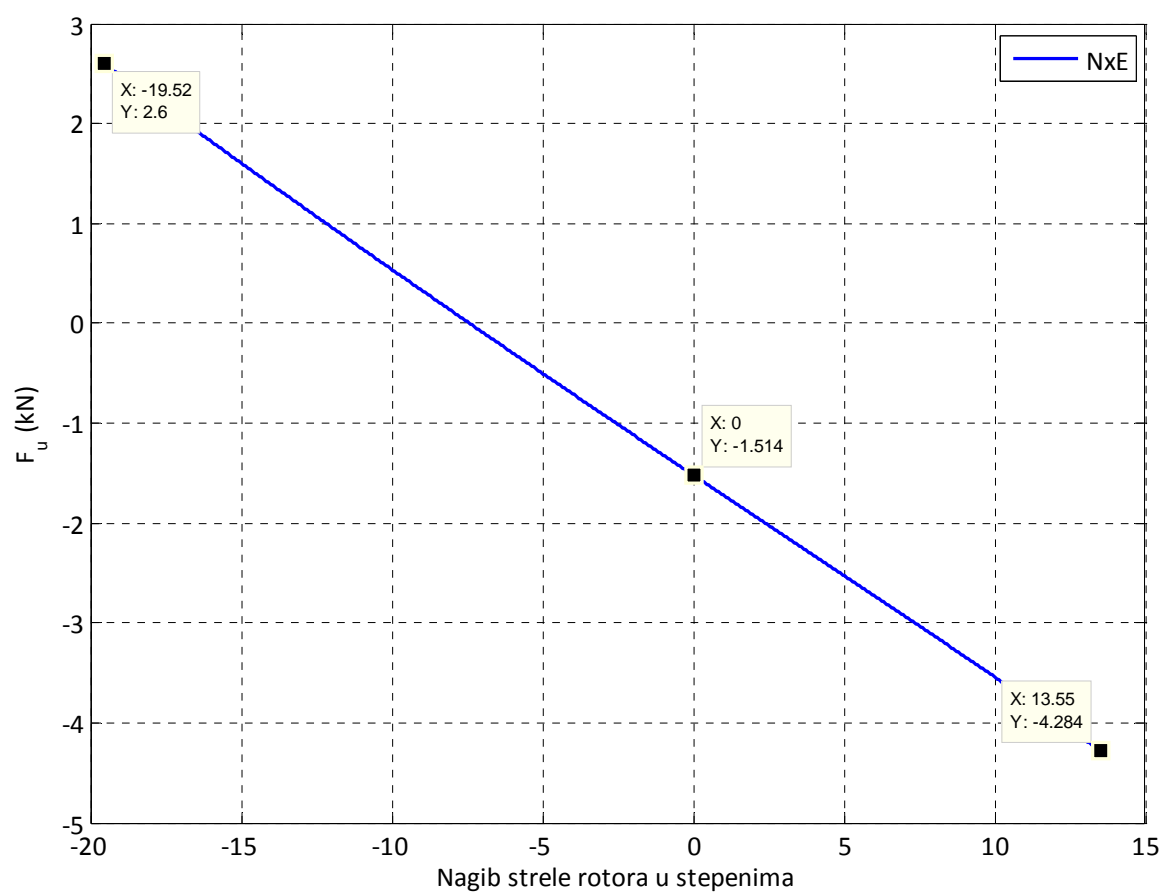
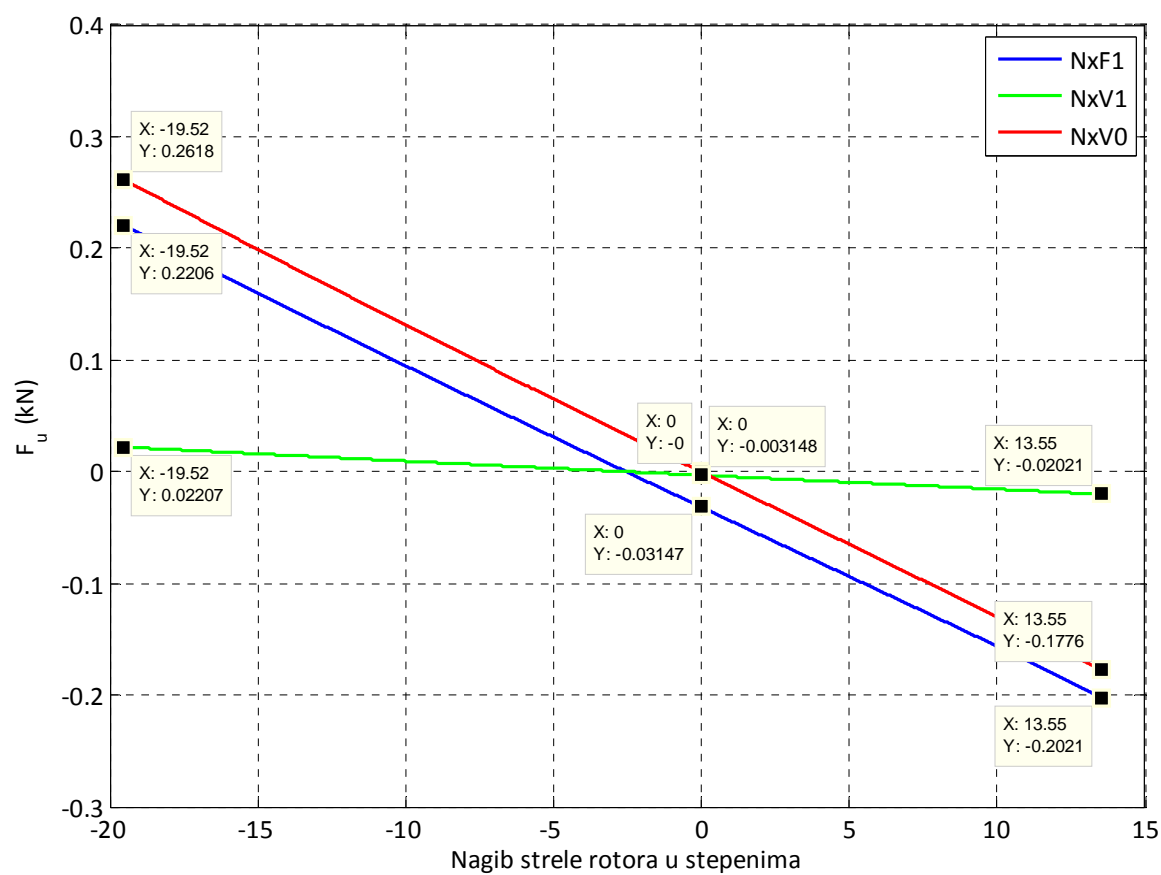
²⁾Динамички утицаји у Елаборату 2 нису узети у обзир, зато што се прорачун односи на статичку стабилност – стабилност против претурања

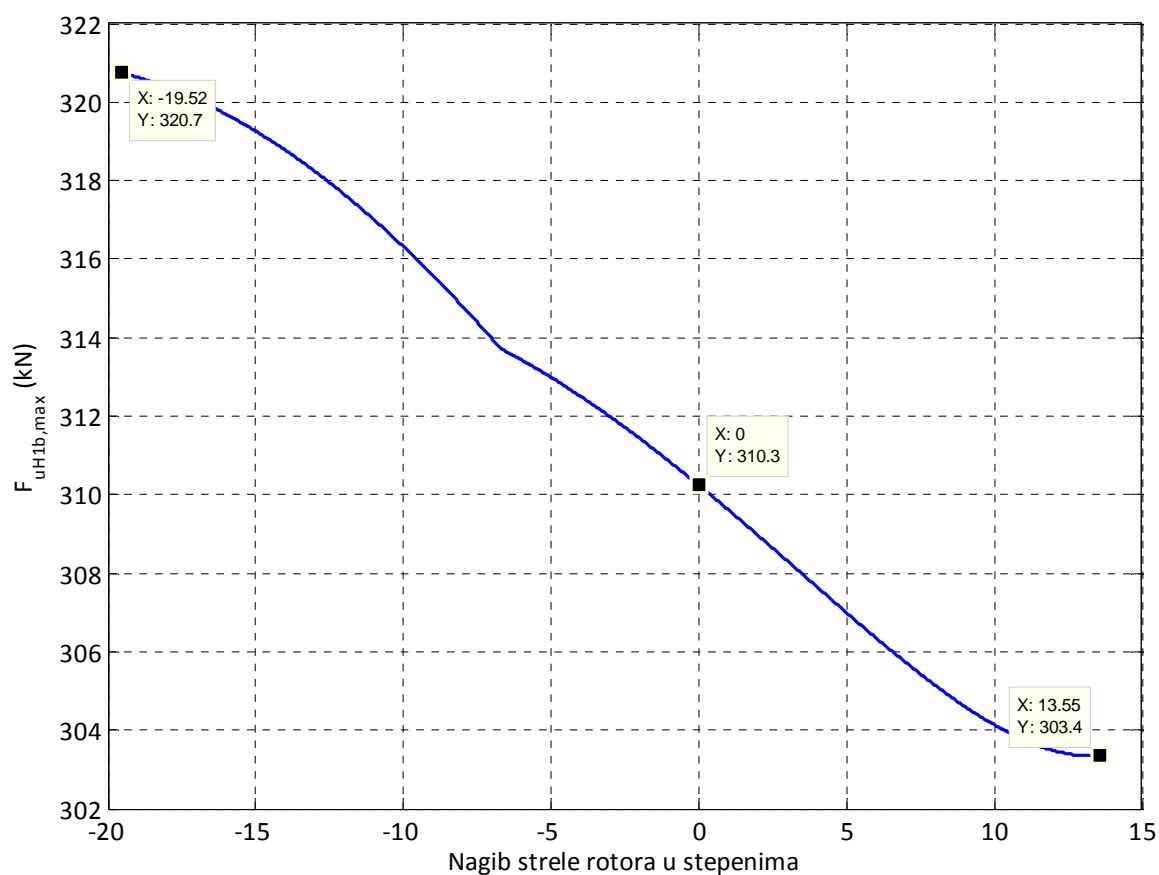
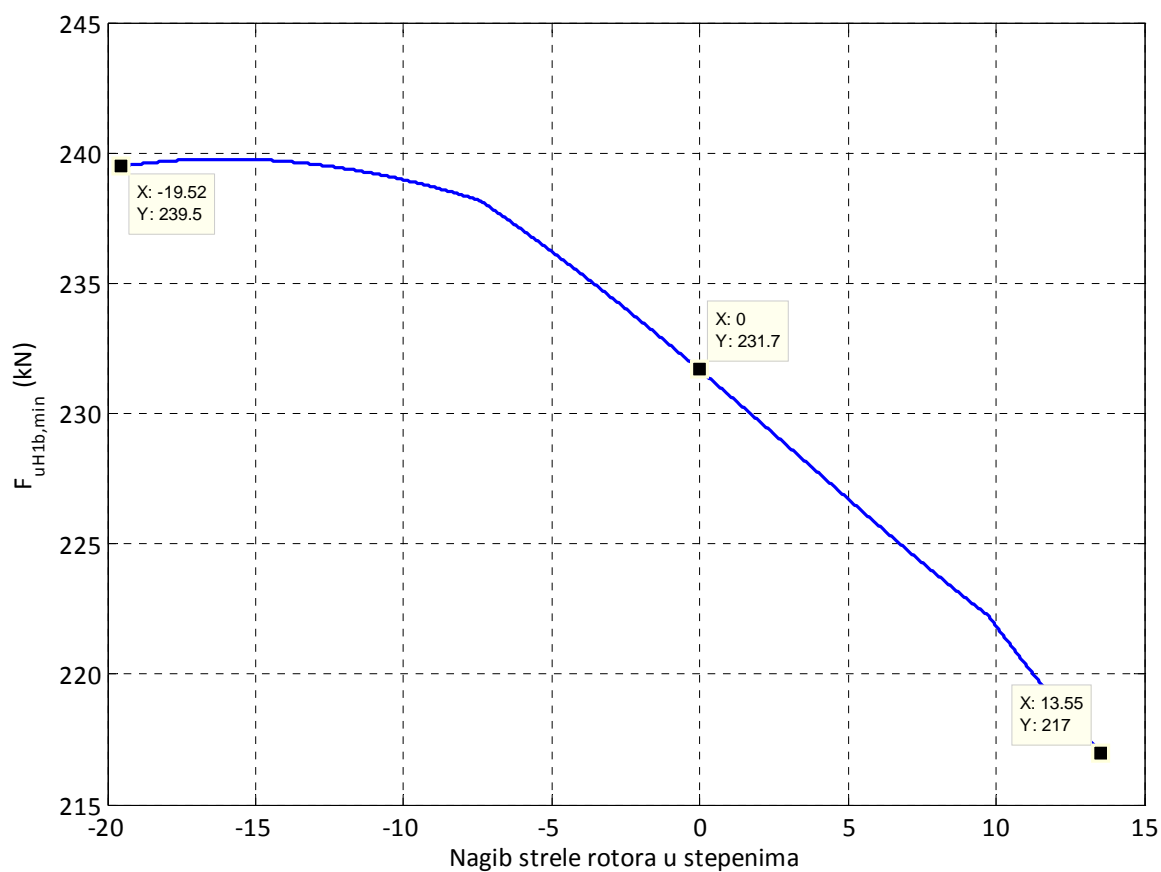


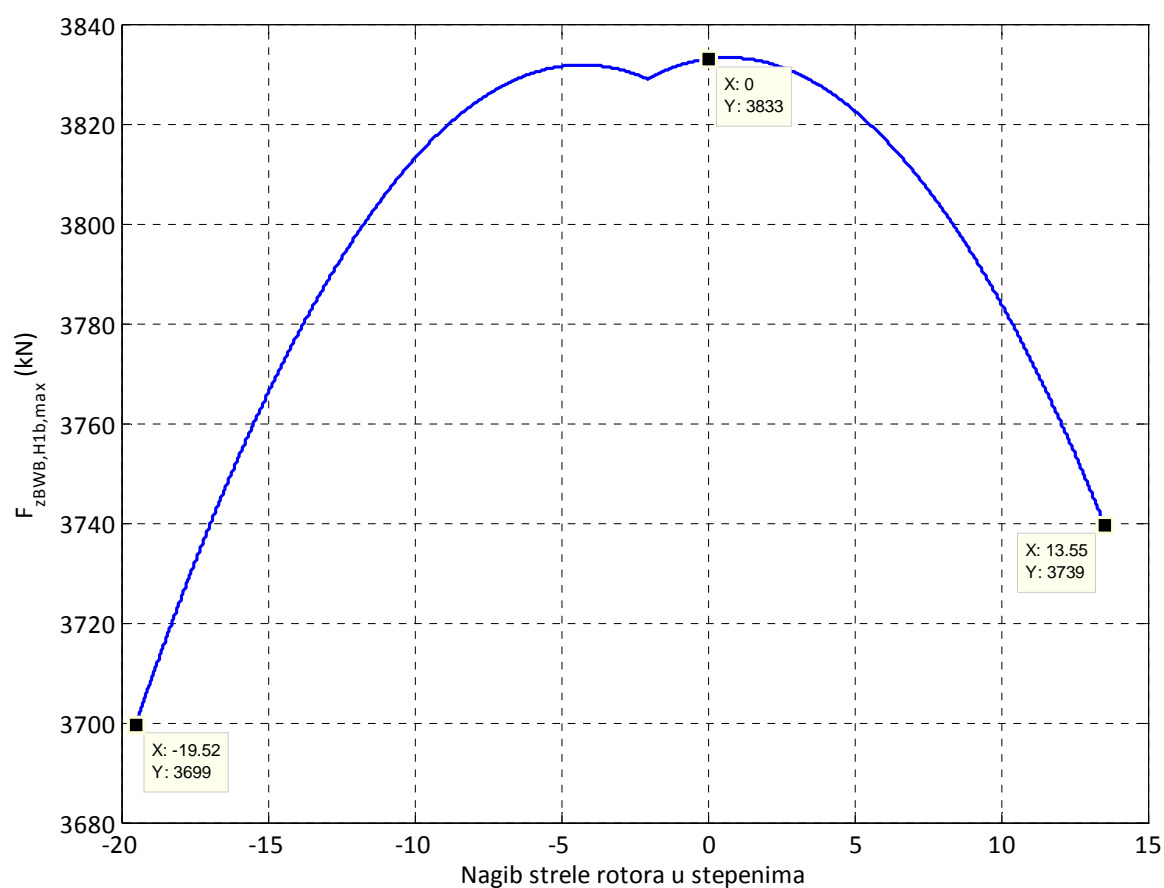
Слика 45: Сила у ужету од E, UF, UL и F1



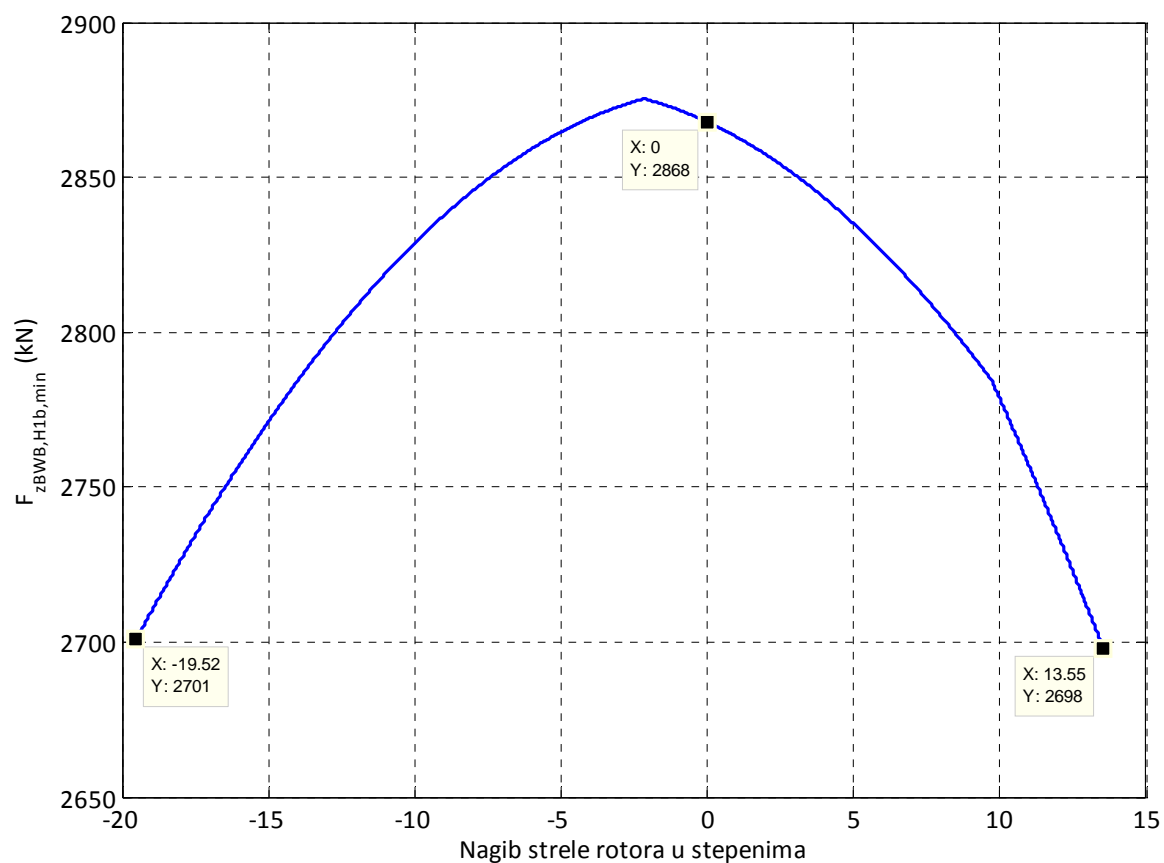
Слика 46: Сила у ужету од V0 и V1

Слика 47: Сила у ужету од N_E (нагиб у „+x“)Слика 48: Сила у ужету од N_{F1} , N_{V1} и N_{V0} (нагиб у „+x“)

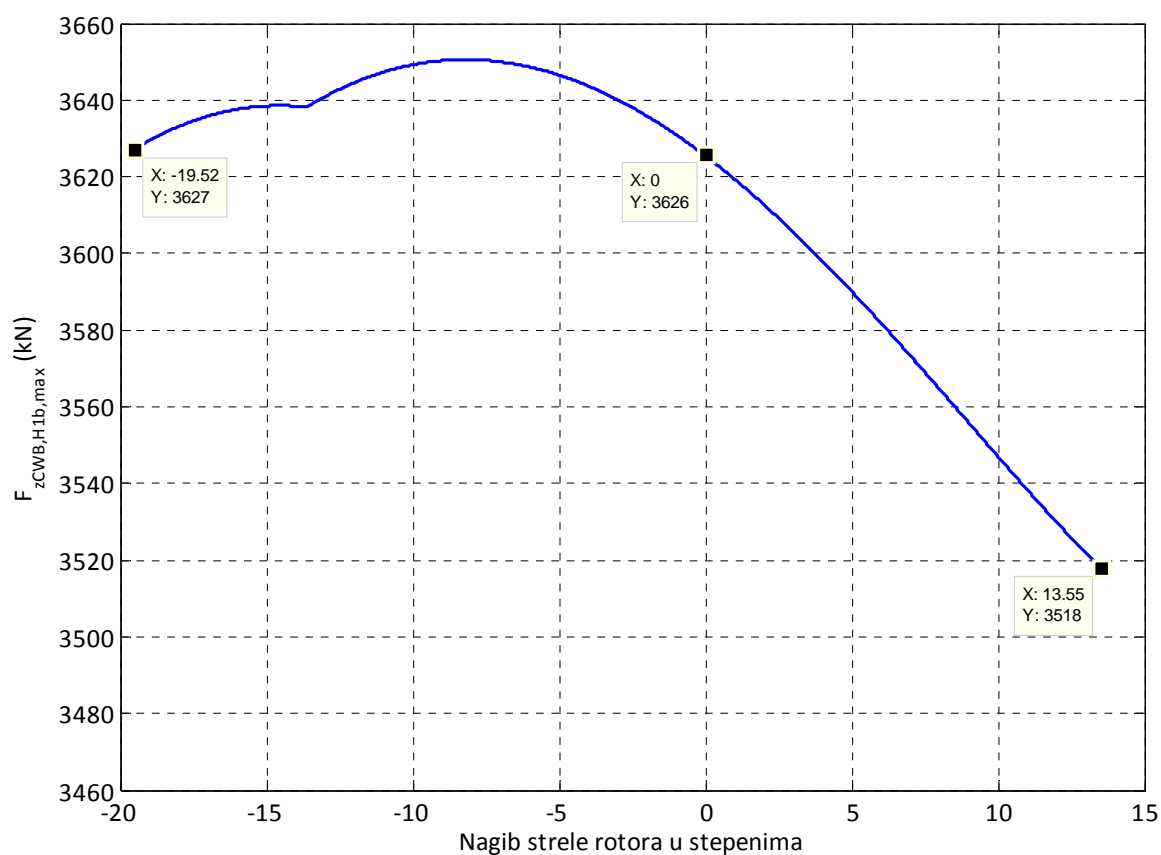
Слика 49: Максимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)Слика 50: Минимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



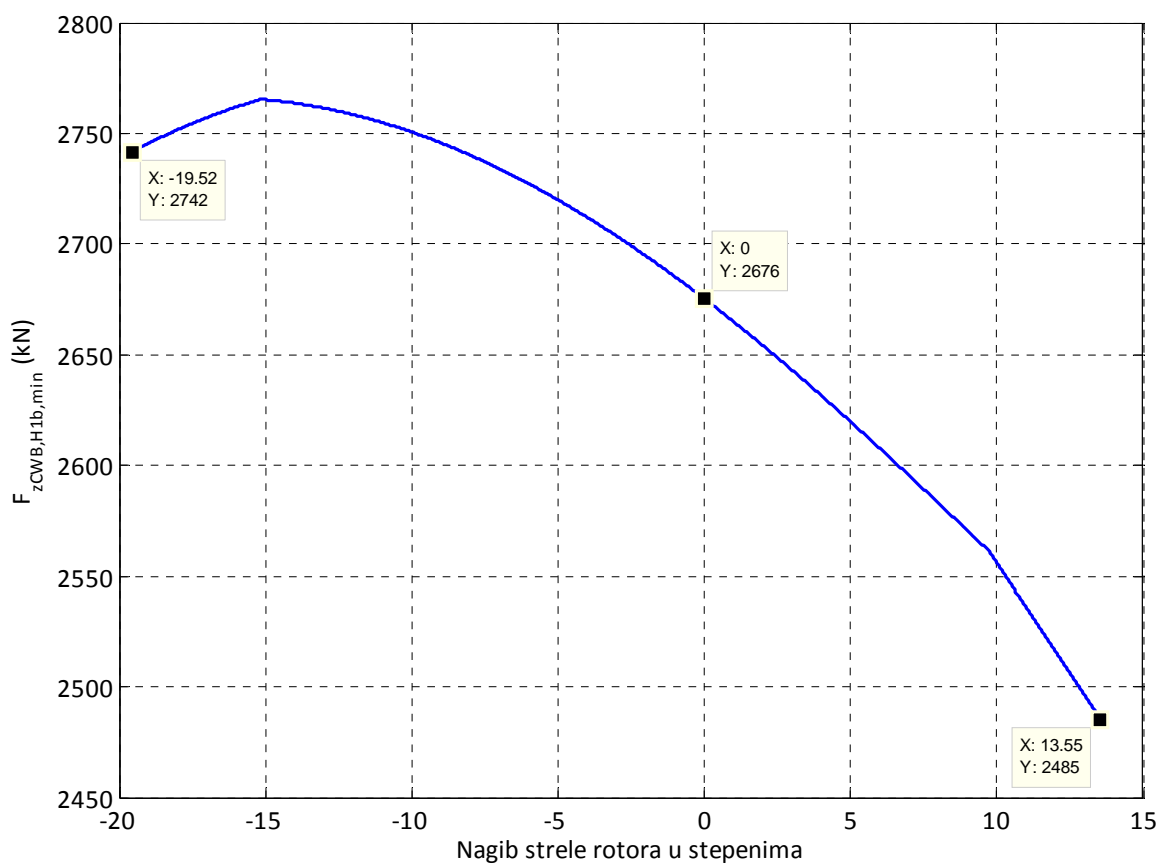
Слика 51: Максимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



Слика 52: Минимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



Слика 53: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



Слика 54: Минимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

6.1 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Упоредни преглед резултата презентираних у Елаборату 2 (Прилог 2) и резултата добијених применом развијеног софтвера приказан је у табелама 25 и 26.

Табела 25

Оптерећење		Сила у ужету (kN)					
		$\alpha_{SR}=-19,52^\circ$		$\alpha_{SR}=0^\circ$		$\alpha_{SR}=13,547^\circ$	
		E2	Софтвер	E2	Софтвер	E2	Софтвер
Сопствена тежина (E)		242,1	242,1	233,2	233,2	233,8	223,8
Номинална резна сила – напред (U_F)		44,8	44,9	44,8	44,8	44,6	44,6
Номинална резна сила – доле (U_L)		20,3	20,3	6,5	6,5	-2,6	-2,6
Тежина материјала на траци 1 (F_1)		14,4	14,4	14,3	14,3	14,0	14,0
Кора на траци 1 (V_1)		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Кора на ротору (V_0)		14,8	14,8	14,9	14,9	14,8	14,8
Нагиб (N)	N_E	2,6	2,6	-1,5	-1,5	-4,3	-4,3
	N_{F1}	0,2	0,2	0	0	-0,2	-0,2
	N_{V1}	0	0	0	0	0	0
	N_{V0}	0,3	0,3	0	0	-0,2	-0,2

Табела 26

Случај оптерећења H1b		
Величина	E2	Софтвер
Максимална сила у ужету (kN)	320,8	320,7
Минимална сила у ужету (kN)	217,0	217,0
Максимална сила у затези стреле ротора (kN)	3832,5	3833,0
Минимална сила у затези стреле ротора (kN)	2698,0	2697,8
Максимална сила у затези стреле баласта (kN)	3627,3	3627,1
Минимална сила у затези стреле баласта (kN)	2485,4	2485,5

На основу упоредне анализе података приказаних у табелама 25 и 26 закључује се да развијени софтвер, који ће се користити у даљим анализама, даје резултате који су у карактеристичним положајима стреле ротора идентични резултатима наведеним у Елаборату 2. Презентирана анализа изведена је за случај да је при хоризонталном положају стреле ротора апликата средишта ротора (15,25 m) једнака апликати зглоба пете стреле ротора, како је наведено у Елаборату 2 на страни 2.1 документа „A3_EPS 3092 BWE_Final stability.stb, Rev. 0, 02 Oct. 2008“. Међутим, у Елаборату 2 на страни A3-7 документа “A3_EPS 3092 BWE_LU_Final stability.xls” стоји да апликата средишта ротора у односу на координатни систем везан за зглоб пете стреле ротора износи 360 mm (при хоризонталном положају стреле ротора) што одговара и конструкционој документацији произвођача. Коначно, развијени софтвер омогућава идентификацију оптерећења разматраних елемената структуре горње градње (ужад, затеге) у целокупном дијапазону промене угла нагиба стреле ротора, за разлику од прорачуна презентираних у Елаборату 2. То омогућава одређивање екстремних вредности оптерећења које се у извесној мери разликују од оптерећења при карактеристичним положајима стреле ротора – слика 53.

7.0

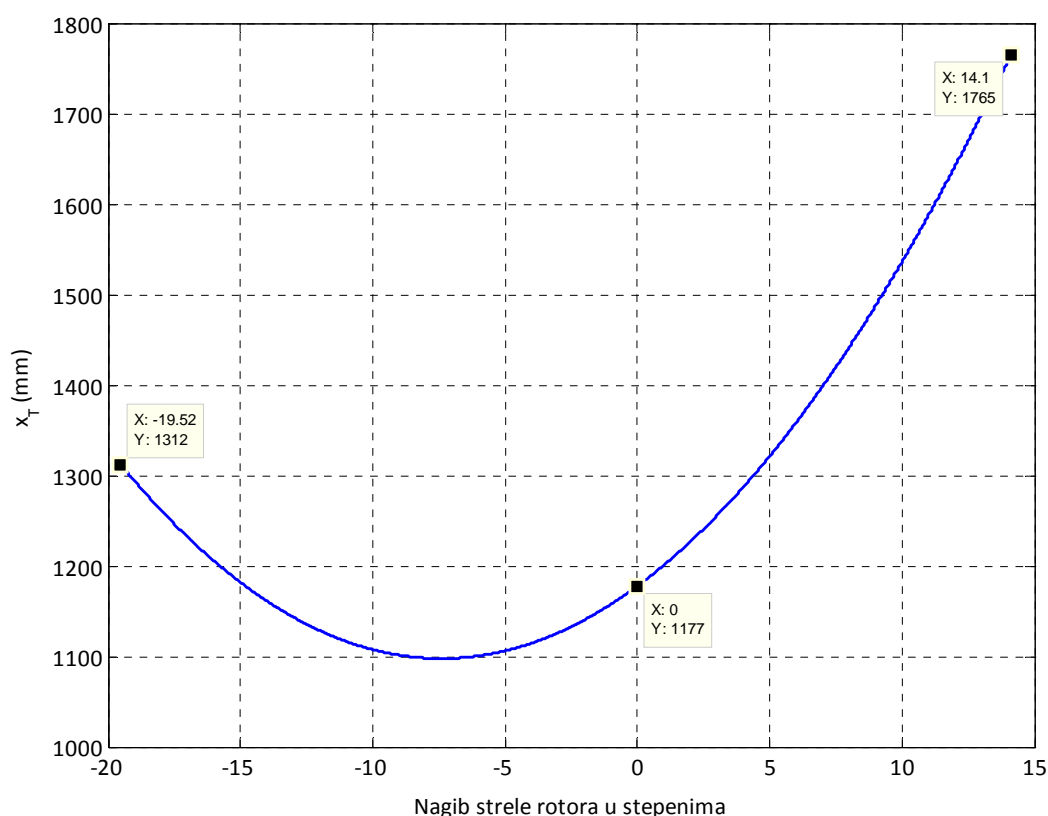
СЕДМА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:

Случај оптерећења H1b (3Д модел)

Седма фаза истраживања посвећена је одређивању основних параметара багера и анализи оптерећења структурних елемената за вешање стреле ротора (ужад, затеге стреле ротора и баласта) роторног багера у нормалном раду – случај оптерећења H1b према DIN 22261-2, сагласно табели 24. Осим тога, одређени су и максимални интензитети сила у затегама стреле ротора и стреле баласта узимајући у обзир и динамичке ефекте. Истраживање је изведено за 3Д модел са коригованом масом, масом након реконструкције (Прилог 6) и масом баласта 237,983 t (Прилог 4, Прилог 5 и Прилог 6).

7.1 ПОЛОЖАЈ ТЕЖИШТА

Зависност апсцисе тежишта од угла нагиба стреле ротора приказана је на слици 55, а њене вредности у карактеристичним положајима приказане су у табели 27.



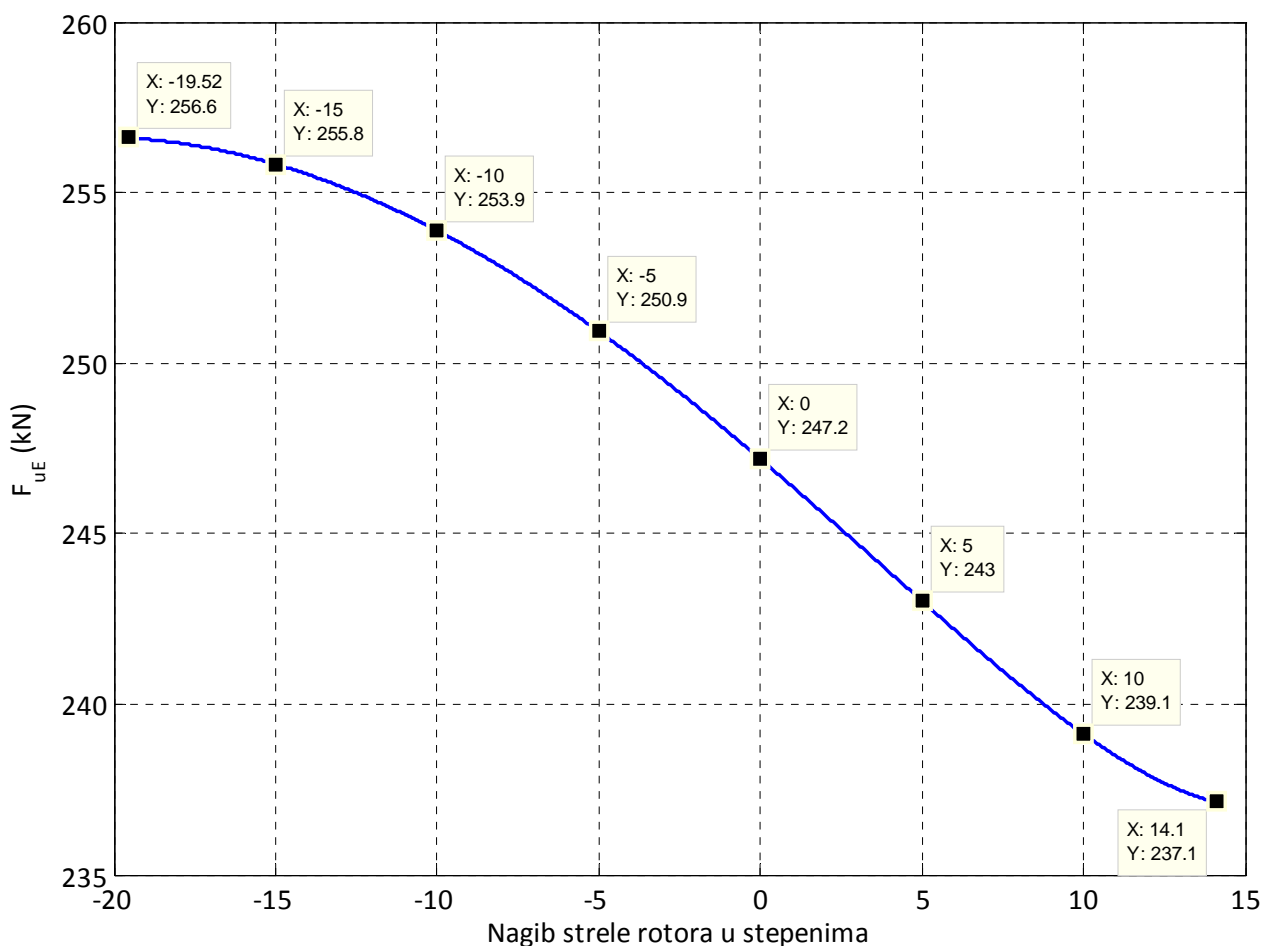
Слика 55: Апсциса тежишта (маса баласта 237,983 t)

Табела 27

Положај стреле ротора	Апсциса тежишта x_T (mm)
доњи, $\alpha_{SR} = -19,52^\circ$	1312
хоризонтални, $\alpha_{SR} = 0^\circ$	1177
горњи, $\alpha_{SR} = 14,1^\circ$	1765

7.2 СИЛА У УЖЕТУ ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Зависност оптерећења ужета изазваног сопственом тежином (стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1) од угла нагиба стреле ротора приказана је на слици 56. Интензитети силе у ужету за карактеристичне положаје стреле ротора приказани су у табели 28.



Слика 56: Сила у ужету од тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1

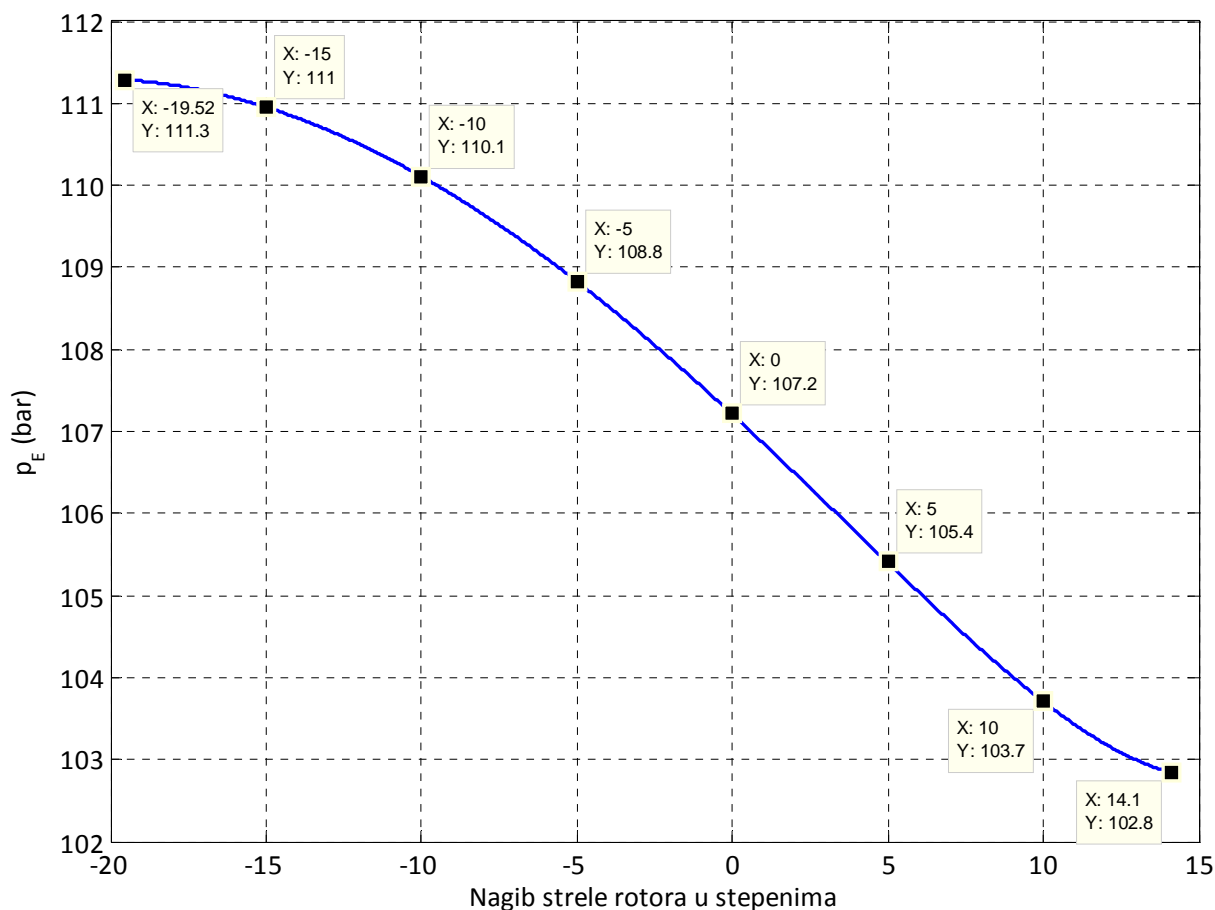
Табела 28

Положај стреле ротора	Сила у ужету F_{uE} (кН) ¹⁾
доњи, $\alpha_{SR} = -19,52^\circ$	256,6
$\alpha_{SR} = -15^\circ$	255,8
$\alpha_{SR} = -10^\circ$	253,9
$\alpha_{SR} = -5^\circ$	250,9
хоризонтални, $\alpha_{SR} = 0^\circ$	247,2
горњи, $\alpha_{SR} = 5^\circ$	243,0
$\alpha_{SR} = 10^\circ$	239,1
горњи, $\alpha_{SR} = 14,1^\circ$	237,1

¹⁾ За $g = 10 \text{ m/s}^2$

7.3 ПРИТИСАК У ХИДРОЦИЛИНДРИМА СИСТЕМА ЗА ВЕШАЊЕ СТРЕЛЕ РОТОРА

Зависност притиска у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора од њеног положаја приказана је на слици 57 и у табели 29. У обзир су узети утицаји сопствене тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1, док је утицај губитака у котуровима занемарен ($\eta_K=1$).



Слика 57: Притисак у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора за случај дејства сопствене тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1 (за $g=9,81 \text{ m/s}^2$ и $\eta_K=1$)

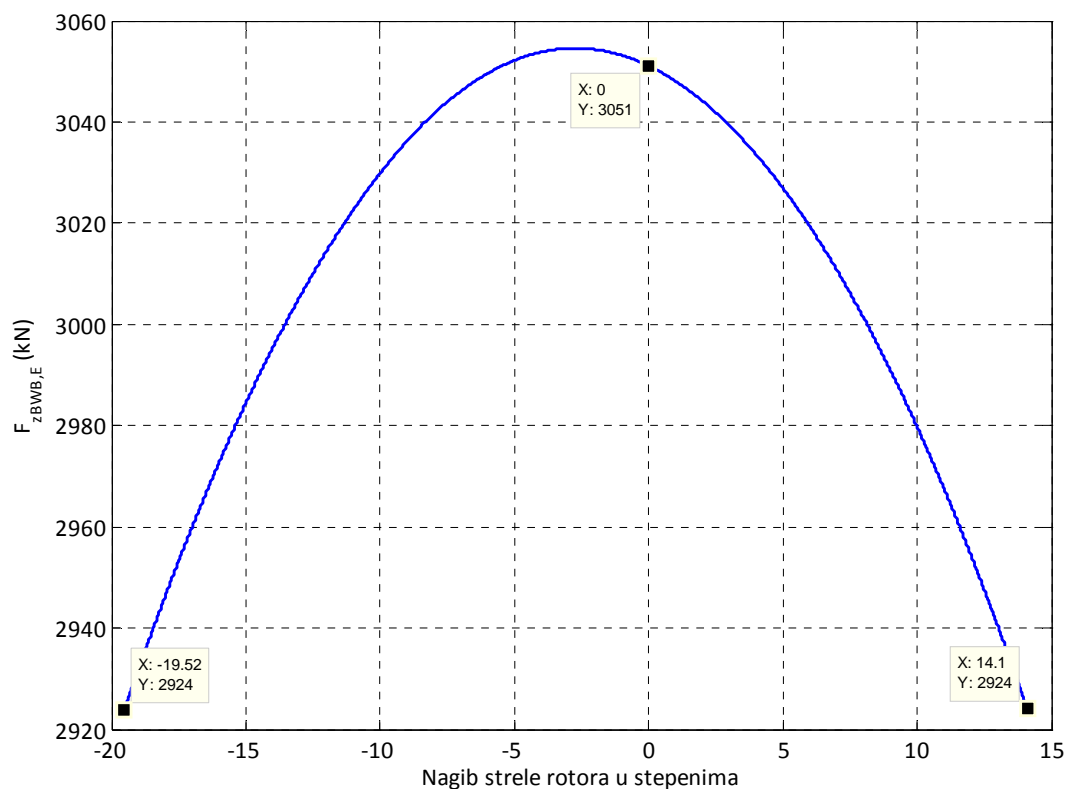
Табела 29

Положај стреле ротора	Притисак p_E (bar) ¹⁾
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	111,3
$\alpha_{SR}=-15^\circ$	111,0
$\alpha_{SR}=-10^\circ$	110,1
$\alpha_{SR}=-5^\circ$	108,8
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	107,2
горњи, $\alpha_{SR}=5^\circ$	105,4
$\alpha_{SR}=10^\circ$	103,7
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	102,8

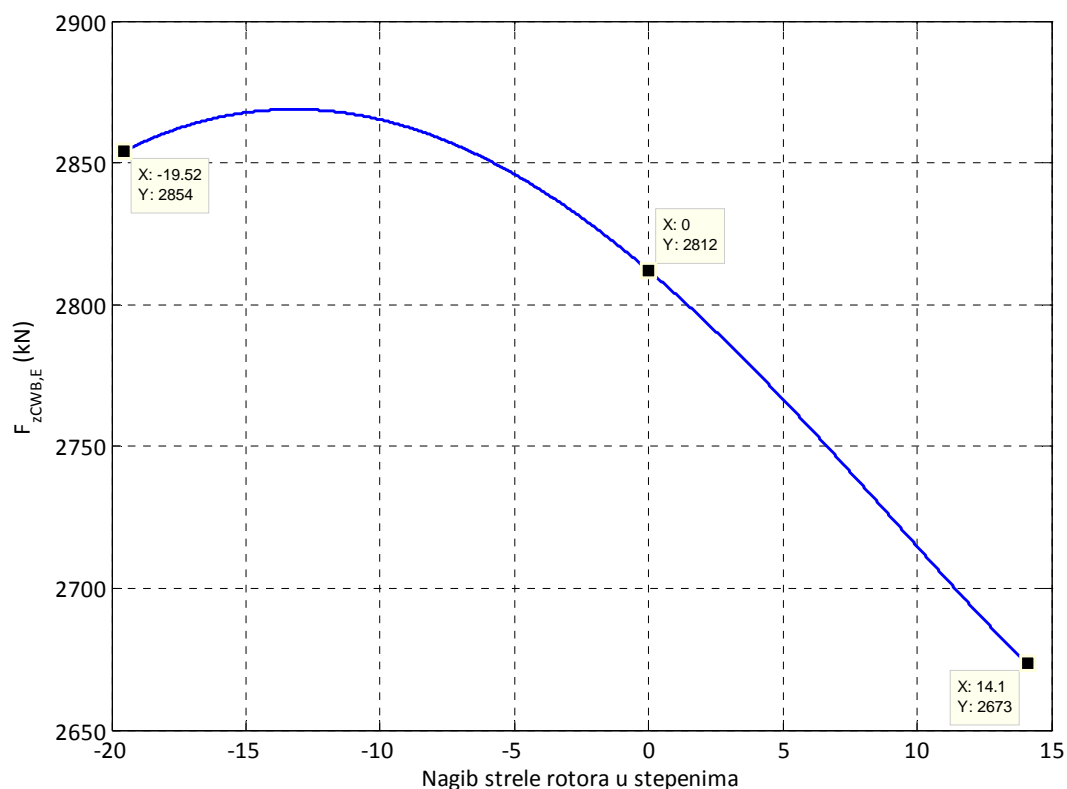
¹⁾За $g=9,81 \text{ m/s}^2$ и $\eta_K=1$

7.4 СИЛЕ У ЗАТЕГАМА ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Зависност оптерећења затега стреле ротора и стреле баласта изазваног сопственом тежином од угла нагиба стреле ротора приказана је на сликама 58 и 59 и у табели 30.



Слика 55: Сила у затези стреле ротора (од сопствене тежине)



Слика 56: Сила у затези стреле баласта (од сопствене тежине)

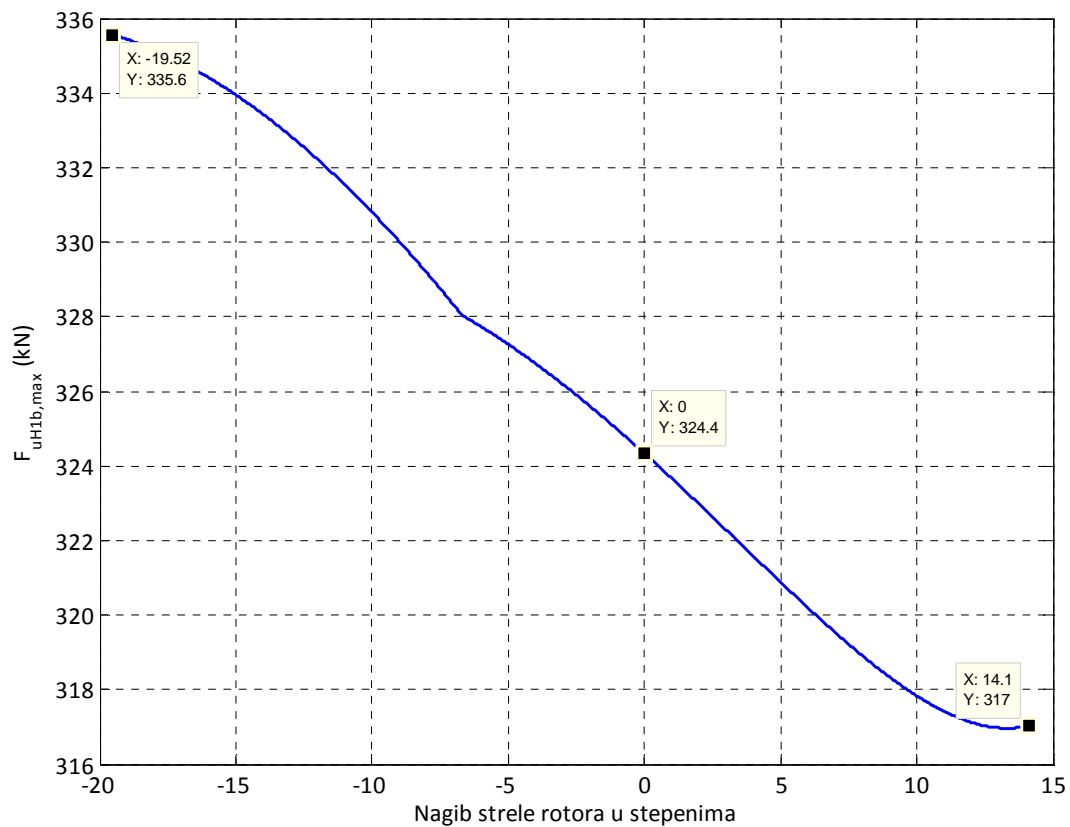
Табела 30

Положај стреле ротора	Сила у затези (kN) ¹⁾	
	стрела ротора	стрела баласта
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2924	2854
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	3051	2812
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2924	2673
Максимум	3055	2869

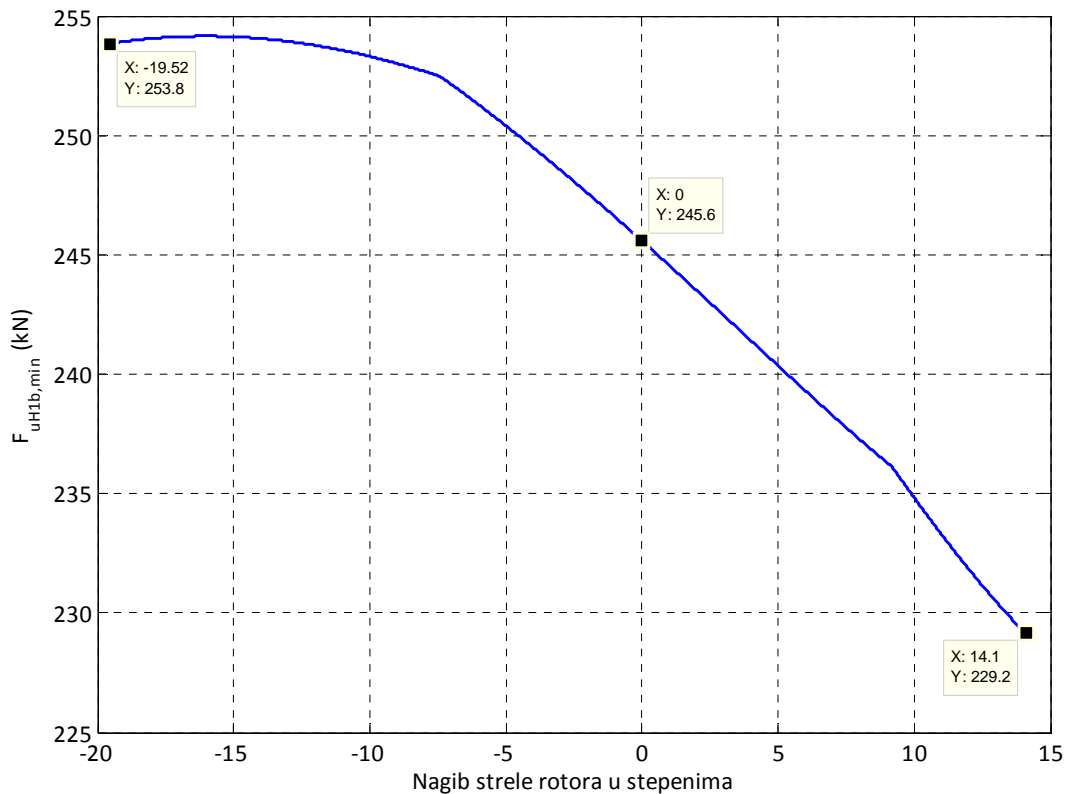
¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

7.5 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У УЖЕТУ ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у ужету од положаја стреле ротора приказане су на сликама 60 и 61.



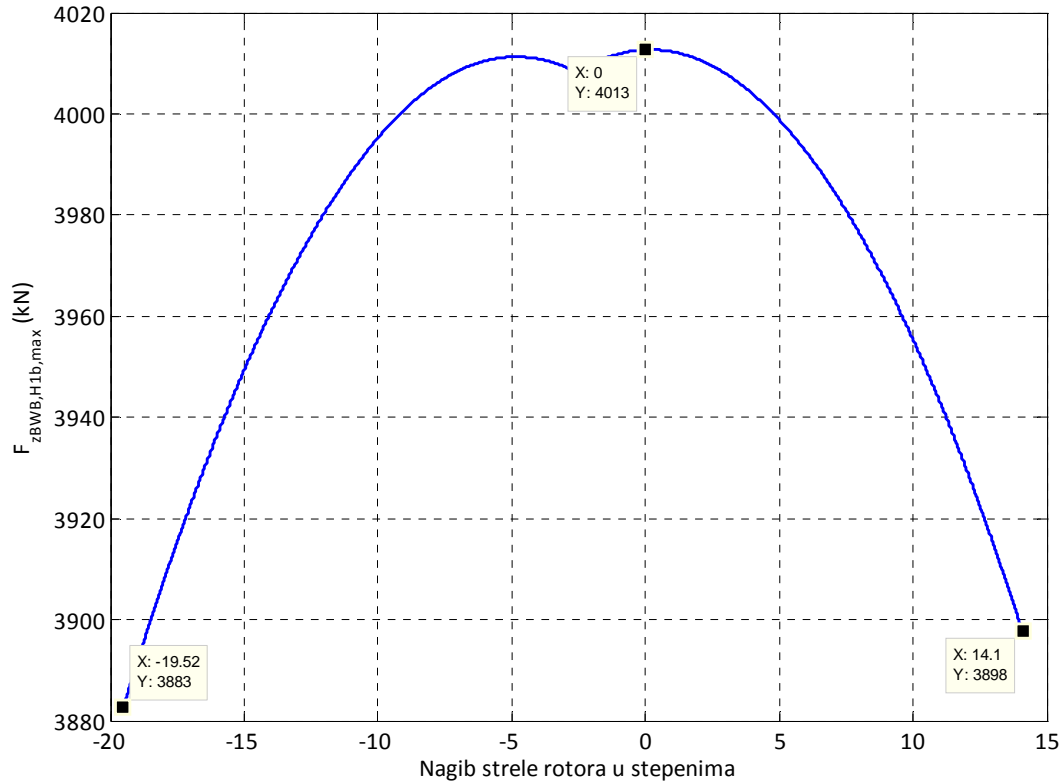
Слика 61: Максимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



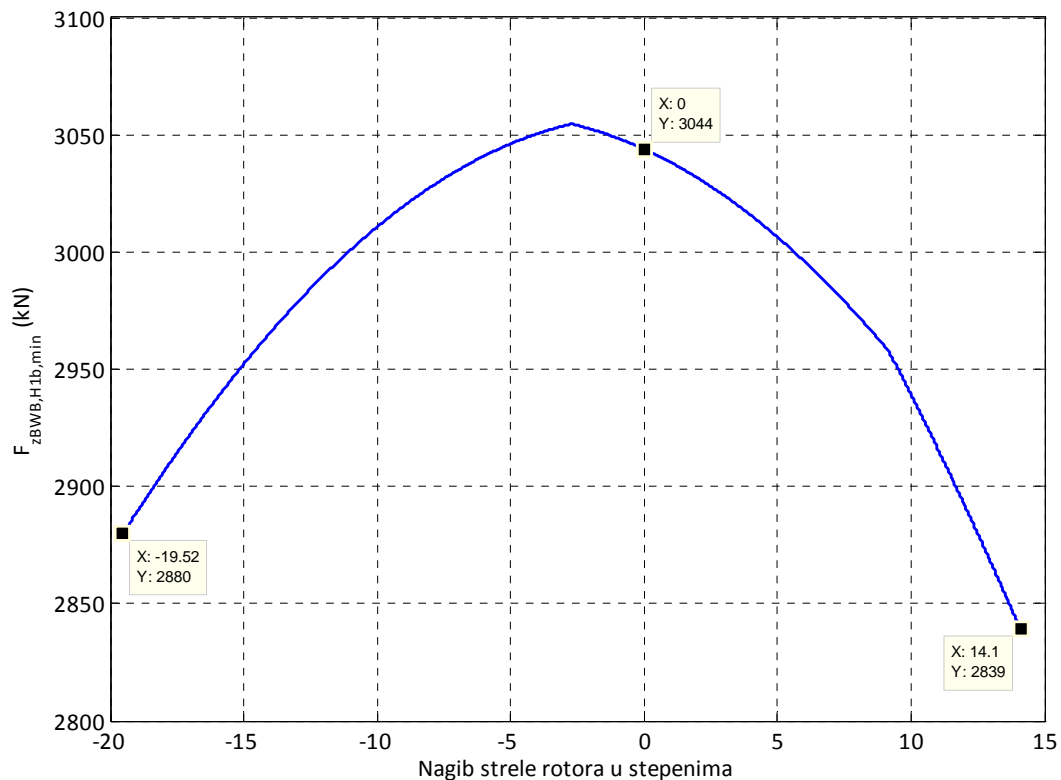
Слика 61: Минимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

7.6 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ РОТОРА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у затегама стреле ротора од њеног положаја приказане су на сликама 62 и 63.



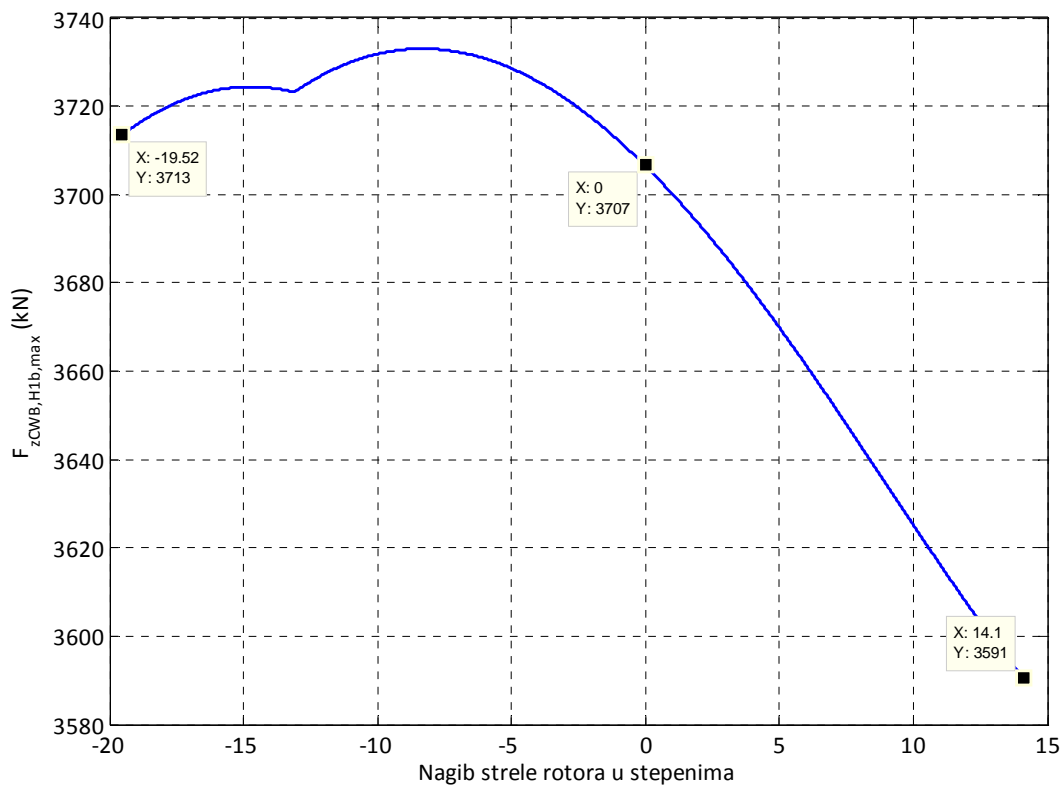
Слика 62: Максимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



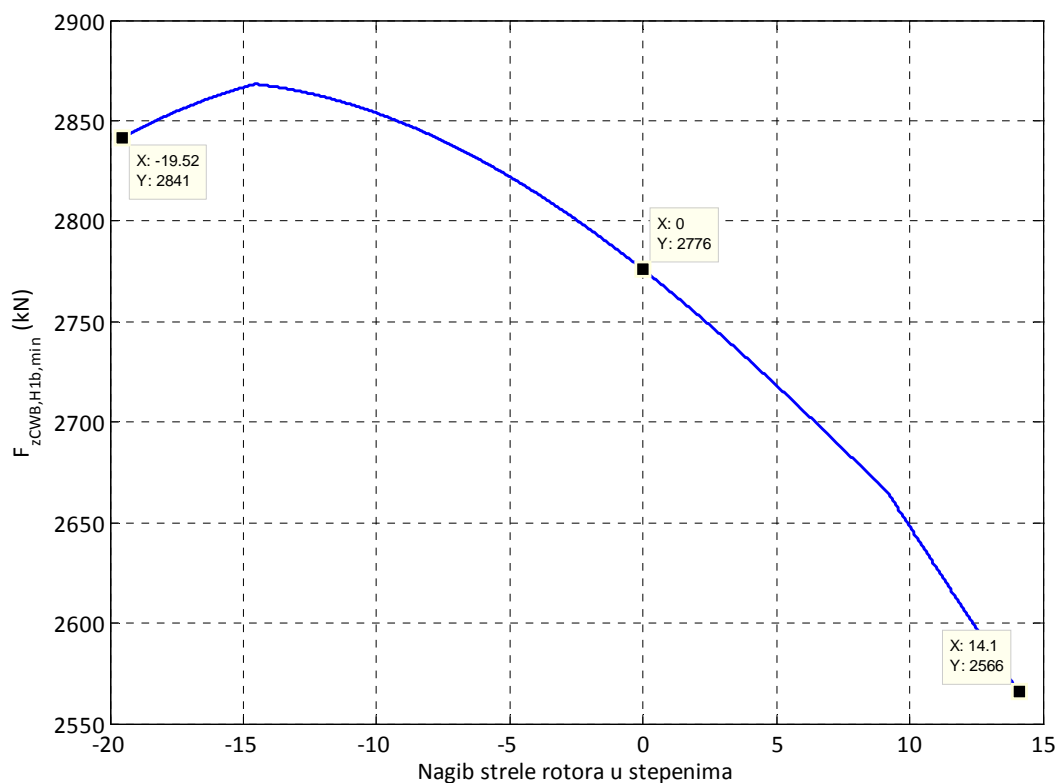
Слика 63: Минимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

7.7 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ БАЛАСТА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у затегама стреле баласта од положаја стреле ротора приказане су на сликама 64 и 65.



Слика 64: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



Слика 65: Минимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

7.8 УПОРЕДНА АНАЛИЗА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА БАГЕРА

Развојем 3Д модела горње градње багера, његовим усаглашавањем са резултатима Мерења 1 и корекцијама на основу података о извршеним реконструкцијама на стрели ротора и стрели баласта, утврђени су основни параметри багера који дефинишу његово актуелно стање. За тако коригован 3Д модел надградње, у даљем тексту користи се ознака ЗДА. У табелама 31 и 32 дат је упоредни приказ основних параметара багера наведених у Е2 (или одређених на основу података презентираних у Е2) и параметара одређених на основу ЗДА модела.

Табела 31

Параметар	Е2	ЗДА	Разлика „ЗДА-Е2“
Укупна маса горње градње (t)	1198,370	1240,666	42,296 t
Маса баласта (t)	221,000	237,983	16,983 t
Маса горње градње без баласта (t)	977,370	1002,683	25,313 t
Положај стреле ротора	Апсциса тежишта x_T (mm)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1370	1312	-58 mm
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1238	1177	-61 mm
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1812	1765	-47 mm
Положај стреле ротора	Сила у ужету од сопствене тежине (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	242,1	256,6	14,5 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	233,2	247,2	14,0 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	223,8	237,1	13,3 kN
Положај стреле ротора	Притисак у хидроцилиндру од сопствене тежине (bar)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	105,0	111,3	6,3 bar
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	101,1	107,2	6,1 bar
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	97,1	102,8	5,7 bar
Положај стреле ротора	Сила у затези стреле ротора од сопствене тежине (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2744	2924	180 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2873	3051	178 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2761	2924	163 kN
Положај стреле ротора	Сила у затези стреле баласта од сопствене тежине (kN)		
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2753	2854	101 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2712	2812	100 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2578	2673	97 kN

Табела 32

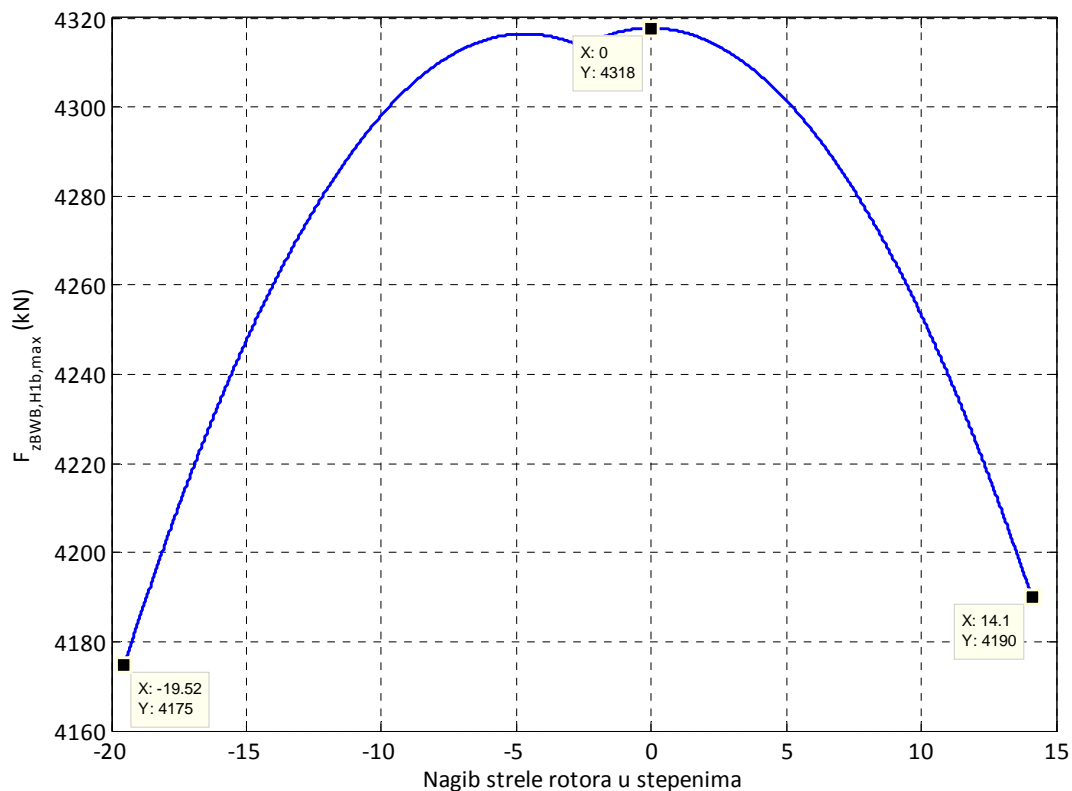
Случај оптерећења H1b ($D=0$)	E2	ЗДА	Разлика „ЗДА-E2“
Максимална сила у ужету (kN)	320,8	335,6	14,8
Минимална сила у ужету (kN)	217,0	229,2	12,2
Максимална сила у затези стреле ротора (kN)	3832,5	4012,7	180,2
Минимална сила у затези стреле ротора (kN)	2698,0	2839,0	141,0
Максимална сила у затези стреле баласта (kN)	3627,3	3733,0	105,7
Минимална сила у затези стреле баласта (kN)	2485,4	2565,7	80,3

На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

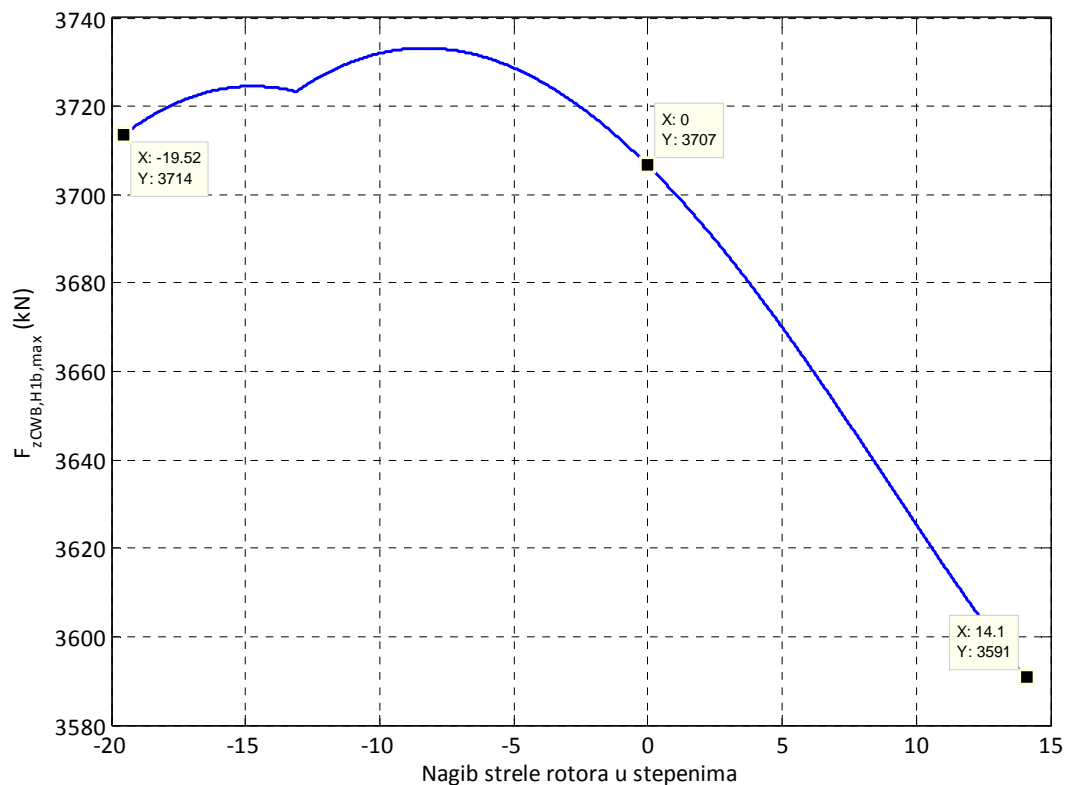
1. Укупна маса горње градње за ЗДА модел већа је за $\approx 42,3$ t од укупне масе према Елаборату 2, при чему је маса баласта већа за ≈ 17 t (маса баласта уграђеног пре Мерења 1 – 177,017 t – повећана је за 54,96 t пре Мерења 2 и за 6,006 t након реконструкција на стрели ротора и стрели баласта) а маса горње градње без баласта већа је за $\approx 25,3$ t („вишак масе“ горње градње од ≈ 17 t у односу на ЗД модел утврђен је приликом Мерења 1, $\approx 7,4$ t је додато приликом реконструкција на стрели ротора и стрели баласта, док 0,9 t представља разлику маса горње градње ЗД модела и Елабората 2).
2. Тежиште горње градње ЗДА модела ближе је ротору за 61 mm при хоризонталном положају стреле ротора, иако је маса баласта већа за ≈ 17 t код ЗДА модела.
3. Повећање масе баласта да би се одступање положаја тежишта у односу пројектовани положај свело на прихватљиву меру, довело је до повећања интензитета оптерећења елемената система за вешање стреле ротора. Оно је најизраженије када се стрела ротора налази у поткопу ($\alpha_{SR}=-19,52^\circ$) и износи: 14,5 kN за уже, 180 kN за затегу стреле ротора и 101 kN за затегу стреле баласта. Наведене вредности односе се за случај дејства сопствене тежине стреле ротора, стуба 1 и стуба 2.
4. За случај оптерећења H1b (за $D=0$) разлика максималних интензитета сила у ужету износи 14,8 kN, сила у затези стреле баласта 180,2 kN, док је максимални интензитет силе у стрели баласта већи за 105,7 kN.

7.9 МАКСИМАЛНЕ СИЛЕ У ЗАТЕГАМА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D \neq 0$)

Суперпонирајући динамичке ефекте који се јављају током рада багера ($D_V=0,1$ за стрелу ротора и $D_V=0,04$ за стуб 1 и стуб 2) са утицајем осталих оптерећења, добијају се максималне силе у затегама стреле ротора и стреле баласта, слике 66 и 67, табела 33.



Слика 66: Максимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (при $D \neq 0$)



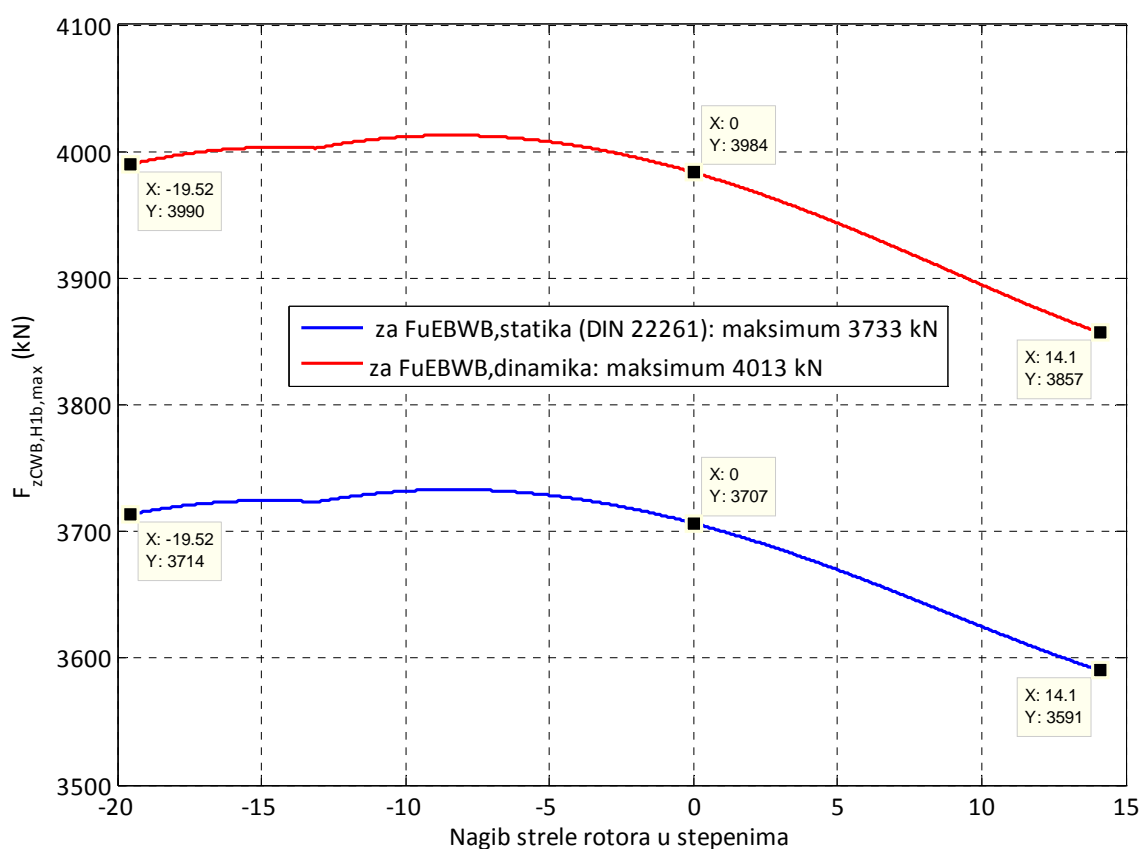
Слика 67: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (при $D \neq 0$)

Табела 33

Положај стреле ротора	Максимални интензитет силе у затези (kN) ¹⁾	
	стрела ротора	стрела баласта
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	4175	3714
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	4318	3707
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	4190	3591

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

Према стандарду DIN 22261 приликом анализе оптерећења затега стреле баласта не узима се у обзир утицај динамичких ефеката везаних за стрелу ротора. Међутим, ужад котураче система вешања стреле ротора у извесној мери преносе поменуте утицаје. Њихову квантификацију није могуће извршити на квазистатичким моделима, већ је неопходно развити одговарајући динамички модел, што захтева обимна истраживања. Зато су на слици 68 приказане максималне вредности силе затезања стреле баласта одређене на основу квазистатичког модела. Стварна вредност максималне силе затезања налази се између кривих приказаних на слици 68.



Слика 68: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (при $D \neq 0$)

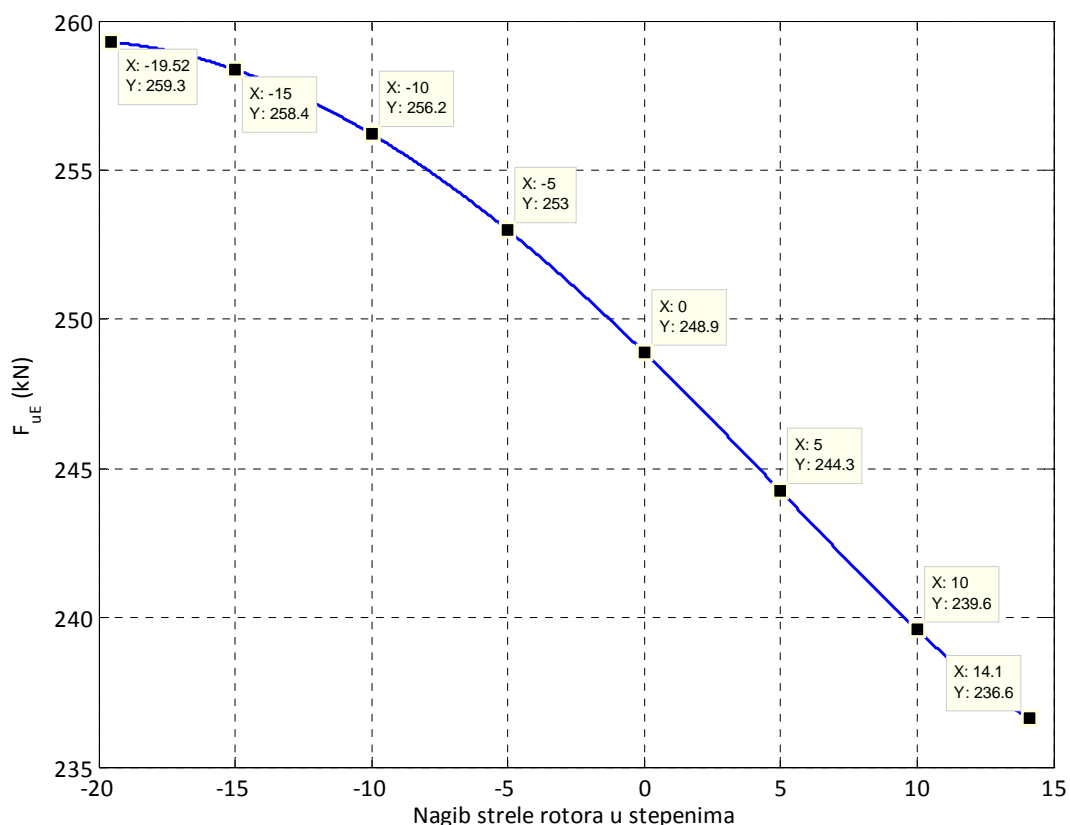
8.0

ОСМА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Анализа утицаја дислокације оса обртања
четири превојна котура на стубу 2**

У осмој фази истраживања анализиран је утицај померености оса обртања 4 превојна котура на стубу 2, у односу на осе обртања 12 котурова смештених на врху поменутог стуба, цртеж број 4324042 (Прилог 9). Наиме, осе 4 превојна котура спуштене су дуж осе стуба 2 за 3000 mm у односу на осе обртања 12 котурова смештених на врху стуба 2. То изазива промену угла 4 крака ужета, односно, одговарајућу промену њихових растојања од референтних чворова система горње градње.

8.1 СИЛА У УЖЕТУ ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Зависност оптерећења ужета изазваног сопственом тежином (стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1) од угла нагиба стреле ротора приказана је на слици 69. Интензитети силе у ужету за карактеристичне положаје стреле ротора приказани су у табели 34.



Слика 69: Сила у ужету од тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1

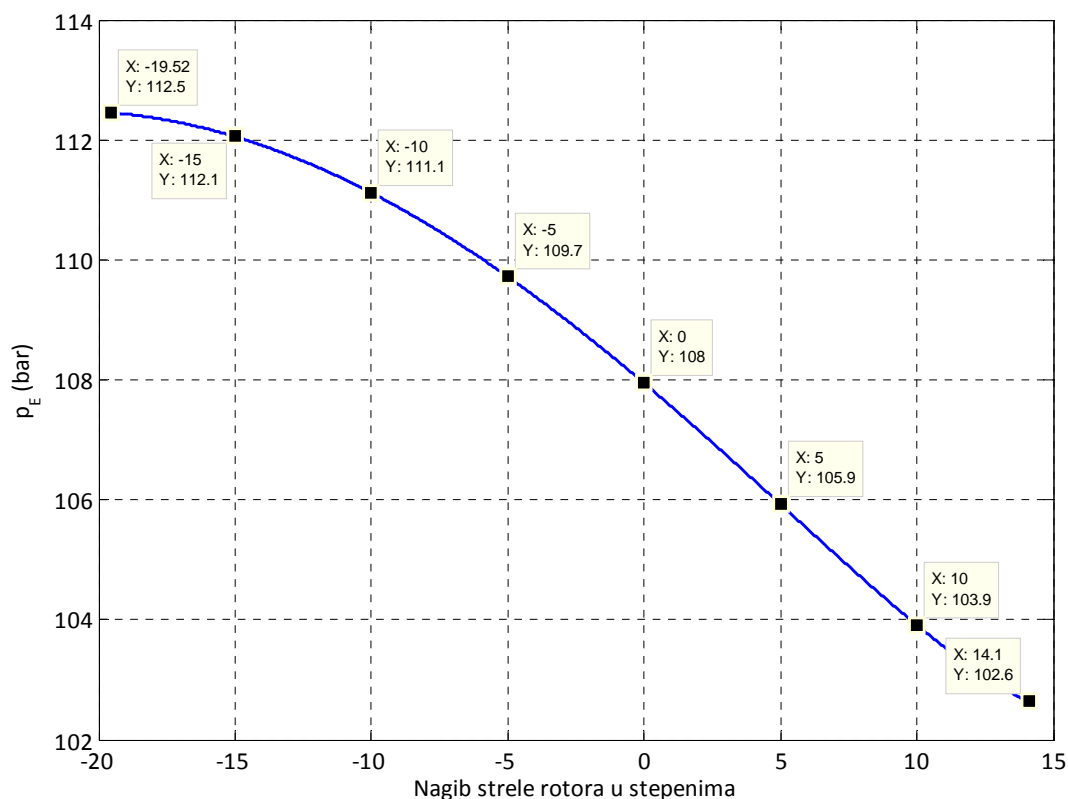
Табела 34

Положај стреле ротора	Сила у ужету F_{uE} (kN) ¹⁾
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	259,3
$\alpha_{SR}=-15^\circ$	258,4
$\alpha_{SR}=-10^\circ$	256,2
$\alpha_{SR}=-5^\circ$	253,0
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	248,9
горњи, $\alpha_{SR}=5^\circ$	244,3
$\alpha_{SR}=10^\circ$	239,6
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	236,6

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

8.2 ПРИТИСАК У ХИДРОЦИЛИНДРИМА СИСТЕМА ЗА ВЕШАЊЕ СТРЕЛЕ РОТОРА

Зависност притиска у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора од њеног положаја приказана је на слици 70 и у табели 35. У обзир су узети утицаји сопствене тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1, док је утицај губитака у котуровима занемарен ($\eta_K=1$).



Слика 70: Притисак у хидроцилиндрима система за вешање стреле ротора за случај дејства сопствене тежине стреле ротора, затега стреле ротора и стуба 1 (за $g=9,81 \text{ m/s}^2$ и $\eta_K=1$)

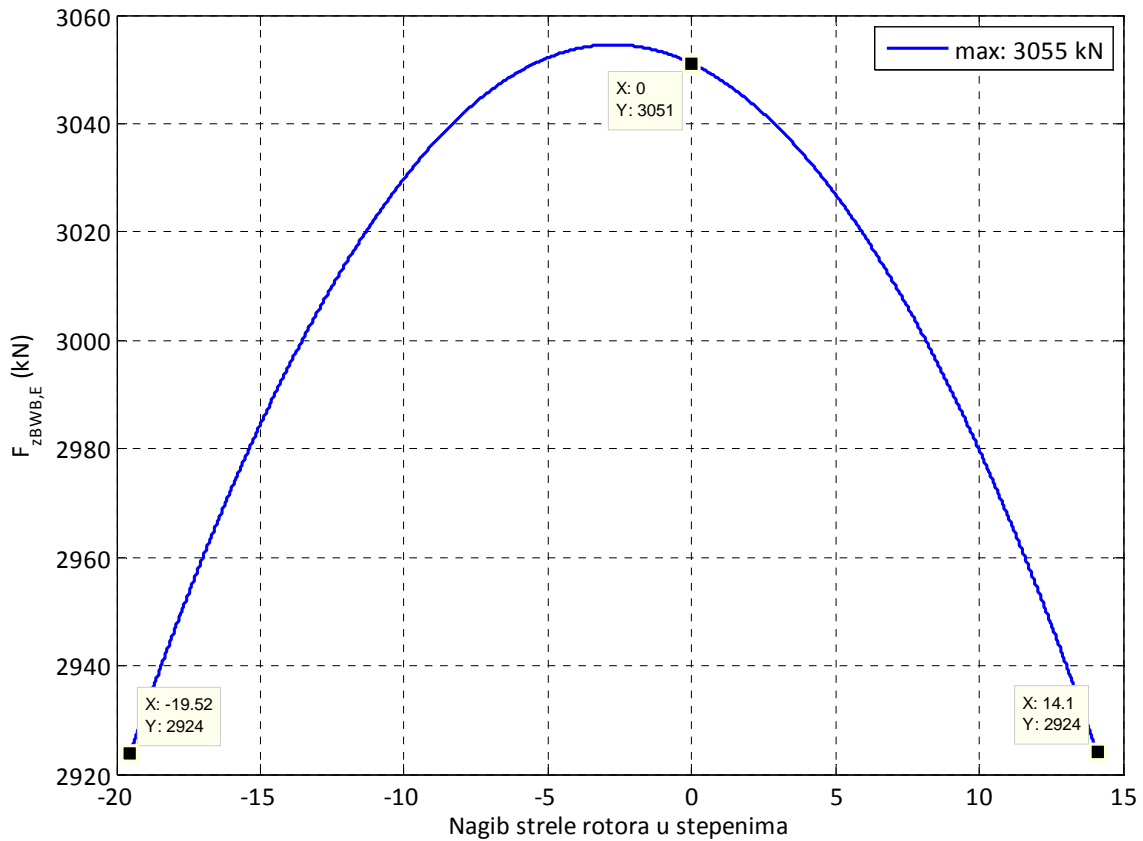
Табела 35

Положај стреле ротора	Притисак p_E (bar) ¹⁾
доњи, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	112,5
$\alpha_{SR}=-15^\circ$	112,1
$\alpha_{SR}=-10^\circ$	111,1
$\alpha_{SR}=-5^\circ$	109,7
хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	108,0
горњи, $\alpha_{SR}=5^\circ$	105,9
$\alpha_{SR}=10^\circ$	103,9
горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	102,6

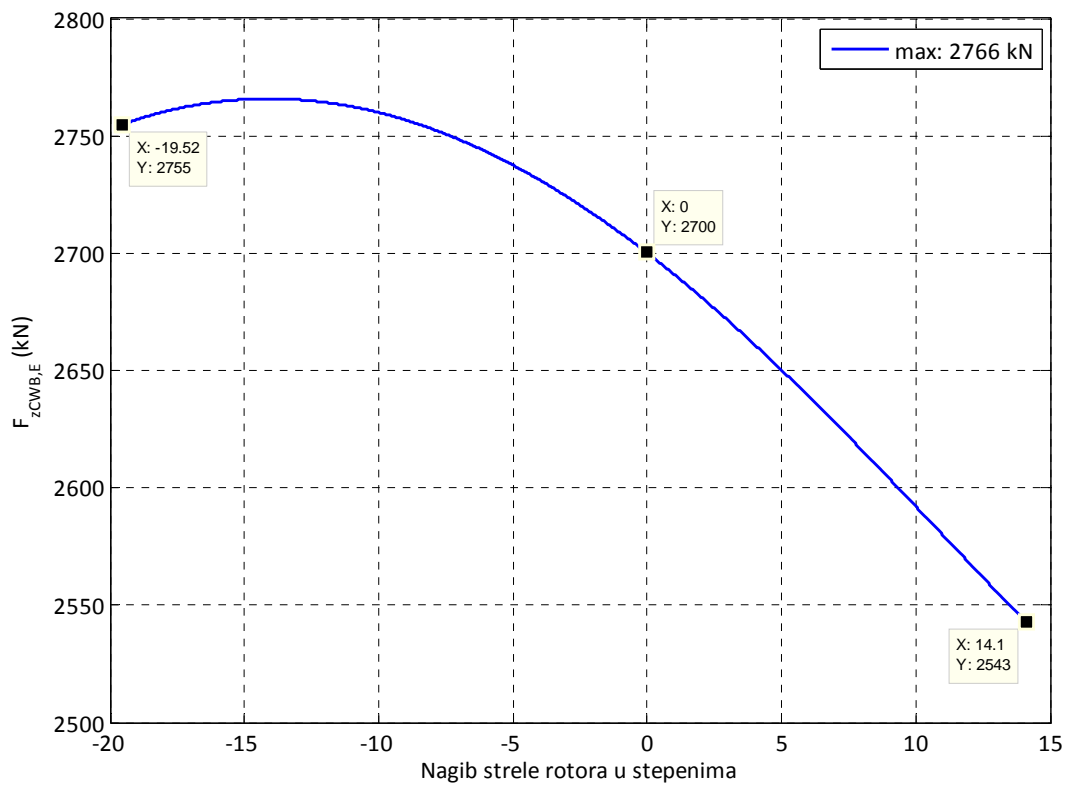
¹⁾За $g=9,81 \text{ m/s}^2$ и $\eta_K=1$

8.3 СИЛЕ У ЗАТЕГАМА ОД СОПСТВЕНЕ ТЕЖИНЕ

Зависност оптерећења затега стреле ротора и стреле баласта изазваног сопственом тежином од угла нагиба стреле ротора приказана је на сликама 71 и 72 и у табели 36.



Слика 71: Сила у затези стреле ротора (од сопствене тежине)



Слика 72: Сила у затези стреле баласта (од сопствене тежине)

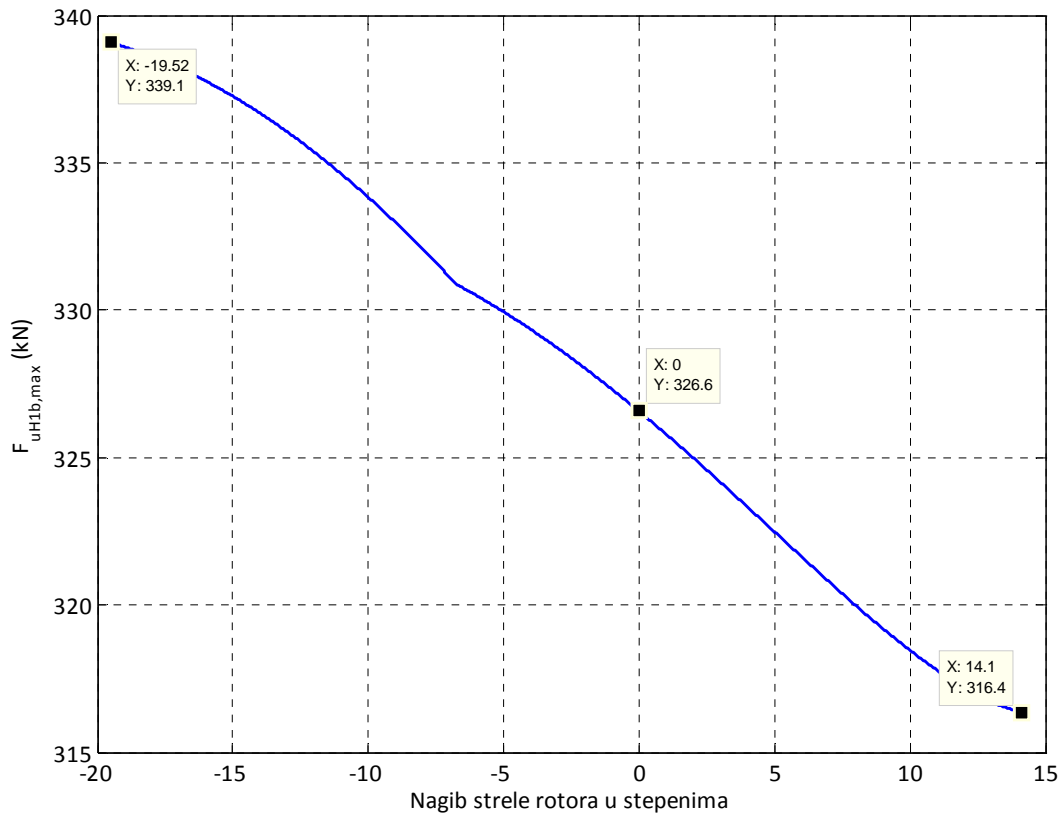
Табела 36

Положај стреле ротора	Сила у затези (kN) ¹⁾	
	стрела ротора	стрела баласта
доњи, $\alpha_{SR} = -19,52^\circ$	2924	2755
хоризонтални, $\alpha_{SR} = 0^\circ$	3051	2700
горњи, $\alpha_{SR} = 14,1^\circ$	2924	2543
Максимум	3055	2766

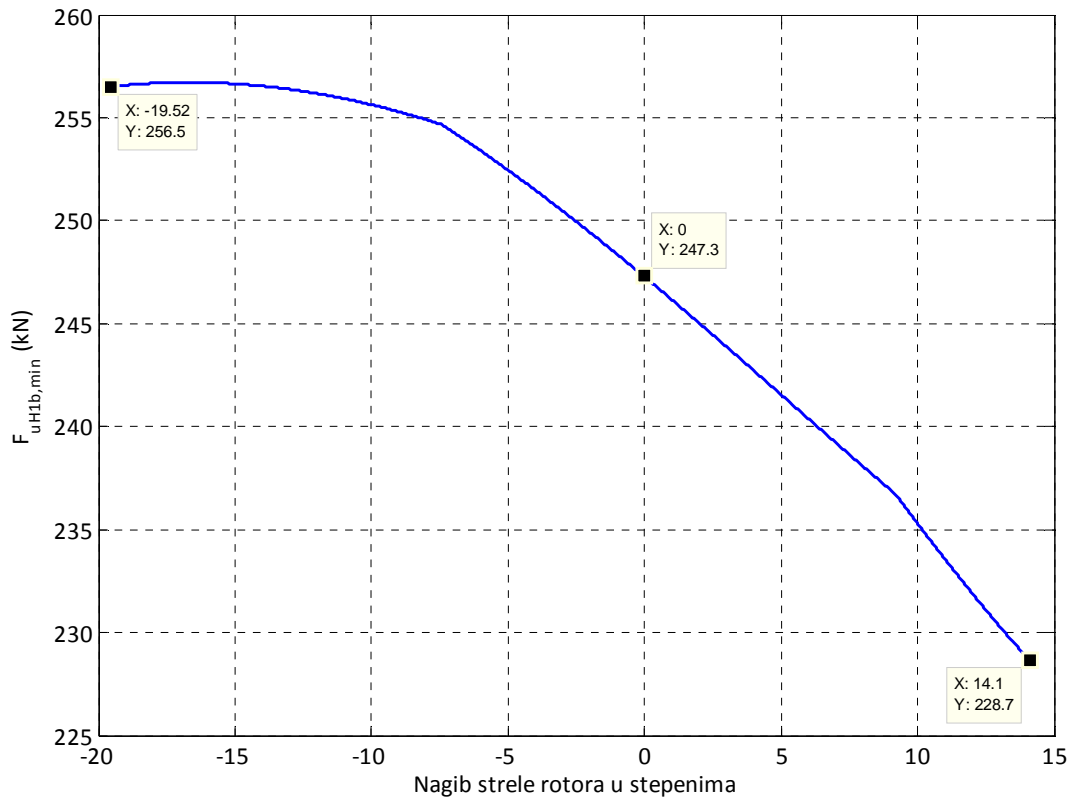
¹⁾За $g = 10 \text{ m/s}^2$

8.4 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У УЖЕТУ ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у ужету од положаја стреле ротора приказане су на сликама 73 и 74.



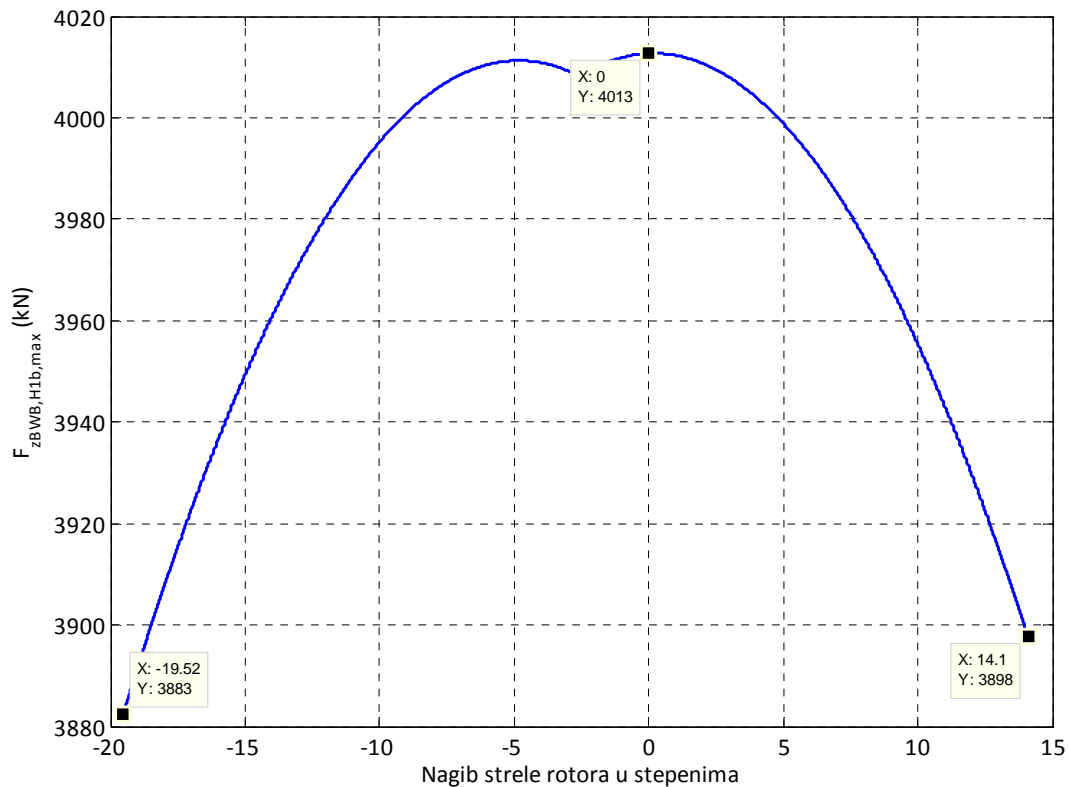
Слика 73: Максимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



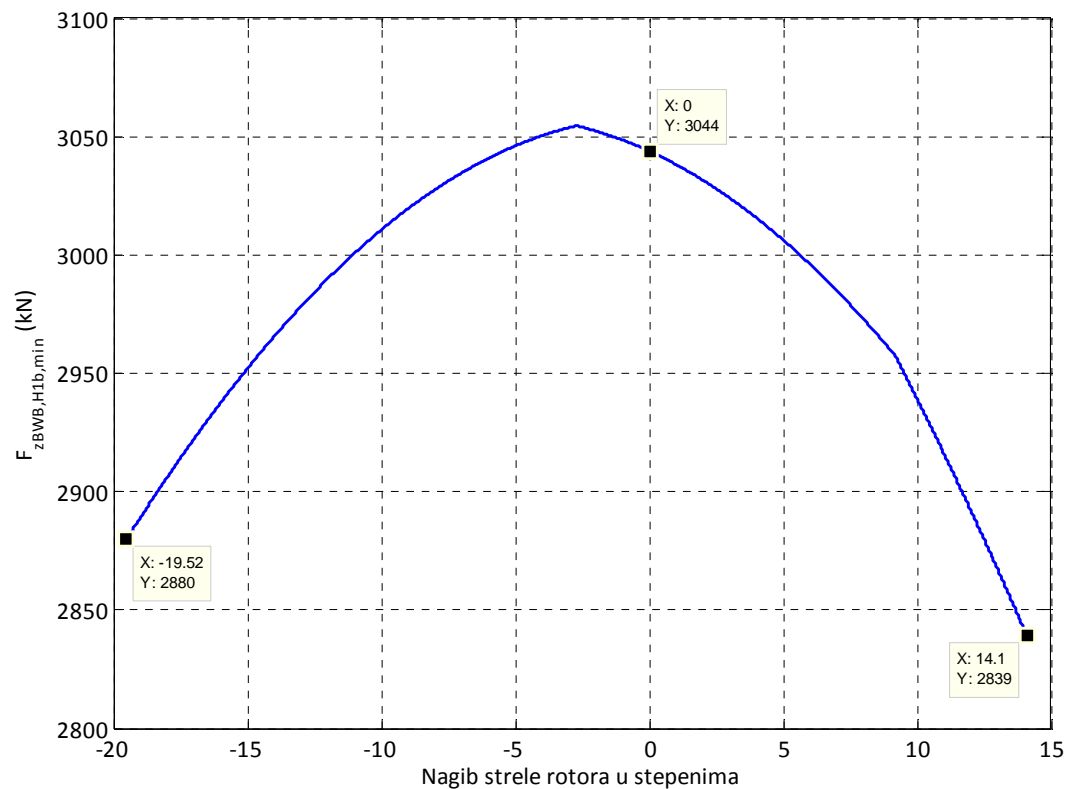
Слика 74: Минимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

8.5 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ РОТОРА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у затегама стреле ротора од њеног положаја приказане су на сликама 75 и 76.



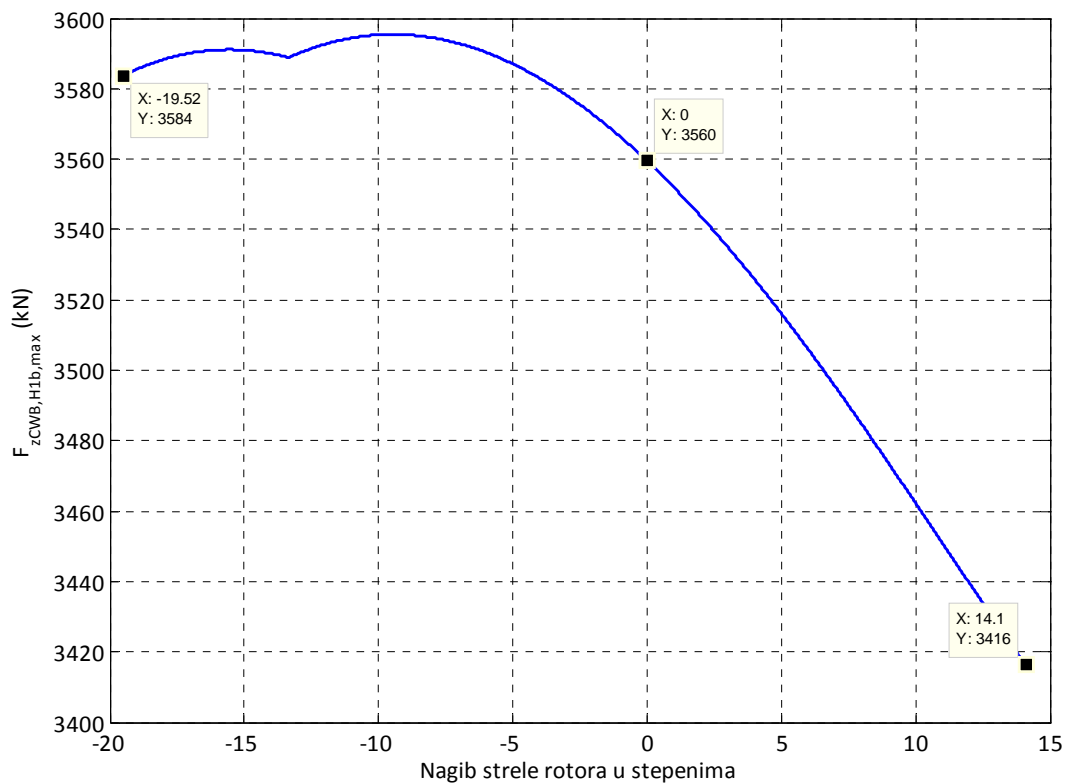
Слика 75: Максимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



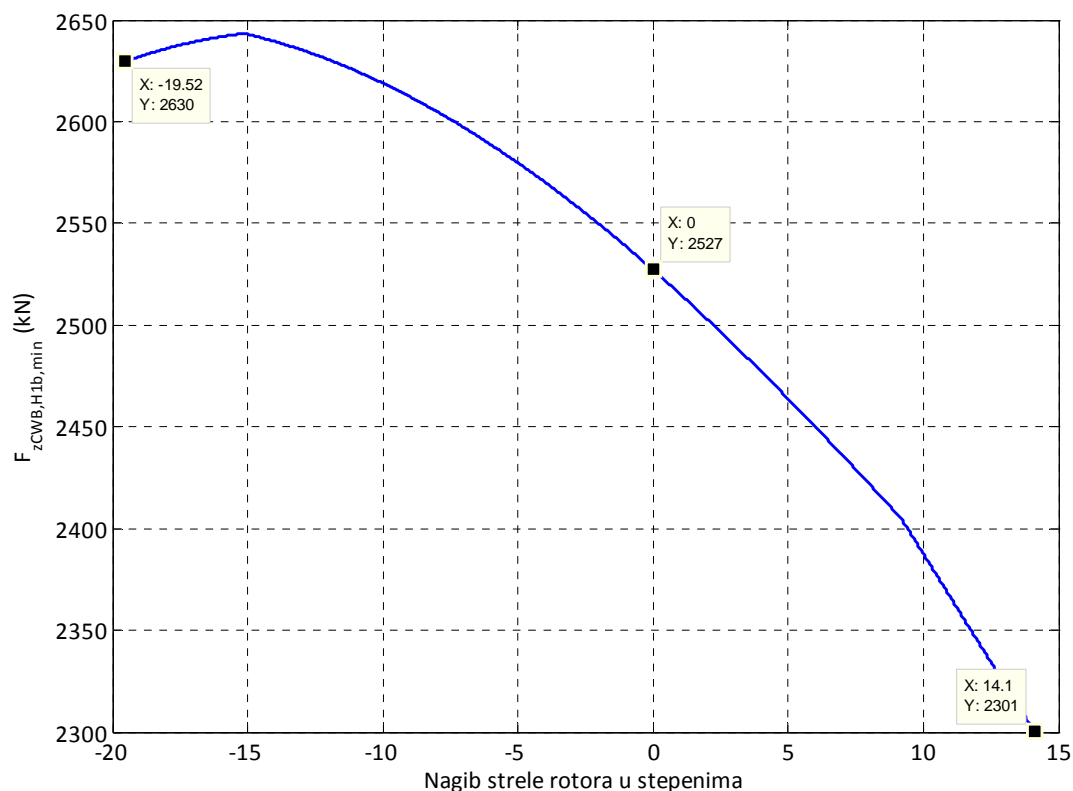
Слика 76: Минимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

8.6 ЕКСТРЕМНИ ИНТЕНЗИТЕТИ СИЛА У ЗАТЕГАМА СТРЕЛЕ БАЛАСТА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D=0$)

Зависности максималне и минималне силе у затегама стреле баласта од положаја стреле ротора приказане су на сликама 77 и 78.



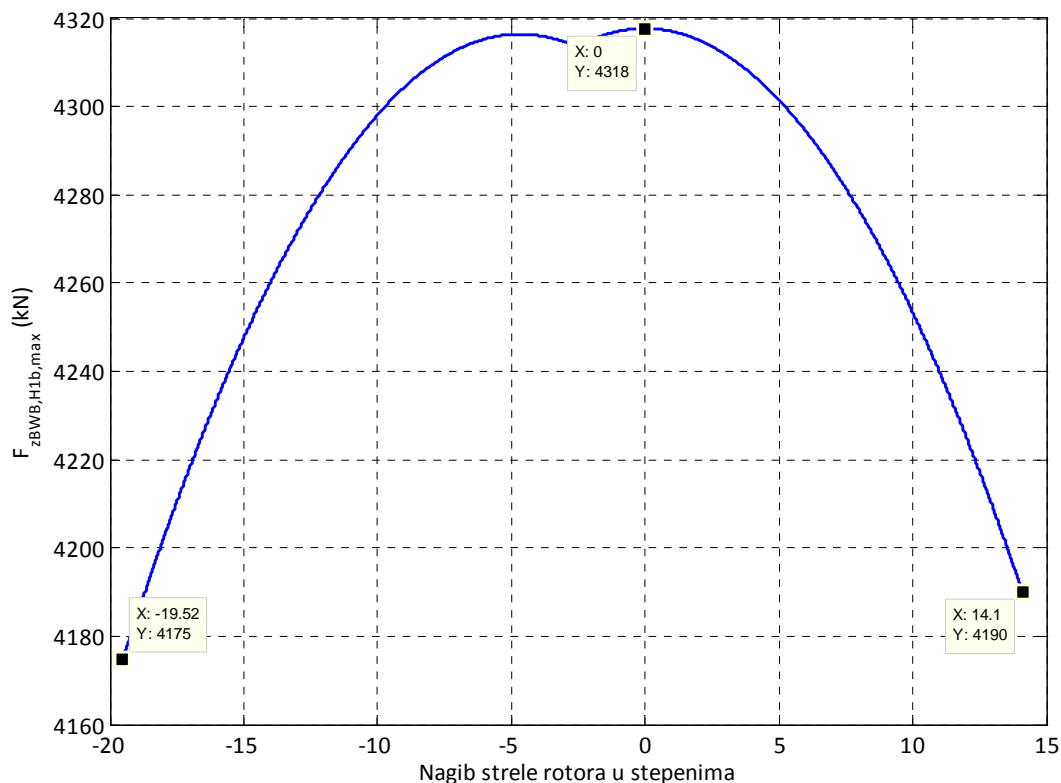
Слика 77: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)



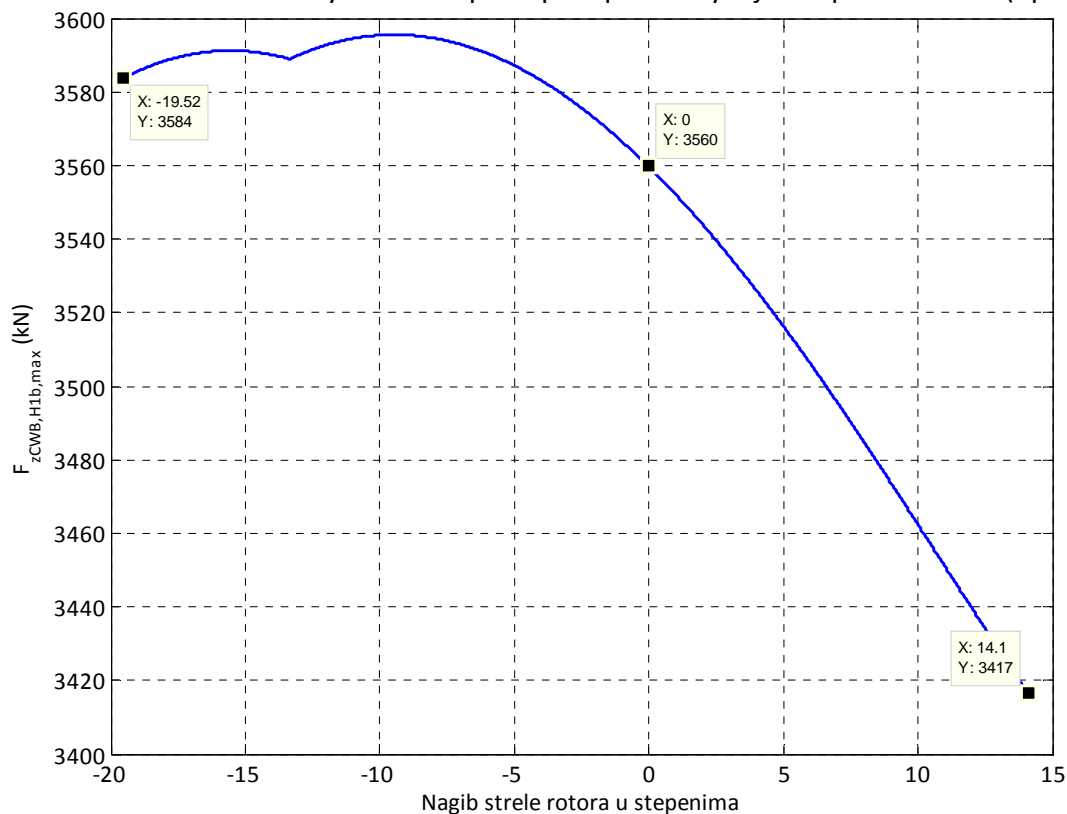
Слика 78: Минимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (за $D=0$)

8.7 МАКСИМАЛНЕ СИЛЕ У ЗАТЕГАМА ЗА СЛУЧАЈ ОПТЕРЕЋЕЊА H1b ($D \neq 0$)

Суперпонирајући динамичке ефекте који се јављају током рада багера ($D_V=0,1$ за стрелу ротора и $D_V=0,04$ за стуб 1 и стуб 2) са утицајем осталих оптерећења, добијају се максималне силе у затегама стреле ротора и стреле баласта, слике 79 и 80.



Слика 79: Максимална сила у затези стреле ротора за случај оптерећења H1b (при $D \neq 0$)



Слика 80: Максимална сила у затези стреле баласта за случај оптерећења H1b (при $D \neq 0$)

8.8 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА VII И VIII ФАЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

Упоредни преглед оптерећења ужади и затега добијених коришћењем апроксимативне шеме (у даљем тексту „АШ“, коришћена у Елаборатима 1 и 2 и у свим фазама истраживања, осим осме) и тачне шеме (у даљем тексту „ТШ“) поужавања катурача за подизање стреле ротора приказан је у табелама 37 и 38.

Табела 37

Положај стреле ротора	Параметар		
	Сила у ужету од сопствене тежине (kN) ¹⁾		Разлика
	АШ	ТШ	„ТШ-АШ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	256,6	259,3	2,7 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	247,2	248,9	1,7 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	237,1	236,6	-0,5 kN
	Притисак у хидроцилиндру од сопствене тежине (bar)		Разлика
Положај стреле ротора	АШ	ТШ	„ТШ-АШ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	111,3	112,5	1,2 bar
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	107,2	108,0	0,8 bar
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	102,8	102,6	-0,2 bar
	Сила у затези стреле ротора од сопствене тежине (kN) ¹⁾		Разлика
Положај стреле ротора	АШ	ТШ	„ТШ-АШ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2924	2924	0 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	3051	3051	0 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2924	2924	0 kN
максимум	3055	3055	0 kN
	Сила у затези стреле баласта од сопствене тежине (kN) ¹⁾		Разлика
Положај стреле ротора	АШ	ТШ	„ТШ-АШ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2854	2755	-99 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2812	2700	-112 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2673	2543	-130 kN
максимум	2869	2766	-103 kN

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

Табела 38

Случај оптерећења H1b (D=0)	АШ	ТШ	Разлика „ТШ-АШ“
Максимална сила у ужету (kN) ¹⁾	335,6	339,1	3,5 kN
Минимална сила у ужету (kN) ¹⁾	229,2	228,7	-0,5 kN
Максимална сила у затези стреле ротора (kN) ¹⁾	4013	4013	0 kN
Минимална сила у затези стреле ротора (kN) ¹⁾	2839	2839	0 kN
Максимална сила у затези стреле баласта (kN) ¹⁾	3733	3595	-138 kN
Минимална сила у затези стреле баласта (kN) ¹⁾	2566	2301	-265 kN
Случај оптерећења H1b (D≠0)			
Максимална сила у затези стреле ротора (kN) ¹⁾	4318	4318	0 kN
Максимална сила у затези стреле баласта (kN) ¹⁾	3733	3596	-137kN

¹⁾За $g=10 \text{ m/s}^2$

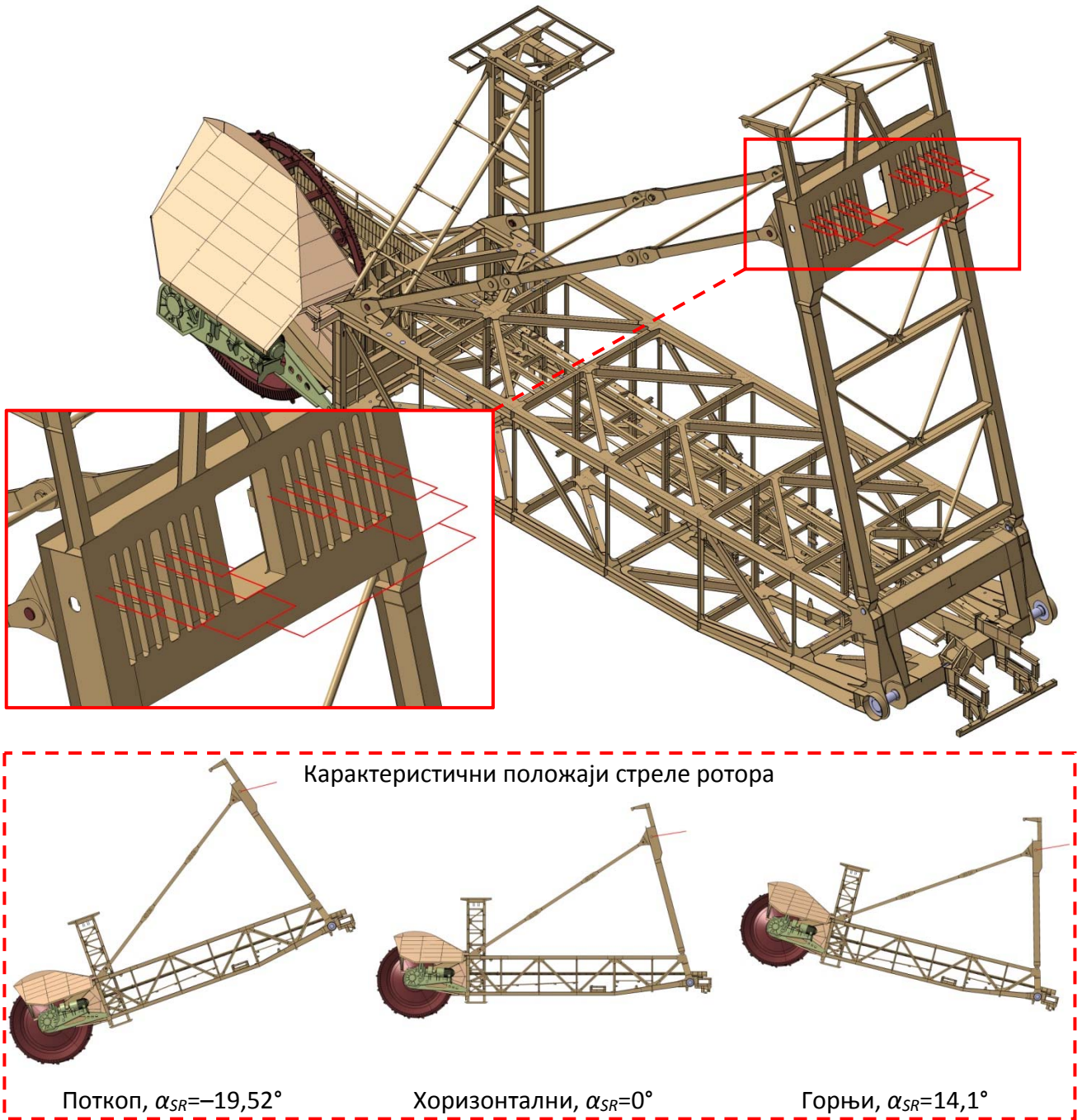
На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Уколико се у прорачунском моделу користи тачна шема поужавања котураче за дизање стреле ротора, за случај дејства сопствене тежине интензит силе у ужету већи је за 2,7 kN у доњем положају стреле ротора, односно, за 1,7 kN при хоризонталном положају стреле ротора, док је у горњем положају стреле ротора мањи за 0,5 kN. Максимална сила у ужету за случај оптерећења H1b (D=0) већа је за 3,5 kN код модела са тачном шемом поужавања, док је минимална сила у ужету мања за 0,5 kN.
2. Интензитет силе у затези стреле ротора је практично неосетљив на апроксимацију шеме поужавања котураче за дизање стреле ротора.
3. Модел развијен на основу тачне шеме поужавања даје ниже интензитете сила у затези стреле баласта. За случај дејства сопствене тежине највећи утицај јавља се када се стрела ротора налази у горњем положају; тада смањење интензитета силе у затези баласта износи 130 kN. За случај оптерећења H1b, смањење максималног интензитета силе у затези стреле баласта износи 137 kN.

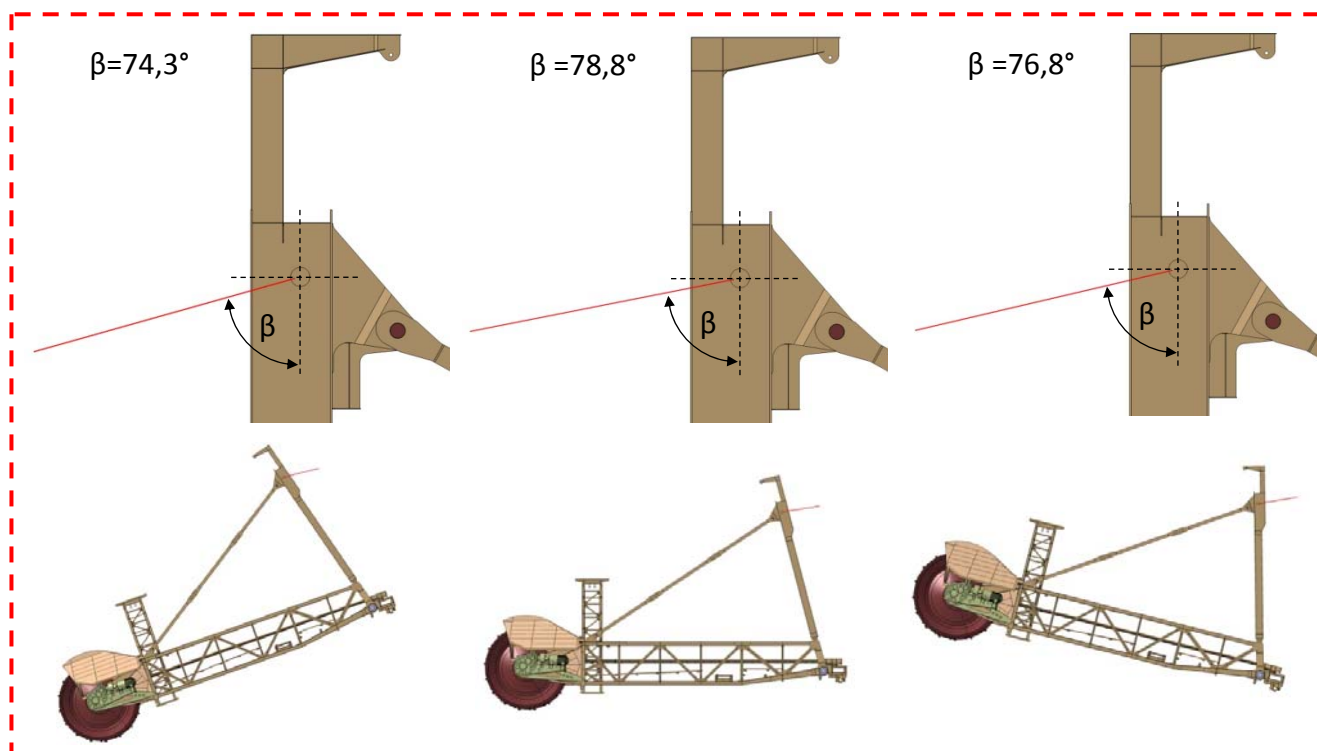
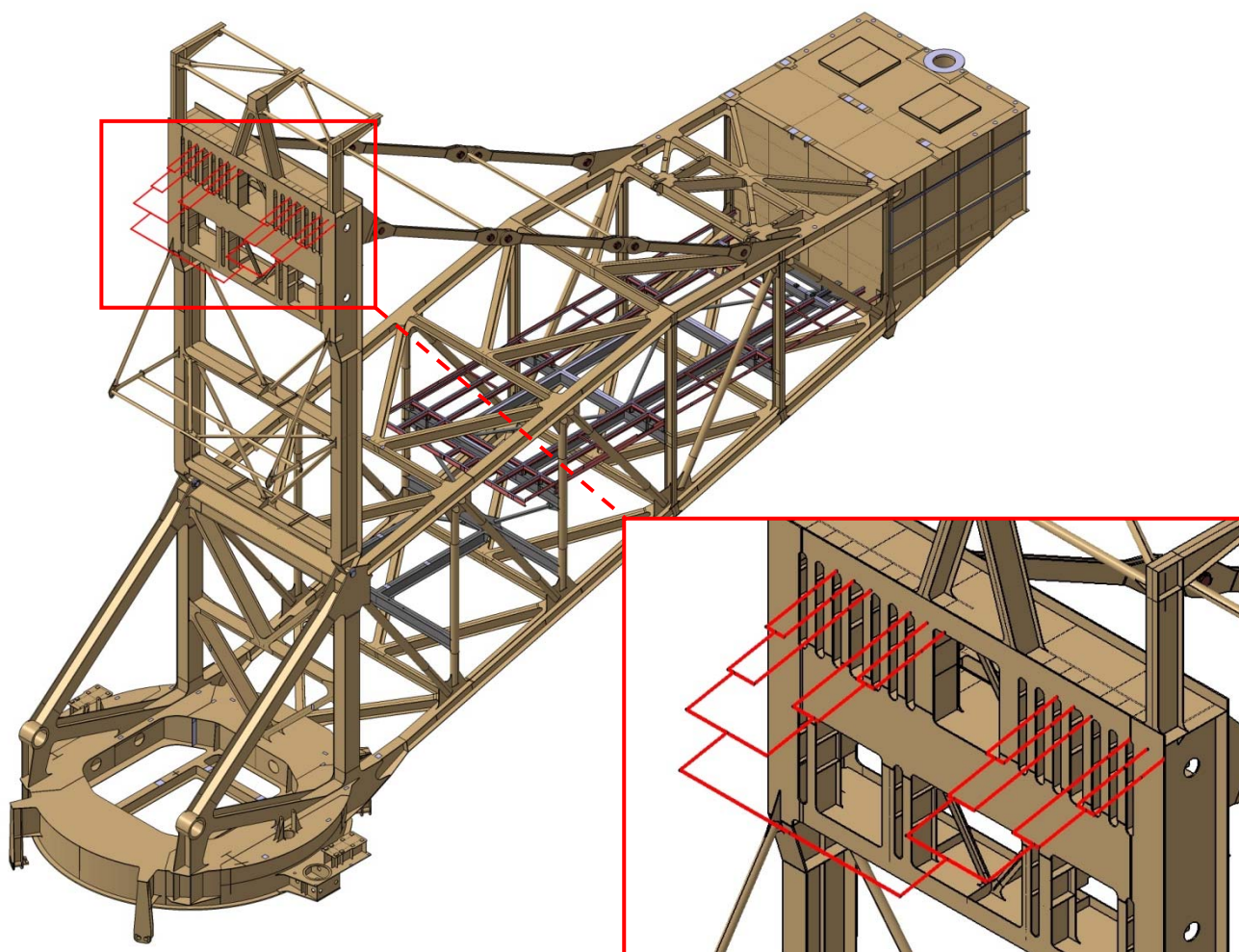
9.0

ДЕВЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:**Идентификација напонских стања структурних елемената горње градње на линији мониторинга**

Да би се извршила идентификација напонског стања структурних елемената горње градње обухваћених системом мониторинга, на основу 3Д модела, слике 1-3, развијен је коначноелементни модел горње градње. Његове подструктуре приказане су на сликама 81 и 82.



Слика 81: 3Д модел подструктуре стреле ротора.



Слика 82: 3Д модел подструктуре модел стреле баласта са стубом 2, затегама и обртном платформом

9.1 УЗАЈАМНА ВАЛИДАЦИЈА КОНАЧНОЕЛЕМЕНТНОГ И АНАЛИТИЧКОГ МОДЕЛА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ

Упоредни приказ оптерећења виталних елемената (ужад котураче за подизање стреле ротора, затеге стреле ротора и стреле баласта) за карактеристичне геометријске конфигурације горње градње, дат је у табели 39. На основу презентираних података и чињенице да су одступања резултата занемарљиво мала, закључује се да постоји потпуна сагласност резултата добијених коначноелементом анализом (КЕМ) и аналитичким поступком (ТШ).

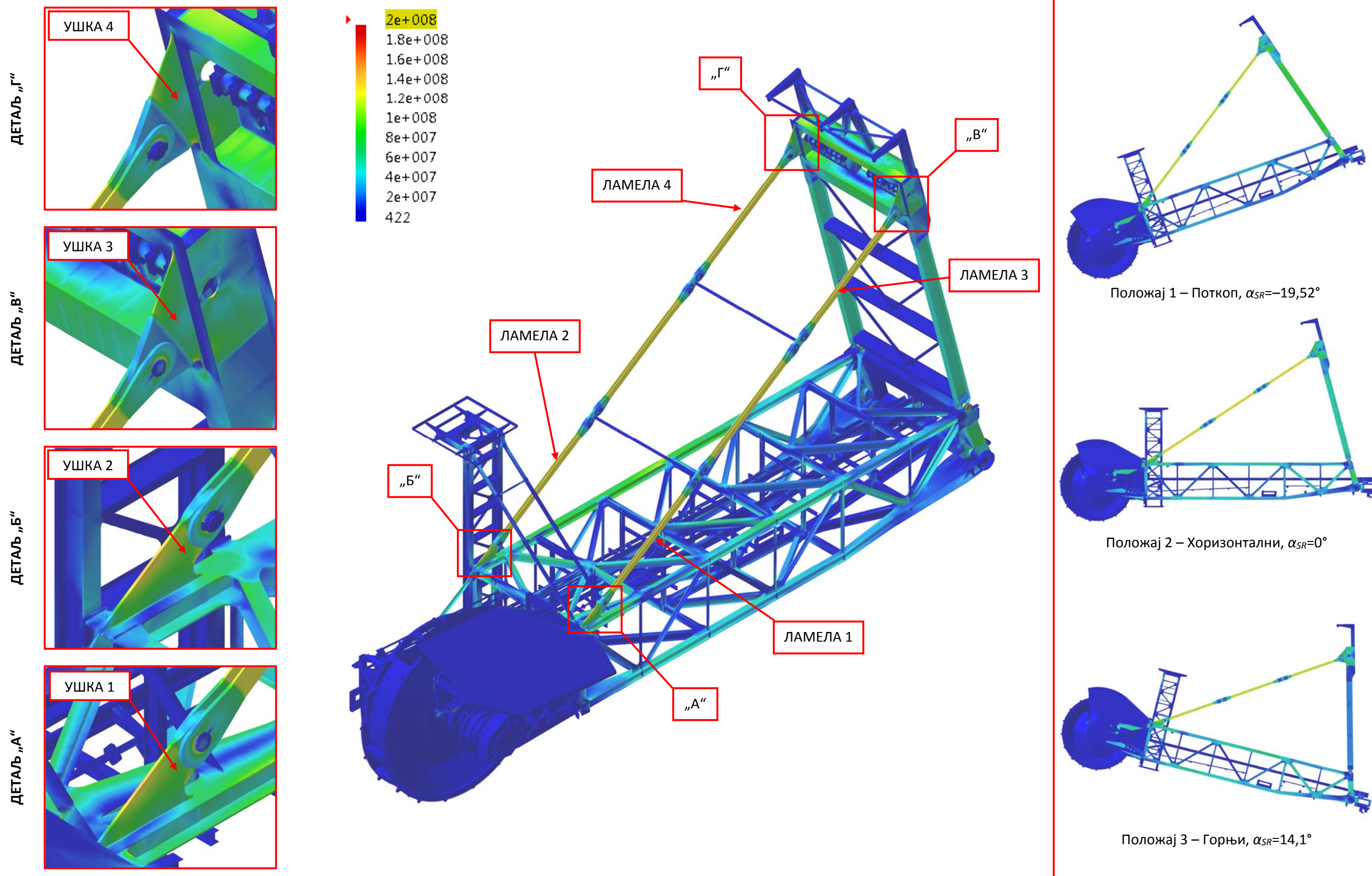
Табела 39

Положај стреле ротора	Параметар		
	Сила у ужету од сопствене тежине (kN)		Разлика
	КЕМ	ТШ ¹⁾	„ТШ-КЕМ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	255,0	254,4	-0,6 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	243,9	244,2	0,3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	231,3	232,1	0,8 kN
	Сила у затези стреле ротора од сопствене тежине (kN)		Разлика
Положај стреле ротора	КЕМ	ТШ ¹⁾	„ТШ-КЕМ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2873	2868	-5 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2996	2993	-3 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2873	2868	-5 kN
	Сила у затези стреле баласта од сопствене тежине (kN)		Разлика
Положај стреле ротора	КЕМ	ТШ ¹⁾	„ТШ-КЕМ“
Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	2703	2703	0 kN
Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	2649	2649	0 kN
Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	2495	2495	0 kN

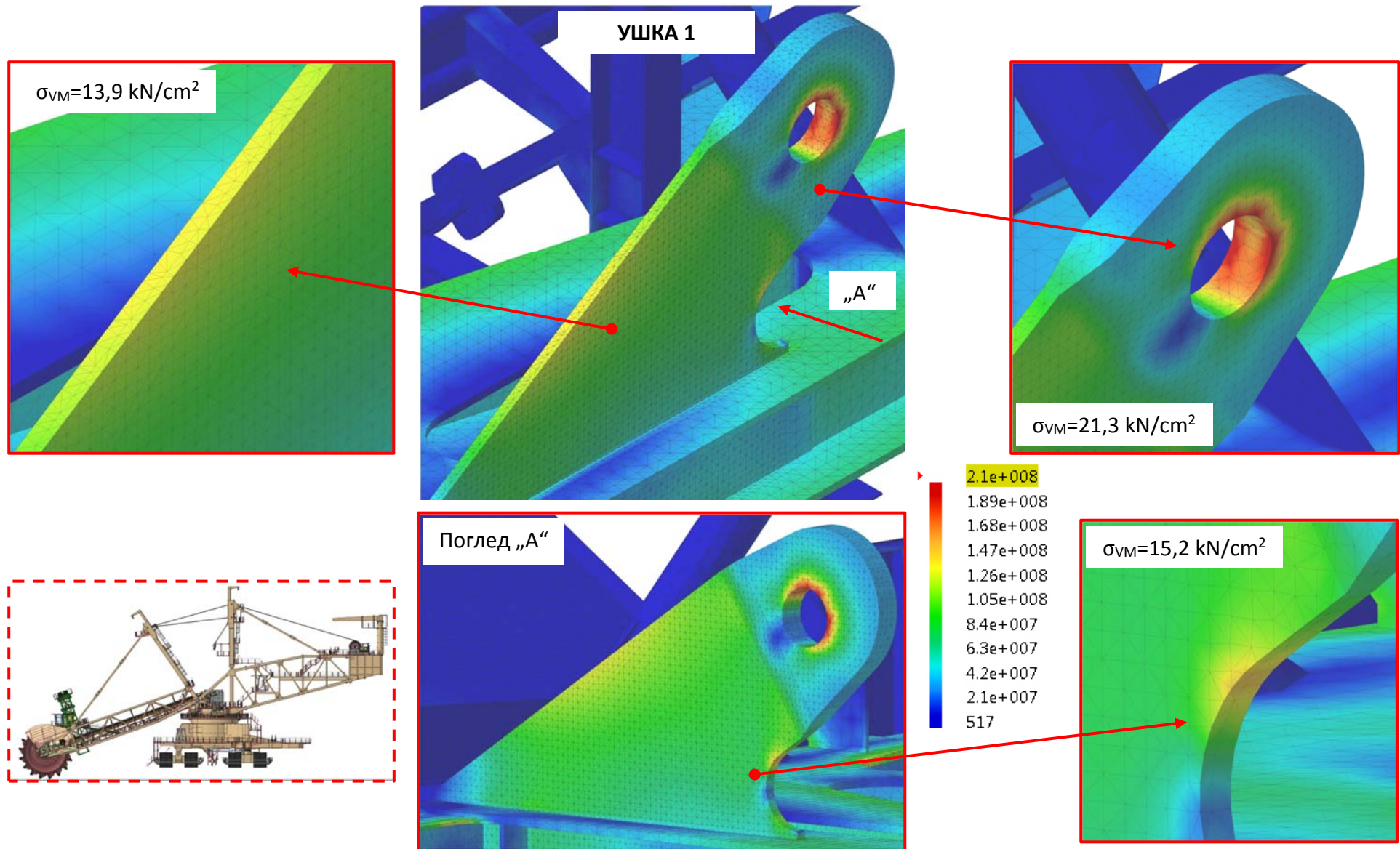
¹⁾За $g=9.81 \text{ m/s}^2$

9.2 НАПОНСКА СТАЊА СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНАТА ГОРЊЕ ГРАДЊЕ НА ЛИНИЈИ МОНИТОРИНГА

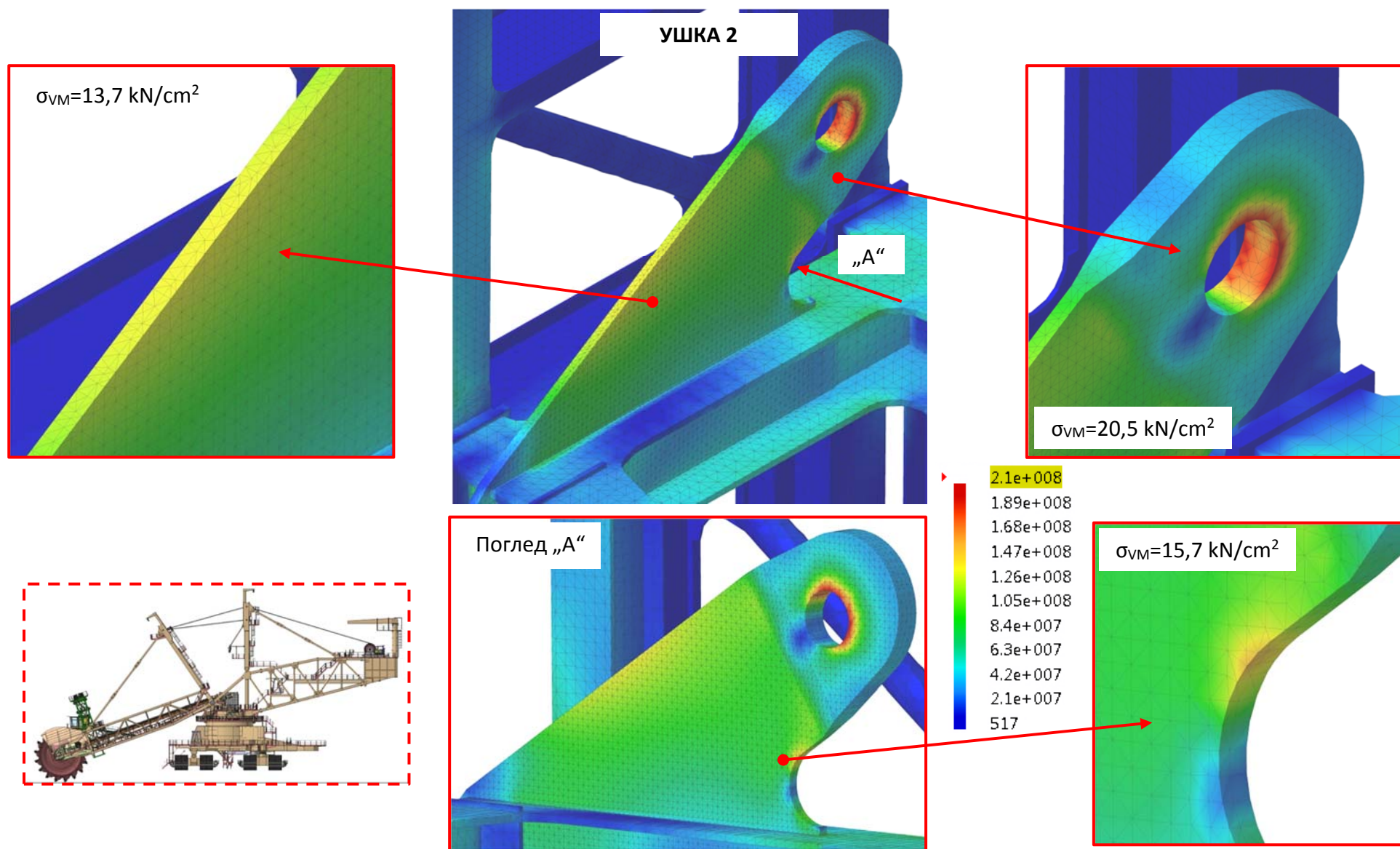
Мониторингом напонских стања обухваћени су витални елементи структуре горње градње. Идентификација и положај мерних места дати су у прилогу 10. Напонска стања елемената структуре горње градње под дејством сопствене тежине приказана су на сликама 83–108. Бројне вредности упоредних напона у мерним местима дате су у табели 40.



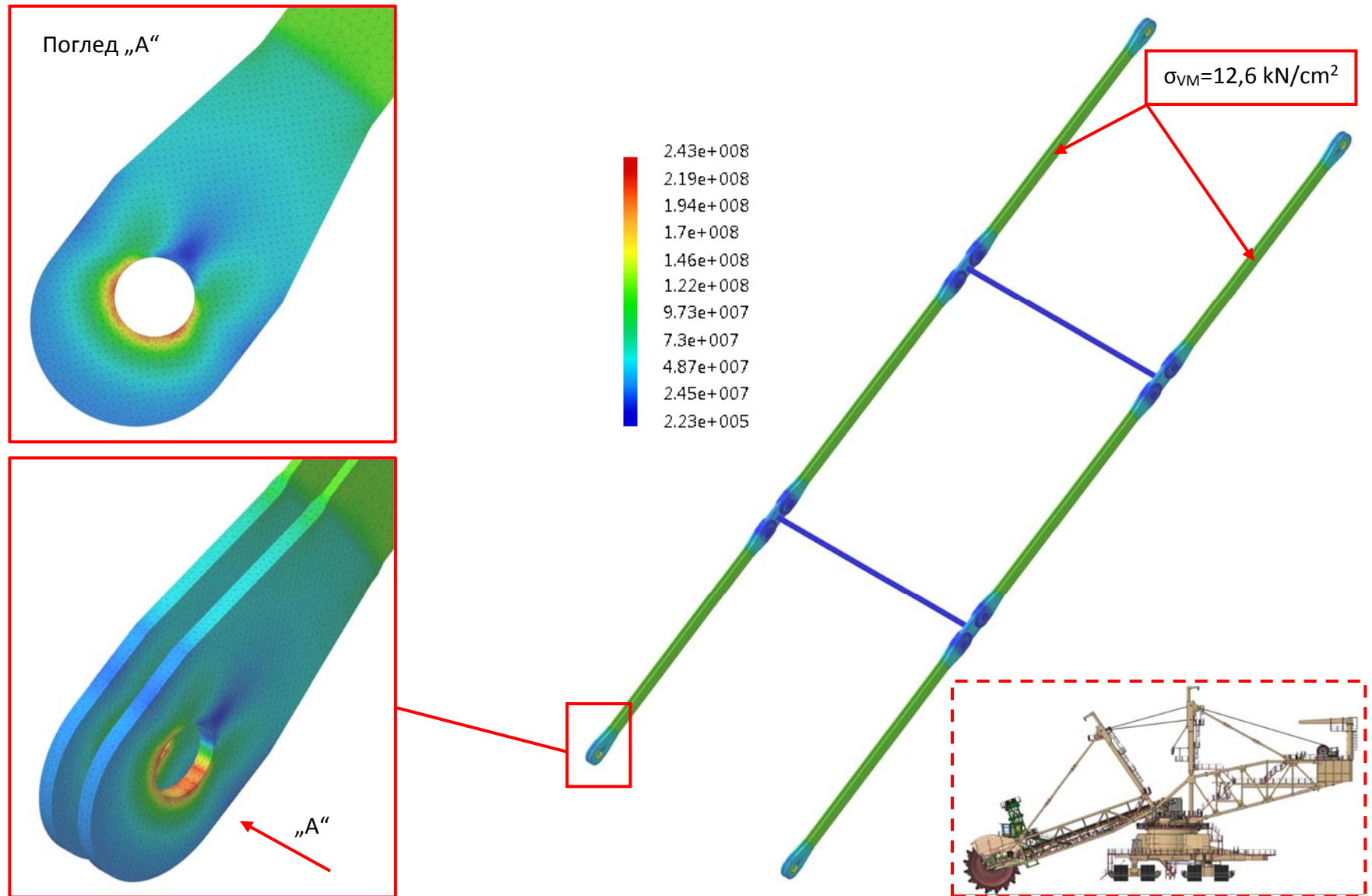
Слика 83: Напонско поље структуре стреле ротора, стуба 1 и затега на стрели ротора (вредности напона веће од 20 kN/cm² приказане су црвеном бојом)



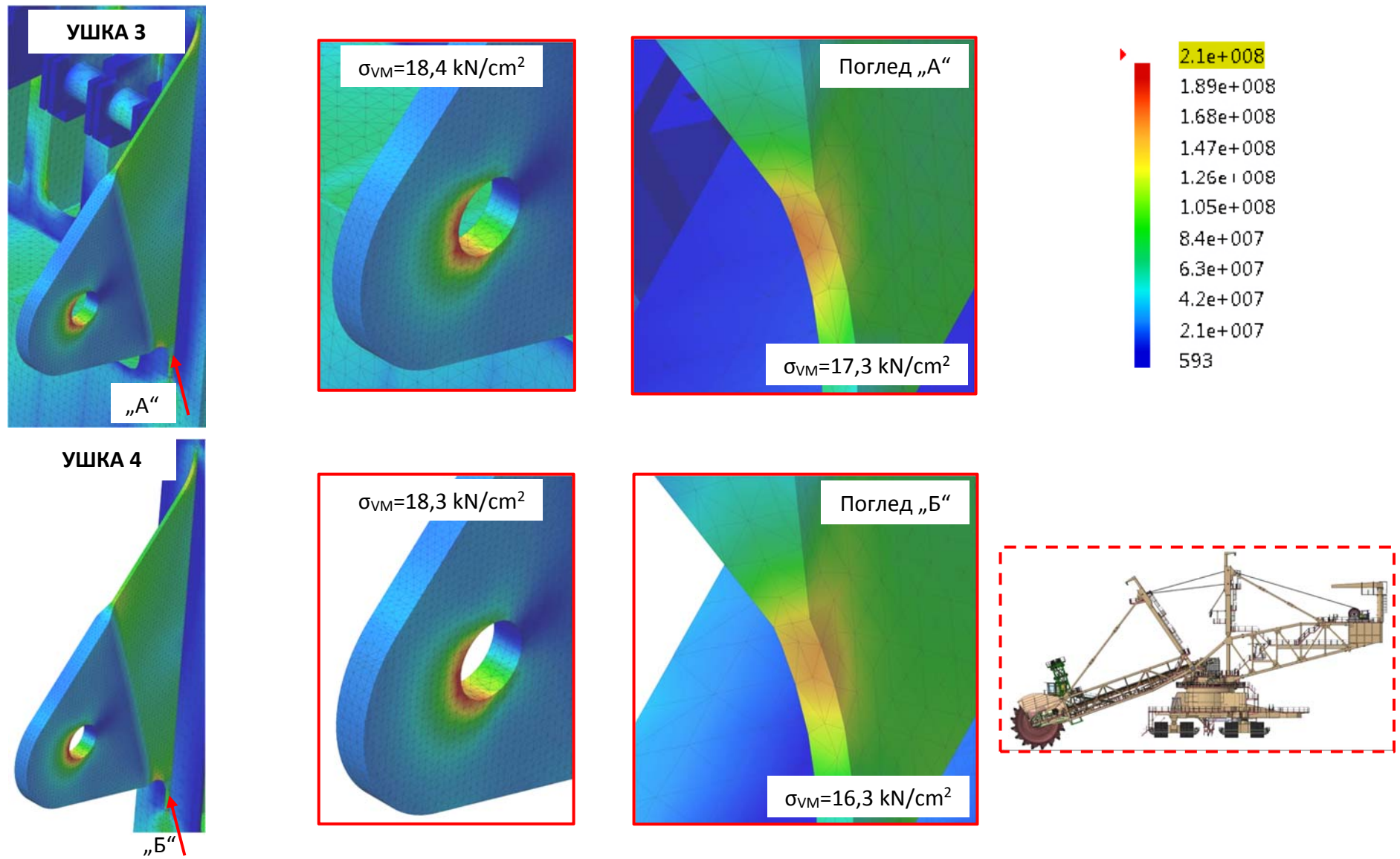
Слика 84: Напонско поље структуре ушке 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



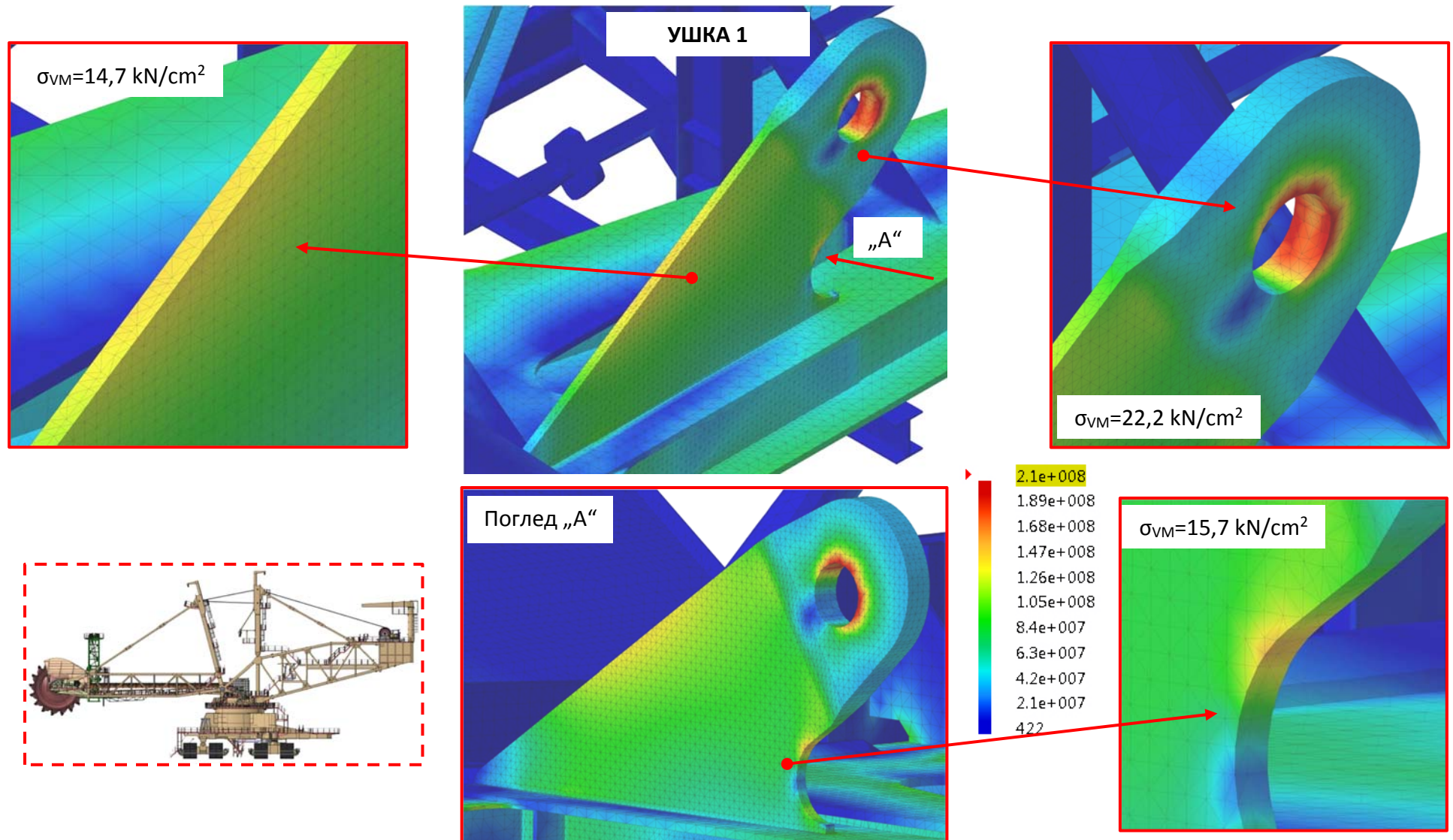
Слика 85: Напонско поље структуре ушке 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



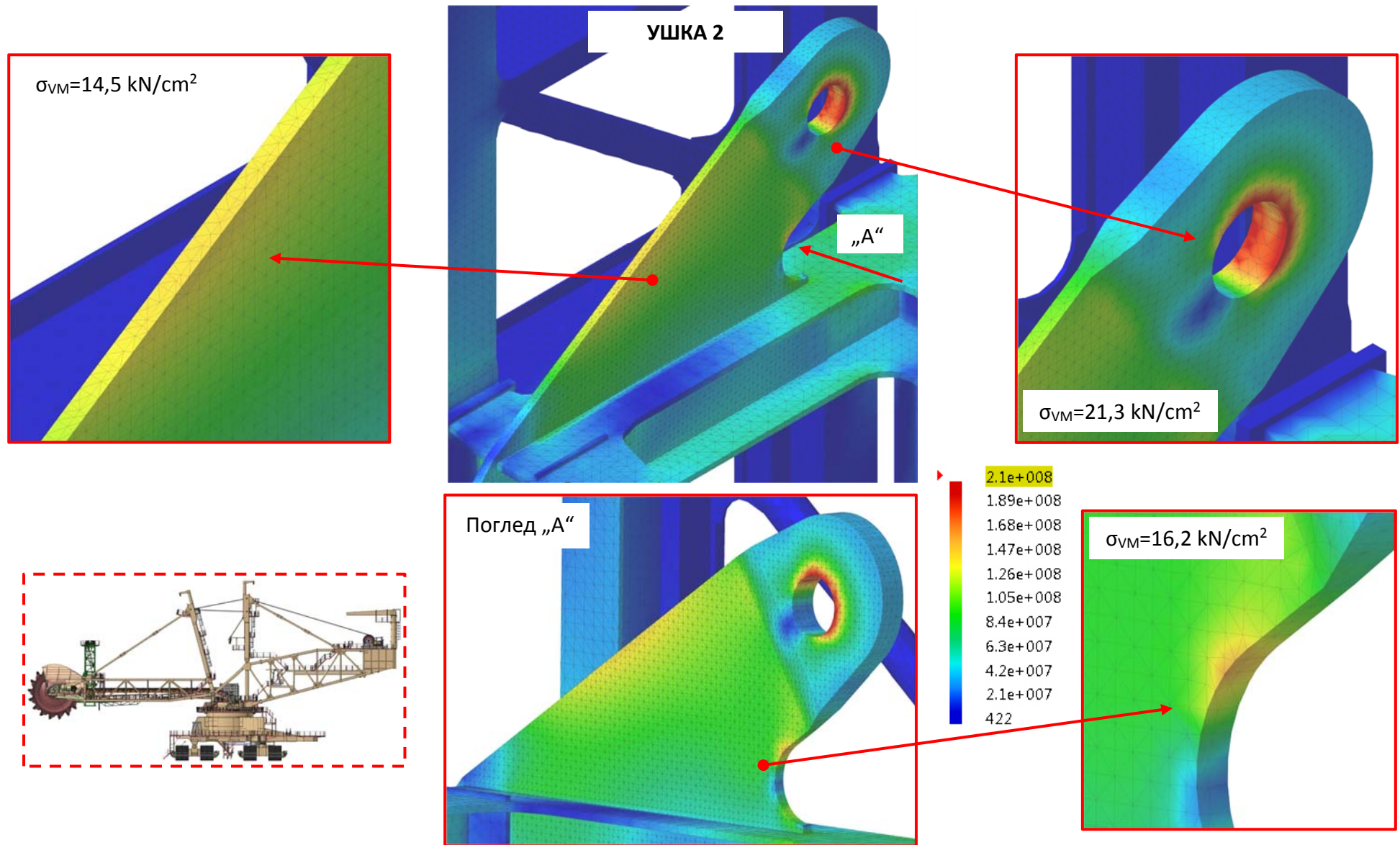
Слика 86: Напонско поље структуре затега на стрели ротора



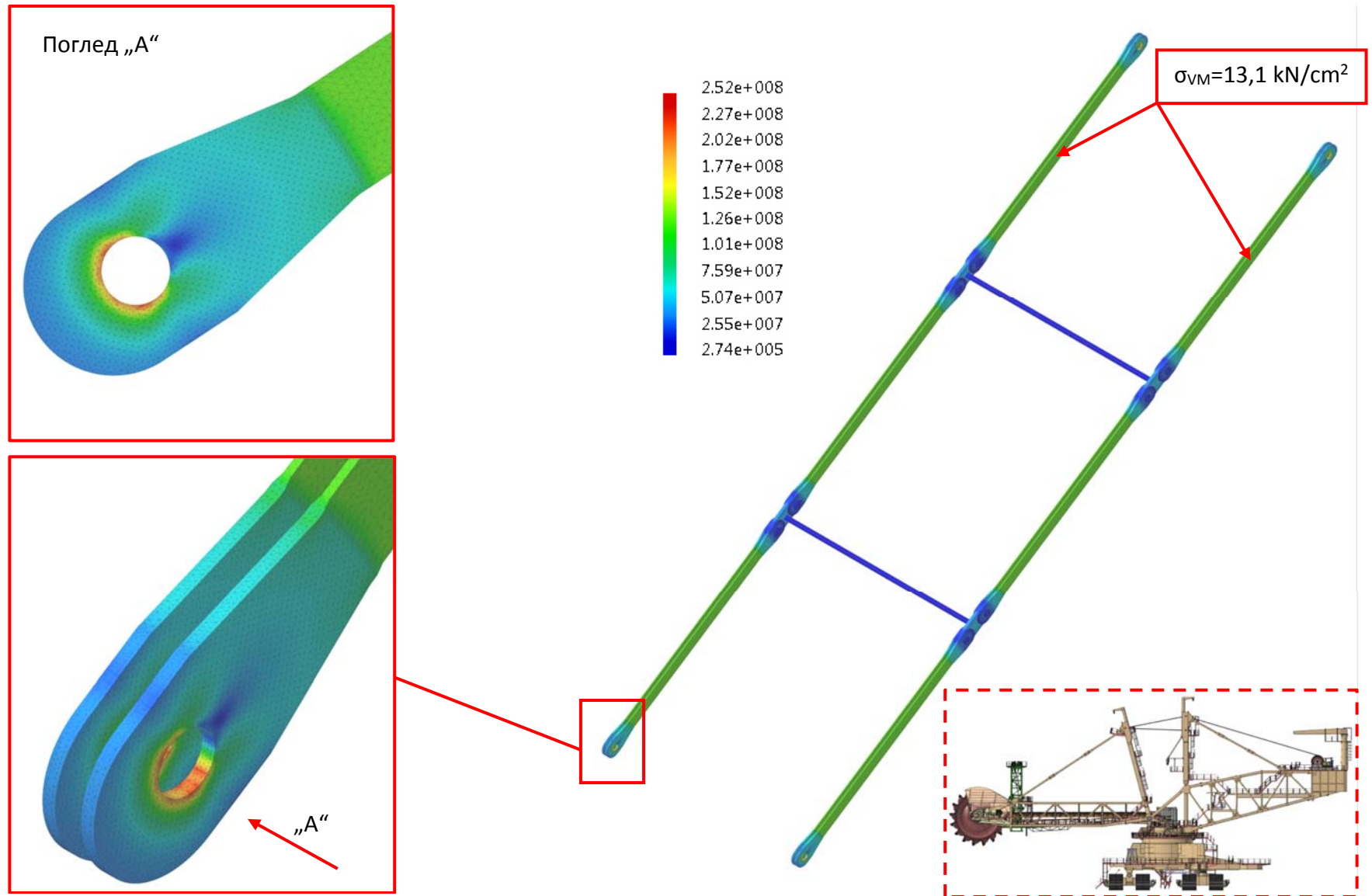
Слика 87: Напонско поље структуре стуба 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



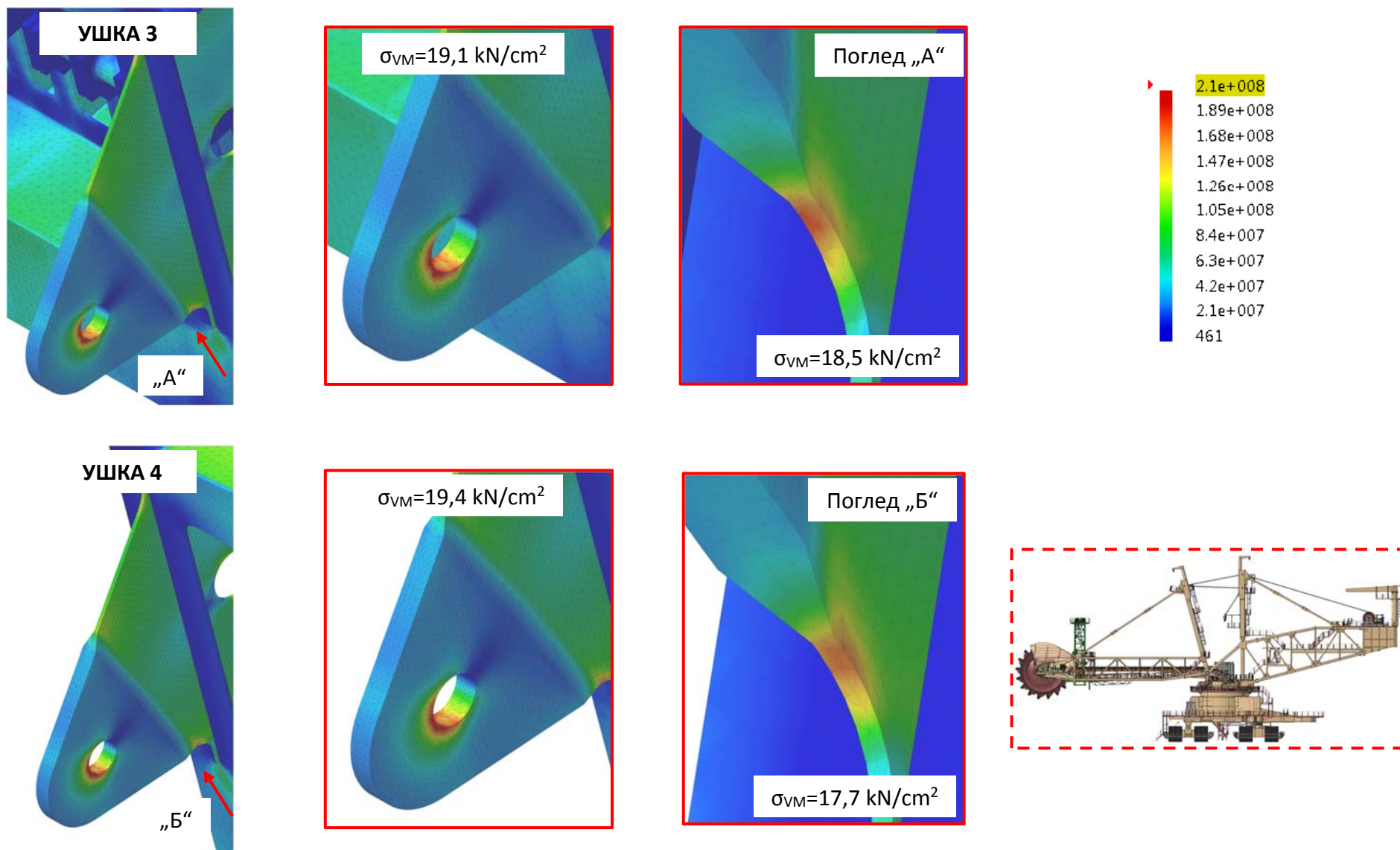
Слика 88: Напонско поље структуре ушке 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm² приказане су црвеном бојом)



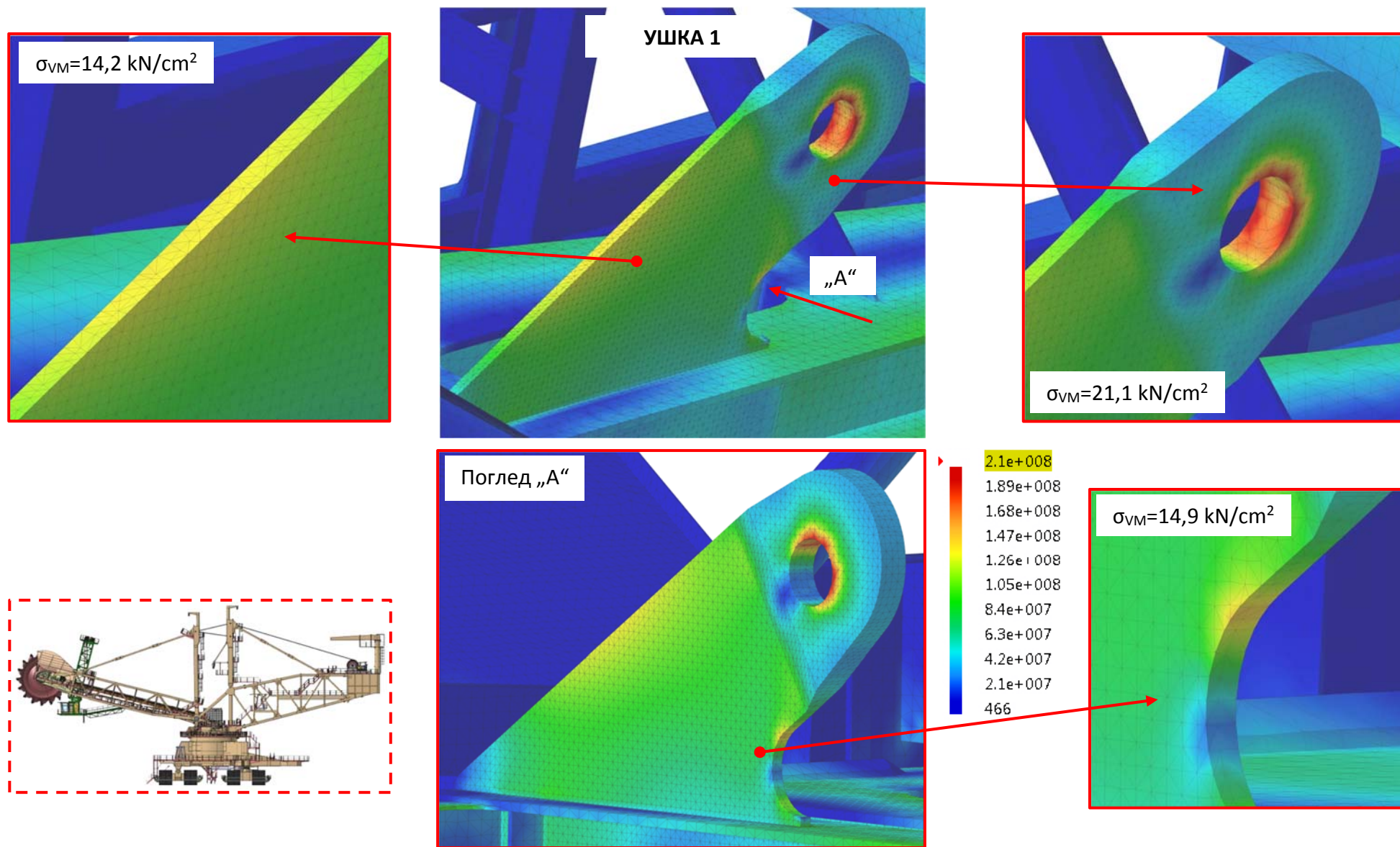
Слика 89: Напонско поље структуре ушке 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



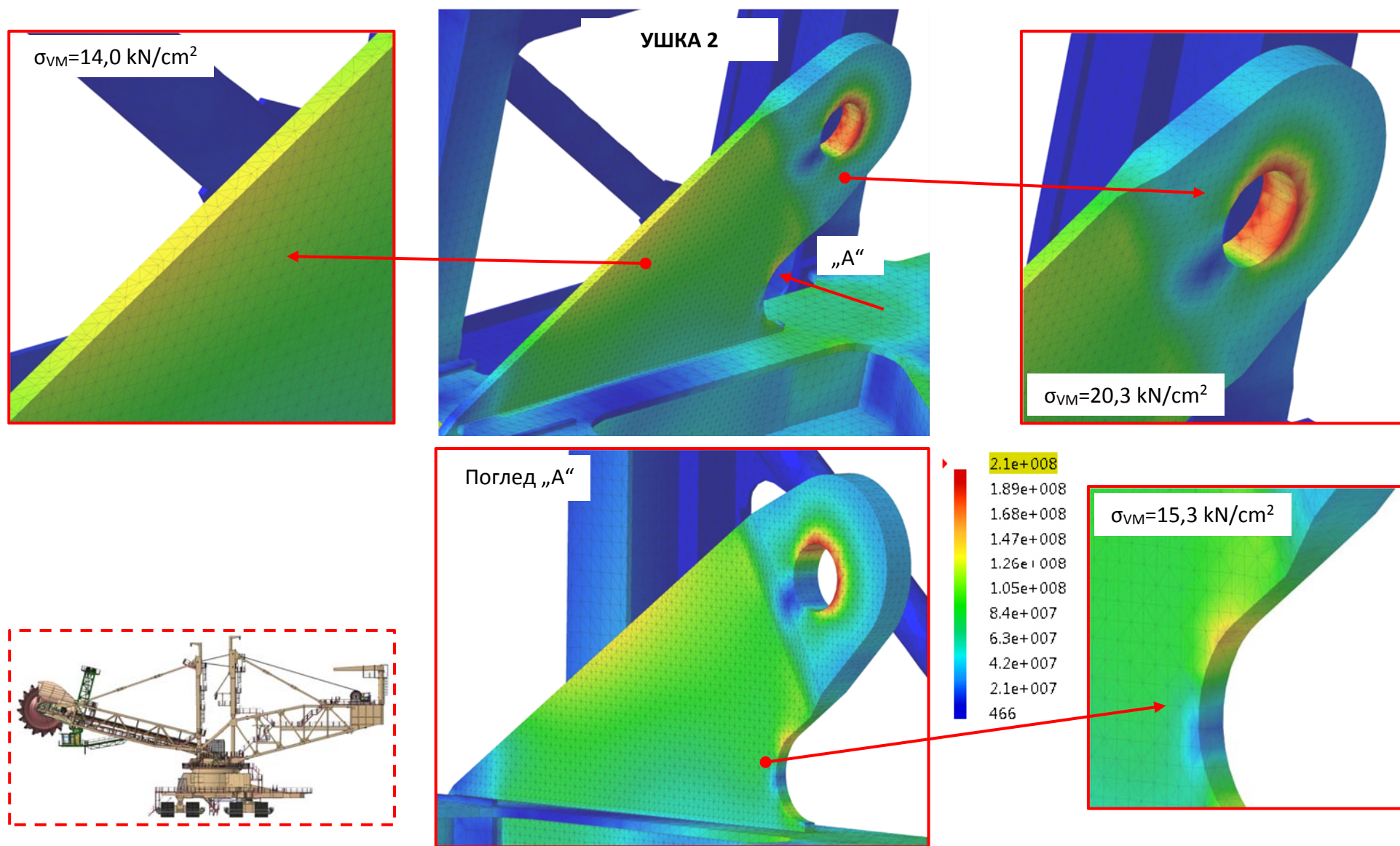
Слика 90: Напонско поље структуре затега на стрели ротора



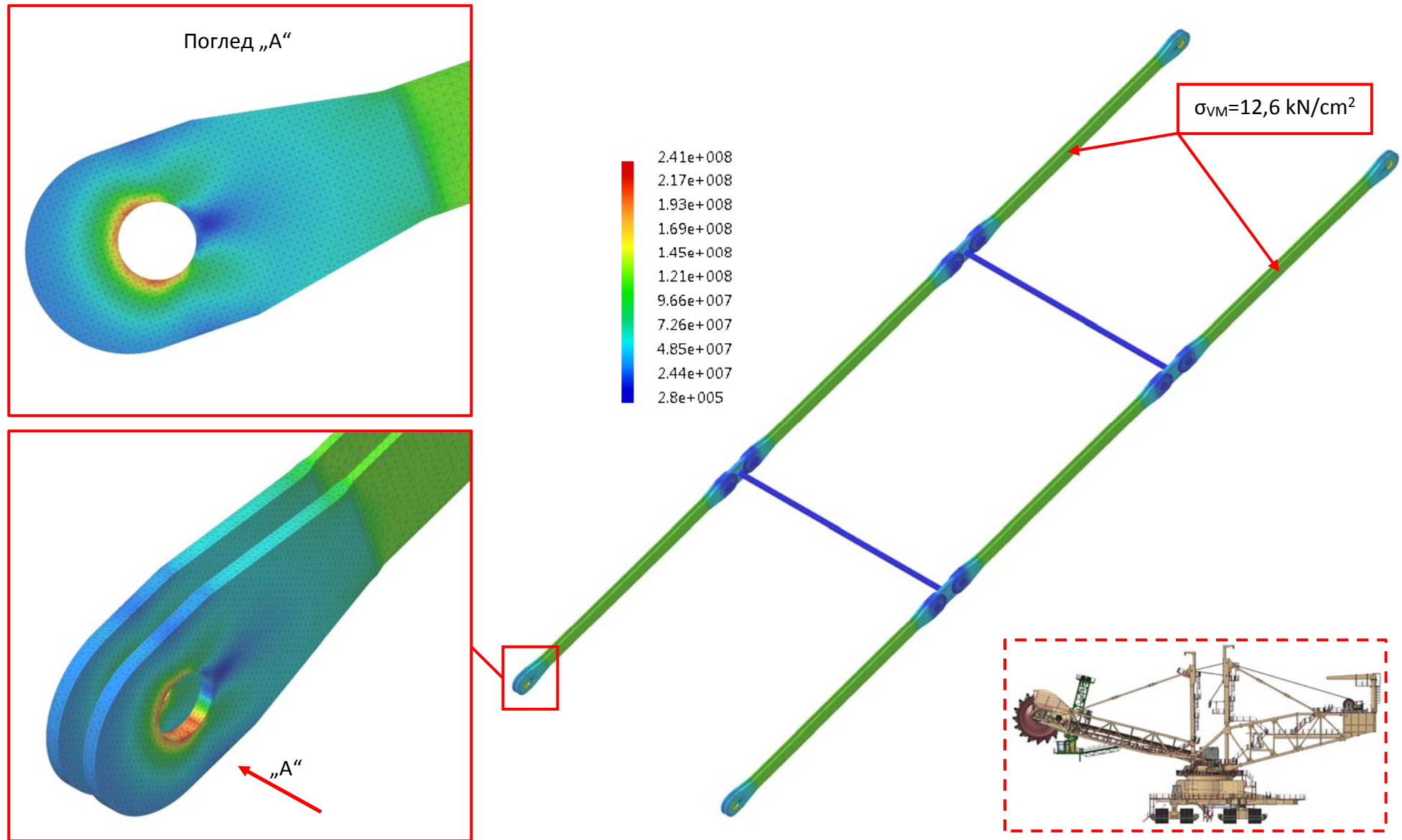
Слика 91: Напонско поље структуре стуба 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



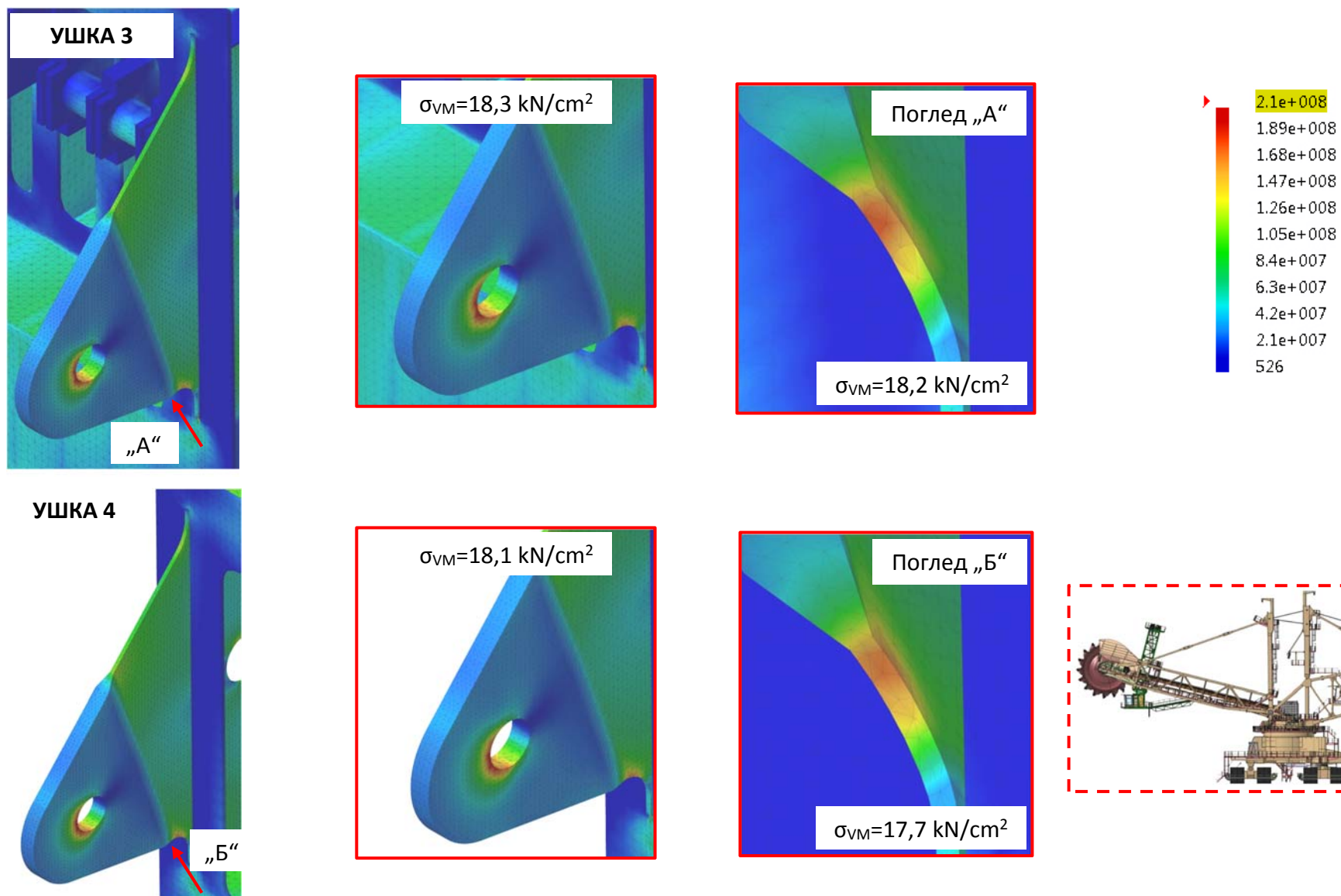
Слика 92: Напонско поље структуре ушке 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



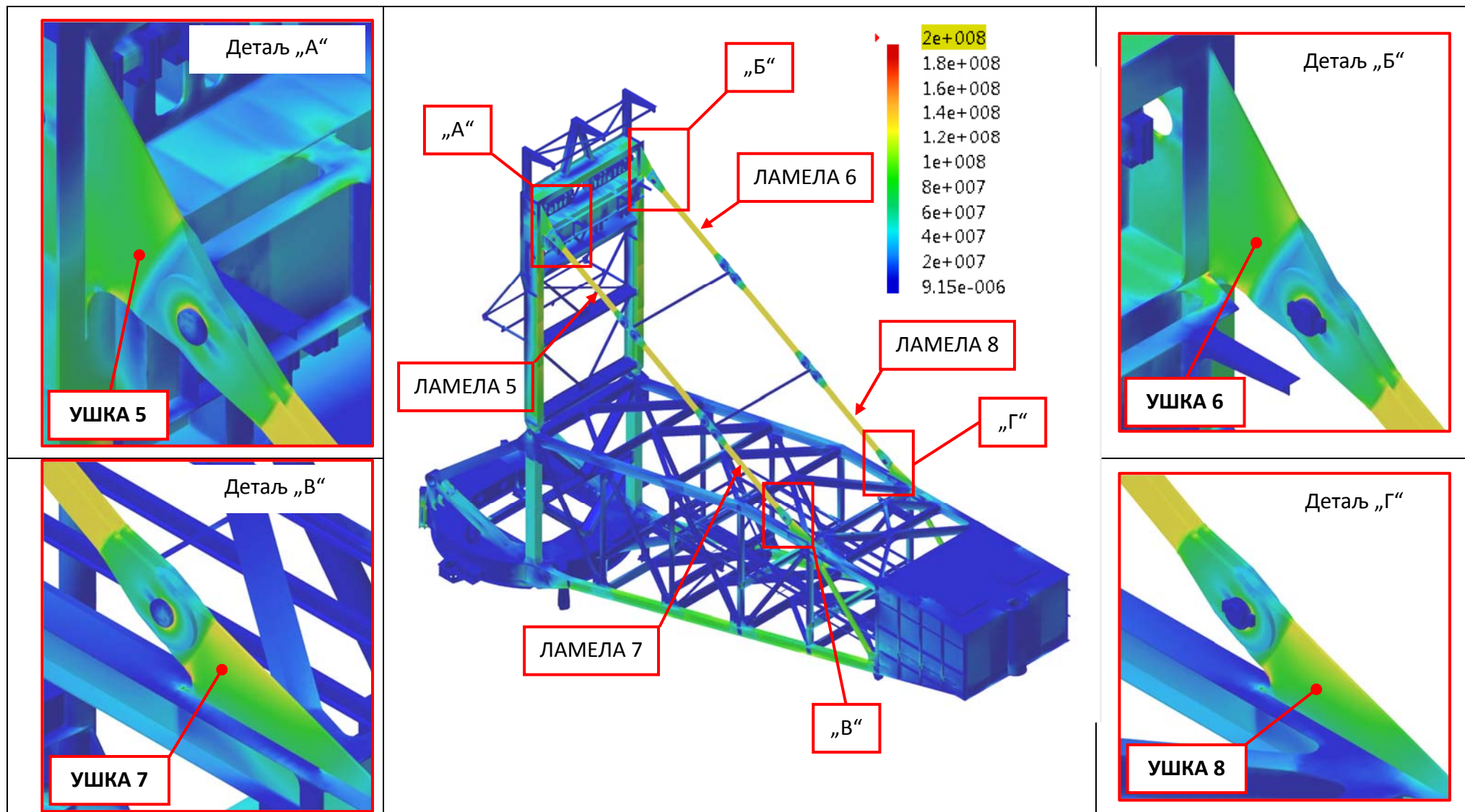
Слика 93: Напонско поље структуре ушке 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



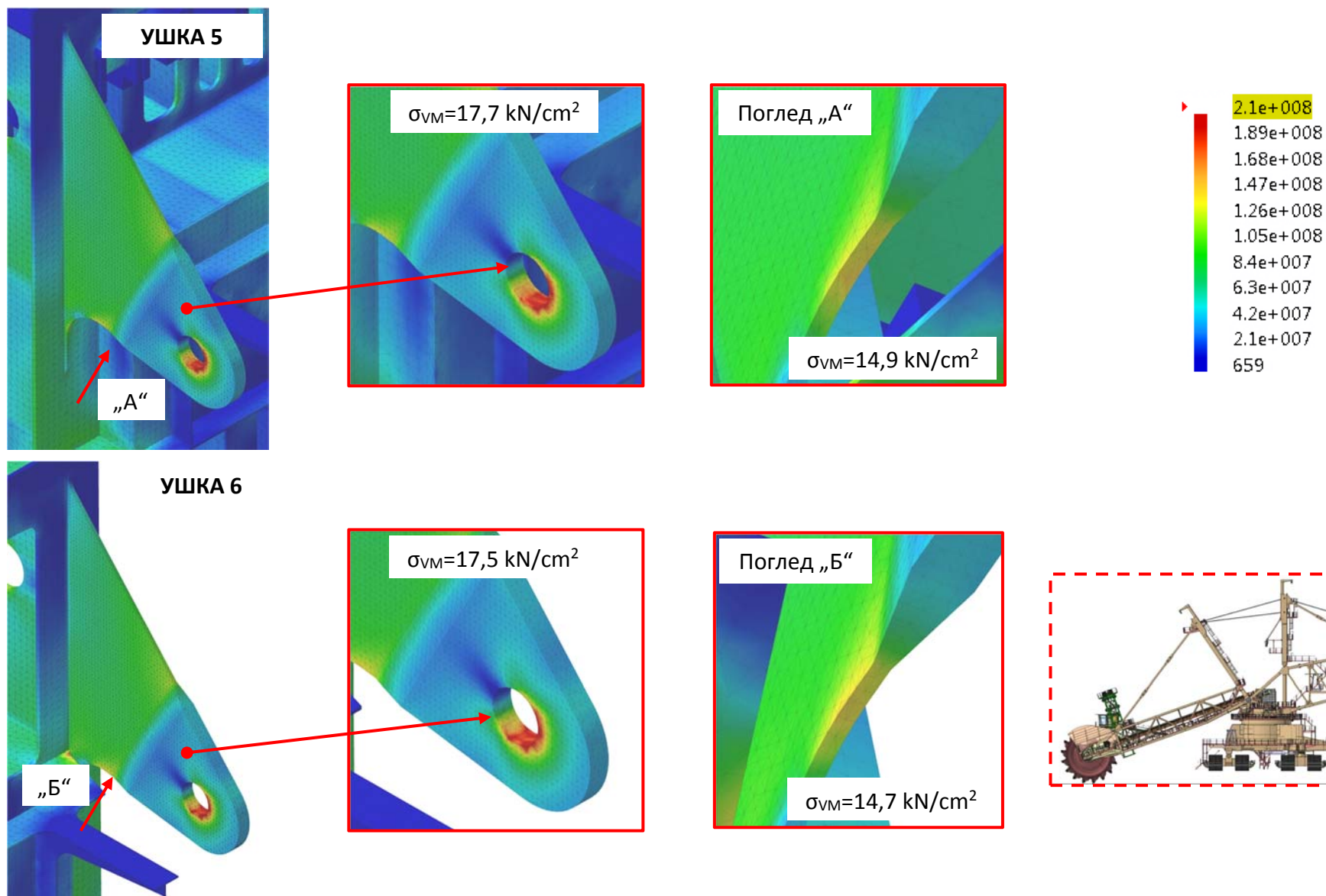
Слика 94: Напонско поље структуре затега на стрели ротора



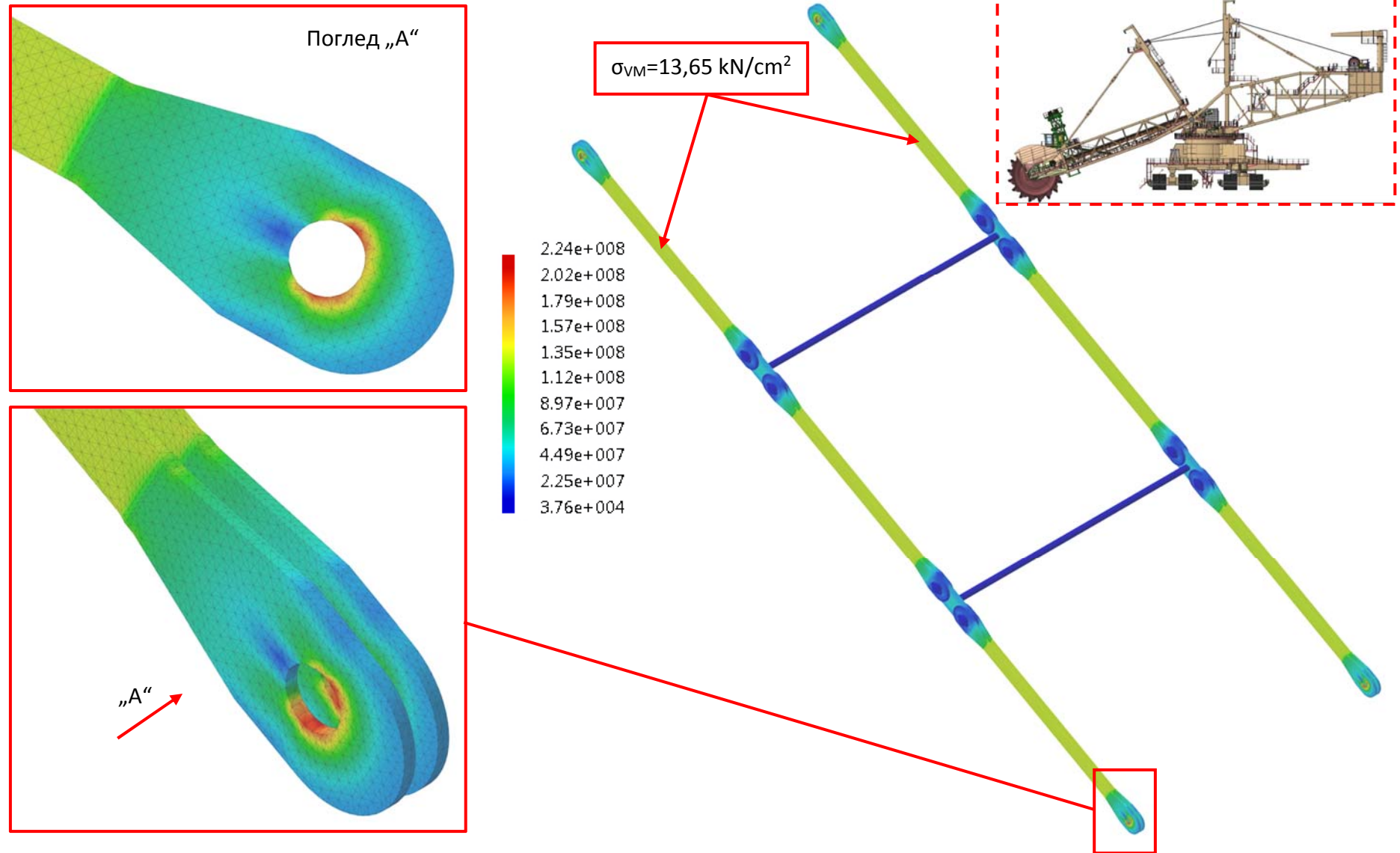
Слика 95: Напонско поље структуре стуба 1
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



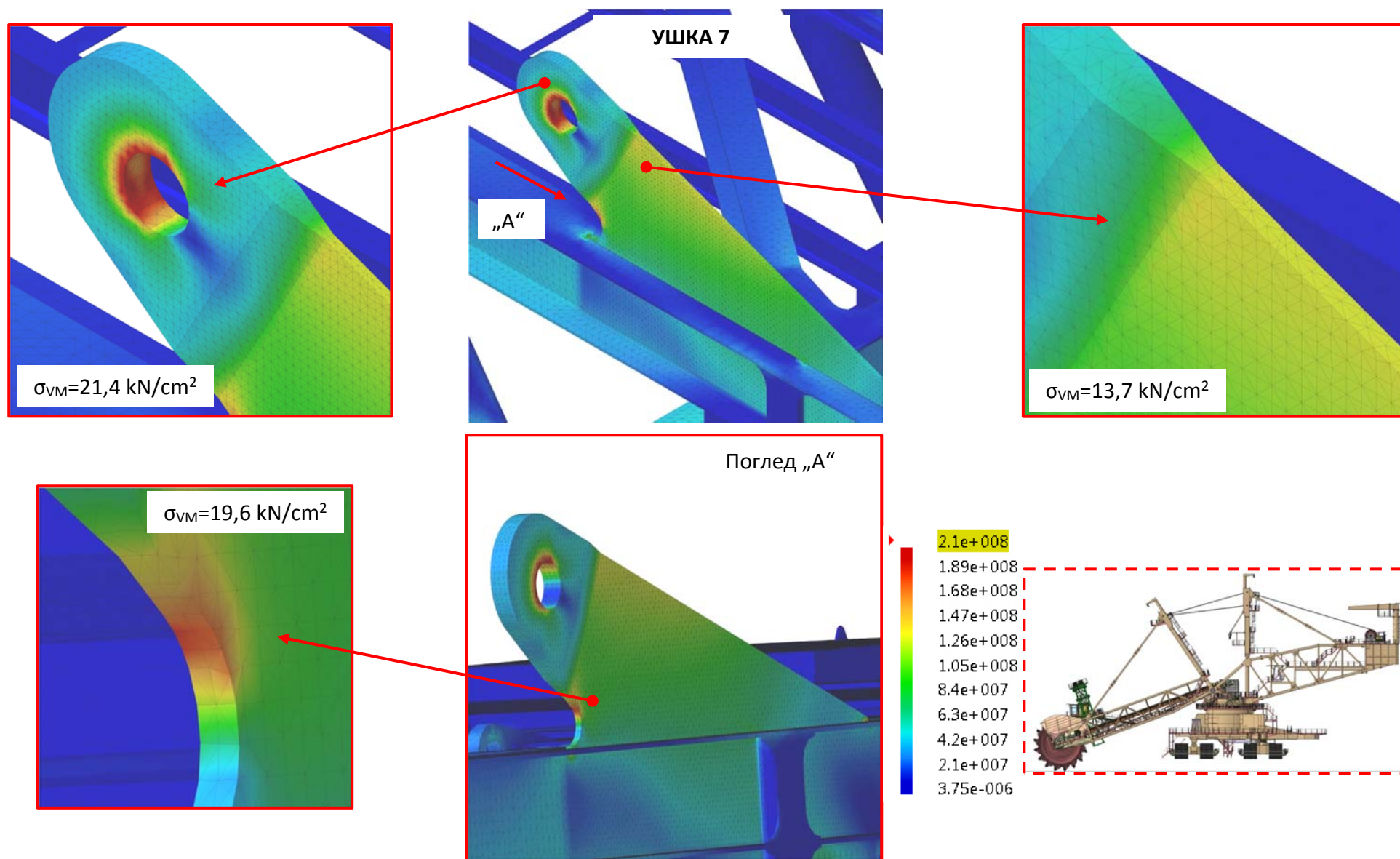
Слика 96: Напонско поље структуре стреле баласта, стуба 2, обртне платформе и затега на стрели баласта (вредности напона веће од 20 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



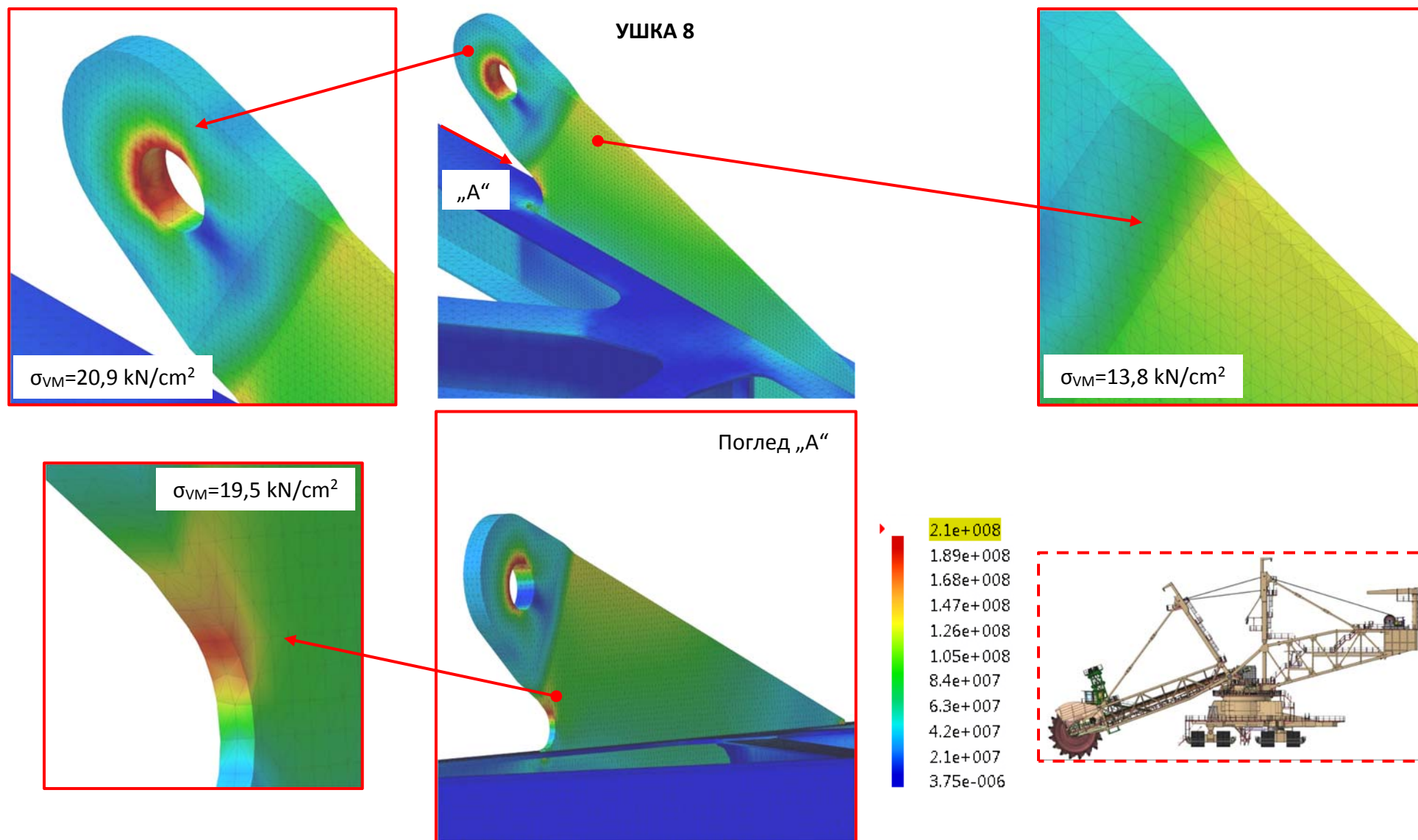
Слика 97: Напонско поље структуре ушки на стубу 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



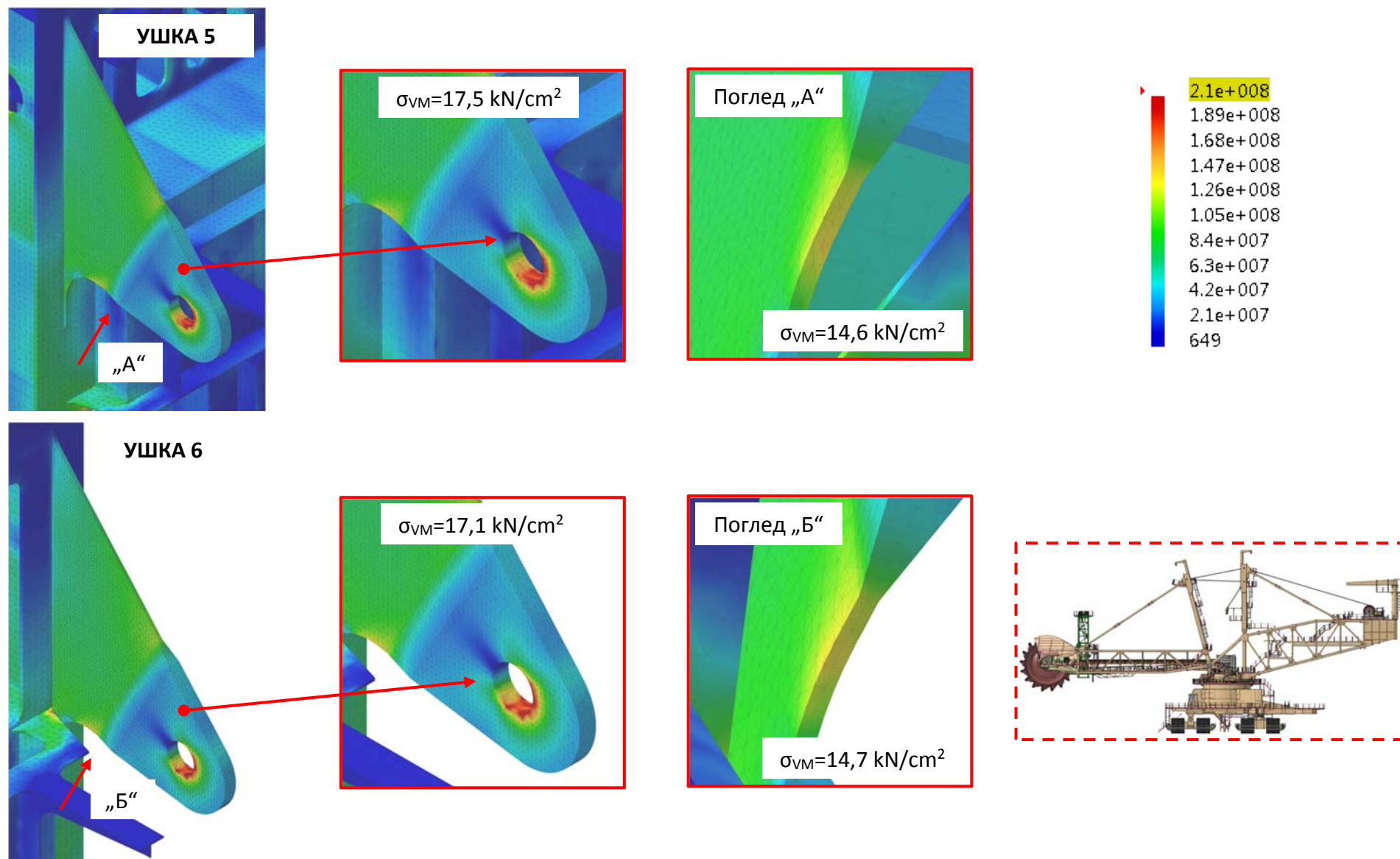
Слика 98: Напонско поље структуре затега на стрели баласта



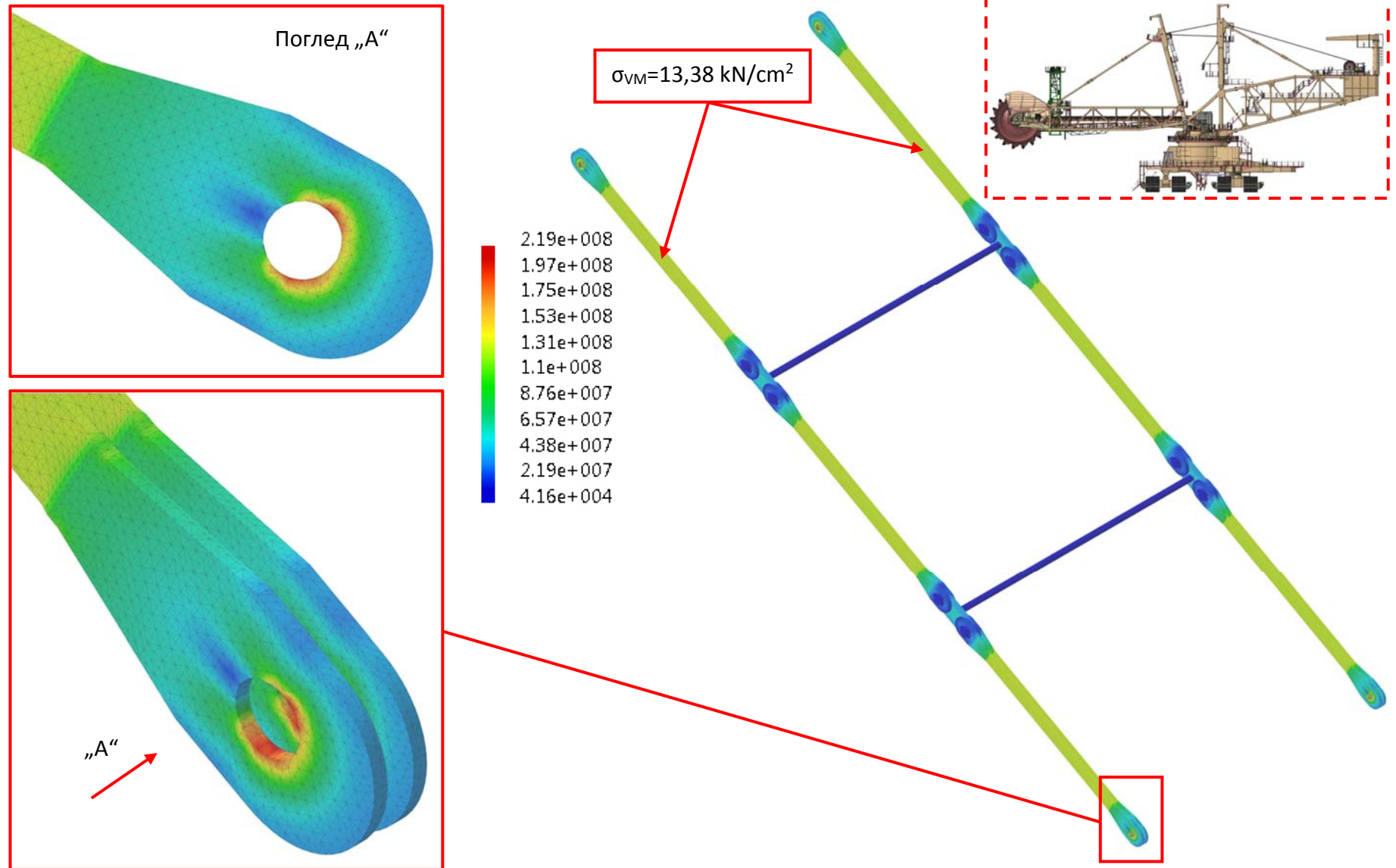
Слика 99: Напонско поље структуре ушке 7
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



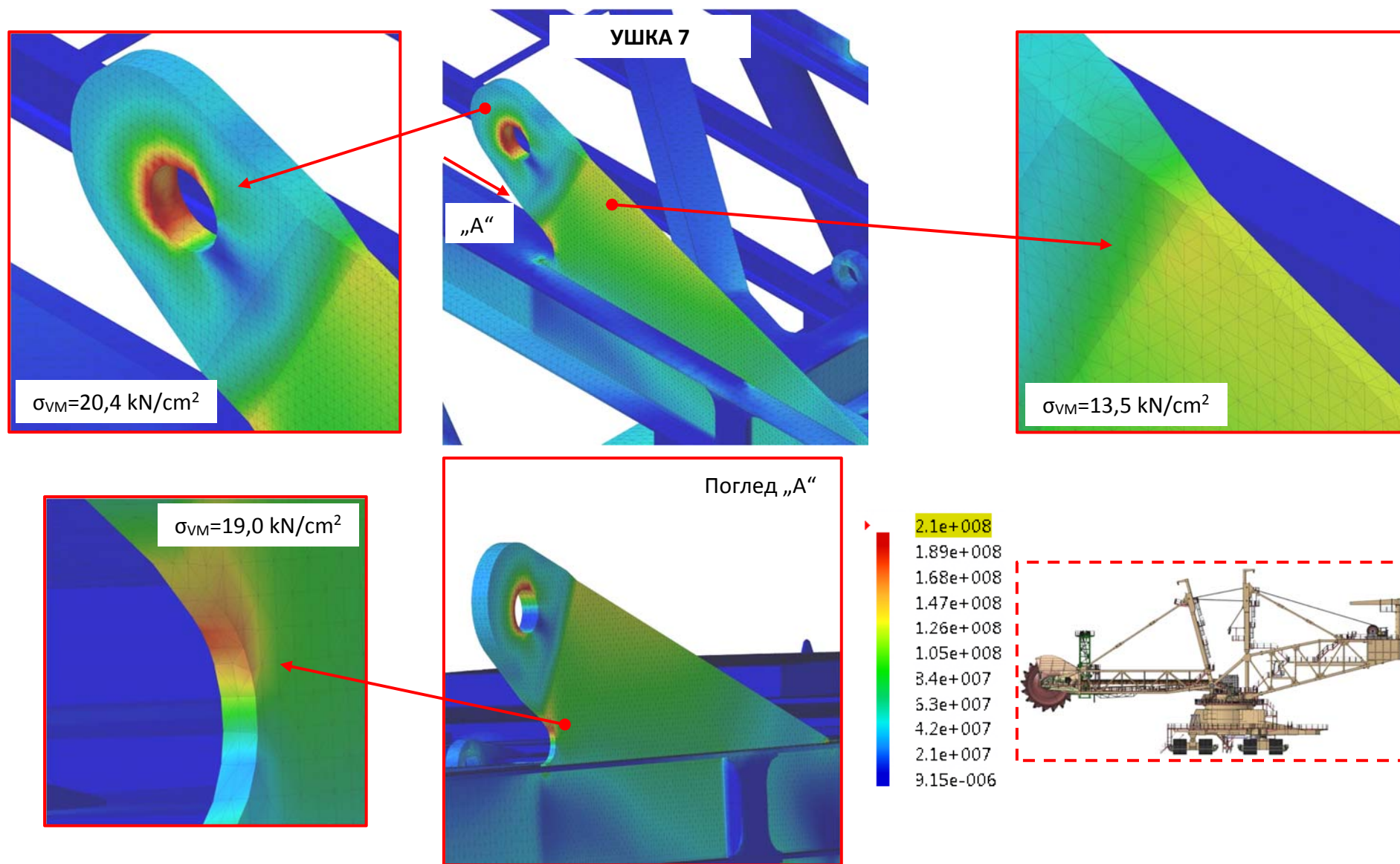
Слика 100: Напонско поље структуре ушке 8
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)

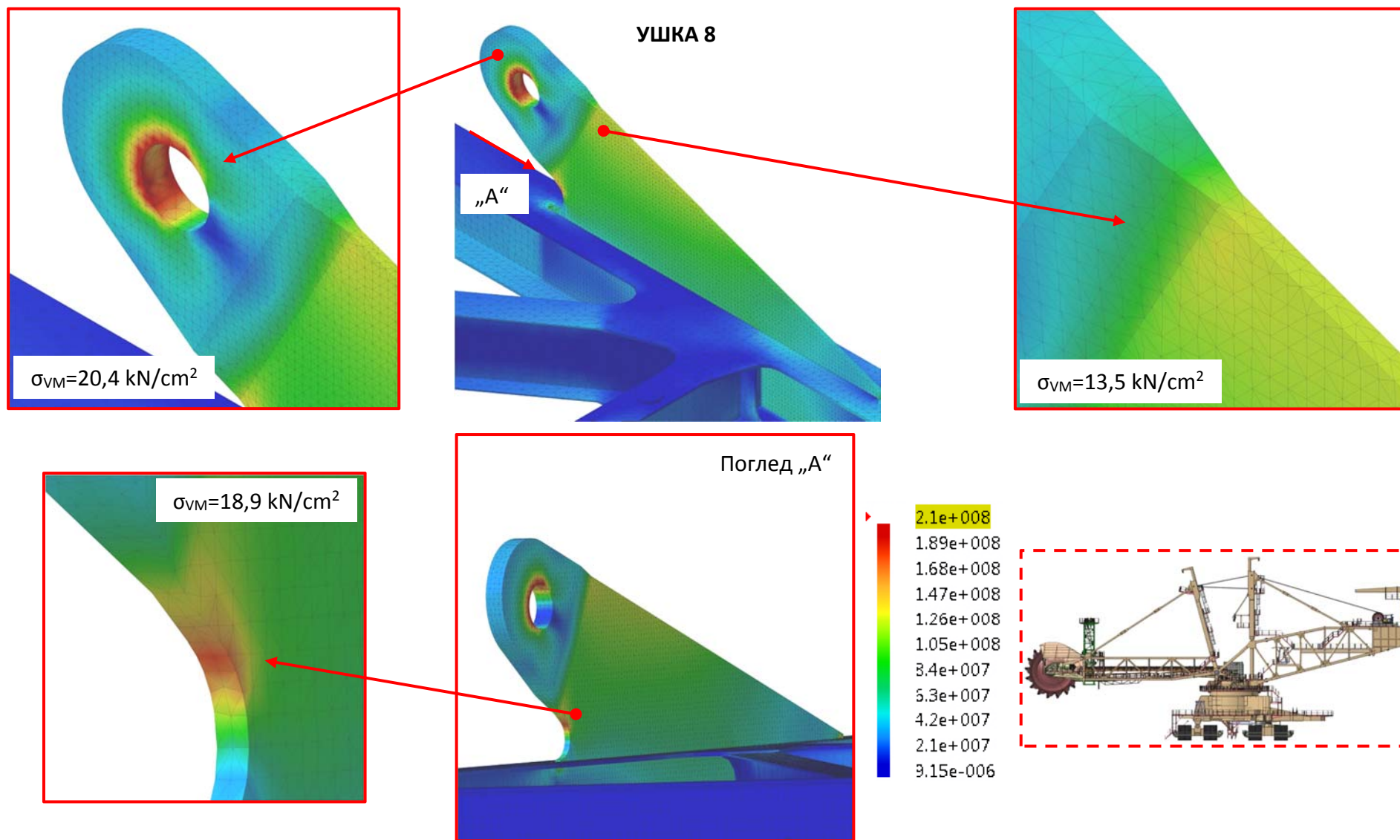


Слика 101: Напонско поље структуре ушки на стубу 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)

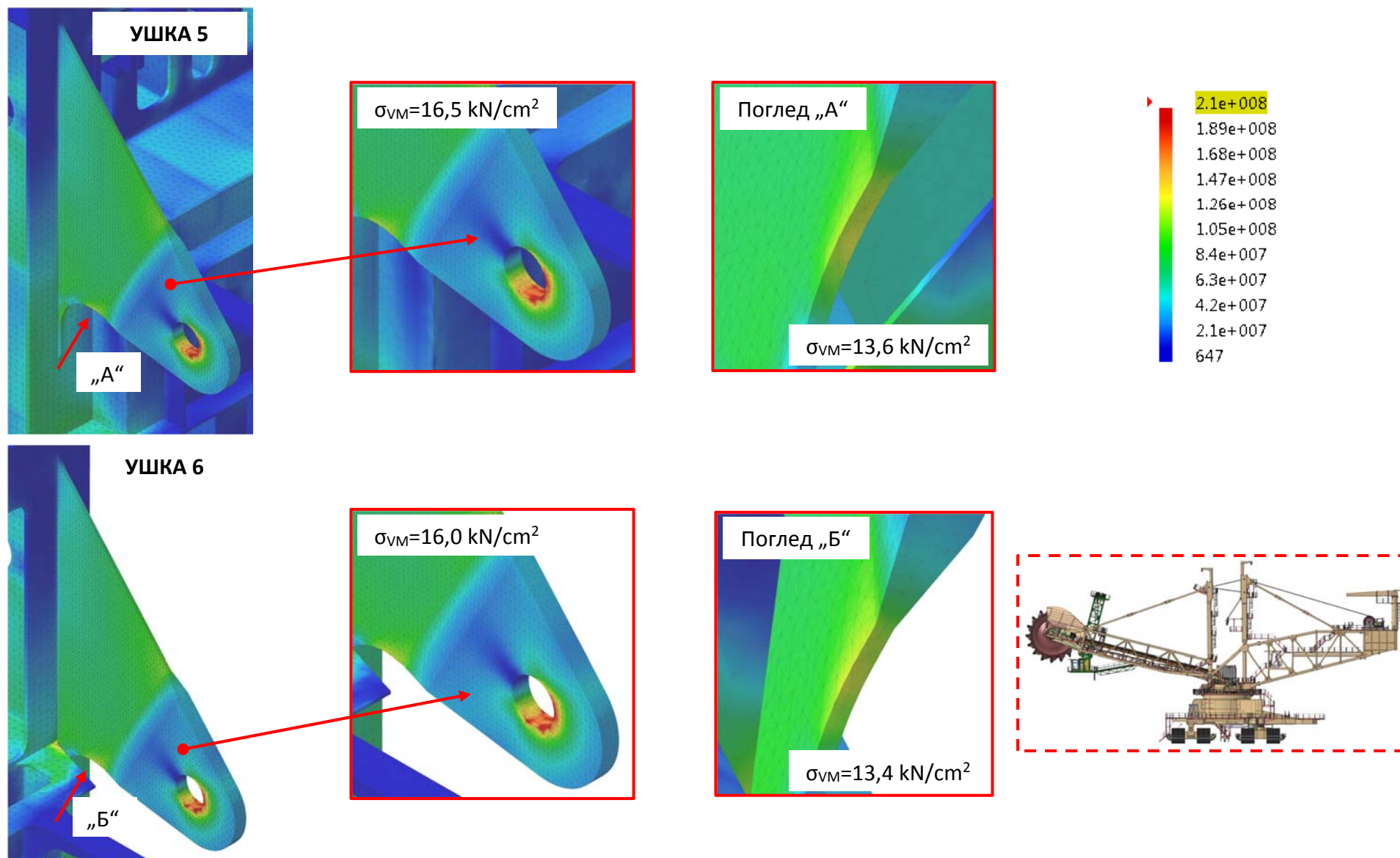


Слика 102: Напонско поље структуре затега на стрели баласта

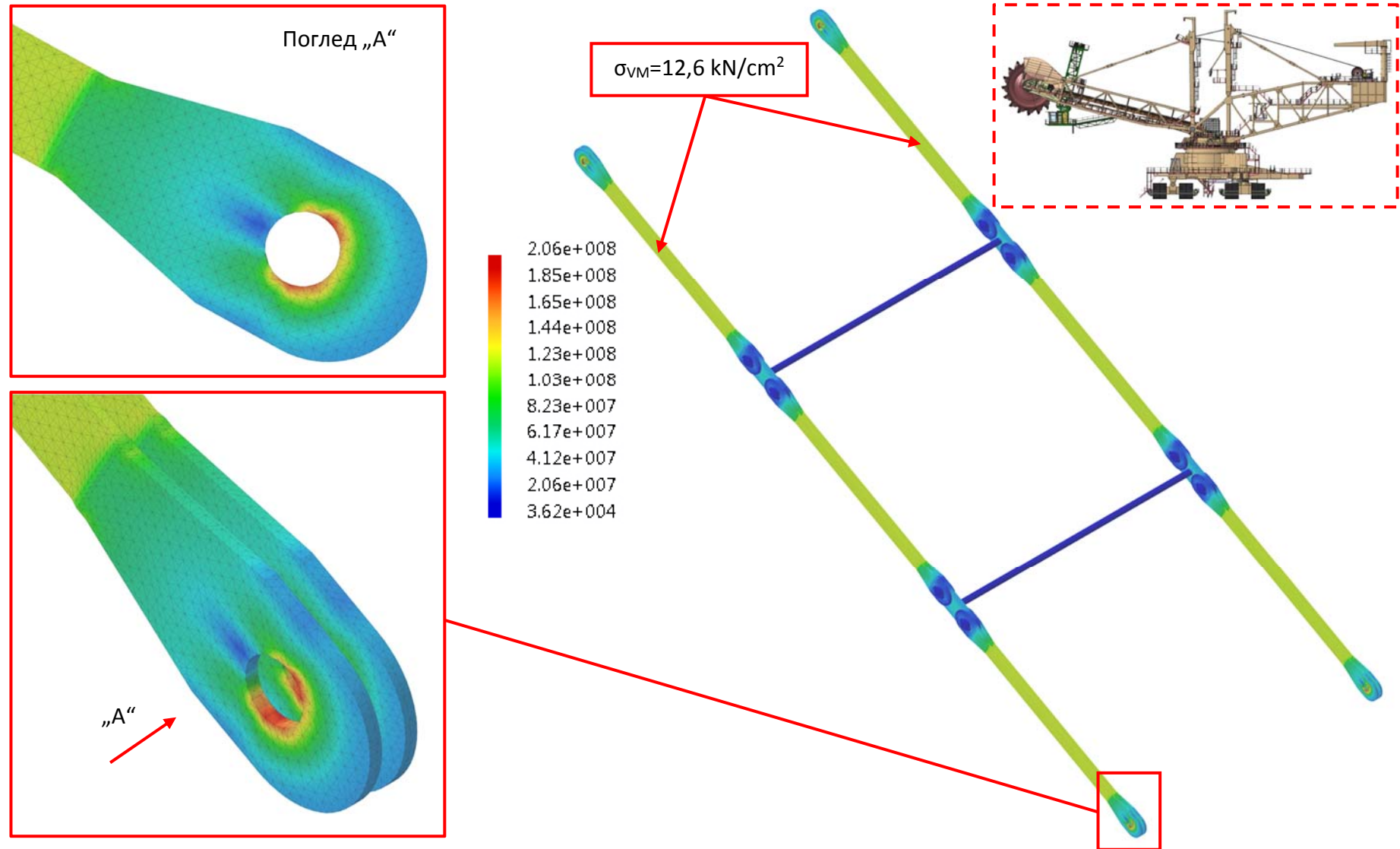




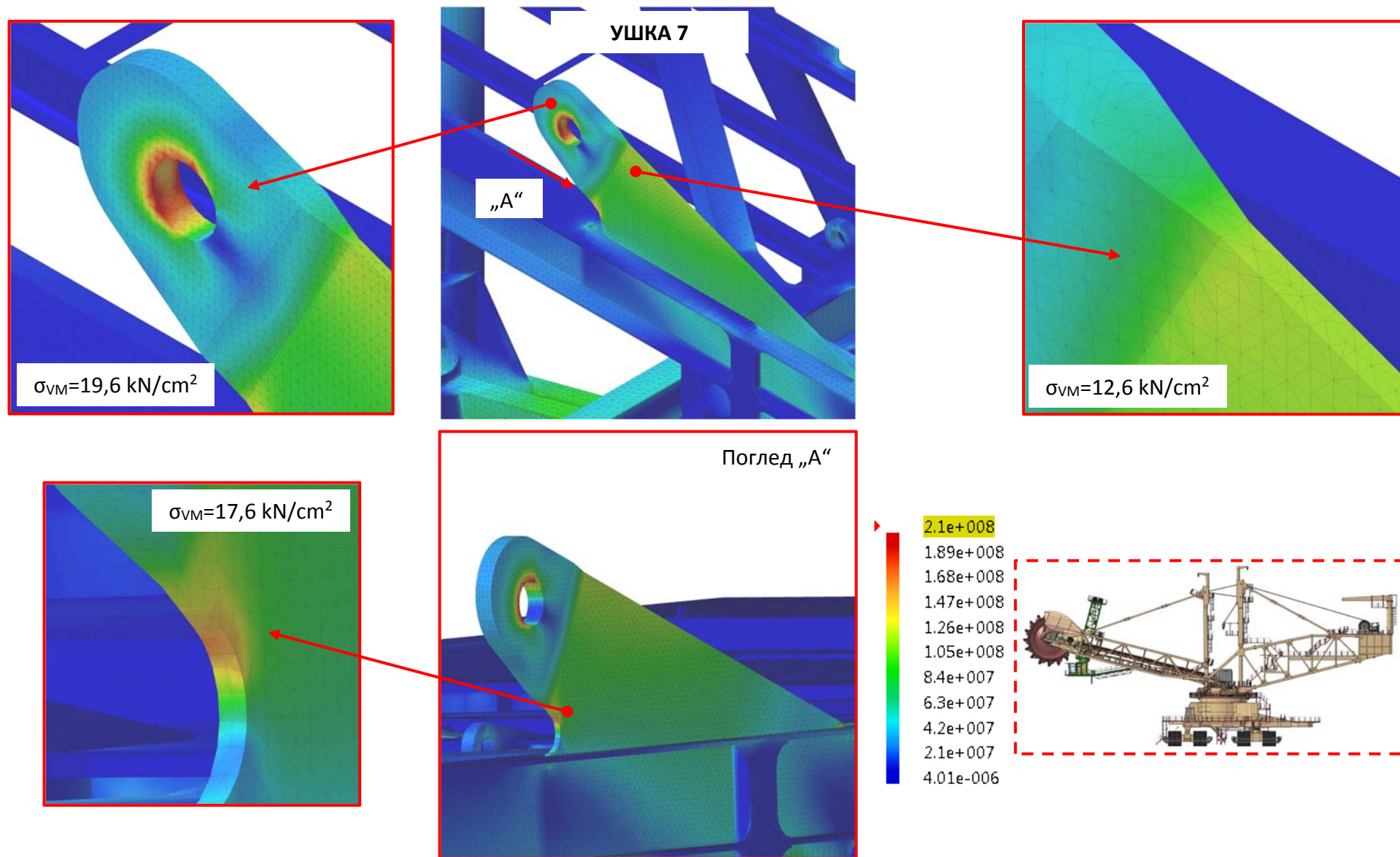
Слика 104: Напонско поље структуре ушке 8
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



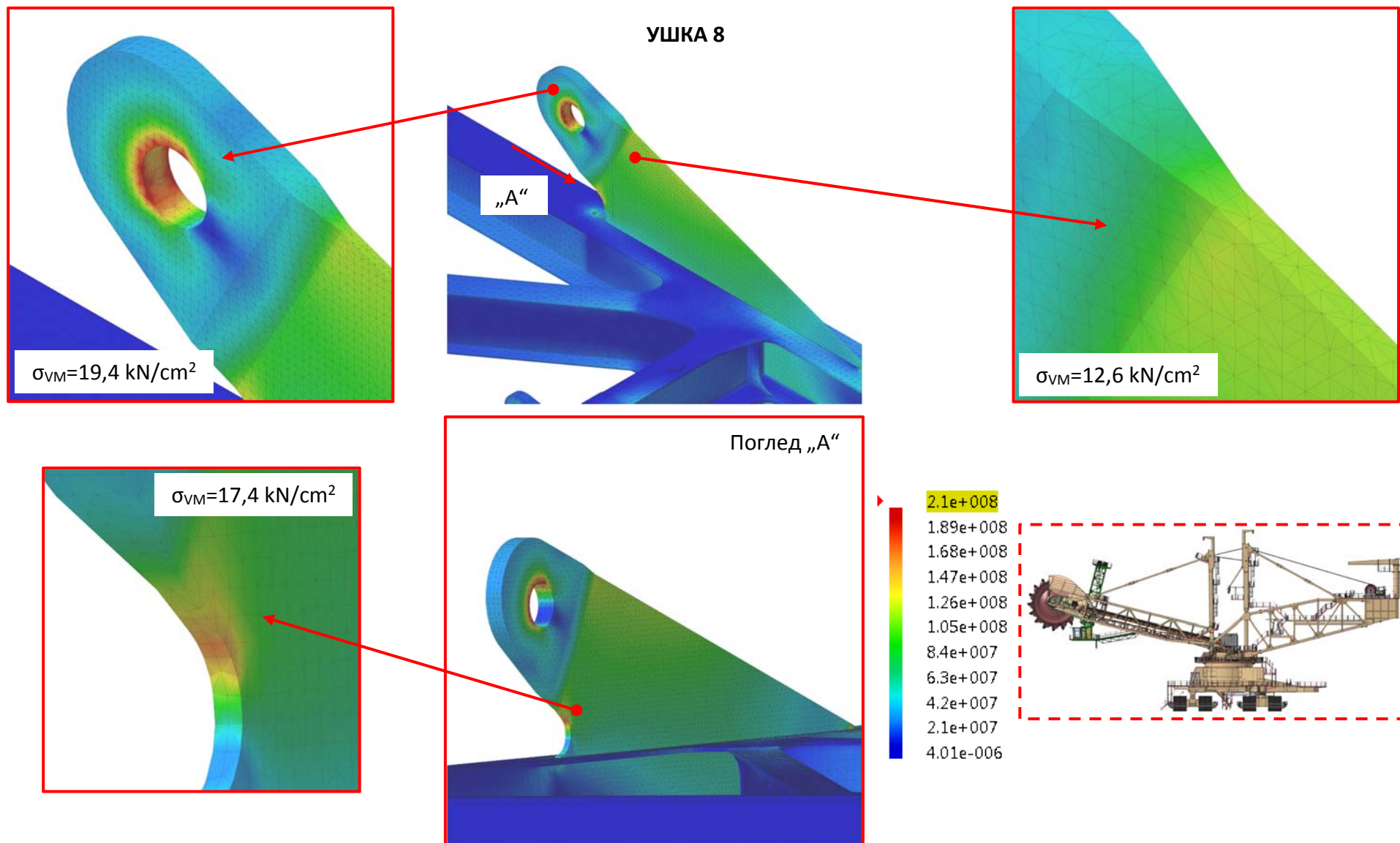
Слика 105: Напонско поље структуре ушки на стубу 2
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



Слика 106: Напонско поље структуре затега на стрели баласта



Слика 107: Напонско поље структуре ушке 7
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)



Слика 108: Напонско поље структуре ушке 8
(вредности напона веће од 21 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)

Табела 40

Мерно место	Позиција	Упоредни напон (kN/cm ²)		
		Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$
1	Ушка 1	8,8	9,4	9,1
	Ушка 2	8,7	9,3	9,0
2	Ламела 1	12,6	13,1	12,6
	Ламела 2	12,5	13,0	12,5
3	Ламела 3	12,5	13,0	12,5
	Ламела 4	12,6	13,1	12,6
4	Ушка 3	6,0	6,3	6,0
	Ушка 4	6,5	6,6	6,3
5	Ушка 5	8,6	8,3	7,9
	Ушка 6	8,5	8,2	7,8
6	Ламела 5	13,7	13,4	12,6
	Ламела 6	13,6	13,3	12,5
7	Ламела 7	13,7	13,4	12,6
	Ламела 8	13,7	13,4	12,6
8	Ушка 7	10,4	10,3	9,6
	Ушка 8	10,5	10,3	9,7

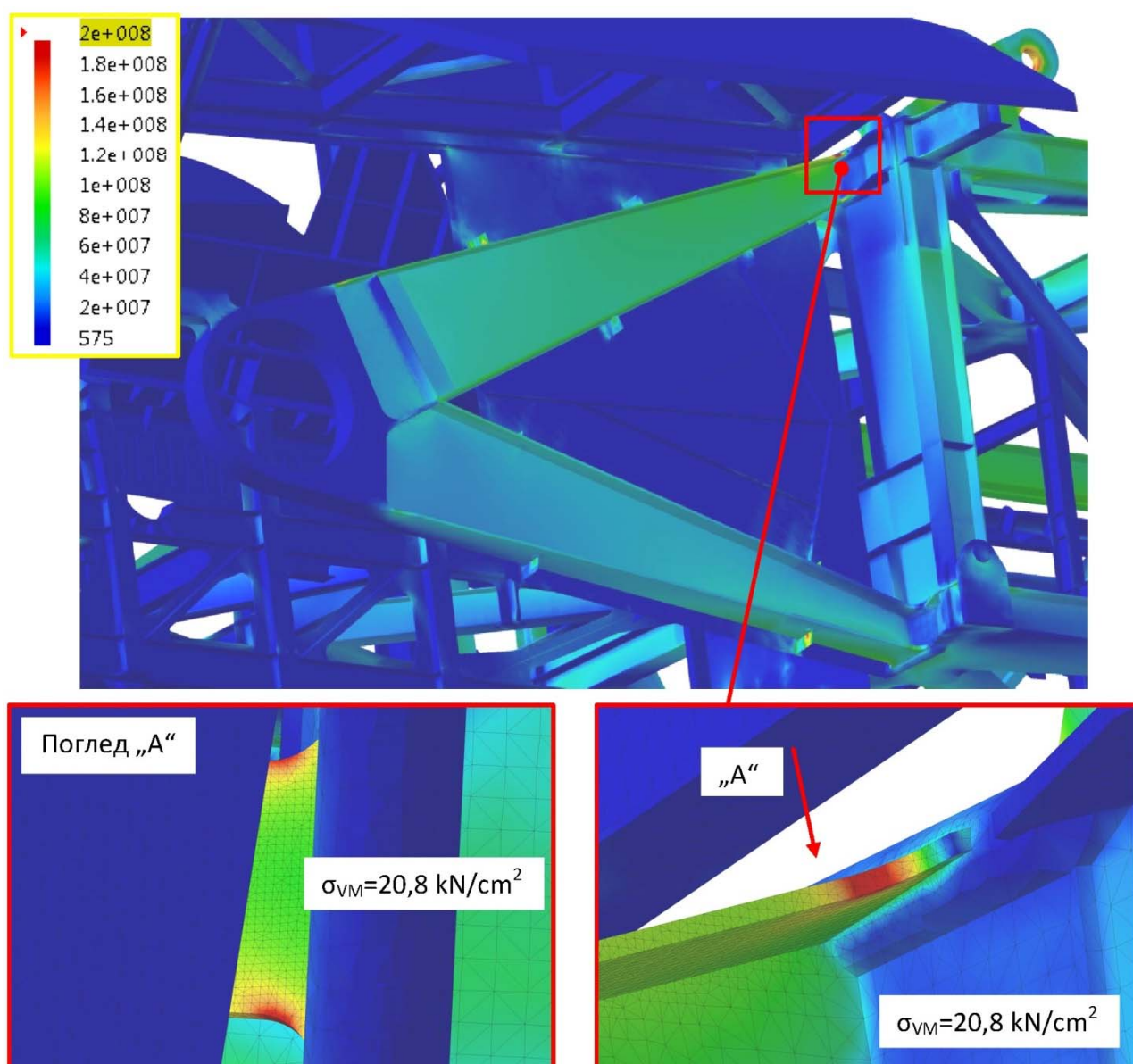
Максималне вредности упоредних напона у критичним пресецима ушки (пресек управан на правац дејства оптерећења) изазваних дејством сопствене тежине, као и одговарајуће вредности допуштених напона ($\gamma_F=1,5$ за случај оптерећења H1b), дате су у табели 41.

Табела 41

Ушка	Максимални факторисани напон	Допуштени напон (H1b)
	kN/cm ²	
Стрела ротора	22,2	21,0
Стуб 1	19,4	21,0
Затега стреле ротора	25,2	22,3
Стрела баласта	21,4	21,0
Стуб 2	17,7	21,0
Затега стреле баласта	22,4	22,3

9.3 НАПОНСКО СТАЊЕ НОСАЧА РАДИЈАЛНОГ ЛЕЖАЈА ВРАТИЛА РОТОРА

Током истраживања напонских стања на линији мониторинга, утврђено је да се у чворном лиму горњег појаса носача радијалног лежаја вратила ротора, под дејством сопствене тежине, јавља напон од $20,8 \text{ kN/cm}^2$. Зона високог напонског стања простира се по целој дебљини лима и улази $\approx 20 \text{ mm}$ у његову ширину, слика 109. Дебљина посматраног чворног лима износи 25 mm , што значи да допуштени напон за случај оптерећења H1b износи $23,0 \text{ kN/cm}^2$. Овако високо напонско стање под дејством сопствене тежине указује на могућност појаве недопустиво високих напонских стања у току рада багера.



Слика 109: Напонско поље чворног лима
(вредности напона веће од 20 kN/cm^2 приказане су црвеном бојом)

10.0**ДЕСЕТА ФАЗА ИСТРАЖИВАЊА:****Идентификација напонских стања ушки за случај оптерећења H1b**

С обзиром на врло висок ниво напонских стања у критичним пресецима ушки затега стреле ротора и стреле баласта, као и ушки на поменутиим елементима структуре горње градње, Табела 41, на захтев Инвеститора извшена је провера њиховог напонског стања за случај оптерећења H1b. Прорачун је изведен применом линеарне методе коначних елемената. 3Д модели разматраних структурних елемената формирану су на основу документације произвођача (КРУП), достављене од стране ПД РБ „Колубара“.

Идентификација напонских стања извршена је на основу максималних сила у затегама према подацима које је доставио КРУП (Прилог 12) и према резултатима прорачуна презентираним у тачки 8.8.

10.1 НАПОНСКА СТАЊА УШКИ - ОПТЕРЕЋЕЊА ЗАТЕГА КРУП

За прорачун напонског стања усвојени су интензитети сила у затегама стреле ротора

$$F_{zSR} = 6264,6 \text{ kN},$$

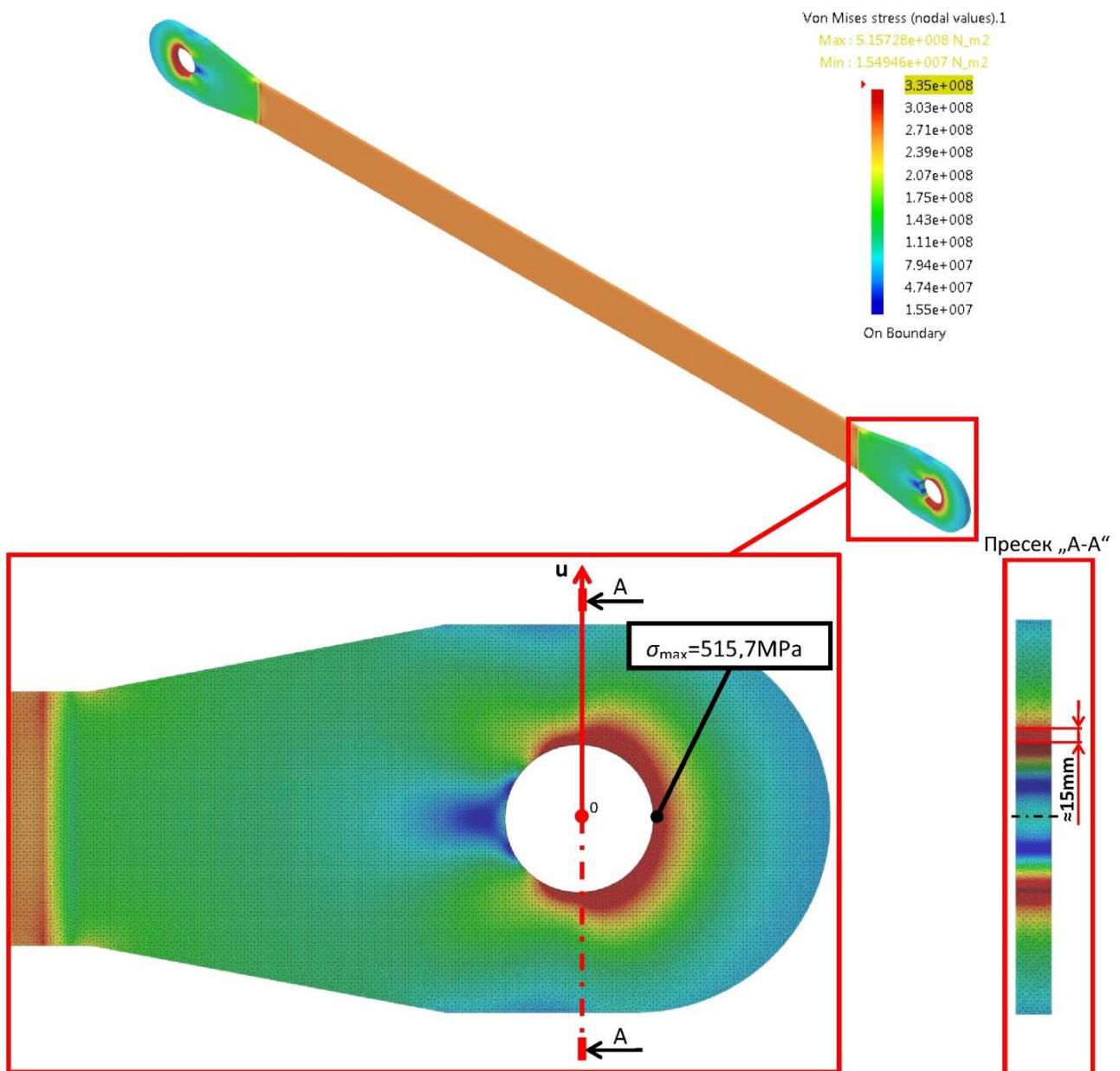
и затегама стреле баласта

$$F_{zSB} = 5556,3 \text{ kN},$$

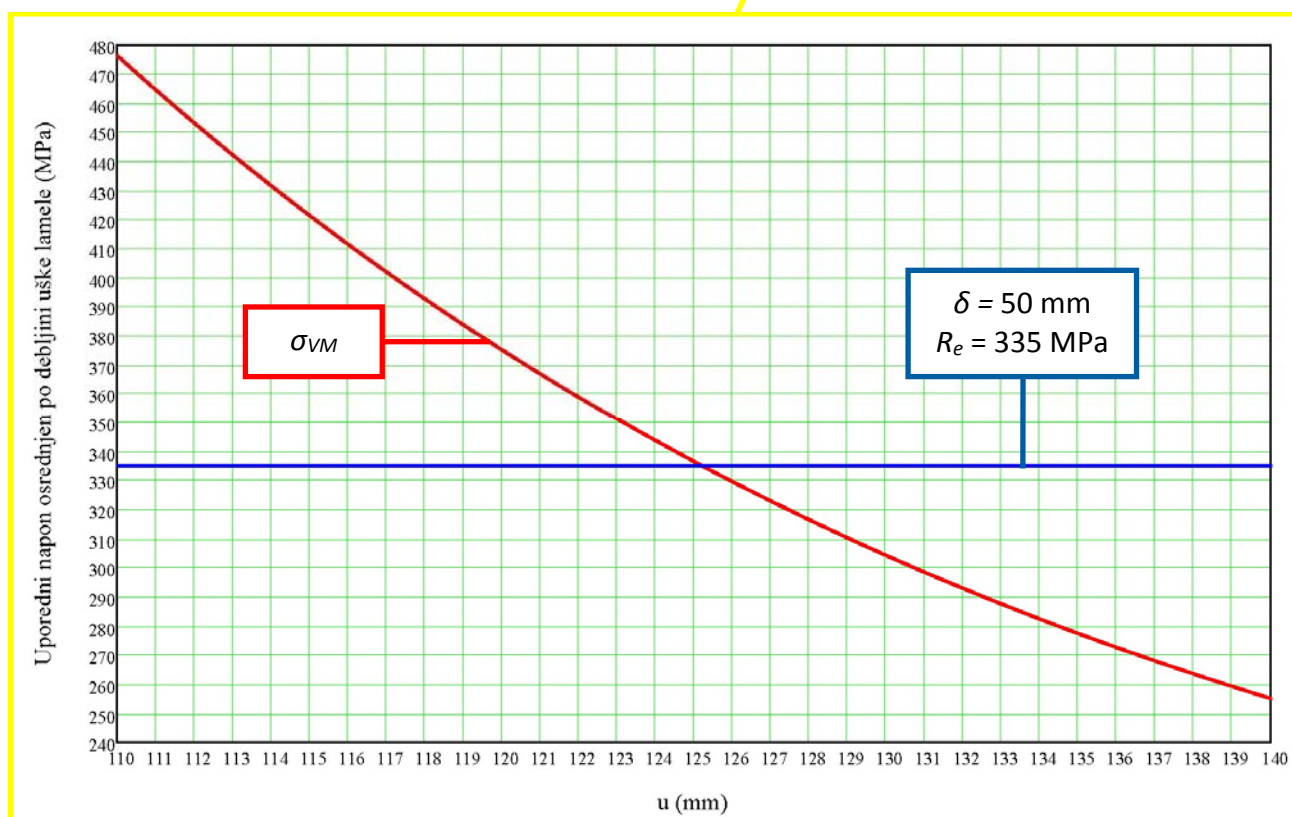
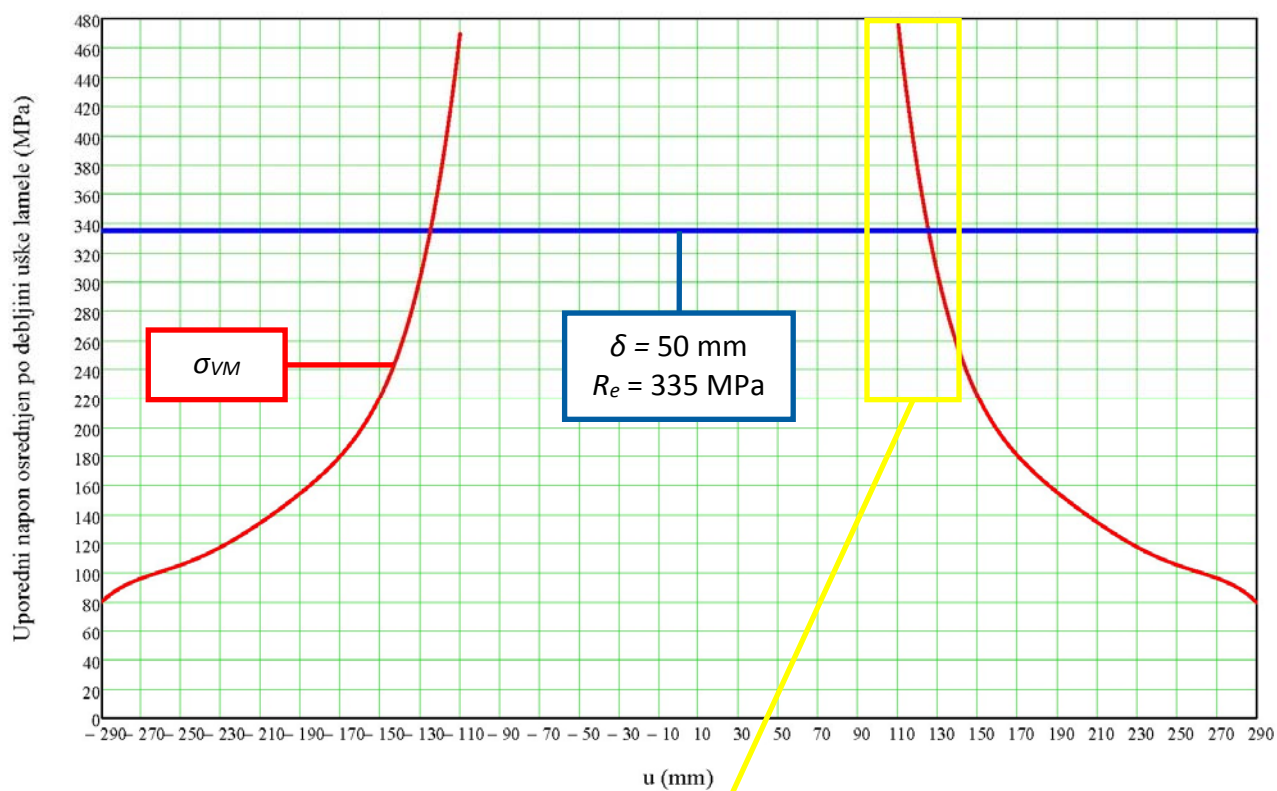
који су наведени у документу “Proofs and special provisions for stays of BWB and CWB” (Прилог 12) достављеном од стране ПД РБ „Колубара“. Реч је о факторисаним оптерећењима (производ номиналног оптерећења и одговарајућег степена сигурности) за случај оптерећења H (рад у номиналним радним условима, степен сигурности $\gamma_F=1,5$) према DIN 22261-2. Дакле, доказ чврстоће изводи се према методи граничних стања. Затезне карактеристике (граница течења) материјала од кога су израђени разматрани структурни елементи (S355J2+N) усвојене су на основу стандарда EN 10025-2:2004(E), Прилог 11.

10.1.1 Ушке затеге стреле ротора

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ламели затеге стреле ротора приказана је на слици 110. Критични пресек ушке (А – А) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 335 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 15 \text{ mm}$, слике 110 и 111.



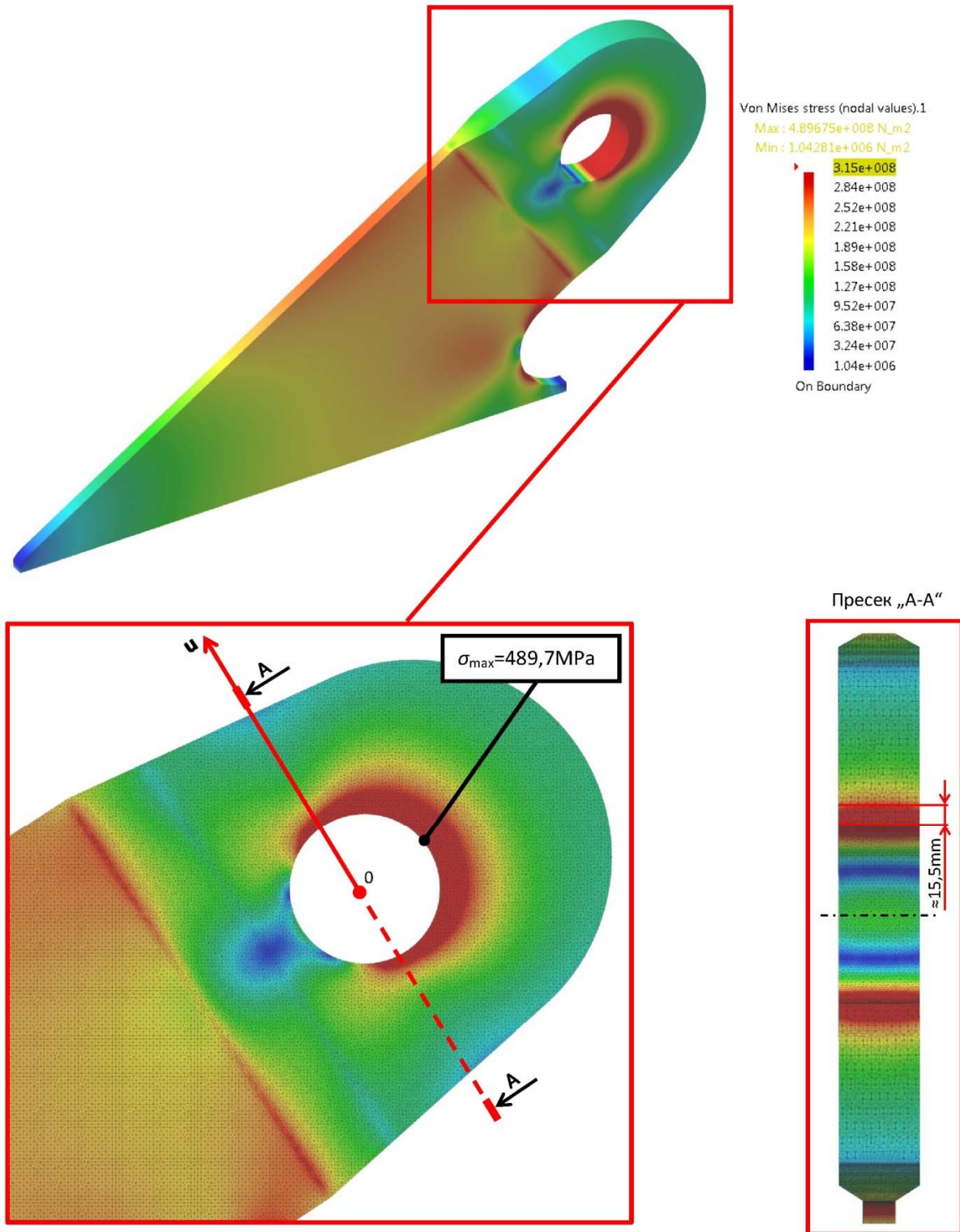
Слика 110: Напонско поље ламеле затеге стреле ротора
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 335 \text{ MPa}$)



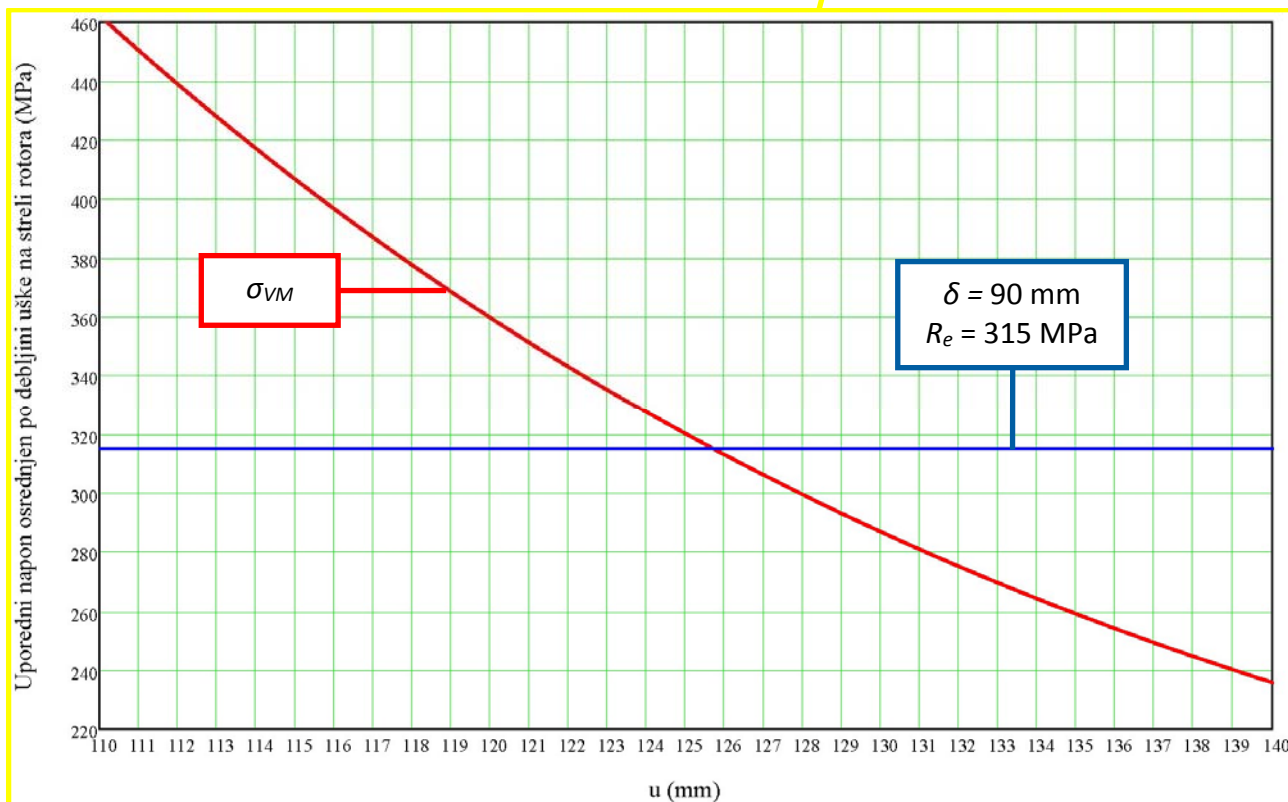
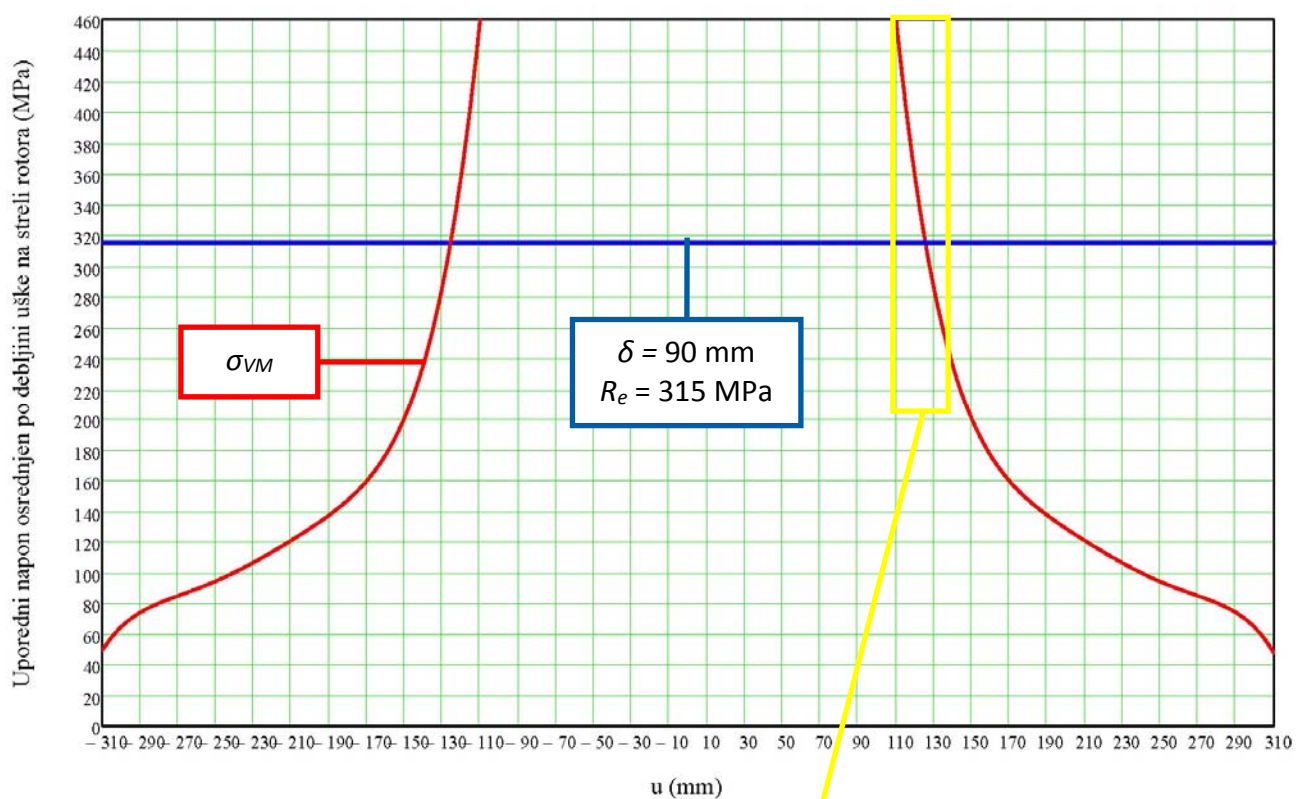
Слика 111: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке ламеле затеге стреле ротора

10.1.2 Ушке на стрели ротора

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ушки стреле ротора приказана је на слици 112. Критични пресек ушке (А – А) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 315 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 15,5 \text{ mm}$, слике 112 и 113.



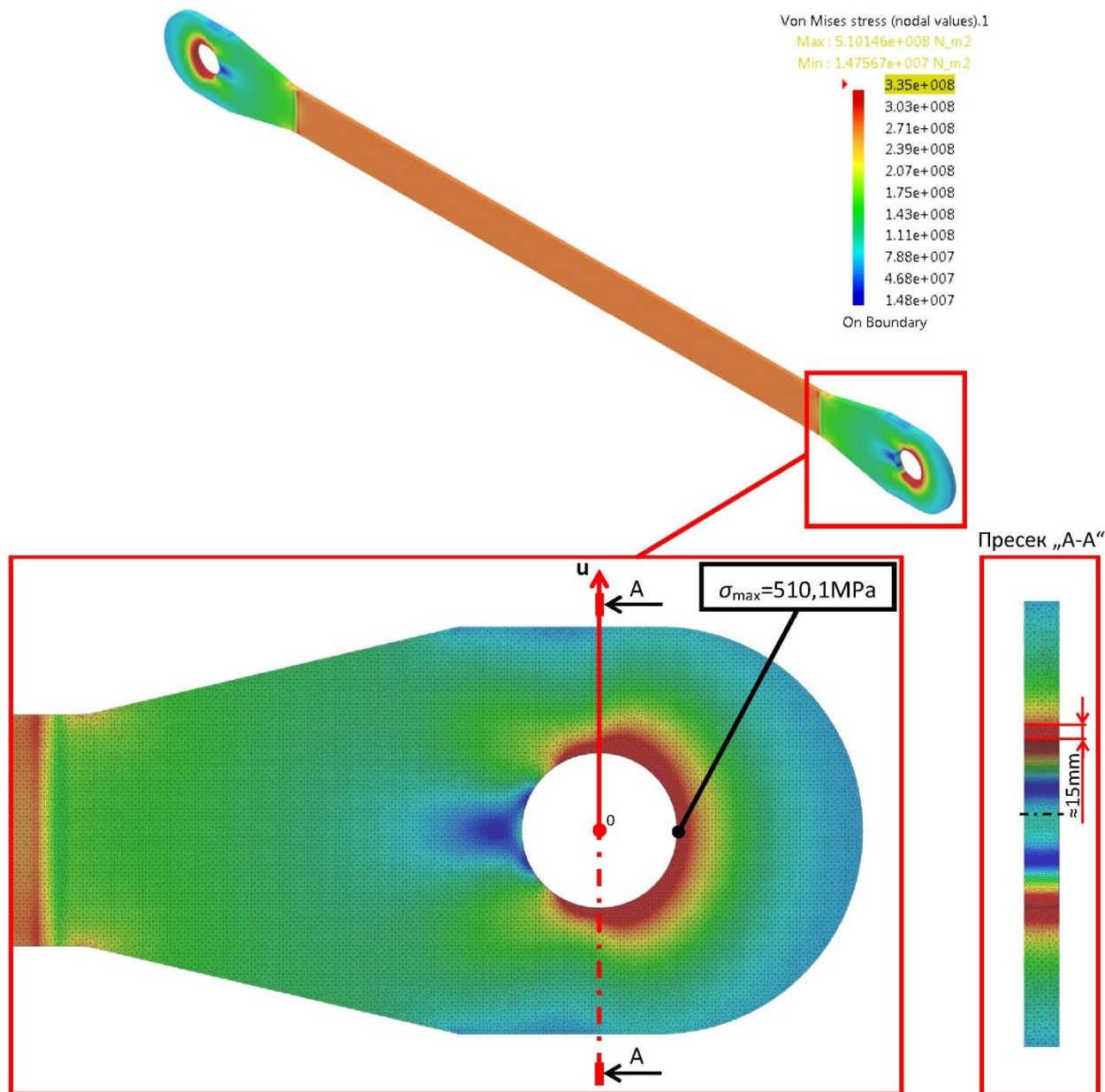
Слика 112: Напонско поље ушке на стрели ротора
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 315 \text{ MPa}$)



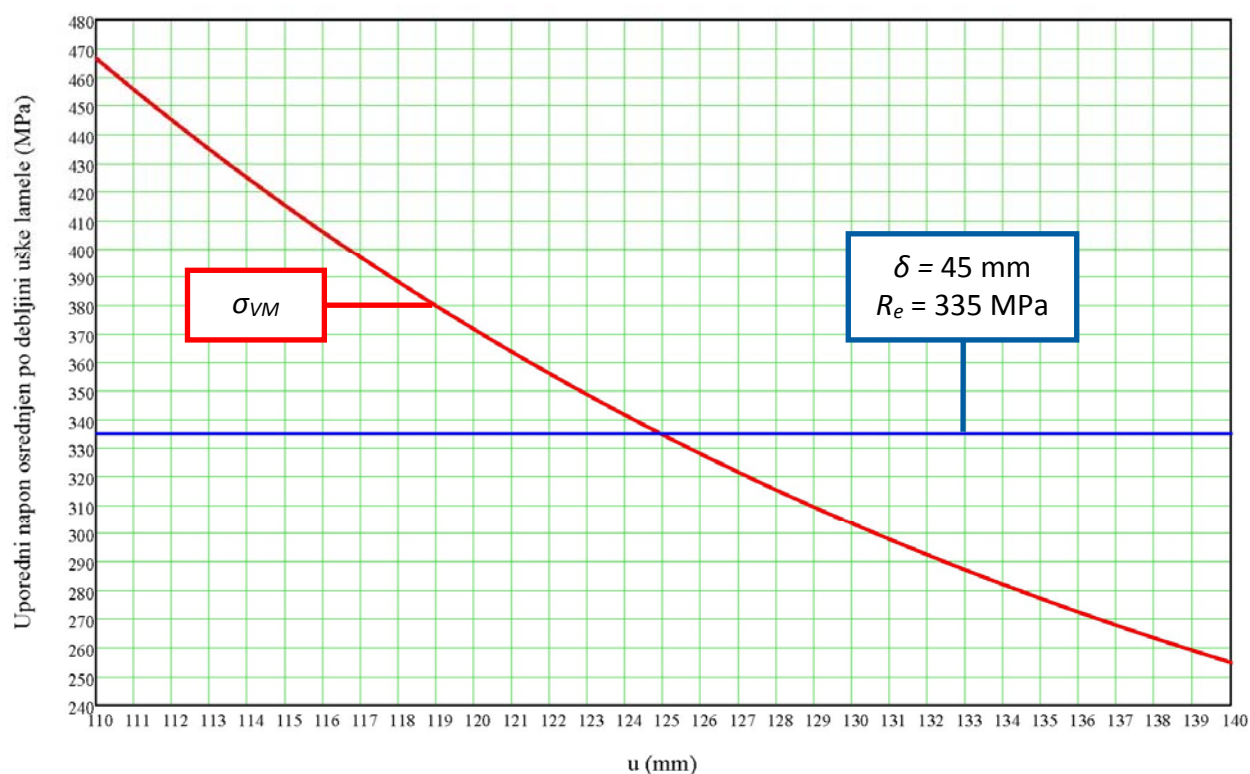
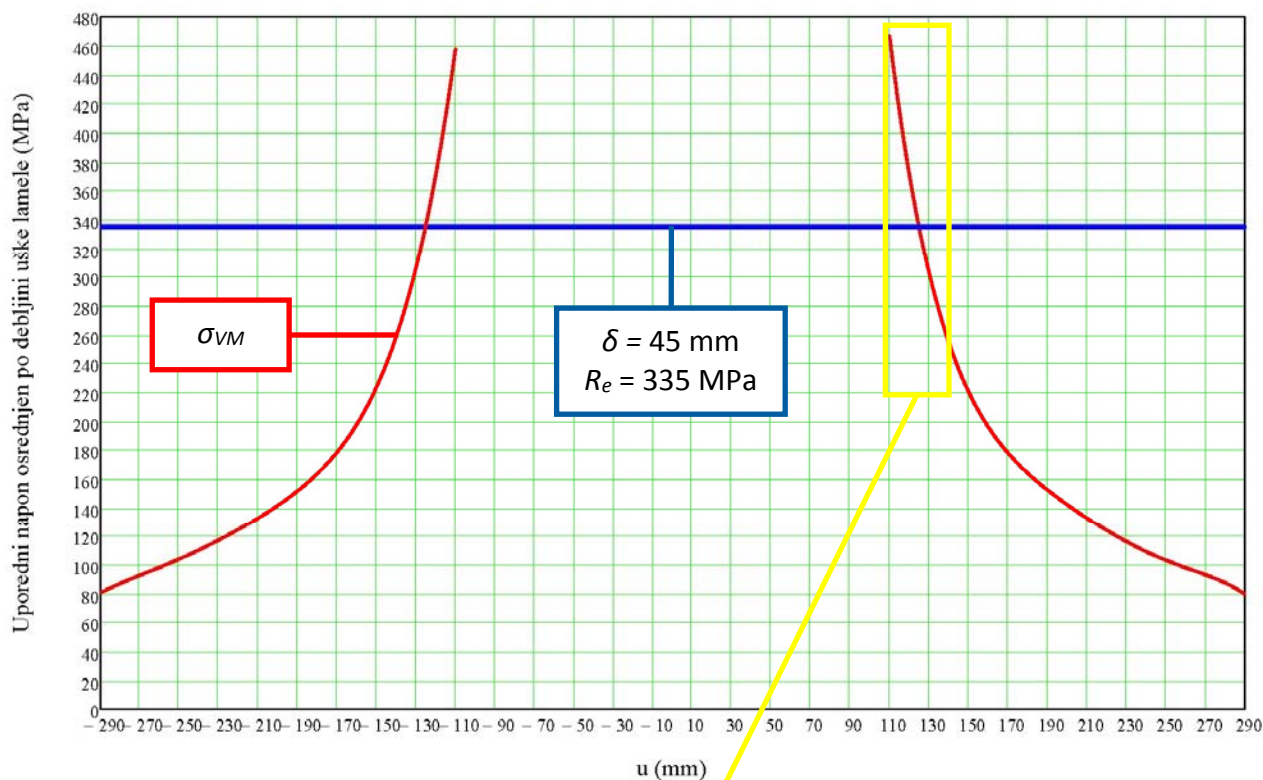
Слика 113: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке на стрели ротора

10.1.3 Ушке затеге стреле баласта

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ламели затеге стреле баласта приказана је на слици 114. Критични пресек ушке (А – А) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 335 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 15 \text{ mm}$, слике 114 и 115.



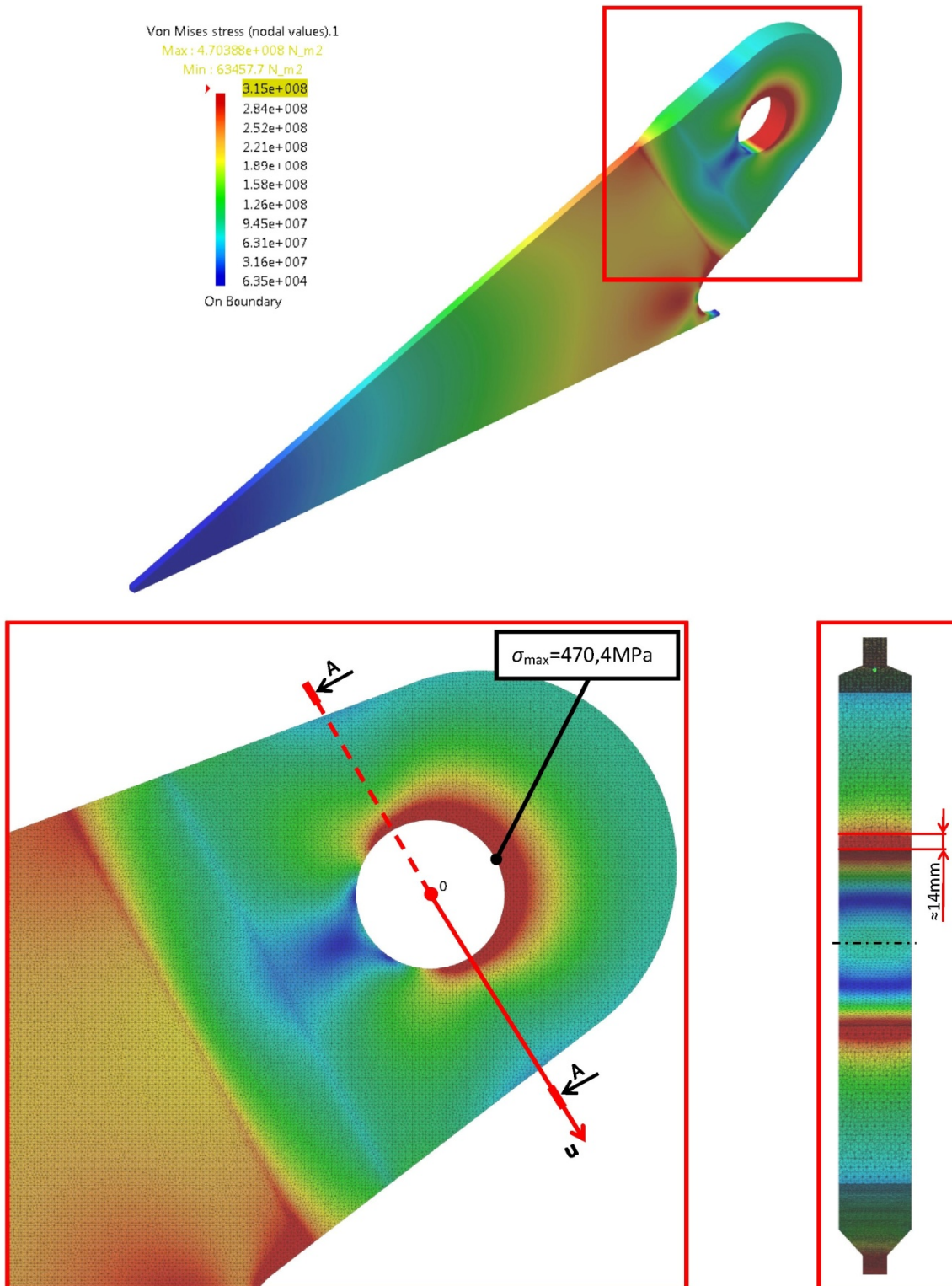
Слика 114: Напонско поље ламеле затеге стреле баласта
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 335 \text{ MPa}$)



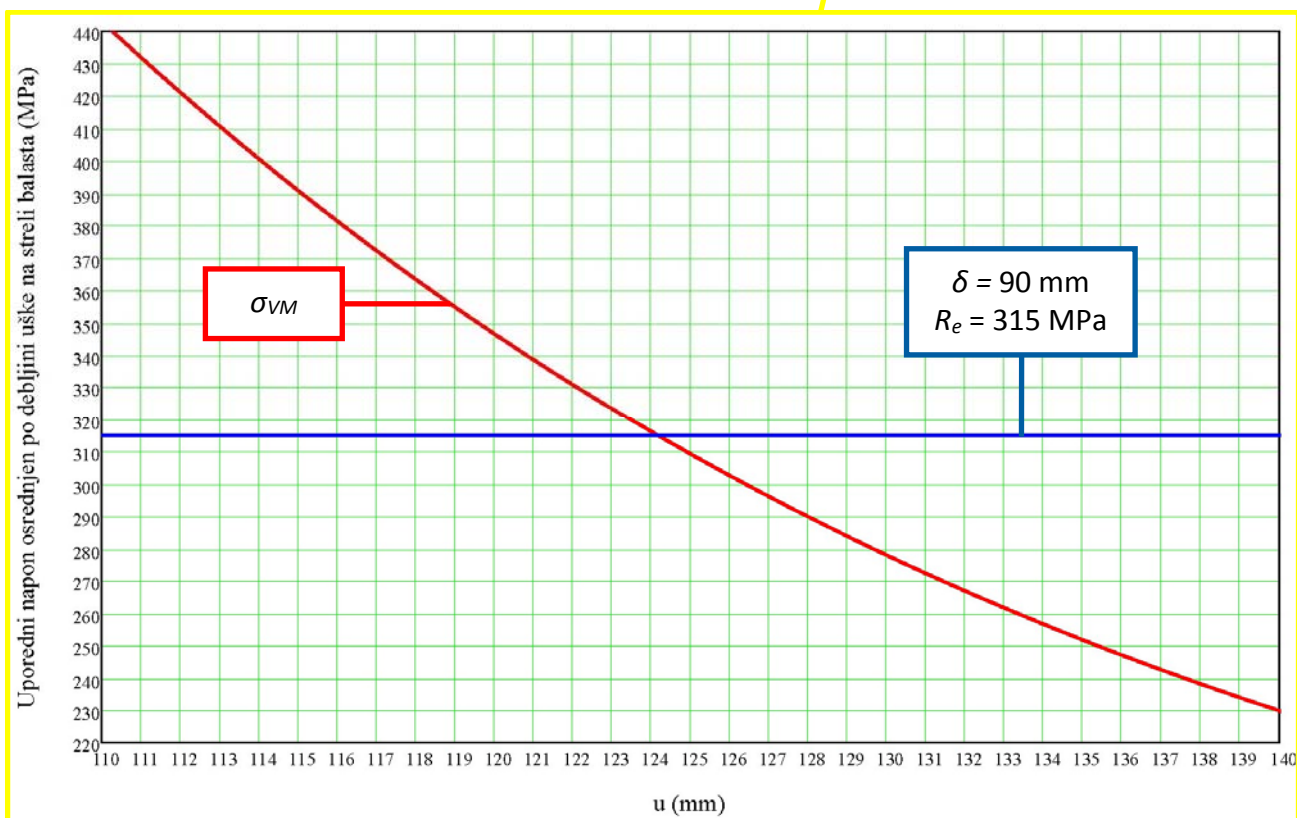
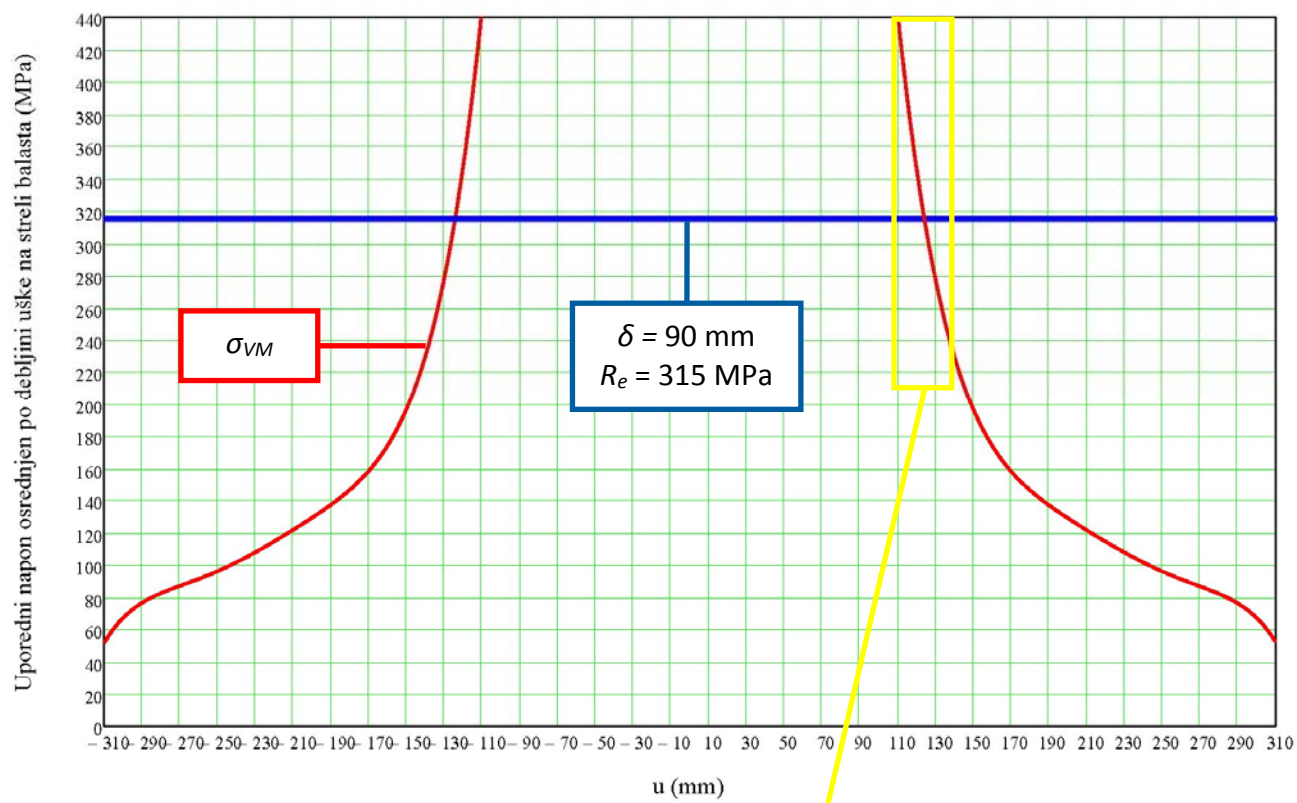
Слика 115: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке ламеле затеге стреле баласта

10.1.4 Ушке на стрели баласта

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ушки стреле баласта приказана је на слици 116. Критични пресек ушке (A – A) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 315 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 14 \text{ mm}$, слике 116 и 117.



Слика 116: Напонско поље ушке на стрели баласта
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 315 \text{ MPa}$)



Слика 117: Распoдела упорeдног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке на стрели баласта

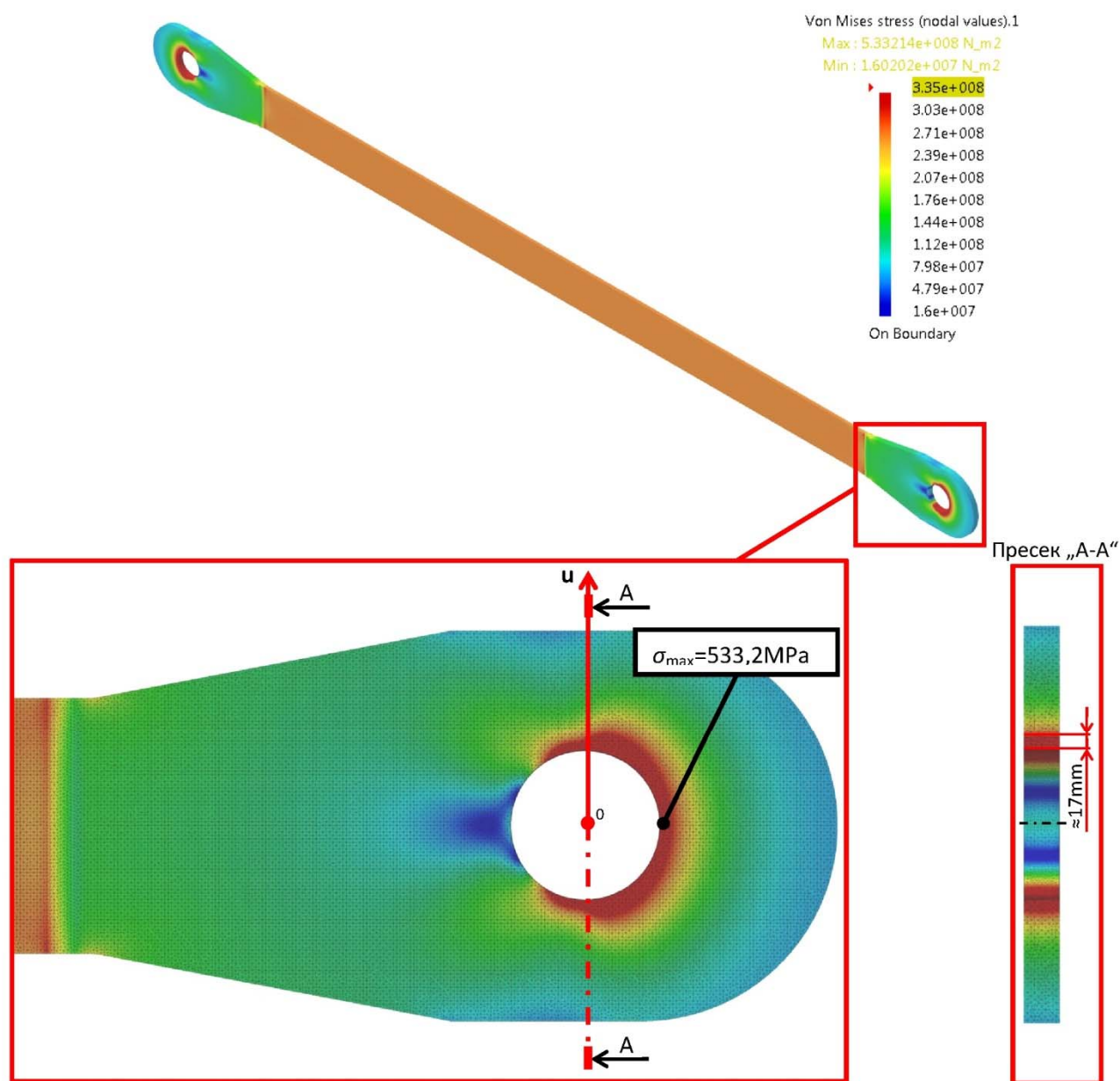
10.2 НАПОНСКА СТАЊА УШКИ- ОПТЕРЕЋЕЊА ЗАТЕГА МФ

За прорачун напонских стања усвојени су факторисани интензитети сила у затегама (Табела 38),

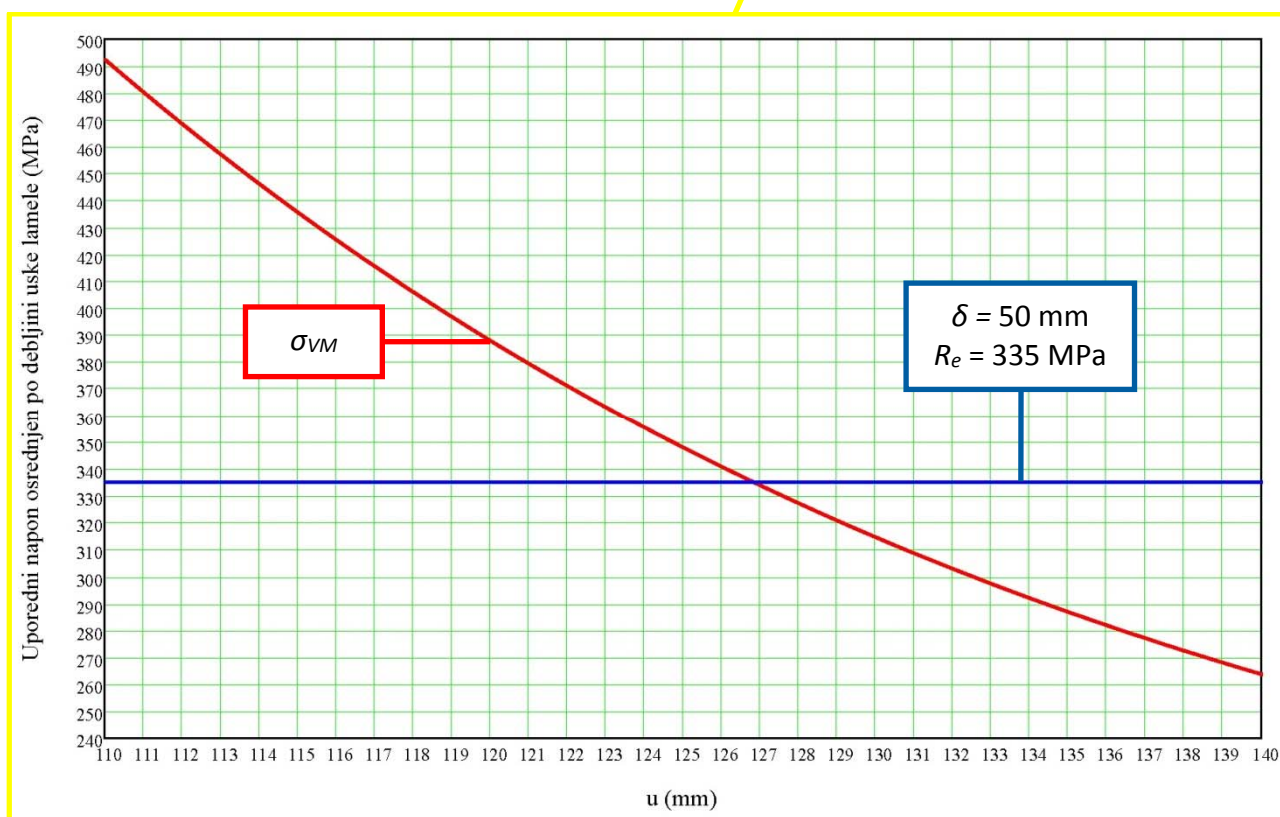
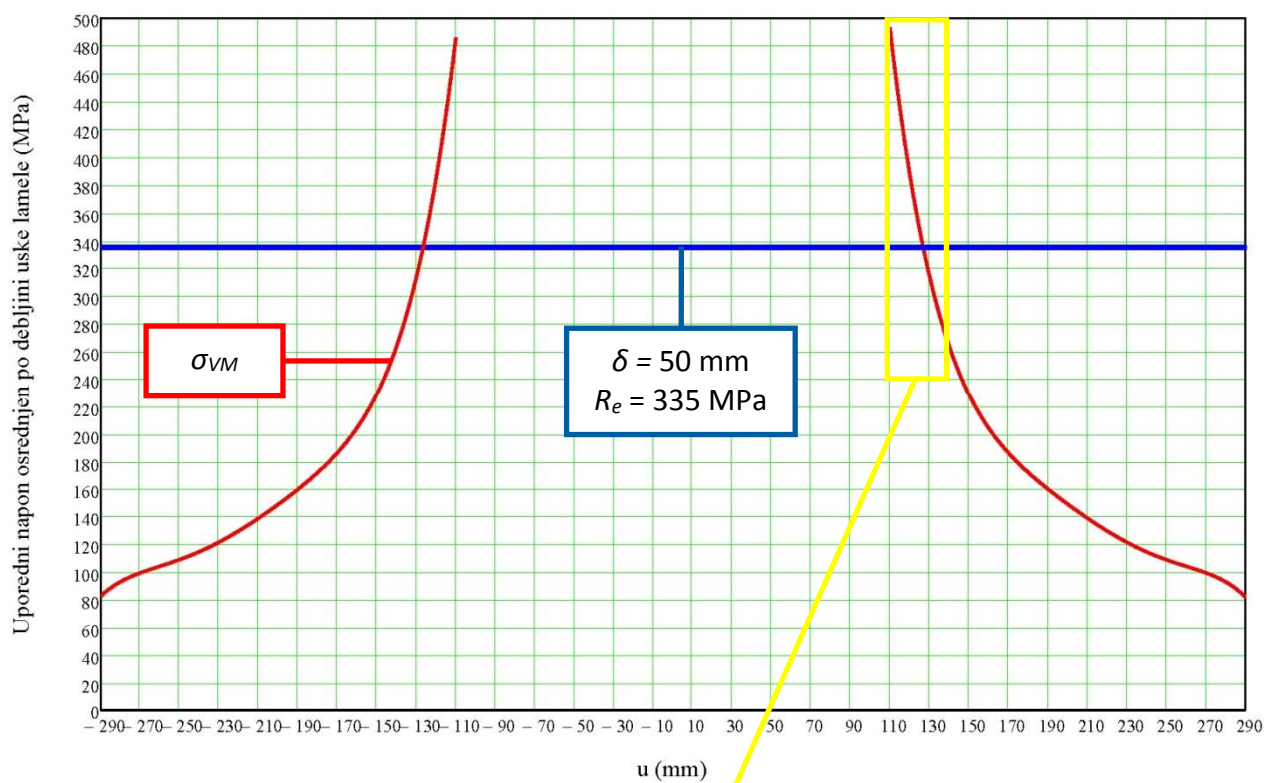
$$F_{ZSR} = 1,5 \times 4318 = 6477 \text{ kN}, \quad F_{ZSB} = 1,5 \times 3596 = 5394 \text{ kN}.$$

10.2.1 Ушке затеге стреле ротора

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ламели затеге стреле ротора приказана је на слици 118. Критични пресек ушке (А – А) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 335 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 17 \text{ mm}$, слике 118 и 119.



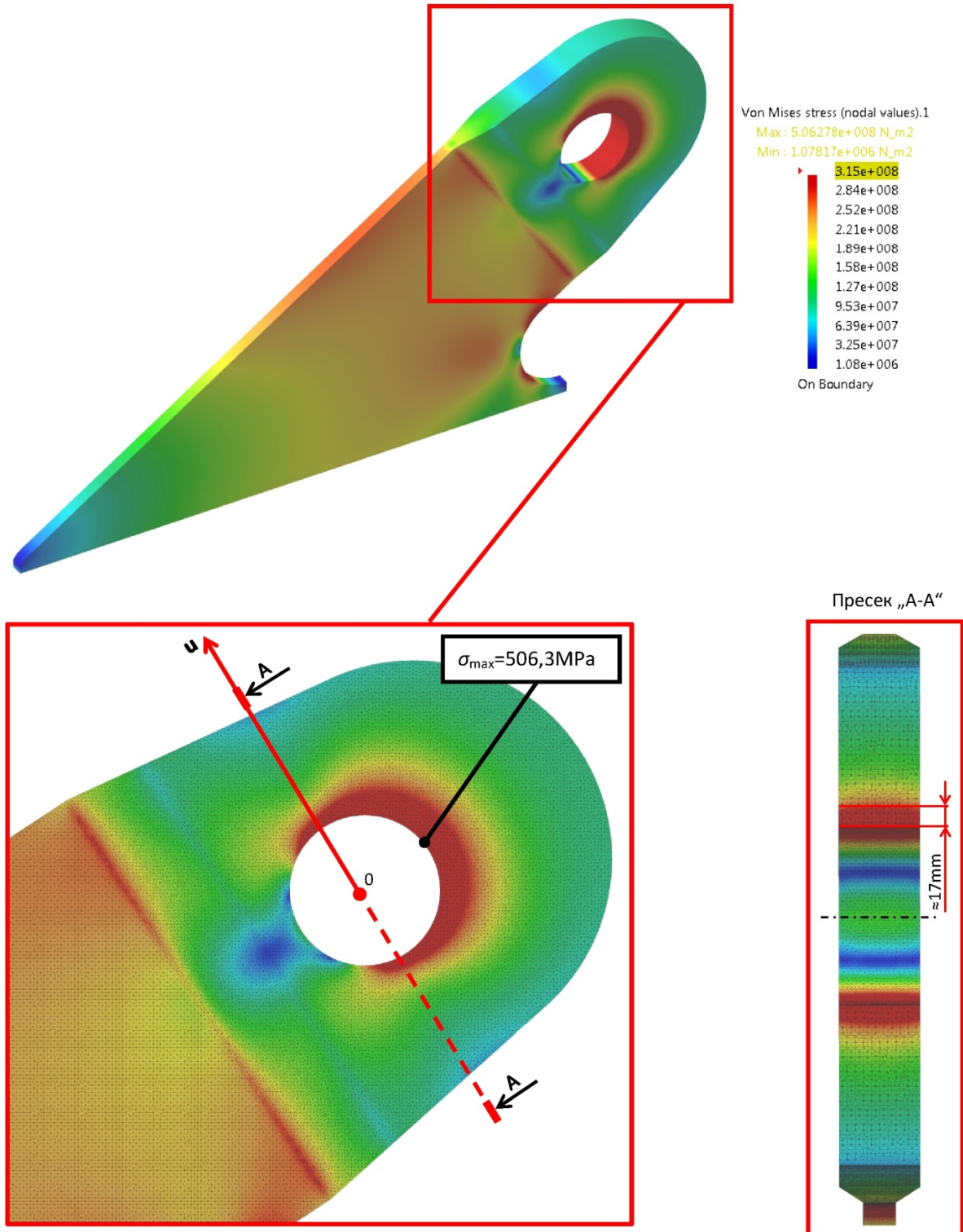
Слика 118: Напонско поље ламеле затеге стреле ротора
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 335 \text{ MPa}$)



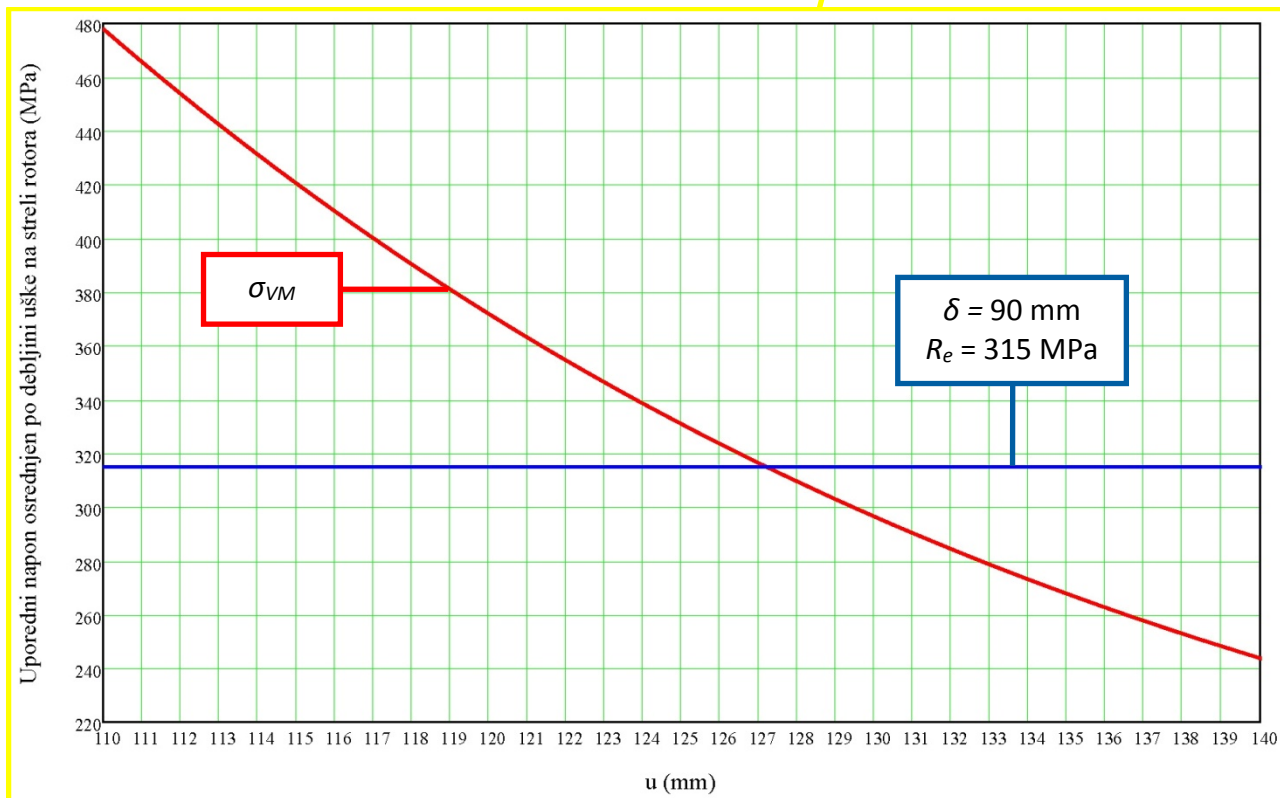
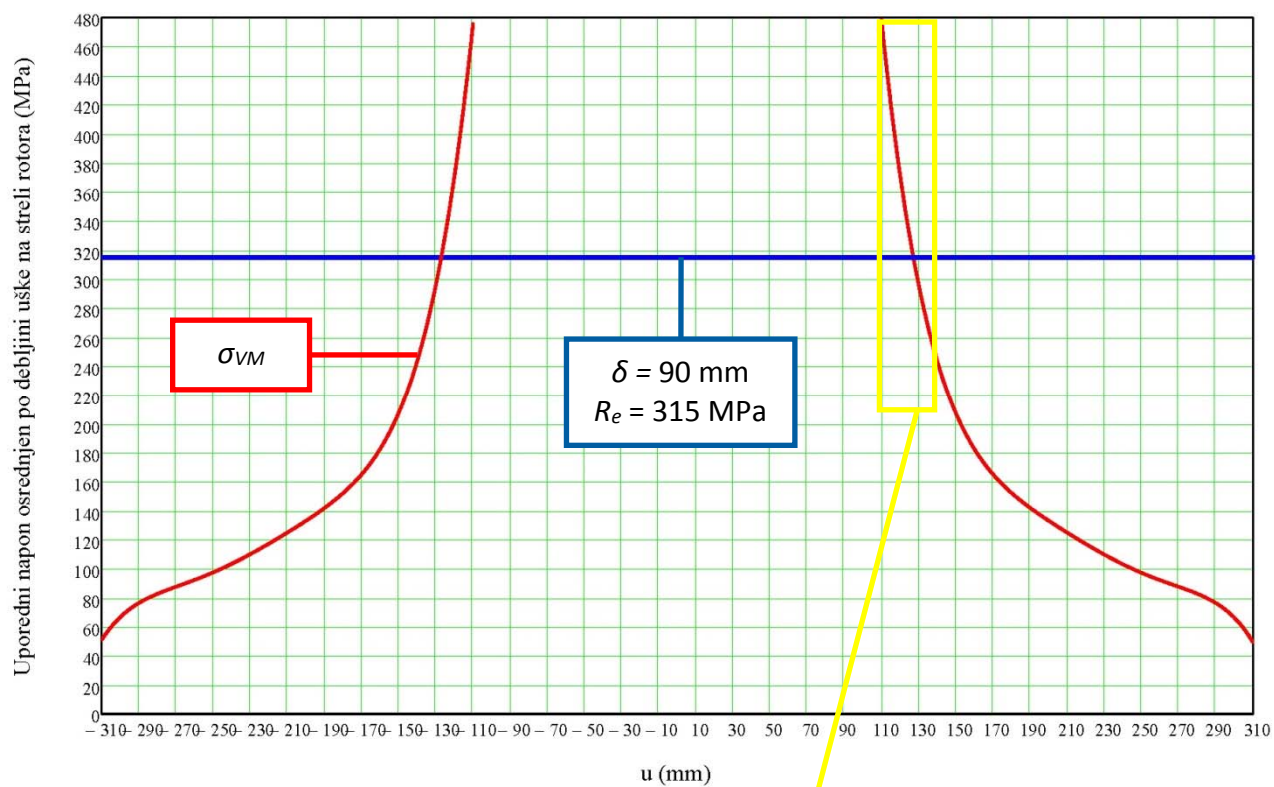
Слика 119: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке ламеле затеге стреле ротора

10.2.2 Ушке на стрели ротора

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ушки стреле ротора приказана је на слици 120. Критични пресек ушке (A – A) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 315 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 17 \text{ mm}$, слике 120 и 121.



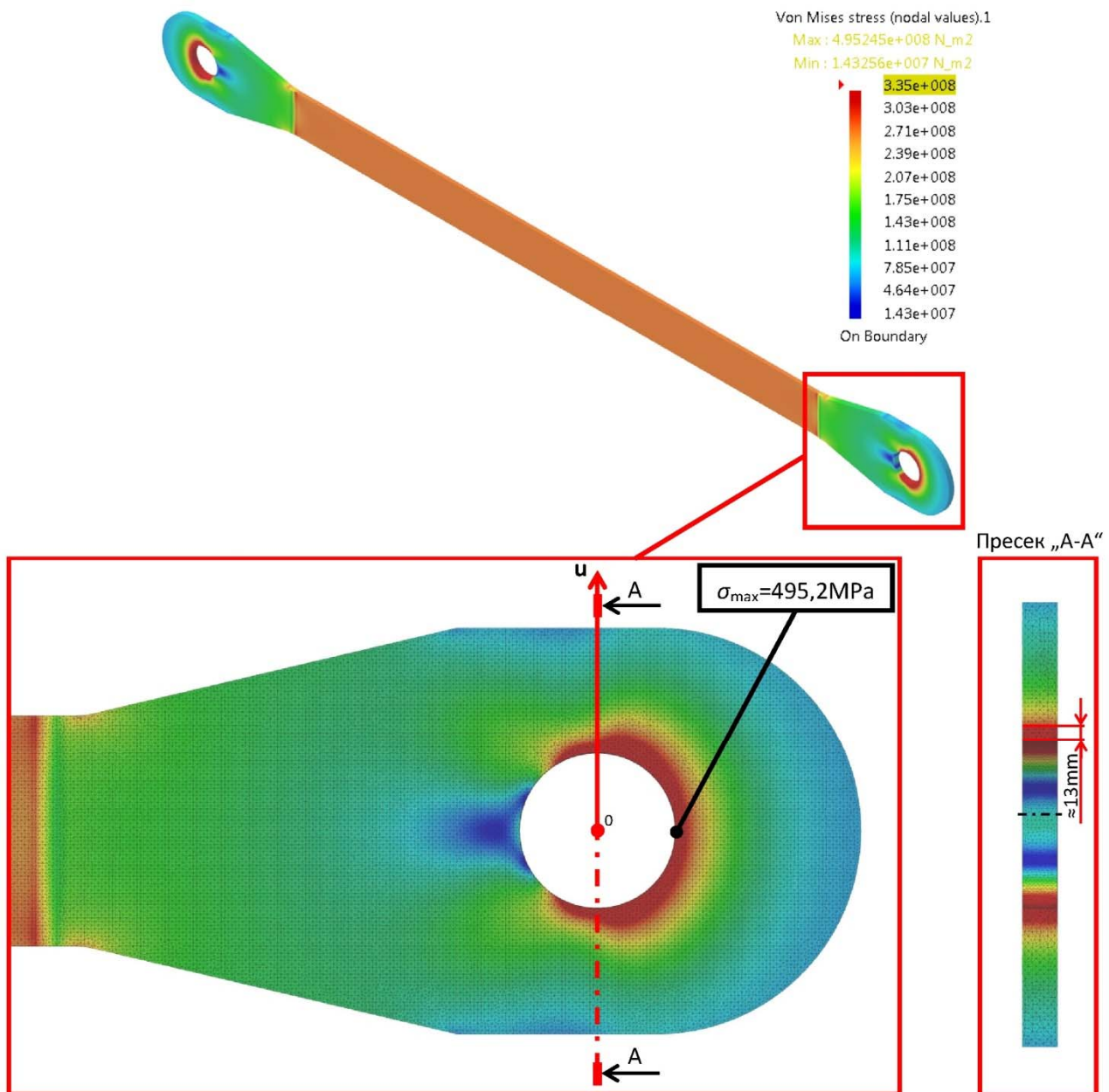
Слика 120: Напонско поље ушке на стрели ротора
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 315 \text{ MPa}$)



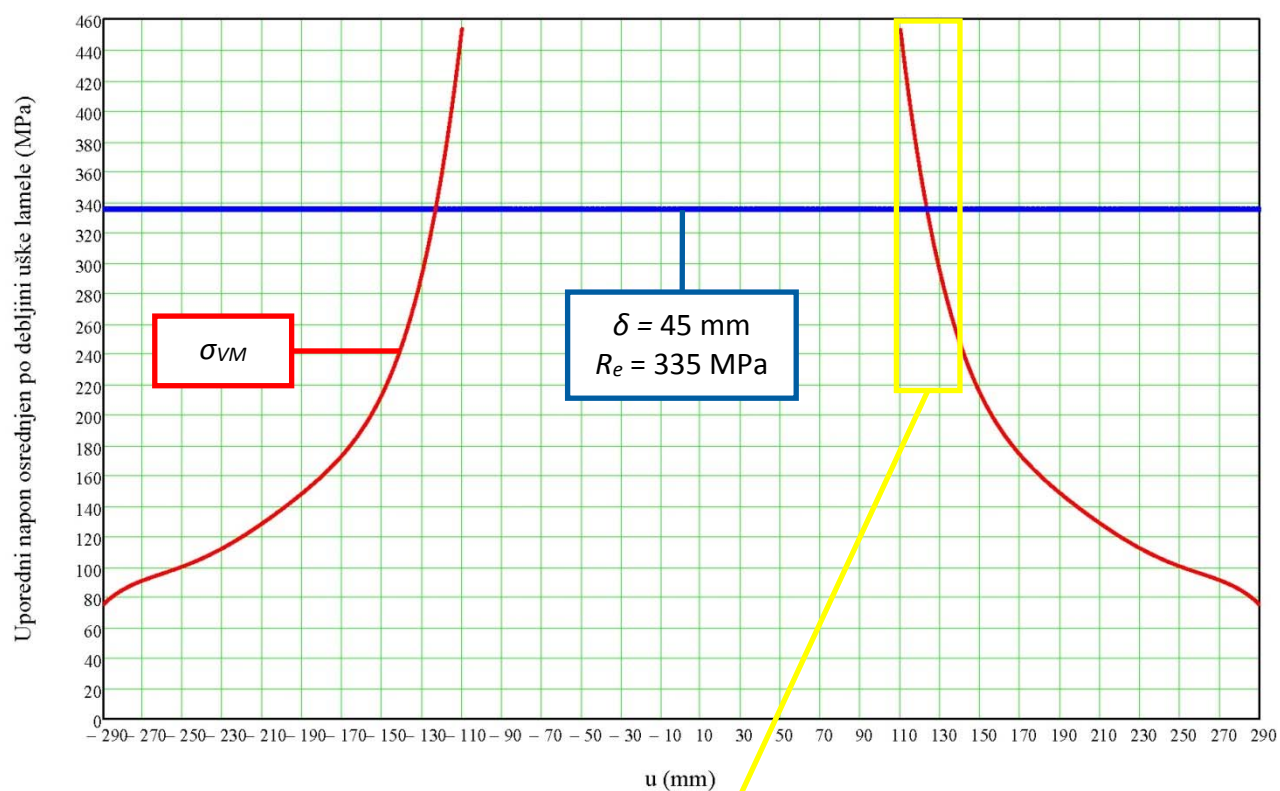
Слика 121: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке на стрели ротора

10.2.3 Ушке затеге стреле баласта

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ламели затеге стреле баласта приказана је на слици 122. Критични пресек ушке (A – A) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 335 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 13 \text{ mm}$, слике 122 и 123.



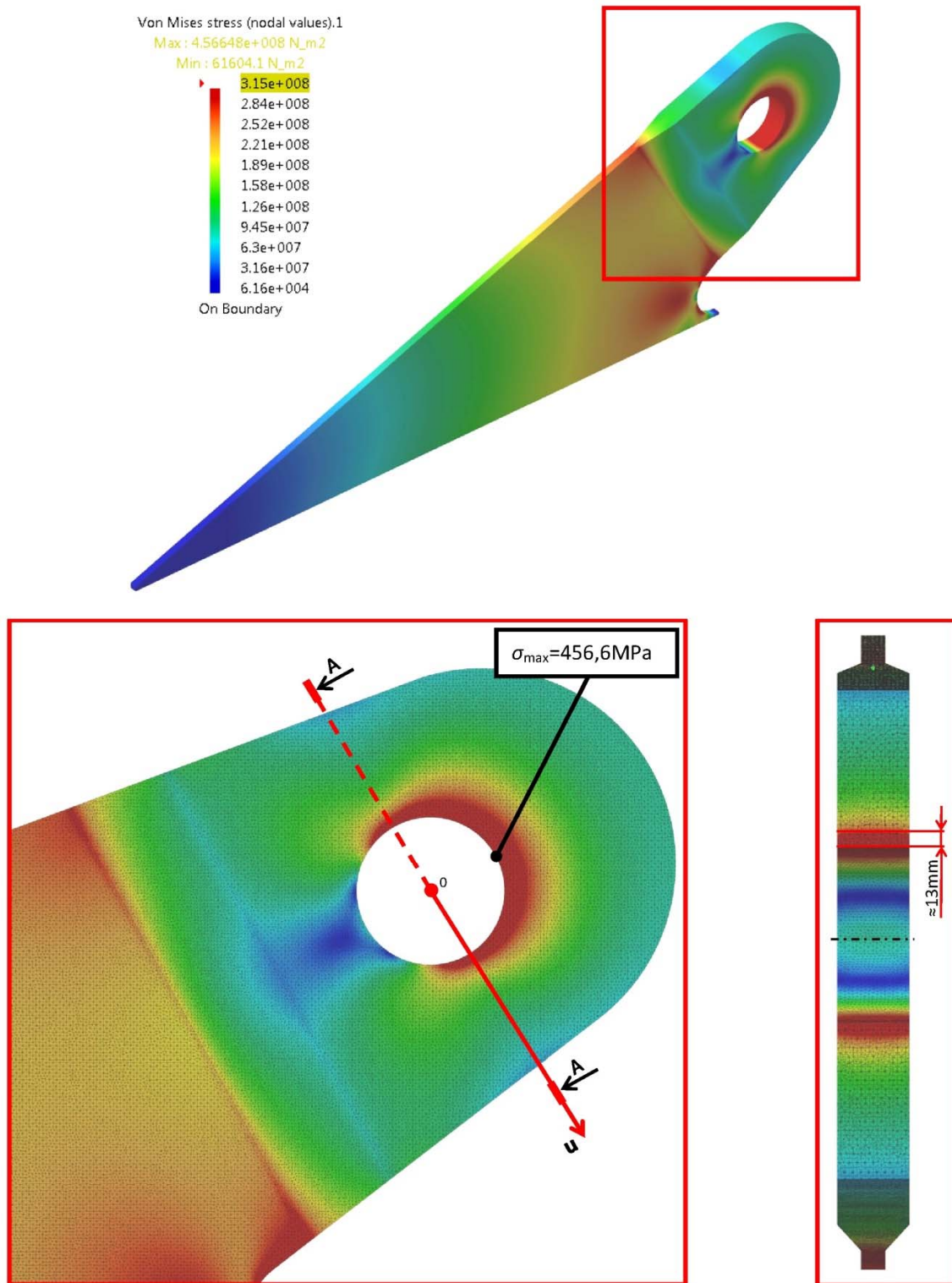
Слика 122: Напонско поље ламеле затеге стреле баласта (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 335 \text{ MPa}$)



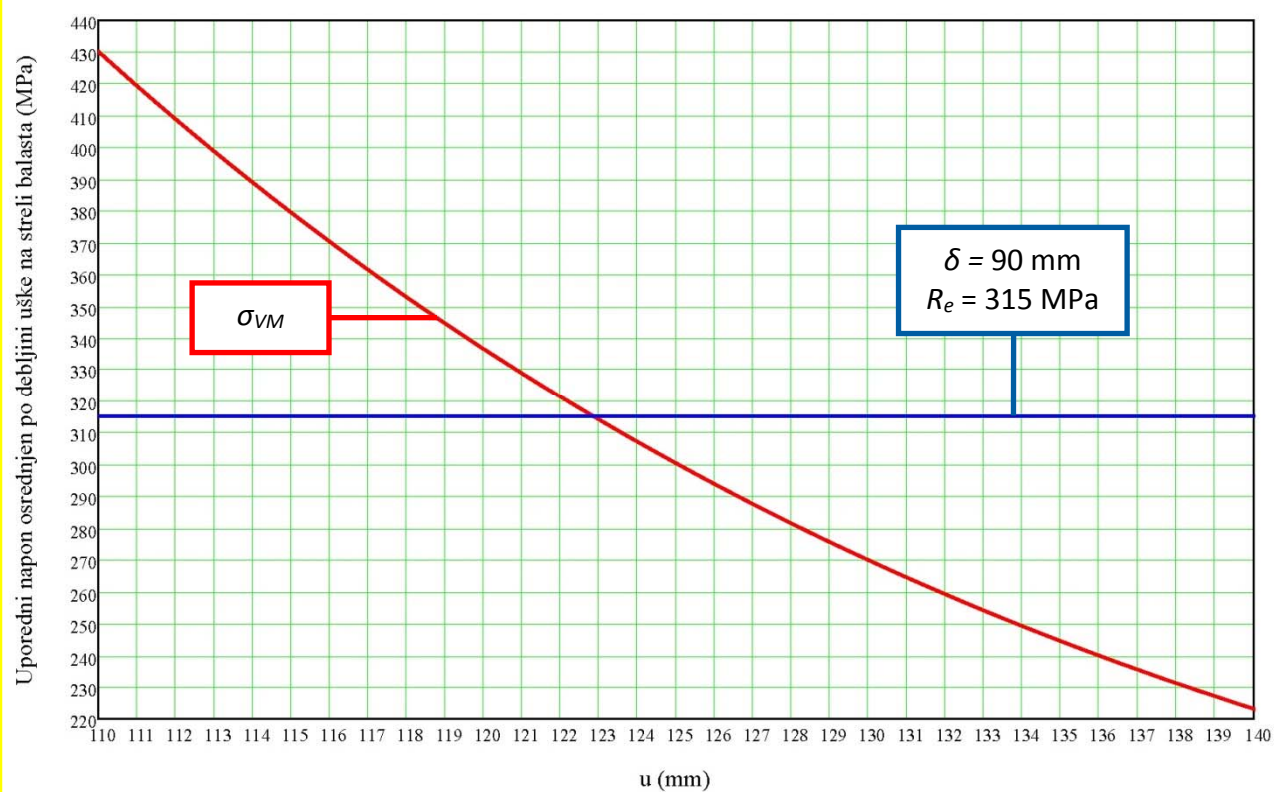
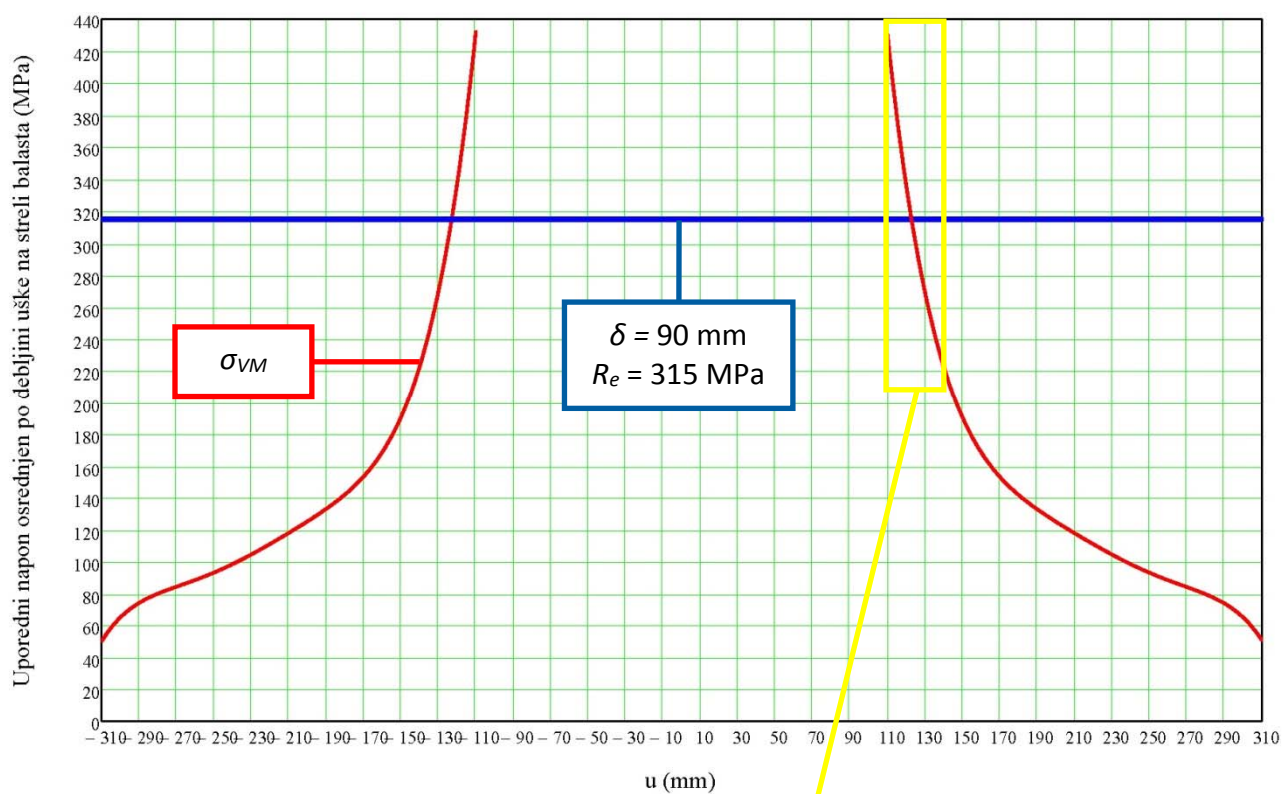
Слика 123: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке ламеле затеге стреле баласта

10.2.4 Ушке на стрели баласта

Дистрибуција упоредног (фон Мизес) напона у ушки стреле баласта приказана је на слици 124. Критични пресек ушке (A – A) је управан на правац дејства силе. Напони од факторисаног оптерећења у критичном пресеку већи су од одговарајуће границе течења ($R_e = 315 \text{ MPa}$) до дубине од $\approx 13 \text{ mm}$, слике 124 и 125.



Слика 124: Напонско поље ушке на стрели баласта
 (црвеном бојом означене су домени у којима су упоредни напони већи од $R_e = 315 \text{ MPa}$)



Слика 125: Расподела упоредног (фон Мизес) напона
у критичном пресеку ушке на стрели баласта

10.3 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Упоредни преглед максималних упоредних напона у критичним пресецима ушки и дубина зона преоптерећења разматраних ушки дат је у табели 42.

Табела 42

Ушка	Максимални напон у критичном пресеку (kN/cm ²)		Дубина зоне преоптерећења (mm)	
	Оптерећење-Круп	Оптерећење-МФ	Оптерећење-Круп	Оптерећење-МФ
Затеза стреле ротора	47,6	49,2	15	17
Стрела ротора	46,2	47,8	15,5	17
Затеза стреле баласта	46,6	45,3	15	13
Стрела баласта	44,5	43,2	14	13

На основу презентираних резултата прорачуна и њихове анализе, закључује се следеће:

1. Интензитет факторисане силе у затези стреле ротора одређен у тачки 8. овог елабората (6477 kN) већи је за 212,4 kN од одговарајуће силе која је наведена и извештају КРУП-а (6264,6 kN);
2. Интензитет факторисане силе у затези стреле баласта одређен у тачки 8. овог елабората (5394 kN) мањи је за 162,3 kN од одговарајуће силе која је наведена и извештају КРУП-а (5556,3 kN);
3. Максималне вредности упоредних напона у критичним пресецима ушки знатно превазилазе граничне вредности, при оптерећењима које је дефинисао Круп, као и при оптерећењима одређеним у овом елаборату;
4. Зоне напонских стања које превазилазе граничне вредности јављају се по целокупним дебљинама ушки и простиру се до дубине од 13 до 17 mm мерено од ивице отвора.

11.0 | ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Да би се извршила калибрација система за мониторинг напонских стања виталних елемената структуре горње градње, било је неопходно да се развије одговарајући 3Д модел горње градње. Он је формиран на основу конструкционе документације (цртежа) достављених од стране Инвеститора. С обзиром на чињеницу да је током реализације пројекта багера дошло до промене масених параметара горње градње, што је недвосмислено утврђено првим вагањем обављеним на монтажном плацу одмах након завршене монтаже, било је неопходно да се изврши детаљна идентификација маса и положаја свих елемената горње градње. Осим тога, извршене су и накнадне реконструкције на стрели ротора и стрели баласта, које су, такође, резултирале променом масених параметара горње градње. Све промене на горњој градњи за које постоји писани траг и које су достављене од стране Инвеститора, унете су у 3Д модел. Његова коначна маса усаглашена је и са резултатима првог вагања, чији су резултати прихваћени од стране произвођача.

За идентификацију оптерећења ужади система за вешање стреле ротора и затега стреле ротора и стреле баласта у целокупном домену промене угла нагиба стреле ротора, на основу аналитичког модела развијен је одговарајући софтвер. Његова валидација извршена је на основу компаративне анализе резултата са резултатима које за карактеристичне положаје стреле ротора даје Круп.

Коначна анализа оптерећења виталних елемената структуре горње градње изведена је модификованом верзијом софтвера, којом је обухваћен и утицај дислокације оса обртања четири превојна котура на стубу 2. Улазна датотека формирана је на основу 3Д модела горње градње, уз кориговање масе сагласно резултатима првог вагања и подацима о извршеним реконструкцијама.

Анализа оптерећења подструктура горње градње извршена је и применом методе коначних елемената. Упоредна анализа тако добијених резултата и резултата добијених применом софтвера базираног на аналитичком моделу показала је изузетно висок степен сагласности, што представља узајамну валидацију примењених метода прорачуна.

Основни параметри актуелног стања горње градње презентирани су у табели 43. Пре калибрације система за мониторинг напонских стања сагласно табели 44, неопходно је горњу градњу опрати и у највећој могућој мери елиминисати утицај нечистоћа. Потом обавити вагање багера за карактеристичне положаје стреле ротора (доњи, хоризонтални, горњи) уз симултано читавање притисака на „Паркерима“. Осим тога, неопходно је

очитавати притисак у положајима стреле ротора дефинисаним у табели 35 (страна 82), како би се верификовала крива дата на слици 70 (страна 81).

Табела 43: Основни параметри актуелног стања горње градње

Укупна маса горње градње (t)		1240,666
Маса баласта (t)		237,983
Апсциса тежишта x_T (mm)	Положај стреле ротора	
	Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	1312
	Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	1177
	Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	1765
Притисак у хидроцилиндру од сопствене тежине (bar)	Положај стреле ротора	
	Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	112,5
	Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	108,0
	Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$	102,6

Табела 44: Напони на линији мониторинга изазвани сопственом тежином

Мерно место	Позиција	Упоредни напон (kN/cm ²)		
		Поткоп, $\alpha_{SR}=-19,52^\circ$	Хоризонтални, $\alpha_{SR}=0^\circ$	Горњи, $\alpha_{SR}=14,1^\circ$
1	Ушка 1	8,8	9,4	9,1
	Ушка 2	8,7	9,3	9,0
2	Ламела 1	12,6	13,1	12,6
	Ламела 2	12,5	13,0	12,5
3	Ламела 3	12,5	13,0	12,5
	Ламела 4	12,6	13,1	12,6
4	Ушка 3	6,0	6,3	6,0
	Ушка 4	6,5	6,6	6,3
5	Ушка 5	8,6	8,3	7,9
	Ушка 6	8,5	8,2	7,8
6	Ламела 5	13,7	13,4	12,6
	Ламела 6	13,6	13,3	12,5
7	Ламела 7	13,7	13,4	12,6
	Ламела 8	13,7	13,4	12,6
8	Ушка 7	10,4	10,3	9,6
	Ушка 8	10,5	10,3	9,7

С обзиром на чињеницу да су током коначноелементне анализе при дејству сопствене тежине утврђена врло висока напонска стања ушки затега, као и ушки на стрели ротора стрели баласта, на захтев Инвеститора извршена је и коначноелементна идентификација напонског стања поменутих елемената за случај оптерећења H1b (рад багера у нормалном режиму експлоатације). Утврђено је да вредности напона у критичним пресецима ушки (пресеци управни на правац дејства оптерећења) знатно превазилазе граничне вредности, како при оптерећењима које је дефинисао Круп, као и при оптерећењима одређеним у овом елаборату. Зоне напонских стања које превазилазе граничне вредности јављају се по целокупним дебљинама ушки и простиру се до дубине од 13 до 17 mm мерено од ивице отвора. Имајући у виду да је у поменутих зонама доминантан утицај напона затезања, оне представљају слаба места конструкције и потенцијалну опасност за њен интегритет.

Током истраживања напонских стања на линији мониторинга, под дејством оптерећења изазваног сопственом тежином, у чворном лиму горњег појаса носача радијалног лежаја уочена је зона високог напонског стања која се простире по целој дебљини лима и улази ≈ 20 mm у његову ширину. Изузетно високо напонско стање под дејством сопствене тежине, указује на могућност појаве недопустиво високих напона у току рада багера.

Изложене чињенице намећу потребу перманентог праћења стања виталних елемената структуре горње градње, као и детаљну прорачунску проверу напона структуре горње градње.

ПРИЛОЗИ

ПРИЛОГ 1

“Preliminary Stability Calculation – Revision 1” од 05.04. 2007. године
Стране A2_4 ... A2_17, A2_26, A2_31, A2_32

ThyssenKrupp Fördertechnik

Bucket wheel excavator system EPS

Bucket wheel excavator

$$\text{SchRs} \frac{1600}{3} * 25$$

Chapter A2-BWE :

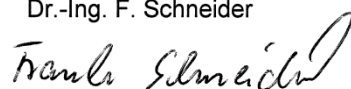
Preliminary Stability Calculation

Revision 1

Customer: EPS / Kolubara Lignite Basin / Tamnava West
Order No. : N 010 00035
General arrangement drawing: 4322432 4322711: Substructure
4322898: Superstructure
TKF machine No. 3092

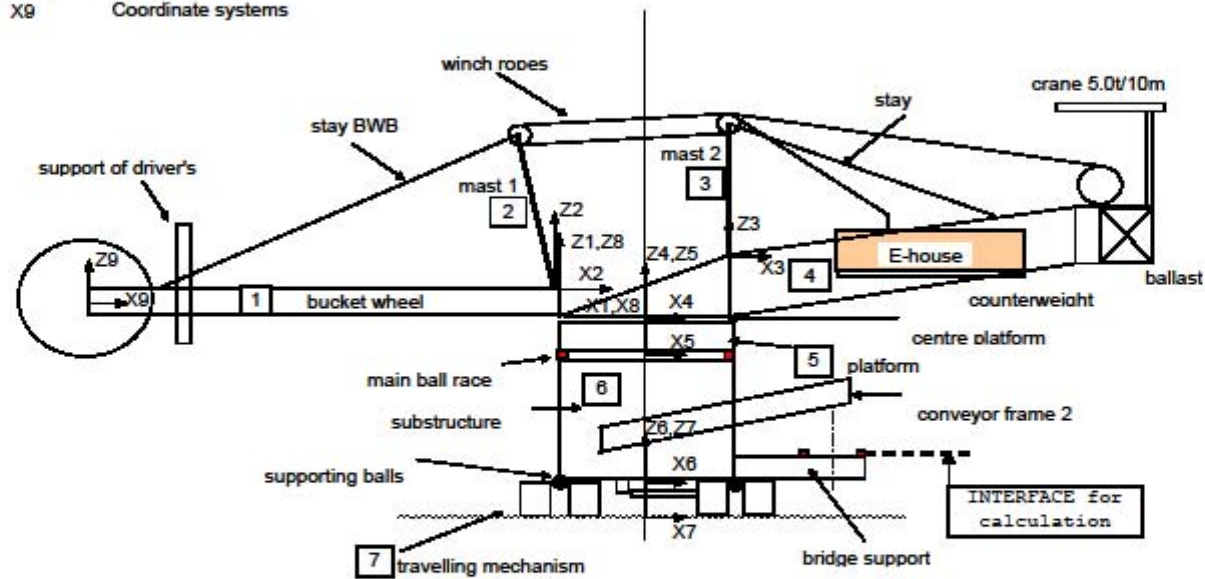
prepared: MI EN 12
05.04.2007
Dr.-Ing. F. Schneider

approved:



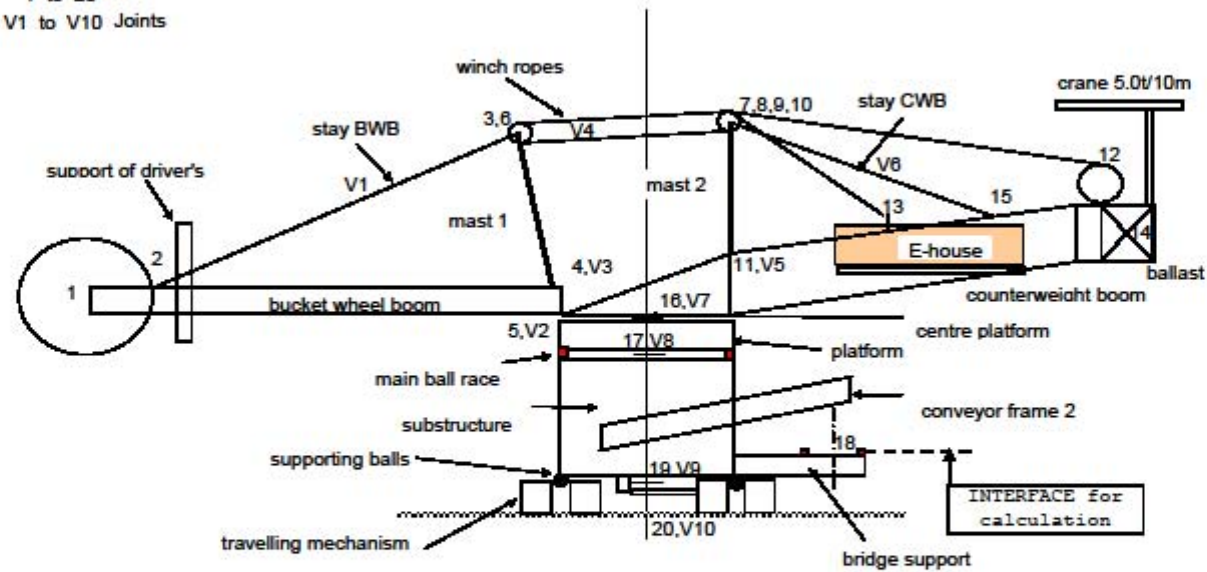
Bucket wheel excavator

1 to 7 Parts
 X1 to X9 Coordinate systems



Bucket wheel excavator

1 to 20 Nodes
V1 to V10 Joints



Determination of loads (Bucket wheel excavator)

Weights, centres of gravity

x-axis is defined positiv in conveying direction !

Bucket wheel boom

coordinates referring to pivot bucket wheel boom
related to ground, slew centre x1 y1 z1
-3.878 0.000 15.250

assembly group			G [t]	x1 [m]	y1 [m]	z1 [m]	G*x	G*y	G*z	
							0.0	0.0	0.0	
Bucket wheel boom part ER	S	76000	11.000	-0.600	0.000	1.600	-6.6	0.0	17.6	
Bucket wheel boom part A 18m	S	76000	42.500	-9.100	0.100	1.000	-386.8	4.3	42.5	
Bucket wheel boom part B 9.5m	S	76000	18.500	-22.400	0.200	1.100	-414.4	3.7	20.4	
Bucket wheel boom part	S	76000	0.000	-2.100	0.100	0.000	0.0	0.0	0.0	
Steel structure head	S	76000	38.500	-32.100	1.000	0.500	-1235.9	38.5	19.3	
BWB Stays 50%	117.500	S	76000	7.000	-29.400	0.000	3.300	-205.8	0.0	23.1
Drivers cabin guide frame	S			11.810	-28.600	4.600	3.800	-337.8	54.3	44.9
Drivers cabin frame	S			1.150	-28.600	7.950	3.000	-32.9	9.1	3.5
Drivers cabin suspension	S			3.739	-28.600	5.800	5.400	-106.9	21.7	20.2
operators cabin	E			2.500	-28.600	7.950	6.400	-71.5	19.9	16.0
	16.699									
Belt girder	S	76000	5.000	-14.100	0.900	1.250	-70.5	4.5	6.3	
Ring chute	S	76000	6.500	-40.000	-0.450	-0.800	-260.0	-2.9	-5.2	
Bucket wheel chute	S	76000	12.600	-36.400	1.100	2.500	-458.6	13.9	31.5	
Baffle wall front cross wall	S	76000	1.500	-38.400	2.000	1.500	-57.6	3.0	2.3	
Protection roof (gear)	S	76000	4.500	-34.600	-3.400	2.500	-155.7	-15.3	11.3	
Walkway head + drivers cap	S	76000	14.000	-23.100	1.400	0.360	-323.4	19.6	5.0	
Walkways boom	S	76000	9.600	-17.600	1.200	-0.300	-169.0	11.5	-2.9	
	53.700						0.0	0.0	0.0	
1 Bucket wheel gear compl.	M	51100	45.000	-36.288	-3.350	0.100	-1633.0	-150.8	4.5	
1 Bucket wheel axle with flange + bearings	M	51300	16.500	-36.288	-0.600	0.000	-598.8	-9.9	0.0	
Mechanical parts to bucket wheel drive	M		1.000	-35.000	-4.100	0.800	-35.0	-4.1	0.8	
1 Bearing gear side	M		0.000	-36.450	-2.000	0.000	0.0	0.0	0.0	
1 Bearing belt side	M		0.000	-35.900	2.850	0.000	0.0	0.0	0.0	
17 Buckets	M	51410	29.750	-36.288	-0.637	0.800	-1079.6	-19.0	23.8	
1 Bucket wheel body	M	51900	45.000	-36.288	-0.637	0.000	-1633.0	-28.7	0.0	
	137.250									
2 Belt drives	M	61100	6.222	2.300	0.100	0.000	14.3	0.6	0.0	
Drive pulley	M	61210	3.300	2.300	0.100	0.000	7.6	0.3	0.0	
Return pulley	M	61230	2.930	-39.500	1.650	0.255	-115.7	4.8	0.7	
20 Impact idler garland	M	61310	3.600	-33.700	1.420	0.500	-121.3	5.1	1.8	
32 Carrying idler garland	M	61320	2.688	-13.500	0.680	0.500	-36.3	1.8	1.3	
7 Idler station 10° (Lower belt)	M	61330	0.964	-24.300	1.100	-0.100	-23.4	1.1	-0.1	
2 dia 250	M	61240	0.900	-2.800	0.260	-0.200	-2.5	0.2	-0.2	
2 dia 318	M	61240	1.176	-10.300	0.560	-0.200	-12.1	0.7	-0.2	
1 dia 250	M	61240	0.450	-10.300	0.560	-0.200	-4.6	0.3	-0.1	
1 dia 288	M	61240	0.522	-33.200	1.410	-0.800	-17.3	0.7	-0.4	
1 dia 312	M	61240	0.558	-37.300	1.580	-0.600	-20.8	0.9	-0.3	
1 Control idler station	M	61350	0.400	-35.300	1.500	-0.500	-14.1	0.6	-0.2	
Take-up device	M		0.500	-40.000	2.000	0.255	-20.0	1.0	0.1	
Take-up pulley dia 830	M		0.000	-14.200	0.700	-0.800	0.0	0.0	0.0	
Take-up pulley dia 830	M		0.000	-17.000	0.820	-0.600	0.0	0.0	0.0	
1 Belt scraper	M	61380	0.170	2.000	0.059	-0.150	0.3	0.0	0.0	
1 Pre scraper	M	61380	0.110	2.000	0.080	-0.600	0.2	0.0	-0.1	
1 Plough scraper	M	61380	0.210	-38.500	1.600	-0.400	-8.1	0.3	-0.1	
1 Pulley scraper	M	61380	0.000	-39.500	1.650	-0.250	0.0	0.0	0.0	
	24.700						0.0	0.0	0.0	

Spillage conveyor 1.1:							0.0	0.0	0.0
1 Belt gear unit	M	65100	0.229	-12.250	-1.200	-0.700	-2.8	-0.3	-0.2
1 Drive pulley	M	65210	0.457	-12.250	0.630	-0.700	-5.6	0.3	-0.3
1 Return pulley	M	65230	0.437	2.000	0.050	-1.100	0.9	0.0	-0.5
Idlers	M	65330	0.440	-6.400	0.400	-0.900	-2.8	0.2	-0.4
1 idler station	M	64330	0.092	-0.800	0.400	-1.000	-0.1	0.0	-0.1
1 idler	M	64330	0.092	-10.200	0.550	-0.900	-0.9	0.1	-0.1
1 Take-up device	M	66360	0.024	-12.250	0.630	-0.900	-0.3	0.0	0.0
1 Scrapers	M	65370	0.212	1.900	0.050	-1.300	0.4	0.0	-0.3
winch rope drivers cabin	M	35200	0.653	-29.000	7.500	8.000	-18.9	4.9	5.2
winch gear drivers cabin	M	32110	0.820	-29.000	7.500	11.400	-23.8	6.2	9.3
mechanical parts for winch of drivers cabin	M	32200	1.300	-29.000	7.500	11.400	-37.7	9.8	14.8
Guide roller support right	M		0.540	-28.600	4.400	6.400	-15.4	2.4	3.5
Guide roller support left	M		0.540	-28.600	4.400	6.400	-15.4	2.4	3.5
1 Motors bucket wheel drive 1150 kW	E		9.360	-31.900	-4.200	0.500	-298.6	-39.3	4.7
1 Motor spillage conveyor 1.1	E		0.200	-12.700	-1.500	-0.300	-2.5	-0.3	-0.1
1 Operating cabin (refer above)	E		0.000	-28.600	7.950	3.000	0.0	0.0	0.0
2 Motors conveyor 1, partly 50%	E		1.500	2.300	0.000	0.000	3.5	0.0	0.0
Cables, lighting, heating..	E		2.500	-17.100	1.000	3.500	-42.8	2.5	8.8
Limit switch	V	93000	1.100	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
Oil BW gear	V	98000	2.500	-36.280	-3.350	0.000	-90.7	-8.4	0.0
Hydraulik chute flap	V		1.000	-38.400	1.600	1.500	-38.4	1.6	1.5
Compressed air system partly	V	94100	2.000	-21.600	0.800	0.500	-43.2	1.6	1.0
Fire extinguishing system partly	V	94200	1.800	-21.600	0.800	0.500	-38.9	1.4	0.9
Belt conveyor 1 87m * 80 kg/m	V	95110	6.950	-18.300	0.860	-0.240	-127.2	6.0	-1.7
Belt conveyor 1.1	V	95150	0.848	-5.200	0.350	-0.880	-4.4	0.3	-0.7
Coating 1.5 % Stb	V	97000	2.900	-27.000	0.000	0.800	-78.3	0.0	2.3
oil and grease	V	91100	0.616	-36.300	-4.200	0.000	-22.4	-2.6	0.0
							0.0	0.0	0.0
sum			391.459	-26.958	-0.050	0.864	-10552.9	-19.4	338.1

BWB	Steel structure	S	187.899	Moment of inertia belonging to slewing centre					
	Mech. equipment	M	167.786	$G \times (X1+dx)^2 =$ 427114 tm ²					
	El. equipment	E	16.060						
	Miscellaneous	V	19.714	dx = -3.878 m					
	sum		391.459						

Mast 1

coordinates referring to pivot mast 1
 related to ground, slew centre : x2 y2 z2
 -4.864 0.000 18.984

			G [t]	x2 [m]	y2 [m]	z2 [m]	G*x	G*y	G*z
Mast 1	S	96000	10.500	-1.300	0.000	6.500	0.0	0.0	0.0
Rope sheave girder	S	96000	26.200	-3.600	0.000	15.500	-13.7	0.0	68.3
BWB Stays 50%	S	96000	7.000	-3.600	0.000	15.500	-94.3	0.0	406.1
		43.700					-25.2	0.0	108.5
4 rope sheave blocks	M	36110	9.040	-3.600	0.000	16.000	0.0	0.0	0.0
Winch ropes partly	M	35160	2.043	-3.600	0.000	15.500	-32.5	0.0	144.6
Bearing mast - bucket wheel boom	M	37400	0.323	0.000	0.000	0.000	-7.4	0.0	31.7
		11.406					0.0	0.0	0.0
lifting crane 1.6t capacity	M	41200	0.500	-3.000	0.000	18.000	0.0	0.0	0.0
Walkways ladders to mast	S	96000	1.500	-1.000	0.000	7.000	-1.5	0.0	9.0
Walkway	S	96000	1.800	-2.800	0.000	14.600	-1.5	0.0	10.5
oil and grease	V	91100	0.320	-3.000	0.000	13.600	-5.0	0.0	26.3
Coating 1.5 % Stb	V	97000	0.710	-3.000	0.000	13.600	-1.0	0.0	4.4
							-2.1	0.0	9.7
sum			59.936	-3.073	0.000	13.664	-184.2	0.0	818.9

Steel structure S 47.000 Moment of inertia belonging to slewing centre
 Mech. equipment M 11.906 $G \times (X1+dx)^2 =$ 3831 tm²
 El. equipment E 0.000
 Miscellaneous V 1.030 dx = -4.864 m
 sum 59.936

Mast 2

coordinates referring to pivot mast 2
 related to ground, slew centre x3 y3 z3
 3.878 0.000 22.450

			G [t]	x3 [m]	y3 [m]	z3 [m]	G*x	G*y	G*z
Rope sheave girder	S	74000	34.200	0.000	0.000	14.000	0.0	0.0	0.0
Mast2	S	74000	13.200	0.000	0.000	5.500	0.0	0.0	478.8
CWB stays 1/2	S	74000	6.000	0.000	0.000	14.800	0.0	0.0	72.6
access	S	74000	1.200	-0.800	0.000	8.000	0.0	0.0	88.8
walkways	S	74000	1.800	-1.500	0.000	13.500	-1.0	0.0	9.6
		56.400					-2.7	0.0	24.3
4 rope sheave blocks	M	36110	9.040	0.000	0.000	14.800	0.0	0.0	0.0
Winch rope partly	M	35160	2.589	0.000	0.000	14.800	0.0	0.0	133.8
4 return sheaves mast2	M	35130	3.064	0.600	0.000	12.000	0.0	0.0	38.3
4 return sheaves mast2	M	35131	3.200	0.600	0.000	12.000	1.8	0.0	36.8
Bearing mast - counterweight boom	M	37400	0.323	0.000	0.000	0.000	1.9	0.0	38.4
oil and grease	V	91100	0.305	0.000	0.000	11.900	0.0	0.0	0.0
Coating 1.5 % Stb	V	97000	0.850	0.000	0.000	12.000	0.0	0.0	3.6
							0.0	0.0	10.2
sum			75.770	0.001	0.000	12.343	0.1	0.0	935.2

Steel structure S 56.400 Moment of inertia belonging to slewing centre
 Mech. equipment M 18.215 $G \times (X1+dx)^2 =$ 1150 tm²
 El. equipment E 0.000
 Miscellaneous V 1.155 dx = 3.878 m
 sum 75.770

Counter weight boom

coordinates referring to slew centre / top surface of platform
related to ground, slew centre : x4 y4 z4
0.000 0.000 13.400

			G [t]	x4 [m]	y4 [m]	z4 [m]	G*x	G*y	G*z
							0.0	0.0	0.0
Ballast boom Tower	S	75000	57.364	1.800	0.000	3.300	103.3	0.0	189.3
Ballast boom lattice part	S	75000	59.571	20.000	0.000	7.300	1191.4	0.0	434.9
Ballastbox	S	75000	31.065	34.000	0.000	10.000	1056.2	0.0	310.6
CWB stays 1/2	S	75000	6.000	23.800	0.000	12.500	142.8	0.0	75.0
154.000							0.0	0.0	0.0
E-house&Trafo platform	S	75000	11.200	22.800	0.000	6.500	255.4	0.0	72.8
Winch hoist frame	S	75000	16.000	29.500	0.000	12.200	472.0	0.0	195.2
Winch house	S	75000	5.000	32.000	0.000	15.100	160.0	0.0	75.5
upper walkway	S	75000	3.800	27.000	0.000	12.000	102.6	0.0	45.6
Stairs	S	75000	2.200	24.200	0.000	9.800	53.2	0.0	21.6
Walkway	S	75000	2.100	17.100	0.000	7.200	35.9	0.0	15.1
Walkway to Trafo	S	75000	3.300	25.300	0.000	6.700	83.5	0.0	22.1
Walkway	S	75000	1.100	28.200	0.000	6.700	31.0	0.0	7.4
stairs	S	75000	0.900	11.600	0.000	8.900	10.4	0.0	8.0
Walkway upper, long. transverse	S	75000	1.500	6.000	0.000	10.500	9.0	0.0	15.8
stair accesses	S	75000	2.500	8.500	0.000	3.700	21.3	0.0	9.3
Transfer point 1/2 + Baffle plate	S	75000	9.000	1.000	0.000	2.800	9.0	0.0	25.2
58.600							0.0	0.0	0.0
Winch mechanical parts compl.	M	31200	30.842	32.400	0.000	13.600	999.3	0.0	419.5
winch gear 2	M	31110	6.400	30.800	0.000	13.300	197.1	0.0	85.1
winch rope on drum	M	35160	3.287	32.400	0.000	13.600	106.5	0.0	44.7
winch rope fix point	M	35160	1.000	20.000	0.000	12.200	20.0	0.0	12.2
Rope overload guard	M	84300	0.720	19.928	0.000	12.200	14.3	0.0	8.8
42.249							0.0	0.0	0.0
Bearing of bucket wheel boom	M	37600	6.452	-3.878	0.000	1.850	-25.0	0.0	11.9
lifting crane slew centre 5t	M	41200	1.000	0.000	0.000	7.600	0.0	0.0	7.6
Slewing crane for ballast boom 5t	M	41100	16.000	37.500	0.000	18.500	600.0	0.0	296.0
2 Winch motors 250kW	E		3.000	27.900	0.000	12.300	83.7	0.0	36.9
2 Motors conveyor 1, partly 50%	E		1.500	2.700	0.000	2.200	4.1	0.0	3.3
E-house	E		11.500	21.500	0.000	8.000	247.3	0.0	92.0
E-house equipment incl. 3000kg cable	E		15.000	21.500	0.000	7.000	322.5	0.0	105.0
Trafohouse / cover	E		2.000	29.000	0.000	8.600	58.0	0.0	17.2
Transformer 2500 kVA	E		8.150	29.600	0.000	8.000	241.2	0.0	65.2
Transformer 350 kVA	E		2.000	29.600	0.000	8.000	59.2	0.0	16.0
50% Local control devices	E		0.700	23.800	0.000	10.000	16.7	0.0	7.0
Cables, lighting, heating..	E		10.000	17.000	0.000	12.000	170.0	0.0	120.0
Name plate	E	89100	1.426	21.500	0.000	8.000	30.7	0.0	11.4
Tools	E	89400	0.120	23.500	0.000	8.400	2.8	0.0	1.0
55.396							0.0	0.0	0.0
grease spray equipment for hoist winch	V	91100	0.100	29.500	0.000	13.400	3.0	0.0	1.3
Fire extinguishing system	V	94200	1.500	22.000	0.000	9.000	33.0	0.0	13.5
Coating 1.5 % Stb	V	97000	3.200	17.300	0.000	8.600	55.4	0.0	27.5
Oil and grease	V	91100	0.500	29.500	0.000	13.400	14.8	0.0	6.7
							0.0	0.0	0.0
sum			338.997	20.624	0.000	8.652	6991.4	0.0	2933.2

Steel structure	S	212.600	Moment of inertia belonging to slewing centre $G \times (X1+dx)^2 =$		192776	tm ²
Mech. equipment	M	65.701				
El. equipment	E	55.396				
Miscellaneous	V	5.300	dx =		0.000	m
sum		338.997				

Winch rope:

distribution	m	8.146 t				sum
		Mast1	Mast 2	fixing	winch drum	
horizontal position:	13.00	1.794	2.340	0.227	3.785	8.146
high position	8.40	1.167	1.713	0.227	5.039	8.146
ground position	18.10	2.490	3.035	0.227	2.394	8.146
lowest position:	19.80	2.721	3.267	0.227	1.931	8.146
running rope					3.108	

for this stability calculation mean value will be considered :

	Mast1	Mast 2	fixing	winch drum	
	2.043	2.589	0.227	3.287	8.146

Ballast

coordinates referring to centre platform
related to ground, slew centre

x4	y4	z4
0.000	0.000	13.400

		G [t]	x4 [m]	y4 [m]	z4 [m]	G*x	G*y	G*z
Ballast	V	197.000	34.300	0.000	9.800	6757.1	0.0	1930.6
sum		197.000	34.300	0.000	9.800	6757.1	0.0	1930.6

Steel structure	S	0.000	Moment of inertia belonging to slewing centre		
Mech. equipment	M	0.000	$G \times (X1+dx)^2 =$ 231769 tm^2		
El. equipment	E	0.000			
Miscellaneous	V	197.000	dx =	0.000	m
sum		197.000			

for design of superstructure:

Ballast reserve of

provide : 25.00 t = 21.35 t additional at centre of bucket wheel
12.690%

Note : Ballast weight for basic load cases in AGS

G = 197.00 t

Platform

coordinates referring to centre of main ball race bearing
related to ground, slew centre : x5 y5 z5
0.000 0.000 11.575

			G [t]	x5 [m]	y5 [m]	z5 [m]	G*x	G*y	G*z
							0.0	0.0	0.0
Platform main structure	S	73000	80.000	0.000	0.000	1.100	0.0	0.0	88.0
Platform main structure	S	73000	5.100	0.000	0.000	1.100	0.0	0.0	5.6
85.100									
transfer point 1/2	S	73000	7.700	0.000	0.000	0.700	0.0	0.0	5.4
Walkway	S	73000	2.100	0.000	0.000	1.200	0.0	0.0	2.5
locking pipes	S	73000	1.300	0.000	0.000	0.700	0.0	0.0	0.9
4 catch hooks	S	73000	2.200	0.000	0.000	-0.500	0.0	0.0	-1.1
Cover KDV	S	73000	1.500	0.000	0.000	0.300	0.0	0.0	0.5
14.800									
Slew assembly :							0.0	0.0	0.0
2 slew assembly gear	M	25110	8.400	0.000	0.000	0.500	0.0	0.0	4.2
50% Segments for ballrace	M	21300	9.540	0.000	0.000	0.000			
fixing device	M	21300	0.800	0.000	0.000	0.000			
associated drive parts	M		0.000	0.000	0.000	1.200			
18.740							0.0	0.0	0.0
2 Slewing motors 75 kW	E		1.540	0.000	0.000	1.200	0.0	0.0	1.8
							0.0	0.0	0.0
Lubrication for lube pinion	V	91100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
Lubrication for ball race	V	91100	1.800	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
2/3 Limit switch (excavator)	V	93000	2.200	0.000	0.000	0.200	0.0	0.0	0.4
Coating 1.5 % Stb	V	96000	1.500	0.000	0.000	1.100	0.0	0.0	1.7
Oil	V	98000	0.220	0.000	0.000	1.300	0.0	0.0	0.3
	V						0.0	0.0	0.0
sum			126.00	0.000	0.000	0.875	0.0	0.0	110.2

Steel structure	S	99.900
Mech. equipment	M	18.740
El. equipment	E	1.540
Miscellaneous	V	5.820
sum		126.000

Moment of inertia belonging to slewing centre

$$G \times (X1+dx)^2 = 0 \text{ tm}^2$$

$$dx = 0.000 \text{ m}$$

Substructure

coordinates related to slew centre / supporting balls
related to ground, slew centre : x6 y6 z6
0.000 0.000 3.850

			G [t]	x6 [m]	y6 [m]	z6 [m]	G*x	G*y	G*z
							0.0	0.0	0.0
Substructure circular wall	S	72000	46.600	0.000	0.000	4.200	0.0	0.0	195.7
Substructure top plate	S	72000	44.100	0.000	0.000	7.400	0.0	0.0	326.3
Substructure gear rim support	S	72000	4.700	0.000	0.000	7.200	0.0	0.0	33.8
reinforced structure for catch hooks	S	72000	0.950	0.000	0.000	8.100	0.0	0.0	7.7
Substructure bottom plate	S	72000	37.800	0.000	0.000	0.750	0.0	0.0	28.4
Substructure supporting leg C	S	72000	15.000	-8.150	0.000	3.500	-122.3	0.0	52.5
Substructure supporting legs A, B (steering)	S	72000	34.000	7.450	0.000	3.500	253.3	0.0	119.0
internal lattice girders for jacks	S	72000	9.500	0.000	0.000	6.800	0.0	0.0	64.6
bridge support	S	72000	9.000	18.000	0.000	1.600	162.0	0.0	14.4
bridge support lattice outside	S	72000	14.200	11.300	0.000	2.100	160.5	0.0	29.8
bridge support lattice inside	S	72000	13.200	2.250	0.000	2.000	29.7	0.0	26.4
bridge support lattice 2.3m	S	72000	3.500	6.150	0.000	2.100	21.5	0.0	7.4
lattice between steering supports	S	72000	18.500	7.450	0.000	2.300	137.8	0.0	42.6
lattice between steering supports	S	72000	6.500	7.450	0.000	2.300	48.4	0.0	15.0
lattice between steering supports	S	72000	2.900	7.450	0.000	2.300	21.6	0.0	6.7
Supporting frame Lenkdeichseln	S	72000	6.500	7.450	0.000	0.000	48.4	0.0	0.0
Conveyor frame conv.2	S	72000	15.000	7.500	0.000	4.300	112.5	0.0	64.5
E-House platform	S	72000	5.800	-2.200	-7.800	1.000	-12.8	-45.2	5.8
E-House platform/ crew room/ Trafo platform	S	72000	5.800	-2.200	7.800	1.000	-12.8	45.2	5.8
E-House platform support internal	S	72000	2.500	-1.400	0.000	3.500	-3.5	0.0	8.8
crew room, mech. Workshop, complete	S	72000	18.000	-2.200	7.500	3.350	-39.6	135.0	60.3
Container for Air compressor	S		2.500	-9.900	5.500	3.350	-24.8	13.8	8.4
Container for Hydraulic / Lubrication	S		4.500	-6.200	-6.400	3.350	-27.9	-28.8	15.1
covering of fire extinguisher room	S		0.300	-6.500	0.000	5.000	-2.0	0.0	1.5
314.050									
Chute and baffle plate	S	72000	4.500	18.000	0.000	8.000	81.0	0.0	36.0
Feeding chute + belt girder	S	72000	9.500	1.300	0.000	7.000	12.4	0.0	66.5
Protective grating, covers, cable guide	S	72000	3.300	0.000	0.000	7.000	0.0	0.0	23.1
Hoist beam + suspension	S	72000		0.000	0.000	4.800	0.0	0.0	0.0
Walkway 70% BWE2	S	72000	35.500	0.000	0.000	4.000	0.0	0.0	142.0
142.026									
conveyor 2:							0.0	0.0	0.0
1 Belt drive 315kW	M	62100	3.300	16.300	-2.100	8.600	53.8	-6.9	28.4
1 Drive pulley	M	62210	3.100	16.500	0.000	9.800	51.2	0.0	30.4
1 Take-up pulley	M	62230	2.500	-1.200	0.000	4.800	-3.0	0.0	12.0
10 Impact idler garland	M	62310	1.800	2.200	0.000	6.300	4.0	0.0	11.3
12 Carrying idler garland	M	62320	1.032	10.200	0.000	8.600	10.5	0.0	8.9
3 garlands lower strand	M	62330	0.258	11.000	0.000	7.800	2.8	0.0	2.0
training idler station	M	62340	0.180	15.000	0.000	9.400	2.7	0.0	1.7
training idler station	M	62360	0.254	3.200	0.000	5.400	0.8	0.0	1.4
3 Straight idlers	M	62370	0.276	3.200	0.000	5.400	0.9	0.0	1.5
Take-up device	M	62360	0.500	-1.500	0.000	4.800	-0.8	0.0	2.4
3 scapers	M	62380	0.680	8.000	0.000	7.400	5.4	0.0	5.0
13.880							0.0	0.0	0.0

1 impactpully dia.1000 with drive unit	M		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
2 impactpully dia.600 with drive unit	M		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
3 Impact pulley scraper	M		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
1 Mechanical part for hyd. Steering	M	?	1.300	7.450	0.000	0.000	9.7	0.0	0.0
2 Sphercial support	M	18140	8.370	7.450	0.000	0.000	62.4	0.0	0.0
50% Segments for ballrace	M	21300	9.540	0.000	0.000	7.650	0.0	0.0	73.0
ball cages	M	21300	1.400	0.000	0.000	7.650	0.0	0.0	10.7
141 Balls dia 200	M	21300	4.636	0.000	0.000	7.650	0.0	0.0	35.5
cover, sealing and misc.	M	21300	1.700	0.000	0.000	7.650	0.0	0.0	13.0
1 Toothed rim segments	M	21300	10.400	0.000	0.000	7.650	0.0	0.0	79.6
1 Connecting material for toothed rim	M	21300	0.400	0.000	0.000	7.500	0.0	0.0	3.0
1 Small parts	M	21300	1.800	0.000	0.000	7.500	0.0	0.0	13.5
E-hoist at lubrication room	M		0.100	-6.200	-6.400	4.350	-0.6	-0.6	0.4
Compressed air system power unit	M		3.500	-9.300	5.100	2.500	-32.6	17.9	8.8
43.146							0.0	0.0	0.0
Motor conveyor 2 1*315 kW	E		2.000	14.400	-2.100	8.600	28.8	-4.2	17.2
cable chain	E	o	1.500	0.000	0.000	7.000	0.0	0.0	10.5
E-House container	E		6.000	-1.400	-7.800	3.400	-8.4	-46.8	20.4
E-House NS electric , AC, cables	E		8.100	-3.000	-7.500	3.350	-24.3	-60.8	27.1
E-Workshop , conainer + equippmnt 1.5t	E		4.000	2.600	-9.000	3.350	10.4	-36.0	13.4
cables, lighting, heating..	E		8.000	0.000	0.000	2.000	0.0	0.0	16.0
29.600							0.0	0.0	0.0
Centr.lubrication.sys. for substructure	V	o	1.100	0.000	0.000	7.500	0.0	0.0	8.3
Lubrication power unit	V		1.500	-8.000	-5.500	1.750	-12.0	-8.3	2.6
Hydraulic power unit	V		2.500	-5.200	-6.000	1.750	-13.0	-15.0	4.4
Hydraulic cylinder steering	V	84000	7.500	3.000	0.000	0.000	22.5	0.0	0.0
Pipes and hoses	V		0.900	-5.000	-2.500	1.000	-4.5	-2.3	0.9
hydraulic oil	V	98000	0.600	1.200	0.000	0.000	0.7	0.0	0.0
Tools	V		0.000	-6.800	6.400	2.400	0.0	0.0	0.0
Fire extinguishing system	V	94200	2.400	0.000	0.000	3.600	0.0	0.0	8.6
water tank 10m³	V		0.800	-6.350	0.000	2.000	-5.1	0.0	1.6
water 50% of 10m³	V		5.000	-6.350	0.000	1.500	-31.8	0.0	7.5
water tank fresh and waste	V		0.500	1.200	6.800	1.000	0.6	3.4	0.5
fresh and waste water 50% of 2.5m³	V		1.250	1.200	6.800	1.000	1.5	8.5	1.3
Belt for conveyor 2	V	95120	3.200	7.600	0.000	5.800	24.3	0.0	18.6
Coating 1.5 % Stb	V	97100	5.600	0.700	0.000	4.000	3.9	0.0	22.4
Oil and greasing	V	98000	1.900	4.000	-2.000	3.500	7.6	-3.8	6.7
							0.0	0.0	0.0
sum			495.526	2.043	-0.070	3.911	1012.2	-34.9	1938.2

Steel structure	S	374.150
Mech. equipment	M	57.026
El. equipment	E	29.600
Miscellaneous	V	34.750
sum		495.526

Travelling mechanism

coordinates referring to centre of ball race / ground level
related to ground, slew centre : x7 y7 z7
0.000 0.000 0.000

			G [t]	x7 [m]	y7 [m]	z7 [m]	G*x	G*y	G*z
fixed side							0.0	0.0	0.0
2 Travel drive gear unit with shaft flange	M	11100	13.200	-8.150	-7.000	1.200	-107.6	-92.4	15.8
Associated drive parts	M	11330	0.728	-8.150	-7.100	1.000	-5.9	-5.2	0.7
2 Drive sprocket with shaft	M	11310	7.800	-8.150	-7.100	1.200	-63.6	-55.4	9.4
2 Tumbler	M	11320	4.200	-8.150	7.100	1.200	-34.2	29.8	5.0
16 2 - Wheel bogie	M	11410	11.360	-8.150	0.000	0.500	-92.6	0.0	5.7
4 4 - Wheel bogie	M	11420	8.640	-8.150	0.000	0.750	-70.4	0.0	6.5
2 8 - Wheel bogie	M	11430	13.800	-8.150	0.000	1.100	-112.5	0.0	15.2
2 x 55 Crawler pads	M	11500	61.600	-8.150	0.000	1.500	-502.0	0.0	92.4
2 x 3 Supporting roller	M	11600	2.160	-8.150	0.000	3.000	-17.6	0.0	6.5
2 Cover for crawler	M	11800	0.400	-8.150	0.000	2.500	-3.3	0.0	1.0
2 Crawler frame	M	11900	56.000	-8.150	0.000	1.800	-456.4	0.0	100.8
2 Mechanical parts for crawler frame	M			-8.150	0.000	3.000	0.0	0.0	0.0
1 Axle for fixed crawler	M	18110	19.600	-8.150	0.000	1.900	-159.7	0.0	37.2
1 Fixed draw bar	M	18210	17.500	-8.150	0.000	2.100	-142.6	0.0	36.8
2 Drive motors	E		1.660	-8.150	-5.500	1.500	-13.5	-9.1	2.5
218.648									
steering side									
4 Travel drive gear unit with shaft flange	M	11100	26.400	7.450	0.000	1.200	196.7	0.0	31.7
Associated drive parts	M	11330	1.456	7.450	0.000	1.000	10.8	0.0	1.5
4 Drive sprocket with shaft	M	11310	15.600	7.450	0.000	1.200	116.2	0.0	18.7
4 Tumbler	M	11320	8.400	7.450	0.000	1.200	62.6	0.0	10.1
32 2 - Wheel bogie	M	11410	22.720	7.450	0.000	0.500	169.3	0.0	11.4
8 4 - Wheel bogie	M	11420	17.280	7.450	0.000	0.750	128.7	0.0	13.0
4 8 - Wheel bogie	M	11430	27.600	7.450	0.000	1.100	205.6	0.0	30.4
4 x 55 Crawler pads	M	11500	123.200	7.450	0.000	1.500	917.8	0.0	184.8
4 x 3 Supporting roller	M	11600	4.320	7.450	0.000	3.000	32.2	0.0	13.0
4 Cover for crawler	M	11800	0.800	7.450	0.000	2.500	6.0	0.0	2.0
4 Crawler frame	M	11900	112.000	7.450	0.000	1.800	834.4	0.0	201.6
4 Mechanical parts for crawler frame	M			7.450	0.000	3.000	0.0	0.0	0.0
2 Axle for steered crawler	M	18120	35.600	7.450	0.000	1.900	265.2	0.0	67.6
2 Steered draw bar	M	18230	53.000	7.450	0.000	2.100	394.9	0.0	111.3
4 Drive motors	E		3.320	7.450	0.000	1.500	24.7	0.0	5.0
451.696									
Cables	E		1.200	0.000	0.000	1.500	0.0	0.0	1.8
							0.0	0.0	0.0
Lubricating system	V		1.000	0.000	0.000	1.600	0.0	0.0	1.6
Coating 0.5 % Mb	V		3.300	0.000	0.000	1.600	0.0	0.0	5.3
Oils and grease	V		0.500	0.000	0.000	1.800	0.0	0.0	0.9
							0.0	0.0	0.0
sum			676.344	2.341	-0.196	1.548	1583.2	-132.3	1046.9

		184.800	t = weight of crawler chains
Steel structure	S	0.000	
Mech. equipment	M	665.364	
El. equipment	E	6.180	
Miscellaneous	V	4.800	
sum		676.344	

Coordinate systems belonging to main coordinate system

pivot bucket wheel boom
 pivot mast 1
 pivot mast 2
 support at top of platform
 main ball race bearing
 supporting balls
 ground level

Point	x [m]	y [m]	z [m]
5	-3.878	0.000	15.250
4	-4.864	0.000	18.984
11	3.878	0.000	22.450
16	0.000	0.000	13.400
17	0.000	0.000	11.575
19	0.000	0.000	3.850
20	0.000	0.000	0.000

for reference only

Summery of movable weights at pivot bucket wheel boom

coordinates belonging to pivot bucket wheel boom

Bucket wheel boom horizontal
Mast 1
Bucket wheel boom + Mast 1 horizontal
Bucket wheel boom + Mast 1 high
Bucket wheel boom + Mast 1 planum
Bucket wheel boom + Mast 1 low

Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
0	391.459	-26.958	-0.050	0.864	-10552.9	-19.4	338.1
	59.936	-4.059	0.000	17.398	-243.3	0.0	1042.7
0	451.395	-23.917	-0.043	3.059	-10796.2	-19.4	1380.8
13.55	451.395	-22.535	-0.043	8.576	-10172.4	-19.4	3871.3
-14.60	451.395	-23.916	-0.043	-3.069	-10795.6	-19.4	-1385.2
-19.52	451.395	-23.565	-0.043	-5.108	-10637.0	-19.4	-2305.9

Summery of Weights at centre platform

coordinates belonging to centre platform

Bucket wheel boom + Mast 1 horizontal
Bucket wheel boom + Mast 1 high
Bucket wheel boom + Mast 1 planum
Bucket wheel boom + Mast 1 low
Mast 2
Counterweight boom
Ballast

Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
0	451.395	-27.795	-0.043	4.909	-12546.7	-19.4	2215.9
13.55	451.395	-26.413	-0.043	10.426	-11922.9	-19.4	4706.3
-14.60	451.395	-27.794	-0.043	-1.219	-12546.1	-19.4	-550.1
-19.52	451.395	-27.443	-0.043	-3.258	-12387.6	-19.4	-1470.8
	75.770	3.879	0.000	21.393	293.9	0.0	1620.9
	338.997	20.624	0.000	8.652	6991.4	0.0	2933.2
	197.000	34.300	0.000	9.800	6757.1	0.0	1930.6

Weights at centre platform

Loads at supporting balls	BWB hor.
Loads at supporting balls	BWB high
Loads at supporting balls	BWB plan.
Loads at supporting balls	BWB low

0	1063.162	1.407	-0.018	8.184	1495.7	-19.4	8700.6
13.55	1063.162	1.994	-0.018	10.526	2119.5	-19.4	11191.0
-14.60	1063.162	1.407	-0.018	5.582	1496.3	-19.4	5934.6
-19.52	1063.162	1.557	-0.018	4.716	1654.8	-19.4	5013.9

Summery of Weights at main ball race

coordinates belonging to centre of main ball race

Loads at supporting balls	BWB hor.
Loads at supporting balls	BWB high
Loads at supporting balls	BWB plan.
Loads at supporting balls	BWB low
Platform	

Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
0	1063.162	1.407	-0.018	10.009	1495.7	-19.4	10640.8
13.55	1063.162	1.994	-0.018	12.351	2119.5	-19.4	13131.3
-14.60	1063.162	1.407	-0.018	7.407	1496.3	-19.4	7874.9
-19.52	1063.162	1.557	-0.018	6.541	1654.8	-19.4	6954.1
	126.000	0.000	0.000	0.875	0.0	0.0	110.2

Weights at main ball race

Loads at main ball race	BWB hor.	0	1189.162	1.258	-0.016	9.041	1495.7	-19.4	10751.0
Loads at main ball race	BWB high	13.55	1189.162	1.782	-0.016	11.135	2119.5	-19.4	13241.5
Loads at main ball race	BWB plan.	-14.60	1189.162	1.258	-0.016	6.715	1496.3	-19.4	7985.1
Loads at main ball race	BWB low	-19.52	1189.162	1.392	-0.016	5.941	1654.8	-19.4	7064.3

Moment of inertia belonging to slewing centre at main ball race

Bucket wheel boom horizontal $G \times X^2 =$ tm^2

Summary of weights :

Weights excavator

Steel structure	977.949	t
Mech. equipment	1004.738	t
El. equipment	108.776	t
Miscellaneous	72.569	t
Ballast	197.000	t
sum	2361.032	t

Weights bridge

Steel structure	312.087	t
Mech. equipment	59.285	t
El. equipment	16.870	t
Miscellaneous	24.217	t
sum	412.459	t

Weights loading unit

Steel structure	231.250	t
Mech. equipment	238.806	t
El. equipment	84.325	t
Miscellaneous	16.234	t
sum	570.615	t

Total weights : Bucket wheel excavator system

Steel structure	1521.286	t
Mech. equipment	1302.828	t
El. equipment	209.971	t
Miscellaneous	113.020	t
Ballast	197.000	t
sum	3344.105	t

Note :
weight of **turn table bridge** is listed in weights bridge !

Limit of winch rope forces

05.04.2007

The cut-off value for **A** and **Z** will be adjusted in the winch rope system.

Loads see AGS : V4 ; winch ropes

number of reevings	24			Low	Hor.	High	
		Positions of bucket wheel boom :		-19.520	0.00	13.547	Grad
Load cases		Position in AGS		3	1	2	
Dead load		E	S =	234.4	225.9	216.9	kN
Normal tangential force		U_front	S =	44.8	44.8	44.6	kN
Normal radial force		UR_front	S =	0.0	0.0	0.0	kN
Normal tangential force		U_low	S =	20.3	6.5	-2.6	kN
Normal radial force		UR_low	S =	0.0	0.0	0.0	kN
Material load		F1	S =	14.3	14.2	13.9	kN
Incrustation conveyor		V1	S =	1.4	1.4	1.4	kN
Incrustation bucket wheel		V0	S =	14.8	14.9	14.8	kN
Blockage bucket wheel chute		VV 1	S =	44.9	44.1	42.9	kN
Inclination 5.0%		NxE	S =	2.9	-1.7	-4.8	kN
Inclination 5.0%		NxF1	S =	0.2	0.0	-0.2	kN
Inclination 5.0%		NxV1	S =	0.0	0.0	0.0	kN
Inclination 5.0%		NxV0	S =	0.3	0.0	-0.2	kN
Inclination 5.0%		NxVV1	S =	0.6	-0.2	-0.7	kN
Wind in operation 0,25		WX	S =	0.9	-0.7	-1.8	kN
Snow and ice		Snow	S =				kN
Inclination 5.0%		NxSnow	S =				kN
Snow and ice out of Operation		Snow_out	S =				kN
Inclination 5.0%		NxSnow_o	S =				kN
Standard load case		Z0	1000 kN S Z0 =	75.4	75.9	75.2	kN

Increase factor from F1 into V1	μ_{V1} =	0.1000
Increase factor from N into NN	μ_{NN} =	2.0000
Increase factor from W into WW	μ_{WW} =	3.2400
Increase factor from F into FF	μ_{FF} =	1.2109
Increase factor from U into UU	μ_{UU} =	1.3043

Resultant lever arm to winch ropes in AGS

a =	19.001	19.912	19.476	m
-----	--------	--------	--------	---

Minimum winch rope force without U E - ABS(NxE) - ABS(WX)				S min =	230.5	223.5	210.3	kN
Winch rope force								
(H 1b)	In operation	max	S H =	313.2	302.9	296.7	kN	
(H 1b)	In operation	min	S H =	231.4	224.2	209.6	kN	
(HZ 2)	In operation	max	S HZ =	314.2	303.6	298.5	kN	
(HZ 2)	In operation without UR	max	S HZ 2 =	314.2	303.6	298.5	kN	
(HZ 2)	In operation	min	S HZ =	230.5	223.5	207.8	kN	
(HZ 2)	In operation without UR	min	S HZ 2 =	230.5	223.5	207.8	kN	
(HZ 3)	Out of operation	max	S HZ =	256.9	246.2	243.9	kN	
(HZ 3)	Out of operation	min	S HZ =	228.4	222.0	206.3	kN	
(HZS 4)	Transport	min	S HZS =	225.5	220.3	201.5	kN	
(HZS 5)	Chute blockage	max	S HZS =	359.6	347.9	342.1	kN	
(HZS 6)	Extr. material	max	S HZS =	272.4	261.8	256.9	kN	
(HZS10)	Combination UU + S	max	S HZS =	327.8	317.3	312.1	kN	
(HZS10)	Combination UU + S	min	S HZS =	230.5	223.5	207.0	kN	

Standard load cases for bridge loads.

Loads are belonging to ball race bearing bridge node 18 and coordinate system No. 6

V_Br	FZ =	-1000	kN	X6 =	18.000	m
DV_Br	FZ =	-1000	kN	Y6 =	0.000	m
X_Br	FX =	1000	kN	Z6 =	1.975	m
Y_Br	FY =	1000	kN			
MX_Br	MX =	1000	kNm			
MY_Br	MY =	1000	kNm			

Bridge loads for calculation

(refer joint V1, Loading Unit)

10.10.2006

		(H)	(HZ i.O)	(HZ o.O)	(HZS)	(HZG)	
Max/Min	Hr ±	601.4	723.0	883.5	963.2	799.1	kN
Max/Min	Mr ±	884.2	1063.0	1512.2	1801.3	1175.5	kNm
Max	FZ = V_Br	-1397.8	-1396.2	-1397.9	-1393.8	-1392.7	kN
Min	Fz	-2383.6	-2398.2	-1949.7	-2599.1	-2414.1	kN
DV_Br = MinFZ-MaxFZ =		-985.8	-1002.0	-551.9	-1205.3	-1021.4	kN

Note : If +FX = Hr then +MY = Mr
If +FY = Hr then -MX = Mr

The factor to convert will be obtained by dividing the bridge loads by 1000!

For all load cases (H; HZ; HZS; HZG) will be calculated with the same extrem values from load case **HZ in Operation !**

Only load case **HZ_J (Jack forces)** will be calculated with bridge loads **HZ out of Operation !**

Resting forces (A) ; (AA) and overload forces (Z) ; (ZZ)

will be combined as permanent loads and belonging to the load cases.

Inclination and Wind in Y-direction won't be considered.

Standard load case Z0

Z0 = -1000 kN

On part 1 bucket wheel boom and coordinate system X9 at joint 1 .

Ballastreserve for Stability calculations

Ballastreserve will be considered with p =

0.000% for stability calculations
12.690% for structural analyses (SA)

Coordinates of centre of ballast node 14

Coordinates of centre of bucket wheel node 1

X 14 = 34.300 m
X 1 hor = -40.166 m
X 1 high = -39.156 m
X 1 low = -38.080 m

for Stability: for SA
BalRes1= G Bal x p = 0.00 25.00 t

Balance weight in centre of bucket wheel node 1

V0_bel = BalRes1 x X14 / -(X1hor+X1high+X1low) x 3 =

V0_bel = BalRes1 x X14 / -X1hor =

0.00 21.91 t
0.00 21.35 t

Ballast in basic load cases

Factor to be applied on ballast

BalRes1 = G Bal = 197 t
μ = 0.0000 0.1269

belonging incrustation of bucket wheel

Factor to be applies on V0

V0_bel = V0 = 196.6 kN
μ = 0.0000 1.0861

Combination codes :

For determining the ballast weight and extrem loadings of important load-carrying elements and for overall stability analysis, the following combination codes have been defined :

- No. 1 : Determination of the ballast
- No. 2 : Extreme forces of joints under service loadings ($\gamma F = 1.0$)
- No. 3 : Stability analysis with partial safety factors applied on live loads
1.0 times dead weight, γF time live loads
- No. 4 : Determination of jack forces for joint V9 and V10 under maintenance conditions
For position 1 (horizontal) and 3 (low) only
- No. 5 : Stability analysis jack forces for joint V9 and V10 under maintenance conditions
1.0 times dead weight, γF time live loads
- No. 6 : for check of winch rope forces for settings (1.0 times setting values)
- No. 7 : for check of centre of gravity at ball race level under service loading
- refer "Operating Manual" of dismantling of bearing C at substructure to fixed crawler.

Ballast mass for $M_y = 0$ at ball race in horizontal position

	G [t]	X [m]	G x X [tm]
Bucket wheel boom + Mast 1	451.4	-27.795	-12546.7
Mast 2	75.8	3.879	293.9
Counterweight boom	339.0	20.624	6991.4
Platform	126.0	0.000	0.0
Sum	992.2	-5.303	-5261.4

Distance ballast to slew centre

$$X_4 = 34.300 \text{ m}$$

Ballast mass for balance; $x_s = 0$

$$B_a = -G \times X / X_4 = 153.4 \text{ t}$$

ПРИЛОГ 2

“Final Stability Calculation – Revision 1” од 10.09. 2009. године
Стране АЗ-6 ... АЗ-17, АЗ-27, АЗ-32, АЗ-33, 15.1, 15.12 и 15.18

ThyssenKrupp Fördertechnik

Bucket wheel excavator system EPS

Bucket wheel excavator

$$\text{SchRs} \frac{1600}{3} * 25$$

Chapter A3-BWE :

Final Stability Calculation

Rev. 1

Customer:	EPS / Kolubara Lignite Basin / Tamnava West
Order No. :	N 010 00035
General arrangement drawing:	4 330 720
TKF machine No.	3092

prepared: MI EN 12
10.09.2009
Dipl.Ing. Klaus Diebig

approved:



Determination of loads (Bucket wheel excavator)**Weights, centres of gravity****x-axis is defined positiv in conveying direction !**

See " Group list N-010-00035 from 12.08.2008 " and Drawing No. 4323859 Rev.02 from 23.01.2007

Bucket wheel boom

coordinates referring to pivot bucket wheel boom

related to ground, slew centre	x1	y1	z1
	-3,878	0,000	15,250

assembly	group	G [t]	x1 [m]	y1 [m]	z1 [m]	G*x	G*y	G*z
						0,0	0,0	0,0
Bucket wheel boom part 1	S 76110	55,516	-8,200	0,000	0,900	-455,2	0,0	50,0
Bucket wheel boom part 2	S 76120	20,861	-21,500	0,100	0,900	-448,5	2,1	18,8
Bucket wheel boom part 3	S 76130	19,988	-28,500	0,000	0,750	-569,7	0,0	15,0
BW bearing support	S 76140	9,337	-35,350	-2,400	0,000	-330,1	-22,4	0,0
BW head	S 76150	15,065	-34,700	2,050	-0,500	-522,8	30,9	-7,5
Box girder	S 76160	1,340	-38,400	1,645	1,800	-51,5	2,2	2,4
122,107								
Guide roller support left	S 76181	0,303	-28,600	4,400	6,400	-8,7	1,3	1,9
Guide roller support right	S 76182	0,303	-28,600	4,400	6,400	-8,7	1,3	1,9
Drivers cabin guide frame	S 76183	1,604	-28,600	4,600	3,800	-45,9	7,4	6,1
Drivers cabin suspension	S 76184	1,878	-28,600	5,800	5,400	-53,7	10,9	10,1
Drivers cabin frame	S 76185	5,085	-28,600	7,950	3,000	-145,4	40,4	15,3
Bracing belt girder	S 76190	0,028	-0,700	0,170	0,670	0,0	0,0	0,0
Tension rod BWB 50%	S 76410	8,178	-29,388	0,000	3,300	-240,3	0,0	27,0
17,379						0,0	0,0	0,0
Supports for garlands	S 76310	0,729	1,000	0,100	1,150	0,7	0,1	0,8
Ring chute	S 76510	4,529	-40,200	-0,300	-0,800	-182,1	-1,4	-3,6
Bucket wheel chute	S 76520	4,960	-33,900	0,200	2,200	-168,1	1,0	10,9
Belt chute	S 76530	4,127	-33,900	2,400	2,200	-139,9	9,9	9,1
Chute head wall	S 76540	1,067	-38,600	1,700	2,500	-41,2	1,8	2,7
Skirtboard	S 76550	0,239	-33,900	2,330	2,700	-8,1	0,6	0,6
Lower walkway	S 76630	4,015	-15,600	0,100	-0,900	-62,6	0,4	-3,6
Upper walkway	S 76640	4,319	-13,900	0,690	1,950	-60,0	3,0	8,4
Top walkway	S 76650	0,929	-26,400	0,000	3,700	-24,5	0,0	3,4
Walkway and stairs	S 76660	3,178	-2,500	0,005	2,200	-7,9	0,0	7,0
Ladder at guide frame	S 76670	0,277	-28,650	3,350	8,600	-7,9	0,9	2,4
Movable platform	S 76681	0,354	-17,500	5,520	-1,300	-6,2	2,0	-0,5
Travelling rail platform	S 76682	3,190	-15,000	5,520	-1,500	-47,9	17,6	-4,8
Stair to drivers cab	S 76683	1,528	-23,000	5,520	1,000	-35,1	8,4	1,5
Safety crossing	S 76684	0,100	-15,000	5,000	-1,000	-1,5	0,5	-0,1
Walkway BW drive	S 76685	0,981	-32,900	-5,200	-1,500	-32,3	-5,1	-1,5
BWH walkway	S 76690	2,602	-34,100	2,060	0,300	-88,7	5,4	0,8
Protection cover (gear)	S 76710	8,717	-33,900	-3,800	2,600	-295,5	-33,1	22,7
Gratings	S 76820	5,002	-16,000	2,000	0,200	-80,0	10,0	1,0
Gratings BWH	S 76830	0,749	-34,100	2,060	0,250	-25,5	1,5	0,2
51,592						0,0	0,0	0,0
winch gear drivers cabin	M 33100	0,821	-28,400	7,000	11,400	-23,3	5,7	9,4
mechanical parts for winch of drivers cabin	M 33300	4,505	-29,000	7,500	11,400	-130,6	33,8	51,4
winch rope drivers cabin	M 35300	0,743	-29,000	7,500	8,000	-21,5	5,6	5,9
Bearing bucket wheel boom	M 37610	4,081	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
Support operator cabin	M 37640	0,040	-28,600	7,950	7,000	-1,1	0,3	0,3
Cylinder bearing chute back wall BWE	M 37650	0,003	-39,500	1,650	1,700	-0,1	0,0	0,0
Operator cabin levelling device	M 38100	0,050	-29,000	7,500	7,000	-1,5	0,4	0,4
Guide roller drivers cabin	M 38200	0,977	-28,600	4,400	6,400	-27,9	4,3	6,3
Hydraulic drivers cabin	M 48140	0,247	-29,000	7,500	7,000	-7,2	1,9	1,7
						0,0	0,0	0,0
1 Bucket wheel gear compl.	M 51100	60,635	-36,500	-4,050	0,530	-2213,2	-245,6	32,1
1 Bucket wheel axle cpl.	M 51310	15,789	-36,288	-0,760	0,360	-573,0	-12,0	5,7

1 Flood bearing gear side	M	51320	3,023	-36,434	-2,180	0,433	-110,1	-6,6	1,3
1 Fixed bearing belt side	M	51330	0,576	-35,905	2,845	0,170	-20,7	1,6	0,1
17 Buckets	M	51400	24,963	-36,288	-0,760	0,360	-905,9	-19,0	9,0
1 Bucket wheel body	M	51900	42,443	-36,288	-0,760	0,360	-1540,2	-32,3	15,3
147,429							0,0	0,0	0,0
2 Belt drives	M	61100	6,833	2,300	0,070	0,120	15,7	0,5	0,8
Drive pulley	M	61210	4,102	2,150	0,065	0,105	8,8	0,3	0,4
Take-up pulley	M	61230	2,701	-39,156	2,183	0,490	-105,8	5,9	1,3
3 Snub pulley	M	61270	1,227	-17,856	0,844	-0,243	-21,9	1,0	-0,3
2 Snub pulley D268	M	61280	0,722	-16,360	0,785	-0,570	-11,8	0,6	-0,4
20 Impact idler garland	M	61310	2,770	-33,840	1,465	0,700	-93,7	4,1	1,9
31 Carrying idler garland	M	61320	3,720	-13,800	0,685	0,650	-51,3	2,5	2,4
9 Return idler garland	M	61330	0,990	-20,300	0,940	-0,300	-20,1	0,9	-0,3
Fixing of garlands	M	61340	0,250	-33,840	1,465	0,500	-8,5	0,4	0,1
1 Control idler station	M	61350	0,348	-35,200	1,516	-0,577	-12,2	0,5	-0,2
Take-up device	M	61400	0,320	-37,700	1,625	0,490	-12,1	0,5	0,2
1 Scraper discharge pulley	M	61610	0,413	2,560	0,070	0,330	1,1	0,0	0,1
1 Diagonal scraper	M	61630	0,261	-37,640	1,612	0,050	-9,8	0,4	0,0
3 Steel scraper	M	61640	0,243	-18,000	0,850	-0,300	-4,4	0,2	-0,1
24,900							0,0	0,0	0,0
Spillage conveyor 1.1:							0,0	0,0	0,0
1 Belt gear unit	M	65100	0,442	-12,400	2,340	-0,800	-5,5	1,0	-0,4
1 Drive pulley	M	65210	0,444	-12,340	0,630	-0,800	-5,5	0,3	-0,4
1 Return pulley	M	65220	0,412	1,950	0,073	-1,144	0,8	0,0	-0,5
7 Carrying garland	M	65310	0,665	-3,900	0,300	-0,900	-2,6	0,2	-0,6
1 idler station	M	64340	0,153	-10,250	0,540	-1,060	-1,6	0,1	-0,2
Take up device	M	64400	0,025	-13,050	0,635	-0,800	-0,3	0,0	0,0
1 Scraper discharge pulley	M	65610	0,071	2,080	0,060	-1,350	0,1	0,0	-0,1
1 Diagonal scrapers	M	65620	0,261	-11,900	0,575	-0,890	-3,1	0,2	-0,2
2,473							0,0	0,0	0,0
							0,0	0,0	0,0
1 Motor bucket wheel main drive 1150 kW	E	81100	8,400	-32,200	-5,400	0,300	-270,5	-45,4	2,5
2 Motor bucket wheel aux. Drive 22 kW	E	81100	0,230	-35,500	-5,000	1,600	-8,2	-1,2	0,4
1 Motor spillage conveyor 1.1	E	81100	0,120	-12,300	-1,100	-0,800	-1,5	-0,1	-0,1
1 Motor operators cabin winch	E	81100	0,180	-28,600	7,950	11,400	-5,1	1,4	2,1
Cables, lighting, heating..	E	81500	2,500	-17,100	1,000	3,500	-42,8	2,5	8,8
Main cabin	E	81820	4,252	-28,600	7,950	4,000	-121,6	33,8	17,0
Hydraulik chute flap and take up con.1 comp.	E	84130	0,442	-38,400	1,660	0,600	-17,0	0,7	0,3
Hydraulik drivers cabin	E	84140	0,247	-28,600	7,950	5,200	-7,1	2,0	1,3
							0,0	0,0	0,0
Cab winch spray system	V	91700	0,125	-28,400	7,000	11,400	-3,6	0,9	1,4
Fire extinguishing system	V	94200	1,800	-21,600	0,800	0,500	-38,9	1,4	0,9
Belt conveyor 1	V	95100	6,859	-18,500	1,120	0,300	-126,9	7,7	2,1
Belt conveyor 1.1	V	95500	0,973	-5,200	0,350	-0,880	-5,1	0,3	-0,9
Painting	V	97000	2,900	-27,000	0,000	0,800	-78,3	0,0	2,3
Oil and grease	V	98000	0,616	-36,630	-3,350	0,000	-22,6	-2,1	0,0
							0,0	0,0	0,0
sum			406,991	-26,693	-0,350	0,931	-10863,7	-142,5	379,0

BWB	Steel structure	S	191,078	Moment of inertia belonging to slewing centre					
	Mech. equipment	M	186,269	$G \times (X1+dx)^2 =$ 439223 tm^2					
	El. equipment	E	16,371						
	Miscellaneous	V	13,273	$dx =$ -3,878 m					
	sum		406,991						

Mast 1

coordinates referring to pivot mast 1
 related to ground, slew centre : x2 y2 z2
 -4,864 0,000 18,983

			G [t]	x2 [m]	y2 [m]	z2 [m]	G*x	G*y	G*z
							0,0	0,0	0,0
Mast 1	S	76210	8,966	-1,500	0,000	6,000	-13,4	0,0	53,8
Rope idler girder	S	76250	24,117	-3,900	0,000	15,300	-94,1	0,0	369,0
Trolley girder	S	76260	3,115	-5,300	0,000	19,300	-16,5	0,0	60,1
Tension rod BWB 50%	S	76410	8,178	-4,110	0,000	15,450	-33,6	0,0	126,4
		44,376					0,0	0,0	0,0
Walkway mast 1	S	76610	1,659	-5,750	0,000	14,100	-9,5	0,0	23,4
Ladder mast 1	S	76620	1,159	-1,260	0,000	8,400	-1,5	0,0	9,7
Gratings	S	76810	0,756	-5,600	0,000	13,900	-4,2	0,0	10,5
							0,0	0,0	0,0
4x3 rope roller set	M	35120	8,504	-4,110	0,000	15,450	-35,0	0,0	131,4
Winch ropes partly	M	35160	2,043	-4,110	0,000	15,450	-8,4	0,0	31,6
Bearing mast - bucket wheel boom	M	37620	0,360	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
1 Hoist mast 1 1.6 t	M	45200	0,450	-5,100	0,000	18,500	-2,3	0,0	8,3
							0,0	0,0	0,0
Painting	V	97000	0,900	-3,000	0,000	13,600	-2,7	0,0	12,2
Oil and grease	V	98000	0,320	-3,000	0,000	13,600	-1,0	0,0	4,4
sum			60,527	-3,670	0,000	13,891	-222,2	0,0	840,8

Steel structure	S	47,950
Mech. equipment	M	11,357
El. equipment	E	0,000
Miscellaneous	V	1,220
sum		60,527

Moment of inertia belonging to slewing centre

$$G \times (X1+dx)^2 = 4487 \quad \text{tm}^2$$

$$dx = -4,864 \quad \text{m}$$

Mast 2

coordinates referring to pivot mast 2
 related to ground, slew centre x3 y3 z3
 3,878 0,000 22,330

			G [t]	x3 [m]	y3 [m]	z3 [m]	G*x	G*y	G*z
Mast 2 main frame	S	74210	8,687	0,000	0,000	9,145	0,0	0,0	0,0
Hoist beam	S	74220	6,395	-3,800	-2,600	5,600	-24,3	-16,6	35,8
Rope idler girder	S	74250	31,180	-0,150	0,000	12,550	-4,7	0,0	391,3
Trolley girder	S	74260	3,099	0,500	0,000	17,900	1,5	0,0	55,5
Walkway mast 2	S	74610	2,805	1,300	0,000	9,100	3,6	0,0	25,5
Maintenance walkway	S	74620	0,404	-1,250	-0,900	3,100	-0,5	-0,4	1,3
Graiting	S	74800	0,817	1,400	0,000	9,100	1,1	0,0	7,4
Tension rods CWB 1/2	S	75200	6,410	1,625	0,000	13,847	10,4	0,0	88,8
		59,797					0,0	0,0	0,0
4 return sheaves mast2	M	35110	3,020	0,000	0,000	11,745	0,0	0,0	35,5
4x3 rope roller set	M	35120	8,504	0,000	0,000	14,745	0,0	0,0	125,4
4 return sheaves mast2	M	35130	2,959	0,675	0,000	13,145	2,0	0,0	38,9
Winch rope partly	M	35160	2,589	0,000	0,000	14,745	0,0	0,0	38,2
Bearing mast - counterweight boom	M	37420	0,390	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
1 Hoist slewing centre 5,2t	M	45100	0,450	3,878	-0,900	4,200	1,7	-0,4	1,9
1 Hoist mast 2 1.6 t	M	45200	0,450	1,512	0,000	17,300	0,7	0,0	7,8
							0,0	0,0	0,0
Painting	V	97000	0,900	0,000	0,000	12,000	0,0	0,0	10,8
Oil and grease	V	98000	0,305	0,000	0,000	11,900	0,0	0,0	3,6
sum			79,364	-0,105	-0,219	11,933	-8,3	-17,4	947,0

Steel structure	S	59,797	Moment of inertia belonging to slewing centre $G \times (X1+dx)^2 =$ 1256 tm^2	
Mech. equipment	M	18,362		
El. equipment	E	0,000	dx = 3,878 m	
Miscellaneous	V	1,205		
sum		79,364		

Counter weight boom

coordinates referring to slew centre / top surface of platform
 related to ground, slew centre : x4 y4 z4
 0,000 0,000 13,400

			G [t]	x4 [m]	y4 [m]	z4 [m]	G*x	G*y	G*z
							0,0	0,0	0,0
Upper girder 1-4	S	75110	23,898	16,200	0,000	9,600	387,1	0,0	229,4
Upper girder 5-6	S	75120	10,811	26,500	0,000	11,800	286,5	0,0	127,6
Lower girder 1-6	S	75130	16,985	18,500	0,000	6,070	314,2	0,0	103,1
Ballastbox	S	75150	42,336	34,200	0,000	9,700	1447,9	0,0	410,7
Tension rods CWB 1/2	S	75200	6,410	23,535	0,000	12,816	150,9	0,0	82,2
		100,440					0,0	0,0	0,0
E-house and air compressor house platform	S	75510	7,446	20,000	0,000	6,400	148,9	0,0	47,7
Walkway E-house	S	75520	3,577	21,900	0,000	6,800	78,3	0,0	24,3
Winch house frame left	S	75530	7,466	31,200	-1,950	12,800	232,9	-14,6	95,6
Winch house frame right	S	75540	7,709	31,200	1,950	12,800	240,5	15,0	98,7
Container platform	S	75550	1,128	10,789	1,456	3,550	12,2	1,6	4,0
Hoist beam 0,5t	S	75560	0,937	10,789	2,000	5,500	10,1	1,9	5,2
Access tower / E-house	S	75610	2,602	9,600	-0,580	6,500	25,0	-1,5	16,9
Access winch platform	S	75620	3,633	25,000	-0,200	11,500	90,8	-0,7	41,8
Railling ballast box	S	75630	0,282	37,100	0,000	12,600	10,5	0,0	3,6
Winch house	S	75700	5,500	30,900	0,000	15,900	170,0	0,0	87,5
Gratings	S	75800	3,704	20,000	0,000	7,000	74,1	0,0	25,9
		43,984					0,0	0,0	0,0
2 Winch drive	M	31100	6,996	31,200	0,409	13,500	218,3	2,9	94,4
Winch mechanical parts compl. 31200-31900	M	31200	24,470	32,400	0,409	13,950	792,8	10,0	341,4
winch rope on drum	M	35160	3,525	32,400	0,409	13,950	114,2	1,4	49,2
winch rope fix point	M	35160	0,227	24,986	-0,410	11,978	5,7	-0,1	2,7
Rope overload guard	M	35170	0,073	24,986	-0,410	11,978	1,8	0,0	0,9
1 Cain hoist 0.5 t on container platform	M	45300	0,008	10,789	2,000	6,000	0,1	0,0	0,0
							0,0	0,0	0,0
Slewing crane for ballast boom	M	41100	10,742	37,500	0,000	18,500	402,8	0,0	198,7
							0,0	0,0	0,0
2 Motor main winch 250 kW	E	81100	6,900	30,050	0,409	13,460	207,3	2,8	92,9
E-house substructure	E	81810	12,500	21,085	0,000	8,500	263,6	0,0	106,3
E-house equipment incl. 3000kg cable	E	81200	13,000	21,085	0,000	8,100	274,1	0,0	105,3
Transformer 2500 kVA	E	81310	6,400	29,498	-1,480	8,670	188,8	-9,5	55,5
Transformer 630 kVA	E	81310	2,250	29,498	1,540	8,260	66,4	3,5	18,6
Cables, lighting, heating..	E	81500	10,000	17,000	0,000	12,000	170,0	0,0	120,0
Rope overload cylinder	E	84120	1,020	22,160	-0,410	13,600	22,6	-0,4	13,9
Rope overload aggregat and piping	E	84120	0,150	27,300	0,000	12,800	4,1	0,0	1,9
Name plate	E	89100	0,580	21,500	0,000	8,000	12,5	0,0	4,6
							0,0	0,0	0,0
Winch pinion spray system	V	91500	0,310	32,400	0,409	13,950	10,0	0,1	4,3
Fire extinguishing system	V	94200	1,500	24,000	0,000	9,000	36,0	0,0	13,5
Painting	V	97000	3,200	17,300	0,000	8,600	55,4	0,0	27,5
Oil and grease	V	98000	0,500	31,000	0,000	13,400	15,5	0,0	6,7
							0,0	0,0	0,0
sum			248,775	26,296	0,050	10,701	6541,9	12,5	2662,2

Steel structure	S	144,424	Moment of inertia belonging to slewing centre $G \times (X1+dx)^2 =$ 185069 tm^2	
Mech. equipment	M	46,041		
El. equipment	E	52,800	dx = 0,000 m	
Miscellaneous	V	5,510		
sum		248,775		

Winch rope:

		8,384	t			
<u>distribution</u>		Mast1	Mast 2	fixing	winch drum	
	m	t	t	t	t	sum
horizontal position:	13,00	1,794	2,340	0,227	4,023	8,384
high position	8,40	1,167	1,713	0,227	5,277	8,384
ground position	18,10	2,490	3,035	0,227	2,632	8,384
lowest position:	19,80	2,721	3,267	0,227	2,169	8,384
running rope					3,108	

for this stability calculation mean value will be considered :

Mast1	Mast 2	fixing	winch drum	
2,043	2,589	0,227	3,525	8,384

Ballast

coordinates referring to slew centre / top surface of platform

related to ground, slew centre	x4	y4	z4
	0,000	0,000	13,400

			G [t]	x4 [m]	y4 [m]	z4 [m]	G*x	G*y	G*z
Ballast	V	96000	221,000	34,123	0,000	8,250	7541,2	0,0	1823,3
sum			221,000	34,123	0,000	8,250	7541,2	0,0	1823,3

Steel structure	S	0,000	Moment of inertia belonging to slewing centre $G \times (X1+dx)^2 =$ 257328 tm^2
Mech. equipment	M	0,000	
El. equipment	E	0,000	
Miscellaneous	V	221,000	$dx =$ 0,000 m
sum		221,000	

for design of superstructure:

Ballast reserve of

provide : 25,00 t = 21,2387 t additional at centre of bucket wheel
11,312%

Note : Ballast weight for basic load cases in AGS

$$G = \boxed{221,00} \text{ t}$$

Platform

coordinates referring to centre of main ball race bearing
 related to ground, slew centre : x5 y5 z5
 0,000 0,000 11,575

			G [t]	x5 [m]	y5 [m]	z5 [m]	G*x	G*y	G*z
							0,0	0,0	0,0
Platform main structure	S	73100	105,258	0,050	0,000	1,300	5,3	0,0	136,8
Locking device	S	73200	1,336	0,000	0,000	1,100	0,0	0,0	1,5
Transfer chute	S	73410	9,341	0,600	0,000	3,500	5,6	0,0	32,7
Transfer chute lower part	S	73420	2,798	0,000	0,000	0,500	0,0	0,0	1,4
Baffle plate	S	73430	5,169	0,550	0,000	3,500	2,8	0,0	18,1
Protection plates	S	73510	3,310	1,100	0,000	1,700	3,6	0,0	5,6
Walkway platform	S	73610	5,732	0,000	0,000	-0,150	0,0	0,0	-0,9
Upper walkway	S	73620	5,295	3,400	0,000	2,400	18,0	0,0	12,7
Stair platform	S	73630	1,234	-3,550	0,000	0,900	-4,4	0,0	1,1
Gratings	S	73800	4,193	1,700	0,000	1,050	7,1	0,0	4,4
		143,666					0,0	0,0	0,0
Slew assembly :							0,0	0,0	0,0
2 slewing drive	M	21100	10,316	1,700	0,000	1,060	17,5	0,0	10,9
50% Ball race with toothed rim	M	21300	16,767	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
Adjustment baffle plate	M	38300	0,558	2,250	0,000	2,300			
		27,641					0,0	0,0	0,0
2 Motor conveyor drive C1	E	81100	4,500	0,950	0,000	4,000	4,3	0,0	18,0
2 Motor slew drive 75 kW	E	81100	2,070	0,000	0,000	1,770	0,0	0,0	3,7
							0,0	0,0	0,0
Oil lubrication for ball race	V	91400	1,022	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
Slew pinion spray system	V	91600	0,587	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
Limit switch BWE	V	93100	0,507	0,000	0,000	3,600	0,0	0,0	1,8
Painting	V	97000	1,500	0,000	0,000	1,100	0,0	0,0	1,7
Oil and grease	V	98000	0,220	0,000	0,000	1,300	0,0	0,0	0,3
							0,0	0,0	0,0
sum			181,713	0,330	0,000	1,375	59,9	0,0	249,8

Steel structure	S	143,666
Mech. equipment	M	27,641
El. equipment	E	6,570
Miscellaneous	V	3,836
sum		181,713

Moment of inertia belonging to slewing centre

$$G \times (X1+dx)^2 = \boxed{140} \text{ tm}^2$$

$$dx = 0,000 \text{ m}$$

Substructure

coordinates related to slew centre / supporting balls
 related to ground, slew centre : x6 y6 z6
 0,000 0,000 3,850

			G [t]	x6 [m]	y6 [m]	z6 [m]	G*x	G*y	G*z
							0,0	0,0	0,0
Substructure unit 1	S	72101	26,810	-7,400	0,000	3,300	-198,4	0,0	88,5
Substructure unit 2	S	72102	28,213	-4,100	0,000	4,000	-115,7	0,0	112,9
Substructure unit 3	S	72103	11,089	0,200	0,000	1,700	2,2	0,0	18,9
Substructure unit 4	S	72104	42,532	11,300	0,000	1,850	480,6	0,0	78,7
Substructure unit 5	S	72105	8,407	7,450	0,000	-0,300	62,6	0,0	-2,5
Substructure unit 6+7	S	72106	85,739	1,300	0,000	4,000	111,5	0,0	343,0
Substructure unit 8+9	S	72107	49,048	5,800	0,000	3,200	284,5	0,0	157,0
Substructure unit 10+11	S	72108	8,910	7,400	0,000	2,070	65,9	0,0	18,4
Substructure unit 12-15	S	72109	3,951	0,000	0,000	6,900	0,0	0,0	27,3
Substructure unit 16	S	72110	7,233	4,800	0,000	7,200	34,7	0,0	52,1
Substructure unit 17-24	S	72111	10,877	-4,100	0,000	1,035	-44,6	0,0	11,3
		282,809					0,0	0,0	0,0
							0,0	0,0	0,0
Conveyor frame conv.2	S	72300	20,431	7,200	0,000	6,500	147,1	0,0	132,8
Feeding chute	S	72410	4,909	1,000	0,000	6,200	4,9	0,0	30,4
Discharge chute 1	S	72420	1,398	18,000	0,000	9,000	25,2	0,0	12,6
Discharge chute 2	S	72430	0,640	18,000	0,000	9,000	11,5	0,0	5,8
Baffle plate	S	72440	2,382	18,200	0,000	9,000	43,4	0,0	21,4
Walkways and platforms	S	72600	27,691	1,500	0,000	4,000	41,5	0,0	110,8
crew room, mech. Workshop, complete	S	72710	20,000	-3,050	7,500	3,300	-61,0	150,0	66,0
Hydraulic house	S	72720	2,450	-4,800	-7,000	3,300	-11,8	-17,2	8,1
Fire fighting room	S	72730	7,000	-7,150	0,000	3,300	-50,1	0,0	23,1
Gratings	S	72800	7,996	1,500	0,000	4,000	12,0	0,0	32,0
							0,0	0,0	0,0
conveyor 2:							0,0	0,0	0,0
1 Conveyor drive	M	62100	4,399	16,100	2,200	8,075	70,8	9,7	35,5
1 Drive pulley	M	62210	3,472	16,310	0,000	8,075	56,6	0,0	28,0
1 Return pulley	M	62220	2,701	-2,676	0,000	3,164	-7,2	0,0	8,5
2 Snub pulley	M	62270	0,818	1,160	0,000	3,510	0,9	0,0	2,9
10 Feed garland	M	62310	1,385	2,370	0,000	4,800	3,3	0,0	6,6
12 Carrying idler garland	M	62320	1,440	10,300	0,000	6,830	14,8	0,0	9,8
3 Return idler garlands	M	62330	0,330	9,420	0,000	5,700	3,1	0,0	1,9
Fixing of garlands	M	62340	0,148	2,370	0,000	4,800	0,4	0,0	0,7
Control idler station hydr.	M	62350	0,348	0,920	0,000	3,800	0,3	0,0	1,3
Take-up device	M	62400	0,207	-2,300	0,000	3,280	-0,5	0,0	0,7
Impact pulleys	M	62500	10,424	-0,400	0,000	5,780	-4,2	0,0	60,3
1 Scraper discharge pulley	M	62610	0,413	16,850	0,000	7,700	7,0	0,0	3,2
1 Plough scraper	M	62630	0,262	-1,400	0,000	3,180	-0,4	0,0	0,8
2 Steel scraper	M	62640	0,162	1,100	0,000	3,500	0,2	0,0	0,6
		26,509					0,0	0,0	0,0
1 Mechanical parts steering BWE	M	17300	1,454	7,450	0,000	0,000	10,8	0,0	0,0
2 Ball support	M	18140	8,386	7,450	0,000	0,000	62,5	0,0	0,0
50% Ball race with toothed rim	M	21310	16,767	0,000	0,000	7,725	0,0	0,0	129,5
2 Chain hoist workshop 0,5 t	M	45300	0,024	-3,050	7,500	3,300	-0,1	0,2	0,1
3 Chain hoist lubrication room 2,0 t	M	45400	0,054	-4,800	-7,000	3,300	-0,3	-0,4	0,2
		26,685					0,0	0,0	0,0
1 Motor crawler steering	E	81100	0,615	-4,800	-7,000	2,800	-3,0	-4,3	1,7
1 Motor conveyor drive C2 315 kW	E	81100	2,400	13,950	2,195	8,075	33,5	5,3	19,4
E-House superstructure	E	81810	10,000	-0,160	-8,195	3,400	-1,6	-82,0	34,0
E-House equipment	E	81200	8,500	-0,160	-8,195	3,000	-1,4	-69,7	25,5
cables, lighting, heating..	E	81500	8,000	0,000	0,000	2,000	0,0	0,0	16,0
cable chain	E	81700	1,200	0,000	0,000	7,000	0,0	0,0	8,4
							0,0	0,0	0,0
Hydraulic aggregat	E	84110	1,000	-4,800	-7,000	2,800	-4,8	-7,0	2,8

Hydraulic cylinder steering	E	84110	5,500	3,000	0,000	0,000	16,5	0,0	0,0
Pipes and hoses	E	84110	0,475	-0,900	-3,500	1,400	-0,4	-1,7	0,7
Diesel genrator	E	86100	1,100	-3,700	2,200	3,000	-4,1	2,4	3,3
Tools	E	89400	0,328	-6,250	6,400	2,600	-2,1	2,1	0,9
							0,0	0,0	0,0
Lubrication system	V	91200	2,432	2,250	0,000	5,800	5,5	0,0	14,1
Compressor plant and piping	V	94100	4,011	-8,450	-5,700	2,800	-33,9	-22,9	11,2
Fire extinguishing system	V	94200	2,400	0,000	0,000	3,600	0,0	0,0	8,6
water tank 10m³	V	90000	0,900	-6,350	0,000	2,000	-5,7	0,0	1,8
water	V	90000	10,000	-6,350	0,000	2,000	-63,5	0,0	20,0
Belt for conveyor 2	V	95200	5,227	6,800	0,000	5,620	35,5	0,0	29,4
Painting	V	97100	5,600	0,700	0,000	4,000	3,9	0,0	22,4
Hydraulic oil	V	98000	0,600	1,200	0,000	0,000	0,7	0,0	0,0
Oil and greasing	V	98000	1,900	4,000	-2,000	3,500	7,6	-3,8	6,7
							0,0	0,0	0,0
sum			503,088	2,082	-0,078	3,709	1047,2	-39,1	1865,7

Steel structure	S	377,706
Mech. equipment	M	53,194
El. equipment	E	39,118
Miscellaneous	V	33,070
sum		503,088

Travelling mechanism

coordinates referring to centre of ball race / ground level
 related to ground, slew centre : x7 y7 z7
 0,000 0,000 0,000

			G [t]	x7 [m]	y7 [m]	z7 [m]	G*x	G*y	G*z
fixed side							0,0	0,0	0,0
2 Travel drive	M	11100	14,970	-8,150	0,000	1,175	-122,0	0,0	17,6
2 Drive sprocket with shaft	M	11310	8,130	0,000	0,000	1,175	0,0	0,0	9,6
2 Take-up tumbler	M	11320	4,728	0,000	0,000	1,175	0,0	0,0	5,6
mech. Parts for crawler frame	M	11330	Included in other parts						
16 2 - Wheel bogie	M	11410	10,592	0,000	0,000	0,500	0,0	0,0	5,3
8 4 - Wheel bogie	M	11430	11,936	0,000	0,000	0,750	0,0	0,0	9,0
4 8 - Wheel bogie	M	11440	15,888	0,000	0,000	1,100	0,0	0,0	17,5
2 x 53 Crawler chain	M	11500	62,243	0,000	0,000	1,700	0,0	0,0	105,8
2 x 3 Supporting roller	M	11600	1,170	0,000	0,000	3,000	0,0	0,0	3,5
2 Cover for crawler	M	11800	not existence						
2 Crawler frame	M	11900	60,250	0,000	0,000	1,850	0,0	0,0	111,5
1 Axle for fixed crawler	M	18110	15,586	0,000	0,000	1,950	0,0	0,0	30,4
1 Support fixed crawler	M	18120	3,049	-8,150	0,000	3,150	-24,8	0,0	9,6
1 Fixed support	M	18210	18,719	0,000	0,000	2,100	0,0	0,0	39,3
		227,261							
steering side									
4 Travel drive	M	11100	29,940	7,450	0,000	1,175	223,1	0,0	35,2
4 Drive sprocket with shaft	M	11310	16,260	0,000	0,000	1,175	0,0	0,0	19,1
4 Take-up tumbler	M	11320	9,456	0,000	0,000	1,175	0,0	0,0	11,1
mech. Parts for crawler frame	M	11330	Included in other parts						
32 2 - Wheel bogie	M	11410	21,184	0,000	0,000	0,500	0,0	0,0	10,6
16 4 - Wheel bogie	M	11430	23,872	0,000	0,000	0,750	0,0	0,0	17,9
8 8 - Wheel bogie	M	11440	31,776	0,000	0,000	1,100	0,0	0,0	35,0
4 x 53 Crawler chain	M	11500	124,486	0,000	0,000	1,700	0,0	0,0	211,6
4 x 3 Supporting roller	M	11600	2,340	0,000	0,000	3,000	0,0	0,0	7,0
4 Cover for crawler	M	11800	not existence						
4 Crawler frame	M	11900	120,500	0,000	0,000	1,850	0,0	0,0	222,9
2 Track wheel steering BWE	M	17400	0,706	7,450	0,000	3,850	5,3	0,0	2,7
2 Axle for steered crawler	M	18110	31,172	0,000	0,000	1,950	0,0	0,0	60,8
2 Steering arm	M	18230	64,436	7,450	0,000	2,100	480,0	0,0	135,3
		476,128							
2 Motor crawler drive BWE	E	81100	2,400	-8,150	0,000	1,580	-19,6	0,0	3,8
4 Motor crawler drive BWE	E	81100	4,800	0,000	0,000	1,580	0,0	0,0	7,6
cables, lighting, heating..	E	81500	1,200	0,000	0,000	1,500	0,0	0,0	1,8
							0,0	0,0	0,0
Lubricating system	V	91100	2,507	2,250	0,000	1,600	5,6	0,0	4,0
Painting	V	97000	3,300	0,000	0,000	1,600	0,0	0,0	5,3
Oils and grease	V	98000	0,500	0,000	0,000	1,800	0,0	0,0	0,9
							0,0	0,0	0,0
sum			718,097	0,763	0,000	1,611	547,6	0,0	1157,1

186,730 t = weight of crawler chains

Steel structure	S	0,000
Mech. equipment	M	703,390
El. equipment	E	8,400
Miscellaneous	V	6,307
sum		718,097

Coordinate systems belonging to main coordinate system

	Point	x [m]	y [m]	z [m]
pivot bucket wheel boom	5	-3,878	0,000	15,250
pivot mast 1	4	-4,864	0,000	18,983
pivot mast 2	11	3,878	0,000	22,330
support at top of platform	16	0,000	0,000	13,400
main ball race bearing	17	0,000	0,000	11,575
supporting balls	19	0,000	0,000	3,850
ground level	20	0,000	0,000	0,000

Summery of movable weights at pivot bucket wheel boom

coordinates belonging to pivot bucket wheel boom

	Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
Bucket wheel boom horizontal	0	406,991	-26,693	-0,350	0,931	-10863,7	-142,5	379,0
Mast 1		60,527	-4,656	0,000	17,624	-281,8	0,0	1066,7
Bucket wheel boom + Mast 1 horizontal	0	467,518	-23,840	-0,305	3,092	-11145,6	-142,5	1445,7
Bucket wheel boom + Mast 1 high	13,55	467,518	-22,452	-0,305	8,591	-10496,9	-142,5	4016,2
Bucket wheel boom + Mast 1 planum	-14,60	467,518	-23,850	-0,305	-3,017	-11150,1	-142,5	-1410,4
Bucket wheel boom + Mast 1 low	-19,52	467,518	-23,503	-0,305	-5,051	-10988,1	-142,5	-2361,5

Summery of Weights at top and centre platform

coordinates belonging to centre platform

	Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
Bucket wheel boom + Mast 1 horizontal	0	467,518	-27,718	-0,305	4,942	-12958,6	-142,5	2310,7
Bucket wheel boom + Mast 1 high	13,55	467,518	-26,330	-0,305	10,441	-12309,9	-142,5	4881,1
Bucket wheel boom + Mast 1 planum	-14,60	467,518	-27,728	-0,305	-1,167	-12963,2	-142,5	-545,5
Bucket wheel boom + Mast 1 low	-19,52	467,518	-27,381	-0,305	-3,201	-12801,1	-142,5	-1496,5
Mast 2		79,364	3,773	-0,219	20,863	299,5	-17,4	1655,8
Counterweight boom		248,775	26,296	0,050	10,701	6541,9	12,5	2662,2
Ballast		221,000	34,123	0,000	8,250	7541,2	0,0	1823,3

Weights at top and centre platform

Loads at supporting balls	BWB hor.	0	1016,657	1,401	-0,145	8,313	1423,9	-147,4	8451,9
Loads at supporting balls	BWB high	13,55	1016,657	2,039	-0,145	10,842	2072,6	-147,4	11022,4
Loads at supporting balls	BWB plan.	-14,60	1016,657	1,396	-0,145	5,504	1419,4	-147,4	5595,7
Loads at supporting balls	BWB low	-19,52	1016,657	1,555	-0,145	4,569	1581,4	-147,4	4644,7

Summery of Weights at main ball race

coordinates belonging to centre of main ball race

		Grad	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
Loads at supporting balls	BWB hor.	0	1016,657	1,401	-0,145	10,138	1423,9	-147,4	10307,3
Loads at supporting balls	BWB high	13,55	1016,657	2,039	-0,145	12,667	2072,6	-147,4	12877,8
Loads at supporting balls	BWB plan.	-14,60	1016,657	1,396	-0,145	7,329	1419,4	-147,4	7451,1
Loads at supporting balls	BWB low	-19,52	1016,657	1,555	-0,145	6,394	1581,4	-147,4	6500,1
Platform			181,713	0,330	0,000	1,375	59,9	0,0	249,8

Weights at main ball race

Loads at main ball race	BWB hor.	0	1198,370	1,238	-0,123	8,810	1483,8	-147,4	10557,1
Loads at main ball race	BWB high	13,55	1198,370	1,780	-0,123	10,955	2132,5	-147,4	13127,6
Loads at main ball race	BWB plan.	-14,60	1198,370	1,234	-0,123	6,426	1479,3	-147,4	7701,0
Loads at main ball race	BWB low	-19,52	1198,370	1,370	-0,123	5,633	1641,3	-147,4	6749,9

Moment of inertia belonging to slewing centre at main ball race

Bucket wheel boom horizontal $G \times X^2 = 887503 \text{ tm}^2$

Weights distributed according to assembly group

Description	assembly group		G [t]
	from	to	
Travelling mechanism	10000	11999	569,722
Crawler 2 for hopper (fixed crawler)	12000	12999	64,736
Crawler 3 for hopper (steering crawler)	13000	13999	128,622
2 Crawler steering BWE	17000	18999	178,485
Slewing mechanism	21000	29999	44,905
Rope systemes and bearings	30000	39999	90,786
Cranes, hoist devices	40000	49999	23,391
Bucket wheel head	50000	59999	147,429
Belt conveyor system	60000	69999	129,952
Steel structure	70000	79999	1536,640
Bridge	71000	71999	311,533
Substructure	72000	72999	384,896
Platform	73000	73999	143,666
Tower with mast	74000	74999	53,387
Ballast boom	75000	75999	150,834
Bucket wheel boom	76000	76999	239,028
Loading belt boom	77000	77999	76,369
Main frame loading unit	79000	79999	176,927
Electrical, hydraulical	80000	89999	238,882
Special components, accessories	90000	99999	327,833
Ballast	96000	96000	221,000
Summary	10000	99999	3481,382

Summary of weights :

Weights excavator

Steel structure	964,621	t
Mech. equipment	1046,254	t
El. equipment	123,259	t
Miscellaneous	64,421	t
Ballast	221,000	t
sum	2419,555	t

Weights bridge

Steel structure	318,723	t
Mech. equipment	67,245	t
El. equipment	19,116	t
Miscellaneous	24,393	t
sum	429,477	t

Weights loading unit

Steel structure	253,296	t
Mech. equipment	264,529	t
El. equipment	96,507	t
Miscellaneous	18,019	t
sum	632,351	t

Total weights : Bucket wheel excavator system

Steel structure	1536,640	t
Mech. equipment	1378,028	t
El. equipment	238,882	t
Miscellaneous	106,833	t
Ballast	221,000	t
sum	3481,382	t

Note :

weight of **turn table bridge** is listed in weights bridge !

Limit of winch rope forces

The cut-off value for **A** and **Z** will be adjusted in the winch rope system.

Loads see AGS :

V4 ; winch ropes

AGS from : 02.10.2008

number of reevings	24						
		Positions of bucket wheel boom :	-19,520	0,00	13,547	Grad	
Load cases		Position in AGS	3	1	2		
Dead load	E	S =	242,1	233,2	223,8	kN	
Normal tangential force	U_front	S =	44,8	44,8	44,6	kN	
Normal radial force	UR_front	S =	0,0	0,0	0,0	kN	
Normal tangential force	U_low	S =	20,3	6,5	-2,6	kN	
Normal radial force	UR_low	S =	0,0	0,0	0,0	kN	
Material load	F1	S =	14,4	14,3	14,0	kN	
Incrustation conveyor	V1	S =	1,4	1,4	1,4	kN	
Incrustation bucket wheel	V0	S =	14,8	14,9	14,8	kN	
Blockage bucket wheel chute	VV 1	S =	44,9	44,1	42,9	kN	
Inclination 5,0%	NxE	S =	2,6	-1,5	-4,3	kN	
Inclination 5,0%	NxF1	S =	0,2	0,0	-0,2	kN	
Inclination 5,0%	NxV1	S =	0,0	0,0	0,0	kN	
Inclination 5,0%	NxV0	S =	0,3	0,0	-0,2	kN	
Inclination 5,0%	NxVV1	S =	0,6	-0,2	-0,7	kN	
Wind in operation 0,25	WX	S =	0,9	-0,7	-1,8	kN	
Snow and ice	Snow	S =				kN	
Inclination 5,0%	NxSnow	S =				kN	
Snow and ice out of Operation	Snow_out	S =				kN	
Inclination 5,0%	NxSnow_o	S =				kN	
Standard load case	Z0	1000 kN S Z0 =	75,4	75,9	75,2	kN	

Increase factor from F1 into V1
 Increase factor from N into NN
 Increase factor from W into WW
 Increase factor from F into FF
 Increase factor from U into UU

μ_{V1}	=	0,1000
μ_{NN}	=	2,0000
μ_{WW}	=	3,2400
μ_{FF}	=	1,2109
μ_{UU}	=	1,3043

Resultant lever arm to winch ropes in AGS

a =	18,909	19,912	19,524	m
-----	--------	--------	--------	---

Minimum winch rope force without U			S min =	238,6	231,0	217,7	kN
E - ABS(NxE) - ABS(WX)							
Winch rope force							
(H 1b)	In operation	max	S H =	320,8	310,2	303,3	kN
(H 1b)	In operation	min	S H =	239,5	231,7	217,0	kN
(HZ 2)	In operation	max	S HZ =	321,7	310,9	305,1	kN
(HZ 2)	In operation	min	S HZ =	238,6	231,0	215,2	kN
(HZ 3)	Out of operation	max	S HZ =	264,3	253,4	250,3	kN
(HZ 3)	Out of operation	min	S HZ =	236,5	229,4	213,7	kN
(HZS 4)	Transport	min	S HZS =	233,9	227,9	209,4	kN
(HZS 5)	Chute blockage	max	S HZS =	367,2	355,2	348,7	kN
(HZS 6)	Extr. material	max	S HZS =	280,0	269,2	263,5	kN
(HZS10)	Combination UU + S	max	S HZS =	335,4	324,6	318,7	kN
(HZS10)	Combination UU + S	min	S HZS =	238,6	231,0	214,4	kN

setting value

Resting	min S HZ2 - 6%	S A =	202,3	202,3	202,3	kN
	min S HZ2 - 13%	S AA =	187,2	187,2	187,2	kN
Overload	max S HZ2 + 8%	S Z =	347,4	347,4	347,4	kN
	max S HZ2 + 13%	S ZZ =	363,5	363,5	363,5	kN

Standard load cases for bridge loads.

Loads are belonging to ball race bearing bridge node 18
and coordinate system No. 6

V_Br	FZ =	-1000	kN	X6 =	18,000	m
DV_Br	FZ =	-1000	kN	Y6 =	0,000	m
X_Br	FX =	1000	kN	Z6 =	1,975	m
Y_Br	FY =	1000	kN			
MX_Br	MX =	1000	kNm			
MY_Br	MY =	1000	kNm			

Bridge loads for calculation

(refer joint V1, Loading Unit)

02.10.2008

		(H)	(HZ i.O)	(HZ o.O)	(HZS)	(HZG)	
Max/Min	Hr ±	651,8	773,6	928,1	1007,8	1001,9	kN
Max/Min	Mr ±	959,8	1138,9	1530,0	1825,2	1467,1	kNm
Max	FZ = V_Br	-1375,7	-1374,3	-1376,9	-1372,1	-1367,2	kN
Min	Fz	-2424,0	-2438,4	-1988,3	-2639,3	-2478,0	kN
DV_Br = MinFZ-MaxFZ =		-1048,3	-1064,1	-611,4	-1267,2	-1110,9	kN

Note : If +FX = Hr then +MY = Mr
If +FY = Hr then -MX = Mr

The factor to convert will be obtained by dividing the bridge loads by 1000!

For all load cases (H; HZ; HZS; HZG) will be calculated with the same extrem values from
load case **HZ in Operation !**

Only load case **HZ_J (Jack forces)** will be calculated with bridge loads **HZ out of Operation !**

Resting forces (A) ; (AA) and overload forces (Z) ; (ZZ)

will be combined as permanent loads and belonging to the load cases.

Standard load case Z0Z0 = kN

On part 1 bucket wheel boom and coordinate system X9 at joint 1 .

Ballastreserve for Stability calculations

Ballastreserve will be considered with p =

 for stability calculations for structural analyses (SA)

Coordinates of centre of ballast node 14

X 14 = 34,123 m

Coordinates of centre of bucket wheel node 1

X 1 hor = -40,166 m

X 1 high = -39,156 m

X 1 low = -38,080 m

BalRes1 = G Bal x p = for Stability: for SA t

Balance weight in centre of bucket wheel node 1

V0_bel = BalRes1 x X14 / -(X1hor+X1high+X1low) x 3 =

 t

V0_bel = BalRes1 x X14 / -X1hor =

 t

Ballast in basic load cases

BalRes1 =

G Bal = 221 t

Factor to be applied on ballast

belonging incrustation of bucket wheel

V0_bel =

V0 = 196,6 kN

Factor to be applies on V0

Combination codes :

For determining the ballast weight and extrem loadings of important load-carrying elements and for overall stability analysis, the following combination codes have been defined :

- No. 1 : Determination of the ballast
- No. 2 : Extreme forces of joints under service loadings ($\gamma F = 1.0$)
- No. 3 : Stability analysis with partial safety factors applied on live loads
1.0 times dead weight, γF time live loads
- No. 4 : Determination of jack forces for joint V9 and V10 under maintenance conditions
For position 1 (horizontal) and 3 (low) only
- No. 5 : Stability analysis jack forces for joint V9 and V10 under maintenance conditions
1.0 times dead weight, γF time live loads Only for position 1 (horizontal) and 3 (low) !
- No. 6 : for check of winch rope forces for settings (1.0 times setting values)
- No. 7 : for check of centre of gravity at ball race level under service loading
- refer "Operating Manual" of dismantling of bearing C at substructure to fixed crawler.

Ballast mass for $M_y = 0$ at ball race in horizontal position

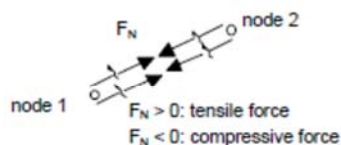
	G [t]	X [m]	G x X [tm]
Bucket wheel boom + Mast 1	467,5	-27,718	-12958,6
Mast 2	79,4	3,773	299,5
Counterweight boom	248,8	26,296	6541,9
Platform	181,7	0,330	59,9
Sum	977,4	-6,198	-6057,4

Distance ballast to slew centre

$$X_4 = 34,123 \text{ m}$$

Ballast mass for balance; $x_s = 0$

$$B_a = -G \times X / X_4 = 177,5 \text{ t}$$

15. Extreme values, stability considerations15. 1. stay BWB15. 1. 1. Extreme values of the section forces

Extreme values calculated using combination code No. 2

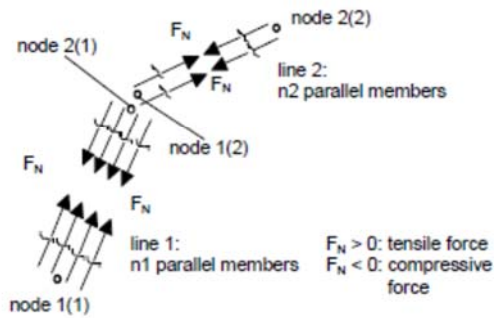
Section forces belonging to the extreme value for V1 : stay BWB

Extreme value	:	value	loadcase combination	position No.
V1	:	FN [kN]		

Extreme values for FN

loadcase range		Main loads		H
maximum	:	3832.5	Norm. Operation	H1b
V1	:	3832.5		position 1
minimum	:	2698.0	Norm. Operation	H1b
V1	:	2698.0		position 2
loadcase range		Additional loads		H22
maximum	:	3835.6	Norm.Operation	H22
V1	:	3835.6		position 1
minimum	:	2681.5	Norm.Operation	H22
V1	:	2681.5		position 2
loadcase range		Additional loads		H23
maximum	:	3095.3	Out of operation	H23
V1	:	3095.3		position 1
minimum	:	2647.8	Out of operation	H23
V1	:	2647.8		position 3
loadcase range		Special loads		H2S
maximum	:	4394.7	Chute blockage	H2S5
V1	:	4394.7		position 1
minimum	:	2604.9	Transport	H2S4
V1	:	2604.9		position 3
loadcase range		Special loads		H2S
maximum	:	4509.6	Overload Z_empty	H2S9
V1	:	4509.6		position 2
minimum	:	2061.9	Resting A_front	H2S8
V1	:	2061.9		position 3
loadcase range		Limit loads		H2G
maximum	:	4728.9	Overload ZZ_empty	
V1	:	4728.9		position 2
minimum	:	1863.1	Resting AA_front	
V1	:	1863.1		position 3

15. 4. winch rope BWB



15. 4. 1. Extreme values of the section forces

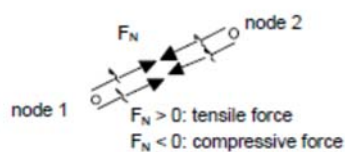
Extreme values calculated using combination code No. 2

Section forces belonging to the extreme value for V4 : winch rope BWB

Extreme value	value	loadcase combination	position No.
V4 :	FN [kN]		

Extreme values for FN

loadcase range		Main loads H		
maximum	:	320.8	Norm. Operation H1b	position 3
V4 :	:	320.8		
minimum	:	217.0	Norm. Operation H1b	position 2
V4 :	:	217.0		
loadcase range		Additional loads H22		
maximum	:	321.7	Norm.Operation H22	position 3
V4 :	:	321.7		
minimum	:	215.2	Norm.Operation H22	position 2
V4 :	:	215.2		
loadcase range		Additional loads H23		
maximum	:	264.3	Out of operation H23	position 3
V4 :	:	264.3		
minimum	:	213.7	Out of operation H23	position 2
V4 :	:	213.7		
loadcase range		Special loads H2S		
maximum	:	367.2	Chute blockage H2S5	position 3
V4 :	:	367.2		
minimum	:	209.4	Transport H2S4	position 2
V4 :	:	209.4		
loadcase range		Special loads H2S		
maximum	:	365.9	Overload Z_empty H2S9	position 2
V4 :	:	365.9		
minimum	:	186.2	Resting A_front H2S8	position 2
V4 :	:	186.2		
loadcase range		Limit loads H2G		
maximum	:	383.6	Overload ZZ_empty	position 2
V4 :	:	383.6		
minimum	:	169.6	Resting AA_front	position 2
V4 :	:	169.6		

15. 6. stay CWB15. 6. 1. Extreme values of the section forces

Extreme values calculated using combination code No. 2

Section forces belonging to the extreme value for V6 : stay CWB

Extreme value	:	value	loadcase combination	position No.
V6	:	FN [kN]		



Extreme values for FN

loadcase range		Main loads H		
maximum	:	3627.3	Norm. Operation H1b	position 3
V6	:	3627.3		
minimum	:	2485.4	Norm. Operation H1b	position 2
V6	:	2485.4		
loadcase range		Additional loads H22		
maximum	:	3641.3	Norm.Operation H22	position 1
V6	:	3641.3		
minimum	:	2456.7	Norm.Operation H22	position 2
V6	:	2456.7		
loadcase range		Additional loads H23		
maximum	:	2990.2	Out of operation H23	position 1
V6	:	2990.2		
minimum	:	2422.1	Out of operation H23	position 2
V6	:	2422.1		
loadcase range		Special loads H2S		
maximum	:	4155.3	Chute blockage H2S5	position 1
V6	:	4155.3		
minimum	:	2354.0	Transport H2S4	position 2
V6	:	2354.0		
loadcase range		Special loads H2S		
maximum	:	4246.8	Overload Z_empty H2S9	position 2
V6	:	4246.8		
minimum	:	2122.2	Resting A_front H2S8	position 2
V6	:	2122.2		
loadcase range		Limit loads H2G		
maximum	:	4450.8	Overload ZZ_empty	position 2
V6	:	4450.8		
minimum	:	1931.2	Resting AA_front	position 2
V6	:	1931.2		

ПРИЛОГ 3

„Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“
(извештај „Колубара Метал“ број 01/10 од 20.01. 2010. године)

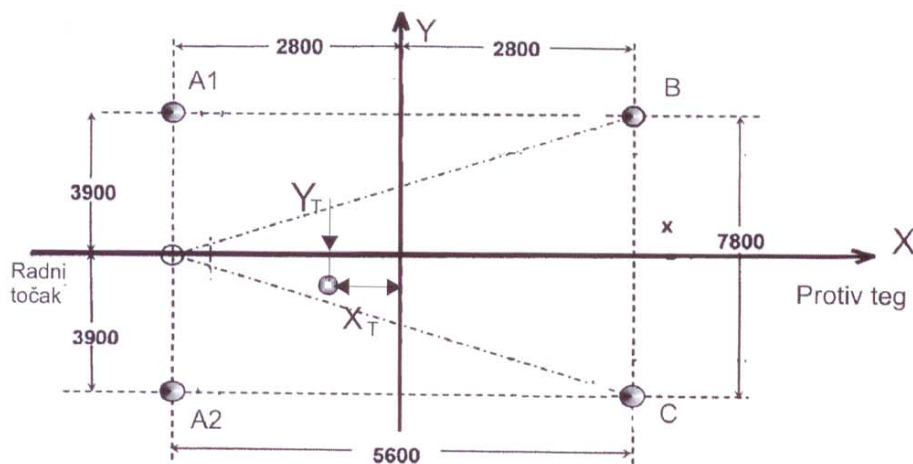
Страна 13

	 ATC 01-269 АКРЕДИТОВАНА ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ SRPS ISO/IEC 17025:2006	SLUŽBA ZA LABORATORIJSKA MERENJA I ISPITIVANJA	Adresa: <i>Diše Đurđevića 32</i> <i>11500 Vreoci</i> Telefon: 011/8123-335 Fax: 011/8120-123
<p align="center"> IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU VAGANJEM GORNJE OBRTNE GRADNJE RUDARSKIH MAŠINA </p>			
<p align="center">Broj: 01/10 od 20. 01.2010. god</p>			
Korisnik: ThyssenKrupp Fordertechnik GmbH			
Adresa: Essen			
Predmet ispitivanja: ROTORNI BAGER SchRs 1600/3x25			
Mesto ispitivanja: Montažni plac – Pov. kopa Tamnava Zapad			
METODA ISPITIVANJA : DM (Preko elektrootpornih mernih dozní)			
METROLOŠKA SLEDLJIVOST: INM Certifikat N° 11.10-139/2007			
UGOVOR/PORUDŽBENICA broj: 30184539/AGH/31165 datum: 04.12.2006.			
RADNI NALOG 4100621			
Opis usluge:			
<p align="center"> MERENJA TEŽINE GORNJE OBRTNE GRADNJE I ODREĐIVANJA POLOŽAJA PROJEKCIJE TEŽIŠTA ROTORNOG BAGERA SchRs 1600/3x25 </p>			
Datum ispitivanja: 19.01.2010.			
Ispitivanje obavili : <i>mr. Branko Nikolić, dipl. inž. maš.</i> <i>Rajko Spasojević, dipl.inž.el.</i> <i>Petrović Vladimir, el.teh.</i>			
PRILOZI I NAPOMENE: 1. Protokol merenja 2. Uverenja o etaloniranju 3. Geodetska skica visine kuglibana			
Vodeći inženjer/Rukovodilac merenja: _____ (potpis)		Odobrio Šef Laboratorije: _____ (potpis)	
IZJAVA: - Rezultati ispitivanja se odnose samo na mereni objekat. - Ovaj izveštaj se ne sme umnožavati, izuzev u celini, bez saglasnosti Laboratorije.			

6.2 UPOREDNI REZULTATI MERENJA

	Fa1 (kN)	Fa2 (kN)	Fb (kN)	Fc (kN)	ΣF (kN)	Xt (m)	Yt (m)
a) Strela radnog točka horizontalna,	3260,4	3221,9	2305,3	2713,7	11501,2	-0,356	-0,125
b) Strela radnog točka u donjem položaju ($\alpha = 12.9^\circ$),	3259,4	3307,8	2312,1	2620,0	11499,3	-0,398	-0,121
c) Strela radnog točka horizontalna sa tegom. Tegovi 2 x 4x2.41t = 19.3t)	3783,4	3852,4	1869,6	2180,4	11685,8	-0,859	-0,127
d) Strela radnog točka u gornjem položaju ($\alpha = +14.1^\circ$).	2608,9	2630,5	2967,4	3292,6	11499,4	0,249	-0,118

Grafički prikaz rezultata:



6.3.1 GREŠKA MERENJA TEŽINE

ΔF (kN)=50 – apsolutna greška merenja težine u pojedinoj mernoj tački

Vrednost sile u mernoj tački			
Fa1 (kN)	Fa2 (kN)	Fb (kN)	Fc (kN)
3260,4	3221,9	2305,3	2713,7

Najverovatnija apsolutna greška merenja težine	
$\Sigma \Delta F$ (kN)	50

Najverovatnija relativna greška merenja težine	
$\Delta F/F$ (%)	0.43

6.3.2 GREŠKA ODREĐIVANJA KOORDINATE

Greška merenja pojedinačne veličine	
ΔX (m)	ΔF (kN)
0,004	50
ΔY (m)	ΔF (kN)
0,004	50

Koordinate mernih tačaka			
XA1(m)	XA2(m)	Xb(m)	Xc(m)
6.0	6.0	44.0	44.0
YA1(m)	YA2(m)	Yb(m)	Yc(m)
1.525	1.525	1.525	1.525

ПРИЛОГ 4

“Weighing” од 29.01. 2010. године
Страна 13

ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH

Bucket wheel excavator system EPS

$$\text{SchRs} \frac{1600}{3} \text{-----} * 25$$

A4 -BWE : Weighing

Customer: EPS / Kolubara Lignite Basin / Tamnava West

Order number: N 010 00035

General arrangement drawing: 4322432

TKF machine No. 3092

Prepared: MI EN 12
29. January 2010
Dr.-Ing. F. Schneider

Frank Schneider

2. Weighing of the superstructure

Detailed information on the weighing procedure, the equipment used and the results can be taken from the attachments.

On page 4, a sketch is shown which describes the position of the calibrating weights during test c). 2 x 4 weights of 2.41t each (=19.3t in sum) have been suspended from the locations marked on the sketch by steel wire ropes.

In the following, information from the Final Stability Calculation is used to determine the theoretical weight and C.O.G.s for the weighing conditions (a) - bucket wheel boom horizontal, b) - boom lowered by 12.9°, c) - boom raised by 0.1° with calibrating weights, d) - boom raised by 14.1°. The weights and C.O.G.s of the individual sub-assemblies of the superstructure are given referring to local coordinate systems. In all cases, the x-axes of those coordinate systems are parallel to conveying direction, z is directed upwards.

Reference points for local coordinate systems

	Point	global coordinates		
		x [m]	y [m]	z [m]
pivot bucket wheel boom	5	-3.878	0.000	15.250
pivot mast 1	4	-4.864	0.000	18.983
pivot mast 2	11	3.878	0.000	22.330
support at top/centre of platform	16	0.000	0.000	13.400
main ball race	17	0.000	0.000	11.575
supporting balls	19	0.000	0.000	3.850
ground level	20	0.000	0.000	0.000

Summary of weights/C.O.G.s referring to pivot bucket wheel boom

coordinates referring to pivot bucket wheel boom										
			hoisting angle in °	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
Bucket wheel boom (BWB) horizontal			0	406.991	-26.693	-0.350	0.931	-10863.7	-142.5	379.0
Mast 1 (M1)			0	60.527	-4.656	0.000	17.624	-281.8	0.0	1066.7
calibration weight (CAW)			0	19.300	-28.900	0.000	-1.500	-557.8	0.0	-29.0
dead loads from bucket wheel boom + mast 1	horizontal	a)	0.0	467.518	-23.840	-0.305	3.092	-11145.6	-142.5	1445.7
	low	b)	-12.9	467.518	-23.929	-0.305	-2.308	-11187.0	-142.5	-1079.0
	hor. with CAW	c)	0.1	486.818	-24.035	-0.293	2.952	-11700.9	-142.5	1437.2
	high	d)	14.1	467.518	-22.368	-0.305	8.807	-10457.6	-142.5	4117.4

Summary of weights/C.O.G.s referring to top/centre of platform

coordinates referring to top/centre of platform										
			hoisting angle in °	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
dead loads from bucket wheel boom + mast 1	horizontal	a)	0.0	467.518	-27.718	-0.305	4.942	-12958.6	-142.5	2310.7
	low	b)	-12.9	467.518	-27.807	-0.305	-0.458	-13000.1	-142.5	-214.1
	hor. with CAW	c)	0.1	486.818	-27.913	-0.293	4.802	-13588.7	-142.5	2337.8
	high	d)	14.1	467.518	-26.246	-0.305	10.657	-12270.6	-142.5	4982.3
mast 2 (M2)				79.364	3.773	-0.219	20.863	299.5	-17.4	1655.8
counterweight boom (CWB)				248.775	26.296	0.050	10.701	6541.9	12.5	2662.2
counterweight during weighing (CW)				177.017	34.123	0.000	8.250	6040.4	0.0	1460.4
dead loads from BWB, M1, M2, CWB, CW	horizontal	a)	0.0	972.674	-0.079	-0.152	8.316	-76.9	-147.4	8089.0
	low	b)	-12.9	972.674	-0.122	-0.152	5.721	-118.4	-147.4	5564.3
	hor. with CAW	c)	0.1	991.974	-0.713	-0.149	8.182	-707.1	-147.4	8116.2
	high	d)	14.1	972.674	0.628	-0.152	11.063	611.1	-147.4	10760.7

Summary of weights/C.O.G.s referring to centre of main ball race

coordinates referring to centre of main ball race

			hoisting angle in °	G [t]	x [m]	y [m]	z [m]	G * x	G * y	G * z
dead loads from BWB, M1, M2, CWB, CW	horizontal	a)	0.0	972.674	-0.079	-0.152	10.141	-76.9	-147.4	9864.1
	low	b)	-12.9	972.674	-0.122	-0.152	7.546	-118.4	-147.4	7339.4
	hor. with CAW	c)	0.1	991.974	-0.713	-0.149	10.007	-707.1	-147.4	9926.5
	high	d)	14.1	972.674	0.628	-0.152	12.888	611.1	-147.4	12535.8
Platform (PF)				181.713	0.330	0.000	1.375	59.9	0.0	249.8
dead loads from BWB, M1, M2, CWB, CW and PF	horizontal	a)	0.0	1154.387	-0.015	-0.128	8.761	-17.0	-147.4	10114.0
	low	b)	-12.9	1154.387	-0.051	-0.128	6.574	-58.5	-147.4	7589.2
	hor. with CAW	c)	0.1	1173.687	-0.551	-0.126	8.670	-647.1	-147.4	10176.4
	high	d)	14.1	1154.387	0.581	-0.128	11.076	671.0	-147.4	12785.7

Summary of weights (in kN) / C.O.G.s referring to centre of main ball race

			hoisting angle in °	W [kN]	x [m]	y [m]	z [m]	W * x	W * y	W * z
dead loads from superstructure - theoretical values	horizontal	a)	0.0	11324.5	-0.015	-0.128	8.761	-167	-1446	99218
	low	b)	-12.9	11324.5	-0.051	-0.128	6.574	-574	-1446	74450
	hor. with CAW	c)	0.1	11513.9	-0.551	-0.126	8.670	-6348	-1446	99830
	high	d)	14.1	11324.5	0.581	-0.128	11.076	6582	-1446	125427
dead loads from superstructure - measured values (see attachment)	horizontal	a)	0.0	11501.1	-0.356	-0.125		-4094	-1438	
	low	b)	-12.9	11499.2	-0.398	-0.121		-4577	-1391	
	hor. with CAW	c)	0.1	11685.7	-0.859	-0.127		-10038	-1484	
	high	d)	14.1	11499.4	0.249	-0.118		2863	-1357	
dead loads from superstructure - difference between measured and theoretical values	horizontal	a)	0.0	176.6				-3927	8	
	low	b)	-12.9	174.7				-4003	54	
	hor. with CAW	c)	0.1	171.8				-3690	-38	
	high	d)	14.1	174.9				-3719	89	
average difference				174.5	-21.978	0.1621		-3835	28	

Summary of the differences between measured and
calculated values:

$$\begin{aligned}\Delta W &= 174.5 \text{ kN} \approx 1.5\% \\ \Delta M &= -3835 \text{ kNm} \\ \Delta x &= -0.333 \text{ m}\end{aligned}$$

For further theoretical evaluations, a fictitious weight acc. to the line "average difference" above has to be added to the theoretical figures:

dead loads from superstructure - corrected theoretical loads	horizontal	a)	0.0	11499.0	-0.348	-0.123	8.628	-4002	-1418	99218
	low	b)	-12.9	11499.0	-0.383	-0.123	6.475	-4408	-1418	74450
	hor. with CAW	c)	0.1	11688.3	-0.871	-0.121	8.541	-10183	-1418	99830
	high	d)	14.1	11499.0	0.239	-0.123	10.908	2748	-1418	125427

After the correction, the maximum difference between the calculated and measured C.O.G. x-position is 15 mm.

The required counterweight acc. to the Final Stability Calculation is 221.0 t

According to the weighing results, additional counterweight is required for compensation of
the difference moment (see line average difference above, column W * x) -3835 kNm
corresponding to 112.4 kN
at a distance from slew centre of 34.123 m

Additional counterweight required: 112.4 kN ≈ 11.3 t
Overall counterweight required: 221.0 t + 11.3 t = 232.3 t
Counterweight to be loaded after weighing 232.3 t - 177.0 t = 55.3 t

Weighing report

29 January 2010

A4 - BWE: Weighing Attachments

Summary of the counterweight loaded at the time of the weighing

Weighing instruction

Report on the weighing of the superstructure

by Kolubara Metal, Service for laboratory measurements and research

PROTOKOL for Counterweight
drw.no. 4 326 457

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
1.	260x260x260	16 kom	607 kg	11.10.09	11 ⁰⁰	16 kom	607	11.10.09	11 ¹⁰
2.	260x260x260	16 kom	596 kg	11.10.09	11 ¹⁵	32 kom	1203	11.10.09	11 ²⁰
3.	260x260x260	16 kom	601 kg	11.10.09	11 ³⁰	48 kom	1804	11.10.09	11 ⁴⁰
4.	260x260x260	16 kom	612 kg	11.10.09	11 ⁴⁵	64 kom	2416	11.10.09	11 ⁵⁰
5.	260x260x260	16 kom	611 kg	11.10.09	12 ⁰⁰	80 kom	3027	11.10.09	12 ⁰⁰
6.	260x260x260	16 kom	601 kg	11.10.09	12 ¹⁵	96 kom	3628	11.10.09	12 ⁵⁰
7.	260x260x260	16 kom	598 kg	11.10.09	13 ⁰⁰	112 kom	4226	11.10.09	13 ⁰⁵
8.	260x260x260	16 kom	616 kg	11.10.09	13 ¹⁰	128 kom	4842	12.10.09	8 ³⁵
9.	260x260x260	16 kom	612 kg	12.10.09	8 ²⁵	144 kom	5454	12.10.09	9 ¹⁵
10.	260x260x260	16 kom	618 kg	12.10.09	8 ³⁰	160 kom	6072	12.10.09	9 ³⁵
11.	260x260x260	16 kom	604 kg	12.10.09	9 ²⁵	176 kom	6676	12.10.09	9 ⁴⁰
12.	260x260x260	16 kom	603 kg	12.10.09	9 ³⁵	192 kom	7279	12.10.09	9 ⁵⁰
13.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	9 ⁴²	208 kom	7884	12.10.09	10 ⁰⁰
14.	260x260x260	16 kom	608 kg	12.10.09	10 ⁰⁰	224 kom	8492	12.10.09	10 ¹²
15.	260x260x260	16 kom	614 kg	12.10.09	10 ¹⁴	240 kom	9106	12.10.09	10 ²⁰
16.	260x260x260	16 kom	604 kg	12.10.09	10 ²⁵	256 kom	9710	12.10.09	10 ³⁵
17.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	10 ³⁷	272 kom	10315	12.10.09	10 ⁴⁵
18.	260x260x260	16 kom	599 kg	12.10.09	10 ⁵⁵	288 kom	10914	12.10.09	11 ⁰⁰
19.	260x260x260	16 kom	598 kg	12.10.09	11 ⁰⁰	304 kom	11512	12.10.09	11 ¹⁰
20.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	11 ¹⁵	320 kom	12117	12.10.09	11 ²⁵
21.	260x260x260	16 kom	611 kg	12.10.09	11 ³⁰	336 kom	12728	12.10.09	11 ³⁵
22.	260x260x260	16 kom	610 kg	12.10.09	11 ⁴⁰	352 kom	13338	12.10.09	11 ⁴⁵
23.	260x260x260	16 kom	602 kg	12.10.09	12 ¹²	368 kom	13940	12.10.09	12 ³⁰
24.	260x260x260	16 kom	588 kg	12.10.09	12 ²⁵	384 kom	14528	12.10.09	12 ⁴⁰
25.	260x260x260	16 kom	591 kg	12.10.09	12 ⁵⁵	400 kom	15119	12.10.09	12 ⁴⁵
26.	260x260x260	16 kom	589 kg	12.10.09	13 ⁰⁵	416 kom	15708	12.10.09	13 ¹⁵
27.	260x260x260	16 kom	591 kg	12.10.09	13 ¹⁴	432 kom	16299	12.10.09	13 ²⁰
28.	260x260x260	16 kom	597 kg	12.10.09	13 ¹⁷	448 kom	16896	12.10.09	13 ²⁸
29.	260x260x260	16 kom	607 kg	12.10.09	13 ³⁰	464 kom	17503	12.10.09	13 ³⁵
30.	260x260x260	16 kom	608 kg	12.10.09	13 ⁴⁰	480 kom	18111	12.10.09	13 ⁴⁵
31.	260x260x260	16 kom	611 kg	12.10.09	13 ⁴⁵	496 kom	18722	12.10.09	13 ⁴⁷
32.	260x260x260	16 kom	604 kg	12.10.09	13 ⁵⁵	512 kom	19326	12.10.09	14 ⁰⁰
33.	260x260x260	16 kom	609 kg	12.10.09	14 ⁰⁵	528 kom	19935	12.10.09	14 ⁰⁸
34.	260x260x260	16 kom	606 kg	12.10.09	14 ¹⁰	544 kom	20541	12.10.09	14 ¹⁵
35.	260x260x260	16 kom	607 kg	12.10.09	14 ²⁰	560 kom	21148	12.10.09	14 ³⁰
36.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	15 ²⁰	576 kom	21753	12.10.09	15 ²⁵
37.	260x260x260	16 kom	609 kg	12.10.09	15 ³⁰	592 kom	22362	12.10.09	15 ³⁷
38.	260x260x260	16 kom	604 kg	12.10.09	15 ⁴⁰	608 kom	22966	12.10.09	15 ⁴⁵
39.	260x260x260	16 kom	572 kg	12.10.09	15 ⁵⁰	624 kom	23538	12.10.09	15 ⁵⁵
40.	260x260x260	16 kom	602 kg	12.10.09	15 ⁵⁷	640 kom	24140	12.10.09	16 ⁰⁰
41.	260x260x260	16 kom	593 kg	12.10.09	16 ⁰³	656 kom	24733	12.10.09	16 ⁰⁵
42.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	16 ⁰⁷	672 kom	25338	12.10.09	16 ¹¹
43.	260x260x260	16 kom	605 kg	12.10.09	16 ¹⁰	688 kom	25943	12.10.09	16 ²⁰
44.	260x260x260	16 kom	602 kg	12.10.09	16 ¹⁵	704 kom	26545	12.10.09	16 ²³
45.	260x260x260	16 kom	604 kg	12.10.09	16 ¹⁸	720 kom	27149	12.10.09	16 ²⁵
46.	260x130x260	16 kom	300 kg	14.10.09	8 ¹⁵	736 kom	27449	14.10.09	8 ²⁰
47.	260x130x260	16 kom	302 kg	14.10.09	8 ¹⁶	952 kom	27751	14.10.09	8 ²⁵
48.	260x130x260	16 kom	302 kg	14.10.09	8 ²²	768 kom	28053	14.10.09	8 ³⁰
49.	260x260x260	16 kom	302 kg	14.10.09	8 ³⁵	784 kom	28355	14.10.09	8 ⁴⁰
50.	260x260x260	16 kom	598 kg	14.10.09	9 ³⁰	800 kom	28953	14.10.09	10 ⁰⁰
51.	260x260x260	16 kom	586 kg	14.10.09	9 ³³	816 kom	29539	14.10.09	10 ⁰⁵
52.	260x260x260	16 kom	603 kg	14.10.09	10 ⁰⁰	832 kom	30142	14.10.09	10 ⁰⁸
53.	260x260x260	16 kom	614 kg	14.10.09	10 ⁰⁵	848 kom	30756	14.10.09	10 ¹⁰

Izveštaj uradio:

Overio:

List 1 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
54.	260x260x260	16 kom	609 kg	14.10.09	10 ¹³	864 kom	31365	14.10.09	10 ¹⁷
55.	260x260x260	16 kom	614 kg	14.10.09	10 ²⁰	880 kom	31979	14.10.09	10 ²⁵
56.	260x260x260	16 kom	607 kg	14.10.09	10 ²⁵	896 kom	32586	14.10.09	10 ³⁵
57.	260x260x260	16 kom	608 kg	14.10.09	10 ³⁵	912 kom	33194	14.10.09	10 ⁴⁰
58.	260x260x260	16 kom	603 kg	14.10.09	10 ³⁹	928 kom	33797	14.10.09	10 ⁴⁵
59.	260x260x260	16 kom	601 kg	14.10.09	10 ⁵⁰	944 kom	34398	14.10.09	10 ⁵⁵
60.	260x260x260	16 kom	602 kg	14.10.09	10 ⁵²	960 kom	35000	14.10.09	11 ⁰⁰
61.	260x260x260	16 kom	595 kg	14.10.09	10 ⁵⁵	976 kom	35595	14.10.09	10 ⁰⁵
62.	260x130x260	16 kom	310 kg	14.10.09	11 ⁰⁸	992 kom	35905	14.10.09	11 ¹⁵
63.	260x260x260	16 kom	606 kg	14.10.09	11 ¹⁵	1008 kom	36511	14.10.09	11 ²⁰
64.	260x260x260	16 kom	607 kg	14.10.09	11 ²¹	1024 kom	37118	14.10.09	11 ²⁵
65.	260x260x260	16 kom	605 kg	14.10.09	11 ³⁵	1040 kom	37723	14.10.09	11 ⁴⁰
66.	260x260x260	16 kom	593 kg	14.10.09	11 ⁴⁰	1056 kom	38316	14.10.09	11 ⁴⁶
67.	260x260x260	16 kom	588 kg	14.10.09	11 ⁴⁹	1072 kom	38904	14.10.09	12 ⁵²
68.	260x260x260	16 kom	630 kg	14.10.09	11 ⁵⁵	1088 kom	39534	14.10.09	12 ⁵⁸
69.	260x260x260	16 kom	608 kg	14.10.09	12 ⁵⁹	1104 kom	40142	14.10.09	13 ⁰⁶
70.	260x260x260	16 kom	624 kg	14.10.09	13 ⁰⁷	1120 kom	40766	14.10.09	13 ¹⁴
71.	260x260x260	16 kom	634 kg	14.10.09	13 ¹⁶	1136 kom	41400	14.10.09	13 ²⁴
72.	260x260x260	16 kom	613 kg	14.10.09	13 ⁰⁶	1152 kom	42013	14.10.09	13 ³⁰
73.	260x260x260	16 kom	612 kg	14.10.09	13 ³²	1168 kom	42625	14.10.09	13 ³⁵
74.	260x260x260	16 kom	607 kg	14.10.09	13 ³⁸	1184 kom	43232	14.10.09	13 ⁴¹
75.	260x130x260	16 kom	298 kg	14.10.09	13 ⁴⁴	1200 kom	43530	14.10.09	13 ⁴⁸
76.	260x260x260	16 kom	624 kg	14.10.09	13 ⁴⁹	1216 kom	44154	14.10.09	13 ⁵⁵
77.	260x260x260	16 kom	623 kg	14.10.09	13 ⁵⁸	1232 kom	44777	14.10.09	14 ⁰⁰
78.	260x260x260	16 kom	618 kg	14.10.09	14 ⁰⁴	1248 kom	45395	14.10.09	14 ⁰⁹
79.	260x260x260	16 kom	625 kg	14.10.09	14 ¹³	1264 kom	46020	14.10.09	14 ¹⁸
80.	260x260x260	16 kom	617 kg	14.10.09	14 ²¹	1280 kom	46637	14.10.09	14 ²⁶
81.	260x260x260	16 kom	620 kg	14.10.09	15 ²⁰	1296 kom	47257	14.10.09	15 ³⁰
82.	260x260x260	16 kom	626 kg	14.10.09	15 ³³	1312 kom	47883	14.10.09	15 ³⁶
83.	260x260x260	16 kom	621 kg	14.10.09	15 ⁴⁰	1328 kom	48504	14.10.09	15 ⁴⁴
84.	260x260x260	16 kom	626 kg	14.10.09	15 ⁴⁷	1344 kom	49130	14.10.09	15 ⁵⁰
85.	260x260x260	16 kom	621 kg	14.10.09	15 ⁴⁷	1360 kom	49751	14.10.09	15 ⁴⁷
86.	260x260x260	16 kom	616 kg	14.10.09	15 ⁵⁹	1376 kom	50367	14.10.09	16 ⁰²
87.	260x260x260	16 kom	617 kg	14.10.09	16 ⁰⁵	1392 kom	50984	14.10.09	16 ⁰⁸
88.	260x260x260	16 kom	619 kg	14.10.09	16 ¹²	1408 kom	51603	14.10.09	16 ¹⁷
89.	260x260x260	16 kom	624 kg	14.10.09	16 ¹⁹	1424 kom	52227	14.10.09	16 ²²
90.	260x260x260	16 kom	630 kg	14.10.09	16 ²⁵	1440 kom	52857	14.10.09	16 ²⁹
91.	260x130x260	16 kom	307 kg	14.10.09	16 ³¹	1456 kom	53164	14.10.09	16 ³⁴
92.	260x130x260	16 kom	313 kg	14.10.09	16 ³⁶	1472 kom	53477	14.10.09	16 ³⁷
93.	260x260x260	16 kom	624 kg	14.10.09	17 ⁰³	1488 kom	54101	14.10.09	17 ¹³
94.	260x260x260	16 kom	612 kg	14.10.09	17 ¹⁷	1504 kom	54713	14.10.09	17 ²²
95.	260x260x260	6 kom	222 kg	14.10.09	17 ²⁵	1510 kom	54935	14.10.09	17 ²⁹
96.	260x260x260	16 kom	609 kg	15.10.09	10 ⁰⁶	1526 kom	55544	15.10.09	10 ¹⁰
97.	260x260x260	16 kom	608 kg	15.10.09	10 ¹²	1542 kom	56152	15.10.09	10 ²⁰
98.	260x260x260	16 kom	616 kg	15.10.09	10 ¹⁹	1558 kom	56768	15.10.09	10 ²⁵
99.	260x260x260	16 kom	612 kg	15.10.09	10 ²⁵	1574 kom	57380	15.10.09	10 ²⁹
100.	260x260x260	16 kom	618 kg	15.10.09	10 ³⁰	1590 kom	57998	15.10.09	10 ³⁵
101.	260x260x260	16 kom	618 kg	15.10.09	10 ³⁵	1606 kom	58616	15.10.09	10 ⁴⁰
102.	260x260x260	16 kom	616 kg	15.10.09	10 ⁴⁵	1622 kom	59232	15.10.09	10 ⁵⁰
103.	260x260x260	16 kom	618 kg	15.10.09	10 ⁵⁵	1638 kom	59850	15.10.09	10 ⁵⁷
104.	260x260x260	16 kom	617 kg	15.10.09	11 ⁰⁰	1654 kom	60467	15.10.09	11 ⁰⁵
105.	260x260x260	16 kom	614 kg	15.10.09	11 ⁰³	1670 kom	61081	15.10.09	10 ⁰⁶
106.	260x260x260	16 kom	612 kg	15.10.09	11 ¹⁰	1686 kom	61693	15.10.09	11 ¹⁵
107.	260x260x260	16 kom	613 kg	15.10.09	11 ²⁰	1702 kom	62306	15.10.09	11 ²²
108.	260x260x260	16 kom	596 kg	15.10.09	11 ²⁵	1718 kom	62902	15.10.09	11 ³⁰
109.	260x260x260	16 kom	601 kg	15.10.09	11 ³¹	1734 kom	63503	15.10.09	11 ³⁵
110.	260x260x260	16 kom	600 kg	15.10.09	11 ³⁶	1750 kom	64103	15.10.09	11 ⁴¹

Izveštaj uradio:

Overio:

List 2 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
111.	260x260x260	16 kom	605 kg	15.10.09	11 ⁴⁵	1766 kom	64708	15.10.09	11 ⁵⁰
112.	260x130x260	16 kom	308 kg	15.10.09	12 ⁴⁶	2074 kom	65016	15.10.09	13 ⁰⁰
113.	260x260x260	16 kom	600 kg	15.10.09	13 ⁰²	2090 kom	65616	15.10.09	13 ¹⁰
114.	260x260x260	16 kom	602 kg	15.10.09	13 ⁰⁷	2106 kom	66218	15.10.09	13 ¹³
115.	260x260x260	16 kom	610 kg	15.10.09	13 ¹⁵	2122 kom	66828	15.10.09	13 ²⁰
116.	260x260x260	16 kom	617 kg	15.10.09	13 ²⁰	2138 kom	67445	15.10.09	13 ²⁵
117.	260x260x260	16 kom	620 kg	15.10.09	13 ²⁷	2154 kom	68065	15.10.09	13 ³⁰
118.	260x260x260	16 kom	615 kg	15.10.09	13 ³⁵	2170 kom	68680	15.10.09	13 ⁴⁰
119.	260x260x260	16 kom	621 kg	15.10.09	13 ⁴¹	2186 kom	69301	15.10.09	13 ⁴⁵
120.	260x260x260	16 kom	607 kg	15.10.09	13 ⁴⁸	2202 kom	69908	15.10.09	13 ⁵⁵
121.	260x260x260	16 kom	607 kg	15.10.09	13 ⁵⁵	2218 kom	70515	15.10.09	14 ⁰⁰
122.	260x260x260	16 kom	613 kg	15.10.09	14 ⁰²	2234 kom	71128	15.10.09	14 ⁰⁷
123.	260x260x260	16 kom	607 kg	15.10.09	14 ¹⁰	2250 kom	71735	15.10.09	14 ¹⁵
124.	260x260x260	16 kom	618 kg	15.10.09	14 ¹⁵	2266 kom	72353	15.10.09	14 ²⁰
125.	260x260x260	16 kom	619 kg	15.10.09	14 ¹⁵	2282 kom	72972	16.10.09	14 ²⁰
126.	260x260x260	16 kom	617 kg	16.10.09	10 ¹²	2298 kom	73589	16.10.09	10 ²⁰
127.	260x260x260	16 kom	617 kg	16.10.09	10 ²⁰	2314 kom	74206	16.10.09	10 ²⁵
128.	260x260x260	16 kom	609 kg	16.10.09	10 ²⁵	2330 kom	74815	16.10.09	10 ³⁵
129.	260x260x260	16 kom	609 kg	16.10.09	10 ⁴⁰	2346 kom	75424	16.10.09	10 ⁴⁵
130.	260x260x260	16 kom	609 kg	16.10.09	10 ⁴⁵	2362 kom	76033	16.10.09	10 ⁴⁸
131.	260x260x260	16 kom	610 kg	16.10.09	10 ⁴²	2378 kom	76643	16.10.09	10 ⁵⁰
132.	260x260x260	16 kom	593 kg	16.10.09	10 ⁵⁰	2394 kom	77236	16.10.09	10 ⁵⁵
133.	260x130x260	16 kom	303 kg	16.10.09	11 ⁰²	2410 kom	77539	16.10.09	11 ⁰⁵
134.	260x260x260	16 kom	598 kg	16.10.09	11 ¹⁰	2426 kom	78137	16.10.09	11 ¹⁵
135.	260x260x260	16 kom	606 kg	16.10.09	11 ²⁰	2442 kom	78743	16.10.09	11 ²⁵
136.	260x260x260	16 kom	613 kg	16.10.09	11 ²⁹	2458 kom	79356	16.10.09	11 ³³
137.	260x260x260	16 kom	621 kg	16.10.09	11 ³⁶	2474 kom	79977	16.10.09	11 ⁴⁴
138.	260x260x260	16 kom	618 kg	16.10.09	11 ⁴⁵	2490 kom	80595	16.10.09	11 ⁵⁰
139.	260x260x260	16 kom	615 kg	16.10.09	11 ⁵²	2506 kom	81210	16.10.09	11 ⁵⁷
140.	260x260x260	16 kom	605 kg	16.10.09	11 ⁵⁵	2522 kom	81815	16.10.09	11 ⁵⁹
141.	260x130x260	16 kom	303 kg	16.10.09	12 ⁵⁰	2538 kom	82118	16.10.09	12 ⁵⁵
142.	260x260x260	16 kom	303 kg	16.10.09	12 ⁵⁷	2554 kom	82421	16.10.09	13 ⁰³
143.	260x260x260	16 kom	617 kg	16.10.09	13 ⁰⁵	2570 kom	83038	16.10.09	13 ⁰⁸
144.	260x260x260	16 kom	619 kg	16.10.09	13 ¹⁰	2586 kom	83657	16.10.09	13 ¹⁵
145.	260x260x260	16 kom	617 kg	16.10.09	13 ¹⁴	2602 kom	84274	16.10.09	13 ¹⁹
146.	260x260x260	16 kom	619 kg	16.10.09	13 ⁰⁵	2618 kom	84893	16.10.09	13 ³⁰
147.	260x260x260	16 kom	619 kg	16.10.09	13 ⁴⁵	2634 kom	85512	16.10.09	13 ³⁸
148.	260x260x260	16 kom	605 kg	16.10.09	13 ⁴⁶	2650 kom	86117	16.10.09	13 ³⁵
149.	260x260x260	16 kom	609 kg	16.10.09	13 ⁵⁰	2666 kom	86726	16.10.09	13 ⁰⁵
150.	260x260x260	16 kom	614 kg	16.10.09	13 ⁵⁸	2682 kom	87340	16.10.09	14 ⁰⁰
151.	260x260x260	16 kom	625 kg	16.10.09	14 ⁰⁶	2698 kom	87965	16.10.09	14 ¹²
152.	260x130x260	16 kom	301 kg	16.10.09	14 ²⁰	2714 kom	88266	16.10.09	14 ²⁵
153.	260x260x260	16 kom	626 kg	16.10.09	14 ²⁷	2730 kom	88892	16.10.09	14 ³³
154.	260x260x260	16 kom	614 kg	16.10.09	14 ³⁵	2746 kom	89506	16.10.09	14 ⁴⁰
155.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	7 ³⁰	2755 kom	89849	2.12.09.	9 ⁴⁵
156.	260x260x260	9 kom	344 kg	2.12.09.	7 ⁴⁵	2764 kom	90193	2.12.09.	9 ⁴⁸
157.	260x260x260	9 kom	344 kg	2.12.09.	9 ⁴⁶	2773 kom	90537	2.12.09.	10 ⁰⁰
158.	260x260x260	9 kom	346 kg	2.12.09.	9 ⁴⁷	2782 kom	90883	2.12.09.	10 ⁰⁵
159.	260x260x260	9 kom	331 kg	2.12.09.	10 ⁰⁰	2791 kom	91214	2.12.09.	10 ¹⁵
160.	260x260x260	9 kom	342 kg	2.12.09.	10 ⁰⁵	2800 kom	91556	2.12.09.	10 ²⁰
161.	260x260x260	9 kom	334 kg	2.12.09.	10 ¹⁸	2809 kom	91890	2.12.09.	10 ³²
162.	260x260x260	9 kom	331 kg	2.12.09.	10 ²³	2818 kom	92221	2.12.09.	10 ⁴⁰
163.	260x260x260	9 kom	331 kg	2.12.09.	10 ³⁷	2827 kom	92552	2.12.09.	10 ⁴⁹
164.	260x260x260	9 kom	331 kg	2.12.09.	10 ⁴⁵	2836 kom	92883	2.12.09.	10 ⁵⁵
165.	260x260x260	9 kom	336 kg	2.12.09.	10 ⁵²	2845 kom	93219	2.12.09.	11 ⁰⁶
166.	260x260x260	9 kom	332 kg	2.12.09.	11 ⁰⁸	2854 kom	93551	2.12.09.	11 ²²
167.	260x260x260	9 kom	334 kg	2.12.09.	11 ¹⁵	2863 kom	93885	2.12.09.	11 ²⁷

Izveštaj uradio:

Overio:

List 3 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
168.	260x260x260	9 kom	334 kg	2.12.09.	11 ²⁵	2872 kom	94219	2.12.09.	11 ³⁵
169.	260x260x260	9 kom	345 kg	2.12.09.	11 ²⁷	2881 kom	94564	2.12.09.	12 ⁰⁵
170.	260x260x260	9 kom	347 kg	2.12.09.	11 ⁴²	2890 kom	94911	2.12.09.	12 ⁴⁷
171.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	11 ⁴⁴	2899 kom	95254	2.12.09.	12 ⁵⁹
172.	260x260x260	9 kom	341 kg	2.12.09.	11 ⁵⁰	2908 kom	95595	2.12.09.	13 ⁰⁷
173.	260x260x260	9 kom	341 kg	2.12.09.	12 ⁵¹	2917 kom	95936	2.12.09.	13 ¹⁸
174.	260x260x260	9 kom	341 kg	2.12.09.	12 ⁵⁶	2926 kom	96277	2.12.09.	13 ²⁷
175.	260x260x260	9 kom	334 kg	2.12.09.	13 ⁰⁵	2935 kom	96611	2.12.09.	13 ³⁴
176.	260x260x260	9 kom	338 kg	2.12.09.	13 ¹¹	2944 kom	96949	2.12.09.	13 ⁴⁰
177.	260x260x260	9 kom	271 kg	2.12.09.	13 ¹⁵	2953 kom	97220	2.12.09.	13 ⁴⁵
178.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	13 ²²	2962 kom	97563	2.12.09.	13 ⁵⁰
179.	260x260x260	9 kom	340 kg	2.12.09.	13 ²⁸	2971 kom	97903	2.12.09.	14 ⁰⁰
180.	260x260x260	9 kom	337 kg	2.12.09.	13 ³⁵	2980 kom	98240	2.12.09.	14 ⁰⁶
181.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	13 ⁴⁴	2989 kom	98583	2.12.09.	14 ¹⁵
182.	260x260x260	9 kom	340 kg	2.12.09.	14 ⁵⁰	2998 kom	98923	2.12.09.	14 ²⁷
183.	260x260x260	9 kom	335 kg	2.12.09.	14 ⁵³	3007 kom	99258	2.12.09.	14 ³⁵
184.	260x260x260	9 kom	344 kg	2.12.09.	15 ²⁰	3016 kom	99602	2.12.09.	15 ³³
185.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	15 ²³	3025 kom	99945	2.12.09.	15 ⁴⁰
186.	260x260x260	9 kom	343 kg	2.12.09.	15 ³⁶	3034 kom	100288	2.12.09.	15 ⁴⁵
187.	260x260x260	9 kom	346 kg	2.12.09.	15 ⁴⁰	3043 kom	100634	2.12.09.	15 ⁵⁵
188.	260x260x260	9 kom	346 kg	2.12.09.	15 ⁵⁴	3052 kom	100980	2.12.09.	16 ⁰⁰
189.	260x260x260	9 kom	345 kg	3.12.09.	7 ³⁰	3061 kom	101325	3.12.09.	7 ⁴⁵
190.	260x260x260	9 kom	347 kg	3.12.09.	7 ⁴⁵	3070 kom	101672	3.12.09.	7 ⁵⁵
191.	260x260x260	9 kom	347 kg	3.12.09.	7 ⁵⁵	3079 kom	102019	3.12.09.	8 ¹⁰
192.	260x130x260	16 kom	309 kg	3.12.09.	8 ¹⁰	3095 kom	102328	3.12.09.	8 ²⁷
193.	260x260x260	9 kom	351 kg	3.12.09.	8 ¹⁰	3104 kom	102679	3.12.09.	8 ⁵⁵
194.	260x260x260	9 kom	352 kg	3.12.09.	9 ⁴⁰	3113 kom	103031	3.12.09.	10 ⁰⁰
195.	260x260x260	9 kom	354 kg	3.12.09.	9 ⁴⁵	3122 kom	103385	3.12.09.	10 ⁰⁵
196.	260x260x260	9 kom	347 kg	3.12.09.	9 ⁴⁹	3131 kom	103732	3.12.09.	10 ¹⁹
197.	260x260x260	9 kom	350 kg	3.12.09.	9 ⁵⁶	3140 kom	104082	3.12.09.	10 ²²
198.	260x260x260	9 kom	333 kg	3.12.09.	10 ⁰⁵	3149 kom	104415	3.12.09.	10 ²⁵
199.	260x260x260	9 kom	337 kg	3.12.09.	10 ¹⁰	3158 kom	104752	3.12.09.	10 ³⁰
200.	260x260x260	9 kom	338 kg	3.12.09.	10 ¹⁵	3167 kom	105090	3.12.09.	10 ⁴⁰
201.	260x260x260	9 kom	347 kg	3.12.09.	10 ³⁸	3176 kom	105437	3.12.09.	10 ⁴⁵
202.	260x260x260	9 kom	308 kg	3.12.09.	10 ⁴⁴	3185 kom	105745	3.12.09.	10 ⁵⁰
203.	260x260x260	9 kom	346 kg	3.12.09.	10 ⁴⁸	3194 kom	106091	3.12.09.	11 ⁰³
204.	260x260x260	9 kom	347 kg	3.12.09.	10 ⁵⁵	3203 kom	106438	3.12.09.	11 ¹³
205.	260x260x260	9 kom	343 kg	3.12.09.	11 ⁰⁰	3212 kom	106781	3.12.09.	11 ¹⁸
206.	260x260x260	9 kom	350 kg	3.12.09.	11 ¹⁰	3221 kom	107131	3.12.09.	11 ²³
207.	260x260x260	10 kom	387 kg	3.12.09.	11 ¹⁹	3231 kom	107518	3.12.09.	11 ³⁰
208.	260x260x260	9 kom	350 kg	3.12.09.	11 ²⁵	3240 kom	107868	3.12.09.	11 ³⁵
209.	260x260x260	10 kom	390 kg	3.12.09.	11 ²⁷	3250 kom	108258	3.12.09.	11 ⁴⁰
210.	260x260x260	10 kom	390 kg	3.12.09.	11 ³³	3260 kom	108648	3.12.09.	11 ⁴⁵
211.	260x260x260	10 kom	391 kg	3.12.09.	11 ⁴⁵	3270 kom	109039	3.12.09.	11 ⁴⁸
212.	260x260x260	10 kom	377 kg	3.12.09.	11 ⁵⁰	3280 kom	109416	3.12.09.	11 ⁵⁵
213.	260x260x260	10 kom	377 kg	3.12.09.	11 ⁵⁵	3290 kom	109793	3.12.09.	11 ⁵⁷
214.	260x260x260	10 kom	377 kg	3.12.09.	11 ⁵⁹	3300 kom	110170	3.12.09.	12 ²⁵
215.	260x260x260	10 kom	373 kg	3.12.09.	12 ²⁰	3310 kom	110543	3.12.09.	12 ³⁰
216.	260x260x260	10 kom	369 kg	3.12.09.	12 ²⁵	3320 kom	110912	3.12.09.	12 ³⁵
217.	260x260x260	11 kom	419 kg	3.12.09.	12 ³³	3331 kom	111331	3.12.09.	12 ⁴⁰
218.	260x260x260	11 kom	418 kg	3.12.09.	12 ⁴⁰	3342 kom	111749	3.12.09.	12 ⁴⁵
219.	260x260x260	12 kom	467 kg	3.12.09.	12 ⁵⁰	3354 kom	112216	3.12.09.	12 ⁵⁵
220.	260x260x260	12 kom	464 kg	3.12.09.	13 ⁰⁵	3366 kom	112680	3.12.09.	13 ⁰⁰
221.	260x260x260	13 kom	500 kg	3.12.09.	13 ¹²	3379 kom	113180	3.12.09.	13 ⁰⁰
222.	260x260x260	12 kom	455 kg	3.12.09.	13 ¹⁷	3391 kom	113635	3.12.09.	13 ²²
223.	260x260x260	12 kom	453 kg	3.12.09.	13 ³⁸	3403 kom	114088	3.12.09.	13 ⁴⁰
224.	260x260x260	12 kom	453 kg	3.12.09.	13 ³⁸	3415 kom	114541	3.12.09.	13 ³⁸

Izveštaj uradio:

Overio:

List 4 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
225.	260x260x260	12 kom	461 kg	3.12.09.	13 ⁴⁴	3427 kom	115002	3.12.09.	13 ⁴⁵
226.	260x260x260	12 kom	454 kg	3.12.09.	14 ⁰⁵	3439 kom	115456	3.12.09.	14 ⁰⁸
227.	260x260x260	12 kom	449 kg	3.12.09.	14 ¹⁰	3451 kom	115905	3.12.09.	14 ¹⁵
228.	260x260x260	12 kom	447 kg	3.12.09.	15 ¹⁴	3463 kom	116352	3.12.09.	15 ²⁰
229.	260x260x260	12 kom	455 kg	3.12.09.	15 ²³	3475 kom	116807	3.12.09.	15 ³⁰
230.	260x260x260	12 kom	456 kg	3.12.09.	15 ³²	3489 kom	117263	3.12.09.	15 ⁴⁴
231.	260x260x260	12 kom	456 kg	3.12.09.	15 ³⁶	3501 kom	117719	3.12.09.	15 ⁴⁸
232.	260x260x260	12 kom	460 kg	3.12.09.	15 ⁴⁵	3513 kom	118179	3.12.09.	15 ⁵⁵
233.	260x260x260	12 kom	454 kg	3.12.09.	15 ⁵⁵	3525 kom	118633	3.12.09.	16 ⁰⁴
234.	260x260x260	8 kom	306 kg	3.12.09.	16 ⁰⁷	3533 kom	118939	3.12.09.	16 ⁰⁸
235.	260x260x260	8 kom	297 kg	3.12.09.	16 ¹⁰	3541 kom	119236	3.12.09.	16 ¹²
236.	260x260x260	12 kom	461 kg	10.12.09	07 ⁵⁹	3553 kom	119697	10.12.09	08 ⁰³
237.	260x260x260	12 kom	453 kg	10.12.09	08 ⁰⁵	3565 kom	120150	10.12.09	08 ²⁵
238.	260x260x260	12 kom	451 kg	10.12.09	08 ¹¹	3577 kom	120601	10.12.09	09 ⁰⁰
239.	260x260x260	12 kom	449 kg	10.12.09	08 ¹⁸	3589 kom	121050	10.12.09	09 ¹⁵
240.	260x260x260	12 kom	454 kg	10.12.09	09 ¹⁰	3601 kom	121504	10.12.09	09 ⁴⁵
241.	260x260x260	12 kom	457 kg	10.12.09	09 ²⁰	3613 kom	121961	10.12.09	09 ⁵⁵
242.	260x260x260	12 kom	456 kg	10.12.09	09 ³⁰	3625 kom	122417	10.12.09	10 ¹⁵
243.	260x260x260	12 kom	455 kg	10.12.09	09 ⁴⁵	3637 kom	122872	10.12.09	10 ³⁰
244.	260x260x260	12 kom	455 kg	10.12.09	10 ⁰⁶	3649 kom	123327	10.12.09	11 ¹⁹
245.	260x260x260	12 kom	461 kg	10.12.09	10 ²¹	3661 kom	123788	10.12.09	11 ²⁰
246.	260x260x260	12 kom	456 kg	10.12.09	10 ²⁰	3673 kom	124244	10.12.09	11 ²⁵
247.	260x130x260	16 kom	310kg	10.12.09	11 ³⁰	3689 kom	124554	10.12.09	10 ³⁵
248.	260x260x260	12 kom	458kg	10.12.09	11 ³¹	3701 kom	125012	10.12.09	11 ⁰⁰
249.	260x260x260	12 kom	464kg	10.12.09	11 ³⁵	3713 kom	125476	10.12.09	12 ¹⁵
250.	260x260x260	12 kom	466kg	10.12.09	11 ³⁷	3725 kom	125942	10.12.09	12 ²⁰
251.	260x260x260	12 kom	452kg	10.12.09	12 ¹⁴	3737 kom	126394	10.12.09	12 ³⁰
252.	260x260x260	12 kom	464kg	10.12.09	12 ¹⁶	3749 kom	126858	10.12.09	12 ³⁶
253.	260x260x260	12 kom	466kg	10.12.09	12 ³⁰	3761 kom	127324	10.12.09	12 ⁴¹
254.	260x260x260	12 kom	464kg	10.12.09	12 ³⁶	3773 kom	127788	10.12.09	12 ⁴⁵
255.	260x260x260	12 kom	463kg	10.12.09	12 ⁴⁰	3785 kom	128251	10.12.09	12 ⁴⁸
256.	260x260x260	12 kom	466kg	10.12.09	12 ⁴⁶	3797 kom	128717	10.12.09	12 ⁵⁴
257.	260x260x260	12 kom	463kg	10.12.09	12 ⁵²	3809 kom	129180	10.12.09	13 ⁰⁰
258.	260x260x260	12 kom	456kg	10.12.09	12 ⁵⁷	3821 kom	129636	10.12.09	13 ⁰⁵
259.	260x260x260	12 kom	460kg	10.12.09	13 ⁰⁵	3833 kom	130096	10.12.09	13 ⁰⁸
260.	260x260x260	12 kom	461kg	10.12.09	13 ⁰⁸	3845 kom	130557	10.12.09	13 ¹⁷
261.	260x130x260	16 kom	310kg	10.12.09	13 ¹⁰	3861 kom	130867	10.12.09	13 ²⁰
262.	260x260x260	12 kom	464kg	10.12.09	13 ¹⁶	3873 kom	131331	10.12.09	13 ²⁰
263.	260x260x260	12 kom	455kg	10.12.09	13 ²¹	3885 kom	131786	10.12.09	13 ²⁵
264.	260x260x260	12 kom	458kg	10.12.09	13 ²⁷	3897 kom	132244	10.12.09	13 ²⁹
265.	260x260x260	12 kom	447kg	10.12.09	13 ³⁵	3909 kom	132691	10.12.09	13 ⁴⁰
266.	260x260x260	12 kom	463kg	10.12.09	13 ⁴⁰	3921 kom	133154	10.12.09	13 ⁴⁵
267.	260x260x260	12 kom	470kg	10.12.09	13 ⁴⁴	3933 kom	133624	10.12.09	13 ⁵⁰
268.	260x260x260	12 kom	456kg	10.12.09	13 ⁵⁵	3945 kom	134080	10.12.09	13 ⁵⁵
269.	260x260x260	12 kom	465kg	10.12.09	13 ⁵⁷	3957 kom	134545	10.12.09	14 ⁰⁵
270.	260x260x260	12 kom	454kg	10.12.09	14 ⁰²	3969 kom	134999	10.12.09	14 ⁰⁸
271.	260x260x260	12 kom	456kg	10.12.09	14 ⁰⁸	3981 kom	135455	10.12.09	14 ¹⁰
272.	260x260x260	12 kom	450kg	10.12.09	14 ¹⁰	3993 kom	135905	10.12.09	14 ¹⁵
273.	260x260x260	12 kom	458kg	10.12.09	15 ¹⁴	4005 kom	136363	10.12.09	15 ²⁰
274.	260x260x260	12 kom	455kg	10.12.09	15 ²³	4017 kom	136818	10.12.09	15 ³⁰
275.	260x260x260	12 kom	452kg	10.12.09	15 ³²	4029 kom	137270	10.12.09	15 ⁴⁴
276.	260x260x260	12 kom	457kg	10.12.09	15 ³⁶	4041 kom	137727	10.12.09	15 ⁴⁸
277.	260x260x260	12 kom	461kg	10.12.09	15 ⁴⁵	4053 kom	138188	10.12.09	15 ⁵⁵
278.	260x130x260	16 kom	303kg	10.12.09	15 ⁵⁵	4069 kom	138491	10.12.09	16 ⁰⁴
279.	260x260x260	12 kom	459kg	10.12.09	16 ⁰⁷	4081 kom	138950	10.12.09	16 ⁰⁸
280.	260x130x260	16 kom	306kg	10.12.09	16 ¹⁰	4097 kom	139256	10.12.09	16 ¹²
281.	260x130x260	16 kom	304kg	10.12.09	16 ¹⁴	4113 kom	139560	10.12.09	16 ¹⁹

Izveštaj uradio:

Overio:

List 5 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
282.	260x260x260	8 kom	304kg	10.12.09	16 ¹⁹	4121 kom	139864	11.12.09	16 ²³
283.	260x260x260	12 kom	454kg	10.12.09	16 ²³	4133 kom	140318	11.12.09	16 ²⁹
284.	260x260x260	4 kom	151kg	10.12.09	16 ²⁹	4137 kom	140469	11.12.09	16 ³⁴
285.	260x260x260	12 kom	460kg	11.12.09	07 ¹³	4149 kom	140929	11.12.09	07 ⁵⁵
286.	260x260x260	12 kom	461kg	11.12.09	07 ⁵⁵	4161 kom	141390	11.12.09	07 ⁵⁸
287.	260x260x260	12 kom	457kg	11.12.09	07 ⁵⁸	4173 kom	141847	11.12.09	08 ⁰⁵
288.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	08 ⁰²	4185 kom	142311	11.12.09	08 ¹¹
289.	260x260x260	12 kom	461kg	11.12.09	08 ⁰⁵	4197 kom	142772	11.12.09	08 ¹⁰
290.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	08 ⁰⁸	4209 kom	143236	11.12.09	08 ¹⁴
291.	260x260x260	12 kom	465kg	11.12.09	08 ¹⁰	4221 kom	143701	11.12.09	08 ¹³
292.	260x260x260	12 kom	449kg	11.12.09	08 ¹⁵	4233 kom	144150	11.12.09	08 ²¹
293.	260x260x260	12 kom	446kg	11.12.09	08 ²¹	4245 kom	144596	11.12.09	09 ¹⁰
294.	260x260x260	12 kom	465kg	11.12.09	09 ¹⁰	4257 kom	145061	11.12.09	09 ¹⁵
295.	260x260x260	12 kom	445kg	11.12.09	09 ¹⁵	4269 kom	145506	11.12.09	09 ²⁰
296.	260x260x260	12 kom	452kg	11.12.09	09 ²⁰	4281 kom	145958	11.12.09	09 ²⁵
297.	260x260x260	12 kom	450kg	11.12.09	09 ²⁵	4293 kom	146408	11.12.09	09 ³⁰
298.	260x260x260	12 kom	452kg	11.12.09	09 ³⁰	4305 kom	146860	11.12.09	09 ³⁵
299.	260x260x260	12 kom	444kg	11.12.09	09 ³⁵	4317 kom	147304	11.12.09	09 ⁴⁰
300.	260x260x260	12 kom	452kg	11.12.09	10 ²⁰	4329 kom	147756	11.12.09	11 ²⁵
301.	260x260x260	12 kom	448kg	11.12.09	11 ³⁰	4341 kom	148204	11.12.09	10 ³⁵
302.	260x260x260	12 kom	446kg	11.12.09	11 ³¹	4353 kom	148650	11.12.09	11 ⁰⁰
303.	260x260x260	12 kom	445kg	11.12.09	11 ³⁵	4365 kom	149095	11.12.09	12 ¹⁵
304.	260x260x260	12 kom	448kg	11.12.09	11 ³⁷	4377 kom	149543	11.12.09	12 ²⁰
305.	260x260x260	12 kom	451kg	11.12.09	12 ¹⁴	4389 kom	149994	11.12.09	12 ³⁰
306.	260x260x260	12 kom	451kg	11.12.09	12 ¹⁶	4401 kom	150445	11.12.09	12 ³⁶
307.	260x260x260	12 kom	451kg	11.12.09	12 ²⁰	4413 kom	150896	11.12.09	12 ⁴¹
308.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	12 ²⁶	4425 kom	151360	11.12.09	12 ⁴⁵
309.	260x260x260	12 kom	468kg	11.12.09	12 ⁴⁰	4437 kom	151828	11.12.09	12 ⁴⁸
310.	260x260x260	12 kom	448kg	11.12.09	12 ⁴⁶	4449 kom	152276	11.12.09	12 ⁵⁴
311.	260x260x260	12 kom	448kg	11.12.09	12 ⁵²	4461 kom	152724	11.12.09	13 ⁰⁰
312.	260x260x260	12 kom	454kg	11.12.09	12 ⁵⁷	4473 kom	153178	11.12.09	13 ⁰⁵
313.	260x260x260	12 kom	456kg	11.12.09	13 ⁰⁵	4485 kom	153634	11.12.09	13 ⁰⁸
314.	260x260x260	12 kom	453kg	11.12.09	13 ⁰⁸	4497 kom	154087	11.12.09	13 ¹⁷
315.	260x260x260	12 kom	455kg	11.12.09	13 ¹⁰	4509 kom	154542	11.12.09	13 ²⁰
316.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	13 ¹⁶	4521 kom	155006	11.12.09	13 ²⁰
317.	260x130x260	16 kom	305kg	11.12.09	13 ²¹	4537 kom	155311	11.12.09	13 ²⁵
318.	260x260x260	12 kom	463kg	11.12.09	13 ²⁷	4549 kom	155774	11.12.09	13 ²⁹
319.	260x260x260	12 kom	454kg	11.12.09	13 ³⁵	4561 kom	156228	11.12.09	13 ⁴⁰
320.	260x260x260	12 kom	456kg	11.12.09	13 ⁴⁰	4573 kom	156684	11.12.09	13 ⁴⁵
321.	260x260x260	12 kom	458kg	11.12.09	13 ⁴⁴	4585 kom	157142	11.12.09	13 ⁵⁰
322.	260x260x260	12 kom	465kg	11.12.09	13 ⁵⁵	4597 kom	157607	11.12.09	13 ⁵⁵
323.	260x260x260	12 kom	463kg	11.12.09	13 ⁵⁷	4609 kom	158070	11.12.09	14 ⁰⁵
324.	260x260x260	12 kom	463kg	11.12.09	14 ⁰²	4621 kom	158533	11.12.09	14 ⁰⁸
325.	260x260x260	12 kom	466kg	11.12.09	14 ⁰⁸	4633 kom	158999	11.12.09	14 ¹⁰
326.	260x260x260	12 kom	447kg	11.12.09	14 ¹⁰	4645 kom	159446	11.12.09	14 ¹⁵
327.	260x260x260	12 kom	446kg	11.12.09	15 ¹⁴	4657 kom	159892	11.12.09	15 ²⁰
328.	260x260x260	12 kom	448kg	11.12.09	15 ²³	4669 kom	160340	11.12.09	15 ³⁰
329.	260x260x260	12 kom	462kg	11.12.09	15 ³²	4681 kom	160802	11.12.09	15 ⁴⁴
330.	260x260x260	12 kom	454kg	11.12.09	15 ³⁶	4693 kom	161256	11.12.09	15 ⁴⁸
331.	260x260x260	12 kom	459kg	11.12.09	15 ⁴⁵	4705 kom	161715	11.12.09	15 ⁵⁵
332.	260x130x260	16 kom	306kg	11.12.09	15 ⁵³	4721 kom	162021	11.12.09	16 ⁰⁴
333.	260x260x260	12 kom	461kg	11.12.09	16 ⁰⁷	4733 kom	162482	11.12.09	16 ⁰⁸
334.	260x260x260	12 kom	470kg	11.12.09	16 ¹⁰	4745 kom	162952	11.12.09	16 ¹²
335.	260x260x260	12 kom	461kg	11.12.09	16 ¹⁴	4757 kom	163413	11.12.09	16 ¹⁹
336.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	16 ²⁰	4769 kom	163877	11.12.09	16 ²⁵
337.	260x260x260	12 kom	457kg	11.12.09	16 ²⁵	4781 kom	164334	11.12.09	16 ³⁰
338.	260x260x260	12 kom	457kg	11.12.09	16 ³⁰	4793 kom	164791	11.12.09	16 ³⁵

Izveštaj uradio:


Overio:

List 6 od 7

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
339.	260x260x260	12 kom	457kg	11.12.09	16 ³⁵	4805 kom	163248	11.12.09	16 ⁴⁰
340.	260x260x260	12 kom	460kg	11.12.09	16 ⁴⁰	4817 kom	165708	11.12.09	16 ⁴⁵
341.	260x130x260	16 kom	312kg	11.12.09	16 ⁴⁵	4833 kom	166020	11.12.09	16 ⁵⁰
342.	260x130x260	16 kom	317kg	11.12.09	16 ⁵⁰	4849 kom	166337	11.12.09	16 ⁵⁵
343.	260x260x260	12 kom	458kg	11.12.09	16 ⁵⁵	4861 kom	166795	11.12.09	17 ⁰⁰
344.	260x260x260	12 kom	465kg	11.12.09	17 ⁰⁰	4873 kom	167260	11.12.09	17 ⁰⁷
345.	260x260x260	12 kom	464kg	11.12.09	17 ⁰⁷	4885 kom	167724	11.12.09	17 ¹⁰
346.	260x260x260	12 kom	460kg	11.12.09	17 ¹⁰	4897 kom	168184	11.12.09	17 ¹⁴
347.	260x260x260	12 kom	459kg	11.12.09	17 ¹⁴	4909 kom	168643	11.12.09	17 ²⁰
348.	260x260x260	12 kom	458kg	11.12.09	17 ²⁰	4921 kom	169101	11.12.09	17 ²⁵
349.	260x260x260	12 kom	457kg	11.12.09	17 ²⁵	4933 kom	169558	11.12.09	17 ³⁰
350.	260x260x260	12 kom	453kg	11.12.09	17 ³⁰	4945 kom	170011	11.12.09	17 ³⁵
351.	260x260x260	12 kom	451kg	11.12.09	17 ³⁵	4957 kom	170462	11.12.09	17 ⁴⁰
352.	260x260x260	9 kom	336kg	11.12.09	17 ⁴⁰	4966 kom	170798	11.12.09	17 ⁴⁵
353.	260x260x260	7 kom	267kg	11.12.09	17 ⁴⁵	4973 kom	171065	11.12.09	17 ⁵⁰
354.	260x260x260	12 kom	464	12.12.09	07 ⁴⁵	4985 kom	171529	12.12.09	07 ⁵⁵
355.	260x260x260	12 kom	466	12.12.09	07 ⁵⁵	4997 kom	171995	12.12.09	07 ⁵⁸
356.	260x260x260	12 kom	468	12.12.09	07 ⁵⁸	5005 kom	172463	12.12.09	08 ⁰²
357.	260x130x260	16 kom	318	12.12.09	08 ⁰²	5021 kom	172781	12.12.09	08 ⁰⁵
358.	260x260x260	12 kom	471	12.12.09	08 ⁰⁵	5033 kom	173252	12.12.09	08 ⁰⁸
359.	260x260x260	12 kom	462	12.12.09	08 ⁰⁸	5045 kom	173714	12.12.09	08 ¹⁰
360.	260x260x260	12 kom	451	12.12.09	08 ¹⁰	5057 kom	174165	12.12.09	08 ¹⁵
361.	260x260x260	12 kom	467	12.12.09	08 ¹⁵	5069 kom	174632	12.12.09	08 ²¹
362.	260x260x260	12 kom	462	12.12.09	08 ²¹	5081 kom	175094	12.12.09	09 ¹⁰
363.	260x260x260	12 kom	449	12.12.09	09 ¹⁰	5093 kom	175543	12.12.09	09 ¹⁵
364.	260x260x260	12 kom	456	12.12.09	09 ¹⁵	5105 kom	175999	12.12.09	09 ²⁰
365.	260x260x260	12 kom	448	12.12.09	09 ²⁰	5117 kom	176447	12.12.09	09 ²⁵
366.	260x260x260	12 kom	457	12.12.09	09 ²⁵	5129 kom	176904	12.12.09	09 ³⁰
367.	260x260x260	3 kom	113	12.12.09	09 ³⁰	5132 kom	177017	12.12.09	09 ³⁵

Izveštaj uradio:

Overio:



List 7 od 7

Test 1 : BWB horizontal

position of center of bucket wheel : **16.000** m above ground

D21 Jack up to reference position (using jacks p1 to p4).

D22 Jack up the superstructure by **3 mm** using the jacks on the main jacking points (P1 to P4).
Take readings at **load cells** of P1 to P4 and report them.

D23 Take readings at minimess connectors for rope load monitoring cylinders

Results from Test 1:

winch load :
reading after lifting

bar

 rated:

103.1

233.2
 after lowering

--

D24 Repeat step D22

D25 Repeat step D22

D26 Repeat step D22

D27 Lower the superstructure by **3 mm** using the jacks on the main jacking points (P1 to P4).
Take readings at **load cells** of P1 to P4 and report them.

D28 Repeat step D27

D29 Repeat step D27

D30 The superstructure is to be lowered to the reference position and supported on jacks at p1 to p4.

Results from Test 1:

step	P1 kN	P2 kN	P3 kN	P4 kN	
rated: (kN)	3078	2698	2888	2888	11552
D22 lifting					
D24 lifting					
D25 lifting					
D26 lifting					
D27 lowering					
D28 lowering					
D29 lowering					

average (t):

Weight G= t
 G= kN
center of gravity: x = m towards BWB
see sketch y = m towards cabin side

Test 2 : BWB ground (8.8m below horizontal: a -12.9°)

Bucket wheel boom lowered to about $\alpha = -12,9^\circ$.

position of center of bucket wheel : **7.200 m** above ground

The bucket wheel position is to be recorded.

Proceed with steps D21 to D210

Results from Test 2:

winch load :

reading

after lifting

after lowering

bar

rated:

bar

106.5

240.8

step

rated: (kN)

D22 lifting

D24 lifting

D25 lifting

D26 lifting

D27 lowering

D28 lowering

D29 lowering

P1 kN	P2 kN	P3 kN	P4 kN
3042	2662	2924	2924

11552

average (t):

Weight

center of gravity:
see sketch

G=

G=

x =

y =

t

kN

m towards BWB

m towards cabin side

Test 5 : BWB high (6m above horizontal: a +10.7°)

Raise bucket wheel boom to high position.

position of center of bucket wheel : **22.000** m above ground

The bucket wheel position is to be recorded.

Proceed with steps D21 to D30

Results from Test 4:

winch load :

reading

after lifting

bar

after lowering

--

rated:

bar
99.6

225.2

step

rated: (kN)

D22 lifting

D24 lifting

D25 lifting

D26 lifting

D27 lifting

D28 lowering

D29 lowering

P1 kN	P2 kN	P3 kN	P4 kN
3492	3112	2474	2474

11552

average (t):

refer annex:

Weight

G=

t

G=

kN

center of gravity:

x =

m towards BWB

see sketch



y =

m towards cabin side

ПРИЛОГ 5

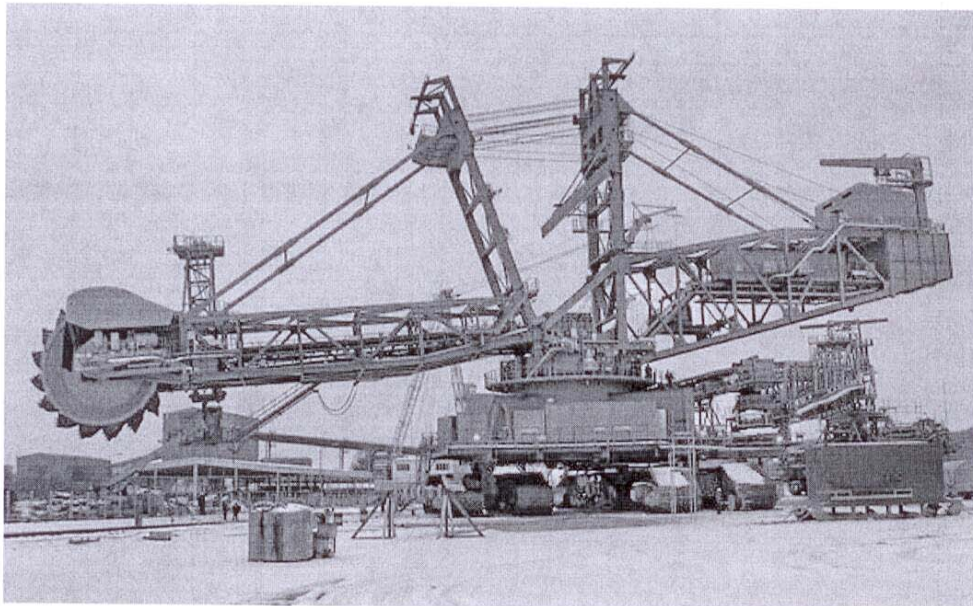
„Извештај о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“
(извештај „Колубара Метал“ број 02/10 од 01.02. 2010. године)

Стране 2 и 10

	 ATC 01-269 АКРЕДИТОВАНА ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ SRPS ISO/IEC 17025:2006	SLUŽBA ZA LABORATORIJSKA MERENJA I ISPITIVANJA	Adresa: Diše Đurđevića 32 11500 Vreoci Telefon: 011/8123-335 Fax: 011/8120-123
IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU VAGANJEM GORNJE OBRTNE GRADNJE RUDARSKIH MAŠINA Broj: 02/10 od 01.02.2010. god			
Korisnik: ThyssenKrupp Fordertechnik GmbH			
Adresa: Essen			
Predmet ispitivanja: ROTORNI BAGER SchRs 1600/3x25			
Mesto ispitivanja: Montažni plac – Pov. kopa Tamnava Zapad			
METODA ISPITIVANJA : DM (Preko elektrootpornih mernih doznj)			
METROLOŠKA SLEDLJIVOST: INM Certifikat N⁰ 11.10-139/2007			
UGOVOR/PORUDŽBENICA broj: 30184539/AGH/31165 datum: 04.12.2006.			
RADNI NALOG 4100621			
Opis usluge: MERENJA TEŽINE GORNJE OBRTNE GRADNJE I ODREĐIVANJA POLOŽAJA PROJEKCIJE TEŽIŠTA ROTORNOG BAGERA SchRs 1600/3x25			
Datum ispitivanja: 30.01.2010.			
Ispitivanje obavili : <i>mr. Branko Nikolić, dipl. inž. maš.</i> <i>Rajko Spasojević, dipl.inž.el.</i> <i>Petrović Vladimir, el.teh.</i>			
PRILOZI I NAPOMENE: 1. Protokol merenja 2. Uverenja o etaloniranju			
Vodeći inženjer/Rukovodilac merenja: _____ (potpis)		Odobrio Šef Laboratorije: _____ (potpis)	
IZJAVA: - Rezultati ispitivanja se odnose samo na mereni objekat. - Ovaj izveštaj se ne sme umnožavati, izuzev u celini, bez saglasnosti Laboratorije.			

1. PRIPREMA PLACA

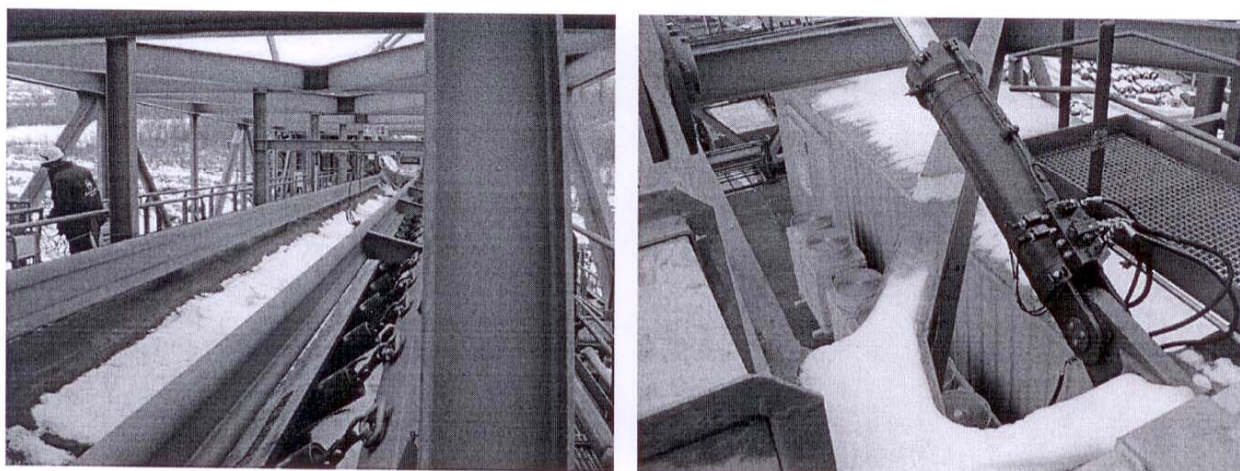
- Rađeno na montažnom placu – Pov. kopa Tamnava Zapad.
- Vetar brzine do $V_{\max} = 0.8-0.9$ m/s.
- Vreme: Oblačno bez padavina sa teperaturom $3-7$ C⁰.



Slika 1. Izgled bagera na placu

2. PRIPREMA BAGERA

- Bager meren nakon što je u balast sanduk ubačeno 54. 96 t balasta. U odnosu namerenje od 19.01.2010. na gornju gradnju je ubačeno:
 - Dva I200- profila procenjene težine 310 kg
 - Korpa za montažu opreme težine 230 kg
 - Cevi za protiv požarnu zaštitu i protiv požarni aparati
 - Pomoćne daske za vulkaniziranje trake ~ 700kg
- Bager zaprljan snegom izgled zaprljanosti dat na slici:



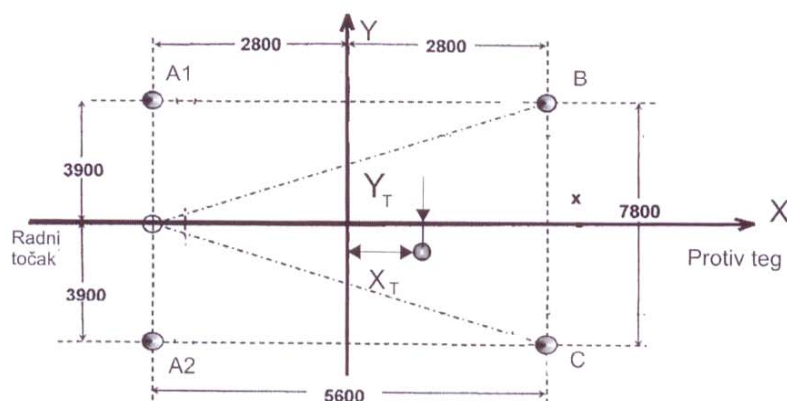
Slika 2. Izgled zaprljanosti bagera

29	1809,7	1893,5	4040,0	4360,3	12103,5	1,087	-0,130
30	1811,5	1896,8	4036,1	4358,9	12103,3	1,084	-0,131
31	1811,7	1896,4	4036,1	4358,2	12102,4	1,084	-0,131
32	1811,2	1894,2	4038,2	4359,3	12102,9	1,086	-0,130
33	1810,1	1892,5	4040,1	4361,3	12104,0	1,087	-0,130
34	1807,2	1888,8	4041,9	4364,3	12102,2	1,090	-0,130
35	1806,7	1888,6	4042,3	4366,0	12103,6	1,090	-0,131
36	1806,4	1889,0	4042,1	4365,7	12103,1	1,090	-0,131
37	1808,4	1891,6	4041,2	4362,4	12103,6	1,088	-0,130
38	1811,0	1895,0	4037,8	4358,8	12102,6	1,085	-0,131
39	1811,4	1896,1	4036,1	4358,8	12102,5	1,084	-0,131
40	1812,2	1895,5	4036,6	4359,0	12103,2	1,085	-0,131
41	1811,6	1894,2	4037,8	4360,1	12103,7	1,085	-0,130
42	1810,5	1892,1	4039,2	4360,4	12102,2	1,087	-0,130
43	1808,6	1889,8	4042,1	4363,6	12104,0	1,089	-0,130
44	1807,3	1889,3	4042,1	4364,7	12103,5	1,090	-0,130
45	1807,4	1890,3	4041,4	4363,5	12102,6	1,089	-0,131
46	1808,5	1892,0	4040,5	4362,4	12103,4	1,088	-0,131
47	1811,2	1894,7	4038,7	4359,3	12103,9	1,085	-0,130
48	1811,9	1895,2	4037,1	4358,5	12102,7	1,085	-0,130
49	1812,7	1894,9	4036,0	4358,8	12102,4	1,084	-0,131
50	1811,8	1892,4	4039,1	4360,6	12104,0	1,086	-0,130
	1808,5	1893,1	4040,6	4361,0	12103,3	1,087	-0,130

6.2 UPOREDNI REZULTATI MERENJA

	Fa1 (kN)	Fa2 (kN)	Fb (kN)	Fc (kN)	ΣF (kN)	Xt (m)	Yt (m)
a) Strela radnog točka u donjem položaju ($\alpha = -11.4^\circ$) sa etalon teretom od 19.3t na udaljenosti od 32.8 m,	2390,1	2440,9	3565,1	3901,2	12297,4	0,600	-0,123
b) Strela radnog točka u donjem položaju ($\alpha = -11.4^\circ$),	1808,5	1893,1	4040,6	4361,0	12103,3	1,087	-0,130

Grafički prikaz rezultata:



ПРИЛОГ 6

“Final Stability Calculation – Revision 1, Addendum: Modification of ballast” од 08.11. 2011. године



Bucket wheel excavator system EPS

$$\text{SchRs} \frac{1600}{3} * 25$$

A3 - BWE:

Final stability calculation Rev. 1

Addendum: Modification of ballast

Customer:	EPS / Kolubara Lignite Basin / Tamnava West
Order number:	N - 010 - 00035
General arrangement drawing:	4330720
TKF machine No.	3092

Uwe B. Lent

Prepared: MI EN 12
8 December 2011
Dipl.-Ing. U. Bleul

Approved:

Order-Name: EPS 3092 BWE
 Order-No.: N 010 00035
 Equipment: Bucket wheel excavator

Essen, 08 December 2011

Addendum to "Final stability calculation Rev. 1":
 Additional required ballast due to modifications after weighing dated January 2010

Weights, centres of gravity x-axis is defined positiv in conveying direction !

- G_{old} see group list N-010-00035 dated 07.12.2010
- G_{new} see group list N-010-00035 dated 01.12.2011

Bucket wheel boom

coordinates referring to pivot bucket wheel boom
 related to ground, slew centre x1 = -3,878 m

	assembly	group	G _{old} [t]	G _{new} [t]	ΔG [t]	x1 [m]	G*x
Winch gear box from GNZ 200 to GNZ 280	M	33100	0,373	0,742	0,369	-28,400	-10,5
Base frame for winch drive	M	33100	0,242	0,255	0,013	-28,400	-0,4
Rope pulleys from 800 to 1200	M	23300	2,202	3,208	0,918	-29,000	-26,6
Pulley shaft with bearing	M	33400	0,600	0,604	0,004	-29,000	2,3
Base frame for rope pulleys	M	33600	1,139	1,283	0,144	-29,000	-4,2
Protective box	M	33800	0,236	0,202	0,034	-29,000	1,3
Hoisting rope drivers cabin	M	15310	0,250	0,492	0,242	-29,000	-7,4
Rope reeling drivers cabin	M	35320	0,507	0,065	-0,442	-29,000	13,3
1 bucket wheel gear control	M	51100	60,935	51,685	9,250	-30,500	-28,6
Take up device head	M	61410	0,076	0,368	0,292	-37,700	-10,9
Drivers cabin guide frame	S	76193	10,360	11,705	1,345	-28,600	-38,5
Drivers cabin suspension	S	76184	3,202	3,292	0,090	-28,600	0,0
Drivers cabin frame	S	76185	5,111	6,024	0,913	-28,600	-26,4
Rockbox guide	S	76590	0,000	0,545	0,545	-33,800	-18,5
Traveling rail platform	S	76687	3,190	3,094	-0,096	-15,000	1,4
Motor drivers cabin winch	E	81100	0,090	0,160	0,070	-28,600	-2,0
Cylinder 100/56-700	H	84150	0,144	0,000	-0,144	-37,700	5,4
Support drivers cabin	M/S	89500	0,000	0,104	0,104	-28,600	-3,0
Sum					6,569	-31,047	-203,9

Bucket wheel boom & Ballast boom and ballast

coordinates referring to slew centre, top surface of platform
 related to ground, slew centre x4 = 0,000 m

	assembly	group	G _{old} [t]	G _{new} [t]	ΔG [t]	x4 [m]	G*x
Bucket wheel boom			0,318		5,569	34,925	229,4
Synchronizing shaft	E	33400	0,318	0,420	0,102	-31,200	-3,2
Cover winch drive	E	51000	0,000	0,766	0,766	-31,200	-24,0
Ballast (additional)	V	98000			5,930	34,123	202,3
Sum					13,367	0,000	0,0

Additional required ballast ΔG = 6,000 t

For information only:

Ballast according to "Preliminary stability" 197 t
 Ballast according to "Final stability" 221 t
 Ballast according to "Structural analysis" 250 t
 Ballast according to "Weighing" 237 t
 Ballast according to "Weighing" + ΔG 238 t

The complete new ballast (238 t) is lower than the ballast has been considered in the structural analysis (250 t)!

Therefore, no further proofs are required!



ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ



РУДАРСКИ БАСЕН „КОЛУБАРА“ д.о.о. ЛАЗАРЕВАЦ

Огранак „Колубара-Површински копови“ - Барошевац
Сектор Инвестиција и унапређења технолошког процеса
11560 Вреоци, тел. централа: 011/8123-311, lok. 29-52; тел/фах: 011/8121-061; 8122-261
e-mail: investicije@rbkolubara.co.yu

Акт број: 7-21-8170 датум: 26.12.2011.

Пакет 1: Роторни бaгeр Sch Rs 1600/3x25, погонски број G-3, на PK Тамнава-Западно поље

Вежа: Допис ThyssenKruppa од 14.12.2011. године са инструкцијом за убацивање додатне количине баласта од 6т, због додатне опреме која је уграђена на бaгeру у зони радног точа и кабине бaгeристе (E-mail)

PREDMET: Зaписник о убaчeној количини баласта од 22.12.2011. године

* На основу дописа произвођача справе о потреби убацивања додатне количине баласта, после репаратурних радова на бaгeру у зони радног точа и кабине бaгeристе, у периоду од 15.10. до 07.12.2011. године, Kolubara Metal d.o.o је извршио мерење бетонских коцки за пуњење баласта. Измерено је 1x81 коцка= 3003kg + 1x80коцки=3003kg, укупне тежине 6006kg. О мерењу додатне количине баласта саčinjen је посебан Протокол.

Дана 22.12.2011.године на планираном сервису на II-BTO систему извршено је убацивање додатне количине баласта у леву и десну кутију сандука баласта, од стране Kolubara Metal d.o.o и под надзором Сектора Инвестиција. Наведени радови су регистровани у бaгeрској књизи.

Обавеза испоруџиоца справе је да уз комплет изведене документације за репаратурне радове, достави и прорачун са подацима за додатну опрему која је уграђена на бaгeру и потребну количину додатног баласта за пројектовани и регистровани положај тежишта горње градње бaгeра установљен вагањем горње градње бaгeра.

Наведену количину додатног баласта треба унети у Матићну књигу бaгeра.

НАПОМЕНА: У прилогу Зaписника прилаже се допис TKF и Протокол о мерењу додатне количине баласта.

За Сектор Инвестиција:

B. Marković, PM за Пакет 1

B. Grčić, Nadzorni ing. за бaгeр

За Kolubara Metal d.o.o:

B. Sandić, Rukov. radilišta

PROTOKOL for Counterweight

drw.no. 4 326 457

22.12.2011.

rb	dimenzije	merena količina	merena težina	datum	vreme merenja	ubačena količina	ubačena težina	datum	vreme ubacivanja
Leva strana									
1.	260x260x260	12kom	446kg						
2.	260x260x260	12kom	442kg						
3.	260x260x260	12kom	444kg						
4.	260x260x260	12kom	447kg						
5.	260x260x260	12kom	443kg						
6.	260x260x260	12kom	446kg						
7.	260x260x260	9kom	335kg	Σ3003kg					
Desna strana									
8.	260x260x260	12kom	457kg						
9.	260x260x260	12kom	453kg						
10.	260x260x260	12kom	456kg						
11.	260x260x260	12kom	451kg						
12.	260x260x260	12kom	447kg						
13.	260x260x260	12kom	441kg						
14.	260x260x260	8kom	298kg	Σ3003kg					
15.									
16.				Ukupno					
17.				6006kg					
18.									
19.									
20.									
21.									
22.									
23.									
24.									
25.									
26.									
27.									
28.									
29.									
30.									
31.									
32.									
33.									
34.									
35.									
36.									
37.									
38.									
39.									
40.									
41.									
42.									
43.									
44.									
45.									
46.									
47.									
48.									
49.									

ПРИЛОГ 7

„Резултати мерења притисака на mini mess прикључцима на
хидрауличним цилиндрима за праћење силе у ужадима
роторног багера SchRs 1600/3x25“
(извештај „Колубара Метал“ од 30.01. 2010. године)

REZULTATI MERENJA PRITISAKA NA MINI MESS PRIKLJUČCIMA NA HIDRAULIČNIM CILINDRIMA ZA PRAĆENJE SILE U UŽADIMA ROTORNOG BAGERA SchRs 1600/3x25

Mereno : 30.01.2010. Tamnava Zapad

TEST 1 : Strela radnog točka u donjem položaju sa etalon teretom od 19.3t na rastojanju od 32.8 m (ispod horizontale; $\alpha = -11.4^\circ$),

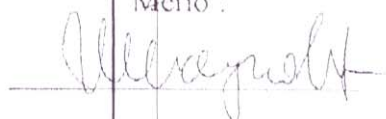
	Leva strana		Desna strana	
	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
Nulta ravan	90	90	-	89
Podizanje (2 mm)	90	90	-	89
Spuštanje (2 mm)	89	90	-	89
Podizanje (2 mm)	90	90	-	89

TEST 2 : Strela radnog točka u donjem položaju (ispod horizontale; $\alpha = -11.4^\circ$),

	Leva strana		Desna strana	
	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
Nulta ravan	86	87	-	86
Podizanje (2 mm)	86	87	-	86
Spuštanje (2 mm)	86	86	-	86
Podizanje (2 mm)	86	87	-	86

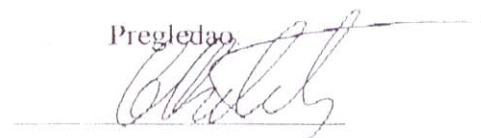
Vreoci : 01.02.2010

Merio :



Paunović Željko

Pregledao:

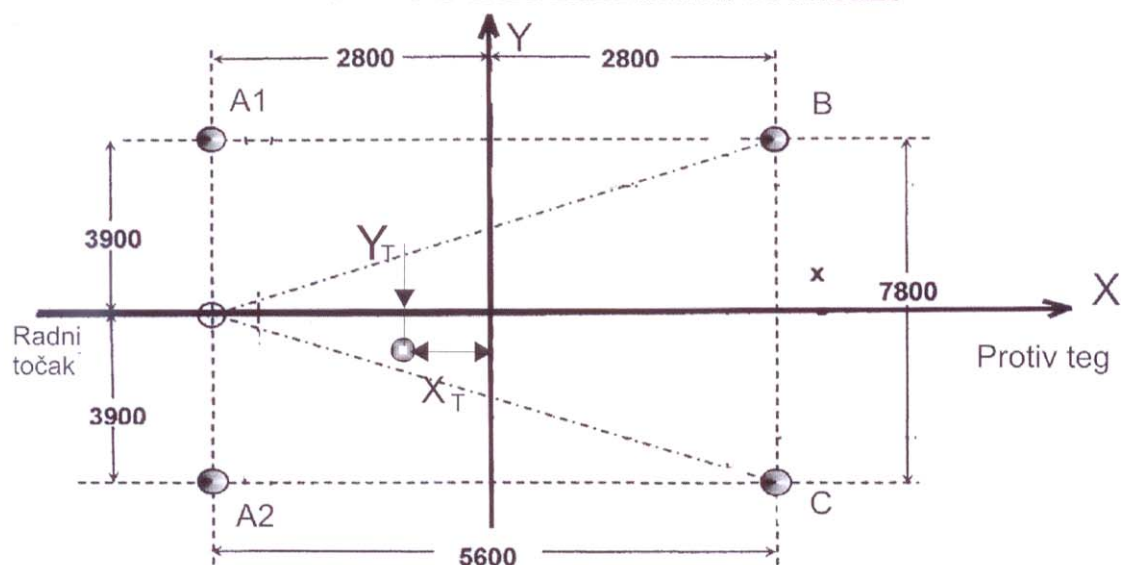


Nikolić Branko

ПРИЛОГ 8

„Извод из извештаја о испитивању вагањем горње обртне градње рударских машина“
(извештај „Колубара Метал“ број 1/14 од 27.01. 2014. године)

IZ V O D iz I Z V E Š T A J A br.1/14
O ISPITIVANJU VAGANJEM
GORNJE OBRTNE GRADNJE RUDARSKIH MAŠINA
ROTORNOG BAGERA SchRs 1600/3x25



Jednačine težišta

$$X_T = (-2.8 * F_{A1} - 2.8 * F_{A2} + 2.8 * F_B + 2.8 * F_C) / (F_{A1} + F_{A2} + F_B + F_C)$$

$$Y_T = (3.9 * F_{A1} - 3.9 * F_{A2} + 3.9 * F_B - 3.9 * F_C) / (F_{A1} + F_{A2} + F_B + F_C)$$

Mereno 30.01.2010.	Fa1 (kN)	Fa2 (kN)	Fb (kN)	Fc (kN)	Σ F (kN)	Xt (m)	Yt (m)
a) Strela radnog točka u donjem položaju (α = -11.4°) sa etalon teretom od 19.3t na udaljenosti od 32.8 m,	2390,1	2440,9	3565,1	3901,2	12297,4	0,600	-0,123
b) Strela radnog točka u donjem položaju (α = -11.4°),	1808,5	1893,1	4040,6	4361,0	12103,3	1,087	-0,130

Mereno 25.01.2014.	Fa1 (kN)	Fa2 (kN)	Fb (kN)	Fc (kN)	Σ F (kN)	Xt (m)	Yt (m)
a) Strela radnog točka u donjem položaju na 0.5m od planuma sa etalon teretom od 19t na udaljenosti od 32.8 m,	4038,2	4207,6	2381,2	2527,0	13154,0	-0,710	-0,093
b) Strela radnog točka u donjem položaju na 0.5m od planuma	3468,7	3614,0	2888,7	2977,1	12948,4	-0,263	-0,070
c) Strela radnog točka u horizontalanom položaju	3501,2	3552,0	2860,1	3056,8	12970,1	-0,245	-0,074

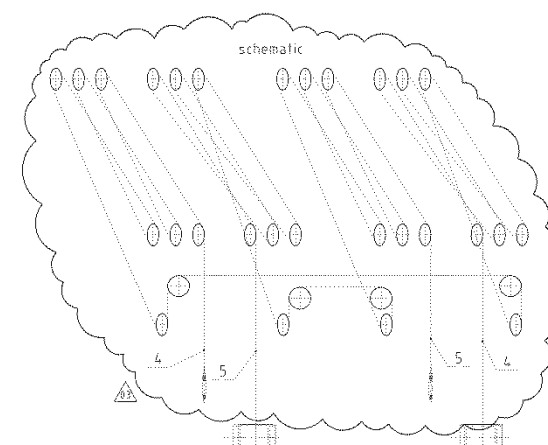
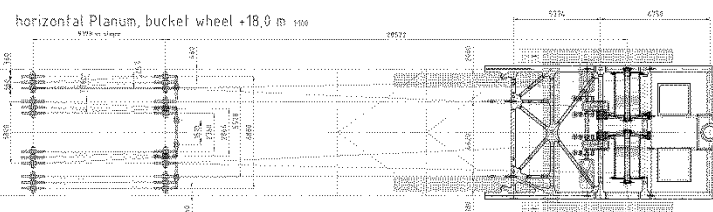
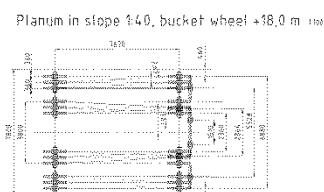
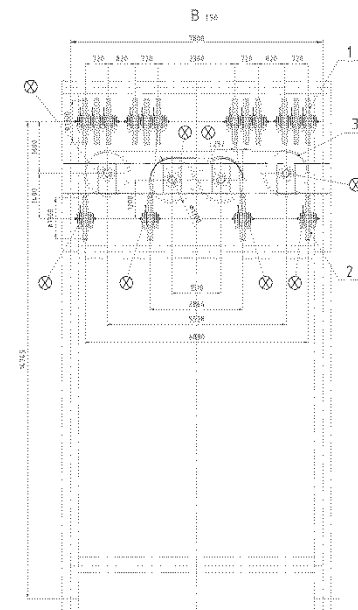
27.01.2014.g.

Vodeći inženjer/Rukovodilac merenja:

Rajko Spasojević, dipl.inž.el

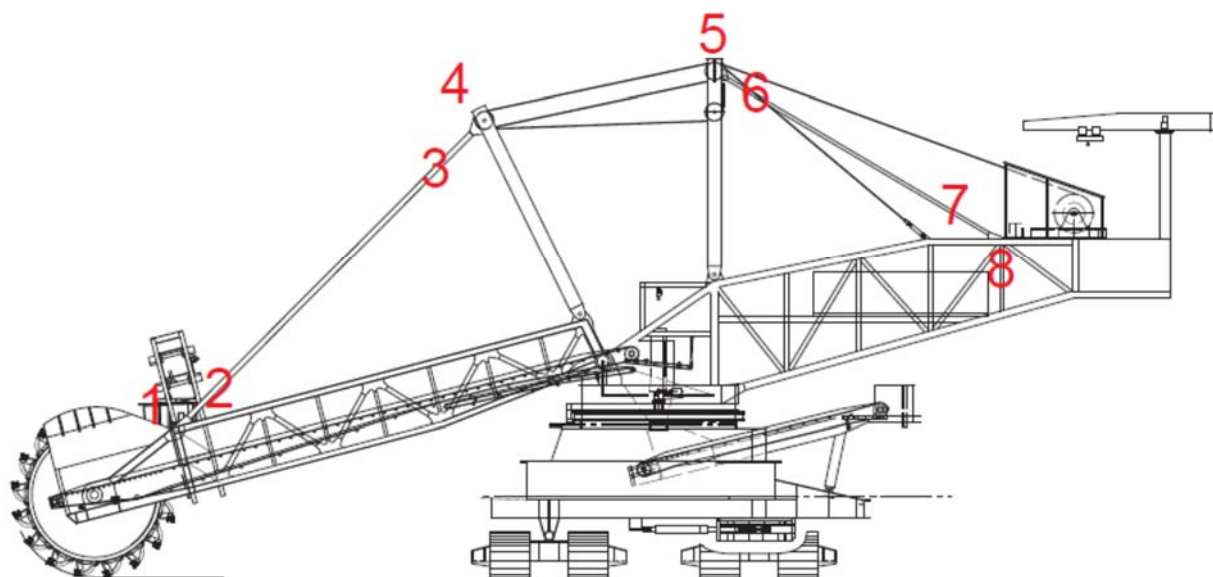
ПРИЛОГ 9

Шема поужавања катураче за подизање стреле ротора
(цртеж број 4324042)

[illegible]

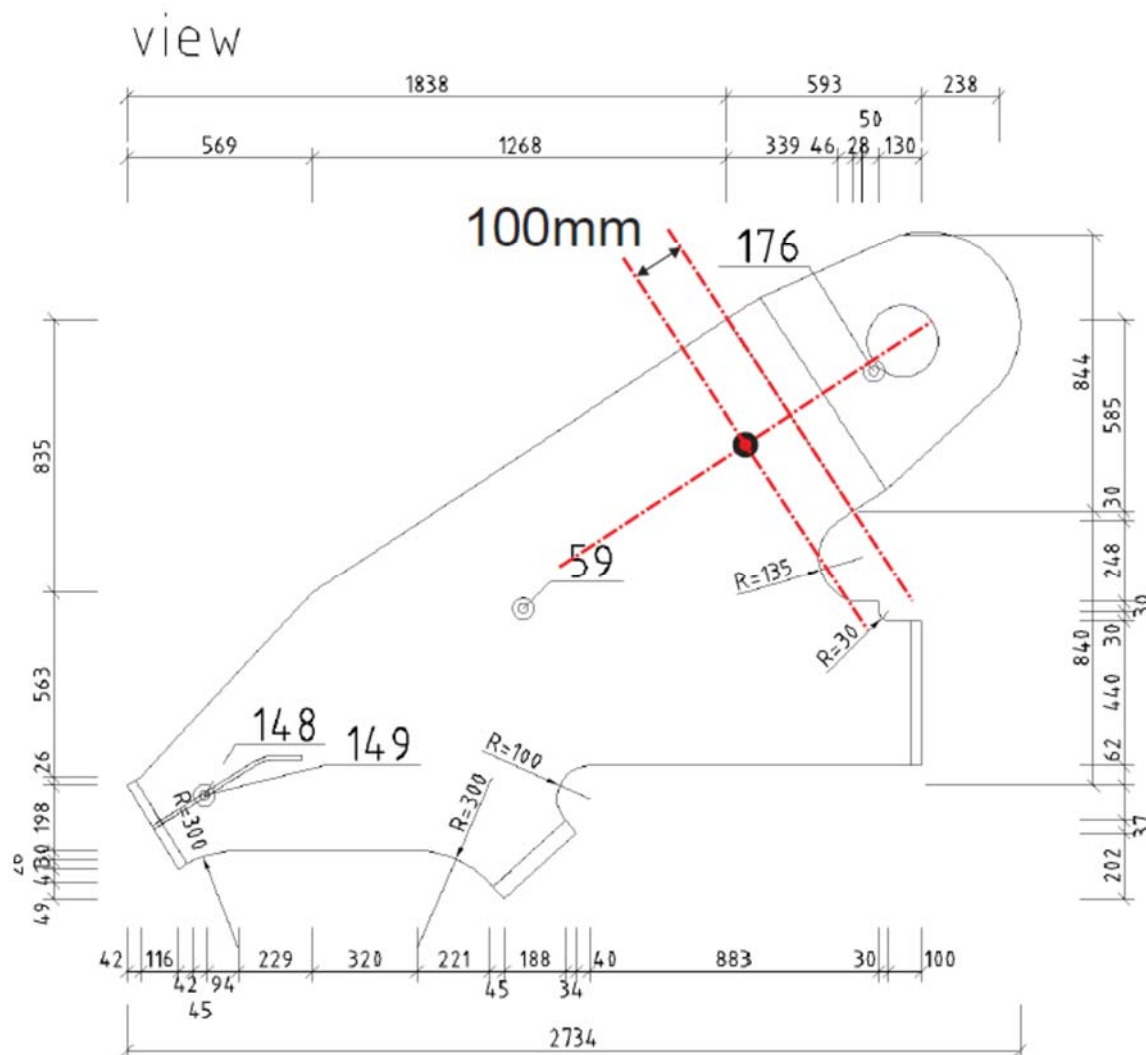
ПРИЛОГ 10

Диспозиција мерних места на линији мониторинга
(„TRCpro“ d.o.o.)

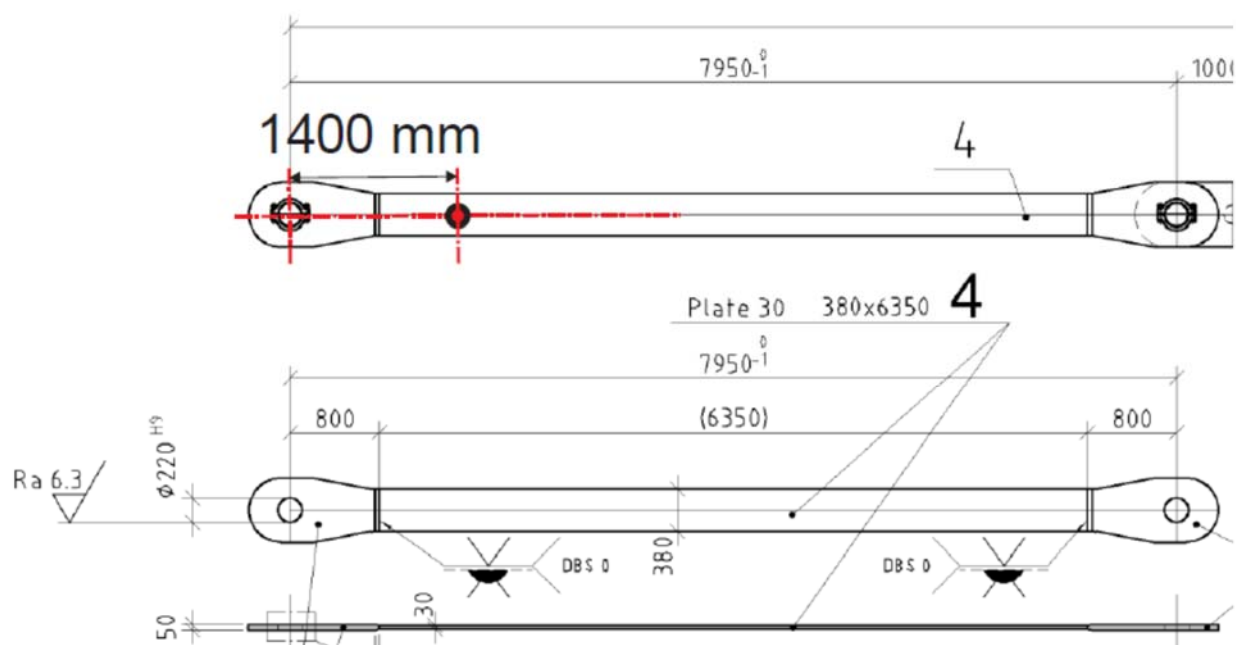


- 1-USKA-SRT
- 2-LAMELA-SRT
- 3-LAMELA-KATARKA
- 4-USKA-KATARKA
- 5-USKA-STUB
- 6-LAMELA-STUB
- 7-LAMELA-BALAST
- 8-USKA-BAI AST

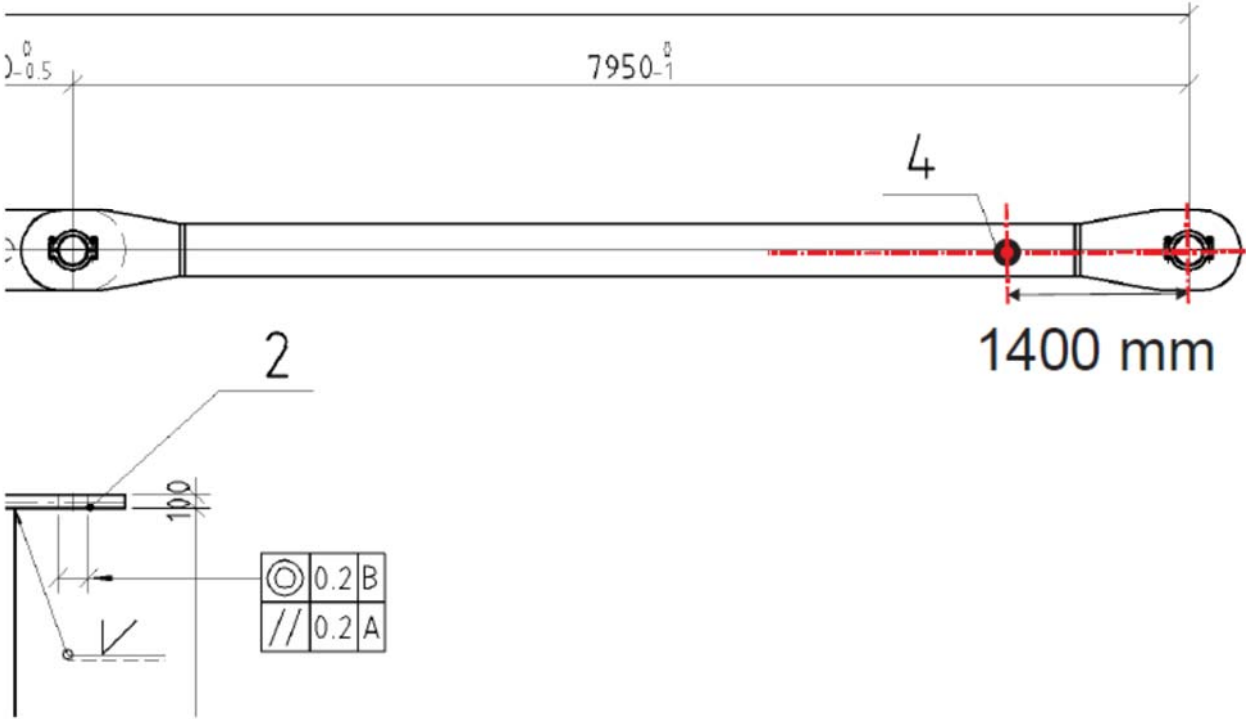
Uška – strela radnog točka (1-USKA-SRT)



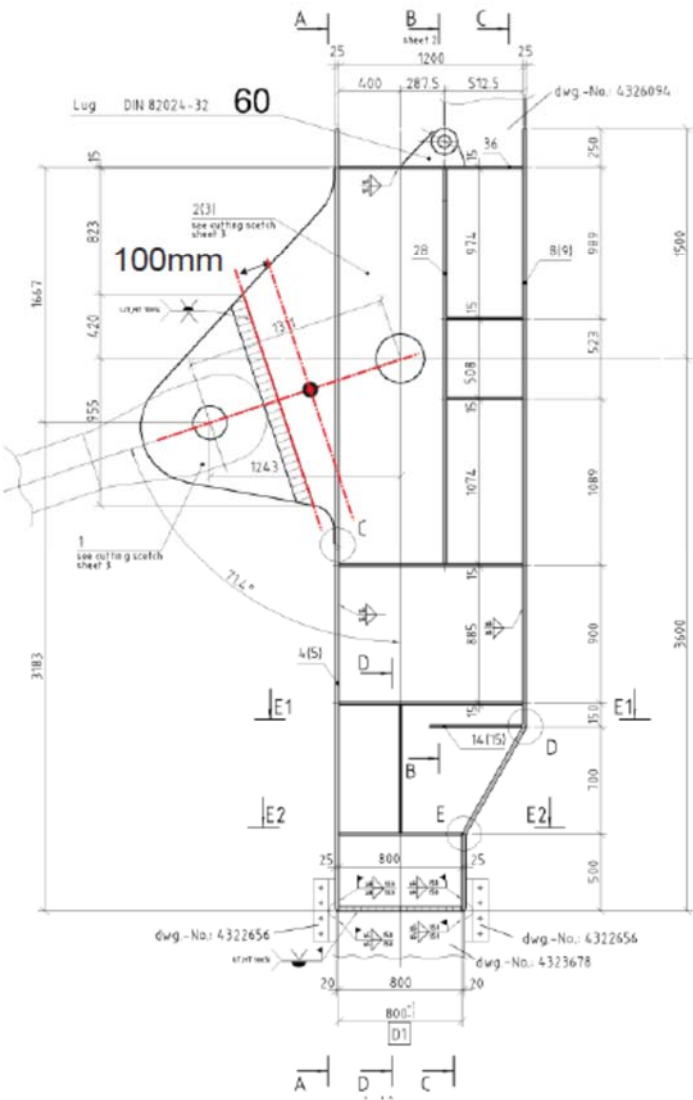
Lamela – strela radnog točka (2-LAMELA-SRT):



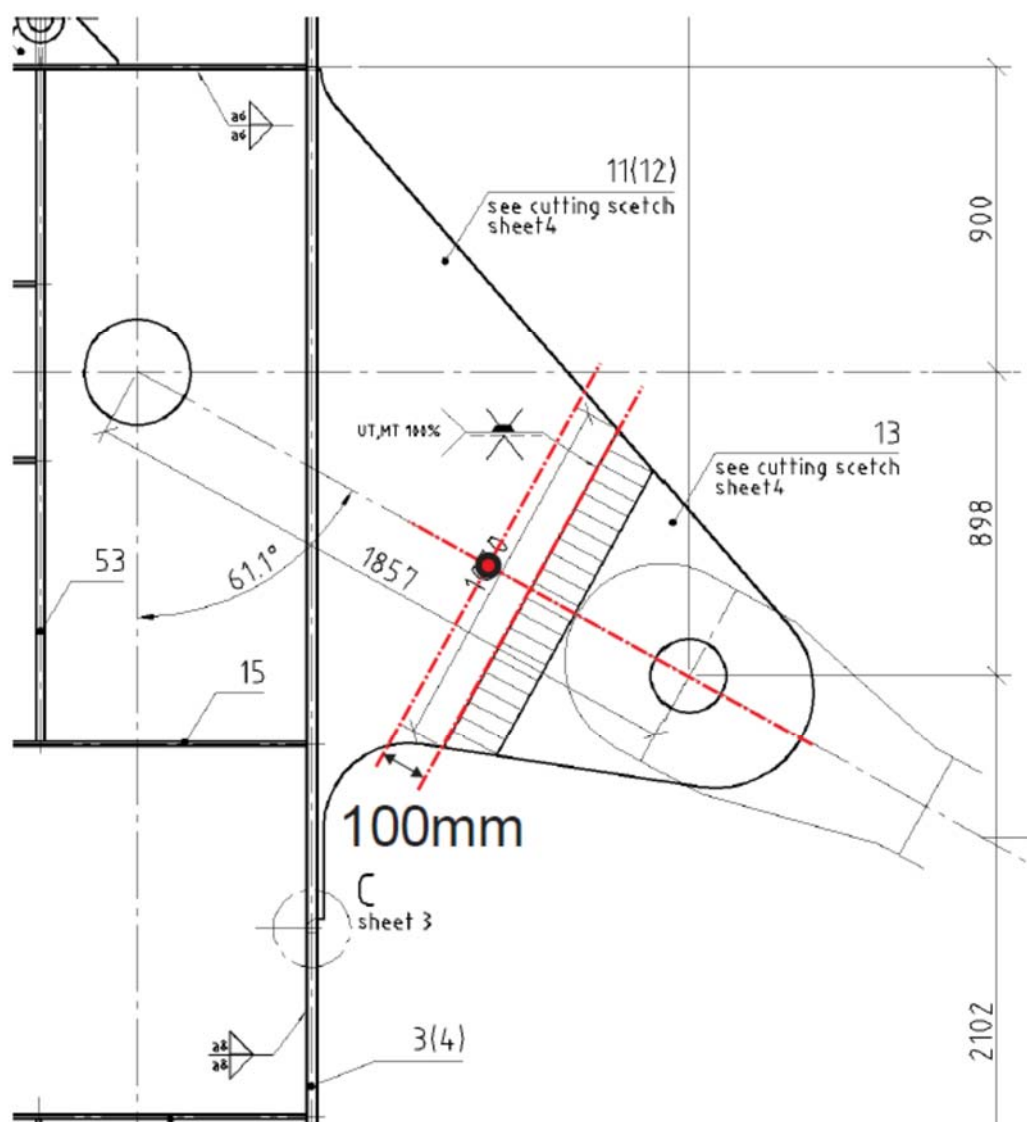
Lamela – katarka (3-LAMELA-KATARKA):



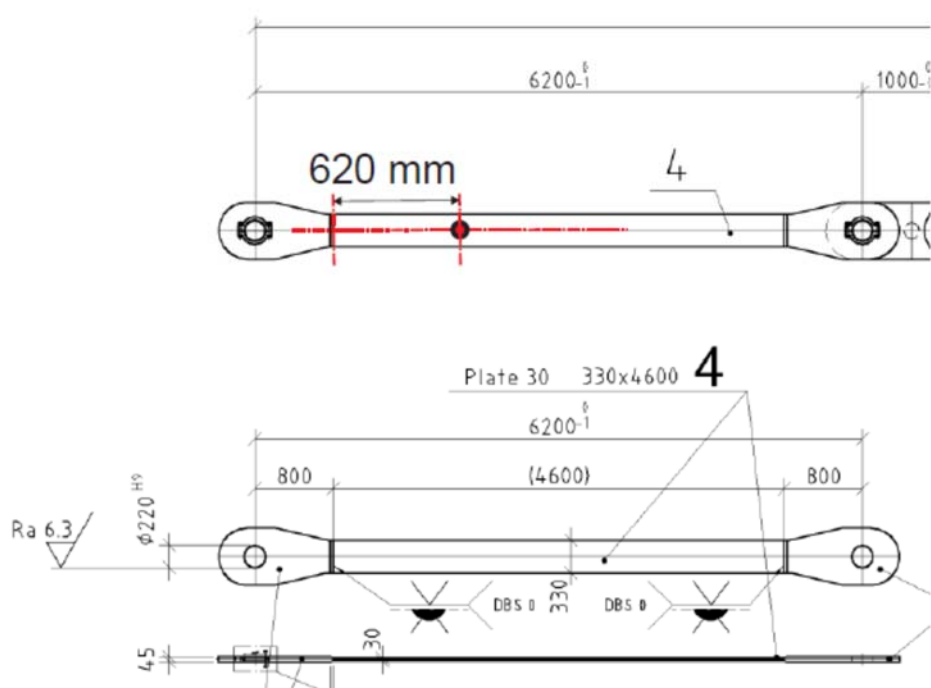
Uška – katarka (4-USKA-KATARKA):



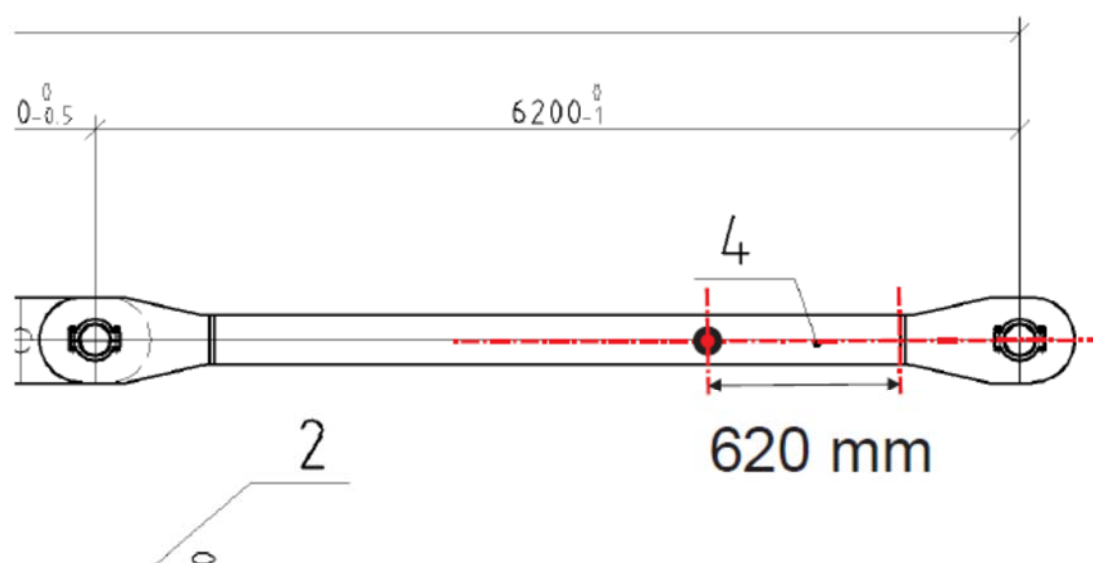
Uška – stub (5-USKA-STUB):



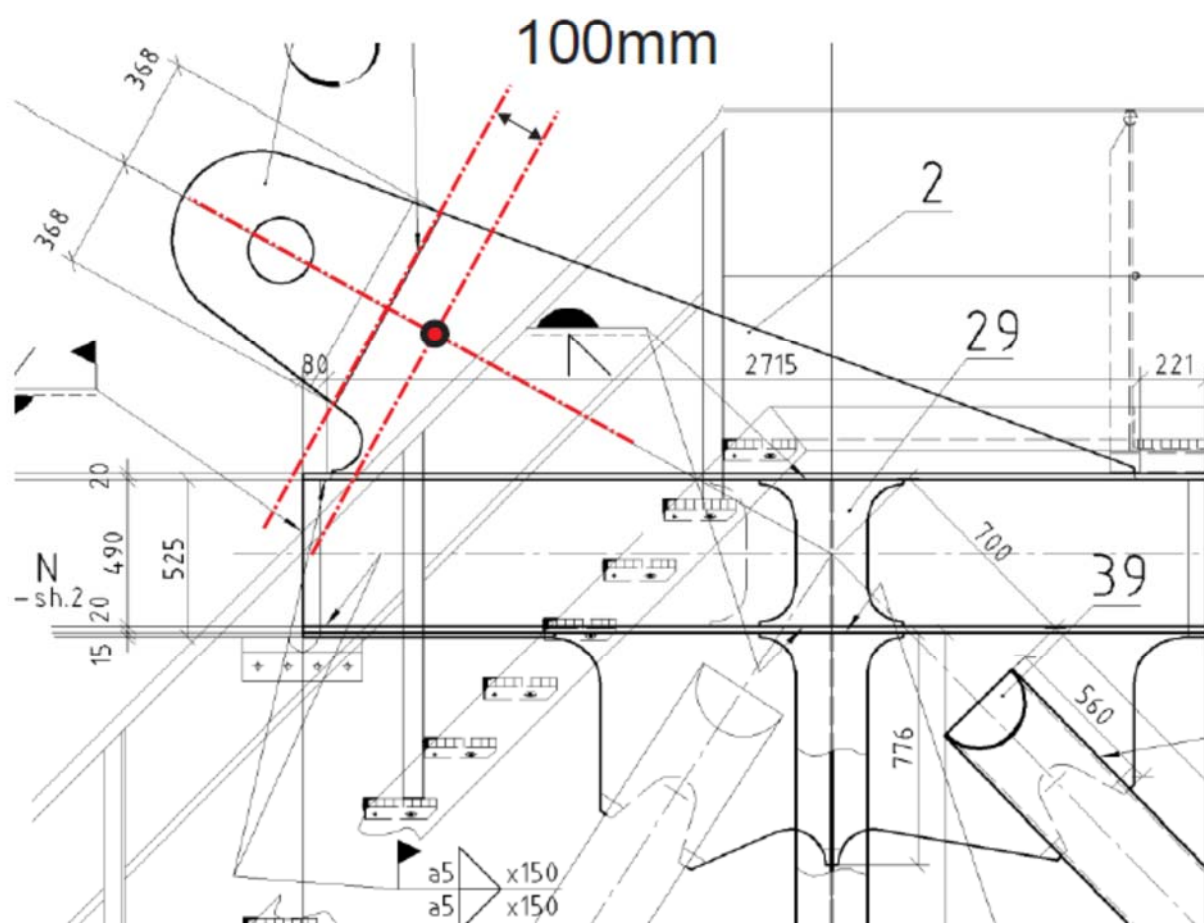
Lamela – stub (6-LAMELA-STUB):



Lamela – balast (7-LAMELA-BALAST):



Uška – balast (8-USKA-BALAST)



ПРИЛОГ 11

Затезне карактеристике материјала од кога су израђене ушке
(EN 10025)

Table 7 - Mechanical properties at ambient temperature for flat and long products of steel grades and qualities with values for the impact strength

Designation		Minimum yield strength R_{eH}^a MPa ^b										Tensile strength R_m^a MPa ^b				
		Nominal thickness mm										Nominal thickness mm				
According EN 10027-1 and CR 10260	According EN 10027-2	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 250 ≤ 400 ^c		< 3	≥ 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400 ^c
S235JR	1.0038	235	225	215	215	215	195	185	175	-		360 to 510	360 to 510	350 to 500	340 to 490	-
S235J0	1.0114	235	225	215	215	215	195	185	175	-		360 to 510	360 to 510	350 to 500	340 to 490	-
S235J2	1.0117	235	225	215	215	215	195	185	175	165		360 to 510	360 to 510	350 to 500	340 to 490	330 to 480
S275JR	1.0044	275	265	255	245	235	225	215	205	-		430 to 580	410 to 560	400 to 540	380 to 540	-
S275J0	1.0143	275	265	255	245	235	225	215	205	-		430 to 580	410 to 560	400 to 540	380 to 540	-
S275J2	1.0145	275	265	255	245	235	225	215	205	195		430 to 580	410 to 560	400 to 540	380 to 540	380 to 540
S355JR	1.0045	355	345	335	325	315	295	285	275	-		510 to 680	470 to 630	450 to 600	450 to 600	-
S355J0	1.0553	355	345	335	325	315	295	285	275	-		510 to 680	470 to 630	450 to 600	450 to 600	-
S355J2	1.0577	355	345	335	325	315	295	285	275	265		510 to 680	470 to 630	450 to 600	450 to 600	450 to 600
S355K2	1.0596	355	345	335	325	315	295	285	275	265		510 to 680	470 to 630	450 to 600	450 to 600	450 to 600
S450J0 ^d	1.0590	450	430	410	390	380	380	-	-	-		-	550 to 720	530 to 700	-	-

^a For plate, strip and wide flats with widths ≥ 600 mm the direction transverse (t) to the rolling direction applies. For all other products the values apply for the direction parallel (l) to the rolling direction.

^b 1 MPa = 1 N/mm².

^c The values apply to flat products.

^d Applicable for long products only.

ПРИЛОГ 12

“Proofs and special provisions for stays of BWB and CWB” (KRUPP, 30.11. 2007.)

Eye plates according to DIN 22261-2 : 1998-01

Dimensions:

R: 29,00 cm
 r: 11,00 cm
 e: 8,50 cm
 t: 10,00 cm
 p₁+p₂: 4,00 mm
 β: °

α: 3,744
 δ: 0,000
 c: 18,00 cm

Material: St52

σ_{R,k}: 32,00 kN/cm²
 γ_M: 1,00

General stress analysis:

μ:	0,33	μ fretting:	0,80			
Load case:	H	HZ	HZS	HZG	HZG RR	RR Fretting bearing
Z max	6264,60	5559,20	5685,00	5343,40	4597,83	kN (γ _F times loads)
σ _{n2} :	17,40	15,44	15,79	14,84	12,77	kN/cm ²
M _e :	4167,00	3694,70	3333,60	3055,80	3055,77	kNcm
M _f :	22740,50	20179,90	20636,55	19396,54	40460,94	kNcm
σ _{nu} :	0,74	0,65	0,59	0,54	0,54	kN/cm ²
1,4 σ _n :	25,39	22,53	22,93	21,54	18,64	kN/cm ²
σ R.d:	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	kN/cm ²
σ pth:	29,66	26,32	26,92	25,30		kN/cm ²
σ perm pth:	32,00	32,00	32,00	32,00		kN/cm ²

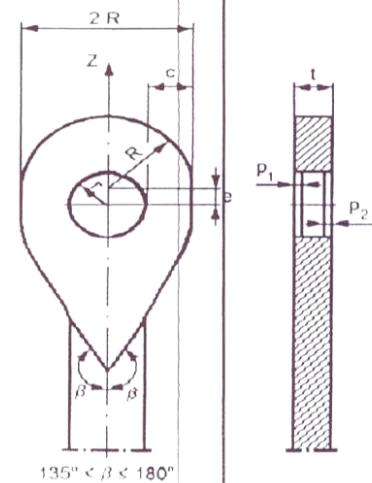
pth: pressure on the face of the hole

Fatigue strength analysis:

$\mu F\sigma:$	0,33	
	max	min
Z:	4263,10	2911,20 kN
σ_{n2} :	11,84	8,09 kN/cm ²
M_e :	730,20	730,20 kNcm
M_f :	15475,05	10567,66 kNcm
σ_{nu} :	0,13	-0,13 kN/cm ²
$\sigma_0 \mid \sigma_u$:	11,97	7,96
$\Delta\sigma$ permissible:	20,00 kN/cm ²	
$\rho_{perm} \Delta\sigma_{B0} / \rho_{perm} \Delta\sigma$	0,773	
k:	1,000	
max $\Delta\sigma$:	15,03 kN/cm ² <=	15,46 kN/cm ²

Member outside sphere of influence of welded connections.

Element: 1291 1292 BWB stays



Eye plates according to DIN 22261-2 : 1998-01

Dimensions:

R: 29,00 cm
 r: 11,00 cm
 e: 8,50 cm
 t: 9,00 cm
 $p_1 + p_2$: 4,00 mm
 β :

α : 3,744
 δ : 0,000
 C: 18,00 cm

Material: St52

$\sigma_{R,k}$: 32,00 kN/cm²
 γ_M : 1,00

General stress analysis:

μ : 0,33 μ fretting: 0,80

Load case:	H	HZ	HZS	HZG	HZG RR	RR Fretting bearing
Z max	5556,30	4927,90	5032,10	4615,70	4075,71	kN (γ_k times loads)
$\sigma_{n,z}$	17,19	15,21	15,53	14,25	12,58	kN/cm ²
M_o	4401,00	3902,20	3520,80	3227,40	3227,38	kNcm
M_i	20169,37	17888,28	18266,52	16754,99	35866,22	kNcm
$\sigma_{n,u}$	0,86	0,77	0,69	0,63	0,63	kN/cm ²
1,4 σ_n	25,22	22,37	22,71	20,83	18,50	kN/cm ²
$\sigma_{R,d}$	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	kN/cm ²
σ_{pH}	29,37	26,05	26,60	24,40		kN/cm ²
$\sigma_{perm. pH}$	32,00	32,00	32,00	32,00		kN/cm ²

pH: pressure on the face of the hole

Fatigue strength analysis:

 μ F_s: 0,33

	max	min	
Z:	3526,60	2408,90	kN
$\sigma_{n,z}$	10,88	7,43	kN/cm ²
M_o	396,50	396,50	kNcm
M_i	12801,56	8744,31	kNcm
$\sigma_{n,u}$	0,08	-0,08	kN/cm ²
σ_o σ_u	10,96	7,36	

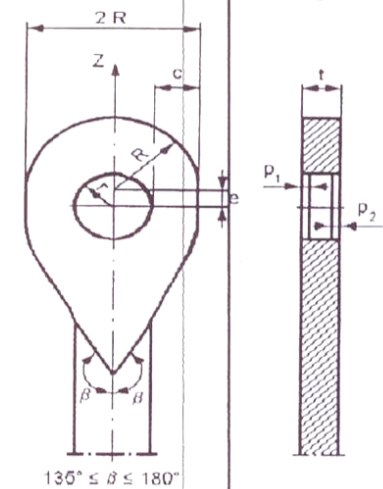
 $\Delta\sigma$ permissible: 20,00 kN/cm²perm. $\Delta\sigma_{SM}$ / perm. $\Delta\sigma$:

K: 1,000

max $\Delta\sigma$: 13,50 kN/cm² <= 15,46 kN/cm²

Member outside sphere of influence of welded connections.

Element: 1293 1294 CWB stays



12. ДОКАЗ О ПРИМЕНИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Као валидан доказ, у Прилогу 2 дата је потврда корисника о примени. Осим тога, као доказ научног потенцијала техничког решења, у Прилогу 3 дат је рад публикован у часопису са SCI листе (категорија M22).

13. ЛИСТА РАНИЈЕ ПРИХВАЋЕНИХ ТЕХНИЧКИХ РЕШЕЊА

13.1 Срђан Бошњак

1. Петковић, З., **Бошњак, С.**: Систем механизације навоза за брод масе 1800 t, рађено за предузеће „Shipyard Vortex 4M“ - Зрењанин, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
2. Петковић, З., **Бошњак, С.**, Ђатовић, Н., Ђорђевић, М.: Лабораторијска станица за идентификацију локалног дејства точкова, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
3. **Бошњак, С.**, Петковић, З., Ђатовић, Н., Миленовић, И., Михајловић, В., Милојевић, Г.: Редизајн обртне платформе роторног багера SRs 1200, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2012.
4. **Бошњак, С.**, Петковић, З., Ђорђевић, М., Ђатовић, Н.: Ревитализација роторног багера SchRs 350, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2011.
5. **Бошњак, С.**, Лучанин, Б., Петковић, З., Милованчевић, М., Огњановић, М., Обрадовић, А., Зрнић, Н., Гашић, В., Ђатовић, Н., Ђорђевић, М.: Редизајн и унапређење подструктура роторних багера „РБ Колубара“, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
6. **Бошњак, С.**, Петковић, З., Ђатовић, Н.: Редизајн обртне платформе роторног багера Orenstein&Koppel SchRs 630-25/6, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
7. **Бошњак, С.**, Петковић, З., Ђорђевић, М.: Унапређење конструкције кашика и тела ротора багера FAM SRs 1201.24/4, рађено за „Колубара метал“ д.о.о. - Вреоци, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
8. Петковић, З., **Бошњак, С.**: Портална дизалица за опслуживање отвореног складишта лима, рађено за „Shipyard Vortex 4 M“ - Зрењанин, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
9. Арсић, М., **Бошњак, С.**, Ракин, М., Вељовић, А.: Оцена интегритета и процена века заварених конструкција роторног багера применом испитивања без разарања и механике лома, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Институт за испитивање материјала, Београд, 2009.
10. Арсић, М., **Бошњак, С.**, Ракин, М., Младеновић, М.: Оцена поузданости заварених конструкција роторног багера на основу хипергеометријске расподеле грешака утврђених испитивањем заварених спојева методом једноструког избора, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Институт за испитивање материјала, Београд, 2009.

13.2 Небојша Гњатовић

1. Петковић, З., Бошњак, С., **Гњатовић, Н.**, Ђорђевић, М.: Лабораторијска станица за идентификацију локалног дејства точкова, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
2. Бошњак, С., Петковић, З., **Гњатовић, Н.**, Миленовић, И., Михајловић, В., Милојевић, Г.: Редизајн обртне платформе роторног багера SRs 1200, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2012.
3. Бошњак, С., Петковић, З., Ђорђевић, М., **Гњатовић, Н.**: Ревитализација роторног багера SchRs 350, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2011.
4. Бошњак, С., Лучанин, Б., Петковић, З., Милованчевић, М., Огњановић, М., Обрадовић, А., Зрнић, Н, Гашић, В., **Гњатовић, Н.**, Ђорђевић, М.: Редизајн и унапређење подструктура роторних багера „РБ Колубара“, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
5. Бошњак, С., Петковић, З. **Гњатовић, Н.**: Редизајн обртне платформе роторног багера Orenstein&Koppel SchRs 630-25/6, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.

13.3 Зоран Петковић

1. **Петковић, З.**, Бошњак, С.: Систем механизације навоза за брод масе 1800 t, рађено за предузеће „Shipyards Vortex 4M“ - Зрењанин, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
2. **Петковић, З.**, Бошњак, С., Гњатовић, Н., Ђорђевић, М.: Лабораторијска станица за идентификацију локалног дејства точкова, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
3. Бошњак, С., **Петковић, З.**, Гњатовић, Н., Миленовић, И., Михајловић, В., Милојевић, Г.: Редизајн обртне платформе роторног багера SRs 1200, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2012.
4. Бошњак, С., **Петковић, З.**, Ђорђевић, М., Гњатовић, Н.: Ревитализација роторног багера SchRs 350, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2011.
5. Бошњак, С., Лучанин, Б., **Петковић, З.**, Милованчевић, М., Огњановић, М., Обрадовић, А., Зрнић, Н, Гашић, В., Гњатовић, Н., Ђорђевић, М.: Редизајн и унапређење подструктура роторних багера „РБ Колубара“, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
6. Бошњак, С., **Петковић, З.** Гњатовић, Н.: Редизајн обртне платформе роторног багера Orenstein&Koppel SchRs 630-25/6, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.

7. Бошњак, С., **Петковић, З.**, Ђорђевић, М.: Унапређење конструкције кашика и тела ротора багера FAM SRs 1201.24/4, рађено за „Колубара метал“ д.о.о. - Вреоци, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.
8. **Петковић, З.**, Бошњак, С.: Портална дизалица за опслуживање отвореног складишта лима, рађено за „Shipyard Vortex 4 М“ - Зрењанин, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2010.

13.4 Горан Милојевић

1. Бошњак, С., Петковић, З., Гњатовић, Н., Миленовић, И., Михајловић, В., **Милојевић, Г.:** Редизајн обртне платформе роторног багера SRs 1200, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2012.

13.5 Иван Миленовић

1. Бошњак, С., Петковић, З., Гњатовић, Н., **Миленовић, И.**, Михајловић, В., Милојевић, Г.: Редизајн обртне платформе роторног багера SRs 1200, рађено за ПД РБ „Колубара“ д.о.о. - Огранак „Колубара - Површински копови – Барошевац“ - Лазаревац, Универзитет у Београду - Машински факултет, Београд, 2012.

14. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Bošnjak, N. Gnjatović, S. Savićević, M. Pantelić, I. Milenović, *Basic parameters of the static stability, loads and strength of the vital parts of the bucket wheel excavator's slewing superstructure*, Journal of Zhejiang University - SCIENCE A 17(5) (2016) 335–352.
<https://doi.org/10.1631/jzus.A1500037>
- [2] S. Bošnjak, D. Oguamanam, N. Zrnić, *The influence of constructive parameters on response of bucket wheel excavator superstructure in the out-of-resonance region*, Archives of Civil and Mechanical Engineering 15(4) (2015) 977–985.
<https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.03.009>
- [3] D. Pietrusiak, P. Moczko, E. Rusiński, *World's largest movable mining machine vibration testing - numerical and experimental approach*, In: Sas P, Moens D, van de Walle A (eds) Proceedings of International Conference on Noise and Vibration Engineering (ISMA2016) and International Conference on Uncertainty in Structural Dynamics (USD2016), Leuven: Katholieke Universiteit Leuven; 2016, p. 2287–2299.
http://past.isma-isaac.be/downloads/isma2016/papers/isma2016_0217.pdf
- [4] T. Smolnicki, G. Pękalski, J. Jakubik, P. Harnatkiewicz, *Investigation into wear mechanisms of the bearing raceway used in bucket wheel excavators*, Archives of Civil and Mechanical Engineering 17(1) (2017) 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.acme.2016.07.008>
- [5] T. Smolnicki, M. Stańco, D. Pietrusiak, *Distribution of loads in the large size bearing – problems of identification*, Tehnički Vjesnik - Technical Gazette 20(5) (2013) 831–836.
https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=161797
- [6] *Coal industry across Europe*, 6th edition, EURACOAL - European Association for Coal and Lignite AISBL, Brussels, 2017.
[file:///C:/Users/SB/Downloads/EURACOAL-Coal-industry-across-Europe-6th%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/SB/Downloads/EURACOAL-Coal-industry-across-Europe-6th%20(2).pdf)
- [7] P. Maslak, G. Przybylek, T. Smolnicki T, *Comparison of selected methods for the determination of the center of gravity in surface mining machines*, Materials Today: Proceedings 4(5, Part 1) (2017) 5877–5882.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.062>
- [8] J. Augustynowicz, K. Dudek, A. Figiel, J. Nowak, W. Kluczkiewicz, *Doświadczalne wyznaczanie położenia środka ciężkości obrotowego nadwozia koparek kołowych*, Górnictwo Odkrywkowe 52(3–4) (2011) 92–95.
http://www.igo.wroc.pl/wp-content/uploads/2015/09/GO_3_4_2011_90_93.pdf
- [9] T. Smolnicki, M. Stańco, *Determination of Centre of Gravity of Machines with the Rail Undercarriage*, Solid State Phenomena 165 (2010) 359–364.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.165.359>
- [10] N. Nan, I. Kovacs, F. Popescu, *Balance control by weighting and tensiometric measurements of bucket wheel excavators*, WSEAS Transactions on Systems and Control 3(11) (2008) 927–938.
<http://www.wseas.us/e-library/transactions/control/2008/31-468.pdf>
- [11] W. Durst, W. Vogt, *Bucket Wheel Excavator*, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, 1988.
- [12] AS4324.1: *Mobile equipment for continuous handling of bulk materials Part 1 - General requirements for the design of steel structures*. Standards Australia; 1995.
- [13] G. Pajer, M. Pfeifer, F. Kurth, *Tagebaugroßgeräte und Universalbagger*, VEB Verlag Technik, Berlin, 1971.

- [14] L. Rasper, *Der Schaufelradbagger als Gewinnungsgerät*, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, 1975.
- [15] Н.Г. Домбровский, *Многоковшовые экскаваторы, конструкции, теория и расчет*, Машиностроение, Москва, 1972.
- [16] DIN 22261-2: *Bagger, Absetzer und Zusatzgeräte in Braunkohlentagebauen-Teil 2: Berechnungsgrundlagen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2016.

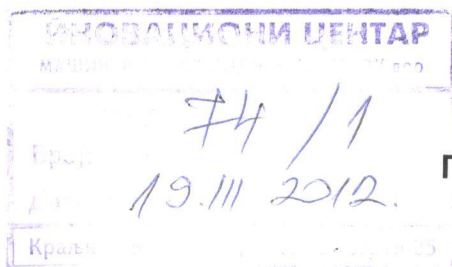
15. ПРИЛОЗИ

15.1 ПРИЛОГ 1: УГОВОР

РБ "КОЛУБАРА" д.о.о. ЛАЗАРЕВАЦ
ЈАВНЕ НАБАВКЕ

Бр. јавне набавке	У-1244/11МВ-4НТ		
Датум одлуке о покретној јавној набавци	28.11.2011		
Орг. јед.	Бр. одлуке	Прилог	Уговорносни
07	4-4.5-71-244/5	3.086.000,00	

РУДАРСКИ БАСЕН "КОЛУБАРА" д.о.о.
Број: 2-01-Ј-497
Датум: 23.02.2012.
ЛАЗАРЕВАЦ 1



УГОВОР ПО ЈАВНОЈ НАБАВЦИ УСЛУГА БРОЈ У-1244/11МВ-4НТ

Закључен између:

1. ПРИВРЕДНОГ ДРУШТВА ЗА ПРОИЗВОДЊУ, ПРЕРАДУ И ТРАНСПОРТ УГЉА, РБ „КОЛУБАРА“ д.о.о. Лазаревац, ул. Светог Саве бр.1, ПИБ 101138490, Мат.бр.07788053, Тек.рач: 205-23250-81 Комерцијална банка АД Београд, кога заступа Директор Небојша Ђеран, дипл.инж.техн. (у даљем тексту: Наручилац),

и
2. „ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ“ Београд, ул. Краљице Марије бр.16, ПИБ: 104274412, Мат.бр. 20134798, Тек.рачун: 160-252408-34, кога заступа проф.др. Војкан Лучанин, (у даљем тексту: Извршилац)

ПРЕДМЕТ УГОВОРА

Члан 1.

Предмет овог Уговора је пружање услуге „Израда пројекта стабилности горње градње на багеру SchRs 1600(погонски бр.3)на ПК Тамнава-Западно поље према пројектном задатку“, у свему према прихваћеној Понуди Извршиоца бр. 382/11 од 26.12.2011. године, која чини саставни део овог Уговора, а која је Одлуком Наручиоца о избору најповољније понуде број 4-4.5-71-244/5 од 30.01.2012. године у поступку ЈН мале вредности, изабрана као најповољнија.

ЦЕНА И НАЧИН ПЛАЋАЊА

Члан 2.

Уговорне стране утврђују цену предметне услуге по прихваћеној Понуди Извршиоца, у износу од 086.000,00 дин. (86 милиона осамдесет шест хиљада) дин. без ПДВ-а, односно 641.480,00 дин. (641 милиона шест стот четрдесет једна хиљада четри стот осамдесет) дин. са ПДВ-ом.

Члан 3.

Цену из члана 2. овог Уговора Наручилац ће Извршиоцу платити у року од 30 (тридесет) дана од дана пријема фактуре на архиву Наручиоца уз прилагање обострано потписаног записника о извршеној услузи.

РОК

Члан 4.

Рок за почетак посла почиње да тече одмах по обостраном потписивању уговора.

Рок извршења услуге је 90 (деведесет) дана од обострано потписаног уговора.

УГОВОРНЕ КАЗНЕ

Члан 5.

У случају кашњења са извршењем уговорених услуга у односу на уговорени рок који није последица узрока из члана 4. став 3. овог Уговора, Извођач ће Наручиоцу за неизвршене услуге платити пенале у износу од 2‰ дневно, али не више од 5% од укупне уговорене вредности.

ОБАВЕЗЕ ИЗВРШИОЦА

Члан 6.

Извршилац се обавезује да услугу из члана 1. овог Уговора изврши у свему према усвојеној Понуди бр. 382/11 од 26.12.2011.год. одредбама овог Уговора, законским прописима, нормативима и стандардима који важе за ову врсту посла.

ОБАВЕЗЕ НАРУЧИОЦА

Члан 7.

Наручилац се обавезује да плаћање за извршену Услугу изврши у року из члана 3. овог Уговора и да одреди одговорно лице за координацију у реализацији предметне услуге.

СРЕДСТВА ФИНАНСИЈСКОГ ОБЕЗБЕЂЕЊА

Члан 8.

Извршилац се обавезује да ће приликом потписивања Уговора предати соло меницу са меничним овлашћењем на износ од 10% вредности уговора са ПДВ-ом и копијама картона депонованих потписа лица овлашћених за располагање средствима текућих рачуна код свих банака који важе у моменту достављања меничног овлашћења са роком важности до крајњег рока пружања услуга, као гаранцију за добро извршење посла. У случају промене овлашћених лица, Извршилац је дужан да Наручиоцу и банци достави одговарајући истоветни писани документ, тј. да обезбеди наплативост менице у случају овакве промене.

РЕШАВАЊЕ СПОРОВА

Члан 9.

Уговорене стране су сагласне да све спорове који евентуално настану применом овог Уговора првенствено решавају међусобним споразумом.

Уколико се настали спор не може решити споразумно, утврђује се надлежност Привредног суда у Београду.

РАСКИД УГОВОРА

Члан 10.

Раскид Уговора је условљен обостраном сагласношћу уговорених страна, а у случају да једна од уговорених страна самовољно изјави да раскида Уговор, обавезна је да другој страни надокнади све настале штете и трошкове проистекле због раскида Уговора, а у складу са Законом о облигационим односима.

До раскида Уговора може доћи на захтев било које од уговорених страна у случају да друга страна не испуњава своје обавезе утврђене овим Уговором, са правом другог уговорача да потражује исплату накнаде штете у висини настале штете.

ОСТАЛЕ ОДРЕДБЕ

Члан 11.

Уговорне стране су сагласне да се измене и допуне уговора могу вршити искључиво у писаној форми уз обострану сагласност уговорних страна.

Члан 12.

На сва питања која нису регулисана овим Уговором примењиваће се одредбе Закона о облигационим односима и других закона везаних за предмет Уговора.

Члан 13.

Овај Уговор ступа на снагу даном обостраног потписивања од стране овлашћених лица уговорних страна.

Члан 14.

Овај Уговор је сачињен у 6 (шест) истоветних примерака од којих по 3 (три) потписана и оверена примерка задржава свака од уговорних страна.

УГОВОРНЕ СТРАНЕ

ИЗВРШИЛАЦ

„Иновациони центар
машинског факултета“

Проф. др. Војкан Лучанин

НАРУЧИЛАЦ

ПД РБ „Колубара“ д.о.о.

Небојша Ђеран, дипл. инж. тех

РБ „КОЛУБАРА“ д.о.о. ЛАЗАРЕБАЦ	
ПРИПРЕМА УГОВОРА	
име и презиме	својеручни потпис
извршилац-обредизан	
налогодарац-предлагач	
Директор Органка/ Сектоса	
ПОТВРДА ИСПРАВНОСТИ УГОВОРА	
име и презиме	својеручни потпис
Права	
Економска	
Болс Јечменица	
вкчичка и др. струка	

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

Образложење

Због увођења система за мониторинг багера Sch Rs 1600 (ГЗ) неопходно је извршити статички прорачун и прорачун стабилности реконструисане горње градње багера. Наведени прорачуни би били база за проверу свих релевантних параметара неопходних за нормалан, безбедан и поуздан рад (вибрације и напонска стања) као и за технолошке процесе током одржавања машине.

Садржај пројекта

1. Одређивање оптерећења горње градње према стандарду DIN 22261-2, за све услове експлоатације и одржавања машине.
2. Прорачун сила које оптерећују ротор (радни точак) током откопавања, за све технолошке режиме рада багера.
3. Одређивање оптерећења потребних за прорачун погонске чврстоће, односно замора, сагласно стандарду EN 1993-1-9.
4. Израда прегледних цртежа системских мера елемената носеће конструкције.
5. Израда коначноелементног модела горње градње багера
6. Анализа напонско-деформационог стања горње градње багера, за све услове експлоатације и одржавања машине.
7. Одређивање промена напона на местима предвиђеним за уградњу мерних трака намењених за "online" и "offline" праћење напонских стања носеће конструкције. Промене напона израчунати за технолошке режиме који су предвиђени у одељку 8 Пројекта праћења челичне конструкције багера Sch Rs 1600/3x25 (ГЗ) - Тамнава западно поље («Снимање на одабраним елементима носеће челичне конструкције у различитим технолошким режимима рада (динамичко стање)»).
8. Прорачун напонских стања на местима уградње мерних трака за фазу «нултог мерења», односно за случај ослањања багера на привремене ослонце, или за неки други усвојени «нулти положај».
9. Прорачун носивости и прорачун на замор остварених веза елемената на којима се постављају мерне траке, као и прорачун ушки сагласно одредбама стандарда DIN 22261-2.
10. Утврђивање граничних вредности промена напона у мерним тачкама за поједине режиме рада багера пред активирање аларма, односно пред искључење рада багера (достизање максималног напона за случај оптерећења HZS према стандарду DIN 22261-2).
11. Прорачун сила у ужадима ради укључивања давача сила у ужадима у систем мониторинга.
12. Идентификација напонско-деформационог стања у канцама.
13. Идентификација напонско-деформационог стања момент полуге погона ротора.
14. Упоредна анализа прорачунских и експерименталних истраживања напонских стања елемената носеће конструкције.

15.2 ПРИЛОГ 2: ПОТВРДА КОРИСНИКА

РУДАРСКИ БАСЕН "КОЛУБАРА" д.о.о.
Број: 5-21-1264
Датум: 20.01.2015
ЛАЗАРЕВАЦ 12

Универзитет у Београду
Иновациони Центар Машинског факултета
Београд, Краљице Марије 16

Продекану за НИД
Проф. др Војкан Лучанин

Предмет: Мишљење корисника о техничком решењу

На молбу проф. др Срђана Бошњака, достављамо следеће:

МИШЉЕЊЕ

о техничком решењу под називом

„Примена 3Д модела за аналитичко-експериментално одређивање параметара статичке стабилности и спољашњег оптерећења роторног багера“

чији су аутори: проф. др Срђан Бошњак, асистент Небојша Гњатовић, проф. др Зоран Петковић, истраживач-сарадник Горан Милојевић, истраживач-сарадник Иван Миленовић и истраживач-сарадник Александар Стефановић.

Техничко решење остварено је у марту 2014. године, током реализације пројекта под називом: „Пројекат стабилности горње градње на багеру SchRs 1600 (погонски број 3) на ПК „Тамнава – Западно Поље“, према Уговору број 74/1/447 на износ: 1.086.000,00 дин. Истраживачки тим Машинског факултета је на основу оригиналне техничке документације (2832 цртежа) развио 3Д модел целокупне машине (укупно 40854 делова). На основу тако формираног модела извршена је идентификација параметара статичке стабилности горње градње. На основу компаративне анализе резултата добијених аналитичким и експерименталним путем, развијен је оригинални поступак одређивања положаја „фиктивне масе“ (разлика масе одређене на основу 3Д модела и масе утврђене вагањем горње градње), што је омогућило да се одреди тачан положај тежишта горње градње за целокупни домен промене угла нагиба стреле ротора. На тај начин омогућена је врло тачна идентификација напонског стања структуре, под дејством сталних и променљивих оптерећења. На основу резултата коначноелементних анализа, спроведених на оригиналном моделу, извршено је калибрисање мерног система за континуално пређење оптерећења багера, и указано на потенцијално слаба места у носећој конструкцији багера.

Руководилац Сектора инвестиција

Звонко Белаћевић, дипл. руд. инж.

15.3 ПРИЛОГ 3: РАД ПУБЛИКОВАН У ЧАСОПИСУ СА SCI ЛИСТЕ (категорија: M22)
(<https://doi.org/10.1631/jzus.A1500037>)

Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering)
 ISSN 1673-565X (Print); ISSN 1862-1775 (Online)
 www.zju.edu.cn/jzus; www.springerlink.com
 E-mail: jzus@zju.edu.cn



Basic parameters of the static stability, loads and strength of the vital parts of a bucket wheel excavator's slewing superstructure*

Srdan M. BOŠNJAK^{†1}, Nebojša B. GNJATOVIĆ¹, Sreten D. SAVIĆEVIĆ²,
 Milorad P. PANTELIĆ³, Ivan Lj. MILENOVIĆ¹

(¹Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Belgrade 11120, Serbia)

(²Faculty of Mechanical Engineering, University of Montenegro, Podgorica 81000, Montenegro)

(³Faculty of Technical Sciences, University of Kragujevac, Čačak 32000, Serbia)

[†]E-mail: sbosnjak@mas.bg.ac.rs

Received Feb. 20, 2015; Revision accepted May 22, 2015; Crosschecked Apr. 7, 2016

Abstract: Determining a bucket wheel excavator (BWE)'s slewing superstructure weight and its center of gravity (COG) is of extreme importance not only in the design phase, but also after the completion of the erection process and during the operation of the machine. This paper presents a critical comparative analysis of the basic parameters of the static stability of a BWE 1600 superstructure, with the parameters being obtained by both analytical and experimental procedures. The analysis shows that a relatively small difference in superstructure mass, obtained by calculation, leads to a relatively large unfavorable shifting of its COG, necessitating a significant increase in counterweight mass for balancing. A procedure for superstructure 3D model mass correction is presented based on results obtained by weighing after the completion of the erection process. The developed model provides enough accuracy to determine the superstructure's COG in the entire domain of the bucket wheel boom inclination angle, and enables accurate load analysis of the superstructure's vital parts. The importance of this analysis is reinforced by the finding that the procedure prescribed by standard DIN 22261-2 gives results which are not on the side of safety, as shown by an example of strength analysis of a bucket wheel boom stays' end eyes.

Key words: Bucket wheel excavator (BWE), Slewing superstructure, Parameters of the static stability, Loads, Strength
<http://dx.doi.org/10.1631/jzus.A1500037>

CLC number: TD422

1 Introduction

Bucket wheel excavators (BWEs) form the backbone of open cast mining systems and largely determine their output. BWEs operate in very harsh conditions, being exposed to extreme dynamic and stochastic loads. Improvements have been made in the estimation of working loads (Czmochocki, 2008; Bošnjak *et al.*, 2009b; 2012; Gottvald and Kala, 2012), calculation methods (Bošnjak *et al.*, 2006; Gottvald, 2010; Rusiński *et al.*, 2010b; 2012),

production technologies and monitoring of vital sub-systems (Bartelmus, 2006; Rîșteiu *et al.*, 2006; Yin *et al.*, 2007; 2008; Bartelmus and Zimorz, 2009). However, failures of structural elements (Bošnjak *et al.*, 2009a; Rusiński *et al.*, 2010a; Bošnjak and Zrnić, 2012) and mechanisms (Dudek *et al.*, 2011; Savković *et al.*, 2011) are almost inevitable during BWE operation.

The slewing superstructure of the BWE 1600 (Fig. 1), consists of two main substructures: the substructure (SuS) of the bucket wheel boom (BWB) with mast 1 and BWB stays (SuS1) (Fig. 2); the substructure of the counterweight boom (CWB) with a slewing platform, mast 2, and CWB stays (SuS2) (Fig. 3). Changing the BWB inclination angle (α_{BWB}) is realized by means of two winches (Fig. 1).

* Project supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Serbia Funded Project (No. TR35006)

ORCID: Srdan M. BOŠNJAK, <http://orcid.org/0000-0002-6571-8836>
 © Zhejiang University and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

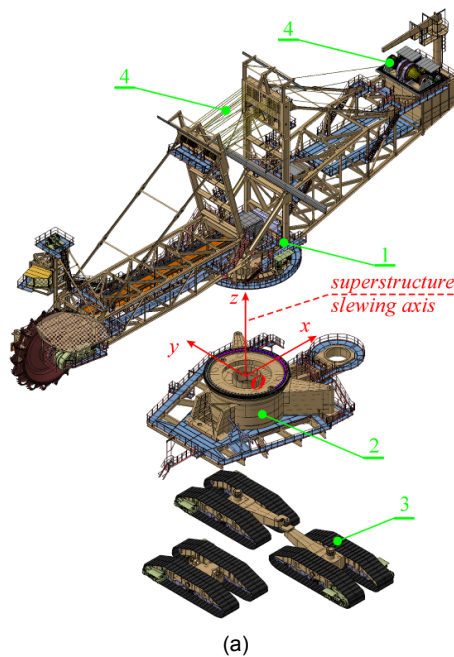


Fig. 1 Main parts of the BWE 1600 (a) and BWB inclination angle (b)

1: slewing superstructure; 2: substructure; 3: traveling mechanism; 4: winches for BWB positioning

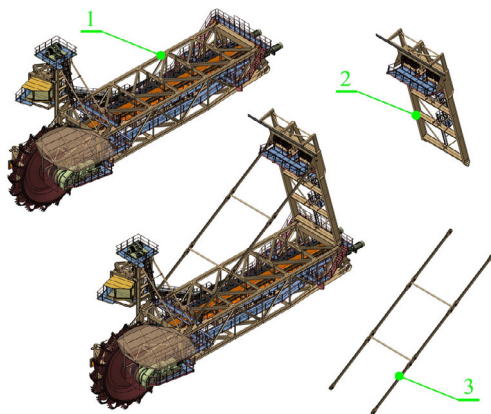


Fig. 2 Main parts of the SuS1

1: BWB; 2: mast 1; 3: BWB stays

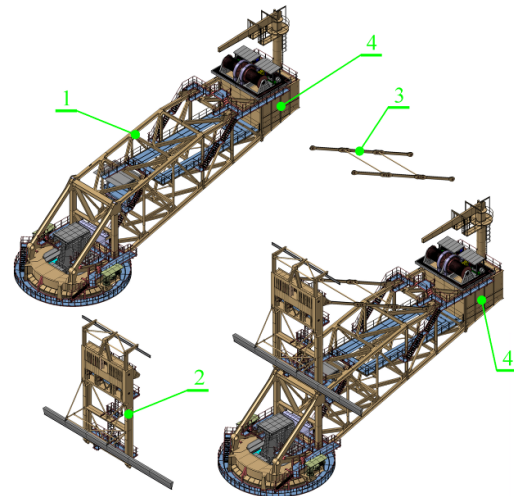


Fig. 3 Main parts of the SuS2

1: CWB with slewing platform; 2: mast 2; 3: CWB stays; 4: counterweight (CW) box

The slewing superstructure parameters largely determine the basic operation characteristics, reliability, and safety of a BWE. The parameters may be classified into three main groups: (a) those which determine the static stability of the superstructure; (b) those which determine the strength of the superstructure, and (c) those which determine the dynamic behavior of the superstructure. The common denominators of all these parameters are the mass of the superstructure and its distribution along the structure. That is why the basic parameters of static stability (BPSS), above all the weight and the position of the center of gravity (COG), must be carefully determined in all phases of BWE design. Even with world-renowned manufacturers, significant differences in these superstructure parameters appear during BWE design development, usually as a consequence of subsequent buyer requests, or the inability to purchase components predefined by the project. That is also why, after the first BWE erection, the weighing of the superstructure and determination of its COG position must be carried out to validate the design parameters (Durst and Vogt, 1988; Nan *et al.*, 2008). Deviations in the superstructure's COG position in relation to its designed position need to be compensated by changing the CW mass.

This paper presents:

1. The results of analytical-numerical investigations of BPSS at various stages of BWE 1600 project

development. These investigations were based on:

- (1) The preliminary stability calculation provided by the BWE manufacturer (Variant 1, V1);
- (2) The final stability calculation provided by the BWE manufacturer (Variant 2, V2);
- (3) A 3D model of the BWE superstructure (Variant 3, V3) (Figs. 1–3);
- (4) A 3D model of the BWE superstructure, with the mass corrected according to the results of the first weighing (Variant 4, V4);
- (5) A final stability calculation, with the mass corrected according to the results of the first weighing (Variant 5, V5).

2. The results of the two weighings, made on site, after the first erection of the machine.

3. The results of a strength analysis of the vital parts of the superstructure.

The results presented in this paper are important because the same or similar problems could arise in other surface mining machines such as spreaders, mobile conveyors, and draglines.

2 Analytical determination of the BPSS: V1 vs. V2

The final shaping of the carrying structure and its adjustment with the mechanical subsystems and equipment, i.e., transformation from V1 to V2, causes a change in the superstructure BPSS (Table 1, Figs. 4 and 5).

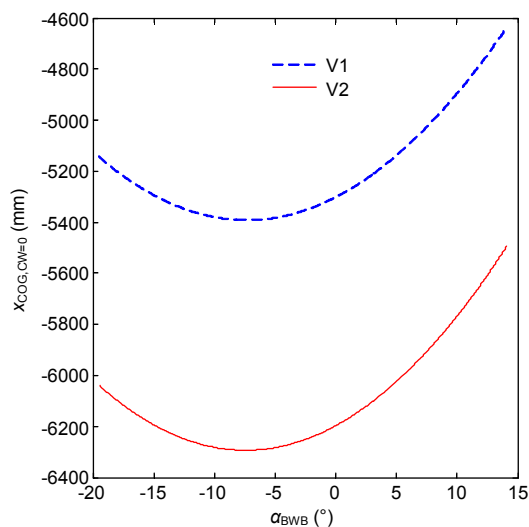


Fig. 4 COG abscissas of the superstructure without the CW mass ($x_{\text{COG}, \text{CW}=0}$): V1 vs. V2

Table 1 Mass of the superstructure and its substructures: V1 vs. V2

Item	Mass (t)		
	SuS1	SuS2	Total without CW mass
V1	451.395	540.767	992.162
V2	467.518	509.852	977.370
Difference, "V2-V1"	16.123	-30.915	-14.792

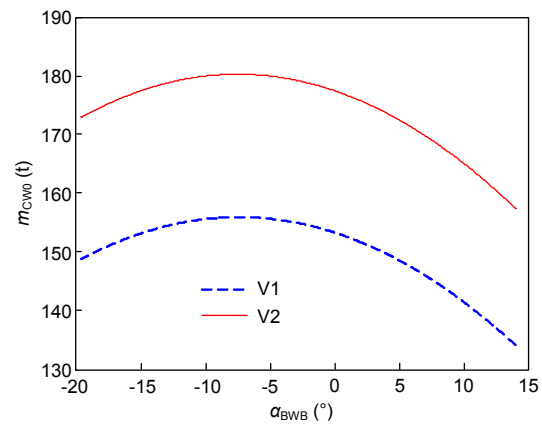


Fig. 5 Mass of the CW (m_{CW}) for balancing the superstructure deadweight: V1 vs. V2

3 Discussion 1: V1 vs. V2

The data presented in Table 1 show that a relatively small difference in superstructure mass between V1 and V2,

$$\frac{m_{\text{S}, \text{CW}=0}^{\text{V1}} - m_{\text{S}, \text{CW}=0}^{\text{V2}}}{m_{\text{S}, \text{CW}=0}^{\text{V1}}} \times 100\% = [(992.162 - 977.37)/992.162] \times 100\% = 1.5\%, \quad (1)$$

leads to a very great difference in the abscissas of the COG for the superstructure without a CW mass ($x_{\text{COG}, \text{CW}=0}$) (Figs. 4 and 6, Table 2). The absolute value of the minimal difference in the COG abscissas (Fig. 6),

$$|(x_{\text{COG}, \text{CW}=0}^{\text{V2}} - x_{\text{COG}, \text{CW}=0}^{\text{V1}})_{\min}| = |-902| \text{ mm} = 902 \text{ mm}, \quad (2)$$

represents the maximum difference between the considered abscissas.

The unfavorable shifting of the COG towards the bucket wheel is a consequence of the unfavorable

distribution of the superstructure deadweight for V2. Namely, for V2, the mass of SuS1 is 16.123 t greater and the mass of SuS2 is 30.915 t smaller. For this reason, the V2 superstructure needs a considerably greater CW mass to balance its deadweight (m_{CW0}) (Figs. 5 and 7, Table 2), which increases the total CW mass from $m_{CW}^{V1}=197$ t for V1 to $m_{CW}^{V2}=221$ t for V2 to sustain the projected COG abscissas of the superstructure with CW mass (Fig. 8, Table 3).

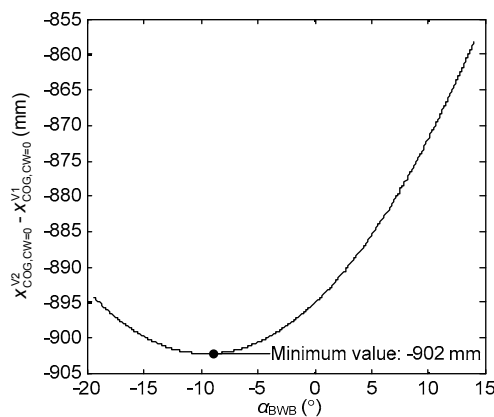


Fig. 6 Difference between the COG abscissas of the superstructures without a CW mass: V1 vs. V2

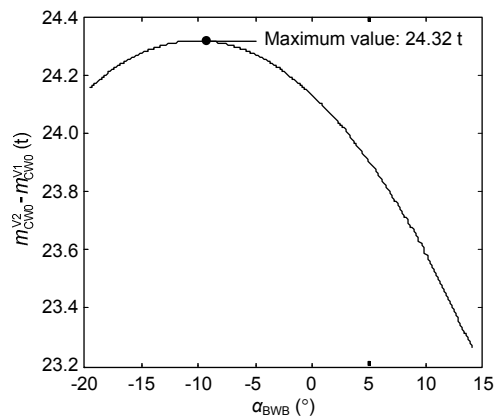


Fig. 7 Difference between the masses of the CW for balancing the superstructure deadweight: V1 vs. V2

4 Analytical determination of the BPSS of the superstructure 3D model: V3

The 3D model of the superstructure (Figs. 1–3) enables a very precise determination of the weight and COG position of all structural and mechanical parts that are incorporated in the 3D model with their real shape, dimensions, and masses (Table 4, Figs. 9 and 10).

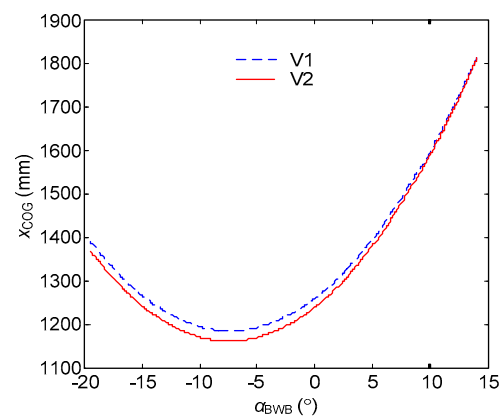


Fig. 8 Projected COG abscissas (x_{COG}) of the superstructures with a CW mass: V1 vs. V2

Table 3 Projected COG abscissas of the superstructures with a CW mass: V1 vs. V2

BWB position	x_{COG} (mm)		
	V1	V2	"V2-V1"
L: $\alpha_{BWB}=-19.5^\circ$	1392	1370	-22
H	1258	1238	-20
Hi: $\alpha_{BWB}=14.1^\circ$	1814	1812	-2

Table 4 Mass of the superstructure and its substructures according to the 3D model: V3

Item	Mass (t)		
	SuS1	SuS2	Total without CW mass
V3	476.119	502.147	978.266

Table 2 COG abscissas of the superstructures without a CW mass ($x_{COG,CW=0}$) and CW masses for balancing the superstructure deadweight (m_{CW0}): V1 vs. V2

BWB position	$x_{COG,CW=0}$ (mm)			m_{CW0} (t)		
	V1	V2	"V2-V1"	V1	V2	"V2-V1"
L ^a : $\alpha_{BWB}=-19.5^\circ$	-5142	-6036	-894	148.7	172.9	24.15
H ^b	-5303	-6198	-895	153.4	177.5	24.13
Hi ^c : $\alpha_{BWB}=14.1^\circ$	-4636	-5494	-858	134.1	157.4	23.26

^a Low; ^b Horizontal; ^c High

5 Weighing the superstructure

The superstructure was weighed on site immediately after the first erection of the machine (Figs. 11–13, Table 5). During the first weighing (W1), the CW mass was 177.017 t, which was supposed to be enough to balance the superstructure deadweight according to V2. After the first erection,

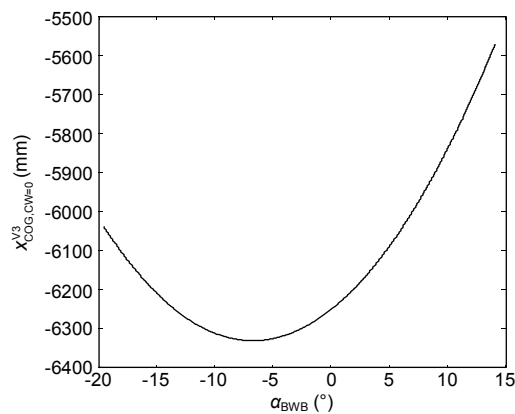


Fig. 9 COG abscissas of the superstructure without a CW mass: V3

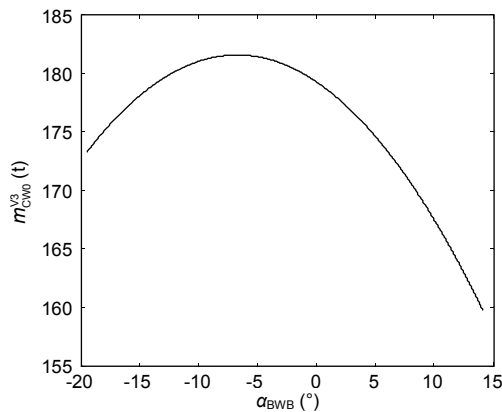


Fig. 10 Mass of the CW for balancing the superstructure deadweight: V3

the CW mass was corrected (54.960 t added), so the CW mass during the second weighing (W2) was 231.977 t. Moreover, during the second weighing, the superstructure was loaded with foreign bodies (1.24 t) and a little bit of snow (Fig. 14).



Fig. 11 BWE during the first weighing on the erection site

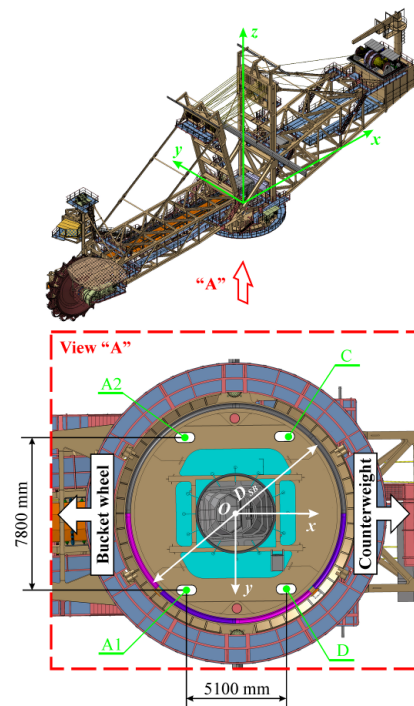


Fig. 12 Layout of the measuring points (diameter of the slew bearing, $D_{SB}=11\,000\text{ mm}$)

Table 5 Results of the superstructure weighing

Weighing	Support reaction at measuring points (kN)				Weight of the S ^c , G _S (kN)	Coordinate of the COG (mm)	
	R _{A1}	R _{A2}	R _B	R _C		x _{COG}	y _{COG}
W1 ^a : BWB position							
L: α _{BWB} =−12.9°	3259.4	3307.8	2312.1	2620.0	11 499.2	−398	−121
H	3260.4	3221.9	2305.3	2713.7	11 501.1	−356	−125
Hi: α _{BWB} =14.1°	2608.9	2630.5	2967.4	3292.6	11 499.4	249	−118
W2 ^b : BWB position							
L: α _{BWB} =−11.4°	1808.5	1893.1	4040.6	4361.0	12 103.3	1087	−130

^a CW mass: 177.017 t; ^b CW mass: 231.977 t; ^c Superstructure

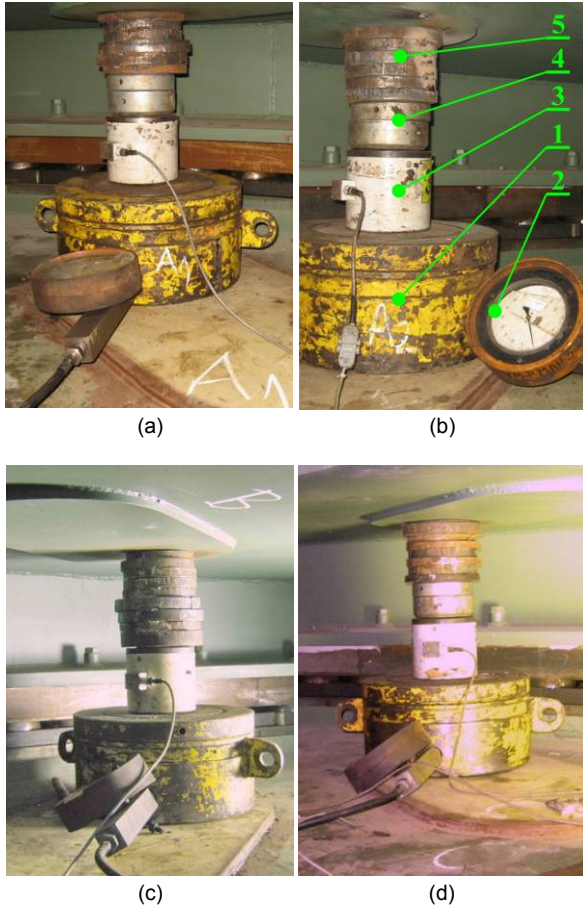


Fig. 13 Measuring points (1: hydro cylinder; 2: manometer; 3: load cell; 4: calotte; 5: compensation plates): (a) measuring point A₁; (b) measuring point A₂; (c) measuring point B; (d) measuring point C



Fig. 14 Level of snow during the second weighing: (a) bucket wheel boom; (b) counterweight boom

6 Correction of the mass of the superstructure models based on the results of the first weighing

According to the results of the first weighing (Table 5) the average superstructure mass is

$$m_{S,W1,A} = \frac{1}{3g} \sum_{p=1}^3 G_{S,p} \\ = [(11499.2 + 11501.1 + 11499.4) / (3 \times 9.81)] \times 10^3 \text{ kg} \\ = 1172.263 \times 10^3 \text{ kg} = 1172.263 \text{ t}, \quad (3)$$

where g represents the acceleration of gravity, while the mass of the 3D model superstructure (V3, Table 4) with a CW of $m_{CW1} = 177.017 \text{ t}$ (CW mass during the first weighing) is

$$m_{S,CW1}^{V3} = m_{S,CW=0}^{V3} + m_{CW1} = (978.266 + 177.017) \text{ t} \\ = 1155.283 \text{ t}. \quad (4)$$

Thus, the experimentally determined superstructure mass is greater by

$$\Delta m_S^{V3} = m_{S,W1,A} - m_{S,CW1}^{V3} \\ = (1172.263 - 1155.283) \text{ t} = 16.980 \text{ t} \quad (5)$$

than the superstructure 3D model mass.

The COG abscissas of the superstructure 3D model with a CW mass of $m_{CW1} = 177.017 \text{ t}$ are presented in Table 6. Because the superstructure COG based on the weighing results is shifted towards the bucket wheel (BW) (Tables 5 and 6), the excessive mass Δm_S^{V3} (the so-called ‘corrective mass’ from Eq. (5)) is on the BWB side. The abscissas of its center (point C in Fig. 15) for characteristic positions of the BWB (low, index ‘L’; horizontal, index ‘H’; high, index ‘Hi’) are determined by the expressions:

$$x_{C,L} = \frac{G_{S,L}^{W1} x_{COG,L}^{W1} - m_{S,CW1}^{V3} g x_{COG,L}^{V3}}{\Delta m_S^{V3} g} = \{ [11499.2 \times 10^3 \\ \times (-398 \times 10^{-3}) - 1155.283 \times 9.81 \times 10^3 \\ \times (-75 \times 10^{-3})] / (16.98 \times 10^3 \times 9.81) \} \text{ m} \\ = -22.373 \text{ m}, \quad (6a)$$

$$x_{C,H} = \frac{G_{S,H}^{W1} x_{COG,H}^{W1} - m_{S,CW1}^{V3} g x_{COG,H}^{V3}}{\Delta m_S^{V3} g} = \{ [11501.1 \times 10^3 \\ \times (-356 \times 10^{-3}) - 1155.283 \times 9.81 \times 10^3 \\ \times (-66 \times 10^{-3})] / (16.98 \times 10^3 \times 9.81) \} \text{ m} \\ = -20.090 \text{ m}, \quad (6b)$$

$$x_{C,Hi} = \frac{G_{S,Hi}^{W1} x_{COG,Hi}^{W1} - m_{S,CW1}^{V3} g x_{COG,Hi}^{V3}}{\Delta m_S^{V3} g} = \{ [11499.4 \times 10^3 \\ \times 249 \times 10^{-3} - 1155.283 \times 9.81 \times 10^3 \times 509 \times 10^{-3}] \\ / (16.98 \times 10^3 \times 9.81) \} \text{ m} = -17.442 \text{ m}. \quad (6c)$$

Table 6 Projected COG abscissas of the superstructure 3D model (V3) with $m_{CW1}=177.017$ t

BWB position	x_{COG} (mm)
L: $\alpha_{BWB}=-12.9^\circ$	-75
H	-66
Hi: $\alpha_{BWB}=14.1^\circ$	509

The abscissa of the corrective mass center, relative to the moving coordinate system $O_1\zeta\eta\zeta$ attached to the BWB (Fig. 15), is determined by the following expression:

$$\zeta_C = a_C = -x_{C,H} - c = -(-20.09) - 3.878 = 16.212 \text{ m}, \quad (7)$$

where a_C and c are shown in Fig. 15.

Applicates of the corrective mass center in low and high BWB positions (Fig. 15) are determined by the expressions:

$$\begin{aligned} \zeta_{C,L} &= -b_{C,L} = -(x_{C,L} + c + \zeta_C \cos \alpha_{BWB,L}) / \sin \alpha_{BWB,L} \\ &= -\{[-22.373 + 3.878 + 16.212 \cos(-12.9^\circ)] / \sin(-12.9^\circ)\} \text{ m} = -12.059 \text{ m}, \end{aligned} \quad (8a)$$

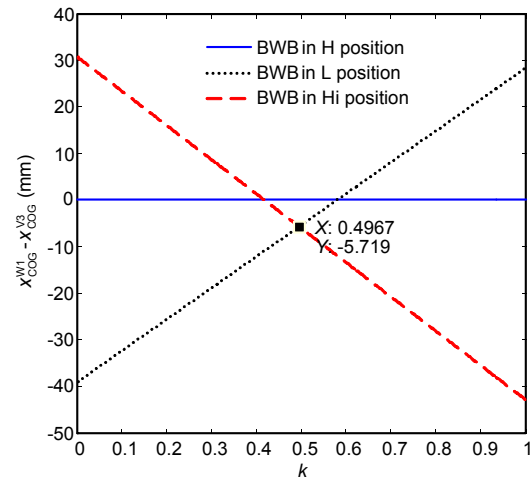
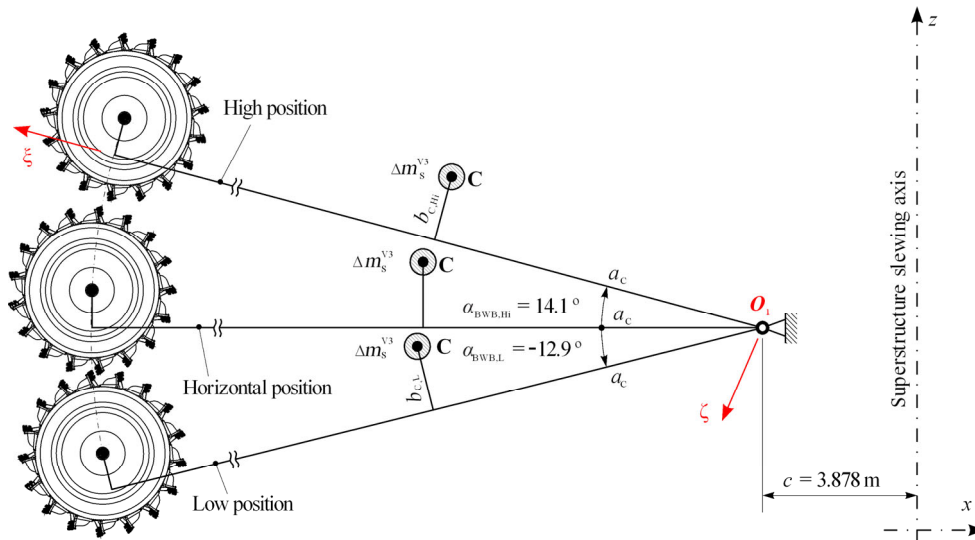
$$\begin{aligned} \zeta_{C,Hi} &= -b_{C,Hi} = -(x_{C,Hi} + c + \zeta_C \cos \alpha_{BWB,Hi}) / \sin \alpha_{BWB,Hi} \\ &= -\{[-17.442 + 3.878 + 16.212 \cos(14.1^\circ)] / \sin(14.1^\circ)\} \text{ m} = -8.865 \text{ m}. \end{aligned} \quad (8b)$$

To obtain a model which gives good approximations of the COG abscissas in both the low and high BWB positions simultaneously, the applicate of the center of the corrective mass is determined by the expression:

$$\zeta_C = k(\zeta_{C,L} + \zeta_{C,Hi}), \quad (9)$$

where k is the corrective factor. The influence of the k factor value on the difference between the superstructure COG abscissas obtained experimentally and by calculation ($\Delta x_{COG} = x_{COG}^{W1} - x_{COG}^{V3}$) for the characteristic BWB positions is shown in Fig. 16.

In the horizontal BWB position, the applicate of the corrective mass center does not affect the superstructure COG abscissa. Therefore, the difference between the abscissas $\Delta x_{COG,H}$ (solid line in Fig. 16) is not influenced by variation in the value of coefficient k . Lines representing the dependence of

**Fig. 16 Deviation of the COG abscissa****Fig. 15 Determination of the corrective mass center position**

$\Delta x_{\text{COG,Hi}}$ (dash line in Fig. 16) and $\Delta x_{\text{COG,L}}$ (dot line in Fig. 16) on the value of the corrective factor k intersect at a point with an abscissa value of $k=0.4967$. For that value of the corrective factor k , the absolute values of deviations in the COG abscissas, in relation to the abscissas determined using the first weighing results, are smaller than 6 mm. Adopting $k=0.5$, the corrective mass for V2 was determined analogously.

By introducing the corrective mass determined in this way, V3 is transformed into V4, while V2 is transformed into V5.

7 Discussion 2: comparative analysis of analytical and experimental results

The basic parameters of the superstructure with a CW of $m_{\text{CW1}}=177.017$ t are presented in Figs. 17–20 and Table 7. Based on the presented results, V4 gives the best approximation of the superstructure COG abscissa in relation to the first weighing results (Fig. 17, Table 7). Nevertheless, it is important to note that the intensities of the winch rope forces, and of the BWB stay forces, are the highest specifically for V4 (Figs. 19 and 20). This is a consequence of the less favorable final deadweight distribution with respect to V1, which was the basic BWE design (Tables 7 and 8). Otherwise, the V4 results are in good agreement with the second weighing results (Fig. 21) and, therefore, V4 was adopted for further analyses and determination of the stress states of the vital superstructure parts.

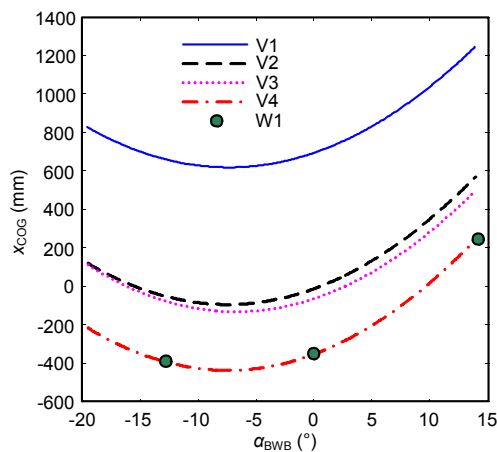


Fig. 17 Abscissas of the superstructure COG

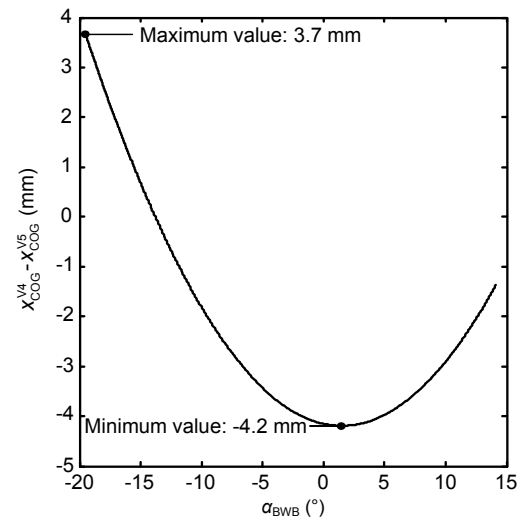


Fig. 18 Difference in the COG abscissas for V4 and V5

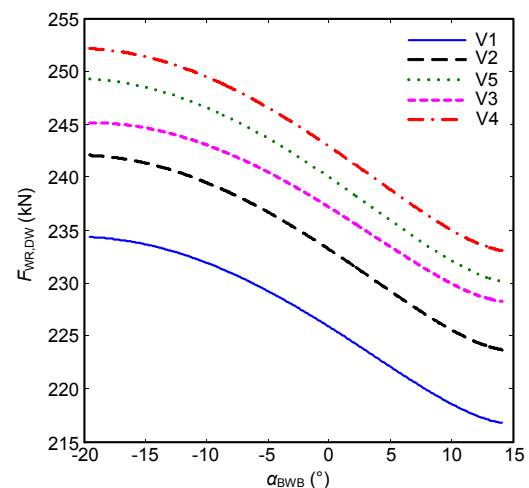


Fig. 19 Winch rope forces caused by deadweight

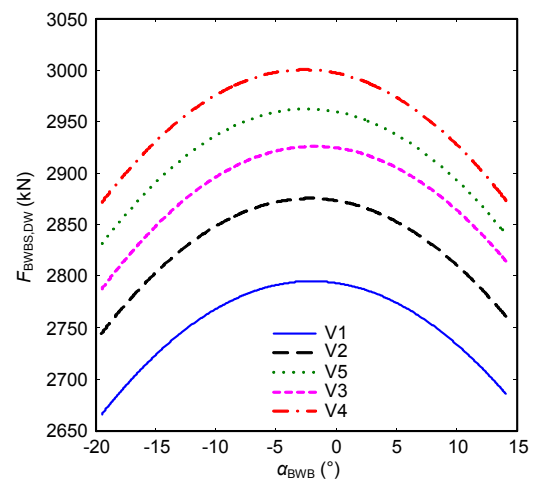


Fig. 20 BWB stay forces caused by deadweight

Table 7 BPSS, winch rope force, and force in BWB stay

Variant	Total mass (t)	CW mass (t)	Total mass without CW mass (t)	Abscissa of COG, x_{COG} (mm)				Winch rope force caused by deadweight, $F_{WR,DW}$ (kN)			BWB stay force caused by deadweight, $F_{BWBS,DW}$ (kN)			
				L:		H:	L:		H:	Hi:		L:		H:
				$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = -12.9^\circ$		$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$		$\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$	$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$		
				$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = -12.9^\circ$	$\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$	$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	$\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$					
V1	1169.179	177.017	992.162	829	663	693	1259	234.3	225.9	216.8	2666	2794	2686	
V2	1154.387	177.017	977.370	122	-51	-15	581	242.1	233.2	223.7	2744	2874	2760	
V3	1155.283	177.017	978.266	114	-75	-66	509	245.2	237.2	228.3	2786	2924	2814	
V4	1172.263	177.017	995.246	-215	-392	-356	255	252.2	242.9	233.1	2870	2998	2874	
V5	1172.263	177.017	995.246	-219	-392	-352	256	249.3	240.0	230.2	2830	2960	2840	
W1	1172.263	177.017	995.246	-	-398	-356	249	-	-	-	-	-	-	

Table 8 Abscissa of COG, winch rope force, and force in BWB stay: V4 vs. V1

Item	Abscissa of COG, x_{COG} (mm)			Winch rope force, $F_{WR,DW}$ (kN)			BWB stay force, $F_{BWBS,DW}$ (kN)		
	L: $\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	H	Hi: $\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$	L: $\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	H	Hi: $\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$	L: $\alpha_{BWB} = -19.5^\circ$	H	Hi: $\alpha_{BWB} = 14.1^\circ$
Difference, "V4-V1"	-1044	-1049	-1004	17.9	17.0	16.3	204	204	188

8 Working load analysis

Load analysis of the vital superstructure parts was carried out according to code DIN 22261-2 (DIN, 2014) for load case (LC) H1.2 (BWE in normal operation) (Figs. 22–24) using our original, in-house software "EXLOAD".

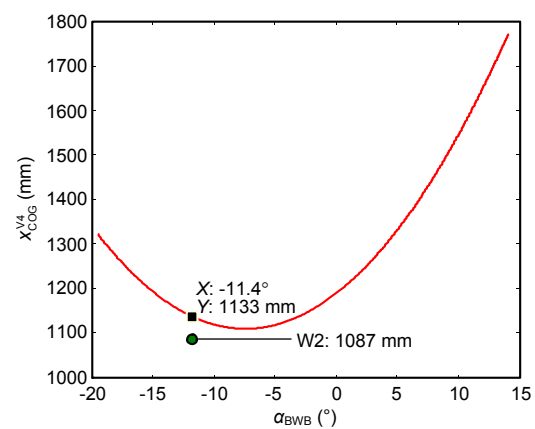
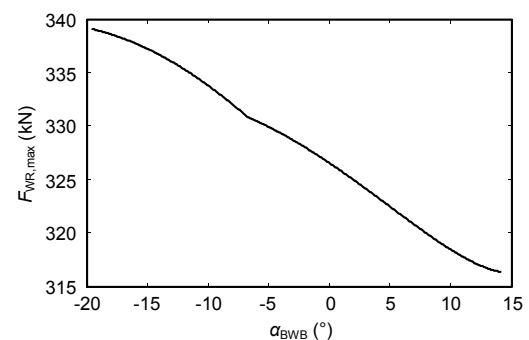
9 Stress state of the BWB stay

BWB stays (Fig. 25a) consist of three hinge-joined segments. Each comprises two lamellas made from steel of quality grade S355J2+N, according to code prEN 10025-2 (CEN, 2011). For an eye plate thickness of 50 mm (Fig. 25b), the yield stress value is $\sigma_{YS}=335$ MPa (CEN, 2011).

The factored tension force per lamella is determined by

$$Z = \gamma_F F_{BWBS,max} / n_L = (1.5 \times 4318 / 2) \text{ kN} = 3238.5 \text{ kN}, \quad (10)$$

where $\gamma_F=1.5$ is the factor of safety in LC H1.2 (DIN, 2014), $F_{BWBS,max}=4318$ kN is the maximum force in

**Fig. 21 Abscissa of COG: V4 vs. W2****Fig. 22 Maximum winch rope force in LC H1.2**

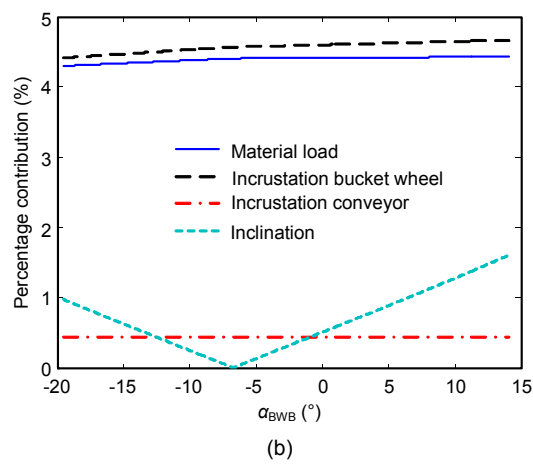
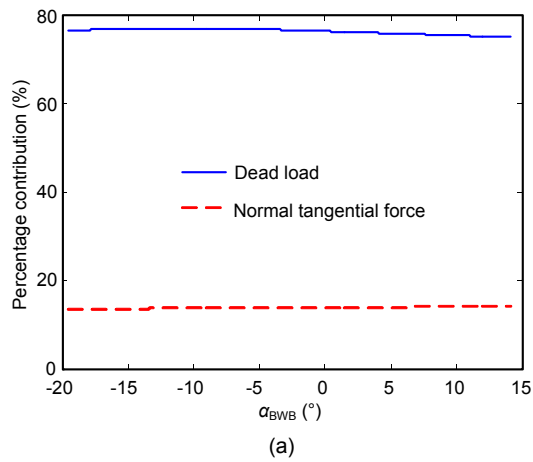


Fig. 23 Percentage contribution to maximum winch rope force: (a) SuS1 deadweight and normal tangential force; (b) material load, incrustation, and inclination

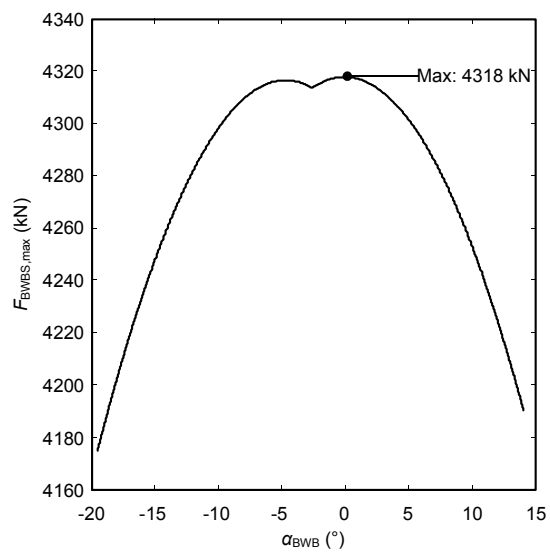


Fig. 24 Maximum force in one BWB stay for LC H1.2

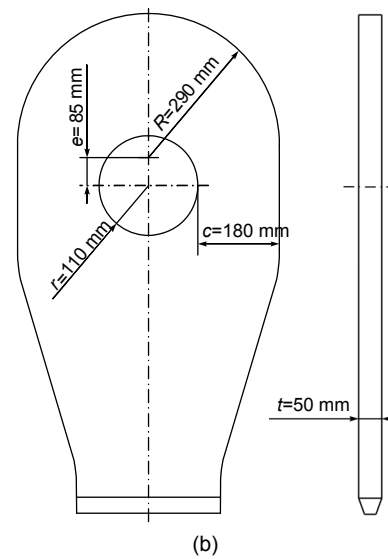
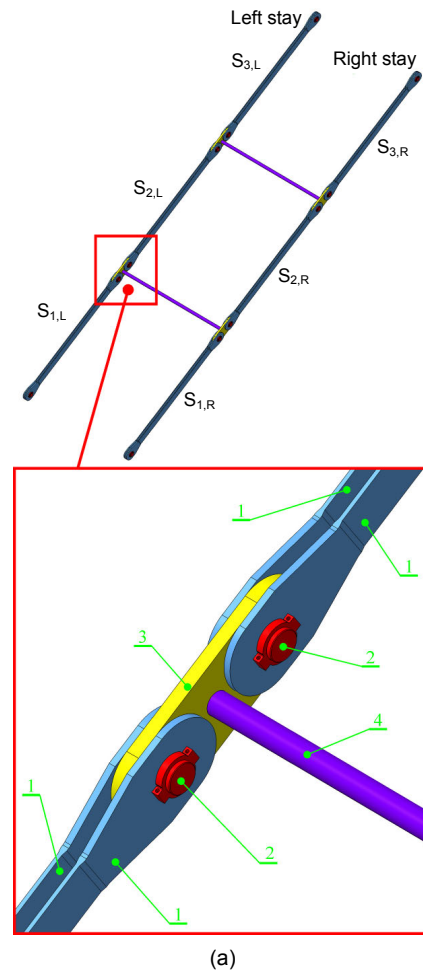


Fig. 25 BWB stays (a) and geometry of the eye plate (b)
1: lamella; 2: hinge pin; 3: plate; 4: connecting tube; $S_{1,L}$, $S_{2,L}$, and $S_{3,L}$ are the segments of the left stay; $S_{1,R}$, $S_{2,R}$, and $S_{3,R}$ are the segments of the right stay

one BWB stay (Fig. 24), and $n_L=2$ is the number of lamellas in each segment of the BWB stays. According to DIN 22261-2 (DIN, 2014), the value of nominal stress caused by the tension force is

$$\begin{aligned}\sigma_{nZ} &= Z/(2ct) = [3238.5/(2 \times 18 \times 5)] \text{ kN/cm}^2 \\ &= 18.0 \text{ kN/cm}^2 = 180 \text{ MPa},\end{aligned}\quad (11)$$

while the value of nominal stress caused by the frictional moment is

$$\begin{aligned}\sigma_{n\mu} &= 8\mu\sigma_{nZ}/[\pi(1+R/r)] \\ &= \{8 \times 0.33 \times 180 / [\pi(1+29/11)]\} \text{ MPa} \\ &= 41.6 \text{ MPa},\end{aligned}\quad (12)$$

where $\mu=0.33$ is the frictional coefficient.

The stress state of the lamella was also identified by applying the linear finite element method (FEM), neglecting the influence of the frictional moment. In the critical eye plate cross section, the maximum value of the stress tensor component in the tension force direction is $\sigma_{\max}=496 \text{ MPa}$ (Fig. 26).

10 Discussion 3: load and stress analyses results

Based on the results presented in Fig. 23a, the dead load has the most influence on the load of the winch rope. In LC H1.2 its minimum percentage contribution to the maximum winch rope force is 74.8%, whilst the maximum contribution of the normal tangential force is 14.1%. The contribution of the other factors (Fig. 23b) is considerably lower: material load, maximum 4.4%; bucket wheel incrustation, maximum 4.7%; conveyor incrustation, maximum 0.4%; inclination, maximum 1.6%. These findings underline the importance of a precise identification of the weight and COG of all parts, as well as of the entire superstructure.

In terms of the nominal stress values in the critical eye plate cross section, Eqs. (11) and (12), and applying the procedure prescribed in DIN 22261-2 (DIN, 2014),

$$\begin{aligned}1.4\sigma_n &= 1.4(\sigma_{nZ} + \sigma_{n\mu}) = 1.4 \times (180 + 41.6) \text{ MPa} \\ &= 310.2 \text{ MPa} < \sigma_{YS} = 335 \text{ MPa},\end{aligned}\quad (13)$$

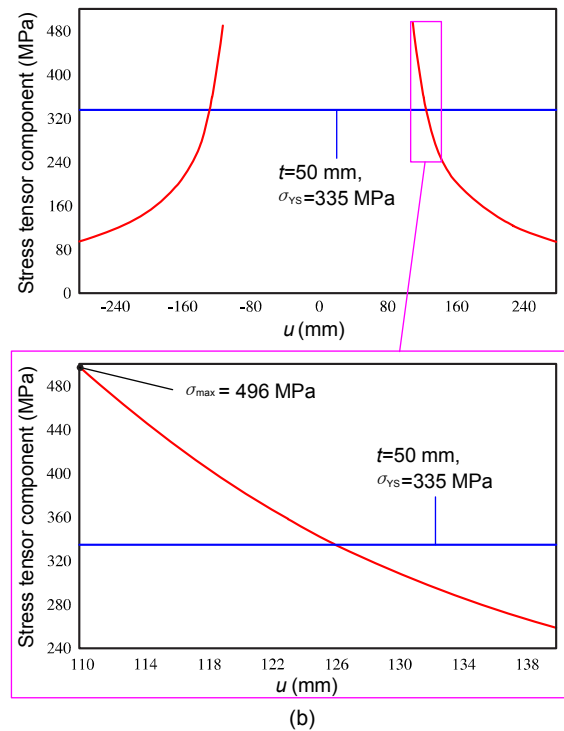
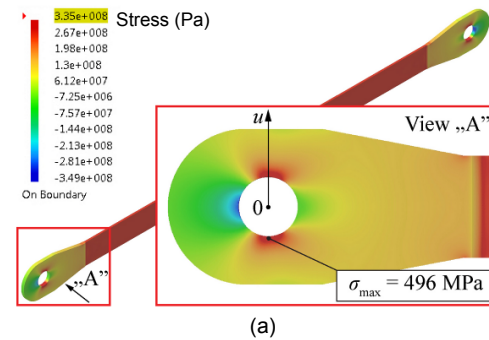


Fig. 26 Stress tensor component in the direction of the tension force (a) and distribution in the eye plate critical cross section (b)

we conclude that the eye plate satisfies the strength criterion. However, values of the corresponding stress tensor component in the critical eye plate cross section, caused by the factored tension force, are greater than the yield stress value up to a depth of 16 mm, measured from the edge of the hole (Fig. 26b). The value of the geometric stress concentration factor is

$$\alpha_K = \sigma_{\max} / \sigma_{nZ} = 496 / 180 = 2.76. \quad (14)$$

This value of α_K is in full agreement with values given in the literature. For example, according to values

presented in Fig. 25b, for

$$(R-r)/(R+r)=(29-11)/(29+11)=0.45, \quad (15)$$

and

$$1+e/(R-r)=1+8.5/(29-11)=1.47, \quad (16)$$

the diagram shown in Fig. 7 of Petersen (1990) gives $\alpha_K \approx 2.9$.

Therefore, according to the results of the linear FEM and published data, the geometric stress concentration factor value is about twice as great as the factor 1.4 (Eq. (13)) prescribed by DIN 22261-2 (DIN, 2014). Keeping in mind that tension stresses are dominant in the critical zone, we conclude that the considered eye plate is the weak point in the superstructure and presents a potential danger to its integrity, although it satisfies the strength criterion prescribed by DIN 22261-2 (DIN, 2014).

11 Conclusions

The deadweight is a dominant load of the vital parts of a BWE's superstructure, such as stays and winch ropes. However, due to its nature, from the entire set of BWE superstructure's loads, only the deadweight does not have the character of assumption. Therefore, its identification should be conducted with the utmost care during the BWE design, as well as during the first erection.

Based on the presented investigation results we conclude the following:

1. A relatively small difference in the calculated superstructure masses (1.5%) leads to a relatively large unfavourable shifting of its COG (902 mm towards the bucket wheel), followed by a significant increase in the counterweight mass required for balancing (24 t).

2. The 3D model of the superstructure enables a very precise determination of its weight and COG position.

3. By merging the results obtained from the superstructure 3D model and the weighing conducted after the completion of the erection process (first weighing), the distribution of superstructure masses can be fully identified, and a corrected 3D model created. The validity of the model is confirmed by the results of the second weighing, conducted after

the correction (increase) of the counterweight mass. The 3D model developed in such a manner provides enough accuracy in determining the superstructure COG in the complete domain of the bucket wheel boom inclination angle, and enables accurate load analysis of the superstructure's vital parts.

4. In LC H1.2 (BWE in normal operation) the minimum percentage contribution of the SuS1 deadweight to the maximum winch rope force is 74.8%.

5. The procedure for the proof of the eye plates' stress prescribed by code DIN 22261-2 (DIN, 2014) gives results, which are not on the side of safety, as demonstrated by the example of the bucket wheel boom stay's eye plate.

References

- Bartelmus, W., 2006. Condition Monitoring of Open Cast Mining Machinery. Wroclaw University Press, Wroclaw, Poland.
- Bartelmus, W., Zimorz, R., 2009. A new feature for monitoring the condition of gearboxes in non-stationary operating conditions. *Mechanical Systems and Signal Processing*, **23**(5):1528-1534.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ymssp.2009.01.014>
- Bošnjak, S., Zrnić, N., 2012. Dynamics, failures, redesigning and environmentally friendly technologies in surface mining systems. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, **12**(3):348-359.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2012.06.009>
- Bošnjak, S., Oguamanam, D., Zrnić, N., 2006. On the dynamic modeling of bucket wheel excavators. *FME Transactions*, **34**(4):221-226.
- Bošnjak, S., Zrnić, N., Simonović, A., et al., 2009a. Failure analysis of the end eye connection of the bucket wheel excavator portal tie-rod support. *Engineering Failure Analysis*, **16**(3):740-750.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2008.06.006>
- Bošnjak, S., Petković, Z., Zrnić, N., et al., 2009b. Cracks, repair and reconstruction of bucket wheel excavator slewing platform. *Engineering Failure Analysis*, **16**(5):1631-1642.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2008.11.009>
- Bošnjak, S., Zrnić, N., Gašić, V., et al., 2012. External load variability of multibucket machines for mechanization. *Advanced Materials Research*, **422**:678-683.
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.422.678>
- CEN (European Committee for Standardisation), 2011. Hot Rolled Products of Structural Steels-Part 2: Technical Delivery Conditions for Non-alloy Structural Steels, prEN 10025-2:2011. CEN, Brussels, Belgium.
- Czmochoowski, J., 2008. Identyfikacja modeli modalnych maszyn urabiających w górnictwie węgla brunatnego.

- Oficina Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, Poland (in Polish).
- DIN (Deutsches Institut für Normung), 2014. Bagger, Absetzer und Zusatzgeräte in Braunkohlentagebauen-Teil 2: Berechnungsgrundlagen, DIN 22261-2:2014. DIN, Germany (in German).
- Dudek, D., Frydman, S., Huss, W., et al., 2011. The L35GSM cast steel—possibilities of structure and properties shaping at the example of crawler links. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, **11**(1):19-32.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60171-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60171-X)
- Durst, W., Vogt, W., 1988. Bucket Wheel Excavator. Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- Gottvald, J., 2010. The calculation and measurement of the natural frequencies of the bucket wheel excavator SchRs 1320/4x30. *Transport*, **25**(3):269-277.
<http://dx.doi.org/10.3846/transport.2010.33>
- Gottvald, J., Kala, Z., 2012. Sensitivity analysis of tangential digging forces of the bucket wheel excavator SchRs 1320 for different terraces. *Journal of Civil Engineering and Management*, **18**(5):609-620.
<http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2012.719836>
- Nan, N., Kovacs, I., Popescu, F., 2008. Balance control by weighting and tensiometric measurements of bucket wheel excavators. *WSEAS Transactions on Systems and Control*, **3**(11):927-938.
- Petersen, C., 1990. Stahlbau: Grundlagen der Berechnung und Baulichen Ausbildung von Stahlbauten, 2nd Edition. Vieweg, Braunschweig, Germany.
- Rișteiu, M., Ileană, I., Duma, S., 2006. New approaches in heavy duties industrial processes monitoring by using smart sensors. *Acta Universitatis Apulensis*, **12**:80-92.
- Rusiński, E., Czmochoński, J., Iluk, A., et al., 2010a. An analysis of the causes of a BWE counterweight boom support fracture. *Engineering Failure Analysis*, **17**(1):179-191.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2009.06.001>
- Rusiński, E., Moczko, P., Kaczyński, P., 2010b. Structural modifications of excavator's bucket wheel by the use of numerical methods. *Solid State Phenomena*, **165**:330-335.
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.165.330>
- Rusiński, E., Dragan, S., Moczko, P., et al., 2012. Implementation of experimental method of determining modal characteristics of surface mining machinery in the modernization of the excavating unit. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, **12**(4):471-476.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2012.07.002>
- Savković, M., Gašić, M., Arsić, M., et al., 2011. Analysis of the axle fracture of the bucket wheel excavator. *Engineering Failure Analysis*, **18**(1):433-441.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2010.09.031>
- Yin, Y., Grondin, G.Y., Obaia, K.H., et al., 2007. Fatigue life prediction of heavy mining equipment. Part 1: Fatigue load assessment and crack growth rate tests. *Journal of Constructional Steel Research*, **63**(11):1494-1505.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2007.01.008>
- Yin, Y., Grondin, G.Y., Obaia, K.H., et al., 2008. Fatigue life prediction of heavy mining equipment. Part 2: Behaviour of corner crack in steel welded box section and remaining fatigue life determination. *Journal of Constructional Steel Research*, **64**(1):62-71.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2007.04.003>

中文概要

题目：斗轮挖掘机回转支承上部结构中关键部件的静态稳定性基本参数、负载和强度研究

目的：斗轮挖掘机回转支承上部结构的重量和重心位置不仅在设计过程中非常重要，在斗轮挖掘机组装完成后和运转时同样重要。本文旨在研究各参数对重心位置的影响。

方法：1. 分析比较由数值模拟和实验得到的静态稳定性基本参数；2. 构建上部结构的 3D 模型（图 1~3），并根据斗轮挖掘机组装完成后的重量分布对模型进行质量修正；3. 对上部结构进行负载和应力分析。

结论：1. 上部结构一个较小的质量变化（1.5%）会导致重心位置一个较大的变化（902 mm），从而不得不明显增加配重的重量（24 t）来保持平衡；2. 构建的 3D 模型可以得到精确的上部结构重量分布和重心位置；3. 由 DIN 22261-2 标准规定的眼板应力被证明并不安全。

关键词：斗轮挖掘机；回转支承上部结构；静态稳定性参数；负载；强度

Универзитет у Београду – Машински факултет

E-mail: sbosnjak@mas.bg.ac.rs

Срђан Бошњак

Датум: 07.07.2020. године

Поштовани,

На основу годишњег извештаја за **2017.** године за потврду оцене техничког решења под називом „**Примена 3Д модела за аналитичко-експериментално одређивање параметара статичке стабилности и спољашњег оптерећења роторног багера**“, аутора проф. др Срђан Бошњак, Универзитет у Београду-Машински факултет, доц. др Небојша Ђатовић, Универзитет у Београду-Машински факултет, др Зоран Петковић, ред. професор у пензији, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Горан Милојевић, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Иван Миленовић, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Александар Стефановић, Универзитет у Београду-Машински факултет, из 2015. године а примењено 2015. године,

Обавештавам Вас следеће:

Након прибављених мишљења о наведеном техничком решењу чланови МНО за машинство и индустријски софтвер су их, на седници одржаној 07.07.2020. године, разматрали и сачинили предлог да техничко решење под називом „**Примена 3Д модела за аналитичко-експериментално одређивање параметара статичке стабилности и спољашњег оптерећења роторног багера**“, аутора проф. др Срђан Бошњак, Универзитет у Београду-Машински факултет, доц. др Небојша Ђатовић, Универзитет у Београду-Машински факултет, др Зоран Петковић, ред. професор у пензији, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Горан Милојевић, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Иван Миленовић, Универзитет у Београду-Машински факултет, истраживач-сарадник, Александар Стефановић, Универзитет у Београду-Машински факултет, из 2015. године, **ИСПУЊАВА** све услове предвиђене *Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача* („Службени гласник РС“, број 24/2016, 21/2017, 38/2017) за доделу категорије **M83 – Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу.**

Предлог се доставља МПНТР РС ради процене и прихватања истог.

Председник МНО

за машинство и индустријски софтвер

Проф. др Властимир Николић