

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marko Diklić

Zagreb, 2010.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

doc. dr. sc. Mario Štorga

Marko Diklić

doc. dr. sc. Dragan Žeželj

0035150829

Zagreb, 2010.

Opis zadatka**Tricikl s dva kotača sprijeda**

Prijevozna sredstva na vlastiti pogon čovjeka se sve više potiču sa aspekta ekologije ali i zdravijeg načina života. Osim bicikala, dosta su zastupljeni i tricikli u izvedbi s dva kotača straga. Kao jedna od mogućnosti za proširenje ponude te lansiranje novog i atraktivnog proizvoda na tržištu se pojavila ideja o triciklu s dva kotača sprijeda čime bi se povećala upravlјivost i stabilnost u zavojima.

Cilj je ovog zadatka koncipirati i konstrukcijski razraditi rješenje tricikla kod kojeg će dva kotača biti smještena sprijeda. Budući da ovakvo rješenje uzrokuje promjenu kinematike upravljanja potrebno je posebnu pažnju posvetiti razvoju sustava upravljanja koji će omogućiti istovremeno zakretanje oba prednja kotača, nezavisnu pokretnost u vertikalnoj ravnini te omogućiti ugradnju amortizera.

U radu je potrebno:

- Konstrukcijsko rješenje sustava upravljanja razraditi uz uporabu standardnih sklopova. Pri konstrukcijskoj razradi paziti na tehnološko oblikovanje dijelova te sigurnosti korisnika pri korištenju tricikla .
- Izraditi računalni 3D model proizvoda i tehničku dokumentaciju

Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Sažetak rada

Cilj ovog završnog rada je razvoj nosive konstrukcije za tricikl s dva kotača sprijeda s posebnim naglaskom na razvoj sustava za skretanje i naginjanje. U radu su korištena znanja naučena na kolegijima *Teorija konstruiranja i Razvoj proizvoda* kao i na kolegijima *Elementi konstrukcija I i II.* U radu je objašnjen postupak razrade svakog neophodnog djela tricikla to jest sustava za upravljanje, odabir najboljeg rješenja te konstrukcijski proračun istog. Kod konstruiranja posebna se pažnja posvetila tome da su dijelovi pravilno tehnološki oblikovani kako je bilo podučavano na kolegiju *Tehnologično oblikovanje*. Ovaj rad neće se baviti problemima dinamike već će se samo odabrati najjednostavniji konstrukcijski oblik koji je onda potrebno dinamički razraditi. Modeli su izrađeni korištenjem CAD aplikacija SolidWorks2008 i AutoCAD 2006. Analiza čvrstoće pojedinih dijelova napravljena je korištenjem CAD paketa Inventor 2011.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, svojim znanjem, te uz pomoć navedene literature.

Zahvaljujem mentorima doc. dr. sc. Mariju Štorgi i dr. sc. Draganu Žeželju na korisnim savjetima i komentarima tijekom pisanja rada. Zahvaljujem svima koji su mi pomogli na bilo koji način, a posebne zahvale idu prijatelju i kolegi dipl. Ing. Ivanu Krajnoviću i kolegi Tomislavu Batkoviću.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	7
POPIS TABLICA.....	8
POPIS OZNAKA.....	9
1. UVOD.....	10
2. ANALIZA TRŽIŠTA	12
2.1. SLIČNA PROMETALA NA TRŽIŠTU	12
2.2. ZAKLJUČAK O STANJU NA TRŽIŠTU	14
3. DEFINIRANJE ZAHTJEVA	15
3.1. UTVRĐIVANJE POTREBA KORISNIKA.....	15
4. MODELIRANJE FUNKCIJSKOG TOKA SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE	19
5. MORFOLOŠKA MATRICA	21
6. KONCEPTI	23
6.1. KONCEPT 1.....	24
6.2. KONCEPT 2	25
6.3. KONCEPT 3.....	26
6.4. VREDNOVANJE I ODABIR KONCEPTA.....	27
7. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA KONCEPTA 3.....	28
7.1. GRUBA KINEMATSKA RAZRADA.....	28
7.2. ANALIZA OPTEREĆENJA	30
7.2.1. PRORAČUN OPRUGA	34
7.2.1.1. SAVOJNA OPRUGA.....	34
7.2.1.2. PRSTENASTA OPRUGA.....	38
7.3. STANDARDNI DIJELOVI	39
7.3.1. IZBOR LEŽAJEVA	39
7.3.2. IZBOR REMENICE I ZUPČASTOG REMENA.....	40
8. SLIKE GOTOVOG 3D MODELA	41
9. ZAKLJUČAK	43
10. LITERATURA.....	44
11. TEHNIČKA DOKUMENTACIJA.....	45

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Dvije žene voze tricikl za dvoje, 1886.....	10
Slika 1.2. Tricikl kompanije <i>International Surry</i> sa prtljažnikom montiranim između stražnjih kotača	10
Slika 1.3. Delta oblik tricikla tvrtke <i>Hase Spetzialräder</i>	10
Slika 1.4 <i>Piaggio mp3</i> , tricikl sa dva kotača sa prednje strane.....	11
Slika 2.1 Moderni bicikl za utrke.....	12
Slika 2.2 Preteča modernog bicikla, <i>Laufmaschine</i>	12
Slika 2.3 Bicikl sa naslonjačem.....	12
Slika 2.4 Zoetec Aileron Triike, upravljač je izведен kao na biciklu.....	13
Slika 2.5 Tripendo HPV, vrlo sofisticirani proizvod u izvedbi sa dva kotača naprijed	13
Slika 2.6 L.E. C.R.A.F.T. sprijeđa je jedan kotač koji je ujedno i pogonski	13
Slika 2.7 Izvedba sa ručnim i nožnim pogonom.....	14
Slika 2.8 Polegnuti tricikl tvrtke Inspired Cycle Engineering sa vjetrobranskim staklom.....	14
Slika 3.1 Iako lijepo izgleda i praktična je, sjedalica za bicikle izrazito je neudobna	15
Slika 4.1 Funkcijska struktura sustava za upravljanje modelirana pomoću toka funkcija	19
Slika 6.1 Koncept 1, upravljač koji je spojen zglobnom vezom sa polugom pomici kotače lijevo desno i tako osigurava zakretanje	24
Slika 6.2 Koncept 2, uzdužna osovina na kojoj se nalazi sjedalica spojena je zupčanicom koji nagnjanjem težišta vozača upravlja zakretanjem prednjih kotača	25
Slika 6.3 Model tricikla od <i>Lego</i> kocaka (pogled odostraga).....	26
Slika 6.4 Model tricikla od <i>Lego</i> kocaka (pogled od naprijed).....	26
Slika 7.1 Međuosovinski razmak od 1350mm (odabran na temelju proučavanja međuosovinskog razmaka kotača kod bicikla)	28
Slika 7.2 Duljine i kutevi među pojedinim dijelovima tricikla kod kuta od 0° odnosno dok tricikl vozi ravno.....	28
Slika 7.3 Međuosovinski razmak kotača se mijenja pri skretanju (hipotenuza trokuta označenog crvenom bojom je dulja)	29
Slika 7.4 Duljine i kutevi među pojedinim dijelovima tricikla kod kuta od 45° odnosno dok tricikl skreće	29
Slika 7.5 Težište čovjeka sa jednakom približenim udovima nalazi se otprilike oko pupka	30
Slika 7.6 Raspored sila po kotačima	30
Slika 7.7 Crvenom bojom su označeni dijelovi konstrukcije koji su bitni za izračun sila u osloncima... ...	31
Slika 7.8 Reakcije u osloncima pri kutu nagiba od 45 prema horizontalnoj podlozi	32
Slika 7.9 Sile koje se javljaju u osloncima prouzročuju sile na krakovima opruge	34
Slika 7.10 Sila na opruzi rastu kako se kut nagiba prema horizontali povećava	35
Slika 7.11 Sila s njezinim pripadajućim krakovima	35
Slika 7.12 Sila s njezinim pripadajućim krakovima	35
Slika 7.13 Autodesk Inventor 2011 ima mogućnost brze izrade većine standardnih dijelova u strojarstvu pa tako i zavojne opruge	37
Slika 7.14 <i>Design accelerator</i> omogućuje brzu provjeru čvrstoće i brzu izradbu potrebnog komada.. ..	37
Slika 7.15 Prstenasta opruga	38
Slika 7.16 Djelovanje sile zupčastog remena na krak prstenaste opruge	38
Slika 7.17 Ekvivalentna opruga za proračun čvrstoće	38

Slika 7.18 SKF ležaj PCM707540	39
Slika 7.19 SKF ležaj PCM303440	39
Slika 7.20 Remenica tvrtke QTC	40
Slika 7.21 Odabrana je remenica QPMT5A16030F08	40
Slika 7.22 Odabran je zupčasti remen QB-T5-1215-16.....	40
Slika 8.1 Gotovi tricikl (izometrija)	41
Slika 8.2 Tricikl, pogled od naprijed	42
Slika 8.3 Pogled sa lijeve strane.....	42

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Usporedba najzanimljivijih izvedbi tricikala	14
Tablica 3.1 Upitnik za korisnike	16
Tablica 3.2 Lista zahtjeva za tricikl (zahtjevi su navedeni slijedom važnosti).....	17
Tablica 3.3 Lista zahtjeva za sustav za upravljanje.....	18
Tablica 5.1 Morfološka matrica sustava za upravljanje	21
Tablica 5.2 Legenda	22
Tablica 6.1 Kriteriji vrednovanja koncepata	27
Tablica 6.2 Usporedba koncepata	27

POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
b	mm	Širina prstenaste opruge
h	mm	Debljina prstenaste opruge
f	mm	Progib prstenaste opruge
F_1	N	Sila na prednje kotače
F_2	N	Sila na stražnji kotač
F_{1l}	N	Sila na prednji lijevi kotač
F_{1d}	N	Sila na prednji desni kotač
F_{op1}	N	Sila na kraku opruge pod utjecajem prednjeg kotača
F_{op2}	N	Sila na kraku opruge pod utjecajem stražnjeg kotača
F_{R1}	N	Rezultantna sila 1
F_{op1l}	N	Sila na kraku opruge pod utjecajem prednjeg lijevog kotača (45°)
F_{op1d}	N	Sila na kraku opruge pod utjecajem prednjeg desnog kotača (45°)
F_{op2}'	N	Sila na kraku opruge pod utjecajem stražnjeg kotača (45°)
F_{R2}	N	Rezultantna sila 2
F_{R3}	N	Rezultantna sila 3
F_{min}	N	Minimalna sila na opruzi
F_{max}	N	Maksimalna sila na opruzi
F_{zr}	N	Sila na prstenastoj opruzi
F_{lm}	N	Sila na ležaj
M_1	Nmm	Moment oko točke 1
M_{1l}	Nmm	Moment oko točke 1 l
M_0	Nmm	Moment oko točke 0
S	-	Sigurnost
σ_{dop}	N/mm ²	Dopušteno naprezanje

1. UVOD



Slika 1.1 Dvije žene voze tricikl za dvoje, 1886.

Prvi tricikl već je davne 1680 izumio nepokretni Nijemac koji je tako našao rješenje da za svoj problem nemobilnosti. Stoljeće kasnije, francuzi Blanchard i Maguier nadjenuli su mu ime tricikl kako bi se razlikovao od tadašnje preteče današnjeg bicikla. Nakon 1818., razni izumitelji počinju se baviti ozbiljnim razvojem tog prometala. Budući da je prvi bicikl imao jako veliki prednji kotač, a oblik današnjeg bicikla se nije razvio do 19. stoljeća, mnogi su u triciklu vidjeli puno ugodniji način prijevoza te mu time znatno pridonijeli na popularnosti. Danas, postoje i tricikli na motorni pogon, pretežno benzinski.



Slika 1.2. Tricikl kompanije *International Surry* sa prtljažnikom montiranim između stražnjih kotača

Tricikl može imati dva oblika sjedenja. Prvi način je da vozač sjedi uspravno vrlo slično kao na biciklu ali s dva kotača odostraga kao na slici 1.2. Drugi način je vrlo sličan prvom, s razlikom da vozač sjedi na sjedalu sličnom stolici (slika 1.3). Također razlikujemo i tricikle s dva kotača sprijeda i kako je već rečeno, tricikle s dva kotača sa stražnje strane (slika 1.4).

Tricikl koji je predmet ovog rada imati će sjedalo je oblika poput stolice te dva kotača sa prednje strane, dok će jedan biti odostraga.

Sustav upravljanja biti će riješen inovativno, pomoću neovisnog ovjesa.

Iako se standardni tricikl osim za rekreacijske i prijevozne svrhe koristi i za na primjer, prijevoz kanti za otpad ili pokretne tezge, ovaj tricikl namijenjen je isključivo za prijevoz osoba pa bi zato trebao biti agilniji pri zakretanju. U usporedbi sa biciklom, standardnim triciklom je



Slika 1.3. Delta oblik tricikla tvrtke *Hase Spetzialräder*



Slika 1.4 *Piaggio mp3*, tricikl sa dva kotača sa prednje strane

teže upravljati jer ne omogućava naginjanje pri skretanju. Ovaj će tricikl pokušati nadići taj problem, te ga učiniti jednako lako upravljivim tako što će razraditi sustav koji omogućava takvo zakretanje.

2. ANALIZA TRŽIŠTA

2.1. SLIČNA PROMETALA NA TRŽIŠTU



Slika 2.2 Preteča modernog bicikla, *Laufmaschine*.

izumu, ali *Laufmaschine* baruna Karla von Draisena smatra se pretečom modernog bicikla. Iako se sama konstrukcija bicikla nije puno promijenila od njegovog nastanka, danas su mnoge komponente znatno poboljšane posebno potpomognute razvojem tehnologije i računalne podrške.

Od kada se u 19. stoljeću pojavio na tržištu, bicikl je postao jedno od vodećih prometala te ih danas ima oko jedne milijarde, drugim riječima gotovo dvostruko više nego automobila. Kao jeftiniji, jednostavniji i prihvatljiviji za okoliš, postao je pogodan ne samo za prijevoz, već za rekreaciju i sport ali koriste i razne djelatnici poput poštara ili policije. Mnogi su pridonijeli



Slika 2.1 Moderni bicikl za utrke



Slika 2.3 Bicikl sa naslonjačem

Uz velik broj bicikala danas postoji i nemali broj tricikala različitih izvedbi. Najčešće su korišteni od strane starije populacije ali isto tako i male djece koja tek trebaju savladati tehniku vožnje bicikla. Razlogu manjeg broja tricikala u odnosu na bicikle pridonosi činjenica da je triciklom teže upravljati u situacijama gdje je nužno brzo mijenjati smjer, a također ima i znatno

slabije vozne sposobnosti na neravnom terenu. Tricikl je prvenstveno stabilan i to je bitan preduvjet za udobnost i sigurnost vožnje, a ako područje njegove primjene ograničimo na

korištenje u gradu, znači na ravnu cestu, njegovi se nedostatci kod upravljanja u odnosu na bicikl mogu u potpunosti ispraviti omogućavanjem naginjanja u zavojima.

Pretraživajući internet utvrđeno je da postoji mnogo različitih izvedbi tricikala pa su najzanimljiviji izdvojeni i dani na sljedećim slikama.



Slika 2.5 Tripendo HPV, vrlo sofisticirani proizvod u izvedbi sa dva kotača naprijed



Slika 2.4 Zoetec Aileron Triike, upravljač je izведен kao na biciklu



Slika 2.6 L.E. C.R.A.F.T. sprijeda je jedan kotač koji je ujedno i pogonski

Tablica 2.1 Usporedba najzanimljivijih izvedbi tricikala

Naziv	Raspored kotača	Izvedba sjedišta	Upravljanje
L.E. C.R.A.F.T.	- dva kotača straga jedan kotač od naprijed - prednji kotač je pogonski	- sjedište u sredini, nisko težište	- ručke koje okreću stražnje kotače
Tripendo HPV	- dva kotača sprijeda jedan kotač odostraga - stražnji kotač je pogonski	- sjedište u sredini, nisko težište	- ručke koje okreću prednje kotače
Zoetec Aileron Trike	- dva kotača sprijeda jedan kotač odostraga - stražnji kotač je pogonski	- sjedište u sredini, nisko težište	- upravljač koji okreće prednje kotače

2.2. ZAKLJUČAK O STANJU NA TRŽIŠTU



Slika 2.8 Polegnuti tricikl tvrtke *Inspired Cycle Engineering* sa vjetrobranskim stakлом

Kroz istraživanje i prikupljanje podataka o stanju na tržištu uviđeno je da postoji veliki broj tricikala s dva kotača sprijeda koji omogućavaju naginjanje u zavojima. Problemi centrifugalne sile u zavojima najčešće su rješavani primicanjem težišta što bliže tlu i postavljanjem većeg međuosovinskog razmaka naprijed. Sudeći po viđenom, ovaj dio tržišta je dosta razvijen ali postoji i prostor za nove proizvode ovog

tipa. Isto tako treba reći da je uvjet za korištenje ovog proizvoda ravna cesta gdje ne postoje rubnici. Takvih mesta na svijetu nema mnogo ali ima država gdje se potiče korištenje takvog tipa transporta na način da se izrađuju posebne prometnice za prometovanje



Slika 2.7 Izvedba sa ručnim i nožnim pogonom

bicikala i tricikala. Primjer takve države je Nizozemska te još neke zapadnoeuropske države. Zbog navedenih razloga bicikl će uvijek biti korištenije transportno sredstvo od tricikla jer omogućuje prometovanje i po neprilagođenom terenu.

3. DEFINIRANJE ZAHTJEVA

3.1. UTVRĐIVANJE POTREBA KORISNIKA

Kako smo istraživanjem tržišta utvrdili postojeće oblike sličnih proizvoda nužno je definirati potrebe potencijalnih korisnika. Identificiranje tih potreba započinje prikupljanjem relevantnih podataka od strane korisnika, oblikovanjem u jasno određene zahtjeve, te rangiranjem tih zahtjeva po važnosti.

Podatci se mogu prikupiti intervjuiranjem korisnika ili upitnicima, a za ovaj završni rad odlučeno je da će se koristiti posebno prilagođeni upitnici i podatci dobiveni u komunikaciji sa korisnicima bicikala.

Sve ukupno, intervjuirano je 10 osoba čiji su odgovori sažeti u tablici i to 10 muškaraca i 5 žena u dobi od 20 do 45 godina. Ispitanici su bili upitani da li koriste tricikl i da li bi ga koristili ako je praktičan poput bicikla, što vole to jest ne vole tricikla te da li imaju neke prijedloge kako ga poboljšati. Iz analize prikupljenih podataka primjećuje se da ispitanici najsličnije odgovore daju na pitanje što ne vole kod vožnje, a to je da osjećaju neki oblik nelagode što je najčešće bol u leđima ili stražnjici. U upitniku su navedeni odgovori svih korisnika s obzirom da se većinom ponavljaju.



Slika 3.1 lako lijepo izgleda i praktična je, sjedalica za bicikle izrazito je neudobna

Tablica 3.1 Upitnik za korisnike

PREPOZNAVANJE POTREBA INTERVJUIRANJE KORISNIKA/KUPACA		Naziv projekta: Tricikl s dva kotača sprijeda	Datum:
Tip korisnika: Prosječni korisnik bicikla	Korisnik:	Intervjuirao:	
Pitanje:	Odgovor korisnika:	Interpretacija potrebe:	Važnost:
Da li koristite tricikl?	- ne		- poželjno
Da li bi koristili tricikl da je praktičan poput bicikla?	- da		- poželjno
Što volite na triciklu?	<ul style="list-style-type: none"> - jednostavnost korištenja i odlaganja - ne buči i ne zagađuje - volim se voziti prirodom - dobar za zdravlje 	<ul style="list-style-type: none"> - prometalo male mase lako je upravljivo - prometalo se lagano može sklopiti i odložiti - tiki rad 	<ul style="list-style-type: none"> - jako poželjno - poželjno - poželjno
Što ne volite na triciklu?	<ul style="list-style-type: none"> - bolovi u leđima nakon dulje vožnje stražnjice - bolovi u predjelu - neudobna sjedalica 	<ul style="list-style-type: none"> - pravilno držanje leđa i kralježnice (oblik sjedišta i visina upravljača) - anatomska oblik naslona sjedalice 	<ul style="list-style-type: none"> - jako poželjno - poželjno
Prijedlog poboljšanja tricikla	<ul style="list-style-type: none"> - bolja stabilnost pri skretanju - udobna sjedalica - lanac koji ne spada - naslon 	<ul style="list-style-type: none"> - nužnost pomoćnih kotača ili oblik tricikla - sjedalica s naslonom 	<ul style="list-style-type: none"> - jako poželjno - jako poželjno

U razgovoru s kolegama biciklistima na pitanje što misle o udobnosti na biciklu najčešće su se žalili na udobnost ali napominjući da to nije presudno u koliko vožnja ne traje predugo. I sam često vozim bicikl i znam kako je kad se mnogo vremena provede na biciklu. Često dok vozim ne držim upravljač već bicikl usmjeravam nogama i naginjanjem tijela, a razlog tomu je što počnem osjećati bolove u predjelu leđa od previše pogrblijenosti i zbog toga vožnja mi postaje neugodna. S tim na umu nastala je ideja da se umjesto na neudobnoj, sjedi na znatno udobnijej sjedalici s naslonom. Ideja me dovela do koncepta tricikla s dva kotača sprijeda. Najvažniji zahtjevi koje koji se nameću su dakle prije svega udobnost i sigurnost pa lista zahtjeva time i započinje (tablica 3.2).

Tablica 3.2 Lista zahtjeva za tricikl (zahtjevi su navedeni slijedom važnosti)

LISTA ZAHTJEVA ZA TRICIKL	
1.	Udobnost
2.	Sigurnost
3.	Naginjanje pri skretanju
4.	Laka upravlјivost
5.	Pogon ljudskom snagom
6.	Mala masa
7.	Estetska privlačnost
1.	Jednostavnost konstrukcije
2.	Tehnologično oblikovanje
3.	Standardni dijelovi
4.	Ekonomski isplativost
1.	Radius skretanja kao kod bicikla
2.	Visina pogleda što viša (preglednost)

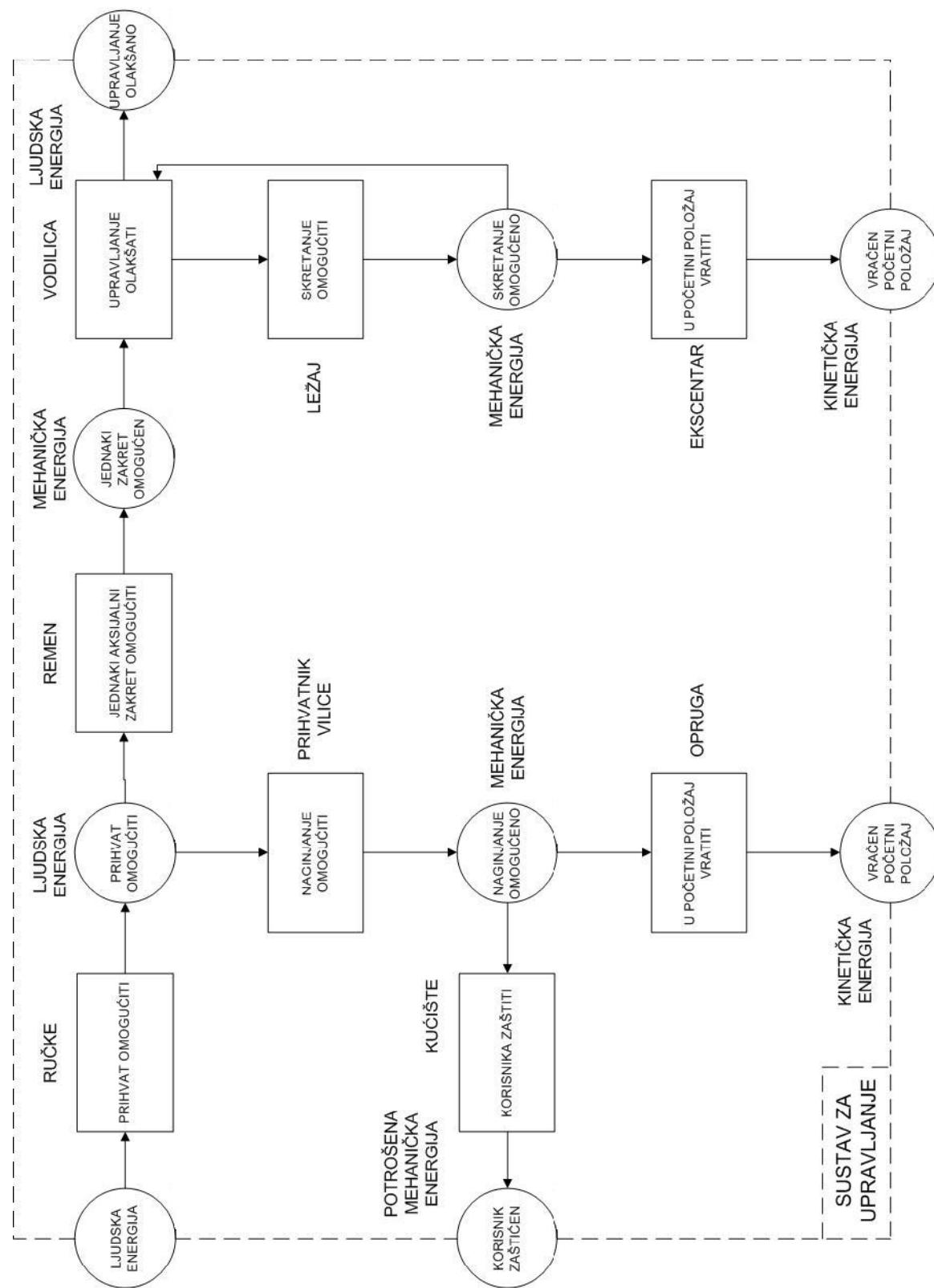
Postavljeni zahtjevi odnose se na cijeli tricikl, no fokus završnog rada biti će traženje jednostavnog i inovativnog rješenja za sustav upravljanja. Kako su ti sustavi povezani, odnosno sustav za upravljanje podsustav je tricikla, nužno je sagledati sve zahtjeve tricikla u

odnosu na sustav za upravljanje jer svaki od tih zahtjeva utječe na konačno rješenje. Bitno je odrediti važnije zahtjeve kod sustava za upravljanje pa je nužno gornji popis zahtjeva prilagoditi sustavu za upravljanje.

Tablica 3.3 Lista zahtjeva za sustav za upravljanje

	LISTA ZAHTJEVA ZA SUSTAV ZA UPRAVLJANJE	VAŽNOST
1	Laka upravlјivost	PRIMARNA
2	Naginjanje pri skretanju	PRIMARNA
3	Jednostavnost konstrukcije	SEKUNDARNA
4	Standardni dijelovi	SEKUNDARNA
5	Radijus skretanja kao kod bicikla	PRIMARNA
6	Sigurnost	PRIMARNA
7	Mala masa	SEKUNDARNA

4. MODELIRANJE FUNKCIJSKOG TOKA SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE



Slika 4.1 Funkcijska struktura sustava za upravljanje modelirana pomoću toka funkcija

Sustav za skretanje analiziran je metodom funkcijskog toka. Prepoznato je osam podfunkcija glavnog sustava a one su prikazane na slici 4.1. Kako se vidi na dijagramu toka, izlazne i najvažnije funkcije su lakoća upravljanja i sigurnost korisnika.

5. MORFOLOŠKA MATRICA

Nakon što smo formirali funkciju strukturu uređaja za upravljanje, sljedeće što slijedi prema metodičkoj razradi je koncipiranje morfološke matrice koja sadrži sve razložene funkcije našega uređaja i načine njihove izvedbe. Kod izrade morfološke matrice dobro ju je napraviti što većom i preglednijom kako bi se što lakše moglo naći optimalno rješenje za cijeli sustav. U morfološkoj matrici rješenja dijelova pojedinih koncepata označena su bojama prema legendi (tablica 5.1).

Tablica 5.1 Morfološka matrica sustava za upravljanje

PRIHVAT OMOGUĆITI				
NAGINJANJE OMOGUĆITI				
OSOVINA SA ZGLOBOM				
JEDNAK AKSIJALNI ZAKRET OSOVINA OMOGUĆITI				
ČELIČnim UŽETOM				
U POČETNI POLOŽAJ VRATIT KOD NAGINJANJA				
OPRUGAMA		OBLIKOM		
U POČETNI POLOŽAJ VRATIT KOD AKS. ZAKRETA				
KOTAČ SA EKSCENTROM		OPRUGAMA		RUČNO

UPRAVLJANJE OLAKŠATI				
	CENTRI UPRAVLJANJA – CENTRIMA TEŽIŠTA		KOTAČ S EKSCENTROM	
KORISNIKA ZAŠTITI		IZVEDBOM UNUTAR NOSIVE KONSTRUKCIJE		
	KUĆIŠTE			
SKRETANJE OMOGUĆITI	<ul style="list-style-type: none"> • OBLIKOM • LEŽAJEVI • ZGLOBOVI 			

Tablica 5.2 Legenda

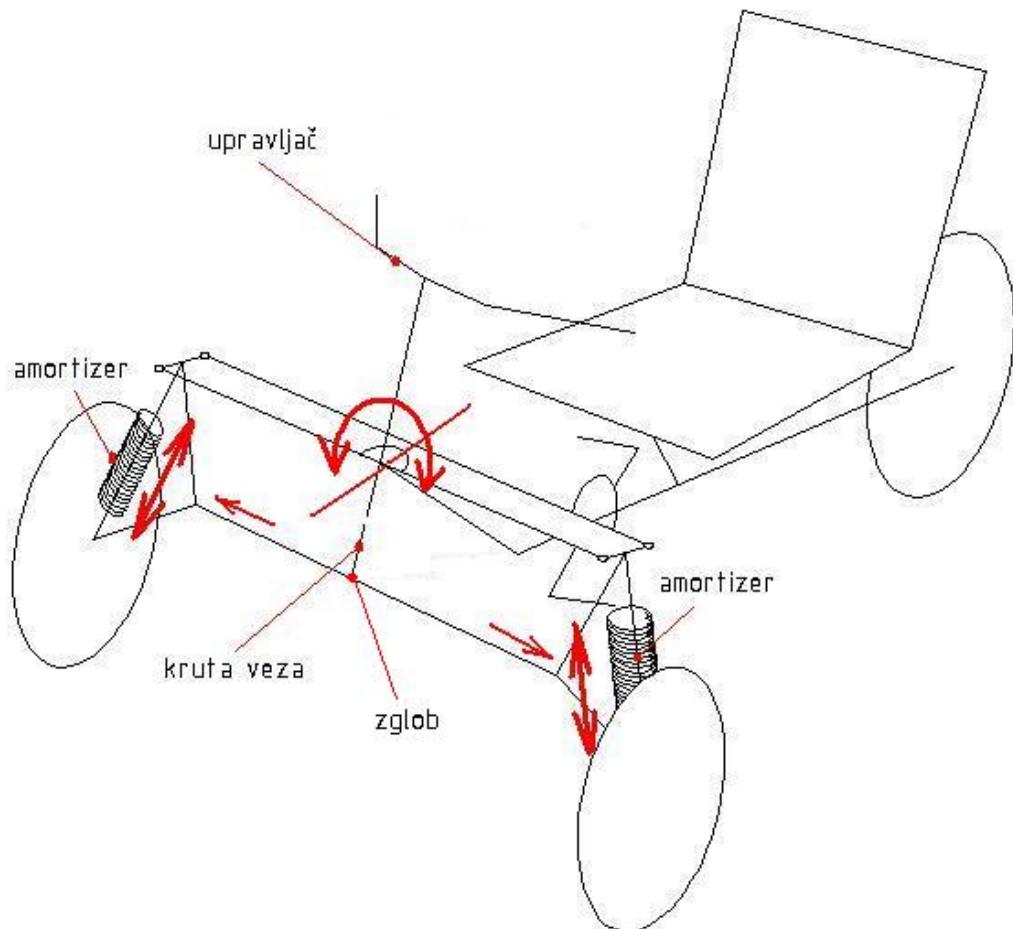
LEGENDA	
Koncept 1	
Koncept 2	
Koncept 3	

6. KONCEPTI

Nakon što su predložena potencijalna rješenja funkcija došlo se i do koraka u kojem treba iskoristiti ta rješenja u konkretnim konceptima. Posebna pažnja posvećena je jednostavnosti izgleda konstrukcije. Rezultat su tri ideje za ostvarivanje naginjanja u zavojima a da sustav upravljanja bude relativno konstrukcijski jednostavan. Kako je glavni zahtjev za tricikl udobnost, svi koncepti uzimaju u obzir sjedalicu. Bitna je stvar u svim konceptima da kotači skreću jednakoj jer u protivnom se narušava kinematika sustava i može doći do ozbiljnog kvara s teškim posljedicama. Ako svaki kotač ode na svoju stranu, noseća konstrukcija mogla bi se raspuknuti i ozlijediti vozača a to se nikako ne smije dogoditi što je i jedan od zahtjeva za tricikl.

6.1. KONCEPT 1

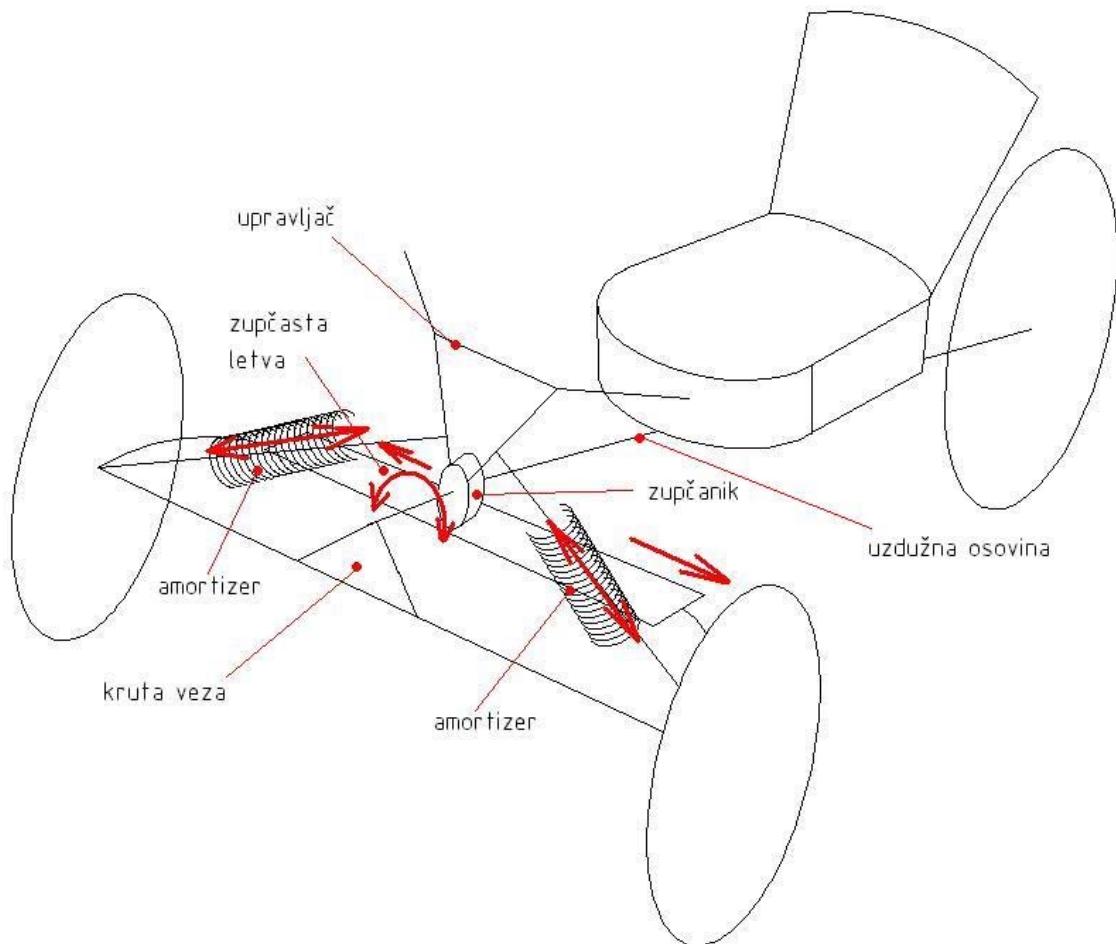
Kod prvog koncepta sustava za upravljanje kao inspiracija poslužio je ovjes automobila i princip koji se koristi kod skretanja na *skateboardu*. Sustav sačinjavaju amortizeri sa linearnom karakteristikom čija je svrha da omogućavaju naginjanje u zavojima i amortiziranje pri prolasku preko neravnina. Upravljanje je riješeno korištenjem upravljača i krute veze sa polugom koja je povezana s kotačima i koja svojim pomicanjem vrši skretanje.



Slika 6.1 Koncept 1, upravljač koji je spojen zglobnom vezom sa polugom pomiče kotače lijevo desno i tako osigurava zakretanje

6.2. KONCEPT 2

Drugi je koncept kreiran po uzoru na način skretanja kod sportskih motorkotača. Za upravljanje se koristi princip naginjanja koji je nužan za prilagođavanje djelovanja centrifugalne sile u toku skretanja. Ideja ovog koncepta bila je osmisлити sustav upravljanja koji isključivo koristi naginjanje kako bi se moglo skrenuti. Stražnji kotač s cijelom stražnjom konstrukcijom spojen je na prednji dio s kotačima. Prednji i stražnji dio tricikla povezani su zupčanicima na način da se pogonski zupčanik nalazi na iznad gonjene zupčaste letve. Ova veza omogućuje skretanje, pritom omogučavajući naginjanje. Cijeli stražnji dio spojen je na pogonski zupčanik dok prednji dio nose kotači koje zakreće relativni odnos zupčanika i zupčaste letve koja se nalazi smještena na prednjem dijelu tricikla. Prijenosni odnos zupčanika trebalo bi dodatno prilagoditi u na način da se omogući lagano vraćanje u početni, neutralni položaj. Vraćanju u početni položaj pripomogle bi torzijske ili fleksijske opruge .



Slika 6.2 Koncept 2, uzdužna osovina na kojoj e nalazi sjedalica spojena je zupčnikom koji naginjanjem težišta vozača upravlja zakretanjem prednjih kotača

6.3. KONCEPT 3

Glavni dio na koji se spajaju svi ostali tzv. *T-nosač* odnosno rama na koju se spajaju poluosovine sa kotačima i udobna sjedalica s naslonom. *T-nosač* sa svake strane također nosi i neovisne vilice sa prednjim kotačima. Vilice su spojene preko zupčastog remena kako bi se omogućio jednak zakret obaju osovina u zavojima. Kako je već rečeno, vilice su neovisne jedna o drugoj da bi se u zavojima, pri skretanju, osigurao kontakt oba prednja kotača s podlogom i time poboljšala stabilnost i olakšalo skretanje. Triciklom se upravlja slično kao i skijama to jest nužno je nagnjati se u zavojima a skretanje se vrši slično kao i sa štapovima pri skijanju. Nužno je da sve navedene značajke budu zadovoljne jer se korisnik mora osjećati sigurno i udobno. Ovakav način skretanja sigurno pridonosi sigurnosti ali i komplicira kinematsku i dinamičku analizu. Kako bi se bolje shvatio sustav upravljanja napravljen je model od *Lego* kocaka (slika 6.3 i 6.4).



Slika 6.4 Model tricikla od *Lego* kocaka (pogled od naprijed)



Slika 6.3 Model tricikla od *Lego* kocaka (pogled odostraga)

6.4. VREDNOVANJE I ODABIR KONCEPTA

Vrednovanje koncepata napravljeno je koristeći pravilo većine gdje je koncept 3 pobijedio je sve ostale koncepte u većini područja. U tablici 6.1 objašnjeni su kriteriji vrednovanja koncepata.

Tablica 6.1 Kriteriji vrednovanja koncepata

UDOBNOST	Jedan od najbitnijih kriterija zato što vožnja na triciklu mora biti udobna
UPRAVLJIVOST	Također važan kriterij jer se tricikl mora moći lagano natjerati na pravi smjer gibanja
SIGURNOST	Rijetko je na prvome mjestu kriterija a trebala bi biti. Važno je da konstrukcija ne može ozlijediti korisnika
MALA MASA	Gotovo uvijek bitan kriterij osim možda kod teške mehanizacije gdje je bitno da sustav ima veću masu
NAGINJANJE PRI SKRETANJU	Ovaj kriteriji omogućuje stabilnost a time i sigurnost konstrukcije. Jako bitan kriterij
JEDNOSTAVNOST KONSTRUKCIJE	Ako je zadovoljen ovaj kriterij konstrukcija je lakša za napraviti, održavati a često je i jeftinija
STANDARDNI DIJELOVI	Bitan kriterij za tehnički pravilno oblikovanu konstrukciju
EKONOMSKA ISPLATIVOST	Možda najbitniji kriterij. Materijal, standardni dijelovi, jednostavnost konstrukcije pridonose ekonomskoj isplativosti

Tablica 6.2 Usporedba koncepata

	KONCEPT 1 – KONCEPT 2	KONCEPT 2 – KONCEPT 3	KONCEPT 3 – KONCEPT 1
UDOBNOST	K2	K3	K3
UPRAVLJIVOST	K1	K3	K1
SIGURNOST	K1	K3	K3
MALA MASA	K1	K3	K3
NAGINJANJE PRI SKRETANJU	K2	K3	K3
JEDNOSTAVNOST KONSTRUKCIJE	K1	K3	K3
STANDARDNI DIJELOVI	K1	K3	K3
EKONOMSKA ISPLATIVOST	K1	K3	K3
	K1 > K2	K2 < K3	K3 > K1

7. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA KONCEPTA 3

Kako je analiza pokazala, koncept broj 3 najbolje zadovoljava postavljene zahtjeve. Konstrukcijska razrada kreće od grube kinematske razrade i definiranja rubnih kinematskih parametara. Nakon što su definirani i određeni kinematski parametri potrebno je provesti proračun čvrstoće i dimenzioniranje pojedinih dijelova sustava za upravljanje, a oni su: vilice sa kotačima; zglobni držači vilica; zupčasti remen sa remenicama; prstenaste opruge za zatezanje zupčastog remena i T-nosač dio na koji svi ostali dijelovi spajaju.

7.1. GRUBA KINEMATSKA RAZRADA

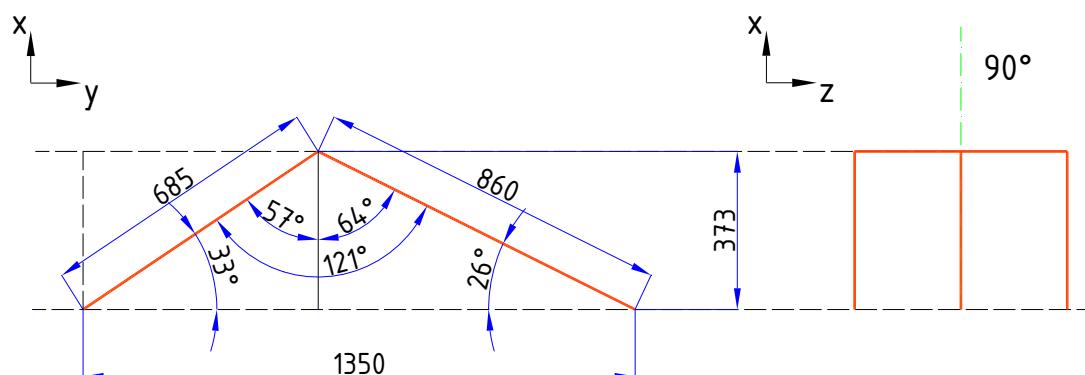
Razrada kinematskih parametara polazi od definiranja razmaka prednjih i stražnjeg kotača. Uzet je proizvoljni međuosovinski razmak od 1350 mm uz uvjet da na triciklu sjedi osoba mase 100 kg. Prepoznata su dva rubna položaja u kojima se tricikl u korištenju može nalaziti, a to su kutovi nagiba ravnine koja prolazi uzduž tricikla u odnosu na ravnu horizontalnu podlogu. Prvi takav kut je kut nagiba od 90° kod kojeg tricikl vozi ravno i drugi kut nagiba, kut od 45° , kao maksimalni dopušteni kut u odnosu na



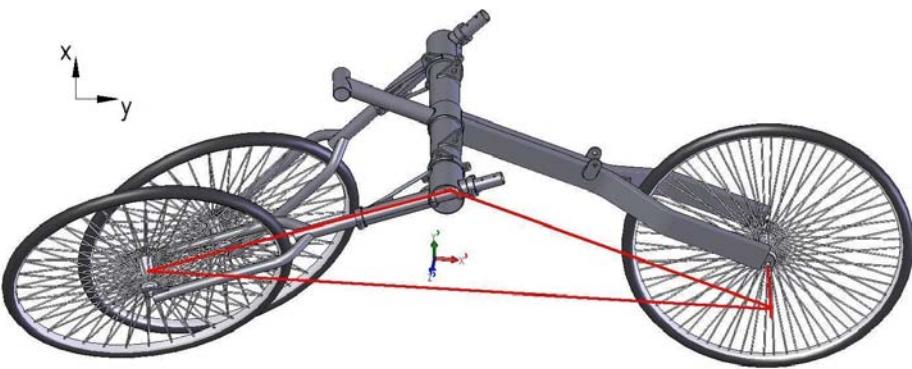
Slika 7.1 Međuosovinski razmak od 1350mm (odabran na temelju proučavanja međuosovinskog razmaka kotača kod bicikla)

horizontalnu podlogu. Prvi takav kut je kut nagiba od 90° kod kojeg tricikl vozi ravno i drugi kut nagiba, kut od 45° , kao maksimalni dopušteni kut u odnosu na

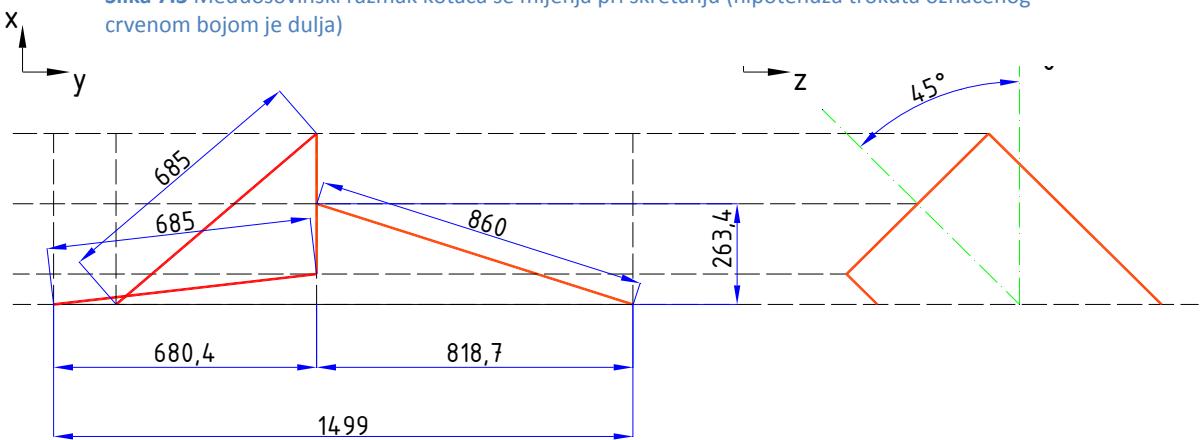
ravnu horizontalnu podlogu.



Slika 7.2 Duljine i kutevi među pojedinim dijelovima tricikla kod kuta od 0° odnosno dok tricikl vozi ravno



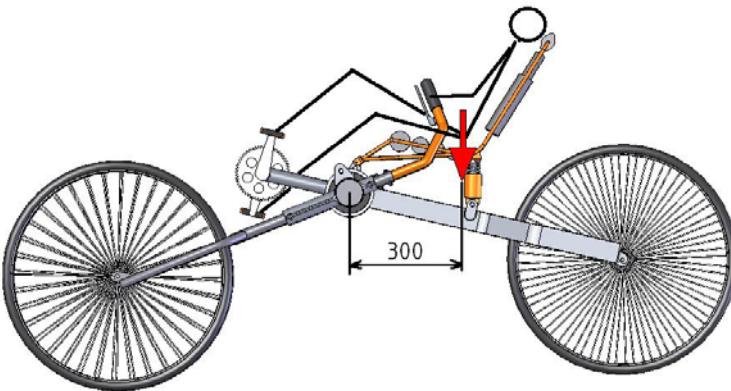
Slika 7.3 Međuosovinski razmak kotača se mijenja pri skretanju (hipotenuza trokuta označenog crvenom bojom je dulja)



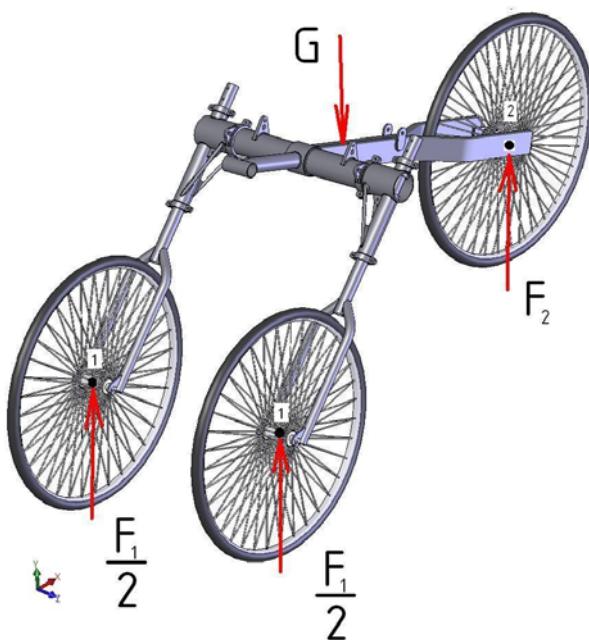
Slika 7.4 Duljine i kutevi među pojedinim dijelovima tricikla kod kuta od 45° odnosno dok tricikl skreće

Kako je kinematska analiza zahtjevna za slučaj tricikla s dva kotača naprijed, detaljnoj razradi iste nije se pristupilo jer to nije niti zadatak ovog završnog rada već je samo zadovoljena početna postavka da tricikl mora imati radijus zakretanja isti kao i bicikl te da se mora moći nagnuti u stranu pod kutovima do 45° .

7.2. ANALIZA OPTEREĆENJA



Slika 7.5 Težište čovjeka sa jednako približenim udovima nalazi se otprilike oko pupka



Slika 7.6 Raspored sila po kotačima

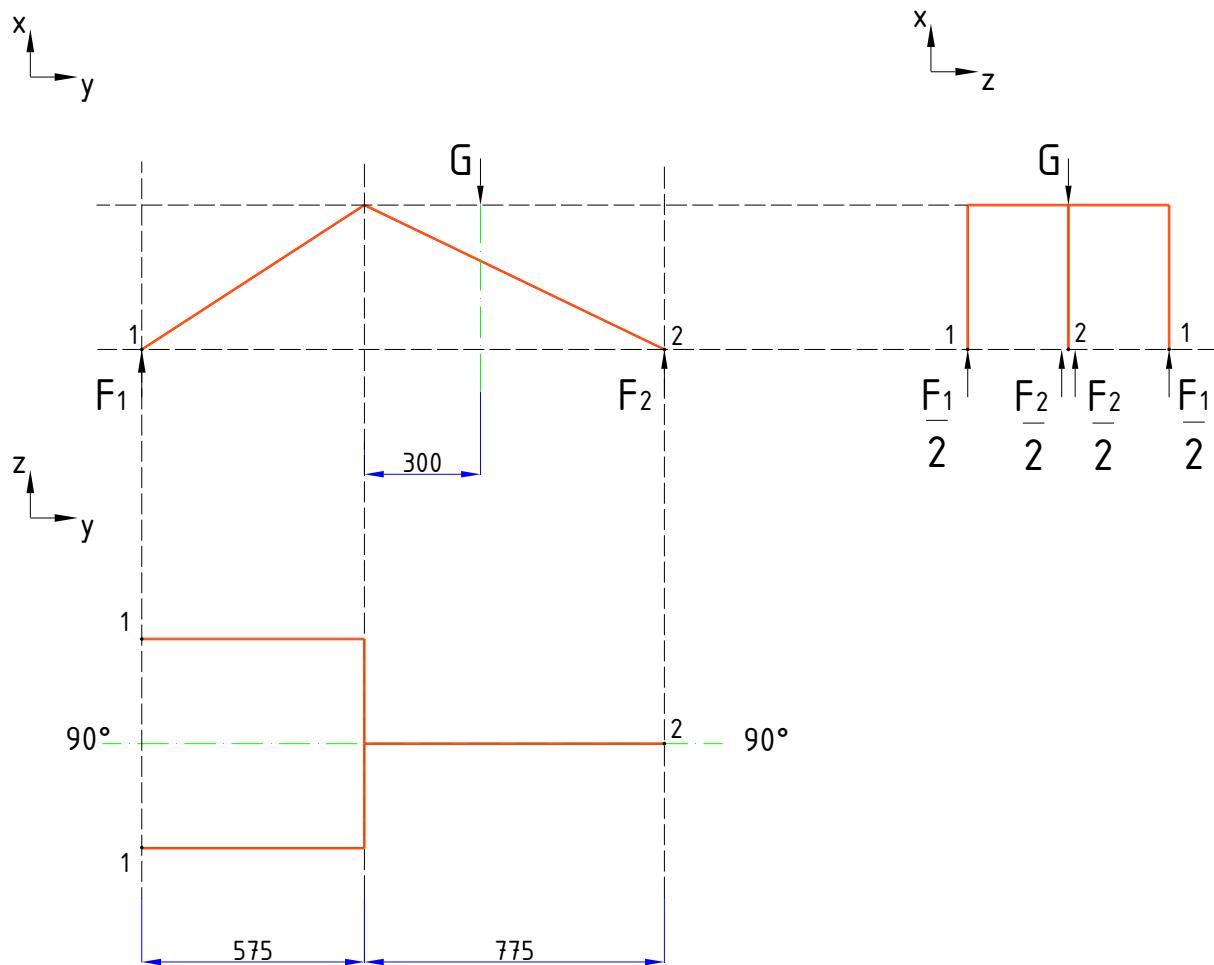
Metalna konstrukcija tricikla izrazito je jednostavna i pravilnog je oblika što znači da se i jednostavno mogu odrediti reaktivne sile u točkama dodira kotača i horizontalne podloge. Analiza opterećenja konstrukcije napravljena je sa masom od sto kilograma koja opterećuje metalnu konstrukciju tricikla. Radi jednostavnosti proračuna masa koje opterećuje tricikl postavljena je na udaljenosti 300mm od središta nosive cijevi zato što se težište ispruženog čovjeka

nalazi negdje oko pupka, a kako čovjek na slici 7.5 ima sve udove otprilike jednako

približene pupku odnosno težištu, uzeta je ova aproksimacija.

Na srednji dio T-nosača spajaju se vilice (svaka sa jedne strane) pomoću zglobnih držača koji omogućavaju rotaciju vilica u odnosu na horizontalnu podlogu te rotaciju cijelog sklopa kotač-vilica-zglobni držač oko osi poprečne cijevi T-rame. Zglobni držač sadrži graničnik odnosno prihvati kraka zavojne opruge čija je funkcija kontrirati momentima proizvedenima

u vožnji nastalim pod utjecajem mase od stotinu kilograma. Također, ljudska masa



Slika 7.7 Crvenom bojom su označeni dijelovi konstrukcije koji su bitni za izračun sila u osloncima

koncentrirana je i postavljena okomito, u vertikalnoj ravnini, na cijev srednjeg dijela T-rame.

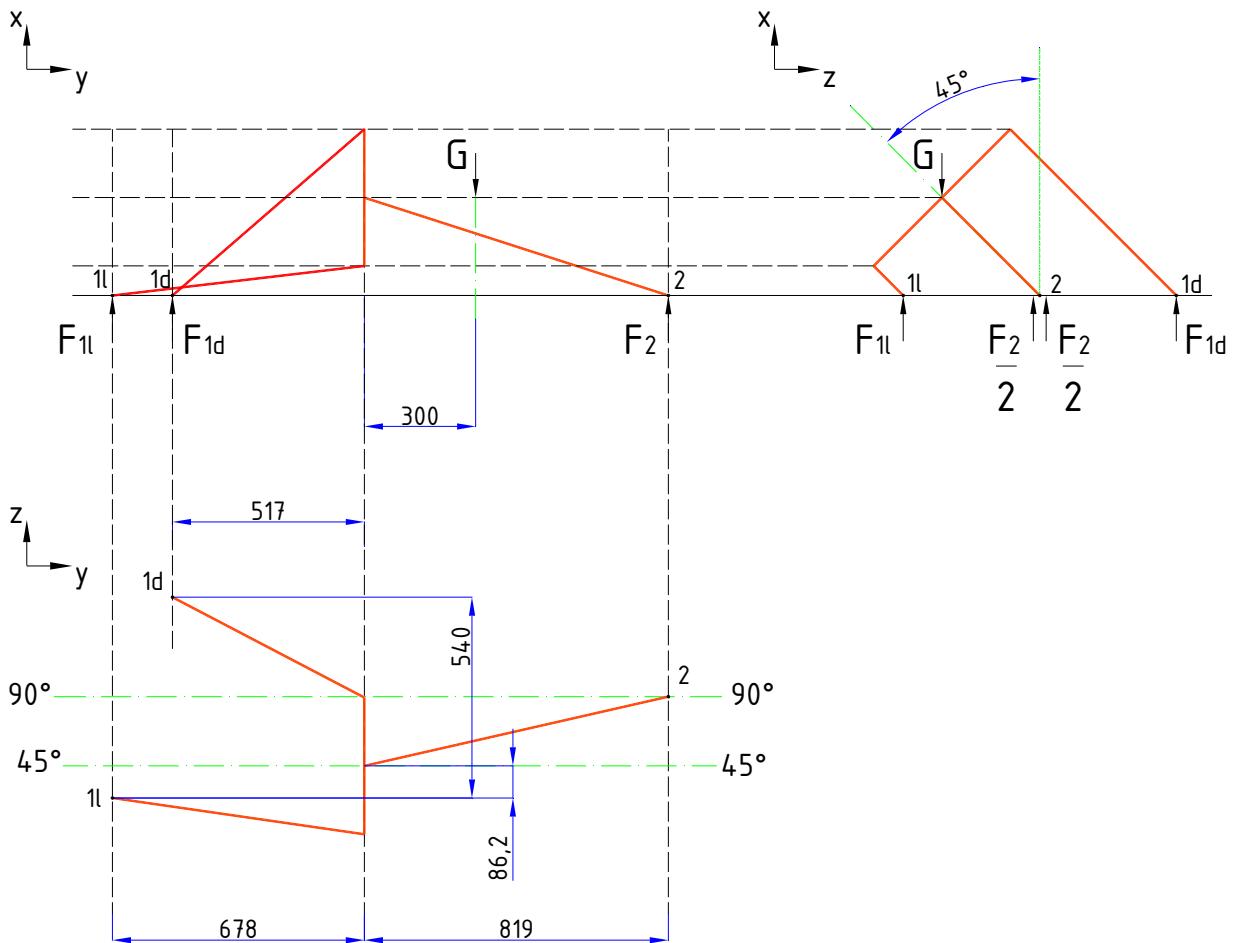
S ovakvim pretpostavkama jednostavno se dobivaju staticke sile na krakovima:

$$\sum M_1 = 0;$$

$$F_2 \cdot 1350 - G \cdot 875 = 0 \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{1000 \cdot 875}{1350} = 648 \text{ N}$$

$$F_2 = 648 \text{ N}$$



Slika 7.8 Reakcije u osloncima pri kutu nagiba od 45 prema horizontalnoj podlozi

$$F_1 + F_2 - G = 0 \quad (2)$$

$$F_1 = 1000 - 648 = 352 \text{ N}$$

$$F_1 = 352 \text{ N}$$

Reaktivne sile u slučaju kada tricikl stoji pod kutom od 90° u odnosu na horizontalnu podlogu:

$$F_1 = 352 \text{ N}, \quad \frac{F_1}{2} = 176 \text{ N}, \quad F_2 = 648 \text{ N}$$

$$\sum M_{1l} = 0;$$

$$F_1 \cdot 86,2 + F_{1d} \cdot 540 = 0 \quad (3)$$

$$F_{1d} = \frac{352 \cdot 86,2}{540} = 56 \text{ N}$$

$$F_{1d} = 56 \text{ N}$$

$$F_{1l} = 352 - 56 = 296 \text{ N} \quad (4)$$

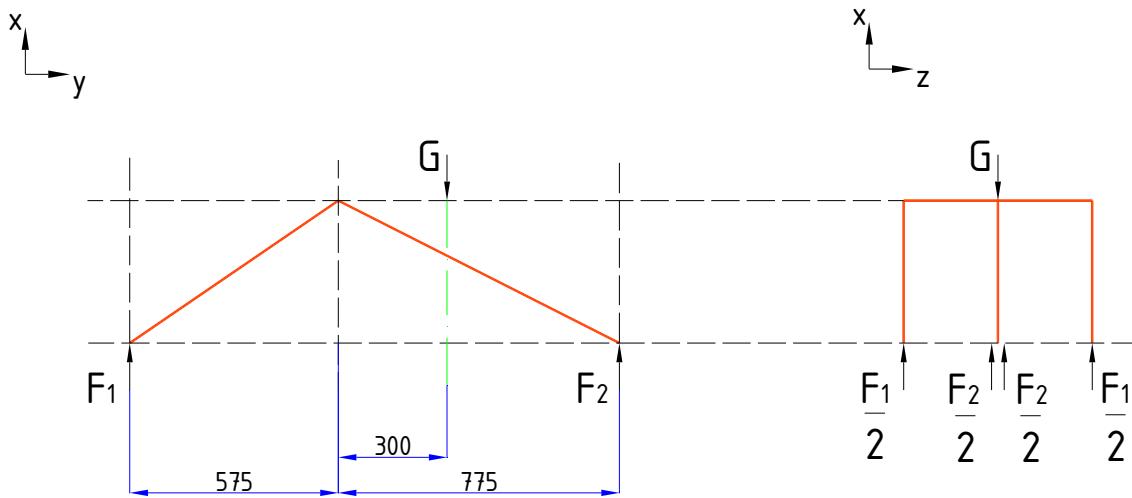
Reaktivne sile u slučaju kada tricikl stoji pod kutom od 45° u odnosu na horizontalnu podlogu:

$$\boxed{F_{1l} = 296 \text{ N}, F_{1d} = 56 \text{ N}}$$

7.2.1. PRORAČUN OPRUGA

7.2.1.1. SAVOJNA OPRUGA

Zavojna opruga služi da bi vraćala vozača u početni položaj odnosno kada se vozač nagne u stranu prilikom skretanja potrebno ga je vratiti u početni položaj iz kojeg je krenuo.



Slika 7.9 Sile koje se javljaju u osloncima prouzročuju sile na krakovima opruge

$$\sum M_0 = 0;$$

$$\frac{F_1}{2} \cdot 575 - F_{op1} \cdot 65 = 0 \quad (5)$$

$$F_{op1} = \frac{176 \cdot 575}{2 \cdot 65} = 780 \text{ N}$$

$$F_{op1} = 780 \text{ N}$$

$$\sum M_0 = 0;$$

$$\frac{F_2}{2} \cdot 775 - F_{op2} \cdot 65 = 0 \quad (6)$$

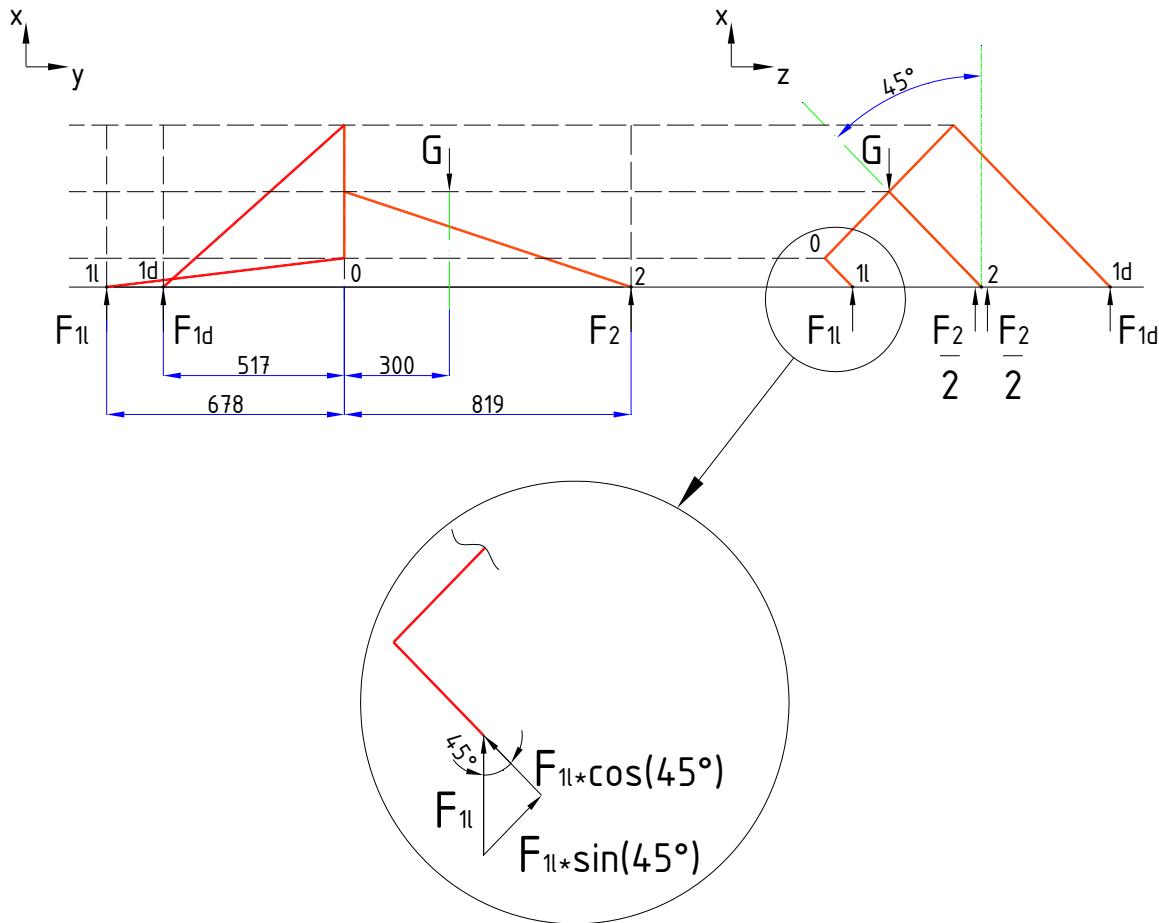
$$F_{op2} = \frac{648 \cdot 775}{2 \cdot 65} = 3865 \text{ N}$$

$$F_{op2} = 3865 \text{ N}$$

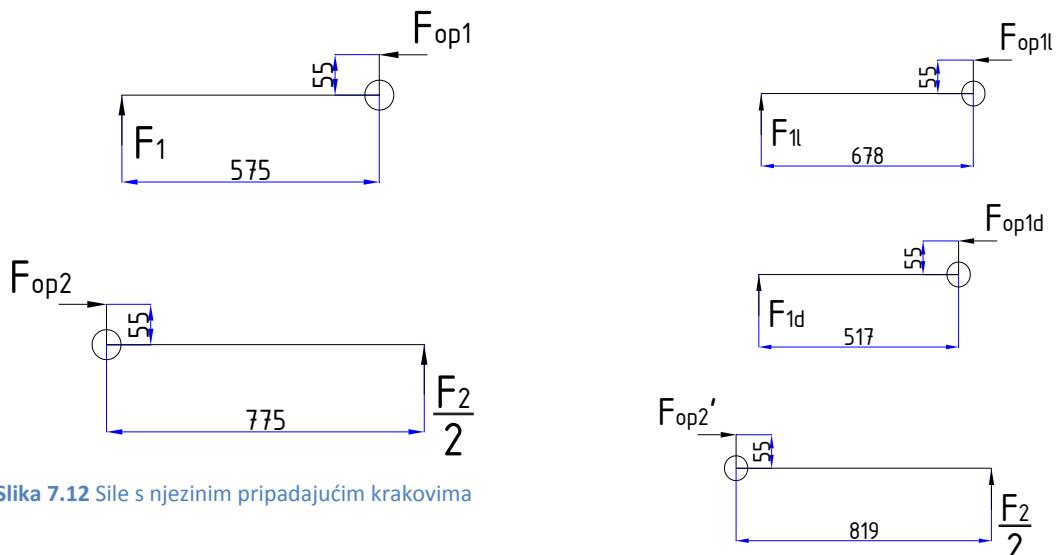
$$F_{R1} = F_{op1} + F_{op2} \quad (7)$$

$$F_{R1} = 780 + 3865 = 4645 \text{ N}$$

$$F_{R1} = 4645 \text{ N}$$



Slika 7.10 Sila na opruzi rastu kako se kut nagiba prema horizontali povećava



Slika 7.12 Sile s njezinim pripadajućim krakovima

Slika 7.11 Sile s njezinim pripadajućim krakovima

$$\sum M_{op} = 0;$$

$$F_{1l} \cdot \cos 45^\circ \cdot 678 - F_{op1} \cdot 65 = 0 \quad (8)$$

$$F_{op1l} = \frac{296 \cdot \cos 45^\circ \cdot 678}{65} = 2183 \text{ N}$$

$$F_{op1l} = 2183 \text{ N}$$

$$F_{1d} \cdot \cos 45^\circ \cdot 517 - F_{op1} \cdot 65 = 0 \quad (9)$$

$$F_{op1d} = \frac{56 \cdot \cos 45^\circ \cdot 517}{65} = 315 \text{ N}$$

$$F_{op1d} = 315 \text{ N};$$

$$\frac{F_2}{2} \cdot \cos 45^\circ \cdot 819 - F_{op2} \cdot 55 = 0 \quad (10)$$

$$F_{op2}' = \frac{648 \cdot \cos 45^\circ \cdot 819}{2 \cdot 65} = 2887 \text{ N}$$

$$F_{op2}' = 2887 \text{ N}$$

$$F_{R2} = F_{op1l} + F_{op2}' \quad (11)$$

$$F_{R2} = 2183 + 2887$$

$$F_{R2} = 5780 \text{ N}$$

$$F_{R3} = F_{op1d} + F_{op2}' \quad (12)$$

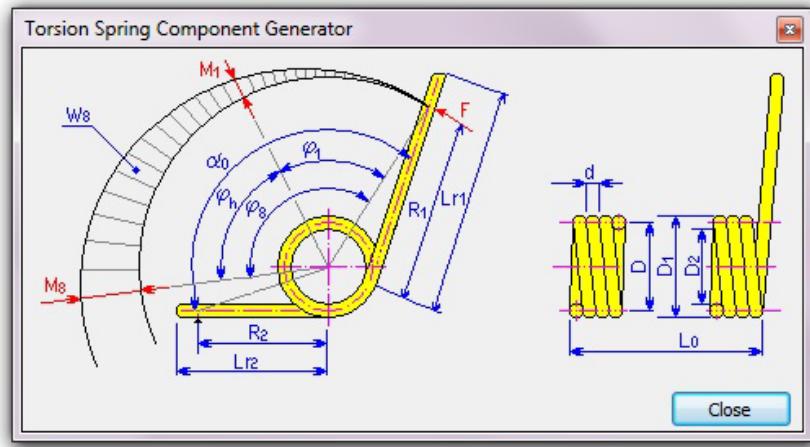
$$F_{R3} = 315 + 2887$$

$$F_{R3} = 3202 \text{ N}$$

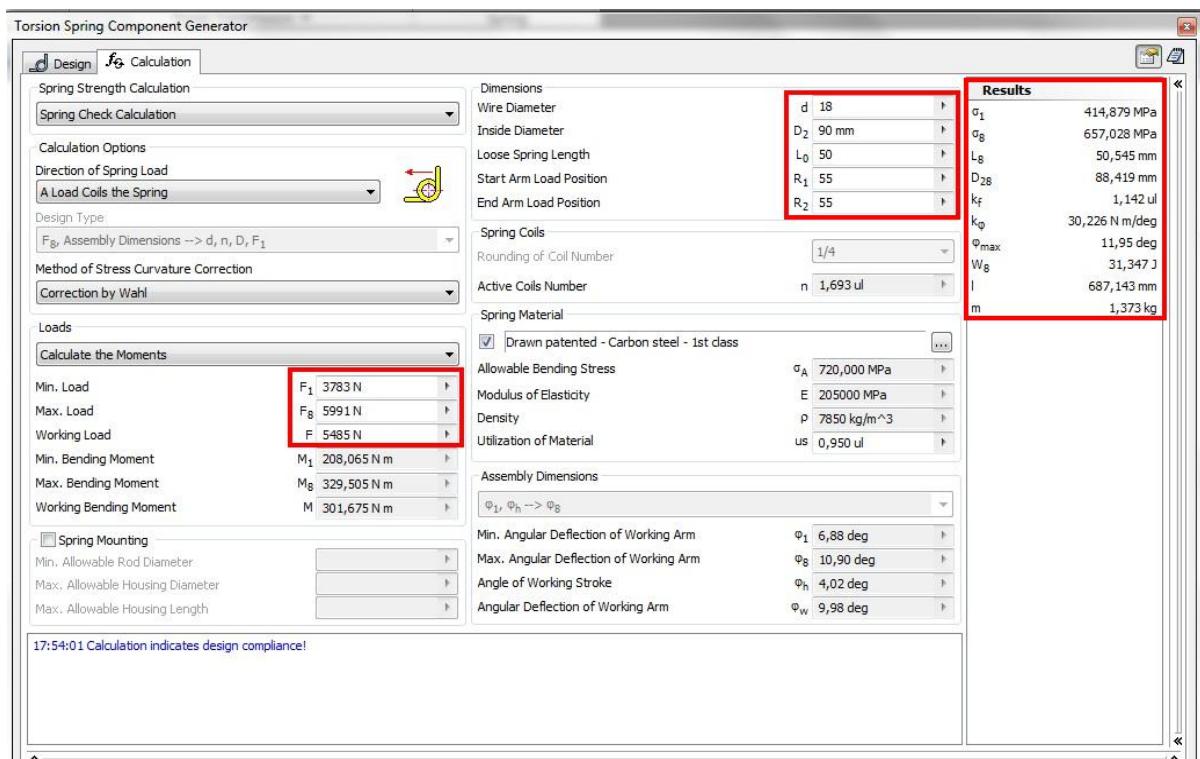
$$F_{R3} < F_{R1} < F_{R2} \quad (13)$$

$$F_{R3} = F_{min} = 3202 \text{ N} \quad (14)$$

$$F_{R2} = F_{max} = 5780 \text{ N} \quad (15)$$

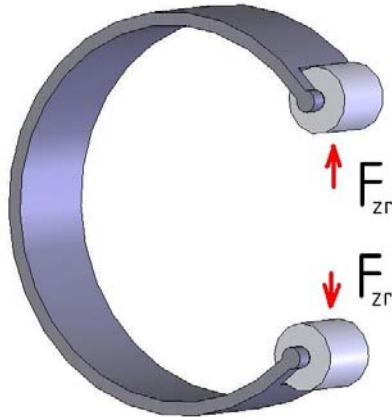


Slika 7.13 Autodesk Inventor 2011 ima mogućnost brze izrade većine standardnih dijelova u strojarstvu pa tako i zavojne opruge



Slika 7.14 Design accelerator omogućuje brzu provjeru čvrstoće i brzu izradbu potrebnog komada

7.2.1.2. PRSTENASTA OPRUGA



Slika 7.15 Prstenasta opruga

Kako bi zupčasti remen, koji se nalazi sakriven u T-rami tricikla, ostao u svakom položaju dovoljno napet kako bi se izbjeglo eventualno preskakanje zubaca remena, nužno ga je osigurati protiv labavljenja prstenastom oprugom. Komad čeličnog lima proračunatih dimenzija koja se montira na remenicu na način da se otvor prstenaste opruge nasloni na remenicu (preko koje je montiran zupčasti remen) i pogurne dok krakovi prstena ne prijeđu preko promjera remenice i opruga ne sjedne na mjesto.

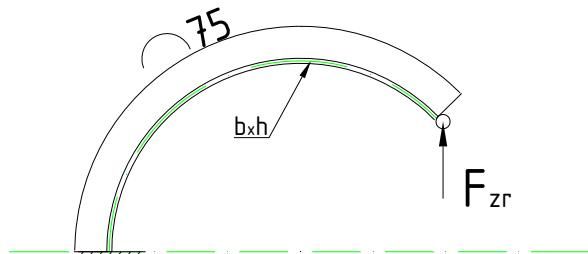
Za materijal opruge odabran E296 sa $R_e = 300 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{dop} = \frac{6 \cdot F \cdot l}{b \cdot h^2} \quad (16)$$

$$\sigma_{dop} = \frac{6 \cdot 25 \cdot 75}{16 \cdot 2^2}$$

$$\sigma_{dop} = 175,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{R_e}{\sigma_{dop}} = \frac{300}{175,78} = 1,7$$

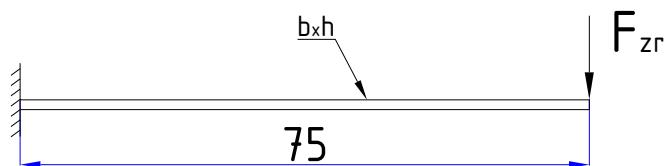


Slika 7.16 Djelovanje sile zupčastog remena na krak prstenaste opruge

$$f = \frac{2 \cdot l^2}{3 \cdot h} \cdot \frac{\sigma_{dop}}{E} \quad (17)$$

$$f = \frac{2 \cdot 75^2}{3 \cdot 2} \cdot \frac{175,78}{210000}$$

$$f = 1,56 \text{ mm}$$



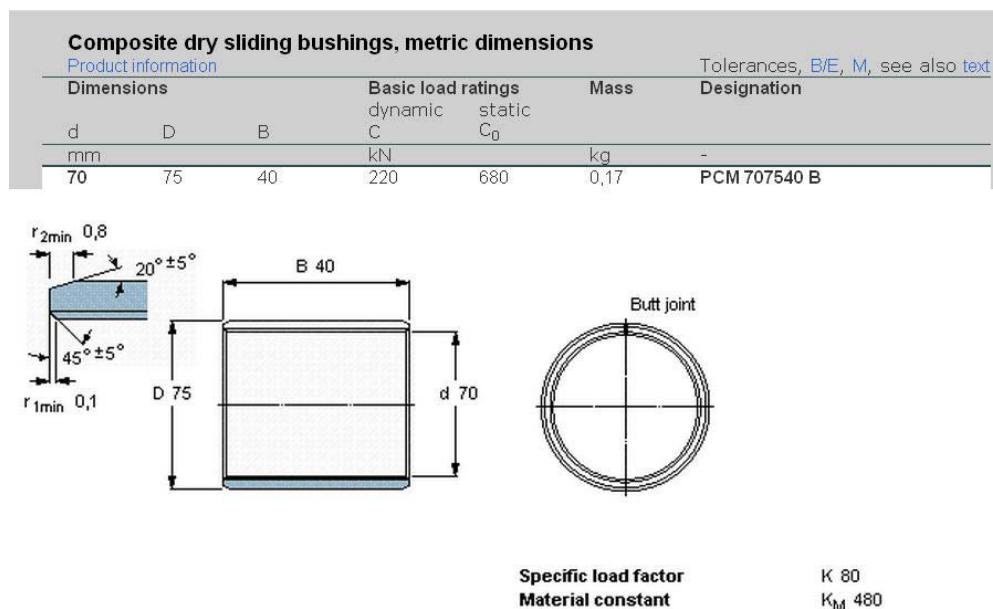
Slika 7.17 Ekvivalentna opruga za proračun čvrstoće

7.3. STANDARDNI DIJELOVI

7.3.1. IZBOR LEŽAJEVA

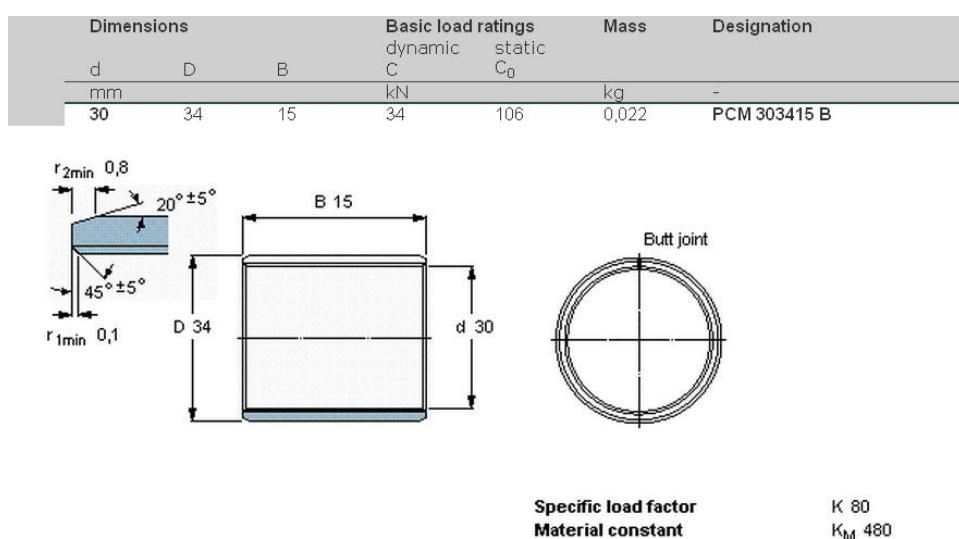
$$F_{lm} = \frac{296 \cdot \sin 45^\circ \cdot 678}{50} = 2838 \text{ N} \quad (18)$$

Najveća sila koje djeluje na ležaj zglobnog držača iznosi $F_{lm} = 2838 \text{ N}$ pa odabrani ležaj mnogostruko premašuje maksimalnu granicu opterećenja ležaja u tijeku eksploatacije:



Slika 7.18 SKF ležaj PCM707540

Također su odabrani i ležajevi koji se stavljaju na os zakretanja vilice i tako umeću u zglobni držač koji onda dozvoljava rotaciju vilice oko zglobnog držača.

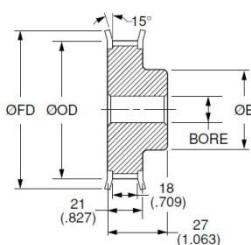


Slika 7.19 SKF ležaj PCM303440

7.3.2. IZBOR REMENICE I ZUPČASTOG REMENA



Slika 7.20 Remenica tvrtke QTC



Zupčasti remeni i remenice povezani su kroz noseću cijev T-nosača i osiguravaju da se prednje vilice sa kotačima jednako zakreću što je uvjet sigurnosti i stabilnosti u vožnji. Remenicu kakvu se dobiva od proizvođača nužno je prilagoditi na način

da se proširi srednji otvor i odreže višak

materijala sa strane.

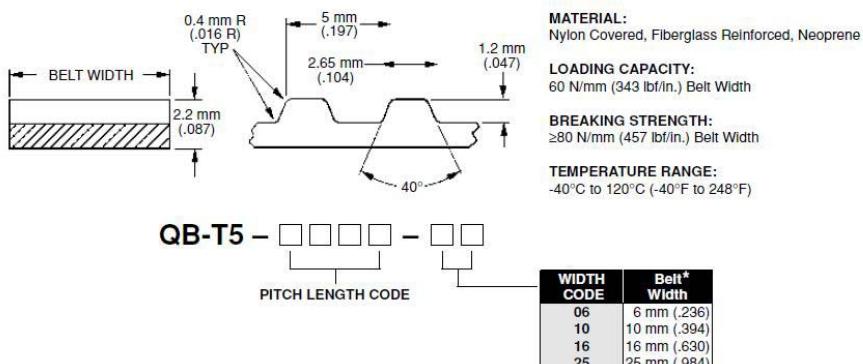
Zupčasti remen osigurava se od labavljenja korištenjem prstenastih opruga.

Catalog Number	No. of Teeth	Bore F8	Pitch Diameter	Outside Diameter ØOD	Hub Diameter ØE	Flange Diameter ØFD
QPMT5A16028F08	28		44.75 (1.762)	43.75 (1.722)	32 (1.260)	48 (1.890)
QPMT5A16029F08	29		46.35 (1.825)	45.35 (1.785)	34 (1.339)	51 (2.008)
QPMT5A16030F08	30		47.9 (1.886)	46.9 (1.846)	34 (1.339)	52 (2.047)
QPMT5A16032F08	32		51.1 (2.012)	50.1 (1.972)	38 (1.496)	54 (2.126)
QPMT5A16034F08	34		54.3 (2.138)	53.3 (2.098)	38 (1.496)	56 (2.402)
QPMT5A16035F08	35		55.9 (2.201)	54.9 (2.161)	38 (1.496)	61 (2.402)
QPMT5A16036F08	36		57.45 (2.262)	56.45 (2.222)	38 (1.496)	61 (2.402)
QPMT5A16037F08	37		59.05 (2.325)	58.05 (2.285)	40 (1.575)	67 (2.638)
QPMT5A16038F08	38		60.65 (2.388)	59.65 (2.348)		67 (2.638)
QPMT5A16040F08	40		63.85 (2.514)	62.85 (2.474)	40 (1.575)	67 (2.638)
QPMT5A16042F08	42		67.05 (2.640)	66.05 (2.600)		70 (2.756)

Bore Tolerance (F8): 8 mm $+0.035$ ($.0014$)
 $+0.013$ ($.0005$)

O.D. Tolerance: 28 to 30 teeth $+0.08$ ($.003$)
 0 ($-.000$)
32 to 42 teeth $+0.10$ ($.004$)
 0 ($-.000$)

Slika 7.21 Odabrana je remenica QPMT5A16030F08



QB-T5 – □□□□ – □□
PITCH LENGTH CODE

WIDTH CODE	Belt* Width
06	6 mm (.236)
10	10 mm (.394)
16	16 mm (.630)
25	25 mm (.984)

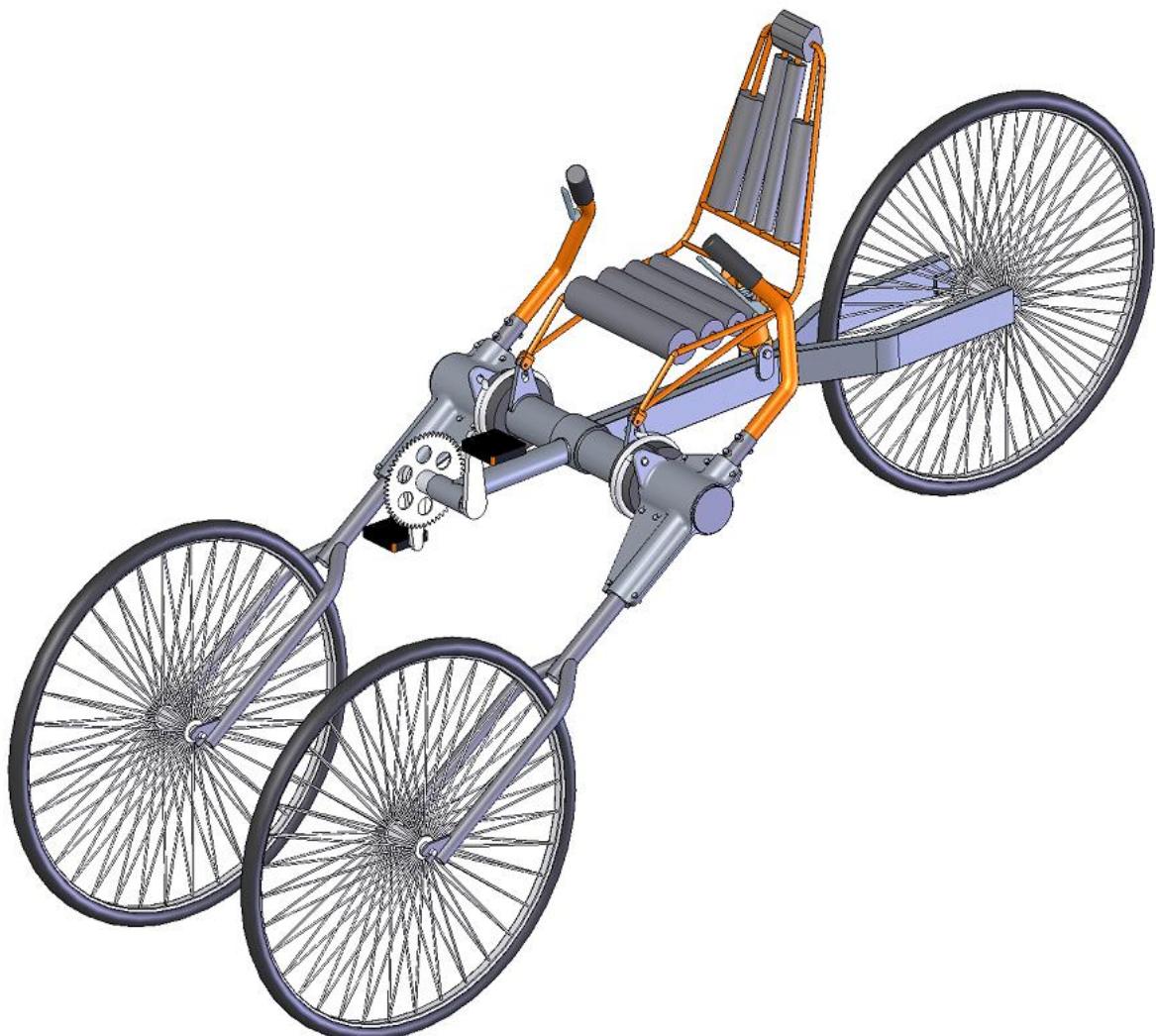
PITCH LENGTH CODE	Pitch Length		No. of Teeth
	mm	Inch	
0810	810	31.890	162
0815	815	32.087	163
0840	840	33.071	168
0850	850	33.465	170
0860	860	33.858	172
0900	900	35.433	180
0940	940	37.008	188
0990	990	38.976	198
0995	995	39.173	199
1000	1000	39.370	200
1020	1020	40.157	204
1030	1030	40.551	206
1045	1045	41.142	209
1050	1050	41.339	210
1060	1060	41.732	212
1075	1075	42.323	215
1100	1100	43.307	220
1120	1120	44.094	224
1140	1140	44.882	228
1215	1215	47.835	243

PITCH LENGTH CODE	Pitch Length		No. of Teeth
	mm	Inch	
1260	1260	49.606	252
1300	1300	51.181	260
1380	1380	54.331	276
1390	1390	54.724	278
1520	1520	59.843	304
1760	1760	69.291	352
1800	1800	70.866	360
1880	1880	74.016	376
1900	1900	74.803	380
1940	1940	76.378	388
1960	1960	77.165	392
2120	2120	83.465	424
2220	2220	87.402	444
2260	2260	88.976	452
2280	2280	89.764	456
3060	3060	120.472	612
3255	3255	128.150	651
3540	3540	139.370	708
3750	3750	147.638	750
4075	4075	160.433	815

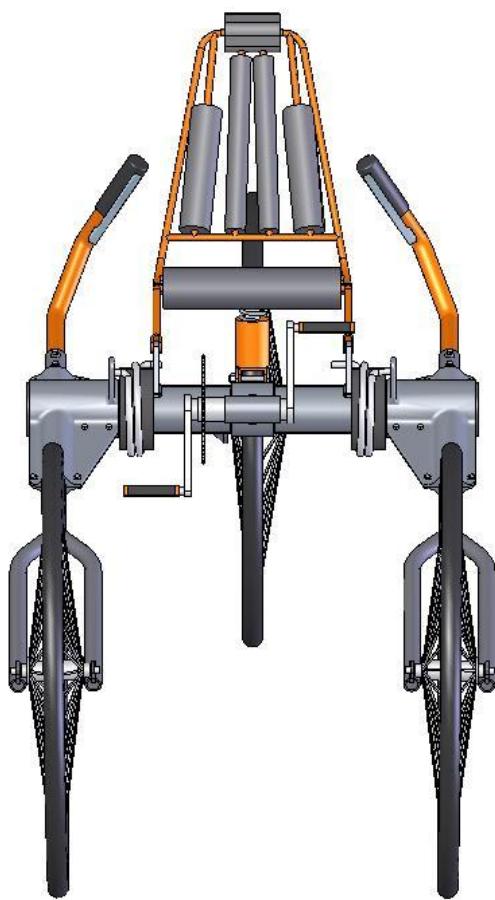
*Special Widths - cut to size from sleeves available from stock.

Slika 7.22 Odabran je zupčasti remen QB-T5-1215-16

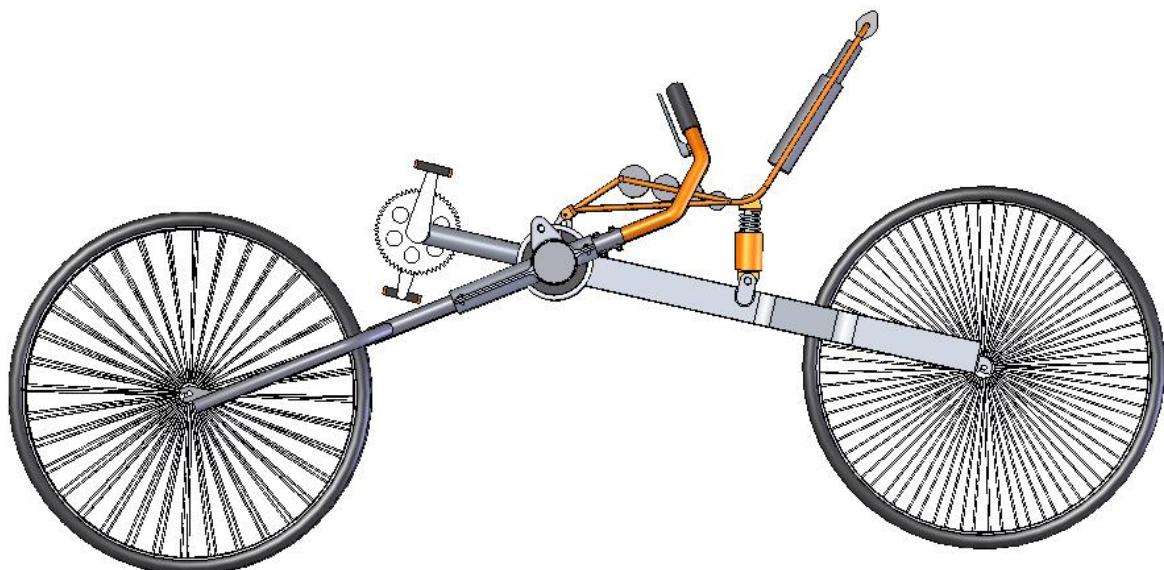
8. SLIKE GOTOVOG 3D MODELA



Slika 8.1 Gotovi tricikl (izometrija)



Slika 8.2 Tricikl, pogled od naprijed



Slika 8.3 Pogled sa lijeve strane

9. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog završnog rada bio je osmisliti i razraditi sustav za upravljanje kod tricikla. Želja je bila ponuditi alternativu biciklu, a da se pritom zadrže sve prednosti koje bicikl pruža. Uz razvoj sustava za upravljanje nužno je bilo i osmisliti konstrukciju na kojoj bi se takav sustav mogao lagano upotrijebiti. Također, željelo se postići udobnost kao i kod automobila ali se htjela zadržati praktičnost bicikla. Noseća konstrukcija sastoji se od tri bitna podsklopa, dvaju zglobnih držača sa vilicama na kojima su remenice koje omogućavaju jednak zakret istih, te nosača u obliku slova T na koji je pričvršćen stražnji pogonski kotač i na koji se pričvršćuje sjedalica s naslonom. Razvoj oblika konstrukcije trajao je dulje vrijeme i mnoge varijante su se izmjenjivale dok se nije došlo do konačnog oblika koji je obrađen u ovom završnom radu. Triciklom se upravlja slično kao i skijama odnosno rad ruku jednak je kao i pri skijanju kad je potrebno skrenuti. Zupčasti remen koji je preko remenica spojen sa vilicama osigurava jednak zakret prednjih kotača i time osigurava lagano skretanje tricikla. Olakšanom skretanju pridonose i neovisne vilice koje se prilagođavaju nagibu koji je potreban da se savlada zavoj. Za daljnja ispitivanja i optimiranje konstrukcije tricikla zajedno sa sustavom za upravljanje potrebno je izraditi prototip u punoj veličini kako bi se osigurao izvor potrebnih parametara te bi bilo potrebno napraviti *FEM* analizu konstrukcije s obzirom da je konstrukcija prekompleksna da se ide ručno ispitivati. Ciljana skupina korisnika ovog proizvoda su ekološki i zdravstveno osviještene osobe koji se vole voziti pogonjeni vlastitom snagom.

10. LITERATURA

- [1] Tomislav Filetin, Franjo Kovačiček, Janez Indof.:Svojstva i primjena materijala, FSB, Zagreb, 2002.
- [2] Milan Opalić, Milan Kljajin, Slavko Sebastianović.:Tehničko crtanje, Zrinski d.d., Čakovec, 2003.
- [3] Karl-Heinz Decker.:Elementi strojeva, Golden marketing-tehnička knjiga , Zagreb, 2006.
- [4] Kraut B.:Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
- [5] <http://hr.wikipedia.org/wiki/>
- [6] <http://skf.com/>

11. TEHNIČKA DOKUMENTACIJA