

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Saša Korošić

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Student:

Saša Korošić

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru, prof.dr.sc. Nevenu Pavkoviću na strpljenju i korisnim savjetima tijekom izrade rada. Također se zahvaljujem kolegama sa Fakulteta strojarstva i brodogradnje na bezrezervnoj pomoći, kako u izradi ovog rada, tako i kroz sve godine provedene na studiju.

Saša Korošić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Saša Korošić**

Mat. br.: 0035162975

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

TRANSPORTER ZA TEŠKO PRISTUPAČNE TERENE

Naslov rada na
engleskom jeziku:

TRANSPORTER FOR TERRAINS WITH DIFFICULT ACCESS

Opis zadatka:

Neke poljoprivredne kulture, primjerice masline često se uzgajaju na neravnim i nagnutim terenima. Za takve i slične, primarno poljoprivredne potrebe treba koncipirati i konstruirati transporter nosivosti do 600 kg koji može savladati nagibe do cca 25%. Pri koncipiranju i konstruiranju treba posebno voditi računa o sigurnosti rukovaoca transporterom, te stabilnosti uređaja i transportiranog materijala. Pogon transportera treba biti motor s unutrašnjim izgaranjem.

U radu treba:

1. Analizirati i prikazati postojeća rješenja sličnih strojeva;
2. Koncipirati više varijanti rješenja, usporediti ih i vrednovanjem odabrati najpovoljnije;
3. Izraditi detaljno konstrukcijsko rješenje odabrane varijante koncepta;
4. Izraditi računalni model uređaja u 3D CAD sustavu;
5. Izraditi tehničku dokumentaciju, pri čemu će se opseg konstrukcijske razrade dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

8. svibnja 2014.

Rok predaje rada:

10. srpnja 2014.

Predviđeni datumi obrane:

16., 17. i 18. srpnja 2014.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zvonimir Guzović

Sadržaj

Popis tablica	5
Popis slika	6
Popis tehničke dokumentacije	9
Sažetak	10
Summary	11
1. Uvod	1
2. Analiza tržišta	3
2.1. Komercijalni transporteri	3
2.1.1. <i>SLANETRAC HT1000</i>	3
2.1.2. <i>Gladiator Dumper</i>	4
2.1.3. <i>Kubota Crawler Dumper KC70</i>	5
2.1.4. <i>Winget 2B1500</i>	5
2.2 Patenti	7
2.2.1 <i>US2827972A</i>	7
2.2.2. <i>Patent US3295622A</i>	8
2.2.3. <i>Patent US3595332</i>	9
2.2.4. <i>Patent US6523905</i>	10
2.2.5. <i>Patent US5064011</i>	11
2.2.6 <i>Patent US7575075B2</i>	12
3. Definiranje problema	13
4. Zaključak analize tržišta	15
5. Funkcijska dekompozicija	16
6. Morfološka matrica.....	21
7. Koncepti.....	24
7.1 Koncept 1	24
7.2. Koncept 2	25
7.2.1. <i>Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 1</i>	26
7.2.2. <i>Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 2</i>	27

7.2.3. Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 3.....	28
7.3. Koncept 3.....	29
7.4 Vrednovanje koncepata.....	30
7.5 Grube skice odabranog koncepta	31
8. Zaključak razrade koncepata	32
9. Proračun.....	33
9.1 Proračun potrebne snage elektromotora.....	33
9.2 Odabir prigušnog elementa ovjesa	39
10. Standardni dijelovi.....	41
10.1 Pogonski sklop	41
10.2. Ležajevi.....	42
10.3. Gusjenice.....	43
10.4. Baterija.....	44
10.5. Čelični profili šasije i tovarnog prostora	44
11. Konstrukcijska razrada	45
12. Analiza naprezanja u kritičnim dijelovima konstrukcije	52
12.1. Analiza naprezanja u jednoj točki konstrukcije	52
12.2. Analiza naprezanja u tri točke konstrukcije	53
13. Tehnička dokumentacija.....	55
14. Zaključak	56
15. Literatura.....	57

Popis tablica

Tablica 1 Tehničke karakteristike Slanetrac HT1500	3
Tablica 2 Tehničke karakteristike Gladiator Dumper	4
Tablica 3 Tehničke karakteristike	5
Tablica 4 Tehničke karakteristike	6
Tablica 5 Tehničke karakteristike odabranog motora	35
Tablica 6 Podaci o odabranom amortizeru.....	40
Tablica 7 Tehnički podaci odabrane baterije	44
Tablica 8 Tehničke karakteristike odabranih čeličnih limova	44

Popis slika

Slika 1 Prvi transporter i primjer modernog transportera	1
Slika 2 Mini transporter tvrtke CORMIDI	1
Slika 3 Slanetrac HT1500	3
Slika 4 Slanetrac HT1500	3
Slika 5 Slanetrac HT1500 dimenzije.....	3
Slika 6 Gladiator Dumper	4
Slika 7 Gladiator Dumper	4
Slika 8 Kubota Crawler Dumper KC70	5
Slika 9 Kubota Crawler Dumper KC70	5
Slika 10 Kubota Crawler Dumper KC70	5
Slika 11 Winget 2B1500	6
Slika 12 Winget 2B1500	6
Slika 13 Patent US2827972A.....	7
Slika 14 Patent US3295622A.....	8
Slika 15 Patent US3595332.....	9
Slika 16 Patent US6523905.....	10
Slika 17 Patent US5064011.....	11
Slika 18 Patent US7575075B2	12
Slika 19 Zahtjevni tereni za standardne transportere	13
Slika 20 BPG Werks, DTV Shredder	14
Slika 21 Glavna funkcijska dekompozicija.....	16
Slika 22 P1 Osigurati stabilnost	17
Slika 23 P2 Prihvatiti teret	18
Slika 24 P3 Pogoniti uređaj.....	19
Slika 25 P4 Voditi električnu energiju	20

Slika 26 Koncept 1	24
Slika 27 Koncept 2	25
Slika 28 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 1	26
Slika 29 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 2.....	27
Slika 30 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 3.....	28
Slika 31 Koncept 3	29
Slika 32 Grube skice odabranog koncepta	31
Slika 33 Plan sila na transporteru na kosini	33
Slika 34 Tvornički podaci odabranog pužnog prijenosnika.....	37
Slika 35 Odabrani pužni prijenosnik Renolds jPM 30 M2.2 L25.....	38
Slika 36 Plan sila na sustavu za održavanje napetosti.....	39
Slika 37 Odabrani ležajevi SKF6206 i SKF6210.....	42
Slika 38 Tehnički podaci odabranih gusjenica.....	43
Slika 39 Transporter za nepristupačne terene	45
Slika 40 Smještaj elektromotora i baterije	45
Slika 41 Sklop šasijske, pogona i ovjesa	46
Slika 42 Sklop šasijske, pogona i ovjesa	46
Slika 43 Osnovni dijelovi pogonskog sklopa.....	47
Slika 44 Detaljni prikaz pogonskog sklopa.....	48
Slika 45 Prednja vodilica gusjenice	48
Slika 46 Gornji vodeći lančanic	49
Slika 47Konstrukcijska razrada sklopa za održavanje napetosti gusjenice.....	49
Slika 48 Konstrukcijska razrada sklopa za održavanje napetosti gusjenice	50
Slika 49 Vrata teretnog prostora.....	50
Slika 50 Tovarni prostor.....	51
Slika 51 Naprezanja po Von Misesu za slučaj opterećenja u jednoj točki.....	52
Slika 52 Pomaci konstrukcije za slučaj opterećenja u jednoj točki.....	53

Slika 53 Analiza naprezanja u tri točke konstrukcije	53
Slika 54 Naprezanja po Von Misesu za slučaj opterećenja u pet točaka	54
Slika 55 Pomaci konstrukcije za slučaj naprezanja u pet točaka	54

Popis tehničke dokumentacije

2014 – 7 - 1 Transporter za nepristupačne terene

2014 – 7 – 2 Šasija

2014 – 7 – 3 Tovarni prostor

2014 – 7 – 4 Poklopac motora

2014 – 7 – 5 Poluga ovjesa

2014 – 7 – 5 Nosač prednje vodilice

2014 – 7 – 6 Vrata tovarnog prostora

2014 – 7 – 7 Poklopac ležaja pogona

2014 – 7 – 8 Poklopac ležaja vodilice

Sažetak

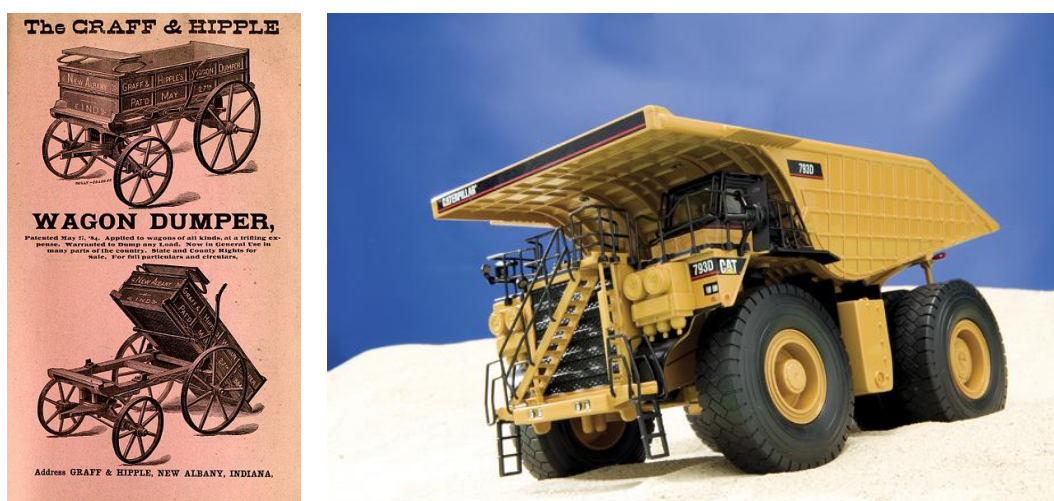
U radu je opisan razvoj transportera za teško pristupačne terene. Razvoj transportera je započet analizom tržišta gdje su obrađeni slični proizvodi koji trenutno postoje na tržištu. Nastavljen je analizom postojećih patenata i definiranjem problema i razlozima zbog kojih se krenulo u razvoj novog proizvoda. Kako bi se optimizirala primjenjiva rješenja izradila se funkcijska dekompozicija svih funkcija transportera te je razrađena morfološka matrica za sve podfunkcije. Zatim su izrađeni koncepti novog proizvoda te se vrednovanjem koncepata odlučilo u kojem smjeru će krenuti konstrukcijska razrada. Napravljen je proračun pogonskih dijelova te su izabrani standardni dijelovi koji će se koristiti u konstrukcijskoj razradi. Proizvod je konstruiran u programskom paketu Catia V5R18, a u istom je napravljena i FEM analiza dijelova koji nose najveća opterećenja. Za proizvod je na posljétku izrađena tehnička dokumentacija.

Summary

In this master thesis a description of development process for transporter for terrains with difficult access has been given. The development process has begun with market analysis where similar products have been reconsidered. Thesis continued with analysis of the existing patents and the definition of problems and reasons for product development. For optimisation of applicable solutions a function decomposition has been made, and a morphology matrix was constructed for all of the subfunctions. Afterwards, the concepts for the new product were designed and by the valorisation of the listed the ongoing construction direction was decided. It was necessary to calculate the main drive parts and the standardized parts, used in the design, were decided. The final product was designed in a programme package Catia V5R18 where a FEM analysis was also conducted. Technical documentation was made as the last step of the product development.

1. Uvod

Prvi uređaji za transport sipkog ili krupnog materijala pojavili su se krajem 19. stoljeća u Zapadnoj Europi. Već 1905. godine javljaju se transporter koji su pokretani motorom. Za vrijeme Prvog svjetskog rata dolazi do daljnjeg razvoj takvih vozila zbog potreba ratne industrije a razvoj takvih vozila se nastavio i nakon rata, te su tvrtke poput Galion Buggy Co. svoje transportere, tj. tovarni prostor jednostavno instalirali na podvozja osobnih vozila kao što je Fordov Model T. Daljnji razvoj transportera temeljio se na većim vozilima za prijevoz velikih količina tereta, pa danas imamo vozila za transport koja prenose i do 35 tona tereta.



Slika 1 Prvi transporter i primjer modernog transportera

Transport tereta na područjima građevinskih radova, rudnika te skladišnim i sličnim prostorima zahtjeva veliku manevarsku sposobnost uređaja za transport, te se javila potreba za manjim i okretnijim uređajima. Mehanizirani uređaji za transport materijala manjih gabarita javljaju se 1990-tih godina a među prvim proizvođačima su Kubota, Morooka, Yanmar itd. Pogon manjih transportera se vrši preko gusjenica ili preko konvencionalnog pogona kotačima. Prednost ovakvih uređaja je jednostavniji transport većih količina tereta u manjem vremenu te manje iskorištavanje ljudske snage u procesu transporta. Na slici 2 prikazan je transporter proizvođača Cormidi.



Slika 2 Mini transporter tvrtke CORMIDI

Transporteri su našli svoje mjesto u različitim područjima, od već navedenih građevine, rudnika i sl., pa do poljoprivrede i agrokulture. Posebno su praktični za nepristupačna poljoprivredna područja gdje se izbjegava plantažni način uzgajanja. Kao primjer u Hrvatskoj možemo navesti maslinarstvo, koje se ne bazira na plantažnom uzgoju.

2. Analiza tržišta

Trenutačno na tržištu postoji niz proizvođača koji u ponudi imaju uređaje za transport tereta manjih dimenzija. Uređaji se razlikuju po nizu karakteristika, od zapremnine prtljažnog prostora, pogona, veličine pa do načina upravljanja.

2.1. Komercijalni transporteri

2.1.1. SLANETRAC HT1000

Transporter tvrtke Slanetrac je transporter nosivosti 1 tone, pogonjen gusjenicama preko dizelskog agregata. Istovar tereta vrši se preko hidrauličkog cilindra te ima predviđeno stajanje mjesto za vozača.



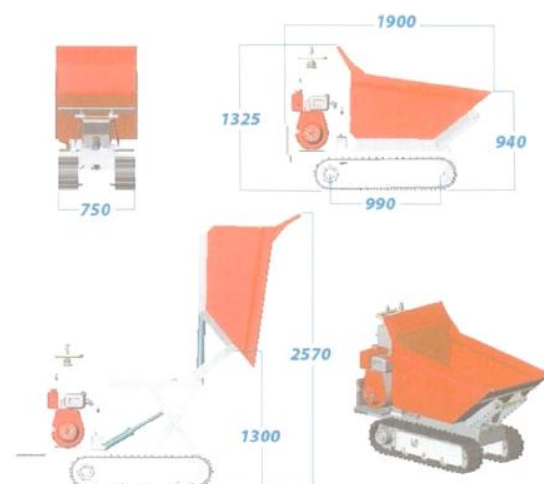
Slika 4 Slanetrac HT1500

stike Slanetrac HT1500



Slika 3 Slanetrac HT1500

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	
POGONSKI AGREGAT	YANMAR DIESEL
SNAGA	7,4 kW
BRZINA	4,5 km/h
PODVOZJE	Gumene gusjenice, planetarni prijenos, negativno kočenje
NOSIVOST	1 t
MASA UREĐAJA	600 kg
OPERATIVNI PRITISAK	170 bar



Slika 5 Slanetrac HT1500 dimenzije

2.1.2. Gladiator Dumper

Gladiator Dumper je mini transporter koji za razliku od ostalih proizvoda nema pogon preko gusjenica već preko kotača. Puno je manjih dimenzija te manje nosivosti.



Slika 7 Gladiator Dumper



Slika 6 Gladiator Dumper

Tablica 2 Tehničke karakteristike Gladiator Dumper

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	
POGONSKI AGREGAT	HONDA GCV 160
SNAGA	4,04kW
MEHANIZAM POKRETANJA	RUČNI
PODVOZJE	Kotači, četverostupanjski mijenjač, pogon na sve kotače
NOSIVOST	250 kg
MASA UREĐAJA	95 kg
DIMENZIJE	1660x715x830

Ovaj transporter služi za prijevoz tereta manje mase i vrlo je praktičan ali je neprikladan za teške i nepristupačne terene. Pogon transportera riješen je preko kotača koji nisu gonjeni preko vratila vezanog na agregat već je izveden preko pomoćnog kotača koji na principu tarenica goni kotače. Ovako izvedenim pogonom dobiva se prijenos snage na sva četiri kotača ali uređajem nije moguće skretati.

2.1.3. Kubota Crawler Dumper KC70

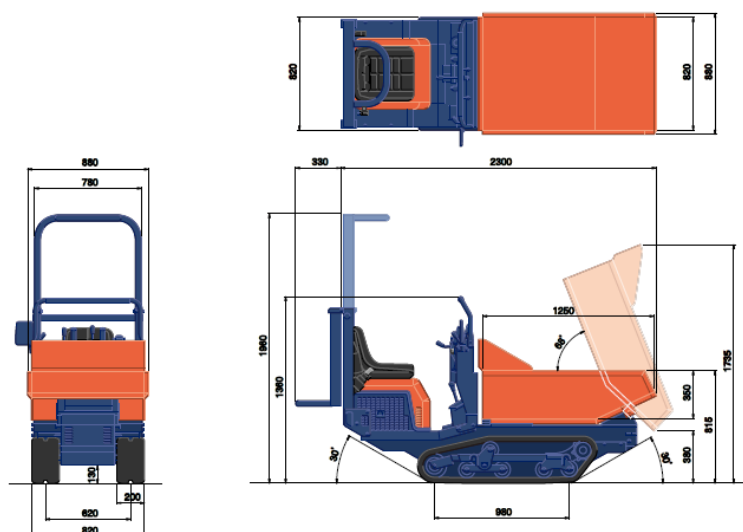
Kubota KC70 je transporter za veće terete maksimalne nosivosti od 700 kg, pokretan dizelskim agregatom a na slici 8 vidimo da je na ovom transporteru predviđeno mjesto za vozača. Pogon preko gusjenica je realiziran s opružnim sustavom kako nebi došlo do oštećenja gumenih gusjenica. „Bogie“ izvedba gusjenica omogućava vožnju sa manje vibracija.



Slika 8 Kubota Crawler Dumper KC70



Slika 9 Kubota Crawler Dumper KC70



Slika 10 Kubota Crawler Dumper KC70

Tablica 3 Tehničke karakteristike

Kubota Crawler KC70

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	
POGONSKI AGREGAT	KUBOTA OC60
SNAGA	4,1kW
MEHANIZAM POKRETANJA	ELEKTRIČNI
PODVOZJE	Gusjenice, trostupanjski mijenjač
NOSIVOST	700 kg
MASA UREĐAJA	510 kg
DIMENZIJE	2300x880x1960
BRZINA	4,1 km/h

2.1.4. Winget 2B1500

Winget 2B1500 je transporter za terete mase do 1500 kg. Uređaj je pogonjen na prednje kotače preko standardnog diferencijala. Agregat uređaja se pokreće ljudskom snagom preko zamašnjaka ali postoji i mogućnost električnog pokretača (anlasera). Izveden je kao vozilo s predviđenim sjedećim mjestom za vozača.



Slika 12 Winget 2B1500



Slika 11 Winget 2B1500

**Tablica 4 Tehničke karakteristike
Winget 2B1500**

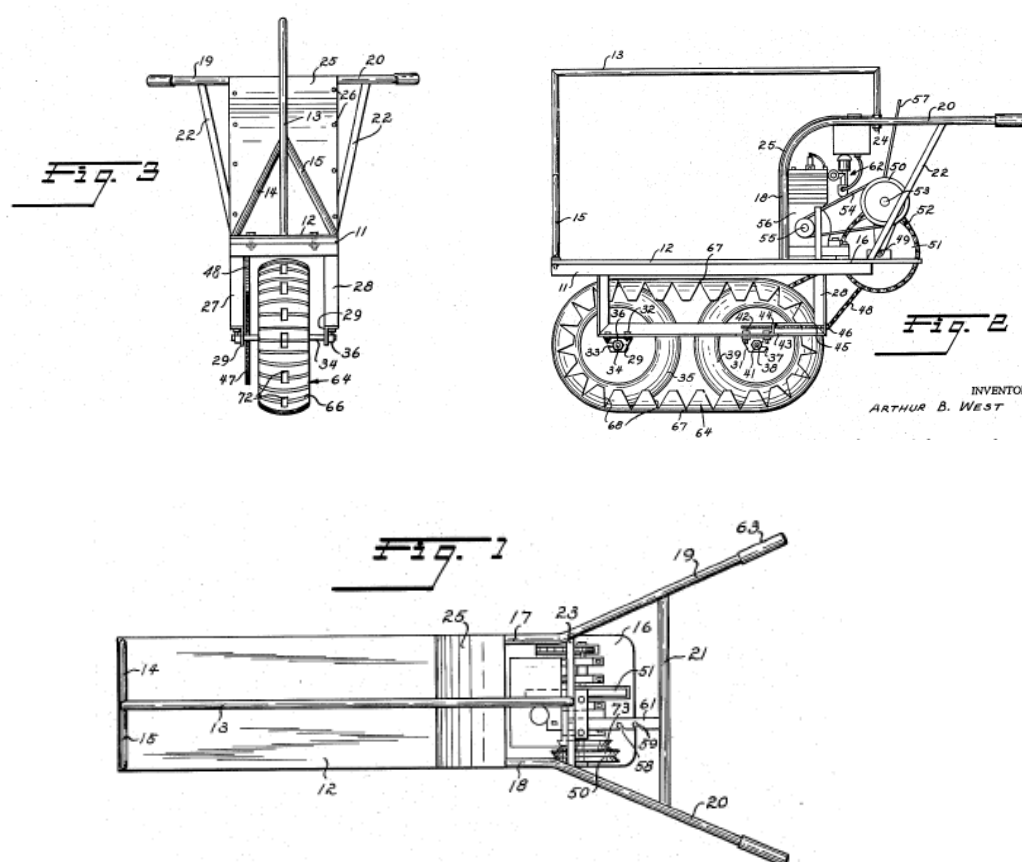
TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	
POGONSKI AGREGAT	LISTER PETTER TR1
SNAGA	6,61kW
MEHANIZAM POKRETANJA	RUČNI
PODVOZJE	Kotači
NOSIVOST	1500 kg
MASA UREĐAJA	950 kg
DIMENZIJE	2650x1640x1370
BRZINA	4 km/h

2.2 Patenti

Pošto je cilj zadatka transporter za nepristupačne terene u ovom su dijelu obrađeni patentni kompletnih transportera ali i patentni koji se odnose na pogon i ovjes uređaja. Svi odabrani patentni su pokretani pogonskim agregatom.

2.2.1 US2827972A

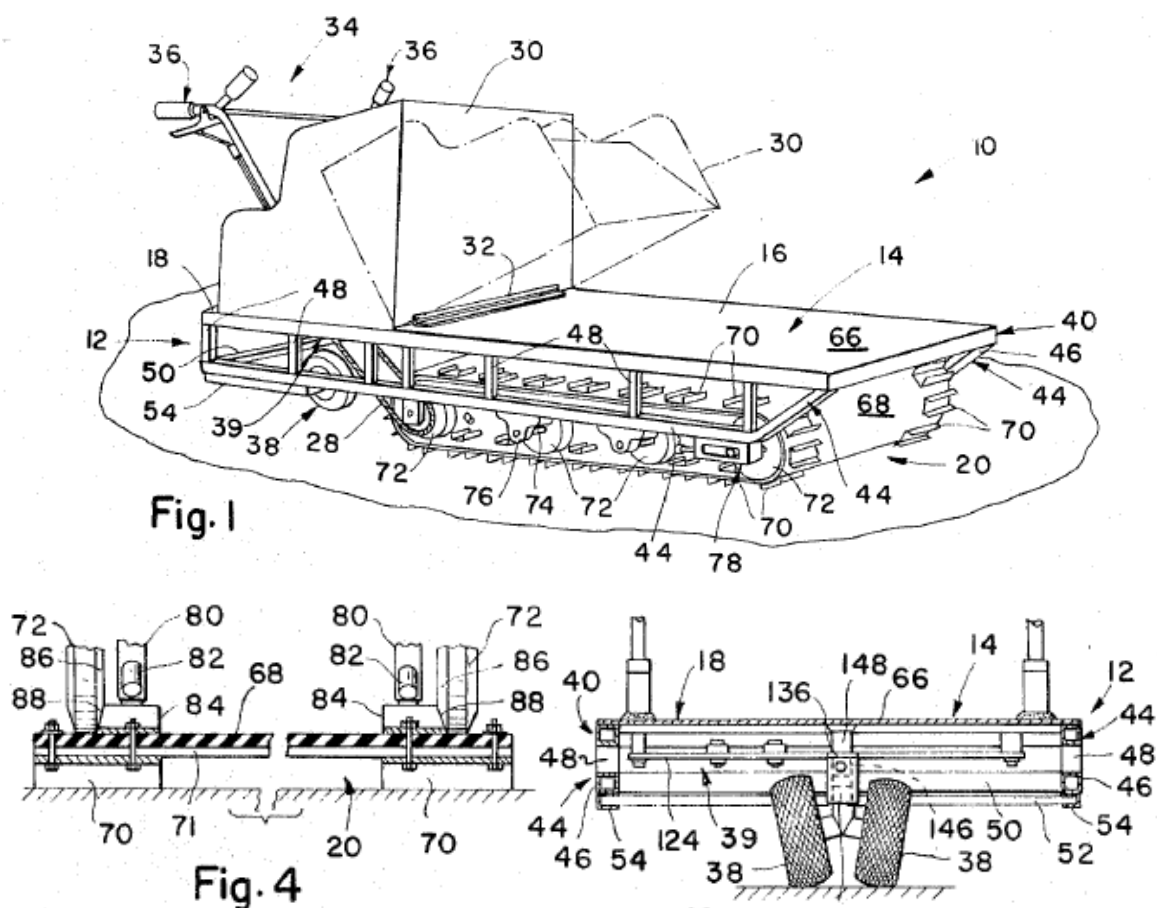
Patent US2827972A je patent transportera koji je pokretan preko gusjenica. Specifičnost ovog patenta je da je uređaj oslonjen na dva kotača, od kojih je jedan pogonski. Na pogonske kotače vezana je gusjenica koja se pokreće trenjem pogonskog kotača. Sustav je prilično jednostavan te nije prikladan za nepristupačne terene ali je pogonski sklop jednostavno izveden.



Slika 13 Patent US2827972A

2.2.2. Patent US3295622A

Na patentu US3295622A vidmo uređaj također pogonjen gusjenicama. Veliki problem uređaja s gusjenicama je zapravo teška upravljivost vozila. Kako bi skretali s vozilom koje ima samo dvije gusjenice, brzina ili smjer okretanja gusjenica moraju biti neovisno promjenjivi. U konstrukciji ovog patenta su predviđena dva kotača, smještena na stražnjoj strani vozila koja služe za upravljanje uređajem. Teretni prostor je smješten iznad pogonskog sklopa a uređaj nema predviđeno mjesto za vozača.

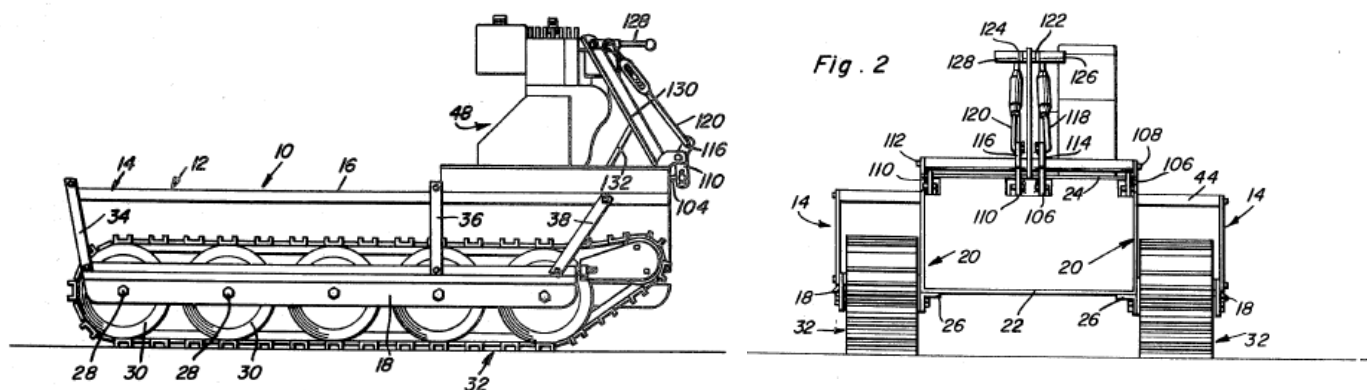


Slika 14 Patent US3295622A

Problem s ovim patentom je također što nije prilagođen za nepristupačne terene zbog niskog položaja pogonskog sklopa a i niskog položaja samog vozila.

2.2.3. Patent US3595332

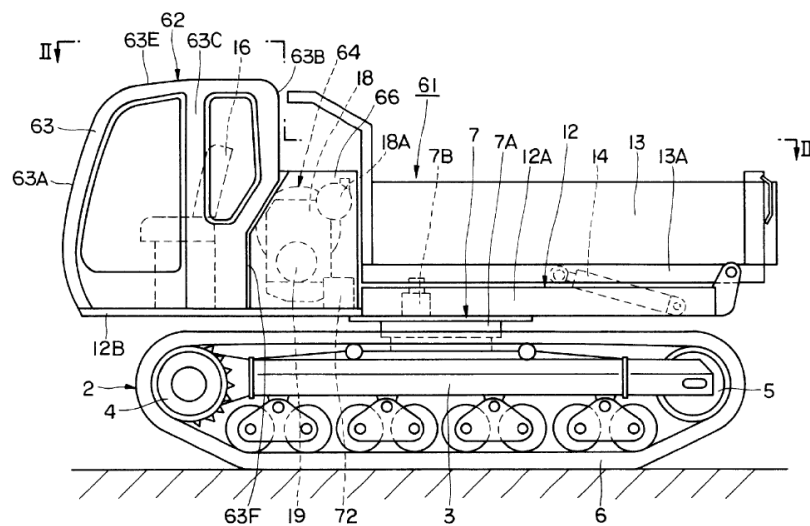
Patent US3595332 je primjer transportera gonjenog gusjenicama, s postoljem predviđenim za vozača. Upravljanje ovakvim uređajem je izvedeno preko gusjenica, odnosno promjenom brzine ili smjera vrtnje. Pogonski sklop je na povišenom položaju pa je uređaj prikladan za zahtjevnije terene iako je izvedba ovjesa gusjenica dosta kruta.



Slika 15 Patent US3595332

2.2.4. Patent US6523905

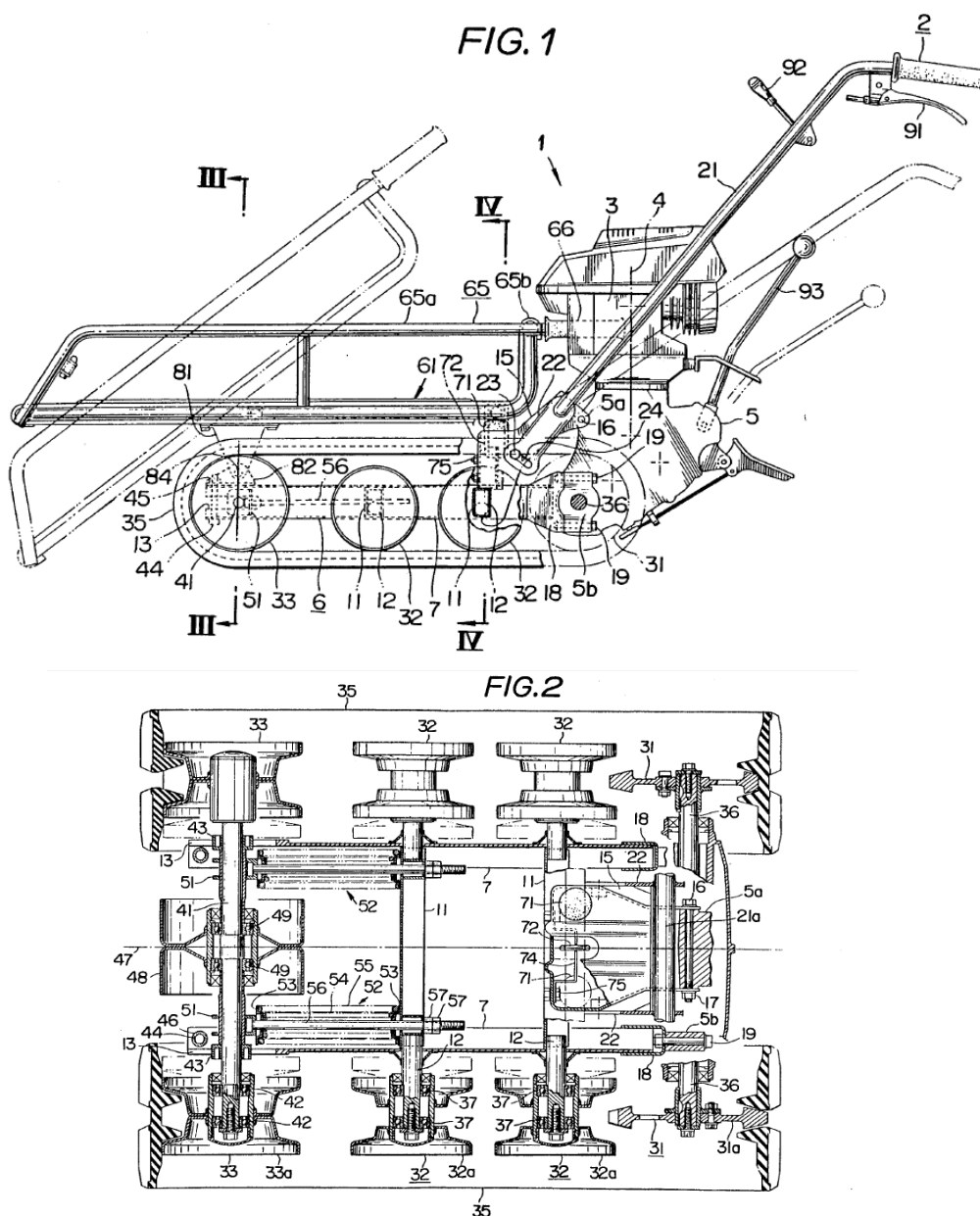
Patent US6523905 je zamišljen kao veće vozilo s pogonom na gusjenice. Vozač je smješten u vozačkoj kabini a teretni prostor je na stražnjem dijelu vozila.



Slika 16 Patent US6523905

2.2.5. Patent US5064011

Na slici 17 prikazan je transporter pokretan gusjenicama. Nema predviđeno mjesto za vozača a upravljanje je preko upravljača na kojem su postavljene kontrole za pogonski agregat. Skretanje uređaja se vrši regulacijom brzine ili smjera vrtnje gusjenica. Tovarni prostor je postavljen s prednje strane a ljudskom snagom se preko poluge podiže te se istovaruje teret. Pogonske remenice su vezane na pogonski agregat preko mjenjačke kutije.

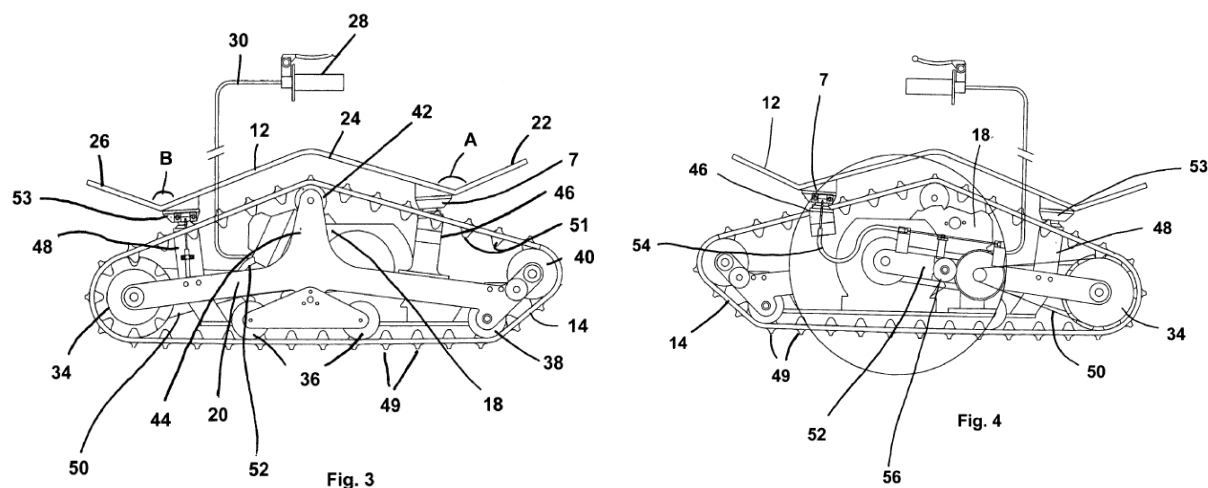


Slika 17 Patent US5064011

Na slici 17 prikazan je prijenos snage na pogonsku remenicu te konstrukcija gonjenih remenica. Ovakav uređaj bio bi pogodan za zahtjevnije terene ali bi zbog malog međuosovinskog razmaka teže savladavao jake strmine ili padove.

2.2.6 Patent US7575075B2

Patent US7575075B2 prikazuje izvedbu gusjenice koja je primjenjiva za teške terene. S postavljenim kosinama na početku i kraju gusjenice, te opružnim sustavom koji omogućuje vertikalni pomak prednjeg lančanika olakšano je kretanje po jakim usponima/padovima. Na ovom konkretnom patentu upravljanje uređajem je izvedeno naginjanjem platforme a time i promjenom brzine okretanja gusjenica.



Slika 18 Patent US7575075B2

3. Definiranje problema

Transporteri opisani u poglavlju 2. koriste se uglavnom na gradilištima, u skladištima otvorenog tipa ili u pogonima gdje prostor na kojem rade, odnosno teren, nije osobito zahtjevan. Takvi transporteri su u potpunosti razvijeni i ponuda rješenja zadovoljava potrebe tržišta. Istraživanjem tržišta došao sam do zaključka da ponuda transportera koji su predviđeni za posebno zahtjevne terene prikazane na slici 19. zapravo skromna.



Slika 19 Zahtjevni tereni za standardne transportere

Mnogi transporteri koji su predviđeni za takve terene su uglavnom u konceptualnoj fazi i nisu dovoljno prilagođeni za plasiranje na tržište, a plasiraju se uglavnom kupcima koji traže posebna vozila. Pod tim transporterima ne mislim striktno na transportere materijala, jer zbog male ponude nema smisla suziti izbor samo na takvu vrstu transportera, već i na transportere ljudi, opreme i sl. Oni svojom cijenom odskakuju od cijenovnih mogućnosti poljoprivrednog, šumarskog ili privatnog sektora. Najbolji primjer je transporter DTV Shredder proizvođača BPG Werks, prikazan na slici 20. Proizvođač je svoje tržište pronašao u vojnom sektoru, a transporter se koristi za prijevoz vojnika, uz mogućnost instalacije dodatne opreme (oružja, daljinsko upravljanje itd.).



Slika 20 BPG Werks, DTV Shredder

Zbog male ponude transportera materijala, predviđenih za vrlo zahtjevne terene, mislim da bi se razvojem novog vozila tog tipa mogla zadovoljiti potreba poljoprivrednog, šumarskog i građevinskog sektora, pod uvjetom da su vozila cijenom dostupna tim sektorima.

4. Zaključak analize tržišta

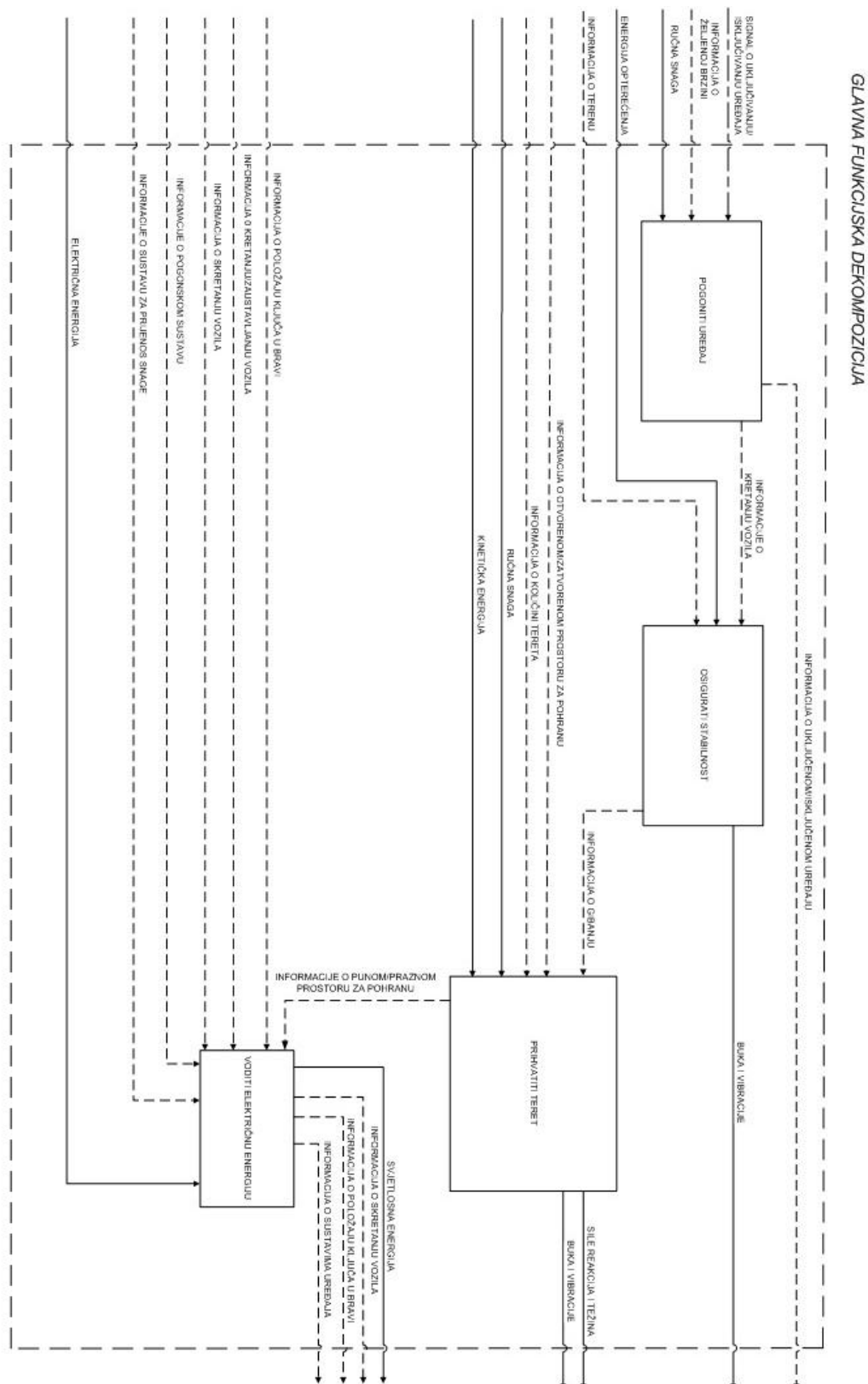
Uz provedenu analizu tržišta smatram da razvoj transportera za nepristupačne terene, s obzirom na trenutnu ponudu, ima smisla kao i svoju komercijalnu isplativost. Tržišta za plasman takvog proizvoda su primarno poljoprivredno, šumarsko i građevinsko tržište, a proizvod se također može plasirati i na tržišta opreme za istraživanje, opreme za sektor rudarstva, spasilačke opreme te tržišta specijalizirane opreme kao što je na primjer vojna oprema.

Smjer u kojem će se kretati razvoj transportera je dakle uređaj s mogućnosti prijevoza materijala na vrlo zahtjevnim terenima, sa razvijenim ovjesom koji će spriječavati rasipanje a opet nesmetano kretanje. Vanjske dimenzije transportera ne bi trebale prelaziti 2 metra dužine te 2 metra širine, kako bi se osigurala dovoljna veličina tovarnog prostora, a istovremeno prilagodilo uređaj vrsti terena. Uređaj bi trebao biti pogonjen motorom s unutrašnjim izgaranjem zbog jednostavnosti upravljanja, kontrole uređaja i lokacija za koje je uređaj namijenjen, a na kojima je otežano dovodenje električne energije za napajanje uređaja. Također, obzirom na predviđena područja rada, maksimalna nosivost uređaja ne bi trebala prelaziti 650 kg. Zahtjevni tereni iz područja poljoprivrede, šumarstva, rudarstva i građevine su često na kosini, pa će proračun pogonskog agregata, ovjesa i prostora za prihvrat tereta biti izrađeni za terene kategorizirane kao nagnuti tereni (nagib 16%-26%).

Osnovni zahtjevi definirani za izradu koncepta uređaja su:

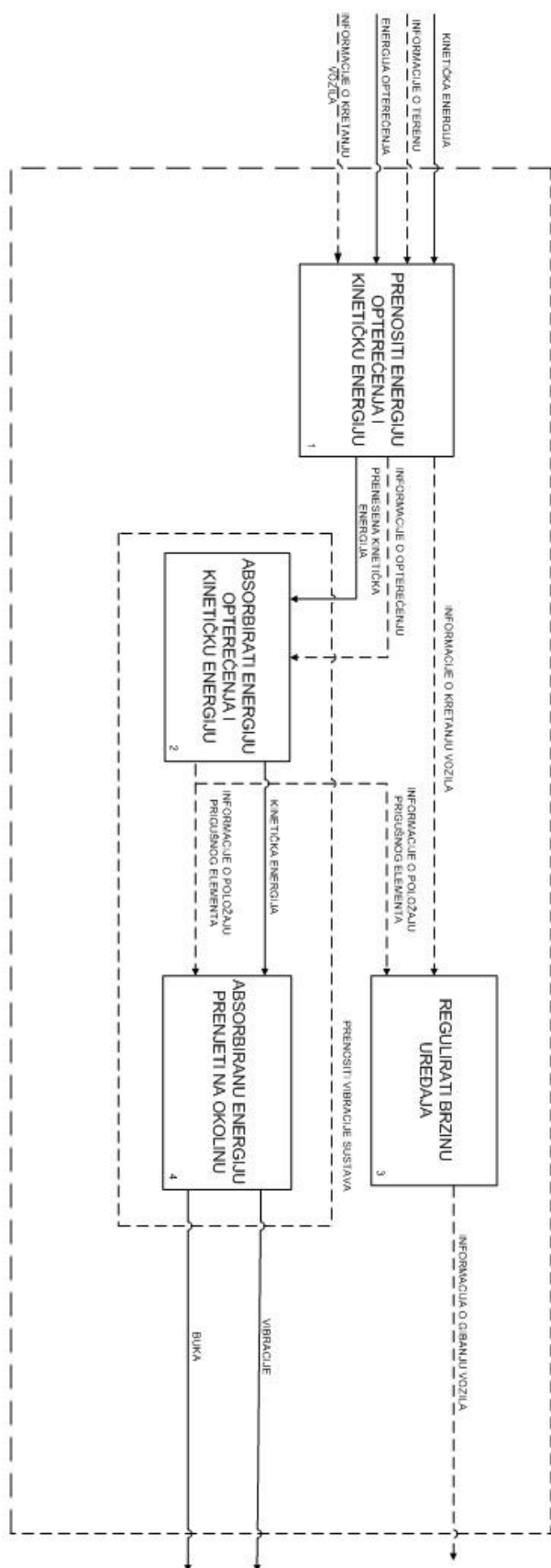
- Osigurati stabilnost uređaja na zahtjevnom terenu
- Osigurati sigurnost i stabilnost transportiranog materijala
- Omogućiti laku upravljivost uređajem
- Kontrolirati brzinu uređaja
- Omogućiti dovoljnu zapreminu tovarnog prostora
- Prilagoditi veličinu uređaja vrsti terena
- Što jednostavnija konstrukcija uređaja zbog teških uvijeta rada
- Osigurati mogućnost nadogradnje za specijalne potrebe kupca
- Omogućiti zasebni rad pojedinih funkcija uređaja
- Uređaj pokretati motorom s unutrašnjim izgaranjem
- Ograničiti nosivost uređaja na 650 kg.
- Nagib terena, predviđenog za područje rada uređaja, je maksimalno 26%.

5. Funkcijska dekompozicija

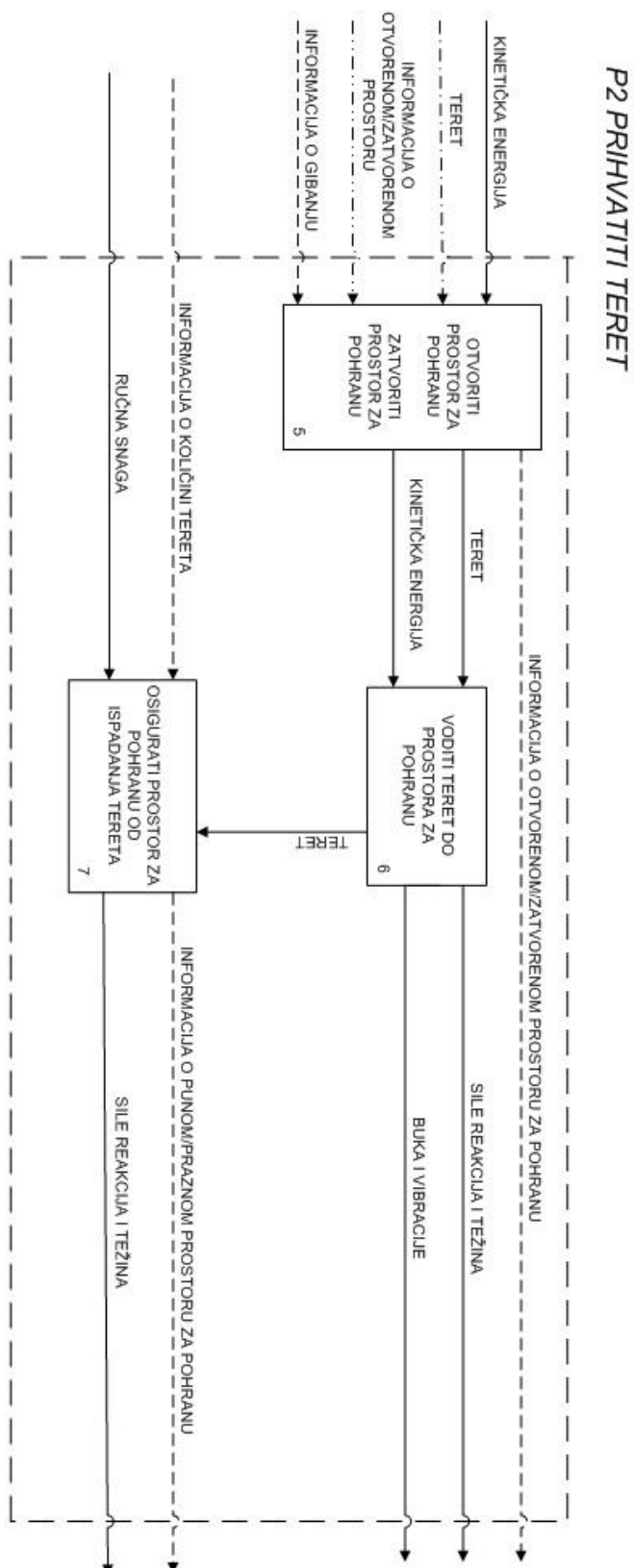


Slika 21 Glavna funkcijska dekompozicija

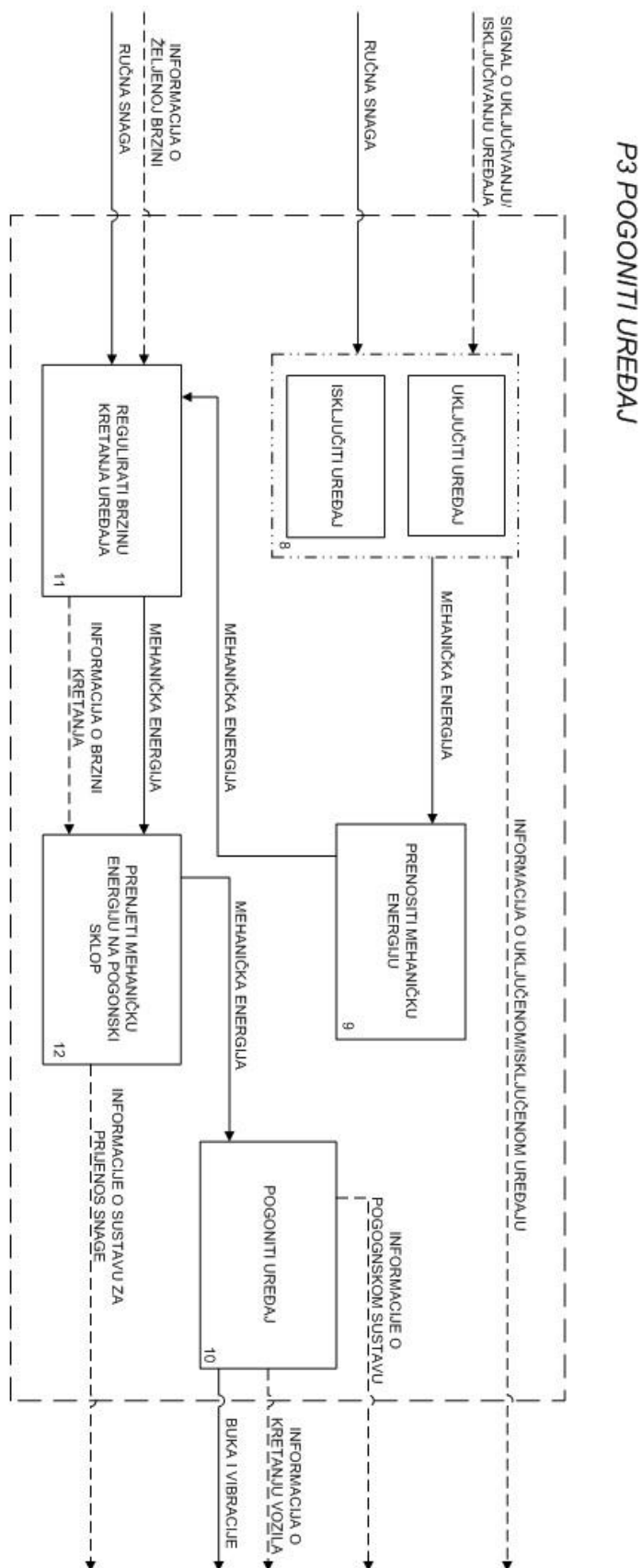
P1 OSIGURATI STABILNOST



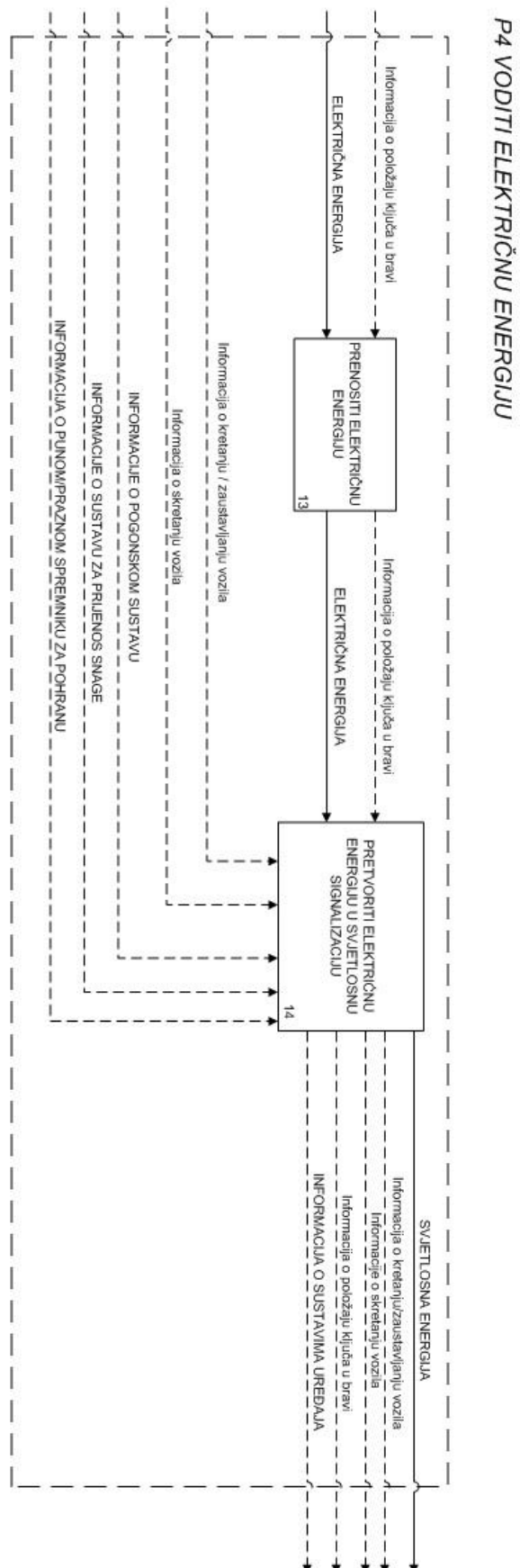
Slika 22 P1 Osigurati stabilnost



Slika 23 P2 Prihvatiti teret

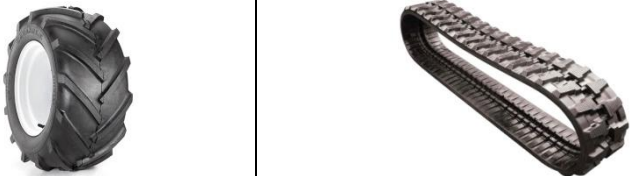
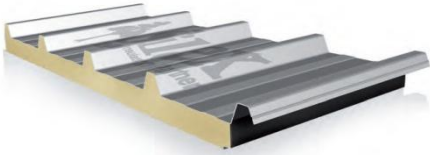


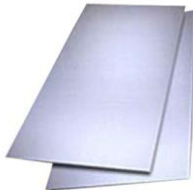
Slika 24 P3 Pogoniti uređaj



Slika 25 P4 Voditi električnu energiju

6. Morfološka matrica

Redni broj	Parcijalna funkcija	PRINCIPI I RJEŠENJA		
1	Prenositi energiju opterećenja i kinetičku energiju			
2	Absorbirati energiju opterećenja i kinetičku energiju			
3	Regulirati brzinu uređaja			
4	Absorbiranu energiju prenijeti na okolinu			
5	Otvoriti/zatvoriti prostor za pohranu			
6	Voditi teret do prostora za pohranu			

7	Osigurati prostor za pohranu od ispadanja tereta			
8	Uključiti/isključiti uređaj			
9	Prenositi mehaničku energiju			
				
10	Pogoniti uređaj			
11	Regulirati brzinu uređaja			

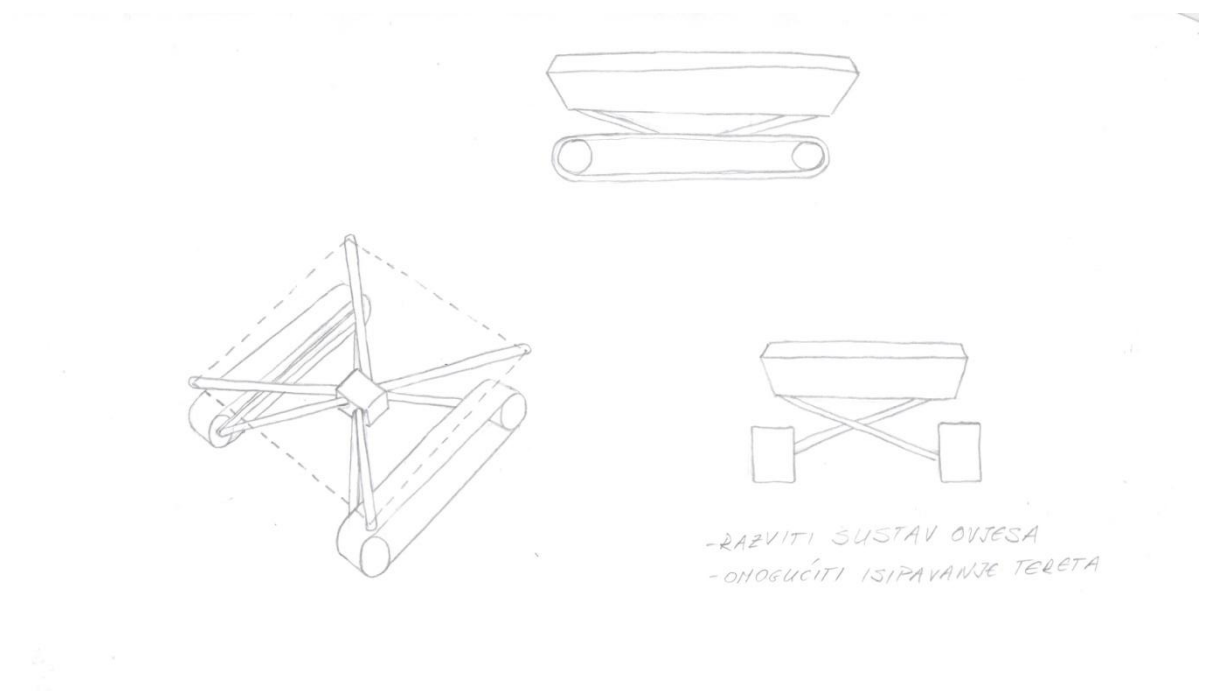
12	Prenijeti energiju na mehanički sklop			
13	Prenositi električnu energiju			
14	Pretvoriti električnu energiju u svjetlosnu signalizaciju			

7. Koncepti

7.1 Koncept 1

Pogonski sustav koncepta 1 je izveden preko gusjenica. Pogon je konstruiran preko jednostavne konstrukcije s paralelno izvedenim zateznim elementom, bez sustava ovjesa kao sastavnog dijela pogona. Ovjes koji podupire tovarni prostor je zamišljen preko četiri međusobno povezana spojna elementa. Svaki element je spojen na pogon te podupire dijagonalno suprotnu stranu nosača tovarnog prostora. U slučaju većih nagiba, ukoliko se jedna strana pogona spusti u odnosu na referentnu ravninu, dijagonalno suprotna strana se također spušta te tako održava tovarni prostor vodoravnim. Preko tako izvedenog sustava tovarni prostor je uvijek u vodoravnom položaju te se sprječava isipavanje tereta. Upravljanje ovakvim uređajem vršilo bi se preko daljinskog upravljanja jer zbog kompliciranosti izvedbe nije moguće ostvariti prostor za vozača.

Problem kod koncepta 1 je komplicirana izvedba takvog sustava ovjesa, te održavanja istog u okolini u kojoj je predviđeno rad transportera.

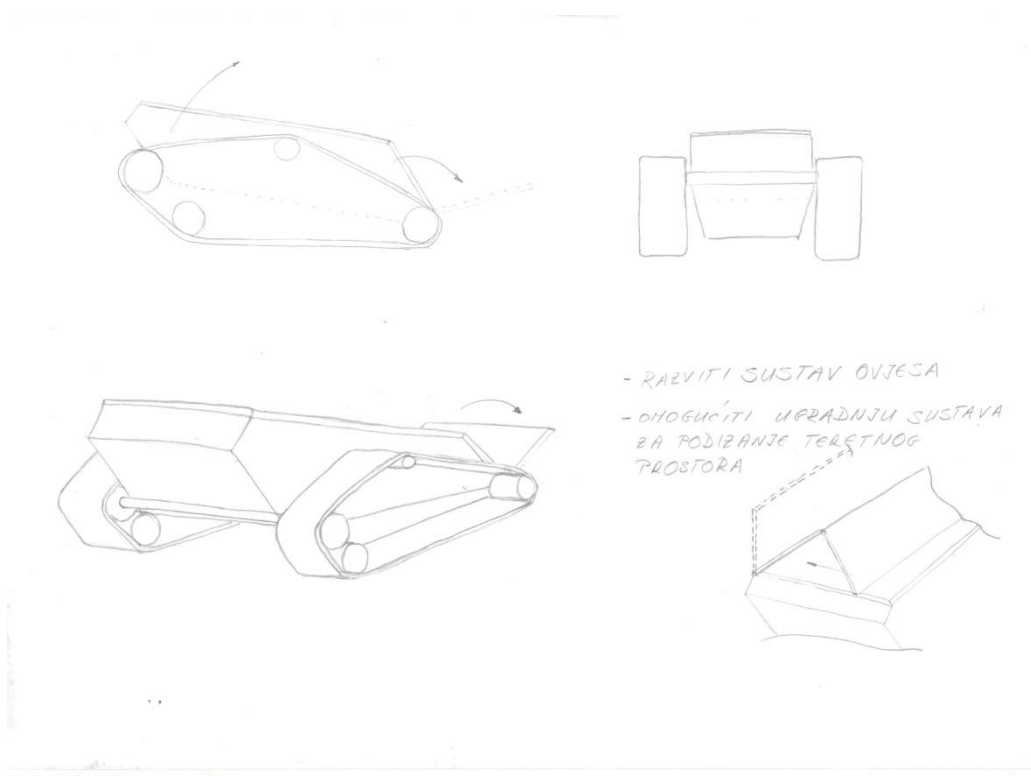


Slika 26 Koncept 1

7.2. Koncept 2

Princip pogona ovog koncepta, kao najvažnijeg dijela transportera, je izveden preko tri vodeća elementa koji nisu postavljeni u istoj ravni. Ovakvom konstrukcijom dobiva se mogućnost lakšeg savladavanja teških terena, uspona na veće kosine te bolje ublažavanje manjih oscilacija terena. Za koncept je potrebno razviti način zadržavanja napetosti gusjenica pošto je uz ovakve vodeće elemente nemoguće zadržati traženu napetost. Tovarni prostor je smješten između pogonskih gusjenica s blagim nagibom prema pogonskim lančanicima, kako bi se osiguralo neprekidno opterećenje na pogonski lančanic te tako smanjilo klizanje pogonskog dijela gusjenice. Osiguranje od isipavanja tereta je jednostavan oblik tovarnog prostora, a u ovakvoj konstrukciji možemo postaviti dovoljno velik tovarni prostor da bi se dobila željena nostivost. Upravljanje transportera omogućilo bi se daljinskim upravljanjem. Kako zbog vrlo zahtjevnih terena nisu potrebne velike brzine kretanja transportera daljinko upravljanje je zadovoljavajući način upravljanja uređajem. Zbog daljinskog upravljanja uređajem i ograničenih dimenzija predviđenih za pogonski agregat, za ovaj koncept odabran je pogon preko elektromotora. Dva elektromotora su postavljena na svaki pogonski lančanic, a reguliranjem brzine okretanja elektromotora regulira se usmjeravanje i brzina transportera.

Problem ovog koncepta je nezgodna izvedba pogonskog sklopa te smještaja istog bez smanjivanja volumena tovarnog prostora.

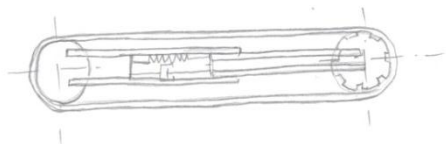


Slika 27 Koncept 2

7.2.1. Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 1

Ovaj koncept je izveden preko jednostavnog prigušnog i opružnog elementa, postavljenog u ravni s gusjenicama. Napetost se zadržava zbog konstantnog pritiska na prednji vodeći lančanic. Osiguranje od iskliznuća gusjenica su vodilice postavljene paralelno s geometrijom pogona.

Nedostatak ovakve izvedbe je neprilagođenost oblika gusjenice za zahtjevne terene. U slučaju većih prepreka na terenu ovakav oblik pogona nije u mogućnosti savladati iste.



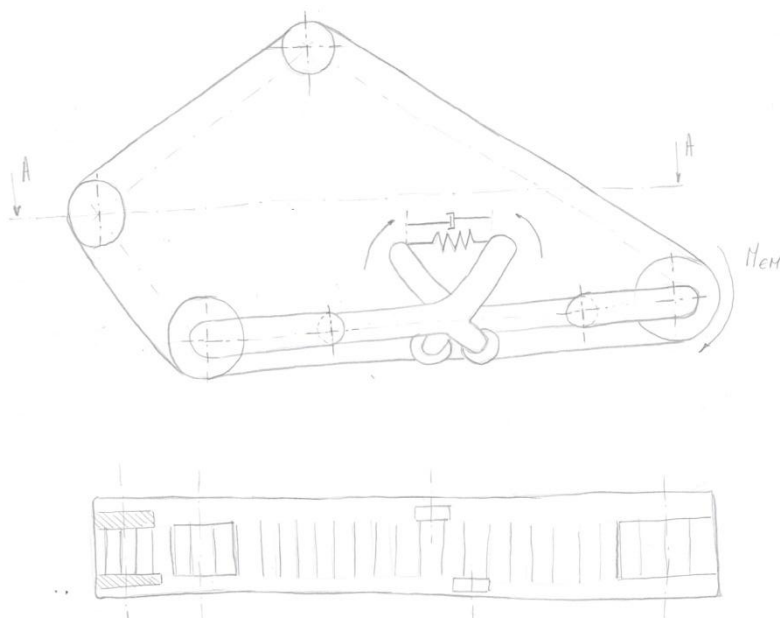
- Prigušni i opružni element postavljeni su paralelno s gusjenicom
- Preko dvaju nosača, kojima je omogućen aksijalni pomak, ostvaruje se napetost; osigurava tražena napetost gusjenice

Slika 28 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 1

7.2.2. Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 2

Prilično jednostavnom izvedbom opružnog sustava i vođenja u četiri točke dolazimo do oblika gusjenica pogodnog za zahtjevnu konfiguraciju terena. Sustav je izveden preko dvaju poluga međusobno povezanih opružnim i prigušnim elementom. Na poluge su dodani i kotači koji služe za vođenje gusjenice, a i osiguranje od ispadanja iz željenog položaja. Sustav nije kompliciran i omogućava jednostavnu ugradnju i održavanje.

Nedostatak ovakve izvedbe su pomični dijelovi podložni habanju te su potrebni dijelovi koji mogu podnijeti velika opterećenja. Također, dijelove je potrebno zaštititi od prašine i ostalih prljavština koje su u doticaju s istima.

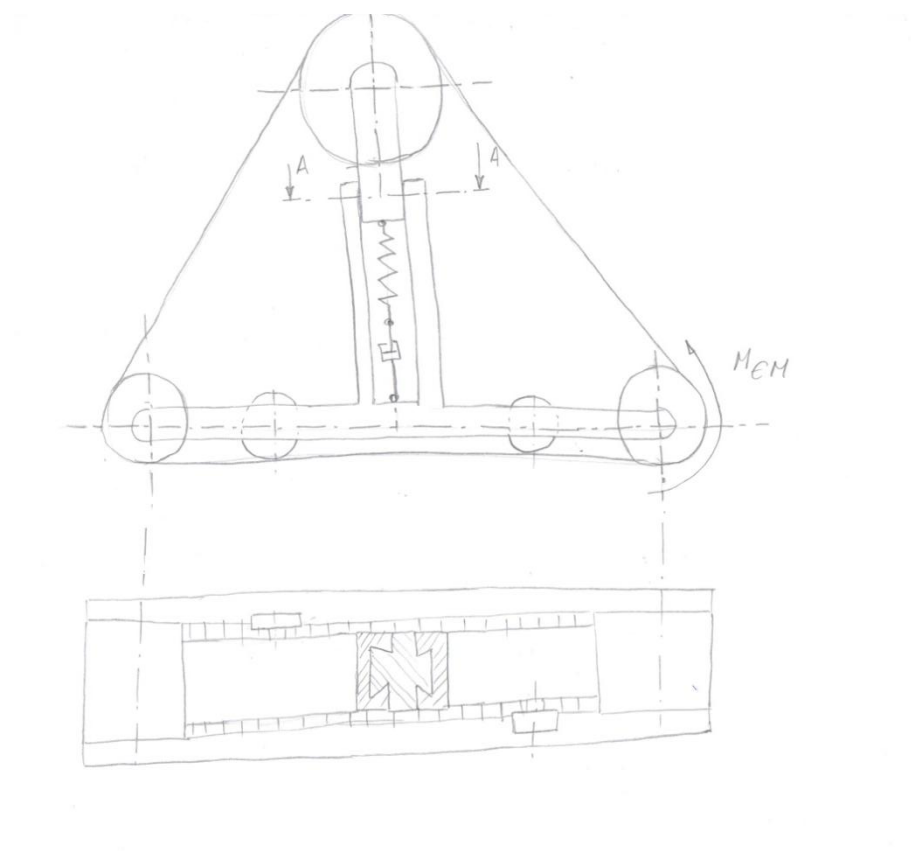


Slika 29 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 2

7.2.3. Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 3

Princip zadržavanja napetosti u gusjenicama riješen je preko vertikalno postavljenog lančanika koji s pogonskim i prednjim lančanicom tvori trokutasti oblik gusjenice. Pogonski agregat smješten je na stražnji lančanik, dok je između spojnih elemenata postavljen prigušni i opružni element. Napetost pogonske gusjenice je vrlo dobra a izvedba cijelog koncepta je prilično jednostavna.

Nedostatak ovakve izvedbe je u obliku pogonske gusjenice koja nije predviđena za zahtjevne terene. Iako je osigurana napetost gusjenice u slučaju opterećenja u jednoj točki dolazi do naglih pomaka cijelog transportera a time i prosipanja tereta u tovarnom prostoru. Ovakva izvedba gusjenica je također nezgodna za transportere većih dimenzija.

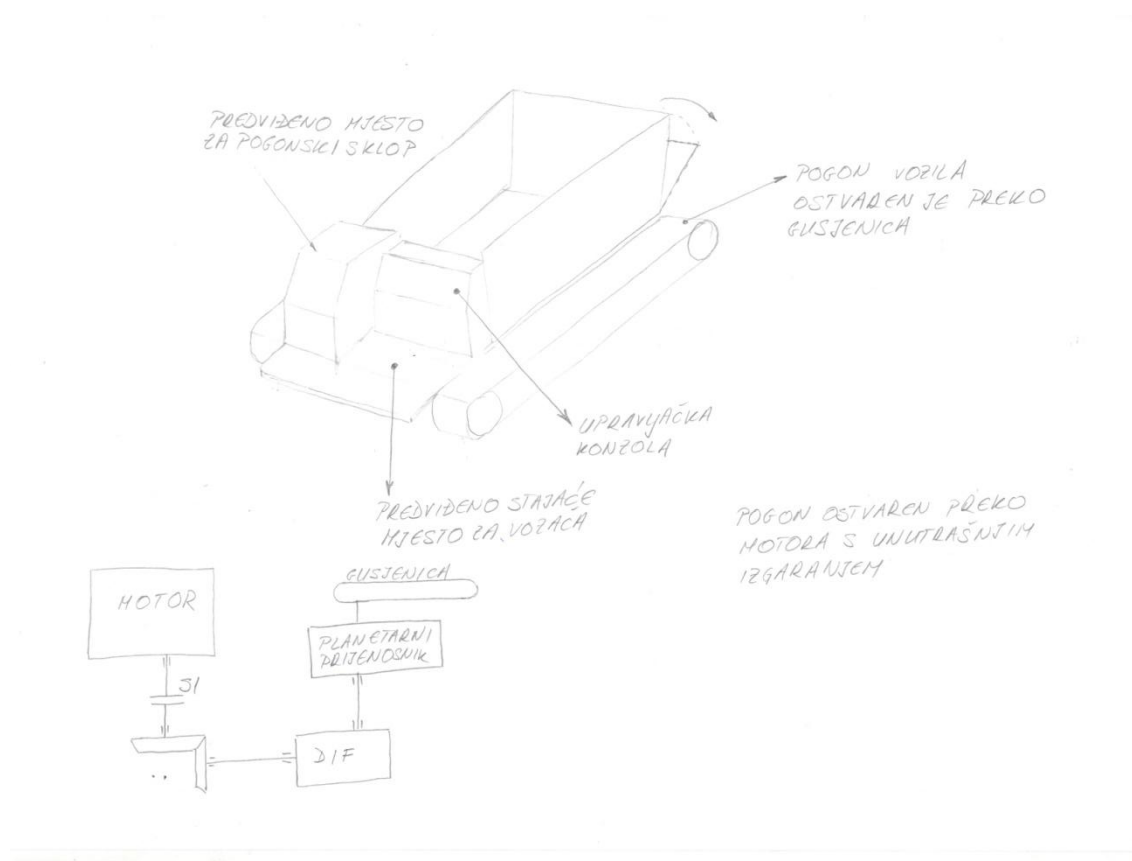


Slika 30 Koncept zadržavanja napetosti u gusjenicama 3

7.3. Koncept 3

Upravljački sustav koncepta 3 je izveden direktno na uređaju s predviđenim mjestom za vozača. Pogon je također izveden preko gusjenica. Gabariti ovog koncepta su relativno veći u odnosu na prethodna dva zbog upravljačkog mjesta za vozača. Gusjenice su izvedene preko relativno jednostavne konstrukcije sa samo jednim zateznim elementom. Pogon transporterova ovakvih gabarita trebao bi biti ostvaren preko motora s unutrašnjim izgaranjem zbog relativno veće potrebne snage agregata da bi se ostvario potrebni pokretni moment na pogonskom lančanicu.

Problem koncepta 3 je upravo u većim gabaritima transporterova te nezgodnom upravljanju i položaju vozača na zahtjevnim terenima. U slučaju većih nagiba ili velikih oscilacija u konfiguraciji terena vozaču je komplicirano ostati u uspravnom/sjedećem položaju te zadržati kontrolu nad transporterom.

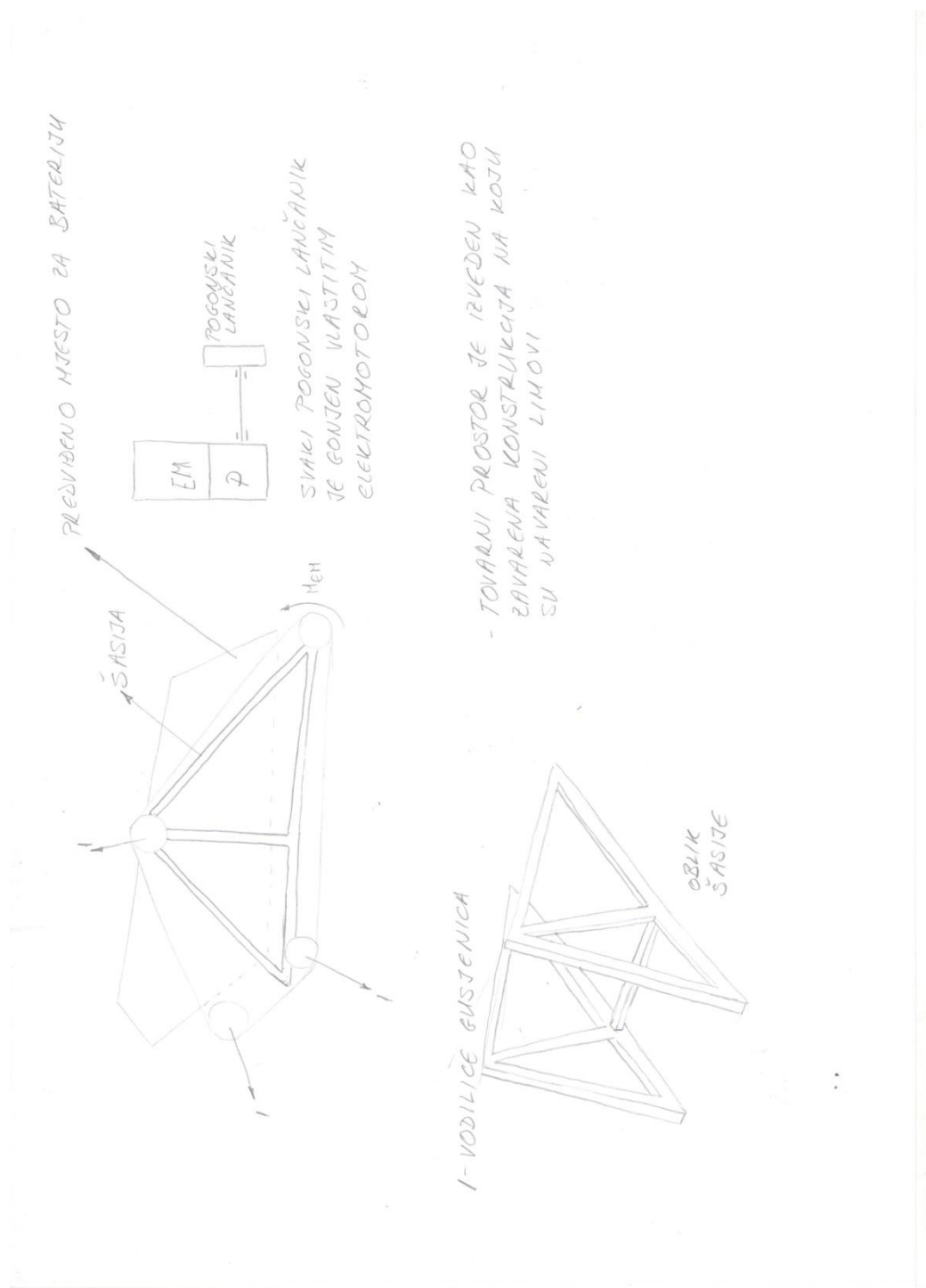


Slika 31 Koncept 3

7.4 Vrednovanje koncepata

Kriterij	Koncepti						
	1	2	3		1	2	3
Kompliciranost izvedbe							
Kompaktnost	-	+	-		+	+	+
Jednostavnost uporabe	-	+	+		-	+	-
Broj elemenata	-	+	-		+	-	+
Standardni dijelovi	-	-	+		+	+	-
Masa	+	+/-	-		+	+	-
Tovarni prostor	-	+	+				
Stabilnost	+/-	+	-		-	+	-
Cijena	+/-	+/-	-		+	-	+
Σ	-4	4	-3		2	4	-2

7.5 Grube skice odabranog koncepta



Slika 32 Grube skice odabranog koncepta

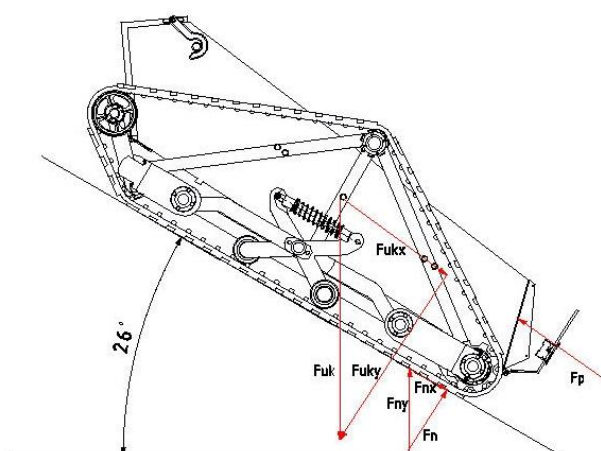
8. Zaključak razrade koncepata

Kroz funkcijsku dekompoziciju transportera za nepristupačne terene, te morfološku matricu zadanih funkcija došli smo do osnovnih zahtjeva koje sklop treba ispunjavati. Najvažniji problem koji konstrukcijski treba riješiti je savladavanje zahtjevnog terena opisanog u poglavlju 3. Također treba riješiti i problem isipavanja tereta koji se može riješiti razvojem sustava ovjesa ili konstrukcijskim rješenjem tovarnog prostora. Razradom koncepata odabran je koncept koji rješava problem isipavanja tereta i savladavanja zahtjevnog terena preko konstrukcije ovjesa pogonskog sklopa. Pogonski sklop je realiziran preko sustava poluga koje se međusobno učvršćene prigušnim i opružnim elementom. Na taj način postizemo potrebnu napetost gusjenica, a opet dovoljno ublažavanje oscilacija u konfiguraciji terena. Te kriterije je zadovoljio koncept broj 4, te na temelju njega krećemo s proračunom i modeliranjem konačnog transportera.

9. Proračun

9.1 Proračun potrebne snage elektromotora

Jednostavan proračun elektromotora proveden je da bismo dobili okvirne podatke o traženom maksimalnom okretnom momentu pogonskog vratila i maksimalnoj kutnoj brzini pogonskog vratila. Brzina transportera će se regulirati preko kontrolnog sklopa koji će brzinu vrtnje, a time i okretni moment prilagođavati zahtjevima korisnika.



Slika 33 Plan sila na transporteru na kosini

Najveće opterećenje EM je pod najvećim kutem te kod maksimalne nosivosti. Pretpostavljeni koeficijent trenja podloge je $\mu = 0,4$.

Zadane veličine su:

$m_{tereta} = 600 \text{ kg}$ – maksimalna predviđena nosivost

$m_{uređaja} \cong 700 \text{ kg}$ - masa uređaja

$\mu = 0,4$ - koeficijent trenja podloge

$\alpha = 26^\circ$ - maksimalni predviđeni kut nagiba

$v_{max} = 5,5 \text{ m/s}$ - maksimalna predviđena brzina kretanja

$d_p = 250 \text{ mm}$ - promjer pogonskog lančanika

Ukupna masa tereta i uređaja

$$m_{uk} = m_{tereta} + m_{uređaja} = 600 + 700 = 1300 \text{ kg}$$

Ukupna sila tereta i uređaja

$$F_{uk} = (m_{tereta} + m_{uređaja}) \cdot g = (600 + 700) \cdot 9,81 = 12753 \text{ N}$$

Ukupna sila u smjeru osi x

$$F_{ukx} = F_{uk} \cdot \sin\alpha + F_{uk} \cdot \cos\alpha \cdot \mu = 12753 \cdot \sin 26^\circ + 12753 \cdot \cos 26^\circ \cdot 0,4 = 10031 \text{ N}$$

Ukupna sila u smjeru osi y

$$F_{uky} = F_{uk} \cdot \cos\alpha = 12753 \cdot \cos 26^\circ = 11300 \text{ N}$$

Sila pokretanja uređaja

$$F_{pok} \geq F_{ukx} \geq 10031 \text{ N}$$

Traženi moment na pogonskom vratilu je:

$$M_{EM} = F_{pok} \cdot \frac{d}{2} = 10031 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 1253 \text{ Nm}$$

Traženi moment će biti raspodjeljen na dva dijela jer je konstrukcija izveden tako da je svaki pogonski lančanik pogonjen zasebnim elektromotorom.

Tražena kutna brzina na pogonskom vratilu je:

$$v = \omega \cdot \frac{d}{2}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot v}{d} = \frac{2 \cdot 5,5}{0,125}$$

$$\omega = 88 \text{ s}^{-1}$$

Dakle, traženi uvijeti elektromotora su:

$$M_{EM} \geq 650 \text{ Nm}$$

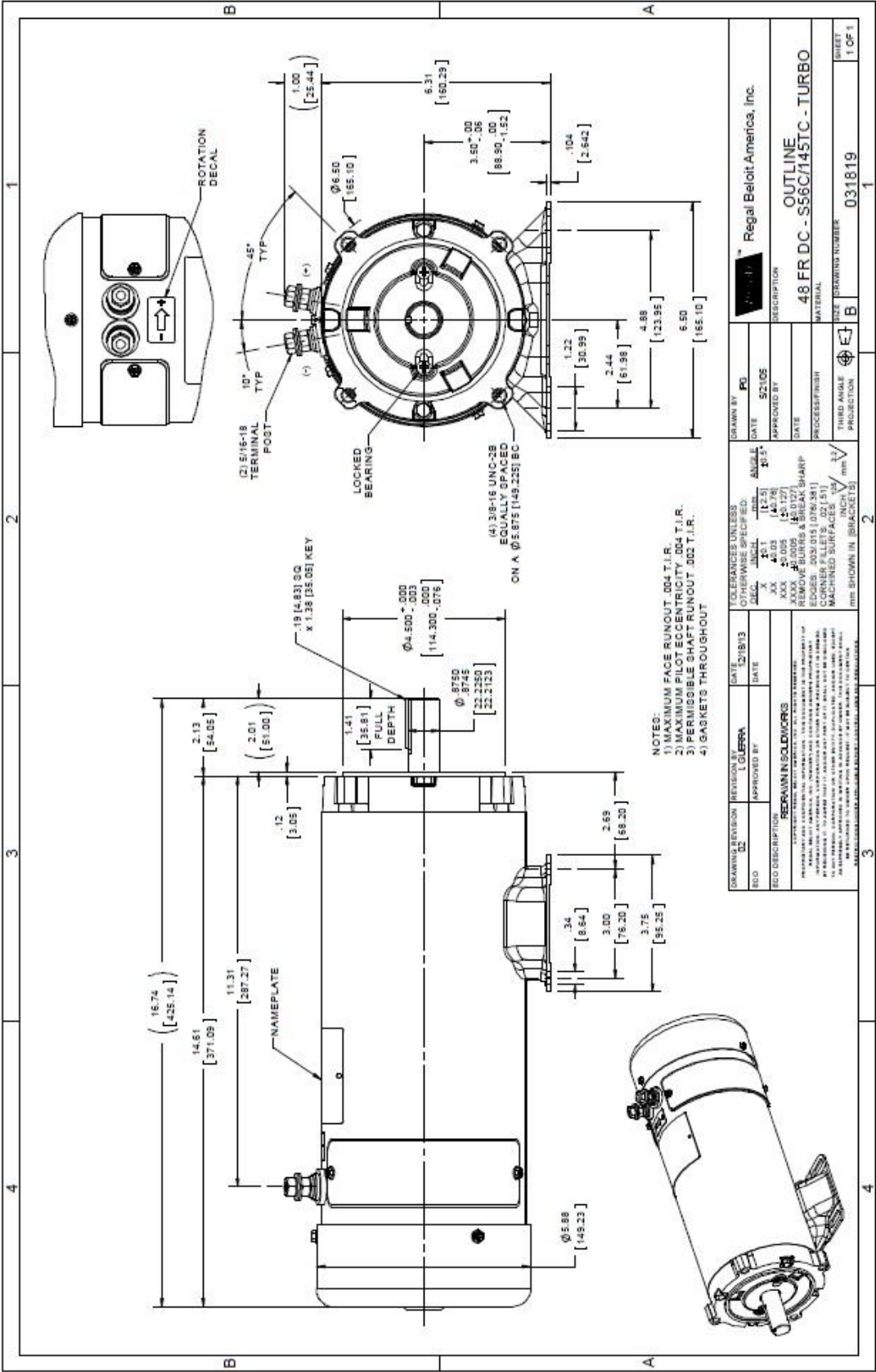
$$\omega \approx 88 \text{ s}^{-1}$$

Za postizanje traženih zahtjeva odabran je istosmjerni elektromotor tvrtke LEESON MOTORS model 48FR-DC-S56C/145TC-TURBO.

Engineering Data			
RPM	1800	HP	2
KW		Form Factor	1.00
KW2		Form Factor 2	
Volts	24	Frame	56C
Max Amb	40	Duty	CONT
Insul Class	F	Enclosure	TEFC
Protection	NOT	Protector	
EFF	85.8%	Torque	70 LB-IN
UL	Yes	CSA	Yes
Motor Wt.	45 LB	Nameplate	080209
Carton Label	Leeson Gen Purpose		
Assembly		Mounting	C-Face Rigid
Winding	D63426	Ext. Diag.	
GROUP:	1 A	Shaft Dia.	7/8 IN
Sub Group	A	Paint	305000.01
Test Card	01	Outline	031819
		Rotation	RECONN
		Ext. Diag2	
		Packaging	PG659401.04Z
		Cust Part No	
		RMS Amps	
		RMS Amps	
		Peak	
AB Code		Peak@DegC	
Resistance			
Connection		Const Torque Speed Range	

Performance							
Torque UOM		879 LB-IN	Inertia (WK.)		23 LB-IN^2		
Torque		0	70		140		
CURRENT (amps)		6.7	64.8		121		
Efficiency (%)		0	.858		.847		
PowerFactor							
Load Curve Data							
Output Pwr (HP)	RPM	AMP	Torque (LB-IN)	Eff	Watts	Watts Loss	Volts
0	1766	6.7	0	0	0	162	24
1.8	1610	64.8	70	.858	1334	221	24
3.3	1482	121	140	.847	2456	442	24

Tablica 5 Tehničke karakteristike odabranog motora



Za postizanje traženih vrijednosti momenta i brzine vrtnje uz odabrani elektromotor odabran je i pužni prijenosnik tvrtke RENOLD, model jPM 30 M2.2 L25.



jPM Unit Ratings - Single Reduction

NOMINAL RATIO 25 TO 1



IMPORTANT

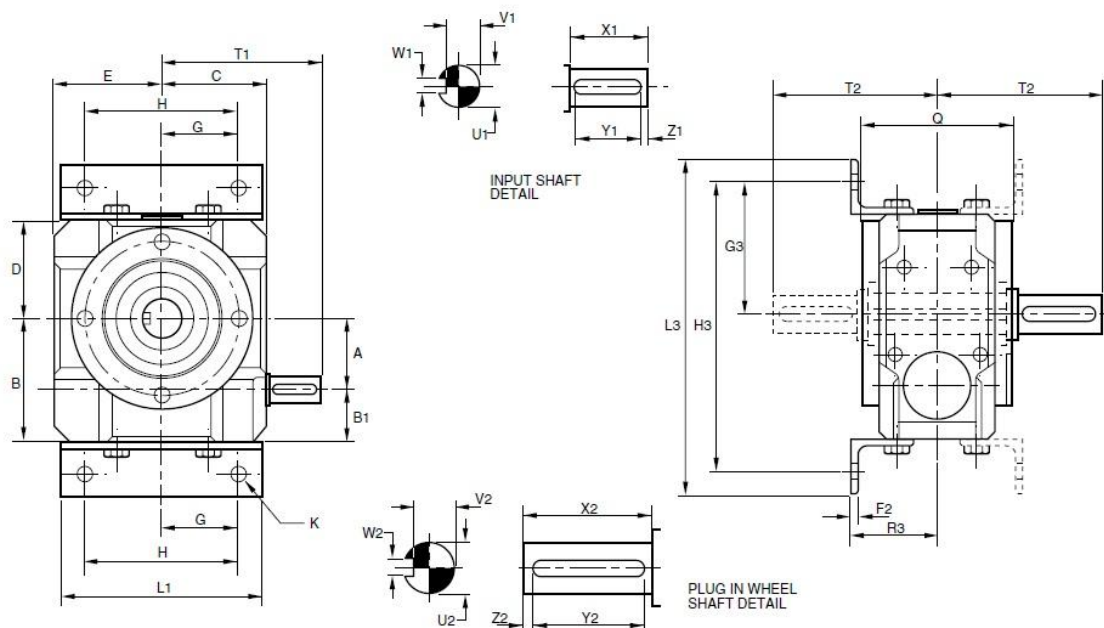
Units to ATC approval must be selected with a minimum service factor of 1.25

DESCRIPTION	UNIT SIZE				
	11	17	22	26	30
ACTUAL RATIO	25:1	25:1	49:2	49:2	25:1
1500 RPM INPUT					
Output speed RPM	60.0	60.0	61.2	61.2	60.0
Input power kW	0.23	0.58	1.06	1.61	2.34
Output power kW	0.18	0.47	0.92	1.38	1.98
Output torque Nm	29	75	144	216	315
1000 RPM INPUT					
Output speed RPM	40.0	40.0	40.8	40.8	40.0
Input power kW	0.19	0.47	0.84	1.26	2.14
Output power kW	0.14	0.37	0.70	1.06	1.76
Output torque Nm	34	89	163	247	423
750 RPM INPUT					
Output speed RPM	30.0	30.0	30.6	30.6	30.0
Input power kW	0.15	0.41	0.68	1.05	1.99
Output power kW	0.11	0.32	0.56	0.87	1.61
Output torque Nm	37	100	174	271	513
500 RPM INPUT					
Output speed RPM	20.0	20.0	20.4	20.4	20.0
Input power kW	0.12	0.33	0.47	0.77	1.53
Output power kW	0.09	0.25	0.38	0.62	1.20
Output torque Nm	41	120	177	291	575
250 RPM INPUT					
Output speed RPM	10.0	10.0	10.2	10.2	10.0
Input power kW	0.073	0.21	0.24	0.40	0.95
Output power kW	0.055	0.15	0.19	0.31	0.73
Output torque Nm	48	142	175	289	686

www.renold.com

Slika 34 Tvornički podaci odabranog pužnog prijenosnika

Na slici 35 prikazane su osnovne dimenzije pužnog prijenosnika.



FOOT MOUNTING-TYPE 4

Unit Ref.	A	B	B1	C	D	E	Q	F2	G	H	L1	K	G3
JPM11	28.57	55	26.43	52	42	42	78	3	35	70	84	7	60
JPM17	44.45	85	40.55	78	60	67	98	5	47.5	95	130	12	84
JPM22	57.15	105	47.85	90	80	90	126	6	57.5	115	160	12	110
JPM26	66.67	117	50.33	97	92	102	140	6	72.5	145	190	14.5	122
JPM30	76.2	135	58.8	105	100	120	156	6	80	160	200	14.5	135

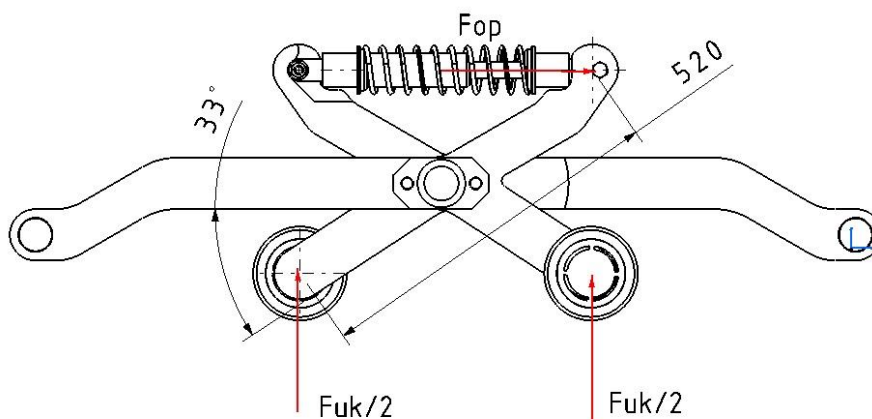
Unit Ref.	H3	L3	R3	T1	U1	V1	W1	X1	Y1	Z1
JPM11	133	157	41	84	12.008 11.997	9.5 9.4	3.988 3.958	30	25	2.5
JPM17	193	225	51	120	16.009 15.996	13.0 12.9	4.988 4.958	40	36	2
JPM22	245	285	65	132	19.009 18.996	15.5 15.4	5.988 5.958	40	36	2
JPM26	269	309	72	149	24.009 23.996	20.0 19.8	7.985 7.949	50	40	5
JPM30	305	355	80	157	24.009 23.996	20.0 19.8	7.985 7.949	50	40	5

Unit Ref.	T2	U2	V2	W2	X2	Y2	Z2
JPM11	80	16.008 15.997	13.0 12.9	4.988 4.958	40	36	2
JPM17	100	22.009 21.996	18.5 18.4	5.988 5.958	50	45	3
JPM22	125	28.009 27.996	24.0 23.8	7.985 7.949	60	50	5
JPM26	155	32.018 32.002	27.0 26.8	9.985 9.949	80	70	5
JPM30	195	40.018 40.002	35.0 34.8	11.982 11.949	110	100	5

Slika 35 Odabrani pužni prijenosnik Renolds jPM 30 M2.2 L25.

9.2 Odabir prigušnog elementa ovjesa

Za održavanje napetosti gusjenice, za ovako izveden sustav ovjesa, izabran je prigušni element. Prigušni element je odabran na temelju proračuna sila koje djeluju na sklop za održavanje napetosti. Proračun je napravljen za slučaj maksimalnog opterećenja na dio gusjenice na kojem se sklop nalazi.



Slika 36 Plan sila na sustavu za održavanje napetosti

$F_{uk} = 12753 \text{ N}$ – maksimalna sila na vodećim elementima ovjesa

Suma momenata oko ležajnog mjesta je jednaka nuli:

$$\sum M = F_{uk} \cdot \frac{520}{2} \cdot \cos 33^\circ + F_{op} \cdot \frac{520}{2} \cdot \sin 33^\circ = 0$$

$$F_{uk} \cdot \frac{520}{2} \cdot \cos 33^\circ = F_{op} \cdot \frac{520}{2} \cdot \sin 33^\circ$$

Maksimalna sila djelovanja na oprugu:

$$F_{op} = \frac{F_{uk} \cdot \frac{520 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \cos 33^\circ}{\frac{520 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \sin 33^\circ}$$

$$F_{op} = 19722,27 \text{ kN}$$

Sukladno proračunu odabran je prigušni element Haenchen 12 Series 300/24,1. Podaci amortizeru su dani u tablici 6.

Forces of Hänchen hydraulic cylinders				 Series 120 120 bar		 Series 120 150 bar		 Serie 120 200 bar		 Series 300 300 bar		 DIN 24336 Series 100 100 bar		 ISO 6020-1 Series 160 160 bar		 ISO 6022 Series 250 250 bar		 ISO 6020-2 Series 660 160 bar	
Piston Ø [mm]	Piston rod Ø [mm]	A ₁ [cm ²]	A ₂ [cm ²]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]
16	6	2.0	1.7	2.4	2.1														
16	8	2.0	1.5	2.4	1.8														
20	10	3.1	2.4	3.8	2.8														
25	12	4.9	3.8	5.9	4.5	7.4	5.7					4.9	3.8					7.9	6.0
25	14	4.9	3.4											7.9	5.4				
25	16	4.9	2.9			7.4	4.3			14.7	8.7								
25	18	4.9	2.4															7.9	3.8
32	14	8.0	6.5									8.0	6.5					12.9	10.4
32	16	8.0	6.0			12.1	9.0												
32	18	8.0	5.5											12.9	8.8				
32	20	8.0	4.9			12.1	7.4			24.1	14.7								
32	22	8.0	4.2															12.9	6.8
40	18	12.6	10.0									12.6	10.0					20.1	16.0
40	20	12.6	9.4			18.8	14.1												
40	22	12.6	8.8											20.1	14.0				
40	25	12.6	7.7			18.8	11.5			37.7	23.0								
40	28	12.6	6.4															20.1	10.3
40	30	12.6	5.5							37.7	16.5								

Tablica 6 Podaci o odabranom amortizeru

10. Standardni dijelovi

10.1 Pogonski sklop

Sastavni dijelovi pogonskog sklopa preuzeti su od Američkog proizvođača terenskih vozila Kubota prema katalogu rezervnih dijelova za model Kubota KC250HR. Ugrađeni dijelovi su predviđeni za zadano područje uporabe i za zadane gabarite odabranih gusjenica. Iz kataloga rezervnih dijelova odabrani su:

- prednji vodeći lančanic – kataloški broj RC417-14430
- gornji vodeći lančanic – kataloški broj RD411-21903
- prednje vodilice - kataloški broj RB511-21702
- vodilice gusjenice – kataloški broj RC411-21306
- pogonski lančanic – kataloški broj RA428-14530

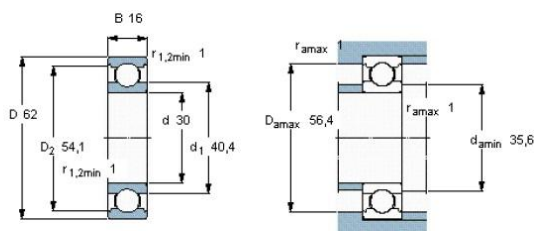
10.2. Ležajevi

Za transporter su odabrani kuglični ležajevi proizvođača SKF. Na mjestima s najvećim opterećenjem postavljeni su kuglični ležajevi SKF 6210 dok su na mjesta manjeg opterećenja postavljeni ležajevi SKF 6206.

SKF

Deep groove ball bearings, single row

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings		Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed	Limiting speed	
mm			kN		r/min		* SKF Explorer bearing
30	62	16	20,3	11,2	24000	15000	6206 *

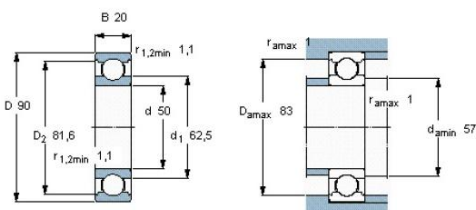


Calculation factors
 k_f 0,025
 f_0 14

SKF

Deep groove ball bearings, single row

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings		Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed	Limiting speed	
mm			kN		r/min		* SKF Explorer bearing
50	90	20	37,1	23,2	15000	10000	6210 *



Calculation factors
 k_f 0,025
 f_0 14

Slika 37 Odabrani ležajevi SKF6206 i SKF6210

10.3. Gusjenice

Za ovakvu konstrukcijsku izvedbu odabrane su gusjenice proizvođača Bridgestone. Zbog male mase i konstrukcije odgovaraju zahtjevnom terenu i traženoj dopuštenoj masi transportera. Odabrani model je Bridgestone Tri-tech 230x78x48R. Podaci o odabranom modelu gusjenica su prikazani u tablici 38.

Track width (mm)	Number of links	Track pitch	Tread Pattern Code	Core metal type	Internal Features				
									
230	64, 66, 68, 70, 72, 74, 78	48	R	-	✓	✓	✓		✓
300	74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90	52.5	R	Wide	✓	✓	✓	✓	✓
	74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 92	52.5	R	Narrow	✓	✓	✓	✓	✓
300 RAIL TYPE 1	80, 84	53	R	LK Rail	✓		✓	✓	✓
300 RAIL TYPE 2	84	53	R	LY Rail	✓		✓	✓	✓
400	68, 70, 72, 74, 76, 78, 82	72.5	R	Wide	✓	✓	✓	✓	✓
	68, 70, 72, 74, 76	72.5	R	Narrow	✓	✓	✓	✓	✓



Slika 38 Tehnički podaci odabranih gusjenica

10.4. Baterija

Zbog odabira elektromotora kao pogonskog agregata transportera potrebno je odabrati bateriju koja će, prema svojim specifikacijama, zadovoljavati kriterije zadane u diplomskom zadatku. Za navedeni elektromotor odabrana je baterija tvrtke OSN – POWER, model OSN-GF-48V-40AH. Pošto je nazivni napon elektromotora 24V, a baterije 48V, u transporter treba ugraditi razdjelnik napona s regulacijom kako bi se mijenjala brzina vrtnje elektromotora. Preko razdjelnika napona i upravljačkog sklopa se upravlja transporterom te obavlja zakretanje, stajanje i regulacija brzine vožnje.

MODEL		OSN-GF-48V-40AH	
Dimenzije [mm]	160x270x300	Masa [kg]	30,6
Nazivni napon [V]	48	Životni vijek	2000 ciklusa
Kapacitet [Ah]	40	Nazivna struja punjenja [A]	5
Unutarnji otpor [mΩ]	≤30	Nazivni napon punjenja [V]	58,4
Nazivni prekidni napon [V]	32		

Tablica 7 Tehnički podaci odabrane baterije

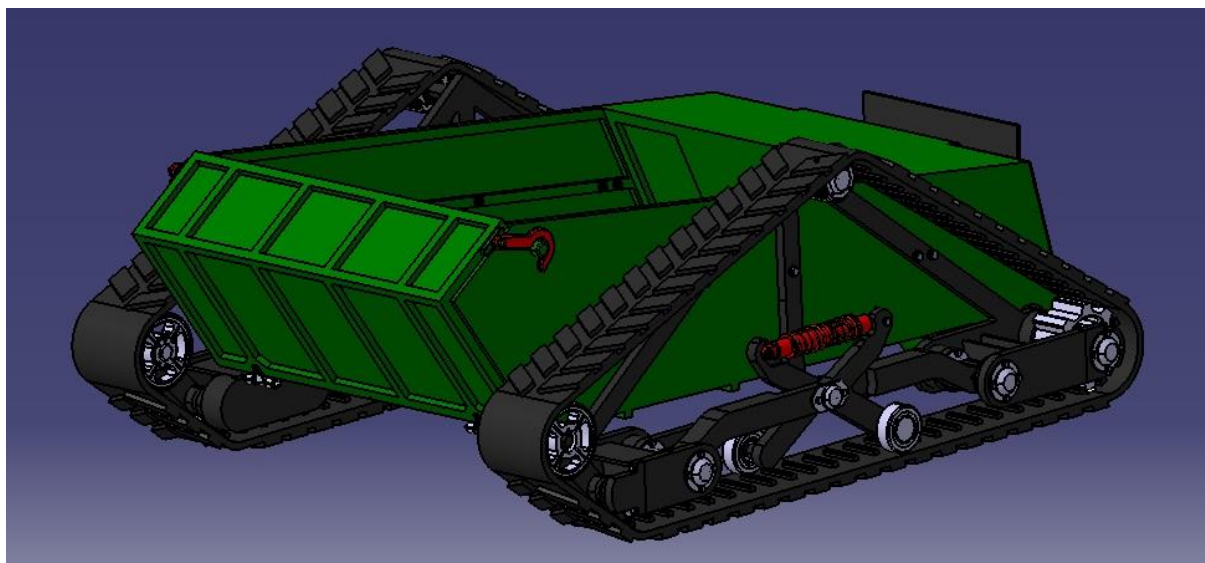
10.5. Čelični profili šasije i tovarnog prostora

Za konstrukcijsko rješenje šasije i tovarnog prostora odabrani su čelični profili. Za konstrukciju tovarnog prostora odabran je čelični profil dimenzija 30mm x 10mm s debljinom stijenke 1,5 mm. Za konstrukciju šasije odabran je čelični lim profila 60mm x 40mm, s debljinom stijenke 3mm. Profili su izabrani iz proizvodnog programa hrvatske tvrtke Crolim d.o.o.

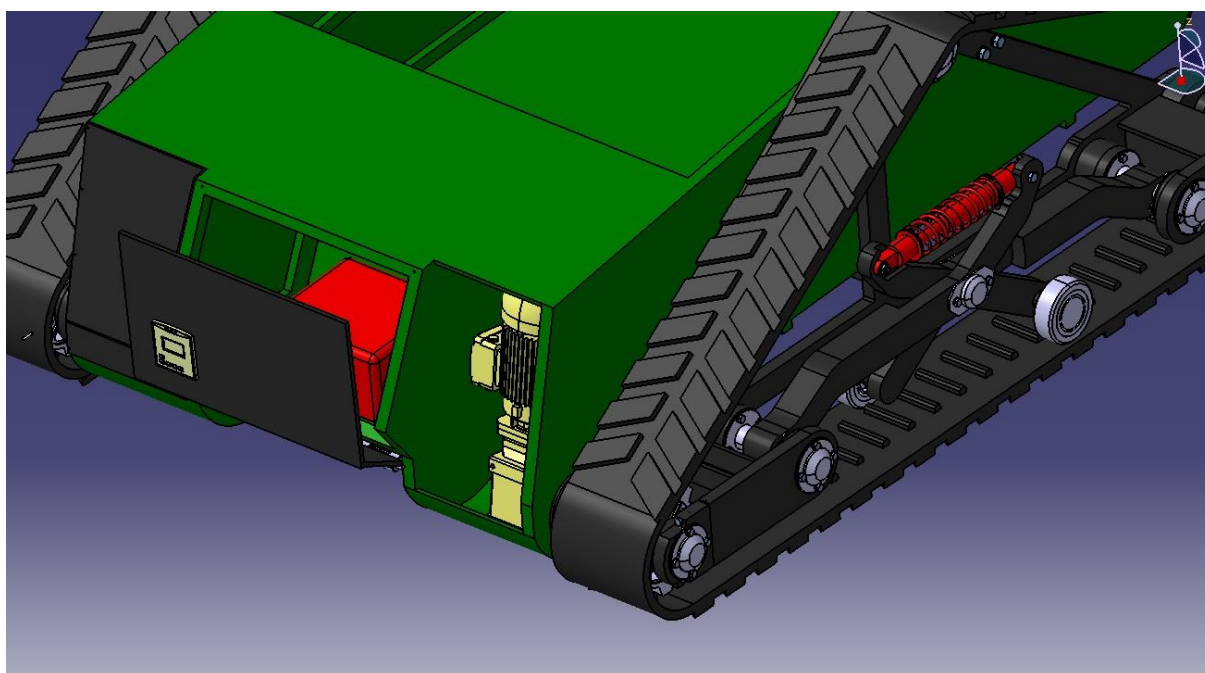
Čelični profil za izradu tovarnog prostora		
axb [mm]	Debljina stijenke [mm]	Specifična težina [kg/m]
30x10	1,5	0,86
Čelični profil za izradu šasije		
axb [mm]	Debljina stijenke [mm]	Specifična težina [kg/m]
60x40	3	4,2

Tablica 8 Tehničke karakteristike odabranih čeličnih limova

11. Konstrukcijska razrada



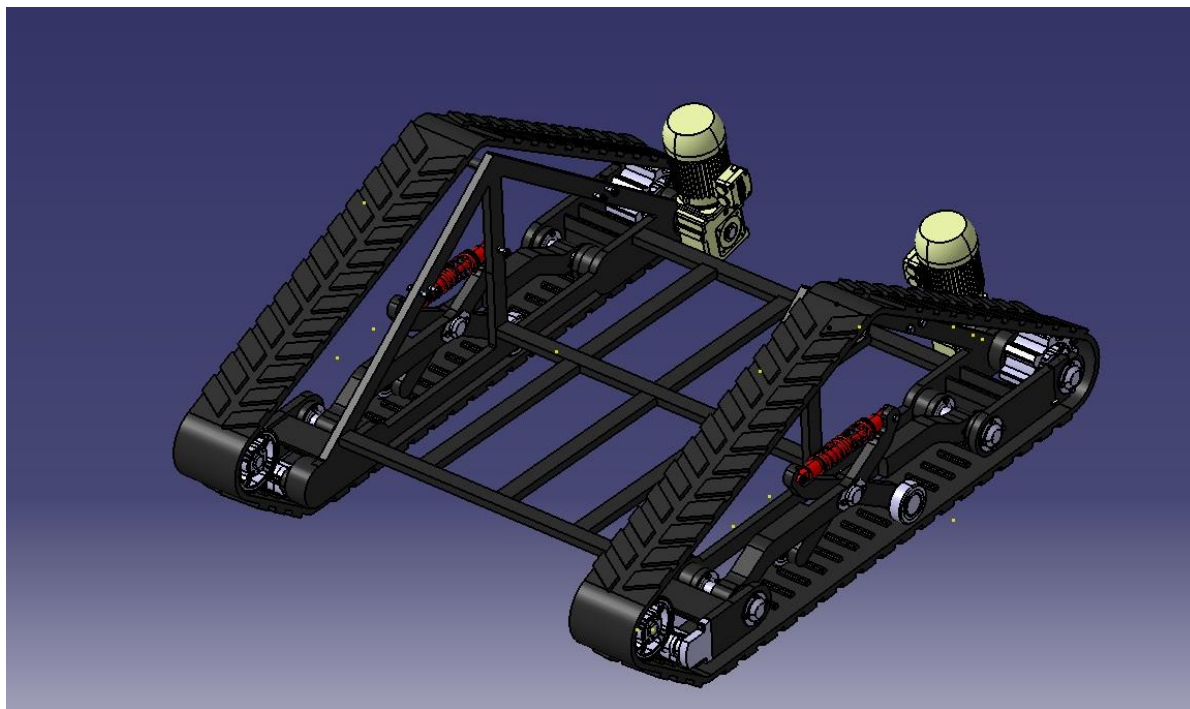
Slika 39 Transporter za nepristupačne terene



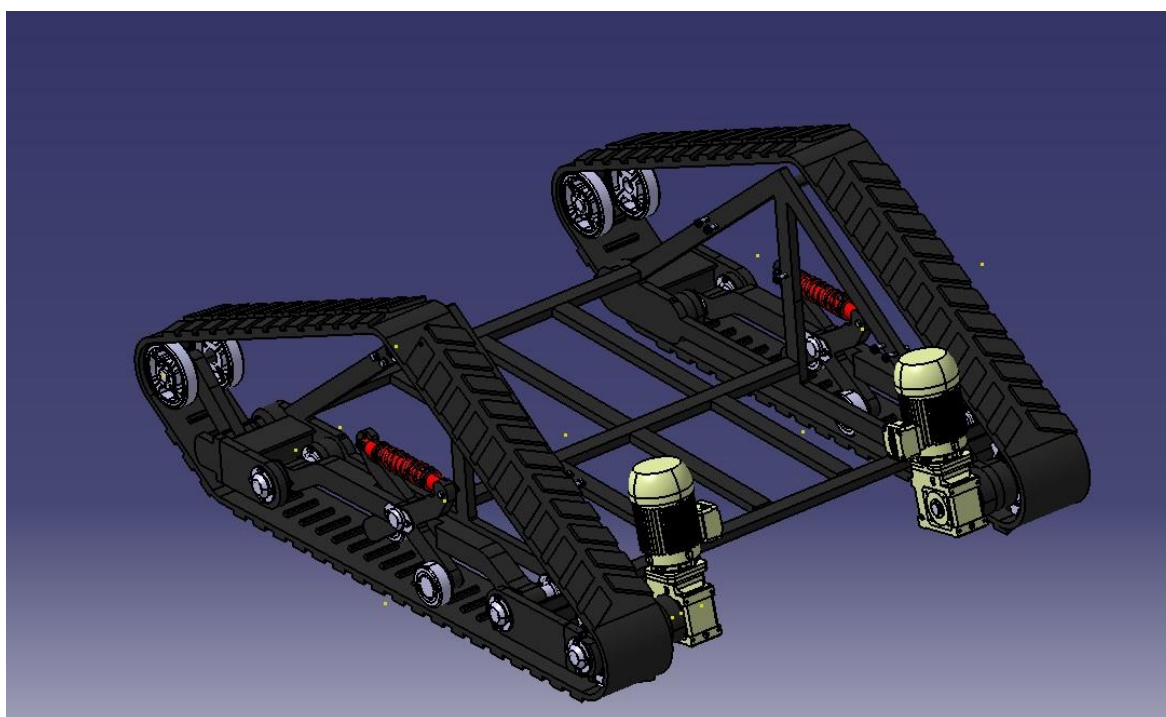
Slika 40 Smještaj elektromotora i baterije

Na slici 29 i slici 30 vidimo konačno konstrukcijsko rješenje transportera. Zbog lakšeg pristupa i održavanja sklop elektromotora i pužnog prijenosnika je postavljen do pogonskog lančanika. Baterija, razdjelnik napona i kontroler su smješteni na stražnjem kraju transportera, unutar tovarnog prostora.

Tovarni prostor je izveden tako da je odvojen prostor za teret koji se prenosi, te prostor za pogonsko sklopovlje. Pristup bateriji je omogućen vratima sa cilindričnim spojnica, dok su elektromotori zaštićeni limom koji je vijcima spojen na šasiju.

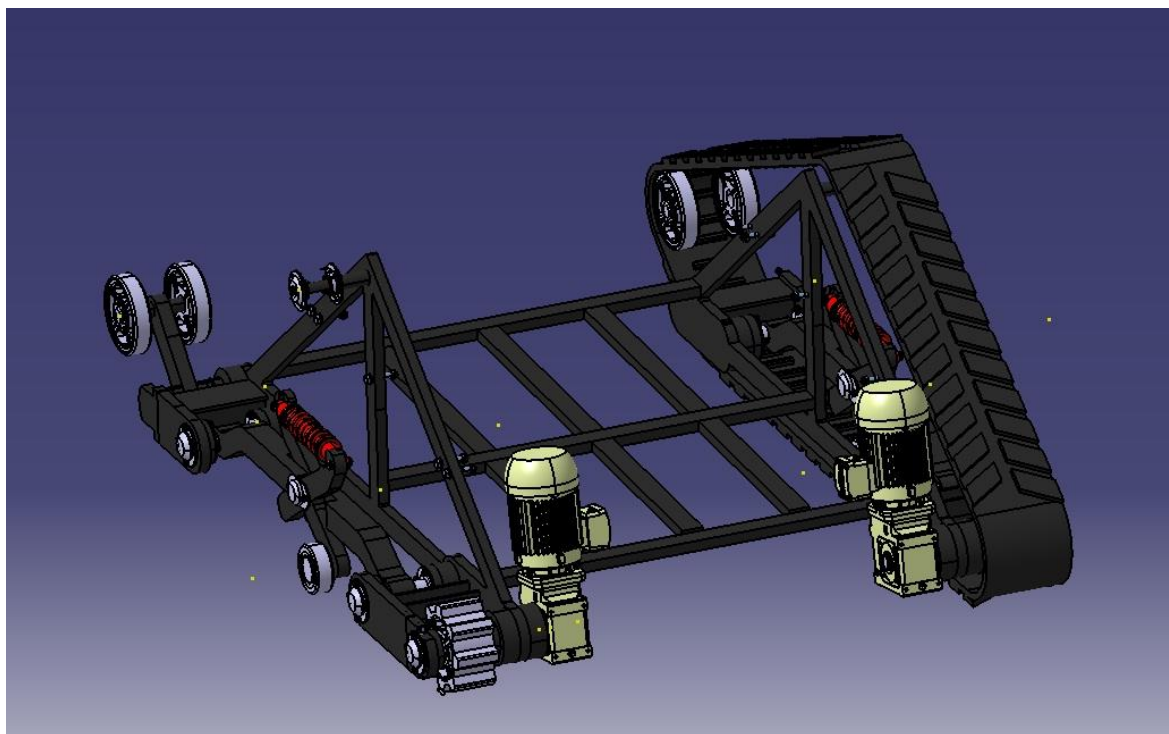


Slika 41 Sklop šasije, pogona i ovjesa



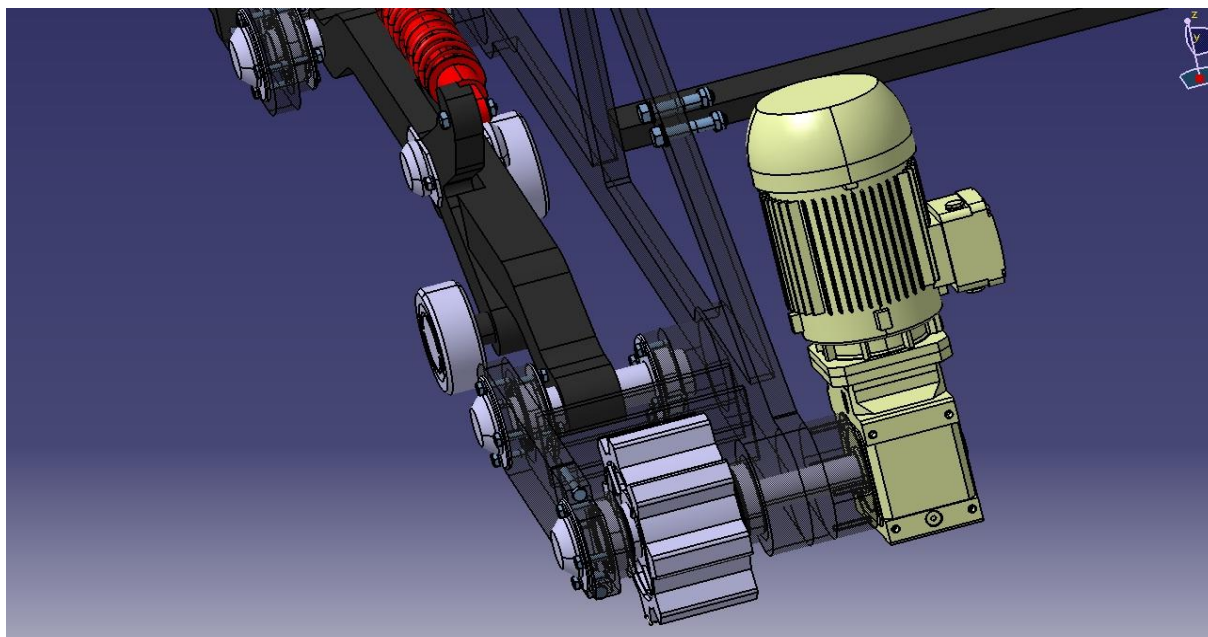
Slika 42 Sklop šasije, pogona i ovjesa

Na slici 31 i slici 32 vidimo sklop šasijske, pogona i ovjesa koji služi za održavanje napetosti gusjenice. Šasija se sastoji od dva simetrična dijela međusobno povezanih sa pravokutnim profilima postavljenima tako da prate geometriju tovarnog prostora. Zbog niskog smještaja elektromotora i pužnog prijenosnika u odnosu na šasiju, postavljeni pod kutem od 80° . Na taj način je dobivena najveća udaljenost elektromotora u odnosu na šasiju. Zaštita elektromotora osigurana je polukružno zakrivljenim limovima zavarenim za konstrukciju.



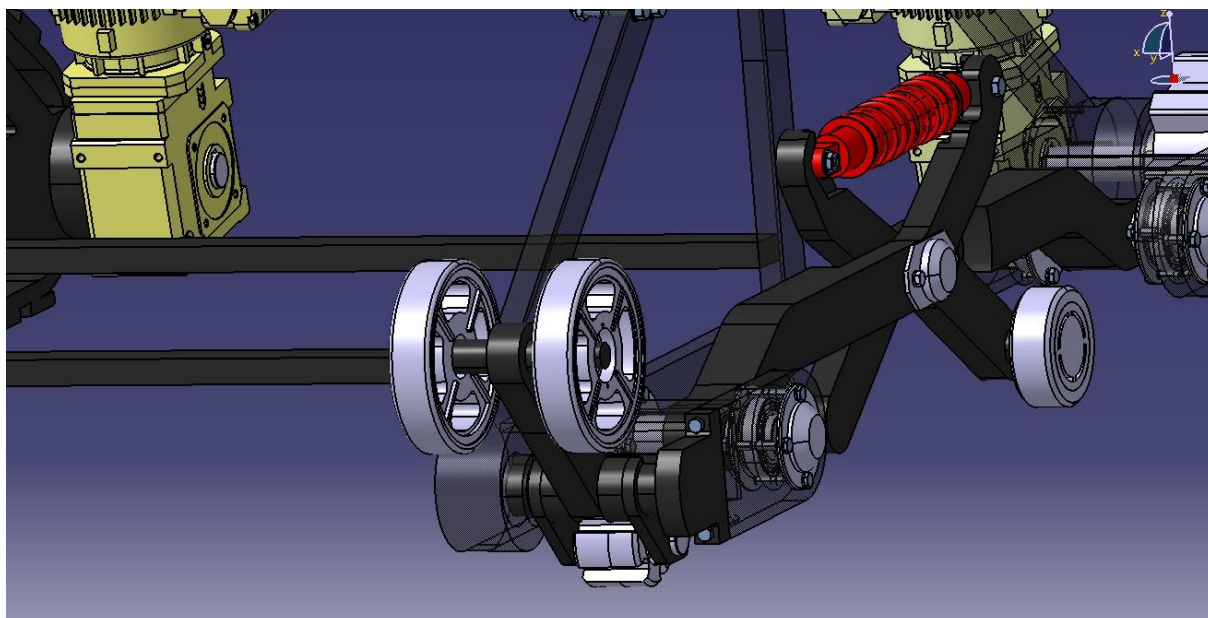
Slika 43 Osnovni dijelovi pogonskog sklopa

Pogonski sklop sastoji se od pogonskog lančanika, spojenog pogonskim vratilom na sklop elektromotora i pužnog prijenosnika. Detaljniji prikaz pogonskog sklopa dan je na slici 44.



Slika 44 Detaljni prikaz pogonskog sklopa

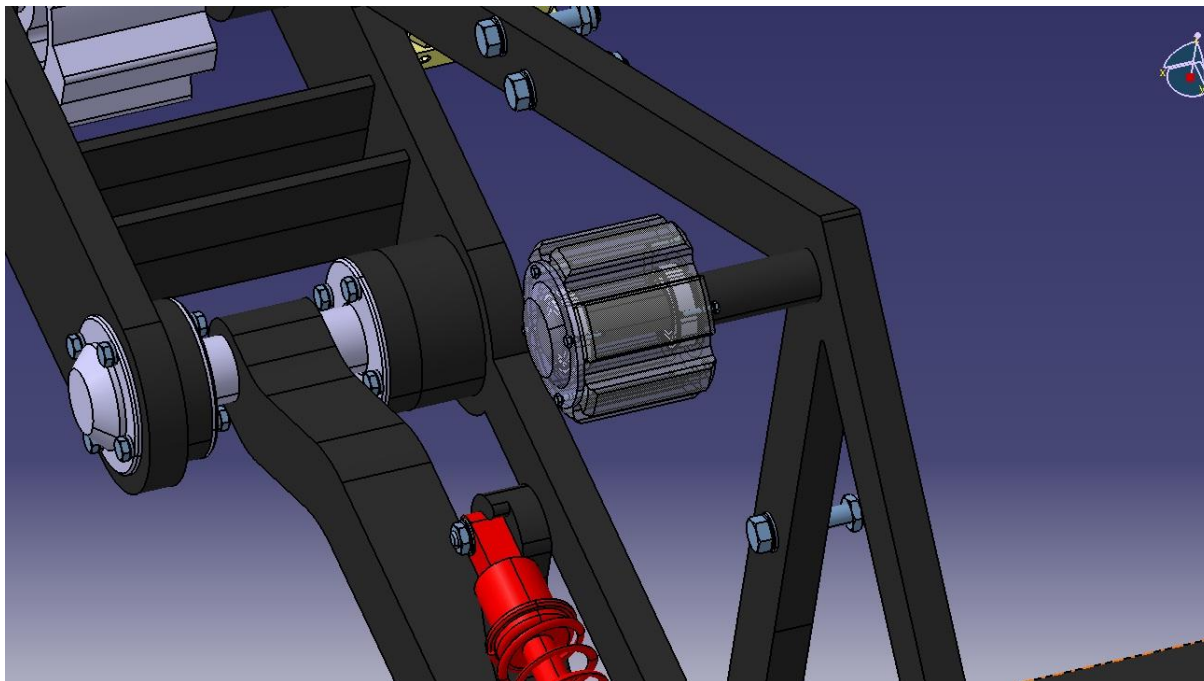
Na šasiji su postavljena ležajna mjesta za pogonsko vratilo koje je gonjeno sklopom elektromotora i pužnog prijenosnika. Kako bi se konstrukcijski omogućila ugradnja pogonskog vratila jedan kraj vratila je uležišten u ležajno mjesto postavljeno u šasiji, dok je drugi kraj u ležajnom mjestu na zasebnom dijelu koji se vijcima pričvršćuje na šasiju. Sva ležajna mjesta zaštićena su od vanjskih utjecaja poklopcima koji se vijcima pričvršćuju na za to predviđena mjesta u šasiji.



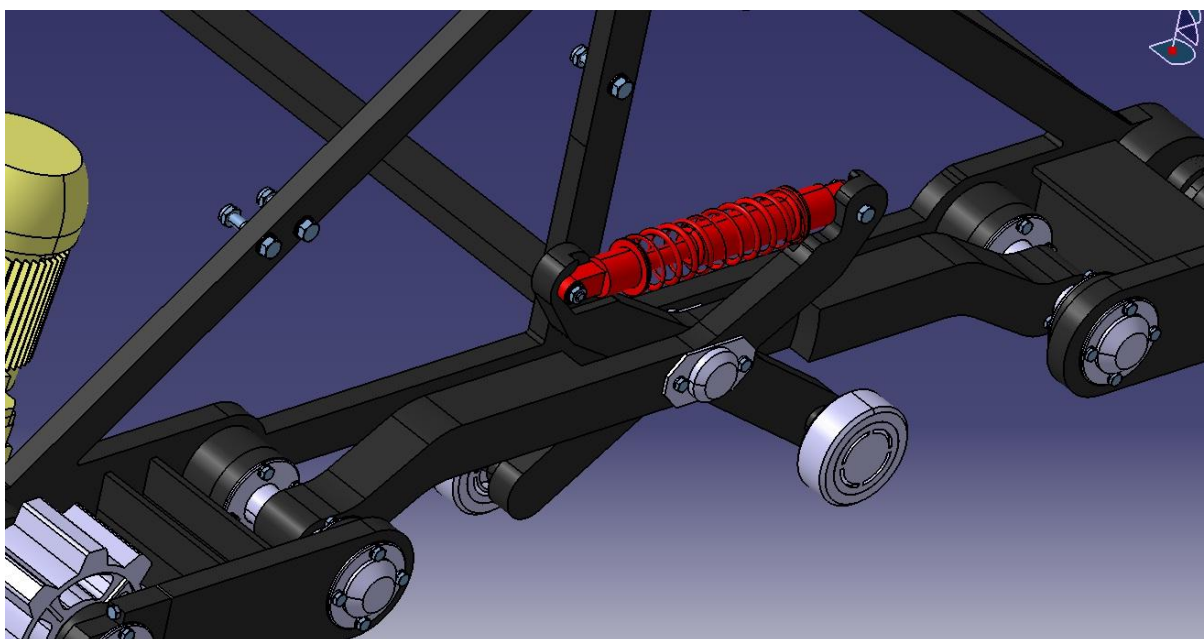
Slika 45 Prednja vodilica gusjenice

Prednja vodilica gusjenice je prikazana na slici 45. Izvedena je na način da je nosač prednje gornje i donje vodilice, izveden zavarenom konstrukcijom lijevanih dijelova, spojen konstrukcijom sličnom spoju vratila i pera na odgovarajuće mjesto na šasiji. Donji vodeći

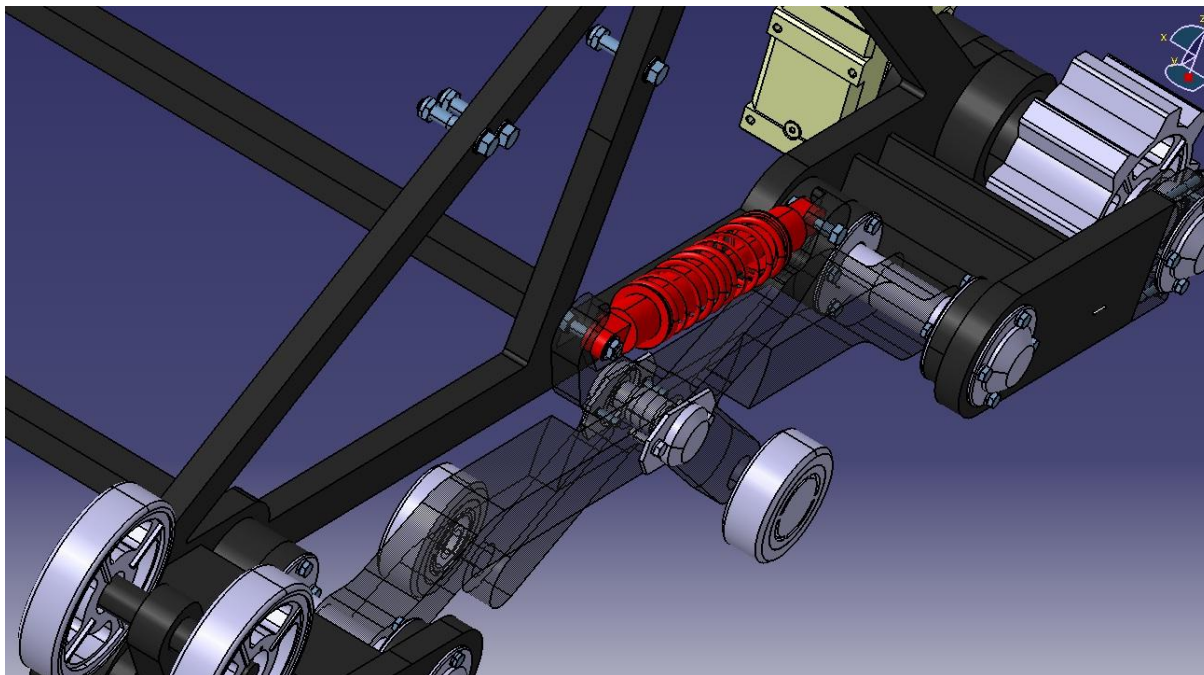
lančanic je uležišten između dva nosača osovine, te je osiguran od aksijalnih pomaka pomoću dva kuglična ležaja SKF6206. Gornje vodilice su postavljene na dva noseća elementa zavarena na konstrukciju nosača. Između elementa je dimenzioniran razmak tako da odgovara odabranom tipu gusjenice. Gornji vodeći lančanic uležišten je na nosač zavaren na šasiju. Postavljen je tako da s pogonskim i prednjim vodećim dijelom pogona tvori jednakokračan trokut oblika šasije. Također su mu aksijalni pomaci onemogućeni preko dva kuglična ležaja SKF 6206. Konstrukcijska izvedba prikazana je na slici 36.



Slika 46 Gornji vodeći lančanic

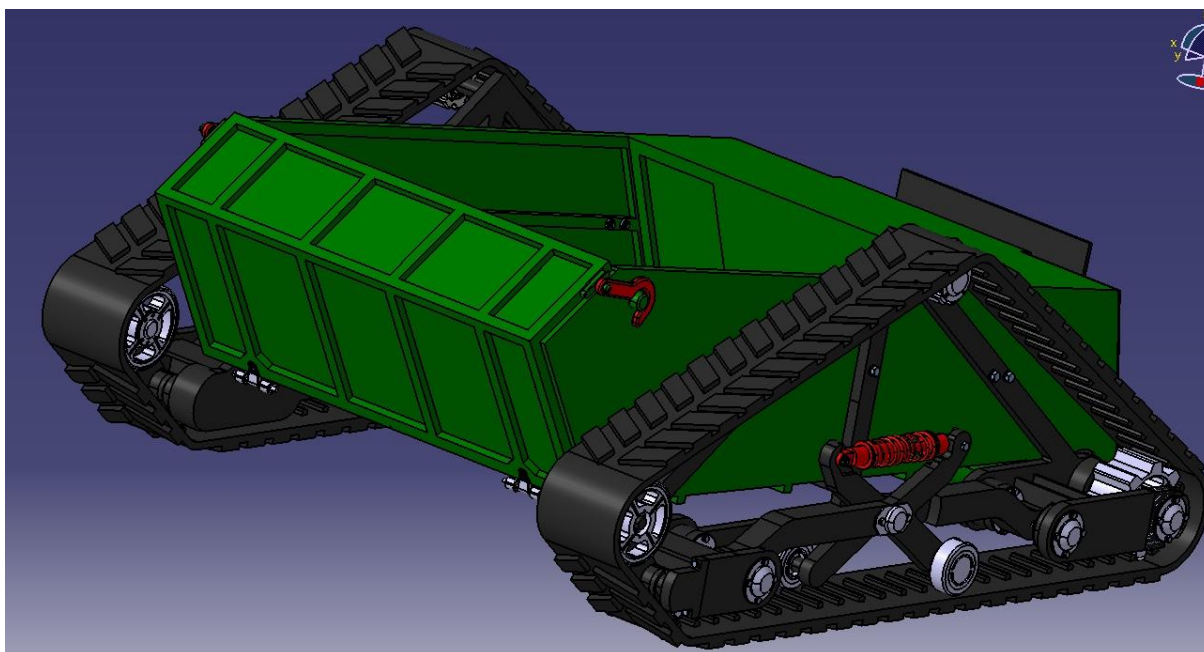


Slika 47 Konstrukcijska razrada sklopa za održavanje napetosti gusjenice



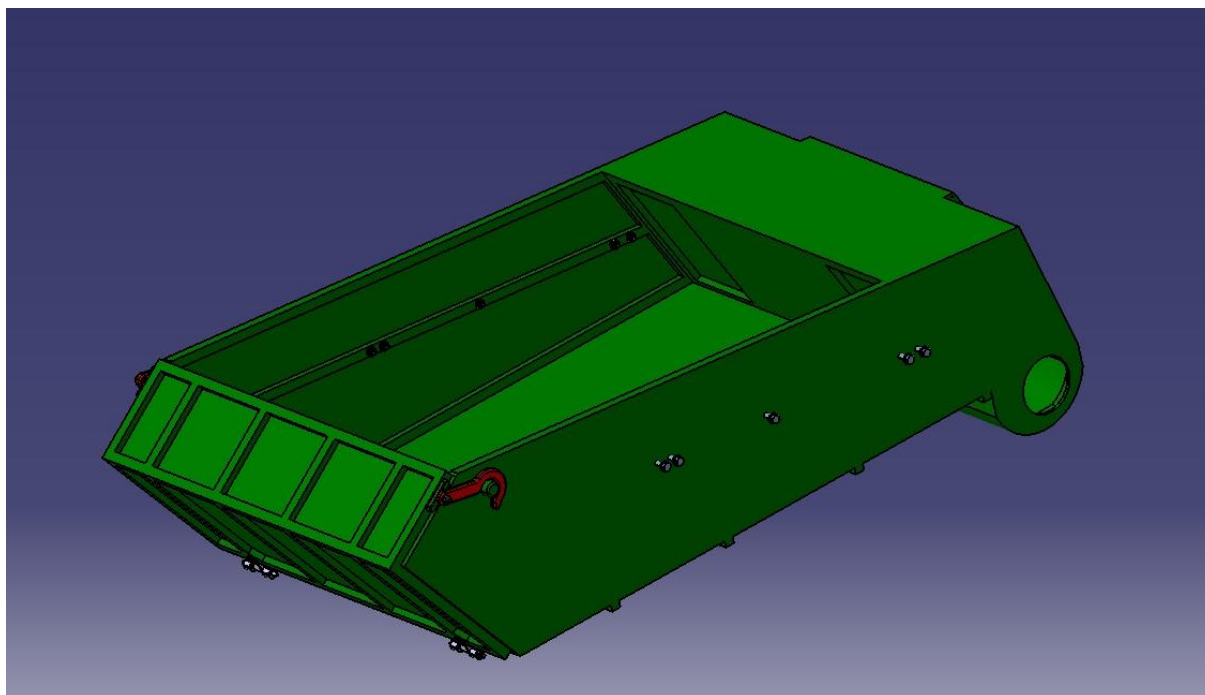
Slika 48 Konstrukcijska razrada klopa za održavanje napetosti gusjenice

Sklop za održavanje napetosti gusjenice je izveden preko polužnog mehanizma te prigušnog i opružnog elementa. Veza između dva polužna elementa je osovina uležištena sa dva ležaja predviđena za velika opterećenja. Ležajevi su također zaštićeni od utjecaja prašine i prljavštine poklopcima, učvršćenim vijcima za polužni mehanizam.



Slika 49 Vrata teretnog prostora

Vrata teretnog prostora su pričvršćena za ojačani dio teretnog prostora preko cilindričnih spojnika. Zatvaranje vrata je izvedeno preko jednostavnih kukastih elemenata kojima se spajaju s tovarnim prostorom. U odnosu na konstrukciju tovarnog prostora, zbog izvedenog oblika, dodatno su ojačana pravokutnim profilima. Na zavarenu konstrukciju pravokutnih profila zavaruju se čelični limovi debljine 10mm. Tovarni prostor je vijcima spojen za šasiju u tri točke, na tri vertikalna element šasije.



Slika 50 Tovarni prostor

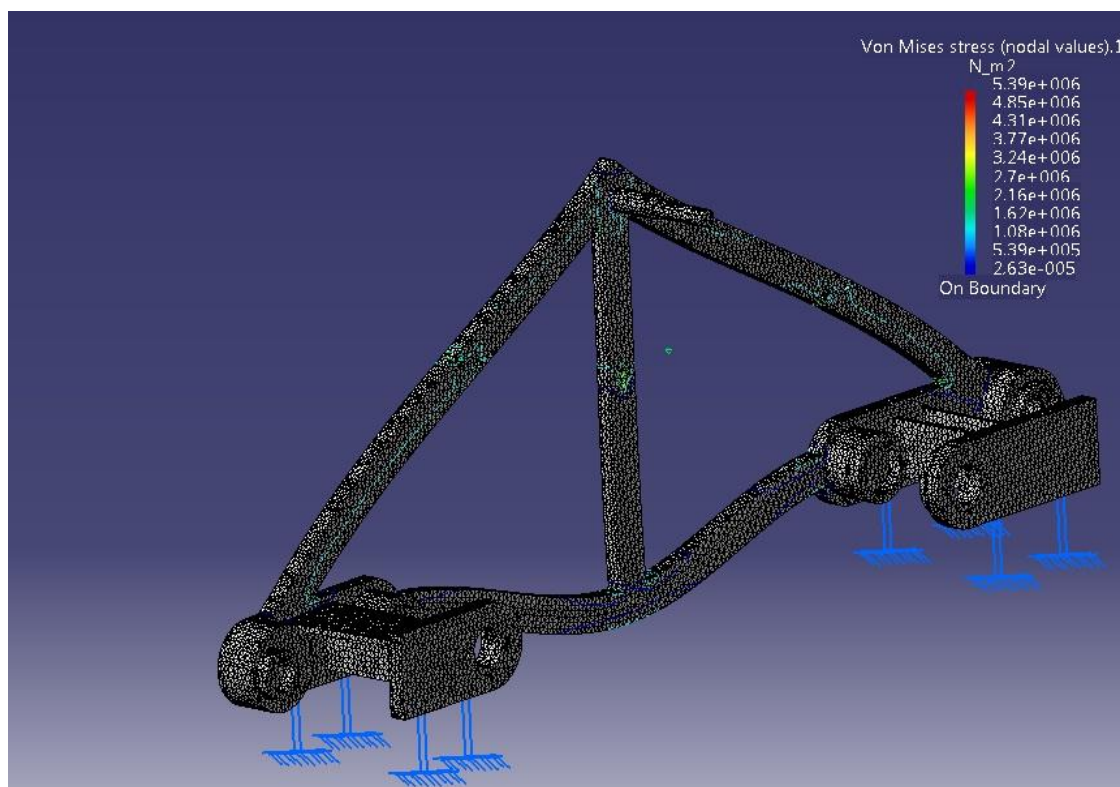
Tovarni prostor izveden je zavarenom konstrukcijom čeličnih cijevi pravokutnog profila. Profili cijevi su 30x10x1,5. Na čelične zavareni su čelični limovi debljine 10mm.

12. Analiza naprezanja u kritičnim dijelovima konstrukcije

Analiza naprezanja je provedena za tri slučaja opterećenja. Vektori sile su postavljeni u jednoj, tri i pet točaka. Ukupna vrijednost sile na točke opterećenja je zbroj vrijednosti sile ukupne mase transportera i ukupne mase tereta koji se prenosi. Za tri različita slučaja vrijednost sile je podijeljena na tri, odnosno pet vektora koji su vertikalno postavljeni na mjesta opterećenja. Analiza je provedena metodom konačnih elemenata u programskom paketu Catia V5R18, čime su dobiveni odgovarajući rezultati naprezanja po Von Misesu i relativnih pomaka konstrukcije.

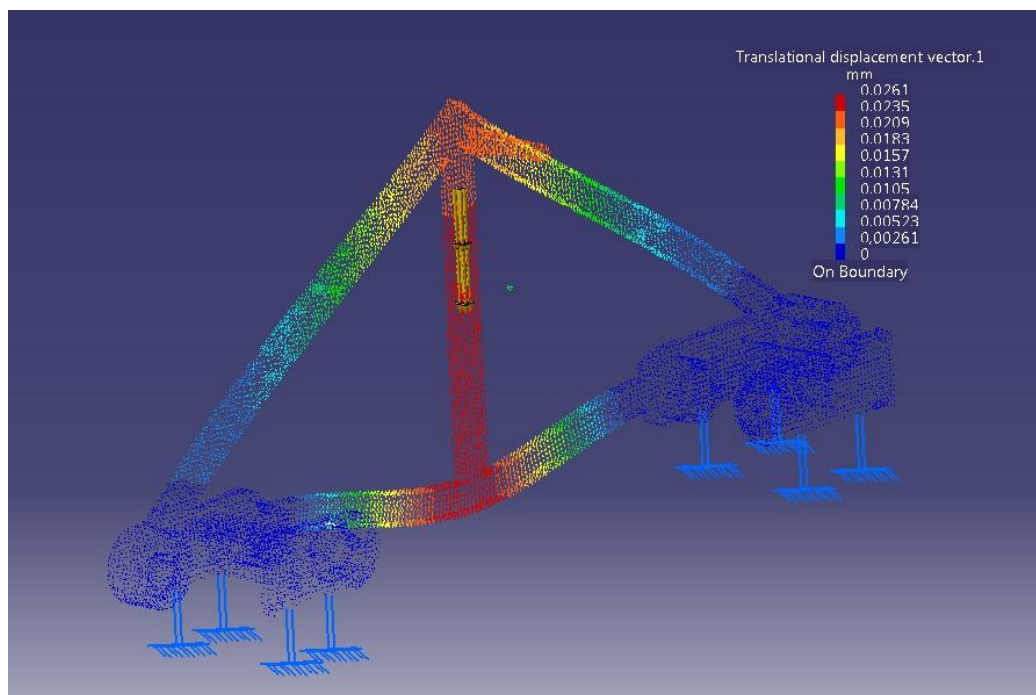
12.1. Analiza naprezanja u jednoj točki konstrukcije

Prvo je provedena analiza naprezanja u spojnoj točki konstrukcije na središnjem stupu šasijske. Za opterećenje je dan puni iznos sile opterećenja, $F_{uk} = 12753 \text{ N}$.



Slika 51 Naprezanja po Von Misesu za slučaj opterećenja u jednoj točki

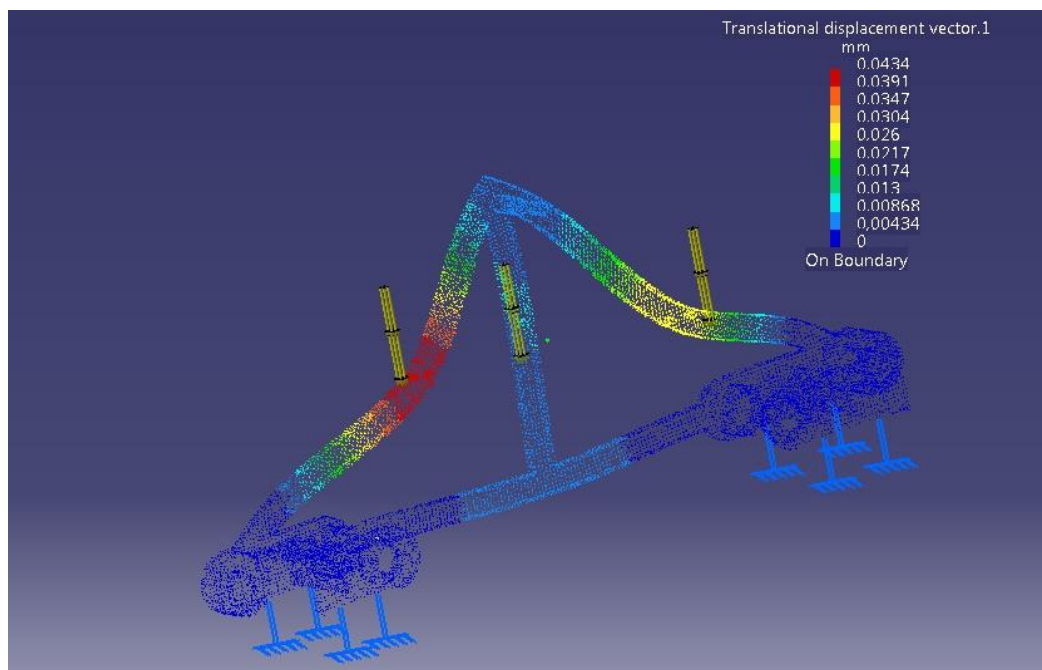
Sukladno iznosima naprezanja dani su i pomaci konstrukcije.



Slika 52 Pomaci konstrukcije za slučaj opterećenja u jednoj točki

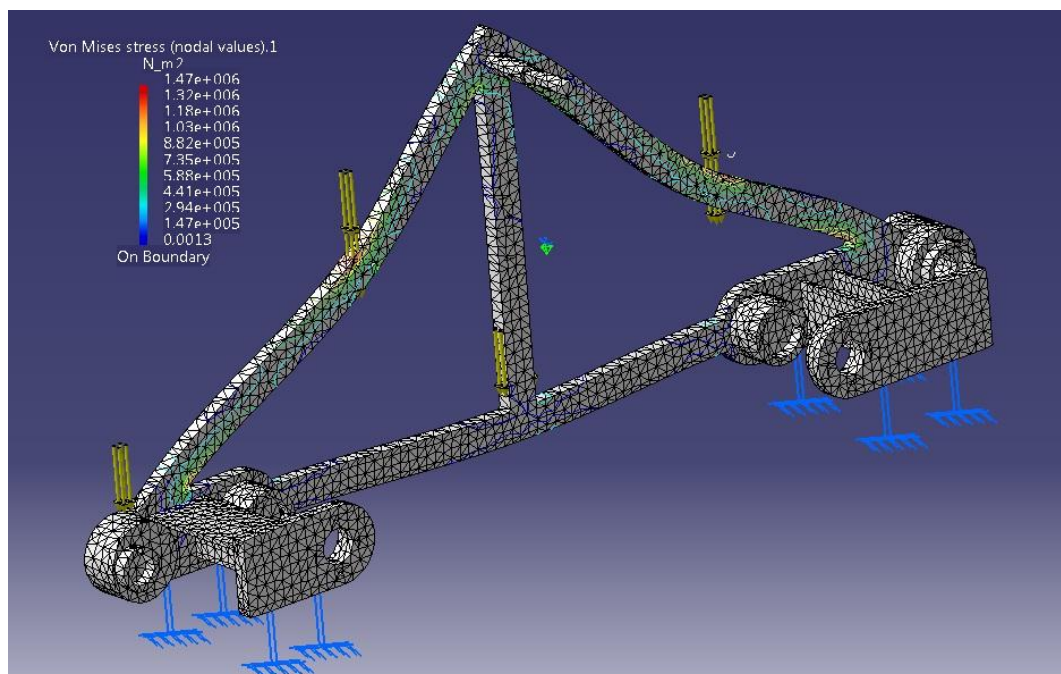
Nakon provedene analize vidljivo je da konstrukcija izvedena s upornim mjestom u jednoj točki nije moguća. Naprezanja u srednjem stupu konstrukcije su prevelika a pomaci su relativno veliki.

12.2. Analiza naprezanja u tri točke konstrukcije

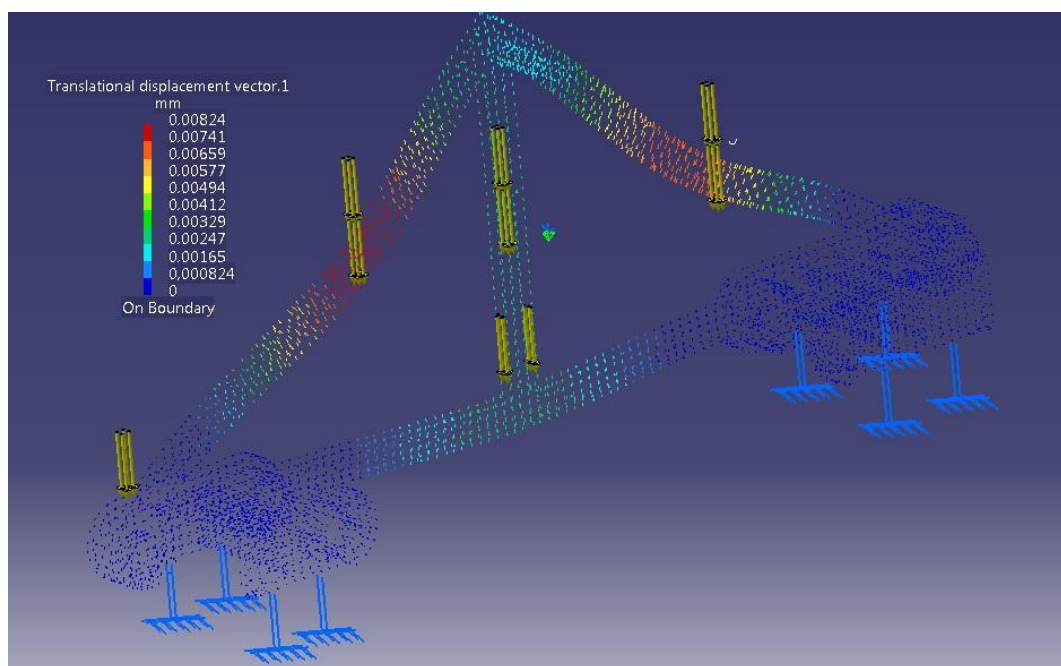


Slika 53 Analiza naprezanja u tri točke konstrukcije

Analizom naprezanja u tri točke dolazimo do zaključka da su pomaci uslijed naprezanja manji, ali još uvijek preveliki za konstrukciju. Sljedeća provedena analiza je naprezanje u pet točaka konstrukcije.



Slika 54 Naprezanja po Von Misesu za slučaj opterećenja u pet točaka



Slika 55 Pomaci konstrukcije za slučaj naprezanja u pet točaka

Iz provedene analize vidljivo je da je u slučaju opterećenja konstrukcije u pet točaka najbolje raspodjeljeno opterećenje, a pomaci konstrukcije zadovoljavaju uvjete.

13. Tehnička dokumentacija

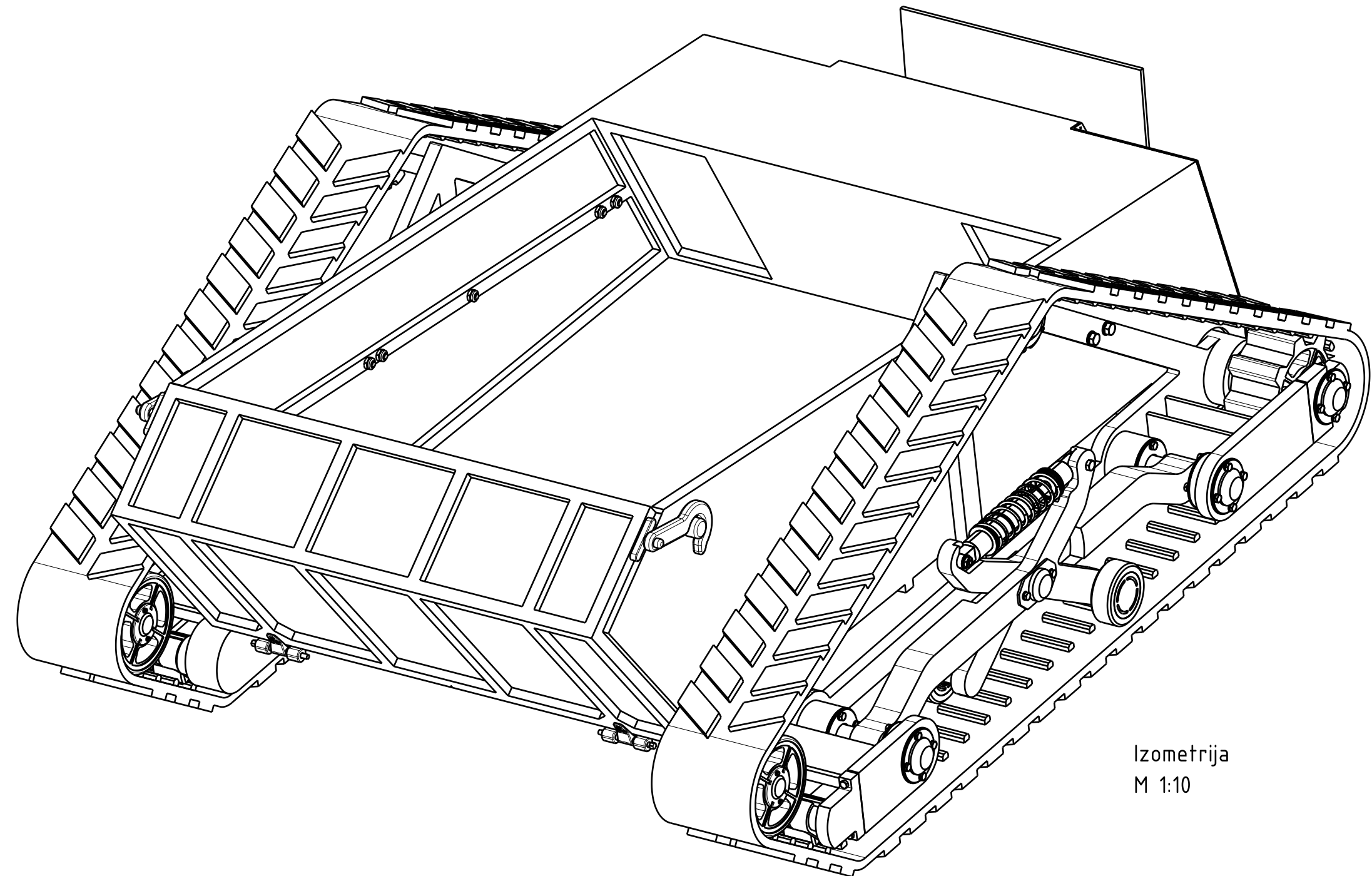
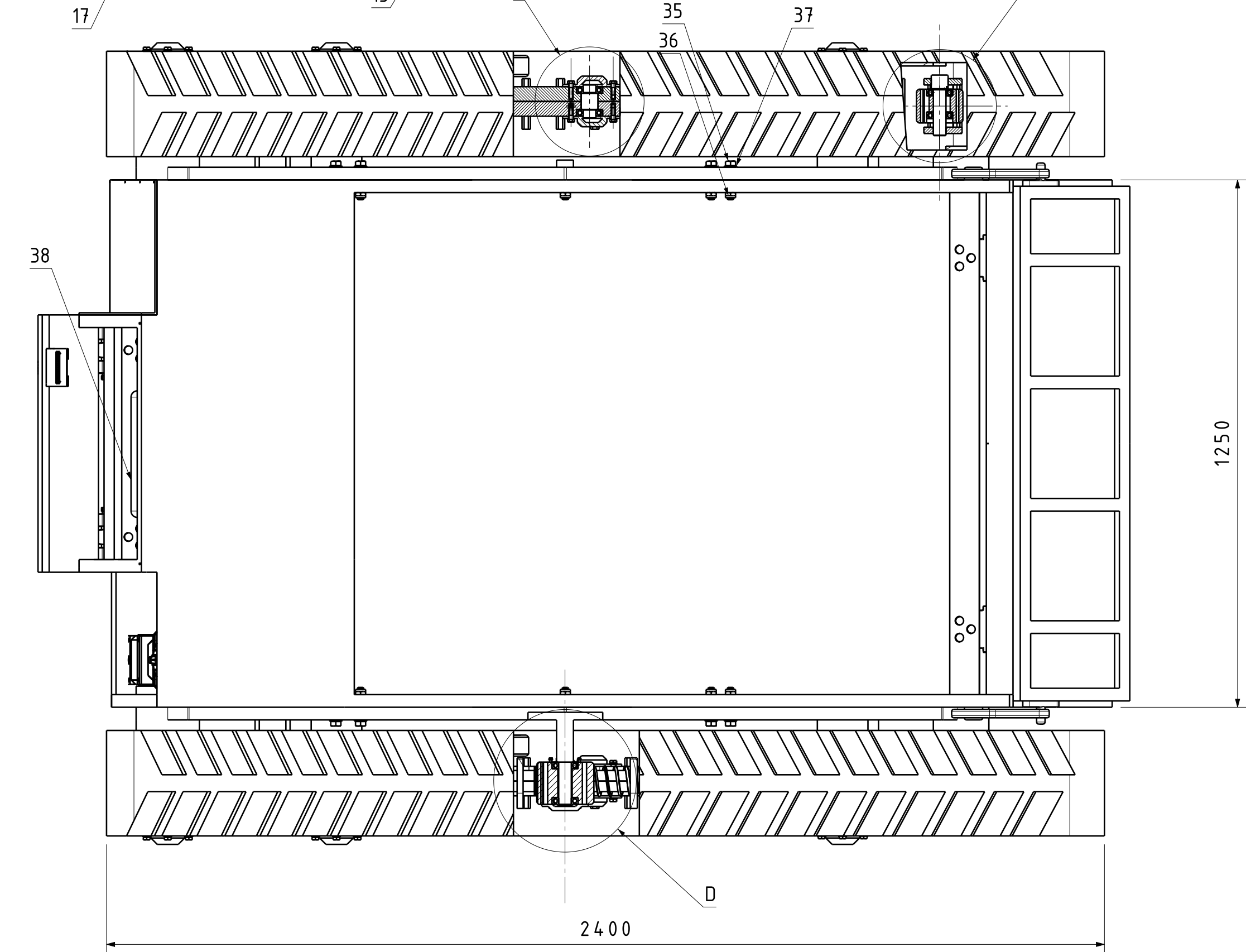
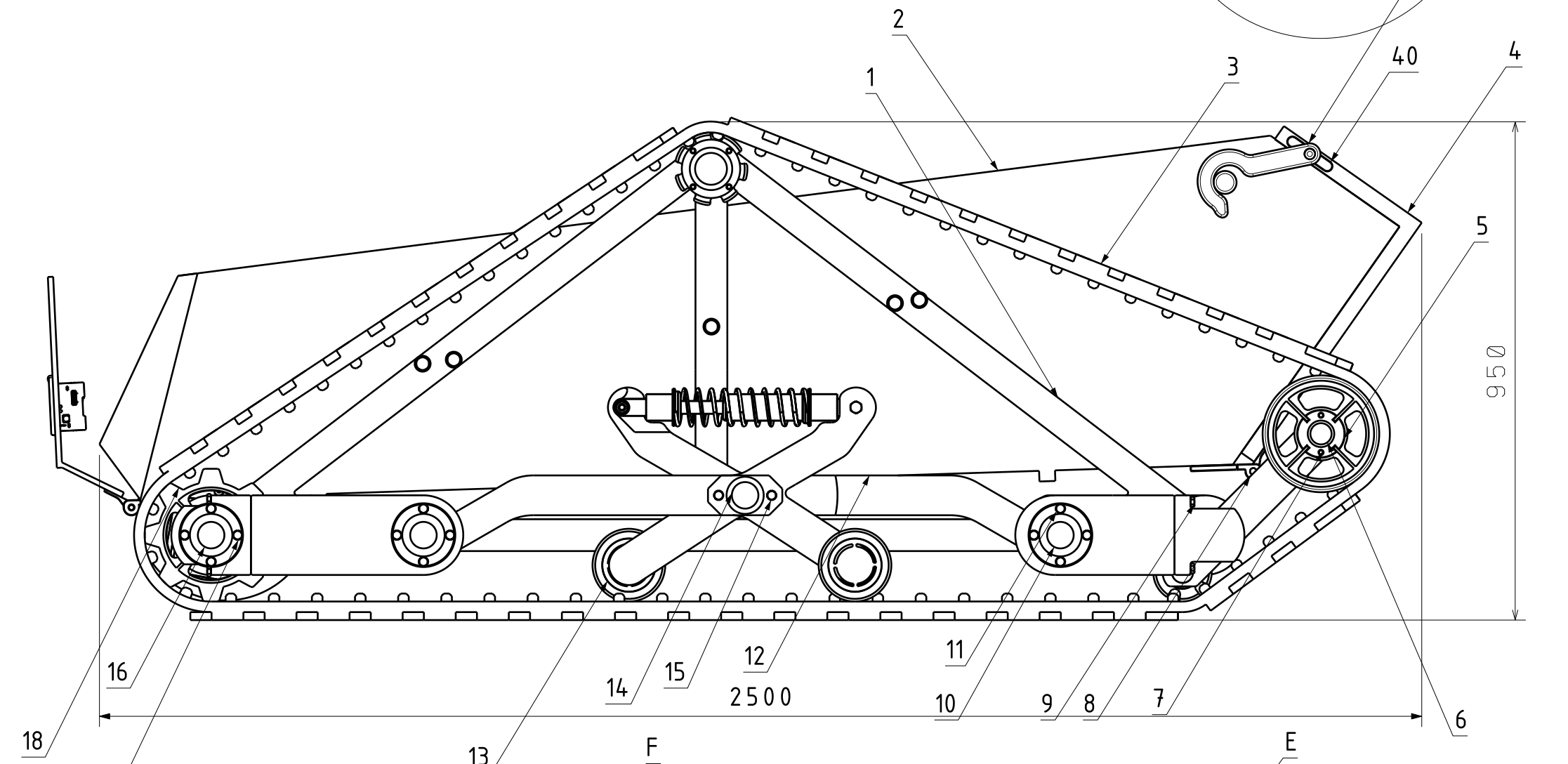
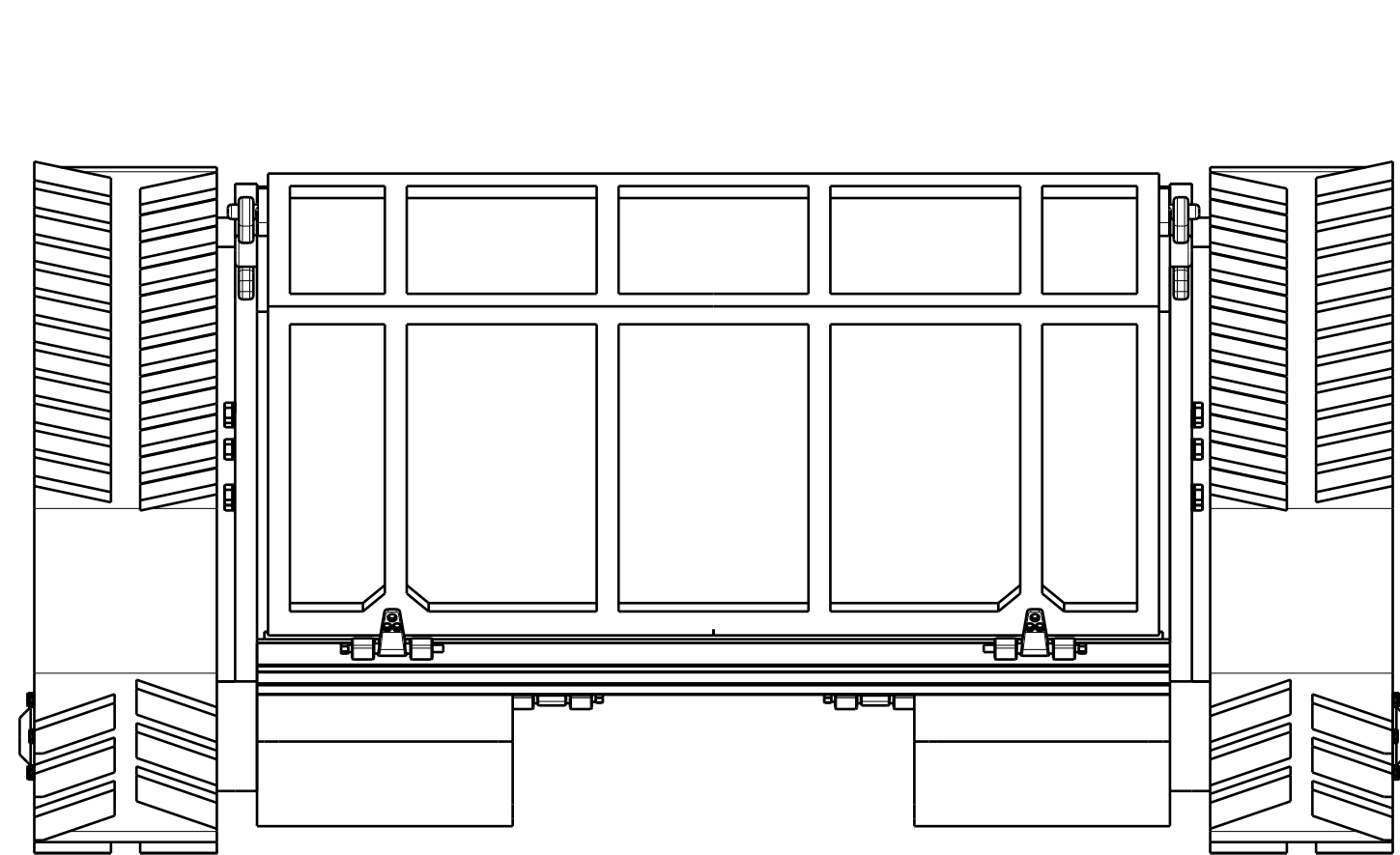
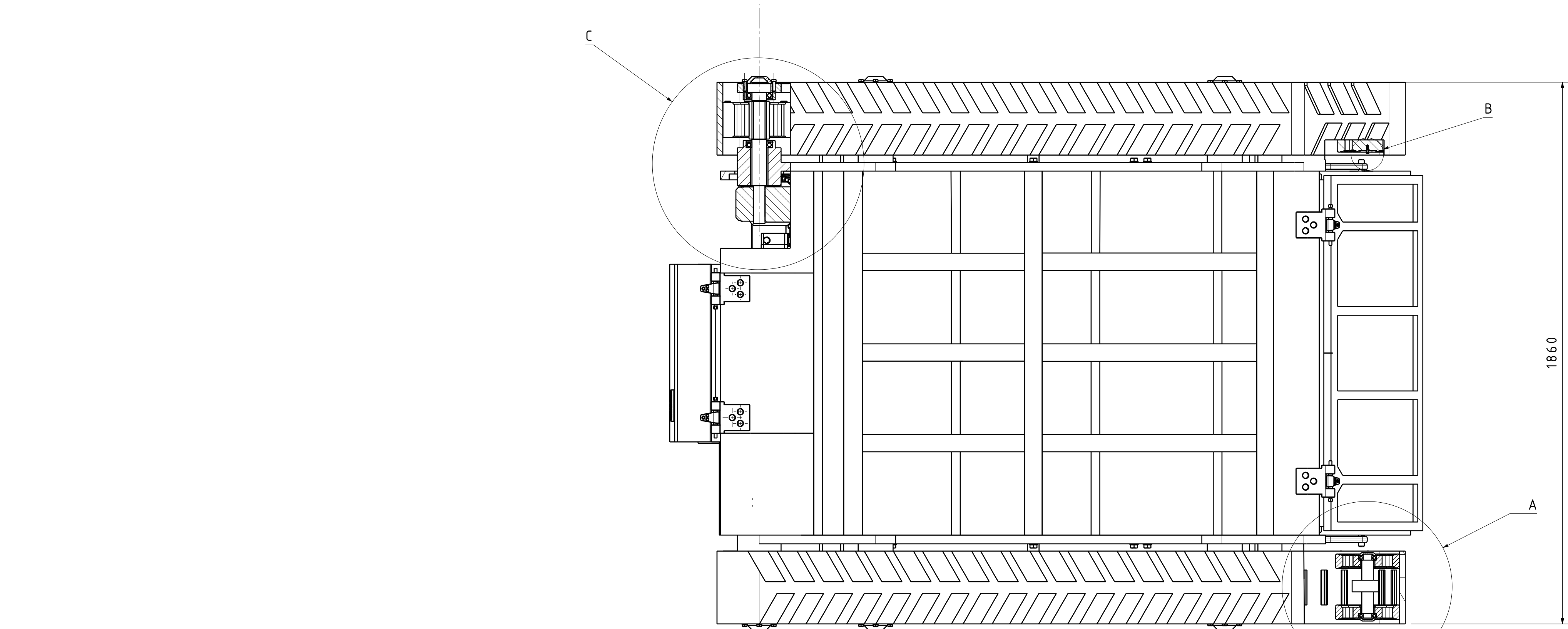
(Prilog)

14. Zaključak

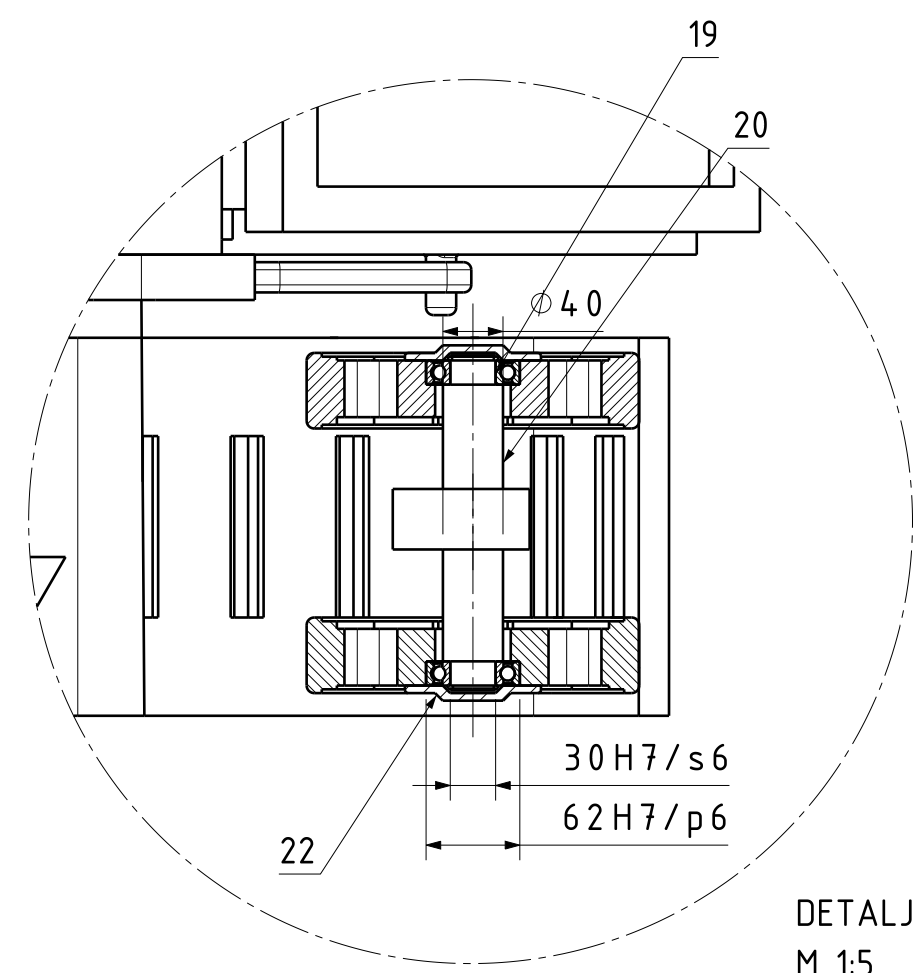
Cilj ovog diplomskog rada bio je kroz prethodno definirane točke doći do konstrukcijskog rješenja za transporter za teško pristupačne terene. Analizom tržišta ustvrdilo se da za određena područja rada postoji dovoljno veliko tržište za razvoj takvog uređaja, te da postojeći uređaji na tržištu ne zadovoljavaju sve kriterije koje tržište pred iste postavlja. Rad je nastavljen analizom postojećih kocepata, koncipiranjem vlastitih rješenja te odabirom najpovoljnijeg. Odabran je koncept transportera pogonjenog elektromotorima zbog jednostavnosti instalacije, manje mase cijelog uređaja i lakše upravljivosti uređajem. Proračunom osnovnih dijelova, na temelju zadanih zahtjeva, dobiveni su podaci za standardne dijelove. Konstrukcijska razrada i FEM analiza kritičnih dijelova konstrukcije rađena je u programskom paketu Catia V5R18. Kroz sva navedena područja došlo se do rješenja problema diplomskog zadatka te je konstrukcijski osmišljen i konstruiran konačni proizvod.

15. Literatura

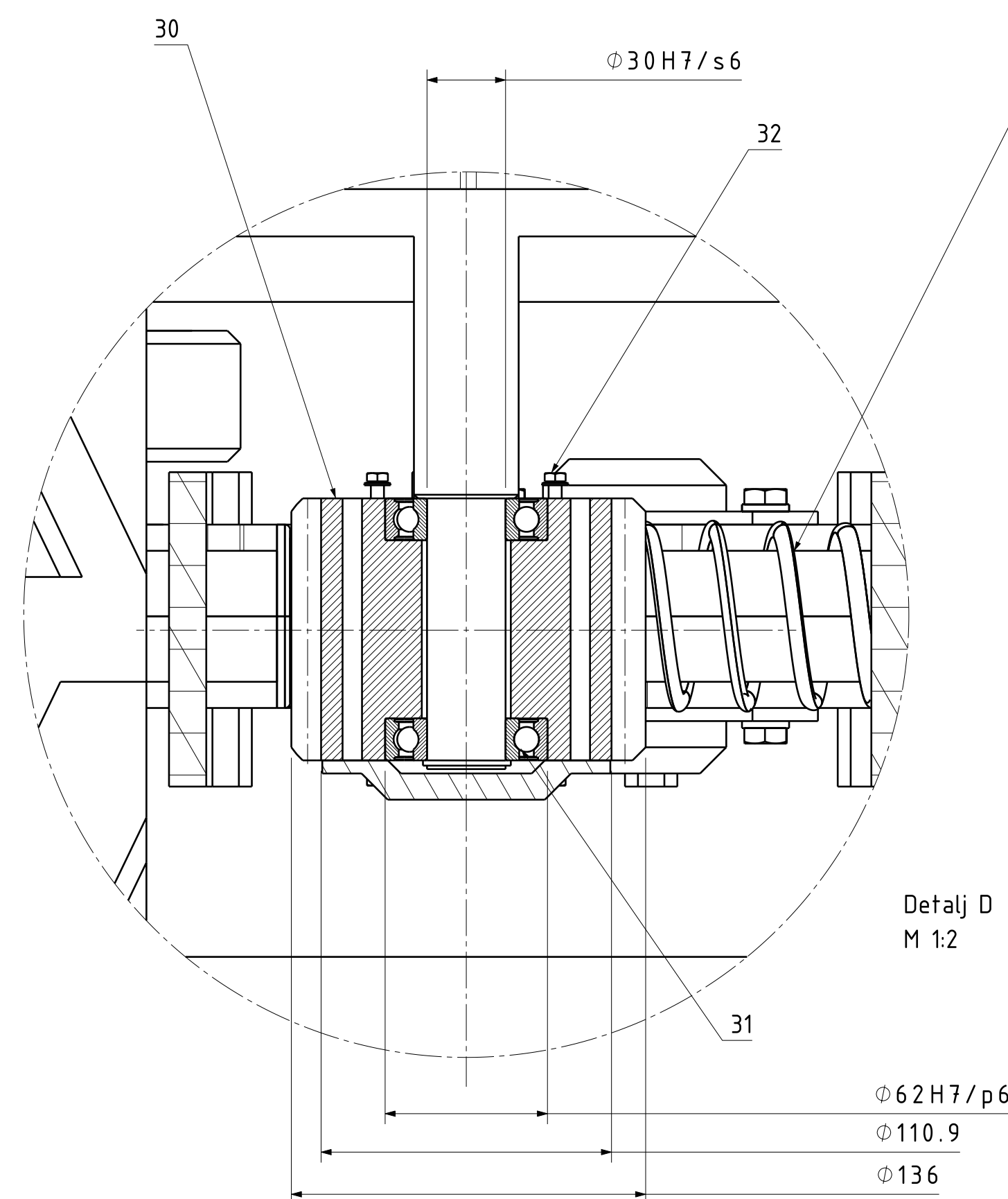
- [1] – PRENOSILA I DIZALA, Podloge za konstrukciju i proračun, Zagreb, 1988, prof. Dragutin Šćap
- [2] – 2B1000-2B1500 PARTS AND OPERATORS HANDBOOK, Winget, 2012
- [3] – SAUER DANFOSS APPLICATIONS MANUAL, Neumunster, 1997
- [4] – METHODS FOR TRACKED VEHICLES SYSTEM MODELIN AND SIMULATION, Justin Madsen, Toby Heyn, Dan Negrut, 2010
- [5] - MOGUĆNOST PRIMJENE ELEKTRIČNOG POGONA U CESTOVNIM MOTORNIM VOZILIMA, mr.sc. Boris Smrečki, prof.dr.sc. Jasna Golubić 2013
- [6] – TIRES AND TRACKS IN AGRICLUTURE, W.W. Brixius, F.M.Zoz, Milwaukee, 1976
- [7] - <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html>
- [8] - http://www.osnpower.com/productID/product_detail-6923281.html
- [9] - http://en.wikipedia.org/wiki/Dump_truck
- [10] – www.kubota.com
- [11] - <http://www.bridgestoneindustrial.com/products/rubber-tracks/>
- [12] – KUBOTA KC250HR SPARE PARTS CATALOGUE, 2013



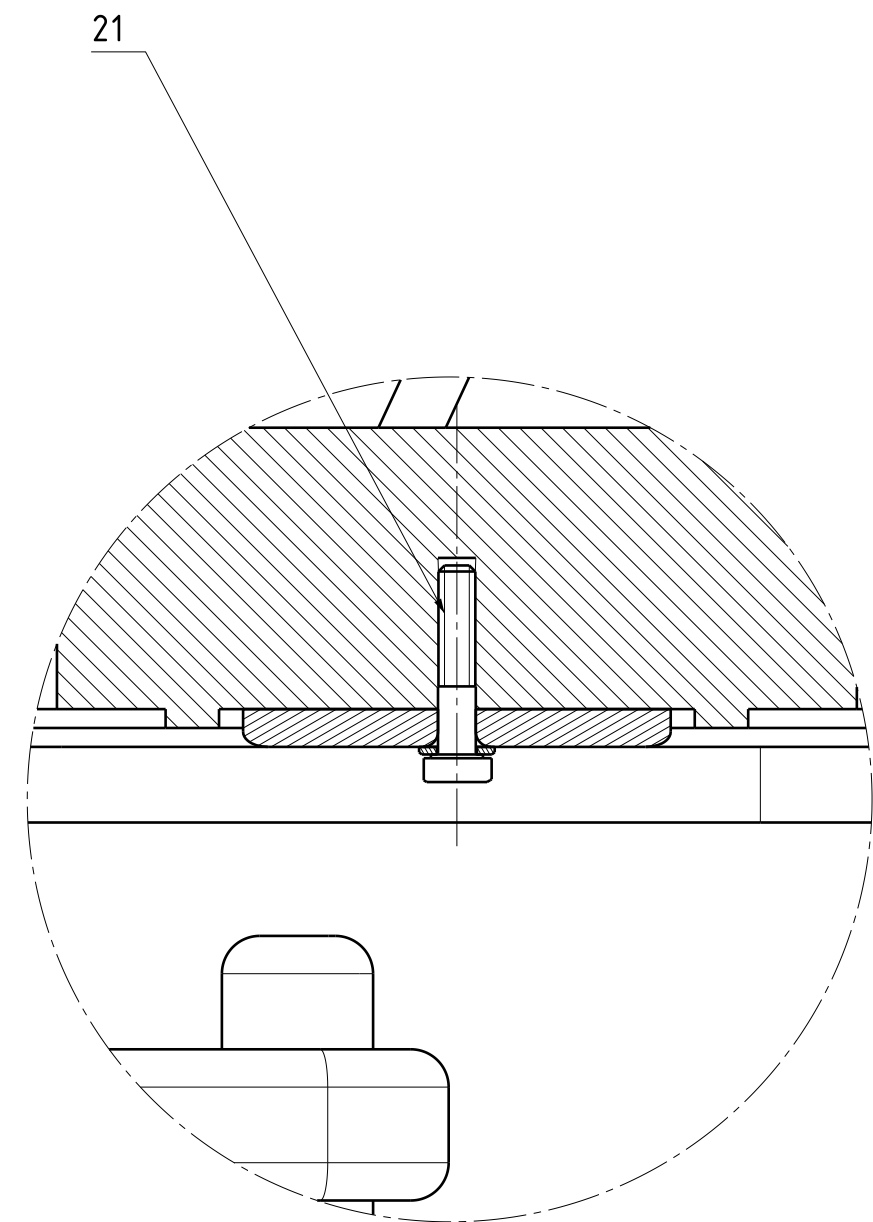
Izometrija
M 1:10



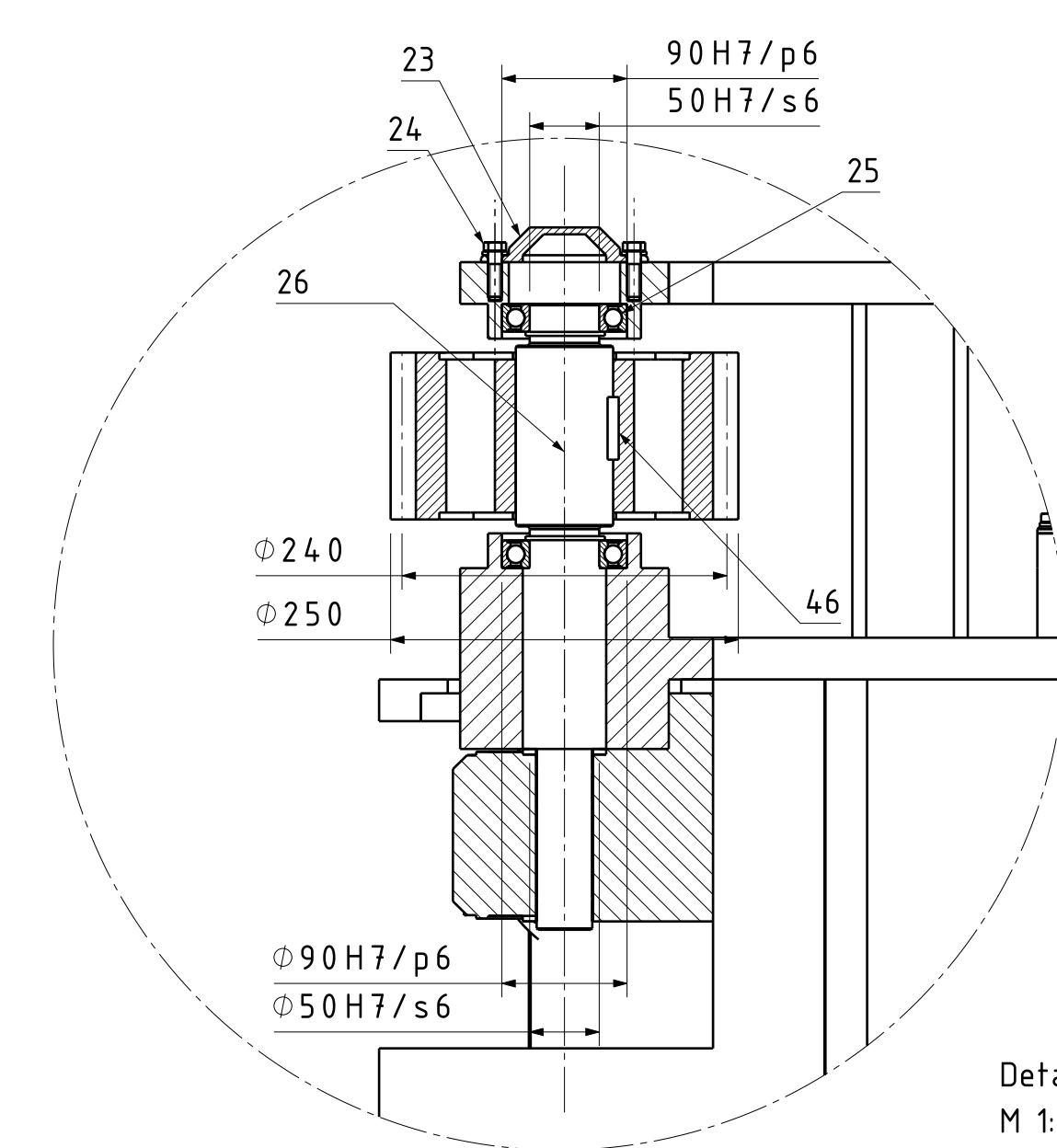
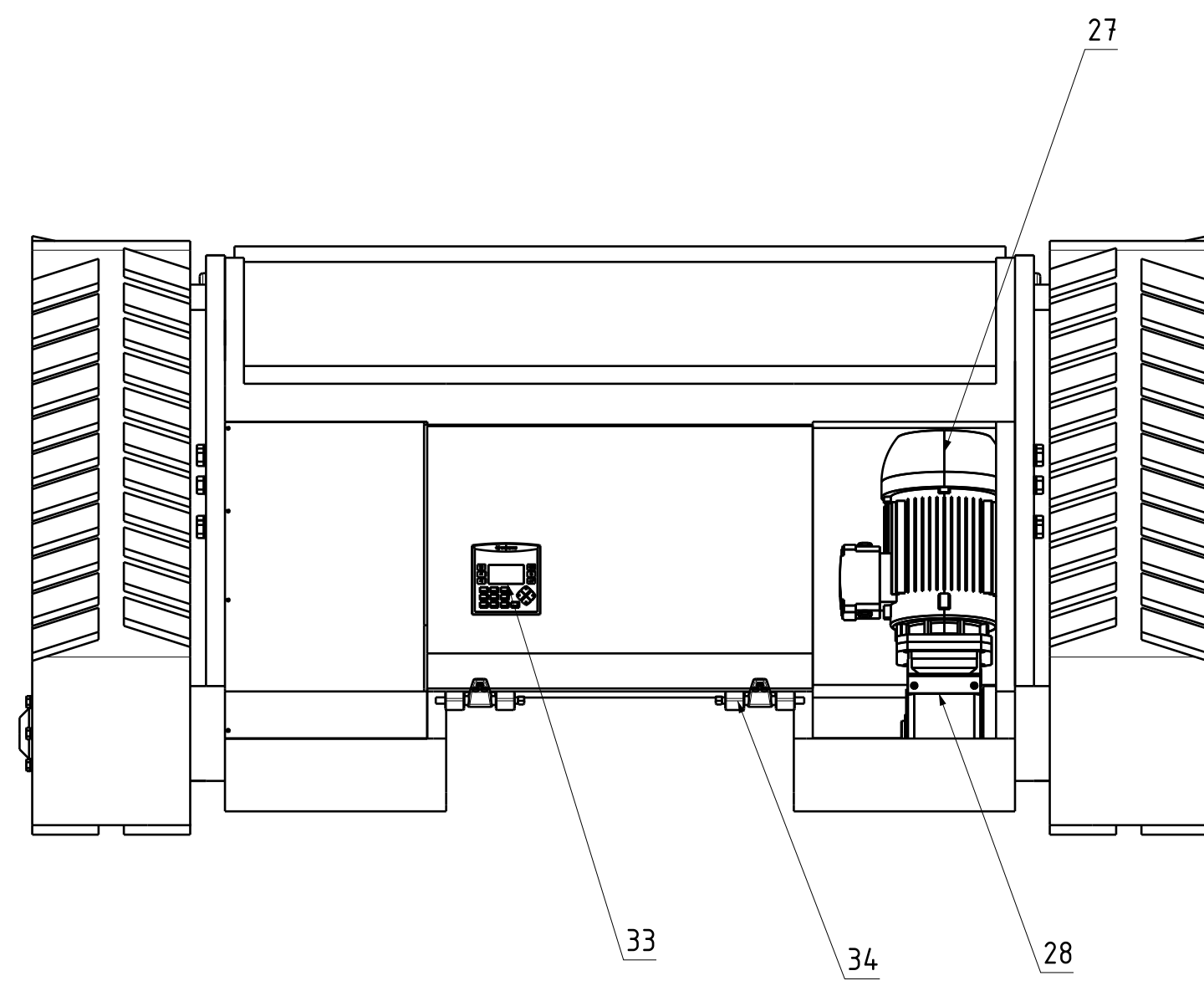
DETALJ A
M 1:5



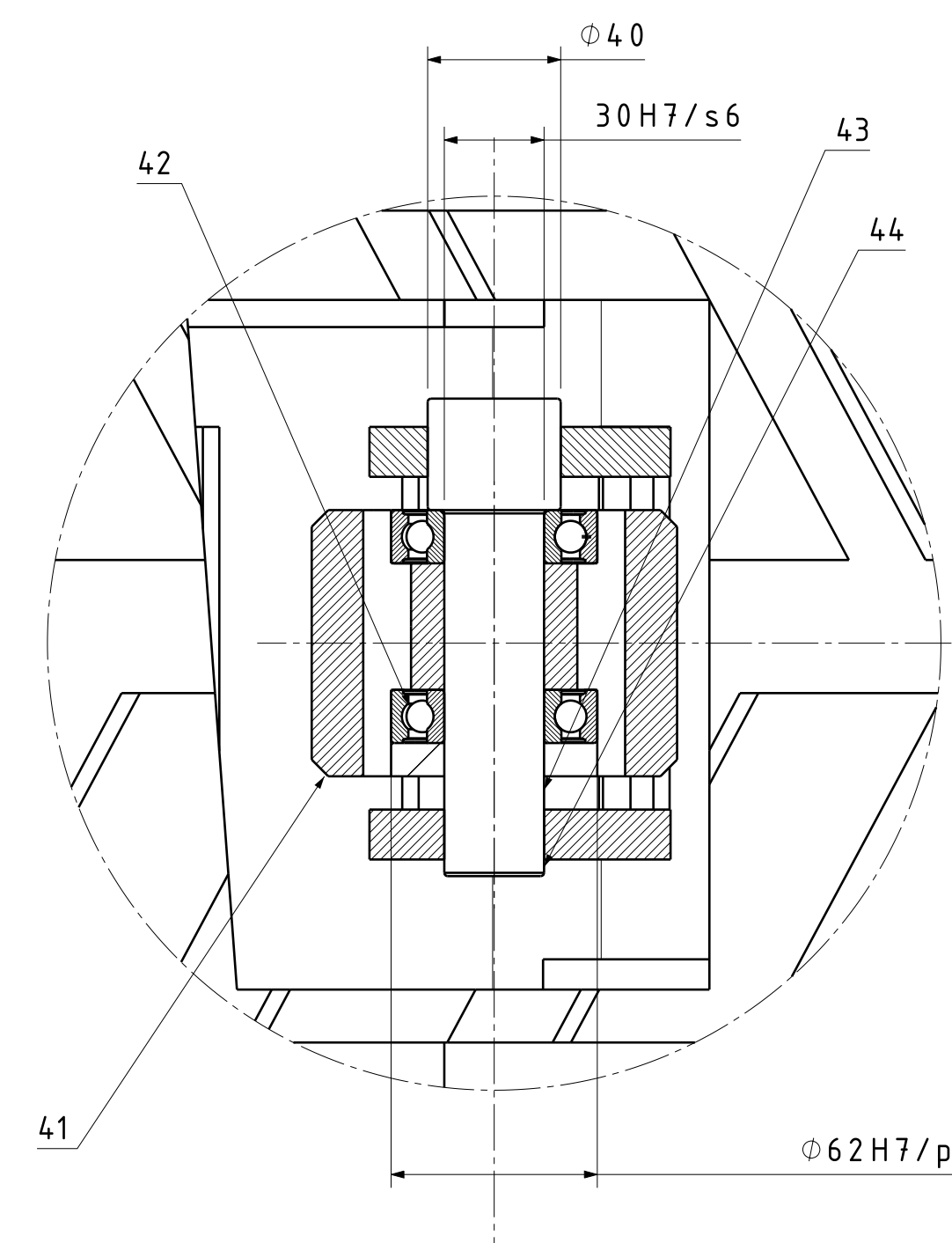
Detalj D
M 1:2



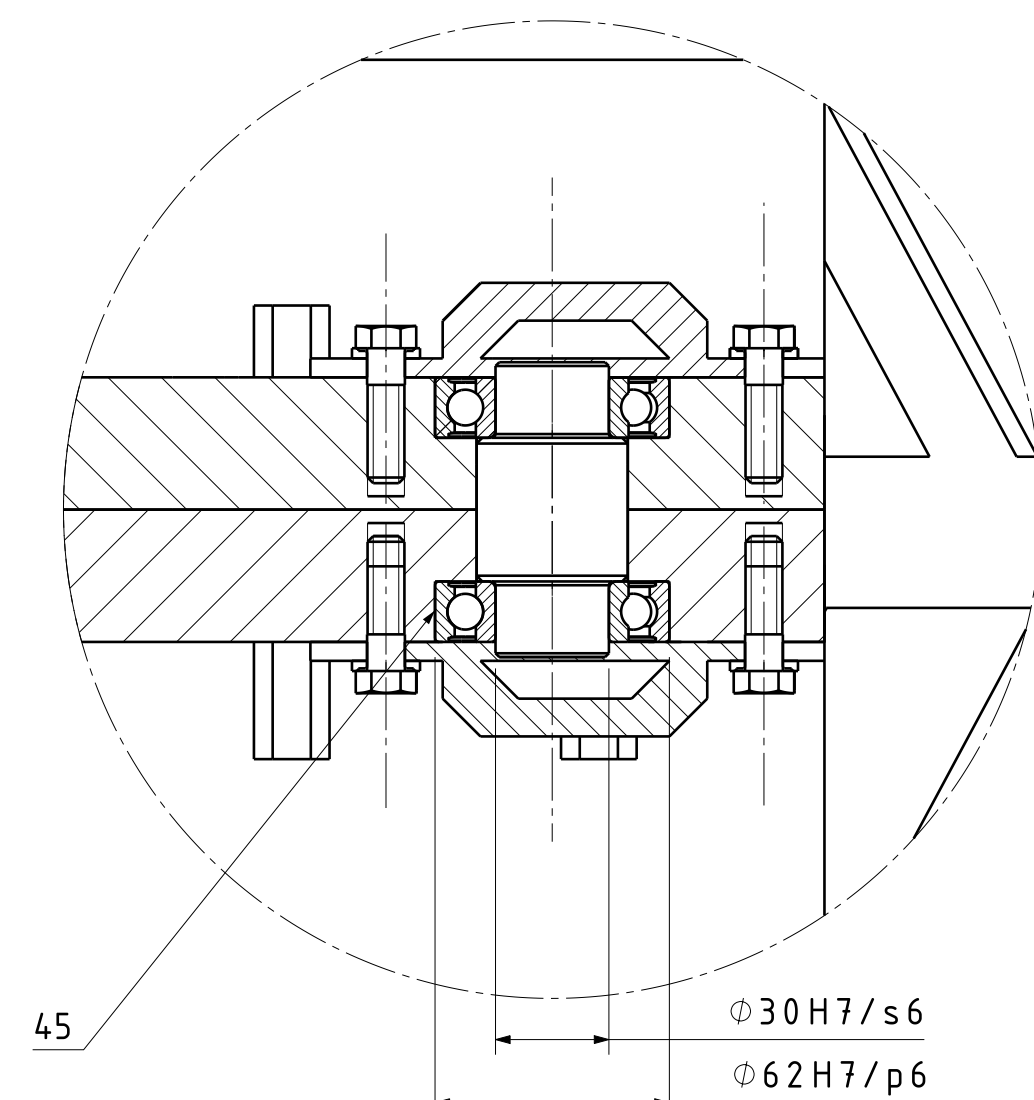
Detalj B
M 1:1



Detalj C
M 1:5

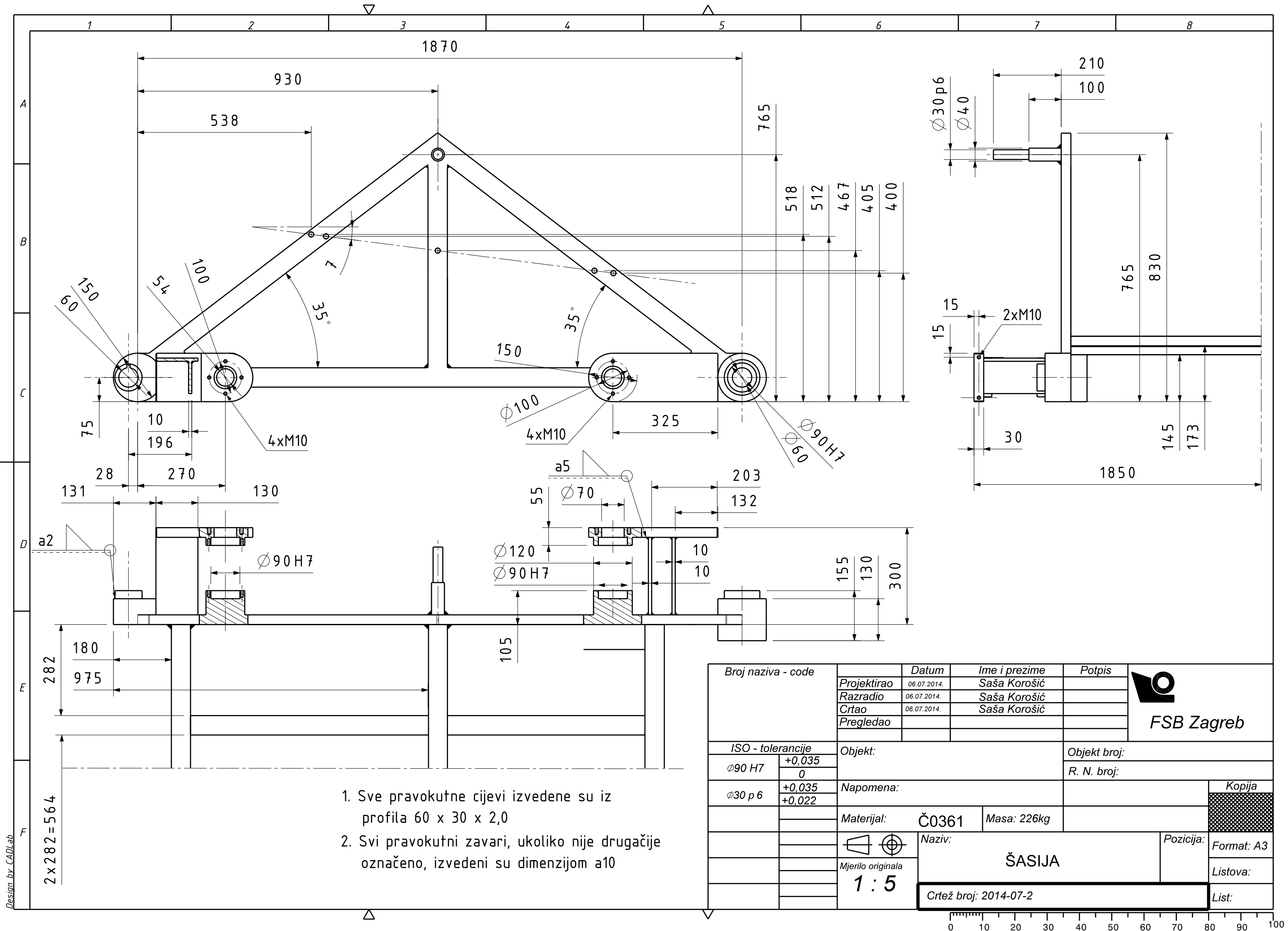


Detalj E
M 1:2

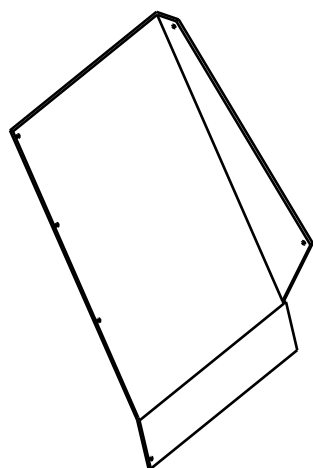
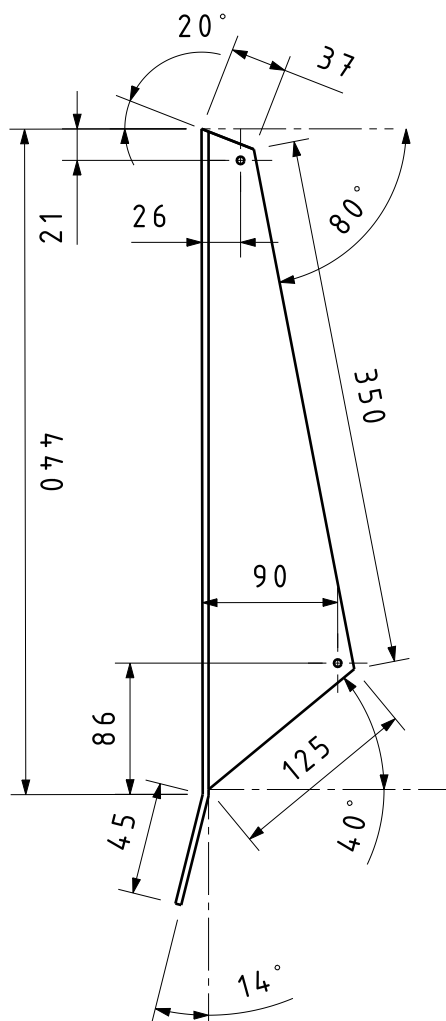
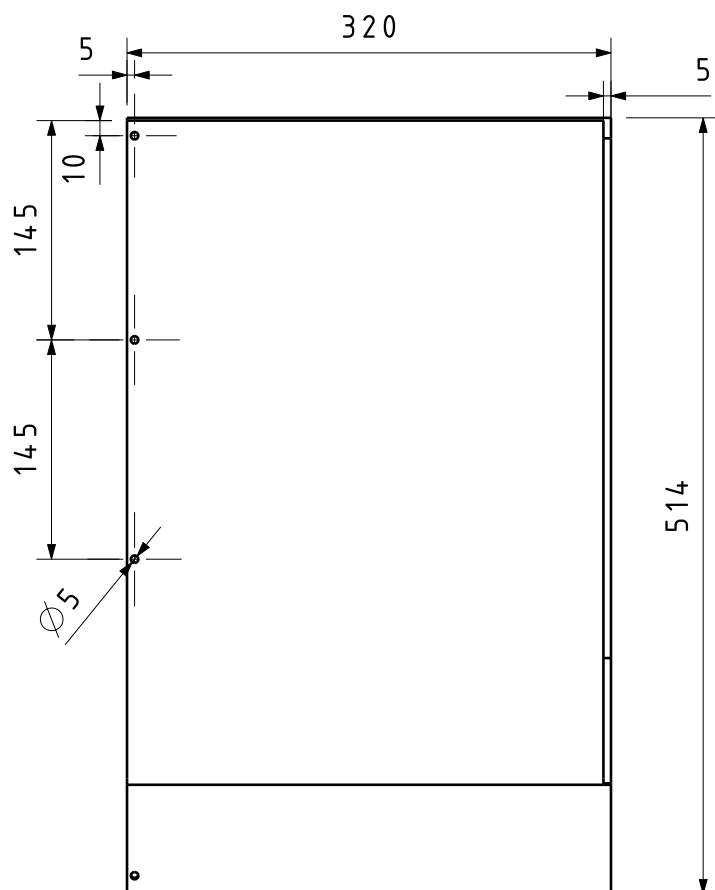


Detalj F
M 1:2

45	Ležaj ovjesa	2	SKF 6206						
44	Pero donjeg lančanika	2	DIN6885						
43	Osovina donjeg lančanika	2		CL0346	Ø40x70	0,64kg			
42	Ležaj donjeg lančanika	4	SKF6206						
41	Donji zatezni lančanik	2		RC417-14430	Ø110x80	3,06kg			
40	Nosač zateznika	2		CL0346					
39	Vijak M10	8	DIN933						
38	Iskričnik	1	OSN-GF-48V40AM						

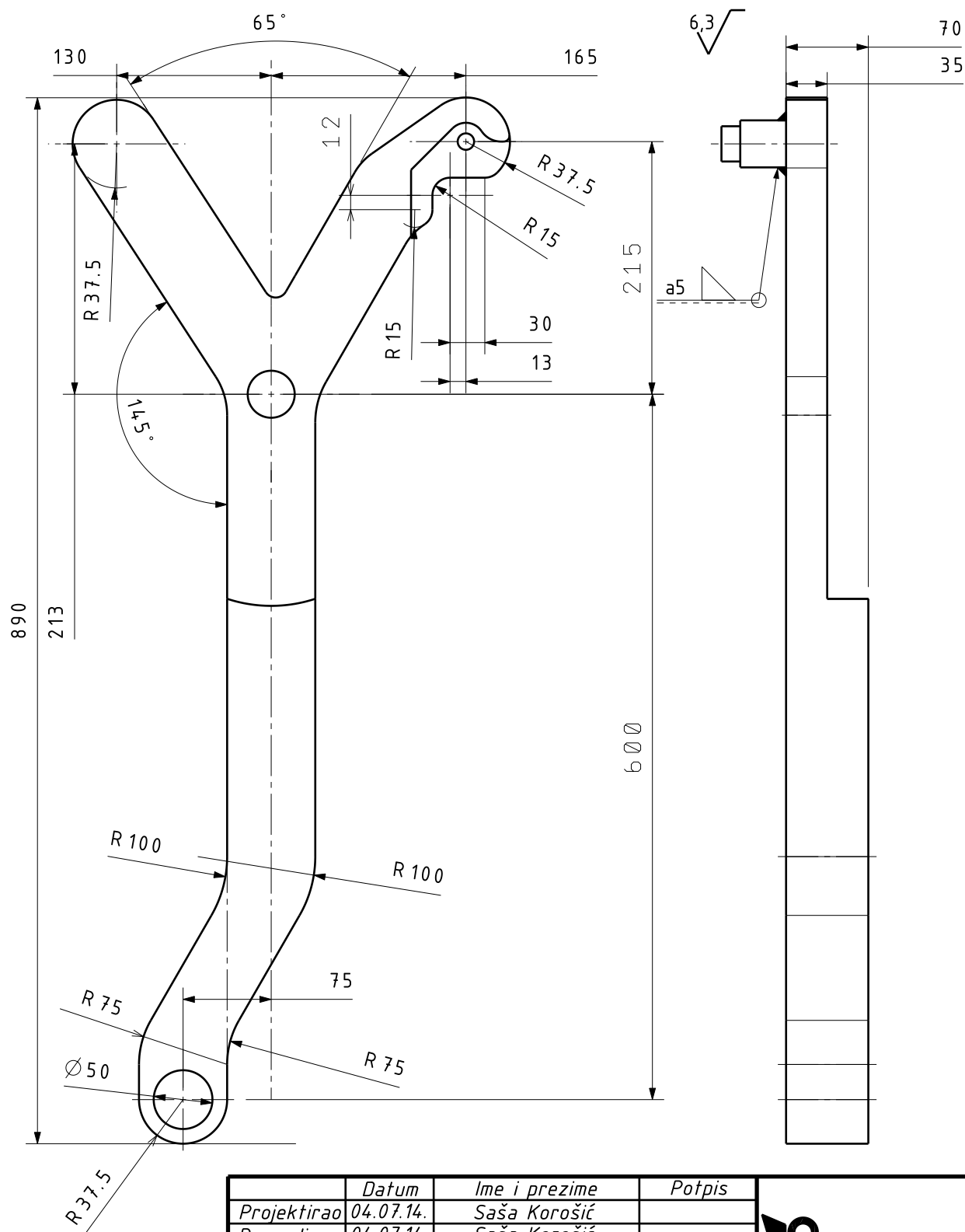


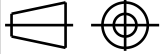
6,3 Hladno valjanje

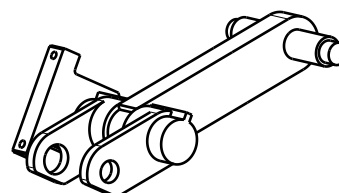
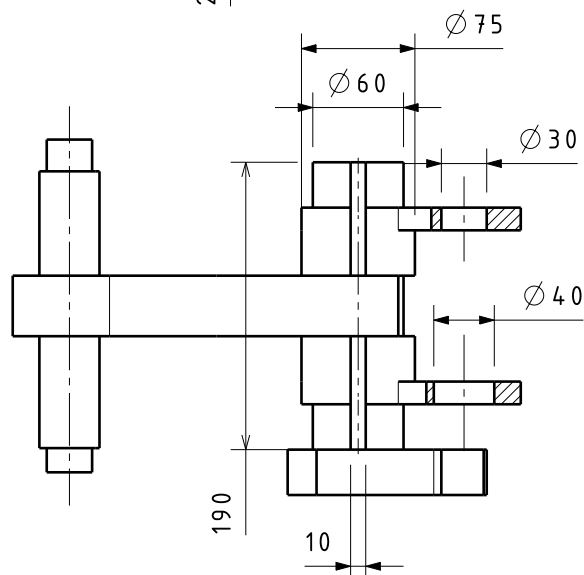
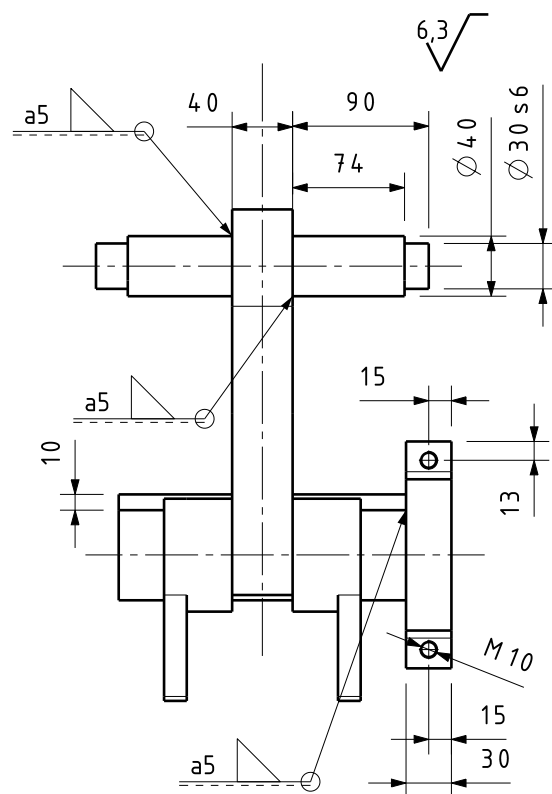
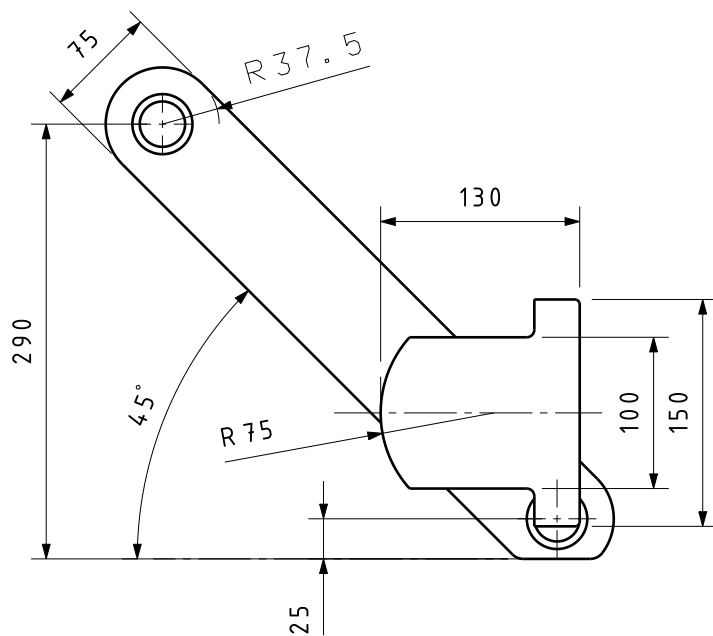


Izometrija
M 1:10

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	04.07.14.	Saša Korošić		
Razradio	04.07.14.	Saša Korošić		
Crtao	04.07.14.	Saša Korošić		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				
Materijal: Č0146		Masa: 0,8kg		
	Naziv:		Pozicija:	Kopija
Mjerilo originala	Poklopac motora			Format: A4
1 : 5	Crtež broj: 2014-7-4			Listova:
				List:



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	04.07.14.	Saša Korošić		
Razradio	04.07.14.	Saša Korošić		
Crtao	04.07.14.	Saša Korošić		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				
Materijal: ČL0346		Masa: 31,7kg		
 Mjerilo originala 1 : 5		Naziv: Poluga ovjesa		Pozicija: Format: A4
Crtež broj: 2014-7-5			Listova:	
			List:	

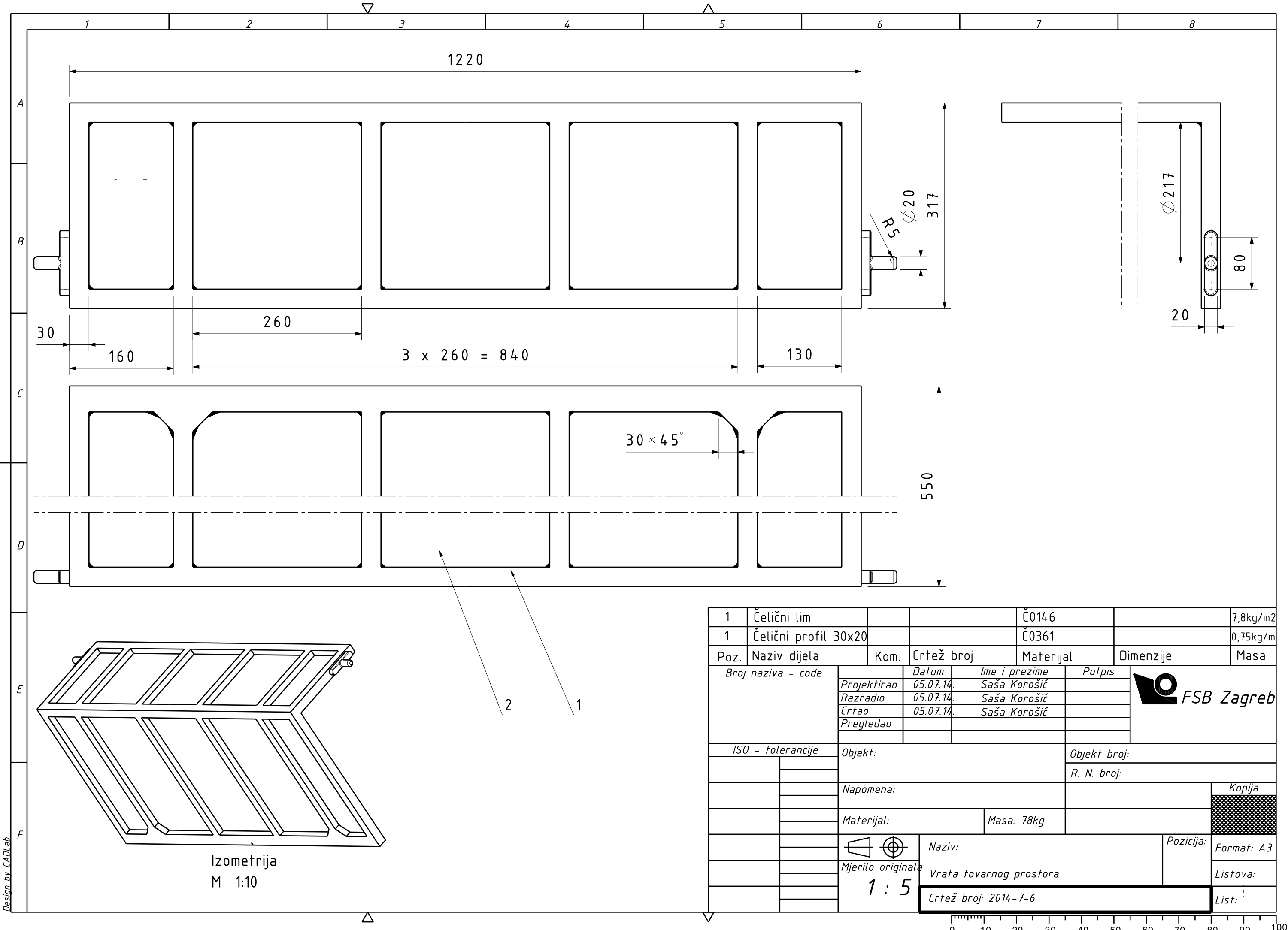


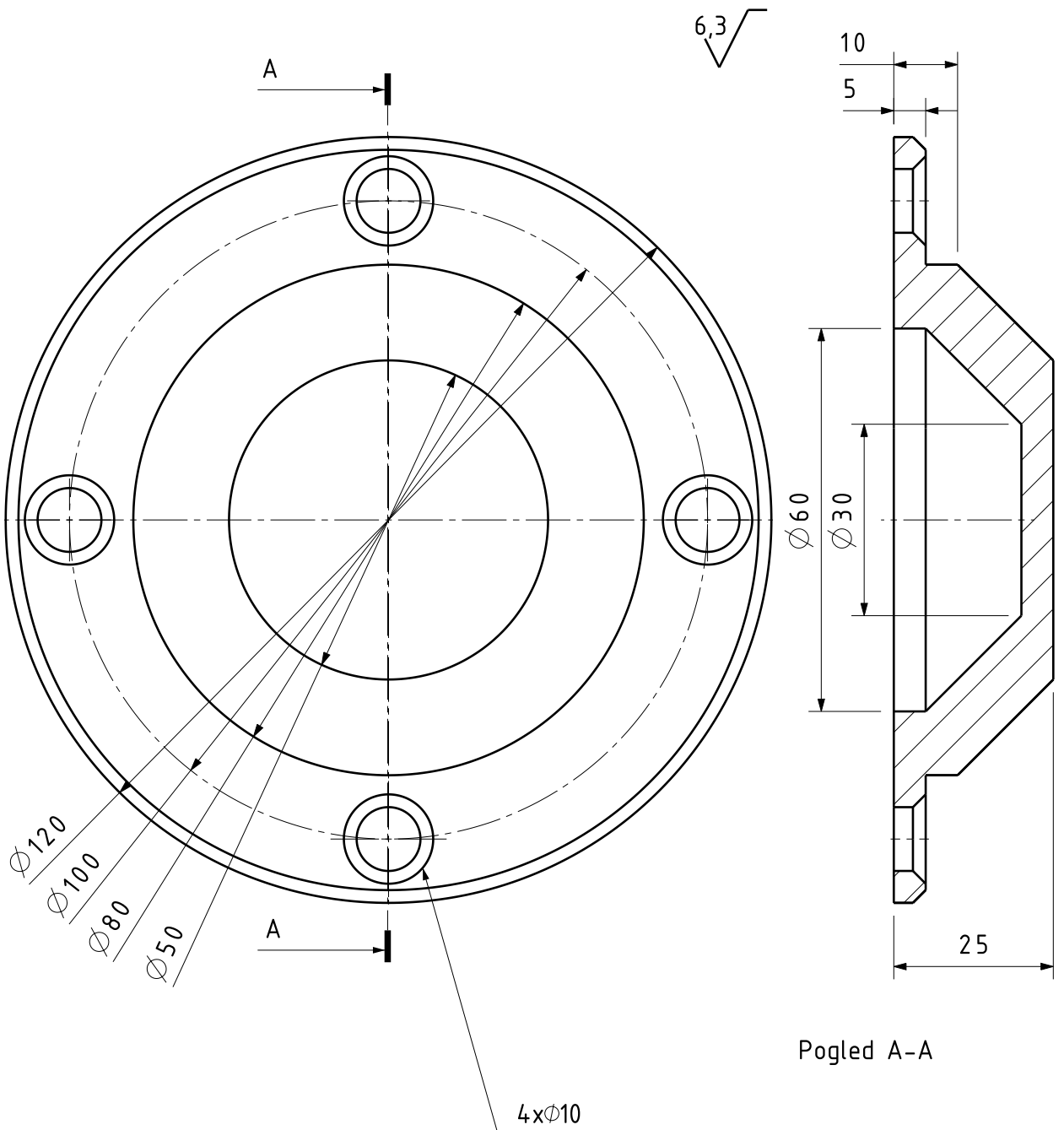
Izometrija
M: 1:10

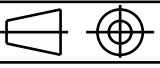
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	03.07.14.	Saša Korošić	
Razradio	03.07.14.	Saša Korošić	
Crtao	03.07.14.	Saša Korošić	
Pregledao			

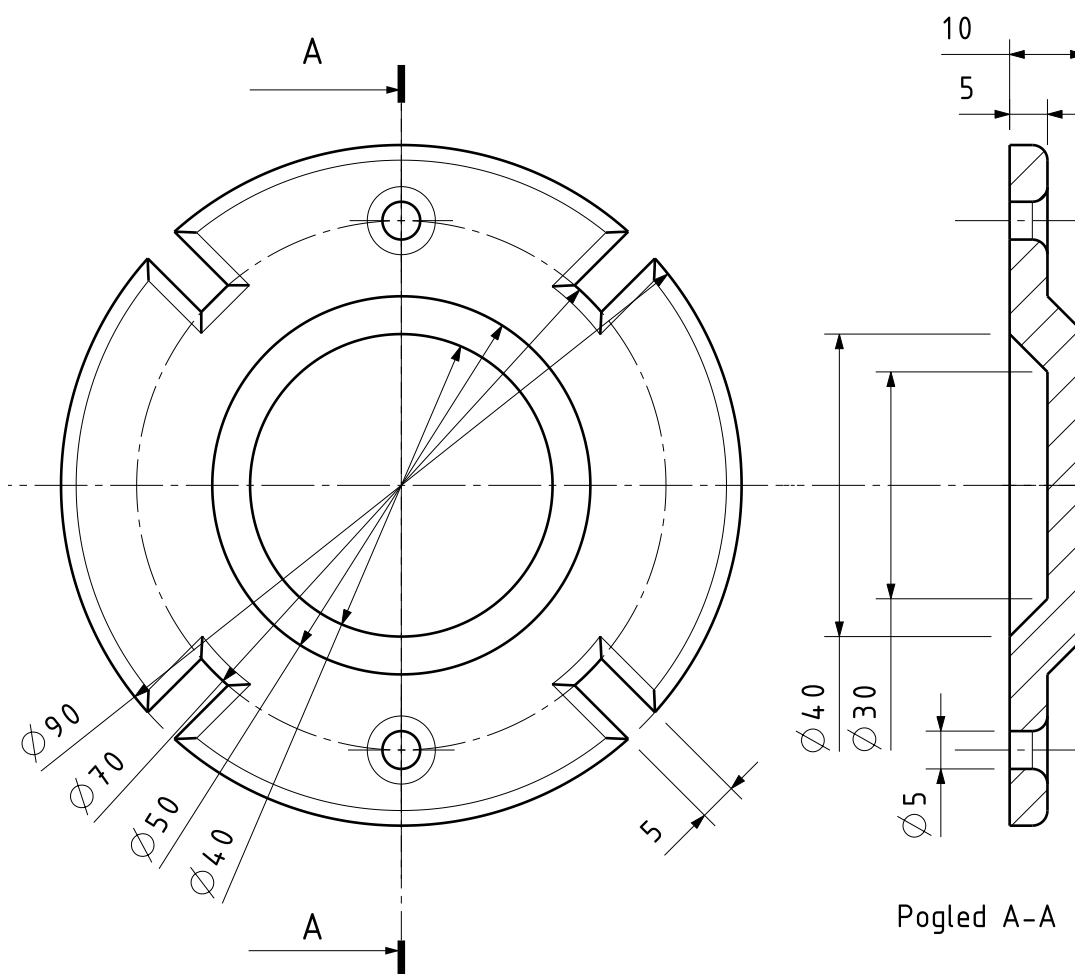
 **FSB Zagreb**

ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
Ø30s6	+0.048				
	+0.035				
		Napomena:			Kopija
		Materijal: Č0361		Masa: 0,71kg	
		Naziv:		Pozicija:	Format: A4
		Mjerilo originala			Listova:
		1 : 5			List:
		Crtež broj: 2014-7-5			

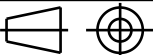




	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.07.14.	Saša Korošić		
Razradio	01.07.14.	Saša Korošić		
Crtao	01.07.14.	Saša Korošić		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: ČL0545			Masa: 0,7kg	
 Mjerilo originala 1 : 1	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Poklopac ležaja pogona			Listova:
	Crtež broj: 2014-7-7			List:



Svi rubovi obrađeni su sa R=2mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	01.07.14.	Saša Korošić		
Razradio	01.07.14.	Saša Korošić		
Crtao	01.07.14.	Saša Korošić		
Pregledao				
Objekt:			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:				Kopija
Materijal: ČL0545		Masa: 0,26kg		
			Naziv:	Pozicija:
Mjerilo originala			Poklopac ležaja vodilice	Format: A4
1 : 1				Listova:
Crtež broj: 2014-7-8				List: