

# Konstrukcijska razrada naprave za vježbanje nožne ekstenzije

---

**Kosanović, Helena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2025**

*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:235:335489>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Helena Kosanović**

Zagreb, 2025. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Aleksandar Sušić, dipl. ing.

Student:

Helena Kosanović

Zagreb, 2025. godina.

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

Zahvaljujem se prije svega svom mentoru prof. dr. sc. Aleksandru Sušiću na svim savjetima, podršci i pomoći prilikom pisanja ovoga rada.

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama, koji su bili uz mene tijekom mog studiranja i dijelili sa mnom moje brige i veselje. Hvala im za svu motivaciju i podršku.

Najviše hvala mojim roditeljima Dejana i Miroslavu što mi uvijek pružaju potporu i ljubav. Zahvaljujući njima kroz cijeli proces studiranja nikad nisam bila sama i uvijek sam pronalazila motivaciju za dalje. Hvala im što su uvijek imali razumijevanja za mene i što su mi olakšali ovaj put.

Helena Kosanović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 25 –	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Helena Kosanović** JMBAG: **0035233342**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcijska razrada naprave za vježbanje nožne ekstenzije**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design proposal of a seated leg extension device**

Opis zadatka:

Preduvjeti za ispravno i djelotvorno vježbanje predstavljaju znanja i iskustva instruktora, te kvalitetno i ispravno oblikovane naprave i oprema koje se pri tome koriste. Ovi preduvjeti vrijede i za naprave za vježbanje nožne ekstenzije. Njihove tehničke kvalitete odnosno nedostaci, korisnički zahtjevi i iskustva predstavljaju temelj poboljšanja takvih rekvizita i naprava, ne samo iz korisničke perspektive, već i u smislu stvaranja potencijala za unaprjeđenje i proširenje programa vježbanja. Pored jakosti mišića, dodatnu kvalitetu spremnosti vježbača obuhvaća i sposobnost izdržljivosti u jakosti mišića, što se u velikom broju slučajeva rijetko može vježbati, pa se vježbačima nameće izazov „snalaženja“. Kod toga postoji mogućnost da mnogo toga pođe po krivu, pa bi kvalitetno konstrukcijsko rješenje dalo važan pozitivan doprinos u pripremi sportaša, osobito ako ne bi bilo cjenovno i logistički teško dostupno kao izokinetički dinamometri. Uloga takve konstrukcije bi pored vježbanja, omogućila periodična testiranja odnosno praćenje napretka u sposobnostima vježbača.

U radu je potrebno:

- Istaknuti razliku vježbanja jakosti i izdržljivosti u jakosti mišića, odnosno uobičajenih naprava i naprava nalik ergometrima ili izokinetičkim dinamometrima;
- Provesti analizu tržišta proizvoda za vježbanje nožne ekstenzije uz raspravu o njihovim ograničenjima, prednostima i nedostacima;
- Utvrditi sve konstrukcijske i ergonomijske zahtjeve kojima konstrukcijsko rješenje za vježbanje nožne ekstenzije za trening izdržljivosti u jakosti treba udovoljiti, uključujući i sigurnost;
- Provesti konstrukcijsku razradu rješenja za vježbanje nožne ekstenzije;
- Raspraviti ograničenja, prednosti i nedostatke izrađenog konstrukcijskog rješenja.

Svu dokumentaciju izraditi na računalu, a opseg tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2024.

Datum predaje rada:

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.  
2. rok: 10. i 11. 7. 2025.  
3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.  
2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025  
3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Aleksandar Sušić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE.....	V
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD.....	1
2. BIOMEHANIČKA ANALIZA NOŽNE EKSTENZIJE .....	2
2.1 Uloga i dijelovi mišića kvadricepsa .....	2
2.2 Djelovanja mišića kvadricepsa pri izvođenju nožne ekstenzije.....	3
2.3 Ergonomske značajke koje je potrebno uzeti u obzir.....	4
2.3.1 Prilagodljivost naslona i sjedala.....	4
2.3.2 Prilagodljiva duljina nožne ekstenzije.....	5
2.3.4 Ergonomski oblik sjedala.....	6
2.4 Opće značajke.....	6
2.4.1 Stabilnost konstrukcije.....	6
2.4.2 Jednostavnost mehanizama za podešavanje položaja za vježbanje.....	6
2.4.3 Jednostavnost mehanizama za podešavanje opterećenja.....	6
2.4.4 Kvalitetan materijal spužvastih obloga.....	7
2.4.5 Sigurnost naprave.....	7
3. ZAHTJEVI I OGRANIČENJA .....	8
4. ANALIZA TRŽIŠTA .....	10
5. TEHNIČKI UPITNIK .....	15
6. DEFINICIJA CILJA.....	17
7. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA .....	18
8. MORFOLOŠKA MATRICA .....	19

---

9. IZRADA KONCEPATA .....	21
9.1 Koncepti s obzirom na način opterećenja.....	21
9.1.1 Koncept 1.....	21
9.1.2 Koncept 2.....	22
9.1.3 Koncept 3.....	23
9.2 Koncepti s obzirom na način prilagodbe sjedala.....	24
9.2.1 Koncept 1 - sjedalo s prilagodljivim naslonom.....	24
9.2.2 Koncept 2 - sjedalo s prilagodljivim naslonom i sjedištem.....	25
9.2.3 Koncept 3 - sjedalo s prilagodljivim naslonom i sjedištem.....	25
10. VRENDOVANJE KONCEPATA.....	26
11. DETALJIRANJE IZABRANIH KONCEPATA.....	28
12. USPOREDBA REFERENTNE I KONSTRUIRANE NAPRAVE.....	32
ZAKLJUČAK .....	34
LITERATURA.....	35

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Mišići kvadricepsa [1] .....	3	
Slika 2.	Pokret natkoljenice prilikom izvođenja vježbe [2].....	3	
Slika 3.	Antropometrijske dimenzije [3] .....	4	
Slika 4.	Duljina od koljena do stopala	Slika 5. Prilagodljivost nožne poluge [4] ....	5
Slika 6.	Nožna ekstenzija opteretljiva utezima [5] .....	10	
Slika 7.	Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika [6] .....	11	
Slika 8.	Nožna ekstenzija s dva neovisna valjka [7].....	11	
Slika 9.	Hidraulični ergometar za veslanje [8] .....	12	
Slika 10.	Veslački ergometar sa zračnim otporom [9] .....	12	
Slika 11.	Veslački ergometar sa magnetskim otporom [10].....	13	
Slika 12.	Veslački ergometar s vodenim otporom [11] .....	13	
Slika 13.	Acceleration Leg Curl/Extension [12] .....	14	
Slika 14.	Funkcijska dekompozicija .....	18	
Slika 15.	Skica koncepta 1 .....	22	
Slika 16.	Skica koncepta 2.....	23	
Slika 17.	Skica koncept 3 .....	24	
Slika 18.	Koncept 1 – sjedalo .....	24	
Slika 19.	Koncept 2 – sjedalo .....	25	
Slika 20.	Koncept 3 - sjedalo.....	25	
Slika 21.	CAD model naprave.....	28	
Slika 22.	Podешavanje udaljenosti i nagiba naslona naprave.....	29	
Slika 23.	Vijak za pritezanje.....	29	
Slika 24.	Kutna podesivost sjedišta	Slika 25. Zatik za podešavanje .....	30
Slika 26.	Sigurnosna poluga sa spužvastom oblogom.....	30	
Slika 27.	Nožna poluga i njezin sistem podešavanja.....	31	
Slika 28.	Vijak za podešavanje otpora.....	31	
Slika 29.	PM5 Monitor Suport .....	31	
Slika 30.	Prikaz modula referentne naprave .....	32	
Slika 31.	Druga pozicija referentne naprave.....	32	



**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Tehnički upitnik.....	15
Tablica 2. Definicija cilja.....	17
Tablica 3. Morfološka matrica.....	19
Tablica 4. Vredovanje koncepata opterećenja.....	26
Tablica 5. Vredovanje koncepata sjedala.....	27

---

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

01-00-00	Nožna ekstenzija	A2
01-01-00	Sjedalo	A2
01-03-00	Postolje	A2

---

**SAŽETAK**

U ovom radu radi se o konstruiranju sigurne i antropometrijski prilagodljive naprave za povećanje izdržljivosti i jakosti mišića kvadricepsa. Pri tome, u obzir su uzete bitne ergonomske značajke koje takva konstrukcija treba zadovoljiti. Istaknuta je uloga i dijelovi mišića kvadricepsa te sama namjena i učinak nožne ekstenzije. Dan je uvid u sve ergonomske stavke, koje je potrebno uzeti u obzir pri konstruiranju, kako bi se naposljetku dobila adekvatna naprava. Vrlo je važno kod ove naprave da ima pravilan prihvat tijela kako bi vježbanjem aktivirali samo mišić kvadricepsa bez ozljeđivanja zgloba koljena i kako bi duži boravak na spravi bio šta ugodniji. Definiranjem zahtjeva i ograničenja uviđeno je u kojem bi smjeru razrada trebala ići, ispunjavanjem tehničkog upitnika i definiranjem cilja, jasnije su definirane sve smjernice. Nadalje, provedena je analiza tržišta, njome su istaknute prednosti i nedostaci postojećih naprava na tržištu, a time se uvidjela mogućnost i prostor za napredak.

Izradom funkcijske dekompozicije, omogućen je razvoj morfološke matrice pomoću koje su dobivena rješenja za funkcije definirane funkcijskom dekompozicijom. Potom su definirani koncepti (tri za svaki) za modul opterećivanja i sjedalo. Vrednovanjem tih koncepata u odnosu na napravu, vrednovanu kao najbližu željenom rješenju, izabrani su oni najbolji koji su kasnije objedinjeni u jednu konstrukciju i detaljizirani. U razradi je prikazan CAD model konačne konstrukcije naprave izrađen u Solidworks2020 programskom paketu.

Konstrukcijskom razradom dobivena je naprava za vježbanje nožne ekstenzije koja po principu ergometra povećava izdržljivost i snagu mišića kvadricepsa, a pritom korisnik svoj napredak prati pomoću monitora. Naprava ima različite mehanizme prilagodbe kako bi se obuhvatila što veća populacija i što veće tržište.

**Ključne riječi:** nožna ekstenzija, ergometar, konstrukcija

---

**SUMMARY**

This paper focuses on the design of a safe and anthropometrically adaptable device for increasing the endurance and strength of the quadriceps muscles. Key ergonomic features that such a construction must meet have been taken into account. The role and components of the quadriceps muscle, as well as the purpose and effects of leg extension exercises, are highlighted. An overview of all ergonomic aspects that need to be considered during the design process is provided to ultimately create an appropriate device. It is crucial for this device to provide proper body support to ensure that only the quadriceps muscle is activated during exercise, preventing knee joint injuries and ensuring greater comfort during prolonged use. By defining the requirements and limitations, the direction of the development process has been clarified, and through the completion of a technical questionnaire and the definition of goals, all guidelines have been more precisely determined.

Furthermore, a market analysis was conducted, highlighting the advantages and disadvantages of existing devices available on the market, thus identifying opportunities and areas for improvement. The development of a functional decomposition enabled the creation of a morphological matrix, which generated possible solutions for the functions defined through the decomposition process. Subsequently, design concepts were created—three for the loading module and three for the seat. These concepts were evaluated based on their similarity to the desired design, and the best-performing ones were combined into a single structure and further detailed.

The design process includes the presentation of a CAD model of the final device, created using the SolidWorks 2020 software package.

The resulting design is a leg extension machine that, operating on the principles of an ergometer, enhances the endurance and strength of the quadriceps muscles while allowing users to monitor their progress via a display. The device features various adjustment mechanisms to accommodate a broader population and reach a larger market.

**Keywords:** leg extension, ergometer, structure

## 1. UVOD

U suvremenom društvu, javlja se sve veća svijest o važnosti zdravlja i tjelesne aktivnosti. Različite naprave postaju dio ljudske svakodnevnice. Napredak tehnologije, omogućio je razvoj inovativnih naprava, koje omogućuju primjenu širokoj populaciji ljudi.

Naprave za vježbanje koristimo kako bi se oporavili od ozljeda (rehabilitacija), radi sprječavanja ozljeda prilikom bavljenja sportom, radi estetike samoga tijela i sličnih razloga. Stoga, naprava mora biti prije svega sigurna za upotrebu kako ne bi došlo do ozljeda, mora obavljati svrhu za koju je namijenjena te mora biti sigurna, kako bi odgovarala ljudima koji se oporavljaju od ozljeda.

Danas postoji mnoštvo naprava i vježbi koje, uz pravilno korištenje, mogu dovesti do željenog rezultata, no uvijek ima „prostora“ za poboljšanje istih.

Naprava za nožnu ekstenziju omogućava izolaciju kvadricepsa, što znači da pomaže u ciljanom jačanju toga mišića bez uključivanja drugih mišića nogu. Vježba se izvodi sjedenjem na spravi s nogama savijenim u koljenima, a stopala postavljenim ispod valjka koji je povezan s utezima. Osim jačanja mišića, ova vježba pospješuje stabilnost i sigurnost zgloba koljena.

Cilj ovog rada je konstrukcijska razrada naprave za vježbanje nožne ekstenzije, odnosno cilj je dati novo konstrukcijsko rješenje koje bi pri korištenju, na manje invazivan i siguran način, učinilo kvadriceps izdržljivijim i spremnijim. Razlika između jakosti i izdržljivosti je u tome što jakost je spremnost mišića podići veliku silu, dok izdržljiv mišić ima sposobnost podnijeti ponavljajuće kontrakcije ili naprezanja kojima je mišić podložen kroz dulji vremenski period. Svojstvo izdržljivosti je osobito važno kod sportaša čiji su mišići podvrgnuti većem opterećenju.

Ergometar je dio fitness opreme, koji pospješuje kardio vježbanje. Omogućuje nam sagorijevanje kalorija, povećanje izdržljivosti i snage mišićne mase te znatno poboljšava cirkulaciju. Moguće je dobivati povratne informacije o potrošnji kalorija, o vremenu i sl. na ekranu tokom vježbanja, te daje mogućnost korisniku da prati napredak tijekom određenog perioda vježbanja.

Novo rješenje bi trebalo pomoći sportašima da lakše održavaju fizičku spremnost, a ozlijeđenima lakši oporavak.

## 2. BIOMEHANIČKA ANALIZA NOŽNE EKSTENZIJE

Biomehanička analiza nožne ekstenzije odnosi se na proučavanje pokreta, sila i mehaničkih karakteristika povezane s ekstenzijom koljena. Dizajn naprave je jedan od ključnih stavki za osiguravanje pravilne biomehanike pokreta, ostvarivanje sigurnog vježbanja i udobnosti tijekom boravka na samoj napravi.

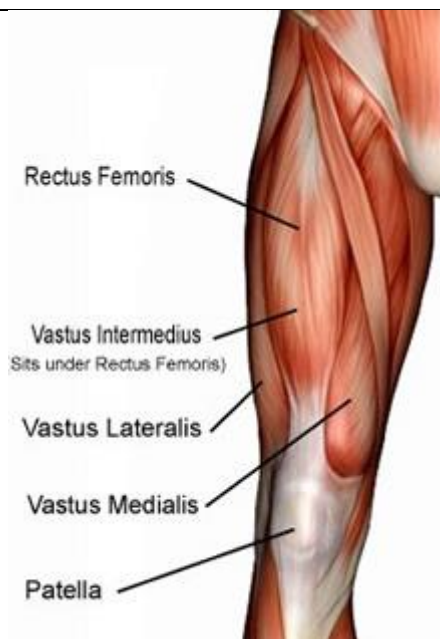
### 2.1. Uloga i dijelovi mišića kvadricepsa

Uloga nožne ekstenzije može biti rehabilitacijska i sportska. U sportskoj namjeni, nožna ekstenzija izolira kvadriceps i time omogućuje korisniku precizno jačanje ovoga mišića, također povećava masu i definira sam mišić, bilo da se radi o estetici ili o cilju učiniti kvadriceps snažnijim i eksplozivnijim radi sporta. Današnje nožne ekstenzije usmjerene su isključivo na snagu kvadricepsa te vrlo malo o njegovoj izdržljivosti. Kada je riječ o rehabilitaciji, korisnik će korištenjem nožne ekstenzije postepeno obnavljati kvadriceps i sam zglob koljena. Nakon povrede ili operacije, pacijenti zbog poštode ozlijeđene noge i mirovanja, imaju kasnije oslabljene mišiće kvadricepsa, stoga je potrebno postepeno i kontrolirano vraćati snagu u mišiću i zglobovima. Potrebno je strogo kontrolirati opterećenje i pokrete prilikom korištenja naprave, kako bi se omogućila sigurna progresija. Također, samo vježbanje i rad na jačanju kvadricepsa smanjuje rizik od ozljeda i nestabilnosti zgloba koljena.

Jedna od najčešćih boli kod sportaša je bol u koljenu. Uzrok takve boli je nedovoljna razvijenost i snaga mišića kvadricepsa. Stabilizacijom koljena te amortiziranjem sile koja nastaje prilikom doskoka na tlo, sprječavamo nastanak ozljede, a to nam omogućuje mišić kvadricepsa. Stoga, on mora biti jak i sprječavati preveliko opterećenje koljena, a zglob koljena mora biti kompaktan.

Mišići kvadricepsa [1] sudjeluju u kontroli pokreta prilikom penjanja i spuštanja stepenicama, a također ima vrlo važnu ulogu u preuzimanju tjelesne težine prilikom hodanja ili bavljenja sportom.

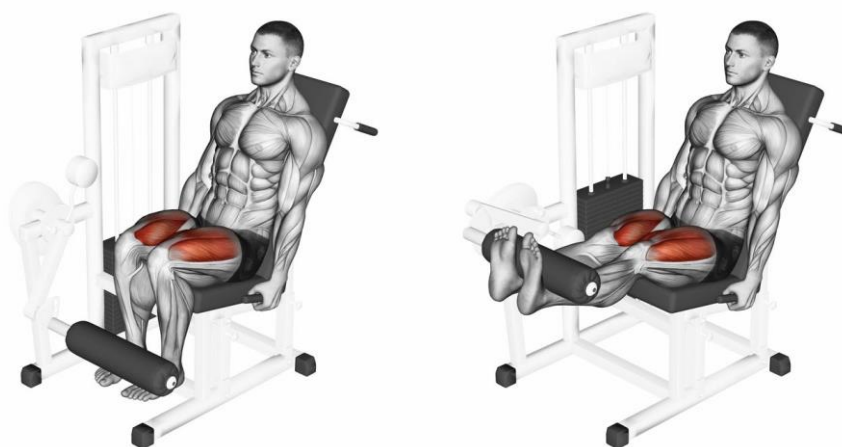
Mišić kvadricepsa je četverostruki mišić, a smješten je na prednjoj strani noge (natkoljenice). Glavni mišić kvadricepsa je *rectus femoris*, koji povezuje kuk i koljeno te je zaslužan za pravilno izvođenje pokreta. Ostala tri mišića kvadricepsa (*vastus lateralis*, *vastus medialis* i *vastus intermedius*) povezuju kost butine i koljeno.



Slika 1. Mišići kvadricepsa [1]

## 2.2. Djelovanja mišića kvadricepsa pri izvođenju nožne ekstenzije

Djelovanje mišića kvadricepsa sastoji se od ekstenzije koljenastog zgloba prilikom čega se potkoljenica udaljava od bedra dok se noga isteže. Početna snaga dolazi od mišića vastusa intermediusa i rectusa femorisa, dok na kraju pokreta najvažniju ulogu imaju vastus medialis i lateralis, a oni stabiliziraju nogu i održavaju koljeno u pravilnom položaju. Kvadriceps se hvata za patelu, prelazi je i završava u goljeničnoj kosti te ta velika poluga vuče goljenicu prema naprijed kada su mišići napeti. Kako na ovoj spravi korisnik sjedi dok izvodi vježbu, dolazi do aktivacije i mišića kuka te trbušnih mišića, koji pomažu u održavanju ravnoteže.



Slika 2. Pokret natkoljenice prilikom izvođenja vježbe [2]

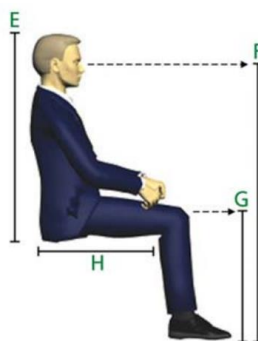
Pokret zgloba koljena tijekom nožne ekstenzije je iznimno važan, jer cilj samog vježbanja na nožnoj ekstenziji je ostvarivanje izdržljivosti, kompaktnosti i pravilne funkcionalnosti toga zgloba tijekom svakodnevnog života. Cijeli pokret možemo rastaviti na dva dijela, a to su ekstenzija, prilikom koje noge ispružimo u horizontalan položaj, i fleksija, kada se zglob koljena savija prema tlu.

## 2.3 Ergonomske značajke koje je potrebno uzeti u obzir

Vrlo važne radi prevencije ozljeda (pravilno izvođenje vježbe) i osiguravanje udobnosti. Što više ergonomske značajke se uzme u obzir, naprava će biti bolja, odnosno omogućava će korisniku kvalitetniju izvedbu vježbe, više će aktivirati i bolje pogađati mišiće te će manje opterećivati zglobove.

### 2.3.1 Prilagodljivost naslona i sjedala

Podesivost ove naprave je važna, kako bi svaki korisnik, neovisno o visini i ostalim proporcijama tijela, mogao sigurno i pravilno odrađivati vježbu. Korisnik mora sjediti tako da mu je zglob koljena poravnat sa osi rotacije naprave, na taj način se smanjuje opterećenje u koljenu i smanjuje se rizik od povrede. Kako bi se taj položaj ostvario ponekad je potrebno primaknuti ili odmaknuti naslon naprave, stoga svaka naprava mora imat taj raspon tako da odgovara najnižem i najvišem korisniku, odnosno udaljenosti između leđa i zgloba koljena korisnika, prikazano na idućoj slici (Slika 3.) i označeno slovom H. Prosječne vrijednosti H kod žena su od 42.93 do 51.82 cm, a kod muškaraca 44.96 do 53.59 cm [3]. Idealan kut između sjedala i naslona je 90 do 100 stupnjeva, rub sjedišta mora biti blago nagnut kako bi se spriječio pritisak na stražnju stranu bedara i kako ne bi bilo pomicanja kukova tijekom vježbanja. Sam položaj naslona i sjedala, presudan je kako bi se izolirali mišići kvadricepsa od ostatka tijela i kako bi vježbanjem jačao korisnik samo njega.



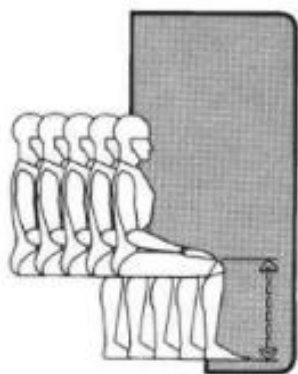
Slika 3. Antropometrijske dimenzije [3]



### 2.3.2 Prilagodljiva duljina nožne poluge

Jastučići poluge moraju biti smješteni neposredno iznad gležnjeva noge (Slika 4.) kako bi se osigurala valjanost opterećenja i smanjio rizik od boli i ozljeda zbog nepravilnosti pokreta. Pravilna pozicija poluge ostvaruje se njenim podešavanjem s obzirom na duljinu potkoljenice korisnika pa je potrebno osigurati da korisnik je može podešavati. Raspon podešavanja trebao bi obuhvaćati što veću populaciju, a to bi značilo da se uzima razmak između središta zgloba koljena to zgloba iznad stopala na koji dolazi valjak koji se podiže u toku vježbanja. Taj raspon se uzima uzevši u obzir dužinu potkoljenice kod žena i muškarca [14]. Obično se uzima dužina potkoljenice najniže žene i najvišeg muškarca iz odabrane populacije koja se želi obuhvatiti, kako bi se pokrilo što veće tržište. Duljina (na Slici 3.) označena slovom G, kod žena iznosi između 40 i 55 cm, a kod muškaraca između 45 i 65 cm [14].

U slučaju da nožna poluga nije pravilno podešena, javlja se mogućnost nepravilnog poravnavanja osi koljena sa osi rotacije nožne poluge, a uslijed toga može doći do ozljeda i smanjenja učinka vježbanja. Valja uzeti u obzir finoću podešavanja, a to bi značilo da korisnici imaju veću mogućnost pronalaska što boljeg položaja nožne poluge. To se može ostvariti manjim koracima prilagodbe, odnosno manjim razmakom između dvije pozicije (visine) poluge.



**Slika 4.** Duljina od koljena do stopala u sjedećem položaju [14]



**Slika 5.** Prilagodljivost nožne poluge [4]

### 2.3.3 Ergonomski oblik sjedala

Sjedalo mora biti takvoga oblika da pravilno podupire leđa korisniku i onemogućuje pomicanje uslijed vježbanja, također je vrlo važno osigurati neutralan položaj kralježnici kako bi prilikom vježbanja osigurali da pokreti pogađaju samo mišiće kvadricepsa i ne izazivaju napetost i bol u leđima. Pravilno podupiranje leđa odnosi se na prirodnu potporu kralježnici, a to bi značilo da u donjem dijelu leđa (lumbalnom dijelu kralježnice) ona ima svoj prirodni blagi luk te

nagibom samog naslona možemo postići rasterećenje donjeg dijela kralježnice. Važno je da naslon bude dovoljno visok kako bi se podupirala cijela dužina leđa i povećala udobnost tijekom vježbanja.

#### **2.3.4 Prilagodljiv opseg pokreta**

Kako bi naprava bila sigurna za sve korisnike, mora imati određeni kut podešavanja koji ima svoj raspon pokreta, a on mora biti siguran na način da ne opterećuje zglob koljena i da ne doprinosi njegovom ozljeđivanju. Premalim rasponom pokreta smanjuje se učinkovitost vježbanja. Obično je taj kut između 90 i 180 stupnjeva (prikazano na Slici 2.) u odnosu na ravninu sjedišta na kojem korisnik sjedi, ali je vrlo važno i da korisnik prilikom vježbe kontrolira da noge ne budu u krajnjem ispruženom položaju, što dovodi do preopterećenja zgloba koljena, tetiva i ligamenata.

## **2.4 Opće značajke**

### **2.4.1 Stabilnost konstrukcije**

Konstrukcija se ne smije pomicati, gibati, nagnjati niti uvijati tijekom izvođenja pokreta. Naprava treba biti izrađena od visokokvalitetnih materijala (čelik, aluminij i dr.), kako bi izdržala intenzivnu upotrebu i pružila stabilnost. Stabilnost položaja konstrukcije sprave ostvaruje se težinom same konstrukcije, a ako se radi o manje robusnoj konstrukciji onda tu stabilnost možemo ostvariti i njenim oblikom.

### **2.4.2 Jednostavnost mehanizama za podešavanje položaja za vježbanje**

Ručice, gumbi, vijci za pritezanje moraju biti jasno označeni i dohvatljivi korisniku kako bi korisnik mogao razumjeti mehanizam podešavanja i onda prilagoditi svojim preferencijama ili antropometrijama napravu. Kada korisnik bira primjerice nagib naslona (što je većinom korisnikova preferencija), potrebno je da ima jasno označeno (npr. brojevima) trenutni ili željeni kut naprave jer postoji također vjerojatnost da će zapamtiti broj i moći u budućem korištenju izabrati tu vrijednost.

### **2.4.3 Jednostavnost mehanizama za podešavanje opterećenja**

Podešavanje opterećenja na spravama je zapravo intuitivno podešavanje odlukom samog korisnika. Stoga, vrlo je važno da taj mehanizam bude jednostavan za razumjeti i koristiti, čak

i za osobe koje nemaju prethodno iskustvo s takvom napravom. Kao i kod podešavanja položaja za vježbanje i ovo podešavanje možemo ostvariti kotačićima, gumbima i sličnim načinima, koji će prikazivati razinu otpora. Vrlo značajna karakteristika naprava je brza prilagodba, a to je omogućeno na napravama koje imaju ručno podešavanje opterećenja pomoću zatika i sl., korisnik u toku samog vježbanja ima mogućnost podesiti otpor bez silaženja sa sprave i mijenjanja utega ručno. Jednostavan i jasno definiran način opterećenja na spravama uključuje jasno označenu težinu na utezima ukoliko se radi o spravi koja ima svoje utege u sklopu same konstrukcije. Samim time, omogućuje se korisniku da prati svoj napredak u vidu težine koju može podići.

#### **2.4.4 Kvalitetan materijal spužvastih obloga**

Materijal mora biti prvenstveno udoban i izdržljiv, a onda i otporan na savijanje, uvijanje i trošenje te dugotrajan i lak za održavanje. Naslon naprave može biti podlozan savijanju ako nije dobro smješten na konstrukciju, dok spužvasta obloga na nožnoj pologu može biti podvrgnuta savijanju i uvijanju tokom vježbanja uslijed njenog pomicanja. Jastučići sprječavaju pritisak na potkoljenicu (donji za podizanje i spuštanje poluge) i natkoljenicu (gornji jastučić za pridržavanje natkoljenice). Kvalitetan materijal smanjuje cijenu održavanja i osiguravaju udobnost korisniku, a poželjno je imati i zaštitni sloj na jastučićima kako bi se zaštitili i kako ne bi došlo do upijanja tekućina tokom vježbanja.

#### **2.4.5 Sigurnost naprave**

Sigurnost same konstrukcije podrazumijeva da se prilikom ulaska na konstrukciju ne zapinje, ne može ozlijediti na neki oštri brid i sl. Sigurna naprava je naprava, koja stoji stabilno u prostoru i koju korisnik nema mogućnost prevrnuti u toku vježbanja i pritom ozlijediti sebe ili osobe i predmete u njegovoj okolini.

### 3. ZAHTJEVI I OGRANIČENJA

Prije izrađivanja koncepta, potrebno je definirati zahtjeve i ograničenja koje bi ergometar trebao zadovoljiti. Zahtjevi i ograničenja se definiraju na osnovi biomehaničkog principa rada kvadricepsa i zgloba koljena te je njih potrebno slijediti prilikom konstruiranja.

Pri izradi naprave potrebno je zadovoljiti određene **zahtjeve** kao što su idući:

- Mogućnost prilagodbe različitim tipovima korisnika – ANTROPOMETRIJSKI ZAHTJEVI
- Omogućiti pravilan pokret zgloba koljena pri izvođenju vježbe – SIGURNOSNI ZAHTJEV
- Omogućiti pravilno držanje leđa i kukova prilikom izvođenja vježbe – ERGONOMSKI ZAHTJEVI
- Jednostavnost korištenja
- učinkovitost mehaničkog sustava – FUNKCIONALNI ZAHTJEV

Svaka naprava se konstruira kako bi bila što prihvatljivija za veći broj ljudi, neovisno o antropometrijskim značajkama korisnika, stoga je vrlo bitno omogućiti spravi da bude prilagodljiva s obzirom na visinu. Pravilnim pokretom i pravilnim prihvatom tijela sprječava se ozljeđivanje korisnika i omogućuje se pravilno izvođenje vježbe bez izazivanja ozljeda bilo kojeg dijela tijela. Mehanički sustav naprave mora biti učinkovit kako bi prenosio silu na polugu koju korisnik gura nogama tokom vježbanja. Potrebno je jasno označiti sve prilagodljive dijelove konstrukcije kako bi korisniku bilo jednostavno i jasno podešavanje te je potrebna jednostavnost same konstrukcije kako bi bilo korisniku jasno rukovanje samom spravom.

**Ograničenja** je potrebno definirati kako bi se omogućila izrada ergometra te kako bi korištenje bilo sigurno za svakog korisnika. Tržište sadrži mnoštvo naprava za vježbanje, a kako bi se postigla veća potražnja i korištenje u široj populaciji, potrebno je prilagoditi cijenu, kako bi naprava bila dostupnija i prodavanija. Pri konstruiranju treba uzeti u obzir i dimenzije naprave, veća naprava ne samo da zauzima više prostora, nego je potrebno i više materijala pri njenoj izradi. Cilj je da naprava ima što manjih naknadnih ulaganja, odnosno da ne zahtjeva dodatna ulaganja zbog trošenja pojedinih komponenti ili da su ta ulaganja minimalna. Potrebno je uzeti u obzir biomehaniku koljena, odnosno poluga koju podižemo nogama tijekom vježbanja, mora biti usklađena sa centrom rotacije koljena kako bi se spriječilo neprirodno opterećenje zgloba koljena. Naposljetku, kako bi uopće bilo moguće konstruirati, potrebno je uvidjeti koje je tehnologije i materijale potrebno koristiti pri izradi.

**Ograničenja:**

- Cjenovna ograničenja
- Dimenzijska i prostorna ograničenja
- Održivost i trajnost
- Biomehanička ograničenja
- Materijalna i konstrukcijska ograničenja
- Tehnologija izrade

Na temelju spoznatih problema naprava koje trenutno možemo naći na tržištu te ne pronalaska adekvatnih, koje bi po principu ergometra imale učinak na kvadriceps, bit će konstruirana naprava koja će sve iduće zahtjeve i ograničenja obuhvatiti na smislen način.

## 4. ANALIZA TRŽIŠTA

Trenutno na tržištu možemo vidjeti veliki broj tipova nožnih ekstenzija. Razlika između njih je u cijeni, prilagodljivosti, proizvođaču, izvedbi, opremljenosti i sl. Ova analiza nam daje uvid u potrebe potencijalnih korisnika i identificira glavne tržišne trendove, također nam daje uvid u nedostatke i prednosti dosadašnjih naprava na tržištu.

Glavna podjela je definirana s obzirom na opterećenje, pa tako imamo nožne ekstenzije koje se opterećuju pomoću utega i one nožne ekstenzije koje se opterećuju preko zatika.



**Slika 6. Nožna ekstenzija opteretljiva utezima [5]**

Nožna ekstenzija opteretljiva utezima je jednostavna naprava za jačanje mišića kvadricepsa te povećavanja eksplozivnost i brzine kod sportaša.

Iako je ova naprava učinkovita i korisna, ima nedostatke. Jedan od glavnih bi bio nepraktično korištenje utega. Potrebno je svaki put donijeti uteg i postaviti na spravu te u toku vježbe potrebno je sići te nadodati ili spustiti kilažu novim utegom, ovisno o potrebi. Sami taj postupak usporava obavljanje treninga i stvara problem preciznosti određivanja potrebne kilaže.



**Slika 7. Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika [6]**

Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika omogućava jednostavnu promjenu težine premještanjem zatika u određeni otvor težinskih pločica. Kada korisnik napravi pokret, odnosno ispruži noge, težinske pločice se podižu i stvaraju otpor odabran zatikom. Na ovaj način se kontrolira količina otpora koju kvadriceps mišići moraju savladati tijekom vježbe.

Radi se o vrlo sigurnoj spravi u kojoj se utezi pomiču unutar kućišta te nije potrebno ih skidati niti stavljati ručno na spravu. No postoji i rizik od nastajanja ozljeda koljena ili preopterećenja kvadricepsa prilikom odabira prevelike kilaže. Ne preporučuje se ni potpuno ispružanje koljena jer to stvara preveliki pritisak na tetive i ligamente, kao ni prebrzo spuštanje u početni položaj.

Postoje i nožne ekstenzije opteretljive utezima koje imaju dva neovisna valjka, a ona omogućuje ravnomjernu raspodjelu težine pri čemu se kvadricepsi na obje noge jednako opterećuju (aktiviraju). Naprava je pogodna za ravnomjerno opterećivanje i jačanje mišića, no vrlo je nepraktičan ulazak na samu spravu.



**Slika 8. Nožna ekstenzija s dva neovisna valjka [7]**

Nožne ekstenzije koje su trenutno dostupne na tržištu baziraju se na jačanju mišića kvadricepsa, a to se ostvaruje isključivo utezima. Sama razlika je u tome što one opterećene zatikom sadrže set utega ukomponiranih u samu spravu, dok drugi tip nožne ekstenzije zahtjeva neovisan set utega koji je potrebno dodatno kupiti te postaviti na samu spravu ovisno o mogućnostima korisnika.

Cilj ovog rada je ostvariti da nožna ekstenzija radi na principu ergometra.

Glavna podjela ergometara za veslanje je prema tipu otpora koji pružaju. Veslački ergometri sa **hidrauličnim otporom** sadrže hidrauličke klipove ispunjene zrakom ili uljem, koji stvaraju otpor pri povlačenju. Jednostavne su konstrukcije, najlakši su i najpraktičniji u odnosu na ostale veslačke ergometre, što ih čini pogodnima za kućnu upotrebu. Njihov nedostatak je što ne daju realistični doživljaj veslanja što je veliki nedostatak za veslače koji je koriste u svrhu treninga.



**Slika 9. Hidraulični ergometar za veslanje [8]**

Iduća vrsta ergometra za veslanje je ergometar sa zračnim otporom. Otpor stvaraju propeleri, a rade po principu da što se jače vuče užice, oni stvaraju veći otpor. Vrlo su učinkoviti i daju vrlo realističan osjećaj veslanja, a njegovi nedostaci su cijena, velika bučnost i veličina.



**Slika 10. Veslački ergometar sa zračnim otporom [9]**



Veslački ergometri s **magnetskim otporom** sadrže sustav magneta koji stvaraju otpor približavajući se metalnom zamašnjaku, a udaljenost magneta korisnik regulira vijkom. Pozitivno kod ovakvih ergometara je u tome što nema trošenja materijala i vrlo su tihi, no nemaju pristupačnu cijenu.



**Slika 11. Veslački ergometar sa magnetskim otporom [10]**

Posljednja vrsta ergometra za veslanje funkcioniра na principu **otpora vodom**. Otpor se stvara povlačenjem lopatica kroz vodu, što daje najrealističniji osjećaj veslanja, sličan veslanju na otvorenoj vodi. Nedostatak im je cijena i masivnost.



**Slika 12. Veslački ergometar s vodenim otporom [11]**

Pregledom tržišta možemo naići i na nožne ekstenzije koje rade po principu zamašnjaka (npr. Acceleration Leg Curl/Extension) koje vrlo dobro prikazuju temu i cilj ovoga rada, no konkretno naprava, prikazana na idućoj slici (Slika 10.), nije dovoljno sigurna i jednostavna za upotrebu. Cijeli sustav, koji služi za jačanje mišića kvadricepsa, nalazi se ispod sjedala i korisnikovih nogu što može rezultirati zapinjanjem prilikom vježbanja, ozljeđivanjem korisnikovih nogu, oštećenjem same naprave i nizom drugih problema. Sjedište nema dovoljno dobro riješen mehanizam

prilagodbe s obzirom na visinu. Naprava koristi zamašnjak za generiranje otpora tijekom vježbanja. Sastoji se od dva inercijska diska različitih veličina, koji djeluju kao zamašnjaci i stvaraju otpor proporcionalan otporu koji ulaže korisnik.



**Slika 13. Acceleration Leg Curl/Extension [12]**

Možemo zaključiti da postoji veliki broj naprava za vježbanje. Ovisno o potrebi, dobavljač izabire napravo za željenu namjenu (kućna, rehabilitacijska, za fitness dvorane i sl.) i ovisno o novcu, kojega je kupac (korisnik) u mogućnosti izdvojiti za željeni proizvod. Samom analizom tržišta možemo uočiti pozitivne stavke svake naprave te ih iskoristiti u daljnjoj razradi željenog proizvoda. Navedene naprave ( Slike 5,6 i 7) za nožnu ekstenziju primjeri su kako konstrukcija koju se želi postići treba izgledati, no postoji problem u njihovim načinima opterećivanja tijekom vježbanja. Nijedna od tih sprava ne djeluje po principu ergometra, odnosno ne daje nam način vježbanja u kojemu jačamo mišiće kvadricepsa i pri tome gubimo kalorije te pratimo napredak. Navedeni ergometri za veslanje omogućavaju korisnicima princip treniranja u kojem se prati napredak i gube kalorije, no takve sprave ne izoliraju mišiće kvadricepsa i ne zadovoljavaju namjenu, tj. svrhu, koja se želi postići razvojem naprave za nožnu ekstenziju. Posljednja naprava iz analize tržišta (prikazana na slici 12.), kombinacija je oblika konstrukcije dostupnih nožnih ekstenzija i načina opterećivanja dostupnih ergometara na tržištu. Ova sprava pobliže opisuje kakvu napravo želimo dobiti u daljnjoj razradi, stoga će poslužiti kao referentna naprava koju će se pokušati unaprijediti.

## 5. TEHNIČKI UPITNIK

Koristeći se tehničkim upitnikom, koji se sastoji od unaprijed definiranih pitanja, možemo preispitati smislenost i mogućnost realizacije novoga projekta. Ono nam daje mogućnost jasnog definiranja specifikacija projekta, za koga, kako i što se treba napraviti. Također, omogućuje nam identifikaciju svih tehničkih ograničenja projekta, kao što su troškovi proizvodnje, vrijeme unutar kojeg proizvod treba biti isporučen i sl. Kada se prikupe sve informacije tehničkim upitnikom, moguće je bolje isplanirati raspodjelu resursa, troškove i vrijeme svake faze projekta.

**Tablica 1. Tehnički upitnik**

1. Koji je glavni problem koji treba riješiti?
Glavni problem kojeg je potrebno riješiti je nedostatak prilagodljivih uređaja koji istovremeno pružaju precizno praćenje performansi i osiguravaju pravilnu biomehaniku pokreta.
2. Koja implicitna očekivanja i želje je potrebno uključiti u razvoj?
Dodatni zahtjevi koje proizvod treba zadovoljiti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergonomska prilagodljivost</li> <li>- Ostvarivanje jakosti i izdržljivost mišića kvadricepsa</li> <li>- Trošenje kalorija</li> <li>- Sigurnost</li> </ul>
3. Jesu li zahtjevi korisnika, funkcionalni zahtjevi realni?
Pretpostavljeni potrebe i zahtjevi su realni te će pomoći u konstruiranju ergometra za nožnu ekstenziju.
4. Postoje li smjerovi za mogući kreativni razvoj i ima li prostora za inventivno rješavanje problema?
Na temelju proučavanja tržišta, vidljivo je da postoji prostor za nove inovacije i ideje.
5. Postoje li ograničenja u kreativnosti u razvoju?
Ograničenja su cijena i veličina ergometra.
6. Koja su svojstva od vitalnog značenja?
Svojstva od vitalnog značenja su iduća: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Samostalno i sigurno korištenje</li> <li>- Precizno podešavanje otpora</li> <li>- Ergonomski dizajn</li> <li>- Praćenje performansi</li> </ul>

7. Koje karakteristike bi bilo poželjno izostaviti?
Poželjno je izostaviti iduće karakteristike: <ul style="list-style-type: none"><li>- Masivnost naprave</li><li>- Složenost podešavanja otpora</li><li>- Složeni sustav prilagodbe</li><li>- Materijale loših svojstava</li></ul>
8. Koji se elementi proizvoda mogu na početku odrediti?
Na početku možemo odrediti svrhu i učinak uređaja koji želimo postići, okvirnu cijenu i dimenzije.
9. Jesu li zadaci za razvoj proizvoda na prikladnoj razini apstrakcije?
Zadaci su postavljeni na prikladnoj razini apstrakcije uz jasno definirane ciljeve i ograničenja.
10. Koja su tehnička i tehnološka ograničenja dobivena iz prijašnjih iskustava sa sličnim proizvodima?
<ul style="list-style-type: none"><li>- Izdržljivost materijala</li><li>- Sigurnost</li><li>- Cijena (naprave, troškovi održavanja)</li><li>- Ergonomija</li><li>- Bučnost</li></ul>

## 6. DEFINICIJA CILJA

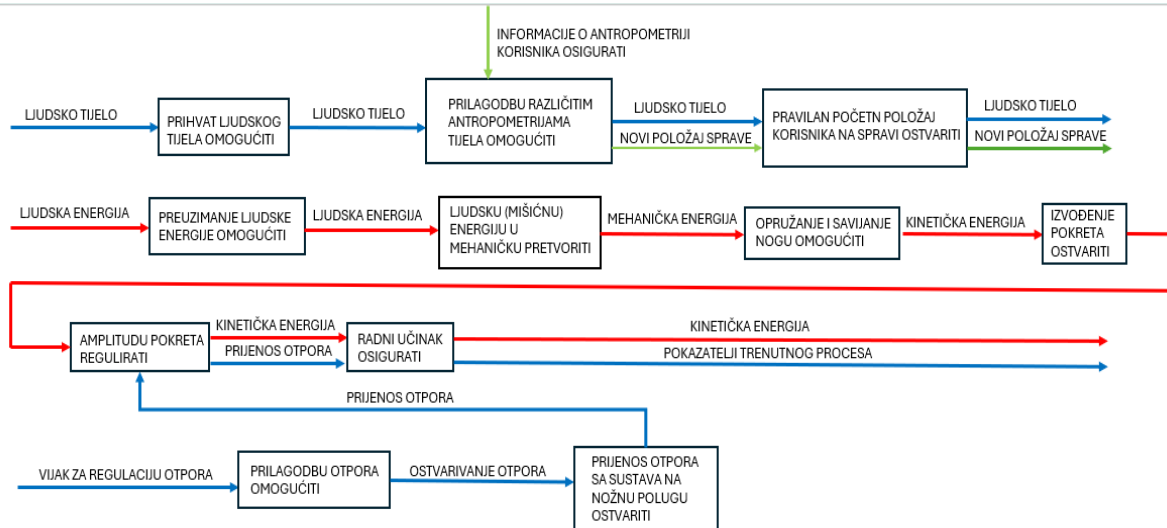
Potrebno je jasno definirati ciljeve kako bi se projekt mogao učinkovito i brzo realizirati. Definiranje ciljeva smanjuje mogućnost javljanje greški prilikom realizacije projekta. Ciljevi daju smjer u kojem razvoj proizvoda treba ići, što i zašto se razvija. Izbjegava se time javljanje grešaka i javljanje besmislenih i nedovršenih zadataka. Definiranjem ciljeva olakšava se planiranje, podjela zadataka i određivanje prioriteta zadataka pa je lakše i raspodijeliti ljude i resurse te tako svaki sudionik zna svoju ulogu na projektu, a time se olakšava i komunikacija. Dobro definirani ciljevi omogućuju praćenje napretka i usporedbu s početnim očekivanjima.

**Tablica 2. Definicija cilja**

<b>Opis proizvoda:</b>
Naprava za nožnu ekstenziju koja radi po principu ergometra i ima mogućnost praćenje performansi.
<b>Primarno tržište:</b>
Sportaši i osobe koje se oporavljaju od ozljede zgloba koljena.
<b>Sekundarno tržište:</b>
Korisnici teretana, sportskih centara, rehabilitacijskih ustanova i kućna upotreba.
<b>Koje karakteristike se podrazumijevaju:</b>
Pouzdanost, prilagodljivost, učinkovitost, ergonomičnost.
<b>Ciljane grupe korisnika:</b>
Osobe svih dobnih skupina i antropometrijskih značajki.
<b>Pravci kreativnog razvoja:</b>
Konstruiranje nove naprave na temelju postojeće naprave za nožnu ekstenziju i znanja o ergometrija. Promjena dizajna i mehanike rada.
<b>Limit projekta:</b>
Cijena i veličina naprave.

## 7. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

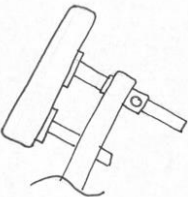
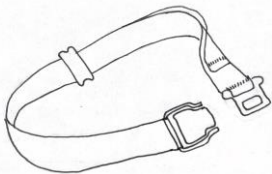
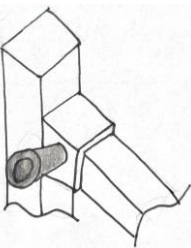
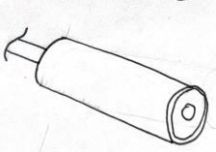
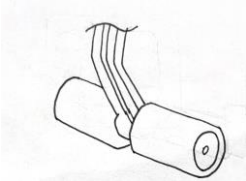
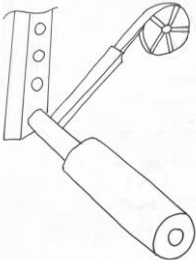
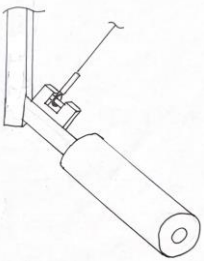
Funkcijska kompozicija daje nam pregled svih funkcija i podfunkcija koje konstrukcija mora zadovoljiti i obuhvatiti. Njezinom izradom olakšavamo cijeli proces izrade novog proizvoda i sprječavamo izostanak važnih elemenata proizvoda.

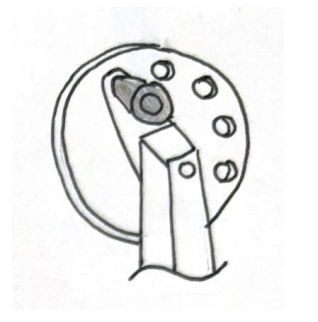
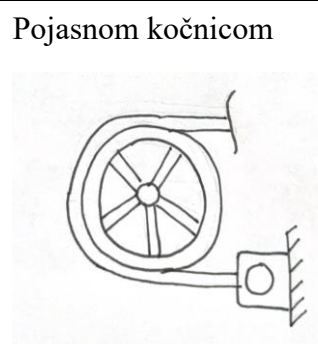
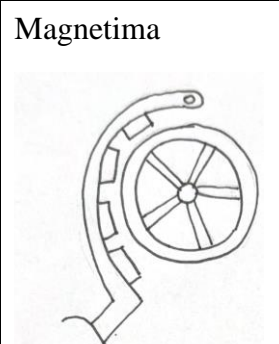
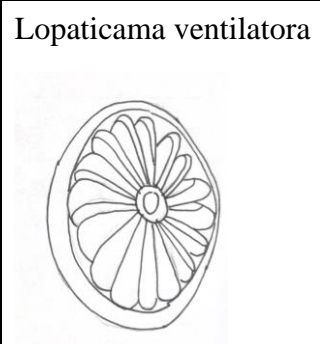



Slika 14. Funkcijska dekompozicija

## 8. MORFOLOŠKA MATRICA

Tablica 3. Morfološka matrica

Funkcija	Parcijalna rješenja		
Prihvata ljudskog tijela omogućiti	<p>Podesivi naslon i sjedalo</p> 	<p>Remen</p> 	
Prilagodbu različitim antropometrijskim tijela omogućiti	<p>Ručno podešavanje naslona, sjedala, nožne poluge umetanjem zatika</p> 	<p>Elektroničko podešavanje – unošenjem parametara na kontrolnoj ploči (zaslonu)</p>	
Preuzimanje ljudske energije omogućiti	<p>Mehanički valjak</p> 	<p>Dva zasebna valjka</p> 	
Ljudsku energiju u mehaničku pretvoriti	<p>Direktna poluga</p> 	<p>Čelično užje</p> 	<p>Lanac ili remen (veza između nožne poluge i zamašnjaka/koloture)</p>
Amplitudu pokreta regulirati	<p>Mehanički graničnik</p>	<p>Ručna kontrola – korisnik sam</p>	

		kontrolira amplitudu pokreta	
Prijenos otpora osigurati	Remenski prijenos	Elektromagnetski sustav	
Ostvarivanje otpora omogućiti	Pojasnom kočnicom 	Magnetima 	Lopaticama ventilatora 
Prilagodbu otpora omogućiti	Ručno podešavanje 	Daljinsko upravljanje (unošenje parametara)	Samopodešavanje (korisnik tempom diktira otpor)
Pokazatelj trenutnog procesa	Digitalni ekran	Mobilna aplikacija	



## 9. IZRADA KONCEPATA

Pri izradi koncepta potrebno je uzeti u obzir karakteristike, na tržištu dostupnih, ergometara i nožnih ekstenzija, kako bi se izradio odgovarajući ergometar za nožnu ekstenziju koji će zadovoljiti tražene zahtjeve i ograničenja.

### 9.1 Koncepti s obzirom na način opterećenja

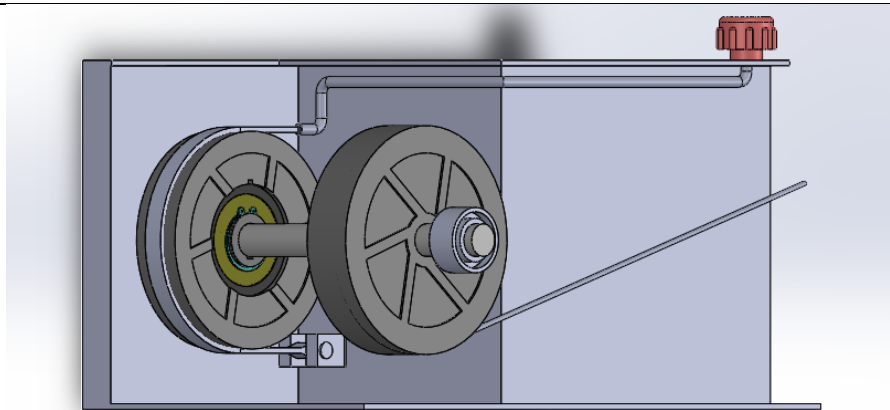
Naprava za nožnu ekstenziju čija bi svrha bila učiniti mišiće kvadricepsa izdržljivijima, zahtjeva mehanizam (modul), koji bi stvarao otpor pri vježbanju. Idući koncepti su zapravo prijedlozi rješenja takvog modula.

#### 9.1.1 Koncept 1

**Dijelovi:** zglob, prihvat užeta, uže, zamašnjak, jednosmjerna spojka, remenska kočnica, prihvat užeta na remensku kočnicu, mehanizam za namatanje užeta (opruga, vanjski prsten, unutarnji prsten), ležajevi, vratilo

**Opis:** Naprava je zamišljena da se sastoji od sjedišta, prilagodljivog naslon s obzirom na visinu, pomične šipke sa spužvastom oblogom, koja je također prilagodljiva, povezanog sa tarnim mehanizmom sa kočnicom.

Pomicanjem nogu prema gore pokreće se poluga koja povlači uže spojeno na mehanizam za namatanje. Okretanjem tog mehanizma za namatanje pokreće se zamašnjak, koji je preko vratila i jednosmjerne spojke spojen za taj mehanizam. Otpor podizanju pruža remenska kočnica kod koje je remen na jednu stranu fiksno vezan za kućište, a na drugu je spojen na uže, čijim zatezanjem ili otpuštanjem reguliramo jačinu otpora (podešavanje radi ručno korisnik pomoću vijka). Dolaskom nogu u krajnji gornji položaj, cilindar se zakreće i ostaje u tom zakrenutom položaju jer ga kočnica pridržava. Vraćanje u početni položaj šipke sa spužvastom oblogom osigurano je mehanizmom za namatanjem unutar kojeg se nalazi spiralna opruga. Ponovnim podizanjem nogu opterećenje, tj. moment se prenosi preko jednosmjerne spojke na cilindar remenske kočnice i oslobađa se toplina. Cjelokupni mehanizam radi po principu ergometra. Iduća slika prikazuje skicu Koncepta 1.



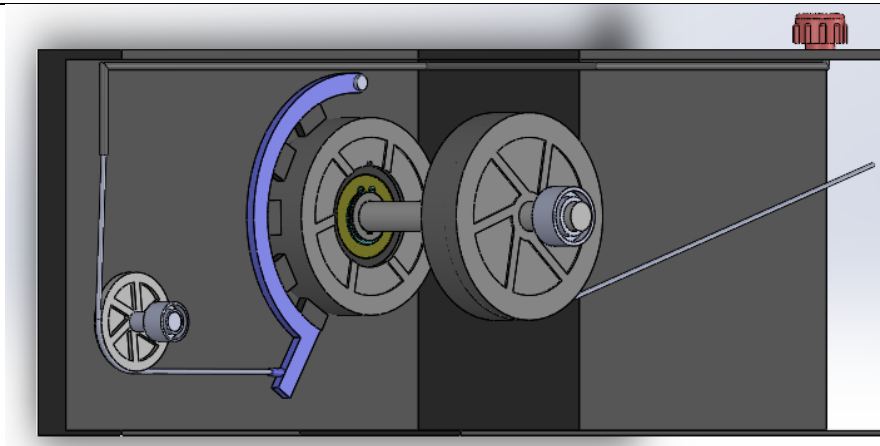
Slika 15. Skica koncepta 1

### 9.1.2 Koncept 2

**Dijelovi:** zglob, prihvat užeta, uže, zamašnjak, jednosmjerna spojka, magnetna kočnica, opruga, prihvat užeta na magnetnu kočnicu, zatic (od magneta), mehanizam za namatanje užeta (opruga, vanjski prsten, unutarnji prsten), ležajevi, vratilo

**Opis:** U konceptu dva, naprava bi se sastojala od podesivog naslona s obzirom na visinu, sjedala, pomične šipke sa spužvastom oblogom vezane za mehanizam koji radi na principu magnetizma i time se postiže da naprava funkcionira poput ergometra. Pomicanjem nogu prema gore pokreće se poluga koja povlači uže spojeno na mehanizam za namatanje. Okretanjem tog mehanizma za namatanje pokreće se zamašnjak, koji je preko vratila i jednosmjerne spojke spojen za taj mehanizam. Otpor podizanju pruža magnet čijim se primicanjem ili odmicanjem od zamašnjaka regulira/podešava otpor. Primicanje, odnosno odmicanje magneta određuje korisnik preko vijka za pritezanje. Vraćanje u početni položaj šipke sa spužvastom oblogom osigurano je preko mehanizma za namatanje unutar kojeg se nalazi spiralna opruga. Za vrijeme vraćanja nogu u početni položaj zamašnjak se cijelo vrijeme rotira u istom smjeru. Ponovnim pritiskom na šipku sa spužvastom oblogom, ponovno se aktivira jednosmjerna spojka preko koje se prenosi opterećenje tj. moment na zamašnjak koji ponovno ubrzava, a magnet pruža otpor. Što je veća brzina zamašnjaka to je veći otpor.

Iduća slika prikazuje skicu Koncepta 2.



Slika 16. Skica koncepta 2

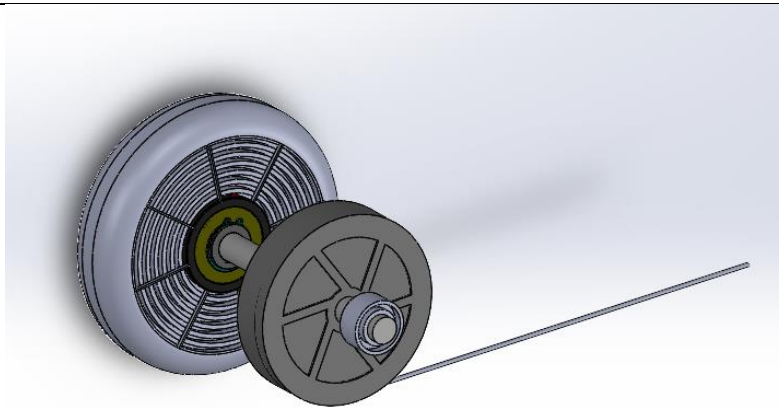
### 9.1.3 Koncept 3

**Dijelovi:** zglob, prihvat užeta, uže, zamašnjak, jednosmjerna spojka, ventilator, mehanizam za namatanje užeta (opruga, vanjski prsten, unutarnji prsten), ležajevi, vratilo

**Opis:** Naprava je zamišljena da se sastoji od sjedišta, prilagodljivog naslon s obzirom na visinu, pomične šipke sa spužvastom oblogom, koja je također prilagodljiva, povezanog sa ventilatorom.

Pomicanjem nogu prema gore pokreće se poluga koja povlači uže spojeno na mehanizam za namatanje. Okretanjem tog mehanizma za namatanje pokreće se zamašnjak, koji je preko vratila i jednosmjerne spojke spojen za taj mehanizam. Otpor podizanju pruža ventilator, odnosno zrak, a to se odvija na način da što jače korisnik gurne nogama polugu sa spužvastom oblogom to se lopatice ventilatora brže okreću i time se stvara veći volumen pomaknutog zraka, a time i veći otpor zraka pa će korisnik morati uložiti više energije kako bi zadržao istu brzinu. U ovom konceptu sam korisnik, jačinom guranjem poluge, diktira otpor. Vraćanje u početni položaj šipke sa spužvastom oblogom osigurano je mehanizmom za namatanjem unutar kojeg se nalazi spiralna opruga. Ponovnim podizanjem (ekstenzijom) nogu opterećenje, tj. moment se prenosi preko jednosmjerne spojke na ventilator, a ponovnim spuštanjem (fleksijom) uže namata. Jednosmjerna spojka omogućuje da se ventilator pokreće samo tijekom podizanja nogu prema gore, ali ne i kada korisnik noge vraća u početni položaj. Tijekom vraćanja užeta ventilator ostaje u mirovanju ili se lagano nastavlja gibati zbog inercije. Cjelokupni mehanizam radi po principu ergometra.

Iduća slika predstavlja skicu Koncepta 3.



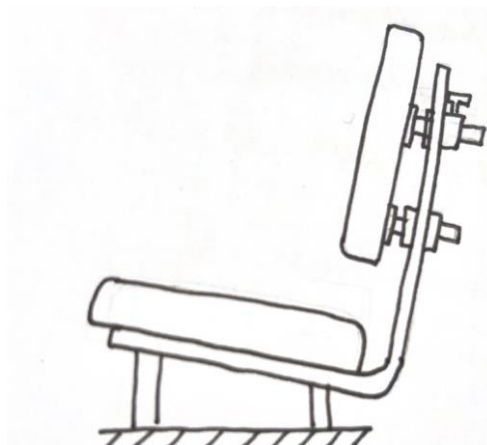
Slika 17. Skica koncept 3

## 9.2 Koncepti s obzirom na način prilagodbe sjedala

Idući koncepti predstavljaju rješenja izvedbe sjedala naprave za nožnu ekstenziju.

### 9.2.1 Koncept 1 – sjedalo s prilagodljivim naslonom

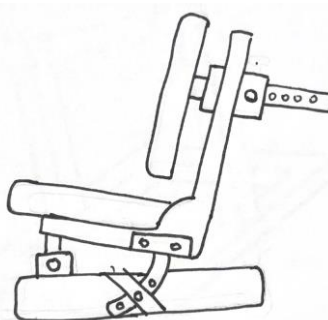
Prvi koncept sjedala sastoji se od nepomičnog sjedišta koji ima nagib i naslona, koji se može podešavati s obzirom na visinu korisnika, a to je regulirano vijkom za pritezanje. Ovo pruža mogućnost prilagodbe korisnicima različitih antropometrijskih dimenzija i osigurava ergonomsku podršku tijela. Sjedište je fiksno montirano na postolje (konstrukciju), čime je osigurana stabilnost tijekom korištenja.



Slika 18. Koncept 1 – sjedalo

### 9.2.2 Koncept 2 – sjedalo sa povezanim naslonom i sjedištem

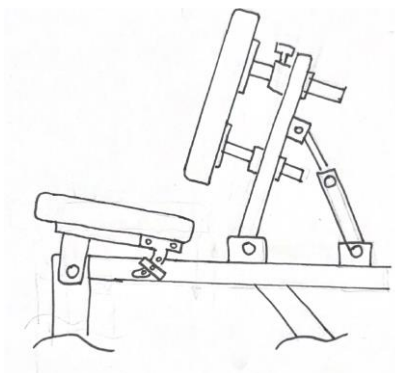
Koncept 2 je sjedalo, koje ima povezan naslon sa sjedištem pomoću pravokutnog profila. Naslon u toj konstrukciji ima mogućnost pomicanja naprijed – nazad, a cjelokupna konstrukcija (sjedište skupa sa naslonom) ima mogućnost postavljenja željenog nagiba (kuta) ovisno o preferenciji korisnika. Sistem pomicanja naslona sastoji se od vođene poluge, koja sadrži provrte, a ta mogućnost poboljšava udobnost. Kada korisnik namjesti naslon prema svojoj visini, tada otpušta vijak za pritezanje, kojeg opruga automatski vraća u provrt i time se učvrsti naslon u željenu poziciju. Sjedalo je zglobno vezano na postolje konstrukcije kako bi se omogućila rotacija pri prilagodbi kuta sjedala.



Slika 19. Koncept 2 – sjedalo

### 9.2.3 Koncept 3 – sjedalo sa prilagodljivim naslonom i sjedištem

Ovaj koncept se sastoji od prilagodljivog naslona i sjedišta. Korisnik naslonu može mijenjati nagib i povlačiti sjedalo naprijed, ako se radi o nižem korisniku, i nazad, za više korisnike. Sjedište ima također podesivi kut u odnosu na horizontalnu visinu, a ovisno o preferencijama korisnika i njegovoj potrebi za boljim prihvatom trupa, naginje se sjedište prema dolje. To se ostvaruje mehanizmom sa vijkom smještenom na stražnjem dijelu sjedišta što ima veliku važnost za biomehaniku pokreta. Sjedište i naslon, svaki zasebno, na postolje su povezani pomoću zgloba i matičnog vijka sa maticom.



Slika 20. Koncept 3 - sjedalo

## 10. VREDOVANJE KONCEPATA

Prije ocjenjivanja koncepta izabrana je naprava dostupna na tržištu – Acceleration Leg Curl/Extension, kao referentna prema kojoj se utvrđuje zadovoljavaju li koncepti neke zahtjeve bolje ili lošije. Ako zadovoljava bolje piše se +1 ili +2, ako zadovoljava lošije piše se -1 ili -2, a ako zahtjev zadovoljava podjednako piše se 0. Nakon zbrajanja ocjena može se zaključiti koji je koncept najbolji, a najbolji je onaj koji ima najveći zbroj ocjena. Svi su kriteriji proizašli iz konstrukcijskih zahtjeva.

**Tablica 4. Vredovanje konceptata opterećenja**

Kriterij	Acceleration Leg Curl/Extension	Koncept 1 (pojasna kočnica)	Koncept 2 (elektromagnet)	Koncept 3 (ventilator)
Održavanje	0	-2	1	-1
Bučnost	0	-1	1	-2
Cijena	0	1	-2	1
Ostvarivanje (prilagodba) otpora	0	-2	1	-1
Sigurnost	0	-2	1	-1
<b>Zbroj</b>	0	-6	2	-4

Iz dobivenih vrijednosti iz prethodne tablice vidimo da je koncept 2 dobio najveći „zbroj“. Ovaj koncept, iako cjenovno najskuplji, ima dobre karakteristike kao što su tihi rad, minimalna potreba za održavanjem, sigurnost te precizno podešavanje otpora. Vrlo je pogodan za sportaše, sportske centre i za potrebe rehabilitacije. Kod koncepta 1 postoji velika nužnost održavanja zbog učestalog trošenja pojasa kočnice, zatezanja, provjeravanja napetosti i općenitog stanja. Cjelokupni koncept je više za sportaše i općenito korisnike koji treniraju, no zbog prevelikih zahtjeva za održavanje nije pogodan za sportske centre, pogodan bi bio za kućnu upotrebu. Posljednji koncept (Koncept 3) pruža osjećaj dinamičnog treninga, vrlo je robustan i dugotrajan i korisnik regulira otpor na način kolikom snagom (silom) pogura polugu toliki se otpor javlja. No, radi se o vrlo bučnom načinu rada. Cjenovno je vrlo dostupan.

U daljnju razradu ide koncept 2, no važno je istaknuti da odabir mehanizma na temelju kojeg bi radila ova naprava ovisi o namjeni, zahtjevima kupca (korisnika) te budžetu.

Tablica 5. Vredovanje koncepata sjedala

Kriteriji	Acceleration Leg Curl/Extension	Koncept 1 (sjedalo s prilagodljivim naslonom)	Koncept 2 (sjedalo sa povezanim naslonom i sjedištem)	Koncept 3 (sjedalo s prilagodljivim naslonom i sjedištem)
Ergonomska Prilagodba (npr. nagib)	0	-1	1	2
Antropometrijska prilagodba (npr. visina nožne poluge)	0	1	1	2
Složenost izvedbe	0	0	1	-1
Sigurnost (npr. pravilan položaj koljena)	0	1	1	2
Zbroj	0	1	4	5

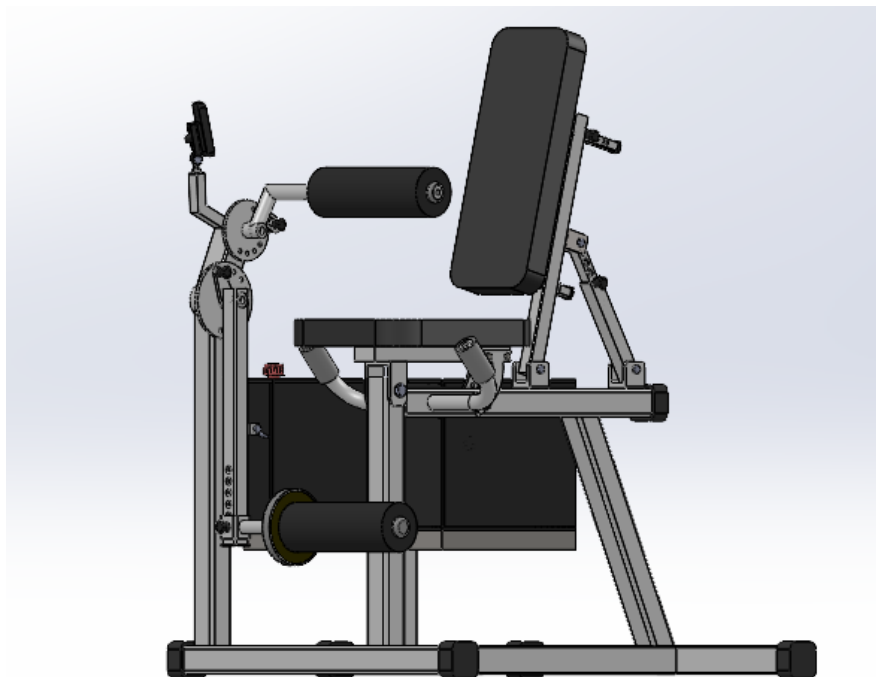
Koncept 3 je ocjenjen kao najbolji zbog svoje mogućnosti prilagođavanja svim antropometrijskim karakteristikama kao što su visina korisnika, duljina potkoljenice i dr. Također omogućava prilagodbu kuta sjedišta i naslona, jednog neovisno o drugome, kako bi se dobio što ugodniji položaj kralježnice i koljena. Ove prilagodbe su mu velika prednost i ako zbog njih ima složenu izvedbu (puno komponenata može dovesti do nejasnoća i poskupljenja konstrukcije). Koncept 2 je idući ocjenjen kao najbolji i osigurao bi jednostavniju izvedbu, ali onda nagib sjedišta i naslona ne mogu se podešavati neovisno jedan o drugome što bi moglo stvarati problem ako korisnik ima preferenciju različitog kuta sjedišta i naslona sjedala.

Vrednovanjem ovih koncepata izabran je najbolji modul opterećivanja od prikazanih triju i najbolji način podešavanja sjedala (od prikazana tri načina). Nadalje se sklapa naprava, od modula sa elektromagnetom i prilagodljivog sjedala s obzirom na visinu i preferencijama korisnika, zajedno na predviđeno postolje konstrukcije.

## 11. DETALJIRANJE IZABRANIH KONCEPATA

Koncepti koji su ocjenjeni kao najbolji, s njima se ide u daljnju razradu.

Na idućoj slici prikazan je konačni 3D model naprave:



**Slika 21. CAD model naprave**

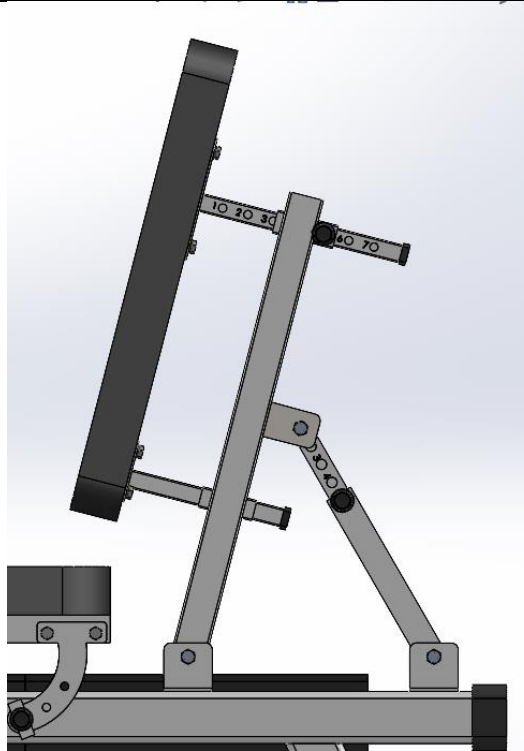
Na izgled naprava je slična današnjim nožnim ekstenzijama, no postoje važne razlike koje treba istaknuti.

Kako je prethodno napomenuto, materijal sjedala naprave je iznimno važan. Poliuretanska pjena ovoj spravi daje udobnost i dobru potporu, a zahvaljujući svojim svojstvima dugotrajna je i otporna na deformacije, u kombinaciji sa presvlakom vinila lako se održava i ima dobru otpornost na trošenje.

Postolje sprave je izrađeno tako da cijeloj konstrukciji daje stabilnost i omogućava prihvatanje odabranog načina za prilagođavanje sjedala. Dijelovi su međusobno zavareni, a njihovi krajevi obloženi gumenim navlakama.

Prije sjedanja na samu spravu, korisnik mora podesiti spravu sukladno svojoj antropometriji. Zbog izuzetne važnosti podešavanje naprave s obzirom na ergonomske i antropometrijske značajke, na ovoj spravi korisnik može naslon podešavati horizontalno naprijed, odnosno nazad, i može mijenjati kut naslona ovisno o preferenciji.





**Slika 22. Podešavanje udaljenosti i nagiba naslona naprave**

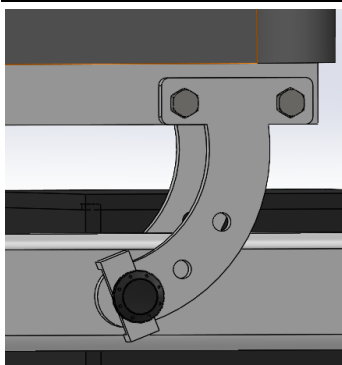
Sjedalo ima mogućnost pomicanja u horizontalnom smjeru do 12 cm. Ovaj raspon je uzet [3] kako bi odgovarao korisnicima neovisno o njihovoj visini i spolu. Najudaljeniji položaj naslona je za najvišeg korisnika, a kada je naslon najviše pomaknut naprijed, odgovara korisnicima najmanje visine uzete u obzir. Na idućoj slici nalazi se vijak koji omogućuje navedenu vrstu podešavanja.



**Slika 23. Vijak za pritezanje**

Moguća je prilagodba i sjedišta naprave, a ona je važna kako ne bi došlo do pomicanja kukova u toku vježbe, preuzimanja opterećenja umjesto mišića kvadricepsa te prevelikog opterećenja na kralježnicu. Najoptimalniji kut sjedišta [13] je između 95 i 115 stupnjeva.

Na idućim slikama nalazi se zatik sa oprugom pomoću kojeg je omogućeno, prethodno navedeno, podešavanje.



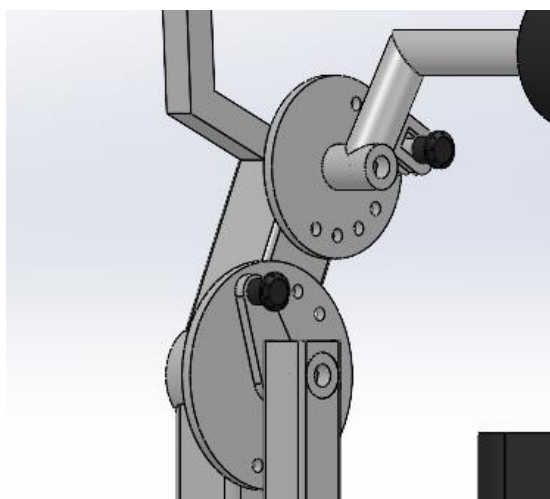
**Slika 24. Kutna podesivost sjedišta**



**Slika 25. Zatik za podešavanje**

Prije sjedanja na spravu, korisnik podešava pomoću fiksnog zatika s oprugom dužinu poluge za noge, koja mora doći na zglob između potkoljenice i stopala. Prema podacima o prosječnoj duljini od koljena do stopala [14], potrebno je da nožna poluga bude podesiva 150 mm, a to je tako i učinjeno na ovoj konstrukciji.

Nakon što korisnik sjedne, spušta polugu sa spužvastom oblogom na koljena pomoću mehanizma na idućoj slici:

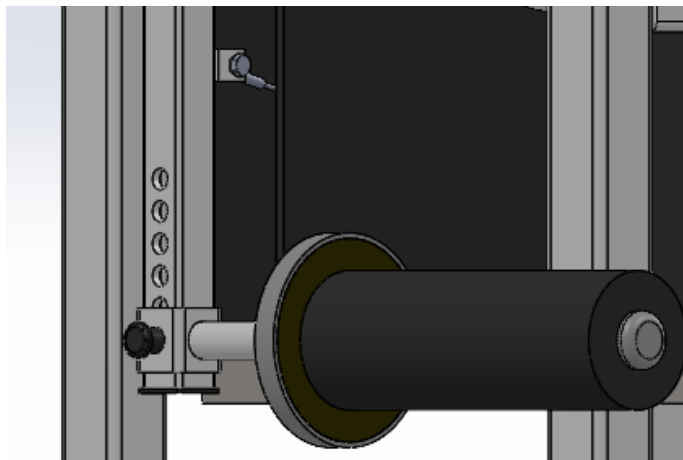


**Slika 26. Sigurnosna poluga sa spužvastom oblogom**

Prikazana poluga omogućuje stabilizaciju nogu (pomaže u držanju tijela u pravilnom položaju) i sprječava preveliki opseg pokreta. Zatik sa slike omogućuje prilagodbu poluge tako da ona može se nasloniti na korisnikovu nogu neovisno o veličini natkoljenice. On se ručno izvuče o otpusti u željenoj poziciji te zaključa željeni položaj. Valjak sa slike smanjuje pritisak i pravilno raspoređuje kada se nasloni na natkoljenicu.

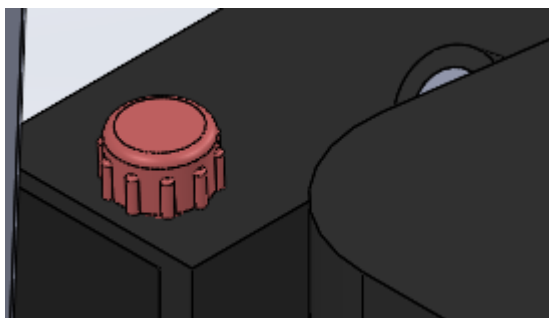
Donja poluga sa spužvastom oblogom prikazana na idućoj slici (Slika 24. ) ima raspon pokreta od 90 do 180 stupnjeva, korisnik može radi lakšeg ulaska u spravu zakrenuti cijeli mehanizam. Ova prilagodba je važna i za osobe koje zbog neke ozljede ne mogu napraviti cijeli pokret pa mogu na

ovaj način ograničiti savijanje nogu prema dolje. Također se vidi i zatik pomoću kojega se valjak s polugom može pomicati horizontalno gore ili dolje u ovisnosti o dulji potkoljenice korisnika.



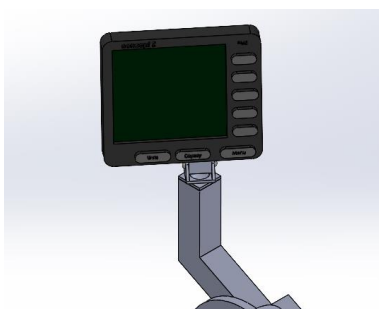
**Slika 27. Nožna poluga i njezin sistem podešavanja**

Vijak za pritezanje smješten na kućištu s desne strane naprave (desno kada korisnik sjedi na napravi), omogućava određivanje otpora u toku same vježbe. Pritezanjem ili otpuštanjem pomiču se magneti pa tako diktiraju jačinu otpora.



**Slika 28. Vijak za podešavanje otpora**

Korisniku je na ovoj spravi omogućeno aktivno praćenje napretka u toku vježbanja. Pri izradi ove naprave uzet je monitor *PM5 Monitor Suport*. Ovaj monitor omogućuje praćenje vremena, tempa, snage, potrošenih kalorija i frekvencije (broj odrađenih pokreta u minuti). Magnetski senzori prate okretaje i korisnik dobiva potrebne informacije na ekranu.



**Slika 29. PM5 Monitor Suport**

## 12. USPOREDBA REFERENTNE I KONSTRUIRANE NAPRAVE

Usporedba referentne naprave i izrađene naprave provodi se na način da ona naprava koja bolje zadovoljava kriterij bit će ocjenjena sa plusom (+), a ona druga sa minusom (-), kao naprava koja na manje dobar način zadovoljava definirani kriterij.

Kriteriji	Referentna naprava	Nova naprava
Održavanje	-	+
Bučnost	-	+
Cijena	+	-
Ostvarivanje otpora	-	+
Sigurnost	-	+
Ergonomska prilagodba	-	+
Antropometrijska prilagodba	-	+
Složenost izvedbe	+	-
Stabilnost	-	+
Zbroj	2+	7+

Prema kriteriju bučnosti, nova naprava ima prednost jer je modul sa elektromagnetom vrlo tihe izvedbe, koja stvara glatki otpor. Između dijelova modula sa elektromagnetom nema trenja pa tako nema ni trošenja koje bi stvaralo potrebu za održavanjem ili činilo koncept bučnim. Referentna naprava koristi remen kao vezu između zamašnjaka i nožne poluge (prikazano na slici 27), a kod takav sustav je izložen trošenju i zahtjeva održavanje što može biti skupo ako se naprava koristi u nekom fitness centru. Iz tog razloga izrađena naprava ima prednost u održavanju, stvaranju otpora i kriteriju bučnosti, iako je u početku cjenovno skuplja, održavanje referentne naprave može znatno povećati njezinu cijenu.



Slika 30. Prikaz modula referentne naprave



Slika 31. Druga pozicija referentne naprave

---

Referenta naprava ima mogućnost dvije pozicije sjedala, jedna pozicija ima sjedište blago nagnuto prema iza kao i naslon, dok druga pozicija je vezana uz jačanje mišića gluteusa i stražnje lože bedra (prikazano na slici 28). No glavni problem je što nema uključeno pomicanje naslona s obzirom na visinu korisnika što može uzrokovati ozljede jer koljeno nije poravnao s osi rotacije nožne poluge. Nova, konstruirana naprava zadrži takvo podešavanje pa njoj dajemo plus (+) kao onoj koja bolje obuhvaća antropometrijske prilagodbe. Ona sadrži i kutno podešavanje sjedišta i sjedala, kako bi korisniku bilo omogućen što bolji prihvat trupa i ugodnije vježbanje. Takvi mehanizmi i sustavi podešavanja poboljšavaju funkciju naprave, no povećavaju složenost i cijenu izvedbe zbog brojnih dodatnih komponenata.

---

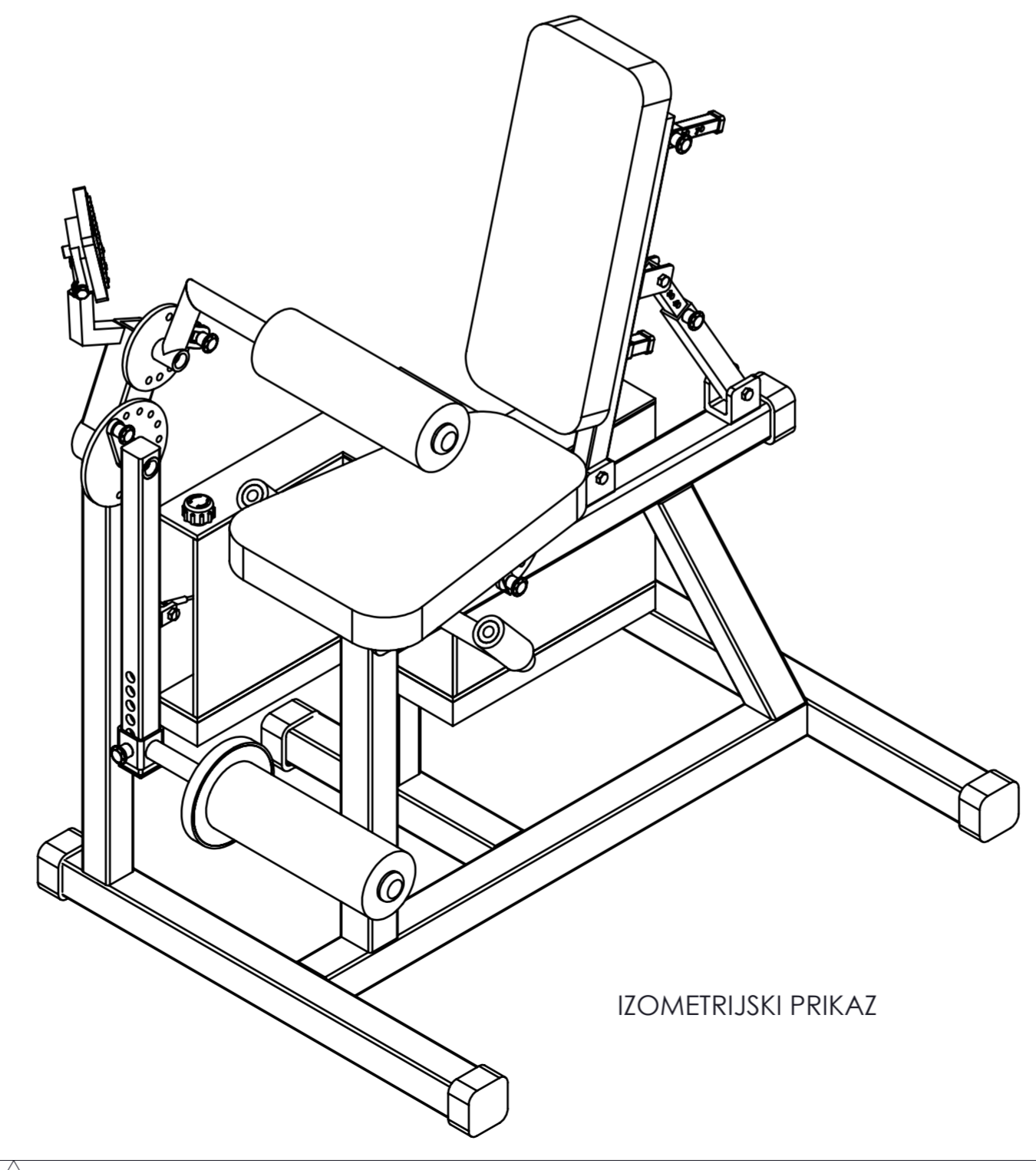
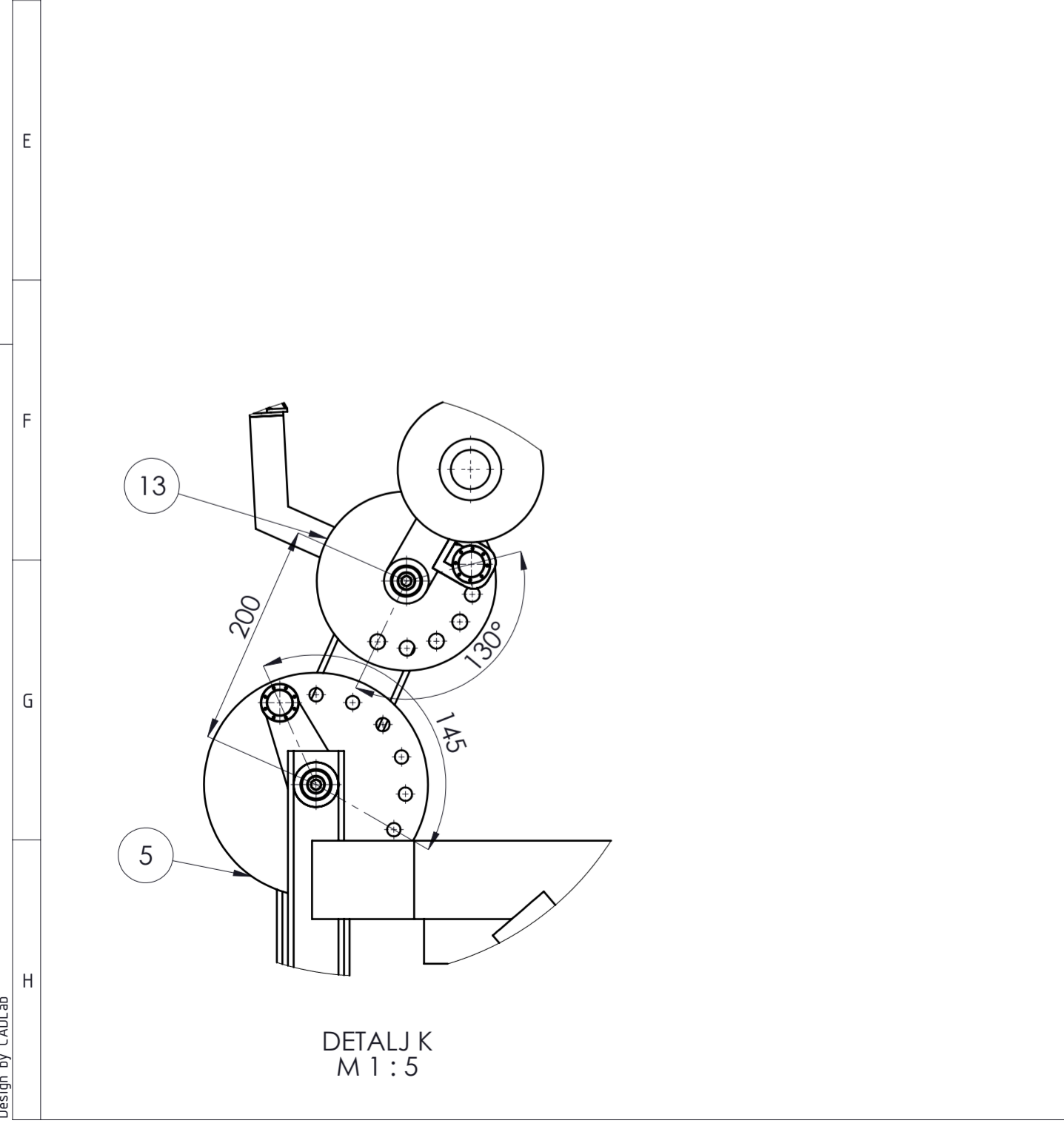
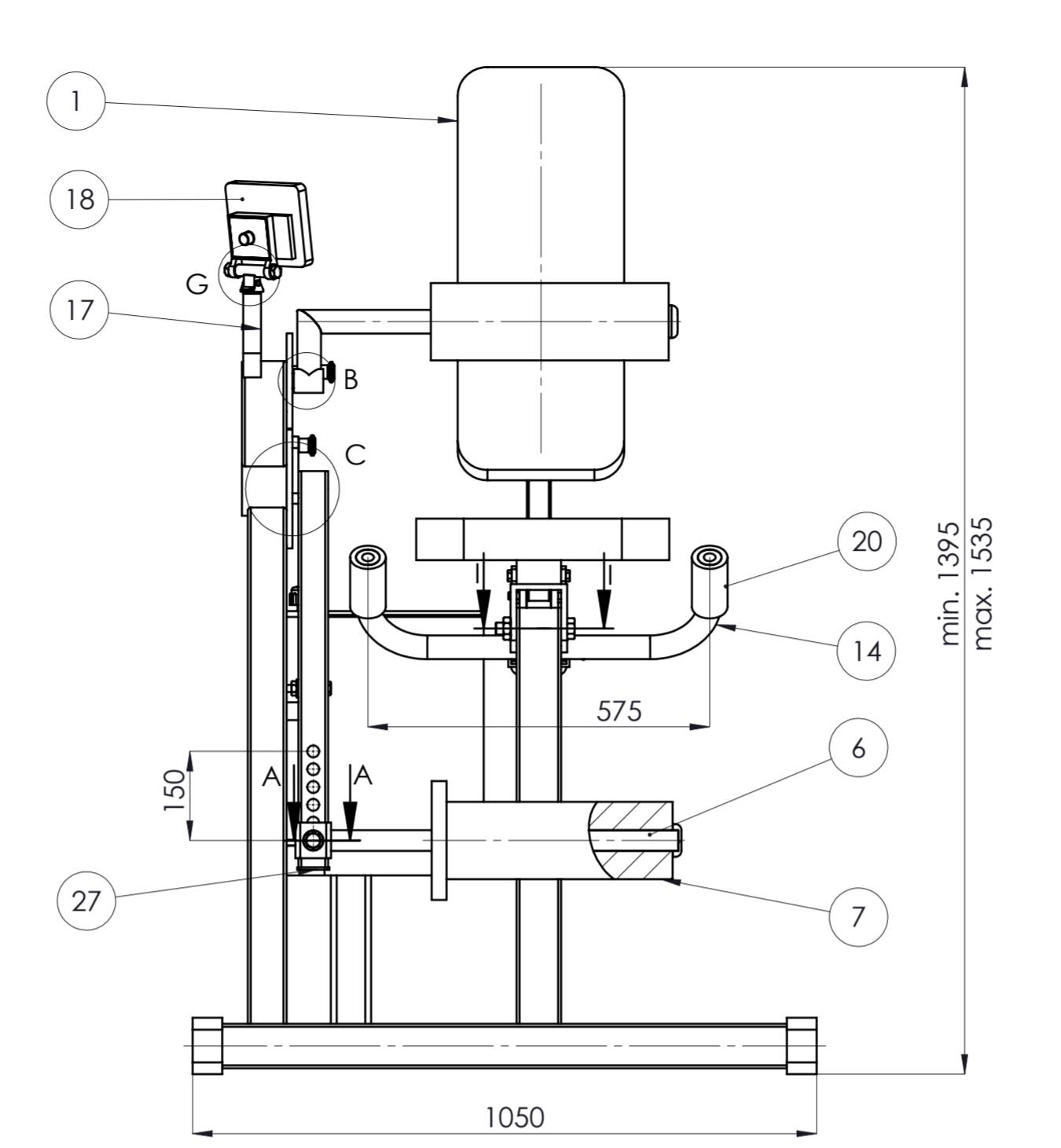
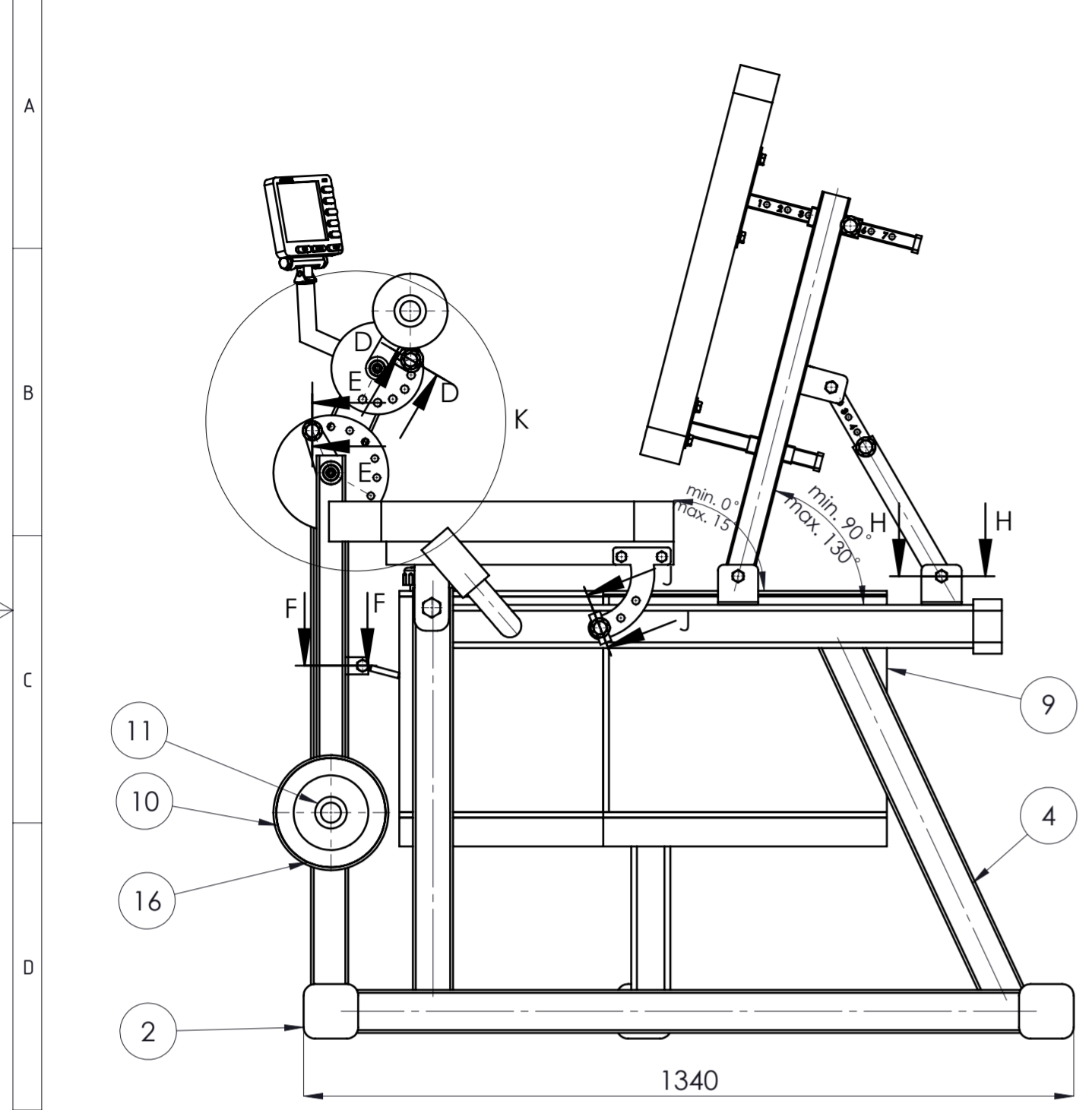
**ZAKLJUČAK**

U ovom radu je je odrađena konstrukcijska razrada naprave za vježbanje nožne ekstenzije. Isticanjem biomehaničkih karakteristika povezanih s mišićima kvadricepsa i nožnom ekstenzijom opisane su važne karakteristike i svojstva koje naprava treba imati. Definiranjem zahtjeva i ograničenja obuhvaćena su sva svojstva i karakteristike prethodno definirane. Nadalje, analizom tržišta utvrđeno je stanje na tržištu te prednosti i nedostaci naprava koje pokrivaju ovu temu. Jedan od bitnih problema je što dosadašnje naprave ne bave se adekvatno jačanjem izdržljivosti mišića kvadricepsa, a da pritom je uzeta u obzir sigurnost i ergonomske značajke, koje je potrebno zadovoljiti. Funkcijskom dekompozicijom dobiven je slijed funkcija koje naprava mora imati, kako bi smisljeno funkcionirala i zadovoljila prethodno navedene uvjete i svojstva. U idućem koraku pomoću morfološke matrice dobivena su načini rješavanja (zadovoljavanja) funkcija. Definirani su koncepti s obzirom na način opterećenja tijekom vježbanja i prilagodljivosti sjedala naprave. Koncepti vezani za opterećenje su idući: koncept 1 je zamišljen kao mehanizam sa pojasnom kočnicom, koncept 2 kao mehanizam reguliran pomoću elektromagneta te posljednji koncept (koncept 3), funkcionirao bi pomoću ventilatora unutar kojeg su lopatice koje stvaraju otpor. Koncepti vezani uz podešavanje sjedala su idući: koncept 1. ima podešavanje naslona, koncept 2. ima povezan naslon i sjedalo, a koncept 3 ima sjedalo i naslon koji oboje imaju kutnu podesivost. Vrednovanjem ovih koncepata, dobiveni su oni najbolji od ponuđenih. Naposljetku je izrađen 3D model koji spaja ta tri najbolja koncepta u jednu smislenu cjelinu. Uspoređivanjem naprave, izabrane kao najbližije onoj koju želimo postići, i dobivene naprave za nožnu ekstenziju, vidljivo je koji su prednosti i nedostaci i kako dobivena naprava može konkurirati na tržištu. Glavna prednosti dobivene naprave, u odnosu na one na tržištu, bila bi velika ergonomska prilagodljivost koju joj pruža izabran tip sjedala, mala potreba za održavanjem zbog izabranog modula opterećenja i sam cilj ovog rada, koji je bio da korištenjem ove naprave mišići kvadricepsa povećavaju izdržljivost, a ne samo snagu.

---

**LITERATURA**

- [1] Mišići kvadricepsa, <https://www.fitness.com.hr/images/clanci/kvadriceps-anatomija.jpg> (pristupljeno: 20.10.2024.)
- [2] Pokret natkoljenice prilikom izvođenja vježbe, <https://hr.the-nutrition.com/single-clanak/Nozna-ekstenzija/488/filtriraj-po/datum/rangirajuci/padajuce/stranica/10> (pristupljeno: 20.10.2024.)
- [3] Openshaw, S., Taylor, E.: *Ergonomics and Design A Reference Guide*, Muscatine, Iowa, 2006.
- [4] Prilagodljivost nožne poluge, [https://www.asphaltgreen.org/images/uploads/posts/\\_large/LEX\\_Sitting\\_in\\_the\\_Machine.jpg](https://www.asphaltgreen.org/images/uploads/posts/_large/LEX_Sitting_in_the_Machine.jpg) (pristupljeno 25.01.2025.)
- [5] Nožna ekstenzija opteretljiva utezima, <https://bluegym.hr/proizvod/leg-extensioncurl-machine-iflegm/> (pristupljeno: 15.11.2024.)
- [6] Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika, <https://bluegym.hr/proizvod/it9505-leg-extension/> (pristupljeno: 15.11.2024.)
- [7] Nožna ekstenzija s dva neovisna valjka, <https://bluegym.hr/proizvod/leg-extension-sl7025/> (pristupljeno: 15.11.2024.)
- [8] Hidraulični ergometar za veslanje, <https://www.fitness.com.hr/shop/oprema/fitness-oprema/Naprava-za-veslanje-Insportline-Power-Master-X.aspx> (pristupljeno: 16.11.2024.)
- [9] Veslački ergometar sa zračnim otporom, <https://polleosport.hr/vapor-rower-10-0-veslacki-ergometar> (pristupljeno: 16.11.2024.)
- [10] Veslački ergometar sa magnetskim otporom, <https://www.fitshop.hr/product/tunturi-fitrow-70-naprava-za-veslanje/> (pristupljeno: 16.11.2024.)
- [11] Veslački ergometar s vodenim otporom, <https://www.fitnessoprema.com/proizvod/aquon-water-flow/> (pristupljeno: 16.11.2024.)
- [12] Acceleration Leg Curl/Extension, <https://neuroexcellence.pt/product/acceleration-leg-curl-extension/> (pristupljeno: 05.12.2024.)
- [13] Croney, J.: *Anthropometry for designers*, New York, 1981. (pristupljeno: 14.01.2025.)
- [14] Panero, J., Zelnik, M.: *Human Dimension and Interior Space*, Watson-Guptill, New York, 1979. (pristupljeno: 14.01.2025.)

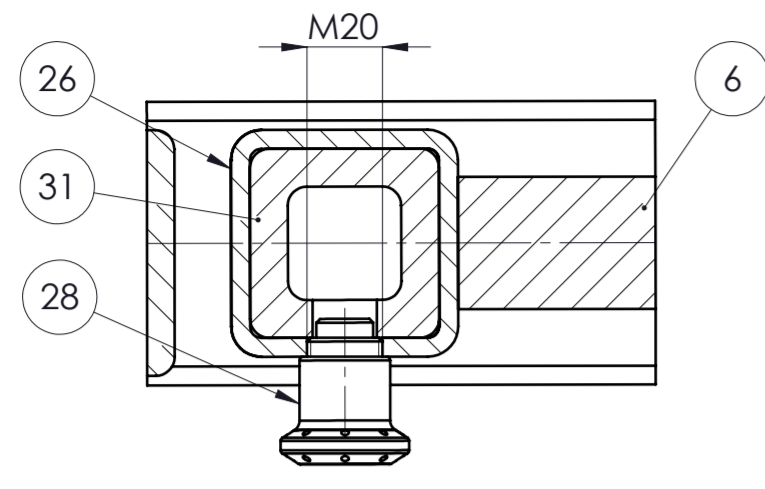


Broj	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
1	Sjedalo	1	01-01-00	/	/	57.6 kg
2	Obloga	6	/	Poliuiretan	95x95x5	0.23 kg
3	Ušica	1	01-02-00	S235JR	/	0.30 kg
4	Postolje	1	01-03-00	S235JR	1190x1320x1040	133.39 kg
5	Disk_01	1	01-04-00	S235JR	Ø 200x10	2.38 kg
6	Poluga_01	1	01-05-00	S235JR	Ø 35x600	4.41 kg
7	Pjenasti valjci	2	/	Poliuiretanska pjena i PP	Ø 35x400	1.28 kg
8	Zglob	1	01-06-00	S235JR	/	0.28 kg
9	Modul opterećenja - sklop	1	01-07-00	/	/	/
10	Zaštitni poklopac	1	01-08-00	Polipropilen	/	0.02 kg
11	Poklopac	2	01-09-00	Polipropilen	/	0.19 kg
12	Poluga_02	1	01-10-00	S235JR	Ø 35x40	0.75 kg
13	Disk_02	1	01-11-00	S235JR	Ø 160x10	1.45 kg
14	Ručkice	2	01-12-00	S235JR	/	3.01 kg
15	Cilindar	1	01-13-00	S235JR	Ø 20x45	0.06 kg
16	Spužva	1	/	Poliuiretanska pjena i PP	Ø 120x20	0.01 kg
17	Pravokutni profil	1	01-14-00	S235JR	30x30x200	1.28 kg
18	Monitor	1	/	/	concept 2	/
19	Zglobni nosač	1	/	S235JR	/	/
20	Pjenasta obloga za ručkice	2	/	Poliuiretanska pjena i PP	Ø 30x80 Kettler	0.15 kg
21	Vijak za pritezanje M16x25	1	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
22	Maticni vijak sa maticom M12x68	1	DIN 7990	Nehrđajući čelik	4.6	/
23	Osovina_1	1	01-15-00	S235JR	Ø 25x27	0.10 kg
24	Zglob	1	01-16-00	S235JR	/	0.27 kg
25	Cilindrična pločica	2	01-17-00	S235JR	Ø 25x5	0.02 kg
26	Vodilica	1	01-18-00	S235JR	60x60x60	0.48 kg
27	Poklopac	1	01-19-00	S235JR	/	0.01 kg
28	Vijak za pritezanje M20	1	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
29	Osovina_2	1	01-20-00	S235JR	Ø 25x34	0.13 kg
30	Zglob	1	01-21-00	S235JR	/	0.26 kg
31	Kvadratni profil	1	01-22-00	S235JR	75x75x865	17.06 kg
32	Poluga	1	01-23-00	S235JR	Ø 35x635	6.05 kg
33	Maticni vijak sa maticom M12x83	1	DIN 7990	Nehrđajući čelik	Vijci Kranjec	/
34	Svornjak sa oprugom M12x100	1	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
35	Ušica_02	1	01-24-00	S235JR	/	0.15 kg
36	Inbus vijak M10x12	2	DIN 912	Nehrđajući čelik	8.8	/
37	Ležaj	2	604	/	SKF	/
38	Uskočnik	2	DIN 6799	S235JR	/	0.01 kg

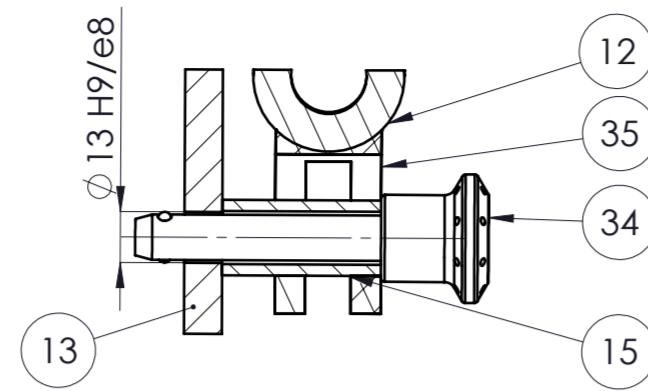
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Razradio		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Crtao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:		R. N. broj:	
Napomena:		Materijal:		Masa: 296.90 kg	Kopija	
Mjerilo originala		1:10	Naziv: Nožna ekstenzija		Pozicija:	Format: A2
Crtež broj:		01-00-00		Listova: 2		List: 1



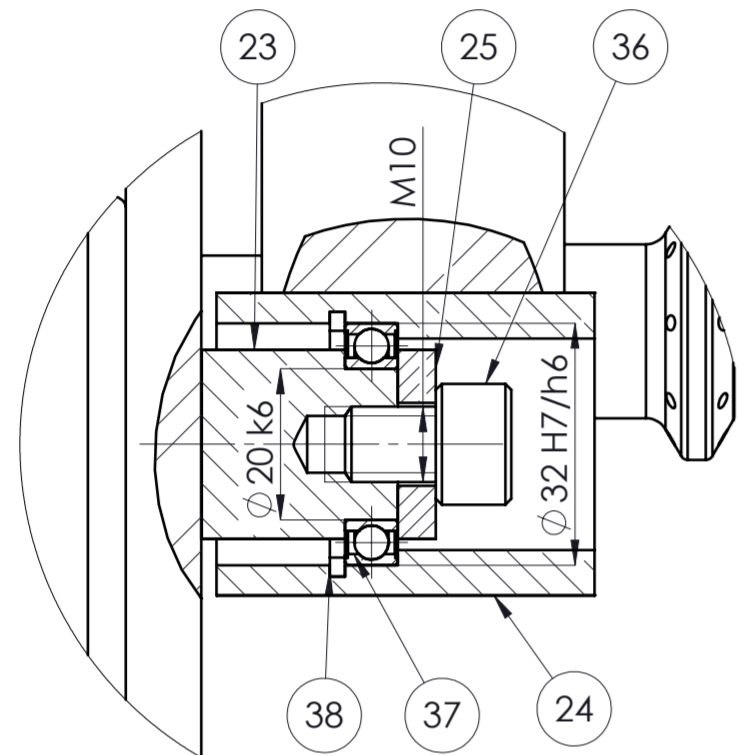




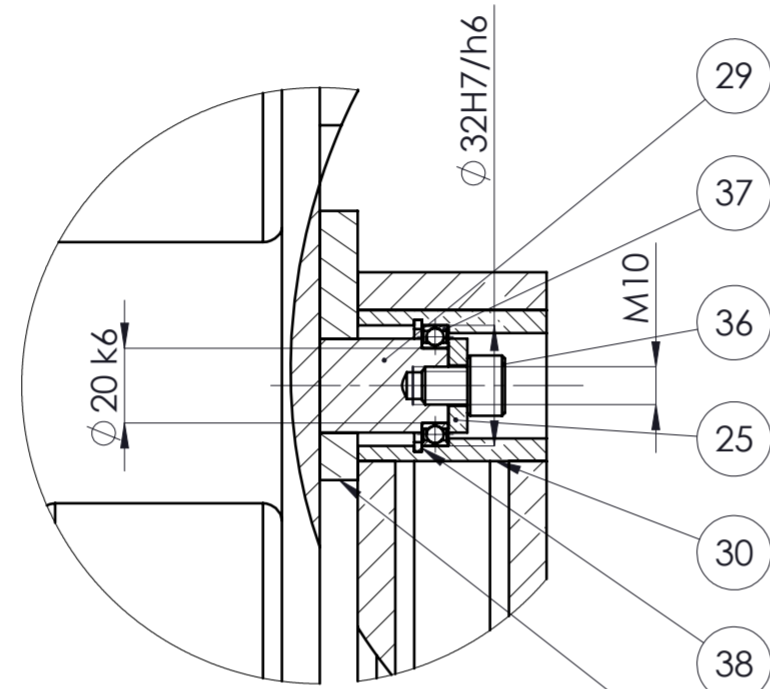
PRESJEK A-A  
M 1:2



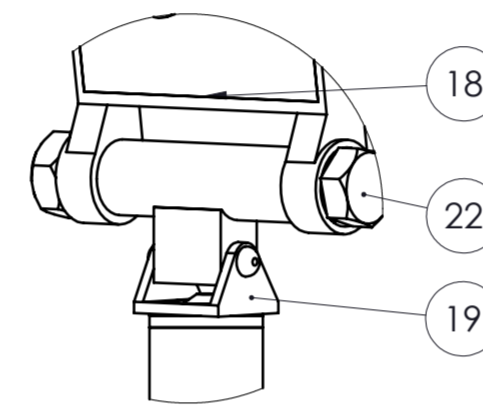
PRESJEK D-D  
M 1:2



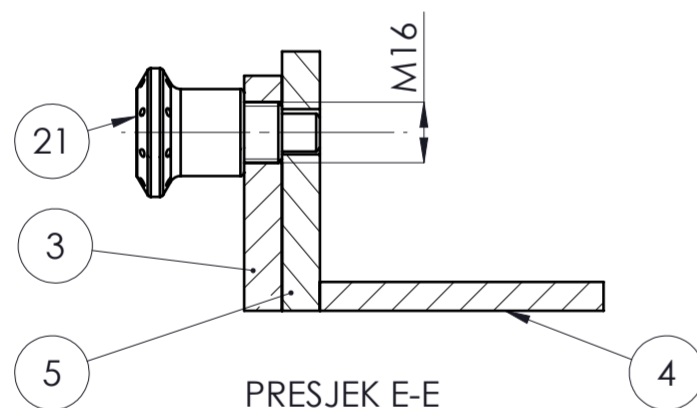
DETALJ B  
M 1:1



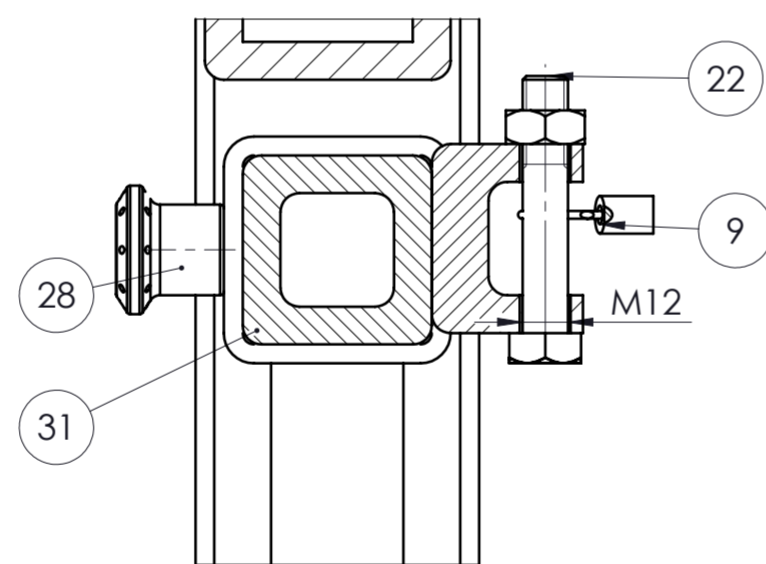
DETALJ C  
M 1:2



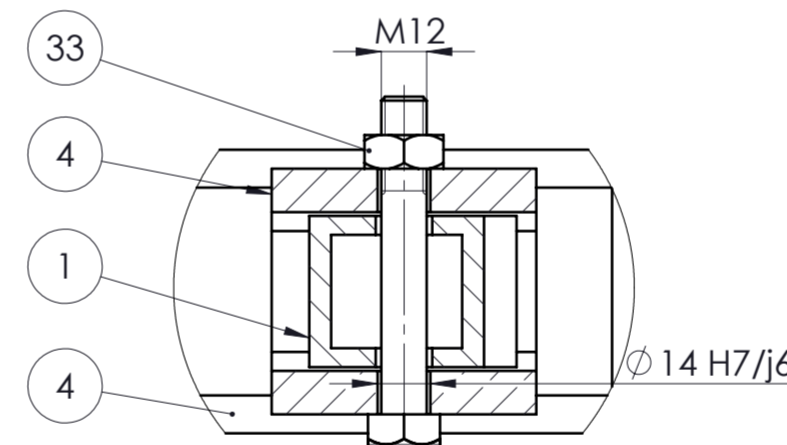
DETALJ G  
M 1:2



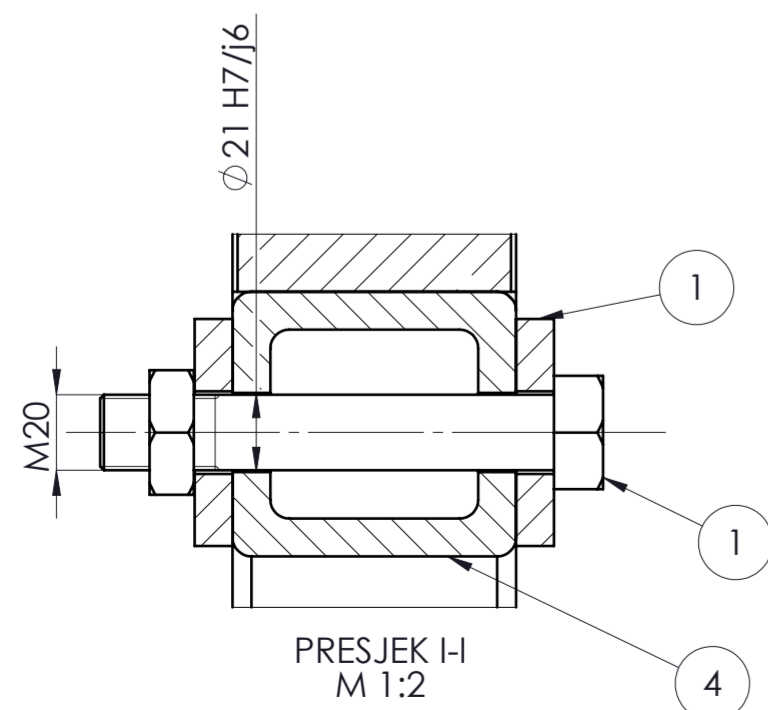
PRESJEK E-E  
M 1:2



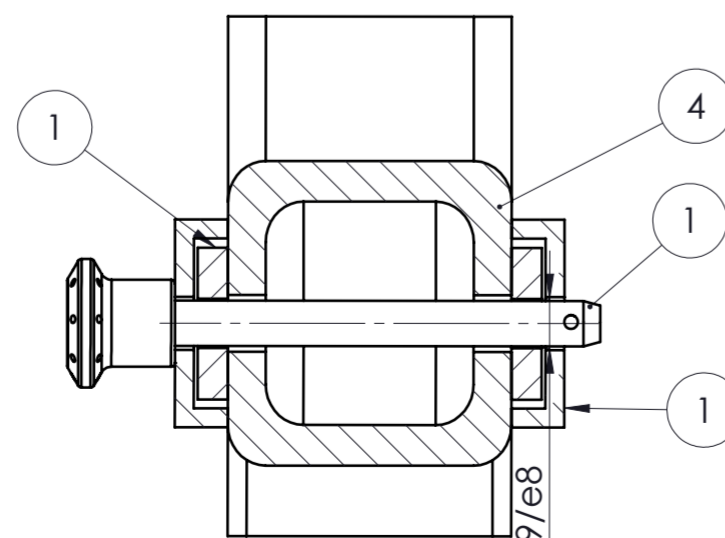
PRESJEK F-F  
M 1:2



PRESJEK H-H  
M 1:2



PRESJEK I-I  
M 1:2

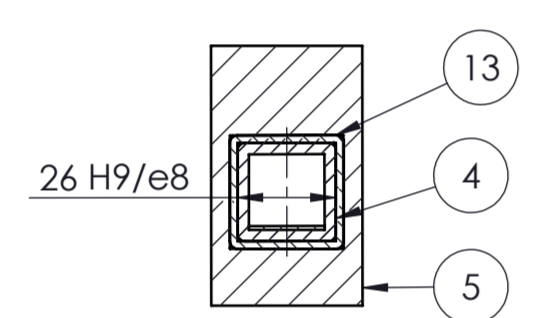
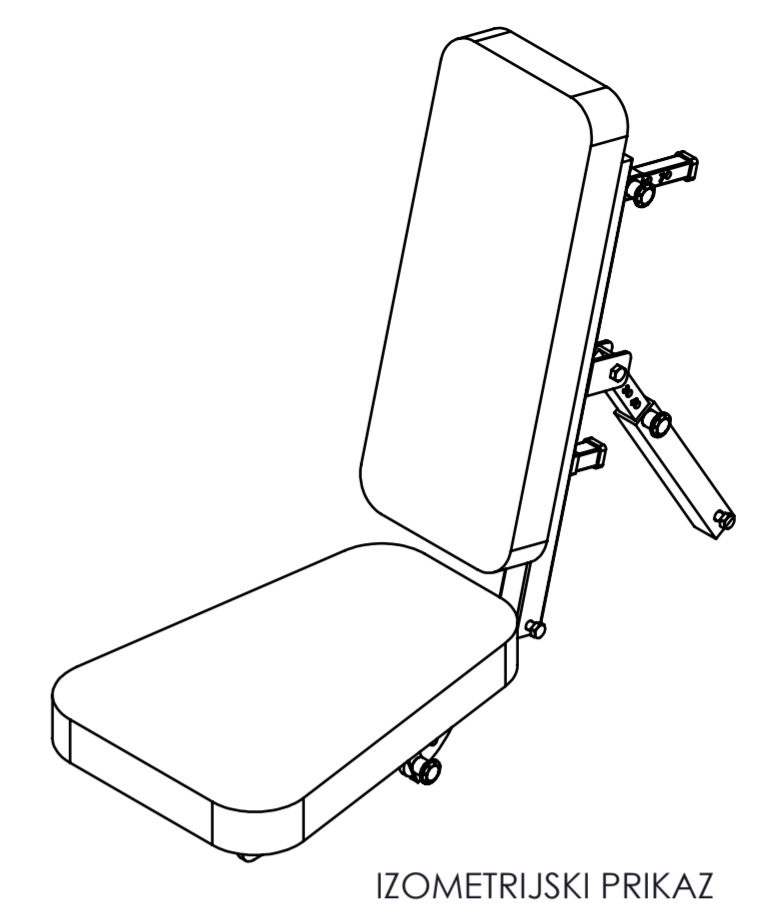
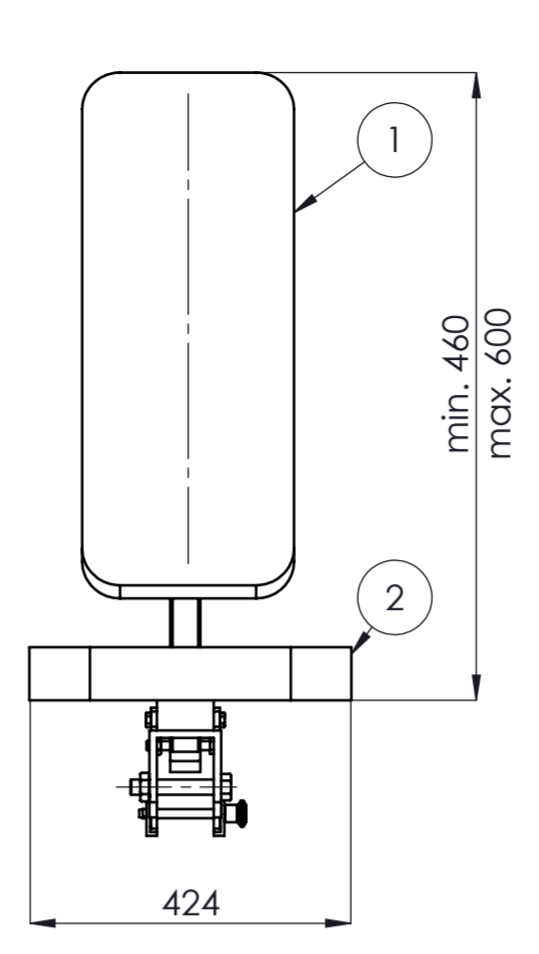
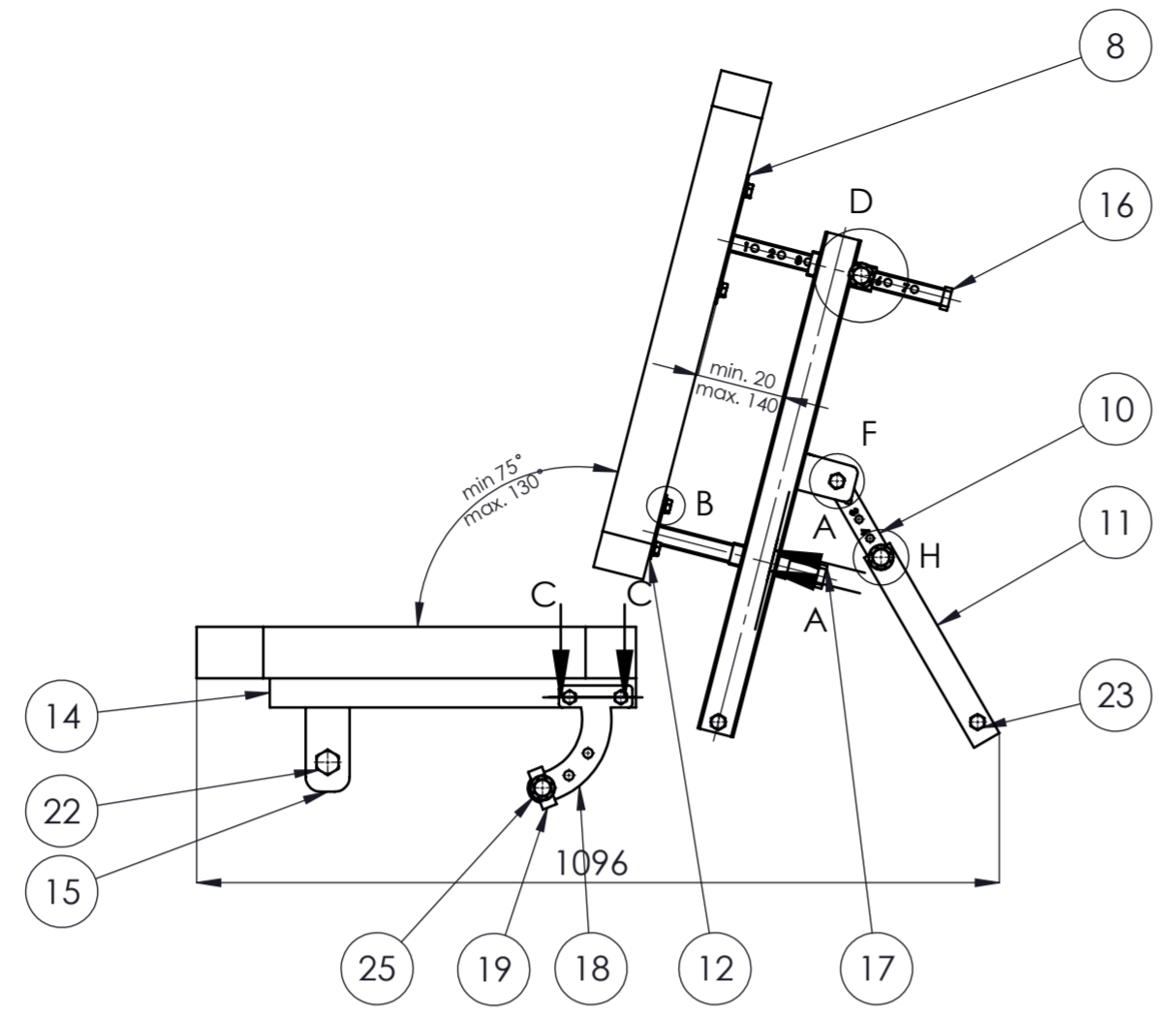
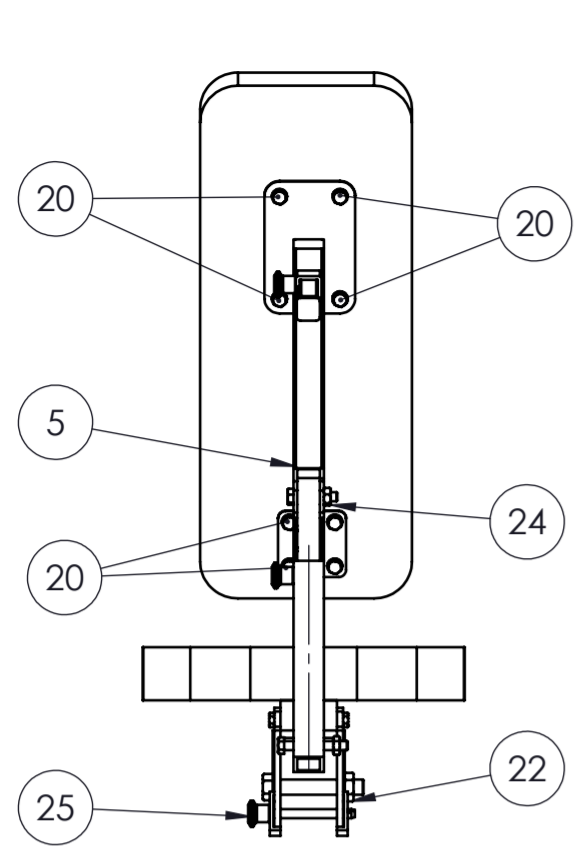


PRESJEK J-J  
M 1:2

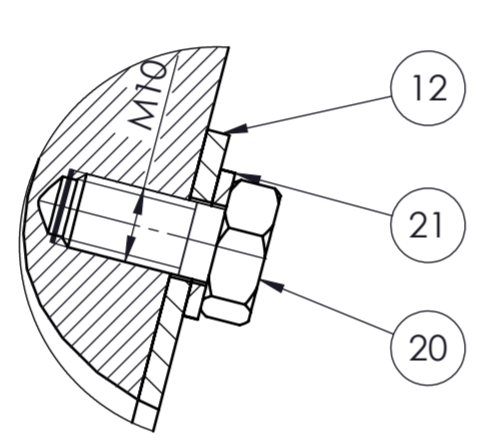
Redni broj	Naziv dijela	Kom.	Datum	Crtež broj Norme	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
1	Sjedalo	1	01-01-00	/	/	/	57.6 kg
2	Obloga	6			Poliuretan	95x95x5	0.23 kg
3	Ušica	1	01-02-00	S235JR	/	/	0.30 kg
4	Postolje	1	01-03-00	S235JR	1190x1320x1040	/	133.39 kg
5	Disk_01	1	01-04-00	S235JR	$\phi 200 \times 10$	/	2.38 kg
6	Poluga_01	1	01-05-00	S235JR	$\phi 35 \times 600$	/	4.41 kg
7	Pjenasti valjci	2	/	/	Poliuretanska pjena I PP	$\phi 35 \times 400$ Kettler	1.28 kg
8	Zglob	1	01-06-00	S235JR	/	/	0.28 kg
9	Modul opterećenja - sklop	1	01-07-00	/	/	/	/
10	Zaštitni poklopac	1	01-08-00	/	Polipropilen	/	0.02 kg
11	Poklopac	2	01-09-00	/	Polipropilen	/	0.19 kg
12	Poluga_02	1	01-10-00	S235JR	$\phi 35 \times 40$	/	0.75 kg
13	Disk_02	1	01-11-00	S235JR	$\phi 160 \times 10$	/	1.45 kg
14	Ručkice	2	01-12-00	S235JR	/	/	3.01 kg
15	Cilindar	1	01-13-00	S235JR	$\phi 20 \times 45$	/	0.06 kg
16	Spužva	1	/	/	Poliuretanska pjena I PP	$\phi 120 \times 20$ Kettler	0.01 kg
17	Pravokutni profil	1	01-14-00	S235JR	30x30x200	/	1.28 kg
18	Monitor	1	/	/	/	/	/
19	Zglobni nosač	1	/	S235JR	/	/	/
20	Pjenasta obloga za ručkice	2	/	/	Poliuretanska pjena I PP	$\phi 30 \times 80$ Kettler	0.15 kg
21	Vijak za pritezanje M16x25	1	/	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
22	Maticni vijak sa maticom M12x68	1	DIN 7990	/	Nehrđajući čelik	4.6	/
23	Osovina_1	1	01-15-00	S235JR	$\phi 25 \times 27$	/	0.10 kg
24	Zglob	1	01-16-00	S235JR	/	/	0.27 kg
25	Cilindrična pločica	2	01-17-00	S235JR	$\phi 25 \times 5$	/	0.02 kg
26	Vodilica	1	01-18-00	S235JR	60x60x60	/	0.48 kg
27	Poklopac	1	01-19-00	S235JR	/	/	0.01 kg
28	Vijak za pritezanje M20	1	/	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
29	Osovina_2	1	01-20-00	S235JR	$\phi 25 \times 34$	/	0.13 kg
30	Zglob	1	01-21-00	S235JR	/	/	0.26 kg
31	Kvadratni profil	1	01-22-00	S235JR	75x75x865	/	17.06 kg
32	Poluga	1	01-23-00	S235JR	$\phi 35 \times 635$	/	6.05 kg
33	Maticni vijak sa maticom M12x83	1	DIN 7990	/	Nehrđajući čelik	Vijci Kranjec	/
34	Svornjak sa oprugom M12x100	1	/	/	Nehrđajući čelik	McMaster Carr	/
35	Ušica_02	1	01-24-00	S235JR	/	/	0.15 kg
36	Inbus vijak M10x12	2	DIN 912	/	Nehrđajući čelik	8.8	/
37	Ležaj	2	604	/	/	SKF	/
38	Uskočnik	2	/	S235JR	/	/	0.01 kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norme	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Razradio		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Crtao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
$\phi 13\ H9/e8$	+0.102 +0.032	Napomena:		R. N. broj:		
$\phi 20\ k6$	+0.015 +0.002	Materijal:		Masa: 296.90 kg	Kopija	
$\phi 32\ H7/h6$	+0.041 0	Mjerilo originala		Naziv: Nožna ekstenzija	Pozicija:	Format: A2
1:10		Crtež broj: 01-00-00		Listova: 2		List: 2

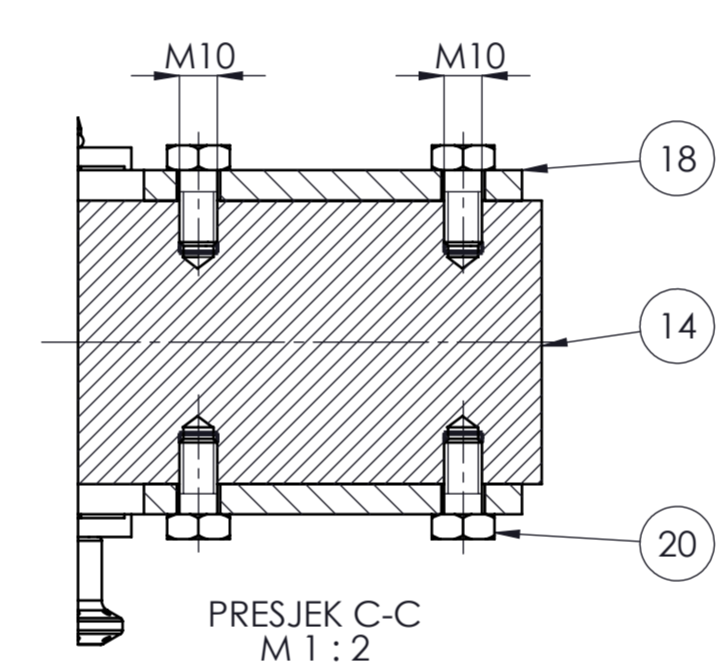




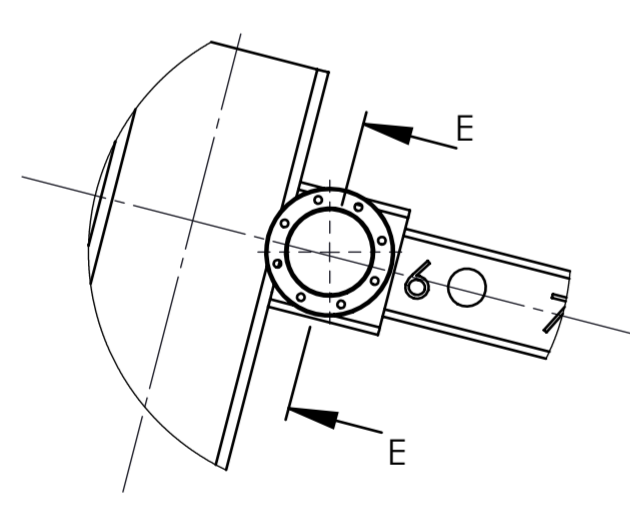
PRESJEK A-A  
M 1 : 2  
DUBINA PRESJEKA 150mm



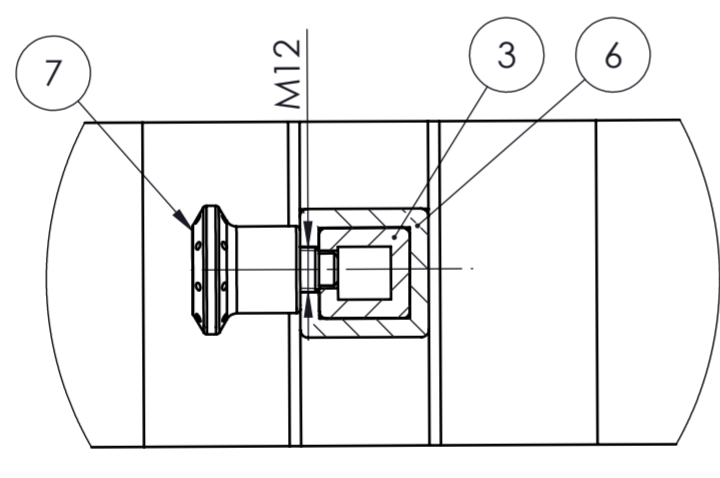
DETALJ B  
M 1 : 1



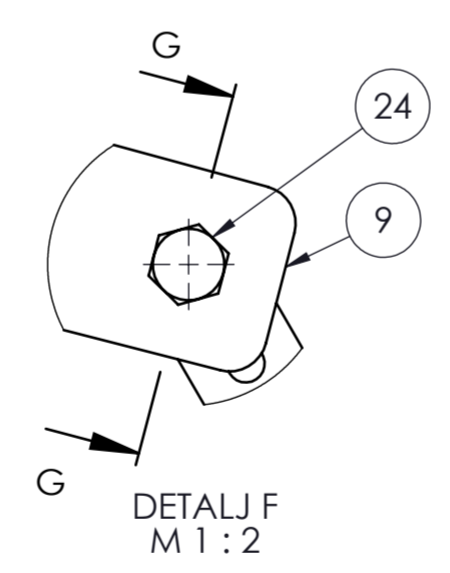
PRESJEK C-C  
M 1 : 2



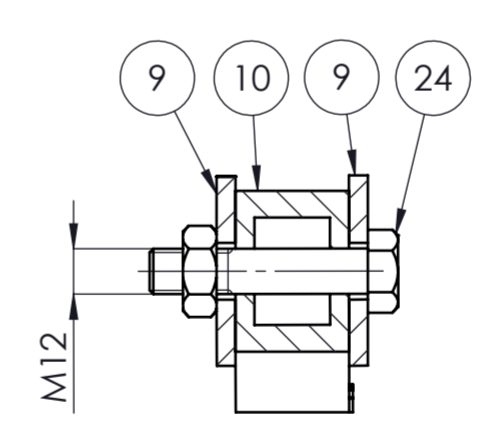
DETALJ D  
M 1 : 2



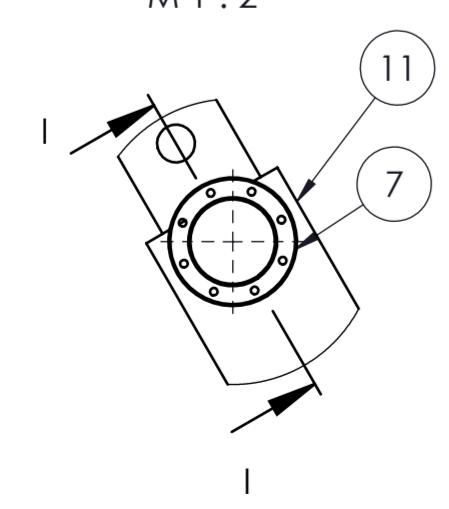
PRESJEK E-E  
M 1 : 2



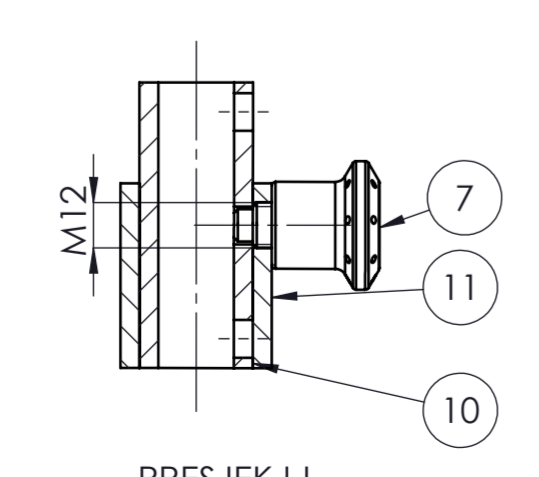
DETALJ F  
M 1 : 2



PRESJEK G-G  
M 1 : 2



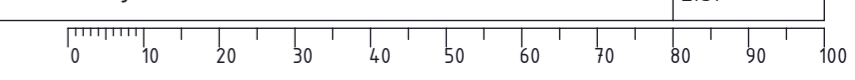
DETALJ H  
M 1 : 2

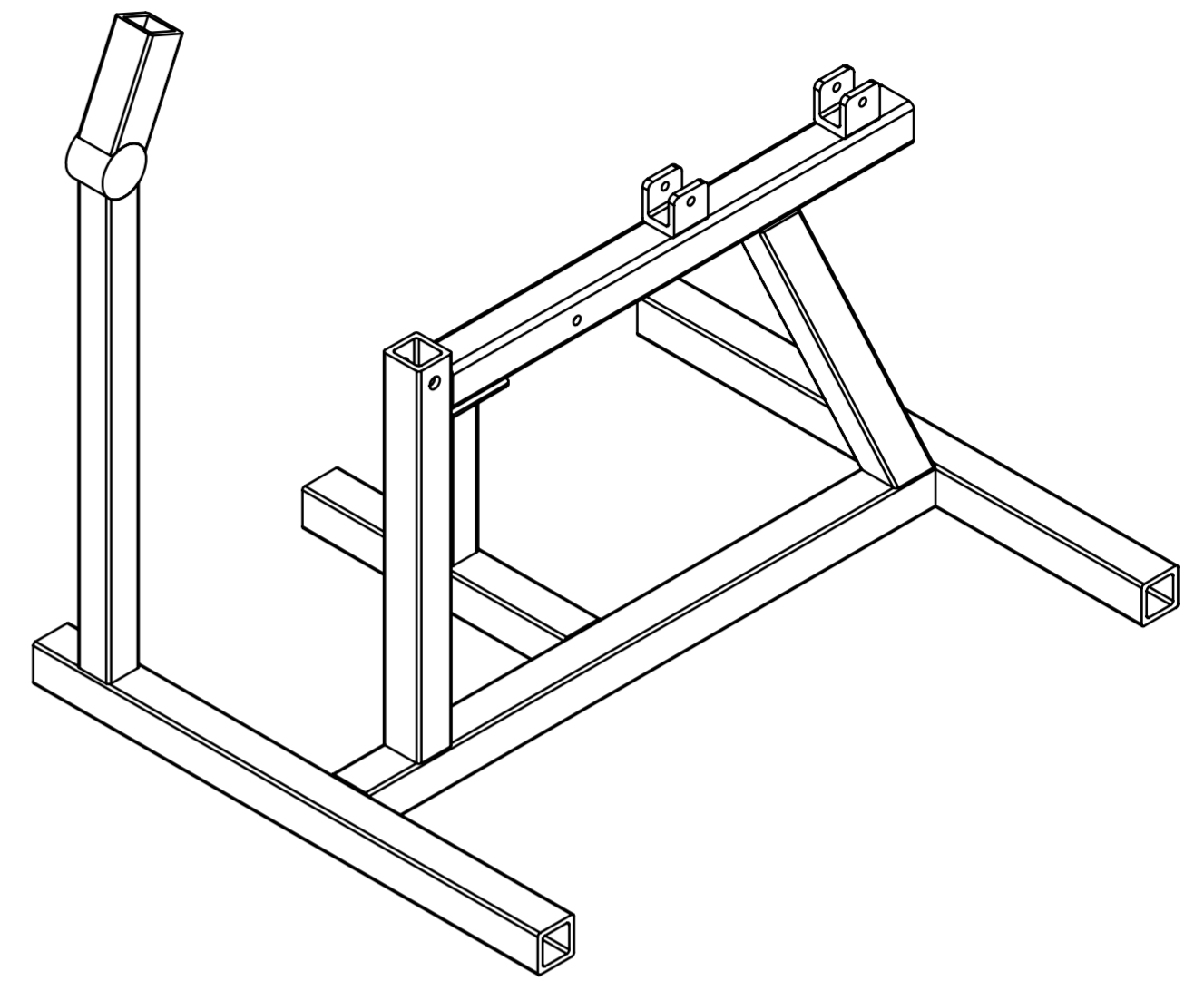
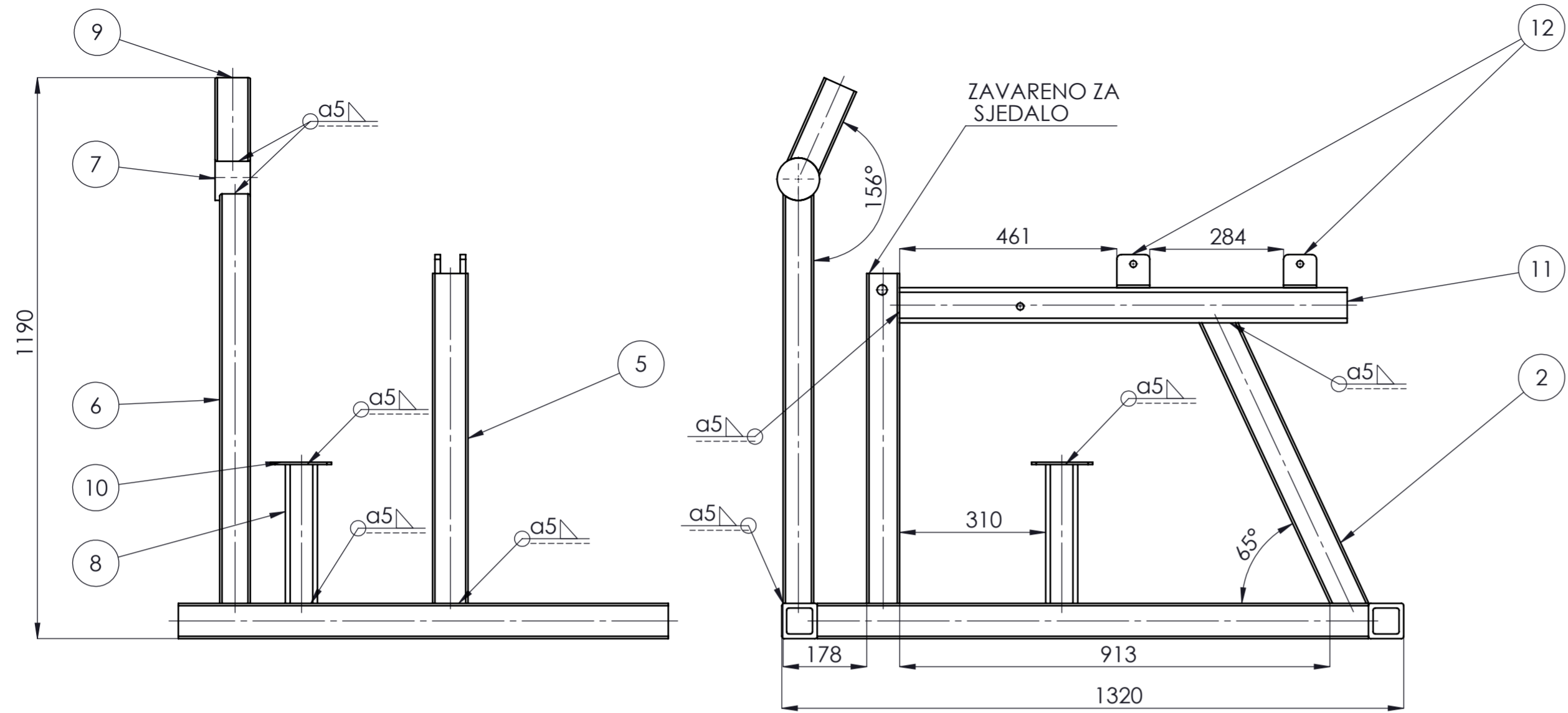


PRESJEK I-I  
M 1 : 2

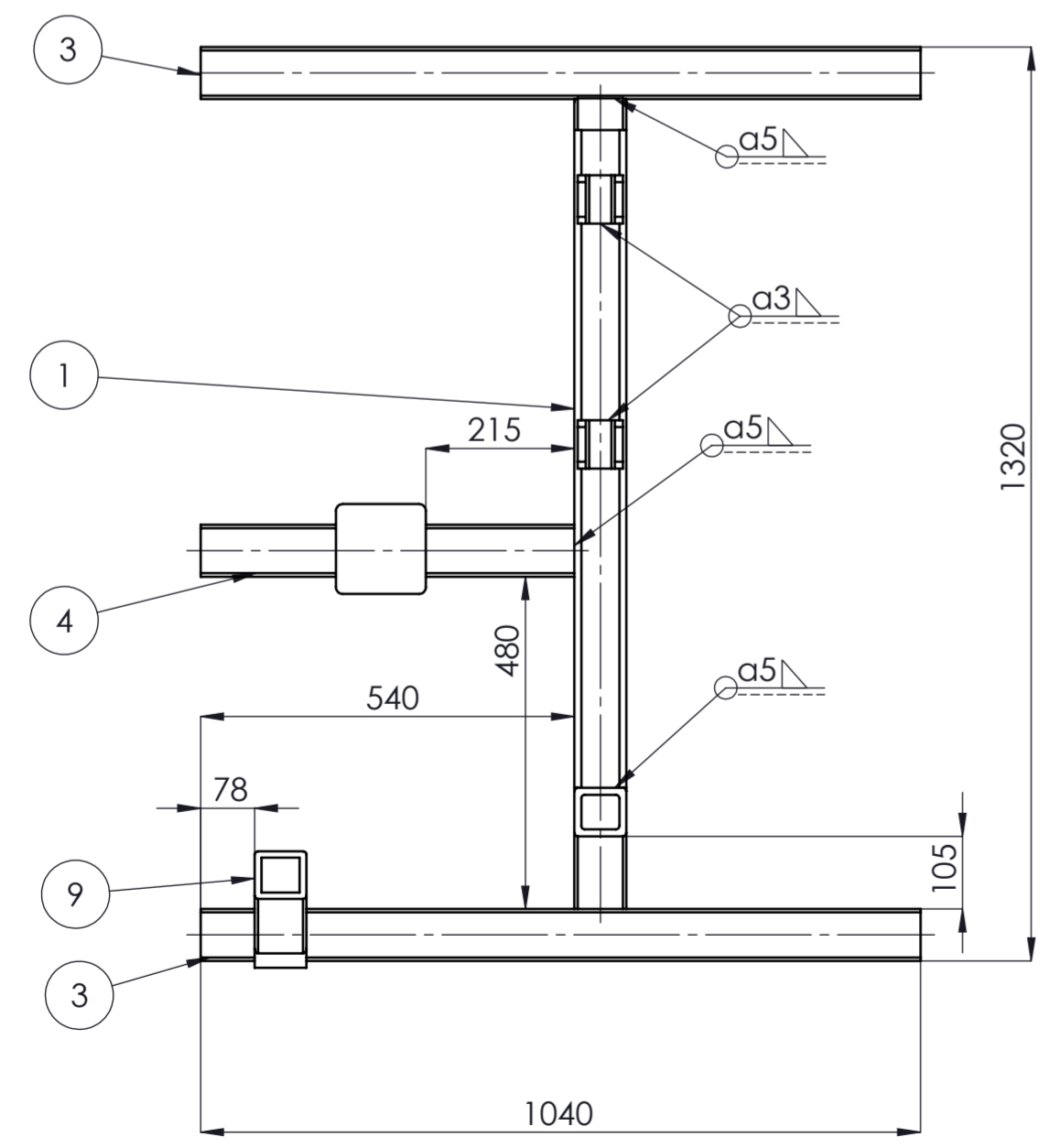
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
1	Naslon	1				
2	Sjedało	1				
3	Kvadratni profil_01	1	01-01-01	S235JR	30x30x90	0,33 kg
4	Kvadratni profil_02	1	01-01-02	S235JR	26x26x234	0,50 kg
5	Kvadratni profil_03	1	01-01-03	S235JR	40x40x700	10,11 kg
6	Kvadratni profil_04	1	01-01-04	S235JR	26x26x300	0,80 kg
7	Vijak za pritezanje M12x10	2	/	Nehrdajući Čelik	McMaster Carr	/
8	Potporna ploča	1	01-01-05	S235JR	90x90x3	0,18 kg
9	Zglob	1	01-01-06	S235JR	/	0,34 kg
10	Kvadratni profil_05	1	01-01-07	S235JR	30x30x250	0,92 kg
11	Kvadratni profil_06	1	01-01-08	S235JR	40x40x300	1,63 kg
12	Potporna ploča_02	1	01-01-09	S235JR	90x90x3	0,12 kg
13	Kvadratni profil_07	1	01-01-10	S235JR	30x30x80	0,14 kg
14	Pravokutni profil	1	01-01-12	S235JR	40x75x500	11,75 kg
15	Zglob	1	01-01-13	S235JR	/	1,35 kg
16	Obloga_01	1	/	Poliuretán	31x31x5 Kettler	0,01 kg
17	Obloga_02	1	/	Poliuretán	32x32x5 Kettler	0,01 kg
18	Luk za podešavanje	2	01-01-14	S235JR	/	0,57 kg
19	Držač zatika	2	01-01-15	S235JR	/	0,05 kg
20	Vijak M10x20	12	DIN 933	8,8	Vijci Kranjec	/
21	Ravna podloška	9	DIN 125A	A4	Vijci Kranjec	/
22	Matični vijak sa maticom M12x120	1	DIN 7990	4,6	Vijci Kranjec	/
23	Matični vijak sa maticom M12x82	2	DIN 7990	4,6	Vijci Kranjec	/
24	Matični vijak sa maticom M12x60	1	DIN 7990	4,6	Vijci Kranjec	/
25	Svornjak sa oprugom Ø12x100	1	/	Nehrdajući Čelik	McMaster Carr	/

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		15.02.2025	Helena Kosanović			
Razradio		15.02.2025	Helena Kosanović			
Crtao		15.02.2025	Helena Kosanović			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
26 H9/e8	+0.125			R. N. broj:		
	+0.040					
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa: 57.60 kg				
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:		Format: A2
1:10		Sjedało		1		Listova: 1
		Crtež broj: 01-01-00				List: 1





IZOMETRIJSKI PRIKAZ



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
1	Pravokutni profil_01	1	01-03-01	S235JR	75x75x1040	23.68 kg
2	Pravokutni profil_02	1	01-03-02	S235JR	75x75x1170	12.96 kg
3	Pravokutni profil_03	2	01-03-03	S235JR	75x75x657	21.23 kg
4	Pravokutni profil_04	1	01-03-05	S235JR	75x75x540	9.81 kg
5	Pravokutni profil_05	1	01-03-06	S235JR	75x75x700	14.24 kg
6	Pravokutni profil_06	1	01-03-07	S235JR	75x75x869	17.06 kg
7	Pravokutni profil_07	1	01-03-08	S235JR	∅ 90x75	3.75 kg
8	Pravokutni profil_08	1	01-03-09	S235JR	75x75x188	5.25 kg
9	Pravokutni profil_09	1	01-03-10	S235JR	75x75x188	3.71 kg
10	Lim	1	01-03-11	S235JR	130x130x5	0.66 kg
11	Kvadratni profil_10	1	01-03-12	S235JR	75x75x950	19.36 kg
12	Zglob	2	01-03-13	S235JR		1.20 kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis
Projektirao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Razradio		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Crtao		15.02.2025.	Helena Kosanović			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
Napomena:				Kopija		
Materijal: S235JR		Masa: 153.26 kg				
Mjerilo originala		Naziv: Postolje		Pozicija: 4		Format: A2
1:10		Crtež broj: 01-03-00		Listova: 1		List: 1