

Protupoplavna barijera

Nujić, Bruno

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:235:079780>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Bruno Nujić

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

prof. dr. sc. Milan Kostelac, dipl. ing.

Student:

Bruno Nujić

Zagreb, 2017.

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

Zahvaljujem se poštovanom mentoru prof. dr. sc. Milanu Kostelcu na razumijevanju i podršci, te savjetima koji su me usmjerili prema završetku studija.

Bruno Nujić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Bruno Nujić**

Mat. br.: 0035170302

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Protupoplavna barijera**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Anti-flood barriers**

Opis zadatka:

Bujične poplave sve više ugrožavaju prizemne i podrumске dijelove stambenih i gospodarskih objekata pri čemu nastaju velike materijalne štete. Izgradnja montažnih prepreka kao i privremenih nasipa nije moguća ne samo zbog organizacije nadležnih službi već i velikih područja zahvata.

Brza zaštita izvodi se autonomnim sustavima koji su prigradeni stambenim jedinicama, a njihov način aktiviranja ne smije biti uvjetovan ljudskim djelovanjem. Potrebno je konstruirati barijeru kojom bi se štitio ulaz u garažni / podrumski dio stambenog objekta širine 2,2 m od prodora vode visine do 1 m, a koja bi se aktivirala uzgonom nadolazećeg vodenog vala.

U radu je potrebno:

1. analizirati postojeće sustave za zaštitu objekata od bujičnih poplava;
2. napraviti koncept barijere aktivirane uzgonom vode;
3. osnovom odabranog koncepta izvršiti kontrolni proračun nosive konstrukcije i svih elemenata barijere;
4. izraditi dokumentaciju:
 - sklopni crtež;
 - radioničke crteže svih nestandardnih dijelova u dogovoru s mentorom;
5. dati upute za ugradnju u šticeći objekt.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
17. studenog 2016.

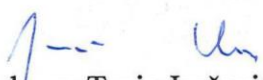
Rok predaje rada:
19. siječnja 2017.

Predviđeni datumi obrane:
25., 26. i 27. siječnja 2017.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:


Izv. prof. dr.sc. Milan Kostelac


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA..... | V |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE | VI |
| POPIS OZNAKA | VII |
| SAŽETAK..... | X |
| SUMMARY | XI |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. Analiza postojećih sustava za zaštitu objekata od bujičnih poplava | 3 |
| 2.1. Povratna zaklopka | 3 |
| 2.2. Pješačka vrata..... | 4 |
| 2.3. Rolo vrata | 4 |
| 2.4. Sekundarna vrata..... | 5 |
| 2.5. Pasivna automatska barijera | 5 |
| 3. Koncept barijere..... | 7 |
| 3.1. Koncept 1 – šuplja, translacijska barijera | 7 |
| 3.2. Koncept 2 – šuplja, rotacijska barijera | 8 |
| 3.3. Koncept 3 – rotacijska barijera sa spremnikom | 8 |
| 3.4. Odabir koncepta | 9 |
| 4. Dimenzioniranje | 11 |
| 4.1. Opis sustava | 11 |
| 4.2. Prelazak vozila preko barijere..... | 13 |
| 4.2.1. Savijanje primarne grede | 14 |
| 4.2.2. Savijanje sekundarne grede..... | 19 |
| 4.2.3. Savijanje zavara na spoju primarne i sekundarne grede | 22 |
| 4.2.4. Lim opterećen težinom vozila..... | 23 |
| 4.2.5. Oslonac konstrukcije..... | 26 |
| 4.2.6. Zavar oslonca konstrukcije | 29 |
| 4.3. Podizanje barijere..... | 32 |
| 4.3.1. Težina konstrukcije | 32 |
| 4.3.2. Težina spremnika i uzgon | 33 |
| 4.3.3. Sigurnost podizanja..... | 34 |
| 4.4. Podignuta barijera | 36 |
| 4.5. Usporedba rezultata metodom konačnih elemenata..... | 38 |
| 4.5.1. Primarna greda | 38 |
| 4.5.2. Sekundarna greda..... | 39 |
| 4.5.3. Lim..... | 40 |
| 5. Upute za ugradnju u štíćeni objekt | 42 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 47 |
| LITERATURA..... | 48 |

PRILOZI..... 50

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 1. | Poplava u Vukovaru [1] | 1 |
| Slika 2. | Montažna prepreka [2] | 2 |
| Slika 3. | Povratna zaklopka [3]..... | 3 |
| Slika 4. | Pješačka vrata [4] | 4 |
| Slika 5. | Rolo vrata [4]..... | 4 |
| Slika 6. | Sekundarna vrata [5] | 5 |
| Slika 7. | Pasivna automatska barijera [5] | 6 |
| Slika 8. | Koncept 1 – šuplja, translacijska barijera..... | 7 |
| Slika 9. | Koncept 2 – šuplja, rotacijska barijera | 8 |
| Slika 10. | Koncept 3 – rotacijska barijera sa spremnikom | 8 |
| Slika 11. | Shema konstrukcije | 12 |
| Slika 12. | Djelovanje spremnika na kotač | 12 |
| Slika 13. | Konstrukcija barijere | 13 |
| Slika 14. | Prelazak vozila preko barijere | 13 |
| Slika 15. | Raspodjela težine vozila..... | 14 |
| Slika 16. | Ravnoteža sila primarne grede | 15 |
| Slika 17. | Presjeci I, II i III primarne grede | 16 |
| Slika 18. | Dijagram sila i momenata primarne grede | 17 |
| Slika 19. | Poprečni presjek primarne grede | 18 |
| Slika 20. | Ravnoteža sila sekundarne grede | 19 |
| Slika 21. | Poprečni presjek sekundarne grede | 21 |
| Slika 22. | Presjek sekundarne grede u osloncu C | 22 |
| Slika 23. | Ravnoteža sila u limu | 25 |
| Slika 24. | Svornjak konstrukcije..... | 27 |
| Slika 25. | Ležaj s prirubnicom Iglidur H370 [12] | 27 |
| Slika 26. | Oslonac konstrukcije | 30 |
| Slika 27. | Presjek na mjestu zavara u osloncu konstrukcije | 30 |
| Slika 28. | Podizanje barijere | 32 |
| Slika 29. | Ravnoteža podizanja barijere | 33 |
| Slika 30. | Ravnoteža podizanja spremnika | 34 |
| Slika 31. | Podizanje barijere | 35 |
| Slika 32. | Dijagram podizanja barijere | 36 |
| Slika 33. | Kataloški podatci o brtvi [16]..... | 37 |
| Slika 34. | Podignuta barijera..... | 37 |
| Slika 35. | Primarna greda | 38 |
| Slika 36. | Analiza naprezanja primarne grede – mreža sa 106 grednih B22 elementa | 39 |
| Slika 37. | Sekundarna greda | 39 |
| Slika 38. | Analiza naprezanja sekundarne grede – mreža s 96 grednih B21 elemenata..... | 40 |
| Slika 39. | Lim | 40 |
| Slika 40. | Analiza naprezanja lima – mreža s 1424 pravokutna S4R elementa | 41 |
| Slika 41. | Sidreni vijak FH II-I [17] | 42 |
| Slika 42. | Princip ugradnje sidrenog vijka [17] | 42 |
| Slika 43. | Okvir za brtvu..... | 43 |
| Slika 44. | Detalj ugradnje brtve | 43 |
| Slika 45. | Pozicioniranje oslonca konstrukcije | 44 |

| | | |
|-----------|--------------------------------------|----|
| Slika 46. | Ugradnja konstrukcije barijere | 44 |
| Slika 47. | Ugradnja naslona | 45 |
| Slika 48. | Ugradnja spremnika | 46 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Vrednovanje koncepta | 9 |
| Tablica 2. Parametri barijere | 11 |
| Tablica 3. Dimenzije primarne grede | 15 |
| Tablica 4. Karakteristike materijala primarne grede | 18 |
| Tablica 5. Dimenzije sekundarne grede | 19 |
| Tablica 6. Karakteristike materijala sekundarne grede | 21 |
| Tablica 7. Karakteristike presjeka sekundarne grede u osloncu C..... | 22 |
| Tablica 8. Dodirna površina gume [9]..... | 24 |
| Tablica 9. Karakteristike lima | 25 |
| Tablica 10. Proračunski koeficijenti za savijanje lima [10] | 25 |
| Tablica 11. Karakteristike kliznog ležaja [12] | 27 |
| Tablica 12. Karakteristike svornjaka konstrukcije | 28 |
| Tablica 13. Karakteristike presjeka na mjestu zavora u osloncu konstrukcije | 30 |
| Tablica 14. Karakteristike spremnika..... | 34 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

| BROJ CRTEŽA | Naziv iz sastavnice |
|-------------|------------------------|
| 0001 | Cijev 60x30x2 |
| 0002 | Nosač primarne grede 1 |
| 0003 | Primarna greda 1 |
| 0004 | Nosač primarne grede 2 |
| 0005 | Primarna greda 2 |
| 0006 | Lim |
| 0007 | Lim – razvijeni plašt |
| 0008 | Konstrukcija |
| 0009 | Ruka |
| 0010 | Osovina ruke |
| 0011 | Kotač ruke |
| 0012 | Sklop ruke |
| 0013 | Osovina konstrukcije |
| 0014 | Naslون osovine |
| 0015 | Sklop osovine |
| 0016 | Sklop konstrukcije |
| 0017 | Temeljna ploča |
| 0018 | Nosiva ploča |
| 0019 | Oslonac konstrukcije |
| 0020 | Poklopac osovine |
| 0021 | Osovina spremnika |
| 0022 | Sidrena ploča |
| 0023 | Rebro |
| 0024 | Kotač spremnika |
| 0025 | Oslonac spremnika |
| 0026 | Protupoplavna barijera |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|----------------------------------|------------------------|---|
| $a/b, \beta_1, \beta_2, \alpha$ | - | Proračunski koeficijenti |
| A_k | mm^2 | Površina dodira gume i lima |
| A_o | N/mm^2 | Površina poprečnog presjeka svornjaka |
| A_Z | mm^2 | Površina poprečnog presjeka u osloncu C |
| a_z | mm | Visina zavara u osloncu C |
| A_z | N/mm^2 | Površina poprečnog presjeka zavara u osloncu A |
| a_{zo} | mm | Visina zavara u osloncu A |
| b | m | Širina ulaza u objekt |
| B | m | Širina profila |
| b_1 | m | Širina ležaja |
| d_1 | m | Unutarnji promjer ležaja |
| d_2 | m | Vanjski promjer ležaja |
| d_o | m | Promjer svornjaka |
| $e_1 - e_8$ | m | Udaljenosti krajnjih točaka od težišta presjeka |
| E_1 | N/mm^2 | Modul elastičnosti ležaja |
| F_1 | N | Minimalna sila potrebna za podizanje konstrukcije |
| F_2 | N | Najveća sila podizanja koju spremnik može ostvariti |
| F_{Ax} | N | Horizontalna reakcija u osloncu A |
| F_{Az} | N | Vertikalna reakcija u osloncu A |
| F_{Bz} | N | Vertikalna reakcija u osloncu B |
| F_{Cz} | N | Vertikalna reakcija u osloncu C |
| F_{Dz} | N | Vertikalna reakcija u osloncu D |
| G_b | N | Težina konstrukcije svedena na jednu gredu |
| G_k | N | Opterećenje ispod prednjeg kotača vozila |
| G_o | N | Sila opterećenja oslonca |
| G_s | N | Težina spremnika |
| G_v | N | Najveća dopuštena težina vozila |
| H | m | Visina profila |
| h | m | Visina najviše točke podignute konstrukcije od tla |
| h_v | m | Visina vode koju brana može zaustaviti |
| $I_{yP}, I_{yS}, I_{xz}, I_{yo}$ | mm^4 | Moment tromosti presjeka |

| | | |
|---|-------------------|--|
| m_b | kg | Masa konstrukcije |
| M_C | Nm | Moment u osloncu C |
| M_D | Nm | Moment u osloncu D |
| $M_I - M_{VI}$ | Nm | Moment u presjecima I – VI |
| M_o | Nm | Moment savijanja zavara u osloncu A |
| M_{Pmax} | Nm | Najveći moment savijanja u primarnoj gredi |
| m_s | kg | Masa spremnika |
| M_{Smax} | Nm | Najveći moment savijanja u sekundarnoj gredi |
| p_h | m | Hidrostatski tlak |
| p_k | N/mm ² | Površinski pritisak između gume i lima |
| p_u | N/mm ² | Površinski tlak na mjestu prihvata osovine |
| p_v | N/mm ² | Površinski tlak na ležaju |
| r_b | m | Udaljenost između oslonca A i težišta konstrukcije |
| r_b | m | Udaljenost težišta konstrukcije od oslonca A |
| $R_{eP}, R_{eS}, R_{eZ}, R_{eL}, R_{el}, R_{eo}, R_{ezO}$ | N/mm ² | Granica plastičnosti |
| r_{F1} | m | Udaljenost djelovanja sile F_1 od oslonca A |
| r_{F2} | m | Udaljenost djelovanja sile F_2 od oslonca F |
| r_k | mm | Polumjer kružnice koja opisuje površinu A_k |
| r_{kP} | m | Udaljenost kotača od oslonca A |
| r_{kS} | m | Udaljenost od oslonaca C do sredine sekundarne grede |
| r_{kS} | m | Udaljenost od oslonaca C do trećine udaljenosti r_{oS} |
| $R_{mP}, R_{mS}, R_{mL}, R_{ml}, R_{mo}, R_{mO}$ | N/mm ² | Zatezna čvrstoća |
| R_{oF} | N/mm ² | Dopušteno naprezanje na savijanje osovine |
| r_{oP} | m | Udaljenost između oslonca A i B |
| r_{oS} | m | Udaljenost između oslonaca C i D |
| R_{oS} | N/mm ² | Dopušteno smično naprezanje osovine |
| R_p | N/mm ² | Najveće preporučeno površinsko naprezanje ležaja |
| r_s | m | Udaljenost djelovanja težine spremnika od oslonca F |
| r_U | m | Udaljenost djelovanja sile uzgona od oslonca F |
| S_L | - | Sigurnost lima |
| S_{min} | - | Minimalna sigurnost podizanja |
| S_{oF} | - | Sigurnost od savojnog naprezanja svornjaka |
| S_{oS} | - | Sigurnost od smičnog naprezanja svornjaka |

| | | |
|------------------|-------------------|--|
| S_P | - | Sigurnost primarne grede |
| S_P | - | Sigurnost na površinski pritisak ležaja |
| S_{pod} | - | Sigurnost podizanja |
| S_S | - | Sigurnost sekundarne grede |
| S_Z | - | Sigurnost zavara u osloncu C |
| S_{zo} | - | Sigurnost zavara u osloncu A |
| T | m | Debljina stjenke |
| t | m | Debljina lima |
| t_1 | °C | Dozvoljena dugoročna radna temperatura ležaja |
| u | m | Širina naslona |
| U | N | Sila uzgona spremnika |
| U_{pot} | N | Potrebna sila uzgona |
| V_s | m ³ | Volumen spremnika |
| V_U | m ³ | Volumen uronjenog dijela spremnika |
| $x_I - x_{VI}$ | m | Koordinate I – VI |
| α_b | ° | Otklon konstrukcije od horizontale površine |
| α_s | ° | Otklon spremnika od horizontale površine |
| μ_1 | - | Koeficijent trenja ležaja |
| ρ_l | kg/m ³ | Gustoća materijala ležaja |
| ρ_v | kg/m ³ | Gustoća vode |
| σ_{la} | N/mm ² | Naprezanje lima na sredini duže strane oslonca |
| σ_{lmax} | N/mm ² | Najveće naprezanje u limu |
| σ_{lS} | N/mm ² | Naprezanje na sredini lima |
| σ_o | N/mm ² | Svojno naprezanje svornjaka |
| σ_P | N/mm ² | Naprezanje primarne grede |
| σ_{Pmax} | N/mm ² | Najveće naprezanje primarne grede |
| σ_S | N/mm ² | Naprezanje sekundarne grede |
| σ_{Smax} | N/mm ² | Najveće naprezanje sekundarne grede |
| σ_z | N/mm ² | Naprezanje zavara u osloncu C |
| σ_{zo} | N/mm ² | Svojno naprezanje zavara u osloncu A |
| σ_{zomax} | N/mm ² | Najveće svojno naprezanje zavara u osloncu A |
| σ_{zsmax} | N/mm ² | Najveće naprezanje zavara u osloncu C |
| τ_o | N/mm ² | Naprezanje svornjaka na odrez |
| τ_z | N/mm ² | Smično naprezanje zavara u osloncu C |

SAŽETAK

S obzirom na nastalu štetu uslijed učestalih obilnih padalina, raste potreba za razvojem sustava za obranu od poplava. Tema ovog rada jest analiza postojećih sustava za zaštitu stambenih i gospodarskih objekata te izrada koncepta autonomnog sustava aktiviranog uzgonom vode. Konstrukcija je predviđena za ugradnju na ulazu u garažu, a u ovom dokumentu mogu se vidjeti i upute za ugradnju. Prikazan je proračun bitnih elemenata konstrukcije za slučaj kada vozilo prelazi preko barijere prilikom ulaska ili izlaska iz garaže. Također je opisan i postupak otvaranja barijere prilikom širenja nadolazeće poplave. Izrađen je 3D model i tehnička dokumentacija za protupoplavnu barijeru.

Ključne riječi: zaštita od poplava, autonomni sustav, protupoplavna barijera

SUMMARY

Due to damage caused by frequent heavy rainfall, the need for developing of a system for flood protection was created. The focus of this paper is an analysis of existing protection systems for residential and commercial facilities, and development of the concept of autonomous system activated by buoyancy force. Construction is designed for installation at an entrance of the garage, and the installation instruction can be found in this document. Calculation of the important elements of structure is shown for situations in which vehicle is crossing over the barrier while entering or exiting the garage. Also, the process of opening the barrier during the flood spreading is described. The 3D model and technical documentation were created for anti-flood barrier.

Key words: flood protection, autonomous system, anti-flood barrier

1. UVOD

Poplava je prirodna pojava vode u neuobičajeno velikoj količini na određenom području, a najčešće je posljedica jakih oborina. Uzrokuje porast razine vode što može izazvati stvaranje velike materijalne ili ekološke štete. Na žalost, poplave su ponekad izuzetno opasne te mogu dovesti u pitanje ljudske živote. Zbog prostranih brdsko-planinskih područja s visokim kišnim intenzitetima, prostranih dolina nizinskih vodotoka, vrijednih dobara na potencijalno ugroženim površinama te dijelom zbog nedovoljno izgrađenih zaštitnih sustava, Hrvatska je prilično podložna poplavama [Slika 1].



Dunav, Vukovar, lipanj 2010.

Slika 1. Poplava u Vukovaru [1]

Poplavu nije moguće u potpunosti spriječiti, ali stalnim razvojem sustava za obranu umanjuje se nastala šteta [1].

Osim sustava za zaštitu gradova i velikih površina (poput izgradnje nasipa ili podizanja zidova), postoje sustavi dostupni na tržištu namijenjeni za zaštitu manjih područja. Takvi sustavi primjenjivi su za stambene i gospodarske objekte. Nekoliko vrsta sustava za zaštitu od poplava prikazano je u poglavlju 2.

Postoje montažne prepreke [Slika 2] koje mogu zaštititi čak i gradske površine, ali iziskuju organizirani tim ljudi za postavljanje prije nadolazeće poplave. Često nije moguće na vrijeme predvidjeti poplavu, a ni organizirati postavljanje privremene barijere. Za takve slučajeve potrebno je ugraditi brzi sustav koji se jednostavno aktivira prilikom poplave, a prije svega ostavlja mogućnost prometa u razdoblju kada nema poplave. S obzirom na to da su bujične poplave često popraćene prekidom opskrbe električne energije i zbog privremene odsutnosti ljudi, vrlo su interesantni autonomni sustavi koji se aktiviraju uzgonom nadolazećeg vala.



Slika 2. Montažna prepreka [2]

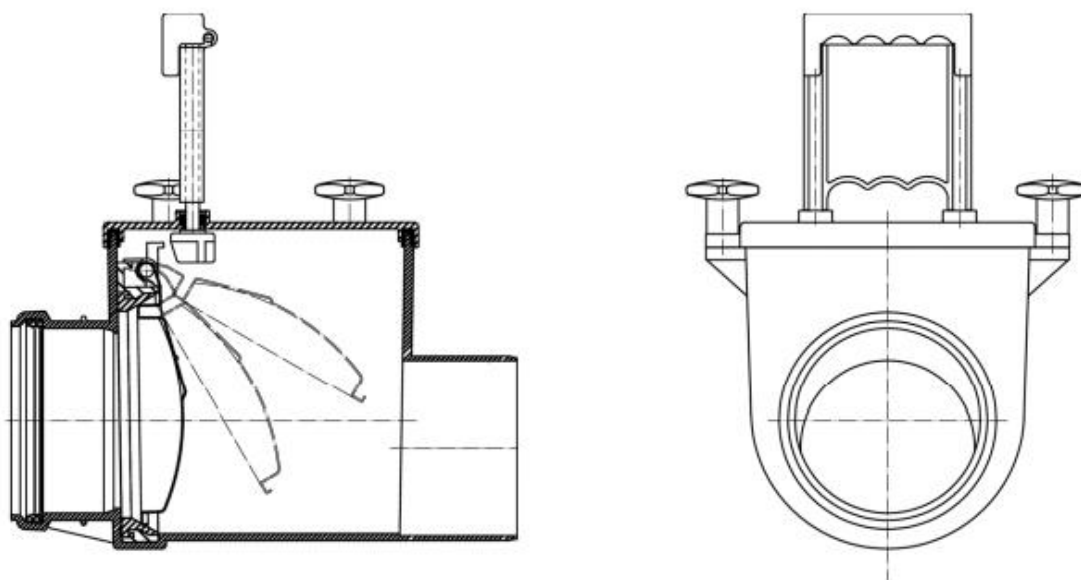
U trećem poglavlju bit će analizirana tri koncepta te će biti odabran koncept autonomnog sustava. Na temelju odabranog koncepta bit će konstruirano rješenje i izrađena tehnička dokumentacija. Izvršen je proračun svih bitnih dijelova nosive konstrukcije te je provjerena sigurnost rada ovog sustava. Na kraju rada dane su upute za ugradnju protupoplavne barijere na ulazu u garažu stambenog objekta.

2. ANALIZA POSTOJEĆIH SUSTAVA ZA ZAŠTITU OBJEKATA OD BUJIČNIH POPLAVA

U ovom poglavlju bit će predstavljeni sustavi za zaštitu od poplava koji su trenutno dostupni na tržištu. Bit će razjašnjen princip rada pojedinog sustava kako bi se predočila primjenjivost pojedinog rješenja.

2.1. Povratna zaklopka

Nastanak vodenog vala uzrokuje porast razine vode u okolišu te uslijed djelovanja gravitacije ispunjava vodom sve kanale odvodnog sustava čija je visinska razina nadmašena. Kako bi se objekt zaštitio od nadolazeće vode, nužno je ugraditi povratnu zaklopku na glavni odvodni kanal. Primjer ovakve zaklopke vidljiv je na sljedećoj slici.



Slika 3. Povratna zaklopka [3]

Nepovratni ventili konstruirani su na takav način da dozvoljavaju strujanje fluida u jednom smjeru, a automatski sprječavaju suprotan smjer strujanja. Povratne zaklopke sastavni su dio gotovo svakog sustava za zaštitu objekta od poplave. Mogu biti ugrađene vertikalno ili horizontalno, a mora postojati pristup zbog održavanja. Kod nekih zaklopki moguće je ručno zatvaranje odvoda.

2.2. Pješačka vrata

Najjednostavnija metoda zatvaranja otvora u objektu jest ugradnja pješačkih vodonepropusnih vrata [Slika 4]. Najčešće su ovakva vrata ujedno i protuprovalna zaštita te zaštita od vatre.



Slika 4. Pješačka vrata [4]

Za zatvaranje malih prolaza ovakva rješenja vrlo su pouzdana i najčešće nije potrebno održavanje. Danas je u ponudi vrlo velik izbor dekora tako da nije uvijek moguće prepoznati ovakav proizvod. Zaštitna pješačka vrata relativno su malih dimenzija, pa su zbog toga i cjenovno prihvatljiva. Moguća je izvedba s dodatnim otvaranjem iznad predviđene razine vode radi sigurnog napuštanja objekta.

2.3. Rolo vrata

Tvrtka UK Flood Barriers razvila je multifunkcionalni sustav za zaštitu od poplava [Slika 5].

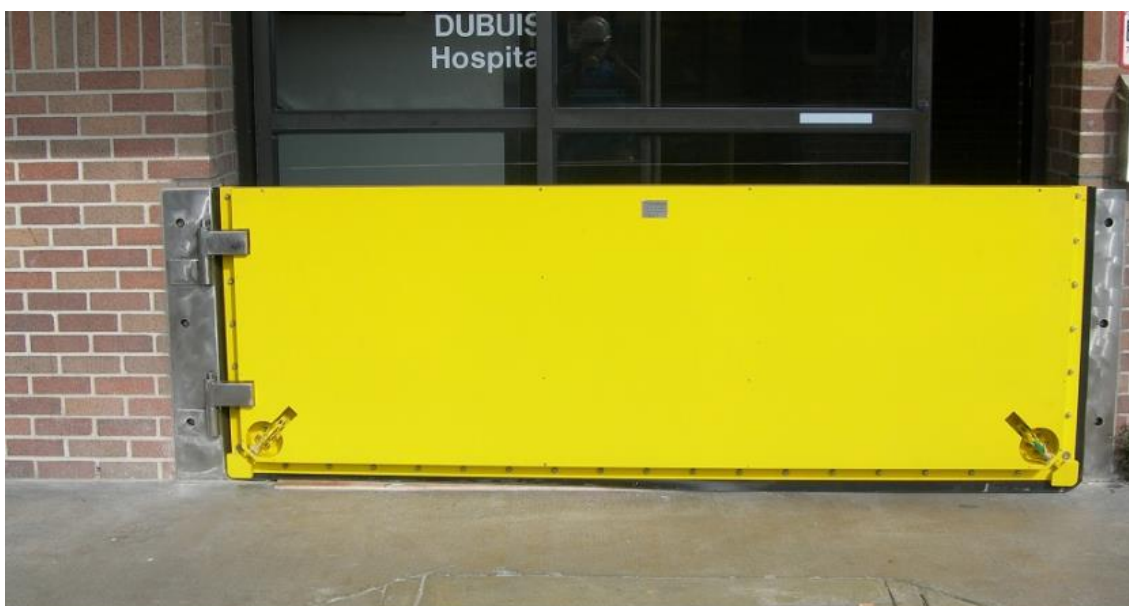


Slika 5. Rolo vrata [4]

Ovo rješenje štiti prostor od poplava, a ujedno služi kao protuprovalna zaštita. Ova vrata opremljena su sensorima koji prepoznaju vodu, pa automatsko upravljanje omogućuje 24-satnu zaštitu bez prisutnosti čovjeka. Ulaz je zaštićen alarmnim sustavom, a vratima je moguće upravljati na daljinu.

2.4. Sekundarna vrata

Ponekad je potrebno zaštititi ulaze na kojima su vrata u stalnoj upotrebi ili imaju specijalnu namjenu. Tada se mogu ugraditi sekundarna vrata [Slika 6] koja većinu vremena ostaju otvorena.



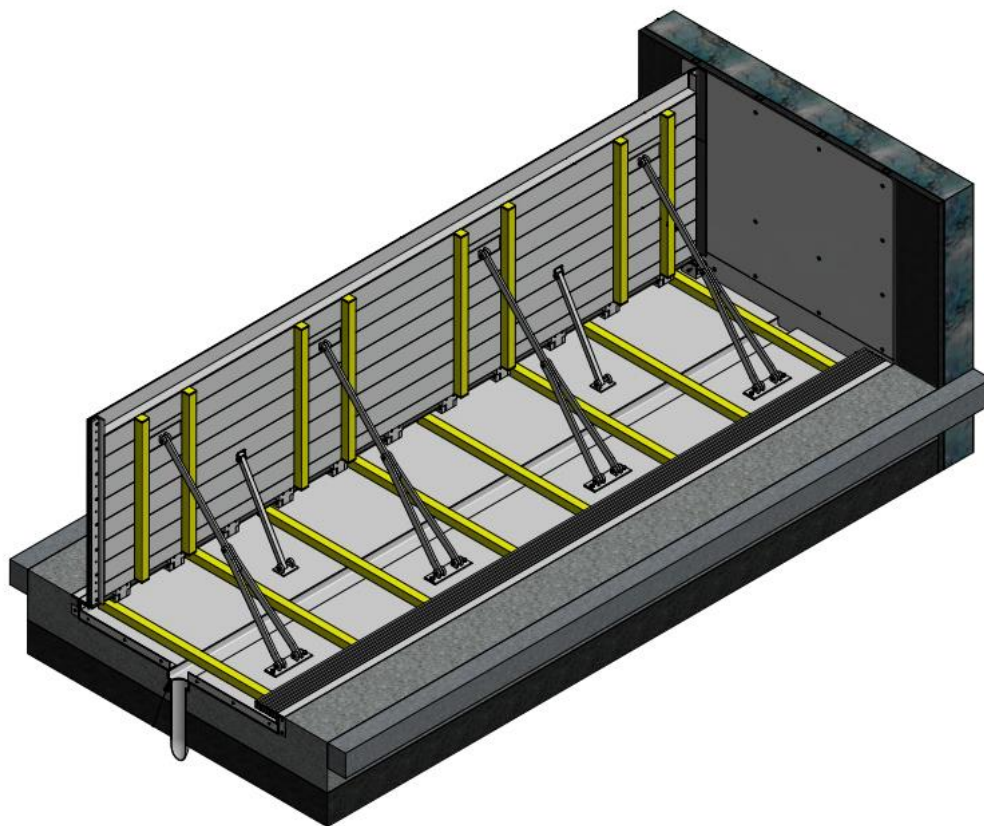
Slika 6. Sekundarna vrata [5]

Prije poplave nužno je zatvoriti sekundarna vrata, za što je potrebna samo jedna osoba. Nakon što se vrata zatvore, onemogućen je ulaz / izlaz iz objekta, ali će biti spriječene bujične poplave do određene visine. Nakon poplave vrata se ponovno otvaraju, a u nekim slučajevima moguće ih je i potpuno ukloniti.

2.5. Pasivna automatska barijera

Za vrijeme poplava nerijetko objekti ostaju bez električne energije. Pasivna automatska barijera [Slika 7] mijenja način dimenzioniranja sustava protiv poplava. Ovaj autonomni sustav omogućava zaštitu prostora 24 sata na dan bez potrebe za ljudskom intervencijom ili električnom energijom. Ova rješenja trajno se ugrađuju na ulazima u prizemne ili podrumске prostore. Barijera se nalazi ispod ulaza te je u svakom trenutku spremna za podizanje. Pojava

poplave stvara uzgon koji podiže barijeru. Barijera u uspravnom položaju štiti prostor do određene visine.



Slika 7. Pasivna automatska barijera [5]

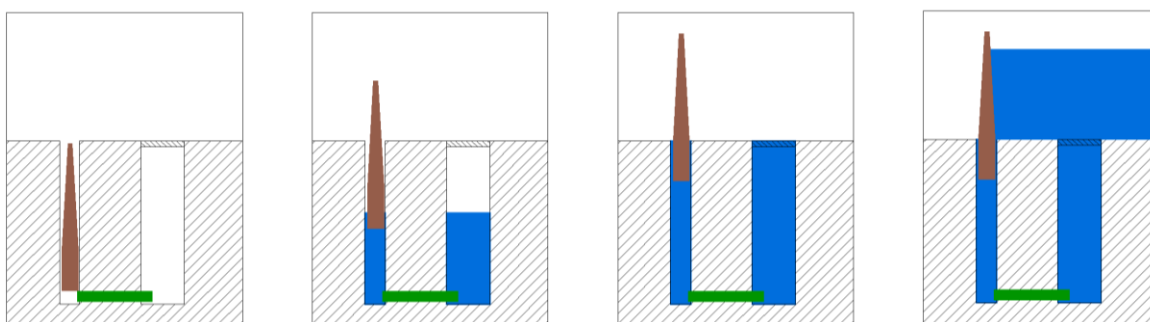
Nakon povlačenja vodenog vala barijera se spušta u prvobitni položaj te je omogućen promet kroz ulaz.

3. KONCEPT BARIJERE

Najzanimljiviji, ali i najkompleksniji, sustavi za obranu od poplava aktiviraju se bez ljudskog djelovanja i bez opskrbe električne energije. U daljnjem tekstu bit će opisana tri različita koncepta autonomno protupoplavnog sustava za zaštitu podrumskog / garažnog prostora. Na temelju prikazanih prednosti i mana bit će odabrano optimalno rješenje, za koje je izvedeno dimenzioniranje u sljedećem poglavlju.

3.1. Koncept 1 – šuplja, translacijska barijera

Lagana, šuplja pregrada cijela je smještena ispod razine poda u jamu, a ima slobodu gibanja u vertikalnom smjeru. Jamu ispunjava voda zbog čega uzgon podiže barijeru na određenu visinu. Nastavkom rasta razine vode pregrada je opterećena hidrostatskim tlakom i na taj način vrši pritisak na brtve te sprječava prodiranje vode u štice prostor.



Slika 8. Koncept 1 – šuplja, translacijska barijera

Prednosti šuplje, translacijske barijere:

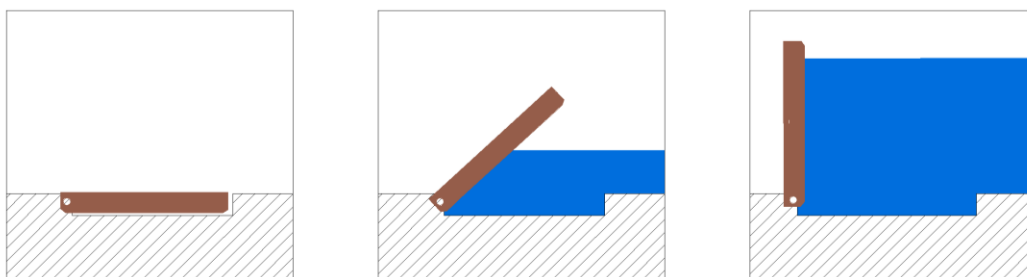
- jednostavna izvedba
- zauzima malu površinu
- barijera je u podignutom položaju prije nego što voda dosegne razinu tla
- konstrukcija nije opterećena ulaskom / izlaskom vozila.

Mane šuplje, translacijske barijere:

- opasnost od zaglavljivanja zbog zatrpavanja
- potrebni prostor seže vrlo duboko ispod razine tla
- kompleksna izvedba građevinskih radova.

3.2. Koncept 2 – šuplja, rotacijska barijera

Šuplja konstrukcija, zglobno oslonjena na jednom kraju, miruje u horizontalnom položaju dok se odvija promet preko nje. Podiže se porastom razine vode uslijed uzgona sve dok ne dostigne vertikalni položaj. Brtve smještene na bočnim stranama konstrukcije za vrijeme podizanja kliču po bočnim zidovima i tako sprječavaju poplavu od prodiranja u prostor.



Slika 9. Koncept 2 – šuplja, rotacijska barijera

Prednosti šuplje, rotacijske barijere:

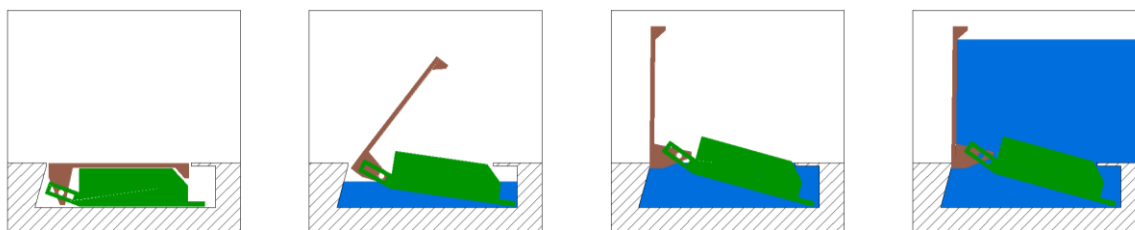
- jednostavna ugradnja
- nije potreban prostor duboko ispod razine tla.

Mane šuplje, rotacijske barijere:

- nužni bočni zidovi s glatkim površinama
- gibanje barijere i klizanje brtvi za vrijeme poplave
- nužna je izrazito lagana konstrukcija, što iziskuje vrlo skupe materijale.

3.3. Koncept 3 – rotacijska barijera sa spremnikom

Za vrijeme prelaska vozila konstrukcija je zglobno vezana za čvrstu podlogu, a oslonjena na za to predviđene naslone. Spremnik je smješten ispod razine tla, a podiže se uslijed uzgona nadolazećim valom. Preko klizne staze spremnik dovodi konstrukciju u uspravan položaj, a da voda ne ispuni jamu do kraja.



Slika 10. Koncept 3 – rotacijska barijera sa spremnikom

Prednosti rotacijske barijere sa spremnikom:

- prihvatljiva potrebna dubina jame
- barijera je u podignutom položaju prije nego što voda dosegne razinu tla
- nisu potrebni bočni zidovi
- izvedba od jeftinih materijala
- dodatna sigurnost zbog djelovanja spremnika.

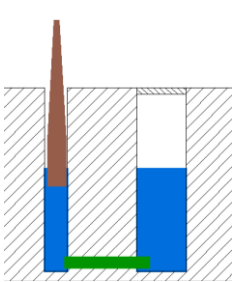
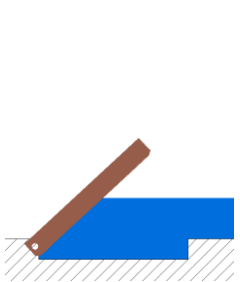
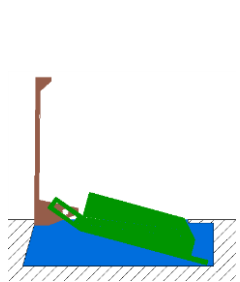
Mane rotacijske barijere sa spremnikom:

- kompleksna izvedba mehanizma
- otežana ugradnja.

3.4. Odabir koncepta

U nastavku [Tablica 1] vrednovani su koncepti na temelju čega će biti izvršen odabir rješenja.

Tablica 1. Vrednovanje koncepta

| |  |  |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| Karakteristika | Koncept 1 | Koncept 2 | Koncept 3 |
| Potrebna površina | + | | |
| Potrebna dubina | | + | |
| Jednostavnost pripremnih radova | | | + |
| Jednostavnost ugradnje | | + | |
| Sigurnost brtvljenja | | | + |
| Opterećenje vozilom | + | | |
| Primjenjivost | | | + |
| Ukupna ocjena koncepta | ++ | ++ | +++ |

Na dnu tablice vidljive su ukupne ocjene pojedinih sustava. Odabrani koncept jest rotacijska barijera sa spremnikom, a ponajviše zbog prilagodljivosti u različitim uvjetima te zbog povećane sigurnosti zaštite prostora. Najveća je mana prvog koncepta mogućnost zatrpavanja, dok su za drugi koncept potrebni bočni zidovi po kojima brtve klize za vrijeme podizanja barijere. U nastavku rada može se vidjeti dimenzioniranje na temelju odabranog koncepta (Koncept 3).

4. DIMENZIONIRANJE

Dimenzioniranje će biti provedeno za nekoliko slučajeva opterećenja konstrukcije. Nužno je da za vrijeme mirovanja sustava (između dvije poplave) konstrukcija može podnijeti opterećenje prelaska osobnog vozila, što zapravo uzrokuje najveća naprezanja. Također će biti provjerena sigurnost kod podizanja barijere uzgonom, a raspodjela hidrostatskog tlaka bit će demonstrirana skicom. Bitno je uzeti u obzir sve zadane parametre koji su prikazani u tablici [Tablica 2].

Tablica 2. Parametri barijere

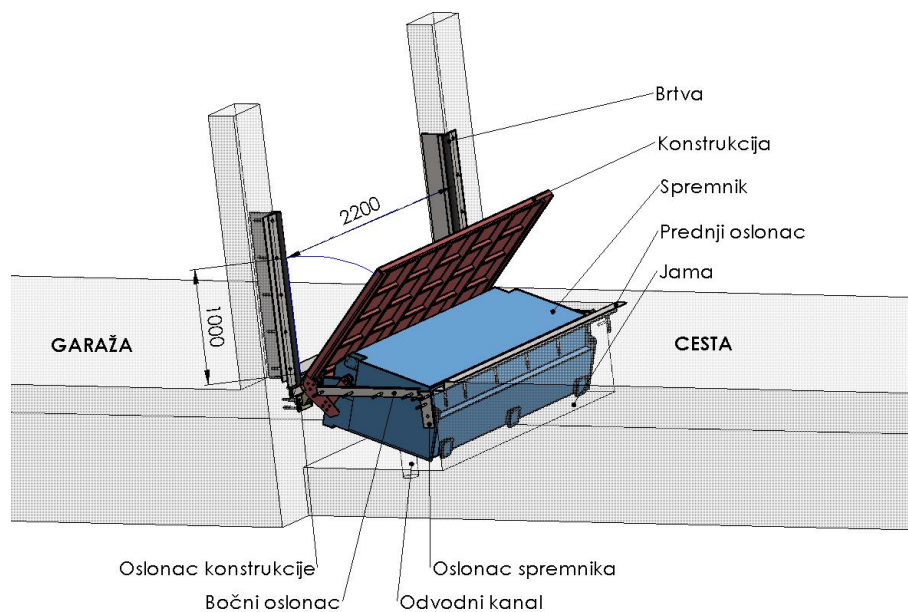
| | |
|--|-----------------------|
| Visina vode koju brana može zaustaviti | $h_v = 1 \text{ m}$ |
| Širina ulaza u objekt | $b = 2,2 \text{ m}$ |
| Najveća dopuštena težina vozila | $G_v = 20 \text{ kN}$ |
| Materijal konstrukcije | Pocinčani čelik S355 |

Dimenzioniranje će biti izvedeno analitički, a rezultati važnijih elemenata bit će uspoređeni s rezultatima iz programskog paketa Abaqus. Analitički izračun izveden je u programskom paketu Matlab, a neke vrijednosti (poput mase i položaja težišta) dobivene su iz CAD sustava Solidworks.

Proračun rešetkaste konstrukcije barijere bit će obrađen tako da će biti provjerena sigurnost svakog segmenta u najnepovoljnijem slučaju. Doticanje nehrđajućeg čelika i pocinčanog konstrukcijskog čelika uzrokuje pojavu korozije. Da bi se smanjila penetracija korozije, bitno je držati se preporuke [6] i odabrati čim manji omjer površina nehrđajućeg i konstrukcijskog čelika.

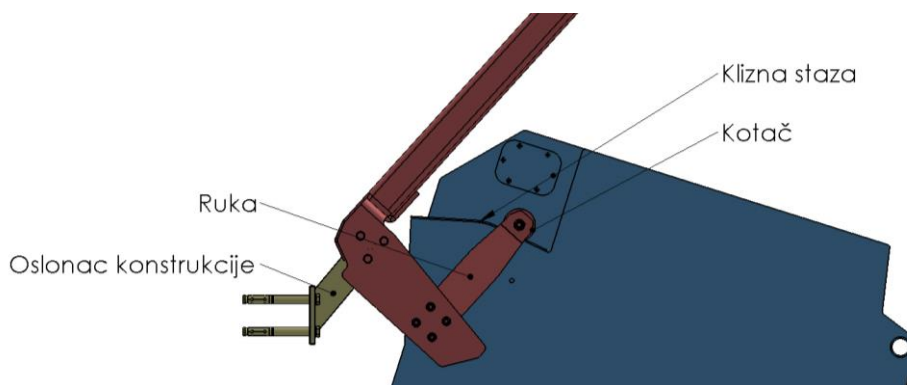
4.1. Opis sustava

Konstrukcija barijere i pripadajući elementi sustava [Slika 11] čine mehanizam koji prilikom porasta razine vode, a uslijed uzgona spremnika, automatski podiže konstrukciju. Sustav može spriječiti prodor vode do visine od 1 m. Kod povlačenja poplave barijera i spremnik spuštaju se u prvobitni položaj, a tada je omogućen promet vozila kroz štice prolaz.



Slika 11. Shema konstrukcije

Ispod razine gotovog poda nalazi se čelični spremnik sa zrakom koji je zgloбно oslonjen na bočne zidove u jami. Konstrukcija je učvršćena preko 6 kliznih ležajeva na oslonce usidrene u betonsku jamu. Prilikom nadolazeće poplave spremnik se diže te kliznim stazama vrši silu na ruke konstrukcije preko kotača na kliznom ležaju [Slika 12].

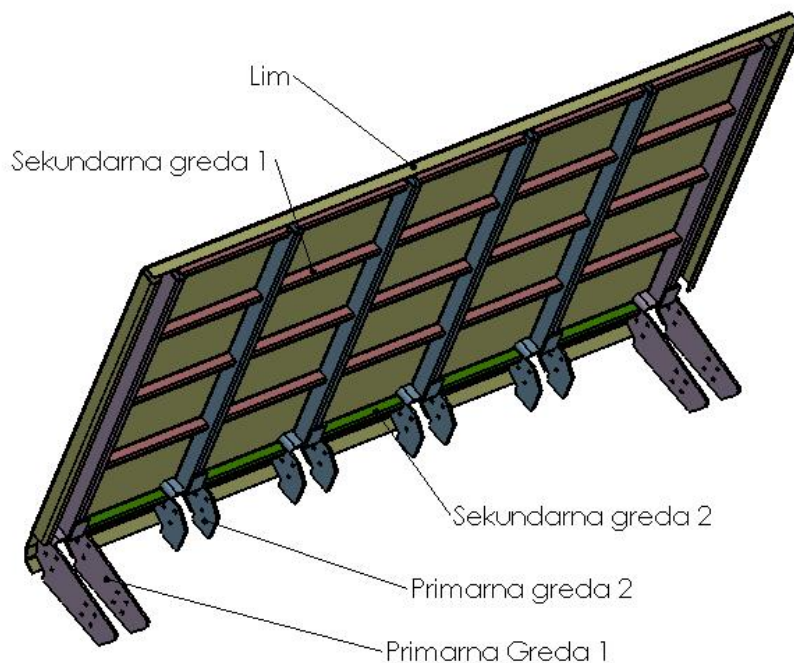


Slika 12. Djelovanje spremnika na kotač

Konstrukcija se podiže sve dok se ne nasloni na brtve koje su učvršćene na građevinu. Na taj način sprječava se prolazak vode u štíćeni prostor. Za vrijeme mirovanja sustava omogućen je promet vozila preko barijere.

Konstrukcija je izrađena od čeličnih šupljih profila zavarenih u rešetku i obloženih čeličnim limom. Odabrana je kvaliteta čelika S355 te antikorozivna zaštita vrućim pocinčavanjem radi

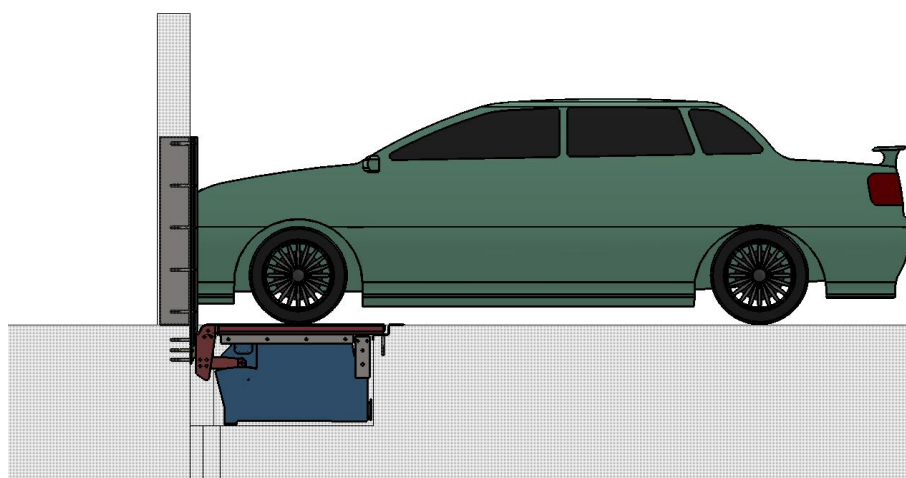
trajnosti. Primarna konstrukcija izvedena je kao šest paralelnih greda uležištenih kliznim ležajem na temeljne nosače. Drugi kraj konstrukcije slobodno se oslanja na horizontalnu površinu (prednji oslonac). Sekundarne grede poprečno su zavarene između primarnih greda [Slika 11].



Slika 13. Konstrukcija barijere

4.2. Prelazak vozila preko barijere

Najveći dio životnog vijeka barijera provodi u spuštrenom položaju. Za to vrijeme vozila prelaze preko konstrukcije gdje se javljaju maksimalna opterećenja.

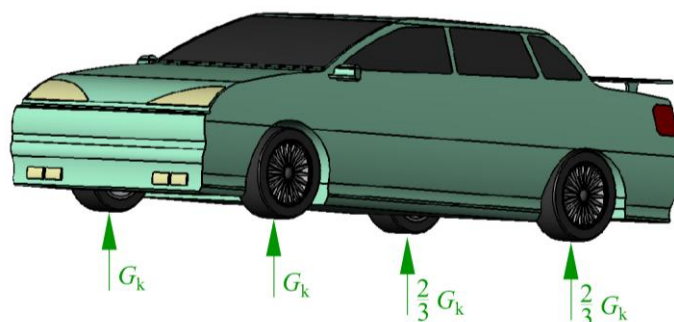


Slika 14. Prelazak vozila preko barijere

Uzeta je u obzir dopuštena težina osobnog vozila koja je raspoređena na četiri kotača. Pretpostavljeno je da prednji kotači preuzimaju 60 % od ukupne težine vozila, što znači da je najveće opterećenje ispod prednjeg kotača:

$$G_k = \frac{G_v \cdot 0,6}{2} = \frac{20000 \cdot 0,6}{2} = 6000 \text{ N} \quad (1)$$

Raspodjela opterećenja na kotače vozila može se vidjeti na sljedećoj slici [Slika 15].



Slika 15. Raspodjela težine vozila

Bit će izveden proračun elemenata konstrukcije za nekoliko mogućih položaja prednjeg kotača vozila:

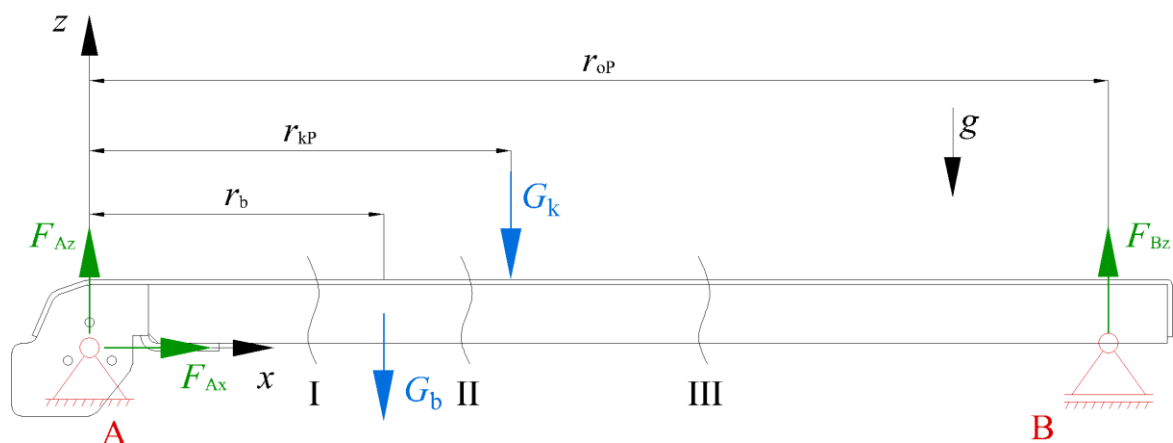
- Savijanje primarne grede – prednji kotač vozila na sredini primarne grede
- Savijanje sekundarne grede – prednji kotač vozila na sredini sekundarne grede
- Savijanje zavara na spoju primarne i sekundarne grede – prednji kotač vozila na sredini sekundarne grede
- Savijanje zavarenog lima – prednji kotač na sredini lima
- Oslonac konstrukcije – prednji kotač iznad oslonca.

4.2.1. Savijanje primarne grede

Savijanje primarne grede bit će proračunato kao zasebni element na koji djeluje opterećenje kotača i težina konstrukcije. S obzirom na to da je težina konstrukcije raspoređena na šest greda, može se pretpostaviti da svaka greda preuzima jednako opterećenje. Težina svedena na jednu gredu iznosi:

$$G_b = \frac{m_b \cdot g}{6} = \frac{177 \cdot 9,81}{6} = 289 \text{ N} \quad (2)$$

Slika 16 prikazuje sile koje opterećuju konstrukciju i reakcije u osloncima. Težina barijere i vozila pojednostavljene su kao koncentrirane sile.



Slika 16. Ravnoteža sila primarne grede

Ulazni podatci izmjereni unutar CAD sustava prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Dimenzije primarne grede

| | |
|--|--------------------|
| Udaljenost između oslonaca A i B | $r_{oP} = 1,056$ m |
| Udaljenost između oslonca A i težišta konstrukcije | $r_b = 0,451$ m |
| Masa konstrukcije | $m_b = 177$ kg |

Može se zaključiti da će se najveća naprezanja pojaviti kada težina vozila djeluje na sredini grede, između oslonaca A i B. Na osnovu toga udaljenost kotača od oslonca A iznosi:

$$r_{kp} = \frac{r_{oP}}{2} = \frac{1,056}{2} = 0,528 \text{ m} \quad (3)$$

Slijede jednadžbe za određivanje reakcija u osloncima. Iz ravnoteže sila u smjeru x osi odmah se vidi da je horizontalna reakcija u osloncu A jednaka nuli.

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_{Ax} = 0 \quad (4)$$

$$\Sigma F_z = 0 \rightarrow F_{Az} + F_{Bz} = G_b + G_k \quad (5)$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow F_{Bz} \cdot r_{oP} = G_b \cdot r_b + G_k \cdot r_{kp} \quad (6)$$

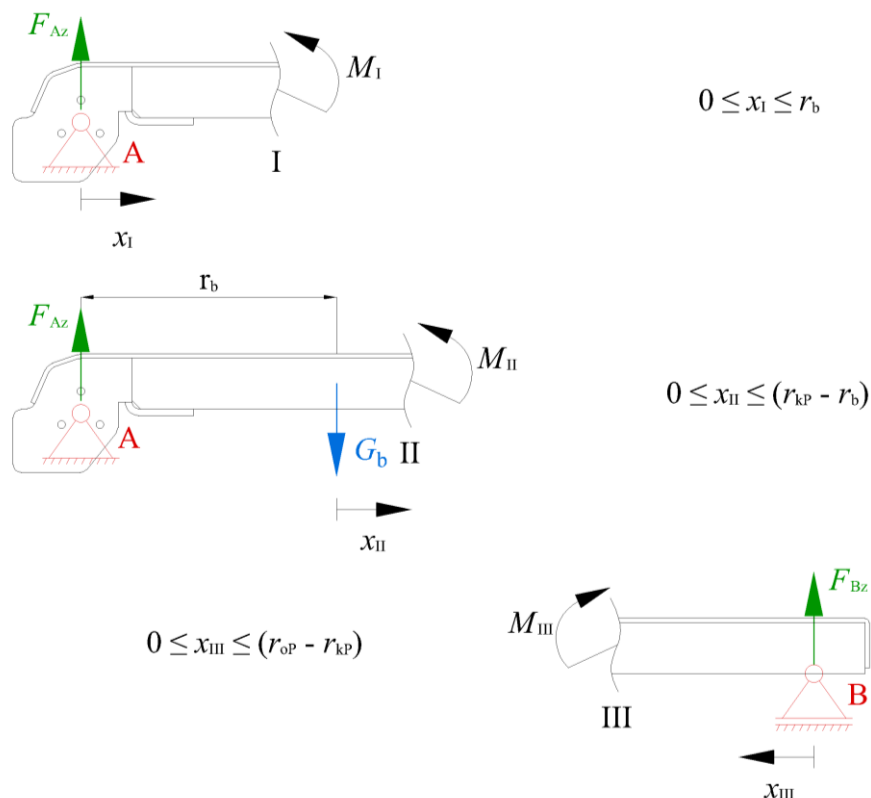
Iz jednadžbe (6) može se direktno očitati reakcija u osloncu B

$$F_{Bz} = \frac{G_b \cdot r_b + G_k \cdot r_{kp}}{r_{oP}} = \frac{289 \cdot 0,451 + 6000 \cdot 0,528}{1,056} = 3124 \text{ N} \quad (7)$$

Uvrštavanjem jednadžbe (7) u (5) izračunava se vertikalna reakcija u osloncu A.

$$F_{Az} = G_b + G_k - F_{Bz} = 289 + 6000 - 3108 = 3166 \text{ N} \quad (8)$$

Momenti savijanja mogu se odrediti u presjecima na odgovarajućim mjestima kako bi se dobila kompletna slika savijanja grede. Slika 17 prikazuje ravnotežnu sila i granične uvjete za koordinate iz jednadžbi (9), (10) i (11).



Slika 17. Presjeci I, II i III primarne grede

$$M_I = F_{Az} \cdot x_I \leftarrow \text{pravac}$$

$$\text{za } x_I = 0 \rightarrow M_I = 3166 \cdot 0 = 0 \quad (9)$$

$$\text{za } x_I = r_b \rightarrow M_I = 3166 \cdot 0,451 = 1428 \text{ Nm}$$

$$M_{II} = F_{Az} \cdot (r_b + x_{II}) - G_b \cdot x_{II} \leftarrow \text{pravac}$$

$$\text{za } x_{II} = 0 \rightarrow M_{II} = 3166 \cdot (0,451 + 0) - 289 \cdot 0 = 1428 \text{ Nm}$$

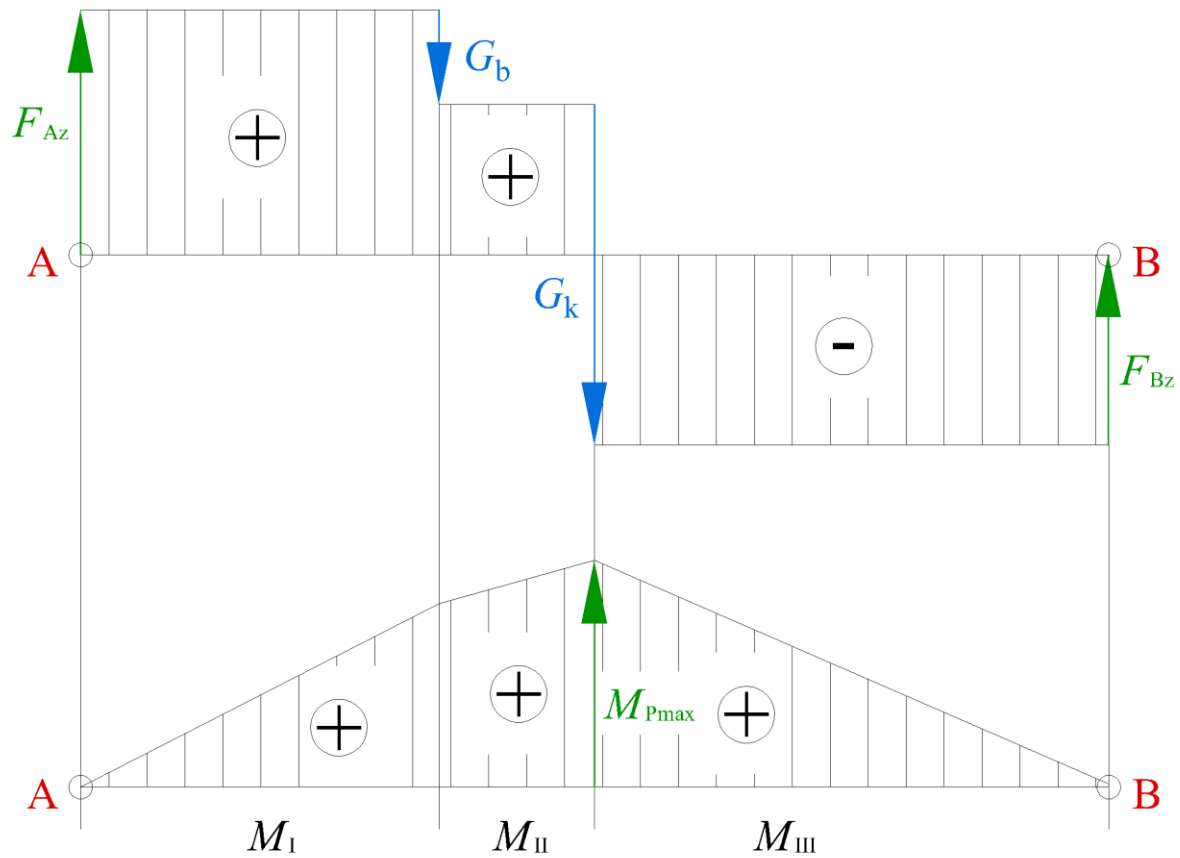
$$\text{za } x_{II} = r_{kP} - r_b \rightarrow M_{II} = 3145 \cdot (0,451 + 0,528 - 0,451) - 294 \cdot (0,528 - 0,451) = 1649 \text{ Nm} \quad (10)$$

$$M_{III} = F_{Bz} \cdot x_{III} \leftarrow \text{pravac}$$

$$\text{za } x_{III} = 0 \rightarrow M_{III} = 3124 \cdot 0 = 0$$

$$\text{za } x_{III} = r_{oP} - r_{kP} \rightarrow M_{III} = 3124 \cdot (1,056 - 0,528) = 1649 \text{ Nm} \quad (11)$$

Dijagrami sila i momenata prikazani su na slici 18.

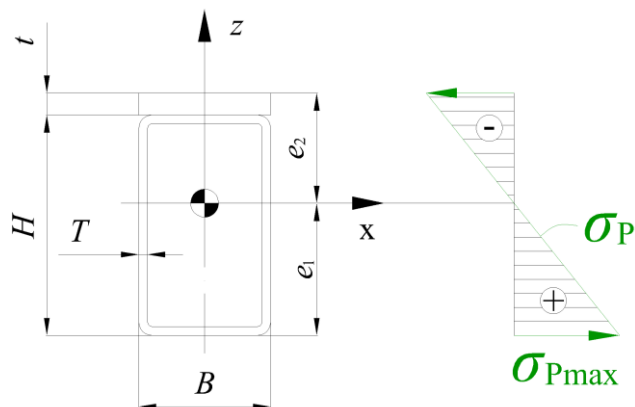


Slika 18. Dijagram sila i momenata primarne grede

Očigledno je da je najveći moment savijanja na mjestu djelovanja težine vozila, a iznosi:

$$M_{pmax} = M_{III} = 1649 Nm \quad (12)$$

Odabran je čelični hladno oblikovani pravokutni šuplji profil na koji je s gornje strane zavaren toplo valjani čelični lim. Oni povezani čine proračunski presjek koji je prikazan na sljedećoj slici [Slika 19].



Slika 19. Poprečni presjek primarne grede

Karakteristike materijala i dimenzije profila vidljive su u sljedećoj tablici [Tablica 4].

Tablica 4. Karakteristike materijala primarne grede

| | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Materijal pravokutnog šupljeg profila | S355NH [7] |
| Širina profila – B | 30 mm |
| Visina profila – H | 60 mm |
| Debljina stjenke – T | 2 mm |
| Zatezna čvrstoća R_{mP} | 470-630 N/mm ² |
| Granica plastičnosti R_{eP} | 355 N/mm ² |
| Debljina lima – t | 5 mm |
| e_1 | 40 mm |
| e_2 | 25 mm |
| Moment tromosti – I_{yP} | 263476 mm ⁴ |

Naprezanje u kritičnom presjeku primarne grede pri najvećem momentu savijanja mijenja se po jednadžbi pravca (13).

$$\sigma_p = M_{Pmax} \cdot \frac{e}{I_{yP}} \leftarrow \text{za } e_1 > e > -e_2 \quad (13)$$

Najveće naprezanje javlja se u donjem rubu pravokutnog profila, a iznosi:

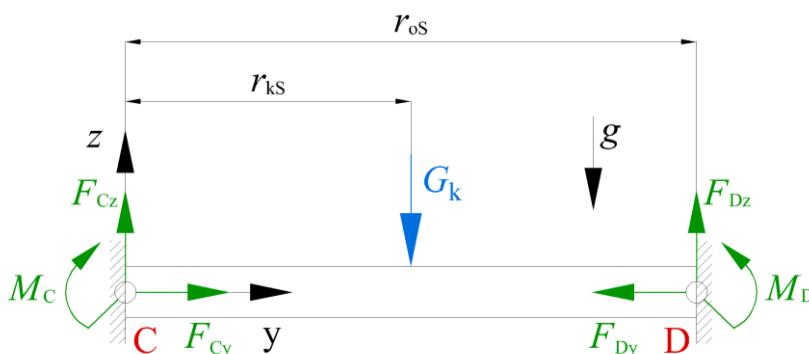
$$\sigma_{P_{\max}} = M_{P_{\max}} \cdot \frac{e_1}{I_{yP}} = 1649 \cdot 10^3 \cdot \frac{40}{263476} = 250 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \text{vlačno naprezanje} \quad (14)$$

Ostvarena sigurnost jest zadovoljavajuća, a računa se prema:

$$S_p = \frac{R_{eP}}{\sigma_{P_{\max}}} = \frac{355}{250} = 1,4 \quad (15)$$

4.2.2. Savijanje sekundarne grede

Sekundarna greda zavarena je na oba kraja između dvije primarne grede. Opterećenje uslijed težine vozila na prednjem kotaču bit će pojednostavnit će se kao koncentrirana sila čiji je iznos izračunat u jednadžbi (1). S obzirom na to da su obje strane grede ukliještene, radi se o statički neodređenom problemu koji će biti riješen prema [10].



Slika 20. Ravnoteža sila sekundarne grede

Ulazni podatci izmjereni unutar CAD sustava prikazani su u sljedećoj tablici [Tablica 5].

Tablica 5. Dimenzije sekundarne grede

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Udaljenost između oslonaca C i D | $r_{0s} = 0,386 \text{ m}$ |
|----------------------------------|----------------------------|

S obzirom na to da je masa sekundarne grede iznimno mala, može se zanemariti u jednadžbama ravnoteže. Slika 20 prikazuje najnepovoljniji slučaj opterećenja gdje težina G_k djeluje na sredini grede.

$$r_{ks} = \frac{r_{0s}}{2} = \frac{0,386}{2} = 0,193 \text{ m} \quad (16)$$

Određivanje reakcija u osloncima bit će izvršeno se prema sljedećim jednadžbama:

$$F_{Cz} = \frac{G_k}{r_{oS}^3} \cdot (r_{oS} - r_{kS})^2 \cdot (r_{oS} + 2 \cdot r_{kS}) =$$

$$= \frac{6000}{0,386^3} \cdot (0,386 - 0,193)^2 \cdot (0,386 + 2 \cdot 0,193) = 3000 \text{ N} \quad (17)$$

$$M_C = \frac{-G_k \cdot r_{kS}}{r_{oS}^2} \cdot (r_{oS} - r_{kS})^2 = \frac{-6000 \cdot 0,193}{0,386^2} \cdot (0,386 - 0,193)^2 = -290 \text{ Nm} \quad (18)$$

Zbog simetričnosti grede i opterećenja može se zaključiti da su reakcije u osloncu D jednake:

$$F_{Dz} = F_{Cz} = 3000 \text{ N} \quad (19)$$

$$M_D = M_C = -290 \text{ Nm} \quad (20)$$

Smatra se da je pozitivan moment savijanja onaj koji uzrokuje tlačna naprezanja na gornjem rubu profila. Najveći pozitivni moment savijanja u sredini grede iznosi:

$$M_{IV} = \frac{2 \cdot G_k \cdot r_{kS}^2}{r_{oS}^2} \cdot (r_{oS} - r_{kS})^2 = \frac{2 \cdot 6000 \cdot 0,193^2}{0,386^2} \cdot (0,386 - 0,193)^2 = 112 \text{ Nm} \quad (21)$$

Maksimalni mogući pozitivni moment savijanja računa se prema jednadžbi:

$$M_V = \frac{G_k \cdot r_{oS}}{8} = \frac{6000 \cdot 0,386}{8} = 290 \text{ Nm} \quad (22)$$

Najveći mogući negativni moment savijanja javio bi se kada bi opterećenje djelovalo na trećini dužine grede.

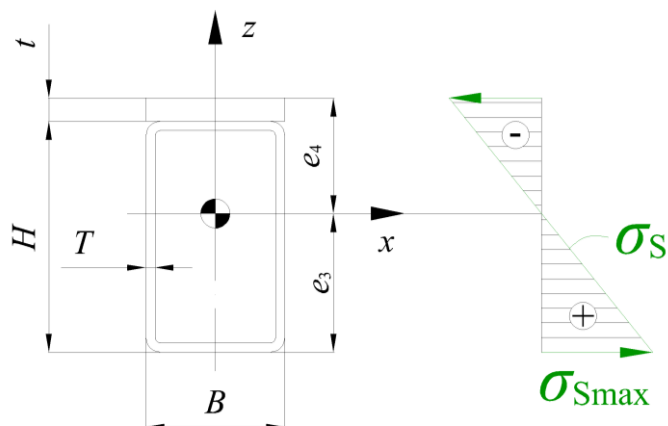
$$r_{kS}' = \frac{r_{oS}}{3} = \frac{0,386}{3} = 0,129 \text{ m} \quad (23)$$

$$M_{VI} = -0,1481 \cdot G_k \cdot r_{oS} = -0,1481 \cdot 6000 \cdot 0,386 = -343 \text{ Nm} \quad (24)$$

Može se zaključiti maksimalna vrijednost momenta savijanja.

$$M_{Smax} = M_{VI} = -343 \text{ Nm} \quad (25)$$

Presjek sekundarne grede na mjestu oslonca i profil naprezanja u tom presjeku prikazani su na sljedećoj slici [Slika 21]. Najveće je naprezanje tlačno na donjem rubu profila.



Slika 21. Poprečni presjek sekundarne grede

Dimenzije i karakteristike profila sekundarne grede mogu se vidjeti u tablici 6.

Tablica 6. Karakteristike materijala sekundarne grede

| | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Materijal pravokutnog šupljeg profila | S355NH [7] |
| Širina proila – B | 20 mm |
| Visina profila - H | 40 mm |
| Debljina sjenke – T | 2 mm |
| Zatezna čvrstoća R_{mS} | 470-630 N/mm ² |
| Granica plastičnosti R_{eS} | 355 N/mm ² |
| Debljina lima - t | 5 mm |
| e_3 | 27,1 mm |
| e_4 | 17,9 mm |
| Moment tromosti – I_{xS} | 76711 mm ⁴ |

Naprezanje u osloncima sekundarne grede pri najvećem momentu savijanja iznosi:

$$\sigma_S = M_{Smax} \cdot \frac{e}{I_{xS}} \leftarrow \text{za } e_3 > e > -e_4 \quad (26)$$

Najveće naprezanje javlja se u donjem rubu pravokutnog profila, a iznosi:

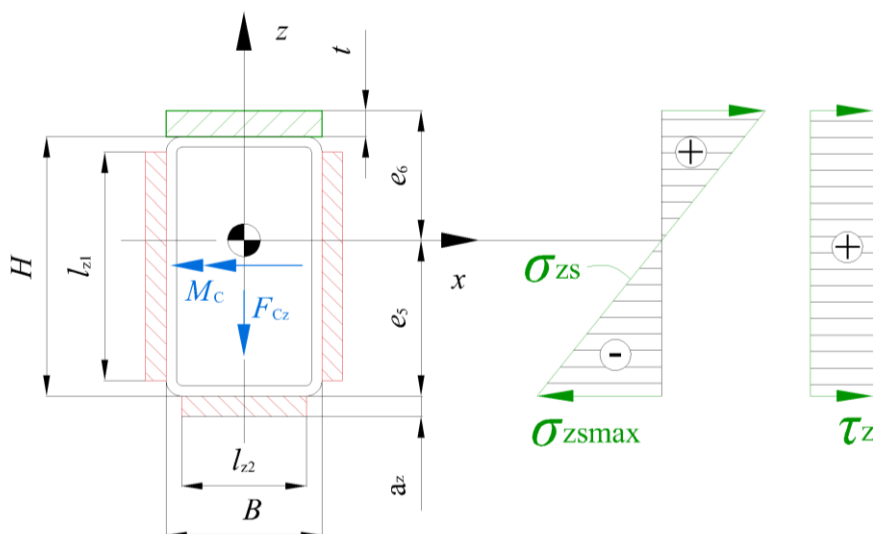
$$\sigma_{Smax} = M_{Smax} \cdot \frac{e_3}{I_{xS}} = -343 \cdot 10^3 \cdot \frac{27,1}{76711} = -121 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \text{tlačno naprezanje} \quad (27)$$

Ostvarena je sigurnost zadovoljavajuća, a računa se prema izrazu:

$$S_s = \frac{R_{eS}}{\sigma_{Smax}} = \frac{355}{121} = 2,9 \quad (28)$$

4.2.3. Savijanje zavara na spoju primarne i sekundarne grede

U presjeku sekundarne grede na mjestu oslonca C naprezanje se prenosi zavarom i limom na gornjoj strani, kao što je prikazano na sljedećoj slici [Slika 22].



Slika 22. Presjek sekundarne grede u osloncu C

Ulazni podatci za jednadžbe naprezanja prikazani su u sljedećoj tablici [Tablica 2]. S obzirom na to da se radi o vrlo tankim stjenkama profila (2 mm), odabrana je visina zavara 3 mm prema [8].

Tablica 7. Karakteristike presjeka sekundarne grede u osloncu C

| | |
|--|-----------------------|
| Širina profila – B | 20 mm |
| Debljina lima – t | 5 mm |
| Granica plastičnosti – R_{eZ} | 355 N/mm ² |
| Površina presjeka – A_z | 346 mm ² |
| e_5 | 23,9 mm |
| e_6 | 21,1 mm |
| Moment tromosti zavara i lima – I_{xz} | 84687 mm ⁴ |

| | |
|-----------------------|------|
| Visina zavora – a_z | 3 mm |
|-----------------------|------|

Maksimalni iznos naprezanja javlja se i na donjem (zavar opterećen tlačno) i na gornjem (lim opterećen vlačno) rubu proračunskog modela samo zbog geometrije presjeka. Zbog veće granice plastičnosti materijala lima od materijala sekundarne grede, neće biti potrebno provjeravati sigurnost lima u osloncu C. Prema [13] jednačba koja opisuje naprezanje uslijed savijanja zavora glasi:

$$\sigma_z = M_C \cdot \frac{e}{I_{xz}} \leftarrow \text{za } e_5 > e > -e_6 \quad (29)$$

Savojno naprezanje u zavaru na donjem rubu sekundarne grede iznosi:

$$\sigma_{z\max} = M_C \cdot \frac{e_5}{I_{xz}} = -290 \cdot 10^3 \cdot \frac{23,9}{84687} = -83 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \text{tlačno naprezanje} \quad (30)$$

Smično naprezanje može se izračunati prema:

$$\tau_z = \frac{F_{Cz}}{A_{zs}} = \frac{3000}{346} = 9 \text{ N/mm}^2 \quad (31)$$

Reducirano naprezanje u zavaru prema hipotezi najvećeg deformacijskog rada [13] izračunato je u sljedećoj jednačbi.

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{z\max}^2 + 3 \cdot \tau_z^2} = \sqrt{-83^2 + 3 \cdot 9^2} = 84 \text{ N/mm}^2 \quad (32)$$



Definitivno je zadovoljena sigurnost zavora.

$$S_z = \frac{R_{ez}}{\sigma_{z\max}} = \frac{355}{84} = 4,2 \quad (33)$$

4.2.4. Lim opterećen težinom vozila

Na rešetku od pravokutnih cijevi zavaren je pokrovni čelični lim. Potrebno je provjeriti sigurnost lima na mjestu gdje nije oslonjen na rešetku, između primarnih i sekundarnih greda. Najveće naprezanje očekuje se kada prednji kotač automobila nailazi na sredinu zavarene ploče. Proračun će biti izveden prema [10], gdje će površina dodira između automobilske gume i lima biti određena kao površina kruga radijusa r_A . Eksperimentalni podatci [Tablica 8] o kontaktnoj površini prikazani su za dva iznosa opterećenja.

Tablica 8. Dodirna površina gume [9]

| | | |
|----------------------------|---|---|
| |  |  |
| Dimenzija gume | 245/40 R18 | 245/40 R18 |
| Opterećenje | 100% | 125% |
| Normalna sila na podlogu | 6602 N | 8201 N |
| Radijalna deformacija gume | 22,6 mm | 28,3 mm |
| Pritisak u gumi | 2,6 bar | 2,6 bar |
| Dodirna površina | 14800-15800 mm ² | 17950 mm ² |

Bit će odabrana najmanja dodirna površina iz tablice, a ona iznosi:

$$A_k = 14800 \text{ mm}^2 \quad (34)$$

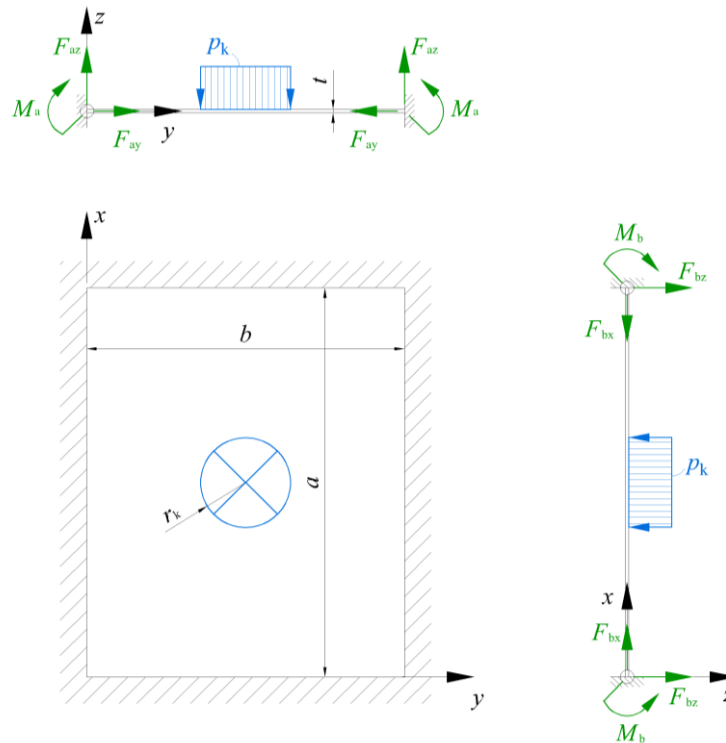
Normalna sila na kotaču iz jednadžbe (1) stvara pritisak na površini prema sljedećoj jednadžbi.

$$p_k = \frac{G_k}{A_k} = \frac{6000}{14800} = 0,405 \text{ N/mm}^2 \quad (35)$$

Proračunska kružna površina odabrana je tako da odgovara površini iz jednadžbe (34). U tom slučaju radijus kružnice iznosi:

$$r_k = \sqrt{\frac{A_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{14800}{\pi}} = 68 \text{ mm} \quad (36)$$

Pravokutni lim opterećen tlakom p_k u sredini, na kružnoj površini i ukliješten na svim rubovima prikazan je na skici [Slika 23].



Slika 23. Ravnoteža sila u limu

Karakteristike lima odabrane su iz norme za toplo valjane proizvode, preostale su dobivene iz CAD sustava [Tablica 9].

Tablica 9. Karakteristike lima

| | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Materijal toplo valjanog lima | S355JR [11] |
| Zatezna čvrstoća R_{mL} | 470-630 N/mm ² |
| Granica plastičnosti R_{eL} | 355 N/mm ² |
| Razmak između primarnih greda – a | 386 mm |
| Razmak između sekundarnih greda – b | 242 mm |
| Debljina lima – t | 5 mm |

Odabrani su proračunski koeficijenti za omjer stranica $a/b=1,6$ prema [10], kao najbliže, manje povoljne vrijednosti. Proračunski koeficijenti vidljivi su u tablici 10.

Tablica 10. Proračunski koeficijenti za savijanje lima [10]

| | |
|-----------|-------|
| a/b | 1,6 |
| β_1 | 0,053 |

| | |
|-----------|--------|
| β_2 | 0,9906 |
| α | 0,0777 |

Naprezanje u sredini lima iznosi:

$$\sigma_{is} = -\frac{3 \cdot G_k}{2 \cdot \pi \cdot t^2} \left[(1 + \nu) \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot b}{\pi \cdot r_k} \right) + \beta_1 \right] \quad (37)$$

$$\sigma_{is} = -\frac{3 \cdot 6000}{2 \cdot \pi \cdot 5^2} \left[(1 + 0,3) \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 242}{\pi \cdot 68} \right) + 0,053 \right] = -128 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u osloncu, na sredini duže stranice a, može se izračunati prema:

$$\sigma_{la} = \frac{\beta_2 \cdot G_k}{t^2} = \frac{0,9906 \cdot 6000}{5^2} = 238 \text{ N/mm}^2 \quad (38)$$

Iz jednadžbi (37) i (38) može se zaključiti da je najnapregnutiji dio ploče na sredini duže stranice oslonca.

$$\sigma_{\max} = \sigma_{la} = 238 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \text{vlačno naprezanje} \quad (39)$$

Ostvarena je zadovoljavajuća sigurnost, a iznosi:

$$S_L = \frac{R_{eL}}{\sigma_{\max}} = \frac{355}{238} = 1,5 \quad (40)$$

4.2.5. Oslonac konstrukcije

Konstrukcija je učvršćena na mirujuću podlogu preko šest oslonaca, tako da svaki prenosi dio težine konstrukcije te opterećenje vozila. Za potrebe proračuna izvedena je sila opterećenja oslonca gdje se prednji kotač vozila nalazi točno iznad oslonca.

$$G_o = G_b + G_k = 289 + 6000 = 6289 \text{ N} \quad (41)$$

Opterećenje i površinski tlakovi koji djeluju na svornjak konstrukcije mogu se vidjeti na sljedećoj slici [Slika 24].

| | |
|---|----------------------|
| Granica plastičnosti – R_{el} | 79 N/mm ² |
| Najveće preporučeno površinsko naprezanje – R_p | 75 N/mm ² |
| Dozvoljena dugoročna radna temperatura – t_1 | od -40°C do 200°C |
| Širina ležaja – $b_{1=v}$ | 10 mm |
| Unutarnji promjer ležaja – d_1 | 16 mm |
| Vanjski promjer ležaja – d_2 | 18 mm |

Oslonac je prilikom poplave potopljen vodom i izložen ostalim agresivnim medijima, odabran je nehrđajući čelik čije su karakteristike vidljive u tablici 12.

Tablica 12. Karakteristike svornjaka konstrukcije

| | |
|--|-----------------------------|
| Materijal svornjaka | X5CrNi18-10 [14] |
| Zatezna čvrstoća – R_{m0} | 500 – 700 N/mm ² |
| Granica plastičnosti – R_{e0} | 190 N/mm ² |
| Promjer svornjaka – d_0 | 16 mm |
| Širina naslona oslonca – u | 15 mm |
| Dopušteno naprezanje na savijanje – R_{oF} | 96 N/mm ² [13] |
| Dopušteno smično naprezanje – R_{oS} | 52 N/mm ² [13] |

Proračun zglobnog zatika izvodi se prema literaturi [13]. Površinski tlakovi iznose:

$$p_v = \frac{G_o}{2 \cdot v \cdot d_o} = \frac{6289}{2 \cdot 10 \cdot 16} = 20 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \textit{klizna površina} \quad (42)$$

$$p_u = \frac{G_o}{2 \cdot u \cdot d_o} = \frac{6289}{2 \cdot 15 \cdot 16} = 13 \text{ N/mm}^2 \leftarrow \textit{mirujuća površina} \quad (43)$$

Sigurnost od površinskog pritiska na čahuru kliznog ležaja definitivno je zadovoljavajuća.

$$S_p = \frac{R_p}{p_v} = \frac{75}{20} = 3,8 \quad (44)$$

Naprezanje uslijed savijanja svornjaka najveće je u presjeku VII [Slika 24], a iznosi:

$$\sigma_o = \frac{G_o \cdot v}{4 \cdot 0,1 \cdot d_o^2} = \frac{6289}{4 \cdot 0,1 \cdot 16^2} = 38 \text{ N/mm}^2 \quad (45)$$

Sigurnost od savijanja svornjaka računa se prema:

$$S_{oF} = \frac{R_{oF}}{\sigma_o} = \frac{96}{38} = 2,5 \quad (46)$$

Površina poprečnog presjeka svornjaka izračunava se prema jednadžbi za površinu kruga.

$$A_o = \frac{d_o^2 \cdot \pi}{4} = \frac{16^2 \cdot \pi}{4} = 201 \text{ mm}^2 \quad (47)$$

U presjeku VII također postoji naprezanje na odrez a računa se prema:

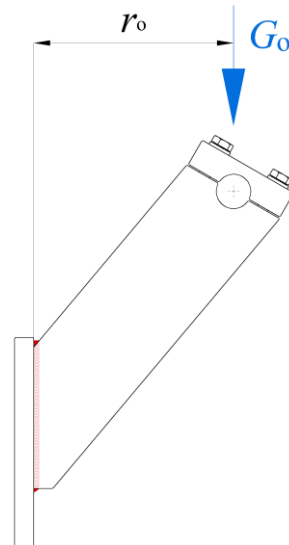
$$\tau_o = \frac{G_o}{2 \cdot A_o} = \frac{6289}{2 \cdot 201} = 16 \text{ N/mm}^2 \quad (48)$$

Sigurnost od smičnog opterećenja iznosi:

$$S_{oS} = \frac{R_{oS}}{\tau_o} = \frac{52}{16} = 3,3 \quad (49)$$

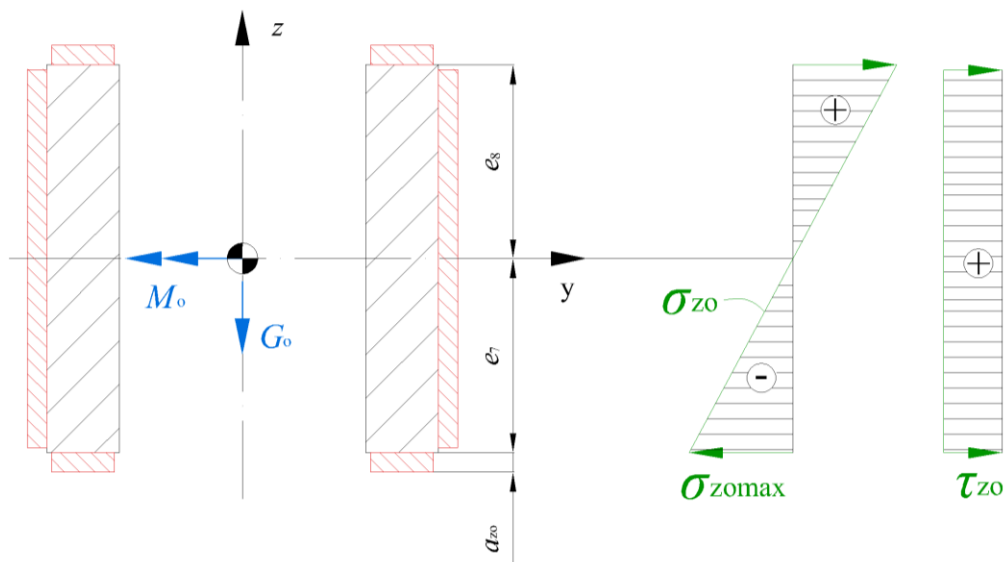
4.2.6. Zavar oslonca konstrukcije

Ukoliko sila opterećenja iz jednadžbe (41) djeluje točno iznad osi rotacije konstrukcije, u kutnom zavaru javlja se, osim smičnog naprezanja, i moment savijanja. Kritični je presjek na mjestu zavora, a označen je crvenom bojom [Slika 26]. Zbog lakše pristupačnosti nije potrebno zavarivati između nosivih ploča.



Slika 26. Oslonac konstrukcije

Odabrani je materijal kao i kod svornjaka, ali se mehanička svojstva razlikuju zbog drugačijeg načina proizvodnje i oblika poluproizvoda. Presjek na mjestu zavora i raspodjela savojnog i smičnog naprezanja mogu se vidjeti na sljedećoj slici [Slika 27].



Slika 27. Presjek na mjestu zavora u osloncu konstrukcije

Podatci o materijalu i karakteristike zavora prikazani su u tablici [Tablica 13].

Tablica 13. Karakteristike presjeka na mjestu zavora u osloncu konstrukcije

| | |
|-------------------|------------------|
| Materijal oslonca | X5CrNi18-10 [15] |
|-------------------|------------------|

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Zatezna čvrstoća R_{m0} | 520-720 N/mm ² |
| Granica plastičnosti R_{eZ0} | 210 N/mm ² |
| Površina presjeka – A_z | 800 mm ² |
| e_7 | 37 mm |
| e_8 | 37 mm |
| Moment tromosti zavara – I_{y0} | 581154 mm ⁴ |
| Visina zavara – a_{z0} | 5 mm |

Sila djeluje na kraku r_o pa moment savijanja iznosi:

$$M_o = G_o \cdot r_o = 6253 \cdot 0,104 = 650 \text{ Nm} \quad (50)$$

Jednadžba koja opisuje naprezanje uslijed savijanja zavara glasi:

$$\sigma_{zo} = M_o \cdot \frac{e}{I_{y0}} \leftarrow \text{za } e_7 > e > -e_8 \quad (51)$$

Najveće naprezanje na savijanje računa se prema sljedećoj jednadžbi.

$$\sigma_{zomax} = M_o \cdot \frac{e_8}{I_{y0}} = 650 \cdot 10^3 \cdot \frac{37}{581154} = 41 \text{ N/mm}^2 \quad (52)$$

Smično naprezanje jednako je sili opterećenja raspodijeljenoj na površinu zavara.

$$\tau_{zo} = \frac{G_o}{A_{z0}} = \frac{6253}{800} = 8 \text{ N/mm}^2 \quad (53)$$

Ekvivalentno naprezanje u zavaru prema hipotezi najvećeg deformacijskog rada iznosi:

$$\sigma_{zored} = \sqrt{\sigma_{zomax}^2 + 3 \cdot \tau_{zo}^2} = \sqrt{41^2 + 3 \cdot 8^2} = 44 \text{ N/mm}^2 \quad (54)$$

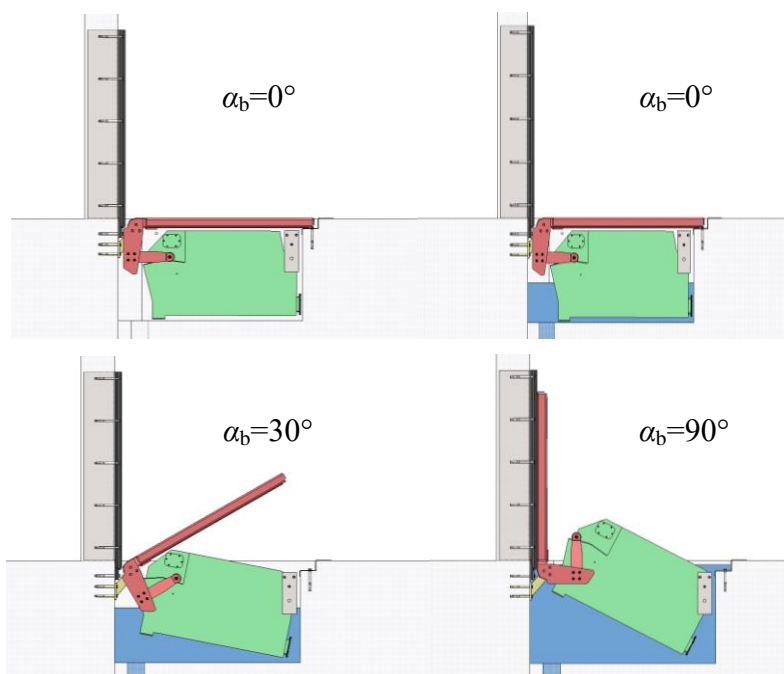
Definitivno je zadovoljena sigurnost zavara.

$$S_{zo} = \frac{R_{ezo}}{\sigma_{zomax}} = \frac{210}{44} = 4,8 \quad (55)$$

4.3. Podizanje barijere

Ukoliko nadolazeća bujična poplava podigne razinu vode na visinu poda gdje je ugrađena barijera, barijera mora biti u podignutom položaju kako voda ne bi dospjela u šticeći prostor. Da bi se omogućilo podizanje barijere, nužno je potopiti volumen spremnika dovoljno pod vodom kako bi se razvila sila uzgona koja može svladati težinu konstrukcije. Uzgon osim konstrukcije mora podići i težinu spremnika, koji rotira oko svog oslonca. U nastavku poglavlja bit će navedeni bitni parametri elemenata sustava koji će ući u proračun za 19 položaja barijere. Sigurnost podizanja bit će provjerena u svakom položaju koji je definiran otklonom konstrukcije od horizontalne površine:

$$0^\circ \leq \alpha_b \leq 90^\circ \quad (56)$$



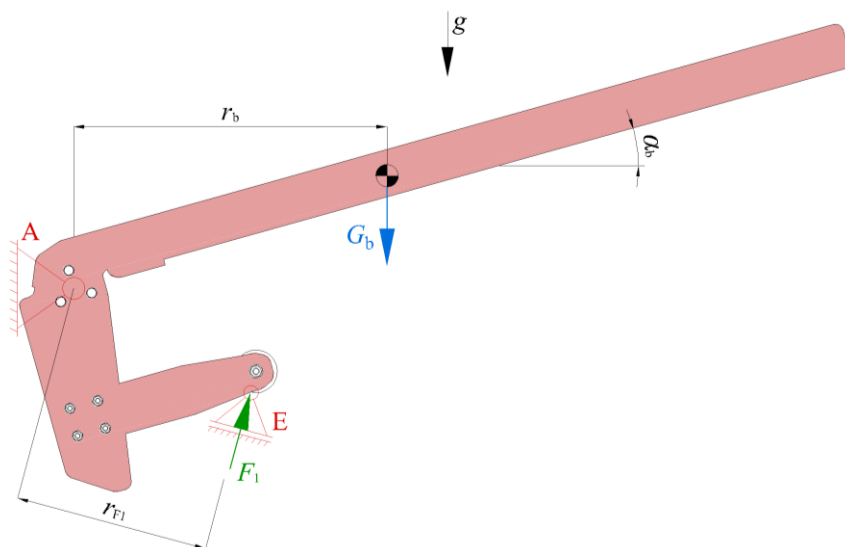
Slika 28. Podizanje barijere

S obzirom na to da se spremnik uzdiže iznad razine poda, mora se uzeti u obzir smanjenje volumena koji utječe na uzgon. Kako se cijeli mehanizam giba, sigurnost podizanja bit će provjerena u više položaja koji će biti definirani otklonom konstrukcije od horizontalne površine:

$$0^\circ \leq \alpha_b \leq 90^\circ \quad (57)$$

4.3.1. Težina konstrukcije

S obzirom na to da konstrukcija rotira oko oslonca A [Slika 29], iznos momenta koji stvara njezina težina mijenja se s otklonom barijere α_b . Ujedno je promjenjiv krak djelovanja sile F_1 , a izmjeren je unutar CAD modela.



Slika 29. Ravnoteža podizanja barijere

Jednadžba ravnoteže sila za podizanje barijere oko oslonca A glasi:

$$F_1 \cdot r_{F1} = G_b \cdot r_b \quad (58)$$

Iz jednadžbe (58) može se zaključiti da je minimalna potrebna sila za podizanje konstrukcije:

$$F_1 = G_b \cdot \frac{r_b}{r_{F1}} \quad (59)$$

4.3.2. Težina spremnika i uzgon

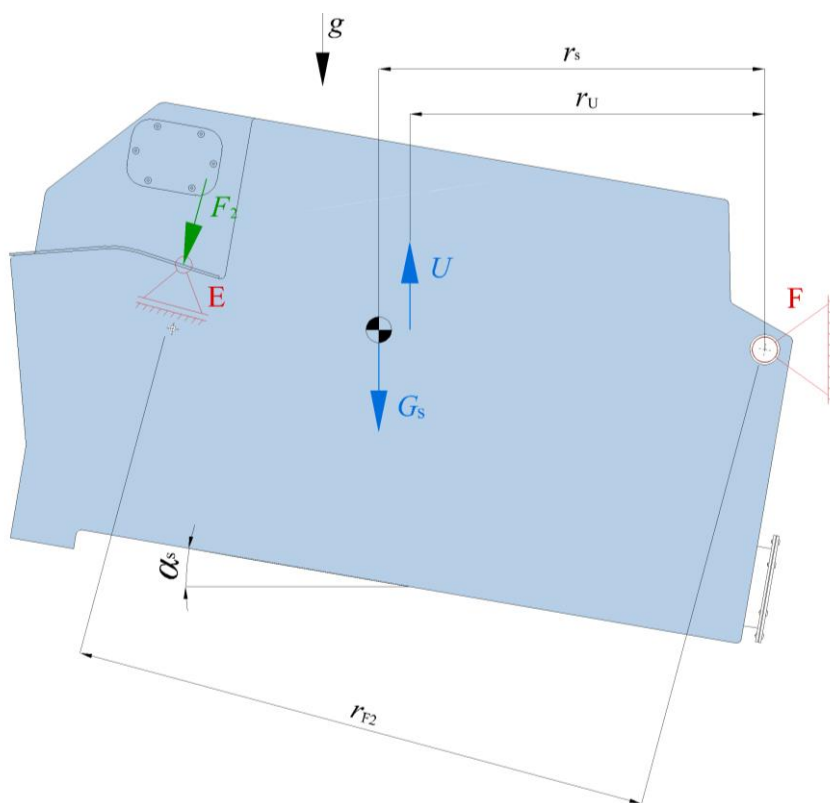
Spremnik mora imati dovoljno velik volumen da se može razviti sila uzgona koja podiže težinu konstrukcije i težinu spremnika. Iznos sile uzgona definiran je jednadžbom:

$$U = \rho_v \cdot g \cdot V_U \quad (60)$$

Parametar V_U označava volumen uronjenog dijela spremnika u vodu gustoće ρ_v , a u proračunu podizanja bit će jednak volumenu spremnika ispod razine tla. Volumen spremnika zapravo je najveći mogući volumen koji može razviti uzgon, a očitao je iz CAD modela.

Spremnik se podizanjem zakreće oko oslonca i stvara otklon od horizontalne površine α_s . Sili uzgona spremnika suprotstavljaju se težina spremnika i barijere, a jednadžba koja opisuje njihov odnos ravnoteža je oko oslonca F [Slika 30].

$$F_2 \cdot r_{F_2} = U \cdot r_U - G_s \cdot r_s \quad (61)$$



Slika 30. Ravnoteža podizanja spremnika

Može se izraziti najveća sila podizanja koju spremnik može ostvariti u zadanom položaju.

$$F_2 = \frac{U \cdot r_U - G_s \cdot r_s}{r_{F_2}} \quad (62)$$

Podatci o spremniku i mediju u koji je uronjen vide se u tablici [Tablica 14].

Tablica 14. Karakteristike spremnika

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Volumen spremnika – V_s | 929 l |
| Masa spremnika – m_s | 119 kg |
| Gustoća vode – ρ_v | 1000 kg/m ³ |

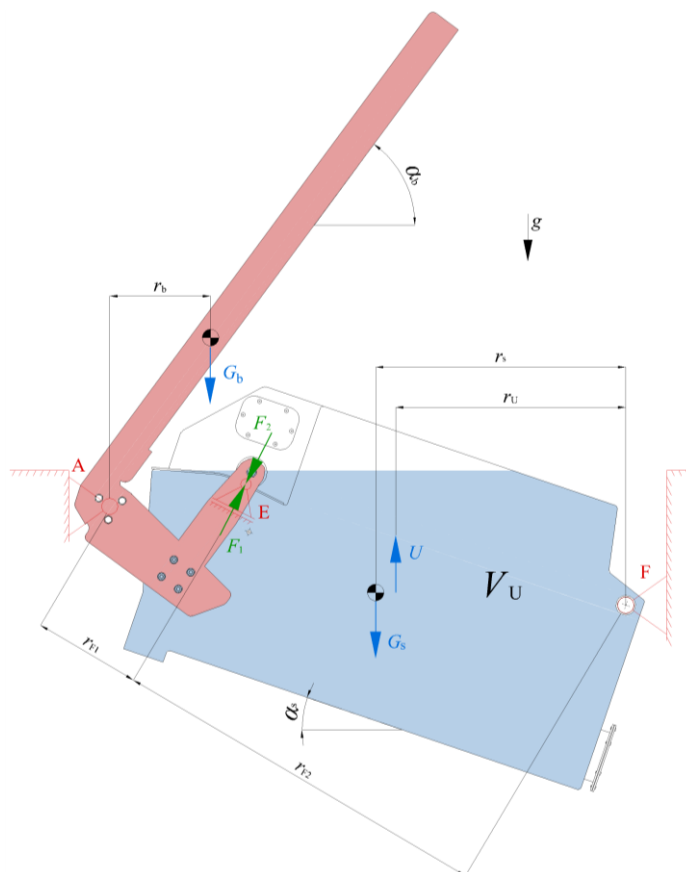
Težina spremnika uvijek djeluje vertikalno, a iznosi:

$$G_s = m_s \cdot g = 119 \cdot 9,81 = 1167 \text{ N} \quad (63)$$

4.3.3. Sigurnost podizanja

Sila potrebna za podizanje barijere F_1 mora biti nadmašena silom koju stvara spremnik na konstrukciju F_2 kako bi se konstrukcija podizala, odnosno mora biti zadovoljen uvjet:

$$F_1 < F_2 \quad (64)$$



Slika 31. Podizanje barijere

Slika 31 prikazuje konstrukciju i spremnik prilikom podizanja i njihove odnose sila.

Obojani dio spremnika predstavlja volumen spremnika V_U koji se nalazi ispod tla, a sposoban je razviti potencijalnu silu uzgona U .

Uvrštavanjem jednadžbi (59) i (62) u jednadžbu (64) dobiva se odnos:

$$U \geq G_b \cdot \frac{r_{F2}}{r_{F1}} \cdot \frac{r_b}{r_u} + G_s \cdot \frac{r_s}{r_u} \quad (65)$$

Potrebna sila uzgona može se izraziti kao:

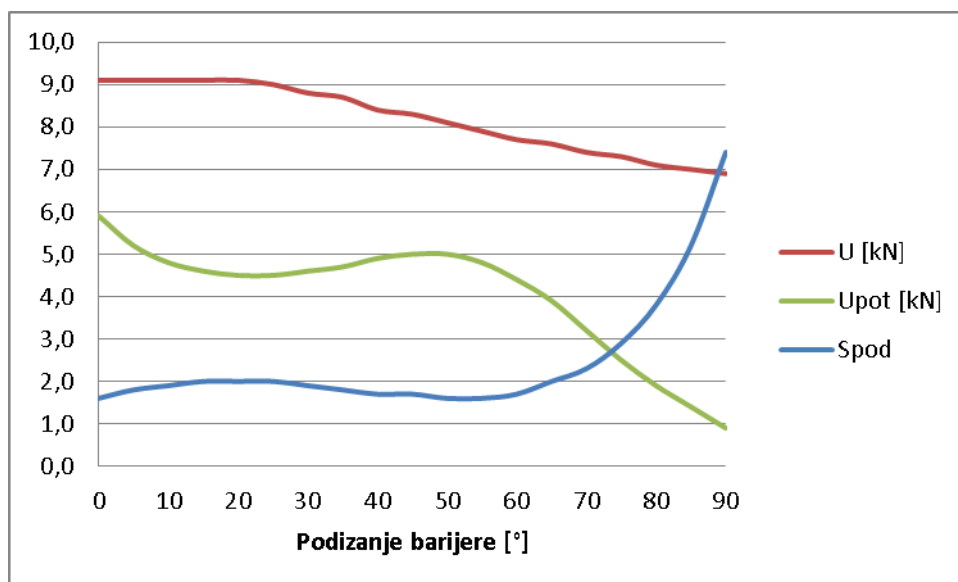
$$U_{\text{pot}} = G_b \cdot \frac{r_{F2}}{r_{F1}} \cdot \frac{r_b}{r_u} + G_s \cdot \frac{r_s}{r_u} \quad (66)$$

Sigurnost podizanja bit će prikazana preko odnosa potrebne sile i potencijalno ostvarive sile uzgona.

$$S_{\text{pod}} = \frac{U}{U_{\text{pot}}}$$

(67)

U sljedećem dijagramu [Slika 32] prikazane su sile uzgona U i U_{pot} , te sigurnost podizanja S_{pod} za otklon barijere $0^\circ \leq \alpha_b \leq 90^\circ$.



Slika 32. Dijagram podizanja barijere

Može se zaključiti da se najmanji ostvareni faktor sigurnosti otvaranja javlja na početku podizanja i oko vrijednosti $\alpha_b=50^\circ$, a iznosi:

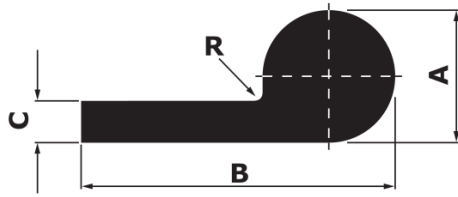
$$S_{\text{min}} = 1,6$$

(68)

Očito je da spremnik može sigurno podići konstrukciju u vertikalni položaj, a pri velikom otklonu konstrukcije razvija se sila višestruko veća od potrebne. Time je sustav dodatno osiguran od propuštanja vode.

4.4. Podignuta barijera

Na samom završetku otvaranja barijere ona svojim donjim i bočnim rubovima naliže na mirujuću podlogu. U vertikalnom položaju barijera ostvaruje pritisak na podlogu preko brtve [Slika 33] od sintetičke gume (Neoprene) [16].

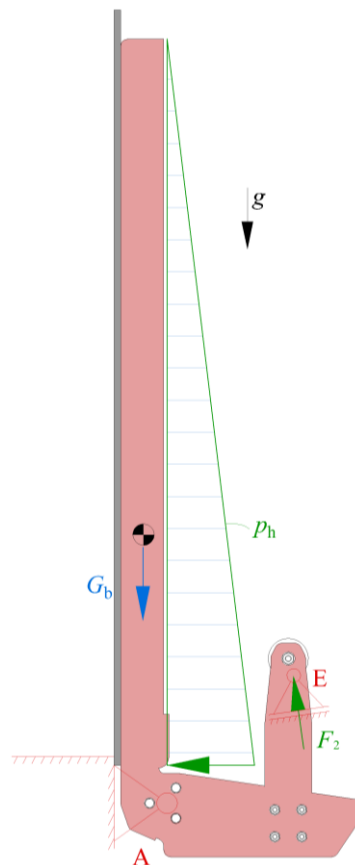


| Tip | A mm | B mm | C mm | Materijal | Masa Kg/m |
|---------|------|------|------|-----------|-----------|
| SMQ40-1 | 40 | 100 | 15 | NR | 2.69 |

Slika 33. Kataloški podatci o brtvi [16]

Nakon što voda ispuni jamu, počinje se izdizati iznad visine poda od štice prostora. Na taj način stvara hidrostatski tlak na površinu barijere i time dodatno pritišće brtvu [Slika 34].

$$p_h = \rho_v \cdot g \cdot h \quad (69)$$



Slika 34. Podignuta barijera

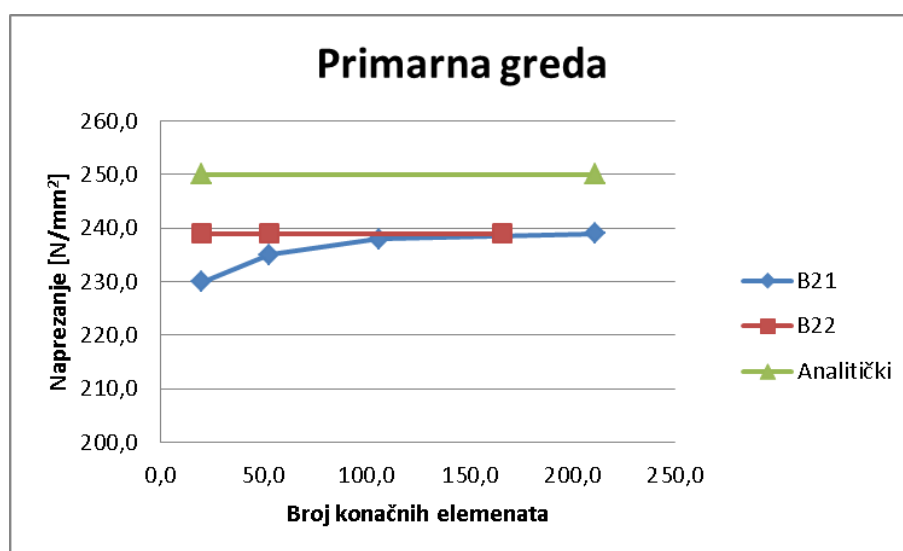
Težina konstrukcije u vertikalnom položaju djeluje blizu osi rotacije, ali tako da doprinosi sili spremnika i hidrostatom tlaku kako bi barijera bila dobro zabrtvljena.

4.5. Usporedba rezultata metodom konačnih elemenata

Za provjeru analitičkih proračuna bitnih segmenata konstrukcije napravljena je analiza metodom konačnih elemenata. Riječ je o primarnoj i sekundarnoj gredi te o limu, a rezultati su prikazani u sljedećim poglavljima. Analiza je izvedena u programskom paketu Abaqus CAE s nekoliko vrsta konačnih elemenata.

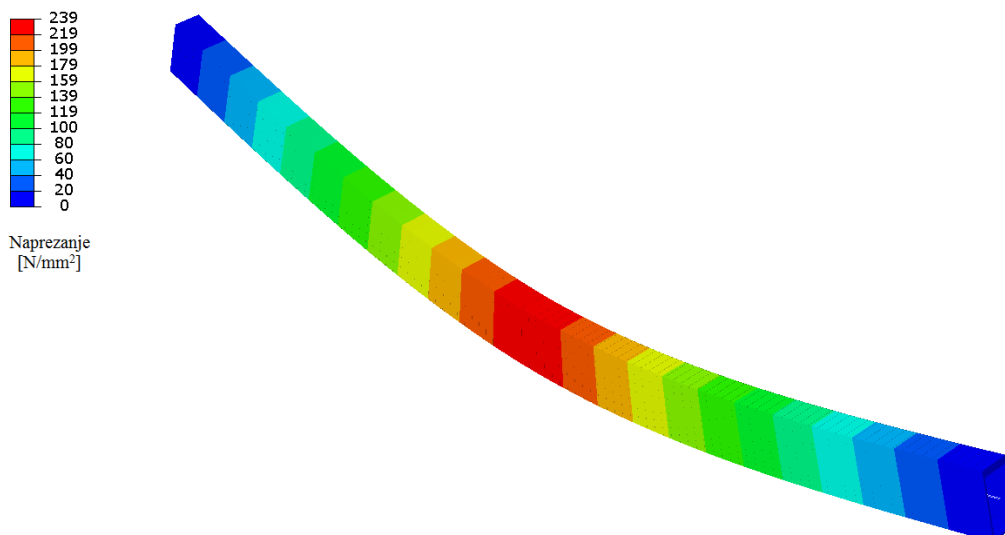
4.5.1. Primarna greda

Osnovni element konstrukcije jest primarna greda sačinjena od pravokutne čelične cijevi i lima zavarenog na gornjoj strani. Na jednom je kraju čvrsto oslonjena, a na drugom kraju slobodno. Opterećena je silom prednjeg kotača vozila prema jednadžbi (1) i težinom G_b iz jednadžbe (2). Analiza je izvedena s dva tipa gredna elementa (B21 i B22), a rezultati su uspoređeni s analitičkim na sljedećem dijagramu [Slika 35]. Očekivano je najveće naprezanje na sredini grede gdje je opterećena težinom vozila.



Slika 35. Primarna greda

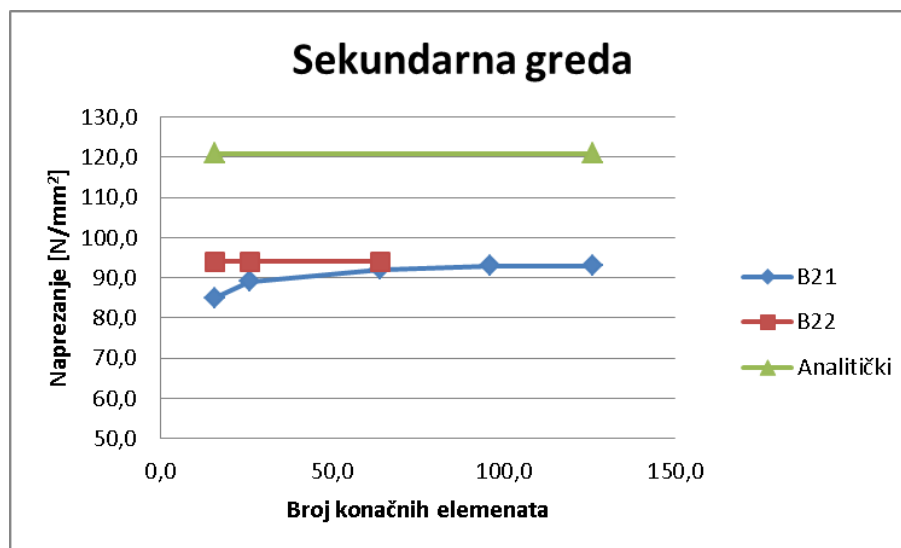
Vidljivo je da rješenja konvergiraju povećanjem broja elemenata, što ukazuje na ispravan odabir konačnih elemenata. Očekivano je da će analitičko rješenje dati nešto veća naprezanja od analize metodom konačnih elemenata. Za ilustraciju, prikazana je vizualizacija naprezanja s mrežom sačinjenom od 106 grednih B22 konačnih elemenata. [Slika 36].



Slika 36. Analiza naprezanja primarne grede – mreža sa 106 grednih B22 elementa

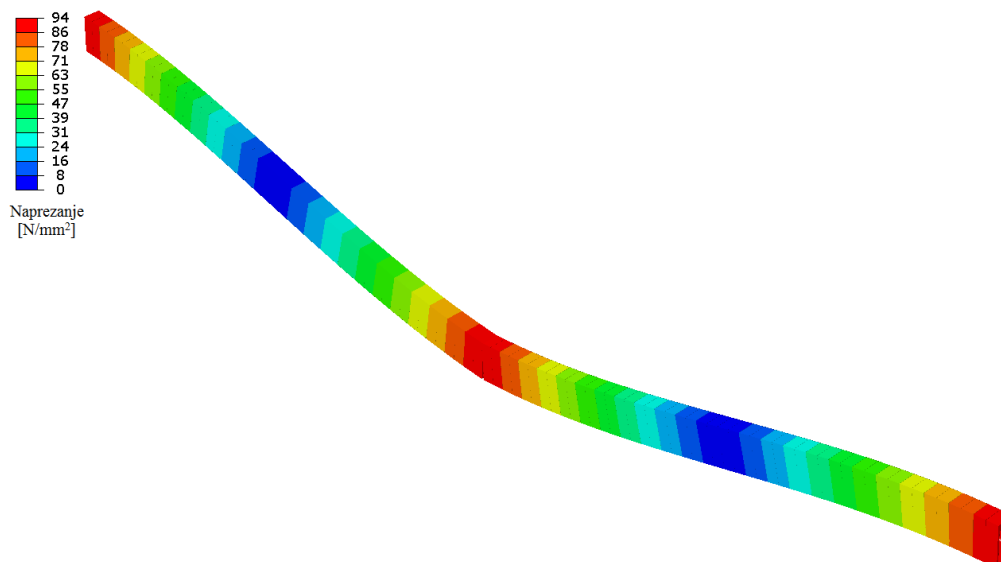
4.5.2. Sekundarna greda

Sekundarna greda jest pravokutna cijev zavarena između dvije primarne grede te obložena limom s gornje strane. Radi se o statički neodređenom problemu zbog uklještenja na oba kraja grede. Težina je grede zanemarena, a opterećena je na sredini samo težinom vozila prema jednadžbi (1). Analiza je izvedena s grednim konačnim elementima B21 i B22 te uspoređena s analitičkim rješenjem [Slika 37].



Slika 37. Sekundarna greda

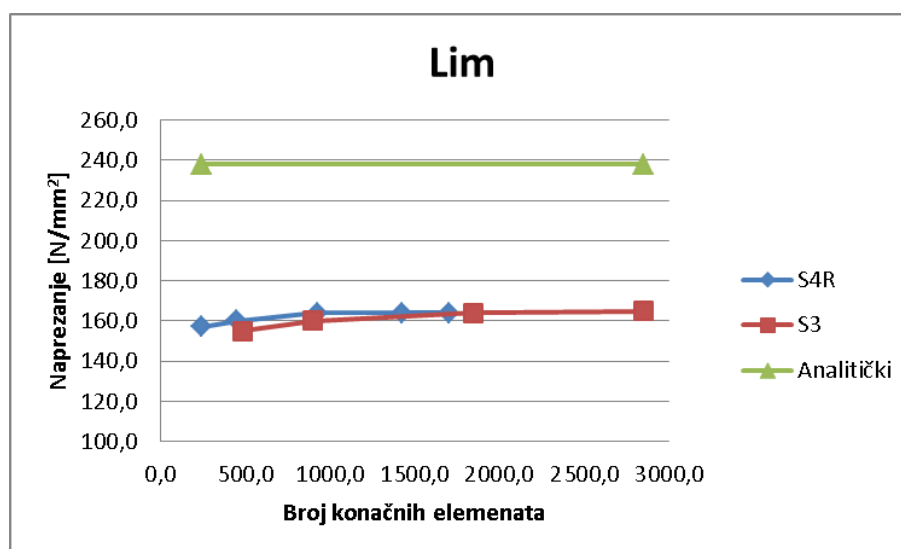
Ponovno je prisutna konvergencija i niži rezultati naprezanja kod metode konačnih elemenata u usporedbi s analitikom. Na sljedećoj slici [Slika 38] mogu se vidjeti rezultati dobiveni s 96 grednih B21 elemenata.



Slika 38. Analiza naprezanja sekundarne grede – mreža s 96 grednih B21 elemenata

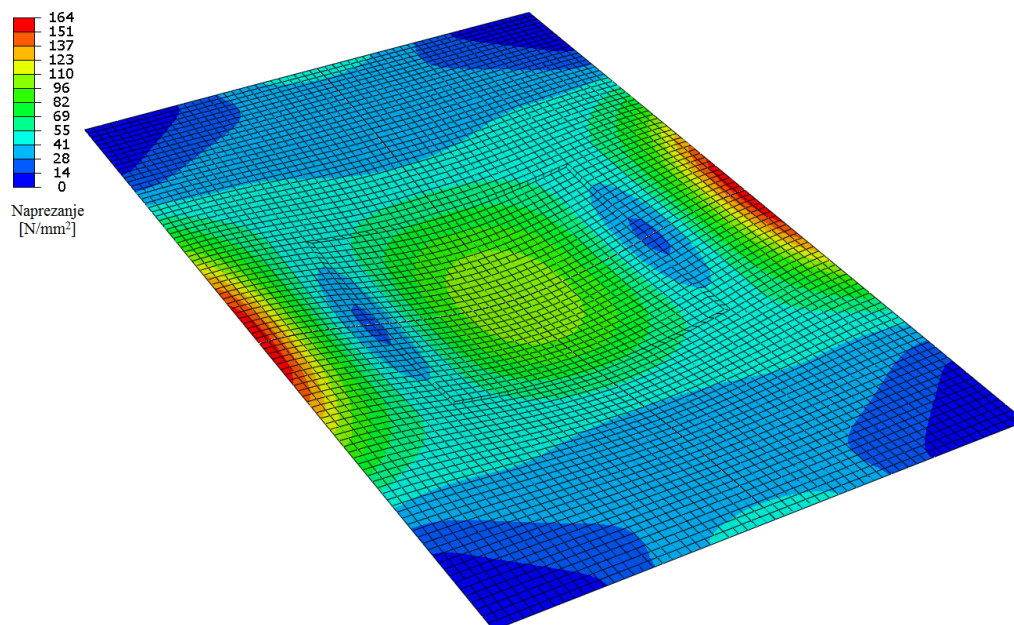
4.5.3. Lim

Čelični lim zavaren je preko rešetke sačinjene od primarnih i sekundarnih greda. Dijelovi lima između rešetke opterećeni su na savijanje uslijed težine vozila (1) raspoređene na kvadratnu površinu prema jednadžbi (34). Najveće naprezanje javlja se na sredini duljeg zavarenog ruba lima, a rezultati su dobiveni s pravokutnim S4R i trokutnim S3 elementima te uspoređeni s analitičkim rješenjem [Slika 39].



Slika 39. Lim

Ovaj put vidljiva je značajno veća razlika u napreznanjima, a rezultati ponovno konvergiraju. Analitički proračun opet stoji na strani sigurnosti. Ilustrirano je napreznanje lima s 1424 S4R elementa [Slika 40].

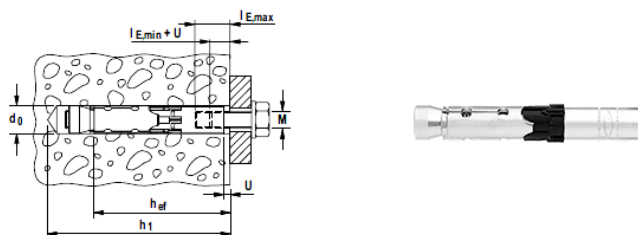


Slika 40. Analiza napreznanja lima – mreža s 1424 pravokutna S4R elementa

Rezultati svih analiza metodom konačnih elemenata dokazuju da konstrukcija može podnijeti tražena opterećenja. Očekivano su napreznanja manja od onih dobivenih analitičkim proračunom.

5. UPUTE ZA UGRADNJU U ŠTIĆENI OBJEKT

Ulaz u objekt treba biti izveden betoniranjem materijalom razreda čvrstoće minimalno C20/25. Ispred objekta treba biti jama dimenzija $\check{s} \cdot d \cdot v = 2298 \cdot 1174 \cdot 650$ mm s odvodnim kanalom. Sustav za zaštitu od poplava ugrađuje se sidrenim vijcima [17] u betonsku konstrukciju.

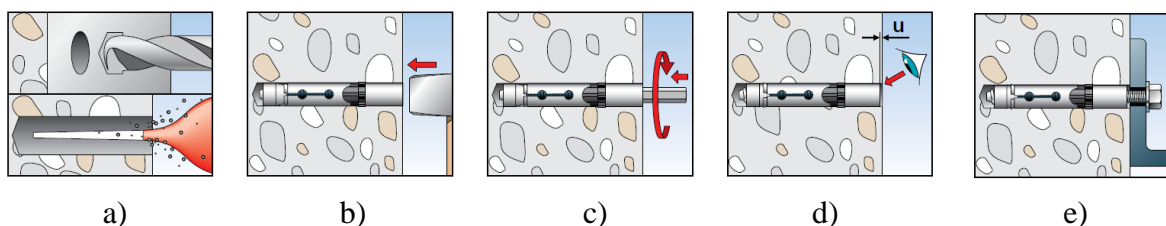


| | d_0 mm | h_0 mm | l mm | u mm | $l_{E, \min}$ mm | $l_{E, \max}$ mm | M | T_{inst} [Nm] |
|----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|-----|--------------------|
| FH II 15/M10 I | 15 | 95 | 90 | 3-5 | 10 + U | 25 | M10 | 25 |

Slika 41. Sidreni vijak FH II-I [17]

Ugradnja ovakvog pričvrstnog sustava izvodi se na sljedeći način [Slika 42]:

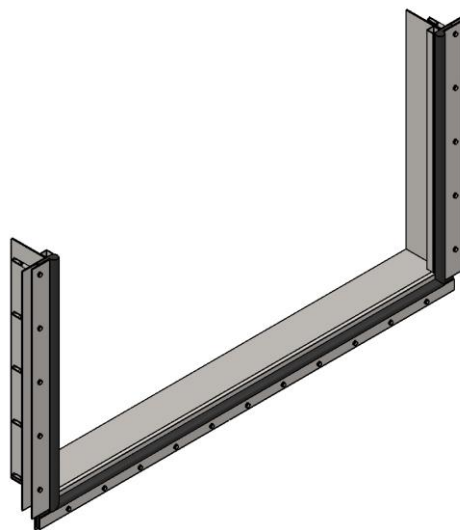
- probušiti rupu i očistiti ju ispuhivanjem
- umetnuti sidreni vijak u rupu
- pritegnuti sidreni vijak da se ukliješti u betonu momentom T_{inst}
- bitno je ugraditi sidro malo ispod vanjskog ruba betona $u=3 - 5$ mm
- metričkim vijkom učvrstiti konstrukciju.



Slika 42. Princip ugradnje sidrenog vijka [17]

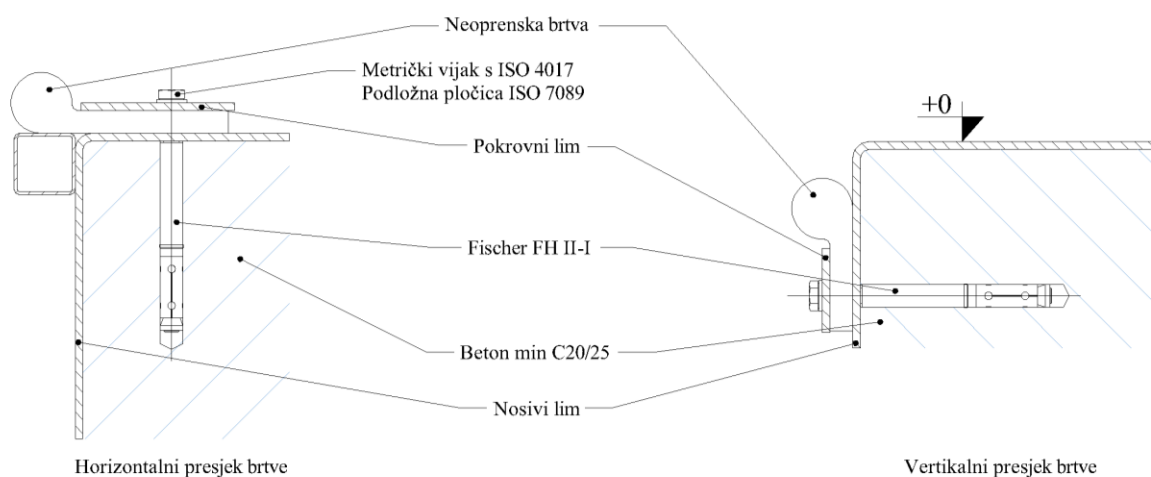
Takvi vijci imaju utor s metričkim navojem koji nakon sidrenja ostaje na raspolaganju. Prednost ovog sustava jest mogućnost naknadnog otpuštanja i ponovnog pritezanja vijaka, što olakšava ugradnju.

Potrebno je ugraditi okvir za brtvu u betonski zid objekta. Za početak je potrebno pozicionirati okvir tako da je vanjska površina, gdje naliježe brtva, okomita.



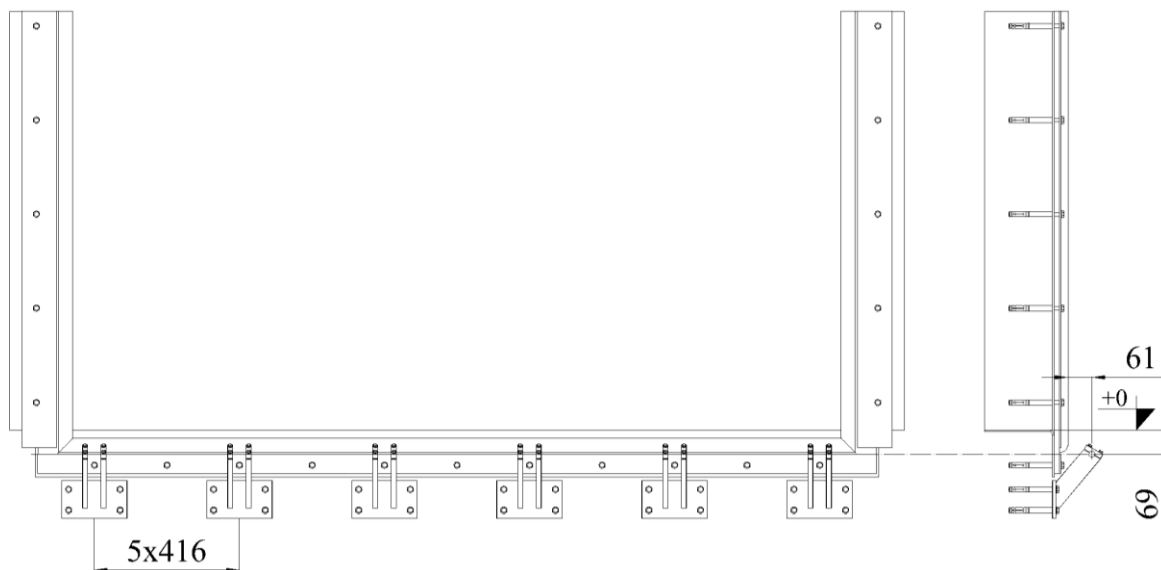
Slika 43. Okvir za brtvu

Brtva oblika muzičke note mora biti u kontinuitetu, a učvršćuje se metričkim vijkom preko pokrovnog lima u sidreni vijak FH II-I [Slika 44].



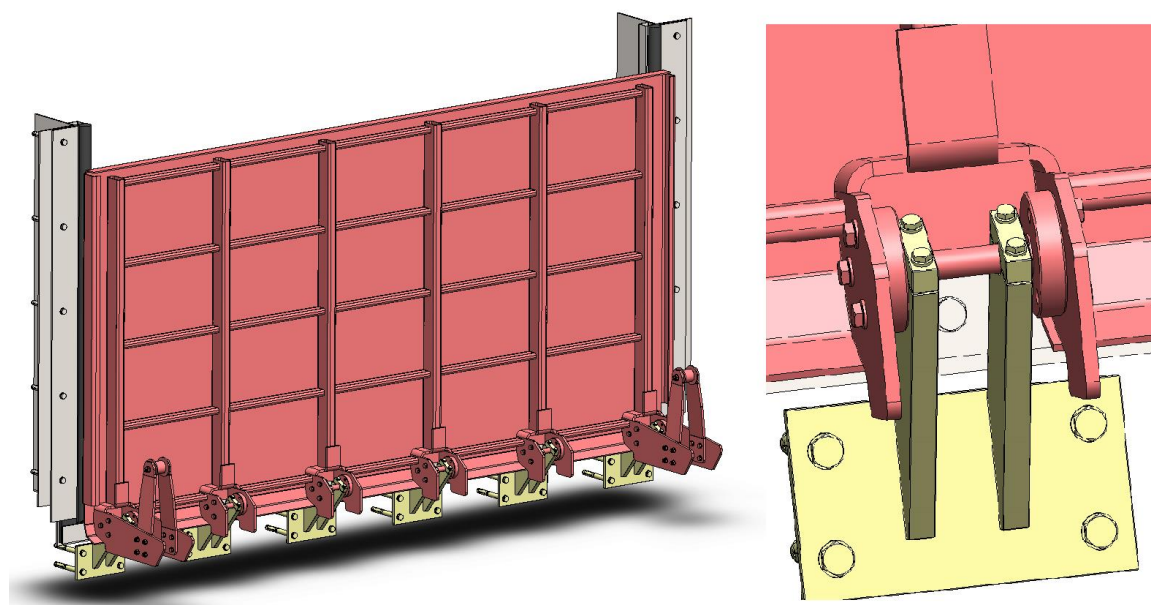
Slika 44. Detalj ugradnje brtve

Zatim slijedi ugradnja šest oslonaca za konstrukciju [Slika 45] svaki s četirima sidrenim vijcima. Bitno je zadržati pravac osi paralelan s okvirom za brtvu i na zadanim udaljenostima. Položaj oslonaca simetrično rasporediti po širini otvora.



Slika 45. Pozicioniranje oslonca konstrukcije

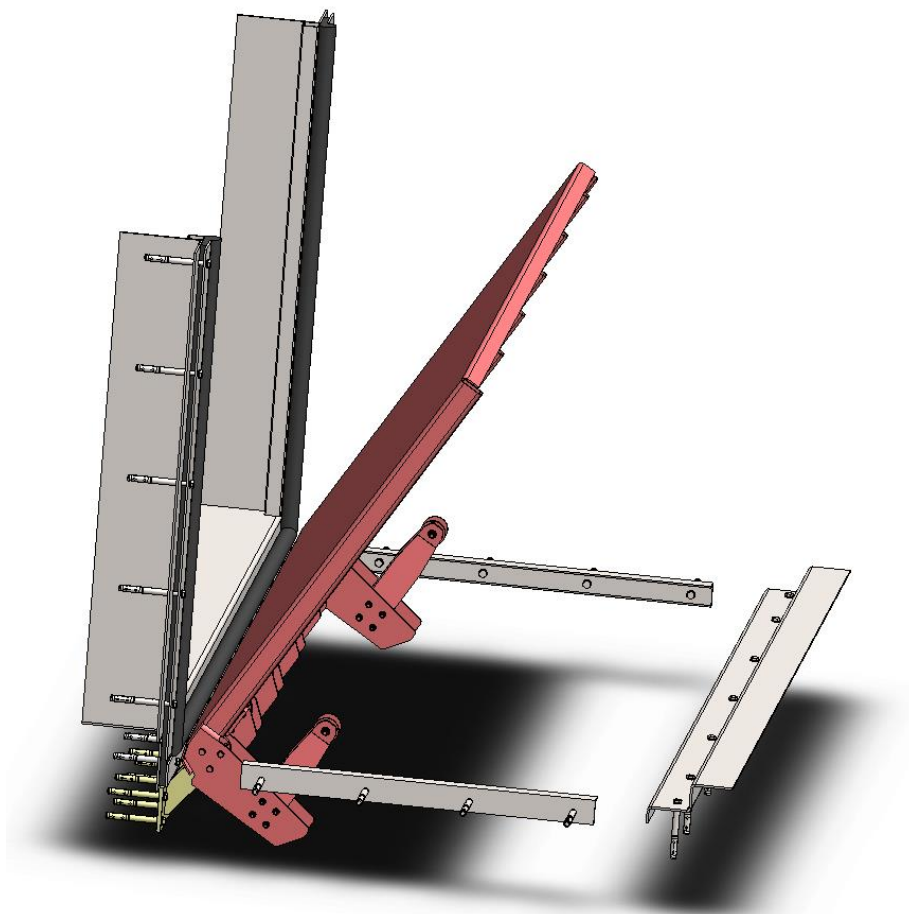
Slijedi ugradnja konstrukcije barijere na kojoj se već nalaze osovine s kliznim ležajevima, ali su labavo učvršćene. Konstrukciju je potrebno spustiti na odgovarajuće oslonce te učvrstiti metričkim vijcima [Slika 46].



Slika 46. Ugradnja konstrukcije barijere

Nužno je provjeriti da je konstrukcija naslonjena na brtve u vertikalnom položaju i zatvaranje/otvaranje. Nakon provjere treba pritegnuti sa svake strane svake osovine po tri metrička vijka koji će stvoriti čvrstu vezu između konstrukcije i čvrste podloge.

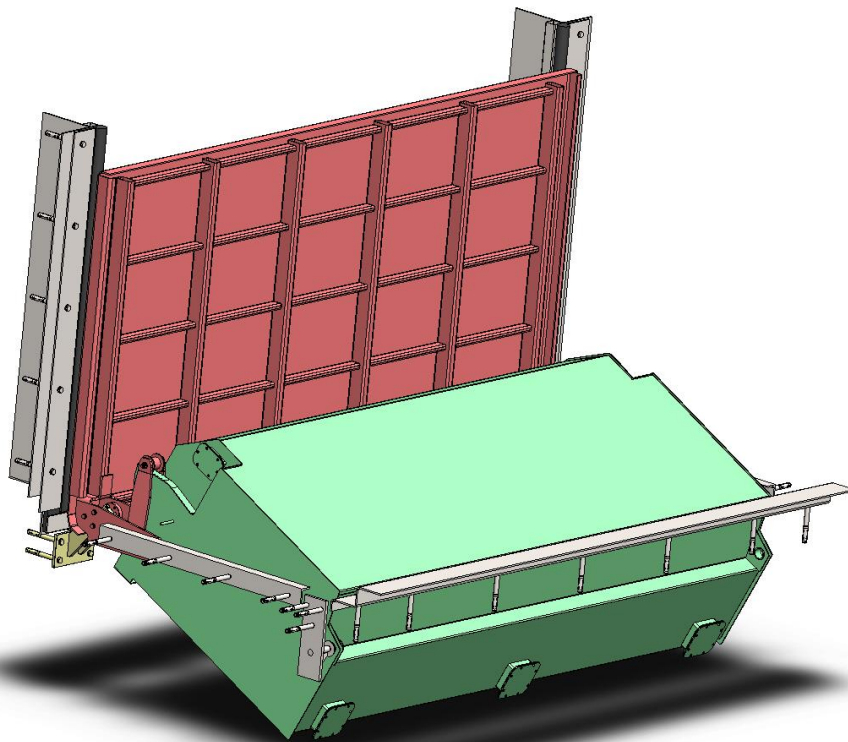
Nakon ugradnje konstrukcije potrebno je ugraditi prednji naslon od savijenog profila i bočne naslone od čeličnog kutnog profila na koje će barijera biti oslonjena dok je spuštena [Slika 47].



Slika 47. Ugradnja naslona

Još preostaje ugradnja spremnika u jamu. Spremnik s osovinama na nosačima sidre se zajedno [Slika 48]. Za ispravan rad sustava potrebno je osovine spremnika ugraditi na zadanim udaljenostima od osi rotacije konstrukcije, za što treba unaprijed učvrstiti sidrene vijke. Horizontalna udaljenost između oslonaca jest 900 mm, a vertikalna 190 mm. Os rotacije spremnika niža je od osi rotacije konstrukcije, ali je sidrenje oslonca spremnika pomaknuto prema gore radi lakše ugradnje.

Potrebno je provjeriti tlači li dovoljno konstrukcija u vertikalnom položaju brtve te jesu li brtve oštećene prilikom ugradnje.



Slika 48. Ugradnja spremnika

Obavezno je potrebno provjeriti otvaranje tako da se ručno zatvori odvodni kanal nepovratnim ventilom i jama napuni vodom. Isto tako bitno je da se sustav automatski vraća u prvobitni položaj nakon ispuštanja vode.

6. ZAKLJUČAK

Nemoć stanovnika i vlasnika pogođenih objekata potaknula je razvoj sustava za obranu od poplava. U drugom poglavlju prikazani su neki od postojećih sustava za zaštitu, poput navedenih:

- povratna zaklopka
- pješačka vrata
- rolo vrata
- sekundarna vrata
- pasivna automatska barijera.

S obzirom na to da se autonomni sustav pasivne barijere čini najzanimljivijim, ovaj rad najviše je značaja posvetio baš njima. Provedeno je vrednovanje između triju koncepata:

- šuplja, translacijska barijera
- šuplja rotacijska barijera
- rotacijska barijera sa spremnikom.

Iako je svaki koncept vrlo interesantan, odabran je koncept barijere sa spremnikom koji je detaljnije opisan. Izveden je analitički proračun primarne i sekundarne grede te lima opterećenih težinom vozila. Rezultati su uspoređeni s onima dobivenim metodom konačnih elemenata, a pokazalo sa da je analitički pristup uvijek na strani sigurnosti. Također su provjereni i zavar u osloncu konstrukcije te klizni ležaj.

Osim provjere sigurnosti elemenata s aspekta čvrstoće, provjerena je i sigurnost dizanja barijere prilikom poplave. Parametri sustava opisani su i predočeni vizualno. Prikazani dijagram vrlo slikovito govori o sigurnosti dizanja.

Za potrebe ugradnje na ulazu u garažu izrađene su upute u petom poglavlju. Jasno je prikazan izgled konstrukcije i ostalih članova sustava te način ugradnje. Dane su bitne mjere te je specificirana vrsta sidrenih vijaka. Bitna karakteristika odabranog pričvrstnog sustava jest mogućnost naknadnog otpuštanja i ponovnog pritezanja vijaka.

Čelična konstrukcija i spremnik izrađeni su od čelika i vruće su pocinčani, a oslonci su izvedeni od nehrđajućeg čelika i polimerne čahure kliznog ležaja. Na kraju rada priloženi su radionički i sklopni crteži.

LITERATURA

- [1] Đurković, Z., Biondić, D., Sitar, S.: Poplave i zaštita od poplava u republici Hrvatskoj i uloga i značenje glavnog centra obrane od poplava, Hrvatske vode Vukovar, 2012.
- [2] cnn.com, zadnja provjera 05. 1. 2017.
- [3] hutterer-lechner.com, zadnja provjera 20. 12. 2016.
- [4] ukfloodbarriers.co.uk, zadnja provjera 20. 12. 2016.
- [5] floodbreak.com, zadnja provjera 20. 12. 2016.
- [6] Euro Inox: Stainless Steel in Contact with Other Metallic Materials, Euro Inox Brussels, 2009
- [7] European Committee for Standardisation: EUROPEAN STANDARD EN 10219-1:2006 – Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 1: Technical delivery conditions, CEN Brussels, 2006
- [8] European Committee for Standardisation: EUROPEAN STANDARD EN 1993-8-1:2006 – Eurocode 3: Design of steel structures, CEN Brussels, 2006
- [9] Artega, L., Krmela, J., Beneš, L., Krmelova, V.: , Richard G. Statical Experiments of Tire as Complex Long-Fibre Composite for Obtaining Material Parameters and Deformation Characteristics, McGraw-Hill USA, 2002
- [10] Young, C., Richard G. Budynas: Roark's Formulas for stress and Strain – Seventh Edition, McGraw-Hill USA, 2002
- [11] European Committee for Standardisation: EUROPEAN STANDARD EN 10025-2:2004 – Hot rolled products of structural steels – Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels, CEN Brussels, 2006
- [12] igus.eu, zadnja provjera 20.12.2016.
- [13] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [14] European Committee for Standardisation: EUROPEAN STANDARD EN 10088-5:2009 – Stainless steels – Part 5: Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes, CEN Brussels, 2009
- [15] European Committee for Standardisation: EUROPEAN STANDARD EN 10088-4:2009 – Stainless steels – Part 4: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes, CEN Brussels, 2009

[16] Trelleborg: Rubber Seals & Hydraulic Waterstops, Trelleborg Queensland, 2015

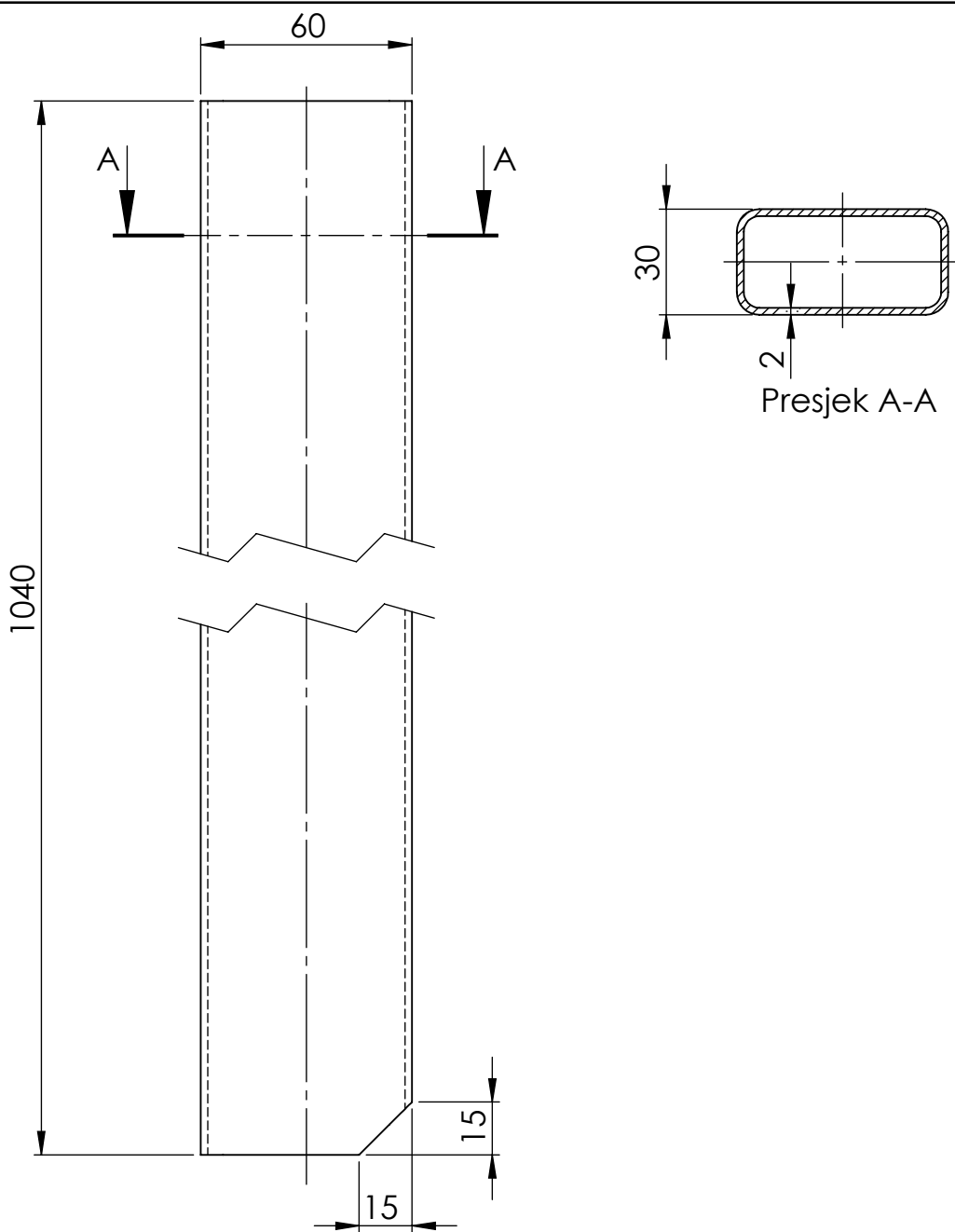
[17] fischer.de/en/, zadnja provjera 05.01.2017.

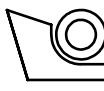
[18] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.

[19] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.

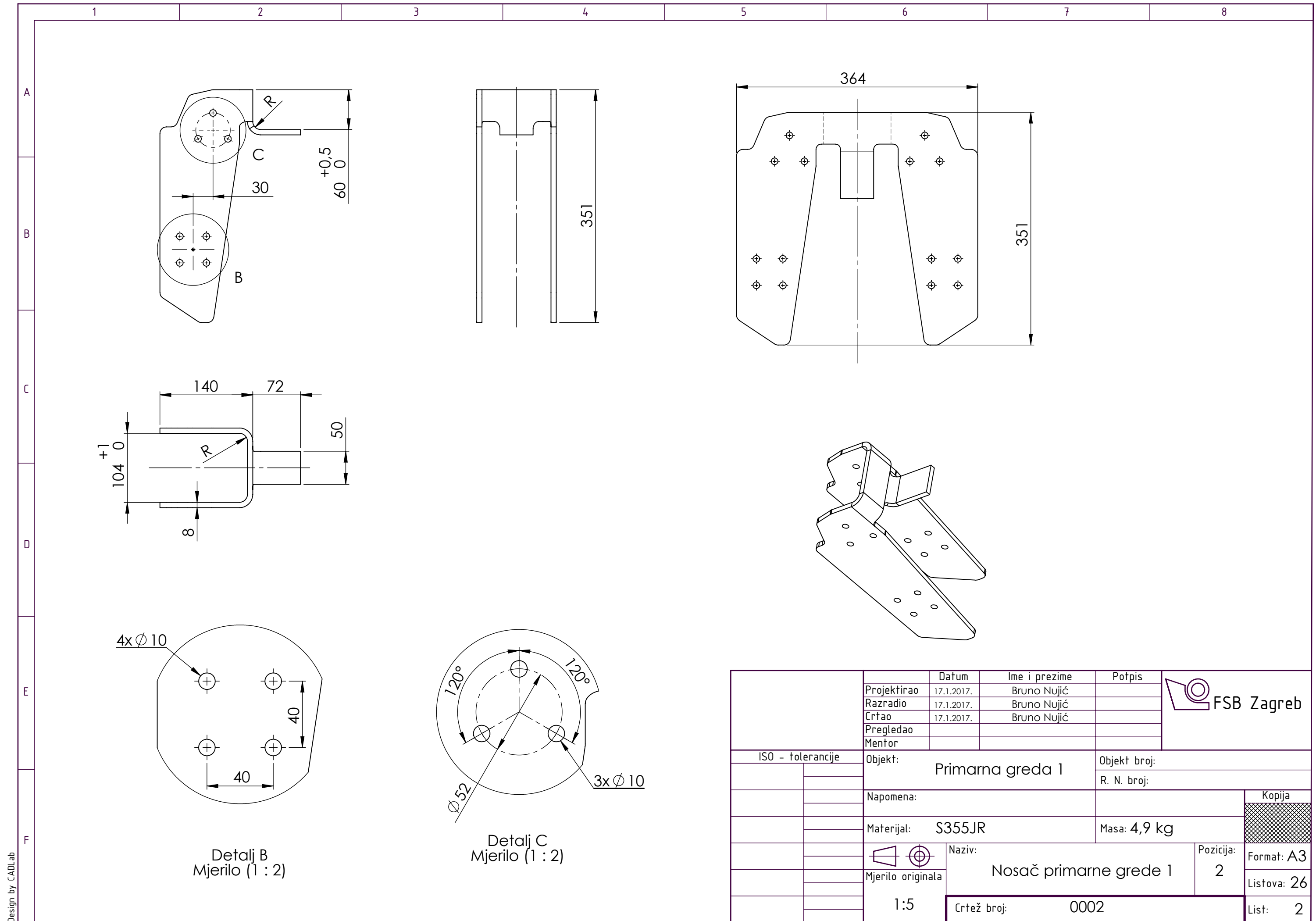
PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



| | | | | | | |
|-------------------|--|------------|---------------|------------------|---|-------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb | |
| | Projektirao | 16.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Razradio | 16.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Crtao | 16.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Pregledao | | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Primarna greda 1 | | | Objekt broj: | | |
| | | | | R. N. broj: | | |
| | Napomena: | | | | Kopija | |
| | Materijal: S355NH | | | Masa: 2,8 kg | | |
| |  Naziv: Cijev 60x30x2 | | | Pozicija: 1 | | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | | | Listova: 26 |
| | 1:2 | | | Crtež broj: 0001 | | List: 1 |

Design by CADLab

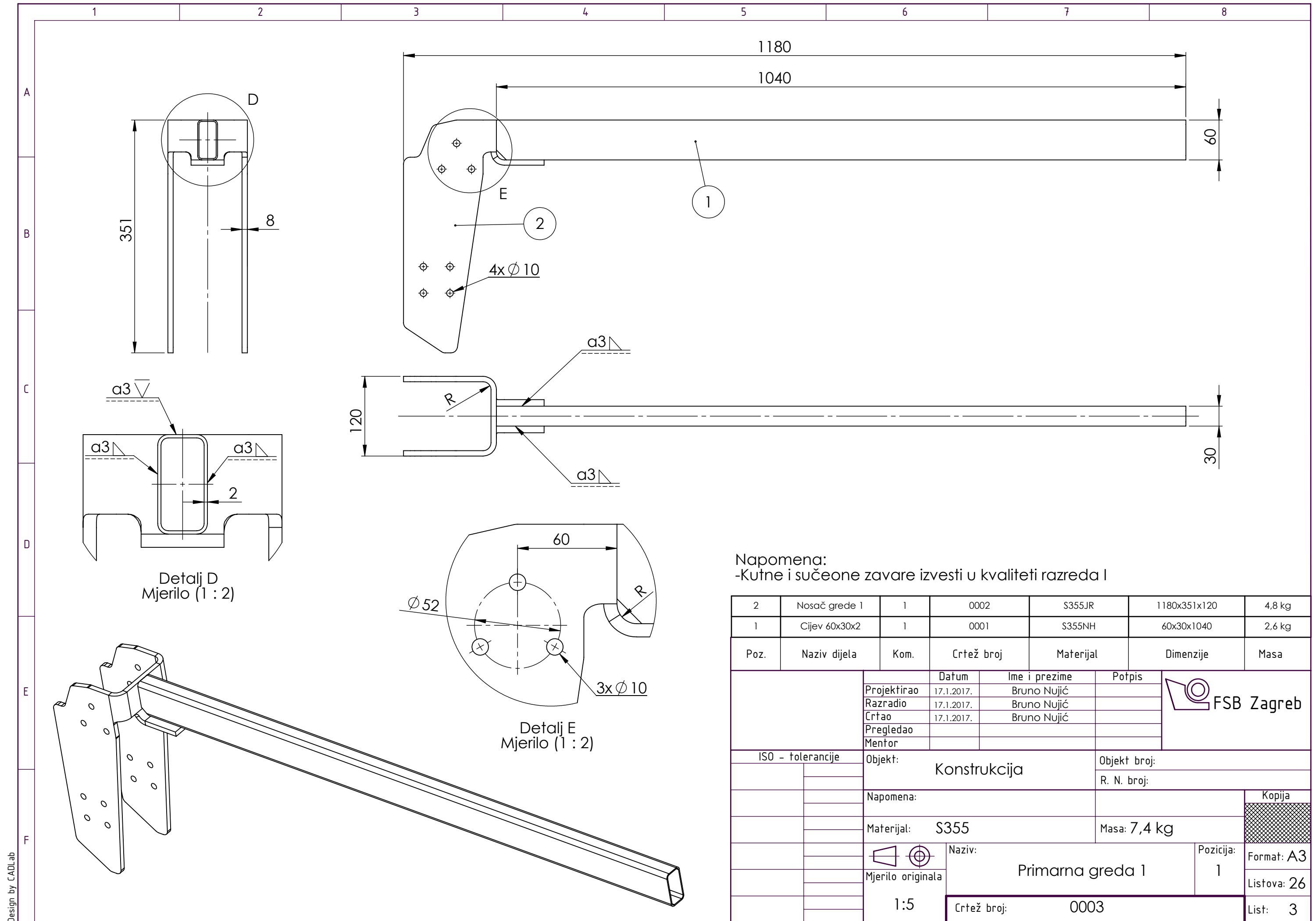


Detalj B
Mjerilo (1 : 2)

Detalj C
Mjerilo (1 : 2)

| | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|-------------|
| | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Pregledao | | | | |
| Mentor | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | Primarna greda 1 | Objekt broj: | |
| | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | Kopija |
| | Materijal: | S355JR | Masa: 4,9 kg | |
| | Mjerilo originala | 1:5 | Naziv: | Format: A3 |
| | | | Nosač primarne grede 1 | Listova: 26 |
| | | | Crtež broj: 0002 | List: 2 |





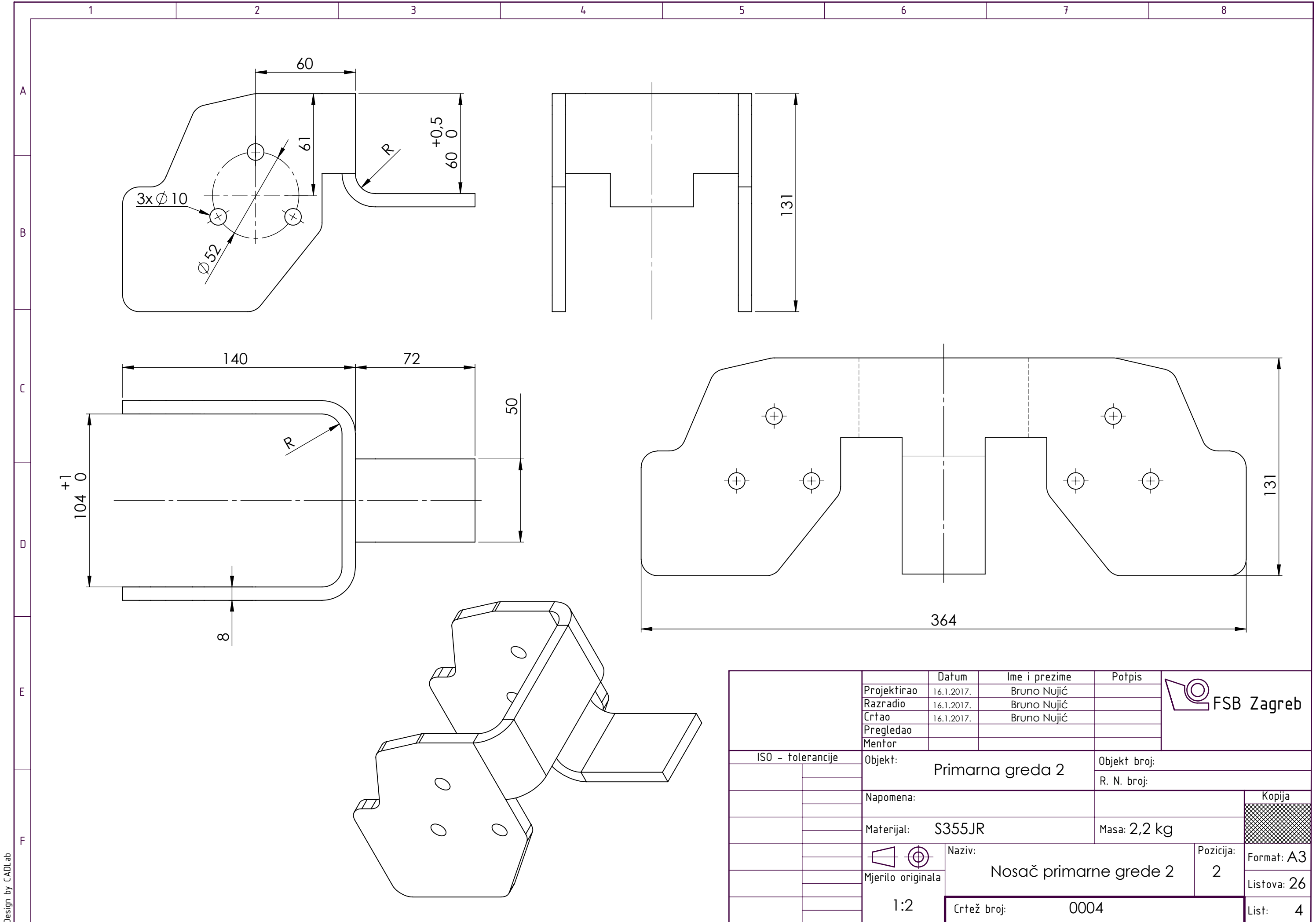
Napomena:
 -Kutne i sučeone zavare izvesti u kvaliteti razreda I

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|---------------|------|------------|-----------|--------------|--------|
| 2 | Nosač grede 1 | 1 | 0002 | S355JR | 1180x351x120 | 4,8 kg |
| 1 | Cijev 60x30x2 | 1 | 0001 | S355NH | 60x30x1040 | 2,6 kg |

| | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------------|---------------|--------|---------------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | | Projektirao | Bruno Nujić | | |
| | | Razradio | Bruno Nujić | | |
| | | Crtao | Bruno Nujić | | |
| | | Pregledao | | | |
| | | Mentor | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Konstrukcija | | | Objekt broj: |
| | | | | | R. N. broj: |
| | | Napomena: | | | Kopija |
| | | Materijal: S355 | | | Masa: 7,4 kg |
| | | Naziv: Primarna greda 1 | | | Pozicija: 1 |
| | | Mjerilo originala: 1:5 | | | Format: A3 |
| | | Crtež broj: 0003 | | | Listova: 26 |
| | | | | | List: 3 |



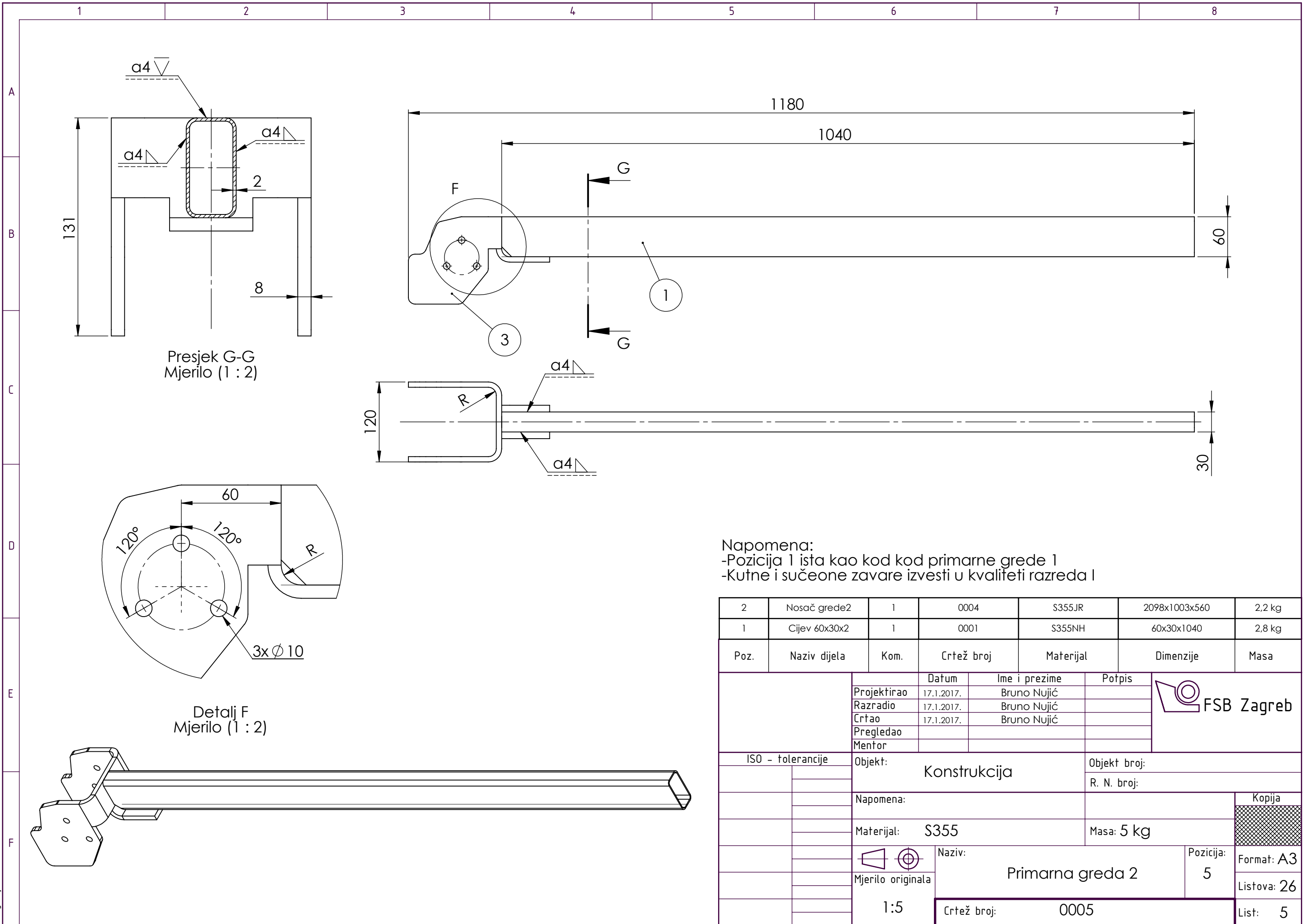
Design by CADLab



Design by CADLab

| | | | | | |
|-------------------|--------------------------|------------|---------------|--|--|
| | Projektirao | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | Razradio | 16.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 16.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| | Mentor | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Primarna greda 2 | | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | Kopija | |
| | Materijal: S355JR | | | Masa: 2,2 kg | |
| | Mjerilo originala | | | Naziv: Nosáč primarne grede 2 | |
| | 1:2 | | | Pozicija: 2 Format: A3 Listova: 26 | |
| | Crtež broj: 0004 | | | List: 4 | |





Presjek G-G
Mjerilo (1 : 2)

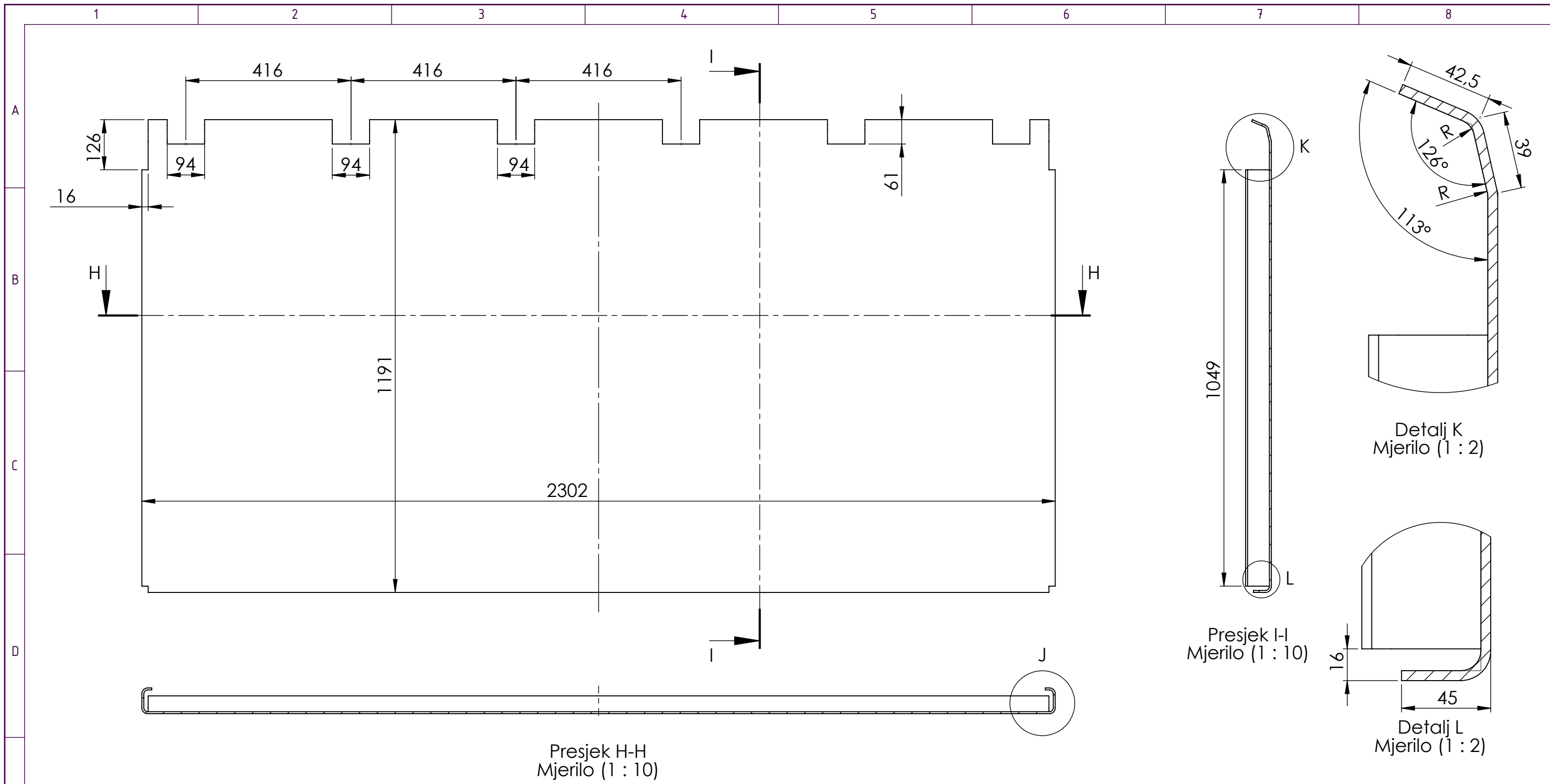
Detalj F
Mjerilo (1 : 2)

Napomena:
 -Pozicija 1 ista kao kod kod primarne grede 1
 -Kutne i suceone zavare izvesti u kvaliteti razreda I

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtez broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|---------------|------|------------|-----------|---------------|--------|
| 2 | Nosač grede2 | 1 | 0004 | S355JR | 2098x1003x560 | 2,2 kg |
| 1 | Cijev 60x30x2 | 1 | 0001 | S355NH | 60x30x1040 | 2,8 kg |

| | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------------|---------------|--------------------|--|
| Projektirao | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Razradio | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Crtao | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Pregledao | | | | | |
| Mentor | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Konstrukcija | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | | Napomena: | | Kopija | |
| | | Materijal: S355 | | Masa: 5 kg | |
| | | Naziv: Primarna greda 2 | | Pozicija: 5 | |
| | | Mjerilo originala: 1:5 | | Format: A3 | |
| | | Crtez broj: 0005 | | Listova: 26 | |
| | | | | List: 5 | |





Presjek H-H
Mjerilo (1 : 10)

Presjek I-I
Mjerilo (1 : 10)

Detalj K
Mjerilo (1 : 2)

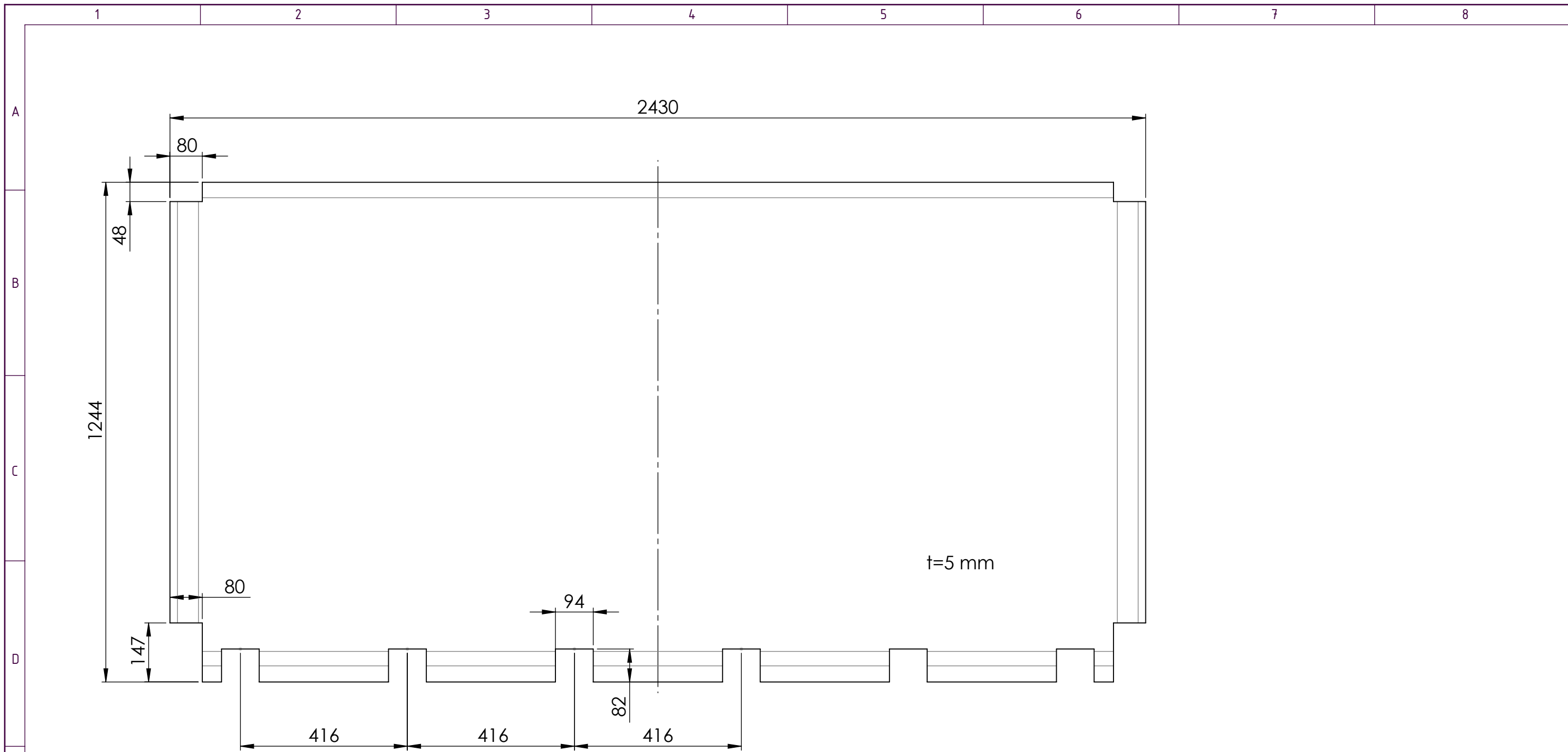
Detalj L
Mjerilo (1 : 2)

Detalj J
Mjerilo (1 : 2)

Napomena:
-razvijeni plašt lima prikazan je na crtežu broj: 0007

| | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------|---------------|--------------|------------|
| | Projektirao | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| | Mentor | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | | Konstrukcija | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | |
| | Materijal: | S355JR | Masa: 92,3 kg | | |
| | Naziv: | | Lim | Pozicija: | |
| | Mjerilo originala | | 1:20 | 3 | Format: A3 |
| | Crtež broj: | | 0006 | Listova: 26 | List: 6 |



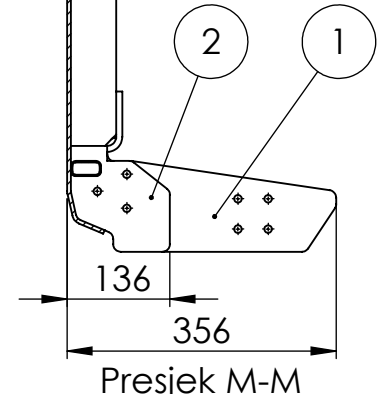
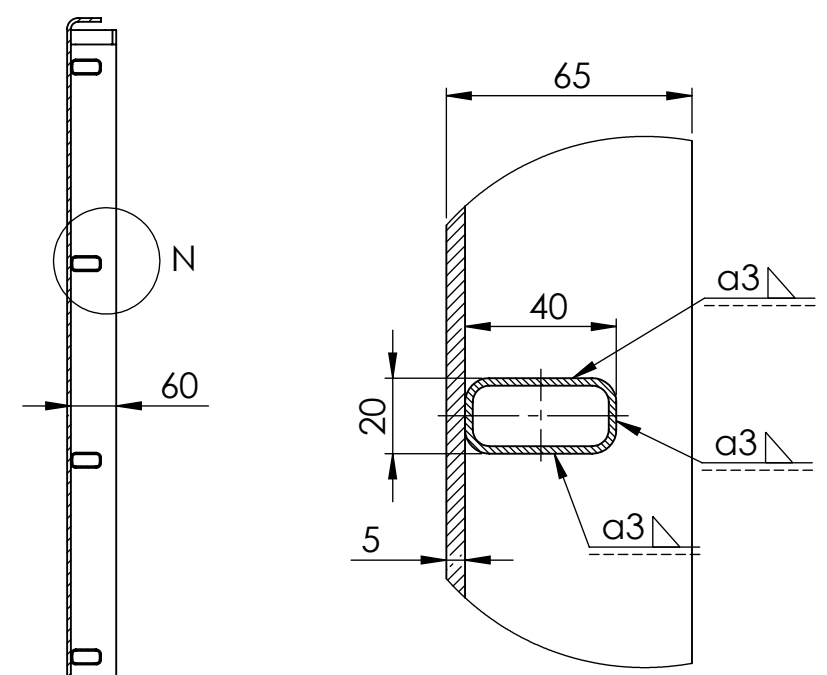
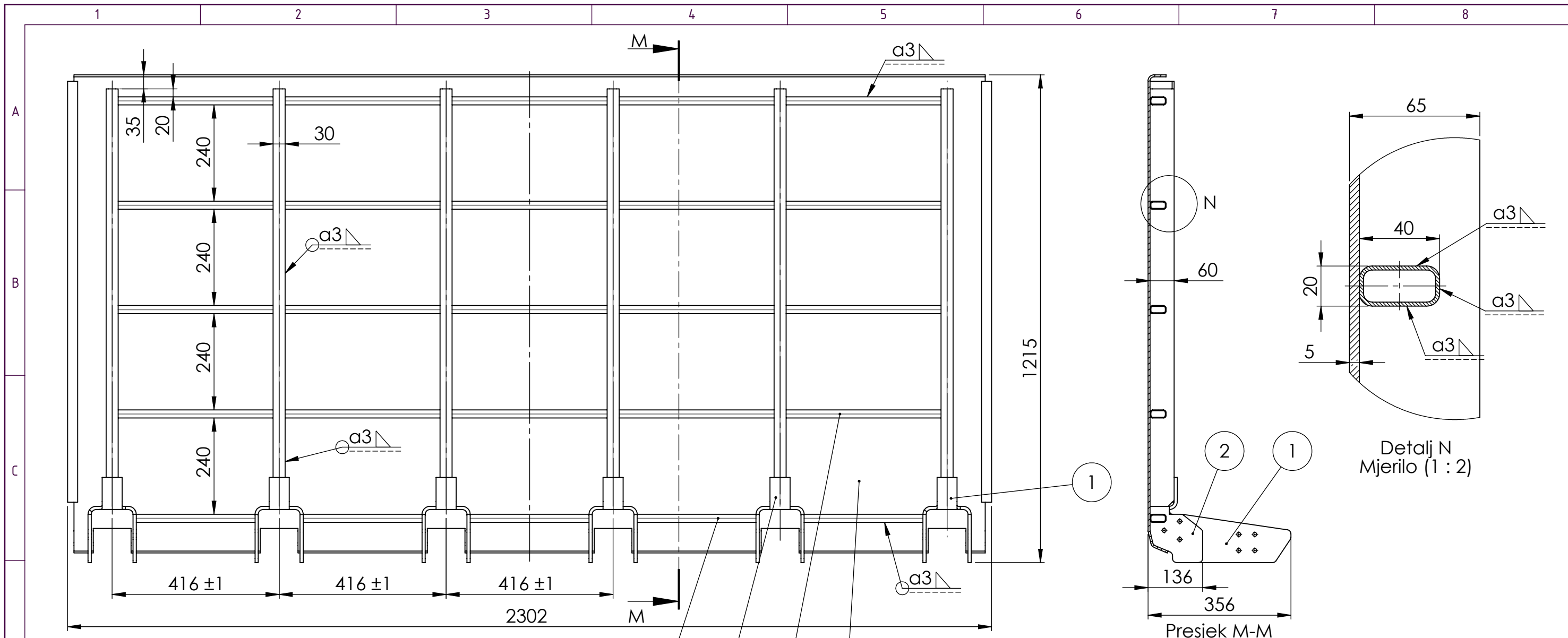


t=5 mm

Napomena:
-ovaj nacrt predstavlja razvijeni plašt lima (crtež broj: 0006)

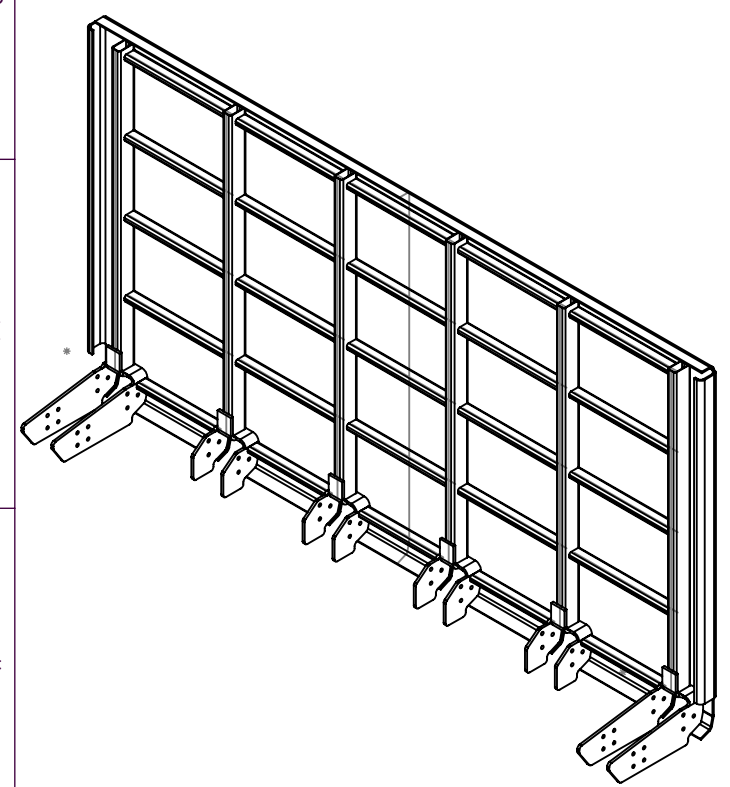
| | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------|---------------|-----------------------|--------------|
| | Projektirao | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| | Mentor | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | | Konstrukcija | | Objekt broj: |
| | | | | | R. N. broj: |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: | | S355JR | Masa: 92,3 kg | |
| | Mjerilo originala | | 1:10 | Naziv: | |
| | | | | Lim - razvijeni plašt | Pozicija: |
| | | | | 3 | Format: A3 |
| | | | | Crtež broj: 0007 | Listova: 26 |
| | | | | | List: 7 |



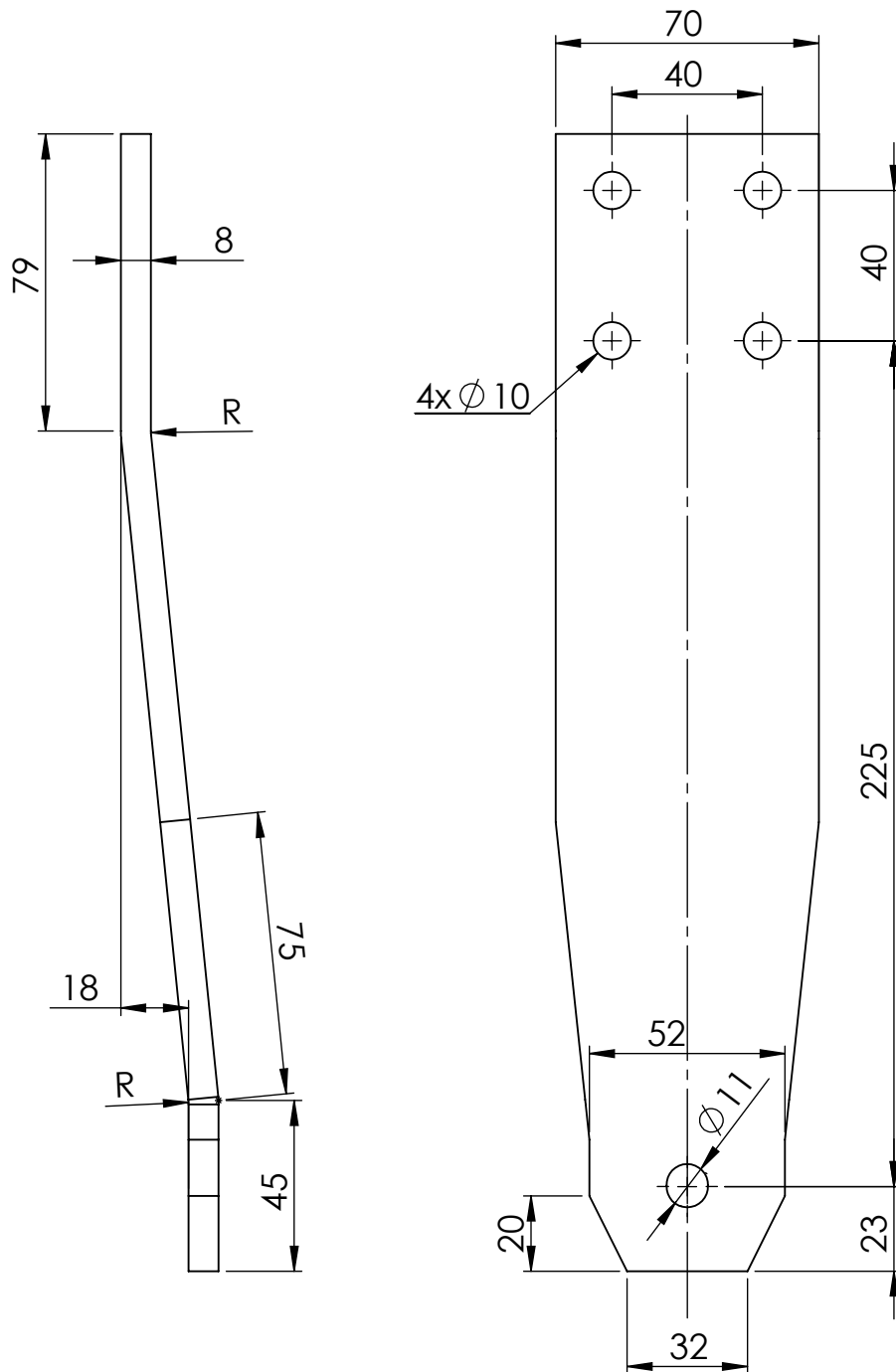


| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|------------------|------|------------|-----------|--------------|---------|
| 5 | Cijev 40x20x2 | 5 | - | S355NH | 40x20x296 | 0,5 kg |
| 4 | Cijev 40x20x2 | 20 | - | S355NH | 40x20x386 | 0,6 g |
| 3 | Lim | 1 | 0006 | S355JR | S550MC | 92,3 kg |
| 2 | Primarna greda 2 | 4 | 0005 | S355 | 1180x135x120 | 5 kg |
| 1 | Primarna Greda 1 | 2 | 0003 | S355 | 1180x355x120 | 7,4 kg |

Napomena:
 -Sve dostupne spojeve zavariti u kvaliteti razreda I, s visinom zavora a=3 mm
 -vruće pocinčati konstrukciju prema EN ISO 1461



| | | | | | |
|-----------------------|--|----------------------------|---------------|--------------|--|
| Projektirao | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Razradio | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Crtao | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Pregledao | | | | | |
| Mentor | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sklop konstrukcije | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| Napomena: | | | | Kopija | |
| Materijal: S355 | | | | Masa: 141 kg | |
| Mjerilo originala | | Naziv: Konstrukcija | | Pozicija: 1 | |
| 1:10 | | Crtež broj: 0008 | | Format: A3 | |
| | | | | Listova: 26 | |
| | | | | List: 8 | |



Napomena:

-Sve oštre rubove zaobliti s minimalnim radijusom $R=3$ mm

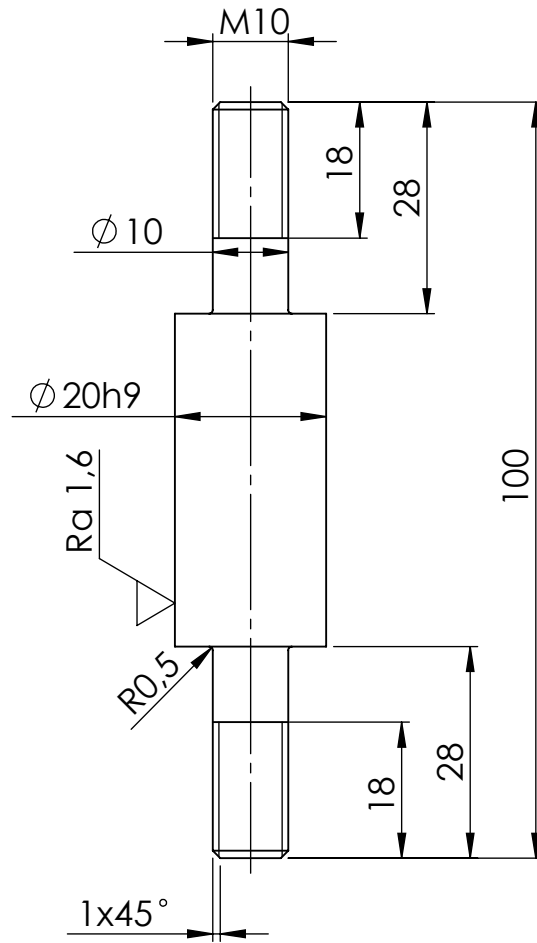
-vruće pocinčati poziciju prema EN ISO 1461

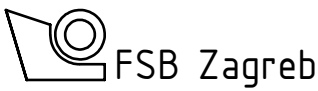
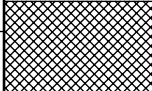

| | | | | | |
|-------------------|--|------------------|---------------|--------|--|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | Sklop ruke | | | Objekt broj: |
| | | | | | R. N. broj: |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: | S355JR | | | Masa: 1,2 kg |
| |  Mjerilo originala | Naziv: | | | Pozicija: |
| | 1:2 | Ruka | | | 7 |
| | | Crtež broj: 0009 | | | Format: A4 |
| | | | | | Listova: 26 |
| | | | | | List: 9 |

Design by CADLab



Ra 1,6 / Ra 3,2

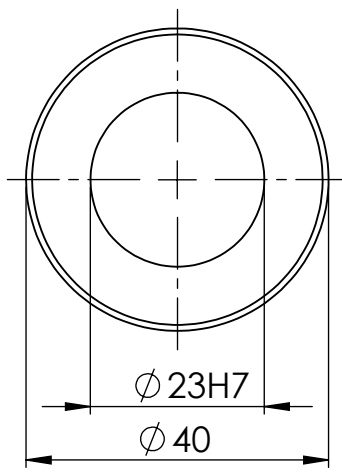
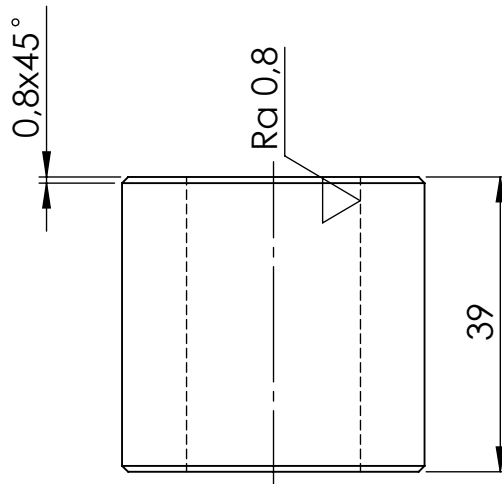


| | | | | | |
|-----------------------|---|------------------|---------------|--------------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | Sklop ruke | | Objekt broj: | |
| $\varnothing 20_{h9}$ | 0 -0,052 | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: | 0,1 kg |  |
| |   | Naziv: | | Pozicija: | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | Osovina ruke | | 6 | Listova: 26 |
| | 1:1 | Crtež broj: 0010 | | | List: 10 |

Design by CADLab

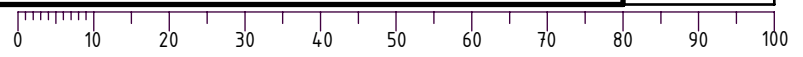
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

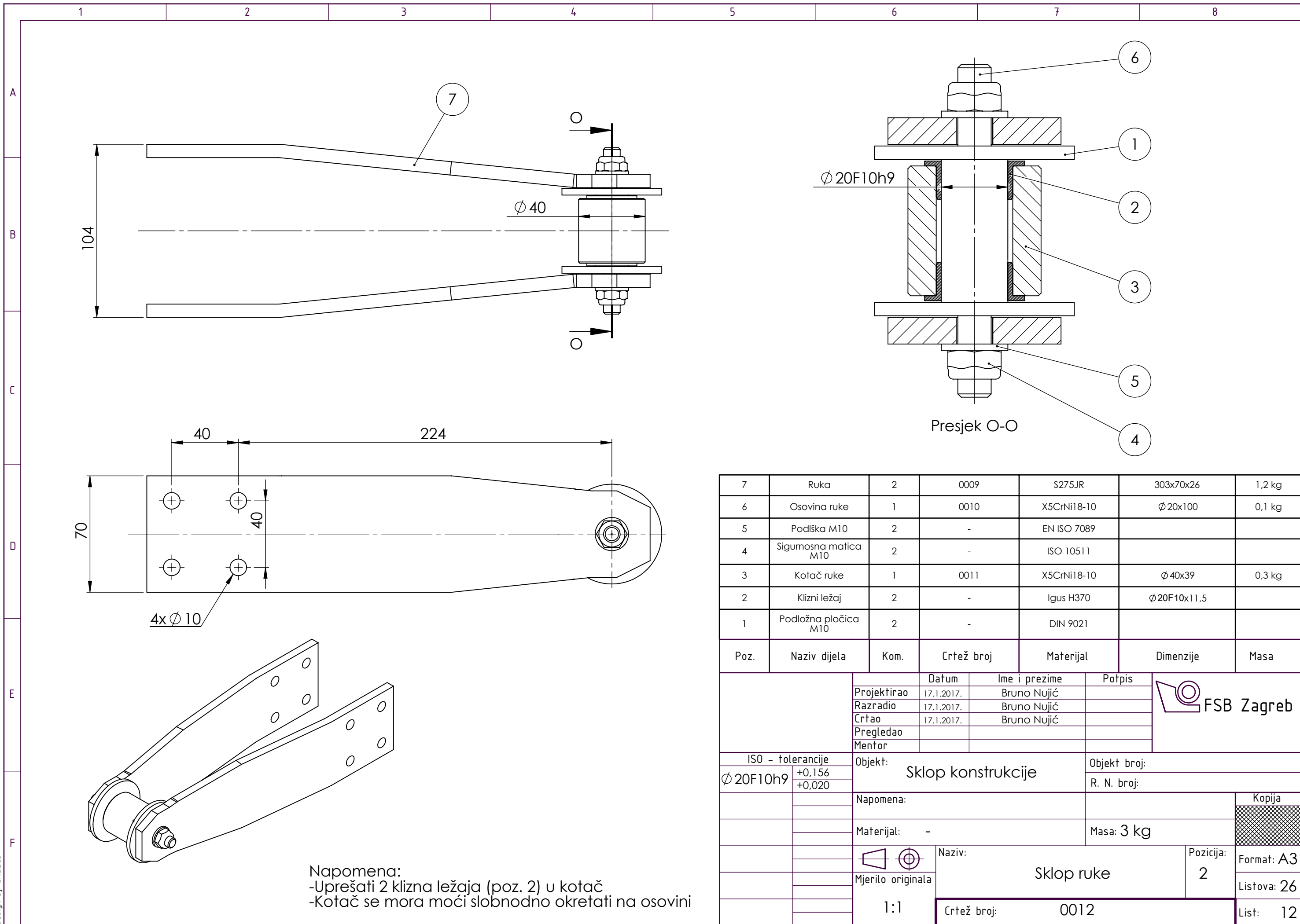
Ra 0,8 / Ra 1,6



Design by CADLab

| | | | | | |
|-------------------|-------------|--|---------------|--------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sklop ruke | | | Objekt broj: |
| Ø 23H7 | +0,021 0 | | | | R. N. broj: |
| | | Napomena: | | | Kopija |
| | | Materijal: X5CrNi18-10 | | | Masa: 0,3 kg |
| | |  Naziv: | | | Pozicija: |
| | | Mjerilo originala | | | 3 |
| | | 1:1 | | | Format: A4 |
| | | Crtež broj: 0011 | | | Listova: 26 |
| | | | | | List: 11 |



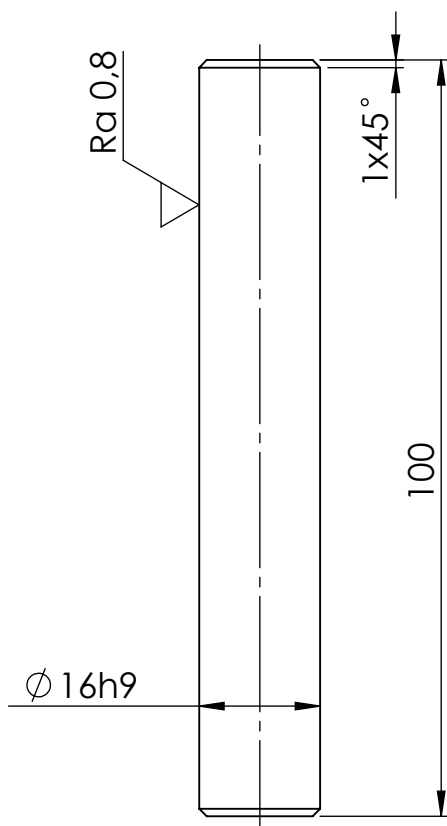


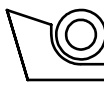

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|-----------------------|------|------------|-------------|-------------|--------|
| 7 | Ruka | 2 | 0009 | S275JR | 303x70x26 | 1,2 kg |
| 6 | Osovina ruke | 1 | 0010 | X5CrNi18-10 | Ø20x100 | 0,1 kg |
| 5 | Podložka M10 | 2 | - | EN ISO 7089 | | |
| 4 | Sigurnosna matica M10 | 2 | - | ISO 10511 | | |
| 3 | Kotač ruke | 1 | 0011 | X5CrNi18-10 | Ø40x39 | 0,3 kg |
| 2 | Klizni ležaj | 2 | - | Igus H370 | Ø20F10x11,5 | |
| 1 | Podložna pločica M10 | 2 | - | DIN 9021 | | |

| | | | | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|---------------|--------------|--|
| Projektirao | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Razradio | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Crtao | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Pregledao | | | | | |
| Mentor | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Sklop konstrukcije | | Objekt broj: | |
| Ø20F10h9 | +0,156 +0,020 | | | R. N. broj: | |
| | | Napomena: | | Masa: 3 kg | |
| | | Materijal: - | | Kopija | |
| | | Naziv: Sklop ruke | | Format: A3 | |
| | | Mjerilo originala | | Listova: 26 | |
| | | 1:1 | | List: 12 | |
| | | Crtež broj: 0012 | | | |

Napomena:
 -Uprešati 2 klizna ležaja (poz. 2) u kotač
 -Kotač se mora moći slobodno okretati na osovini

Ra 0,8 / Ra 1,6

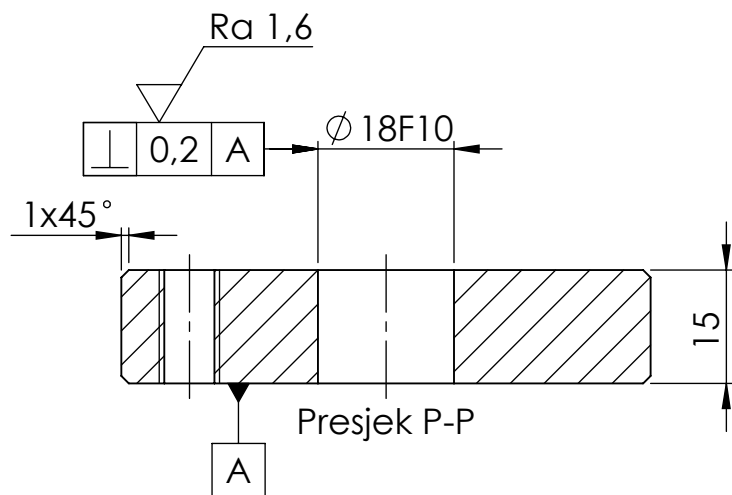
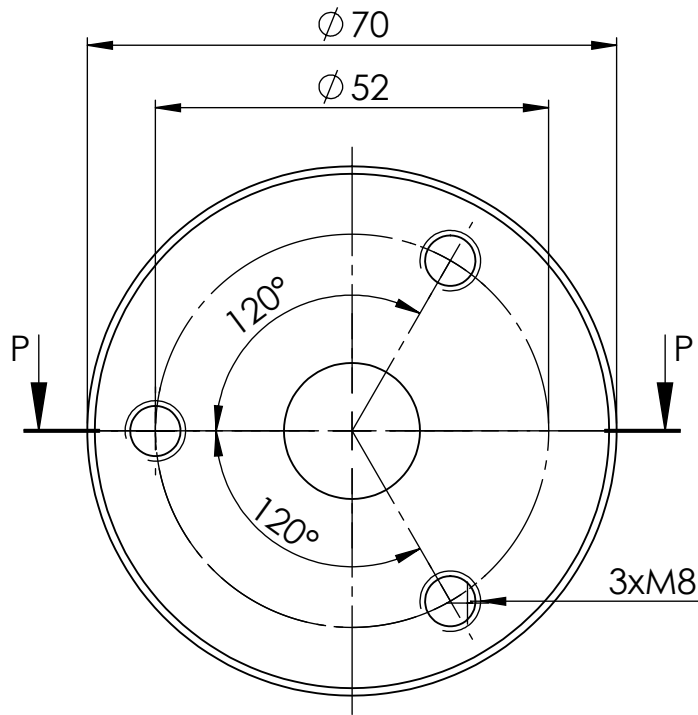


| | | | | | | |
|-------------------|---|-----------------------------|---------------|--------------|---|-------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb | |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Pregledao | | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Sklop osovine | | | Objekt broj: | | |
| $\phi 16h9$ | 0 -0,043 | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija | |
| | Materijal: X5CrNi18-10 | | | Masa: 0,2 kg | | |
| |  | Naziv: Osovina konstrukcije | | Pozicija: 1 | | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | | | Listova: 26 |
| | 1:1 | Crtež broj: 0013 | | | | List: 13 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

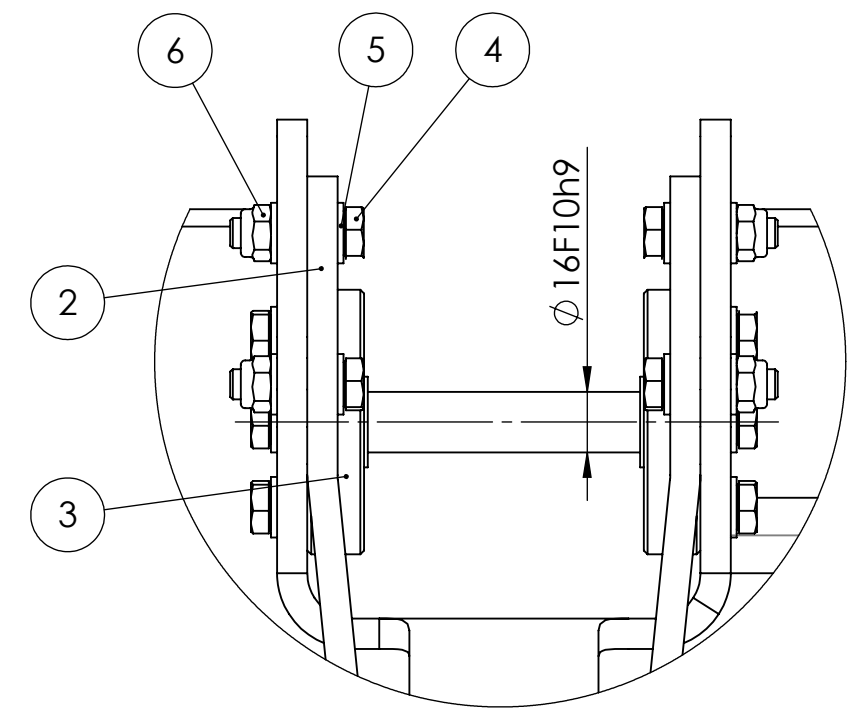
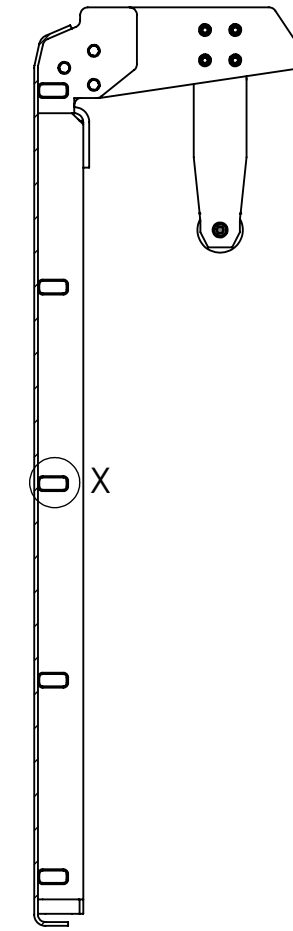
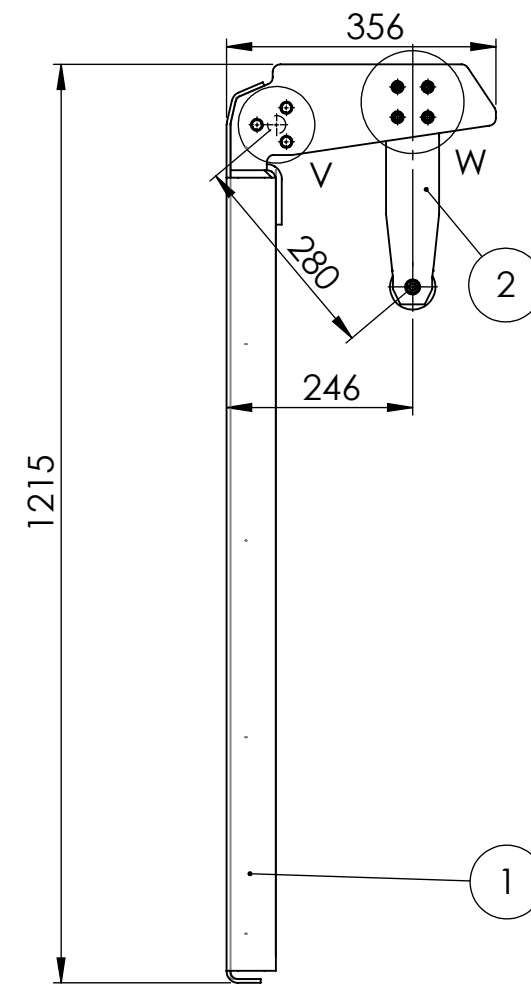
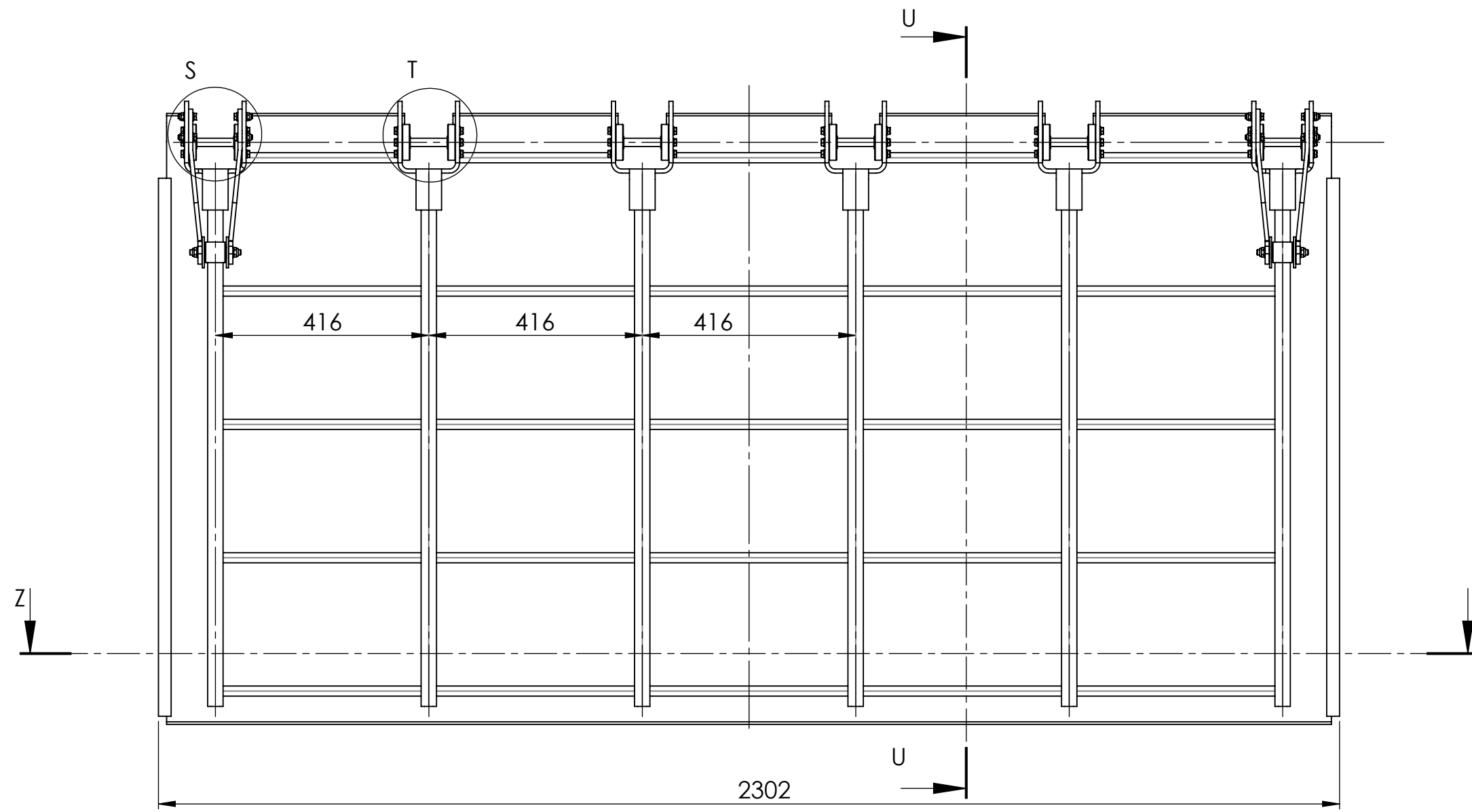
Ra 1,6 / Ra 3,2



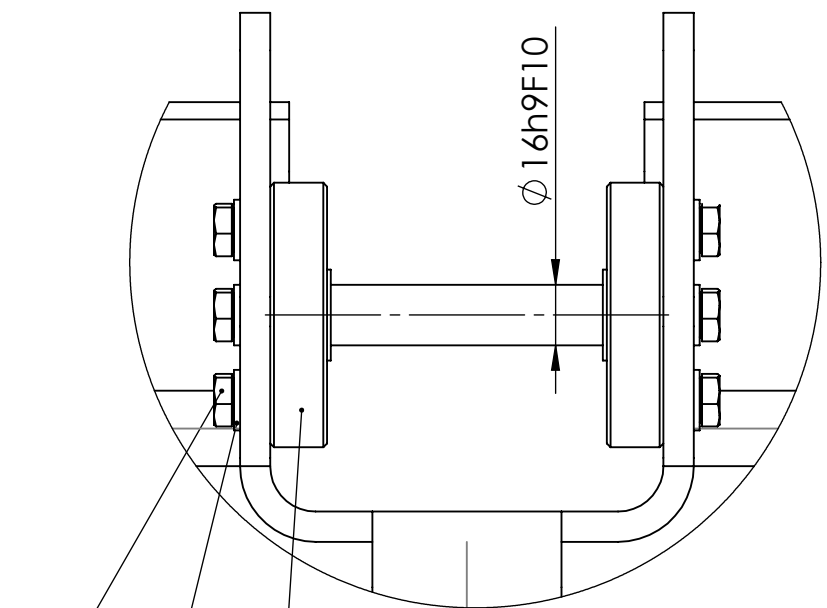
| | | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | | Projektirao | Bruno Nujić | | |
| | | Razradio | Bruno Nujić | | |
| | | Crtao | Bruno Nujić | | |
| | | Pregledao | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | Sklop osovine | | Objekt broj: | |
| $\phi 18F10$ | +0,086 +0,016 | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: | 0,4 kg | |
| | | Naziv: | | Pozicija: | |
| | | Naslom osovine | | 3 | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | | Listova: 26 |
| | 1:1 | Crtež broj: | 0014 | | List: 14 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



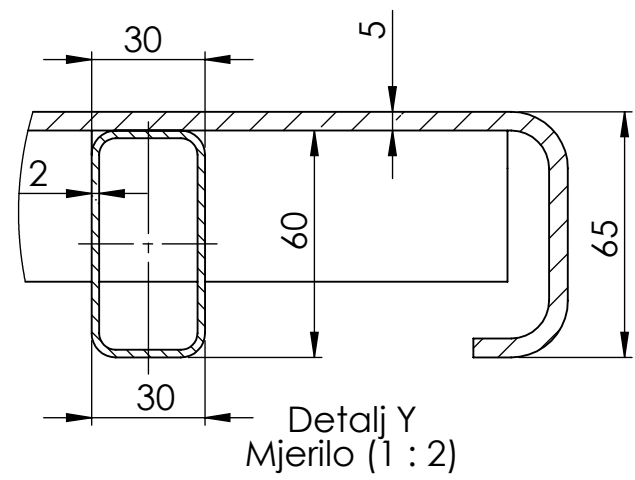
Detalj S
Mjerilo (1 : 2)



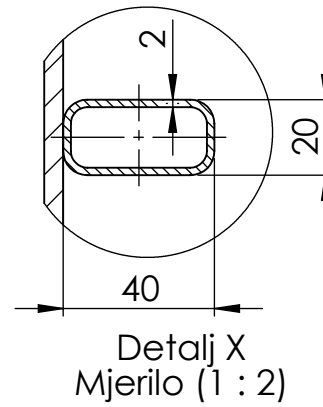
Detalj T
Mjerilo (1 : 2)



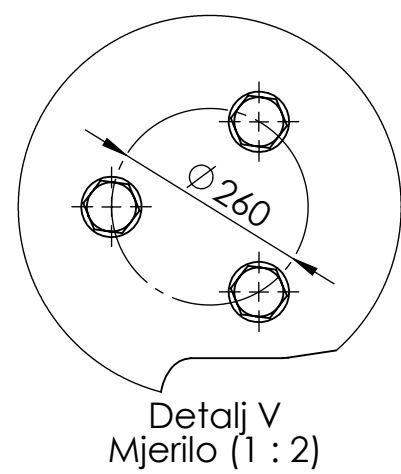
Presjek Z-Z



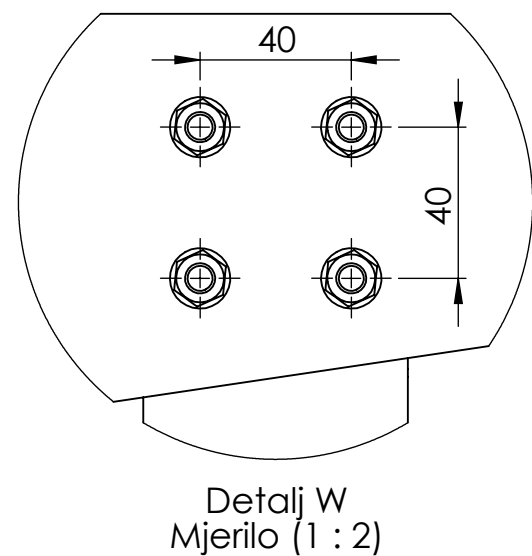
Detalj Y
Mjerilo (1 : 2)



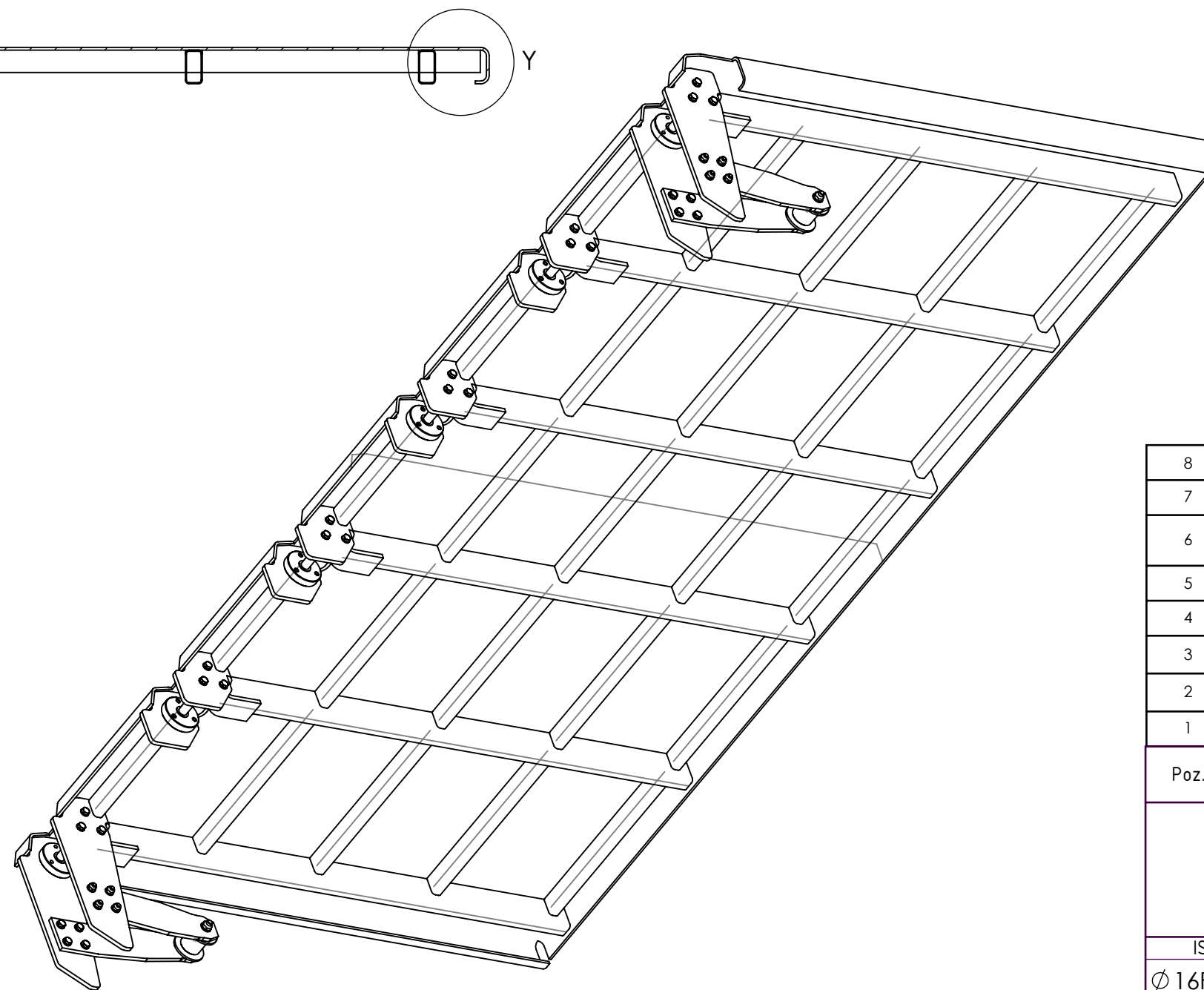
Detalj X
Mjerilo (1 : 2)



Detalj V
Mjerilo (1 : 2)



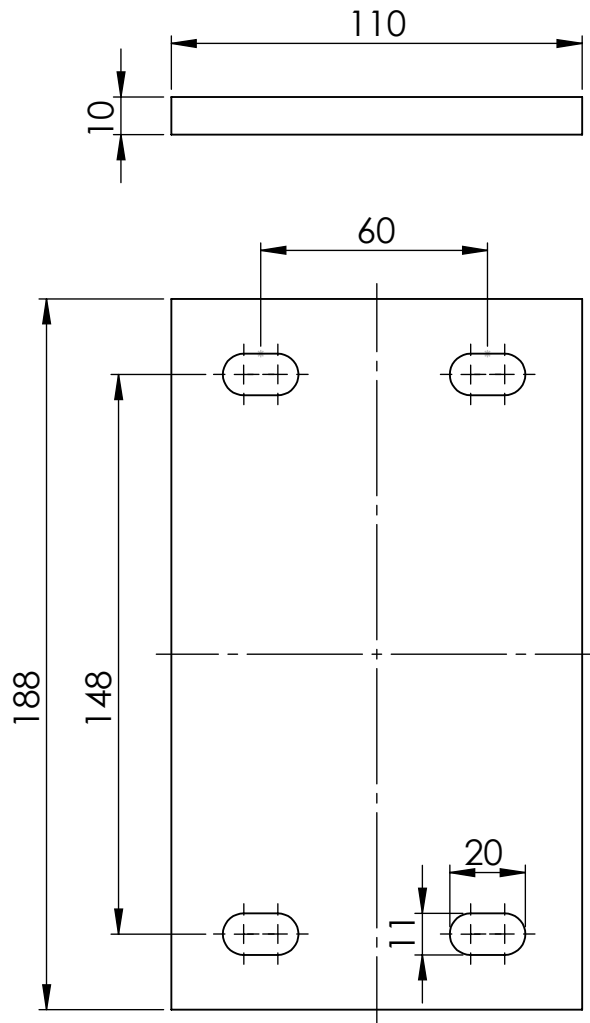
Detalj W
Mjerilo (1 : 2)



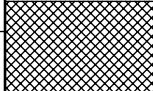
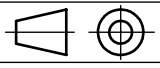
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|----------------------|------|------------|-------------|---------------|--------|
| 8 | Podloška M8 A2 | 36 | - | EN ISO 7089 | | |
| 7 | Vijak M8x20 A2 | 36 | - | ISO 4017 | | |
| 6 | Sigurnosna matica M8 | 16 | - | DIN 980 | | |
| 5 | Podloška M8 | 16 | - | EN ISO 7089 | | |
| 4 | Vijak M8x30 8.8 | 16 | - | ISO 4017 | | |
| 3 | Sklop osovine | 6 | 0015 | X5CrNi18-10 | Ø70x104 | 1 kg |
| 2 | Sklop ruke | 2 | 0012 | - | 309x104x70 | 3 kg |
| 1 | Konstrukcija | 1 | 0008 | S355 | 2292x1214x355 | 141 kg |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------|--|--------------|--|
| Projektirao: 17.1.2017. Bruno Nujić | | Ime i prezime | | Potpis | |
| Razradio: 17.1.2017. Bruno Nujić | | Bruno Nujić | | FSB Zagreb | |
| Crtao: 17.1.2017. Bruno Nujić | | Bruno Nujić | | | |
| Pregledao | | | | | |
| Mentor | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | |
| Ø 16F10h9 +0,129 +0,016 | | Protuploplavna brarijera | | R. N. broj: | |
| Napomena: | | Materijal: - | | Masa: 154 kg | |
| Materijal: - | | Naziv: Sklop konstrukcije | | Kopija | |
| Mjerilo originala | | 1:10 | | Format: A2 | |
| Mjerilo originala | | Crtež broj: 0016 | | Listova: 26 | |
| Mjerilo originala | | Crtež broj: 0016 | | List: 16 | |

Napomena:
-Potrebno je pozicionirati sve osovine (poz. 3) u jednom pravcu

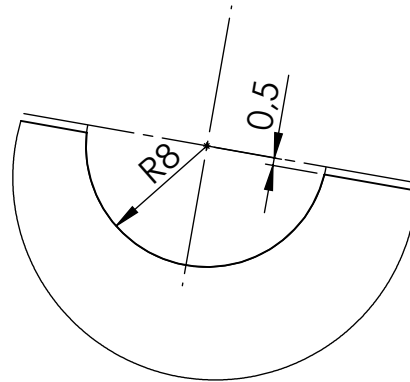
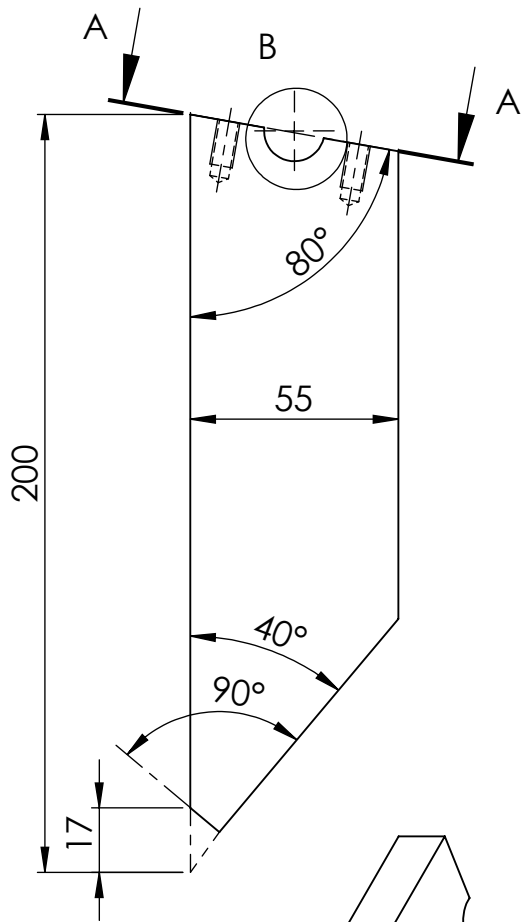


Napomena:
-Sve oštre rubove zaobliti

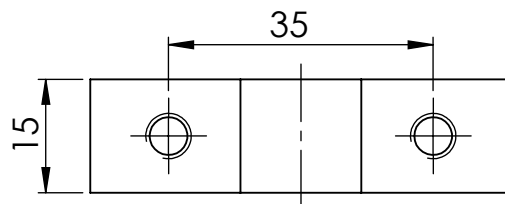
| | | | | | |
|-------------------|--|-----------------------|---------------|--------------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Oslonac konstrukcije | | | Objekt broj: | Kopija |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | |  |
| | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: 1,7 kg | | |
| | | | | | |
| |  Mjerilo originala | Naziv: Temeljna ploča | | Pozicija: 1 | Format: A4 |
| | 1:2 | Crtež broj: 0017 | | | Listova: 26 |
| | | | | | List: 17 |

Design by CADLab

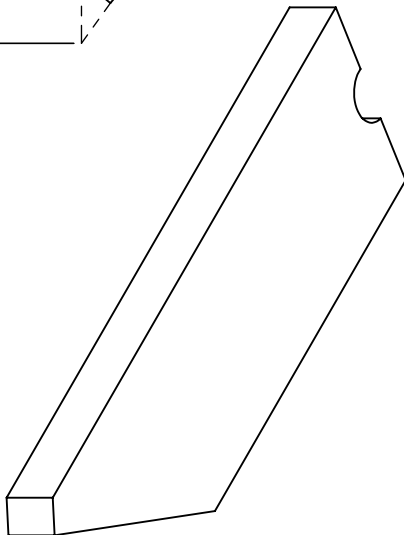




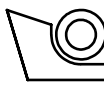
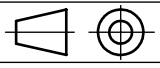
Detalj B
Mjerilo (2 : 1)



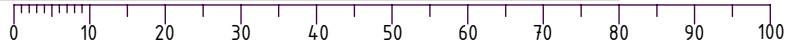
Presjek A-A
Mjerilo (1 : 1)

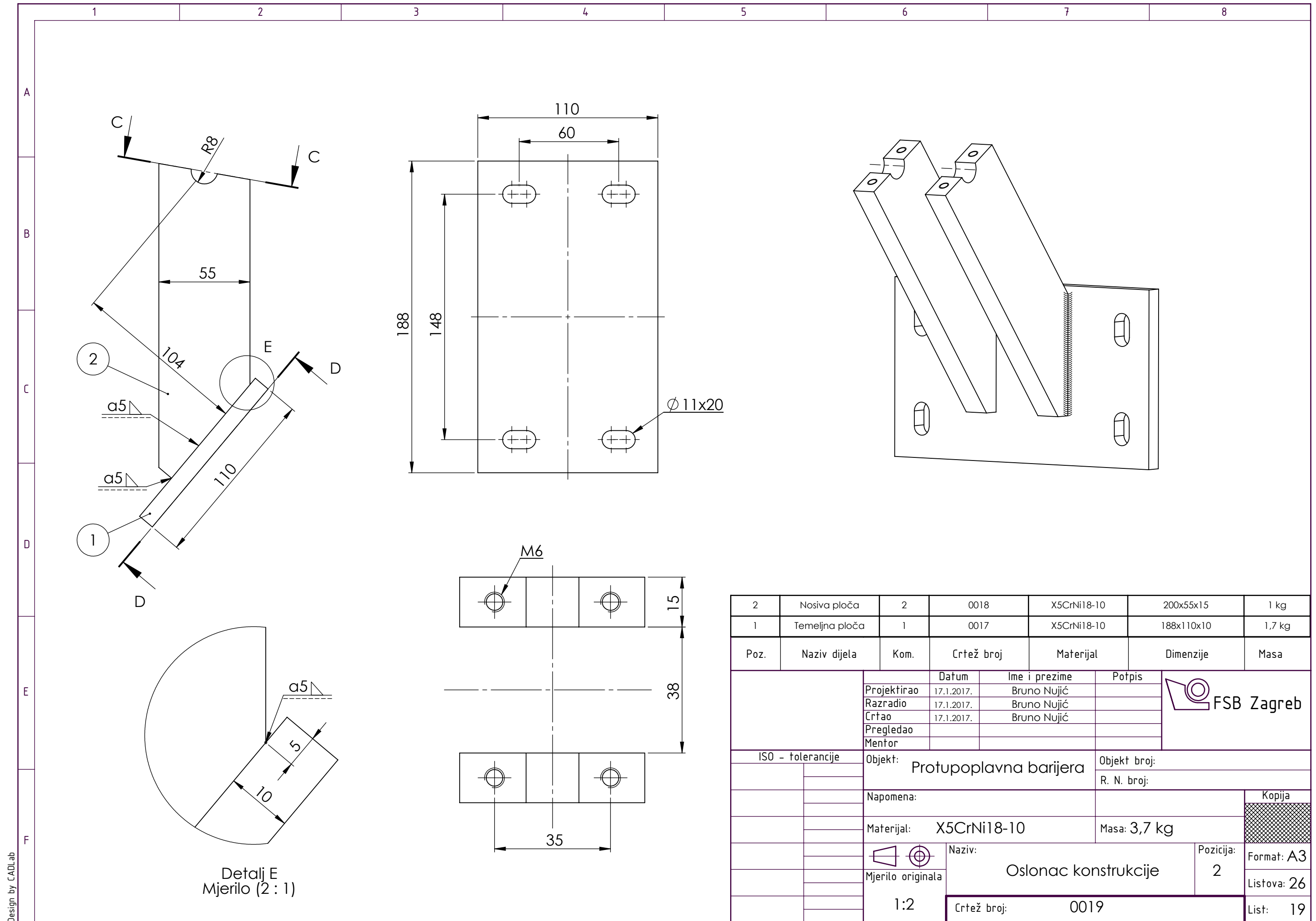


Napomena:
-Sve oštre rubove zaobliti

| | | | | | |
|-------------------|--|------------|---------------|------------------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Oslonac konstrukcije | | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: X5CrNi18-10 | | | | Masa: 1 kg |
| |  Naziv: Nosiva ploča | | | Pozicija: | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | 2 | Listova: 26 |
| | 1:2 | | | Crtež broj: 0018 | List: 18 |

Design by CADLab



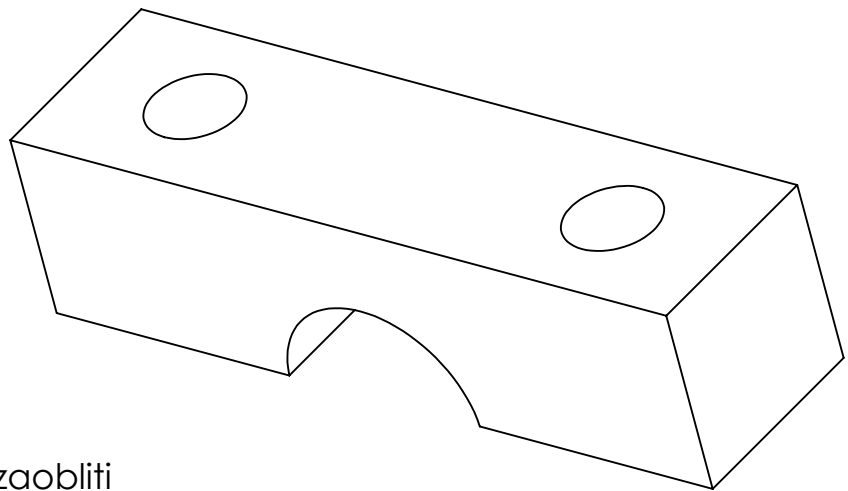
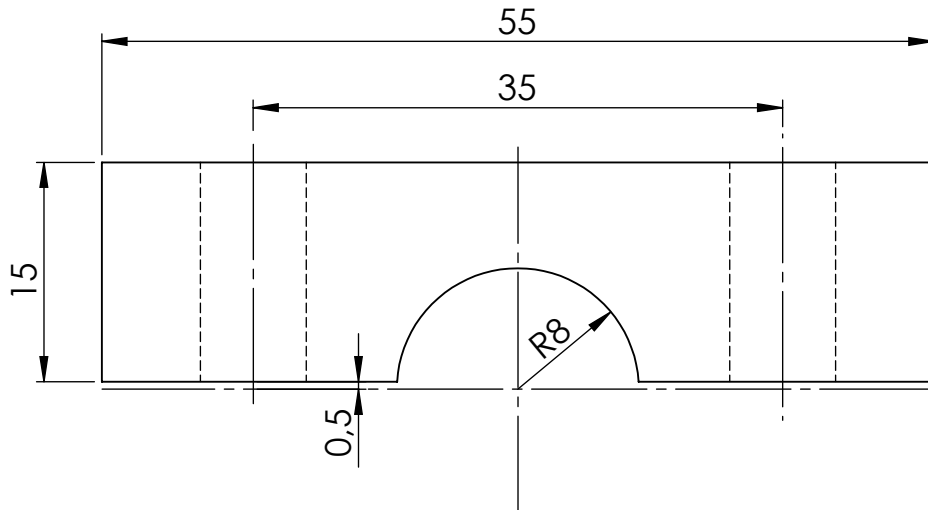
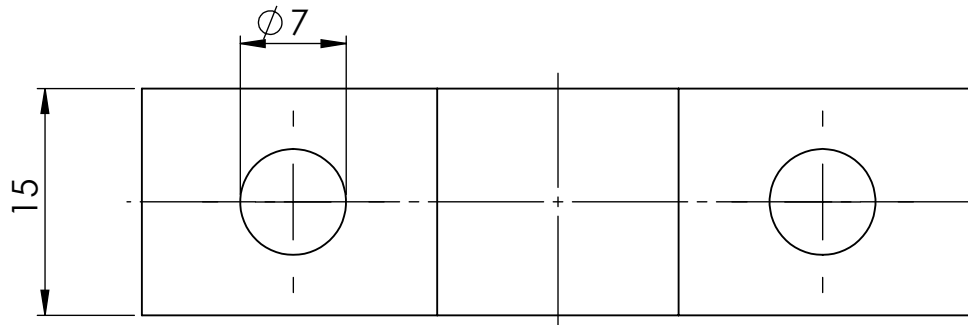


Design by CADLab

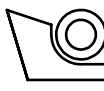
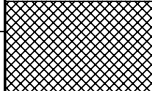


| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|----------------|------|------------|-------------|------------|--------|
| 2 | Nosiva ploča | 2 | 0018 | X5CrNi18-10 | 200x55x15 | 1 kg |
| 1 | Temeljna ploča | 1 | 0017 | X5CrNi18-10 | 188x110x10 | 1,7 kg |

| | | | | | |
|-------------------|--|---------------------------------|---------------|--------------|--|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| Projektirao | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Razradio | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Crtao | | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| Pregledao | | | | | |
| Mentor | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: Protuploplavna barijera | | Objekt broj: | |
| | | Napomena: | | R. N. broj: | |
| | | Materijal: X5CrNi18-10 | | Masa: 3,7 kg | |
| | | Naziv: Oslonac konstrukcije | | Pozicija: 2 | |
| | | Mjerilo originala: 1:2 | | Format: A3 | |
| | | Crtež broj: 0019 | | Listova: 26 | |
| | | | | List: 19 | |



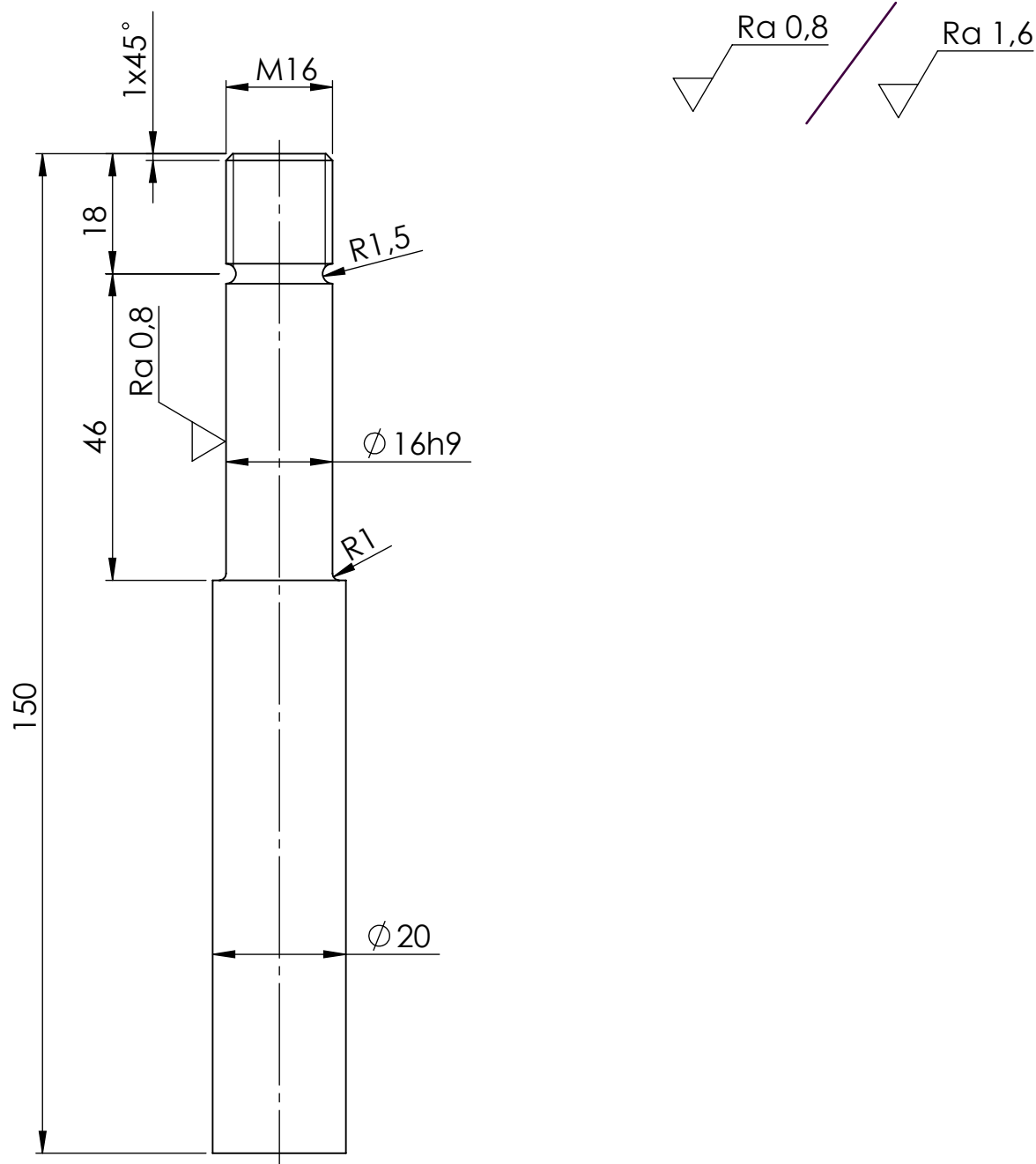


Napomena:
-Sve oštre rubove zaobliti

| | | | | | |
|-------------------|---|-------------------------|---------------|--------------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Protuploplavna barijera | | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: X5CrNi18-10 | | | Masa: 0,1 kg |  |
| |   | Naziv: Poklopac osovine | | Pozicija: 3 | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | | Listova: 26 |
| | 2:1 | Crtež broj: 0020 | | | List: 20 |

Design by CADLab

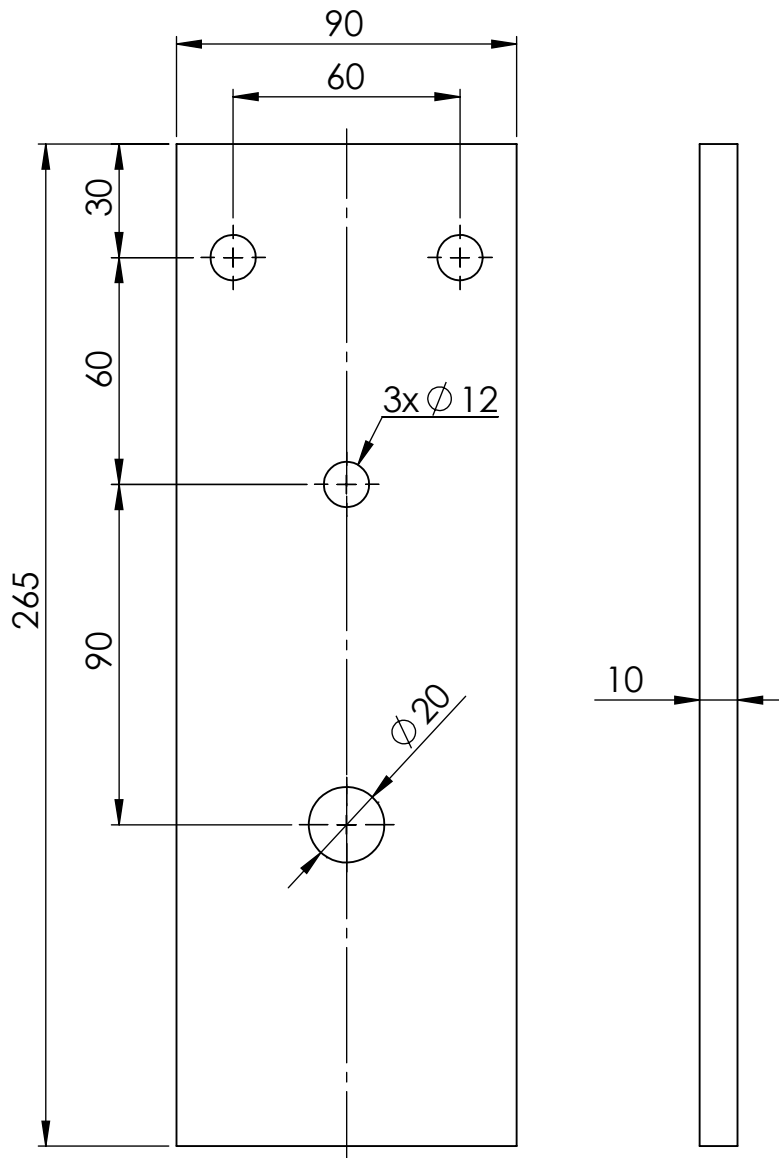




| | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | Oslonac spremnika | | Objekt broj: | |
| $\varnothing 16h9$ | 0 -0,043 | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: | 0,3 kg | |
| | | Naziv: | | Pozicija: | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | Osovina spremnika | | 1 | Listova: 26 |
| | 1:1 | Crtež broj: 0021 | | | List: 21 |

Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

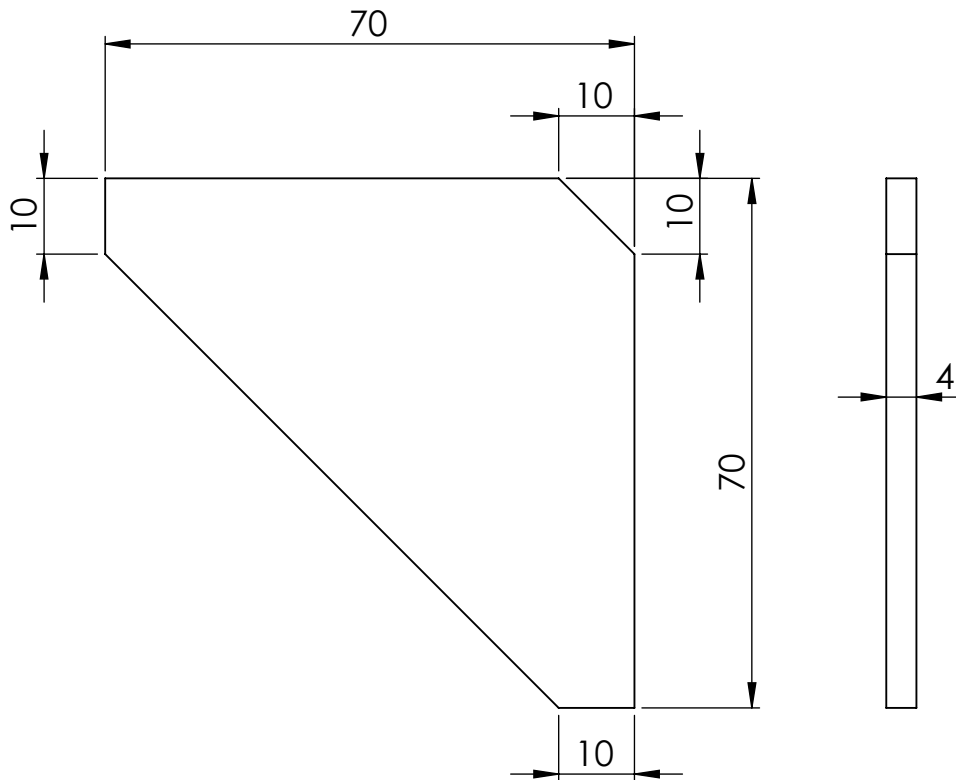


Napomena:
-Sve oštre rubove zaobliti


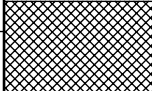
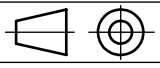
| | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|---------------|----------------------|--------|-------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | | |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | | |
| | Pregledao | | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Oslonac spremnika | | | Objekt broj: | | |
| | | | | R. N. broj: | | |
| | Napomena: | | | | Kopija | |
| | Materijal: X5CrNi18-10 | | | Masa: 2,4 kg | | |
| | | | | Pozicija: | | Format: A4 |
| | Mjerilo originala | | | Naziv: Sidrena ploča | | 2 |
| | 1:2 | | | Crtež broj: 0022 | | Listova: 26 |
| | | | | | | List: 22 |

Design by CADLab



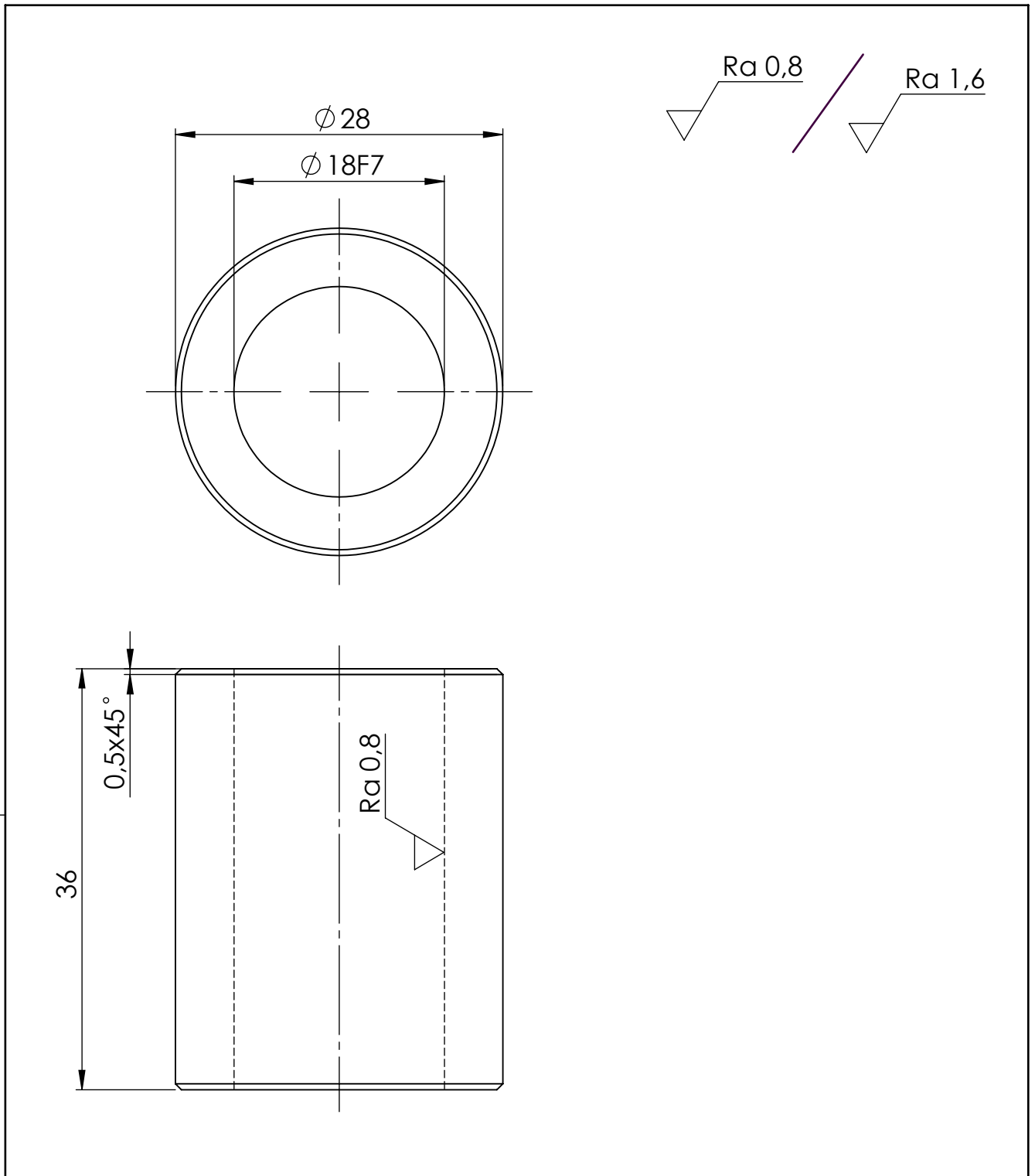


Napomena:
-Sve oštre rubove zaobliti

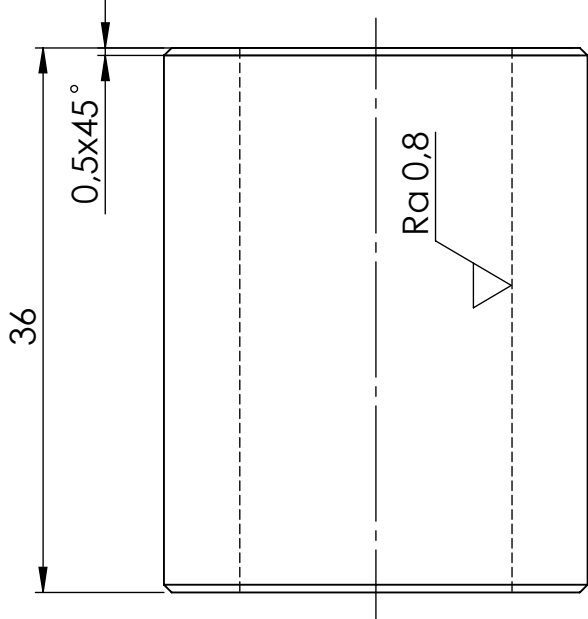
| | | | | | |
|-------------------|---|------------------|---------------|--------------|---|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis |  |
| | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: Oslonac spremnika | | | Objekt broj: | |
| | | | | R. N. broj: | |
| | Napomena: | | | | Kopija |
| | | | | |  |
| | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: | 0,1 kg | |
| |  | Naziv: | | Rebro | Pozicija: |
| | Mjerilo originala | | | | 3 |
| | 1:1 | Crtež broj: 0023 | | | Format: A4 |
| | | | | | Listova: 26 |
| | | | | | List: 23 |

Design by CADLab



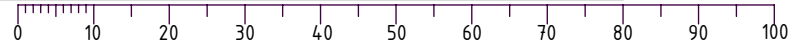


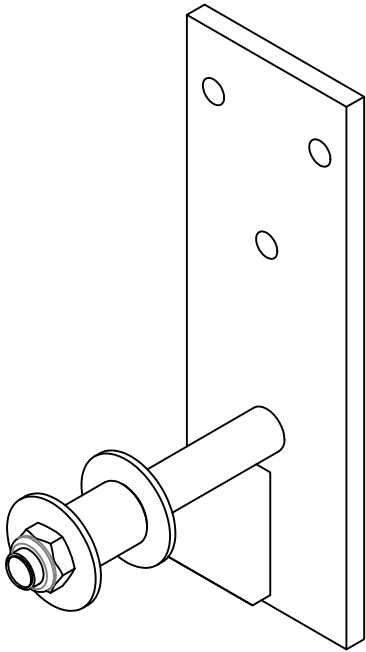
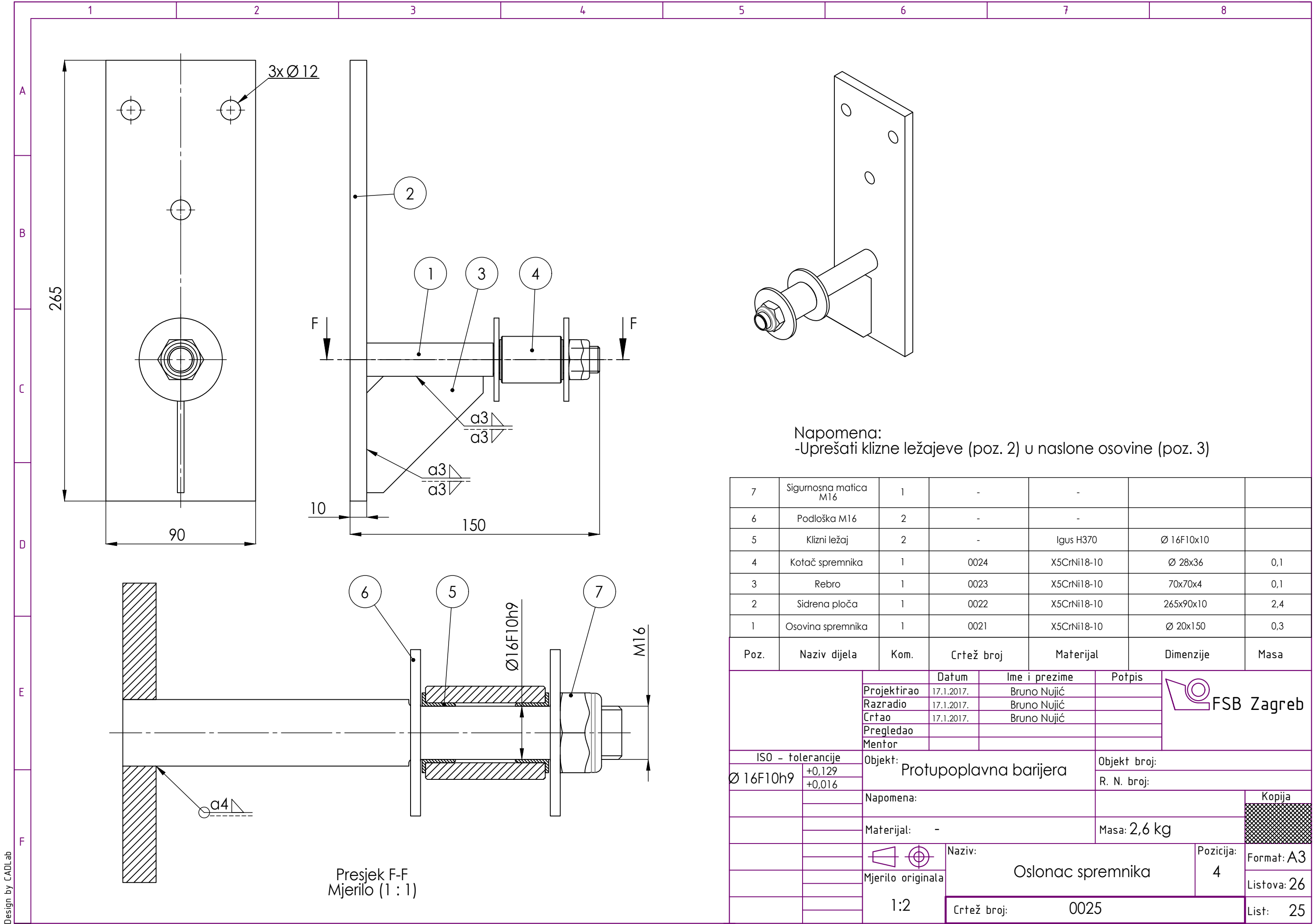
Ra 0,8 / Ra 1,6



| | | | | | | |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------|--------|---------------------------------------|
| | | Datum | Ime i prezime | Potpis | | |
| | | Projektirao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | | Razradio | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | | Crtao | 17.1.2017. | Bruno Nujić | | |
| | | Pregledao | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | | |
| $\phi 18F7$ | +0,034 +0,016 | Oslonac spremnika | | R. N. broj: | | |
| | | Napomena: | | | Kopija | |
| | | Materijal: | X5CrNi18-10 | Masa: 0,1 kg | | |
| | | | Naziv: | | | Pozicija: |
| | | Mjerilo originala | Kotač spremnika | | | 4 |
| | | 2:1 | Crtež broj: 0024 | | | Format: A4 Listova: 26 List: 24 |

Design by CADLab





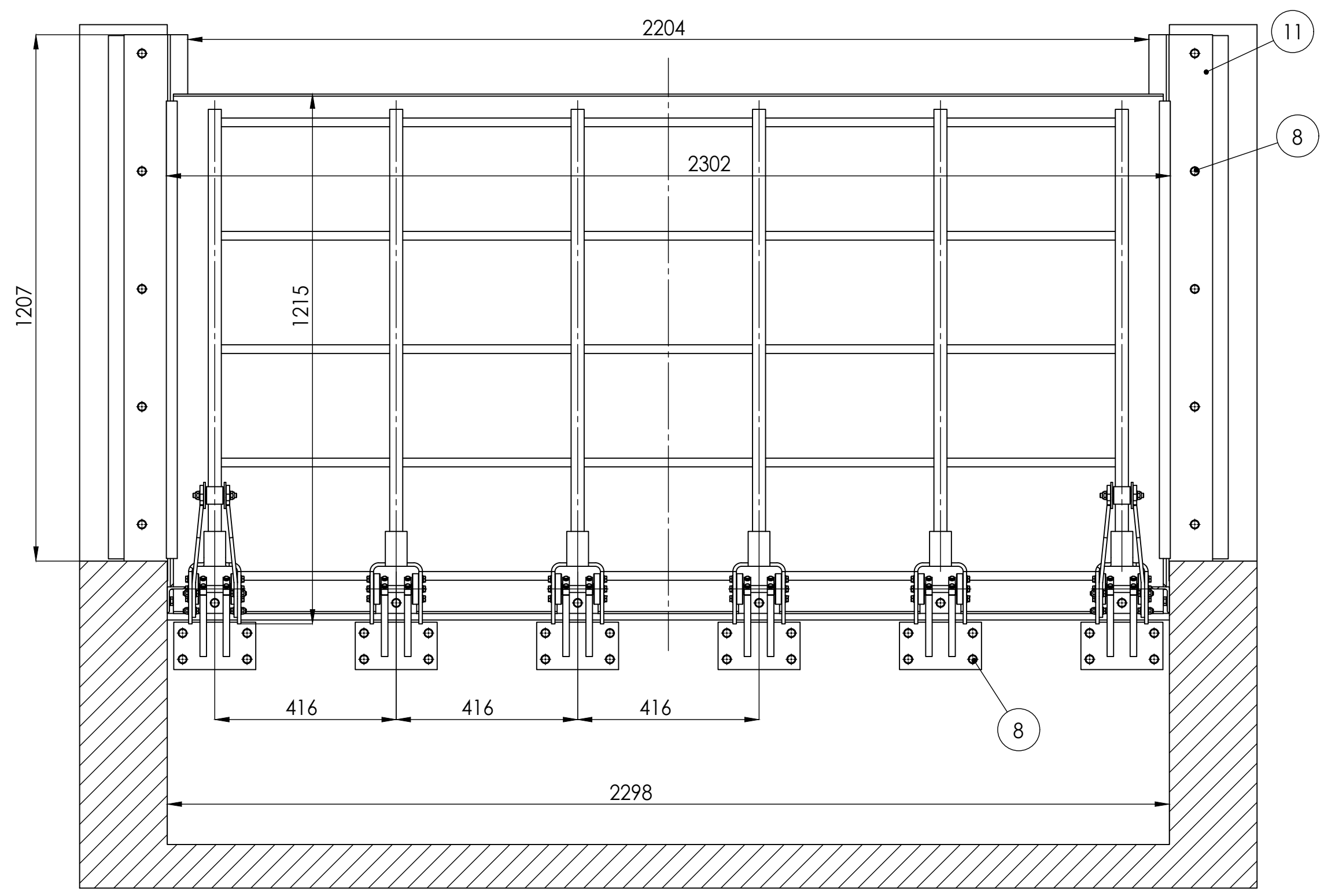
Napomena:
-Uprešati klizne ležajeve (poz. 2) u naslone osovine (poz. 3)

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|-----------------------|------|------------|-------------|------------|------|
| 7 | Sigurnosna matica M16 | 1 | - | - | | |
| 6 | Podloška M16 | 2 | - | - | | |
| 5 | Klizni ležaj | 2 | - | Igus H370 | Ø 16F10x10 | |
| 4 | Kotač spremnika | 1 | 0024 | X5CrNi18-10 | Ø 28x36 | 0,1 |
| 3 | Rebro | 1 | 0023 | X5CrNi18-10 | 70x70x4 | 0,1 |
| 2 | Sidrena ploča | 1 | 0022 | X5CrNi18-10 | 265x90x10 | 2,4 |
| 1 | Osovina spremnika | 1 | 0021 | X5CrNi18-10 | Ø 20x150 | 0,3 |

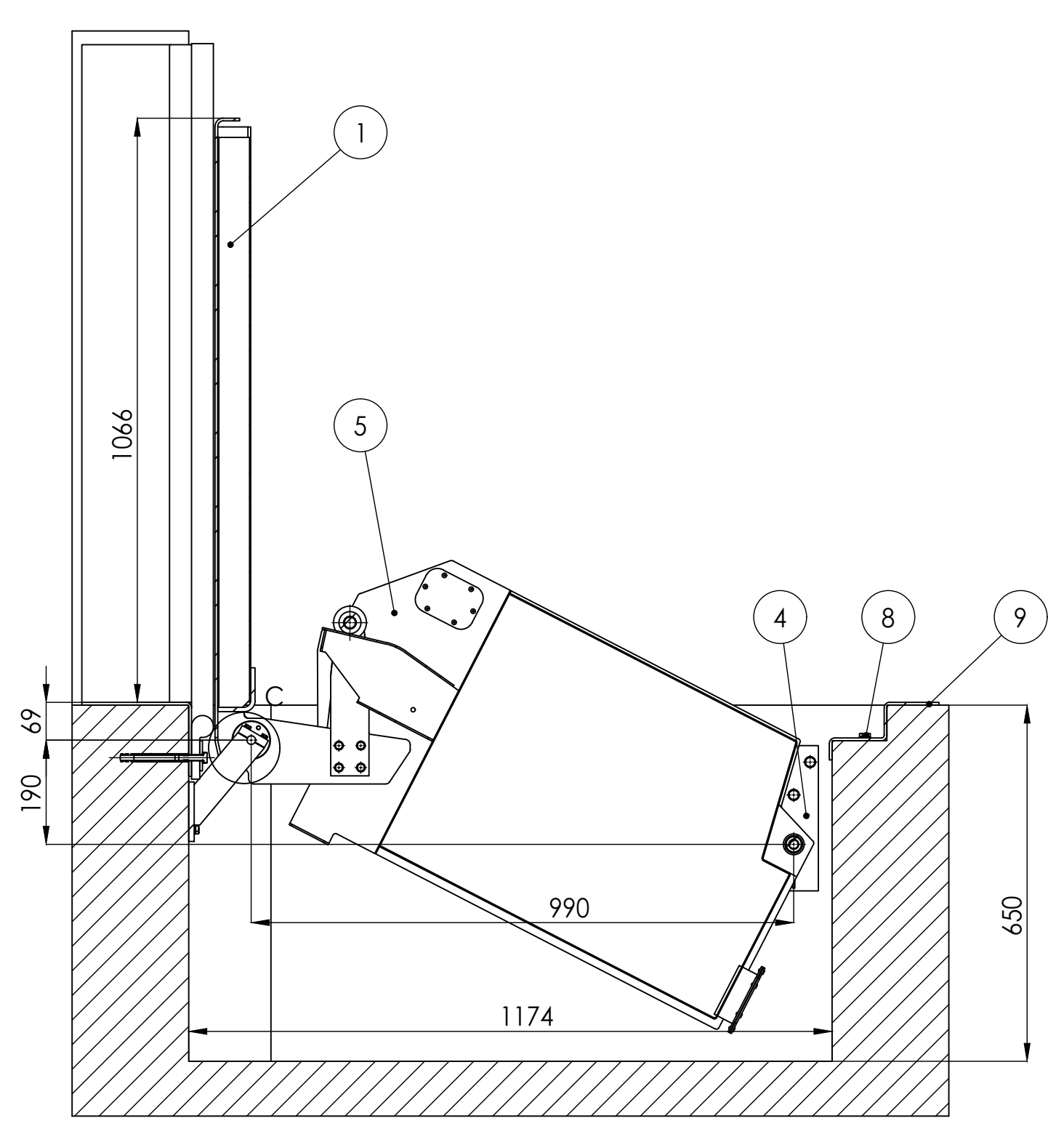
| | | | | | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------|--|---------------|--|-------------|--|
| ISO - tolerancije | | Datum | | Ime i prezime | | Potpis | |
| Ø 16F10h9 | | 17.1.2017. | | Bruno Nujić | | [Signature] | |
| +0,129 | | Projektirao | | Razradio | | Crtao | |
| +0,016 | | 17.1.2017. | | 17.1.2017. | | 17.1.2017. | |
| | | Mentor | | Mentor | | Mentor | |
| Objekt: Protupoplavna barijera | | | | Objekt broj: | | | |
| Napomena: | | | | R. N. broj: | | | |
| Materijal: - | | | | Masa: 2,6 kg | | | |
| Mjerilo originala | | Naziv: Oslonac spremnika | | Pozicija: 4 | | Kopija | |
| 1:2 | | Crtež broj: 0025 | | Format: A3 | | Listova: 26 | |
| | | | | List: 25 | | | |



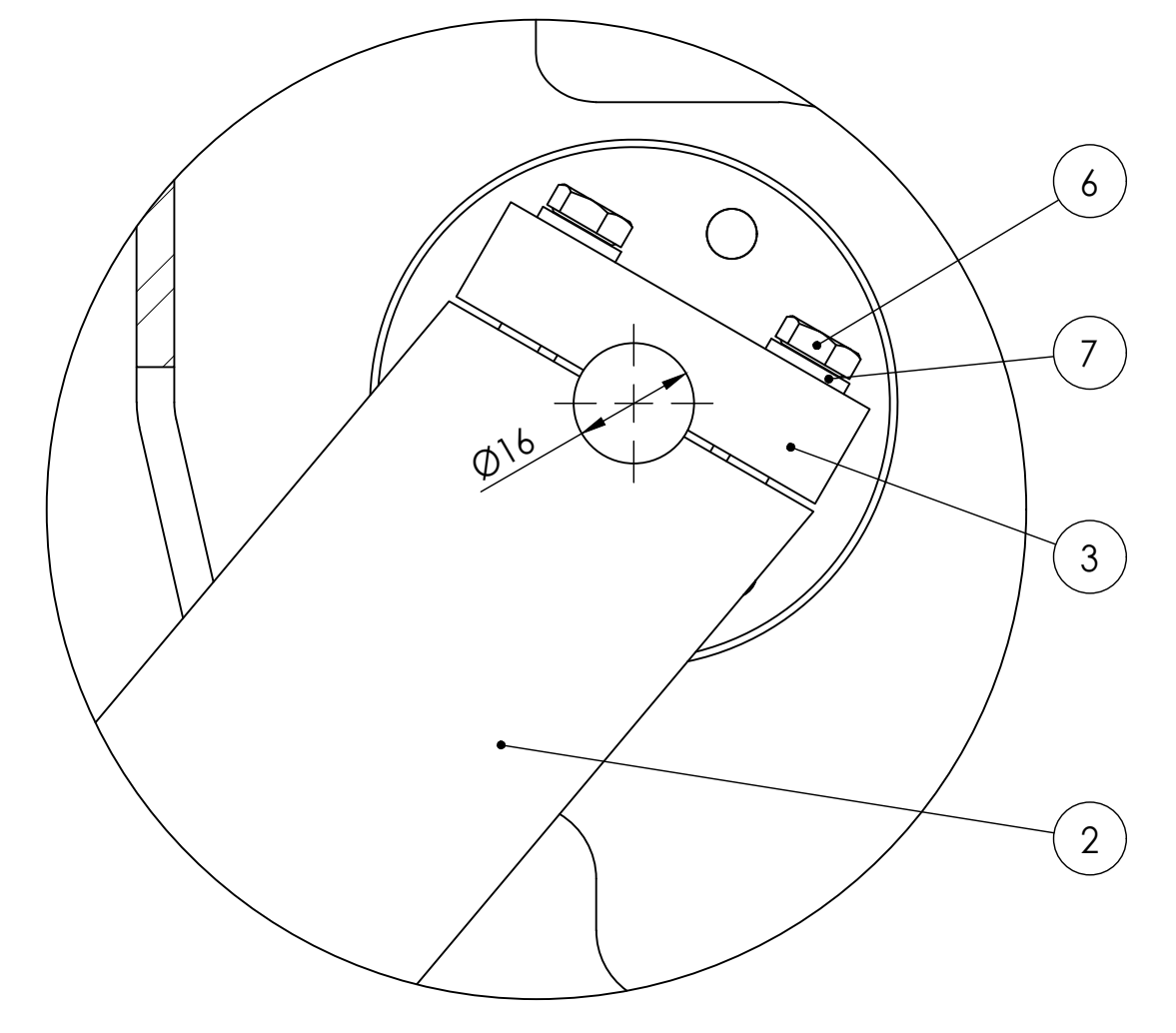
Design by CADLab



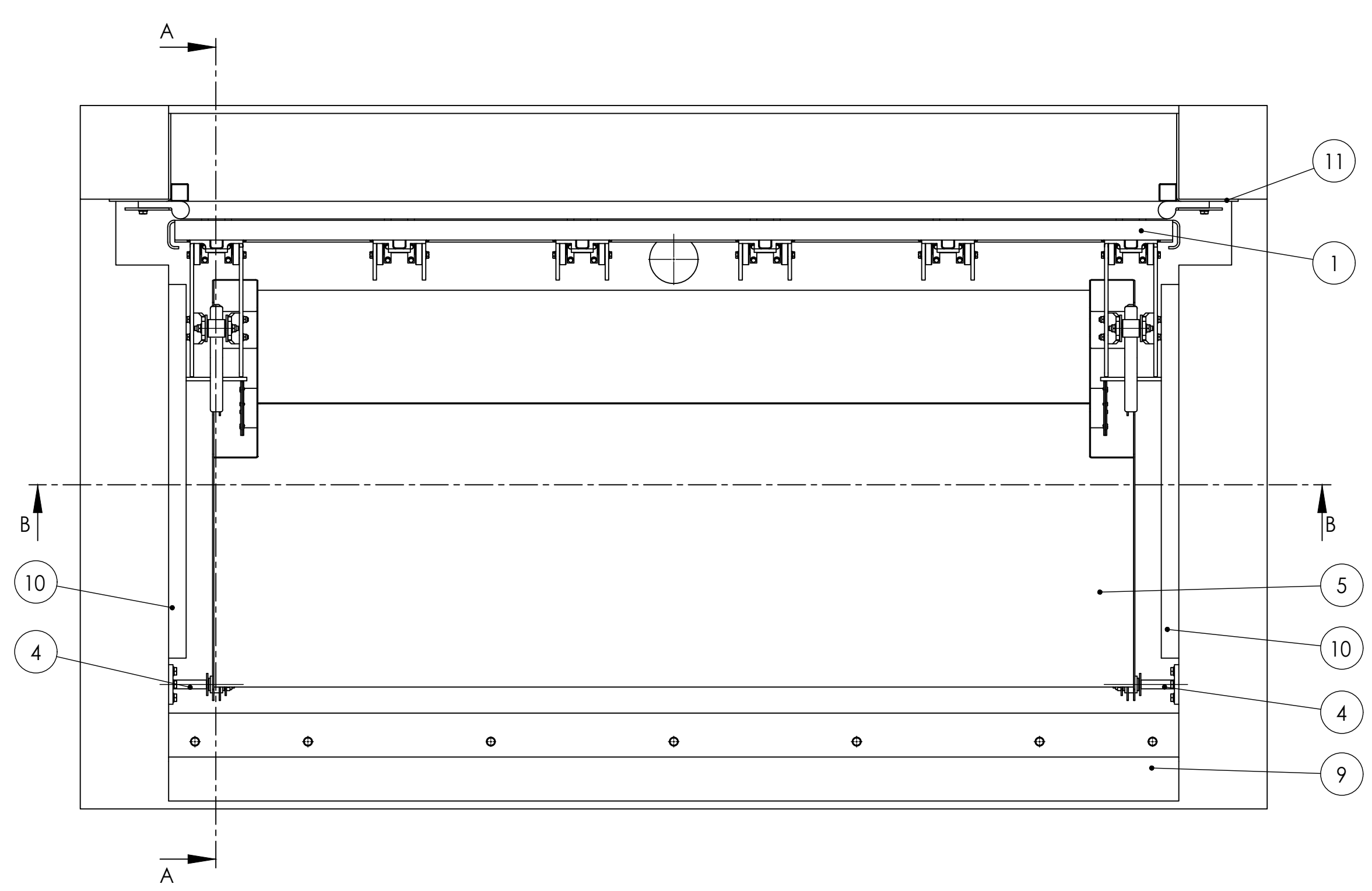
Presjek B-B



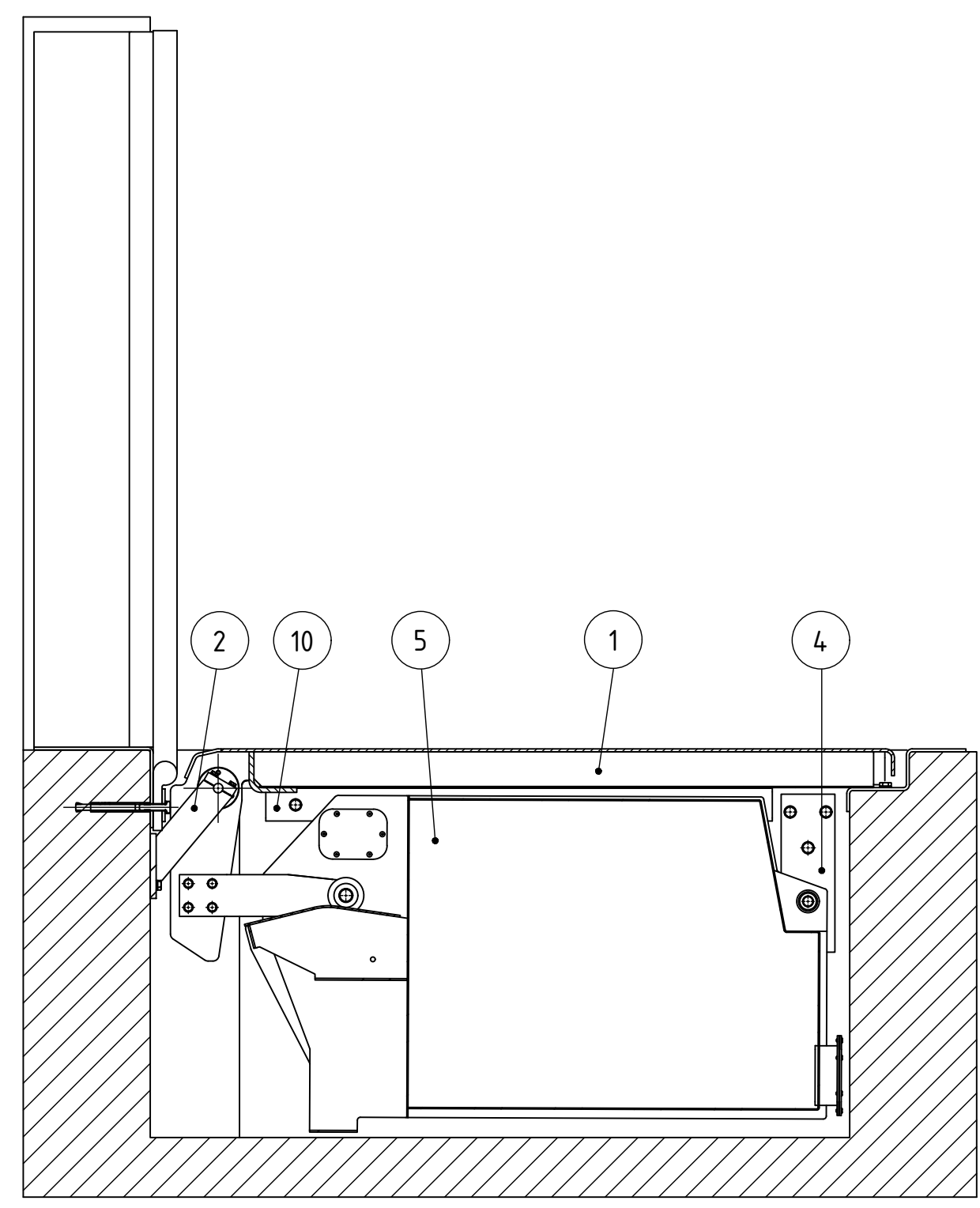
Presjek A-A



Detalj C
Mjerilo (1 : 1)



Presjek spuštene barijere



Napomena:
-mora postojati mogućnost odvođenja vode u jami ispod spremnika

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj | Materijal | Dimenzije | Masa |
|------|----------------------|------|------------|---------------------|---------------|--------|
| 11 | Stražnji naslon | 1 | - | S235JR | | |
| 10 | Bočni naslon | 2 | - | S235JR | | |
| 9 | Prednji naslon | 1 | - | S235JR | | |
| 8 | Sidreni vijak | 36 | - | Fischer FH 15/M10 I | | |
| 7 | Podloška M6 A2 | 12 | - | EN ISO 7089 | | |
| 6 | Vijak M6x25 A2 | 12 | - | ISO 4017 | | |
| 5 | Spremnik | 1 | - | S355JR | 209Bx56x975 | 117 kg |
| 4 | Oslonac spremnika | 2 | 0024 | - | 2496x1337x240 | 2,6 kg |
| 3 | Poklopac osovine | 12 | 0019 | XSCN18-10 | 15x15x55 | 0,1 kg |
| 2 | Oslonac konstrukcije | 6 | 0018 | - | 188x110x200 | 3,7 kg |
| 1 | Sklop konstrukcije | 1 | 0015 | - | 2302x1215x356 | 154 kg |

| | | | | |
|-------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|--|
| Projektirao | 16.1.2017. | Bruno Nujić | ____ | |
| Razradio | 16.1.2017. | Bruno Nujić | ____ | |
| Crtao | 16.1.2017. | Bruno Nujić | ____ | |
| Pregledao | | | ____ | |
| Mentor | | | ____ | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | | Objekt broj: | |
| Napomena: | | | R. N. broj: | |
| Materijal: | | | Masa: | |
| Mjerilo originala | Naziv: Protuploplavna barijera | | Pozicija: Format: A1 | |
| 1:10 | Crtež broj: 0026 | | Listova: 26 | |
| | | | List: 26 | |