

Nosač za bicikle na stražnjoj strani autobusa

Škvorc, Luka

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:142745>

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

Luka Škvorc

Zagreb, 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Goran Šagi , dipl. ing.

Student:

Luka Škvorc

Zagreb, 2025.

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

Zahvaljujem se prof. Doc. dr. sc. Goran Šagi , dipl. ing. Na stručnoj pomoći, podršci i znanju prenesenom tijekom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se obitelji i prijateljima na velikoj podršci, strpljenju i razumijevanju tijekom mog studiranja.

Luka Škvorc



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: **Luka Škvorc** JMBAG: **0035234649**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Nosač za bicikle na stražnjoj strani autobusa**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Bike rack for rear side of bus**

Opis zadatka:

Cilj ovog rada je koncipiranje i konstrukcijska razrada nosača za bicikle koji se montira na stražnju stranu autobusa i omogućuje postavljanje do šest bicikala u visećem položaju. Rješenje nosač za bicikle mora omogućiti pristup motoru i sustavima motora, vidljivost svjetlosne i svjetlosno-signalne opreme, funkcioniranje parkirnih senzora te imati što manji negativni utjecaj na vozne karakteristike autobusa.

U okviru završnog rada potrebno je:

- napraviti pregled postojećih rješenja nosača za bicikle slične namijene (tehničkih karakteristika i rješenja) u segmentu gradskih i međugradskih autobusa,
- napraviti pregled funkcija koje nude konkurentski nosači za bicikle,
- na temelju karakteristika konkurentskih nosača, karakteristika autobusa i bicikala definirati osnovne dimenzije nosača, nosivost, rješenje pričvršćivanja nosača na nosivu strukturu autobusa, pristup motoru i sustavima motora, osiguranje vidljivosti svjetlosne i svjetlosno-signalne opreme i sl.
- predložiti moguća konceptijska rješenja pojedinih elemenata nosača za bicikle,
- konstrukcijski razraditi odabrano rješenje nosača za bicikle,
- koncipiranje i konstrukcijsku razradu detaljno obrazložiti, popratiti skicama, proračunima i odgovarajućim analizama,
- izraditi sklopne i radioničke crteže.

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:


Doc. dr. sc. Goran Šagi

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA.....	4
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	5
POPIS OZNAKA	6
SAŽETAK.....	8
SUMMARY	9
1. UVOD.....	10
2. PREGLED POSTOJEĆIH NOSAČA	12
3. PREGLED FUNKCIJA NOSAČA.....	15
4. ZAHTJEVI KONSTRUKCIJE.....	19
4.1. Opterećenja	19
4.2. Materijali, oblik i površine.....	19
4.3. Sigurnost	20
4.4. Dimenzije nosača	20
4.5. Zakonske regulative	21
5. ODABIR VOZILA	23
6. KONCEPTI.....	25
6.1. Koncept 1	25
6.2. Koncept 2	25
6.3. Koncept 3	26
6.4. Zaključak koncept faze	27
7. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA.....	28
7.1. Prihvat nosača na postojeću konstrukciju vozila	28
7.1.2. Zglobna veza	31
7.1.2.1. Proračun sile isprešavanja steznoga spoja	32
7.1.2.2. Proračun svornjaka na odrez i na savijanje.....	35
7.2. Spoj krila nosača	36
7.3. Okvir nosača	37
7.3.1. Proračun zavara.....	38
7.3.2. Proračun čvrstoće C profila	40
7.4. Nosive trake	42
7.4.1. Proračun vijka na odrez.....	42
7.5. Spoj kuke.....	44
7.5.1. Proračun zavara.....	44
7.6. Prihvat montiranih bicikala.....	46
7.6.1. Prikaz stražnjeg kotača.....	46
7.6.2. Prikaz prednjeg kotača	47
7.6.3. Prikaz montiranih bicikala	47
ZAKLJUČAK	49

LITERATURA..... 50

POPIS SLIKA

Slika 1. Nosač s horizontalno postavljenim biciklima poprečno na smjer kretanja vozila [4]	12
Slika 2. Nosač s prihvatom za 5 bicikala [5].....	13
Slika 3. Nosač za 6 bicikala s integriranom svjetlosno signalnom opremom [6]	13
Slika 4. Nosač od sendvič konstrukcije.....	14
Slika 5. Nosač s sustavom za pritezanje okvira bicikla [7].....	15
Slika 6. Nosač korišten na Švicarskim prometnicama [8]	16
Slika 7. Prikaz mehanizma za omogućavanje pristupa motoru [9].....	16
Slika 8. SwingLock sustav proizvođača Sportworks [10].....	17
Slika 9. Interlock sustav dobavljača Sportworks [11].....	18
Slika 10. Prikaz univerzalnih dimenzija bicikala [12]	20
Slika 11. Kataloški prikaz graničnih vrijednosti opterećenja i dimenzija proizvođača Sportworks [13].....	21
Slika 12. Prikaz dimenzija nosača na autobusu.....	21
Slika 13. Radijusi zakretanja autobusa [14]	22
Slika 14. Prikaz autobusa za potrebne uvjete radijusa zakretanja.....	22
Slika 15. Prikaz odabranog vozila [15]	23
Slika 16. Prikaz stražnje strane autobusa Citaro [16].....	23
Slika 17. Dimenzije autobusa Mercedes- Benz Citaro (1) [17]	24
Slika 18. Dimenzije autobusa Mercedes- Benz Citaro (2) [17]	24
Slika 19. Koncept 1	25
Slika 20. Koncept 2	26
Slika 21. Koncept 3	27
Slika 22. Prikaz zavara prihvatnog elementa	28
Slika 23. Proračunski presjek zavara.....	29
Slika 24. Prikaz zglobne veze	31
Slika 25. Dimenzije za proračun svornjaka [2].....	35
Slika 26. Spoj krila nosača	36
Slika 27. Prikaz okvira nosača	37
Slika 28. Zavar C profila	38
Slika 29. Proračunski presjek zavara.....	38
Slika 30.. Dijagram unutarnjih poprečnih sila i momenta savijanja	40
Slika 31. Nosiva ploča kuke	42
Slika 32. Vijčani spoj noseće ploče i C profila	42
Slika 33. Zavar kuke.....	44
Slika 34. Moment otpora kružnog vijenca [24].....	44
Slika 35. Prikaz stražnjeg kotača kod montiranog bicikla	46
Slika 36. Prikaz prednjeg kotača kod montirano bicikla.....	47
Slika 37. Prikaz konstruiranog nosača u uporabi	47

POPIS TABLICA

Tablica 1. Tolerancije labavog dosjeda u milimetrima	32
Tablica 2. Tolerancije čvrstog dosjeda u milimetrima	32
Tablica 3. Ulazni podaci za proračun savijanja svornjaka	35

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

125-000-001	Autobus s montiranim nosačem i biciklima
125-003-001	Nosač za bicikle
125-001-001	Spoj kuke (1)
125-001-002	Okvir nosača
125-002-001	Kuka
125-002-003	Prihvatni element
125-002-004	Vodilica

POPIS OZNAKA

I	– moment tromosti [mm ⁴]
W	– moment otpora [mm ³]
e	– najveća udaljenost presjeka zavara od promatrane osi [mm]
g	– gravitacija [m / s ²]
φ	– faktor udara [/]
m	– masa nosača sa biciklima [kg]
F_{pog}	– pogonska sila [N]
σ_f	– savojno naprezanje [N/mm ²]
M_f	– moment savijanja [Nm]
σ_{fdop}	– dopušteno savojno naprezanje [N/mm ²]
R_m	– vlačna čvrstoća [N/mm ²]
F_{isp}	– sila isprešavanja [N]
D_F	– promjer steznog spoja [mm]
l	– duljina steznog spoja [mm]
p_{stmin}	– najmanji pritisak na naležnim površinama [N/mm ²]
ν_{pu}	– faktor trenja prijanjanja [/]
P_{stmin}	– najmanji mogući preklop čvrstog dosjeda [mm]
R_{zv}	– srednja visina neravnina površine provrta [μm]
R_{zu}	– srednja visina neravnina površine svornjaka [μm]
K	– pomoćna veličina [/]
E_v	– modul elastičnosti materijala provrta [N/mm ²]
E_u	– modul elastičnosti materijala svornjaka [N/mm ²]
Q_v	– odnos vanjskih promjera [/]
Q_u	– odnos unutarnjih promjera [/]
D_v	– vanjski promjer spoja [mm]
D_u	– unutarnji promjer spoja [mm]
μ_v	– Poissonov faktor materijala provrta [/]
μ_u	– Poissonov faktor materijala svornjaka [/]
a	– duljina spoja svornjaka [mm]
τ	– smično naprezanje [N/mm ²]
τ_{tDN}	– promjenjiva trajna čvrstoća [N/mm ²]
F_b	– sila narinuta na presjek uslijed mase bicikla [N]

F_A	– sila reakcije u osloncu A [N]
F_B	– sila reakcije u osloncu B [N]
Q	– unutarnje poprečne sile [N]
F_3	– sila na vijak uslijed mase bicikla [N]
m_b	– proračunska masa pojedinačnih bicikala [kg]
A_s	– proračunska površina presjeka vijka [mm ²]
D	– vanjski promjer presjeka zavara [mm]
d	– unutarnji promjer presjeka zavara [mm]

SAŽETAK

U današnje vrijeme transport ljudi i dobara sve je važniji segment svakodnevnice. Zbog potrebe za bržim i efikasnijim transportom razvijaju se razna pomagala i nadogradnje koje pomažu u zadovoljavanju tih potreba.

U primarnom fokusu ovoga rada je nadogradnja za vozilo kategorije M1. Tip nadogradnje koji se obrađuje je nosač za bicikle na stražnjoj strani autobusa koji omogućava smještaj do 6 bicikala istovremeno. Prvo se definiraju inicijalne dimenzije, pravila i zakoni te preporuke proizvođača konkurentskih modela. Po odabiru koncepta slijedi konstrukcijska razrada modela u kojoj se u obzir uzimaju sva dimenzijska i zakonska ograničenja te ograničenja uslijed uvjeta čvrstoće konstrukcije. U konstrukcijskoj se razradi provodi proračun kritičnih spojeva i presjeka raznih elemenata konstrukcije.

Ključne riječi: autobus, bicikl, konstrukcija, nosač za bicikle

SUMMARY

Nowadays, transportation of people and goods is an increasingly important segment of daily life. Due to the need for faster and more efficient transport, various aids and upgrades are being developed to meet these demands.

The primary focus of this paper is the upgrade for a vehicle in category M1. The type of upgrade addressed is a bicycle rack on the rear of a bus that allows the accommodation of up to 6 bicycles simultaneously. Initially, the dimensions, rules, laws, and recommendations from manufacturers of existing models are defined. After selecting the concept, the design phase of the model follows, considering all dimensional and legal limitations as well as constraints resulting from the structural strength conditions. In the design phase, the calculation of critical joints and cross-sections of various structural elements is carried out.

Keywords: bus, bicycle, structure, bike rack

1. UVOD

S obzirom na to da postoji sve veća potreba za održivim oblicima transporta, biciklizam je postao ključni element u mnogim urbanim i ruralnim sredinama. Bicikli se danas koriste ne samo kao alat za rekreaciju i fizičku aktivnost, već i kao ozbiljno prijevozno sredstvo koje doprinosi smanjenju opterećenja u prometu, smanjenju emisije štetnih plinova i poboljšanju kvalitete zraka. U urbanim područjima, biciklizam je prepoznat kao efikasan način kretanja koji omogućuje brzo i ekološki prihvatljivo rješenje za svakodnevne potrebe prijevoza. U ruralnim područjima on uz efikasno sredstvo prijevoza predstavlja i odličan način rekreacije. Osim toga, bicikli pružaju pristupačan i zdrav način prijevoza, što ih čini popularnim izborom za sve veći broj ljudi.

U gradovima diljem svijeta, sustavi javnog prijevoza nastoje prilagoditi svoje usluge kako bi omogućili bolju integraciju bicikala u svoje infrastrukture. Ova integracija omogućava biciklistima da koriste javni prijevoz kao alternativu vožnji automobila, čime se smanjuje gužva u prometu i povećava mobilnost građana. Jedan od ključnih koraka u ovom procesu je ugradnja nosača bicikala na autobuse, koji omogućuju biciklistima da lako i sigurno prevoze svoje bicikle tijekom putovanja. Time se otvara mogućnost za širu upotrebu bicikala kao dnevnog prijevoznog sredstva, a istovremeno se podržava održivi razvoj gradskih prijevoznih sustava.

Uz gradska područja, transport bicikala iznimno je važan i u ruralnim područjima, ali i međugradskom prijevozu. U državama na području Alpa, često se koriste nosači bicikala zbog velikih uspona koji su česti na cestovnim dionicama, ali i zbog dostupnosti brojnim atraktivnim biciklističkim stazama. Nadalje, osim transporta korisnika, bicikli se koriste i u rekreacijske svrhe. Shodno tome, društvena potreba je prijevoz bicikala do raznih objekata za odmor.

Autobusi su jedan od najvažnijih oblika javnog prijevoza, jer predstavljaju svestran i učinkovit način prijevoza velikog broja putnika. Njihova sposobnost da prevoze bicikle na stražnjem dijelu vozila omogućuje korisnicima veću fleksibilnost, jer im omogućava kombinaciju biciklističkog i javnog prijevoza. Ova vrsta integracije također doprinosi većoj održivosti javnog prijevoza jer smanjuje potrebu za automobilima, čime se smanjuje prometna gužva i emisija CO₂. No, montaža nosača bicikala na stražnju stranu autobusa zahtijeva pažljiv i promišljen dizajn koji mora zadovoljiti brojna sigurnosna, funkcionalna i tehnička pitanja.

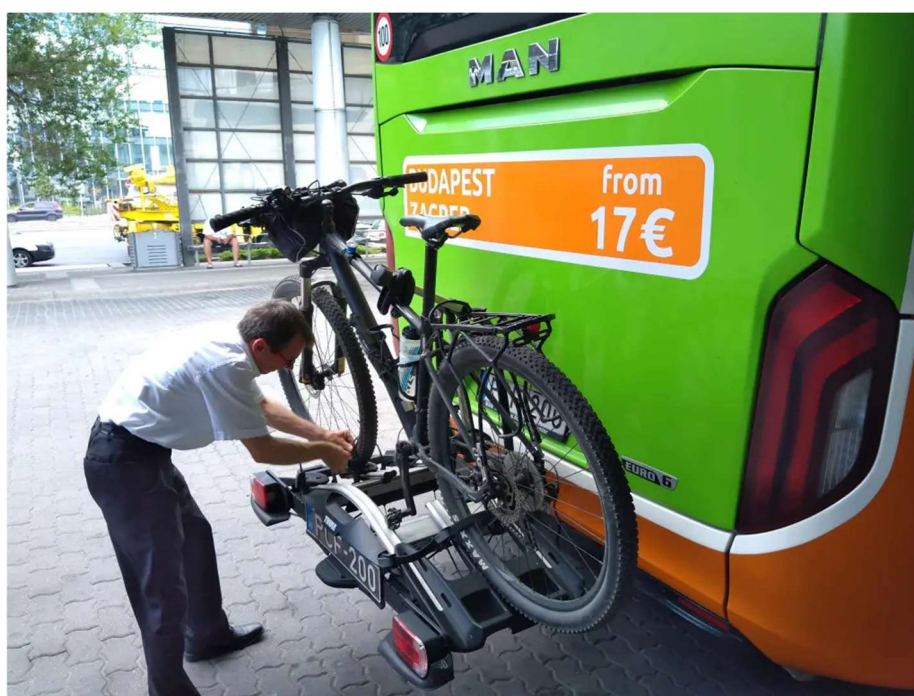
Kvalitetno konstruiran nosač bicikala mora osigurati sigurno smještanje bicikala tijekom vožnje, bez ugrožavanja sigurnosti drugih putnika ili integriteta vozila. Osim toga, mora biti jednostavan za korištenje, pouzdan, dugotrajan i prilagodljiv različitim vrstama bicikala. To uključuje razmatranje različitih veličina bicikala, vrsta okvira i specifičnih značajki. Nosači moraju biti tako dizajnirani da omogućuju brzo i jednostavno prihvaćanje i uklanjanje bicikala, uz minimalan napor korisnika.

Cilj ovog rada je istražiti sve tehničke, sigurnosne i konstrukcijske aspekte koji čine učinkovit nosač bicikala za autobus. Razmotrit će se ključni faktori poput strukturalne stabilnosti nosača, sigurnosnih standarda, funkcionalnosti samog nosača, montažnih točaka na autobusu te materijala od kojih su nosači izrađeni.

2. PREGLED POSTOJEĆIH NOSAČA

Istraživanjem postojećih rješenja koja je koriste diljem svijeta dolazi se do nekoliko različitih izvedaba s odgovarajućim prednostima i nedostacima.

Na slici 1. prikazana je varijanta nosača s biciklima postavljenima okomito na uzdužnu os vozila. Ova izvedba, u odnosu na ostale koje su kasnije prikazane, povoljnija je u pogledu cijene izrade zbog minimalnog utroška materijala, kao i kompaktnih dimenzija nosača. Iako omogućuje transport manjeg broja bicikala, njegova jednostavna konstrukcija čini ga ekonomičnim rješenjem za prijevoz biciklista u područjima s manjim zahtjevima.



Slika 1. Nosač s horizontalno postavljenim biciklima poprečno na smjer kretanja vozila [4]

Osim već navedenog rješenja, u svijetu su vrlo često korištene i varijante s vertikalnim postavljanjem bicikala kao na slici 2. Na ovom primjeru korištena je vrlo jednostavna konstrukcija s minimalnom masom. Prilagođena je transportu 5 bicikala što je veći broj u odnosu na prethodno rješenje, no izvedba je ipak puno veća te je postavljanje bicikala na sam nosač nešto zahtjevnije za korisnika.



Slika 2. Nosač s prihvatom za 5 bicikala [5]

Na slici 3. je prikazan primjer nešto masivnije izvedbe nosača koja zbog svojih gabarita i broja bicikala koje nosi, zahtjeva dodatnu svjetlosno signalnu opremu zbog sigurnosti u prometu, jer sam nosač postavljen na autobus smanjuje vidljivost svjetlosno signalne opreme i registarske pločice.



Slika 3. Nosač za 6 bicikala s integriranom svjetlosno signalnom opremom [6]

U odnosu na prethodne primjere gdje su mahom korišteni slični materijali za izradu nosača, odnosno čelična (ili metalna) nosiva struktura nosača, na slici 4. primjer je nosača koji je izrađen od dva panela u izvedbi sendvič konstrukcije ili panela. To može imati pozitivan utjecaj na masu konstrukcije, no isto tako treba uzeti u obzir jednostavnost izrade te dostupnost i cijenu materijala.



Slika 4. Nosač od sendvič konstrukcije

3. PREGLED FUNKCIJA NOSAČA

U ovom poglavlju prikazane su razne funkcije koje konkurentski nosači posjeduju. Iako broj varijabilnih funkcija nije velik, one su i dalje prisutne te čine razliku u cijeni, funkcionalnosti te jednostavnosti rukovanja različitim modelima nosača.

Slika 5. prikazuje nosač s vertikalnim postavljanjem bicikala koji osiguranje od pomaka stražnjeg dijela bicikla omogućuje pomoću sustava za pritezanje okvira bicikla koji potpuno fiksira bicikl u prijevozu.



Slika 5. Nosač s sustavom za pritezanje okvira bicikla [7]

Na slici 6. se vidi kako je osiguranje od bočnog pomaka postignuto malim metalnim konstrukcijskim elementima zavarenima na nosač na takvim pozicijama da obuhvaćaju zadnji kotač bicikla i sprječavaju moment sile da uzrokuje pomak bicikla.



Slika 6. Nosač korišten na Švicarskim prometnicama [8]

Iako na slici 7. nije prikazan nosača za bicikle, već je prikazan dodatni spremnik za skije ili prtljagu ski – box, kod kojeg se može vidjeti rješenje koje omogućava pristup motoru i ostalim dijelovima sustava do kojih je potreban brzi pristup u slučaju požara ili potrebe uklanjanja kvara.



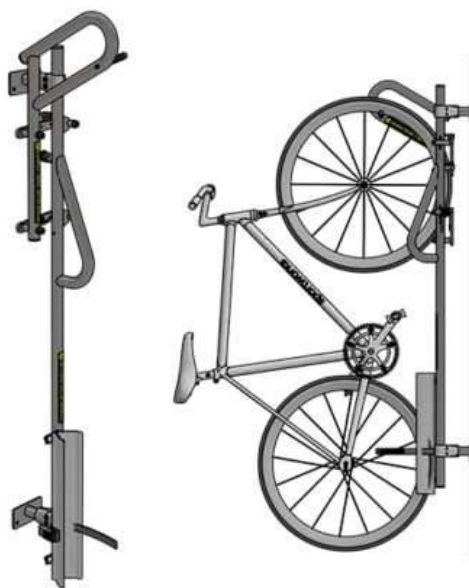
Slika 7. Prikaz mehanizma za omogućavanje pristupa motoru [9]

Na slici 8. prikazano je rješenje prihvata bicikla na sam nosač. Ovdje se radi o mehanizmima namijenjenima za prijevoza bicikala unutar vozila, no mehanizam prihvata može se primijeniti i na izvedbe nosača postavljen s vanjske strane vozila te je s tog aspekta koristan u razmatranju. Sam mehanizam funkcionira na način da se prednji kotač zakači na kuku dok se zadnji kotač prihvati sa samozatezajućom sklopkom te se na taj način onemogući pomak po svim stupnjevima slobode.



Slika 8. SwingLock sustav proizvođača Sportworks [10]

Slika 9. prikazuje rješenje mehanizma prihvata proizvođača Sportworks. Kod ovog rješenja vidi se kako je prednji kotač bicikla dodatno osiguran od pomaka i rotacije. Isto je učinjeno i sa stražnjim kotačem kod kojeg je pomoću žlijeba spriječena rotacija kotača i bočni pomak.



Slika 9. Interlock sustav dobavljača Sportworks [11]

Iz navedenog, zaključuje se da već postoji značajan broj rješenja pojedinih funkcija i dijelova nosača. Ono što se može napraviti, zahvaljujući prikazanome, je odabrati za konstrukcijsku razradu ciljana tehnička rješenja pojedinih dijelova, uzimajući u obzir njihove pozitivne i negativne karakteristike, te se prilagoditi na taj način zahtjevima eksploatacije. Na prikazanim fotografijama nalaze se pozitivne karakteristike nosača u vidu smanjenja mase, jednostavnosti izvedbe, ali i krutosti mehanizma prihvata. S druge strane, mane pojedinih prikazanih nosača su nemogućnost brzog pristupa motoru i ostalim sustavima te smanjena vidljivost registarskih oznaka. To su za nosač esencijalne karakteristike, koje su nužne za sigurnost u prometu te ih je stoga vrlo važno uzeti u obzir pri konstrukcijskoj razradi.

4. ZAHTJEVI KONSTRUKCIJE

U ovom poglavlju su navedena sva ograničenja i pravila koja moraju biti poštovana pri procesu konstruiranja nosača za bicikle koji se postavlja na stražnju stranu autobusa.

4.1. Opterećenja

Sukladno članku 13. stavku 1. **Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama** najveća dopuštena masa autobusa s dvije osovine iznosi 19,5 t. Za potrebe računanja mase koristit će se masa bicikala od 20 kg te masa nosača koja će biti poznata nakon konstrukcijske razrade.

4.2. Materijali, oblik i površine

Pri konstrukciji nosača bicikala za autobuse, izbor materijala mora biti temeljen na njegovoj čvrstoći, otpornosti na vanjske utjecaje i gustoći. U ovom slučaju, nosač će se temeljiti na jednostavnom sustavu koji omogućava brzo i sigurno postavljanje bicikla, uz minimalnu potrebu za manipulacijom. Čelik, kao materijal, odabran je zbog svojih povoljnih svojstava čvrstoće, ali i manje cijene u odnosu na slične materijale.

Konstrukcija nosača bit će izvedena sa šupljim profilima, što smanjuje ukupnu masu. Nosač treba biti odgovarajuće dimenzioniran kako bi se osigurala stabilnost, dok se istovremeno omogućava lako pristupanje biciklima za korisnike. Svi dijelovi trebaju biti zaobljeni kako bi se smanjio rizik od ozljeda.

Materijali i konstrukcija nosača moraju biti otporni na vremenske uvjete, uključujući vlagu, snijeg, visoke temperature i UV zračenje. Uz pravilno održavanje i redovno nanošenje zaštite čelik odlično zadovoljava ove uvjete eksploatacije.

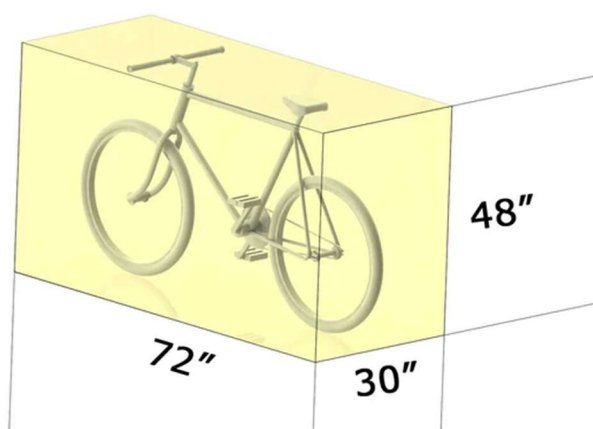
4.3. Sigurnost

Sigurnost korisnika autobusa, vozača i ostalih sudionika u prometu mora biti prioritet. Ključno je da se omogući brz i jednostavan pristup motoru i njegovim komponentama u slučaju, primjerice požara ili nekog kvara motora. Nosač će biti konstruiran tako da se pomiče ručno. Sustav će funkcionirati slično vratima te će se rotirati oko vertikalne osi oslonca, omogućavajući jednostavan pristup motoru. U tom slučaju, svi pokretni dijelovi nosača moraju biti stabilni i osigurani tako da ne dolazi do nepredviđenih pomaka ili opasnosti za korisnike prilikom rukovanja.

Važno je da nosač bude stabilan pri svim uvjetima i tijekom vožnje, kako bi bicikli ostali sigurni i zaštićeni. Pored toga, sustav mora biti konstruiran s jasno označenim točkama za brzo postavljanje i uklanjanje bicikala, čime se olakšava uporaba i smanjuje mogućnost ozljeda.

4.4. Dimenzije nosača

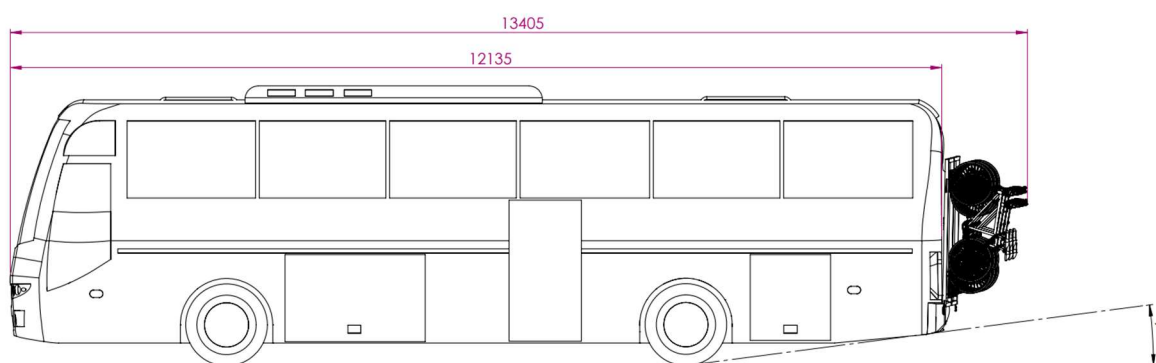
Na temelju istraživanja konkurentskih nosača te prihvata na autobusima i njihovih dimenzija, definirane su okvirne mjere kojih se pridržava pri konstrukcijskoj razradi nosača. Prihvati na autobusima u okvirnom razmaku od 1400 mm u vertikalnom smjeru te okvirno 2200 mm horizontalnom. Dimenzije samog nosača ovise uvelike o dimenzijama bicikala. Kao približne gabaritne mjere većine bicikala u svrhu izrade univerzalnog nosača za većinu modela su: širina (najveća na volanu 30 inča \approx 760 mm), visina (najveća iznad prednjeg kotača 48 inča \approx 1220 mm) i duljina 72 inča \approx 1830 mm. Širina pneumatika također je važna za konstrukcijsku razradu, a za nju će bit uzeta vrijednost 3,2 inča \approx 85 mm. Pri konstruiranju također je bitno voditi računa o stražnjem kutu nagiba od 7° , definiranom od strane proizvođača na slici 18.



Slika 10. Prikaz univerzalnih dimenzija bicikala [12]

Exterior Racks			
	PREMIUM Apex	FLAGSHIP DL/Trilogy	SPECIALTY Veloporter
Primary Features	Modular, accommodates a wide range of bikes, including E-bikes	Reliable, simple design, easy to repair	Industrial design, intuitive & easy to use, crash-resistant trays
Modular Tray	●	-	●
Number of Bikes Supported	1, 2, 3	2, 3	2
Max Bike Weight	75 lbs	55 lbs	55 lbs
Max Tire Width	3.2" (Std), 5.5" (Fat Tire Option)	2.3"	3"
Wheel Base Size	Up to 48" (Std), 51" (Fat Tire Option)	Up to 44"	Up to 46"
Wheel Size	16"-29" (Std), 24"-29" (Fat Tire Option)	20"-29"	16"-29"
Stainless Steel	●	●	●
Mild Steel	-	●	-

Slika 11. Kataloški prikaz graničnih vrijednosti opterećenja i dimenzija proizvođača Sportworks [13]



Slika 12. Prikaz dimenzija nosača na autobusu

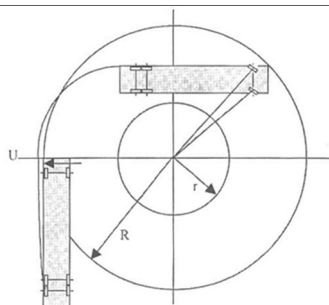
Dokaz zadovoljene dimenzijske norme za autobuse sa dvije osovine.

ZADOVOLJAVA

4.5. Zakonske regulative

Sukladno članku 7. stavku 1. **Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama** najveća dopuštena duljina autobusa s dvije osovine iznosi 13,5 m. Unutar tih 13,5 m, 12,135 m je duljina autobusa, preostaje dakle 1,365 m za ugradnju nosača u što spada visina bicikla koja najviše iznosi 1,22 m. U konačnici, dostupan prostor za prihvatne elemente po duljini autobusa iznosi 145 mm.

Sukladno članku 11. stavku 1. **Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama** pri vožnji vozila u kružnom vijencu promjer vanjske opisane kružnice iznosi najviše 25,00 m, a promjer unutarnje kružnice najmanje 10,60 m.



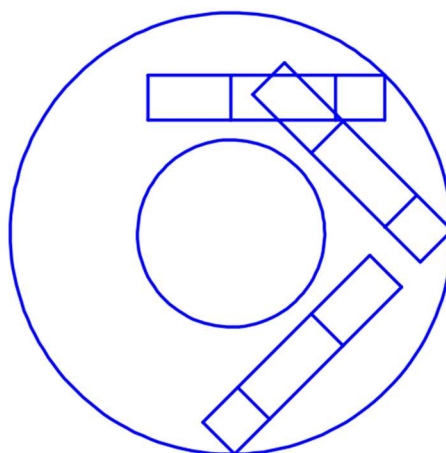
R = 12,5 m
r = 5,3 m
U = najviše 0,6

Slika 13. Radijusi zakretanja autobusa [14]

Sukladno članku 154. stavku 2. **Zakona o sigurnosti prometa na cestama:**

Teret na vozilu mora biti raspoređen i, prema potrebi, osiguran, pričvršćen i pokriven tako da:

- 1) ne ugrožava sigurnost sudionika u prometu i ne nanosi štetu cesti i objektima na cesti,
- 2) ne umanjuje stabilnost vozila i ne otežava upravljanje vozilom,
- 3) ne smanjuje vozaču preglednost nad cestom,
- 4) ne stvara suvišnu buku i da se ne rasipa po cesti,
- 5) ne zaklanja svjetlosne i svjetlosno-signalne uređaje na vozilu, registarske pločice i druge propisane oznake na vozilu.



Slika 14. Prikaz autobusa za potrebne uvjete radijusa zakretanja

ZADOVOLJAVA

5. ODABIR VOZILA

U ovom poglavlju prikazani su podaci odabranog vozila za koje će se dimenzionirati nosač. Odabrano je vozilo marke Mercedes- Benz, model Citaro.

Citaro



Dužina [mm]:	12.135	Visina [mm]:	3.095
Krug okretanja [mm]:	22.970	Širina [mm]:	2.550

Slika 15. Prikaz odabranog vozila [15]

Sa službene web stranice proizvođača Mercedes- Benz preuzeti su detaljni podaci o izvedbi i ključnim dimenzijama modela autobusa.



Slika 16. Prikaz stražnje strane autobusa Citaro [16]

	Citaro
Dimenzije	
Dužina [mm]	12.135
Širina [mm]	2.550
Širina uklj. retrovizore [mm]	2.950
Visina [mm]	3.095
Visina uključujući klima-uređaj / električni modularni klima-uređaj [mm]	3.120/3.130
Visina uklj. dodatnu opremu (npr. hibridni modul ili ispuh prema gore) [mm]	3.300
Unutarnja visina stajanja [mm]	2.313
Unutarnja visina stajanja (gore) [mm]	2.082
Visina parapeta (iznad poda) [mm]	952
Međuosovinski razmak prednja osovina – pogonska osovina [mm]	5.900
Međuosovinski razmak prednja osovina – središnja osovina [mm]	-
Međuosovinski razmak središnja osovina – pogonska osovina [mm]	-
Dimenzije guma	275/70 R 22,5
Prevjes sprijeda [mm]	2.805
Prevjes straga [mm]	3.430
Krug okretanja [mm]	22.970
Krug okretanja BOKraft [mm]	25.000
Min. promjer kruga okretanja [mm]	7.478
Promjer kruga okretanja prema BOKraft [mm]	6.791

Slika 17. Dimenzije autobusa Mercedes- Benz Citaro (1) [17]

Maks. dopušteni promjer kruga okretanja prema BOKraft [mm]	7.200
Krug traga [mm]	19.160
Otklon kotača na prednjoj osovini, maks. [°]	53°/46°
Korisni volumen / obujam AdBlue [l]	27
Obujam spremnika za gorivo lijevo/desno [l]	260
Visina poda iznad kolnika [mm]	370
Visina podesta [mm]	310
Visina ulaza vrata 1 [mm]	320
Visina ulaza vrata 2 [mm]	320
Visina ulaza vrata 3 [mm]	-
Visina ulaza vrata 4 [mm]	-
Svijetli otvor vrata 1 [mm]	1.250
Svijetli otvor vrata 2 [mm]	1.250
Svijetli otvor vrata 3 [mm]	1.250
Svijetli otvor vrata 4 [mm]	-
Prednji kut nagiba [°]	7
Stražnji kut nagiba [°]	7

Slika 18. Dimenzije autobusa Mercedes- Benz Citaro (2) [17]

6. KONCEPTI

6.1. Koncept 1

Koncept 1 zasniva se na vrlo jednostavnom principu korištenja. Po uzoru na sveprisutne stalke za bicikle koji se koriste diljem svijeta, u koncept je implementiran sličan način ograničavanja pomaka kotača. Navedeni princip koristi se za osiguranje pomaka stražnjeg kotača bicikala dok se prednji kotač osigurava pomoću kuke na koju se vješa bicikl te svojom masom sprječava osim pomaka i zakretanje kotača i volana.



Slika 19. Koncept 1

6.2. Koncept 2

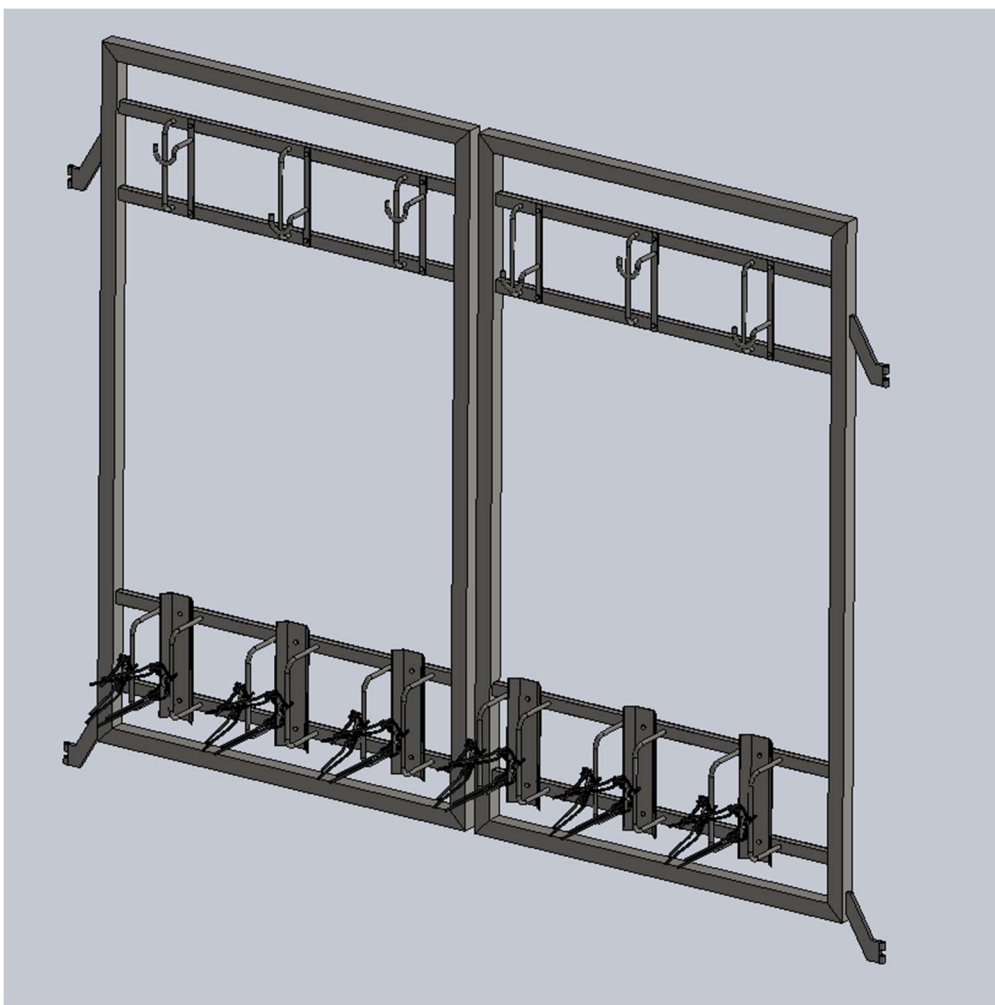
Ideja iza koncepta 2 je u što većoj mjeri smanjenje mase nosača. Kod koncepta 2 kuke su postavljene u istoj razini. Treba napomenuti da to ipak neće kao kod koncepta 1 biti kuke već će biti mali nosači spojeni na nosivu konstrukciju. Ono što je posebno kod tih nosača i što omogućava smještaj jednakog broja bicikala u ravnini bez obzira na širinu volana je nagib. Svaki od nosača dizajniran je tako da volan smješten na prihvat je zakrenut pod određenim kutom, što omogućava da osi volana nisu u istoj ravnini.



Slika 20. Koncept 2

6.3. Koncept 3

Koncept 3 uvelike se razlikuje od prva dva koncepta po funkciji pristupa motoru. Konceptu 1, ali i konceptu 2 motoru se pristupa tako da se nosač osloni na dvije točke na autobusu i oko njih se zakreće. Kod koncepta 3 pristup motoru je osiguran principom otvaranja dvokrilnih vrata sa spojem u sredini koji je vrlo jednostavno i brzo rastavljiv. Također se kod koncepta 3 ne predviđaju dodatan prostor i segmenti za svjetlosno signalnu opremu već se dimenzijama osigurava njihova vidljivost.



Slika 21. Koncept 3

6.4. Zaključak koncept faze

Za konstrukcijsku razradu odabran je koncept 3. Odabran je zbog najjednostavnijeg rukovanja, kod koncepta 1 problem pri rukovanju je otežan pristup nosaču zbog pozicije svjetlosno signalne opreme, a kod a kod koncepta 2 problematiku stvara nakošen prihvat volana koji bi predstavljao nepotrebnu dodatnu komplikaciju pri postavljanju bicikala. Prihvat zadnjeg kotača na konceptu 3 također je osmišljen na način da pokriva veći broj različitih pneumatika, a i različitih izvedbi sustava kočenja koji mogu biti vezani na zadnji kotač. Osim navedenog, prednost koncepta 3 je najlakši pristup motoru koji je osiguran uklanjanjem jednostavnog spoja između dva krila nosača.

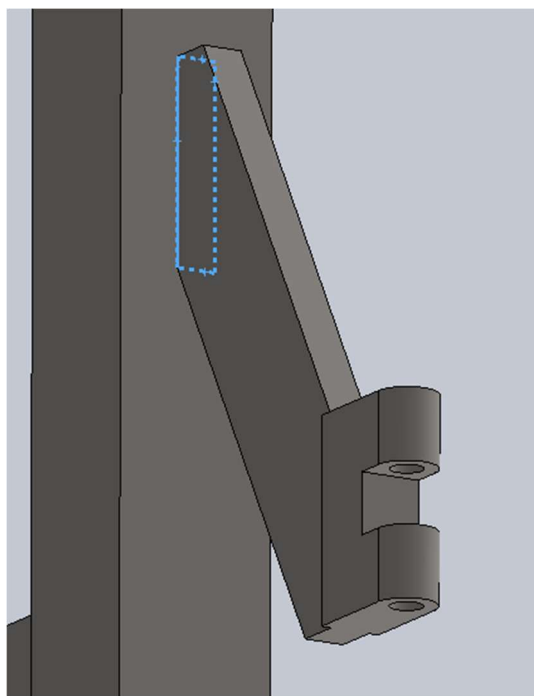
7. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA

U sklopu konstrukcijske razrade proračunati su okvir nosača, prihvat nosača, spoj krila nosača, nosive trake i spoj kuke sa nosačem, a prikazano je i rješenje prihvata montiranih bicikala.

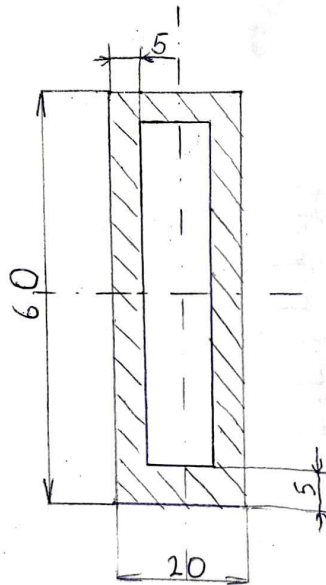
7.1. Prihvat nosača na postojeću konstrukciju vozila

Prihvat nosača konstrukcijski je izveden pod kutem kako bi se omogućio dodatan odmak nosača od tla i na taj način ostvarila funkcionalnost parking senzora kod nekih modela, a prije svega vidljivost registarskih pločica. Za postojanost spoja između nosača i autobusa važno je da konstrukcijske zahtjeve zadovoljavaju zavar, svornjak i stezni spoj koji su u ovom poglavlju i proračunati.

7.1.1. Zavar za okvir nosača



Slika 22. Prikaz zavara prihvatnog elementa



Slika 23. Proračunski presjek zavara

Plavom je bojom na slici 22. prikazana kontura po kojoj se provodi zavarivanje. Zavar se proračunava na sljedeći način:

$$I = \frac{60^3 \cdot 20}{12} - \frac{50^3 \cdot 10}{12} = 255833,33 \text{ mm}^4 \quad (1.1)$$

I – moment tromosti zavara (mm^4)

$$W = \frac{I}{e} = \frac{255833,33}{30} = 8527,78 \text{ mm}^3 \quad (1.2)$$

W – moment otpora presjeka (mm^3)

e – najveća udaljenost presjeka od promatrane osi (mm)

$$F_{pog} = m \cdot g \cdot \varphi = 2722,28 \text{ N} \quad (1.3)$$

g – gravitacija ($9,81 \text{ m} / \text{s}^2$)

φ – faktor udara (1,5)

m - masa nosača s biciklima (185 kg)

F_{pog} – pogonska sila

Pogonska sila dijeli se s 4 jer se na nosaču nalaze 4 prihvatne točke te se dolazi do sile od 680,57 [N].

$$\sigma_f = \frac{M_f}{w} = 7,66 \text{ N / mm}^2 \quad (1.4)$$

σ_f – savojno naprezanje u zavaru (N / mm²)

M_f – moment savijanja (65334,72 Nmm) – dobiveno iz uvjeta opterećenja

$$\sigma_{fdop} = \frac{R_m}{2} = 285 \text{ N / mm}^2 \quad (1.5)$$

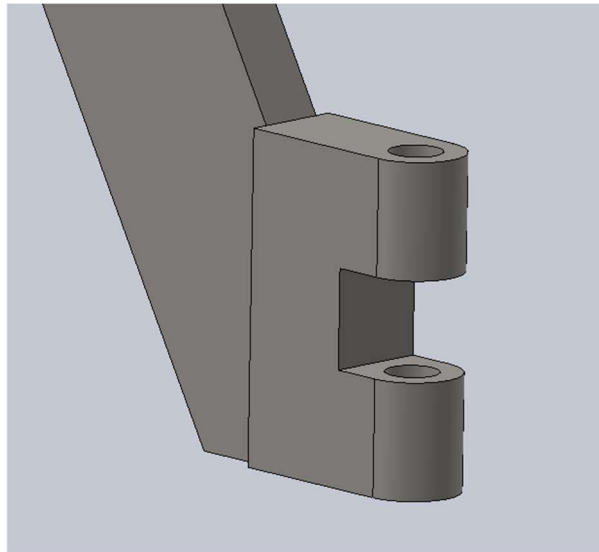
σ_{fdop} – dopušteno savojno naprezanje u zavaru (N / mm²)

R_m – vlačna čvrstoća materijala E335 (570 N / mm²)

Opterećenje na odrez je u odnosu na savojno naprezanje zanemarivo i iznosom je manje od 1 N / mm² te ga se stoga neće razmatrati. Dobiveno naprezanje višestruko je manje od dopuštenog naprezanja u zavaru te se stoga zaključuje da zavar zadovoljava uvjete čvrstoće.

ZADOVOLJAVA

7.1.2. Zglobna veza



Slika 24. Prikaz zglobne veze

Između nosača i točke prihvata autobusa kao spojni element uzet je svornjak. Izveden je na taj način da je svornjak u čvrstom dosjedu s prihvatnim elementom nosača, dok je u labavom dosjedu s točkama prihvata autobusa. Za pretpostavku je uzeto da se kod točaka prihvata autobusa radi o H8 tolerancijskom polju provrta. Kako bi se ostvarila potrebna zračnost labavog dosjeda, svornjak će se izraditi u tolerancijskom polju f7. S obzirom na to da je središnji dio svornjaka izrađen prema polju f7, cilj je, da dijelovi spoja s prihvatnim elementom nosača, budu izrađeni u tolerancijskom polju koje bi u kombinaciji s poljem f7 dovelo do čvrstog dosjeda. Tolerancijsko polje odabrano za provrt prihvatnog elementa nosača je U6.

Tablica 1. Tolerancije labavog dosjeda u milimetrima

ISO - TOL	
Φ 8H8	+0,022
	0
Φ 8f7	-0,010
	-0,022
Φ 8H8/f7	+0,044
	+0,010

Tablica 2. Tolerancije čvrstog dosjeda u milimetrima

ISO - TOL	
Φ 8U6	-0,015
	-0,034
Φ 8f7	-0,010
	-0,022
Φ 8H8/f7	-0,003
	-0,024

7.1.2.1. Proračun sile isprešavanja steznoga spoja

$$F_{isp} = D_F \cdot \pi \cdot l \cdot p_{stmin} \cdot \nu_{pu} \quad (1.6)$$

l - duljina steznog spoja (35 mm)

F_{isp} - sila isprešavanja čvrstog dosjeda (N)

D_F - promjer spoja (Φ 8 mm)

p_{stmin} - najmanji pritisak na naležnim površinama (N/mm²)

ν_{pu} - faktor trenja prijanjanja (0,1) [2]

Za izračunavanje kritične sile isprešavanja potrebno je odrediti najmanji pritisak na naležnim površinama. On se računa prema izrazu:

$$|P_{stmin}| = |P_{min}| + 0,8(R_{zv} + R_{zu}) = 5,56 \mu\text{m} \quad (1.7)$$

R_{zv} – srednja visina neravnina površine provrta (1,6 μm)

R_{zu} – srednja visina neravnina površina svornjaka (1,6 μm)

P_{stmin} – najmanji mogući preklop čvrstog dosjeda (3 μm)

U izraz za najmanji pritisak na naležnim površinama uvrštava se pomoćna veličina K izračunata kasnije u izrazu (1.4)

$$p_{stmin} = \frac{|P_{stmin}|}{D_F} \cdot \frac{E_v}{K} = 52,22 \text{ N/mm}^2 \quad (1.8)$$

K – pomoćna veličina

E_v – modul elastičnosti materijala provrta (čelik - 210000 MPa)

E_u – modul elastičnosti materijala svornjaka (čelik - 210000 MPa)

Q_v – odnos promjera $Q_v = \frac{D_F}{D_v} = 0,533$

Q_u - odnos promjera $Q_u = \frac{D_F}{D_v} = 0$

D_v - promjer spoja (Φ 15 mm)

D_u - promjer spoja (Φ 0 mm)

U svrhu lakšeg izračuna uvodi se pomoćna veličina K koja se računa sljedećim izrazom:

$$K = \frac{E_v}{E_u} \cdot \left(\frac{1+Q_u^2}{1-Q_u^2} - \mu_u \right) + \frac{1+Q_v^2}{1-Q_v^2} + \mu_v = 2,795 \quad (1.9)$$

μ_v – Poissonov faktor materijala provrta (0,3) [2]

μ_u – Poissonov faktor materijala svornjaka (0,3) [2]

Izračunavanjem svih napisanih izraza u poglavlju dolazi se do konačne vrijednosti:

$$F_{isp} = D_F \cdot \pi \cdot l \cdot p_{stmin} \cdot v_{pu} = 4593,51 \text{ N} \quad (1.10)$$

Za pogonsku silu koristi se iznos sile teže. Masa nosača preuzeta je iz programskog alata Solidworks te za konačni model nosača iznosi 65 kg. Na tu masu nadodana je masa 6 bicikala uz uvjet pojedinačne mase do 20 kg. Ukupna masa koja stvara opterećenje na spoj iznosi dakle 185 kg. Također je u izračun uključen i faktor udara uslijed dinamičke prirode korištenja nosača.

$$F_{pog} = m \cdot g \cdot \varphi = 2722,28 \text{ N} \quad (1.11)$$

g – gravitacija ($9,81 \text{ m} / \text{s}^2$)

φ – faktor udara (1,5)

m - masa nosača sa biciklima (185 kg)

F_{pog} – pogonska sila

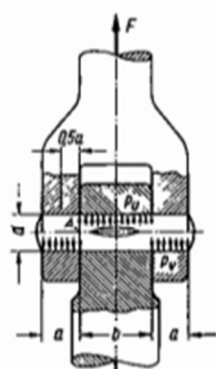
Pogonska sila dijeli se s 4 jer se na nosaču nalaze 4 prihvatne točke te se dolazi do sile od 680,57 [N]. Zaključak je da je pogonska sila po prijatu iznosom manja od minimalne moguće sile isprešavanja. To potvrđuje zahtjev kompaktnosti spoja uslijed opterećenja.

ZADOVOLJAVA

7.1.2.2. Proračun svornjaka na odrez i na savijanje

3.4. Veze zaticima i svornjacima

137



Slika 152. Zglobni zatic ili svornjak

Tlakovi

$$p_v = \frac{F}{2a \cdot d} \quad (95)$$

$$p_u = \frac{F}{b \cdot d} \quad (96)$$

$$\text{naprezanje na savijanje } \sigma_t = \frac{0,5 F \cdot 0,5 a}{0,1 d^3} \quad (97)$$

$$\text{naprezanje na odrez } \tau_a = \frac{F}{2A} \quad (98)$$

p u N/mm² površinski tlak na zaticu i dijelovima u spoju,
 σ_t u N/mm² naprezanje na savijanje u presjeku zatika ili svornjaka,
 τ_a u N/mm² naprezanje na odrez u presjeku zatika ili svornjaka,
 F u N pogonska sila,
 d u mm promjer zatika ili svornjaka,
 A u mm² presjek zatika ili svornjaka,
 a, b u mm širina dijelova u spoju.

Slika 25. Dimenzije za proračun svornjaka [2]

7.1.2.3. Proračun svornjaka na savijanje

$$d = \sqrt{\frac{0,5F \cdot 0,5a}{0,1 \cdot \sigma_{fdop}}} = 5,969 \text{ mm} \quad (1.12)$$

Tablica 3. Ulazni podaci za proračun savijanja svornjaka

Poznati podaci iz modela / drugih izvora [2]	
a	35 mm
σ_{fdop}	280 MPa

Po završetku proračuna zbog veće sigurnosti odabran je promjer svornjaka od 8 mm. Za izradu svornjaka koristi se čelik E335 te je na temelju toga odabrano maksimalno dopušteno naprezanje.

7.1.2.4. Proračun svornjaka na odrez

$$\tau = \frac{F_{pog}}{4 \cdot 2 \cdot A} = \frac{2722,28}{4 \cdot 2 \cdot 4^2 \cdot \pi} = 6,77 \text{ N / mm}^2 \quad (1.13)$$

τ – smično naprezanje [N / mm²]

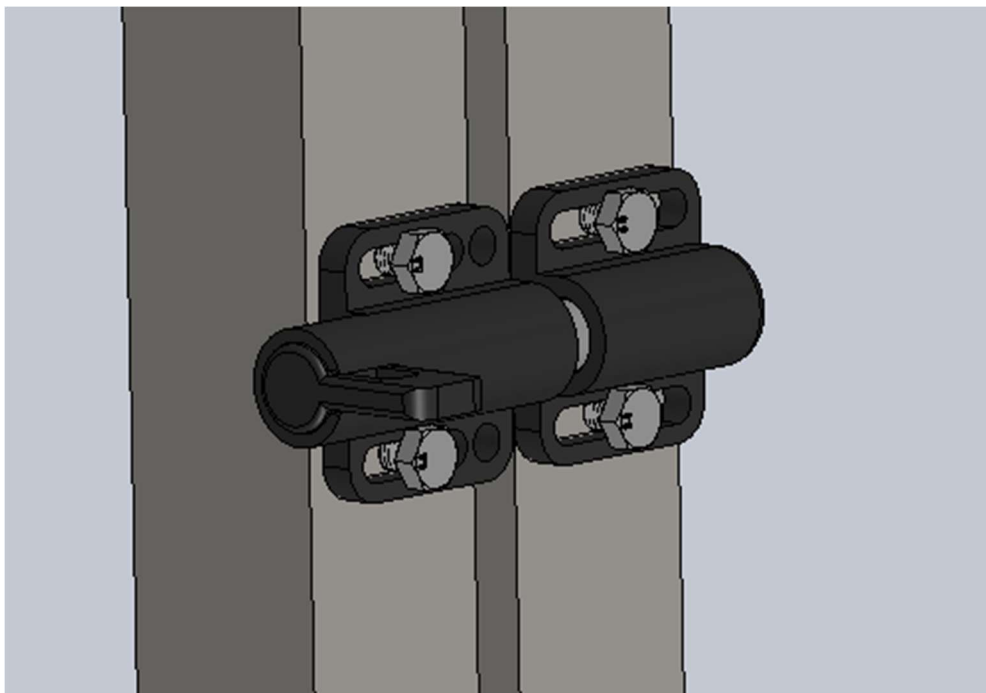
τ_{tDN} – promjenjiva trajna čvrstoća (160 N / mm²) [2]

$$\tau = 6,77 < 160 = \tau_{tDN} \quad (1.14)$$

Vidljivo je da stvarno naprezanje koje dovodi do odreza svornjaka je višestruko manje nego što to svojstva materijala dopuštaju. Time se zaključuje da svornjak zadovoljava uvjete čvrstoće. Važno je napomenuti i da bi na ovaj način dimenzioniran svornjak mogao podnijeti znatno veća opterećenja kao što su kod nekih manjih sudara kada u trenucima deceleracija ima jako velike vrijednosti pa i samim time sila ima velika kratkotrajna opterećenja.

ZADOVOLJAVA

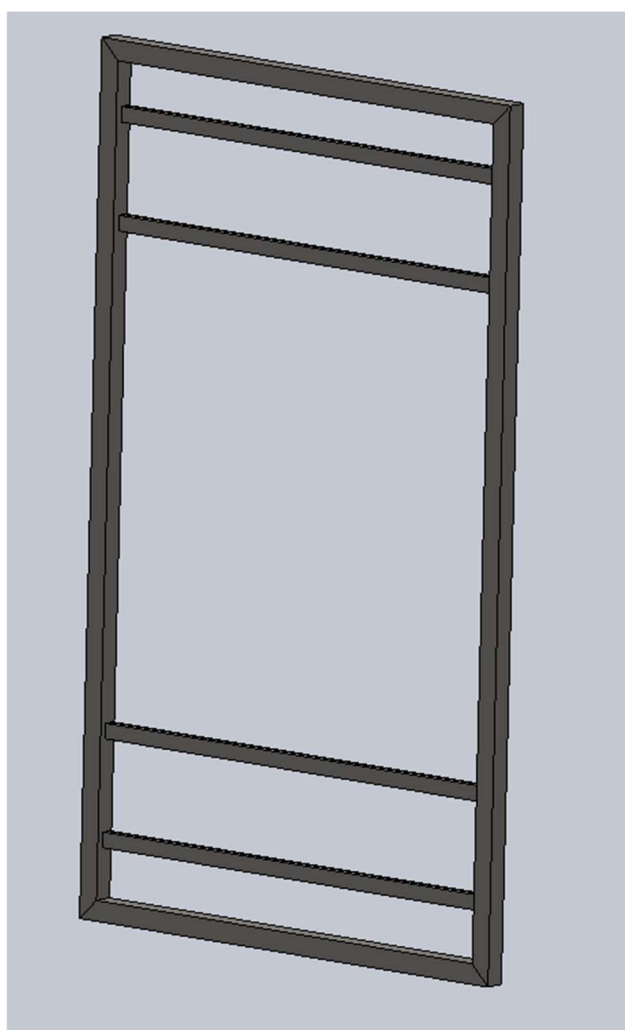
7.2. Spoj krila nosača



Slika 26. Spoj krila nosača

Na slici 26. prikazan je spoj dvaju krila nosača. Spoj se sastoji od dva spojna elementa od kojih se svaki nalazi na jednom krilu nosača. Oni su na krilo montirani vijčanim spojem. Ovakav način spajanja krila nosača omogućava nošenje sile oblikom gdje dolaze do izražaja svojstva materijala. Prikazano rješenje je gotovo rješenje proizvođača Elesag [22]. Na stranici proizvođača postoje i druga rješenja, primjerice rješenje sa senzorom koje bi u daljnjoj razradi moglo posjedovati funkciju upozorenja vozača na rukovanje sustavom i moguće odvajanje krila nosača.

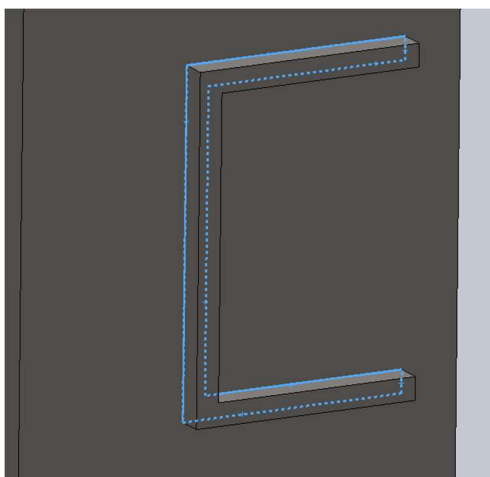
7.3. Okvir nosača



Slika 27. Prikaz okvira nosača

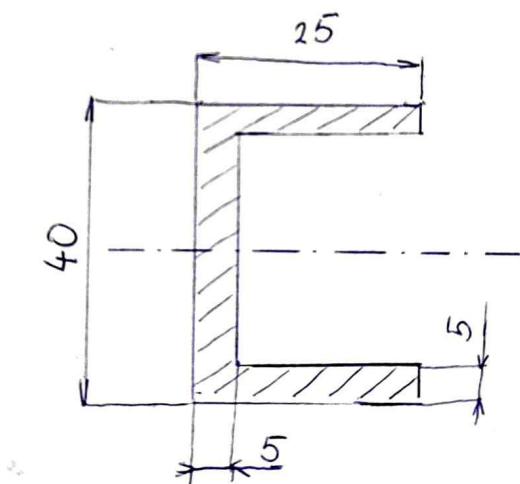
Na slici 27. nalazi se prikaz zavarenog okvira nosača koji je temelj za konačno sklapanje nosača. Radi se o čeličnoj konstrukciji što osigurava dobra svojstva čvrstoće i jednostavno zavarivanje komponenata. Okvir nosača sastoji se od po dvije vertikalne i horizontalne pravokutne cijevi te četiri C profila koji omogućavaju montažu ostalih vitalnih dijelova nosača.

C profili s horizontalnim profilima spojeni su zavarivanjem, isto kao i horizontalni i vertikalni profili.



Slika 28. Zavar C profila

7.3.1. Proračun zavara



Slika 29. Proračunski presjek zavara

Plavom je bojom na slici 28. prikazana kontura po kojoj se provodi zavarivanje. Zavar se proračunava na sljedeći način:

$$I = \frac{(30+10)^3 \cdot (20+)}{12} - \frac{30^3 \cdot 20}{12} = 83333,33 \text{ mm}^4 \quad (1.15)$$

I – moment tromosti zavara (mm^4)

$$W = \frac{I}{e} = \frac{83333,33}{20} = 4166,67 \text{ mm}^3 \quad (1.16)$$

W – moment otpora presjeka (mm^3)

e – najveća udaljenost presjeka od promatrane osi (mm)

$$\sigma_f = \frac{M_f}{w} = 34,33 \text{ N / mm}^2 \quad (1.17)$$

σ_f – savojno naprezanje u zavaru (N / mm^2)

M_f – moment savijanja (143030 Nmm) – dobiveno iz uvjeta opterećenja (10 kg po spoju)

$$\sigma_{fdop} = \frac{R_m}{2} = 285 \text{ N / mm}^2 \quad (1.18)$$

σ_{fdop} – dopušteno savojno naprezanje u zavaru (N / mm^2)

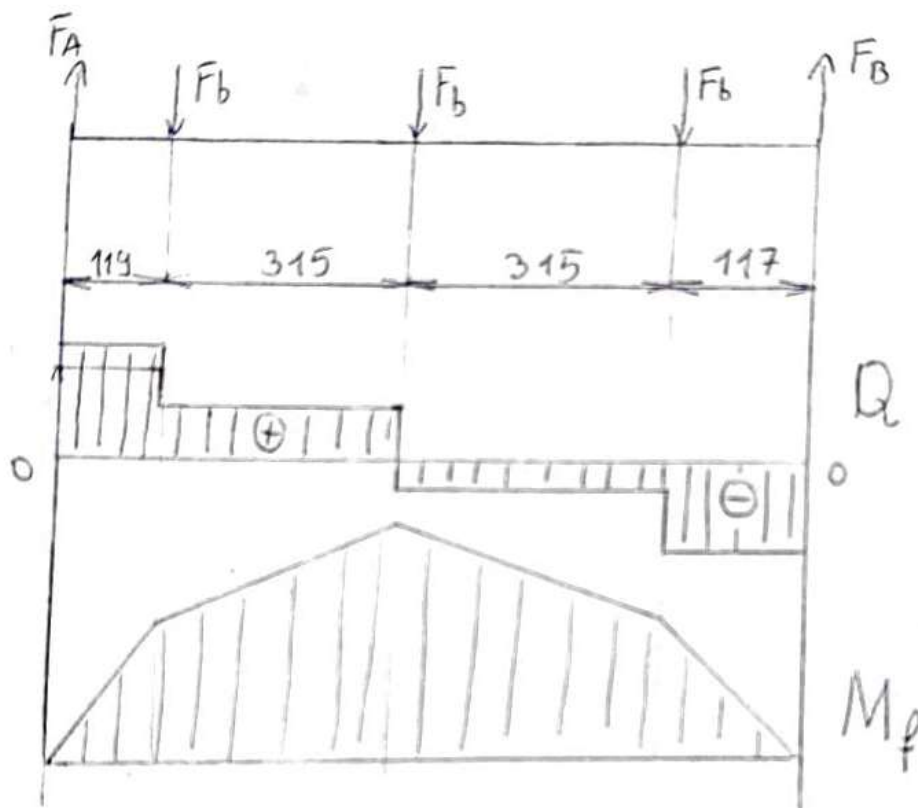
R_m – vlačna čvrstoća materijala E335 (570 N / mm^2)

Opterećenje na odrez je u odnosu na savojno naprezanje zanemarivo i iznosom je manje od 1 N / mm^2 te ga se stoga neće razmatrati. Dobiveno naprezanje višestruko je manje od dopuštenog naprezanja u zavaru te se stoga zaključuje da zavar zadovoljava uvjete čvrstoće.

ZADOVOLJAVA

7.3.2. Proračun čvrstoće C profila

Proračun C profila odnosi se na C profil iz prethodnog poglavlja gdje je za isti prethodno izračunat zavar.



Slika 30.. Dijagram unutarnjih poprečnih sila i momenta savijanja

F_b – sila narinuta na presjek uslijed mase bicikla (98,1 N)

F_A – sila reakcije u osloncu A (155,47 N)

F_B – sila reakcije u osloncu B (138,83 N)

Q – unutarnje poprečne sile [N]

M_f – unutarnji moment savijanja [Nmm]

Kritični presjek C profila je onaj u točki najvećeg apsolutnog iznosa momenta savijanja prema slici 30. On se računa metodom površina iz dijagrama poprečnih sila. Sila F_b dobivena je na način da je sila teže bicikala podijeljena na dva zbog dva mjesta s vijčanim spojevima na nosivim pločama. Sile F_A i F_B dobivene su iz uvjeta statike.

$$M_f = F_A \cdot 119 + (F_A - F_b) \cdot 315 = 36572,48 \text{ Nmm} \quad (1.19)$$

$$I = \frac{30^3 \cdot 20}{12} - \frac{26^3 \cdot 18}{12} = 18636 \text{ mm}^4 \quad (1.20)$$

I – moment tromosti zavara (mm^4)

$$W = \frac{I}{e} = \frac{18636}{15} = 1242,4 \text{ mm}^3 \quad (1.21)$$

W – moment otpora presjeka (mm^3)

e – najveća udaljenost presjeka od promatrane osi (mm)

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} = 29,44 \text{ N / mm}^2 \quad (1.22)$$

σ_f – savojno naprezanje u presjeku (N / mm^2)

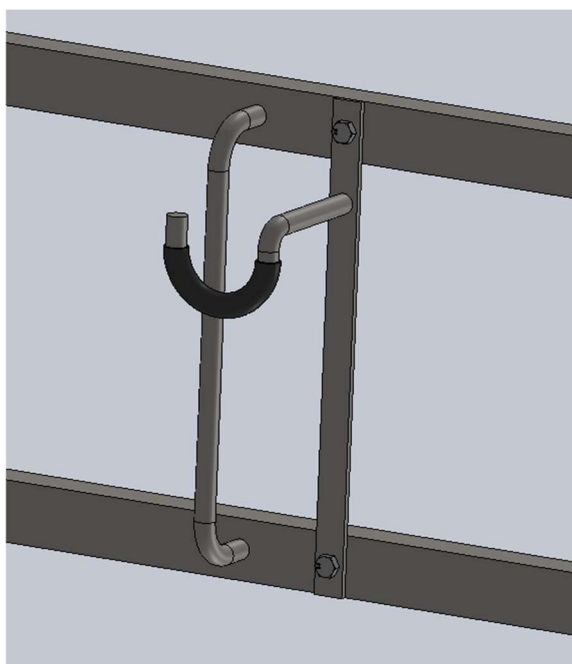
$$\sigma_f = 29,44 < 285 = \sigma_{fdop} \quad (1.23)$$

σ_{fdop} – dopušteno savojno naprezanje u zavaru, kao i u poglavlju 7.3.1. **Proračun zavara**

Dokazano je da na kritičnom presjeku konstrukcija zadovoljava uvjete čvrstoće.

ZADOVOLJAVA

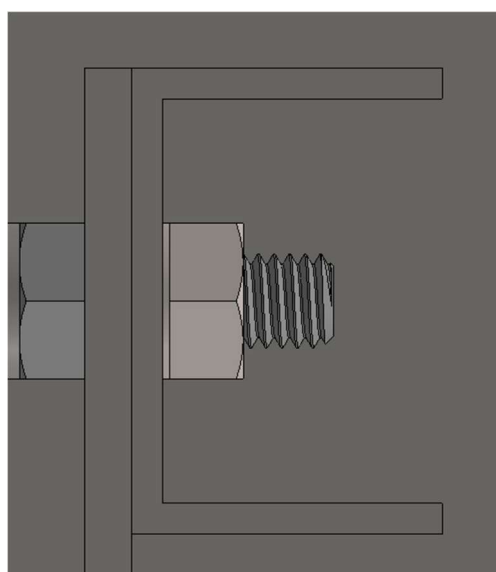
7.4. Nosive trake



Slika 31. Nosiva ploča kuke

Nosive trake kuka vijcima su pričvršćene za C profile. Kroz C profile buši se provrt kroz koji se provlači vijak. S druge strane profila na vijak se spaja odgovarajuća matica te se pritezanjem osigurava kompaktnost vijčanog spoja. Vijke je potrebno proračunati na odrez kako bi bili sigurni da mogu podnijeti opterećenje bicikala.

7.4.1. Proračun vijka na odrez



Slika 32. Vijčani spoj noseće ploče i C profila

Na slici 32. nalazi se prikaz vijčanog spoja kroz noseću ploču i vodeću šipku. Vijak korišten za spoj je ISO 4017 M6 x 16 , a matica ISO 4032 M6. Proračunava se dakle naprezanje na odrez prema spomenutom vijku čiji materijal je razreda čvrstoće 3.6. Treba također uzeti u obzir da silu nose dva vijka. Masa nosive ploče je u odnosu na masu bicikla u ovom slučaju zanemariva.

$$F_3 = m_b \cdot g = 196,2 \text{ N} \quad (1.24)$$

F_3 – sila na vijak uslijed mase bicikla

m_b – proračunska masa pojedinačnih bicikala (20 kg)

$$\tau = \frac{F_3}{2 \cdot A_s} = \frac{196,2}{2 \cdot 20,1} = 4,88 \text{ N / mm}^2 \quad (1.25)$$

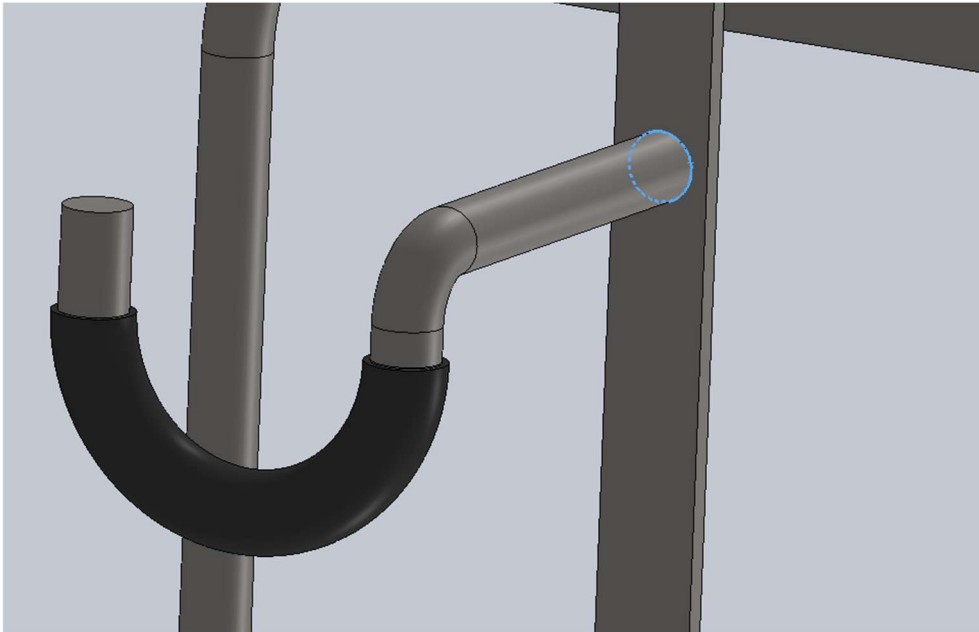
A_s – proračunska površina presjeka vijka (za M6 – 20,1 mm²)

R_m – vlačna čvrstoća (800 N / mm²)

Vidljivo je da je naprezanje koje se javlja uslijed montaže bicikla zanemarivo u odnosu na vlačnu čvrstoću te da je prisutan iznimno velik faktor sigurnosti. To dovodi do zaključka da vijak višestruko zadovoljava uvjete čvrstoće.

ZADOVOLJAVA

7.5. Spoj kuke



Slika 33. Zavar kuke

Na slici 33. plavom bojom prikazana je kontura kojom se provodi zavarivanje.

7.5.1. Proračun zavara

Proračun zavara započinje izračunavanjem momenta otpora presjeka zavara:

	$I_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$W_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} *$
--	-----------------------------------	--------------------------------------

Slika 34. Moment otpora kružnog vijenca [24]

D – vanjski promjer presjeka zavara (16 mm)

d – unutarnji promjer presjeka zavara (10 mm)

Po jednadžbi iz slike 27. izračunava se moment otpora.

$$W = 340,76 \text{ mm}^3 \quad (1.26)$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} = 57,58 \text{ N / mm}^2 \quad (1.27)$$

σ_f – savojno naprezanje u zavaru (N / mm²)

M_f – moment savijanja (19620 Nmm) – dobiveno iz uvjeta opterećenja

$$\sigma_{fdop} = \frac{R_m}{2} = 285 \text{ N / mm}^2 \quad (1.28)$$

σ_{fdop} – dopušteno savojno naprezanje u zavaru (N / mm²)

R_m – vlačna čvrstoća materijala E335 (570 N / mm²)

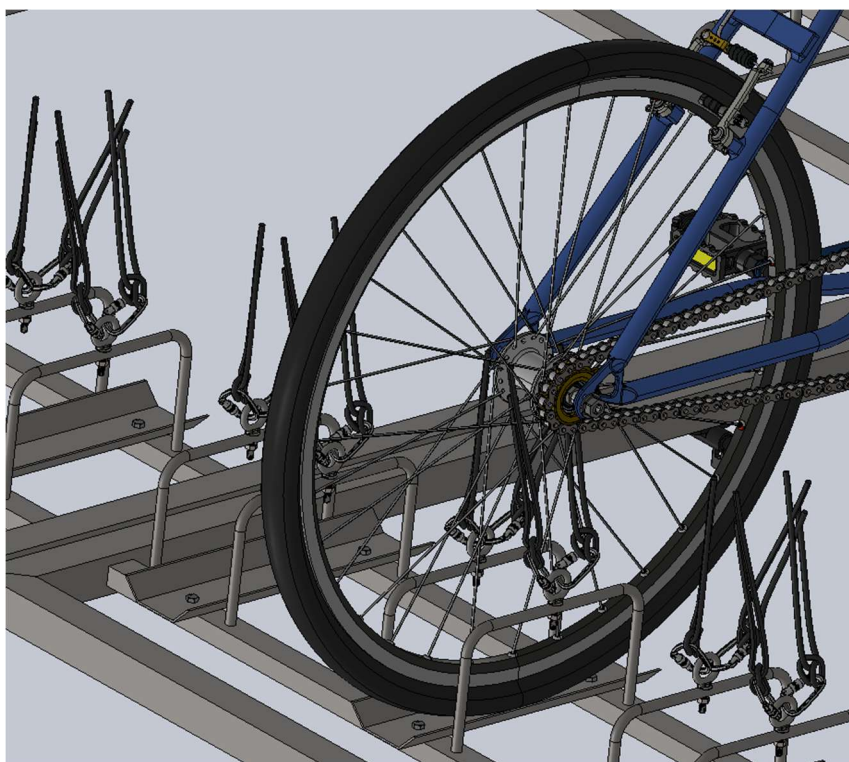
Pri proračunu, nije uzeto u obzir uvijanje zavora, koje je u odnosu na savijanje iznosom zanemarivo, a i samo savijanje višestruko zadovoljava uvjete čvrstoće.

ZADOVOLJAVA

7.6. Prihvat montiranih bicikala

7.6.1. Prikaz stražnjeg kotača

Prihvat stražnjeg kotača koncipiran je na način da se na očne vijke [23], koji su vezani za graničnike maticom s druge strane, spajaju karabineri [18] s elastičnim materijalom poliuretanom [18] koji se prevlači preko kotača na način da zahvati kotač i s gornje i s donje strane pri montaži. To osigurava čvrst prihvat i fiksnu poziciju tokom vožnje autobusa. Na slici 35. nije vidljiv konačni položaj stezaljki zbog oblika 3D modela u CAD alatu. Konačni položaj bio bi zakačen preko kotača.



Slika 35. Prikaz stražnjeg kotača kod montiranog bicikla

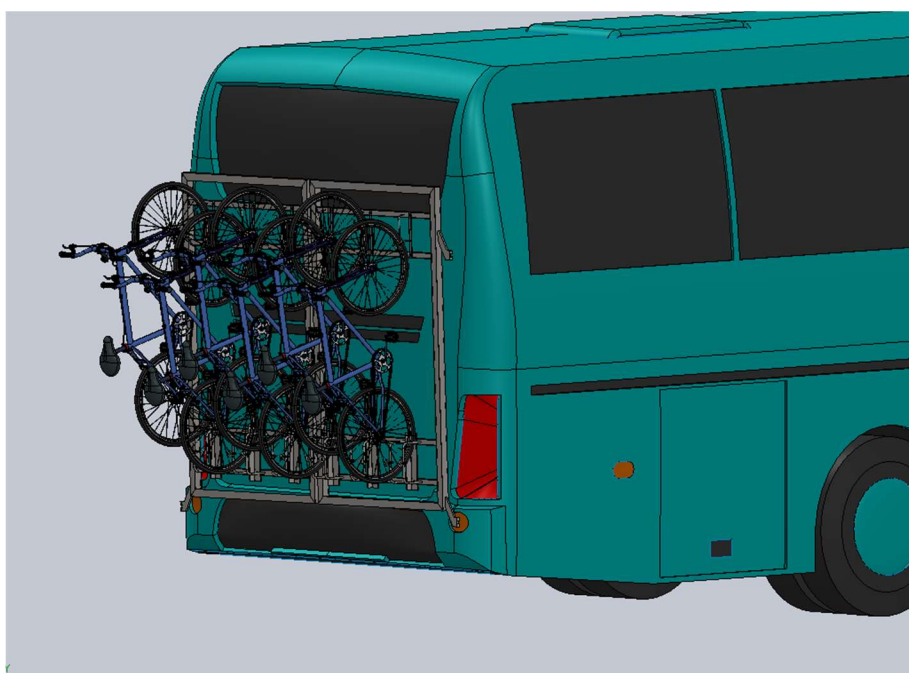
7.6.2. Prikaz prednjeg kotača

Prednji se kotač montira na način da se objesi na kuku. Težina bicikla vuče ga prema dolje te na taj način zadržava početni položaj. Pokraj kuke nalazi se i graničnik koji sprječava zakretanje prednjeg kotača pri nailascima na rupe na cesti i pri ostalim nepredvidivim opterećenjima



Slika 36. Prikaz prednjeg kotača kod montirano bicikla

7.6.3. Prikaz montiranih bicikala



Slika 37. Prikaz konstruiranog nosača u uporabi

Pri kreiranju 3D modela i prikazu nosača u uporabi korišteni su gotovi 3D modeli preuzeti sa GrabCAD stranice. Gotovi modeli koji su korišteni su model bicikla [19], autobusa [20], karabinera [18], stezaljki [18] te model očnog vijka koji je preuzet sa McMaster-Carr stranice izravno od proizvođača.

Pozicija nosača od jednog do drugog modela autobusa može malo varirati uslijed različitog pozicioniranja prihvatnih točaka po vertikalnoj osi. Za navedeni autobus prihvatne su točke približno na visini od 650-700 mm od tla.

ZAKLJUČAK

Transport je ključan element u svakodnevnom životu i razvoju urbanih i ruralnih sredina, a sustavi koji omogućuju siguran i učinkovit prijevoz bicikala postaju svakim danom sve važniji. S obzirom na povećanje broja biciklista i potrebu za održivim načinima prijevoza, razvoj nosača za bicikle montiranih na autobuse predstavlja značajan korak prema poboljšanju javnog prijevoza. Na nosač za bicikle može se postaviti do 6 bicikla najveće mase 20 kg po biciklu, u vertikalnom položaju. Nosač se sastoji od dva krila, koja se u slučaju potrebe mogu zakrenuti otvoriti i osigurati pristup motoru. Rješenje ne zaklanja svjetlosno signalnu opremu. Dimenzije nosača s postavljenim biciklima su približno 2220 x 1780 x 1270 što osigurava da se ostaje unutar dozvoljenih najvećih vrijednosti duljine vozila. Uvjet dozvoljene mase vozila nije ugrožen uslijed mase samog nosača koja iznosi 65 kg te bitno ne utječe na ukupnu masu vozila. Montaža nosača na autobus izvedena je preko četiri svornjaka što podrazumijeva da autobus na koji bi se nosač postavio mora biti opremljen takvim priključnim mjestima. Korištenje čelične konstrukcije omogućava dugovječnost i čvrstoću sustava, dok vertikalno postavljanje bicikala doprinosi optimalnoj iskoristivosti prostora i smanjenju gužve u vozilu. Sigurno fiksiranje bicikala putem sustava poput kuka za prednji kotač i elastičnih materijala za stražnji kotač osigurava stabilnost i smanjuje rizik od oštećenja, čime se povećava povjerenje korisnika u sustav. Kroz razvoj ovakvih sustava doprinosi se većoj dostupnosti biciklističkog prijevoza. Implementacija ovih rješenja u javni prijevoz otvara nove mogućnosti za ekološki prihvatljive oblike prijevoza, smanjujući potrebu za osobnim automobilima i čineći gradove i ruralna područja pristupačnijima za sve posjetitelje.

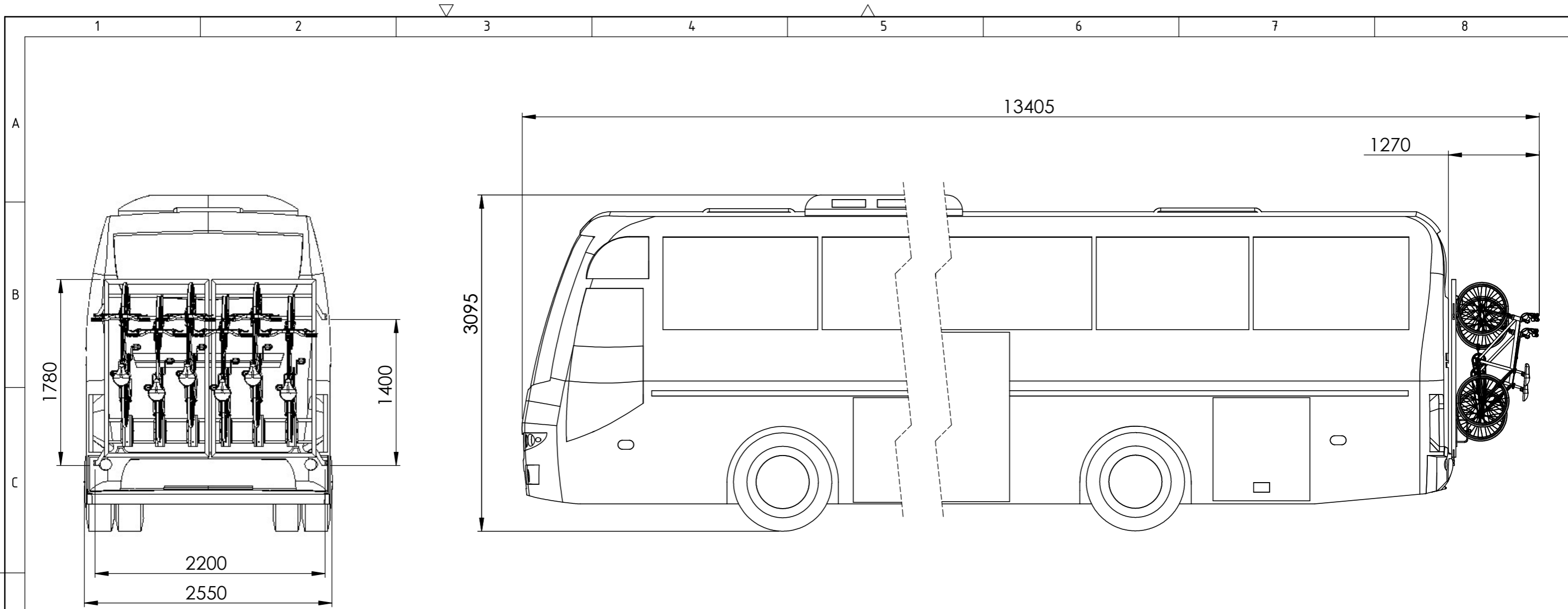
LITERATURA


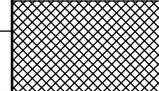
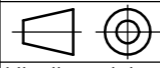
- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Opalić, M.;Kramarić, P.: Reduktor, Katedra za elemente strojeva i konstrukcije
- [4] https://i0.wp.com/wobblyride.com/wp-content/uploads/2022/01/IMG_20190724_115316.jpg?fit=1024%2C1024&ssl=1
(datum pristupa 17.02.2025.)
- [5] [csm_Heymann-Fahrradträger-Bus-Omnibus_055f59559c.jpg \(700×423\)](csm_Heymann-Fahrradträger-Bus-Omnibus_055f59559c.jpg) (datum pristupa 17.02.2025.)
- [6] [Fahrradträger für Busse - x-metall - Metallverarbeitung aus Südtirol - lasern und biegen](#)
(datum pristupa 17.02.2025.)
- [7] https://cdn-cf.cms.flixbus.com/drupal-assets/styles/image_text_horizontal_2x/s3/2021-07/bus-back-bike-rack.jpg (datum pristupa 17.02.2025.)
- [8] <https://velourbanismblog.wordpress.com/swiss-postbus-bike-racks-on-back/> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [9] [setra-introduces-all-year-round-ski-box_3.jpg \(1626×1080\)](setra-introduces-all-year-round-ski-box_3.jpg) (datum pristupa 17.02.2025.)
- [10] <https://www.sportworks.com/product/swinglock> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [11] <https://www.sportworks.com/product/interlock> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [12] <https://blog.madrax.com/blog/bike-parking-space-dimensions>
(datum pristupa 17.02.2025.)
- [13] https://static1.squarespace.com/static/6411ef7b2bbbfd0443ba161b/t/659c6607761d923e09aa7cd7/1704748553778/Sportworks_TransitRackCatalog_V4_Digital.pdf (datum pristupa 17.02.2025.)
- [14] [Pravilnik o postupku homologacije određenih kategorija vozila s obzirom na mase i dimenzije TPV 148 \(Izdanje 00\)](#) (datum pristupa 17.02.2025.)
- [15] https://www.mercedes-benz-bus.com/hr_HR/models/citaro/facts/facts-citaro.pdf (datum pristupa 17.02.2025.)
- [16] https://www.mercedes-benz-bus.com/hr_HR/models/citaro-ue/efficiency/module.html
(datum pristupa 17.02.2025.)
- [17] https://www.mercedes-benz-bus.com/hr_HR/models/citaro/facts/facts-citaro.pdf (datum pristupa 17.02.2025.)
- [18] <https://grabcad.com/library/carabiner-karabiner-1> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [19] <https://grabcad.com/library/bike-4> (datum pristupa 17.02.2025.)

-
- [20] <https://grabcad.com/library/volvo-9700-2> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [21] <https://www.elesa-ganter.com/en/www/products/indexing-elements--1/Indexing-elements--Spring-latches--GN416#categoryid=12520&sortby=0&facetvalue=> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [22] <https://www.elesa-ganter.com/en/www/products/indexing-elements--1/Indexing-elements--Locators--GN4161#categoryid=12520&sortby=0&facetvalue=>(datum pristupa 17.02.2025.)
- [23] <https://www.mcmaster.com/products/eyebolts/eyebolts~/eyebolts-for-lifting-8/system-of-measurement~metric/> (datum pristupa 17.02.2025.)
- [24] https://e-ucenje-arhiva.fsb.hr/pluginfile.php/137578/mod_resource/content/3/Predavanja/Elementi_Stroj_eva.pdf (datum pristupa 17.02.2025.)

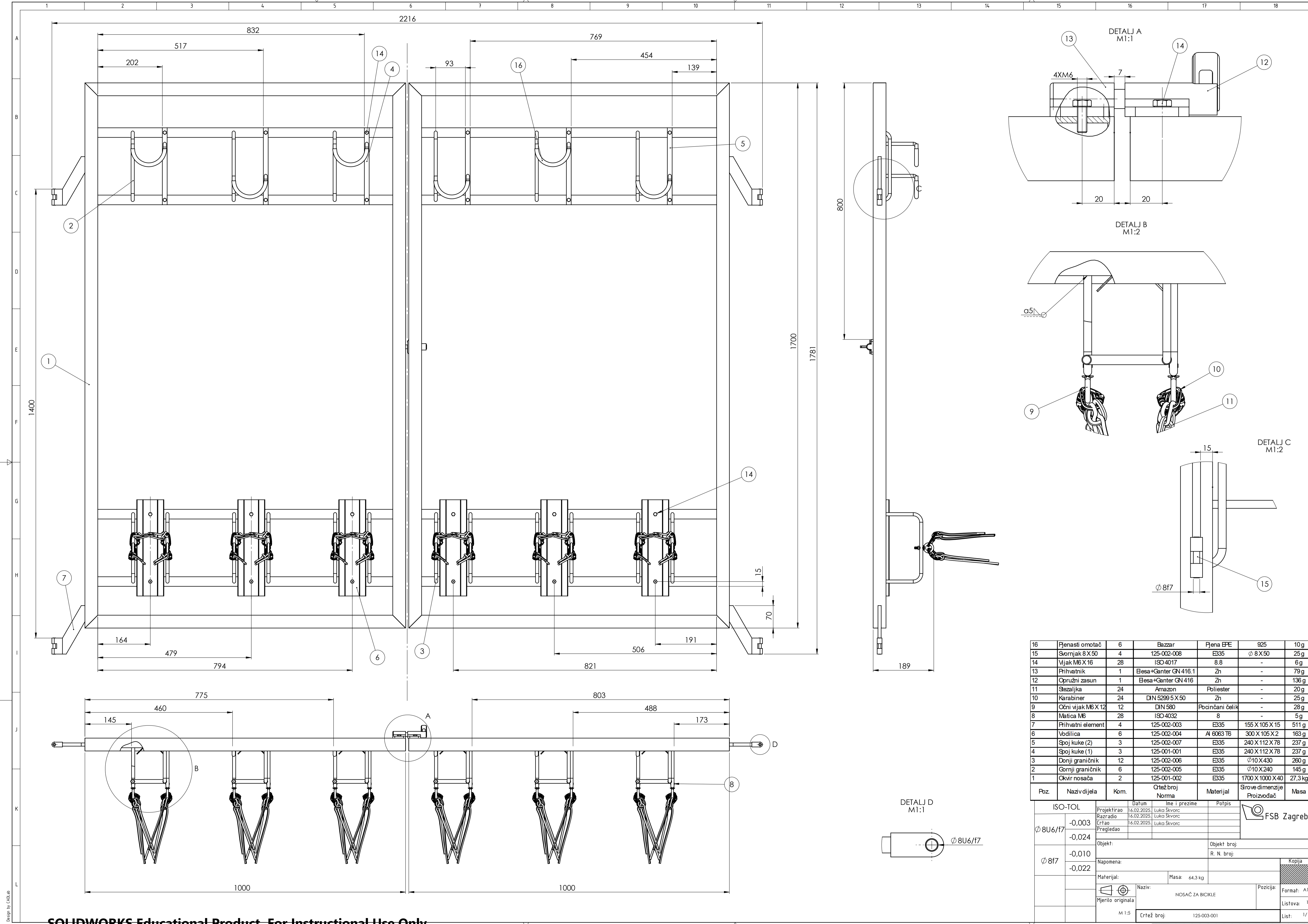
PRILOZI

I. Tehnička dokumentacija



	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Razradio	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Crtao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Materijal:		Masa:		
 Mjerilo originala M 1:50	Naziv: Autobus s montiranim nosačem i biciklima		Pozicija:	Format: A3
	Crtež broj: 125-000-001			Listova: 1
				List: 1/1

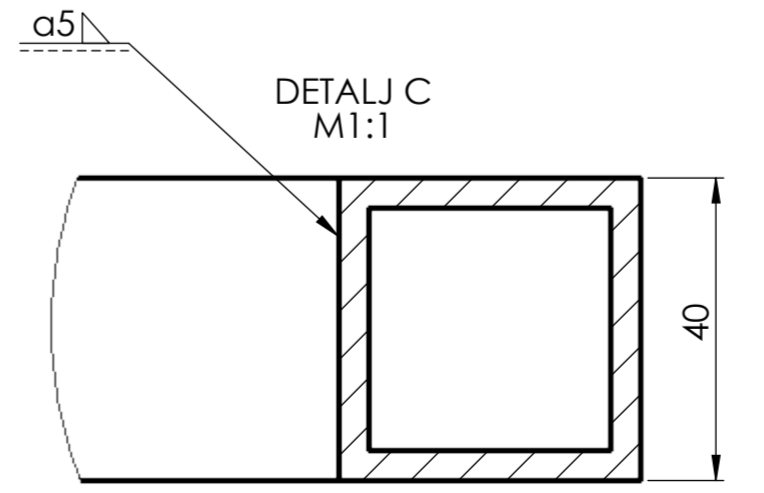
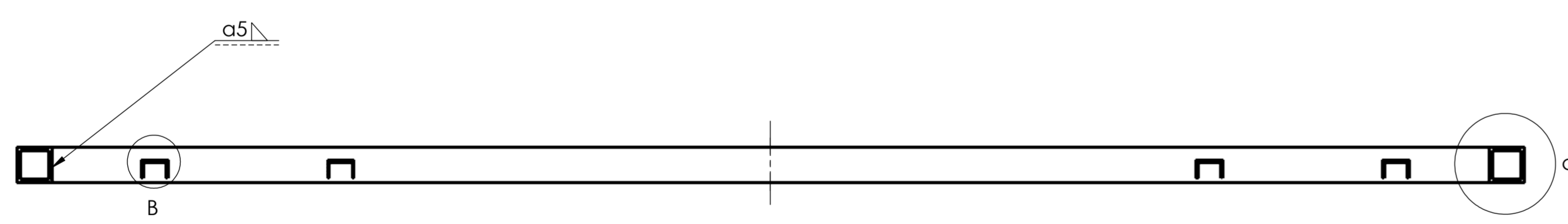
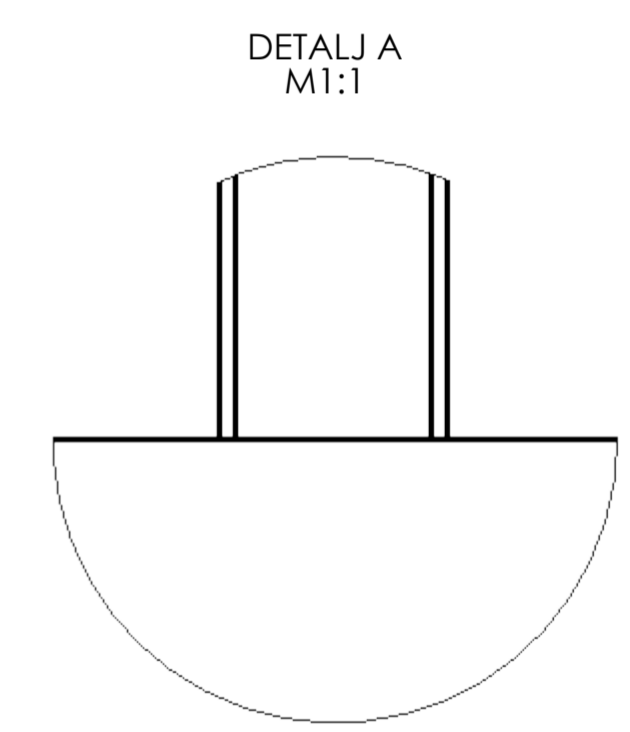
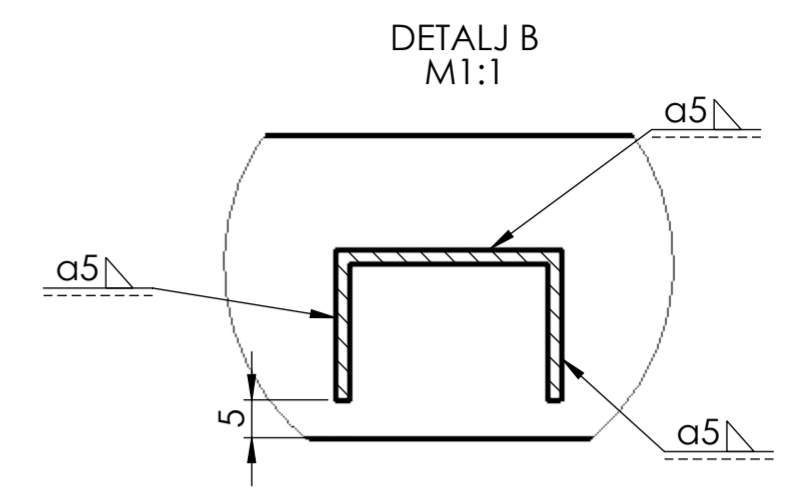
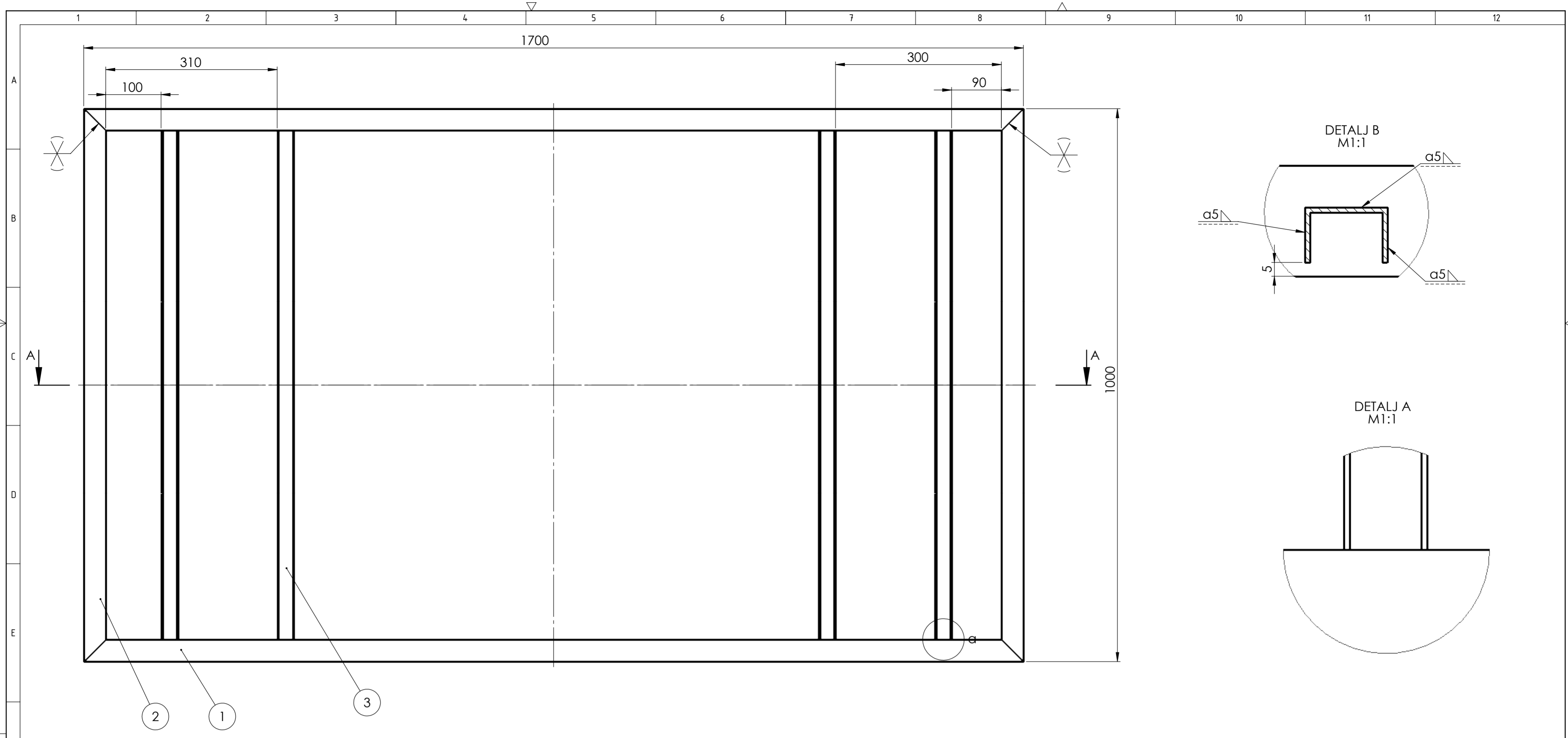
Design by CADLab



Poz	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
16	Pjenasti omotač	6	Bazzar	Pjena EPE	925	10 g	
15	Šornjak 8 X 50	4	125-002-008	E335	∅ 8 X 50	25 g	
14	Vijak M6 X 16	28	ISO 4017	8.8	-	6 g	
13	Prihvatnik	1	Besa+Ganter GN 416.1	Zn	-	79 g	
12	Opružni zasun	1	Besa+Ganter GN 416	Zn	-	136 g	
11	Stezaljka	24	Amazon	Poliester	-	20 g	
10	Karabiner	24	DIN 5299 5 X 50	Zn	-	25 g	
9	Očni vijak M6 X 12	12	DIN 580	Pocinčani čelik	-	28 g	
8	Matica M6	28	ISO 4032	8	-	5 g	
7	Prihvatni element	4	125-002-003	E335	155 X 105 X 15	511 g	
6	Vodilica	6	125-002-004	Al 6063 T6	300 X 105 X 2	163 g	
5	Spoj kuke (2)	3	125-002-007	E335	240 X 112 X 78	237 g	
4	Spoj kuke (1)	3	125-001-001	E335	240 X 112 X 78	237 g	
3	Donji graničnik	12	125-002-006	E335	∅10 X 430	260 g	
2	Gornji graničnik	6	125-002-005	E335	∅10 X 240	145 g	
1	Okvir nosača	2	125-001-002	E335	1700 X 1000 X 40	27.3 kg	

ISO-TOL	Projekcija	Datum	Ime i prezime	Potpis
∅ 8U6/f7	-0,003	16.02.2025.	Luko Skvorc	
	-0,024	16.02.2025.	Luko Skvorc	
	-0,010	16.02.2025.	Luko Skvorc	
	-0,022			

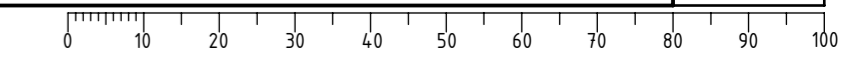
Objekt:	Objekt broj:
Napomena:	R. N. broj:
Materijal:	Masa: 64,3 kg
Mjerilo originala	Naziv: NOSAČ ZA BICIKLE
M 1:5	Crtež broj: 125-003-001

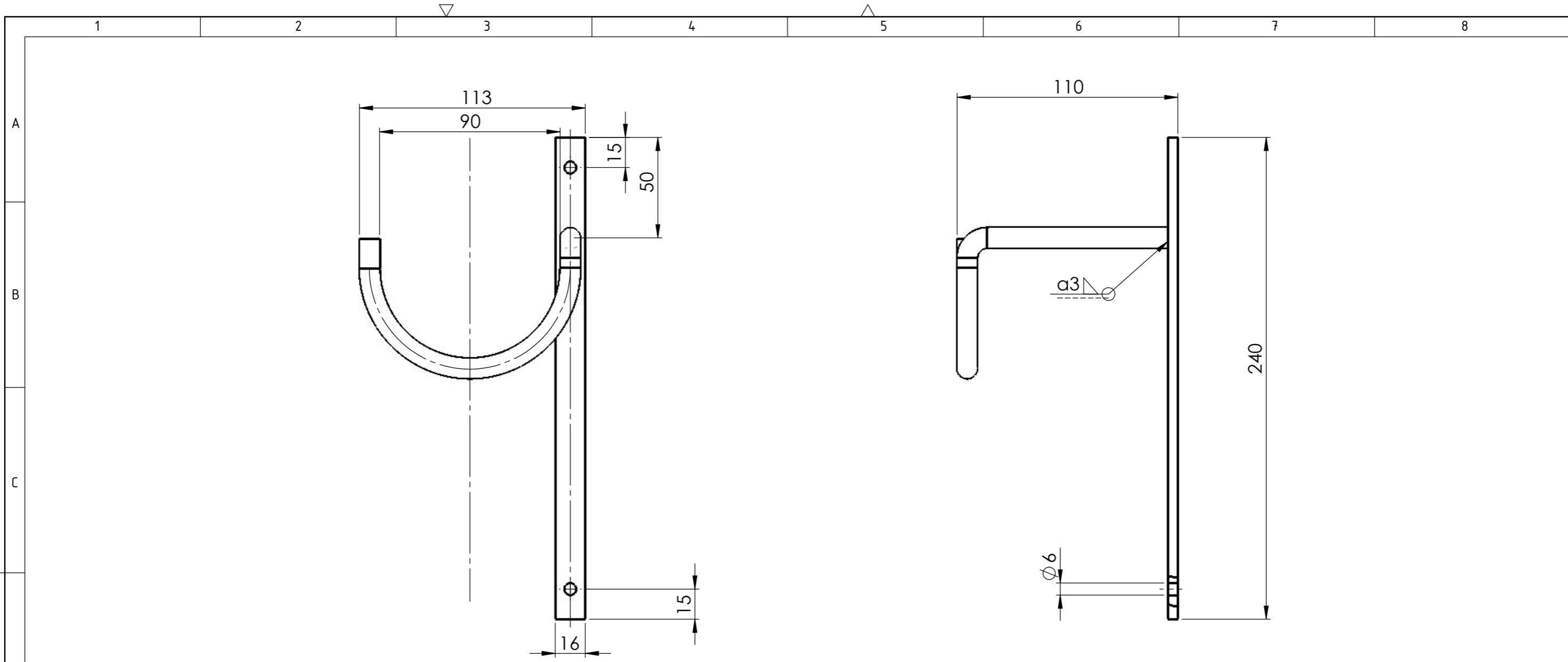


PRESJEK A-A
M1:10
SCALE 1:5

3	C profil	4	125-002-006	E335	920 X 30 X 20	947 g
2	Horizontalna cijev	2	125-002-005	E335	40 X 40 X 1000	4313 g
1	Vertikalna cijev	2	125-002-004	E335	40 X 40 X 1700	7458 g
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis
Projektirao		6.02.2025.		Luka Škvorc		
Razradio		6.02.2025.		Luka Škvorc		
Crtao		6.02.2025.		Luka Škvorc		
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt: NOSAČ ZA BIKIKLE			Objekt broj: 125-003-001	
					R. N. broj:	
Napomena:						Kopija
Materijal: E335		Masa: 27,3 kg				
Mjerilo originala		Naziv: OKVIR NOSAČA			Pozicija: Format: A3	
M 1:10		Crtež broj: 125-001-002			Listova: 1	
					List: 1/1	

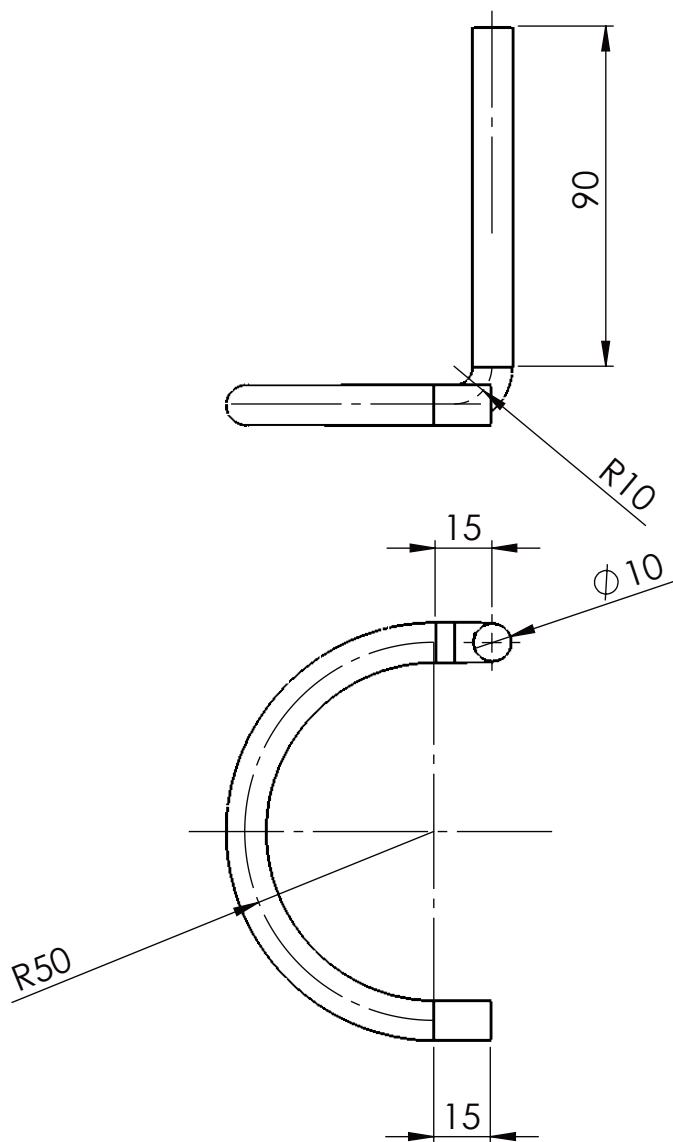
Design by CADLab






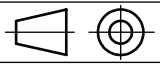
2	Nosiva traka	1	125-002-002	E335	240 X 16 X 5	137 g
1	Kuka	1	125-002-001	E335	∅10 X 255	155 g
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	
Projektirao		16.02.2025.	Luka Škvorc			
Razradio		16.02.2025.	Luka Škvorc			
Crtao		16.02.2025.	Luka Škvorc			
Pregledao						
ISO - tolerancije		Objekt: NOSAČ ZA BICIKLE			Objekt broj: 125-003-001	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Kopija	
		Materijal: E335		Masa: 292 g		
		Naziv: Spoj kuke (1)			Pozicija: Format: A3	
		Mjerilo originala			Listova: 1	
		M 1:2			List: 1/1	
		Crtež broj: 125-001-001				

Design by CADLab

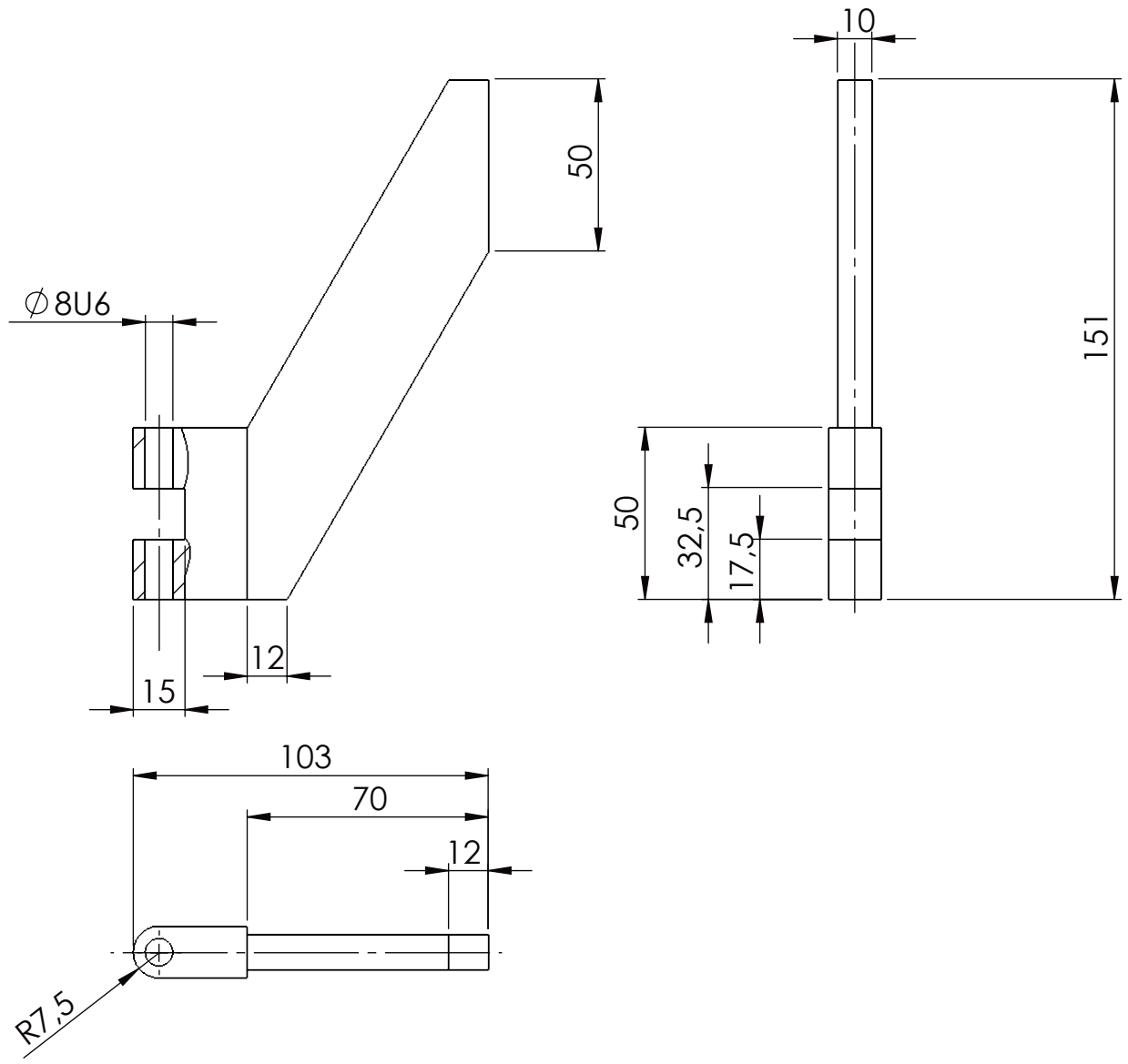


Napomena:

1. Sirove dimenzije prije savijanja: $\varnothing 10 \times 255$
2. Na kuku se naknadno pri montaži na nosač dodaje pjenasti omotač

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Razradio	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Crtao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Pregledao				
Objekt:		Spoj kuke (1)/ Spoj kuke (2)		Objekt broj: 125-001-001
				R. N. broj:
Napomena:				Kopija
Materijal: E335		Masa: 155 g		
 Mjerilo originala M 1:2	Naziv: Kuka		Pozicija: 1	
	Crtež broj: 125-002-001			Format: A4 Listova: 1 List: 1/1

$\sqrt{Ra6,3}$ ($\sqrt{Ra0,8}$)

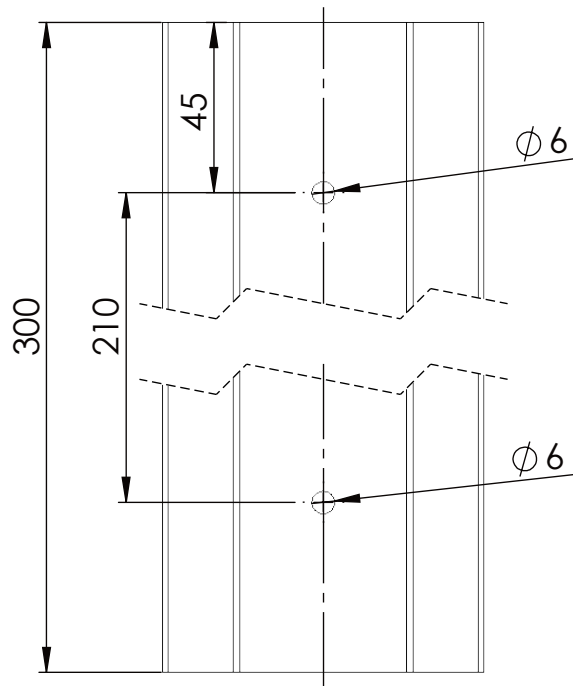
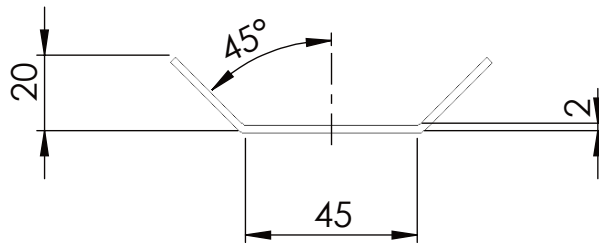


	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Razradio	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Crtao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Pregledao				

Objekt:	Nosač za bicikle	Objekt broj:	125-003-001
		R. N. broj:	


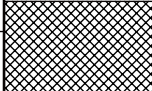
ISO - TOL		Napomena:		Kopija	
$\varnothing 8U6$	-0,015 -0,034	Materijal:	E335	Masa:	155 g
			Naziv:		Prihvatni element
		Mjerilo originala	Pozicija:		7
		M 1:2	Crtež broj:		125-002-003
					Format: A4
					Listova: 1
					List: 1/1

Design by CADLab



NAPOMENA:

1. Sve su rupe prolazne
2. Radijus savijanja $r=2,5\text{mm}$

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Razradio	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Crtao	16.02.2025.	Luka Škvorc		
Pregledao				
Objekt:		Objekt broj:		
Nosač za bicikle		125-003-001		
		R. N. broj:		
Napomena:				Kopija
Sirove dimenzije prije savijanja: 300x105x2				
Materijal:		Masa:		
Al 6063 T6		163 g		
 Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:	Format: A4
	Vodilica		6	Listova: 1
M 1:2	Crtež broj:			List: 1/1
	125-002-004			