

# Konstruktivsko rješenje uređaja za ispitivanje okvira bicikla

---

**Topličanec, Domagoj**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:493289>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-30**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Domagoj Topličanec**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc.dr.sc. Dragan Žeželj, dipl. ing.

Student:

Domagoj Topličanec

Zagreb, 2016.

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

Domagoj Topličanec

U Zagrebu, svibanj 2016.

*Domagoj Topličanec*

---

Zahvaljujem se svome mentoru, doc.dr.sc. Draganu Žeželju, na pomoći i savjetima tijekom izrade rada.

Veliko hvala mojim roditeljima što su mi omogućili studij i akademsko obrazovanje, na bezrezervnoj podršci i posebno na tome što su uvijek vjerovali u mene.



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, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Domagoj Topličanec**

Mat. br.: **0035175106**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcijsko rješenje uređaja za ispitivanje okvira bicikla**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design solution of a device for a bicycle frame testing**

Opis zadatka:

Potrebno je izraditi konstrukcijsko rješenje uređaja za dinamičko ispitivanje okvira bicikla u skladu s trenutno važećom normom HRN EN ISO 4210:2014. Ova međunarodna norma razvijena je kao odgovor na zahtjeve u cijelom svijetu, a cilj je da bicikli proizvedeni u skladu s njom budu sigurniji što je više moguće. Testovi su osmišljeni tako da se osigura čvrstoća i trajnost pojedinih dijelova, kao i bicikla u cjelini, zahtijevajući visoku kvalitetu i razmatranje sigurnosnih aspekata tijekom svake faze projektiranja i nadalje. Norma propisuje pet različitih metoda ispitivanja okvira.

Tijekom razmatranja rješenja potrebno je uzeti u obzir slijedeće zahtjeve:

- ciljane dimenzije uređaja: visina 2,5 m, dužina 2,5 m, širina 1,5 m
- osigurati pravilno učvršćivanje okvira bicikla u svrhu ispravnog izvođenja testova
- osigurati provođenje svih pet metoda ispitivanja okvira
- pomoću potisnih tijela osigurati pravilno prenošenje opterećenja uz definirana ograničenja
- osigurati jednostavnu izmjenu potisnih tijela i dijelova opreme
- osigurati mogućnost regulacije normalne sile na ispitni uzorak, ovisno o metodi ispitivanja
- osigurati krutost konstrukcije uređaja
- modularnost uređaja – mogućnost prihvata različitih oblika i dimenzija okvira bicikla
- uređaj mora imati mogućnost ispitivanja kojim se može simulirati korištenje bicikla od strane osobe najveće tjelesne mase do 120 kg

Vrijednosti potrebne za proračun i odabir pojedinih komponenti usvojiti iz postojećih rješenja sličnih sustava, iskustvenih vrijednosti te u dogovoru s mentorom. 3D model izraditi u nekoj od dostupnih računalnih aplikacija, a kompletno konstrukcijsko rješenje razraditi do razine radioničkih crteža.

U radu navesti korištenu literaturu, norme kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

10. ožujka 2016.

Rok predaje rada:

12. svibnja 2016.

Predviđeni datumi obrane:

18., 19. i 20. svibnja 2016.

Zadatak zadao:

doc. dr. sc. Dragan Žeželj

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	IV
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE.....	VII
POPIS OZNAKA.....	VIII
SAŽETAK.....	XI
1. UVOD.....	1
1.1. Bicikl.....	1
1.2. Sigurnost.....	5
2. ANALIZA NORMI.....	7
2.1. EN ISO 4210:2014 norma.....	7
2.1.1. ISO 4210-6:2014 – Metode ispitivanja za okvir i vilicu.....	8
2.1.2. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajuća masa).....	8
2.1.3. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajući okvir).....	11
2.1.4. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – sile okretanja pedala.....	13
2.1.5. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – horizontalna sila.....	16
2.1.6. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila.....	19
3. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA.....	21
3.1. Uređaj za udarno ispitivanje (CY-6708) – CHUN YEN.....	21
3.2. Više funkcionalan uređaj za udarna ispitivanja (HT-8085) – HUNG TA.....	23
3.3. Uređaj za ispitivanje okvira – padajući okvir - (CY-6707) - CHUN YEN.....	25
3.4. Mikro PC ispitivač dinamičkog zamora (dva cilindra) (CY-6751) – CHUN YEN.....	26
3.5. Uređaj za horizontalno/vertikalno ispitivanje zamora (HT-2707PC)-HUNG-TA....	28
3.6. Uređaji bez podataka.....	29
3.6.1. Uređaj za ispitivanje okvira bicikla - TU München.....	29
3.6.2. Uređaji za ispitivanje okvira bicikla - Canyon Factory.....	30
4. FUNKCIJSKI MODEL.....	32

---

5. MORFOLOŠKA MATRICA.....	35
6. RAZRADA KONCEPTA I ODABIR RJEŠENJA.....	40
6.1. Koncept A .....	40
6.2. Koncept B .....	42
6.3. Koncept C.....	45
6.4. Vrednovanje koncepata i odabrano rješenje .....	48
7. PRORAČUN, ANALIZA I KONSTRUKCIJA .....	49
7.1. Analiza dimenzija standardnih okvira bicikala.....	49
7.1.1. Analiza prikupljenih podataka.....	55
7.2. Polazne pretpostavke i podaci za proračun .....	57
7.3. Nosivi okvir uređaja.....	57
7.3.1. Savijanje okvira uslijed podizanja tereta .....	58
7.3.2. Proračun zavora grede .....	60
7.4. Podizanje utega i okvira bicikla sustavom kolotura .....	62
7.4.1. Odabir vitla – ručno vitlo.....	62
7.4.2. Odabir užnica .....	63
7.4.3. Proračun zavora ploča za užnice.....	65
7.5. Proračun držača stražnje osovine pri ispitivanju s utegom .....	67
7.5.1. Proračun vijaka držača.....	68
7.6. Ispitivanje okvira bicikla horizontalnom silom .....	69
7.6.1. Odabir pneumatskog cilindra.....	69
7.6.2. Odabir vodilice prednje osovine i pneumatskog cilindra .....	71
7.6.3. Odabir tlačne ćelije .....	72
7.6.4. Proračun spoja držača pneumatskog cilindra svornjakom.....	73
7.6.5. Proračun vijaka za vezu držača cilindra i podloge.....	75
7.6.6. Proračun navoja klipnjače cilindra i tlačne ćelije .....	76
7.6.7. Proračun zavora držača stražnje osovine .....	77
7.7. Ispitivanje okvira bicikla silama pedaliranja .....	80



---

7.7.1.	Proračun zavara na testnom sklopu pedala.....	81
7.7.2.	Proračun zavara poprečne grede .....	83
7.7.3.	Proračun sile trenja vijka na poprečnu gredu.....	85
7.7.4.	Proračun vijaka na spoju poprečne grede i nosive konstrukcije.....	86
7.8.	Odabir lanca za vertikalno prenošenje sile.....	87
8.	PRIKAZ FUNKCIONALNIH TESTOVA UREĐAJA .....	89
8.1.	Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajuća masa) (2.1.2) .....	89
8.2.	Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajući okvir) (2.1.3) .....	90
8.3.	Metoda ispitivanja okvira – test zamora – sile okretanja pedala (2.1.4) .....	91
8.4.	Metoda ispitivanja okvira – test zamora – horizontalna sila (2.1.5) .....	92
8.5.	Metoda ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila (2.1.6).....	93
9.	ZAKLJUČAK.....	94
	PRILOZI .....	95
	LITERATURA.....	96

**POPIS SLIKA**

Slika 1 - Razvoj bicikla kroz povijest [2].....	1
Slika 2 - Dijelovi bicikla [5].....	5
Slika 3 - Dimenzije valjka za ispitivanje [1].....	9
Slika 4 - Ispitivanje okvira padajućom masom [1].....	10
Slika 5 - Ispitivanje okvira padajućim okvirom [1].....	12
Slika 6 - Ispitivanje okvira – test zamora – sile okretanja pedala [1].....	15
Slika 7 - Poveznica i nagibi sile na pedale [1].....	16
Slika 8 - Ispitivanja okvira – test zamora – horizontalna sila [1].....	18
Slika 9 - Ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila [1].....	20
Slika 10 - Uređaj CY-6708 [6].....	21
Slika 11 - Uređaj HT-8085 [7].....	23
Slika 12 - Uređaj CY-6707 [6].....	25
Slika 13 - Uređaj CY-6751 [6].....	26
Slika 14 - Uređaj HT-2707PC [7].....	28
Slika 15 - Uređaj sa sveučilišta u Münchenu [8].....	29
Slika 16 - Uređaj 1 - Canyon Factory [9].....	30
Slika 17 - Uređaj 2 - Canyon Factory [9].....	30
Slika 18 - Mjerenje pomaka tokom i nakon ispitivanja - Canyon Factory [9].....	31
Slika 19 - Funkcijska struktura sustava.....	33
Slika 20 - Priprema uzorka i uređaja.....	34
Slika 21 - Ispitivanje.....	34
Slika 22 - Koncept A.....	40
Slika 23 - Izvođenje dinamičkog horizontalnog testa - Koncept B.....	42
Slika 24 - Izvođenje udarnog testa utegom - Koncept B.....	42
Slika 25 - Izvođenje udarnog testa padajućim okvirom - Koncept B.....	43
Slika 26- Izvođenje dinamičkog testa vertikalnom silom - Koncept B.....	43
Slika 27- Izvođenje dinamičkog testa silama pedaliranja - Koncept B.....	44
Slika 28 - Izvođenje udarnog testa utegom - Koncept C.....	45
Slika 29 - Izvođenje dinamičkog horizontalnog testa - Koncept C.....	46
Slika 30 - Izvođenje udarnog testa padajućim okvirom - Koncept C.....	46
Slika 31- Izvođenje dinamičkog testa silama pedaliranja - Koncept C.....	47
Slika 32 - Dinamičko ispitivanje vertikalnom silom - Koncept C.....	47
Slika 33 - Analizirane dimenzije bicikla.....	49
Slika 34 - Raspon standardnih dimenzija okvira (mm).....	56
Slika 35 - Opterećenje grede prilikom podizanja okvira s utezima.....	58
Slika 36 - Moment otpora profila 40x40x2,41 [21].....	59

Slika 37 - Opterećenje grede prilikom podizanja utega .....	60
Slika 38 - Sustav podizanja utega .....	62
Slika 39 – Ručno vitlo Schachermayer 7603.00.01 [24] .....	63
Slika 40 – Užnica Hopkins 7533.10.02 [25] .....	64
Slika 41 – Opterećenje ploče za nošenje užnice .....	65
Slika 42 - Moment prilikom udara utega.....	67
Slika 43 - Držac okvira .....	68
Slika 44 - Pneumatski cilindar - UNI AIR PNCU 63 [27].....	70
Slika 45 – Dimenzije UNI AIR PNCU 63 [27] .....	70
Slika 46 - Linearna vodilica THOMPSON 511 A [28] .....	71
Slika 47 - Dimenzije THOMPSON 500 A 511 [28].....	71
Slika 48 – DBB Z-Beam Load Cell DBBW [29] .....	72
Slika 49 - Dimenzije tlačne ćelije DBBW [29].....	73
Slika 50 - Opterećenje držača cilindra.....	73
Slika 51 - Opterećenje zglobnog zatika ili svornjaka [22] .....	74
Slika 52 - Poprečno opterećeni vijčani spoj, prolazni vijak s maticom [22] .....	75
Slika 53 - Opterećenje navoja tlačne ćelije i držača prednje osovine .....	76
Slika 54 - Opterećenje zavara donjeg dijela držača .....	78
Slika 55 - Presjek zavara .....	79
Slika 56 - Sile tokom ispitivanja okvira silom pedaliranja.....	80
Slika 57 - Opterećenje zavara zamjenskog sklopa pedala.....	81
Slika 58 - Presjek zavara .....	82
Slika 59 – Opterećenje zavara poprečne grede .....	83
Slika 60 - Presjek zavara .....	84
Slika 61 - Sile na nosaču cilindra .....	85
Slika 62 - Lanac proizvođača Gutman Lifting KLG6 [30] .....	87
Slika 63 - Dimenzije lanca Gutman lifting KLG6 [30] .....	88
Slika 64 - Metoda ispitivanja okvira utegom (2.1.2).....	89
Slika 65 - Metoda ispitivanja okvira otpuštanjem okvira (2.1.3) .....	90
Slika 66 - Metoda ispitivanja okvira - sile okretanja pedala (2.1.4).....	91
Slika 67 - Metoda ispitivanja okvira - horizontalna sila (2.1.5) .....	92
Slika 68 - Metoda ispitivanja okvira – vertikalna sila (2.1.6).....	93

**POPIS TABLICA**

Tablica 1 - Visine otpuštanja utega za različite tipove bicikla [1].....	9
Tablica 2 - Vrijednosti dozvoljene plastične deformacije, ispitivanjem padajućom masom, ovisne o tipu bicikla [2] .....	10
Tablica 3 - Vrijednosti mase i visine dizanja ovisne o tipu bicikla [1] .....	12
Tablica 4 - Vrijednosti dozvoljene plastične deformacije ovisno o tipu bicikla [1].....	13
Tablica 5 - Vrijednosti sile opterećivanja ovisno o tipu bicikla [1] .....	15
Tablica 6 - Sile i broj ciklusa ovisne o tipu bicikla [1].....	18
Tablica 7 - Vrijednosti vertikalne sile opterećivanja ovisno o tipu bicikla [1] .....	20
Tablica 8 - Specifikacije uređaja CY-6708 [6].....	22
Tablica 9 – Specifikacije uređaja HT-8085 [7] .....	24
Tablica 10 - Specifikacije uređaja CY-6751 [6].....	27
Tablica 11 - Specifikacije uređaja HT-2707PC [7].....	28
Tablica 12 – Morfološka matrica .....	35
Tablica 13 - Vrednovanje koncepata.....	48
Tablica 14 - Prikupljene standardne dimenzije okvira bicikala .....	50
Tablica 15 - Specifikacije ručnog vitla Schachermayer 7603.00.01 [24].....	63
Tablica 16 - Specifikacije užnica Hopkins 7533.10.02 [25].....	64
Tablica 17 - Tablica dimenzija UNI AIR PNCU 63 [27] .....	70
Tablica 18 - Tablica dimenzija THOMPSON 500 A 511 [28] .....	71
Tablica 19 - Karakteristike tlačne ćelije DBBW [29].....	72
Tablica 20 - Tablica dimenzija KLG6 Gutman Lifting [30] .....	88

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

A3-G-2016-2-01	Sklop stražnje ploče
A4-G-2016-2-02	Sklop prirubnice
A1-G-2016-2-03	Sklop stražnjeg okvira
A2-G-2016-2-04	Sklop prednjeg okvira
A3-G-2016-2-05	Sklop utega
A3-G-2016-2-06	Sklop stražnjeg držača osovine
A1-G-2016-2-07	Sklop uređaja - TIP A
A3-G-2016-2-08	Sklop vodilice
A2-G-2016-2-09	Sklop uređaja - TIP B
A2-G-2016-2-10	Sklop uređaja - TIP C
A4-G-2016-1-01	Ručka za podizane
A3-G-2016-1-02	Ploča 300x1000x10
A4-G-2016-1-03	Profil 40x40x1000
A3-G-2016-1-04	Profil 40x40x1000
A4-G-2016-1-06	Čahura s navojem
A4-G-2016-1-07	Polimerna vodilica
A4-G-2016-1-08	Horizontalna cijev
A4-G-2016-1-09	Vodoravna šipka
A3-G-2016-1-10	Uteg
A4-G-2016-1-12	Profil 40x40x138
A4-G-2016-1-13	Čahura bez navoja
A3-G-2016-1-15	Ploča 900x300x30
A4-G-2016-1-16	Ploča 200x100
A4-G-2016-1-17	Donji dio držača
A4-G-2016-1-18	Gornji dio držača

**POPIS OZNAKA**

$A$	[mm <sup>2</sup> ]	promatrana površina (kritični presjek)
$a$	[mm]	računska visina kutnog zavora (jednakokrani trokut)
$a, b$	[mm]	širina dijelova zatika u spoju
$A_j$	[mm <sup>2</sup> ]	mjerodavni presjek jezgre navoja
$A_{zav}$	[mm <sup>2</sup> ]	površina zavora
$A_{zav  }$	[mm <sup>2</sup> ]	površina zavora paralelnog sa smjerom sile <sup>3</sup>
$C_1$		broj ciklusa dinamičkih horizontalnih sila
$D$	[mm]	promjer cilindra
$d$	[mm]	promjer svornjaka
$D_o$	[mm]	promjer stražnje osovine
$d_{už}$	[mm]	promjer užeta za vitlo
$F_1$	[N]	dinamička sila na pedale
$F_{1v}$	[N]	sila pred-naprezanja jednog vijka (naprezanje na odrez)
$F_2$	[N]	dinamička horizontalna sila 1
$F_3$	[N]	dinamička horizontalna sila 2
$F_4$	[N]	dinamička vertikalna sila
$F_5$	[N]	najveća sila pri podizanju okvira opterećenog utezima
$F_g$	[N]	sila prilikom podizanja utega
$F_{max}$	[N]	maksimalna dinamička sila
$F_{min}$	[N]	minimalna dinamička sila
$F_o$	[N]	obodna sila
$F_p$	[N]	sila prednaprezanja vijka
$F_{popr}$	[N]	poprečna sila kod prolaznog vijka opterećenog na odrez
$F_T$	[N]	sila trenja
$F_v$	[N]	vlačna sila
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	ubrzanje sile teže
$h_1$	[mm]	visina otpuštanja utega
$h_2$	[mm]	visina između valjka i čeličnog nakovanja
$h_3$	[mm]	visina maksimalno podignutog sjedala
$\overline{KC}$	[°]	srednja vrijednost kuta cijevi sjedala
$KC_{max}$	[°]	maksimalna vrijednost kuta cijevi sjedala
$KC_{min}$	[°]	minimalna vrijednost kuta cijevi sjedala

$l$	[mm]	računska duljina na kojoj je postignuta duljina zavara „a“; udaljenost od promatrane osi ili točke na kojoj djeluje sila;
$l'$	[mm]	stvarna duljina zavara „a“
$L_R$	[mm]	duljina zamjenske ručke
$M$	[Nmm]	moment savijanja
$M_1$	[kg]	masa na sjedalu
$M_2$	[kg]	masa na glavini volana
$M_3$	[kg]	masa na glavini pogona
$M_g$	[kg]	masa utega
$M_{o\ max}$	[kg]	maksimalna masa okvira bicikla opterećenog utezima
$n$	[MPa]	normalno naprezanje okomito na ravninu spoja
$n_v$		broj vijaka
$\overline{OG}$	[mm]	srednja vrijednost odmaka glavine
$OG_{\max}$	[mm]	maksimalna vrijednost odmaka glavine
$OG_{\min}$	[mm]	minimalna vrijednost odmaka glavine
$\overline{OR}$	[mm]	srednja vrijednost osovinskog razmaka
$OR_{\max}$	[mm]	maksimalna vrijednost osovinskog razmaka
$OR_{\min}$	[mm]	minimalna vrijednost osovinskog razmaka
$p_{\text{dop}}$	[MPa]	dopušteni površinski tlak
$p_{\text{stan}}$	[bar]	standardni radni tlak pneumatskog sustava
$p_v, p_u$	[MPa]	površinski tlak na zatiku i u dijelovima u spoju
$R_C$	[mm]	duljina vertikalne ručke
$R_e$	[Mpa]	granica tečenja za odabrani materijal
$R_m$	[Mpa]	zatezna čvrstoća za odabrani materijal
$R_W$	[mm]	polumjer sklopa kotača
$S, S_{\text{potr}}$		potrebna sigurnost
$S_H$		sigurnost prijanjanja
$T_o$	[Nmm]	moment uslijed udara utega
$\overline{VG}$	[mm]	srednja vrijednost visine glavine
$VG_{\max}$	[mm]	maksimalna vrijednost visine glavine
$VG_{\min}$	[mm]	minimalna vrijednost visine glavine
$W_y$	[mm <sup>3</sup> ]	moment otpora promatranog presjeka
$\beta$		faktor ovisan o debljini zavara
$\kappa$		odnos graničnih naprezanja

$\mu_0$		koeficijent trenja mirovanja na površinama naližeganja dijelova u spoju (za metale)
$\sigma_{\perp}$	[MPa]	normalno naprezanje okomito na pravi presjek zavora
$\sigma_{\perp \max}$	[MPa]	maks. normalno naprezanje okomito na pravi presjek zavora
$\sigma_{Df}$	[MPa]	trajna dinamička čvrstoća na savijanje
$\sigma_{dop}$	[MPa]	dopušteno naprezanje
$\sigma_{DV(0) dop}$	[MPa]	dopušteno naprezanje za $\kappa = 0$ (vlačno područje)
$\sigma_{DV(-1) dop}$	[MPa]	dopušteno naprezanje za $\kappa = -1$ (vlačno područje)
$\sigma_{DV(\kappa) dop}$	[MPa]	dopušteno naprezanje za vlak i $\kappa$ (vlačno područje)
$\sigma_f$	[MPa]	naprezanje na savijanje
$\sigma_{red \max}$	[MPa]	maksimalno reducirano naprezanje
$\sigma_{red \min}$	[MPa]	minimalno reducirano naprezanje
$\sigma_{red}$	[MPa]	ekvivalentno (reducirano) naprezanje
$\sigma_{zdop}$	[MPa]	dopušteno naprezanje statički opterećenog zavora
$\tau_{\parallel m}$	[MPa]	maks. tangencijalno naprezanje paralelno na pravi presjek zavora
$\tau_{\perp}$	[MPa]	tangencijalno naprezanje okomito na pravi presjek zavora
$\tau_{\perp \max}$	[MPa]	maks. tangencijalno naprezanje okomito na pravi presjek zavora
$\tau_{dop}$	[MPa]	dopušteno tangencijalno naprezanje
$\varphi$		faktor udara



**SAŽETAK**

U ovom radu prikazana je analiza normi za statičko i dinamičko ispitivanje okvira bicikala, kao i postojećih rješenja koja mogu obavljati ispitivanja i temelje se na tim normama. Najveća pažnja posvećena je trenutno važećoj normi ISO 4210:2014.

Analizom normi i postojećih rješenja utvrđeni su nedostaci i mogućnosti poboljšanja prema kojima je izrađen funkcijski model, te zatim morfološka matrica s predloženim rješenjima pojedinih funkcija. Koristeći funkcijsku analizu i predložena rješenja izrađena su tri koncepta od kojih je vrednovanjem prema različitim kriterijima izabrano jedno rješenje za daljnji razvoj i razradu.

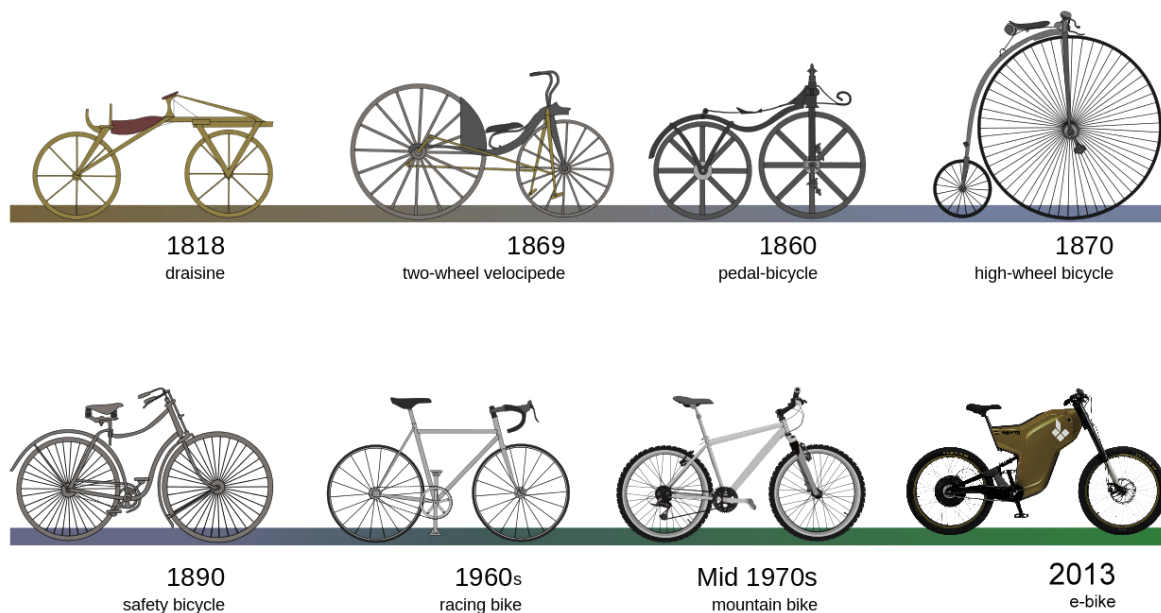
U skladu s proračunom odabranog rješenja napravljen je 3D model konstrukcije u više verzija. Svaka verzija 3D modela odgovara jednom funkcionalnom testu izdržljivosti okvira bicikla. Sve verzije prikazane su u predzadnjem poglavlju zajedno s definiranim parametrima norme ISO 4210:2014.

Uz rad je priložena i tehnička dokumentacija koja sadrži glavni sklop i većinu podsklopova i dijelova 3D modela.

## 1. UVOD

### 1.1. Bicikl

Bicikl je jedan od primjera starijih prijevoznih sredstava; prvi se pojavio 1790. godine. Nikome se točno ne može pripisati njegov izum jer je veliki broj ljudi koji su kroz manje ili više poznatu povijest razvoja prisvojili zasluge za izum bicikla ili njegovih esencijalnih dijelova. Poznato je da se konstrukcija nije bitno mijenjala kroz povijest, ali su se svojstva i cijena mijenjali zahvaljujući primjeni različitih materijala. Bicikli su na početku bili uglavnom drveni, a kretali su se otiskivanjem nogama o pod te nisu imali mogućnost zakretanja prednjeg kotača. Oko 60 godina je bilo potrebno za izum pogona pedalama te još 140-ak godina za upotrebu električnih bicikala. S druge strane, danas se na tržištu mogu naći bicikli izvedeni od različitih materijala, bilo čelika, aluminijskih legura, pa do titanskih i magnezijevih legura, te metalnih i polimernih kompozita.



**Slika 1 - Razvoj bicikla kroz povijest [2]**

Svakim danom raste broj vlasnika bicikala, bilo rekreativaca ili profesionalaca. U nekim europskim zemljama bicikl je opće prihvaćeno prijevozno sredstvo, dok je u ostalom dijelu Europe vožnja biciklom još uvijek više potencijal nego stvarnost, ali je u stalnom porastu. Korištenjem bicikla smanjuju se prometne gužve, povećava sigurnost u prometu, štedi se na troškovima za gorivo, parkiranje i održavanje automobila te se zdravlje stanovništva podiže na viši nivo. Znatna je i ušteda vremena zbog bržeg dolaska od točke A do točke B, smanjuje

se stres prilikom vožnje, a za razliku od auta ili javnog prijevoza vozeći bicikl možemo točno planirati vrijeme dolaska na željeno mjesto. Stručnjaci smatraju da je najveća korist kretanja biciklom smanjenje otuđenosti među ljudima, te mogućnost komunikacije s drugim osobama. Osim toga, smanjuje se zagađenje prašinom i ispušnim plinovima, bukom, a izgradnja biciklističkih staza bitno je jeftinija od izgradnje prometnica za motorna vozila. Vožnja biciklom jedan je od najraširenijih oblika rekreacije u svijetu, a velik broj ljudi koristi bicikl kao svakodnevno prijevozno sredstvo za odlazak na posao.

Sve veća popularnost biciklizma u posljednjih nekoliko godina dovela je do toga da je danas u trgovinama dostupna najrazličitija ponuda bicikala ikada, što za početnike može biti pomalo zbunjujuće. Tako prilikom kupnje treba voditi računa o više faktora. Prvo i osnovno što je potrebno odgovoriti prilikom kupnje bicikla jest u koju svrhu će se koristiti bicikl, po kojem terenu te koliko često. Ovisno o namjeni, bicikli se bitno razlikuju po konstrukciji, veličini kotača, širini guma, obliku okvira i upravljača te drugoj dodatnoj opremi.

Bicikl, osim kao efikasno transportno sredstvo, služi i za rekreaciju i sport. U vožnji biciklom mogu uživati ljudi svih dobi, te se pritom osloboditi stresa. Voziti se možete u bilo koje doba dana, bilo gdje, sami ili u društvu obitelji ili prijatelja, a sve što vam je potrebno su kvalitetan bicikl, kaciga, odgovarajuća obuća i udobna odjeća. Jednostavnost, ekonomičnost i lakoća upotrebe bicikla učinila su ga popularnim po cijelom svijetu.

Bicikli su podijeljeni u više kategorija:

- u prvoj grupi se nalaze gradski bicikli, za one koji većinu vremena provode u vožnji po gradu, uz tek povremene izlete u prirodu. Osnovna karakteristika ove vrste bicikala jest spoj čvrstoće i robusnosti (razmjeno teška rama) brdskog bicikla s udobnošću i lakoćom vožnje cestovnog. Dijelev se u kategoriju *City* i *Trekking*.
- drugu grupu čine brdski ili MTB bicikli za one koji ipak više privlači vožnja po zahtjevnijem terenu, lutanje šumama i skretanje sa staze. Iako iznimno čvrste i izdržljive konstrukcije, prilično su lagani, manji (26") i znatno širi kotači, a od opreme sadrže samo najnužnije, te su kao takvi idealni za veoma neravne terene. Osnovna podjela brdskih bicikala je konstrukcijska, a vezana je za postojanje odnosno nepostojanje stražnje suspenzije (amortizera).

- treću grupu čine cestovni bicikli čija je namjena isključivo cestovna vožnja. Njihova glavna odlika je mala težina, razmjerno veliki kotači s tankim gumama, te savijen volan prilagođen aerodinamičnom položaju tijela prilikom vožnje, te samim time omogućavaju i postizanje najvećih brzina.
- četvrtu grupu čine električni bicikli, također poznati i kao e-bicikli, koji imaju ugrađen električni motor za pogon. Postoji velik izbor e-bicikala dostupan širom svijeta, od e-bicikala koji imaju mali motor koji pomaže vozaču da pokreće papučice, do nešto snažnijih e-bicikala koji funkcioniraju slično mopedima. E-bicikli su bicikli na punjivu bateriju (akumulator) i mogu doseći brzinu od 25 do 32 km/h, ovisno o propisima zemlje u kojoj se prodaju, a e-bicikli veće snage, često mogu doseći brzinu veću od 45 km/h.

Osim svih gore navedenih vrsta bicikala, danas se na tržištu mogu naći i različiti modeli namijenjeni za akrobacije (BMX), za polaganu gradsku vožnju, razne varijante bicikala za terensku vožnju te mnogi drugi. Nakon odluke o vrsti bicikla dolazi druga stavka, a to je cijena. U 99 % slučajeva skuplja stvar je bolja, no ono što košta više ne mora nužno biti i bolje. Također, jeftini bicikl u startu ne znači nužno da je loš. Upravo zato važno je točno znati namjenu bicikla.

Mnogo je razloga zašto je vožnja biciklom dobra ideja:

- JAČANJE IMUNITETA:** Imunosni sustav štiti naše tijelo od infekcija i različitih sistemskih bolesti. Studije pokazuju da umjerena tjelesna aktivnost, kao što je biciklizam, jača imunosni sustav što nas automatski čini zdravijima. Također povećava aktivnost stanica u borbi protiv stanica tumora čime sprječava razvoj tih bolesti.
- JAČANJE MIŠIĆA:** Vožnja biciklom aktivira većinu mišića tijela. Mišići nogu rade dok pedaliramo, trbušni mišići i mišići leđa stabiliziraju tijelo na biciklu i prigušuju vanjske učinke kao što su udarci biciklom, mišići ruku i ramena podupiru tijelo na ručkama. Svi ti pokreti treniraju i učvršćuju mišićni sustav čineći ga jačim te samim time osiguravaju njegovo efikasno funkcioniranje.
- JAČANJE KOSTIJU:** Vježbanje i popratan napor na cjelokupni sustav kostiju rezultira njegovim jačanjem i povećanjem pokretljivosti. Biciklizam ima pozitivan učinak na

gustoću i jačinu kostiju. Osim toga, mišićni sustav ojačan redovitom vožnjom bicikla podupire i štiti sustav kostiju.

- d) **PREVENCIJA BOLESTI KRALJEŽNICE I BOLOVA U LEĐIMA:** Dok vozite bicikl vaše držanje je optimalno, a pokreti nogu stimuliraju mišiće donjeg dijela leđa gdje najčešće dolazi do oštećenja kralježnice. Na taj način vaša kralježnica jača te se smanjuje negativan učinak vanjskih faktora. Vožnja biciklom naročito stimulira male mišiće kralježnice koje je teško aktivirati ostalim vježbama pa se na taj način smanjuje učestalost bolova i mogućnost oštećenja kralježnice.
- e) **SMANJENJE STRESA:** Biciklizam ima prilično opuštajući učinak zahvaljujući uniformnim pokretima koji stabiliziraju i fizičke i psihičke funkcije tijela. Smanjuje anksioznost, depresiju i druge psihološke probleme te kontrolira hormonalnu ravnotežu tijela.
- f) **SPRIJEČAVANJE BOLESTI SRCA I KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA:** Srce je jedan od najvažnijih organa za zdrav život, no fizička neaktivnost može dovesti do njegovog oštećenja. Biciklizam je idealan način jačanja srca pri čemu se ono manje opterećuje kod fizičkih napora. Negativni učinci faktora koji vode srčanom udaru se smanjuju, a i sama vjerojatnost srčanog udara i to za 50 %.
- g) **SMANJENJE VISOKOG KRVNOG TLAKA:** Vožnja biciklom umjerenog intenziteta može spriječiti pojavljivanje ili smanjiti već prisutan visoki krvni tlak. Automatski se smanjuje vjerojatnost moždanog udara i oštećenja organa. Biciklizmom se smanjuje broj otkucaja srca što može spriječiti visoki krvni tlak.
- h) **JAČANJE IZDRŽLJIVOSTI:** Biciklizam je posebno dobar aeroban trening jer je opterećenje tijela manje nego kod drugih sportova koji zahtijevaju napor. Bolja tjelesna izdržljivost smanjuje umor i poboljšava raspoloženje.
- i) **AKTIVNOST KOJA NE OPTEREĆUJE TIJELO:** Ne opterećuje zglobove jer ne trpe pod težinom tijela. Možete sami birati intenzitet vježbe što čini vožnju biciklom pogodnom za ljude svih uzrasta i kondicije.
- j) **ČUVA PLANET:** Zamjena automobila biciklom smanjuje ispuštanje plinova koji uzrokuju efekt staklenika, smanjuju se troškovi održavanja cesta jer bicikli zanemarivo oštećuju ceste. Vožnja biciklom 25 minuta dnevno umjesto vožnje automobilom smanjuje emisiju ugljičnog dioksida za 165 kg na godinu.

## 1.2. Sigurnost

Nesreće koje uključuju djecu na biciklima su često rezultat dječjeg igranja, izvođenja trikova, prebrze vožnje ili gubitka kontrole nad biciklom. Za mlade i odrasle bicikliste, nesreće će vjerojatnije uključivati sudare s motornim vozilima, međutim oko 16% fatalnih ili ozbiljnih biciklističkih nesreća prijavljenih policiji ne uključuju sudar s drugim vozilom, već su uzrokovane gubitkom kontrole nad svojim biciklom.

Prema policijskim izvješćima, najčešći uzrok sudara koji uključuje bicikl i drugo vozilo jest manjak gledanja i osjećaja za prostor, bilo biciklista bilo vozača drugog vozila.. Najviše takvih nesreća događa se na križanjima ulica.



Slika 2 – Dijelovi bicikla [5]

- |  |   |
|--|---|
| <b>1</b> - Amortizirajuća vilica ( <i>Suspension Fork</i> )    | <b>13</b> - Stražnji mjenjač ( <i>Rear derailleur</i> ) |
| <b>2</b> - Učvršćenje kotača i vilice ( <i>Quick release</i> ) | <b>14</b> - Prednji mjenjač ( <i>Front derailleur</i> ) |
| <b>3</b> - Nosač kotača ( <i>Dropout</i> )                     | <b>15</b> - Kočnice ( <i>Brakes</i> )                   |
| <b>4</b> - Ležaj volana ( <i>Headset</i> )                     | <b>16</b> - Kočioni disk ( <i>Disc</i> )                |
| <b>5</b> - Cijev vilice ( <i>Steerer</i> )                     | <b>17</b> - Ručica kočnice ( <i>Brake lever</i> )       |
| <b>6</b> - Glavčina ili naba ( <i>Hub</i> )                    | <b>18</b> - Okvir ili rama ( <i>Frame</i> )             |
| <b>7</b> - Žbica ( <i>Spoke</i> )                              | <b>19</b> - Cijev sjedala ( <i>Seat tube</i> )          |
| <b>8</b> - Obruč ( <i>Rim</i> )                                | <b>20</b> - Sjedalo ( <i>Seat</i> )                     |
| <b>9</b> - Kazeta ( <i>Cassete</i> )                           | <b>21</b> - Ručke volana ( <i>Grip</i> )                |
| <b>10</b> - Kurbila ( <i>Crankset</i> )                        | <b>22</b> - Upravljač ( <i>Handlebar</i> )              |
| <b>11</b> - Lanac ( <i>Chain</i> )                             | <b>23</b> - Lula upravljača ( <i>Stem</i> )             |
| <b>12</b> - Glavina osovine pogona ( <i>Bottom bracket</i> )   |   |

Prilikom nesreća, osim biciklista stradaju i sami bicikli. Najčešća oštećenja na biciklima se pojavljuju na kotačima, pedalama, volanu i ostalim manjim dijelovima poput sustava mjenjača brzina, prednjim i zadnjim svjetlima te kočnicama. Mnogo rjeđe se deformiraju okvir i vilica bicikla koji su rađeni od boljih materijala i uz to se testiraju na čvrstoću prilikom proizvodnje.

Zadatak ovog rada je konstruirati uređaj koji će učinkovito i prema trenutnim standardima ispitivati izdržljivost i dinamičku čvrstoću okvira te sklopa okvira i prednje vilice. Okvir je spoj cijevi od aluminijske, karbonske, titanske ili čelike na kojem se nalaze pripremljeni dosjedi za sve dijelove bicikla. Dakle, kada se s bicikla sve skine, uključujući i vilicu i volan, ostaje samo okvir ili rama bicikla.

## 2. ANALIZA NORMI

Kao i većina proizvoda, proizvođači bicikala i njegovih dijelova moraju zadovoljiti nekoliko standardiziranih testova kako bi se utvrdila njihova razina kvalitete i izdržljivosti. S obzirom na to da postoji više podjela bicikala koje su objašnjene u prethodnom poglavlju, tako je postojalo i više normi za pojedine kategorije. Od 2014. na snazi je EN ISO 4210:2014 norma koja je objedinila dotadašnje norme:

- EN 14764:2005 norma za gradske bicikle i bicikle za laganu vožnju
- EN 14766:2005 norma za brdske bicikle
- EN 14781:2005 trkaće (*racing*) bicikle

Također, EN ISO 4210:2014 norma zamjenjuje normu ISO 4210:1996 koja je bila tehnički revidirana. Na snazi su i dalje norme EN 14765 za dječje bicikle i EN 15194 za električne bicikle.

### 2.1. EN ISO 4210:2014 norma

Ova međunarodna norma je razvijena kao odgovor na zahtjeve u cijelom svijetu, a cilj je bio da bicikli proizvedeni u skladu s ovom normom budu sigurniji što je više moguće. Testovi su konstruirani tako da se osigura čvrstoća i trajnost pojedinih dijelova, kao i bicikla u cjelini, zahtijevajući visoku kvalitetu i razmatranje sigurnosnih aspekata tijekom svake faze projektiranja i nadalje. Norma je ograničena na sigurnost i izbjegava standardizaciju izrade dijelova bicikla. Europska norma EN ISO 4210-1:2014 ima status hrvatske norme.

ISO 4210 se sastoji od nekoliko dijelova ujedinenih pod naslovom "Bicikli – sigurnosni zahtjevi za bicikle":

- ISO 4210-1 – Nazivi i definicije
- ISO 4210-2 – Zahtjevi za gradske bicikle, bicikle za polaganu vožnju, bicikle za mlade ljude, brdske i trkaće bicikle
- ISO 4210-3 – Uobičajene metode testiranja
- ISO 4210-4 – Metode ispitivanja kočenja
- ISO 4210-5 – Metode ispitivanja za upravljanja
- ISO 4210-6 – Metode ispitivanja za okvir i vilicu
- ISO 4210-7 – Metode ispitivanja za kotače i naplatke



- ISO 4210-8 – Metode ispitivanja za pedale i pogonski sustav
- ISO 4210-9 – Metode ispitivanja za sjedala i držače sjedala

Opisi ovdje prikazanih standardiziranih testova nisu u cijelosti prepisane norme, već samo bitni dijelovi koji se odnose na statičko i dinamičko ispitivanje okvira i spoja okvira i prednje vilice bicikla.

### **2.1.1. ISO 4210-6:2014 – Metode ispitivanja za okvir i vilicu**

Norma propisuje pet različitih metoda ispitivanja za okvir i vilicu:

- a) Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajuća masa)
- b) Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajući okvir)
- c) Metoda ispitivanja okvira – test zamora – sile okretanja pedala
- d) Metoda ispitivanja okvira – test zamora – horizontalna sila
- e) Metoda ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila

### **2.1.2. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajuća masa)**

#### **Općenito**

Proizvođačima rame je dozvoljeno provesti ispitivanje sa zamjenskom vilicom umjesto originalne vilice bicikla ako ona zadovoljava određene zahtjeve. Karakteristike zamjenske vilice su objašnjene na kraju poglavlja.

Ako se okvir prilagođava uklanjanjem i dodavanjem cijevi za mušku i žensku verziju okvira, okvir se testira bez cijevi za mušku verziju okvira. Ako se ispituje s amortizirajućom vilicom, onda se amortizirajući sustav mora postaviti u položaj potpune rasterećenosti. Ukoliko postoji stražnji amortizirajući sistem ugrađen u okvir, mora ga se postaviti u položaj u kojem bi se nalazio sistem da na biciklu sjedi osoba od 80 kg odnosno 40 kg ako je riječ o ispitivanju rame bicikla za mlade. U slučaju da se stražnji amortizirajući sistem ne može zaključati u navedenom položaju, umjesto sistema postavlja se opruga ili prigušivač koji osigurava takav opisani položaj.

## Metoda ispitivanja

Potrebno je postaviti valjak na vrh vilice mase manje ili jednake 1 kg, dimenzija prikazanih na Slici 3. Tvrdoća valjka ne smije biti manja od 60 HRC na površini udara. Ako se koristi zamjenska vilica onda ona na vrhu mora biti zaobljena i istih dimenzija tog dijela kao što su i dimenzije valjka.

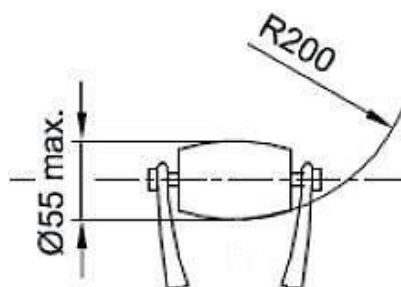
Potrebno je postaviti sklop okvira i vilice ili okvira i zamjenske vilice okomito te ga učvrstiti u točki stražnje osovine za kruto postolje prema Slici 4.

Postavi se uteg od 22,5 kg na valjak na vrhu vilice ili na zaobljeni dio zamjenske vilice te se izmjeri osovinski razmak. Nakon toga se uteg od 22,5 kg podigne na visinu  $h_1$  iznad valjka i otpusti tako da udari valjak ili zaobljeni dio zamjenske vilice u točki koja je u liniji s osovinskim centrima. Različite visine  $h_1$  ovise o tipovima bicikala čiji se okviri testiraju i dani su u Tablici 1.

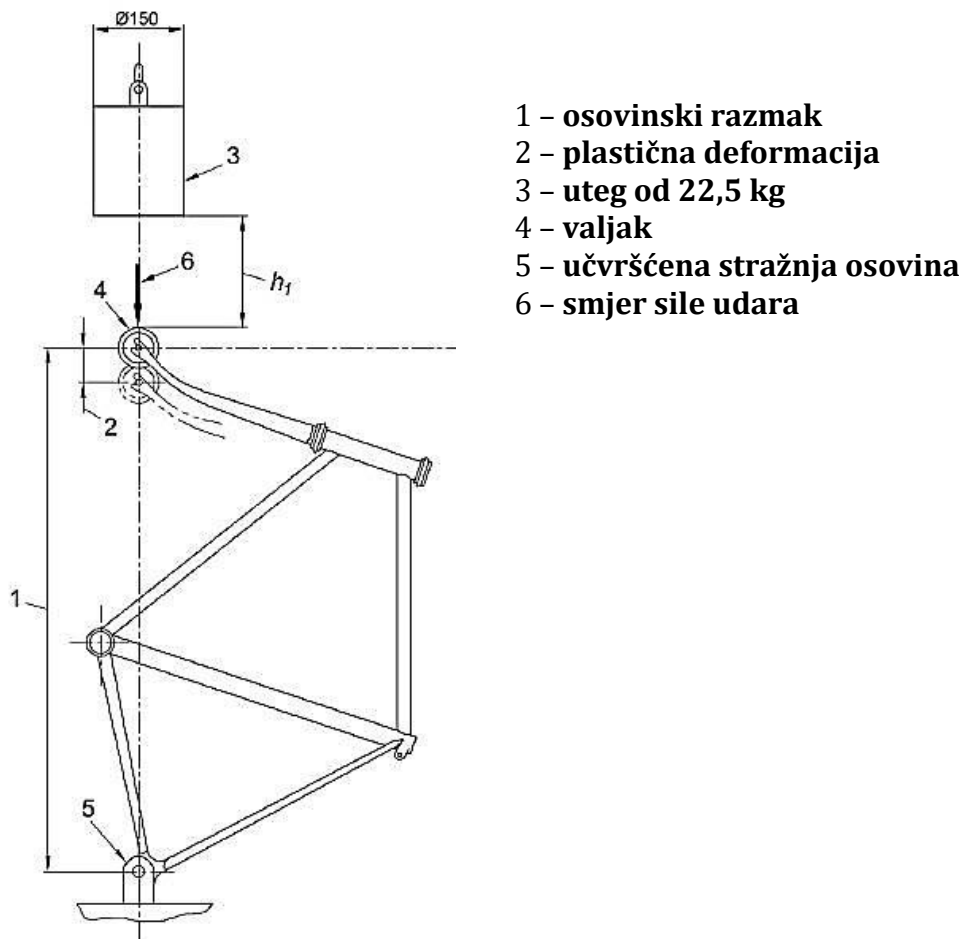
**Tablica 1 - Visine otpuštanja utega za različite tipove bicikla [1]**

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Visina $h_1$ , mm	180	180	360	212

Kada se nakon prvog otpuštanja utega na valjak ili zaobljeni dio zamjenske vilice uteg umiri, potrebno je ponovno izmjeriti osovinski razmak. U slučaju da originalna vilica otkaže, okvir će se testirati sa zamjenskom vilicom.



**Slika 3 - Dimenzije valjka za ispitivanje [1]**



- 1 – osovinski razmak
- 2 – plastična deformacija
- 3 – uteg od 22,5 kg
- 4 – valjak
- 5 – učvršćena stražnja osovina
- 6 – smjer sile udara

Slika 4 - Ispitivanje okvira padajućom masom [1]

#### Zahtjevi ispitivanja (ISO 4210-2:2014)

Nakon ispitivanja ne smiju se pojaviti nikakve vidljive pukotine ili prijelomi okvira. Plastična deformacija mjerena osovinskim razmakom ne smije prelaziti:

- a) 30 mm ako se ispitivalo s originalnom vilicom
- b) ako se ispitivalo sa zamjenskom vilicom onda osovinski razmak ne smije prelaziti vrijednosti iz Tablice 2.

Tablica 2 - Vrijednosti dozvoljene plastične deformacije, ispitivanjem padajućom masom, ovisne o tipu bicikla [2]

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Plastična deformacija, mm	10	10	10	15

### 2.1.3. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajući okvir)

#### Općenito

Proizvođači cijelih bicikala moraju provesti ispitivanje s originalnom prednjom vilicom. Proizvođačima rame je dozvoljeno provesti ispitivanje sa zamjenskom vilicom umjesto originalne vilice bicikla ako ona zadovoljava određene zahtjeve. Karakteristike zamjenske vilice su objašnjene na kraju poglavlja.

Ako se okvir prilagođava uklanjanjem i dodavanjem cijevi za mušku i žensku verziju okvira, onda se okvir testira bez cijevi za mušku verziju okvira.

Ako se ispituje s amortizirajućom vilicom amortizirajući sustav mora se postaviti u položaj potpune rasterećenosti prije udara. Ukoliko sustav opruge/prigušivača može biti zaključan u takvom položaju, biti će zaključan, a ukoliko to nije moguće, iskoristiti će se jedno od dvaju rješenja:

- a) osigurati takav položaj amortizirajućeg sustava s vanjskim sustavom za zaključavanje
- b) zamijeniti vilicu s krutom zamjenskom vilicom čije su karakteristike opisane na kraju poglavlja te koja je duljine koja bi se pojavila kada bi bicikl vozila osoba od 80 kg ili u slučaju da je riječ o ispitivanju bicikla za mlade, osoba od 40 kg.

Ako postoji stražnji amortizirajući sistem ugrađen u okvir, mora ga se postaviti u položaj u kojem bi se nalazio sistem da na biciklu sjedi osoba od 80 kg odnosno 40 kg ako je riječ o ispitivanju rame bicikla za mlade. U slučaju da se stražnji amortizirajući sistem ne može zaključati u navedenom položaju, umjesto sistema se postavlja opruga ili prigušivač koji osigurava takav opisani položaj.

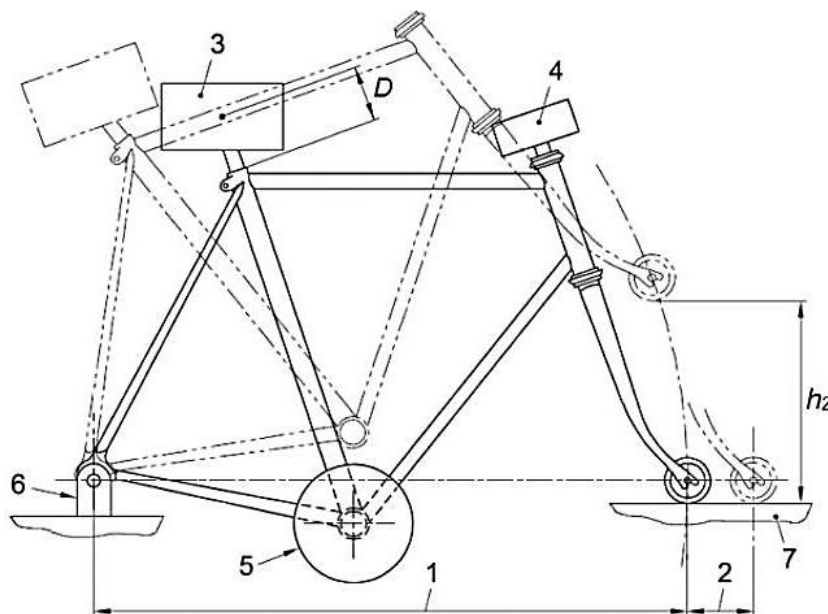
#### Metoda ispitivanja

Okvir bicikla potrebno je postaviti tako da ga se učvrsti u točki stražnje osovine na način da se može zakretati u okomitoj ravnini. Potrebno je postaviti ispod prednje vilice čelični nakovanj da je na taj način okvir bude u svom normalnom položaju. Masa  $M_1$  se mora sigurno postaviti u cijev za sjedalo kao što je prikazano na Slici 5, tako da je težište mase udaljeno  $D=75$  mm po osi cijevi sjedala od samog okvira. Potrebno je također postaviti i mase  $M_2$  i  $M_3$  na vrh glavine volana te na položaj glavine pogonske osovine prema Slici 5.

Kad su mase postavljene na svoje položaje na oviru, mjeri se osovinski razmak. Potom je potrebno podići i zakrenuti okvir tako da je visina između valjka i čeličnog nakovanja jednaka  $h_2$  te nakon toga otpustiti okvir i dopustiti mu slobodan pad natrag na čelični nakovanj. Nakon toga se ispitivanje ponavlja te kada se okvir smiri i mirno je postavljen na nakovanj, ponovno se mjeri osovinski razmak.

**Tablica 3 - Vrijednosti mase i visine dizanja ovisne o tipu bicikla [1]**

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Masa $M_1$ , kg masa na sjedalu	50	40	30	30
Masa $M_2$ , kg masa na glavini volana	10	10	10	10
Masa $M_3$ , kg masa na glavini pogona	30	20	50	50
Visina $h_2$ , mm	200	200	300	200



- 1- osovinski razmak
- 2- plastična deformacija
- 3- masa 1
- 4- masa 2
- 5- masa 3
- 6- učvršćena stražnja osovina
- 7- čelični nakovanj

**Slika 5 - Ispitivanje okvira padajućim okvirom [1]**

**Zahtjevi ispitivanja (ISO 4210-2:2014)**

Nakon ispitivanja ne smiju se pojaviti nikakve vidljive pukotine ili prijelomi okvira. Nakon drugog udara ne smije doći do nikakvog odvajanja dijelova bilo amortizirajućeg sistema vilice ili stražnjeg amortizirajućeg sistema okvira. Plastična deformacija mjerena osovinskim razmakom ne smije prelaziti vrijednosti iz Tablice 4.

**Tablica 4 - Vrijednosti dozvoljene plastične deformacije ovisno o tipu bicikla [1]**

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Plastična deformacija, mm	60	60	60	15

**2.1.4. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – sile okretanja pedala****Općenito**

Sve vrste okvira ispituju se ovom metodom. U ispitivanjima okvira s amortizirajućim sustavom koji imaju spojeve okvira i stražnje vilice s mogućnošću zakretanja potrebno je postaviti oprugu, tlak zraka ili prigušivač na način da se osigura najveći mogući otpor. Kod pneumatskih prigušivača gdje se tlak zraka ne može podesiti, zamjenjuje se amortizirajući sustav s krutom poveznicom čiji učvršćeni krajevi i bočna krutost točno predstavljaju ponašanje originalnog sustava. U ispitivanju amortizirajućih okvira koji imaju spoj okvira i stražnje vilice koji se ne mogu zakretati u spojevima nego se pouzdaju u elastično savijanje spoja potrebno je postaviti opruge/prigušivače na način da pružaju najmanji mogući otpor kako bi se osiguralo točno ispitivanje okvira. Kada se ispituje okvir s amortizirajućim sustavom koji ima nosače ili poveznice koje mogu utjecati na otpor bicikla i sila tla ili koji svojim oidešavanjem mogu utjecati na ponašanje bicikla tokom vožnje svojim podešavanjem potrebno je postaviti takve dijelove tako da osiguravaju najveće sile u okviru.

**Metoda ispitivanja**

Potrebno je ispitivati novi sklop okvira i vilice ili okvira i zamjenske vilice koja se umjesto originalne vilice bicikla može koristiti ako ona zadovoljava određene zahtjeve. Karakteristike zamjenske vilice će biti objašnjene na kraju poglavlja. Također je potrebno koristiti i standardne ležajeve na cijevi okvira u koji se postavlja vilica ili zamjenska vilica.

Potrebno je napomenuti da ako se koristi originalna vilica može doći do oštećenja te se preporuča da zamjenska vilica bude čvršća i kruća od originalne vilice.

Ako se okvir prilagođava uklanjanjem i dodavanjem cijevi za mušku i žensku verziju okvira, onda se okvir testira bez cijevi za mušku verziju okvira.

Sklop okvira i vilice ili okvira i zamjenske vilice je potrebno postaviti na postolje kako je prikazano na Slici 6 tako da se prednja vilica učvrsti na visini  $R_W$  (promjer sklopa kotača i gume s tolerancijama  $\pm 30$  mm) i da se glavčina kotača može naginjati oko osovine. Stražnju vilicu osigurati osovinom za krutu, vertikalnu poveznicu koja je na istoj visini kao i prednja vilica odnosno da su osi osovina na istoj visini. Gornji spoj poveznice i stražnje vilice mora se moći naginjati oko osi, ali osiguravati krutost u bočnim ravninama te na spoju postolja i poveznice je potrebno postaviti kuglični zglob.

Na sklop okvira je potrebno postaviti i pogonski sklop ili ako je moguće čvrsti i kruti zamjenski sklop na mjesto pogonske glavčine na načine opisane pod a) ili b).

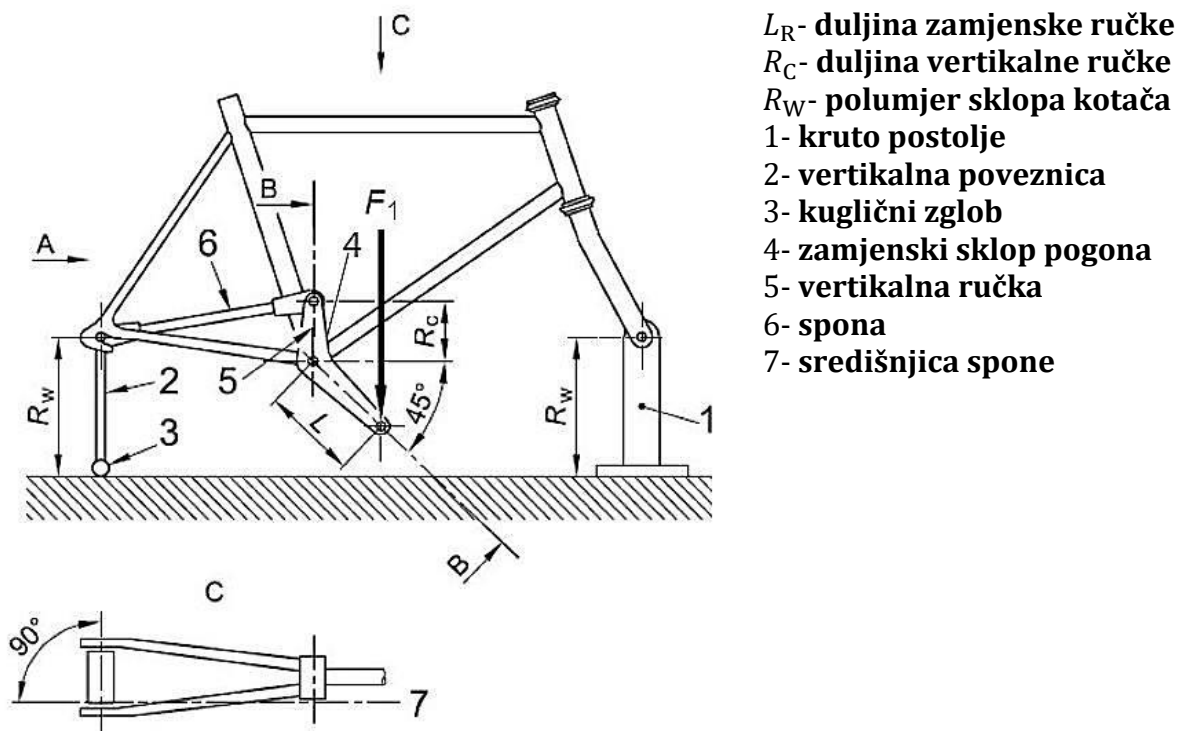
- a) Ako se postavlja originalni pogonski sustav od kurbli (*cranks*), lanca i lančanika onda je potrebno postaviti obje kurble (*cranks*) prema dolje i pod kutom od  $45^\circ$  (s točnošću od  $\pm 2^\circ$ ) u odnosu na horizontalu te osigurati lanac na srednji lančanik ako se radi o lančaniku s tri djela, na manji ako se radi o lančaniku s dva te na jedini lančanika ako se radi o lančaniku s jednim djelom. Stražnji dio lanca je potrebno povezati za stražnju osovinu i okomito na os osovine.
- b) Ako se koristi zamjenski sklop kako je prikazano na Slici 6, mora se osigurati da se sklop može naginjati oko osovine pogonske glavčine i da su obje zamjenske ručke 175 mm dugačke ( $L_R$ ) te postavljene prema dolje i pod kutom od  $45^\circ$  (s točnošću od  $\pm 2^\circ$ ) u odnosu na horizontalu. Zamjenske ručke moraju biti osigurane vertikalnom ručkom koja zamjenjuje lančanik te sa sponom s kugličnim zglobovima na krajevima koja je spojena sa stražnjom osovinom i okomita je na os stražnje osovine. Duljina vertikalne ručke ( $R_C$ ) mora biti 75 mm i os spone mora biti paralelna i 50 mm udaljena od vertikalne ravnine te mora prolaziti kroz središnju os okvira koji se ispituje.

Obje pedale (ili zamjenski element ako se koristi zamjenski sklop) je potrebno podvrgnuti ponavljajućoj sili  $F_1$  koja djeluje prema dolje i na poziciji 150 mm od središnjice okvira u vertikalnoj, poprečnoj i za  $7,5^\circ$  (s točnošću od  $\pm 0,5^\circ$ ) zakrenutoj prema van ravnini u odnosu na okomitu ravninu okvira kao što je prikazano na Slici 7. Tijekom ispitivanja važno je osigurati da sila na pedali ili zamajnskom sklopu na jednoj strani, nakon opterećivanja padne na 5% ili manje od najveće vrijednosti sile, prije nego se počne opterećivati druga strana pedale ili zamjenskog sklopa. Tako se osigurava naizmjenično, a ne istovremeno opterećivanje okvira.

Ispitivanje se mora sastojati od 100 000 ciklusa gdje se pod jednim ciklusom smatra opterećivanje i rasterećivanje obje sile na pedale ili zamjenski sklop. Maksimalna dozvoljena frekvencija je 10 Hz.

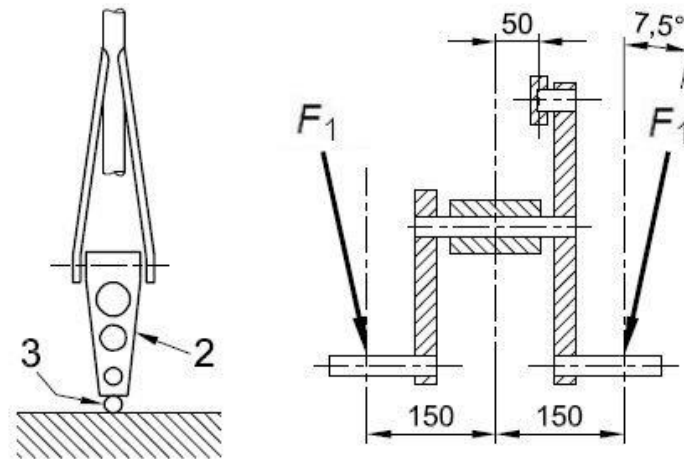
Tablica 5 - Vrijednosti sile opterećivanja ovisno o tipu bicikla [1]

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Sila $F_1$ , N	1000	1000	1200	1100



Slika 6 - Ispitivanje okvira - test zamora - sile okretanja pedala [1]





**Slika 7 - Poveznica i nagibi sile na pedale [1]**

### **Zahtjevi ispitivanja (ISO 4210-2:2014)**

Nakon ispitivanja ne smiju se pojaviti nikakve vidljive pukotine ili prijelomi okvira te ne smije doći do nikakvog odvajanja nikakvih dijelova, bilo amortizirajućeg sistema vilice ili stražnjeg amortizirajućeg sistema okvira.

Kod ispitivanja kompozitnih okvira pomak (od vrha do vrha vrijednosti) tijekom ispitivanja u točkama na koje djeluju sile ne smije biti veći od 20% početnih vrijednosti, a vršne vrijednosti pomaka mjere se između 1000 i 2000 ciklusa.

### **2.1.5. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – horizontalna sila**

#### **Općenito**

Ako se okvir prilagođava uklanjanjem i dodavanjem cijevi za mušku i žensku verziju okvira, onda se okvir testira bez cijevi za mušku verziju okvira.

Dozvoljeno je provesti ispitivanje sa zamjenskom vilicom umjesto originalne vilice bicikla ako ona zadovoljava određene zahtjeve. Karakteristike zamjenske vilice biti će objašnjene na kraju poglavlja. Ako se koristi amortizirajuća vilica onda se ona mora postaviti i zaključati na duljinu koja bi se dogodila kada bi na biciklu sjedila osoba od 80 kg odnosno 40 kg ako je riječ o ispitivanju rame bicikla za mlađe ljude.

U ispitivanjima okvira s amortizirajućim sustavom koji imaju spojeve okvira i stražnje vilice s mogućnošću zakretanja potrebno je postaviti oprugu, tlak zraka ili prigušivač na način da

su u položaju koji bi se dogodio kada bi na biciklu sjedila osoba od 80 kg. Kod amortizirajućih sustava koje se ne mogu podesiti potrebno je zamijeniti amortizirajući sustav s krutom poveznicom čiji učvršćeni krajevi i bočna krutost točno predstavljaju ponašanje originalnog sustava, odnosno kako bi se ponašao originalni sustav kada bi na biciklu sjedila osoba od 80 kg.

Potrebno je osigurati da su osi prednje i stražnje osovine na istoj liniji u horizontalnoj ravnini kao što je prikazano na Slici 8.

U ispitivanju amortizirajućih okvira koji imaju spoj okvira i stražnje vilice koji se ne mogu zakretati u spojevima nego se pouzdaju u elastično savijanje spoja potrebno je postaviti opruge/prigušivače na način da pružaju najmanji mogući otpor kako bi se osiguralo točno ispitivanje okvira.

Kada se ispituje okvir s amortizirajućim sustavom koji ima nosače ili poveznice koje mogu utjecati na otpor bicikla i sila tla ili koje svojim podešavanjem mogu utjecati na ponašanje bicikla tijekom vožnje, potrebno je postaviti takve dijelove tako da osiguravaju najveće sile u okviru.

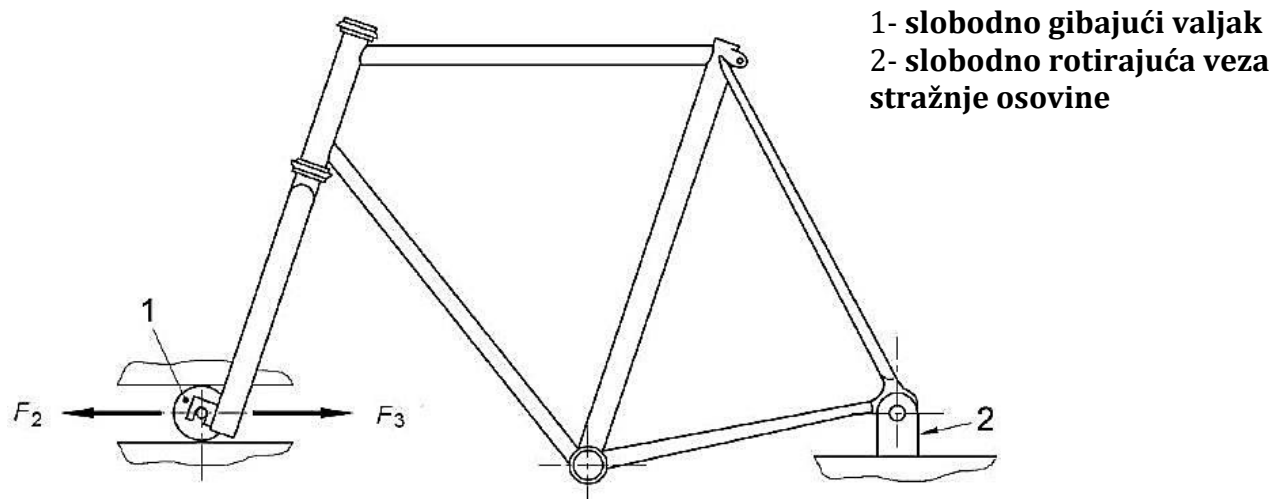
### **Metoda ispitivanja**

Sklop okvira i vilice ili okvira i zamjenske vilice se postavi u svoj normalan položaj i osiguran na način da se stražnja osovina učvrsti tako da nije ograničena u zakretanju kao što je prikazano na Slici 8. Potrebno je osigurati da su osi prednje i stražnje osovine na istoj liniji u horizontalnoj ravnini.

Potrebno je primijeniti  $C_1$  ciklusa dinamičkih horizontalnih sila  $F_2$ - sila prema naprijed i  $F_3$ - sila prema nazad na položaj prednje osovine vilice kako je prikazano na Slici 8 te tablicom 6. Prednja vilica ograničena je u vertikalnom smjeru ali se može pomicati naprijed/natrag pri opterećivanju silama  $F_2$  i  $F_3$ . Maksimalna dozvoljena frekvencija je 10 Hz.

Tablica 6 - Sile i broj ciklusa ovisne o tipu bicikla [1]

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Sila $F_2$ , N	450	450	1200	600
Sila $F_3$ , N	450	450	600	600
Broj ciklusa, $C_1$	100 000	100 000	50 000	100 000



Slika 8 - Ispitivanja okvira - test zamora - horizontalna sila [1]

### Zahtjevi ispitivanja (ISO 4210-2:2014)

Nakon ispitivanja ne smiju se pojaviti nikakve vidljive pukotine ili prijelomi okvira te ne smije doći do nikakvog odvajanja nikakvih dijelova bilo amortizirajućeg sistema vilice ili stražnjeg amortizirajućeg sistema okvira.

Kod ispitivanja kompozitnih okvira pomak (od vrha do vrha vrijednosti) tijekom ispitivanja u točkama na koje djeluju sile ne smije biti veći od 20% početnih vrijednosti, a vršne vrijednosti pomaka mjere se između 1000 i 2000 ciklusa.

## 2.1.6. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila

### Općenito

Ako se okvir prilagođava micanjem i dodavanjem cijevi za mušku i žensku verziju okvira, onda se okvir testira bez cijevi za mušku verziju okvira.

Kada se ispituje okvir s amortizirajućim sustavom koji ima nosače ili poveznice koje mogu utjecati na otpor bicikla i sila tla ili koje mogu utjecati na ponašanje bicikla tokom vožnje svojim podešavanjem potrebno je postaviti takve dijelove tako da osiguravaju najveće sile u okviru.

U ispitivanjima okvira s amortizirajućim sustavom koji imaju spojeve okvira i stražnje vilice s mogućnošću zakretanja potrebno je postaviti oprugu, tlak zraka ili prigušivač na način da se osigura najveći mogući otpor. Kod pneumatskih prigušivača gdje se tlak zraka ne može podesiti potrebno je zamijeniti amortizirajući sustav s krutom poveznicom čiji učvršćeni krajevi i bočna krutost točno predstavljaju ponašanje originalnog sustava. U ispitivanju amortizirajućih okvira koji imaju spoj okvira i stražnje vilice koji se ne mogu zakretati u spojevima nego se pouzdaju u elastično savijanje spoja potrebno je postaviti opruge/prigušivače na način da pružaju najmanji mogući otpor kako bi se osiguralo točno ispitivanje okvira.

Ako se koristi amortizirajuća vilica onda se ona mora postaviti i zaključati na duljinu koja bi se dogodila kada bi na biciklu sjedila osoba od 80 kg odnosno 40 kg ako je riječ o ispitivanju rame bicikla za mlađe ljude.

### Metoda ispitivanja

Sklop okvira i vilice ili okvira i zamjenske vilice se postavi u svoj normalan položaj i osiguran na način da se stražnja osovina učvrsti tako da nije ograničena u zakretanju kao što je prikazano na Slici 9. Potrebno je osigurati da su osi prednje i stražnje osovine na istoj liniji u horizontalnoj ravnini. Prednja vilica ograničena je u vertikalnom smjeru ali se može pomicat naprijed/natrag kada se na vrh vilice postavi valjak mase manje ili jednake 1 kg, dimenzija prikazanih na Slici 3.

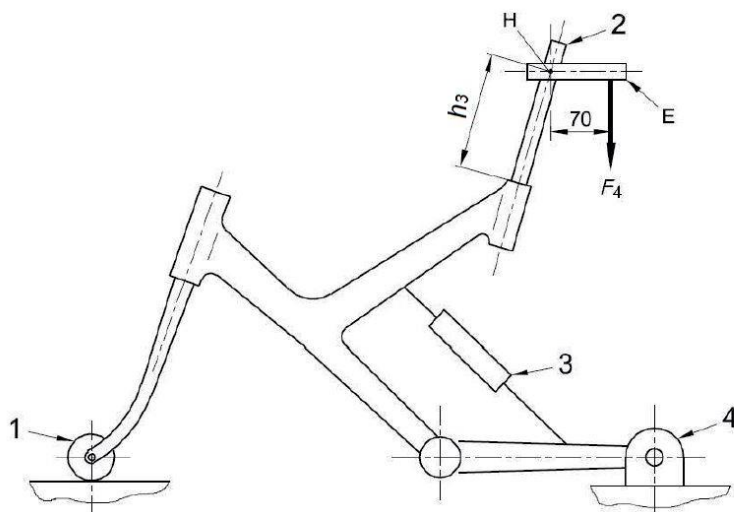
Potrebno je postaviti originalnu cijev sjedala u glavčinu na minimalnu propisanu dubinu ili na dubinu od 75 mm te je pričvrstiti. Na cijev sjedala potrebno je postaviti stražnji,

horizontalni produžetak pri vrhu cijevi sjedala na duljinu  $h_3$  tako da je točka H na poziciji središta maksimalno podignutog sjedala kako je propisao proizvođač ili ako nije propisano onda je dimenzija  $h_3 = 250$  mm.

Ispitivanje se provodi tako da se primjeni 50 000 ciklusa dinamički opterećujući okvir vertikalnom silom  $F_4$  u točki pomaknutoj 70 mm po horizontalnom produžetku prema Slici 9. Vrijednosti sile  $F_4$  su prikazane u Tablici 7. Maksimalna dozvoljena frekvencija je 10 Hz.

**Tablica 7 - Vrijednosti vertikalne sile opterećivanja ovisno o tipu bicikla [1]**

Tip bicikla	Bicikli za gradsku i laganu vožnju	Bicikli za mlade	Brdski bicikli	Trkaći bicikli
Sila $F_4$ , N	1000	500	1200	1200



H- težišnica sjedala  
 E- horizontalni produžetak  
 1- slobodno gibajući valjak  
 2- čelična cijev sjedala  
 3- zaključani amortizirajući sustav  
 4- slobodno rotirajuća veza stražnje osovine

**Slika 9 - Ispitivanja okvira - test zamora - vertikalna sila [1]**

### Zahtjevi ispitivanja (ISO 4210-2:2014)

Nakon ispitivanja ne smiju se pojaviti nikakve vidljive pukotine ili prijelomi okvira te ne smije doći do nikakvog odvajanja nikakvih dijelova bilo amortizirajućeg sistema vilice ili stražnjeg amortizirajućeg sistema okvira.

Kod ispitivanja kompozitnih okvira pomak (od vrha do vrha vrijednosti) tijekom ispitivanja u točkama na koje djeluju sile ne smije biti veći od 20% početnih vrijednosti, a vršne vrijednosti pomaka mjere se između 1000 i 2000 ciklusa.

### 3. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA

U ovom je poglavlju razrađena analiza tržišta pretragom Interneta te će ona poslužiti kao uvid u postojeća konstrukcijska rješenja sustava za ispitivanje bicikla. Većinom se na tržištu pojavljuju tvrtke koje nude ispitivanje bicikla ili njegovih dijelova te se rijetko mogu pronaći gotovi uređaji sa svim informacijama potrebnim za njegovo razumijevanje. Međutim izdvojeno je nekoliko uređaja koji zadovoljavaju standarde trenutno važeće norme ISO 4210:2014.

#### 3.1. Uređaj za udarno ispitivanje (CY-6708) – CHUN YEN



Slika 10 - Uređaj CY-6708 [6]

#### Primjena uređaja

Uređaj radi u skladu s normom ISO 4210:2014 te se može koristiti za dvije metode ispitivanja. Prva metoda je metoda ispitivanja spoja okvira i prednje vilice udarnim opterećenjem te je već opisana u poglavlju 2.1.2. Druga metoda je metoda ispitivanja prednje vilice bicikla udarnim opterećenjem.

#### Opis uređaja

Uređaj prikazan na Slici 10 sastoji se od postolja na koje se postavi sklop okvira i prednje vilice bicikla. Vertikalni stupovi koji su postavljeni na postolje služe za vođenje utega. Elektromotorom koji se nalazi na vrhu stupova uteg se podiže na propisanu visinu te se

ispušta kontroliran od strane kontrolne jedinice. Uređaj može mjeriti silu udara, temperaturu prilikom udara, brzinu vjetra i broj testova. Može pokazati podatke u obliku krivulja i vrijednosti na monitoru.

**Tablica 8 - Specifikacije uređaja CY-6708 [6]**

<b>Dimenzije glavnog uređaja</b>	80 cm x 75 cm x 250 cm
<b>Težina glavnog uređaja</b>	350 kg
<b>Dimenzije kontrolne jedinice</b>	55cm x 40 cm x 105 cm
<b>Težina kontrolne jedinice</b>	45 kg
<b>Pogon</b>	Elektromotor s pretvorbom frekvencije s 1:5 usporivačem
<b>Prijenos snage</b>	Elektronička spojka
<b>Mjerenje temperature</b>	Senzor - Omron
<b>Mjerenje brzine vjetra</b>	Senzor - Tese

### **Nedostaci**

Uređaj ne može obaviti sve zahtjeve ispitivanja prema normi ISO 4210:2014 te nema mogućnost mjerenja osovinskog razmaka prije i poslije provođenja testa kao kontrola provedenog ispitivanja propisanog normom, osim možda vizualno ili naknadno, no sigurno ne kao funkcija ovog uređaja.

### 3.2. Više funkcionalan uređaj za udarna ispitivanja (HT-8085) – HUNG TA



Slika 11 – Uređaj HT-8085 [7]

#### Primjena uređaja

Uređaj radi u skladu s normom ISO 4210:2014 te se koristi za ispitivanje prednje vilice, sklopa okvira i prednje vilice, pedala, rukohvate bicikla te udarno ispitivanje radilice bicikla. Ispitivanja okvira i prednje vilice zbog čega je i ovaj uređaj izdvojen su već opisana u poglavljima 2.1.2 i 2.1.3.

#### Opis uređaja

Slično kao i prethodno opisani, ovaj uređaj prikazan na slici 11 se sastoji od postolja na koje se postavi sklop okvira i prednje vilice bicikla. Vertikalno postolje služi za vođenje utega. Elektromotorom koji se nalazi na vrhu stupova uteg se podiže na propisanu visinu te se ispušta kontroliran od strane kontrolne jedinice.



Tablica 9 – Specifikacije uređaja HT-8085 [7]

<b>Dimenzije uređaja</b>		100 cm x 180 cm x 240 cm
<b>Težina glavnog uređaja</b>		160 kg
<b>Visina puštanja utega</b>		Propisana normom
<b>Težina utega</b>		Promjenjiva od 5 – 40 kg ovisno o dijelu koji se ispituje
<b>Udarni mehanizam</b>	<b>Dimenzije postolja</b>	60 cm x 180 cm (ispitivanje okvira) , 60 cm x 60 cm (ostalo)
	<b>Kontrola ispuštanja</b>	EM spojka s dvostrukim osiguranjem
	<b>Oblik utega</b>	Promjenjiv, ovisan o metodi
<b>Kontrolni sustav</b>	<b>Sustav protiv odbijanja</b>	Postoji zbog preciznosti mjerenja
	<b>Podesiva kontrolna kutija</b>	Sigurnosni gumb, može podešavati visinu i kut mjerenja
	<b>Ograničenja dizanja</b>	Prekidači i informacija o položaju utega kao i o granicama najviše i najniže točke
<b>Snaga</b>		220 V x 50/60 Hz ili specificirana
<b>Kontrola udarne brzine</b>		Po izboru

### Nedostaci

Uređaj ima sličnu funkcionalnost kao prethodno opisani što znači da također ne zadovoljava sve zahtjeve norme. Razlika od prethodnog uređaja je ta da ima bolji kontrolni sustav međutim niti on nema mogućnost kontrole provedenog ispitivanja na naglasku osovinskog razmaka.

### 3.3. Uređaj za ispitivanje okvira – padajući okvir - (CY-6707) - CHUN YEN



Slika 12 – Uređaj CY-6707 [6]

#### Primjena uređaja

Uređaj radi u skladu s normom ISO 4210:2014 te se može koristiti samo za metodu ispitivanja sklopa okvira i prednje vilice udarnim opterećenjem padajućeg okvira opisanu u poglavlju 2.1.3.

#### Opis uređaja

Uređaj prikazan na Slici 12 sastoji se od postolja na kojem su pričvršćeni čelični nakovanj na koji pada prednja vilica nakon ispuštanja, učvršćenja stražnje osovine na način da se spoj okvira, vilice i utega može zakretati oko osi stražnje osovine. Za dizanje služi elektromotor koji je pričvršćen na vertikalne stupove te preko koloture podiže okvir na propisanu visinu s koje će se pustiti.

Specifikacije uređaja nisu poznate.

#### Nedostaci

Uređaj služi samo za ispitivanje okvira bicikla udarnim opterećenjem padajućeg okvira i ne može ga se koristiti za ostale vrste ispitivanja okvira propisanih normom. Također ne postoji precizniji način analize provedenog ispitivanja okvira osim vizualnog.

### 3.4. Mikro PC ispitivač dinamičkog zamora (dva cilindra) (CY-6751) – CHUN YEN



Slika 13 - Uređaj CY-6751 [6]

#### Primjena uređaja

Uređaj radi u skladu s normom ISO 4210:2014 te se može koristiti ne samo za metodu ispitivanja sklopa okvira i prednje vilice dinamičkim silama pedaliranja nego i za ispitivanje ručke volana, sjedala, cijevi sjedala, cijevi volana, prednje vilice te čak i lančanika. Međutim nisu sva ispitivanja pod ISO 4210:2014 normom te neke od normi koje uređaj zadovoljava su: ISO 7500/1, EN 1002/2, ASTM E 4, JIS B7721/B7733, DIN 5122, CNS 9471/9470 te JIG 475-88. Metoda koja se može provesti ovim uređajem je već navedena metoda ispitivanja sklopa okvira i prednje vilice dinamičkim silama pedaliranja te je opisana u poglavlju 2.1.4.

#### Opis uređaja

Uređaj prikazan na Slici 13 sastoji se od postolja na koje se postavljaju različiti moduli za različite vrste ispitivanja te se oni pričvršćuju na postolje. Na vertikalnom dijelu postolja nalazi se nosač s kojeg su osigurana dva hidraulička cilindra koji osiguravaju dinamičku silu opterećivanja. Nosač može podešavati visinu kako bi se mogao prilagoditi različitim modulima za različite vrste ispitivanja. S ispitivanjem se upravlja preko kontrolnog sustava i preko senzora pomaka se mogu pratiti rezultati ispitivanja.

Tablica 10 - Specifikacije uređaja CY-6751 [6]

<b>Mehanizam uređaja</b>	<b>Kapacitet</b>	500 kg
	<b>Prostor ispitivanja</b>	0-800 mm
	<b>Duljina udara</b>	0-100 mm
	<b>Frekvencija ciklusa</b>	3 Hz
<b>Senzor sile</b>	<b>Maksimalno opterećenje</b>	500 kg
	<b>Napon</b>	2 MV
	<b>Dinamičko opterećivanje s kočnicom</b>	
<b>Senzor pomaka</b>	<b>Raspon mjerenja</b>	0-100 mm
	<b>Ponovljivost mjerenja</b>	unutar 0,05 mm
	<b>Točnost</b>	0,5 %
	<b>LVDT senzor pomaka</b>	
<b>Hidraulička snaga</b>	<b>Stalan pritisak</b>	150 kg/cm <sup>2</sup>
	<b>Najveći kapacitet</b>	40 L/min
	<b>Volumen</b>	300 L
<b>PC program</b>	<b>Prikupljanje podataka i analiza</b>	
	<b>Upravljanje hidraulikom</b>	
	<b>Spremanje podataka</b>	
	<b>Krivulja pomak – sila</b>	
	<b>Ispis izvještaja ispitivanja</b>	

### Nedostaci

Za razliku od dosadašnjih analiziranih uređaja ovaj uređaj zadovoljava zahtjevima analiziranja rezultata ispitivanja s obzirom da ima senzore pomaka. No kao i prethodno analizirani uređaji ne može provoditi sve testove propisane normom.

### 3.5. Uređaj za horizontalno/vertikalno ispitivanje zamora (HT-2707PC)-HUNG-TA



Slika 14 - Uređaj HT-2707PC [7]

#### Primjena uređaja

Uređaj radi u skladu s normom ISO 4210:2014 te se može koristiti za dvije metode ispitivanja spoja okvira i prednje vilice. Prva metoda je opisana u poglavlju 2.1.5 te govori o metodi ispitivanja zamora okvira horizontalnom silom, a druga metoda je opisana u poglavlju 2.1.6 te govori o metodi ispitivanja zamora okvira vertikalnom silom.

#### Opis uređaja

Na postolje prema Slici 14 se postavi spoj okvira i prednje vilice bicikla te se omogućava preko pneumatskih cilindara dinamičko opterećenje horizontalnom ili vertikalnom silom ovisno o metodi ispitivanja. Ispitivanjem se upravlja pomoću računala, međutim nije navedeno postoje li senzori pomaka ili neki drugi način za provjeru poslije provedenog ispitivanja.

Tablica 11 - Specifikacije uređaja HT-2707PC [7]

<b>Kapacitet</b>	<b>Horizontalno</b>	500 – 2000 N
	<b>Vertikalno</b>	500 – 2000 N
<b>Frekvencija ciklusa</b>	1-8 Hz	
<b>Točnost mjerenja</b>	±5 %	
<b>Vertikalni pomak cilindra</b>	Maksimalno 100 mm (±50 mm)	
<b>Horizontalni pomak cilindra</b>	Maksimalno 200 mm (±100 mm)	

<b>Sigurnost</b>	Senzor zaustavljanja pri uništavanju okvira
	Uređaj za zaustavljanje u slučaju opasnosti
<b>Izveštavanje nakon mjerjenja</b>	Izveštaj, spremanje na disk, ispis izvještaja
<b>Snaga</b>	200 VAC; 50/60Hz, kupac sam dobavlja pneumatski izvor

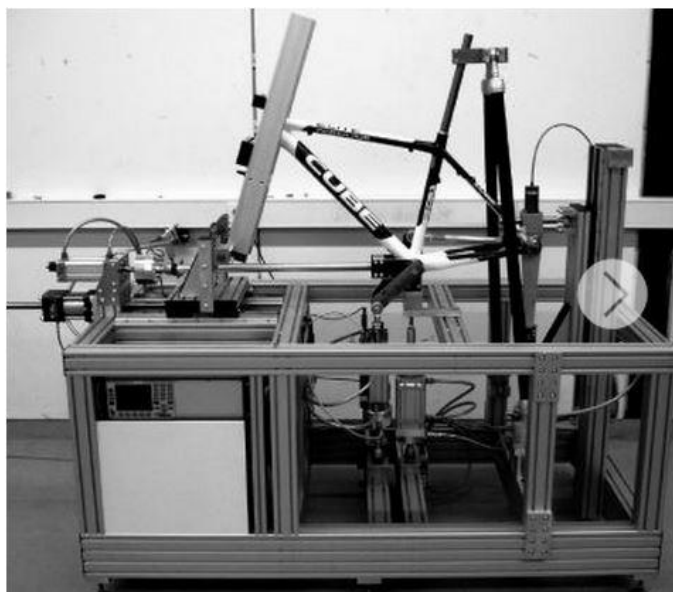
### Nedostaci

Uređaj se primjenjuje samo za dvije od pet potrebnih metoda ispitivanja okvira bicikla te time ne zadovoljava zahtjeve norme. Ovaj uređaj je zanimljiv jer postoji kombinacija dvije metode ispitivanja. Međutim konstrukcija uređaja ne odgovara naputcima za konstrukciju iz norme jer se kod vertikalnog testa zamora ne koristi kuglični zglob na stražnjoj osovini niti je povezana sponom s pogonskim sklopom pedala gdje se treba simulirati napetost lanca.

### 3.6. Uređaji bez podataka

Uređaji navedeni u ovom poglavlju nisu na tržištu i o njima ne postoje specifikacije ili podaci jer su izrađeni za vlastite potrebe ispitivanja, međutim zanimljivi su jer se iz njih mogu izvući konceptualne ideje.

#### 3.6.1. Uređaj za ispitivanje okvira bicikla - TU München



Slika 15 - Uređaj sa sveučilišta u Münchenu [8]

## Opis uređaja

Uređaj na Slici 15 služi za ispitivanje sklopa okvira i prednje vilice s čak tri od pet potrebnih metoda ispitivanja. Pomoću pneumatskih cilindara se dinamički ispituje okvir bicikla i to metodama koje su opisane u poglavljima 2.1.4, 2.1.5 te 2.1.6.

### 3.6.2. Uređaji za ispitivanje okvira bicikla - Canyon Factory



Slika 16 - Uređaj 1 - Canyon Factory [9]

## Opis uređaja

Uređajem prikazanim na Slici 16 se provodi ispitivanje zamora okvira dinamičkom horizontalnom silom opisanog u poglavlju 2.1.5. Uređaj koristi pneumatski cilindar u kombinaciji s vodilicom za opterećivanje okvira bicikla. Zanimljiv je način pričvršćivanja stražnje osovine koji se može podešavati za različite vrste okvira.



Slika 17 - Uređaj 2 - Canyon Factory [9]

**Opis uređaja**

Uređajem prikazanim na Slici 17 provodi se ispitivanje spoja okvira i prednje vilice metodama ispitivanja opisanih u poglavljima 2.1.4 te 2.1.6. Na slici 18 je prikazan način prikupljanja podataka tijekom i nakon ispitivanja digitalnim senzorima pomaka koji šalju podatke na računalo.



**Slika 18 - Mjerenje pomaka tokom i nakon ispitivanja - Canyon Factory [9]**



#### 4. FUNKCIJSKI MODEL

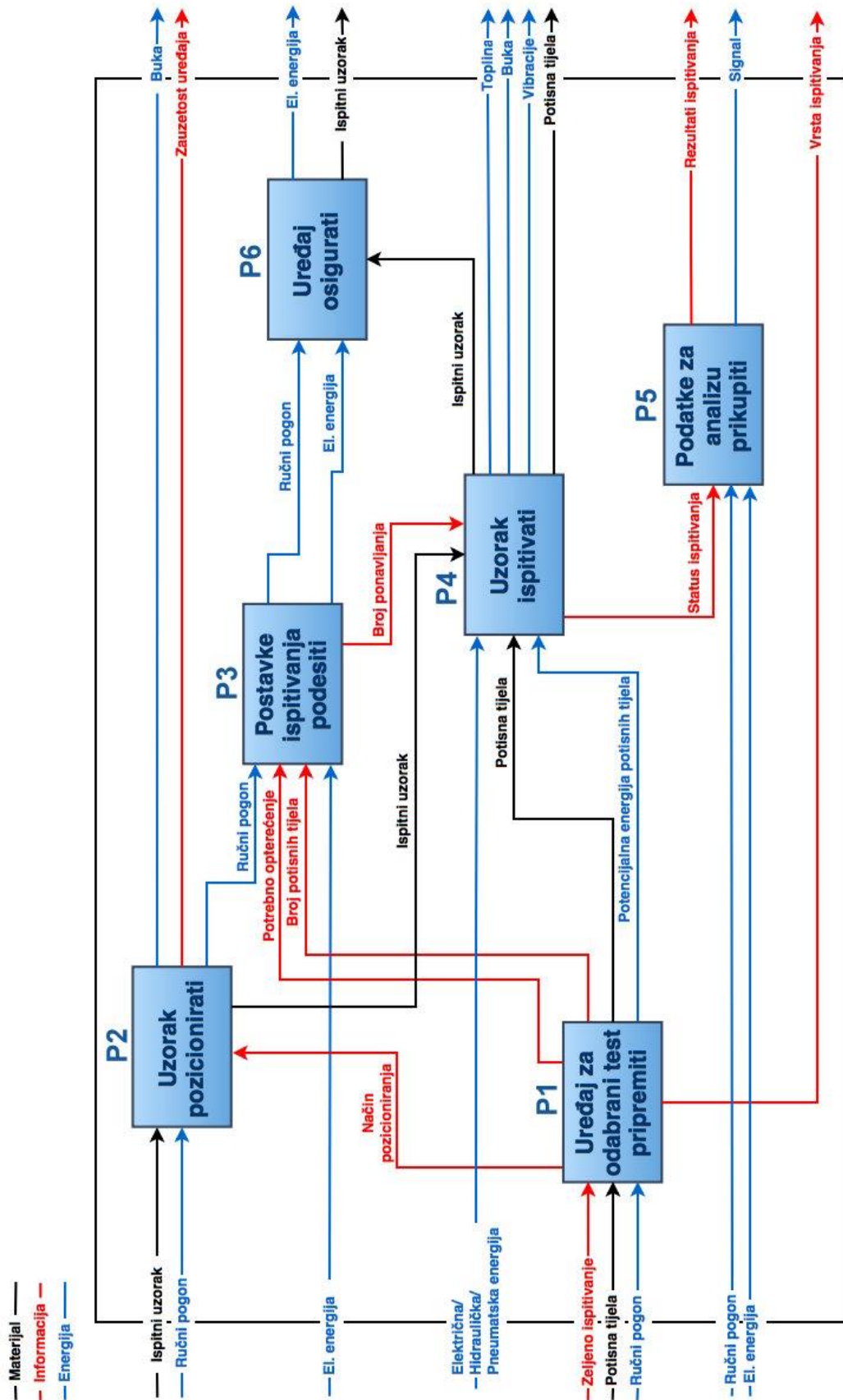
Nakon uvida u važeće norme i postojeća rješenja na tržištu baziranih na istim normama postaje jasno kako ne postoji jedno rješenje ili proizvod koji objedinjuje sve funkcije statičkog i dinamičkog ispitivanja spoja okvira i prednje vilice. Većina prikazanih i analiziranih proizvoda usredotočuje se na pojedine vrste testova te je o uređajima jako teško pronaći informacije. Postoji nekoliko uređaja koji nisu na tržištu nego su izrađeni za potrebe vlastitih ispitivanja te su o njima dostupne samo slike ili kratki filmovi na temelju kojih se može izvući samo mali broj informacija. Također primjetno je da je većina uređaja rađena prema staroj ne važećoj normi EN 14764 prema kojoj se ispitivanja donekle razlikuju od trenutno važeće EN 4201:2014.

Poboljšanja i optimizacija postojećih proizvoda su gotovo uvijek moguća. U ovom slučaju korištenje dva ili više ovakva uređaja koji ima mogućnost izvođenja svih testova izdržljivosti, a koji je ujedno i kompaktnijih dimenzija od postojećih rješenja, omogućilo bi laboratorijima testiranje više uzoraka istovremeno, kao izvođenje točno određenog testa dok su drugi uređaji zauzeti ili usred ispitivanja. Kao primjer toga se može uzeti malo vrijeme potrebno za izvođenje udarnih testova padajućom masom i okvirom naprema dugotrajnog dinamičkog ispitivanja zamora ostala tri testa.

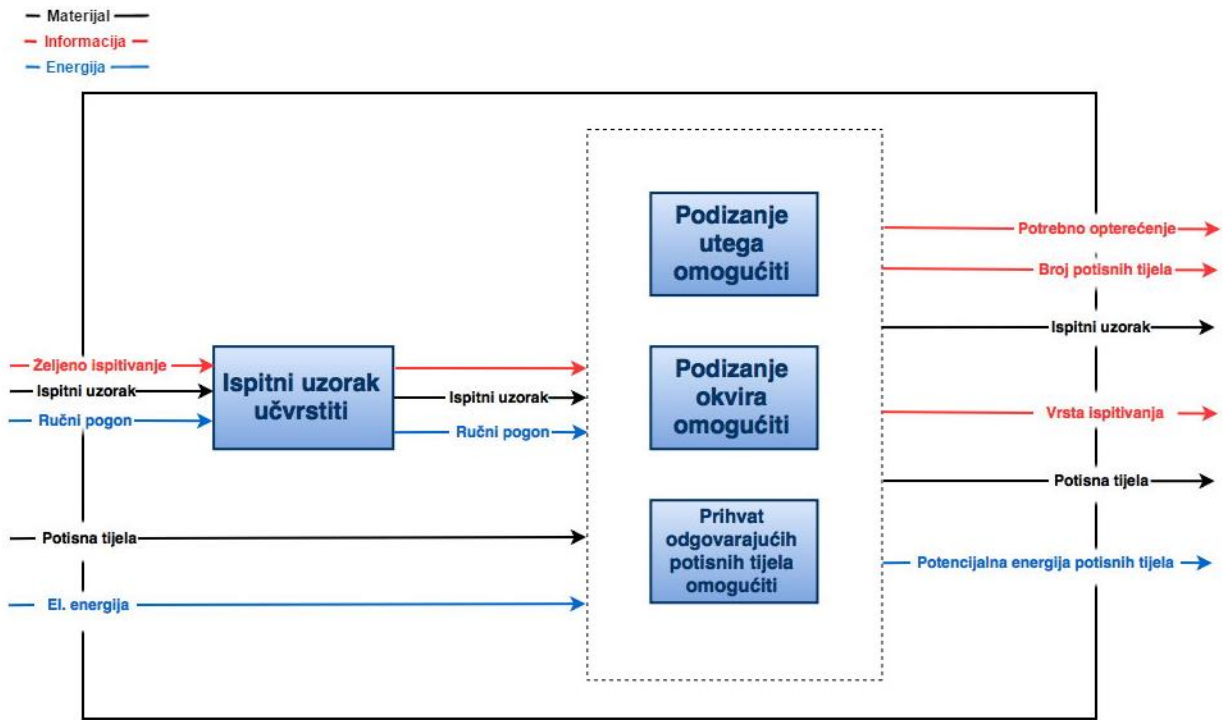
Nakon analize norme i postojećih rješenja jasni ciljevi poboljšanja i unaprjeđenja postojećih proizvoda predstavljaju:

1. usklađenost uređaja za ispitivanje s HRN EN ISO 4210:2014 normom
2. kompaktne dimenzije
3. mogućnost izvođenja svih vrsta testova na jednom uređaju
4. modularnost uređaja – mogućnost prihvata različitih oblika i dimenzija okvira bicikla

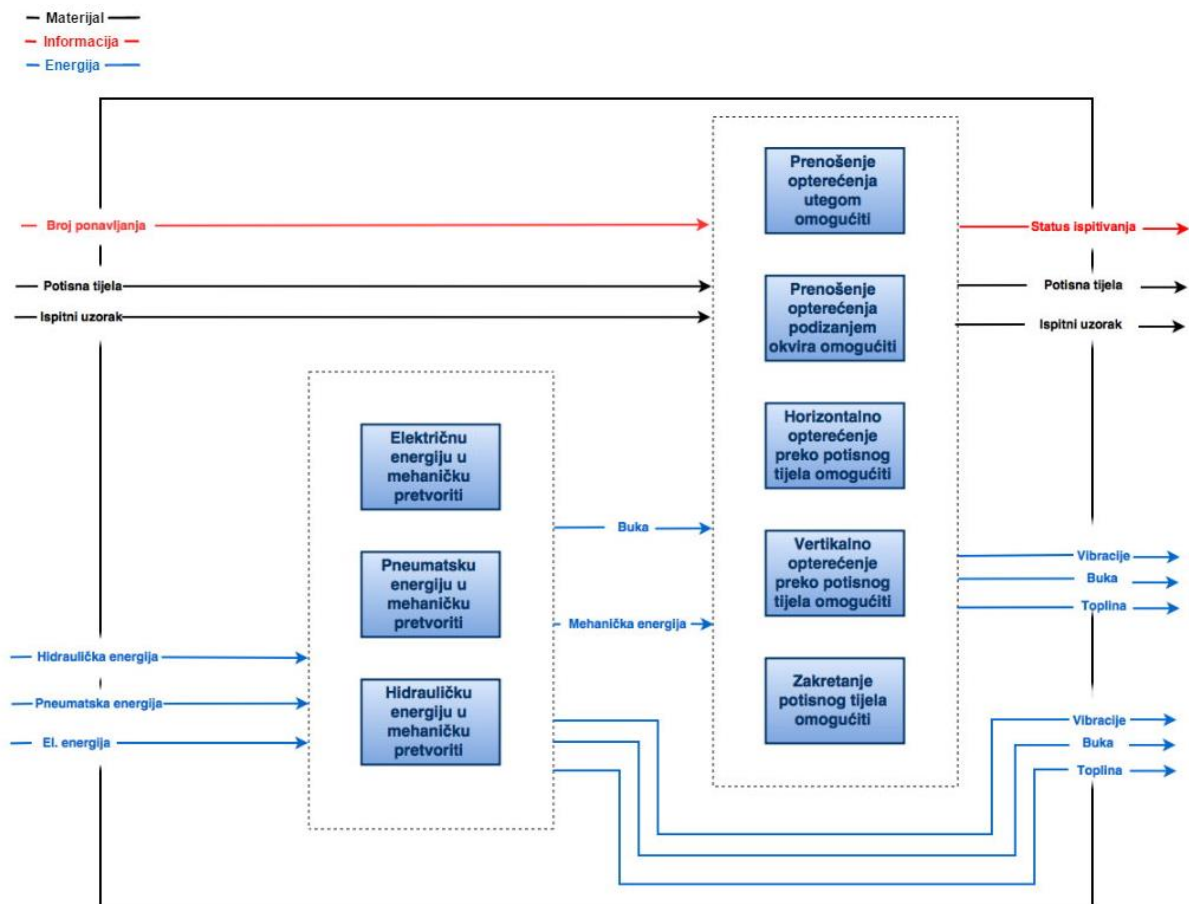
Izrađen je funkcijski model sustava [Slika 19] budućeg proizvoda prema tim ciljevima za poboljšanja i unapređenja postojećih proizvoda.



Slika 19 - Funkcijska struktura sustava



Slika 20 - Priprema uzorka i uređaja





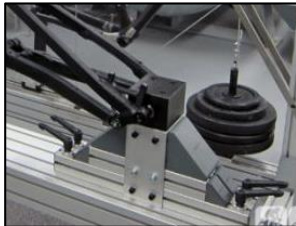




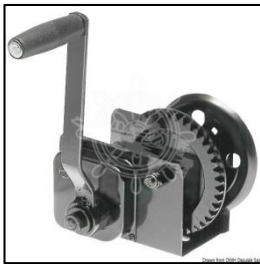

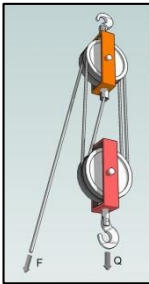


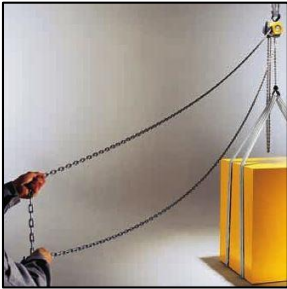


Slika 21 - Ispitivanje





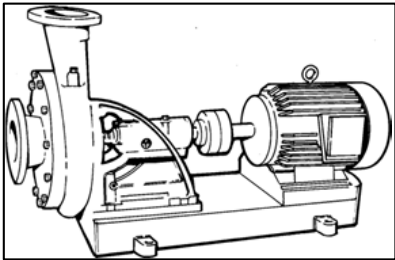


## 5. MORFOLOŠKA MATRICA



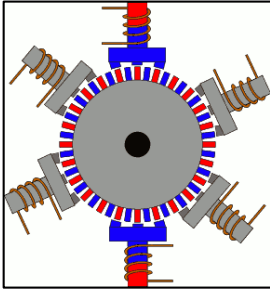






Funkcijski model koji je napravljen prema analizi norme i analize tržišta gdje su definirani ciljevi unapređenja i poboljšanja postojećih kao i funkcija sustava uređaja općenito omogućuje izradu morfološke matrice s ponuđenim rješenjima za pojedine funkcije. S lijeve strane Tablice 12 navedene su funkcije i njihov opis, dok su s desne strane ponuđena razna rješenja, neka postojeća, predložene alternative i neka koja predstavljaju nove ideje.

Tablica 12 – Morfološka matrica

	Funkcija	Principi i rješenja		
1.	UZORAK POZICIONIRATI	Vizualne oznake 	Predviđenim mjestom 	Vodilicama 
2.	UZORAK UČVRSTITI	Vijcima 	Držačima vodilica 	
3.	DIZANJE UTEGA OMOGUĆITI	Kolotura 	Vodilica 	

		<p>Ručno vitlo</p> 	<p>Električno vitlo</p> 
4.	<p>PODIZANJE OKVIRA OMOGUĆITI</p>	<p>Kolotura</p> 	<p>Ručno vitlo</p> 
		<p>Električno vitlo</p> 	<p>Ručno bez vitla</p> 
5.	<p>PRIHVAT ODGOVARAJUĆIH POTISNIH TIJELA OMOGUĆITI</p>	<p>Vijcima</p> 	<p>Svornjakom</p> 

6.	<b>POSTAVKE ISPITIVANJA PODESITI</b>	<p>Tipkama</p> 	<p>Dodirni ekran</p> 
7.	<b>ELEKTRIČNU ENERGIJU U MEHANIČKU PRETVORITI</b>	<p>Istosmjerni elektromotor</p> 	<p>Asinkroni elektromotor</p> 
8.	<b>HIDRAULIČKU ENERGIJU U MEHANIČKU PRETVORITI</b>	<p>Pumpa pogonjena elektromotorom</p> 	
9.	<b>PNEUMATSKU ENERGIJU U MEHANIČKU PRETVORITI</b>	<p>Vijčani kompresor</p> 	<p>Klipni kompresor</p> 

10.	<p><b>PRENOŠENJE OKOMITE I HORIZONTALNE SILE PREKO POTISNOG TIJELA OMOGUĆITI</b></p>	<p>Pneumatski cilindar</p> 	<p>Hidraulički cilindar</p> 	
		<p>Step elektromotor</p> 		
11.	<p><b>ZAKRETANJE POTISNOG TIJELA OMOGUĆITI</b></p>	<p>Kardanski zglob</p> 	<p>Kuglični zglob</p> 	<p>Svornjak</p> 
12.	<p><b>PODATKE ZA ANALIZU MJERITI</b></p>	<p>Analogni dinamometar</p> 	<p>Senzor sile</p> 	<p>Laserski metar</p> 

13.	<b>PODATKE ZA ANALIZU PRIKUPITI</b>	Očitanje indikatora pomaka-vodilicom 	Kompjuterski 	Papir 
14.	<b>UREĐAJ OSIGURATI</b>	Sigurnosni pin 	Kočnica 	Tipka isključivanja 

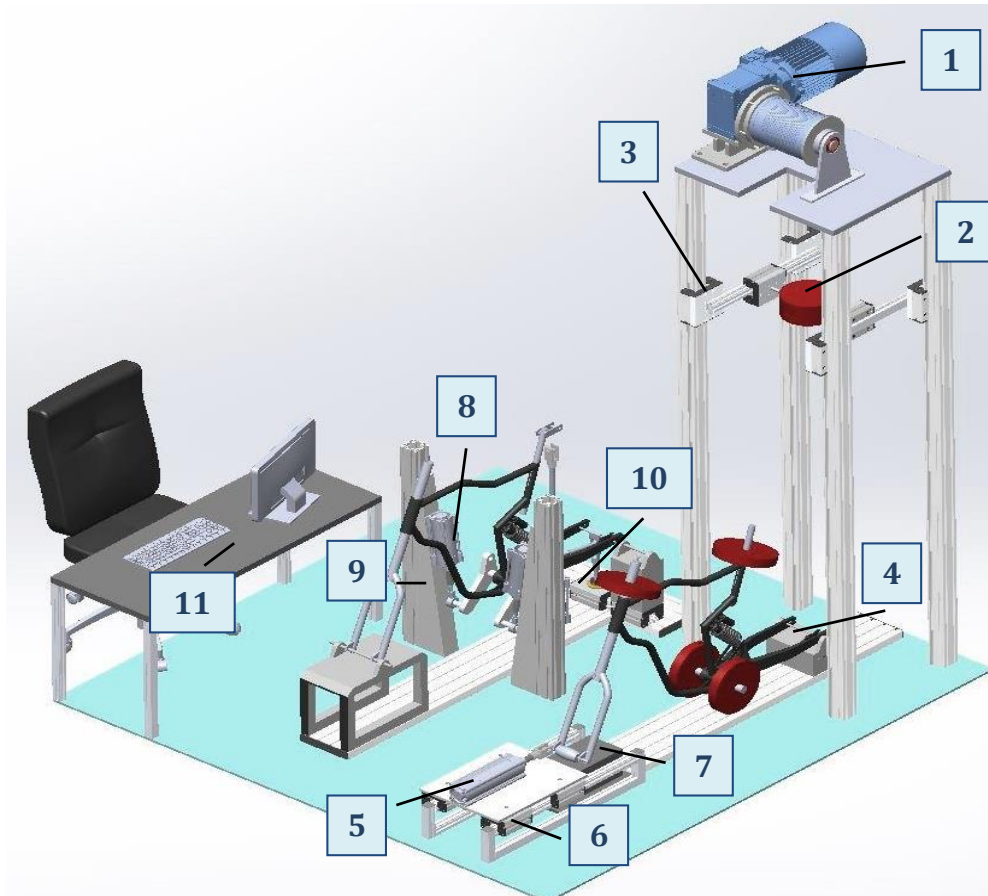
Na temelju svih predloženih rješenja navedenih u morfološkoj matrici, moguće je eliminacijom i kombinacijama odabrati nekoliko rješenja pomoću kojih se zatim kreće u stvaranje koncepata koji odgovaraju navedenim ciljevima funkcijskog modela. Kako bi se olakšao odabir pojedinih konstrukcijskih rješenja, prednosti i nedostaci svakog koncepta prikazati će se u tablici uz odgovarajuću ocjenu.



## 6. RAZRADA KONCEPTA I ODABIR RJEŠENJA

Prema funkcijama i rješenjima iz morfološke matrice, analizi postojećih rješenja i analiziranih normi izrađeno je nekoliko koncepata u vidu direktnog poboljšanja postojećih proizvoda i provedene analize.

### 6.1. Koncept A



Slika 22 - Koncept A

#### Opis

Koncept A je zamišljen kao uređaj za ispitivanje okvira bicikla koji se sastoji od dva dijela. Na jednom je moguće obavljati ispitivanje okvira udarnim testom s utegom, udarnim testom s padajućim okvirom te dinamički test horizontalnom silom. Na drugom je moguće obavljati dinamičko ispitivanje okvira vertikalne sile te sile okretanja pedala.

Glavna ideja ovog uređaja je odvojenost testiranja kako bi se moglo u isto vrijeme ispitivati dva okvira bicikla. Dinamičko opterećenje se ostvaruje pomoću pneumatskih cilindara za sva tri dinamička ispitivanja. Udarno ispitivanje utegom se ostvaruje tako da se podizanjem i otpuštanjem utega upravlja pomoću elektromotora, a uteg se vodi pomoću vodilica tvrtke

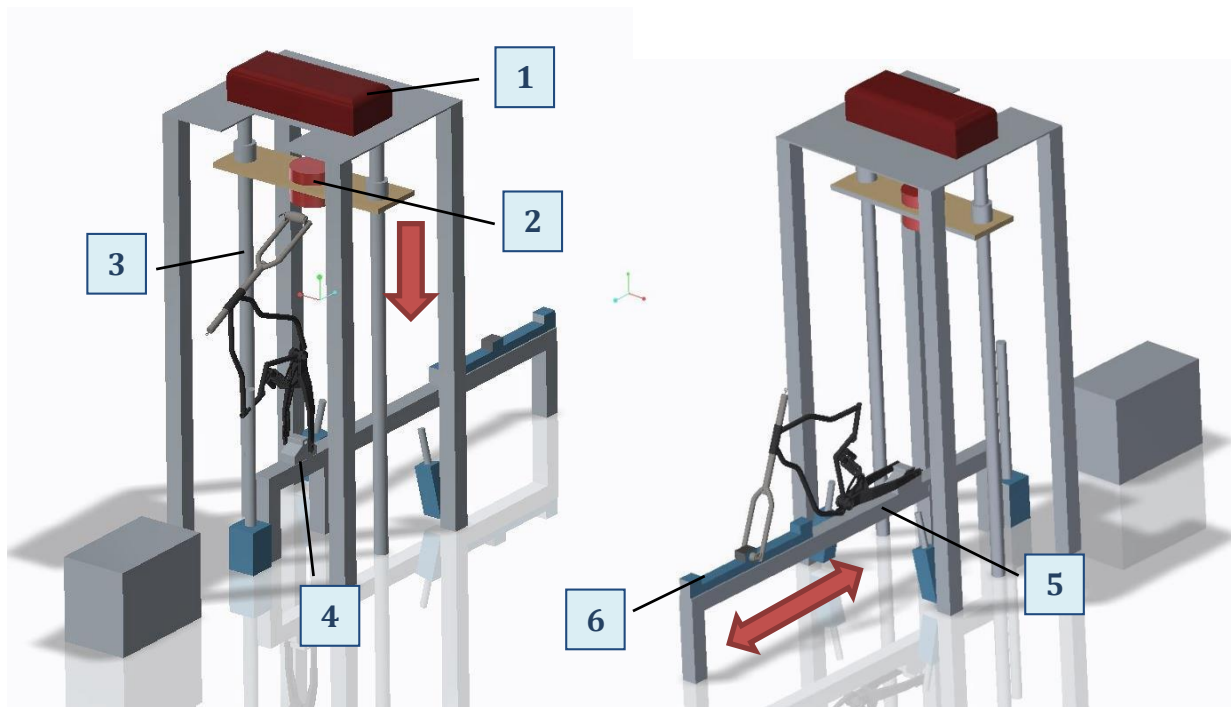
ITEM. Učvršćenje okvira je preuzeto od uređaja za horizontalno/vertikalno ispitivanje zamora (HT-2707PC)-HUNG-TA prema Slici 13. Udarno ispitivanje padajućim okvirom ostvaruje se pomoću istog elektromotora koji ga uže tom podiže na propisanu visinu te otpušta pomoću kočnice da pada na nakovanj. Pneumatski cilindar za ispitivanje horizontalne sile je dvoradni cilindar, dok su ostali cilindri jednoradni.

### **Sastavni dijelovi uređaja koncepta A**

- 1 – Elektromotor
- 2 – Uteg
- 3 – Vodilica utega
- 4 – Držač okvira
- 5 – Pneumatski cilindar
- 6 – Vodilica pneumatskog cilindra
- 7 – Nakovanj
- 8 – Pneumatski cilindri pod kutom
- 9 – Nosači cilindara pod kutom
- 10 – Vodilica stražnjih držača
- 11 – Upravljačka jedinica

Glavni nedostatak ovog koncepta je nedovoljna kompaktnost te ne mogućnost obavljanja svih ispitivanja na jednom modulu.

## 6.2. Koncept B



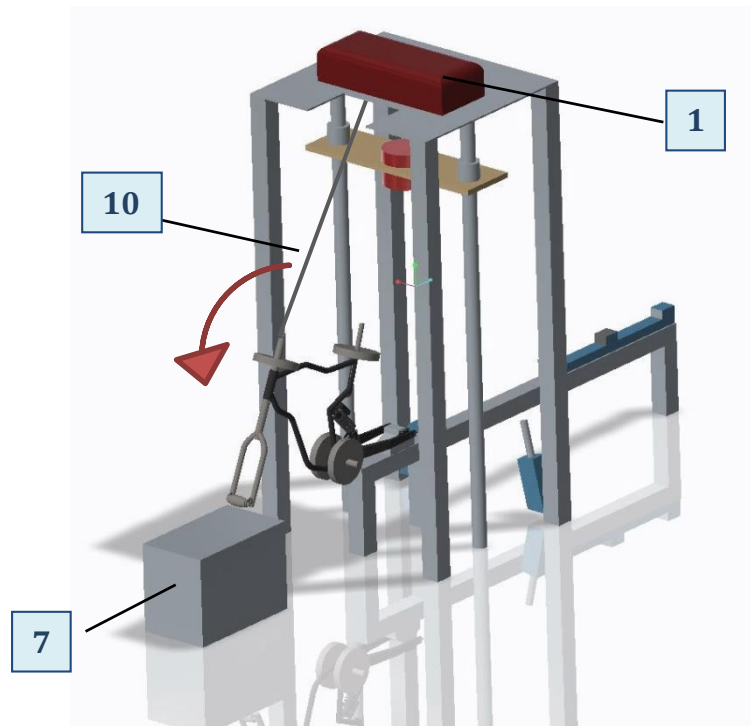
**Slika 24 - Izvođenje udarnog testa utegom - Koncept B**

**Slika 23 - Izvođenje dinamičkog horizontalnog testa - Koncept B**

### Opis

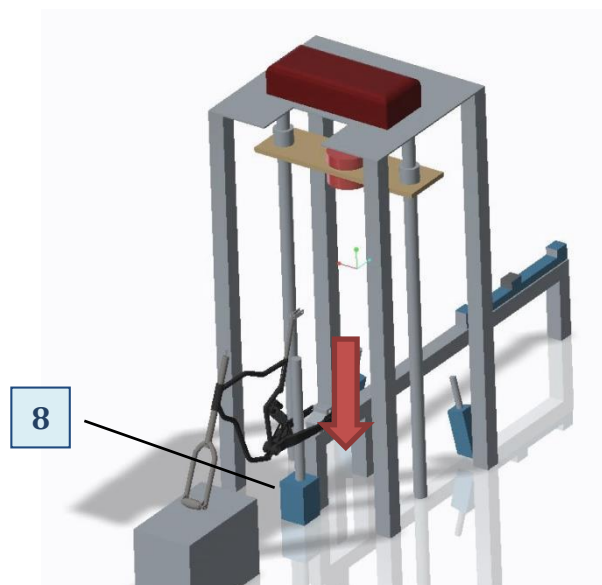
Za razliku od koncepta A, koncept B uređaja za ispitivanje okvira bicikla sastoji se od jedne konstrukcije na kojoj je moguće obavljati svih pet propisanih testova. Za podešavanje prihvata okvira različitih veličina koriste se vodilice. Takvo rješenje je preuzeto od strane uređaja za ispitivanje prema Slici 16.

Ispitivanje okvira udarnim testom pomoću utega, prikazanim na Slici 24, ostvaruje se pomoću elektromotora na vrhu konstrukcije koji vodi uteg pomoću dvije šipke koje služe kao vodilica. Izvođenje dinamičkog ispitivanja horizontalnom silom prikazanim na Slici 23 ostvaruje se pomoću linearnog pneumatskog potisnog tijela. Ispitivanje okvira dinamičkim testom padajućeg okvira je zamišljen da se okvir učvrsti na suprotnu stranu od ostalih testova te se okvir podigne elektromotorom na odgovarajuću visinu te otpusti na nakovanj. Opisano ispitivanje je prikazano na Slici 25.

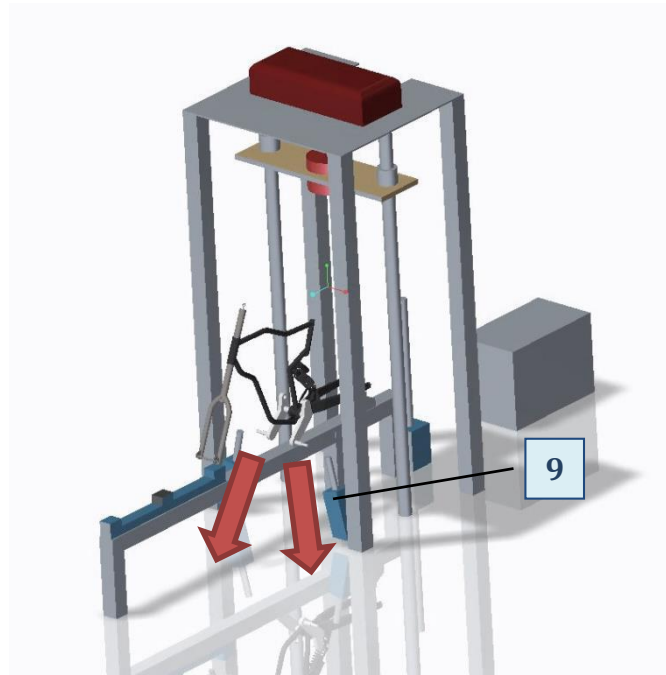


**Slika 25 - Izvođenje udarnog testa padajućim okvirom - Koncept B**

Dinamičko ispitivanje vertikalnom silom prikazanim na Slici 26 obavlja ostvarivanjem sile hidrauličkim cilindrom jer pretpostavka je da bi hidraulički cilindri puno bolje i ujednačenije (bez skokova, linearno) prenosili opterećenje na ispitni uzorak. Kao i kod prethodno spomenutog ispitivanja kod ispitivanja sile pedaliranja, prikazanim na Slici 27, koriste se hidraulički cilindri koji su povezani za nosivu konstrukciju, a prihvat okvira se podešava vodilicom spomenutom na početku opisa koncepta.



**Slika 26- Izvođenje dinamičkog testa vertikalnom silom - Koncept B**



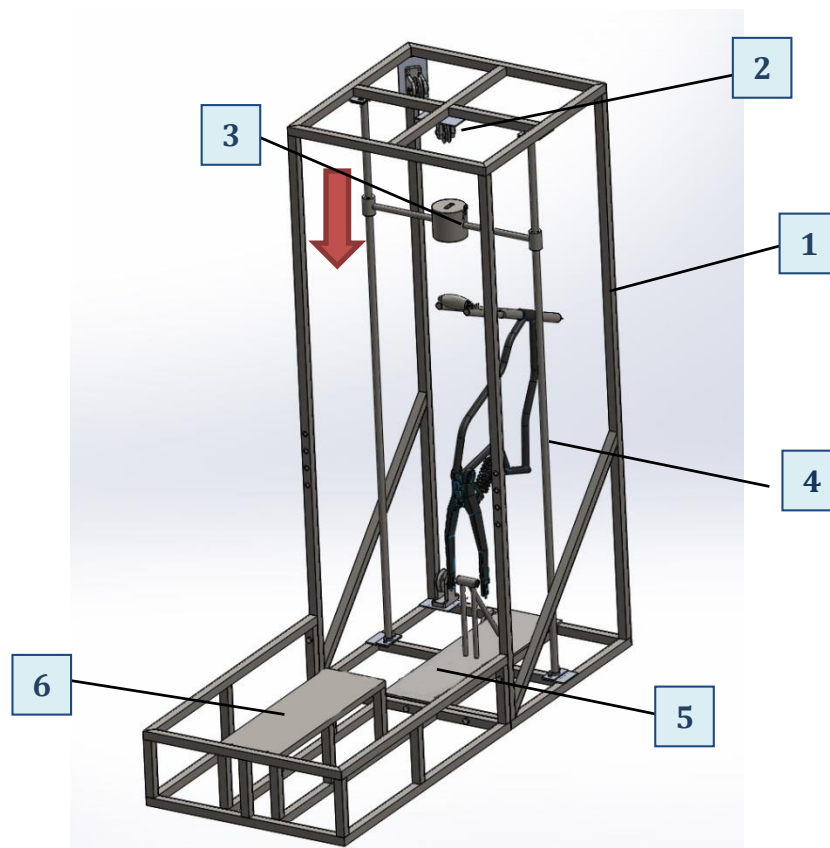
**Slika 27- Izvođenje dinamičkog testa silama pedaliranja - Koncept B**

#### **Sastavni dijelovi uređaja koncepta B**

- 1 – Elektromotor
- 2 – Uteg
- 3 – Vodilica utega
- 4 – Držač okvira
- 5 – Vodilica za držač okvira
- 6 – Pneumatsko linearno tijelo
- 7 – Nakovanj
- 8 – Vertikalni hidraulički cilindar
- 9 – Hidraulički cilindri pod kutom
- 10 - Uže

Ovaj uređaj, zahvaljujući konstrukcijskom rješenju također može obavljati dva ispitivanja odjednom no uz manje dimenzije. Također može obavljati sva ispitivanja na jednom modulu.

### 6.3. Koncept C

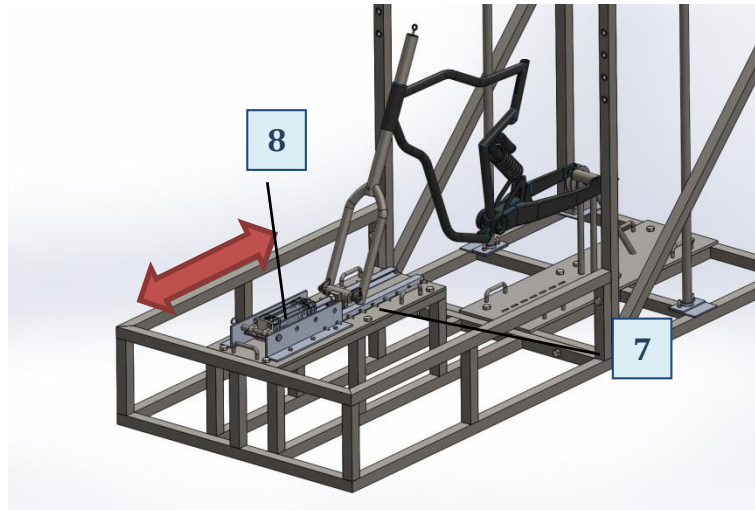


Slika 28 - Izvođenje udarnog testa utegom - Koncept C

#### Opis

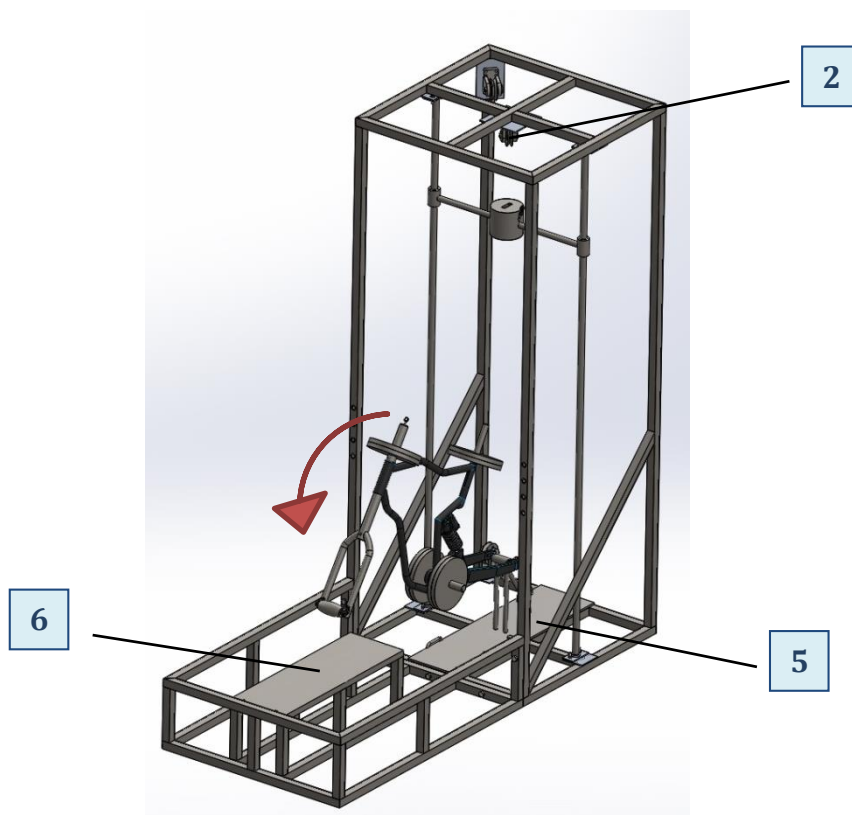
Konstrukcija uređaja za ispitivanje okvira bicikla prema konceptu C se sastoji od čeličnih profila u zavarenoj izvedbi. Glavna ideja koncepta je da se uređaj prilagođava vrstama testiranja promjenjivim držačima i postavljanjem potisnih tijela prije svake vrste ispitivanja kako bi dimenzije bile manje i kako bi jednostavnost uređaja bila što veća. Glavni nedostatak je ne mogućnost ispitivanja dva okvira istovremeno.

Ispitivanje okvira udarnim testom pomoću utega, prikazanim na Slici 28, se ostvaruje kombinacijom kolotura na vrhu konstrukcije i vitla te vodilice koja vodi uteg pomoću dvije šipke. Izvođenje dinamičkog ispitivanja horizontalnom silom prikazanim na Slici 29 ostvaruje se pomoću pneumatskog potisnog tijela uz vodilicu koji se nalaze na ploči koja se postavlja na osnovnu konstrukciju. Stražnje učvršćenje za oba navedena ispitivanja se nalaze na istoj ploči koja se također postavlja na osnovnu konstrukciju.

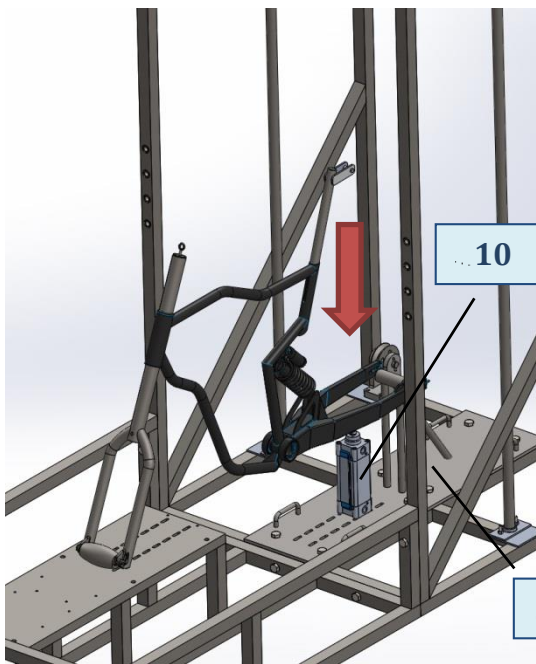


**Slika 29 - Izvođenje dinamičkog horizontalnog testa - Koncept C**

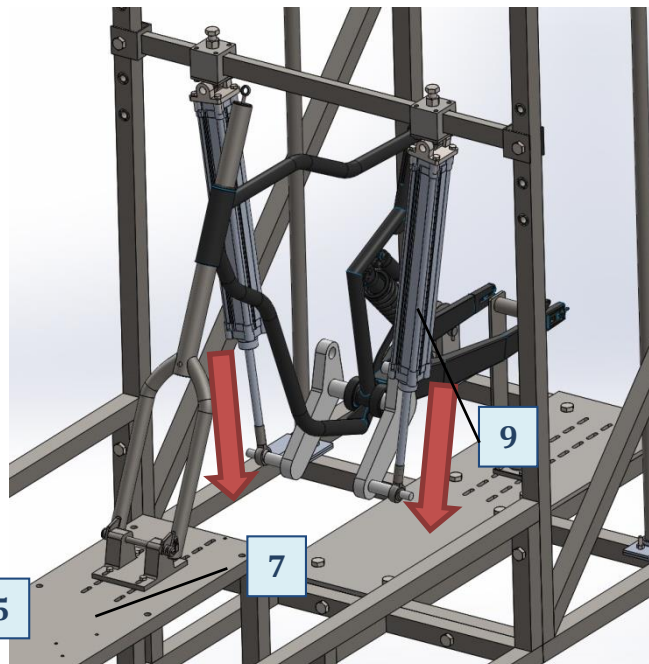
Ispitivanje okvira udarnim testom padajućeg okvira, prikazanim na Slici 30, se obavlja da se preko kolotura na vrhu konstrukcije i vitla podigne na potrebnu visinu te otpusti na čeličnu ploču osnovne konstrukcije. Stražnje učvršćenje je isto na istoj ploči iz dva prethodno opisana ispitivanja.



**Slika 30 - Izvođenje udarnog testa padajućim okvirom - Koncept C**



**Slika 32 - Dinamičko ispitivanje vertikalnom silom - Koncept C**



**Slika 31- Izvođenje dinamičkog testa silama pedaliranja - Koncept C**

Ispitivanje okvira vertikalnom silom se obavlja pneumatskim cilindrom koji se pričvršćuje na promjenjivu ploču i može se podešavati s obzirom na veličinu i vrstu okvira koji se ispituje. Dinamičko ispitivanje silama pedaliranja se obavlja tako da se na poprečnu šipku prema Slici 31 postave podesive pozicije pneumatskih cilindara koja se zatim učvrsti na osnovnu konstrukciju uređaja.

### **Sastavni dijelovi uređaja koncepta C**

- 1 – Osnovna konstrukcija
- 2 – Koloture
- 3 – Uteg
- 4 – Vodicice utega
- 5 – Ploča učvršćenja - iza
- 6 – Nakovanj
- 7 – Ploča učvršćivanja - naprijed
- 8 – Pneumatski cilindar - horizontalni
- 9 – Pneumatski cilindri s velikim hodom
- 10 – Pneumatski cilindar - vertikalni

Glavna prednost uređaja su male dimenzije s obzirom na ostale koncepte, modularnost uređaja i mogućnost ispitivanja svih pet metoda te niža cijena u odnosu na ostale koncepte.



#### 6.4. Vrednovanje koncepata i odabrano rješenje

Jedan od tri ponuđena koncepta potrebno je odabrati za daljnju razradu. Odabrani koncept pritom ne treba predstavljati konačno rješenje već osnovu za daljnje razvijanje proizvoda. Razvoj tog koncepta uslijedit će prototipom. Prototip podliježe intenzivnom testiranju, možebitnom poboljšavanju i u nekim slučajevima uljepšavanju prije nego što uđe u prodaju i serijsku proizvodnju. Kao takvi, ne moraju tehnički niti vizualno odgovarati gotovom serijskom proizvodu već mu služe kao osnova. Vrednovanje koncepata provedeno je na način da se ustanovilo koji koncept najbolje zadovoljava kriterije od zadovoljavanja normi, funkcionalnosti konstrukcije do cjenovnog ranga. Ocjene korištene za vrednovanje kreću se od „1“ do „3“, gdje je:

- 1 - slabo ili ne zadovoljava**
- 2 - djelomično zadovoljava**
- 3 - zadovoljava kriterij u potpunosti**

**Tablica 13 - Vrednovanje koncepata**

<b>Kriterij</b>	<b>Koncept A</b>	<b>Koncept B</b>	<b>Koncept C</b>
Prijenos opterećenja u skladu s normom	3	3	3
Sposobnost izvođenja svih testova	3	3	3
Mogućnost ispitivanja više uzoraka odjednom	3	3	2
Lakoća zamjene potisnih tijela	2	2	3
Kompaktne dimenzije	1	2	3
Modularnost uređaja	2	3	3
<b>SREDNJA OCJENA</b>	<b>2,16</b>	<b>2,66</b>	<b>2,83</b>

Nakon provedenog vrednovanja sva tri koncepta vidljivo je kako je koncept broj tri dobio najveći srednju ocjenu u odnosu na preostala dva, 2,83 od maksimalno 3. U trećem konceptu moguće je izvoditi sve statičke i dinamičke testove, koncept je kompaktnih dimenzija, najniže cijene i sva opterećenja prenose se u skladu s normom.

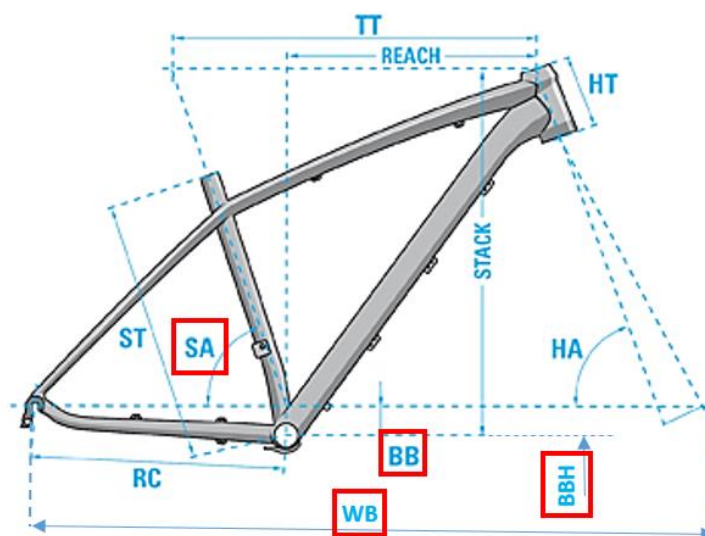
## 7. PRORAČUN, ANALIZA I KONSTRUKCIJA

U prethodnom poglavlju provedena je razrada rješenja i odabir koncepta prema funkcijskoj dekompoziciji i morfološkoj matrici te se nakon toga kreće na konstrukciju uređaja prema odabranom konceptu. Konstrukcija i dimenzioniranje uređaja ima određen redoslijed, pojedine dijelove potrebno je dizajnirati prije nego što se krene s daljnjim proračunom. Pri proračunu i odabiru pojedinih komponenti koristit će se poznata i provjerena rješenja dokazana na drugom, već postojećim uređajima, koji rade na sličnom principu.

### 7.1. Analiza dimenzija standardnih okvira bicikala

Okvir uređaja biti će u izrađen od čeličnih profila čelika u zavarenoj izvedbi. Dimenzije okvira uređaja propisane su ciljanim dimenzijama iz opisa zadatka rada i iznose: visina 2,5 m, dužina 2,5 m i širina 1,5 m. Međutim, s obzirom na to da je i modularnost uređaja (prihvat različitih oblika i dimenzija okvira bicikla) jedan od zahtijeva zadatka, provedena je analiza dimenzija postojećih standarda izrade okvira bicikla kako bi se mogle odrediti točne dimenzije čeličnih profila i samim time i konačne dimenzije uređaja te predviđeni položaji i veličine potisnih tijela.

Dimenzije koje su analizirane su **osovinski razmak** (*Wheelbase*), **odmak glavine osovine pogona** (*Bottom bracket drop*), **visina glavine osovine pogona** (*Bottom bracket height*) te **kut cijevi sjedala** (*Seat tube angle*).



Slika 33 - Analizirane dimenzije bicikla

Osovinski razmak je bitan za veličinu i udaljenost prednjeg dijela okvira koji služi kao nakovanj i kao ploča na koju će se pozicionirati potisno tijelo i vodilica. S obzirom da je okvir učvršćen u zadnjoj osovini i taj dio je fiksni i ne može se podešavati zbog cilja da se bicikl učvršćuje i pozicionira na istom mjestu za većinu testova, potrebno je odrediti minimalnu udaljenost prednjeg dijela kako bi za različite veličine okvira bicikla bilo moguće izvesti ispitivanje. Odmak i visina glavine pogona su bitni zbog dimenzija potrebnih za konstruiranje dijela uređaja koji se odnosi na dinamičko ispitivanje silama pedaliranja gdje se mora znati visina na koju se postavljaju potisna tijela kako bi se ispitivanje moglo provesti prema normi pazeći na propisani kut prema Slici 7. Kut cijevi sjedala je važan zbog konstruiranja dijela uređaja koji se odnosi na dinamičko ispitivanje vertikalnom silom gdje se mora znati kut horizontalnog produžetka na čeličnoj cijevi prema Slici 9. Za analizu standardnih dimenzija okvira analizirali su se standardni okviri 10tak vodećih proizvođača bicikala među kojima su KTM, Fuji, Santa Cruz, Lapierre, Author, Giant, Trek i drugi, prema Tablici 14.

**Tablica 14 - Prikupljene standardne dimenzije okvira bicikala**

Proizvođač	Model	Veličina bicikla	Osovinski razmak (WB), mm	Odmak glavine osovine pogona (BB), mm	Visina glavine osovine pogona (BBH), mm	Kut cijevi sjedala (SA)
Santa Cruz	Heckler	XL	1192	-	346	73
	V10	S	1173	-	360	59
	Nomad	M	1170	-	340	74
	Bronson	L	1189	13	341	74
	Hightower	XL	1215	33	337	74
	5010	S	1117	20	334	74
	Tallboy	XXL	1166	-	331	72
	Highball 29	L	1100	56	314	73
	Stigmata	58 cm	1029	69	-	73
	Highball 27.5	M	1095	40	314	73
	Superlight	L	1114	-	338	73
	Chameleon	XL	1138	-	319	71
	Jackal	M	1057	-	324	73
Juliana	Roubion	S	1141	-	341	74
	Furtado	XS	1098	-	334	74
	Joplin	M	1092	-	331	72
	Nevis	L	1121	-	314	73
Fuji	SL 1.1	XXS	974	68	-	75
	SL 2.3	S	979	68	-	74
	Gran Fondo 1.1 Disc	M	984	69	-	74

Proizvođač	Model	Veličina bicikla	Osovinski razmak (WB), mm	Odmak glavine osovine pogona (BB), mm	Visina glavine osovine pogona (BBH), mm	Kut cijevi sjedala (SA)
Fuji	Gran Fondo Classico 1.1	L	993	69	-	73
	Norcom Straight 1.1	XL	1039	68	-	78
	Aloha	S/M	992	68	-	78
	Altamira CX 1.3	M/L	1016	67	-	73
	Cross 1.1	XS/S	1003	69	-	75
	Track Elite	S	933	45	-	75
	Track Pro USA	M	956	45	-	74
	SLM 29 1.3	L	1113	53	-	73
	Rakan 29 1.1	XL	1198	32	-	75
	Tahoe 29 1.1	XXL	1133	55	-	73
	Addy 27.5 2.1	XS	1020	44	-	73
	Rakan 29 1.5	S	1111	32	-	75
	Reveal 27.5 1.1	M	1150	10	-	73
	Bighorn 27.5 + 1.1	L	1127	51	-	73
	Wendigo 26 1.1	XL	1173	54	-	73
	Auric 27.5 1.1	S	1126	10	-	73
	Auric 27.5 1.7	M	1159	10	-	73
	Beartooth 27.5 + 1.1	L	1142	51	-	73
	Nevada 29 1.3	XL	1112	60	-	73
	Nevada 26 2.1 V-Brake	XXL	1140	34	-	73
	Lea 26 1.3 V-Brake	XS	1011	34	-	73
	Police Patrol 27.5	S	1037	44	-	73
	Police Special 27.5	M	1072	44	-	73
	Absolute 1.1 Disc	L	1058	60	-	73
	Absolute 2.1 ST	S	1048	60	-	75
	Absolute 2.3	M	1052	60	-	74
	Silhouette 1.9 Disc	L	1060	65	-	74
	Touring	XL	1061	80	-	73
	Traverse 1.3 Disc	XXL	1109	60	-	72
	Tread 1.1 Disc	XXS	1003	69	-	75
	Tread 1.5 Disc	XS	1019	69	-	75
	Crosstown 1.1 Disc	S	1042	67	-	73
Crosstown 1.1 Discs LS	M	1043	67	-	72	
Crosstown 2.3	L	1062	67	-	73	
Crosstown 2.1 LS	L	1053	67	-	73	

Proizvođač	Model	Veličina bicikla	Osovinski razmak (WB), mm	Odmak glavine osovine pogona (BB), mm	Visina glavine osovine pogona (BBH), mm	Kut cijevi sjedala (SA)
Fuji	Declaration	XL	1044	58	-	74
	Feather	XXL	995	58	-	73
	Barnebey 1	16"	1231	-	-	67
	Barnebey 1 LS	14"	1197	-	-	67
	Barnebey 7	16"	1231	-	-	67
	Cape May	M	1111	-	-	73
	Captiva	L	1127	-	-	70
Surly	Wednesday	XL	1164	55	-	74
	Ice Cream Truck	XXL	1187	60	-	73
	Pugsley	XS	1062	55	-	73
	Moonlander	S	1073	60	-	73
	Moonlander Special Ops	M	1094	60	-	73
	Straggler	58 cm	1047	72	-	73
	Cross-Check	60 cm	1045	66	-	72
	Pacer	62 cm	1023	72	-	73
	Long Haul Trucker	64 cm	1095	78	-	72
	Disc Trucker	42 cm	1037	47	-	75
	ECR	XS	1070	80	-	73
	Troll	S	1037	40	-	73
	Ogre	M	1065	68	-	73
	Big Dummy	L	1477	40	-	73
	Instigator 2.0	XL	1162	30	-	73
	Krampus	S	1091	60	-	73
	Karate Monkey SS	M	1065	68	-	73
	Karate Monkey Ops	L	1077	68	-	73
Merida	Ninety-Six 600	XL	1176	40	-	75
	One-Twenty 600	S	1122	25	-	75
	One-Forty 7.500	M	1157	18	-	74
	One-Sixty 7.900	L	1208	7	-	74
	Big-Nine 500	21"	1118	60	-	72
	Big-.Seven 300	23"	1094	45	-	73
	Matts 6. 10-V	24"	1093	40	-	73
	Juliet 6. 20-V	13.5"	1028	55	-	74
	Reacto 300	50 cm	978	61	-	74
	Ride 300 Juliet	59 cm	1012	65	-	73
	Wrap Tri 5000	57 cm	1063	70	-	76-80
	Speeder 300	54 cm	1018	65	-	74
	Cyclo Cross 700	56 cm	1028	65	-	73
	Crossway Urban	58 cm	1101	70	-	72
	Crossway 600	61 cm	1110	70	-	73

Proizvođač	Model	Veličina bicikla	Osovinski razmak (WB), mm	Odmak glavine osovine pogona (BB), mm	Visina glavine osovine pogona (BBH), mm	Kut cijevi sjedala (SA)
KTM	Macina Action 29 11 CX5 11S XT	43 cm	1105	-	-	73
	Myroon 29 Prestige RS1 22S XTR	48 cm	1078	-	-	73
	Scrap 29 Prestige 11S Sram XX1	53 cm	1170	-	-	75/73
	Revegator Sky DI2 Black 22S Ultegra DI2 + Disc	55 cm	1013	-	-	75
	Canic CXC 11 11S Sram Force CX1	57 cm	1027	-	-	74
	Fat Rat 20S Sram X9	43 cm	1098	-	-	73
	Chronos 30S Deore XT	46 cm	1057	-	-	73
	City Univer 28.8 8S Nexus 8 RT	51 cm	1134	-	-	68
	Country Sport 26.21 21S Altus	37 cm	1009	-	-	72
Author	Charisma 77 2016	54 cm	979	67	-	73
	Quanta 2016	18"	1077	30	-	73
	Introvert 2016	19"	1092	38	-	73
	Traction 2016	21"	1121	35	-	73
	Impulse ASL 2016	14"	1033	45	-	73
	Magnum 29 2016	17"	1112	58	-	73
	Solution 29 2016	19"	1123	61	-	72
	Ninja FR 2016	L	1200	-25	-	74
	Ninja DHT 2016	M	1210	-5	-	67
	Synergy 2016	18"	1054	45	-	73
	Vertigo 2016	20"	1085	60	-	73
	Brava 2016	16"	1053	50	-	75
	Rapid 2016	21"	1070	45	-	75
	Instict ASL 2016	18"	1079	45	-	73
	Codex ASL 2016	19"	1088	60	-	74
	Electra 2016	17"	1095	50	-	75
	SU-MO 2016	M	1120	60	-	73
	Elevation 2016	21"	1175	51	-	73
	Charisma 77 2015	60 cm	1005	64	-	73
	Spark 700	S	1094	-22	330	73
	Scale 700 SL	M	1100	-44	308	73
	Genius 700	L	1180	-12	345	74
	Genius LT 700	S	1145	-11	346	74
	Contessa Scale 700 RC	M	1100	-44	308	73

Proizvođač	Model	Veličina bicikla	Osovinski razmak (WB), mm	Odmak glavine osovine pogona (BB), mm	Visina glavine osovine pogona (BBH), mm	Kut cijevi sjedala (SA)
Scott	Gambler 710	L	1236	-13	343	73
	Voltage FR 710	S	1165	-13	345	74
	Voltage YZ 0.1	M	1047	-15	324	71
	Aspect 700	XL	1137	-44	295	73
	Big Ed	S	1101	-66	440	73
	Foil Premium	XXS	972	-67	272	75
	Addict SL	XS	978	-67	272	75
	Solace Premium Disc	S	981	-67	272	75
Trek	CR1 10	M	981	-67	272	74
	Speedster 10	L	992	-67	272	74
	Plasma Premium	XL	1029	-65	269	76
	Contessa Solace 15	XXS	968	-67	272	75
	Addict CX 10 Disc	XS	984	-68	281	75
	Sub Speed 10	S	1073	-60	290	74
	E-Spark 710	M	1180	-22	330	73
	Sub Cross 10	L	1075	-56	294	72
	Emonda SLR 10	50 cm	977	72	-	75
	Madone 9.9	52 cm	977	72	-	74
	1.vlj	54 cm	978	70	-	74
	KRX	39 cm	978	60	260	75
	Boone 9 Disc	61 cm	1043	65	-	73
	Crockett 7 Disc	58 cm	1028	70	-	73
	Domane SLR 9 ETAP	62 cm	1042	75	-	73
	Silque SSL Women's	44 cm	973	72	-	75
	Lexa SLX Women's	47 cm	976	72	-	75
	Speed Concept 9.9	L	1010	80	-	78
	520 Disc	51 cm	1045	75	274	74
	720 Disc	52 cm	1007	74	274	74
	920 Disc	54 cm	1079	85	283	74
	Session 9.9	XL	1251	10	356	57
	Top Fuel 9.9 SL	19.5"	1144	39	330	69
XM700+	60 cm	1133	60	299	73	
7.9 FX	50 cm	996	80	-	75	

### 7.1.1. Analiza prikupljenih podataka

Nakon prikupljenih podataka provedena je njihova analiza. Izračunata je srednja vrijednost svih traženih dimenzija te pronađena najmanja i najveća dimenzija kako bi se odredio potrebni raspon za konstruiranje dimenzija uređaja i položaja potisnih tijela.

#### Srednja vrijednost

Prosječne vrijednosti su izračunate preko jednostavne aritmetičke sredine.

Aritmetička sredina osovinskih razmaka:

$$\overline{OR} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{174240}{161} = 1082,2 \text{ mm} \quad (1)$$

Aritmetička sredina odmaka glavine osovine pogona:

$$\overline{OG} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{5235}{136} = 38,5 \text{ mm} \quad (2)$$

Aritmetička sredina visine glavine osovine pogona:

$$\overline{VG} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{13874}{44} = 315 \text{ mm} \quad (3)$$

Aritmetička sredina kuta cijevi sjedala:

$$\overline{KC} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{11778}{161} = 73,2^\circ \quad (4)$$

#### Minimalna vrijednost

$$OR_{\min} = 933 \text{ mm}$$

$$OG_{\min} = -68 \text{ mm (Odmak prema gore)}$$

$$VG_{\min} = 260 \text{ mm}$$

$$KC_{\min} = 57^\circ$$



**Maksimalne vrijednosti**

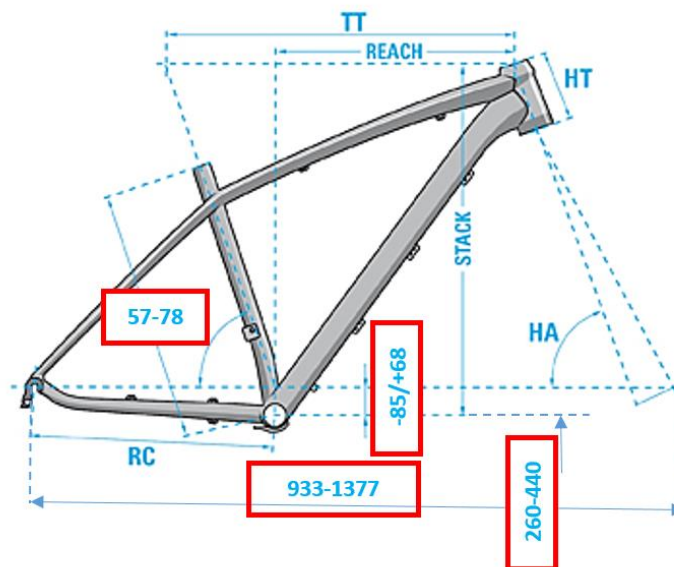
$$OR_{\max} = 1377 \text{ mm}$$

$$OG_{\max} = 85 \text{ mm (Odmak prema dolje)}$$

$$VG_{\max} = 440 \text{ mm}$$

$$KC_{\max} = 78^\circ$$

Iz analize prikupljenih podataka se dobije da je raspon standardnih dimenzija osovinskog razmaka između 933 do 1377 mm, da je raspon odmaka glavine osovine pogona između 68 mm iznad osi kotača i 85 mm ispod osi kotača, da je raspon visine glavine osovine pogona od 260 do 440 mm te da je raspon kuta cijevi sjedala između 57 i 78 stupnjeva.



**Slika 34 - Raspon standardnih dimenzija okvira (mm)**

## 7.2. Polazne pretpostavke i podaci za proračun

Kako se ispitivanje okvira bicikla sastoji od dva statička i tri dinamička testa, proračun kritičnih i odabir standardnih dijelova će biti izvršen s podacima o najvećim silama i opterećenjima prema podacima iz norme. Ostali elementi konstrukcije će biti u proračunu opterećeni pod pretpostavkom maksimalnog opterećenja kako bi se osigurao siguran i nesmetan rad samog uređaja pri obavljanju rada ispitivanja.

### Polazni podaci proračuna

Težina utega:  $M_g = 22,5 \text{ kg}$

Najveća sila pri ispitivanju otpuštanjem okvira:  $F_5 = 1000 \text{ N}$

Najveća sila pri ispitivanju silama pedaliranja:  $F_1 = 1200 \text{ N}$

Najveća sila pri ispitivanju horizontalnom silom:  $F_2 = 1200 \text{ N}$

Najveća sila pri ispitivanju vertikalnom silom:  $F_4 = 1200 \text{ N}$

Najveći broj ciklusa ispitivanja: 100 000 ciklusa

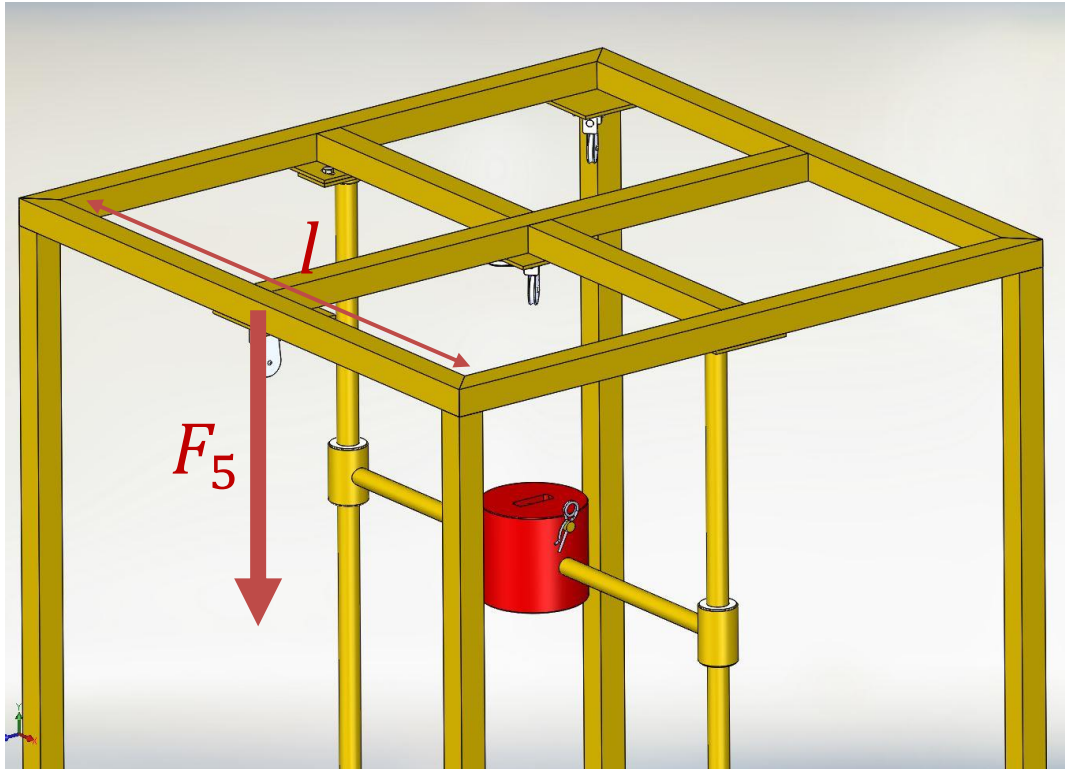
Maksimalna frekvencija dinamičkih ispitivanja: 10 Hz

## 7.3. Nosivi okvir uređaja

Za konstrukciju nosivog okvira uređaja koristit će se konstrukcijski čelik. Konstrukcijski čelik je ugljični čelik (obični ili plemeniti) s udjelom ugljika manjem od 0,6% (maseni udio) ili legirani čelik (uglavnom s manganom, silicijem, kromom, niklom, volframom). Upotrebljavaju se za izradu čeličnih konstrukcija, sastavnih dijelova strojeva, aparata i različitih uređaja. Razlikuju se obični (ugljični ili niskolegirani) čelici za opću masovnu upotrebu i plemeniti (rafinirani) ugljični ili legirani čelici za dijelove s većim zahtjevima (dijelovi strojeva itd.). Konstrukcijski čelici se primjenjuju kod izrade karakterističnih konstrukcijskih dijelova strojeva i uređaja. Najčešće služe za izradu vratila, osovina, zupčanika, nosača opruga, vijaka, poklopaca, ventila, kućišta itd. S obzirom na mehanička svojstva, konstrukcijski čelici moraju imati visoku granicu razvlačenja, dovoljnu plastičnu deformabilnost (radi izbjegavanja pojave krhkog loma), visoku granicu puzanja i čvrstoću pri povišenim temperaturama, te zadovoljavajuću žilavost i dinamičku izdržljivost. Pored toga, konstrukcijski čelici moraju biti otporni na trošenje i koroziju, te obradivi odvajanjem čestica (rezanje), zavarljivi, skloni hladnom oblikovanju (savijanje, štancanje, duboko vučenje) itd.[19]

### 7.3.1. Savijanje okvira uslijed podizanja tereta

Za čeličnu nosivu konstrukciju koristi će se profili 40 mm x 40 mm s debljinom stjenke od 2,41 mm [20]. Potrebno je provjeriti čvrstoću profila na savijanje prilikom ispitivanja okvira bicikla otpuštanjem utega te podizanja okvira opterećenog utezima.



Slika 35 - Opterećenje grede prilikom podizanja okvira s utezima

Sila koja se pojavljuje tijekom dizanja okvira bicikla opterećenog utezima je veća nego sila koja se pojavljuje tijekom dizanja utega, prema tome, proračun je proveden prema podacima za opasniji slučaj.

Dimenzije profila:

- 40x40x2,71 [20]
- $l = 1000$  mm

Sila tijekom podizanja okvira s utezima:

$$F_5 = M_{o \max} \cdot g = 100 \cdot 9,81 = 981 \text{ N}$$

(5)

Moment savijanja:

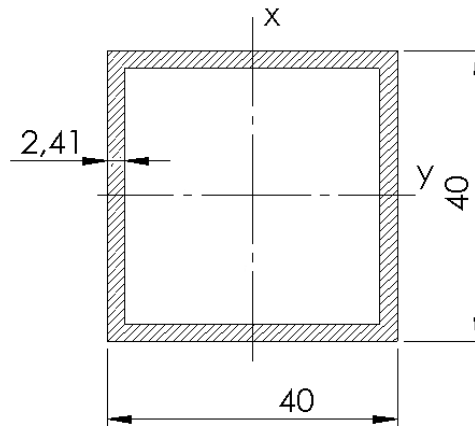
$$M = F_5 \cdot \frac{l}{2} = 981 \cdot 500 = 490500 \text{ Nmm}$$

(6)

Moment otpora:

$$W_y = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{40 \cdot 40^3 - 34,58 \cdot 34,58^3}{6 \cdot 40} = 4708 \text{ mm}^3$$

(7)



Slika 36 - Moment otpora profila 40x40x2,41 [21]

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_f = \frac{M}{W_y} = \frac{490500}{4708} = 104,18 \text{ MPa}$$

(8)

Dopušteno naprezanje:

- odabrani čelik: S235
- opterećenje: mirno
- $\sigma_{Df} = 170..200 \text{ MPa}$  - trajna dinamička čvrstoća na savijanje za čelik S235 [21]

$$\sigma_f = 104,184 \text{ Mpa} < \sigma_{dop} = 170 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$l = 1000 \text{ mm}$  - udaljenost sile od ruba grede

$W_y = 4708 \text{ mm}^3$  - moment otpora presjeka [21]

### 7.3.2. Proračun zavora grede

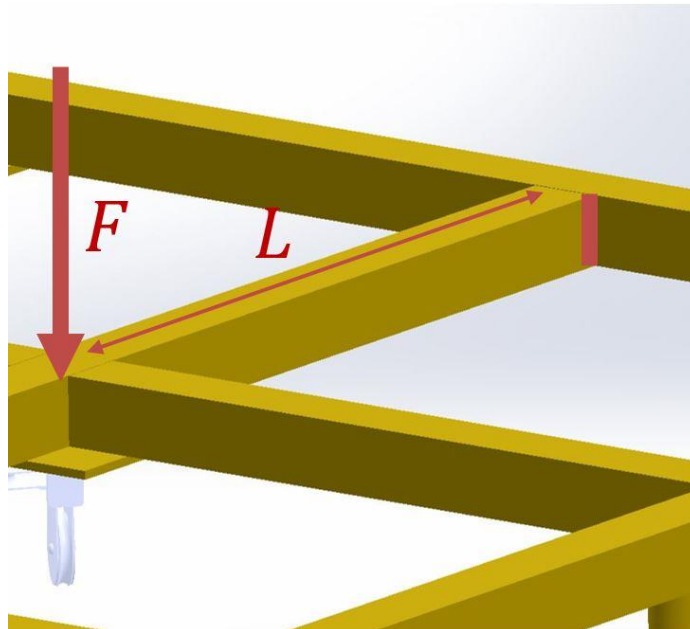
Greda koja je na sredini i koja nosi opterećenje podizanja utega vezana je za vanjski okvir kutnim zavarima. Najveće naprezanje se pojavljuje u trenutku podizanja utega odnosno pri najvećoj sili od 221 N. Zavarari su opterećeni na savijanje i odrez [Slika 37].

Sila prilikom podizanja utega:

$$F_g = M_g \cdot g = 22,5 \cdot 9,81 = 221 \text{ N}$$

Odabrani su kutni zavarari a3, prema slijedećim parametrima:

- opterećenje: statičko
- materijal čelika: S235
- faktor udara  $\varphi$ : 1,1 [21]



Slika 37 - Opterećenje grede prilikom podizanja utega

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_{\perp \max} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F \cdot \varphi \cdot L}{a \cdot l^2} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \frac{110,5 \cdot 1,1 \cdot 500}{3 \cdot 34^2} = 50,69 \text{ MPa} \quad (9)$$

$$l = l' - 2a = 40 - 2 \cdot 3 = 34 \text{ mm}$$

$$\tau_{\perp \max} = \sigma_{\perp \max} \quad (10)$$

Naprezanje na odrez:

$$\tau_{\parallel m} = \frac{F \cdot \varphi}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{110,5 \cdot 1,5}{2 \cdot 3 \cdot 34} = 0,8125 \text{ MPa} \quad (11)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{\perp \text{max}}^2 + 1,8 (\tau_{\perp \text{max}}^2 + \tau_{\parallel \text{max}}^2)} = \sqrt{50,69^2 + 1,8 (50,69^2 + 0,8125^2)} = 84,82 \text{ MPa} \quad (12)$$

Dopušteno naprezanje:

$$\sigma_{\text{zdop}} = \beta \cdot \sigma_{\text{dop}} = 0,96 \cdot 160 = 153,6 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\beta = 0,8 \left(1 + \frac{1}{a}\right) = 0,8 \left(1 + \frac{1}{3}\right) = 0,96$$

$$\sigma_{\text{red}} = 84,82 \text{ MPa} < \sigma_{\text{zdop}} = 153,6 \text{ MPa}$$

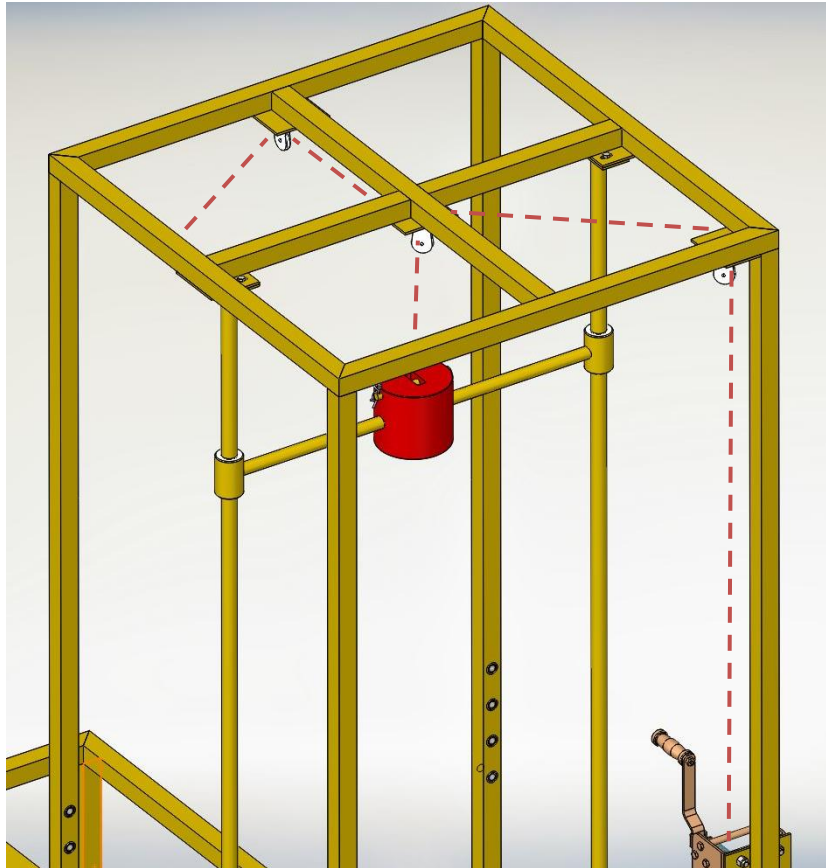
ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$F = 112,5 \text{ kg}$	- računski polovica sile $F_g$
$L = 500 \text{ mm}$	- udaljenost na kojoj djeluje sila $F_g$
$a = 3 \text{ mm}$	- računski duljina kutnog zavora
$\sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ MPa}$	- dopušteno naprezanje za odabrani čelik [23]
$\beta$	- faktor ovisan o debljini zavora [23]

#### 7.4. Podizanje utega i okvira bicikla sustavom kolotura

Za podizanje utega tokom provođenja ispitivanja okvira udarnim testom padajuće mase te okvira opterećenim utezima konstrukcijsko rješenje je sustav kolotura, vitla i užeta. Sustav je prikazan na Slici 38.



Slika 38 - Sustav podizanja utega

##### 7.4.1. Odabir vitla – ručno vitlo

Prema polaznim podacima proračuna navedenim na početku poglavlja, za odabir vitla je potrebna je masa utega koji se sustavom podiže i masa bicikla opterećenog utezima. S obzirom da se s istim vitlom podižu i uteg i okvir bicikla, za odabir ručnog vitla za podizanje je mjerodavna veća moguća masa opterećenog okvira za ispitivanje.

Težina utega:  $M_g = 22,5$  kg

Masa okvira s utezima:  $M_{o\ max} = 110$  kg

## ODABRANO VITLO



Slika 39 – Ručno vitlo Schachermayer 7603.00.01 [24]

Odabrano je ručno vitlo od proizvođača Schachermayer prikazano na Slici 39, kapaciteta vuče od 125 kg. Vitlo je pocinčano, jednostavno za montirati, sa sustavom automatskog kočenja te dolazi sa žicom od 15 m i promjerom od 4 mm. Ostale su specifikacije prikazane u Tablici 15.

Tablica 15 - Specifikacije ručnog vitla Schachermayer 7603.00.01 [24]

Kat. br.	7603.10.80	7603.11.25	7603.00.01
Tip	pocinčano	pocinčano	ljevana slitina
Dopušteno opterećenje u kg	80	125	125
Sila na ručicu u N	140	140	170
Podizanje po okretaju ručice u mm	135	135	135
Kapacitet užeta u m	20	15	15
Uže $\varnothing$ u mm (DIN 3060 FE, pocin., 1770 N/mm <sup>2</sup> , sZ)	3	4	4
Težina bez užeta u kg	2,5	2,5	4

## 7.4.2. Odabir užnica

Prema polaznim podacima proračuna navedenim na početku poglavlja, za odabir užnice je također potrebna masa okvira s utezima koji se sustavom podiže kao i promjer užeta.

Težina utega:  $M_g = 22,5$  kg

Masa okvira s utezima:  $M_{o\ max} = 110$  kg

Promjer užeta:  $d_{u\ ž} = 4$  mm



## ODABRANA UŽNICA



Slika 40 - Užnica Hopkins 7533.10.02 [25]

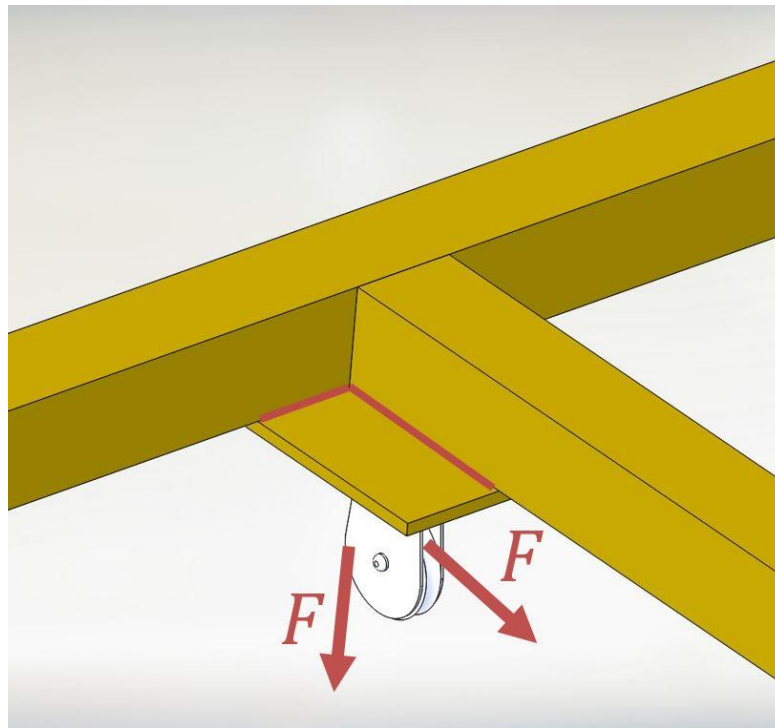
Odabrana je pomična užnica od proizvođača Hopkins prikazano na Slici 40, maksimalne sile u užetu od 250 N i nosivosti 500 kg. Ostale su specifikacije prikazane u Tablici 16. Pomična užnica je potrebna na sredini konstrukcije zbog promjene smjera sile kod podizanja okvira bicikla s utezima.

Tablica 16 - Specifikacije užnica Hopkins 7533.10.02 [25]

Max. sila užeta FS u daN	Nosivost u kg	Max. uže $\phi$ (1 Em) u mm	Dimenzije u mm									Težina u kg	Kat. br.
			A	A1	B	B1	C	C1	D	D1	D5		
250	500	6	80	60	86	66	60	5	60	85	9	1,4	7533.10.02
500	1000	9	110	80	127	97	71	6	90	125	13	3,7	7533.10.05
1000	2000	13	170	130	162	127	95	10	135	180	17	10,2	7533.10.10
2000	4000	18	210	160	216	166	125	15	185	240	21	23,8	7533.10.20
3200	6400	23	270	210	252	192	155	15	230	300	25	44	7533.10.32
5000	10000	27	320	260	294	234	185	20	280	360	32	75	7533.10.50

### 7.4.3. Proračun zavora ploča za užnice

Zbog konstrukcijskog rješenja za prihvat užnica na nosivi okvir uređaja potrebno je zavariti ploče od 5 mm koje na koje će se zavariti užnice. Od tri užnice, dvije moraju nositi masu od 100 kg, tako da su njihovi zavari kritičniji. S obzirom da su sve tri ploče zavarene istom vrstom i veličinom zavora, proračunala se ona zavarena ploča, prikazana na Slici 41, čija je površina zavora najmanja.



**Slika 41 – Opterećenje ploče za nošenje užnice**

Najveće naprezanje se pojavljuje u trenutku podizanja okvira odnosno pri najvećoj sili od 981 N. Zavari su opterećeni na vlak i odrez, a savijanje je zanemarivo.

Odabrani su kutni zavari  $a3$ , prema slijedećim parametrima:

- opterećenje: statičko
- materijal čelika: S235
- faktor udara  $\varphi$ : 1,5 [22]

Naprezanje na vlak uslijed okomite sile  $F$ :

$$n = \frac{F \cdot \varphi}{A_{zav}} = \frac{981 \cdot 1,5}{720} = 2,043 \text{ MPa}$$

(14)

$$A_{zav} = 2 \cdot 3 \cdot (40 + 80) = 720 \text{ mm}^2$$

Naprezanja na odrez uslijed horizontalne sile F:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F \cdot \varphi}{A_{zav\parallel}} = \frac{981 \cdot 1,5}{480} = 3,065 \text{ MPa} \quad (15)$$

$$A_{zav\parallel} = 2 \cdot 3 \cdot 80 = 480 \text{ mm}^2$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 1,8 (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{1,44^2 + 1,8 (1,44^2 + 3,1^2)} = 4,8 \text{ MPa} \quad (16)$$

$$\sigma_{\perp} = \cos(45) \cdot n = \cos(45) \cdot 2,043 = 1,44 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$$

Dopušteno naprezanje:

$$\sigma_{zdop} = \beta \cdot \sigma_{dop} = 0,96 \cdot 160 = 153,6 \text{ MPa} \quad (18)$$

$$\beta = 0,8 \left(1 + \frac{1}{a}\right) = 0,8 \left(1 + \frac{1}{3}\right) = 0,96$$

$$\sigma_{red} = 4,8 \text{ MPa} < \sigma_{zdop} = 153,6 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

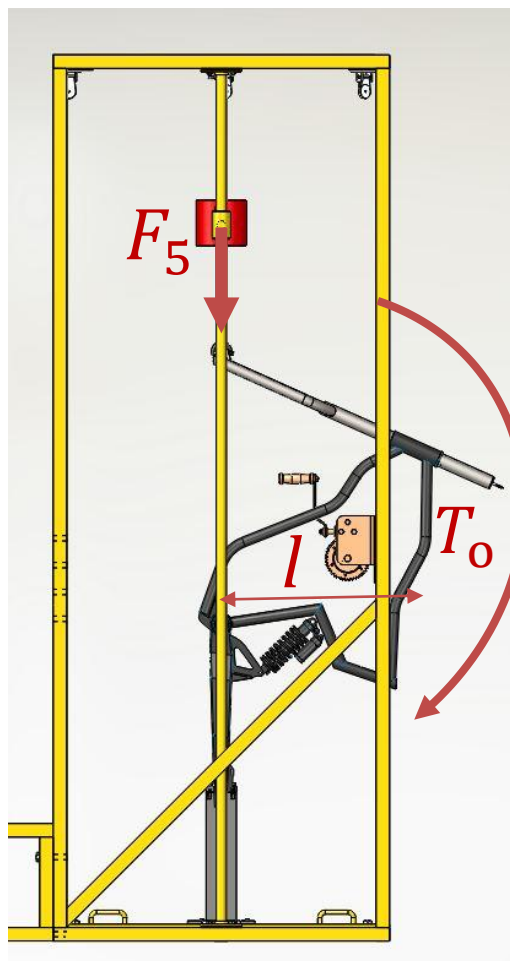
Gdje je:

$F = 981 \text{ kg}$	- računaska sila prema
$a = 3 \text{ mm}$	- računaska duljina kutnog zavora
$\sigma_{dop} = 160 \text{ Mpa}$	- dopušteno naprezanje za odabrani čelik [23]
$\beta$	- faktor ovisan o debljini zavora [23]

S obzirom da zavari zadovoljavaju, nema potrebe za proračunavanjem ostalih ploča užnica, kao i ploče vitla jer imaju veće površine zavora, a slično su opterećeni. Također nema potrebe niti za proračunavanjem zavora koji spaja užnice i ploče zbog veće površine zavora od prethodno proračunate. Vijci vitla se nisu proračunali jer su navedeni u sklopu specifikacija vitla koje ima dovoljnu nosivost.

### 7.5. Proračun držača stražnje osovine pri ispitivanju s utegom

Držač stražnje osovine bicikla tijekom ispitivanja mora izdržati udarno ispitivanje otpuštanja utega te zadržati okvir u uspravnom položaju [Slika 42]. Moment (19) kojim je držač opterećen je teško izračunati zbog toga što sila djeluje u os držača pa nema klasičnog momenta, no međutim sigurno se tijekom udara pojavljuje sila koja ga pokušava okrenuti zbog težišta okvira. Kako je težište okvira teško za izračunati, radi pretpostavke proračuna uzela se maksimalna visina okvira, odnosno maksimalna udaljenost od osi osovina kotača.



Slika 42 - Moment prilikom udara utega

Moment uslijed udara utega:

$$T_o = F_5 \cdot l = 231 \cdot 500 = 115,5 \text{ Nm}$$

(19)

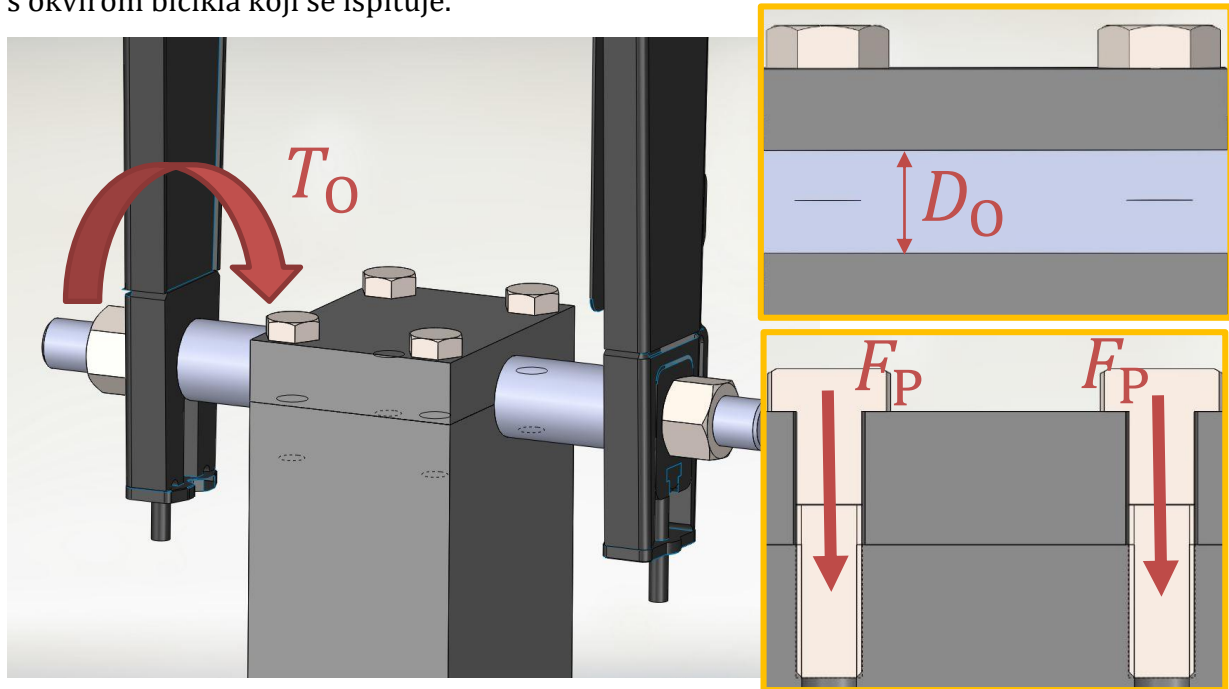
Gdje je:

$F_5 = 231 \text{ kg}$  - računaska sila (sila udara utega i mase okvira)

$l = 500 \text{ mm}$  - pretpostavljen krak sile

### 7.5.1. Proračun vijaka držača

Potrebno je proračunati zadovoljava li sila trenja u držaču kako bi se uspravni okvir bicikla zadržao na mjestu, odnosno može li savladati moment (19) koji se javio tijekom udara utega. Držač okvira, prikazan na Slici 43, je konstruiran, tako da vijci stežu gornji dio držača i ostvaruju silu trenja na stražnju osovinu okvira bicikla. Osovine, i stražnja i prednja, dolaze s okvirom bicikla koji se ispituje.



Slika 43 - Držač okvira

Za vijke odabrani promjer iznosi M8, a odabrana kvaliteta vijka je 10.9. Ove vijke potrebno je snažno pritegnuti kako bi se poprečna sila prenijela trenjem naležnih površina u spoju. Ukoliko spoj sam drži otporom trenja, obodna sila (21) ne smije porasti na veličinu otpora trenja (20).

Sila trenja:

$$F_T = F_v \cdot \mu = 96800 \cdot 0,12 = 11616 \text{ N}$$

(20)

$$F_v = n_v \cdot F_p = 4 \cdot 24200 = 96800 \text{ N}$$

Obodna sila:

$$F_o = 2 \cdot \frac{T_o}{D_o} = 2 \cdot \frac{115,5}{0,16} = 1443 \text{ N}$$

(21)

$$F_T = 11616 \text{ N} > F_o = 1443 \text{ N}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$n_v = 4$	- broj vijaka
$F_p = 24200 \text{ N}$	- sila prednaprezanja vijka [22]
$\mu = 0,12$	- koeficijent trenja za metale [21]
$D_o = 0,16 \text{ m}$	- promjer stražnje osovine

## 7.6. Ispitivanje okvira bicikla horizontalnom silom

Za ispitivanje okvira horizontalnom silom, koristiti će se pneumatski cilindar te za vođenje cilindra, vodilica. Kako bi se osiguralo točno prenošenje sile na ispitni uzorak, unutar dozvoljenih okvira propisanih normom (poglavlje 2.1.5), potrebno je na potisno tijelo ugraditi uređaj za regulaciju normalne sile.

### 7.6.1. Odabir pneumatskog cilindra

Prema polaznim podacima proračuna navedenim na početku poglavlja za odabir pneumatskog cilindra važna je mogućnost ostvarivanja dinamičkog opterećenja od 600 do 1200 N u dva različita smjera. Taj podatak uvjetuje da cilindar mora biti dvoradni translacijski kako bi mogao pravilno provesti ispitivanje.

Maksimalna sila:  $F_2 = 1200 \text{ N}$

Minimalna sila:  $F_3 = 600 \text{ N}$

Uobičajen radni tlak:  $p_{\text{stan}} = 7 \text{ bar}$  [26]

Koeficijent trenja dvoradnog cilindra : 0,6 [26]

Potreban promjer cilindra:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{F}{k \cdot p_{\text{stan}}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1200}{0,6 \cdot 0,7}} = 60,31 \text{ mm} \quad (22)$$

Duljina klipa je konstrukcijski određena na 250 mm kako bi se osigurao prihvat i ispitivanje svih vrsta i veličina okvira.

## ODABRANI PNEUMATSKI CILINDAR

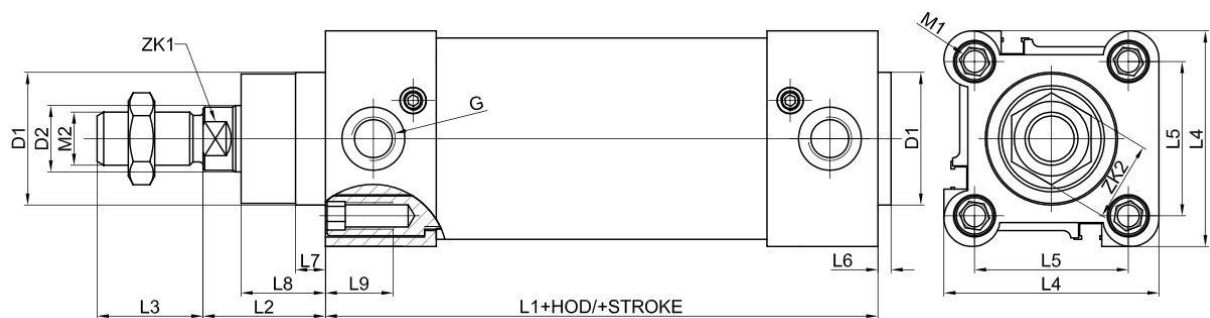


Slika 44 - Pneumatski cilindar - UNI AIR PNCU 63 [27]

Odabran je pneumatski translacijski dvoradni cilindar od proizvođača UNI AIR pneumatics prikazan na Slici 44, nazivnog promjera klipnjače 63 mm. Cilindar je jednostavno za montirati te će se za montažu koristiti vijci te prihvatni dodaci za cilindre od istog proizvođača. Hod cilindra je 250 mm. Ostale su specifikacije prikazane na slici 45 i tablici 17.

Tablica 17 - Tablica dimenzija UNI AIR PNCU 63 [27]

Ø CIL Ø CYL	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	ØD1	ØD2	M1	M2	ZK1	ZK2	G
32	95	26	22	48	32.5	4	9	18	17	30	12	M 6	M 10 X 1.25	10	17	G 1/8
40	106	30	24	54	38	4	9	22	17	35	16	M 6	M 12 X 1.25	13	19	G 1/4
50	106,5	37	32	65	46.5	4	9	25,5	19	40	20	M 8	M 16 X 1.5	16	24	G 1/4
63	122.5	36	32	75	56.5	4	10.5	25,5	19	45	20	M 8	M 16 X 1.5	16	24	G 3/8
80	129	46	40	92.5	72	4	8.5	34	25	45	25	M 10	M 20 X 1.5	22	30	G 3/8
100	138	51	40	109.3	89	4	8.5	31	25	55	25	M 10	M 20 X 1.5	22	30	G 1/2
125	160.5	65	54	138.7	110	6	12.75	45.25	23	60	32	M 12	M 27 X 2	27	41	G 1/2
160	180	80	72	181	140	5	10	65	24	65	40	M 16	M 36 X 2	36	55	G 3/4
200	220	95	72	221	175	6	10	59,5	24	75	40	M 16	M 36 X 2	36	55	G 3/4

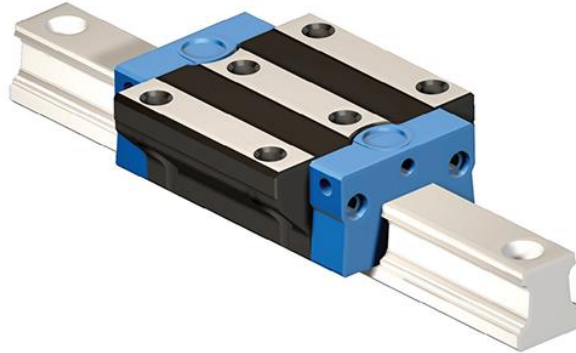


Slika 45 - Dimenzije UNI AIR PNCU 63 [27]

## 7.6.2. Odabir vodilice prednje osovine i pneumatskog cilindra

Kao i kod odabira pneumatskog cilindra, vodilica mora podnijeti dinamičku silu od 600 do 1200 N te mora prihvatiti držač prednje osovine i imati mali koeficijent trenja.

### ODABRANA VODILICA

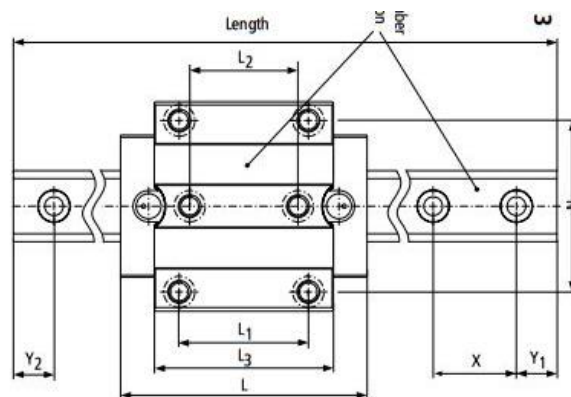


Slika 46 - Linearna vodilica THOMPSON 511 A [28]

Odabrana je linearna vodilica 500 serija, 511 tip A od proizvođača THOMPSON. Vodilica ima stazu dugu 600 mm i prihvat za uređaj ostvaren s osam M8 vijaka. Dimenzije vodilice su prikazane na Slici 47 i Tablici 18.

Tablica 18 - Tablica dimenzija THOMPSON 500 A 511 [28]

Size	Dimensions (mm)							L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	X	N	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	F	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	Ball Ø	G	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	O	P
	A	B	B <sub>1</sub> <sup>*</sup> +0.0 ±0.05 -0.4	B <sub>2</sub>	J	J <sub>1</sub>																					
15	24	47	15	16	20.2	15.7	56.6	30	26	39.6	60	38	M 4	M 5	M 4	4.4	4.5	8	7.5	3.2	7	4.5	9.5	4	7	7	
20	30	63	20	21.5	25.5	19	71.5	40	35	49.5	60	53	M 5	M 6	M 5	5.4	5.8	10	9.5	4.0	8	6.5	11.5	5.2	8	8	
25	36	70	23	23.5	30.5	22.7	84.5	45	40	59.5	60	57	M 6	M 8	M 6	6.8	7	11	11	4.8	9	8.7	14	5.5	7	11	
30	42	90	28	31	35.9	26	97.4	52	44	69.4	80	72	M 8	M 10	M 8	8.5	9	15	15	5.6	12	10	14.5	7	8	12	
35	48	100	34	33	41	29.5	111.6	62	52	79.6	80	82	M 8	M 10	M 8	8.5	9	15	15	6.4	12	12	18	7	8	14	
45	60	120	45	37.5	50.8	37	137.1	80	60	99.1	105	100	M 10	M 12	M 12	10.5	14	20	18	7.9	15	15	22	8	10	17.5	



Slika 47 - Dimenzije THOMPSON 500 A 511 [28]



### 7.6.3. Odabir tlačne ćelije

U svrhu regulacije normalne sile koriste se uređaji koji pretvaraju silu u digitalni signal. Obično se za te svrhe koriste dinamometri, koji mjere sile u užetu, no za potrebe ovog uređaja tlačna ćelija (eng. *load cell*) predstavlja bolji izbor radi lakše ugradnje i same upotrebe. Tlačnu ćeliju moguće je ugraditi na spoj između nosača utega i potisnog tijela. Na taj način uz prethodno poznatu masu potisnog tijela, tlačne ćelije i samog držača omogućena je precizna regulacija normalne sile. Kao i kod odabira cilindra i vodilice, najvažniji kriterij odabira jest mogućnost rada tijekom dinamičkog opterećenja te prihvat ćelije na cilindar i vodilicu.

#### ODABRANA TLAČNA ĆELIJA

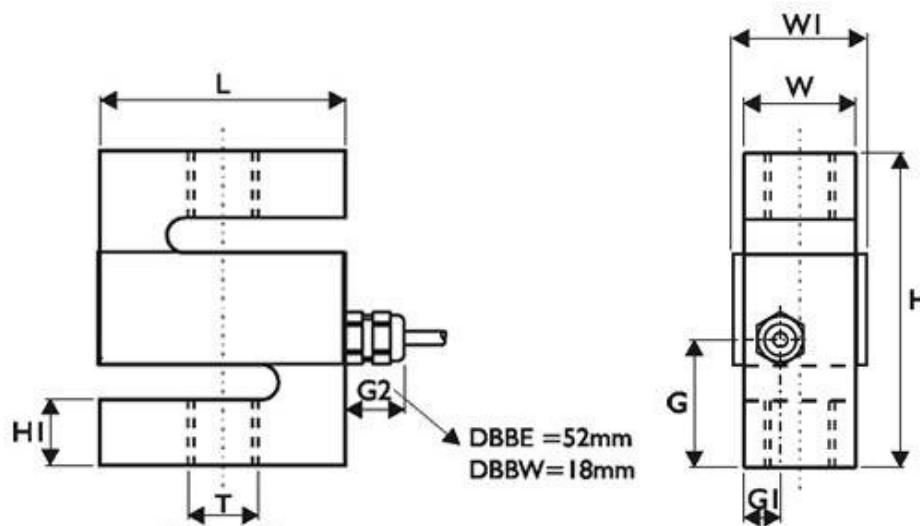


Slika 48 – DBB Z-Beam Load Cell DBBW [29]

Odabrana je ćelija od proizvođača DBB, model Z Beam Load Cell DBBW – s dvostrukim stupom i navojima radi lakše montaže. Radni spektar opterećenja iznosi od 0 do 1000 kg. Ova vrsta ćelija izuzetno je precizna i izrađena od nehrđajućeg čelika. Senzori su zaštićeni za rad u onečišćenim industrijskim prostorima.

Tablica 19 - Karakteristike tlačne ćelije DBBW [29]

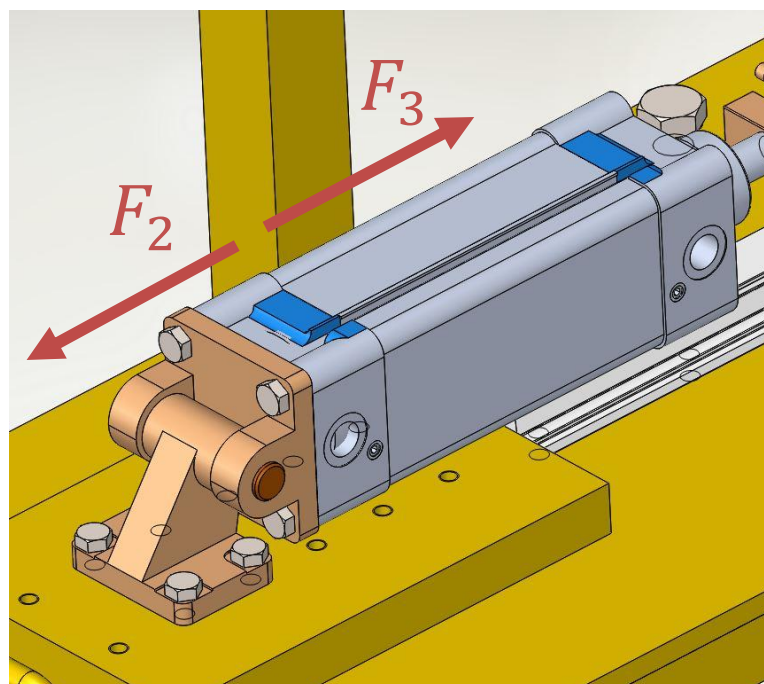
Model	Capacity (kgf)	H	L	W	W1	H1	G	G1	Threads T
DBBE	0-50 to 0-1000	80	62.1	18	22	15	40	9	M12 x 1.75
DBBW	0-500	90	70	32	32	19	36.6	10.4	M12 x 1.75
DBBW	0-1000	90	70	32	32	19	36.6	10.4	M16 x 2.0
DBBW	0-2000	90	70	32	32	19	36.6	10.4	M16 x 2.0
DBBW	0-5000	120	100	45	45	26	60	13.8	M24 x 2.0
DBBF	0-10,000	120	120	60	60	-	60	-	M24 x 3.0



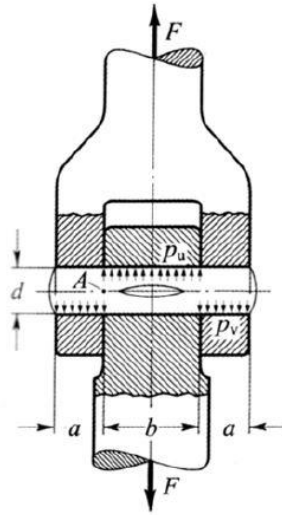
Slika 49 - Dimenzije tlačne ćelije DBBW [29]

#### 7.6.4. Proračun spoja držača pneumatskog cilindra svornjakom

Zglobni zatic ili svornjak opterećuje površine nalijeganja na površinski tlak, a opasni presjek A zatika na dijelu kliznog dosjeda na savijanje i odrez. Pred-naprezanje nastalo prekomjernim zabijanjem nije moguće računski obuhvatiti jer osim o tolerancijama izrade, ovisi i o obliku dijelova u spoju. Zbog toga se ono ne uzima u obzir, već se ostala naprezanja uspoređuju s iskustvenim vrijednostima. [22]



Slika 50 - Opterećenje držača cilindra



Slika 51 - Opterećenje zglobnog zatika ili svornjaka [22]

Dimenzije svornjaka držača odabranog cilindra:

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$a = 17,5 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$F = F_2 = 1200 \text{ N}$$

Tlakovi:

$$p_v = \frac{F}{2a \cdot d} = \frac{1200}{2 \cdot 17,5 \cdot 16} = 2,14 \text{ MPa}$$

$$p_u = \frac{F}{b \cdot d} = \frac{1200}{40 \cdot 16} = 1,875 \text{ MPa}$$

(23)

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_f = \frac{0,5 F \cdot 0,5 a}{0,1 \cdot d^3} = \frac{0,5 \cdot 1200 \cdot 0,5 \cdot 17,5}{0,1 \cdot 16^3} = 12,8 \text{ MPa}$$

(24)

Naprezanje na odrez

$$\tau_a = \frac{F}{2 \cdot A} = \frac{1200}{2 \cdot 201,06} = 2,98 \text{ Mpa}$$

(25)

$$A = r^2 \pi = \frac{d^2}{4} \pi = \frac{16^2}{4} \pi = 201,06 \text{ mm}^2$$

Dopuštena naprezanja za spojeve sa zatikom i svornjakom[22]:

- odabrani čelik: S235
- opterećenje: izmjenično promjenjivo

$$p_v = 2,14 \text{ MPa} < p_{dop} = 12 \text{ MPa}$$

$$p_u = 1,875 \text{ MPa} < p_{dop} = 12 \text{ MPa}$$

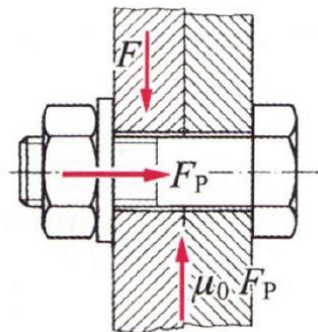
$$\sigma_f = 12,8 \text{ MPa} < \sigma_{dop} = 33 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 2,98 \text{ MPa} < \tau_{dop} = 20 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

### 7.6.5. Proračun vijaka za vezu držača cilindra i podloge

Vijci za vezu držača i ploče nosivog okvira opterećeni su na odrez kod ispitivanja okvira bicikla horizontalnim dinamičkim silama prema Slici 50. Za prolazni vijak s maticom prema Slici 52. odabrani promjer iznosi M8, a odabrana kvaliteta vijka je 10.9. Ove vijke potrebno je snažno pritegnuti kako bi se poprečna sila prenijela trenjem naležnih površina u spoju.



Slika 52 - Poprečno opterećeni vijčani spoj, prolazni vijak s maticom [22]

Potrebna sila u jednom vijku:

$$F_{1v} = \frac{F_{popr} \cdot S_H}{\mu_0} = \frac{300 \cdot 1,5}{0,12} = 3750 \text{ N}$$

(26)

$$F_{popr} = \frac{F_2}{n_v} = \frac{1200}{4} = 300 \text{ N}$$

Najveća dopuštena sila u vijku:

$$F_{\max} = \sigma_{\text{dop}} \cdot A_j = 300 \cdot 32,8 = 9840 \text{ N}$$

(27)

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{R_e}{S} = \frac{900}{3} = 300 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{post}} = \frac{F_{\max}}{F_{1v}} = \frac{9840}{3750} = 2,6 > S_H = 1,5$$

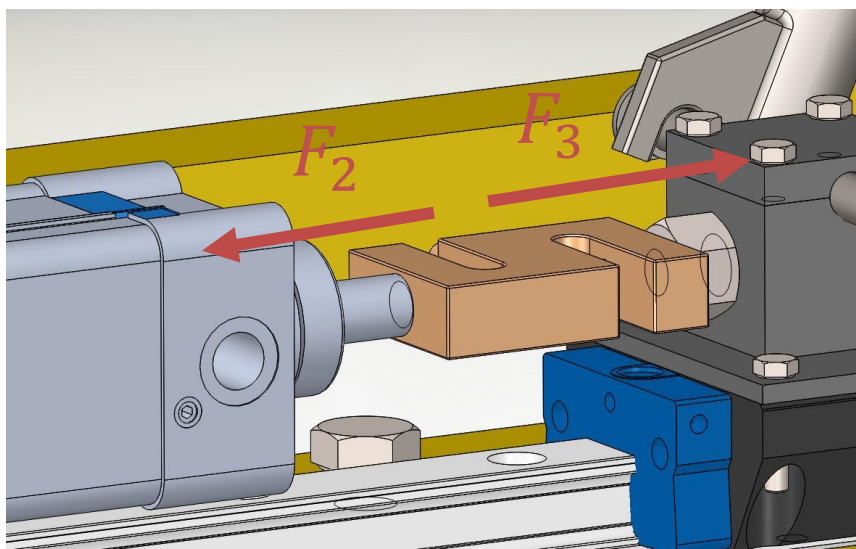
ZADOVOLJAVA

Gdje je:

- $A_j = 32,8 \text{ mm}^2$  - mjerodavan presjek vijka [22]
- $n_v = 4$  - broj nosivih vijaka
- $S = 3$  - potrebna sigurnost
- $S_H = 1,5$  - odabrana sigurnost prianjanja [22]
- $\mu_0 = 0,12$  - koeficijent trenja za metale [22]
- $R_e = 900 \text{ MPa}$  - granica tečenja za odabrani materijal

### 7.6.6. Proračun navoja klipnjače cilindra i tlačne ćelije

Odabrani tip tlačne ćelije prema Tablici 19 dolazi s metričkim navojem M16 zato će se isti navoj koristiti i na drugom kraju pri spoju ćelije i vodilice držača prednje osovine. Rezultirajući spoj, odnosno navoj tlačne ćelije, klipnjače i držača opterećen je na vlak i tlak.



Slika 53 - Opterećenje navoja tlačne ćelije i držača prednje osovine

Naprezanje na vlak:

$$\sigma_v = \frac{F_v}{A_j} = \frac{3600}{144} = 25 \text{ MPa} \quad (28)$$

$$F_v = S \cdot F_2 = 3 \cdot 1200 = 3600 \text{ N}$$

Dopušteno naprezanje:

$$\sigma_{\text{dop}} = 0,8 \cdot R_e = 0,8 \cdot 225 = 180 \text{ MPa} \quad (29)$$

$$\sigma_v = 25 \text{ MPa} \leq \sigma_{\text{dop}} = 180 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

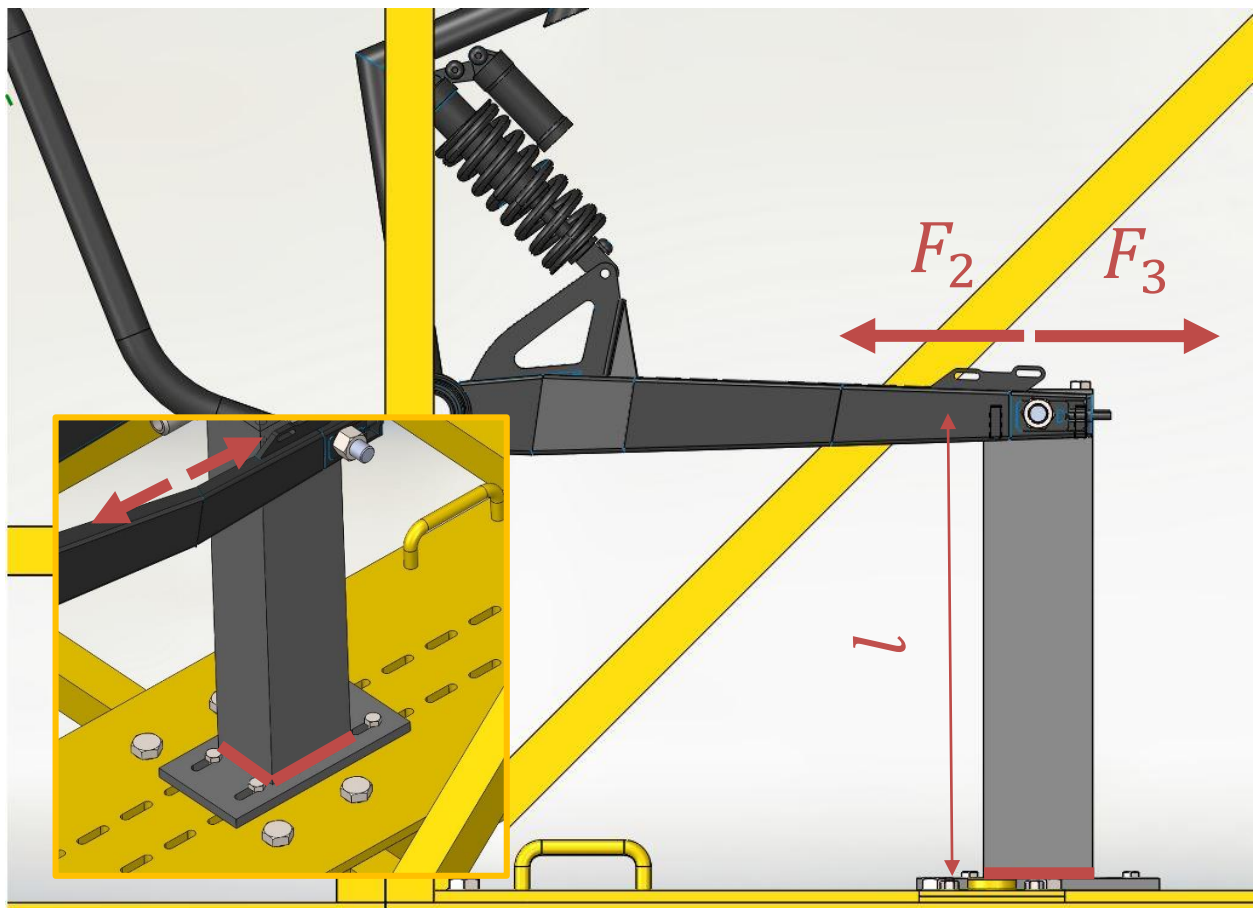
- $A_j = 144 \text{ mm}^2$  - mjerodavan presjek vijka [22]  
 $S = 3$  - potrebna sigurnost  
 $R_e = 900 \text{ MPa}$  - granica tečenja materijala za čelik S235 [22]  
 $\sigma_{\text{dop}}$  - dopušteno vlačno naprezanje

### 7.6.7. Proračun zavora držača stražnje osovine

Držač stražnje osovine je konstruiran od tri dijela. Gornjeg i donjeg dijela, te ploče koja je s vijcima povezana pločom nosivog okvira uređaja. Donji dio i ploča su povezani kutnim zavarom. Naprezanje zavora se javlja u trenutku dinamičkog ispitivanja okvira kod sila od 600 do 1200 N, naizmjenično promjenjivo.

Odabran je kutni *a4* zavar, prema slijedećim parametrima[23]:

- pogonska grupa  $B_4$
- redovita primjena, trajan pogon  $N_3$
- srednji spektar naprezanja, odnosno opterećenja  $S_2$
- kvaliteta zavora I
- utjecaj zareza  $K_0$



Slika 54 - Opterećenje zavara donjeg dijela držača

Maksimalna i minimalna sila:

$$F_{\max} = F_2 = 1200 \text{ N}$$

$$F_{\min} = F_3 = 600 \text{ N}$$

Odnos graničnih naprezanja:

$$\kappa = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{600}{1200} = 0,5$$

(30)

Naprezanje na savijanje:

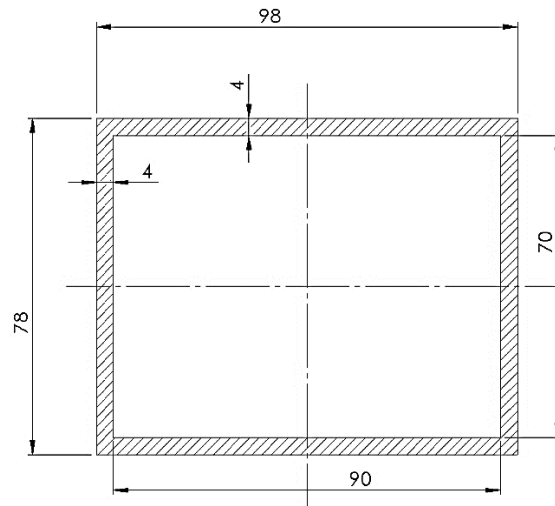
$$\sigma_{s \max} = \frac{F_{\max} \cdot \varphi \cdot l}{W_y} = \frac{1200 \cdot 1,3 \cdot 350}{38066,28} = 14,43 \text{ MPa}$$

(31)

$$\varphi = 1,3$$

$$l = 350 \text{ mm}$$

$$W_y = \frac{78 \cdot 98^3 - 70 \cdot 90^3}{6 \cdot 98} = 38066,28 \text{ mm}^3$$



Slika 55 - Presjek zavora

$$\sigma_{s \min} = \frac{F_{\min} \cdot \varphi \cdot l}{W_y} = \frac{600 \cdot 1,3 \cdot 350}{38066,28} = 7,17 \text{ MPa} \quad (32)$$

Naprezanje na smik:

$$\tau_{s \max} = \frac{F_{\max} \cdot \varphi}{A_{zav \parallel}} = \frac{1200 \cdot 1,3}{784} = 1,9 \text{ MPa} \quad (33)$$

$$A_{zav \parallel} = 2 \cdot 4 \cdot 98 = 784 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{s \min} = \frac{F_{\min} \cdot \varphi}{A_{zav \parallel}} = \frac{600 \cdot 1,3}{784} = 0,99 \text{ MPa} \quad (34)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red \max} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{14,34^2 + 3 \cdot 1,9^2} = 14,71 \text{ MPa} \quad (35)$$

$$\sigma_{red \min} = \sqrt{\sigma_{\min}^2 + 3 \cdot \tau_{\min}^2} = \sqrt{7,17^2 + 3 \cdot 0,9^2} = 7,33 \text{ MPa} \quad (36)$$

$$\sigma_{DV(0,5)DOP} = \frac{\sigma_{DV(0)dop}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{DV(0)dop}}{0,75 R_m}\right) \cdot \kappa} = \frac{280}{1 - \left(1 - \frac{280}{400 - 0,75}\right) \cdot 0,5} = 289,65 \text{ MPa} \quad (37)$$

$$R_m = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DV(0)DOP} = \frac{5}{3} \sigma_{d(-1)dop} = \frac{5}{3} \cdot 168 = 280 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{DV(-1)DOP} = 168 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red \max} = 14,71 \text{ MPa} < \sigma_{DV(0,5)DOP} = 289,65 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$a = 4 \text{ mm}$  - računska duljina kutnog zavora

$l = 350 \text{ mm}$  - udaljenost na kojoj djeluje sila

$\varphi = 1,3$  - faktor udara [23]

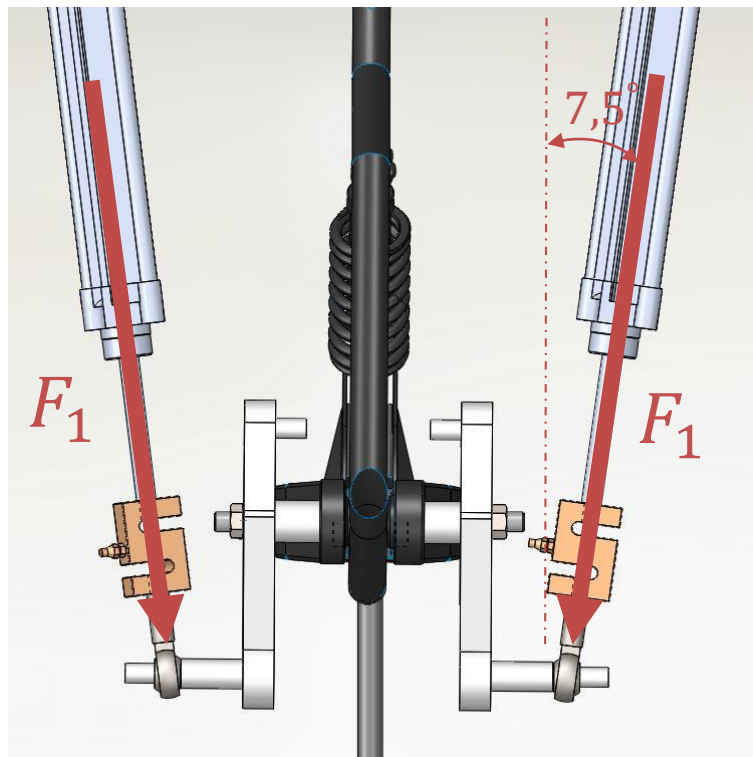
$\sigma_{DV(-1)DOP}$  - odnos najvećeg i najmanjeg reduciranog naprezanja za  $\kappa = -1$  [23]

$\sigma_{DV(\kappa)DOP}$  - dopušteno naprezanje za vlak u istosmjernom području [23]

$R_m = 400 \text{ MPa}$  - zatezna čvrstoća za čelik S235 [22]

### 7.7. Ispitivanje okvira bicikla silama pedaliranja

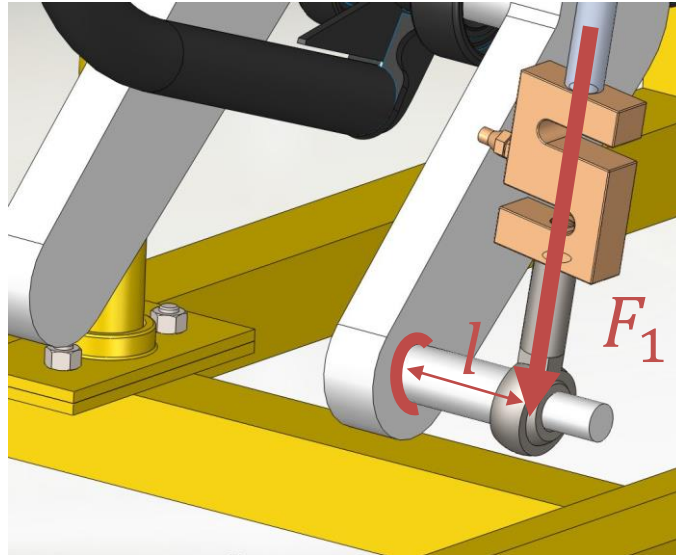
Za ispitivanje okvira bicikla silama pedaliranja, koristiti će se dva pneumatska cilindra odabrana u poglavlju 7.6.1. S obzirom da je potrebna dinamička sila koju moraju ostvariti ista, jedina razlika je u duljini hoda i dužoj konstrukciji kućišta cilindra kako bi se izbjegla pojava elastične konstrukcije ako je klipnjača predugačka. Kako bi se osiguralo točno prenošenje sile na ispitni uzorak, unutar dozvoljenih okvira propisanih normom (poglavlje 2.1.4), potrebno je na potisno tijelo ugraditi uređaj za regulaciju normalne sile kao što je odabran u poglavlju 7.6.3..



Slika 56 - Sile tokom ispitivanja okvira silom pedaliranja

### 7.7.1. Proračun zavora na testnom sklopu pedala

Na testnom sklopu pedala najkritičnije mjesto je mjesto zavora prihvatnog djela prikazano na Slici 57 koje je dinamički opterećeno na savijanje i smik. Opterećenje je čisto istosmjerno.



Slika 57 - Opterećenje zavora zamjenskog sklopa pedala

Odabran je kutni  $a4$  zavar, prema slijedećim parametrima [23]:

- pogonska grupa  $B_4$
- redovita primjena, trajan pogon  $N_3$
- srednji spektar naprezanja, odnosno opterećenja  $S_2$
- kvaliteta zavora I
- utjecaj zareza  $K_3$

Naprezanje na savijanje:

$$\sigma_s = \frac{F_s \cdot \varphi \cdot l}{W_{xz}} = \frac{1189 \cdot 1,5 \cdot 50}{2199,1} = 40,55 \text{ MPa}$$

(38)

$$F_s = F_1 \cdot \cos(7,5) = 1200 \cdot \cos(7,5) = 1189 \text{ N}$$

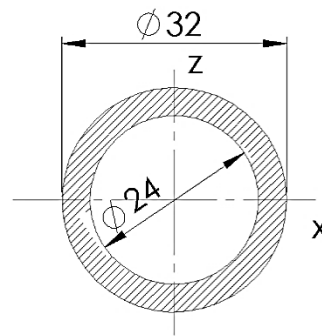
$$\varphi = 1,5$$

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$W_{xz} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{32^4 - 24^4}{32} = 2199,1 \text{ mm}^3$$

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$



Slika 58 - Presjek zavara

Naprezanje na smik:

$$\tau_{sm} = \frac{F_S}{A_{zav/2}} = \frac{1189}{175,9} = 6,75 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$A_{zav} = \frac{\pi}{d} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (32^2 - 24^2) = 351,8 \text{ mm}^2$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_S^2 + 3\tau_{sm}^2} = \sqrt{40,55^2 + 3 \cdot 6,75^2} = 42,2 \text{ MPa} \quad (40)$$

Odnos graničnih naprezanja:

$$\kappa = \frac{F_{min}}{F_{max}} = \frac{0}{1200} = 0$$

$$\sigma_{D(-1) dop} = 90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DV(0) dop} = \frac{5}{3} \sigma_{D(-1) dop} = \frac{5}{3} \cdot 90 = 150 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = 42,2 \text{ MPa} \leq \sigma_{DV(0) dop} = 150 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$a = 4 \text{ mm}$  - računaska duljina kutnog zavara

$l = 50 \text{ mm}$  - udaljenost na kojoj djeluje sila

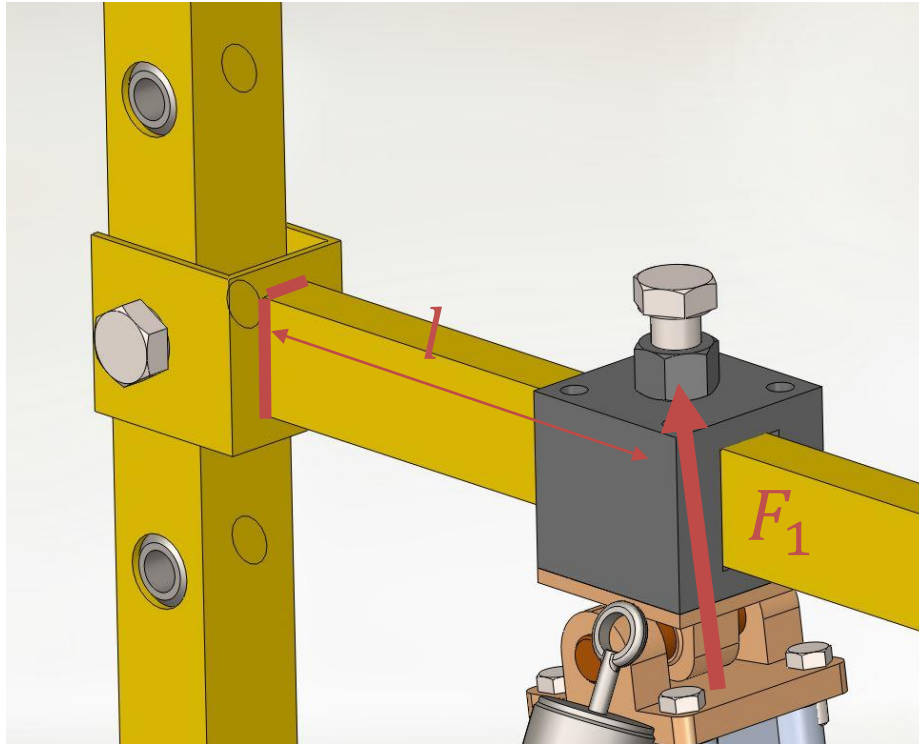
$\varphi = 1,5$  - faktor udara [23]

$\sigma_{DV(-1) DOP}$  - odnos najvećeg i najmanjeg reduciranog naprezanja za  $\kappa = -1$  [23]

$\sigma_{DV(\kappa) DOP}$  - dopušteno naprezanje za vlak u istosmjernom području [23]

### 7.7.2. Proračun zavora poprečne grede

Poprečna greda na uređaju se postavlja prije metode ispitivanja okvira bicikla silama pedaliranja kako bi se na nju postavila potisna tijela, odnosno dva pneumatska cilindra prema Slici 59.



**Slika 59 – Opterećenje zavora poprečne grede**

Zavar poprečne grede prema slici je dinamički, čisto istosmjerno opterećen na smik i savijanje sa silom od 1200 N pod kutom od 7,5 stupnjeva.

Odabran je kutni  $a4$  zavar, prema slijedećim parametrima [23]:

- pogonska grupa  $B_4$
- redovita primjena, trajan pogon  $N_3$
- srednji spektar naprezanja, odnosno opterećenja  $S_2$
- kvaliteta zavora I
- utjecaj zareza  $K_3$

Maksimalna i minimalna sila:

$$F_{\max} = F_1 = 1200 \text{ N}$$

$$F_{\min} = 0 \text{ N}$$

Odnos graničnih napreznaja:

$$\kappa = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{0}{1200} = 0$$

Napreznaje na savijanje:

$$\sigma_s = \frac{F_S \cdot \varphi \cdot l}{W_y} = \frac{1189 \cdot 1,5 \cdot 170}{6307,5} = 48,06 \text{ MPa}$$

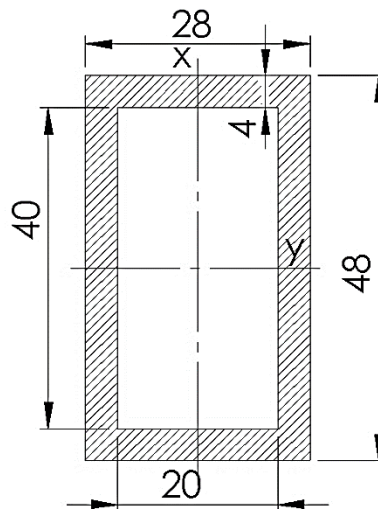
(41)

$$F_S = F_{\max} \cdot \cos(7,5) = 1200 \cdot \cos(7,5) = 1189 \text{ N}$$

$$\varphi = 1,5$$

$$l = 170 \text{ mm}$$

$$W_y = \frac{28 \cdot 48^3 - 20 \cdot 40^3}{6 \cdot 48} = 6307,5 \text{ mm}^3$$



Slika 60 - Presjek zavora

Napreznaje na smik:

$$\tau_s = \frac{F_S \cdot \varphi}{A_{zav \parallel}} = \frac{1189 \cdot 1,5}{320} = 5,57 \text{ Mpa}$$

(42)

$$A_{zav \parallel} = 2 \cdot 40 \cdot 4 = 320 \text{ mm}^2$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_S^2 + 3\tau_S^2} = \sqrt{48,06^2 + 3 \cdot 5,57^2} = 49,01 \text{ MPa} \quad (43)$$

$$\sigma_{D(-1) \text{ dop}} = 90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DV(0) \text{ dop}} = \frac{5}{3} \sigma_{D(-1) \text{ dop}} = \frac{5}{3} \cdot 90 = 150 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red}} = 49,01 \text{ MPa} \leq \sigma_{DV(0) \text{ dop}} = 150 \text{ MPa}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$a = 4 \text{ mm}$  - računska duljina kutnog zavora

$l = 170 \text{ mm}$  - udaljenost na kojoj djeluje sila

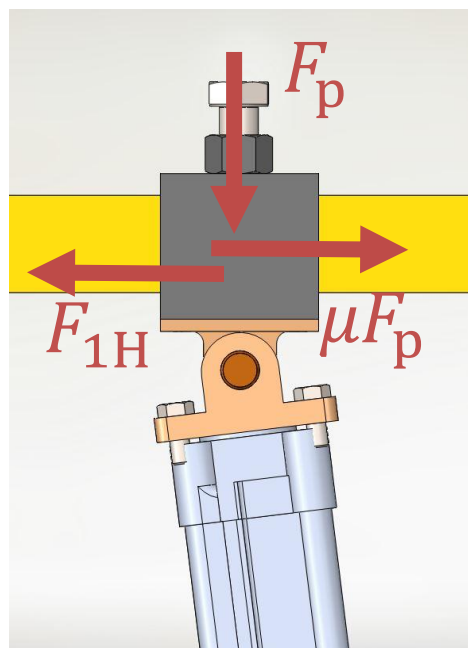
$\varphi = 1,5$  - faktor udara [23]

$\sigma_{DV(-1) \text{ DOP}}$  - odnos najvećeg i najmanjeg reduciranog naprezanja za  $\kappa = -1$  [23]

$\sigma_{DV(\kappa) \text{ DOP}}$  - dopušteno naprezanje za vlak u istosmjernom području [23]

### 7.7.3. Proračun sile trenja vijka na poprečnu gredu

S obzirom da se preko poprečne grede i nosača cilindra horizontalno podešava prihvat cilindra i pomoću vijka M16 učvršćuje nosač tokom ispitivanja, potrebno je proračunati silu trenja koja se pojavljuje prilikom stezanja vijka o poprečnu gredu.



Slika 61 - Sile na nosaču cilindra

Horizontalna komponenta sile F

$$F_{1H} = 1200 \cdot \sin(7,5) = 156,6 \text{ N}$$

Sila trenja:

$$F_T = \mu \cdot F_p = 0,12 \cdot 28800 = 3456 \text{ N}$$

(44)

$$\mu = 0,12$$

Sila prednaprezanja

$$F_p = \sigma_{pr} \cdot A_j = 200 \cdot 144 = 28800 \text{ N}$$

(45)

$$\sigma_{pr} = 200 \text{ MPa}$$

$$A_j = 144 \text{ mm}^2$$

$$F_{1H} = 156 \text{ N} < F_T = 3456 \text{ N}$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$$A_j = 144 \text{ mm}^2 \quad - \text{ mjerodavan presjek vijka [22]}$$

$$\sigma_{pr} = 200 \text{ MPa} \quad - \text{ naprezanje od predzatezanja [22]}$$

$$\mu = 0,12 \quad - \text{ koeficijent trenja za metale [22]}$$

#### 7.7.4. Proračun vijaka na spoju poprečne grede i nosive konstrukcije

Kako se cilindri horizontalno podešavaju preko nosača i poprečne grede, vertikalno podešavanje se obavlja preko predviđenih rupa s navojem u cilindrima zavarenim na nosivu konstrukciju i dva M16 vijka. Prikaz konstrukcijskog rješenja je na Slici 59.

Potrebna sila u jednom vijku:

$$F_{1V} = \frac{F_{popr} \cdot S_H}{\mu} = \frac{594,86 \cdot 1,5}{0,12} = 7435,86 \text{ N}$$

(46)

$$F_{popr} = \frac{F}{n_V} = \frac{1189}{2} = 594,86 \text{ N}$$

$$F = 1200 \cdot \cos(7,5) = 1189 \text{ N}$$

Najveća dopuštena sila u vijku

$$F_{\max} = \sigma_{\text{dop}} \cdot A_j = 300 \cdot 144 = 43200 \text{ N}$$

(47)

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{Re}{S} = \frac{900}{3} = 300 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{post}} = \frac{F_{\max}}{F_{1V}} = \frac{43200}{7435,86} = 5,8$$

$$S_{\text{post}} = 5,8 > S_H = 1,5$$

ZADOVOLJAVA

Gdje je:

$A_j = 144 \text{ mm}^2$  - mjerodavan presjek vijka [22]

$n_v = 2$  - broj nosivih vijaka

$S = 3$  - potrebna sigurnost

$S_H = 1,5$  - odabrana sigurnost prianjanja [22]

$\mu_0 = 0,12$  - koeficijent trenja za metale [22]

$R_e = 900 \text{ MPa}$  - dopušteno vlačno naprezanje [22]

### 7.8. Odabir lanca za vertikalno prenošenje sile

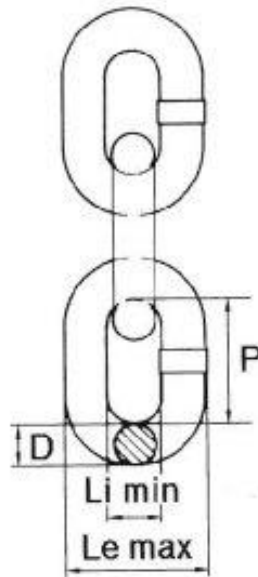
Za potrebe vertikalnog prenošenja sile u metodi ispitivanja konstrukcijski je odabran lanac za podizanje tereta. Nosivost koju lanac mora zadovoljiti je  $F_4 = 1200 \text{ N}$ .



Slika 62 - Lanac proizvođača Gutman Lifting KLG6 [30]



Odabran je lanac proizvođača Gutman Lifting KLG6 nosivosti 1120 kg. Dimenzije lanca su prikazane u Tablici 20.



Slika 63 - Dimenzije lanca Gutman lifting KLG6 [30]

Tablica 20 - Tablica dimenzija KLG6 Gutman Lifting [30]

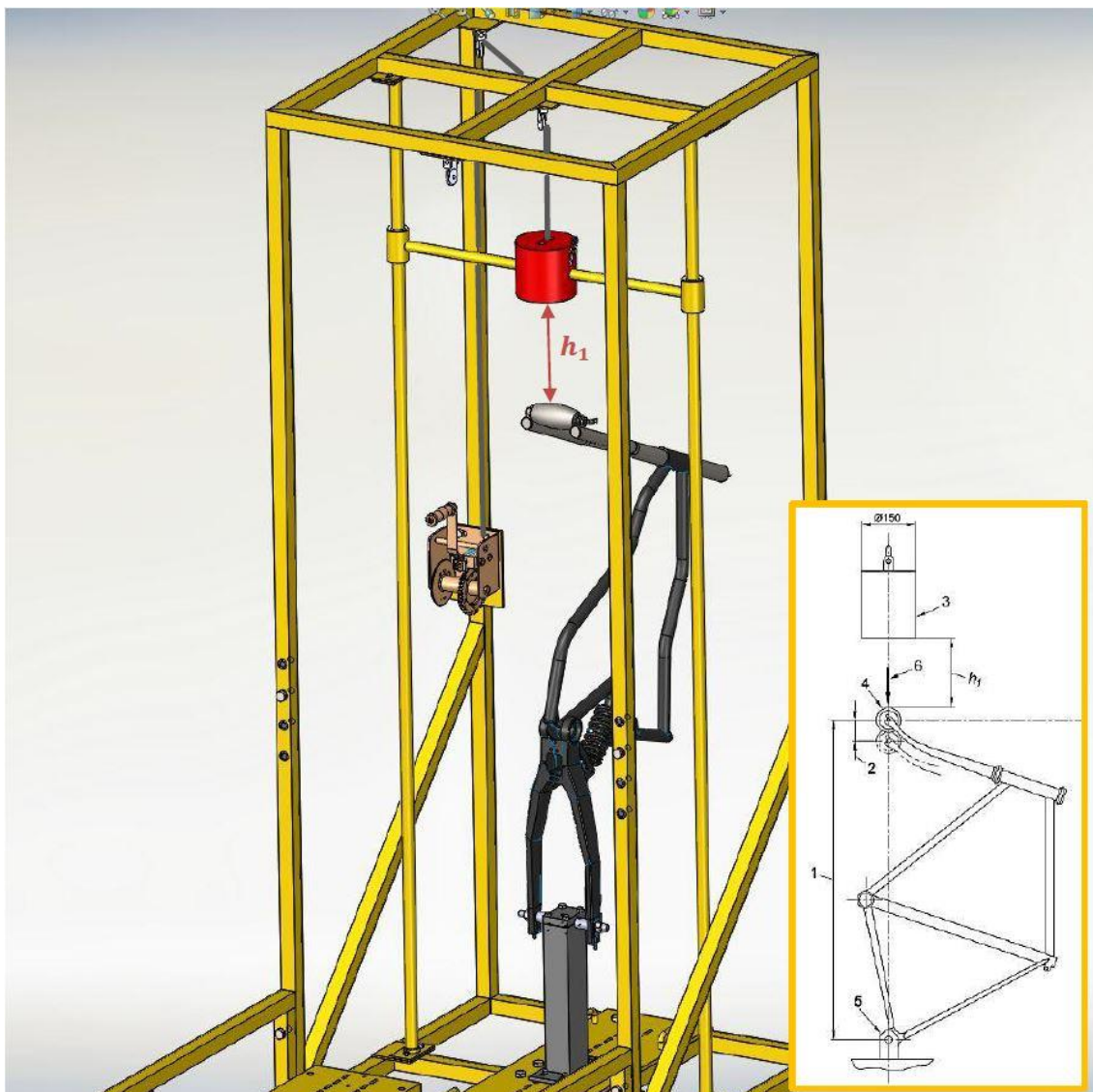
Tip	Promjer	Korak	Širina	Masa	Nosivost
	D	P	$l_{i\min}$		
	mm	mm	mm	kg/m	kg
KLG 6	$6\pm 0,24$	$18\pm 0,5$	7,8	0,8	1120
KLG 8	$8\pm 0,32$	$24\pm 0,7$	10,4	1,4	2000
KLG 10	$10\pm 0,40$	$30\pm 0,9$	13,0	2,2	3150
KLG 13	$13\pm 0,52$	$39\pm 1,2$	16,9	3,8	5300
KLG 16	$16\pm 0,64$	$48\pm 1,4$	20,8	5,7	8000
KLG 18	$18\pm 0,90$	$54\pm 1,6$	23,4	7,3	10000
KLG 20	$20\pm 1,00$	$60\pm 1,8$	26,0	9,0	12500
KLG 22	$22\pm 1,10$	$66\pm 2,0$	28,6	10,9	15000
KLG 26	$26\pm 1,30$	$78\pm 2,3$	33,8	15,2	21200
KLG 32	$32\pm 1,60$	$96\pm 2,9$	41,6	23,0	31500

## 8. PRIKAZ FUNKCIONALNIH TESTOVA UREĐAJA

Uz dimenzioniranje i proračun, za izradu 3D modela i tehničke dokumentacije korišten je programski paket SolidWorks 2013 x64 Edition. U ovom poglavlju prikazane su mogućnosti uređaja paralelno s definiranim testovima izdržljivosti iz norme EN ISO 4210:2014.

### 8.1. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajuća masa) (2.1.2)

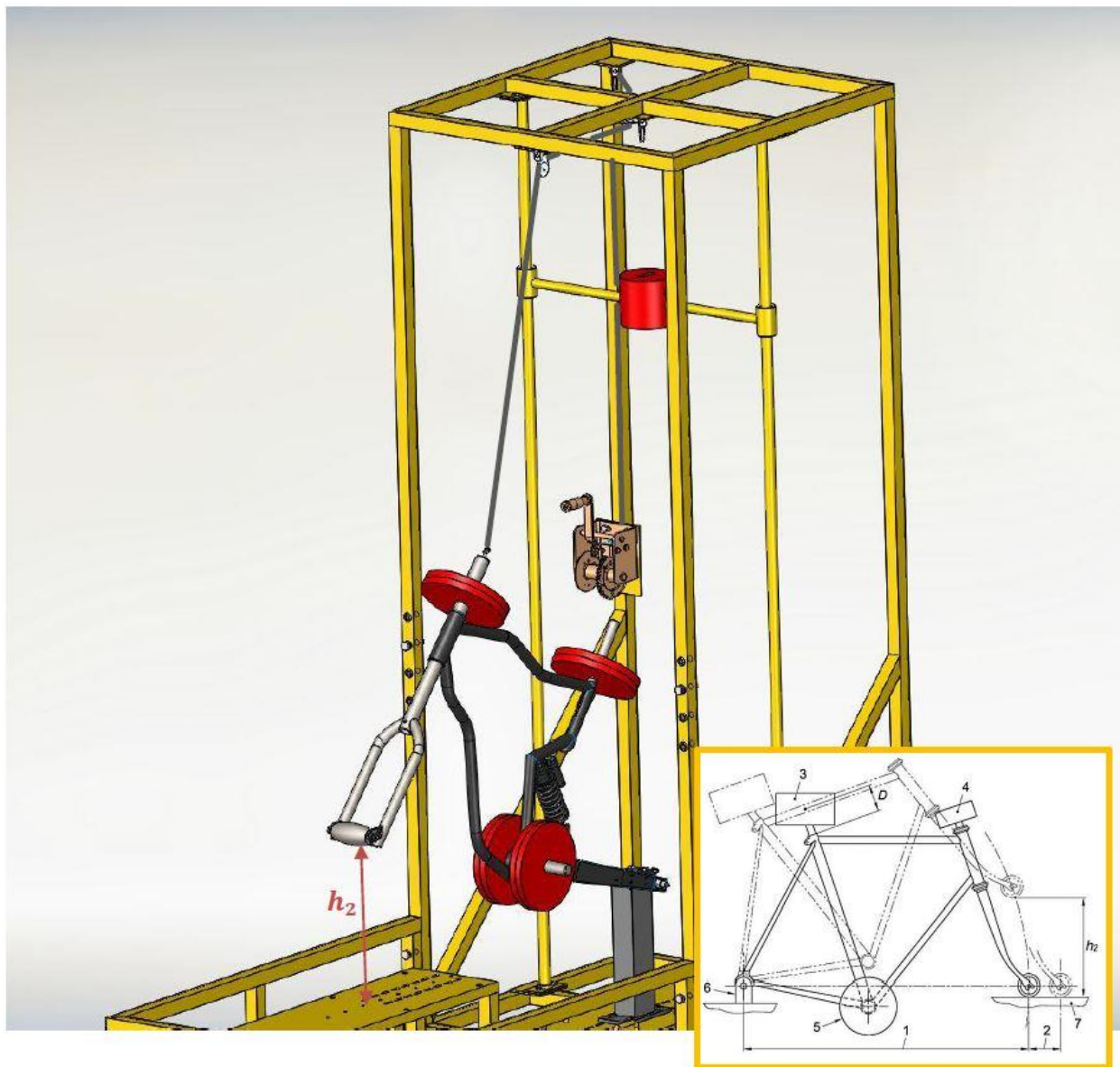
Opisana detaljno u poglavlju 2.1.2, ova metoda ispitivanja okvira bicikla se sastoji od podizanja utega mase  $M_g = 22,5$  kg na visinu  $h_1 = 180 - 360$  mm, te otpuštanja utega na vodoravno postavljeni okvir s prednjom originalnom ili zamjenskom vilicom koji je kruto učvršćen u zadnjoj vilici za kruto postolje. Analiza rezultata je objašnjena u poglavlju 2.1.2.



Slika 64 - Metoda ispitivanja okvira utegom (2.1.2)

## 8.2. Metoda ispitivanja okvira – udarni test (padajući okvir) (2.1.3)

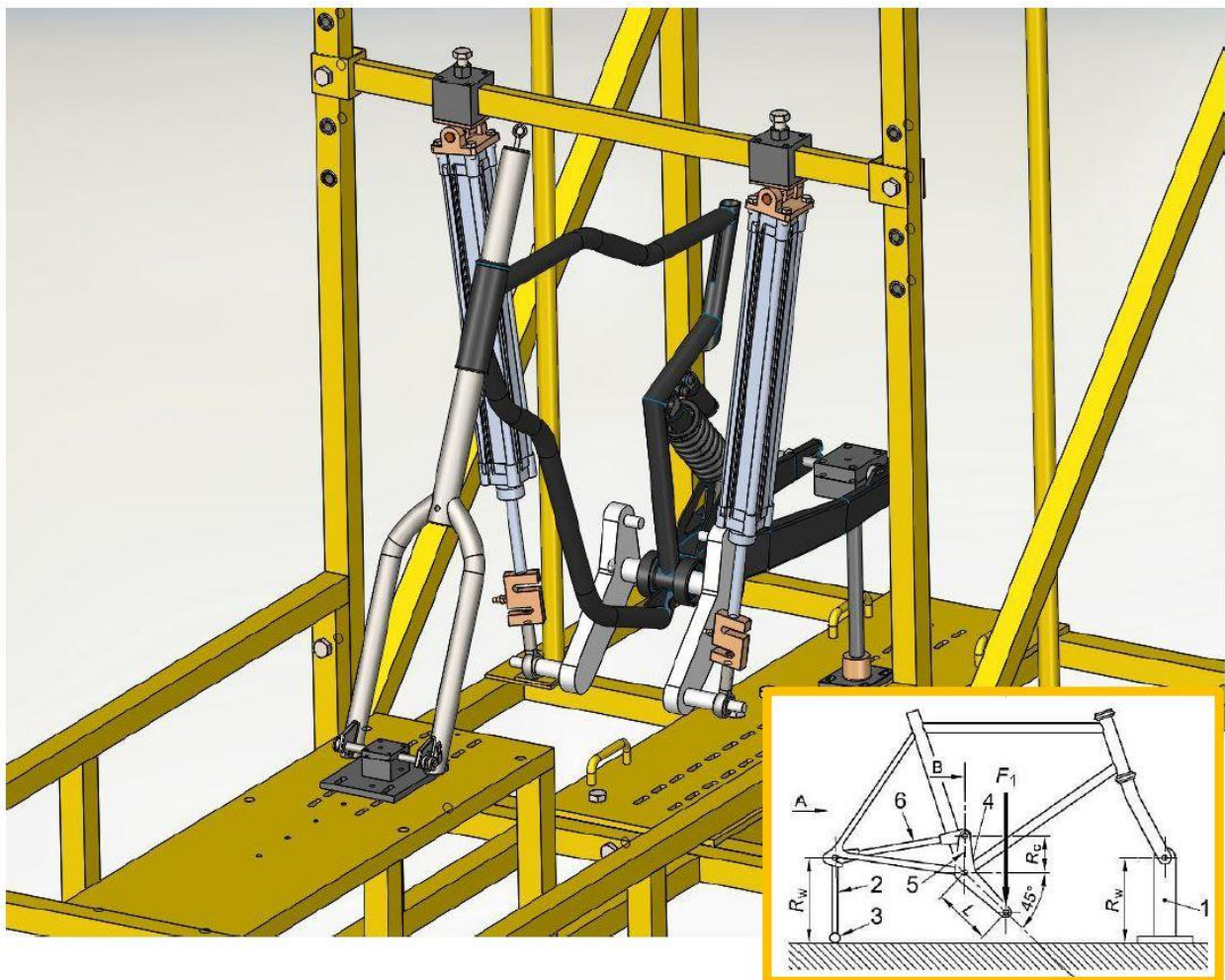
Opisana detaljno u poglavlju 2.1.3, metoda ispitivanja okvira sastoji se od postavljanja utega na okvir bicikla tako da simuliraju masu čovjeka koji vozi bicikl. Utezi se postavljaju na poziciju sjedala, pedala i volana. Maksimalna ukupna masa postavljenih utega je 90 kg. Okvir se učvršćuje u stražnjoj osovini za kruto postolje ali se ostavlja mogućnost zakretanja oko stražnje osovine. Opterećeni okvir se zatim podiže na visinu  $h_2 = 200 - 300$  mm te otpušta tako da prednjom vilicom udara na čeličnu ploču. Analiza rezultata je objašnjena u poglavlju 2.1.3.



Slika 65 - Metoda ispitivanja okvira otpuštanjem okvira (2.1.3)

### 8.3. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – sile okretanja pedala (2.1.4)

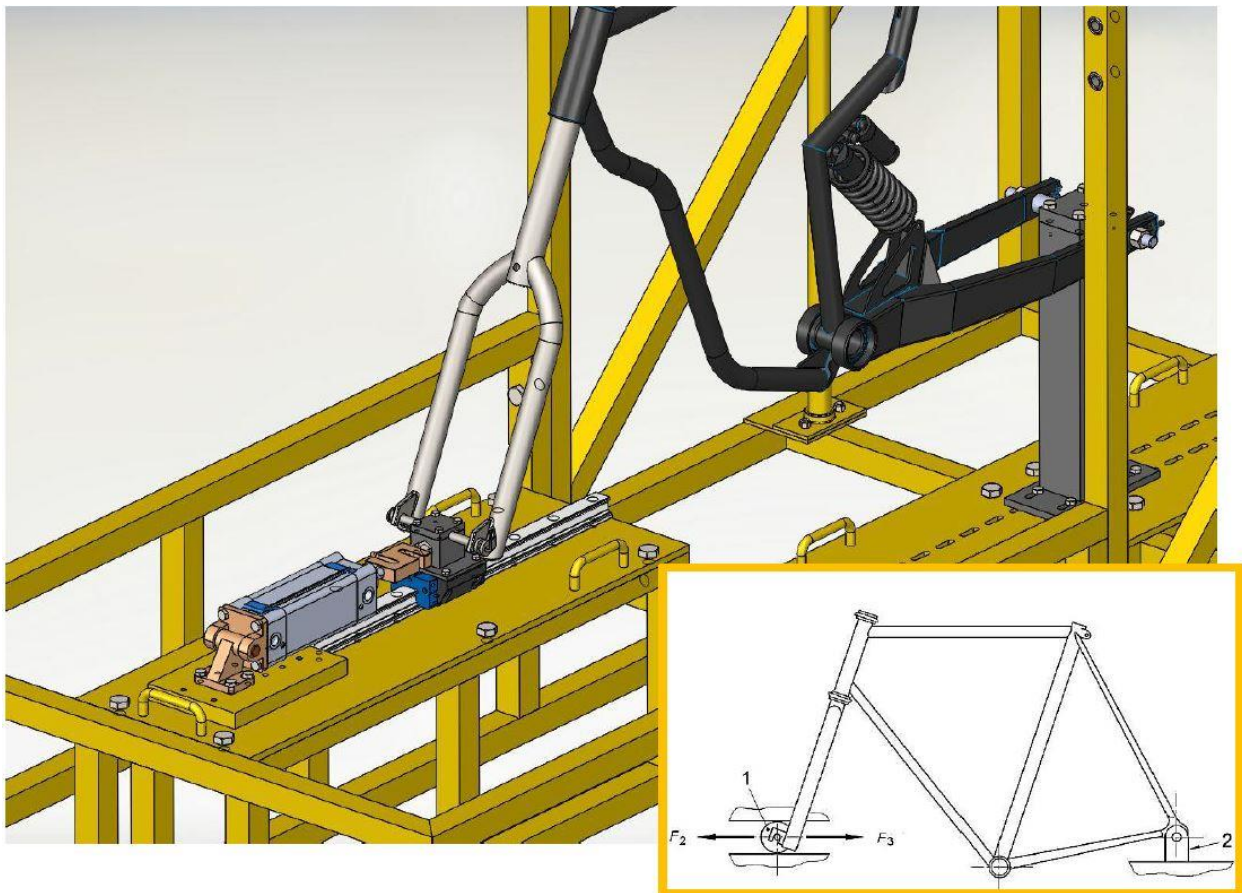
Ova metoda je prva od tri metode koja dinamički ispituje okvir bicikla. Detaljno je opisana u poglavlju 2.1.4, a sastoji se od postavljanja okvira bicikla na stražnji držač koji na kraju ima kuglični zglob, a na prednjem je kruto učvršćen s prednjim pločom. Iako norma ostavlja na izbor ispituje li se s originalnim sklopom pedala ili zamjenskim, ovaj uređaj predviđa ispitivanje okvira sa zamjenskim sklopom čija je tehnička dokumentacija također priložena. Uređaj se dinamički ispituje pomoću dva pneumatska cilindra maksimalnim dinamičkim silama  $F_1 = 1200$  N postavljenih na poprečnu gredu koja se spaja vijcima na okomite grede nosive konstrukcije uređaja. Ispitivanje se odvija na 100 000 ciklusa. Na cilindre su postavljene tlačne ćelije pomoću koji se regulira normalna sila.



Slika 66 - Metoda ispitivanja okvira - sile okretanja pedala (2.1.4)

#### 8.4. Metoda ispitivanja okvira - test zamora - horizontalna sila (2.1.5)

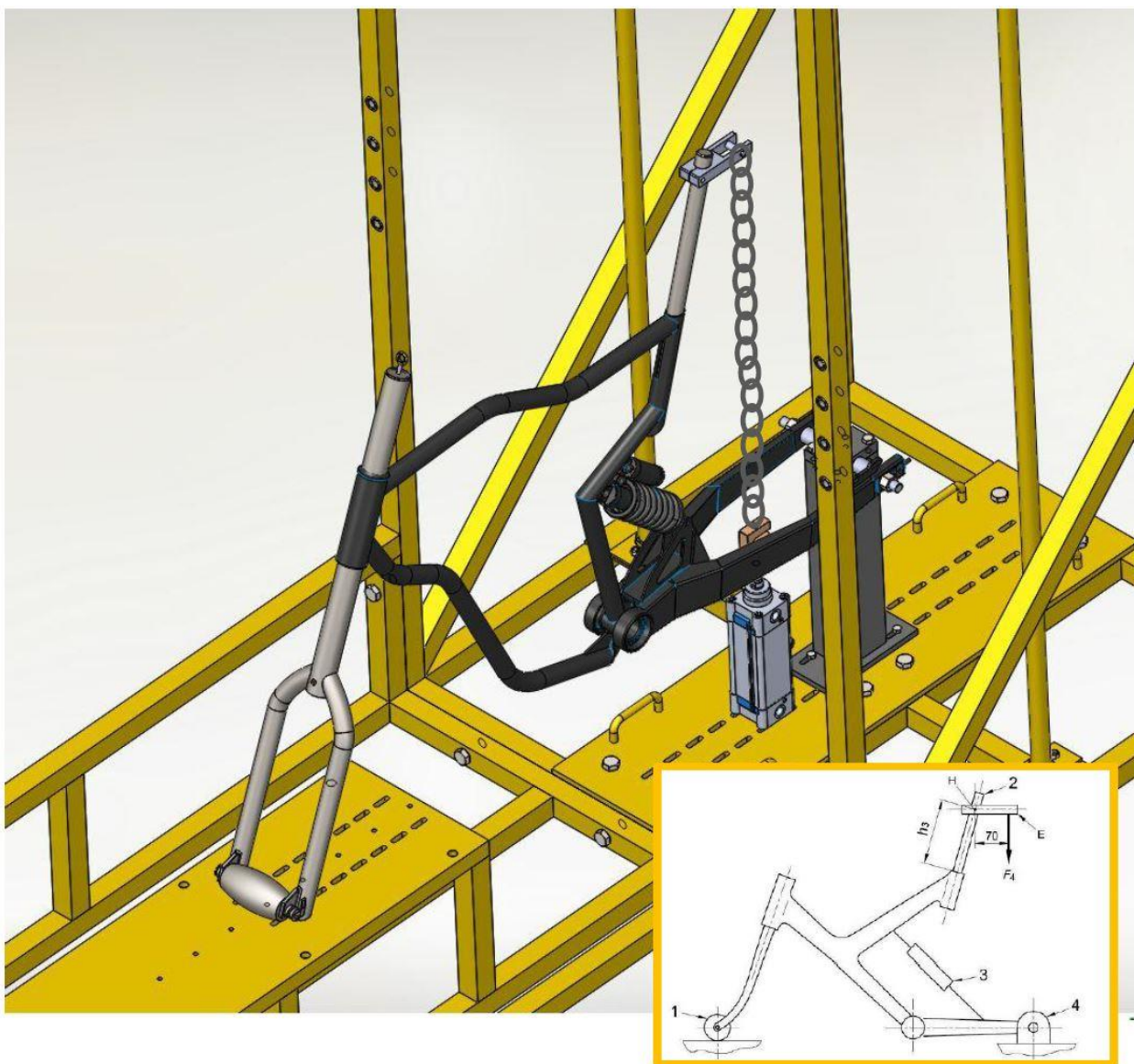
Druga metoda koja dinamički ispituje okvir bicikla je ispitivanje horizontalnom silom. Metoda je detaljno opisana u poglavlju 2.1.5. Prije ispitivanja okvir se postavlja na kruto postolje učvršćen s postoljem u stražnjoj osovini. Prednja vilica učvršćuje se na vodilicu koja je povezana s pneumatskim cilindrom. Cilindar dinamički ispituje okvir naizmjenično promjenjivim maksimalnim silama  $F_2 = 1200 \text{ N}$  i  $F_3 = 600 \text{ N}$ . Na cilindar je postavljena tlačna ćelija pomoću koje se regulira normalna sila. Ispitivanje se odvija na 100 000 ciklusa.



Slika 67 - Metoda ispitivanja okvira - horizontalna sila (2.1.5)

### 8.5. Metoda ispitivanja okvira – test zamora – vertikalna sila (2.1.6)

Zadnja metoda koja dinamički ispituje, a ujedno i zadnja metoda koju uređaj može obavljati jest metoda ispitivanja okvira bicikla vertikalnom silom. Metoda je detaljno opisana u poglavlju 2.1.7. Za potrebe metode ispitivanja, okvir bicikla se postavlja na kruto postolje, učvršćen za stražnju osovinu, a u prednjoj je slobodno oslonjen na prednju ploču uređaja. Pneumatski cilindar postavlja se na stražnju ploču uređaja i dinamički opterećuje cijev sjedala sa silom  $F_4 = 1200 \text{ N}$  oko 100 000 ciklusa. Na cilindar je postavljena tlačna ćelija pomoću koje se regulira normalna sila. Ćelija i cijev sjedala su povezani lancem kojim se prenosi opterećenje.



Slika 68 - Metoda ispitivanja okvira – vertikalna sila (2.1.6)

## **9. ZAKLJUČAK**

Provedenom analizom tržišta i postojećih proizvoda prikazano je kako ne postoji univerzalno rješenje uređaja za ispitivanje okvira bicikala, s mogućnošću izvođenja svih statičkih i dinamičkih testova. Uređaji koji i mogu izvesti nekoliko testova su u pravilu velikih dimenzija i visoke cijene.

Ovdje predloženo rješenje ima više očitih prednosti. Prva i glavna prednost jest mogućnost izvođenja svih statičkih i dinamičkih ispitivanja na uređaju. Druga je izvođenje svih metoda ispitivanja u skladu s EN ISO 4210:2014 normom te male dimenzije i sigurno niža cijena od konkurencije na tržištu. Pri konstrukciji i dimenzioniranju naglasak je bio na funkcionalnosti rješenja i jednostavnost izrade, te isto tako izmjene operativnih dijelova. Također je bila važna i modularnost uređaja, odnosno da je uređajem moguće ispitivati okvire bicikala svih dimenzija i veličina.

Iako zadovoljava sve zahtjeve iz norme i zadatka, uređaj ima nekoliko nedostataka. Prvi nedostatak je taj da nije moguće izvoditi više metoda ispitivanja u isto vrijeme, što je posebno bitno kada se izvode dinamička ispitivanja koja prolaze do 100 000 ciklusa. Drugi nedostatak je da iako normom nije propisana potreba za praćenjem pomaka deformacija tijekom ispitivanja čeličnih okvira bilo bi dobro ugraditi mjerače pomaka, za što je i ostavljen prostor i mogućnost ugradnje.

**PRILOZI**

- I. CD-R
- II. Tehnička dokumentacija



**LITERATURA**

- [1] HRN EN ISO 4210-6-2014
- [2] <http://yeslerapparel.com/the-under-appreciated-history-of-the-bicycle>
- [3] <http://www.bicikli.com.hr/clanci/10-razloga-za-voznju-biciklom/44>
- [4] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Električni\\_bicikl](https://hr.wikipedia.org/wiki/Električni_bicikl)
- [5] <http://www.biker.hr/naslovnica/vijesti/bicikl-i-sastavni-dijelovi.html>
- [6] Chun Yen Testing Machine Co., Ltd. – Testing Equipment  
<http://www.chunyen.com.tw>
- [7] Hung Ta - Instruments  
<http://www.hungta.com/downloads.html>
- [8] Die Technische Universität München (TUM)  
<https://www.tum.de>
- [9] Canyon Bicycles  
<http://road.cc/content/feature/89663-inside-canyon-bicycles>
- [10] Santa Cruz Bicycles  
<http://www.santacruz bicycles.com/en/us>
- [11] Juliana Bicycles  
<http://www.julianabicycles.com/en/us>
- [12] Fuji Bikes  
<http://www.fujibikes.com>
- [13] Surly Bikes  
<http://surlybikes.com>
- [14] Merida Bikes  
<http://www.merida-bikes.com>
- [15] KTM  
<http://www.ktm.com>
- [16] Author  
<http://en.author.eu>
- [17] Scott Sports  
<http://www.scott-sports.com/global/en/>
- [18] Trek Bikes  
<http://www.trekbikes.com>
- [19] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Konstrukcijski\\_%C4%8Delik](https://hr.wikipedia.org/wiki/Konstrukcijski_%C4%8Delik)
- [20] Strojopromet, katalog, Crna metalurgija, Zagreb, 2015.

- [21] Kraut, B.: Strojarski priručnik, AXION d.o.o., Zagreb, 1997.
- [22] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Golden marketing - Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- [23] Proračun spojeva konstrukcija, podloge za predavanja, prof. Kranjčević 2014./2015.
- [24] Schachermayer  
<http://www.schachermayer.hr/maschinen/>
- [25] Hopkins Fittings  
<http://www.hopkinsfittings.co.uk/>
- [26] Regulacija hidrauličkih i pneumatskih sustava, prof. Željko Šitum, FSB
- [27] Katalog UNI AIR Pneumatics, Zagreb 2015.
- [28] Thomas – Linear Motion  
Profile Rail Linear Guides, Thomson - Linear motion, 2016.
- [29] Applied measurements Ltd.  
<http://www.appmeas.co.uk/dbb-s-beam-load-cell.html>
- [30] <http://dizalica.hr/lanci-i-spojni-pribor-g80.html>
- [31] Projekt II, Domagoj Topličanec, FSB, Zagreb, 2016.