

# Uređaj za kalanje odrezaka trupaca za potpalu

---

**Stuhne, Dario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*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:235:780153>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Dario Stuhne**

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Dragan Žeželj, dipl. ing.

Student:

Dario Stuhne

Zagreb, 2019.

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

*Zahvaljujem se mentoru, izv. prof. dr. sc. Draganu Žeželju na pomoći i korisnim savjetima prilikom pisanja ovog završnog rada.*

*Također, zahvaljujem ocu Darku, majci Dubravki i bratu Tihomiru na moralnoj i financijskoj podršci, potpori i razumijevanju tokom trajanja preddiplomskog studija.*

*Želio bih posebno zahvaliti mojoj djevojci Dorotei koja je uvijek bila uz mene u teškim i lijepim trenucima studija.*

*Konačno, zahvaljujem se svim kolegama i prijateljima koji su mi olakšali i uljepšali studiranje.*

Zagreb, veljača 2019.

Dario Stuhne



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Dario Stuhne**

Mat. br.: **0035203582**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uređaj za kalanje odrezaka trupaca za potpalu**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Firewood Splitting Device**

Opis zadatka:

Postoji velik broj uređaja za pripremu drva za potpalu rezanjem grana ili trupaca te cijepanjem (kalanjem), a rješenja su u rasponu od primitivnih ručnih do složenih mehaniziranih sustava. Potrebno je izraditi konstrukcijsko rješenje niskobudžetnog poluautomatskog uređaja za kalanje već narezanih trupaca. Tijekom razrade u obzir uzeti sljedeće:

- Trupci mogu biti duljine 250 mm do 300 mm, promjera do 150 mm.
- Trupce treba kalati u 4 ili 6 dijelova.
- Uređaj treba biti moguće posluživati ručno, ali je potrebno predvidjeti i spremnik za ručno punjenje kojim bi bio omogućen automatski rad.
- Uređaj treba predvidjeti kao stacionaran ili ugradiv na jednoosovinsku prikolicu.
- Uređaj mora biti siguran za rad s naglaskom na opasnost od pokretnih dijelova, opasnost od posjekotina i opasnost od udarca.

Vrijednosti potrebne za proračun i odabir pojedinih komponenti usvojiti iz postojećih rješenja sličnih sustava, iskustvenih vrijednosti te u dogovoru s mentorom.

Računalni model odabranog rješenja uređaja izraditi u 3D CAD sustavu, cjelovito konstrukcijsko rješenje prikazati sklopnim crtežom, a dijelove odabrane u dogovoru s mentorom razraditi do razine radioničkih.

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

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

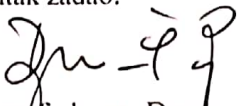
Rok predaje rada:

1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

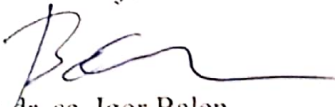
Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

  
Izv.prof. dr. sc. Dragan Žeželj

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY .....	X
1. UVOD.....	1
1.1. Mehaničke karakteristike drva .....	1
1.2. Drvo kao ogrjevno sredstvo .....	2
1.3. Mehanika cijepanja .....	4
1.4. Svrha završnog rada .....	5
2. ANALIZA POSTOJEĆIH PROIZVODA NA TRŽIŠTU.....	6
2.1. YardMax YS0552 .....	6
2.2. AutoSplit 350 .....	7
2.3. CV multi 11 E 230V .....	8
2.4. Swisher 22T .....	9
2.5. Commercial Kinetic Log Splitter .....	10
2.6. Usporedba postojećih proizvoda na tržištu .....	11
3. DEFINIRANJE CILJA ZA RAZVOJ PROIZVODA .....	14
3.1. Smjernice za razvoj proizvoda .....	14
4. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA PROIZVODA.....	16
4.1. Glavna funkcijska struktura .....	16
4.2. Parcijalna funkcija PF1 .....	17
4.3. Parcijalna funkcija PF2 .....	17
4.4. Parcijalna funkcija PF3 .....	18
4.5. Parcijalna funkcija PF4 .....	18
4.6. Parcijalna funkcija PF5 .....	19
4.7. Parcijalna funkcija PF6 .....	19
5. MORFOLOŠKA MATRICA .....	20

---

6. GENERIRANJE KONCEPATA .....	25
6.1. Koncept 1 .....	25
6.2. Koncept 2 .....	27
6.3. Konstrukcijsko rješenje spremnika 1 .....	29
6.4. Konstrukcijsko rješenje spremnika 2 .....	30
6.5. Konstrukcijsko rješenje spremnika 3 .....	30
6.6. Pojašnjenje automatskog rada uređaja .....	31
6.7. Vrednovanje koncepata i odabir završnog koncepta.....	32
7. PRORAČUN ODABRANOG KONCEPTA.....	35
7.1. Sila cijepanja .....	35
7.2. Proračun i odabir hidrauličkih komponenti uređaja.....	35
7.2.1. Odabir hidrauličkog cilindra .....	36
7.2.2. Odabir hidrauličkog agregata.....	38
7.2.3. Odabir hidrauličkog crijeva, priključaka i ulja .....	39
7.3. Proračun nosive konstrukcije i kritičnih spojeva .....	39
7.3.1. Kritično mjesto 1- zavar ušice cilindra .....	40
7.3.2. Kritično mjesto 2- provjera čvrstoće vijaka.....	43
8. SMJEŠTAJ SPREMNIKA NA UREĐAJ .....	45
9. ZAKLJUČAK.....	47
LITERATURA.....	48
PRILOZI.....	50

---

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Tri osnovne osi u odnosu na smjer pružanja vlakana i godova [5].....	2
Slika 2. Ogrjevno drvo [6].....	3
Slika 3. Djelovanje sila prilikom cijepanja trupca klinom [4] .....	4
Slika 4. YardMax YS0552 .....	6
Slika 5. AutoSplit 350 .....	7
Slika 6. CV multi 11 E 230V .....	8
Slika 7. Swisher 22T .....	9
Slika 8. Commercial Kinetic Log Splitter .....	10
Slika 9. Evaluacija navedenih proizvoda .....	12
Slika 11. Parcijalna funkcija PF1 .....	17
Slika 12. Parcijalna funkcija PF2 .....	17
Slika 13. Parcijalna funkcija PF3 .....	18
Slika 15. Parcijalna funkcija PF4 .....	18
Slika 16. Parcijalna funkcija PF5 .....	19
Slika 17. Parcijalna funkcija PF6 .....	19
Slika 17. Gruba skica koncepta 1 .....	26
Slika 18. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 1-1 .....	26
Slika 19. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 1-2 .....	27
Slika 20. Gruba skica koncepta 2 .....	28
Slika 21. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 2 .....	28
Slika 22. Prikaz rješenja spremnika 1 .....	29
Slika 22. Mehanizam dopreme trupaca spremnika 1 .....	29
Slika 23. Konstrukcijsko rješenje spremnika 2 .....	30
Slika 24. Konstrukcijsko rješenje spremnika 3 .....	31
Slika 25. Primjer kapacitivnog senzora EL-CM18-3008 [14] .....	32
Slika 26. Predviđeno mjesto ugradnje kapacitivnog senzora .....	32
Slika 26. Vrednovanje konceptata.....	33
Slika 27. Potrebna sila cijepanja [15].....	35
Slika 28. Odabrani hidraulički cilindar [17].....	36
Slika 29. Odabrani hidraulički agregat [17] .....	38



---

Slika 30. Hidrauličko crijevo s priključcima [18].....	39
Slika 31. Preporučeno hidrauličko ulje [19].....	39
Slika 32. Kritično mjesto 1- dinamički opterećen zavar .....	40
Slika 33. Proračunski model dinamički opterećenog zavara.....	40
Slika 34. Položaj vijaka u konstrukciji.....	43
Slika 35. Proračunski model- kritično mjesto 2 .....	43
Slika 36. Način spajanja spremnika s uređajem.....	45
Slika 37. Pojednostavljeni prikaz načina dobave trupaca od mjesta izbacivanja do mjesta cijepanja.....	46

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Energetska vrijednost drva [6] .....	3
Tablica 2. Tehnička specifikacija- YardMax YS0552 .....	6
Tablica 3. Tehnička specifikacija- AutoSplit 350 .....	7
Tablica 4. Tehnička specifikacija- CV multi 11 E 230 V .....	8
Tablica 5. Tehnička specifikacija- Swisher 22T .....	9
Tablica 6. Tehnička specifikacija- Commercial Kinetic Log Splitter.....	10
Tablica 7. Rezultati provedenog ocjenjivanja .....	11
Tablica 8. Morfološka matrica .....	20
Tablica 9. Vrednovanje koncepata .....	33
Tablica 10. Osnovne značajke odabranog hidrauličkog cilindra [17].....	36
Tablica 11. Osnovna tehnička specifikacija hidrauličkog agregata .....	38

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

DS-2019-100-1	Sklop uređaja
DS-2019-101-1	Klin za cijepanje
DS-2019-101-2-1	Nepomična ušica cilindra
DS-2019-102-2	Lim za os. agregata

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A$	$\text{mm}^2$	površina klipa
$A_{zav}$	$\text{mm}^2$	površina zavora koju opterećuju sila na smik
$c$	mm	krak na kojem djeluje težina zaštitnog lima
$d$	mm	promjer klipnjače
$d_3$	mm	promjer jezgre navoja
$D$	mm	promjer klipa (unutarnji promjer cilindra)
$F$	N	sila cijepanja (sila izvlačenja klipnjače)
$F_{max}$	N	maksimalna sila koja opterećuju zavar
$F_r$	N	radna sila koja opterećuje vijak
$g$	$\text{m/s}^2$	ubrzanje Zemljine sile teže
$H$	mm	hod klipnjače
$I_y$	$\text{mm}^4$	aksijalni moment inercije oko osi y
$L$	mm	krak sile (duljina)
$m$	kg	masa zaštitnog lima
$M_{f,max}$	Nmm	maksimalni moment savijanja
$p$	bar	nominalni (operativni) tlak koji se javlja u cilindru
$p_{stv}$	bar	stvarni operativni tlak prilikom izvlačenja cilindra
$Q_{stv}$	l/min	stvarni protok pumpe
$Q_t$	l/min	teoretski protok pumpe
$r$	-	odnos graničnih naprezanja
$R_{p0,2}$	$\text{N/mm}^2$	granica proporcionalnosti materijala
$R_e$	$\text{N/mm}^2$	granica tečenja materijala
$S$	-	faktor sigurnosti
$t$	s	vrijeme izvlačenja klipnjače
$T_{uk}$	Nmm	moment pritezanja jednog vijka
$v$	m/s	brzina izvlačenja klipnjače
$W_{p,v}$	$\text{mm}^3$	polarni moment otpora vijka
$W_{y,min}$	$\text{mm}^3$	minimalni aksijalni moment otpora oko osi y
$x$	-	apscisa (koordinatna os)
$ x_{max} $	mm	apsolutna vrijednost maksimalne udaljenosti od težišta do najdaljeg ruba u smjeru osi x
$y$	-	ordinata (koordinatna os)
$\eta_{vp}$	-	volumetrički stupanj djelovanja pumpe

---

$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	normalna komponenta naprezanja
$\sigma_{dop}$	N/mm <sup>2</sup>	dopušteno naprezanje
$\sigma_{f,max}$	N/mm <sup>2</sup>	maksimalni moment savijanja
$\sigma_{red}$	N/mm <sup>2</sup>	reducirano naprezanje
$\sigma_{red,zav}$	N/mm <sup>2</sup>	maksimalno reducirano naprezanje zavora
$\tau_{  ,max}$	N/mm <sup>2</sup>	naprezanje uslijed smika
$\tau_t$	N/mm <sup>2</sup>	torzijsko naprezanje uzrokovano momentom pritezanja

**SAŽETAK**

Osnovna ideja ovog rada je bila izrada konstrukcijskog rješenja niskobudžetnog poluautomatskog uređaja za kalanje već narezanih trupaca. Prvenstveno, potreba za uređajem dolazi iz manjih kućanstva u manjim naseljenim mjestima zbog dinamike života u manje naseljenim mjestima, ekološke prihvatljivosti energenata i cijene energenata. Poluautomatski rad bi operateru olakšao rad uštedivši mu vrijeme i energiju. Kroz analizu tržišta je dobiven uvid u razne izvedbe već postojećih cjepača, od primitivnih do složenih mehaniziranih sustava. Nakon provedene analize tržišta izrađena je evaluacija iste te su definirane smjernice za razvoj ovisno o zahtjevima iz teksta zadatka završnog rada. Tijekom konceptualne faze bile su uzete u obzir sve smjernice i zahtjevi te je izabran završni modificirani koncept. Konačno, prilikom detaljiranja odabranog koncepta proveden je orijentacijski proračun pojedinih vitalnih komponenti/sustava te je izrađena tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: kalanje trupaca, poluautomatski rad, niskobudžetni uređaj, konstruiranje, razvoj

**SUMMARY**

The basic idea of this paper was to create a design solution of a low-budget semi-automatic firewood splitting device for already trimmed logs. Primarily, the need for the device comes from smaller households in less populated areas because of the dynamics of living in less populated places, ecologically acceptable energy sources and energy prices. Semi-automatic work would make the whole operation easier by saving people's time and energy. Through the market analysis, insights have been gained on the various performances of already existing piles, from primitive to complex mechanized systems. After the conducted market analysis, the evaluation was done, and the development guidelines defined, depending on the requirements of the default task. During the conceptual design, all the guidelines and requirements were considered, and the final modified concept was chosen. Finally, in the detailing of the chosen concept, the orientational estimation for each vital component / system was done and technical documentation was developed.

Key words: log splitting, semi-automatic work, low-budget device, design, development

## 1. UVOD

Cijepanje drva (engl. *wood splitting*, njem. *Holzspaltung*) je kroz povijest oduvijek bilo smatrano teškim i mukotrpnim. Sa stajališta fizike, cijepanje iziskuje veliku količinu energije te se zbog toga zahtjeva od čovjeka zavidna fizička sprema i razina kondicije. Tokom evolucije su ljudi konstantno pribjegavali lakšim načinima obavljanja raznih poslova te su tako stečenim iskustvom i znanjem i razvitkom tehnologije pronalazili tehnička rješenja koja uvelike olakšavaju posao cijepanja drva → uređaj za cijepanje drva/kalanje drva. Prema [1], cijepanje drva je mehanička obradba drva pri kojoj se drvo klinom razdvaja u smjeru pružanja vlakana. Cijepanjem se najmanje oštećuju prirodna svojstva drva, posebice čvrstoća, elastičnost i nepropusnost za tekućine. Većinom se istim proizvode dužice za proizvodnju bačvi i cijepanice koje služe kao ogrjevno drvo. Začetak cijepanja datira od trenutka razvoja sjekira koje su prvotno bile načinjene od kamena, pa zatim od bakra, bronce i željeza. Danas se koriste sjekire s oštricom od čelika.

Porastom cijene struje i plina sve više kućanstava se vraća starom načinu grijanja, grijanju na drva. Neophodna operacija prije samog početka grijanja je cijepanje drva na mjeru prikladnu za ogrjev. Izuzetno koristan alat prilikom izvođenja te operacije je sjekira, ili u novije vrijeme cijepač/kalač drva. U ovom radu bit će prikazan razvoj uređaja za cijepanja drva.

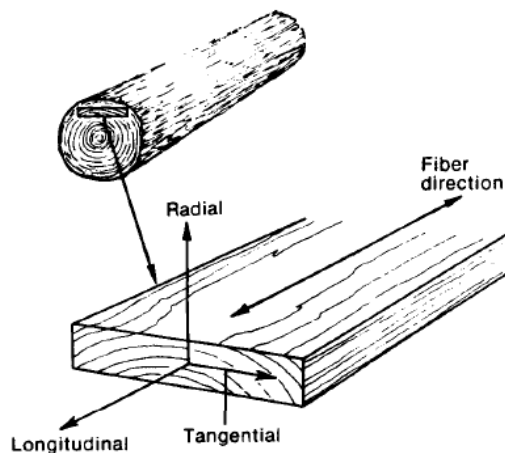
### 1.1. Mehaničke karakteristike drva

Drvo je tvrd i vlaknast materijal koji je prirodni spoj vlakana spojenih ligninom (rastezljivim polimerom). S druge strane, drvo je organski materijal koji se dobiva od drvenastih biljaka, uglavnom od debla stabala, iako se za neke primjene koriste i grane [2]. Također, drvo je anizotropni materijal jer ima različita svojstva u smjeru vlakana od svojstava u smjeru okomitom na vlakna. Svojstva drva variraju duž tri međusobno okomite osi (prema [3]):

- longitudinalna (os paralelna sa smjerom pružanja vlakana),
- radijalna (okomita na smjer pružanja vlakana) i
- tangentialna (okomita na smjer pružanja vlakana).



Razlika između radijalne i tangენტne osi je u smjeru pružanja u odnosu godove. Smjer radijalne osi je može se promatrati kao normala na godove, dok je smjer tangენტne osi tangenta na godove (slika ).



**Slika 1. Tri osnovne osi u odnosu na smjer pružanja vlakana i godova [5]**

(prijevod s engleskog na hrvatski: *Longitudinal*- longitudinalno, *Tangential*- tangencijalno, *Radial*- radijalno, *Fiber direction*- smjer vlakana)

Mehanička svojstva drva opisuju ponašanje istog uslijed djelovanja mehaničkih opterećenja i način na koji se odupire djelovanju tih opterećenja. Znatni utjecaj na mehanička svojstva ima priroda građe drva, širina godova, sadržaj vode, težina, način rasta i greške. Mehanička svojstva promjenjiva su u uzdužnom i poprečnom smjeru, a ovise i o presjeku gdje se izvodi promatranje. Za potrebe ovog završnog rada objasniti će se svojstva vlačne čvrstoće paralelno sa smjerom pružanja vlakana, vlačne čvrstoće okomito na smjer pružanja vlakana i tvrdoće.

## 1.2. Drvo kao ogrjevno sredstvo

Razvojem uređaja za cijepanje drva uvelike se olakšala obradba drva za ogrjev. Grijanje na drva je ekološki prihvatljivo te predstavlja najprirodniji način grijanja. Tehnologija obrade drva za ogrjev je napredovala u zadnjim desetljećima te je razvijeno mnogo metoda obradbe, kako bi čovjek mogao što lakše koristiti taj energent.



Slika 2. Ogrjevno drvo [6]

Ogrjevna vrijednost drva ovisi o njegovoj vrsti, veličini te udjelu vode. Za potrebe kućanstva drvo ne smije sadržavati više od 20% vode [6]. U slučaju većeg udjela vode, gorenje ne bi bilo moguće. Bitni parametri ogrjevnog drva su: veličina cjepanice, duljina cjepanice, količina vlage u drvu. Cjepanice za ogrjev su većinom dugačke oko 33 cm, no nove peći zahtijevaju kraće cjepanice, točnije cjepanice dugačke oko 25 cm.

Tablica 1. Energetska vrijednost drva [6]

Vrsta drva	Kal. vrijednost u kWh/kg	Kal. vrijednost u kWh/prm	1 prm ekvivalenta vrste drva...litara goriva (nafte)	1 prm bukve je ekvivalent	
<b>Bukva</b>	3,8	1900	190 l	1 prm	Bukve
<b>Hrast</b>	3,8	1900	190 l	1 prm	Hrasta
<b>Breza</b>	4,0	1800	180 l	1,1 prm	Breze
<b>Topola</b>	3,8	1200	120 l	1,6 prm	Topole
<b>Smreka</b>	4,1	1350	135 l	1,4 prm	Smreke
<b>Bor</b>	4,0	1500	150 l	1,2 prm	Bora
<b>Zelena duglazija</b>	4,0	1500	150 l	1,2 prm	Zelene duglazije

Vrijednosti iz tablice se primjenjuje na drvenu biomasu količinom vlage od 20% [2].

Norma ISO EN 17225-5 određuje razrede kvalitete goriva i specifikacije ogrjevnog drva. Ogrjevna drva svrstava se u razrede kvalitete A1, A2 i B na temelju sljedećih karakteristika:

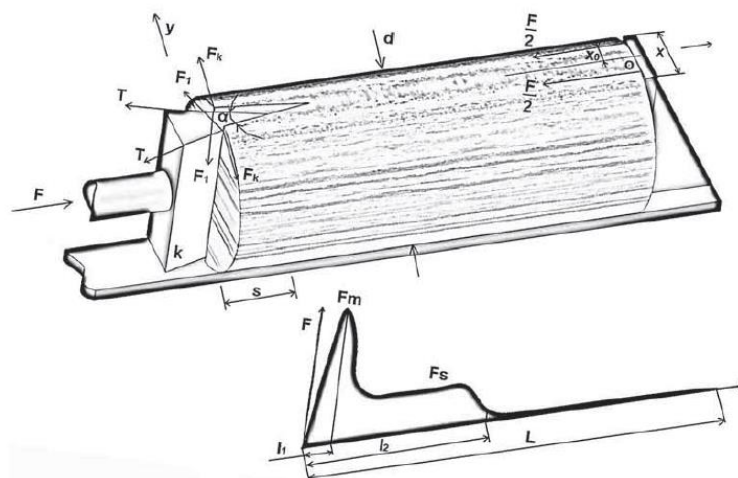
- duljina,
- promjer,
- udio vode,
- kvaliteta površine prereza i
- prisutnost truleži ili pljesni i vrsta drva.

Udio vode u drvu je najvažnije karakteristika kvalitete ogrjeva, jer neposredno određuje ogrjevnu vrijednost drva.

Proizvodnja ogrjevnog drva je iznimno važna radnja svake drvne industrije. Priprema ogrjevnog drva se svodi na guranje klina u drvo u smjeru longitudinalne osi, jer u tom smjeru drvo pruža najmanji otpor [4]. Cjepači/kalači drva su mehanički strojevi napravljeni za brže i sigurnije izvođenje operacije cijepanja drva. Uređaji za cijepanje drva mogu se podijeliti prema poziciji cjepanice prilikom cijepanja, maksimalnoj sili koju mogu ostvariti, veličini, mobilnosti, snazi, veličini cjepanice, itd. Za ogrjevno drvo najčešće se u Republici Hrvatskoj koriste bukva i grab, zbog visoke kalorijske vrijednosti.

### 1.3. Mehanika cijepanja

Cijepanje drva je postupak kidanja veza između vlakana [4]. Sa strane mehaničkih svojstava drva, pokušava se savladati vlačna čvrstoća okomito na smjer pružanja vlakana (slika 2.). Kod cijepanja, klin se gura u longitudinalnom smjeru, jer u tom smjeru vlakna pružaju najmanji otpor. Ravnina cijepanja je paralelna sa smjerom pružanja vlakana.



Slika 3. Djelovanje sila prilikom cijepanja trupca klinom [4]

Na slici 2. prikazan je raspored djelovanja sila prilikom cijepanja cjepanice klinom, kao i odnos potrebne sile u odnosu na dubinu penetracije u cjepanicu. Priroda cijepanja je sljedeća: u početku kada klin počinje prodirati u trupac sila raste proporcionalno u odnosu na dubinu penetracije te u nekom trenutku dostiže maksimalnu vrijednost. Procjep u trupcu kod maksimalne sile izaziva veliku koncentraciju naprezanja unutar trupca te se daljnjom penetracijom vlakna u potpunosti razdvajaju, tj. trupac se rascijepi.

#### **1.4. Svrha završnog rada**

Motivacija kod odabira teme ovog završnog rada dolazi od potrebe za cijepanjem trupaca u kućanstvima u manjim naseljenim mjestima. Kućanstva prije svega zahtijevaju brigu, te članovi istih ostavljaju malo vremena za poslove poput cijepanja drva. S druge pak strane, grijanje u hladnijim mjesecima je neophodno i potrebno. Zadnjih nekoliko godina su cijene energenata, poput plina i struje, u stalnom rastu. To je jedan od razloga koji je potaknuo ljude na korištenje dosad malo zaboravljenog energenta. Drvo je 100% obnovljiv izvor energije i s ekonomske strane isplativ izvor toplinske energije.

S obzirom da je cijepanje drva teško i mukotrпно, svrha ovog rada bi bila osmisliti jednostavno tehničko rješenje uređaja za cijepanje drva. Poseban naglasak je stavljen na jednostavnost korištenja i posluživanja, ekonomsku isplativost, sigurnost i mogućnost poluautomatskog rada. Pojedine postojeće izvedbe primitivnih niskobudžetnih cjepača nisu konstruirane na način da vode brigu o sigurnosti operatera, kao ni o tome da bi cjepač mogla koristiti osoba starije životne dobi. Zbog nedostatka vremena u kućanstvima je od izuzetnog značaja poluautomatski rad, koji bi poslužitelju uređaja dao mogućnost da jednostavno napuni spremnik do određene mjere i dovede energiju uređaju. Uređaj bi u određenom vremenu izvršio svoju funkciju te bi na izlazu dobili nacijepane trupce, a istovremeno operateru uštedili vrijeme koje bi mogao upotrijebiti za nešto drugo.

## 2. ANALIZA POSTOJEĆIH PROIZVODA NA TRŽIŠTU

Analizom postojećih proizvoda na tržištu može se zaključiti kako je tržište prepuno raznih modela uređaja za cijepanje drva, od jednostavnih do vrlo složenih tehničkih sustava.

### 2.1. YardMax YS0552



Slika 4. YardMax YS0552

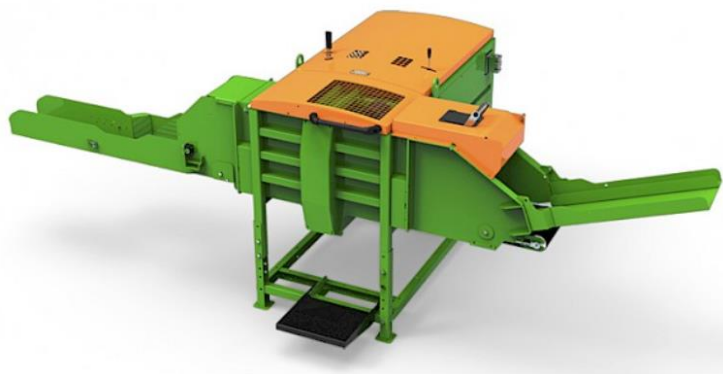
*YardMax YS0552* je proizvod tvrtke američke tvrtke *Yardmax* [7]. Za pogon koristi električni motor koji pokreće hidrauličku pumpu koja diže tlak na određenu visinu tako da se ostvari potrebna sila cijepanja. Vrlo je lagan i mobilan. Uređaj je otvorenog tipa, ne nudi nikakvu zaštitu i zahtjeva operatera cijelo vrijeme.

Tablica 2. Tehnička specifikacija- *YardMax YS0552*

Položaj rada	Horizontalan
Vrsta pogona	Električni
Snaga	1650 W
Maksimalni promjer trupca	250 mm
Maksimalna duljina trupca	520 mm
Ostvariva sila cijepanja	5 t
Dimenzije	950x460x1000
Masa	50 kg

Vrijeme trajanja ciklusa	16 s
Hidraulični tlak	~200 bar
Kapacitet hidrauličkog ulja	~3,5 l

## 2.2. AutoSplit 350



Slika 5. AutoSplit 350

*AutoSplit 350* proizvod je njemačke tvrtke *Posch GmbH* [8]. Ostvaruje silu cijepanja u iznosu od 10 tona. Na uređaju je predviđen spremnik za punjenje te na izlazu su predviđene vreće za skladištenje nacijepanog drva. Cijeli sustav je kontinuiran, što znači da dovođenjem uređaja u rad, isti radi bez poteškoća i zastoja. Operator je zaštićen od mogućih povreda i ozljeda tijekom rada. Vrijeme trajanja jednog ciklusa iznosi pet (5) sekundi te mu je efikasnost približno sto (100) vreća na sat vremena rada. Također, uređaj ima implementiran sustav za podešavanje izlazne debljine cijepanice (od 0 do 18 cm).

Tablica 3. Tehnička specifikacija- *AutoSplit 350*

Izvedba konstrukcije	Horizontalna
Vrsta pogona	Električni
Snaga	9000 W
Maksimalni promjer trupca	350 mm
Maksimalna duljina trupca	250-330 mm
Ostvariva sila cijepanja	10 t

Dimenzije	180x240x150
Masa	850 kg
Vrijeme trajanja ciklusa	5 s

### 2.3. CV multi 11 E 230V



**Slika 6. CV multi 11 E 230V**

CV multi 11 E 230V proizvod je slovenske tvrtke Vitli Krpan [9]. Njegova prednost u odnosu na ostale cjepače drva mogućnost izvođenja operacija u pet (5) različitih položaja, koji su određeni nagibom cjepača u odnosu na podlogu. Uređaj je otvorenog tipa te ne štiti operatera od nastanka mogućih ozljeda prilikom rada. Također, uređaj je mobilan.

**Tablica 4. Tehnička specifikacija- CV multi 11 E 230 V**

Položaj rada	Horizontalan/vertikalalan
Vrsta pogona	Električni
Snaga	3000 W
Ostvariva sila cijepanja	11 t
Hod hidrauličkog cilindra	580 mm
Dimenzije	550x900x1500
Masa	202 kg

## 2.4. Swisher 22T



**Slika 7. Swisher 22T**

*Swisher 22T* je proizvod američke tvrtke *Swisher Inc* [10]. *Swisher 22T* je električni uređaj za cijepanje drva u kojem je implementiran sustav automatskog vraćanja. Elektromotor pogoni hidraulički cilindar te se ostvaruje sila u iznosu od 22 tone. Uređaj je mobilan te se može transportirati brzinom do 60 km/h. *Swisher 22T* je mobilan uređaj te se može transportirati motornim vozilom. Prilikom kalanja trupca postoji mogućnost od ozljeda, jer je uređaj otvorenog tipa.

**Tablica 5. Tehnička specifikacija- Swisher 22T**

Položaj rada	Horizontalan
Vrsta pogona	Električni
Snaga	~1500 W
Ostvariva sila cijepanja	22 t
Vrijeme trajanja ciklusa	13 sekundi
Maksimalna duljina trupca	635 mm
Dimenzije	2235x1055x991
Masa	207 kg



## 2.5. Commercial Kinetic Log Splitter



**Slika 8. Commercial Kinetic Log Splitter**

*Commercial Kinetic Log Splitter* proizvod je američke tvrtke Oregon [11], Blount Inc. Zadnjih nekoliko godina su tržište preplavile ove vrste uređaja za cijepanje drva, zbog brzog odvijanja ciklusa. Sa svake strane uređaja nalaze se dva (2) zamašnjaka koji ublažavaju nastajanje vibracija tijekom rada. Također, služe kao spremnici energije te zbog svog velikog momenta tromosti (koji je rezultat velike mase zamašnjaka) pohranjuju kinetičku energiju prilikom postavljanja uređaja u rad. Uređaj je poluautomatski, što znači da ga treba svaki ciklus pokrenuti, no nakon što dođe u krajnji položaj vratit će se sam jer ima implementiran sustav automatskog vraćanja. Što se tiče sigurnosti, uređaj je iznimno opasan za rad. Prvenstveno, zbog ekstremne brzine cijepanja koja se posljedično veže na nesigurnost obavljanja operacije zbog neposrednoj izloženosti operatora uređaju.

**Tablica 6. Tehnička specifikacija- Commercial Kinetic Log Splitter**

Položaj rada	Horizontalan
Vrsta pogona	Benzinski
Snaga	~5000 W
Ostvariva sila cijepanja	34 t
Broj zamašnjaka	2
Masa jednog zamašnjaka	~32 kg
Promjer zamašnjaka	470 mm

Brzina vrtnje izlaznog vratila	325 okr/min
Visina klina	~150 mm
Vrijeme trajanja ciklusa	2 s

## 2.6. Usporedba postojećih proizvoda na tržištu

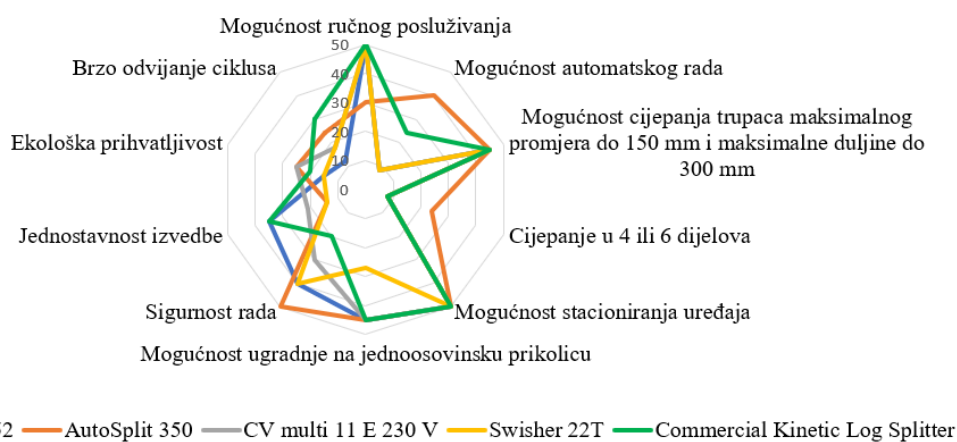
Neposredno nakon analize postojećih proizvoda na tržištu potrebno je usporediti navedene proizvode prema određenim kriterijima. Kriteriji prema kojima će se usporediti postojeći proizvodi biti će definirani iz teksta zadatka i osobno. Svaki kriterij nema istu važnost prilikom evaluacije proizvoda te će se svakom kriteriju dodijeliti težinski faktor (1- najmanji, 10- najveći), kojim se množiti dodijeljena ocjena (1- najmanja, 5- najveća) pojedinog kriterija određenog proizvoda. Proizvodi će se rangirati prema najvećem zbroju ocjena. Rezultati ocjenjivanja prikazani su u tablici 7. Također, prikazana je usporedba i pomoću radar dijagrama.

**Tablica 7. Rezultati provedenog ocjenjivanja**

Kriterij	Težinski faktor	YardMax YS0552	AutoSplit 350	CV multi 11 E 230 V	Swisher 22T	Commercial Kinetic Log Splitter
Mogućnost ručnog posluživanja	10	5	3	5	5	5
Mogućnost automatskog rada	8	1	5	1	1	3
Mogućnost cijepanja trupaca maksimalnog promjera do 150 mm i maksimalne duljine do 300 mm	9	5	5	5	5	5

Cijepanje u 4 ili 6 dijelova	8	1	3	1	1	1
Mogućnost stacioniranja uređaja	10	5	5	5	5	5
Mogućnost ugradnje na jednoosovinsku prikolicu	9	5	5	5	3	5
Sigurnost rada	10	4	5	3	4	2
Jednostavnost izvedbe	7	5	2	3	2	5
Ekološka prihvatljivost	5	3	5	5	3	4
Brzo odvijanje ciklusa	6	2	4	3	3	5
$\Sigma$		308	347	300	275	327
<b>Rang</b>		<b>3.</b>	<b>1.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>2.</b>

### Evaluacija navedenih proizvoda



Slika 9. Evaluacija navedenih proizvoda

Dobiveni rezultati u tablici 7. nam daju do znanja kako je *AutoSplit 350* proizvod koji najbolje odgovara zadanim kriterijima. To je bilo i za očekivati s obzirom kako jedini od navedenih ima spremnik za ručno i punjenje i mogućnost automatskog rada. *Commercial Kinetic Log Splitter* ne zaostaje mnogo za *AutoSplit 350* te svakako njegova prednost pred ostalim uređajima za cijepanje drva je brzina rada, tj. kratko vrijeme trajanja ciklusa. *Autosplit 350* je jedini uređaj koji je u potpunosti ispunio kriterij cijepanja trupaca u 4 ili 6 dijelova. Na tržištu ne postoje samostalni cjepači koji ispunjavaju taj kriterij, nego postoje tzv. procesori drva, koji su ujedno uređaji za rezanje i cijepanje, no takva vrsta uređaja nisu razmatrani prilikom analize tržišta. U pogledu ekološke prihvatljivosti najbolje su ocjenjeni cjepači koji u radu koriste električni pogon, jer je struja kao energent ekološki prihvatljivija od hidrauličkog ili benzinskog pogona.

### 3. DEFINIRANJE CILJA ZA RAZVOJ PROIZVODA

Kako bi se lakše razumio cilj zadatka te kako bi se usmjerio tok razmišljanja na stvarni problem koji je potrebno riješiti, proizvod je razložen na elementarne funkcije čime je ustanovljen stvarni problem koji treba riješiti:

- mogućnost cijepanja trupaca promjera do 150 mm i duljine do 300 mm,
- cijepanje trupca u 4 ili 6 dijelova,
- mogućnost ručnog posluživanja,
- jednostavnost rada uređaja,
- spriječiti gomilanje nacijepanog drva na nepredviđenim mjestima,
- ekološka prihvatljivost uređaja u pogledu korištenog energenta za pogon uređaja,
- mogućnost automatskog rada uređaja uz spremnik za ručno punjenje čiji otvor mora biti na određenoj visini koji osigurava lagano punjenje,
- sigurnost rada uređaja s naglaskom da se uklone sve potencijalne opasnosti, ozljede i veće štete,
- mogućnost ugradbe na jednoosovinsku prikolicu što uvelike olakšava transport uređaja.

Prilikom definicije cilja za razvoj proizvoda potrebno je razmotriti pravce kreativnog razvoja. Jedan od osnovnih pravaca kreativnog razvoja prilikom razvoja ovakvog uređaja je modularnost uređaja. Spremnik za ručno punjenje ne mora nužno biti fiksno pričvršćen za uređaj čime se uvelike pridonosi smanjenju mase i jednostavnosti uređaja. Naravno, ukoliko je potrebno spremnik za ručno punjenje mora biti konstruiran tako da bude jednostavno montiran na predviđeno mjesto. Daljnji pravac za kreativni razvoj bi bili sljedeći: mogućnost podešavanja duljine trupaca, pošto su moguće duljine ogrjevnog drva 25 ili 33 cm. Zatim, više brzina cijepanja, koje bi omogućile da uređaj radi u jednoj brzini kada je ručno posluživan, a u drugoj brzini kada je stavljen u automatski rad. Problemi koji bi se eventualno mogli pojaviti je gomilanje nacijepanog drva na jednom mjestu, što treba uzeti u obzir prilikom daljnjeg razvoja.

#### 3.1. Smjernice za razvoj proizvoda

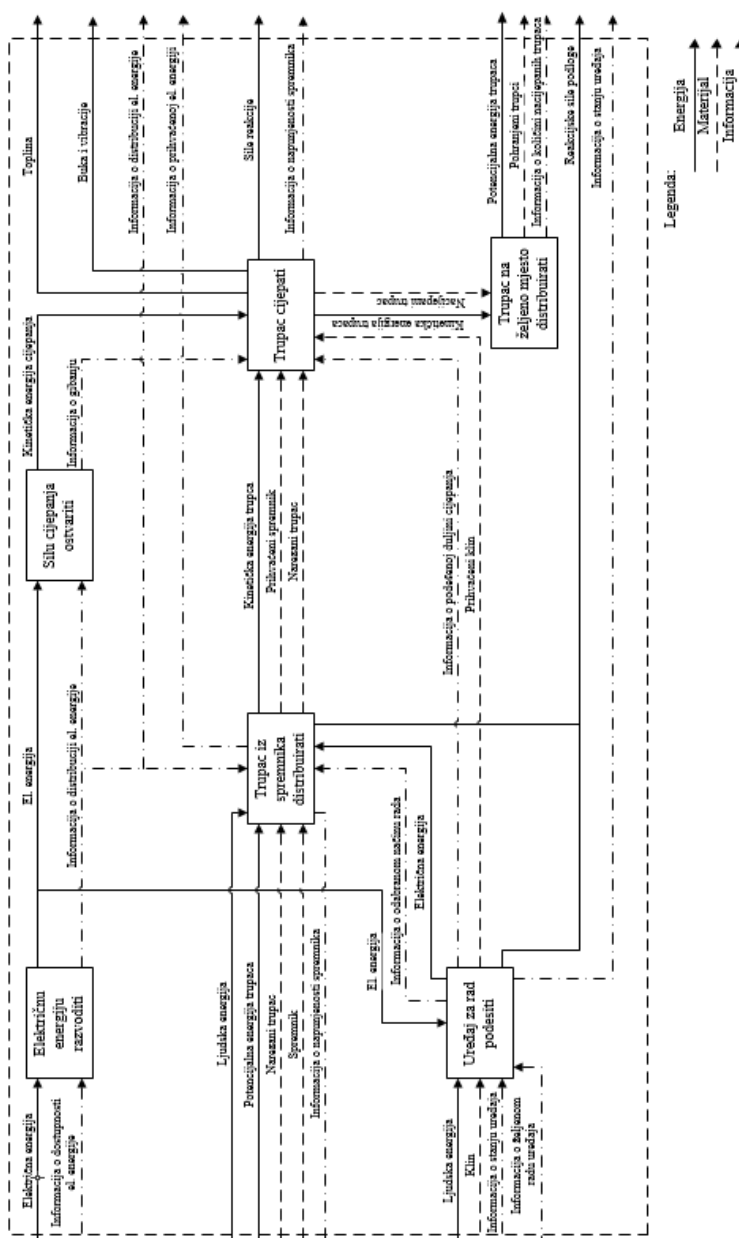
Daljnji razvoj uređaja je zamišljen da ide u sljedećem smjeru:

- **pogon:** preporuka je električni pogon, jer je struja ekološki prihvatljiviji energent od ulja koji se koriste u hidraulici ili benzina, uz ekološku prihvatljivost tu je svakako važan i kriterij cijene koji proizlazi iz uvjeta da je uređaj potrebno koncipirati kao niskobudžetan,
- **upravljanje:** jednostavno puštanje u rad, uređaj koncipirati kao kontinuiran sustav, u trenutku kada se uključi mora konstantno izvršavati gibanje bez vanjskog djelovanja operatera, ali uređaj je moguće posluživati i ručno,
- **klin za cijepanje:** konstruirati na način da cijepa trupac na 4 dijela u automatskom radu, dok prilikom ručnog posluživanja uređaj moguće cijepati na 2 dijela zbog sigurnosti, voditi računa o kutu klina koji neposredno utječe na silu cijepanja,
- **maksimalna duljina trupca:** voditi računa o tome da postoje cjepanice duljine od 25 cm do 33 cm, potrebno je predvidjeti mogućnost podesivosti za pojedine duljine cjepanica,
- **maksimalni promjer trupca:** do 150 mm, voditi računa o mogućem zaglavljivanju trupaca u spremniku za ručno punjenje prilikom automatskog rada,
- **trupci:** potrebno je predvidjeti njihovo odlaganje tako da ne dođe do gomilanja nacijepanih trupaca na jednom mjestu, mogućnost postavljanja vreće na izlaz uređaja,
- **masa, dimenzije i transport:** osigurati transport uređaja na jednoosovinskoj prikolici u rastavljenom stanju, prema [12] maksimalna masa uređaja koji će biti transportiran ne smije biti veća od 500 kg, uz dimenzije tovarnog prostora maksimalno 2000x1600x320 prema [13], predvidjeti mobilnost uređaja, u smislu da ga se može pomicati nakon što je sastavljen,
- **sigurnost:** osigurati operatera od mogućih ozljeda koje bi potencijalno bili prouzrokovane pokretnim dijelovima uređaja, nekontroliranim ponašanjem trupca prilikom cijepanja itd.,
- **modularnost:** predvidjeti spremnik za ručno punjenje kao poseban sklop, koji se može po želji implementirati na sami uređaj, ovisno o tome poslužuje li se uređaj ručno, ili radi automatski,
- **jednostavnost izvedbe:** lagana montaža neposredno prilikom puštanja u pogon, jednostavna dijelova zamjena u slučaju kvara uređaja.

#### 4. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA PROIZVODA

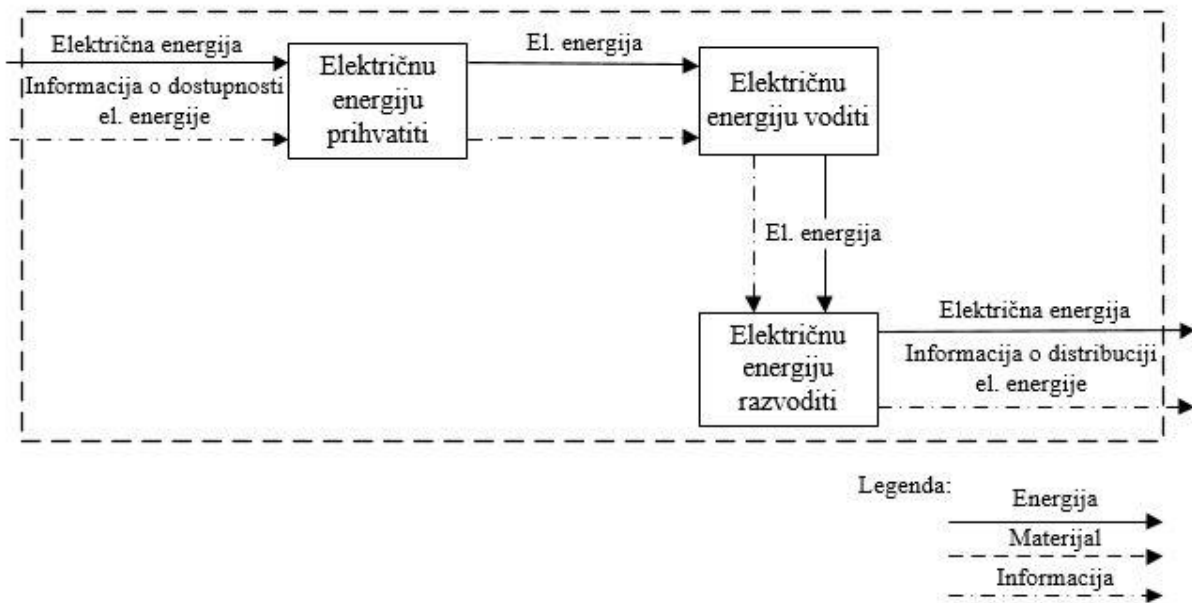
Vođeni smjericama i ciljevima koje su određene u dosadašnjem dijelu, izrađen je funkcijski prikaz uređaja. Funkcijska struktura uređaja prikazana je glavnom funkcijskom strukturom radi jednostavnosti i preglednost u poglavlju 4.1., koju smo podijelili na šest parcijalnih funkcija razrađenih u narednim poglavljima.

##### 4.1. Glavna funkcijska struktura



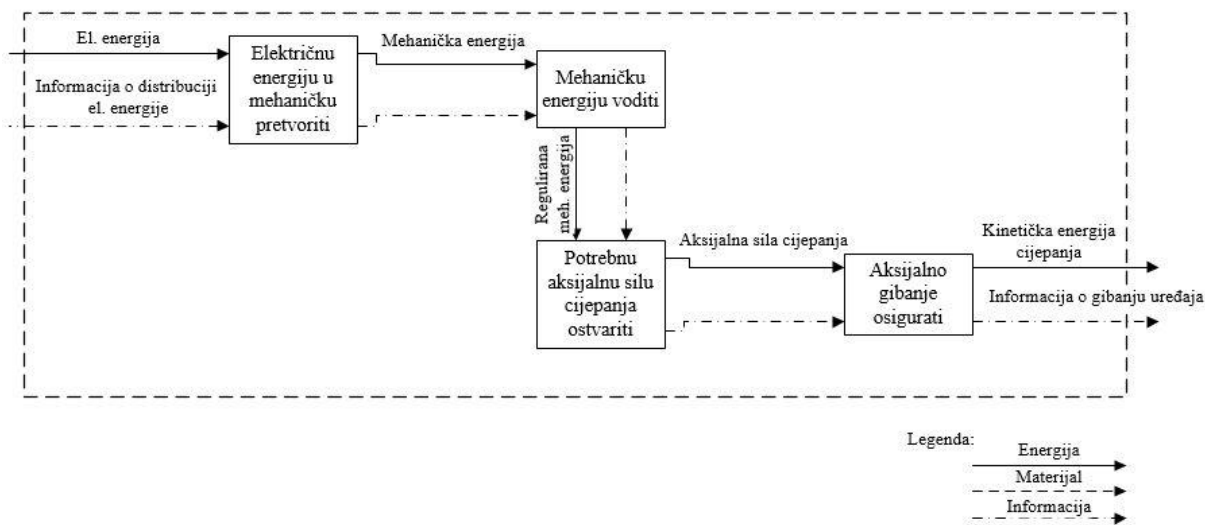
Slika 10. Glavna funkcijska struktura

4.2. Parcijalna funkcija PF1



Slika 11. Parcijalna funkcija PF1

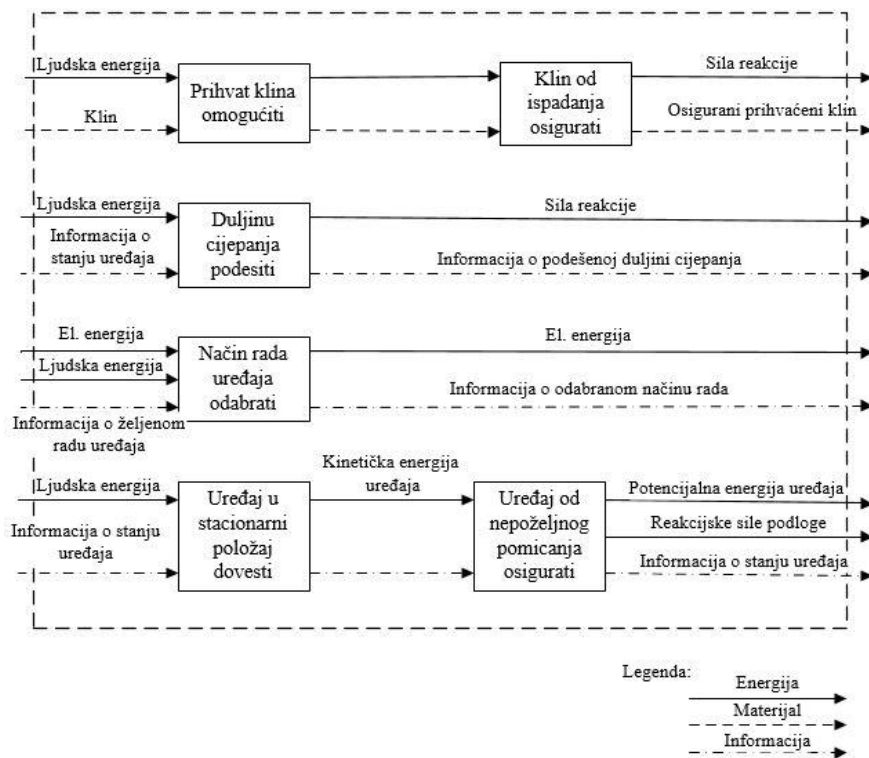
4.3. Parcijalna funkcija PF2



Slika 12. Parcijalna funkcija PF2

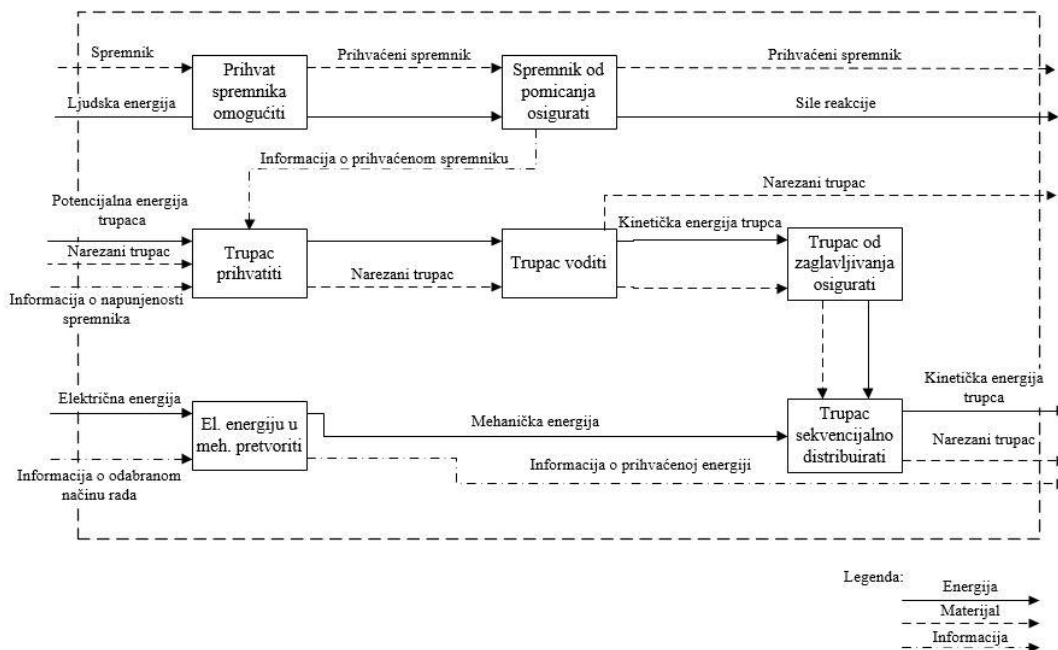


### 4.4. Parcijalna funkcija PF3



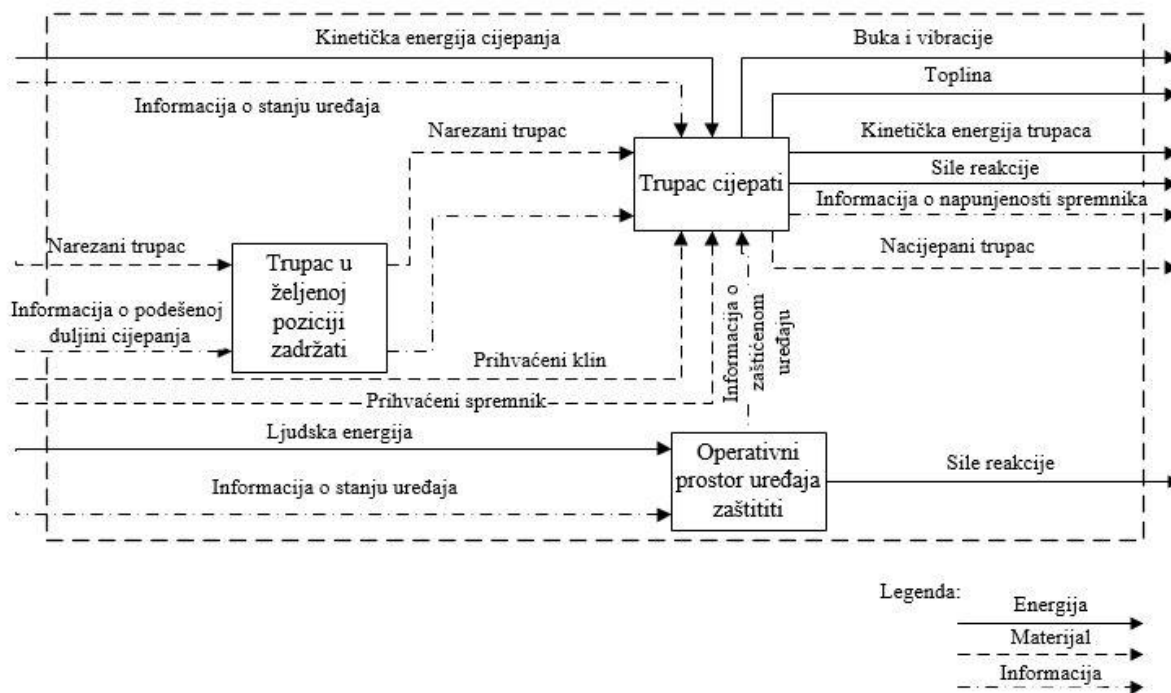
Slika 13. Parcijalna funkcija PF3

### 4.5. Parcijalna funkcija PF4



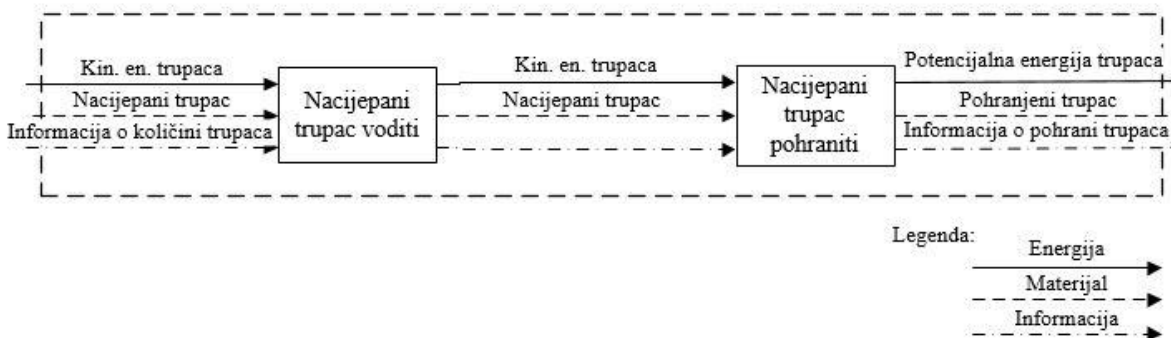
Slika 15. Parcijalna funkcija PF4

4.6. Parcijalna funkcija PF5



Slika 16. Parcijalna funkcija PF5

4.7. Parcijalna funkcija PF6










Slika 17. Parcijalna funkcija PF6






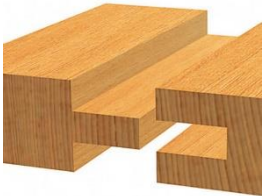


## 5. MORFOLOŠKA MATRICA

Pojedina moguća rješenja pojedinih funkcija prikazane su u tablici 8., uz uvjet, kako su samo navedena rješenja koja ispunjavaju navedene smjernice i koja si međusobno mogu konkurirati.






Tablica 8. Morfološka matrica

Rbr.	Naziv funkcije	Rješenje 1	Rješenje 2
1.	Električnu energiju prihvatiti	Razvodna ploča 	Agregat 
2.	Električnu energiju voditi	Vodič (žično) 	
3.	Električnu energiju razvoditi	Razvodna ploča + sklopka 	
4.	Električnu energiju u mehaničku pretvoriti	Hidraulički agregat 	Asinkroni elektromotor 

5.	Mehaničku energiju voditi	Vratilo + prijenosnik snage 	Hidrauličkim fluidom u cijevima 
6.	Potrebnu aksijalnu silu cijepanja ostvariti	Hidraulički cilindar 	Stapni mehanizam 
7.	Aksijalno gibanje osigurati	Linearne vodilice 	Tračnice/kotači 
8.	Prihvata klina omogućiti	Utor 	
9.	Klin od ispadanja osigurati	Vijcima 	Konični zatik 
10.	Duljinu cijepanja podesiti	Vijcima 	Fiksna duljina 

11.	Način rada odabrati	<p>Sklopka na razvodnoj ploči</p> 	
12.	Uređaj u stacionarni položaj dovesti	<p>Ručno pomoću ručica</p> 	<p>Kotač</p> 
13.	Uređaj od nepoželjnog pomicanja osigurati	<p>Kotač s ugrađenom kočnicom</p> 	<p>Potisnik</p> 
14.	Prihvat spremnika omogućiti	<p>Utor</p> 	
15.	Spremnik od pomicanja osigurati	<p>Vijcima</p> 	<p>Koničnim zatikom</p> 

16.	Trupac prihvatiti	<p>Ručno</p> 	<p>Spremnik</p> 
17.	Trupac voditi	<p>Ručno</p> 	<p>Kanalima iz spremnika/žljebovima</p> 
18.	Trupac od zaglavljivanja osigurati	<p>Konstruktivno oblikovanje kanala/žlijeba</p>	
19.	Trupac sekvencijalno distribuirati	<p>Bregasta osovina/ekscentar</p> 	<p>Opruga</p> 
20.	Trupac u željenoj poziciji zadržati	<p>Trapezni oblik prihvata</p> 	<p>Dodatne bočne stranice</p> 

21.	Trupac cijepati	<p>Klin s 4 oštrice</p> 	<p>Klin s 6 oštrica</p> 
22.	Operativni prostor uređaja zaštititi	<p>Mrežasti lim</p> 	<p>Zatvorena konstrukcija</p> 
23.	Nacijepani trupac voditi	<p>Žljebovima</p> 	<p>Cijevima</p> 
24.	Nacijepani trupac pohraniti	<p>Vreća</p> 	<p>Spremnik</p> 

---

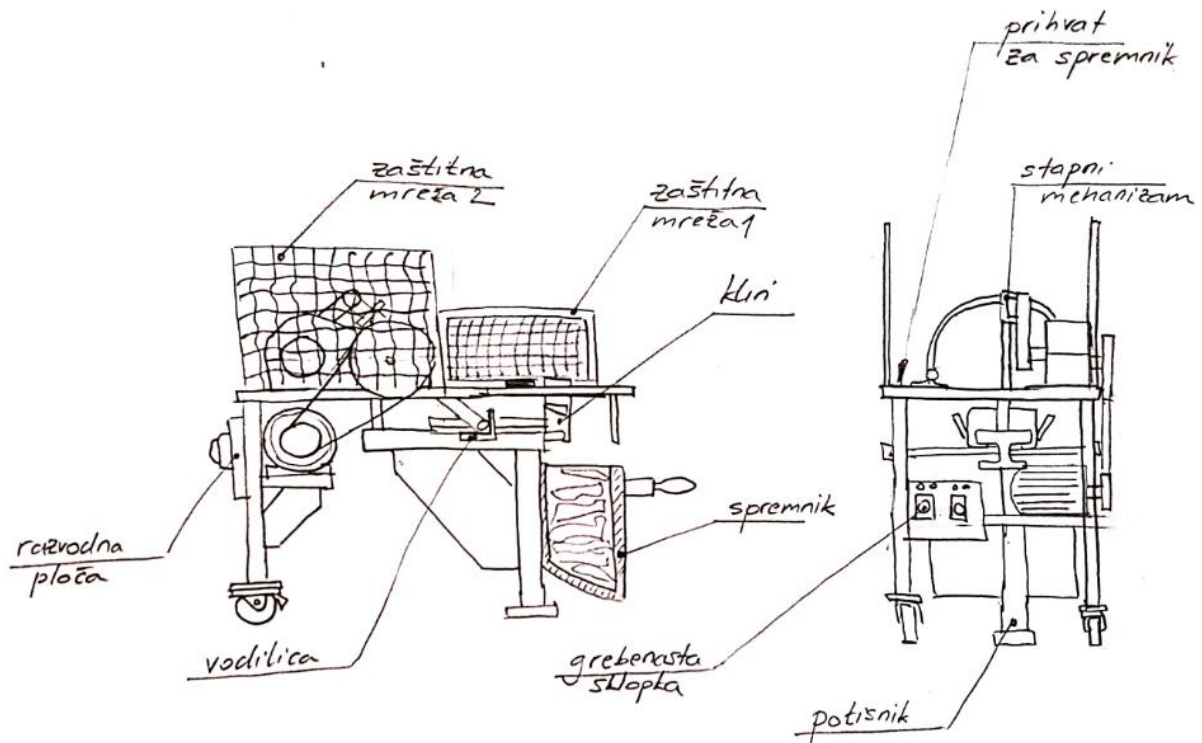
## 6. GENERIRANJE KONCEPATA

Prilikom generiranja koncepata neće se uzimati u obzir spremnik. Zadatak nam nalaže kako je uređaj moguće posluživati ručno, no potrebno je predvidjeti spremnik kojim bi bio omogućen automatski rad. Spremnik kao zasebna, modularna komponenta je razrađen u poglavljima 6.3., 6.4. i 6.5. kroz tri (3) idejna rješenja. Tijekom definiranja koncepata bit će predviđeno isključivo mjesto za ugradnju spremnika.

### 6.1. Koncept 1

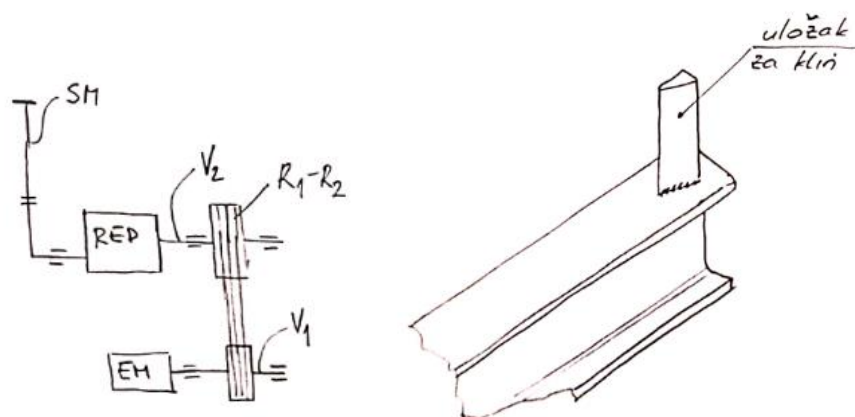
Na slici 17. prikazan je prvi koncept. Ideja koncepta je da koristi električni pogon (elektromotor) i stapni mehanizam, kojim bi mogao prilikom uključivanja ostvariti kontinuirani pogon. Elektromotor preko vratila i spojke prenosi snagu pogonskoj remenici, koja pomoću remena dobavlja snagu gonjenoj remenici. Zatim snaga s gonjenje remenice „putuje“ vratilom do reduktora, gdje izlazi na mjestu spoja stapnog mehanizma i vratila, pritom dajući dostatni moment za obavljanje funkcije cijepanja (slika 18.). Nedostatak koncepta leži u činjenici kako je stapni mehanizam harmonijski pogon, što znači da sila i brzina nisu iste tokom obavljanja procesa. Također, javljaju se velike sile u stapovima, kao i velika opterećenja na pogonskim i gonjenim dijelima. Tokom cijelog rada, operater je zaštićen mrežom. Prilikom ručnog posluživanja uređaja, neposredno ispred operatera nalazi se zaštitna mreža s ručicom pomoću koje operater otvara put do mjesta cijepanja. Otvaranjem može umetati nacijepane trupce te neposredno prije puštanja u rad zatvara mrežu čime onemogućava nastanak mogućih ozljeda i povreda. Uređaj se pokreće zakretanjem grebenaste sklopke, koja se nalazi sa strane na razvodnoj ploči. Iznad iste nalaze se dvije signalne lampice koje signaliziraju operateru stanje u kojem se nalazi uređaj.



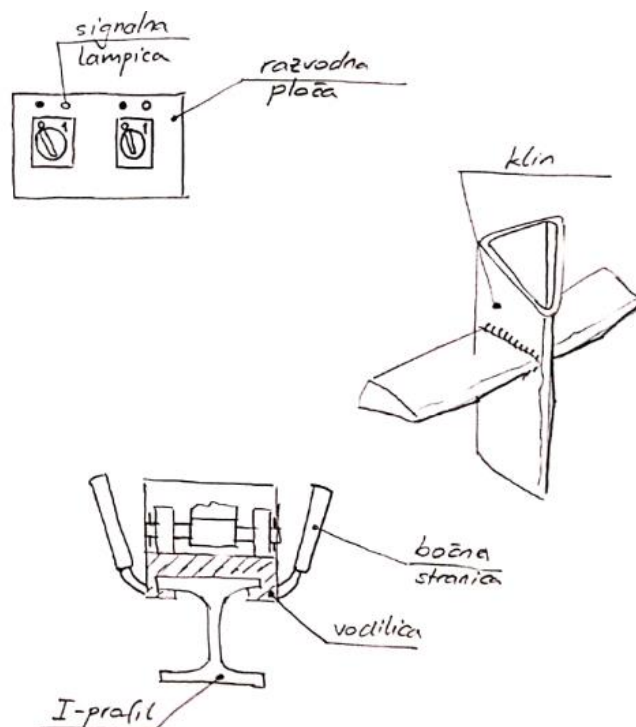


Slika 17. Gruba skica koncepta 1

Slike 18. i 19. prikazuju detalje na konceptu 1. Završetak stapnog mehanizma, gledajući s pogonske strane, spojen je preko ušice na ploču koja je vođena na I-profilu. Time se osigurava aksijalno gibanje pogonskog dijela. Uvedena je mogućnost prihвата klina s 4 ili 6 oštrica jednostavnim umetanjem istog na zato predviđeno mjesto (uložak klina).



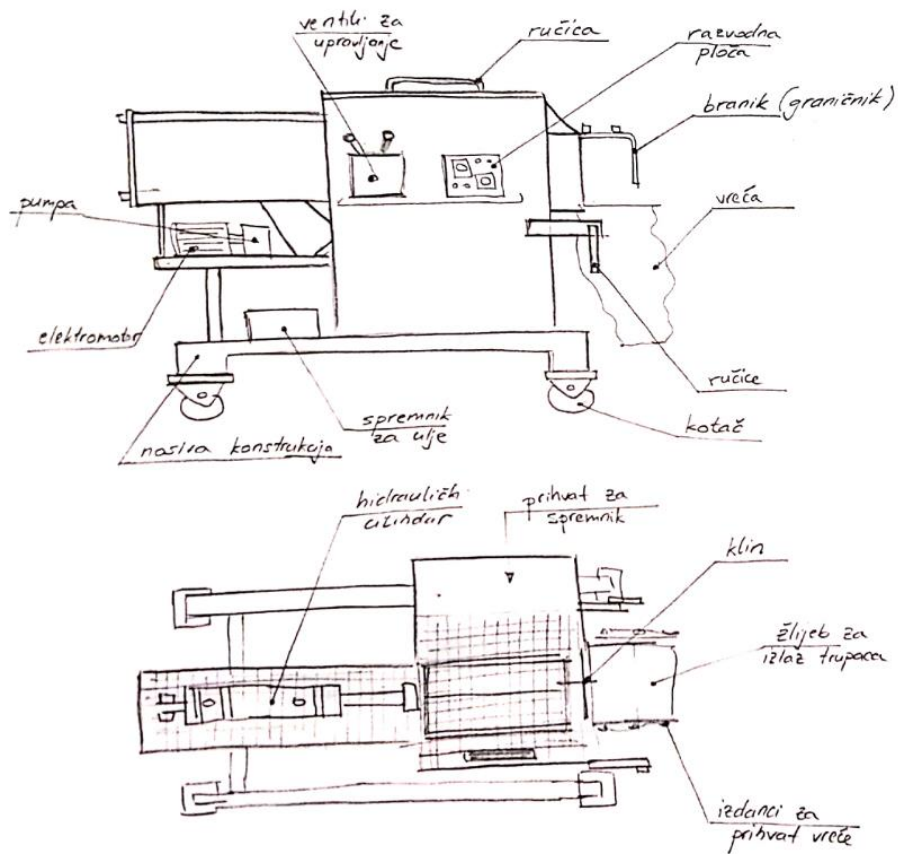
Slika 18. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 1-1



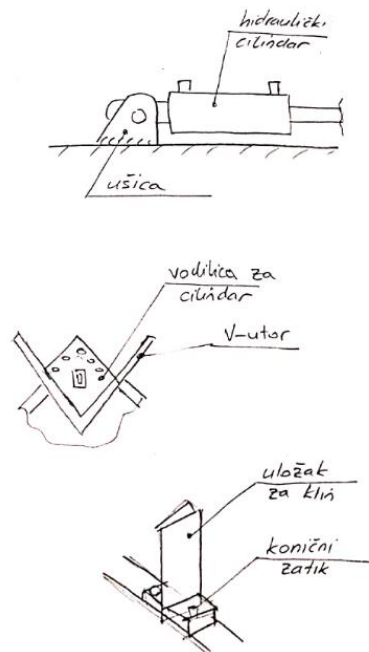
Slika 19. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 1-2

## 6.2. Koncept 2

Koncept 2 izvršava operaciju cijepanja korištenjem hidrauličkog pogona pokretanim elektromotorom. Time se i dalje držimo smjernica gledano u smislu pogona. Princip rada hidrauličkog sustava na slici je zamišljen na sljedeći način: elektromotor pogoni hidro pumpu koja diže tlak fluida, pritom ostvarujući potrebni protok. Uređajem se upravlja pomoću ventila prikazanih na slici 20. Pravilnim djelovanjem operatera na ventile, izvlači se hidraulički cilindar koji ostvaruje potrebnu silu cijepanja. Također, potrebno je predvidjeti prostor za stacioniranje spremnika ulja (slika 20.). Cijepanje se odvija u V-utoru te aksijalnim gibanjem cilindra, nacijepani trupac u 4 ili 6 dijela izlazi kroz žlijeb za izlaz trupaca te se pohranjuje gravitacijom u vreću. Na uređaju postoji mogućnost učvršćenja vreće. Uložak za klin učvršćen se koničnim zaticom za konstrukciju. Na slici 20. predviđen je prostor za spremnik, no konstrukcijska rješenja spremnika bit će obrađena u narednim poglavljima. Uređaju se dovodi električna energija pomoću razvodne ploče na kojoj se nalaze dvije grebenaste sklopke s pripadajućim signalnim lampicama; jedna za pogon uređaja, druga za pogon spremnika.

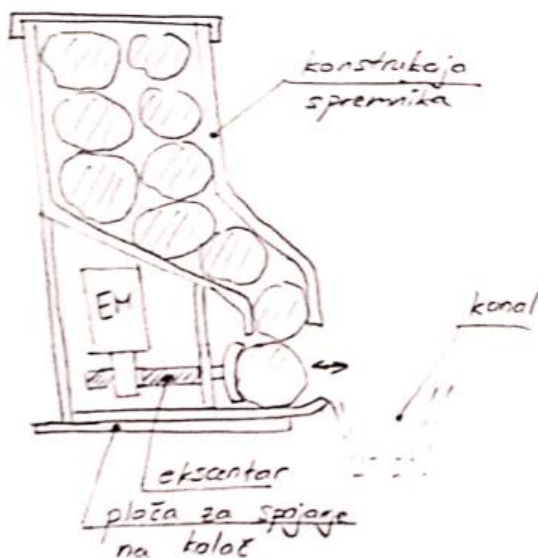


Slika 20. Gruba skica koncepta 2



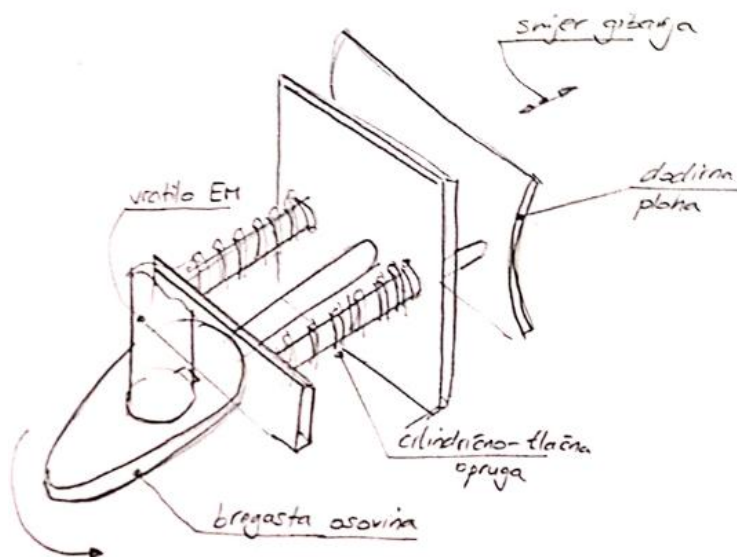
Slika 21. Detaljni prikaz pojedinih dijelova koncepta 2

### 6.3. Konstrukcijsko rješenje spremnika 1



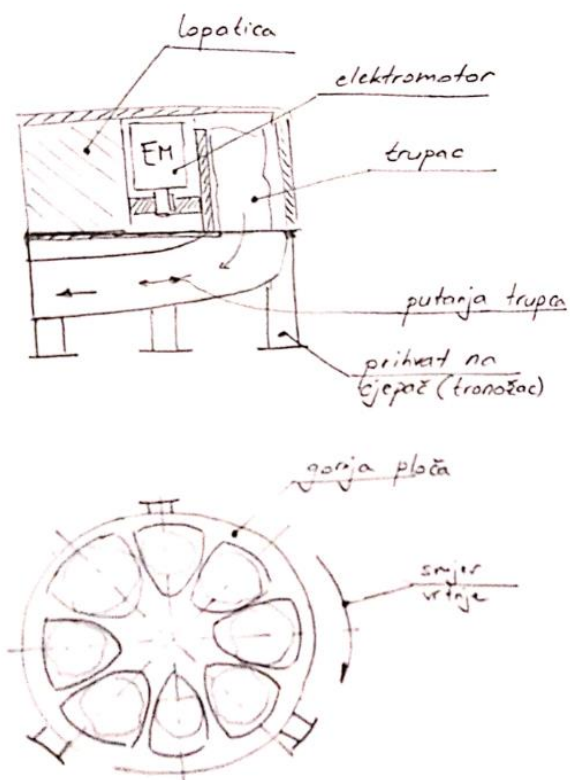
Slika 22. Prikaz rješenja spremnika 1

Konstrukcijsko rješenje spremnika 1 sastoji se u suštini od mehanizma za dopremu trupaca, nosive konstrukcije i prostora za spremnik trupaca. Trupci se gravitacijski dopremaju do mjesta izlaza mehanizma. Elektromotor pogoni vratilo, na kojeg je pričvršćen brijeg. Brijeg diže i spušta ploču koja gura trupce na mjesto za cijepanje. Ploča je spojena vodilicama za lakše vođenje. U mehanizmu su predviđene i cilindrično-tlačne opruge koje prestankom djelovanja sile brijega rasterećuju sustav i vraćaju ga u prvobitni položaj.



Slika 22. Mehanizam dopreme trupaca spremnika 1

#### 6.4. Konstrukcijsko rješenje spremnika 2



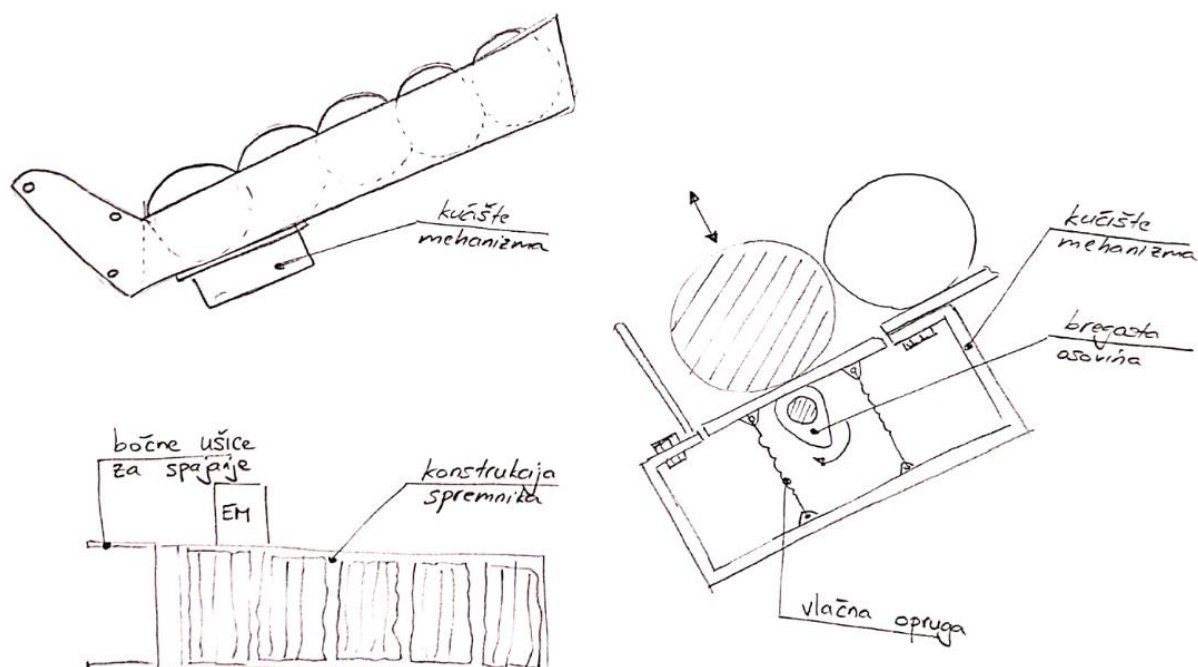
Slika 23. Konstrukcijsko rješenje spremnika 2

Ideja, za konstrukcijsko rješenje spremnika sa slike 23., je potaknuta mehanizmom dopreme metaka iz bubnja revolveira u cijev. Zamisao je sljedeća, u bubanj se umetne određeni broj narezanih trupaca. Trupci su ograđeni sa svake strane lopaticama koje su zavarene na vijenac. Vijenac je spojen perom na vratilo elektromotora koji zakreće cijeli bubanj. Zakretanjem bubnja lopatice prenose silu na trupce se i oni zakreću. Na bubnju je predviđeno samo jedno mjesto za izlaz trupaca. Kad jedan trupac izađe iz bubnja, bubanj se zakreće te na to isto mjesto dolazi drugi trupac. Na izlaz bubnja spojena je cijev/žlijeb koja glatko vodi trupac/trupce do mjesta cijepanja. Cijeli spremnik oslonjen je na tri nožice (tronožac) koje se prihvaćaju na uređaj.

#### 6.5. Konstrukcijsko rješenje spremnika 3

Konstrukcijsko rješenje spremnika 3 sastoji se od konstrukcije za pohranu trupaca, mehanizma za izbacivanje i bočnih prihвата za spajanje na uređaj. Uređaj se spaja neposredno u blizini mjesta cijepanja pomoću bočnih ušica. Pričvršćenje ušica vrši se vijcima. Trupci se dopremaju gravitacijski do mjesta izbacivanja. Princip izbacivanja koncepta 3 je sličan principu izbacivanja koncepta 1. Potisna ploča je u interakciji s trupcem te djelovanjem brijega se trupac

izbacuju i direktno doprema u prostor za cijepanje. Cijeli mehanizam pričvršćen je konstrukciju spremnika vijcima. Povratak potisne ploče osigurava se odgovarajućim postavljanjem vlačnih opruga.



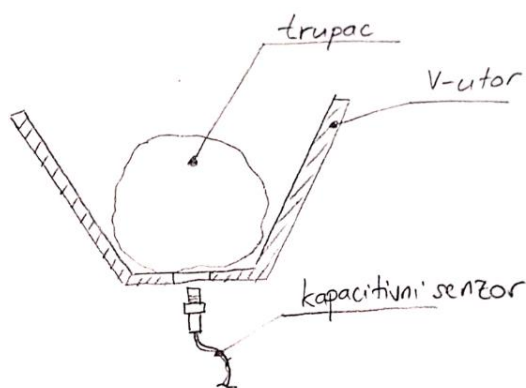
Slika 24. Konstrukcijsko rješenje spremnika 3

### 6.6. Pojašnjenje automatskog rada uređaja

Postavljanjem spremnika na uređaj isključujemo opciju ručnog posluživanja te odabiremo automatski način rada. Automatski način rada uređaja je zamišljen simultanim uključenjem obje grebenaste sklopke. No, za automatski rad potrebni su senzori i upravljačka jedinica, implementirana na razvodnu ploču, kako bi uskladili radove pojedinih motora, npr. kada se cilindar izvlači, trupac mora biti na mjestu cijepanja, no drugim trupcima u spremniku mora biti onemogućen izlaz. Također, kada se cilindar uvlači, senzor mora detektirati za trupca nema i poslati signal elektromotoru u spremniku koji bi svojim aktiviranjem izbacio trupac. Senzori koji se koriste pri radu s drvom su kapacitivni senzor koji svojom veličinom, upravljanjem, oblikom i cijenom pokrivaju široko područje primjene [14].



Slika 25. Primjer kapacitivnog senzora EL-CM18-3008 [14]



Slika 26. Predviđeno mjesto ugradnje kapacitivnog senzora

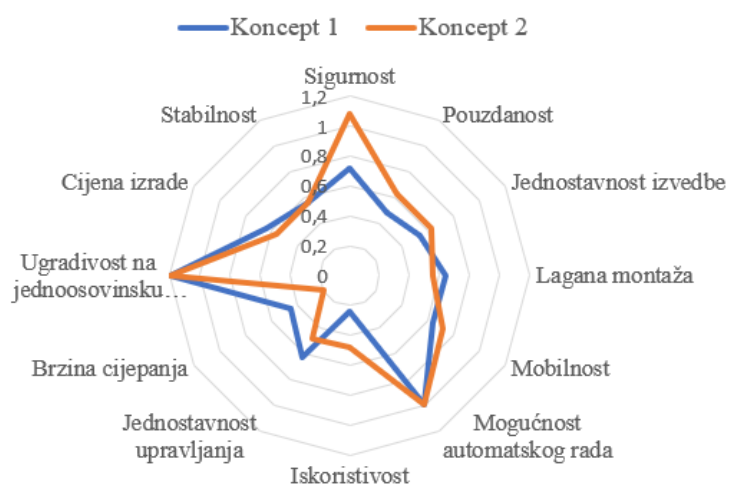
### 6.7. Vrednovanje koncepata i odabir završnog koncepta

Kako bi se lakše odabrao najbolji koncept, tj. najbolja pojedina rješenja definiranih funkcija, koncepti su ocijenjeni prema kriterijima vrednovanja. Kriteriji vrednovanja proizlaze iz definiranih smjernica za razvoj, kao i definicije cilja za razvoj proizvoda. U tablici 9. prikazano je vrednovanje metodom težinskih faktora. Koeficijenti težinskih faktora dodijeljeni su pojedinom kriteriju, pritom pazeći kako je zbroj svih težinskih faktora jednak jedinici. Nadalje, dodijeljena je ocjena pojedinom konceptu od 1 do 10, gdje je 1 najniža ocjena, a 10 najviša.

Tablica 9. Vrednovanje koncepata

Kriterij vrednovanja	Težinski faktor	Koncept	
		1	2
Sigurnost	0,12	6	9
Pouzdanost	0,07	7	9
Jednostavnost izvedbe	0,09	6	7
Lagana montaža	0,08	8	7
Mobilnost	0,08	8	9
Mogućnost automatskog rada	0,1	10	10
Iskoristivost	0,06	4	8
Jednostavnost upravljanja	0,07	9	7
Brzina cijepanja	0,05	9	4
Ugradivost na jednoosovinsku prikolicu	0,12	10	10
Cijena izrade	0,08	8	7
Stabilnost	0,08	7	7
$\Sigma$		7,75	8,11
<b>Rang</b>		<b>2.</b>	<b>1.</b>

Vrednovanje koncepata



Slika 26. Vrednovanje koncepata

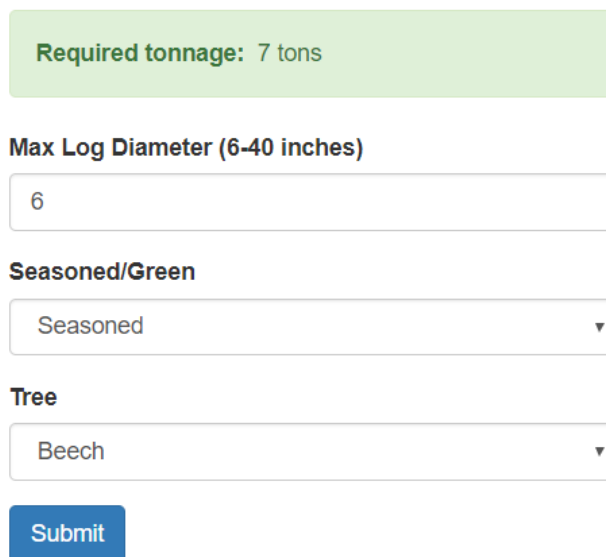


Na slici 26. prikazan je radar dijagram koji prikazuje međusobni odnos koncepata 1 i 2. Evaluacija je pokazala da koncept 2 najbolje ispunjava odabrane kriterije vrednovanja te će biti polazišna točka za daljnji razvoj. Naravno, treba napomenuti kako će tokom detaljiranja završnog koncepta doći do određenih preinaka, no funkcionalnost i zamišljeni mehanizam cijepanja ostat će nepromijenjeni.

## 7. PRORAČUN ODABRANOG KONCEPTA

### 7.1. Sila cijepanja

Potrebna sila cijepanja određena je pomoću *online* kalkulatora za proračun sile cijepanja [15]. Validnost i točnost kalkulatora potvrđena je analizom potrebnih sila cijepanja u ovisnosti na zadanu geometriju trupaca na tržištu.



Required tonnage: 7 tons

Max Log Diameter (6-40 inches)

6

Seasoned/Green

Seasoned

Tree

Beech

Submit

Slika 27. Potrebna sila cijepanja [15]

(prijevod s engleskog na hrvatski: *Required tonnage: 7 tons*- Potrebna sila cijepanja: 7 tona; *Max Log Diameter (6-40 inches)*- maksimalni promjer trupca (150-1000 mm); *Seasoned/Green*-sušeno/svježe; *Tree*- vrsta drva; *Beech*- Bukva; *Submit*- Potvrdi)

### 7.2. Proračun i odabir hidrauličkih komponenti uređaja

Što se tiče hidrauličkih komponenti, uređaj za kalanje trupaca sastoji se od: hidrauličkog agregata, hidrauličkog cilindra, crijeva, priključaka i ulja. Hidraulički agregat je kompaktna jedinica koja se u osnovi sastoji od spremnika ulja, hidro pumpe, elektromotora, spojke, nepovratnog ventila i razvodnika. Fluid (hidrauličko ulje) prenosi energiju do hidrauličkog cilindra koji ostvaruje aksijalno gibanje. Hidraulički proračun sustava proveden je pomoću [16].

### 7.2.1. Odabir hidrauličkog cilindra

Promjer klipa (unutarnji promjer cilindra)  $D$  izračunava se, bez uračunavanja gubitaka, prema sljedećem izrazu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p \cdot \pi}}, \quad (1)$$

gdje je:

$F = 70000$  N- potrebna sila cijepanja i

$p = 160$  bar – maksimalni tlak koji se javlja u cilindru prilikom izvlačenja cilindra; određen na temelju analize tržišta.

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (1) dobije se:

$$D = 0,07464 \text{ m} = 74,64 \text{ mm}. \quad (2)$$

Na temelju promjera klipa  $D$  i operativnog tlaka  $p$ , odabire se hidraulički cilindar s jednosmjernim djelovanjem *CDM1MP3/80/56/350A2X/B22CFUMWW* proizvođača *Bosch Rexroth AG* [17].



Slika 28. Odabrani hidraulički cilindar [17]

U tablici 10. prikazane su osnovne značajke odabranog jednoradnog hidrauličkog cilindra.

Tablica 10. Osnovne značajke odabranog hidrauličkog cilindra [17]

Način rada	Jednoradni
Unutarnji promjer cilindra $D$ [mm]	80
Promjer klipnjače $d$ [mm]	56
Hod cilindra $H$ [mm]	350
Preporučeno ulje u radu cilindra	Mineralna ulja HL, HLP i HFA

Stvarni operativni tlak prilikom izvlačenja cilindra izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$p_{stv} = \frac{4F}{D^2\pi} = \frac{4 \cdot 70000}{80^2\pi} = 13,926 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 139,26 \text{ bar.} \quad (3)$$

Slijedi:

$$p_{stv} = 139,26 \text{ bar} < p = 160 \text{ bar.} \quad (4)$$

ZADOVOLJAVA!

Brzina izvlačenja klipa iznosi:

$$v = \frac{H}{t}, \quad (5)$$

gdje je:

$H = 350 \text{ mm}$ - duljina hoda odabranog cilindra,

$t = 10 \text{ s}$ - željeno vrijeme izvlačenja.

Slijedi:

$$v = \frac{0,35}{10} = 0,035 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (6)$$

Pomoću jednadžbe kontinuiteta, slijedi izraz za izračun potrebnog teoretskog protoka ulja:

$$Q_t = A \cdot v = \frac{D^2\pi}{4} v = \frac{0,08^2\pi}{4} \cdot 0,035 = 1,7593 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}. \quad (7)$$

Mjerna jedinica za protok, koja se u hidrauličkim sustavima koristi, je  $\frac{\text{l}}{\text{min}}$  te pretvorbom vrijednosti izraza (7) dobijemo:

$$Q_t = 10,556 \frac{\text{l}}{\text{min}}. \quad (8)$$

Stvarni protok pumpe umanjen je za iznos volumetričkih gubitaka. Stoga, izraz za izračunavanje stvarnog protoka pumpe iznosi:

$$Q_{stv} = Q_t \cdot \eta_{vp}, \quad (9)$$

gdje je:

$\eta_{vp} = 0,96$ - volumetrički stupanj djelovanja pumpe prema [16].

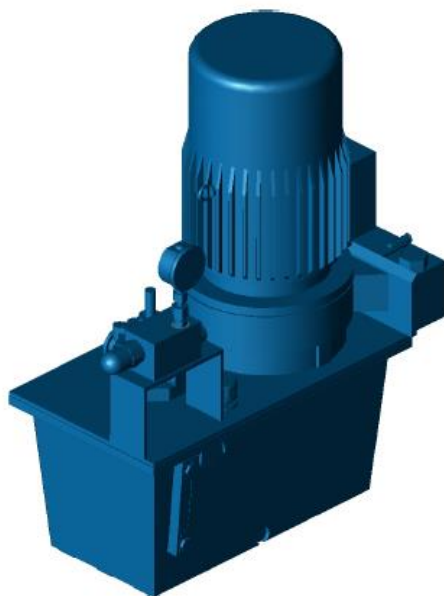
Slijedi:

$$Q_{stv} = 10,134 \frac{\text{l}}{\text{min}}. \quad (10)$$

### 7.2.2. Odabir hidrauličkog agregata

Za odabir hidrauličkog agregata potrebne su vrijednosti maksimalnog operativnog tlaka i stvarnog protoka pumpe.

Na temelju tih podataka odabire se hidraulički agregat *ABSKG-20AL9/VAZPF-008/112M/L1* proizvođača *Bosch Rexroth AG* [17].



Slika 29. Odabrani hidraulički agregat [17]

Osnovna tehnička specifikacija hidrauličkog agregata prikazana je u tablici 10.

Tablica 11. Osnovna tehnička specifikacija hidrauličkog agregata

Snaga agregata $P$ [kW]	4
Protok pumpe $Q_p$ $\left[\frac{l}{min}\right]$	11,4
Brzina vrtnje izlaznog vratila elektromotora $n_{EM}$ $[min^{-1}]$	1500
Nominalni (operativni tlak) $p$ [bar]	160
Volumen spremnika ulja $V$ [L]	20

### 7.2.3. Odabir hidrauličkog crijeva, priključaka i ulja

Hidrauličko crijevo i pripadajući priključci određeni su priključcima na cilindru (njihovom veličinom) i tlakom koji moraju podnositi. Proizvođač *FlowFit* [18] nudi mogućnost odabira hidrauličkog crijeva i pripadajućeg priključka ovisno o želji, pritom nudeći bogati asortiman mogućnosti.



Slika 30. Hidrauličko crijevo s priključcima [18]

Hidrauličko ulje određeno je odabirom hidrauličkog agregata koji propisuje HLP mineralno ulje u skladu s normom DIN 51524/2 → ISO VG 46 [17].



Slika 31. Preporučeno hidrauličko ulje [19]

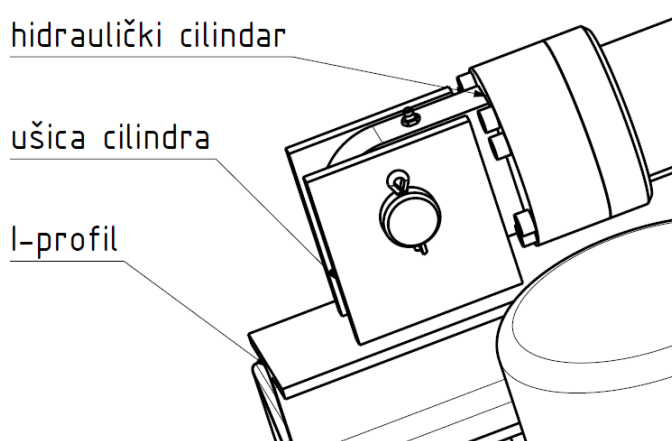
Na slici 31. prikazano je hidrauličko ulje HLP mineralno ulje ISO VG 46 proizvođač *Eurol Lubricants* [19].

### 7.3. Proračun nosive konstrukcije i kritičnih spojeva

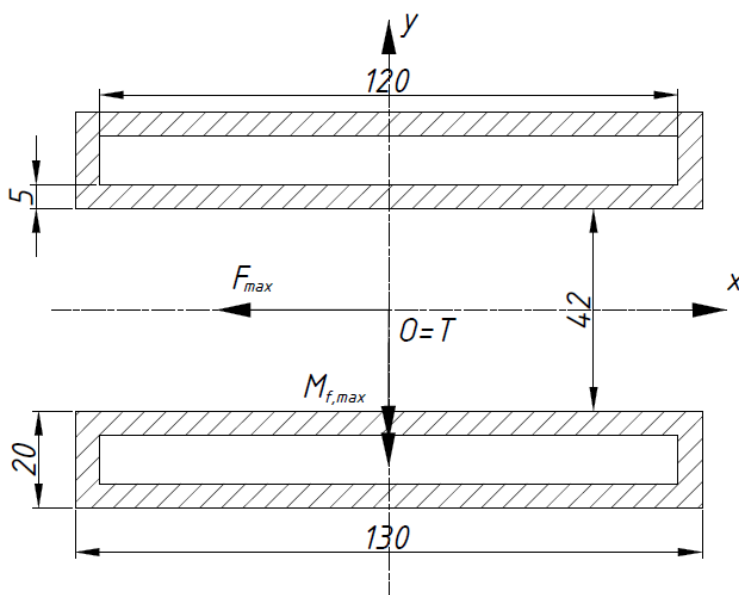
Tijekom konstrukcijske razrade odabranog koncepta uočena su određena kritična mjesta koja je bilo potrebno provjeriti radi boljeg dimenzioniranja pojedinih komponenti uređaja.

### 7.3.1. Kritično mjesto 1- zavar ušice cilindra

U „kritičnom“ trenutku cijepanja je ušica cilindra opterećena maksimalnom potrebnom silom cijepanja  $F_{max} = F$ . Zavar koji spaja ušicu s I- profilom opterećen je statički te je istovremeno opterećen na savijanje i smik (slika 33.). Sila koja djeluje na zavar nije konstantna, no proračun će biti proveden u uvjetima čistog statičkog opterećenja, uz faktor sigurnosti, koji će uzeti u obzir i nadomjestiti izmjenu opterećenja na zavar ušice.



Slika 32. Kritično mjesto 1- dinamički opterećen zavar



Slika 33. Proračunski model dinamički opterećenog zavara

Moment savijanja koji djeluje na zavar jednak je:

$$M_{f,max} = F_{max} \cdot L, \quad (11)$$

gdje je:

$F_{max} = 70000$  N – maksimalna sila koja opterećuje zavar (sila cijepanja),

$L = 80$  mm – krak na kojem djeluje sila koja opterećuje zavar; izmjerena primjenom računalnom paketa za 3-D modeliranje.

Uvrštavanjem poznatih veličina slijedi:

$$M_{f,max} = 5600000 \text{ Nmm}. \quad (12)$$

Moment savijanja djeluje oko osi  $y$  (slika 33.) te je stoga potrebno izračunati vrijednost aksijalnog momenta otpora zavara  $W_{y,min}$ .

Težište zavara je u ishodištu koordinatnog sustava  $x$ - $y$  te je iznos aksijalnog momenta tromosti oko osi  $y$  jednak:

$$I_y = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot (20 \cdot 130^3 - 10 \cdot 120^3) = 4443333,33 \text{ mm}^4. \quad (13)$$

Izraz za izračun aksijalnog momenta otpora iznosi:

$$W_{y,min} = \frac{I_y}{|x_{max}|}, \quad (14)$$

gdje je:

$|x_{max}| = 65$  mm- maksimalna udaljenost od težišta do najdaljeg ruba po osi  $x$ .

Uvrštavanjem dobivamo:

$$W_{y,min} = 68358,97 \text{ mm}^3. \quad (15)$$

Naprezanje uslijed savijanja iznosi:

$$\sigma_{f,max} = \frac{M_{f,max}}{W_{y,min}} = 81,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (16)$$

Naprezanje uslijed smika iznosi:

$$\tau_{||,max} = \frac{F_{max}}{A_{zav}}, \quad (17)$$

gdje je:

$A_{zav} = 2600 \text{ mm}^2$ - površina zavara koju opterećuje sila na smik.

Uvrštavanjem slijedi:



$$\tau_{||,max} = 26,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (18)$$

Ukupno naprezanje (reducirano naprezanje), prema teoriji najveće distorzijske energije, iznosi:

$$\sigma_{red,zav} = \sqrt{\sigma_{f,max}^2 + 3 \cdot \tau_{||,max}^2} = 94,26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (19)$$

Za S235JR granica tečenja iznosi:

$$R_e = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (20)$$

Uvjet čvrstoće glasi:

$$\sigma_{red,zav} \leq \sigma_{dop}. \quad (21)$$

Gdje je:

$\sigma_{dop}$  – dopušteno naprezanje.

Dopušteno naprezanje za promatrani slučaj iznosi:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S}. \quad (22)$$

Gdje je:

$S = 1,5$  – faktor sigurnosti za čelične konstrukcije u općem strojarstvu [22].

Uvrštavanjem faktora sigurnosti u izraz (22) te usporedbom izračunatih veličina pomoću izraza (21) slijedi:

$$94,26 < 156,67! \quad (23)$$

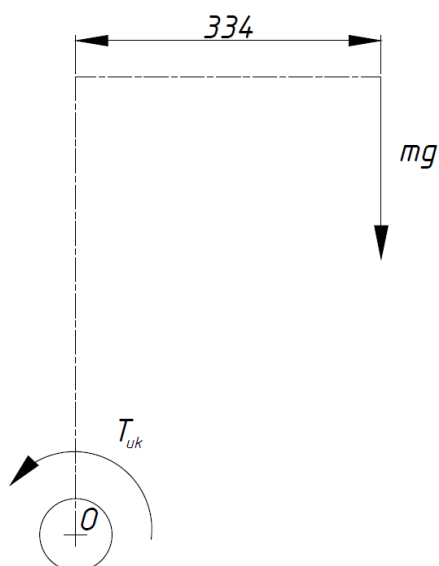
**ZADOVOLJAVA!**

### 7.3.2. Kritično mjesto 2- provjera čvrstoće vijaka

Dva vijaka u konstrukciji nose granični lim (slika 34.). Proračunski model prikazan je na slici 35. Svaki od vijaka je opterećen mirno uz prednaprezanje, uz uvjet kako je radna sila koja djeluje na vijak  $F_r = 0$ .



Slika 34. Položaj vijaka u konstrukciji



Slika 35. Proračunski model- kritično mjesto 2

Sa slike 35. uočavamo kako torzijski moment kojim djeluju granični lim mora biti jednak ukupnom torzijskom momentu oba vijka. Uvjet ravnoteže oko točke O (slika 35.) glasi:

$$\sum T_O = 0; -mgc + 2 T_{uk} = 0, \quad (24)$$

gdje je:

$m = 2,713$  kg – masa zaštitnog lima; očitana u računalnom paketu za 3-D modeliranje,

$c = 334$  mm – krak na kojem djeluje težina u odnosu na ravnotežnu os,

$T_{uk}$  – moment pritezanja jednog vijka.

Uvrštavanjem poznatih izraza u (27) dobivamo:

$$T_{uk} = 4444,63 \text{ Nmm}. \quad (25)$$

Odabran je vijak M12 ( $d_3 = 10,106$  mm – promjer jezgre navoja), materijal 5.6., norme DIN 933 proizvođača *Vijci Kranjec*.

Slijedi izraz za polarni moment otpora vijka:

$$W_{p,v} = \frac{d_3^3 \pi}{16} = 202,66 \text{ mm}^3. \quad (26)$$

Prema [23], torzijsko naprezanje koje se javlja zbog momenta pritezanja iznosi:

$$\tau_t = \frac{T_{uk}}{W_{p,v}} = 21,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (27)$$

S obzirom kako ne djeluje radna sila na vijak ( $\sigma = 0!$ ), nego vijak isključivo drži granični lim trenjem u navoju i podlozi, slijedi reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_t^2} = 37,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (28)$$

Dopušteno naprezanje vijka u ovom slučaju prema [23], iznosi:

$$\sigma_{dop} = 0,45 \cdot R_{p0,2} = 135 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (29)$$

gdje je:

$R_{p0,2} = R_e = 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  – granica tečenja materijala vijka 5.6.

Slijedi:

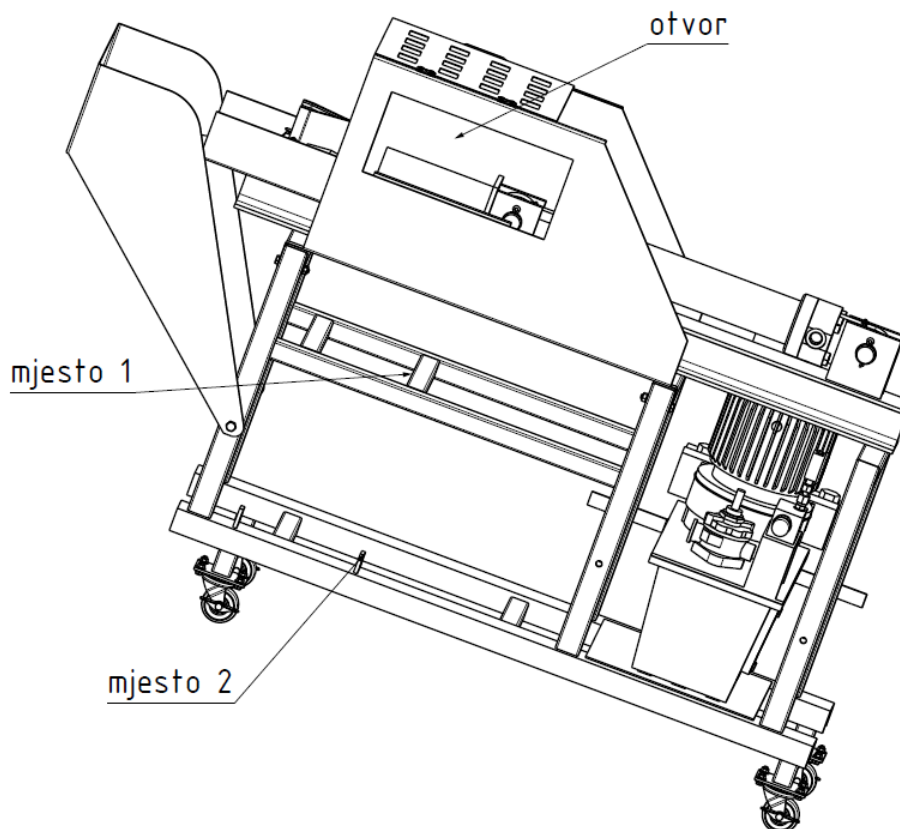
$$\sigma_{red} \leq \sigma_{dop}, \quad (30)$$

$$37,99 < 135! \quad (31)$$

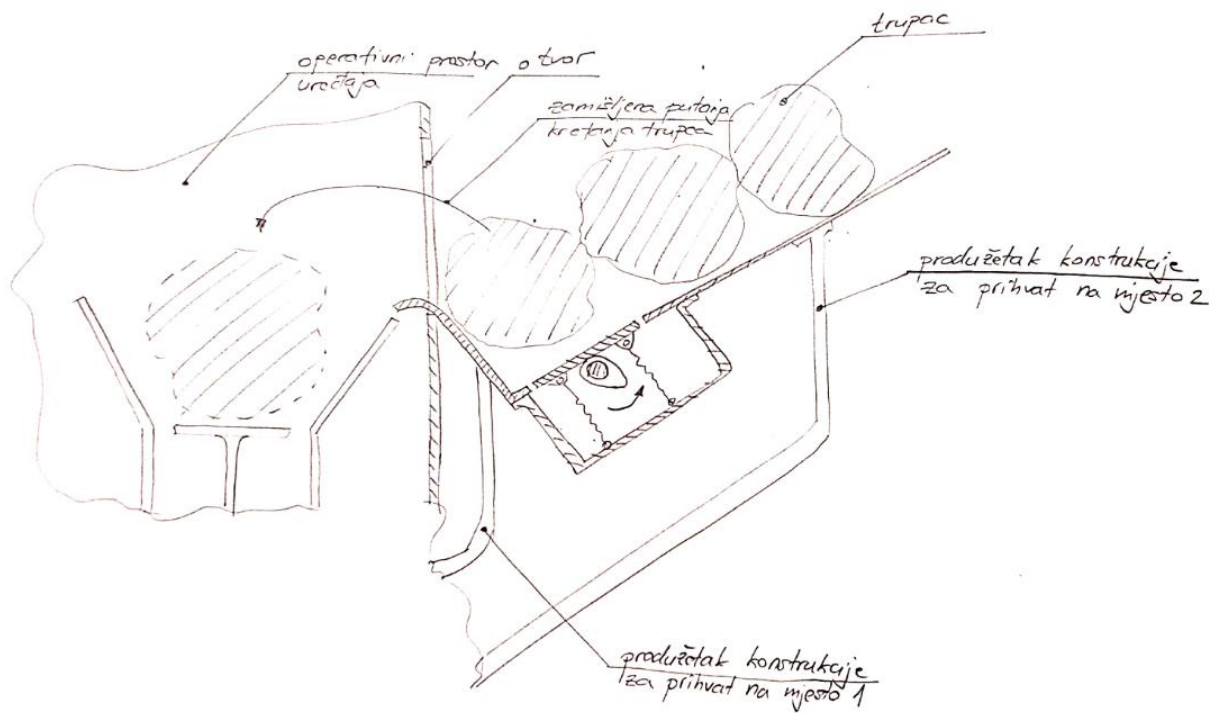
ZADOVOLJAVA!

## 8. SMJEŠTAJ SPREMNIKA NA UREĐAJ

Kao idejno rješenje spremnika odabrano je konstrukcijsko rješenje spremnika 3. Konstrukcijsko rješenje spremnika 3 je po svojoj konstrukciji jednostavnije od preostalih i financijski isplativije. U svom radu koristi poprilično jednostavan mehanizam izbacivanja trupaca iz spremnika u mjesto cijepanja, te ne postoji opasnost od zaglavljivanja spremnika u trupaca, jer je spremnik otvorenog tipa. Prilikom detaljne konstrukcijske razrade predviđeno je mjesto na uređaju na kojem bi se prihvatio spremnik (slika 36.). Spremnik se na mjestu 1 spaja vijcima. Radi smanjenja opterećenja vijaka, ali i povećanja stabilnosti spremnika u odnosu na spremnik, dodane su dvije ušice (mjesto 2), na koje bi se spremnik oslonio te smanjio opterećenje na vijčanim spojevima. Daljnjim razvojem spremnika potrebno je predvidjeti prihvat koji bi bio prikladan uređaju s obzirom na definirani način spajanja.



Slika 36. Način spajanja spremnika s uređajem



Slika 37. Pojednostavljeni prikaz načina dobave trupaca od mjesta izbacivanja do mjesta cijepanja

## 9. ZAKLJUČAK

Analizom tržišta zaključili smo kako na tržištu postoji čitav niz uređaja za cijepanje drva/kalanje trupaca. Postoje razne izvedbe, od samostalnih do posredno pogonjenih, od jednostavnih do složenih. Ovisno o potrebnoj sili cijepanja, koja je u ovom slučaju bila ulazni parametar za proračun, uređaji se razlikuju uređaji u dimenzijama, vrsti pogona, masi i sl. Nakon provedene analize tržišta izrađena je evaluacija u kojoj su se međusobno usporedili proizvodi po samostalno odabranim kriterijima. Kriteriji su definirani s obzirom na zadane zahtjeve u tekstu zadatka. Nadalje, definirane su smjernice za razvoj, kako bismo lakše usmjerili tok razmišljanja i ograničili se u skladu s propisanim zahtjevima. U konceptualnoj fazi razvoja proizvoda izrađena je pripadajuća funkcijska dekompozicija, morfološka matrica i generirana su dva koncepta. Također, važan dio ovog završnog rada pridodan je osmišljavanju konstrukcijskog rješenja spremnika kojim bi se omogućio automatski rad uređaja. Izrađena su tri različita konstrukcijska rješenja s istom funkcijom. Došli smo do zaključka, kako je uređaju u automatskom radu potrebno uskladiti cijepanje i dobavu trupaca. Prijedlog rješenja smo našli u kapacitivnom senzoru koji bi detektirao drvo u poziciji cijepanja te bi pravovremeno slao informaciju upravljačkoj jedinici koja bi komunicirala s elektromotorom pogona za cijepanje. Neposredno prije razrade završnog koncepta, isti je odabran prema kriterijima koje smo samostalno odredili. Proveden je inicijalni proračun i izrađena je tehnička dokumentacija u dogovorenom opsegu. Za pogon je na kraju uzet hidraulički agregat kojeg pokreće elektromotor. Hidraulički agregat je kompaktnija i jeftinija varijanta u odnosu na samostalnu gradnju cijelog hidrauličkog sustava. Ipak, dimenzije hidrauličkog agregata povećavaju cijelu konstrukciju u okviru robusnosti. Uređaj je ispunio zahtjeve koji su definirani tekstom zadatka, te u kasnijoj fazi smjernicama za razvoj. Svakako treba napomenuti kako konstrukcijsko rješenje spremnika nije implementirano u sam uređaj te u budućnosti postoji prostor za optimizaciju postojećeg rješenja i daljnji razvoj.

---

**LITERATURA**

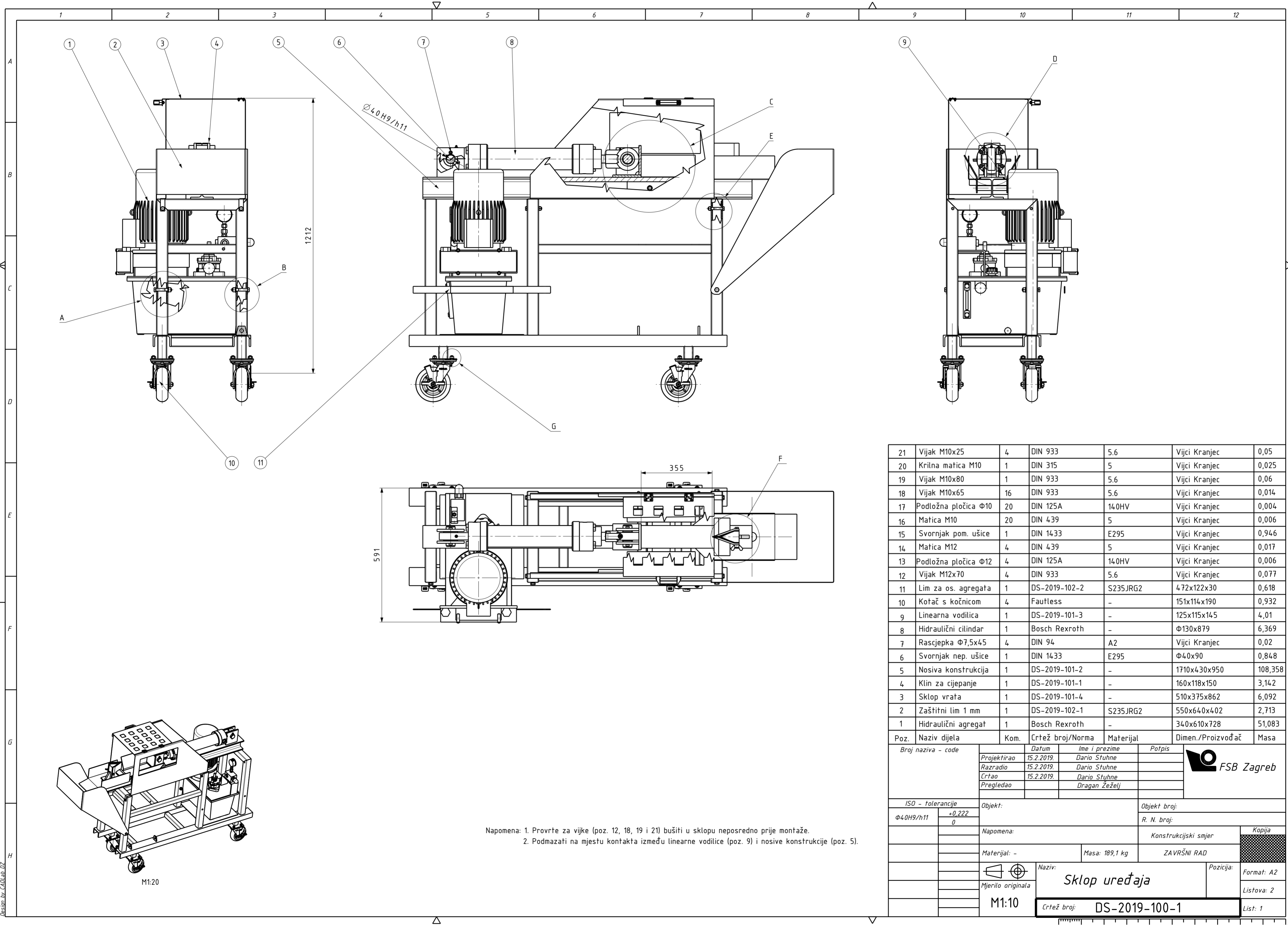
- [1] *Cijepanje drva*. 2011. Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje.  
<http://struna.ihjj.hr/naziv/cijepanje-drva/35744/> (pristup: 24. prosinac 2018.)
- [2] *Drvo*. Hrvatska enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža.  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16354> (pristup: 24. prosinac 2018.)
- [3] Arntzen, Charles J. 1994. *Encyclopedia of Agricultural Science*. Academic Press: str. 549-561. Orlando, USA.
- [4] Kováč, Krilek, Kučera, Barčík. 2015. *The impact of design parameters of a horizontal wood splitter on splitting force*. *Drvna industrija* 66 (1): str. 11-16.
- [5] United States department of agriculture. 1999. *Wood as an engineering material*. Madison, Wisconsin, USA.
- [6] Pilana Sever. *Proizvodnja ogrjevnog drva*. <http://pilanasever.hr/services/proizvodnja-ogrjevnog-drva/> (pristup: 24. prosinac 2018.)
- [7] Yardmax. *Electric log splitter*. <https://yardmax.com/product/electric-log-splitter/> (pristup: 25. prosinca 2018.)
- [8] Posch. *Operating Instruction AutoSplit 350 D1010471- Edition- V001*. Leibnitz, Austria.
- [9] Krpan. *Seriya CV vertikalni*. <http://www.vitli-krpan.com/si/prodajni-program/cepilniki-drv/serija-cv/503-c-multi-11-e-400-v> (pristup: 25. prosinca 2018.)
- [10] Swisher. *22 Ton Timber Brute Eco Split 120 Volt Electric Full Frame Log Splitter LS22E*. [https://www.swisherinc.com/catalog/product/view/?ignore\\_category/1/id/2029/s/ls22e-timber-brute-eco-split-22-ton-120-volt-electric-full-frame-log-splitter/](https://www.swisherinc.com/catalog/product/view/?ignore_category/1/id/2029/s/ls22e-timber-brute-eco-split-22-ton-120-volt-electric-full-frame-log-splitter/) (pristup: 25. prosinac 2018.)
- [11] Oregon. *Commercial Kinetic Log Splitter*.  
<http://oregonsplitters.com/product/commercial-kinetic-log-splitter/> (pristup: 25. prosinac 2018.)
- [12] Narodne novine. *Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama*.  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009\\_06\\_74\\_1771.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_06_74_1771.html) (pristup: 26. prosinac 2018.)
- [13] Autoprikolice.hr. *ECO 2010 PLUS (2000x1060x320 mm) - 750 kg*.  
<http://www.autoprikolice.hr/product.asp?product=eco-2010-plus-2000x1060x320-mm-750-kg&code=ECO+2010+PLUS> (pristup: 26. prosinac 2018.)

- 
- [14] Automatika. *Kapacitivni senzor*. <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/kapacitivni-senzor.html> (pristup 5. veljače 2019.)
- [15] Log splitter Hub. *Log splitter tonnage calculator*. <https://www.logsplitterhub.com/blog/log-splitter-tonnage> (pristup 5. veljače 2019.)
- [16] Bašta, T.M. 1986. *Mašinska hidraulika*. Beograd: Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [17] Katalog proizvoda. <https://www.boschrexroth.com/en/xc/> (pristup 7. veljače 2019.)
- [18] FlowFit. *Smooth And Standard Hose Builder*. <https://www.flowfitonline.com/hydraulic-hose/build-your-own-hydraulic-hose/smooth-and-standard-hose-builder> (pristup 7. veljače 2019.)
- [19] Eurol Lubricants. *Eurol Vacuumolie ISO-VG 46*. <https://eurol.com/producten/eurol-vacuumolie-iso-vg-46/> (pristup 7. veljače 2019.)
- [20] Kranjčević, N. 2012. *Elementi strojeva*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u zagrebu- interna skripta.
- [21] B2B metal. *S235JR steel grade, mechanical properties, chemical composition, grade equivalent*. <http://www.b2bmetal.eu/en/pages/index/index/id/141/> (pristup 19. veljače 2019.)
- [22] Kraut, B. 2003. *Strojniški priručnik*. Ljubljana: Littera picta.
- [23] Cvirn, Ž. 2016. *Rastavljivi spojevi*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.



## **PRILOZI**

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



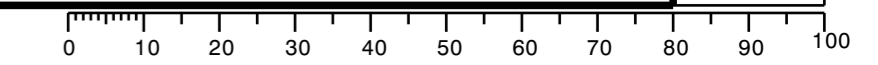
21	Vijak M10x25	4	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,05
20	Krilna matica M10	1	DIN 315	5	Vijci Kranjec	0,025
19	Vijak M10x80	1	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,06
18	Vijak M10x65	16	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,014
17	Podložna pločica Φ10	20	DIN 125A	14.0HV	Vijci Kranjec	0,004
16	Matica M10	20	DIN 439	5	Vijci Kranjec	0,006
15	Svornjak pom. ušice	1	DIN 1433	E295	Vijci Kranjec	0,946
14	Matica M12	4	DIN 439	5	Vijci Kranjec	0,017
13	Podložna pločica Φ12	4	DIN 125A	14.0HV	Vijci Kranjec	0,006
12	Vijak M12x70	4	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,077
11	Lim za os. agregata	1	DS-2019-102-2	S235JRG2	472x122x30	0,618
10	Kočač s kočnicom	4	Fautless	-	151x114x190	0,932
9	Linearna vodilica	1	DS-2019-101-3	-	125x115x145	4,01
8	Hidraulični cilindar	1	Bosch Rexroth	-	Φ130x879	6,369
7	Rascjepka Φ7,5x45	4	DIN 94	A2	Vijci Kranjec	0,02
6	Svornjak nep. ušice	1	DIN 1433	E295	Φ40x90	0,848
5	Nosiva konstrukcija	1	DS-2019-101-2	-	1710x430x950	108,358
4	Klin za cijepanje	1	DS-2019-101-1	-	160x118x150	3,142
3	Sklop vrata	1	DS-2019-101-4	-	510x375x862	6,092
2	Zaštitni lim 1 mm	1	DS-2019-102-1	S235JRG2	550x640x402	2,713
1	Hidraulični agregat	1	Bosch Rexroth	-	340x610x728	51,083
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj/Norma	Materijal	Dimen./Proizvođač	Masa

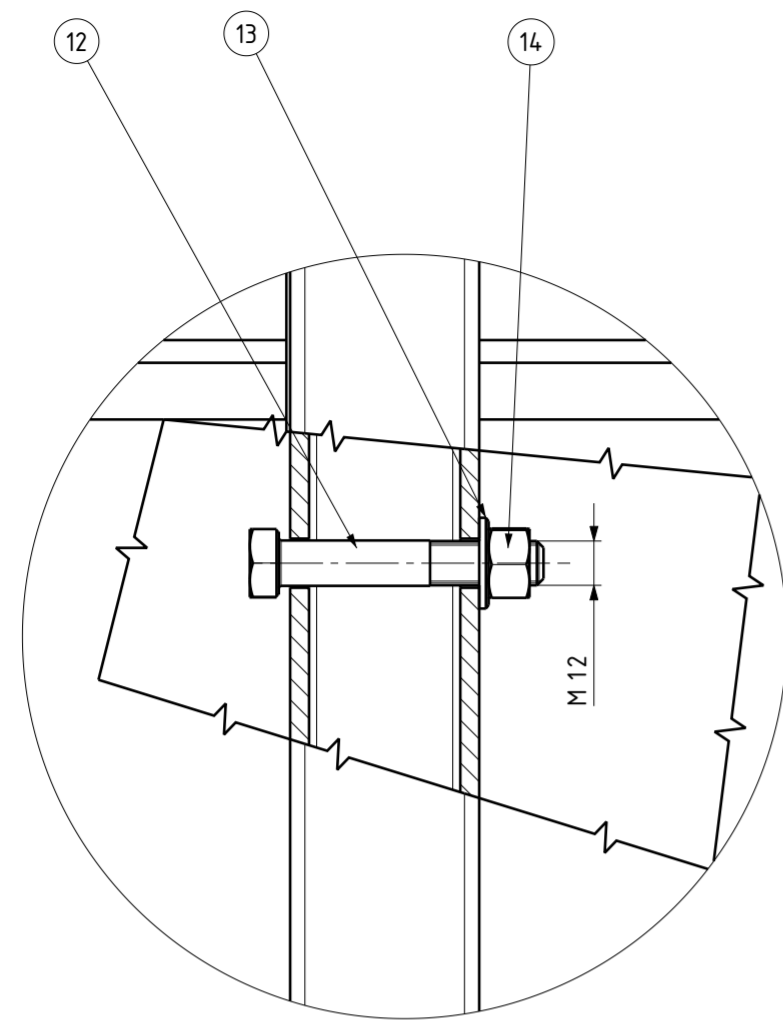
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		15.2.2019.	Dario Stuhne		
Razradio		15.2.2019.	Dario Stuhne		
Crtao		15.2.2019.	Dario Stuhne		
Pregledao			Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
Φ40H9/h11	+0,222 0	R. N. broj:			
Napomena:		Konstrukcijski smjer		Kopija	
Materijal: -		Masa: 189,1 kg		ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:	Format: A2
M1:10		Sklop uređaja			Listova: 2
Crtež broj:		DS-2019-100-1			List: 1

Napomena: 1. Provrtne za vijke (poz. 12, 18, 19 i 21) bušiti u sklopu neposredno prije montaže.  
2. Podmazati na mjestu kontakta između linearne vodilice (poz. 9) i nosive konstrukcije (poz. 5).

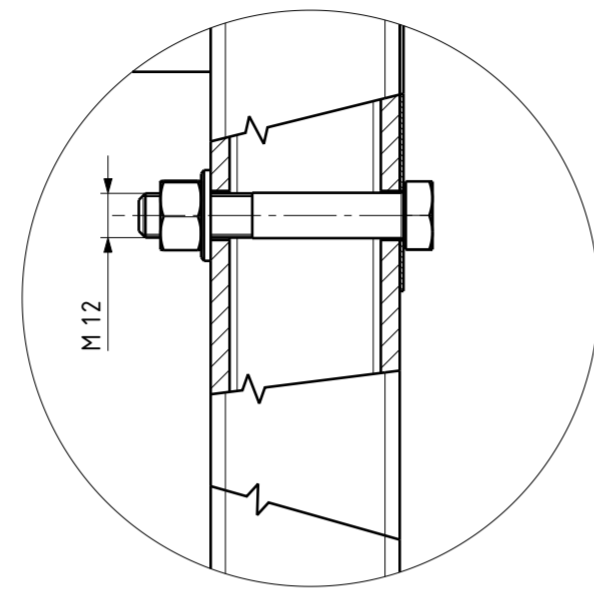
Dessign by CADLAB d.o.o.

M1:20

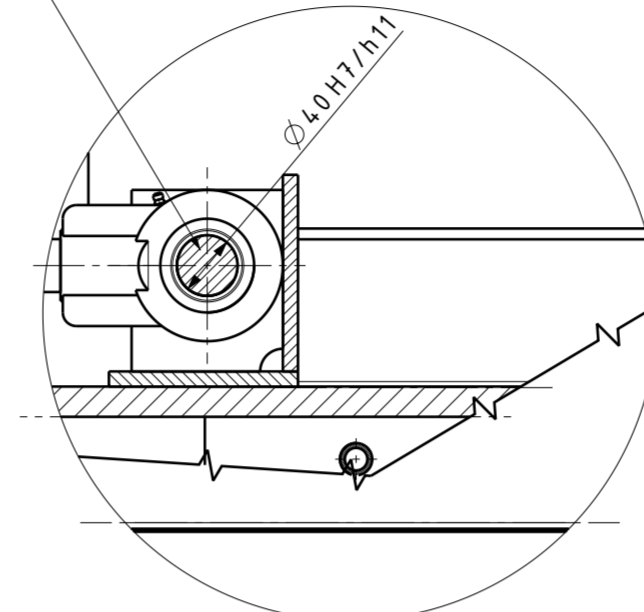




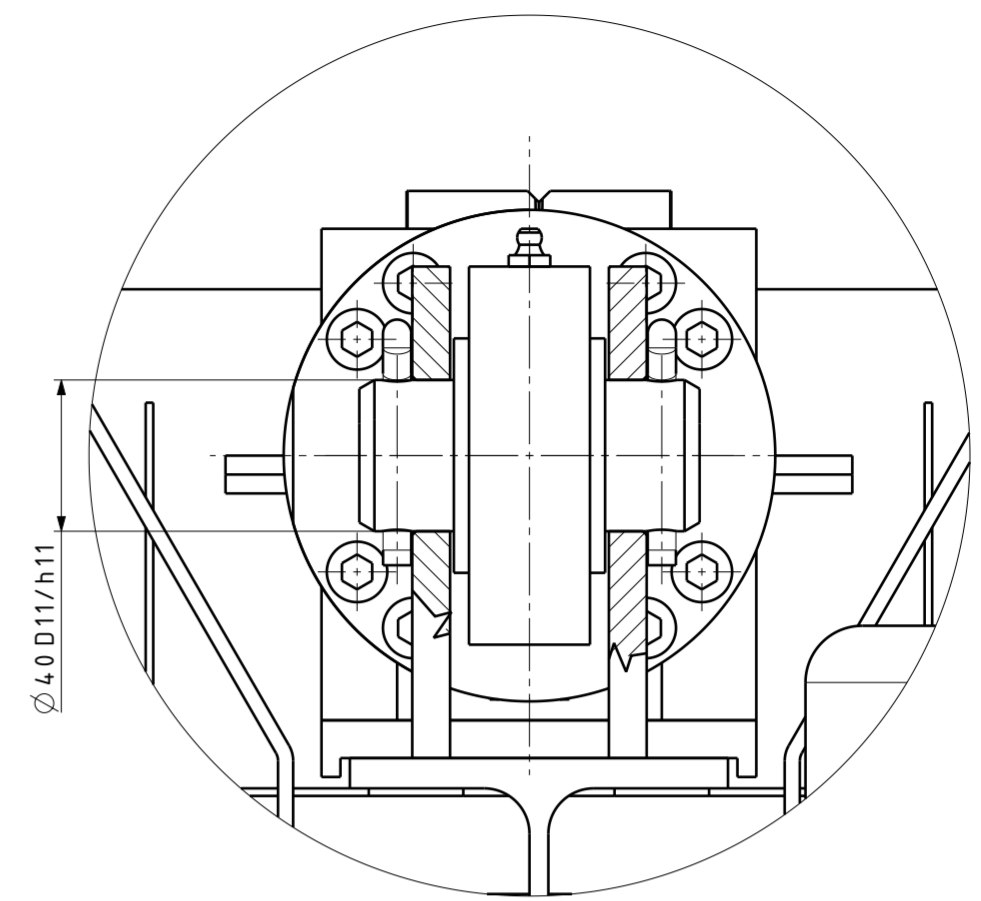
A (M1:2)



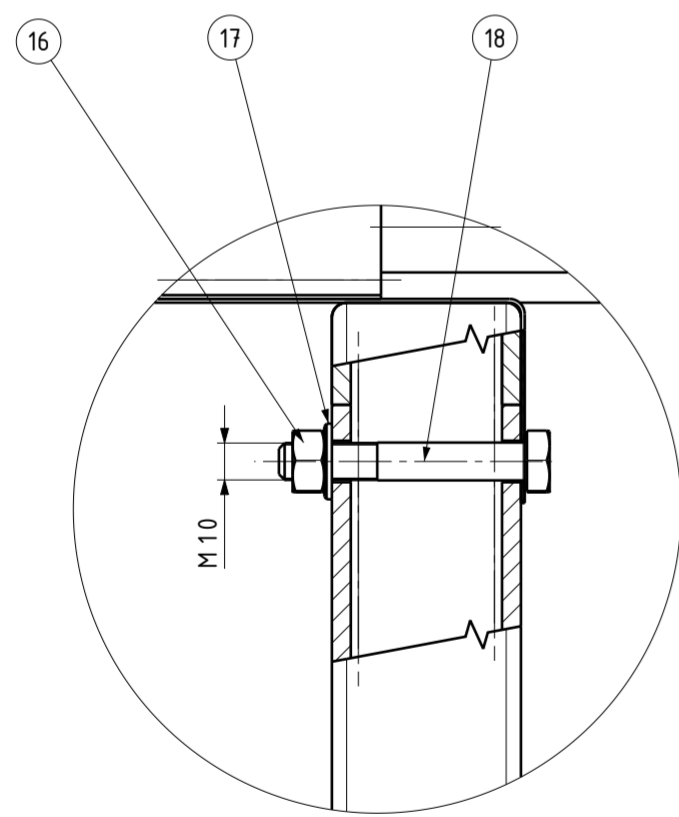
B (M1:2)



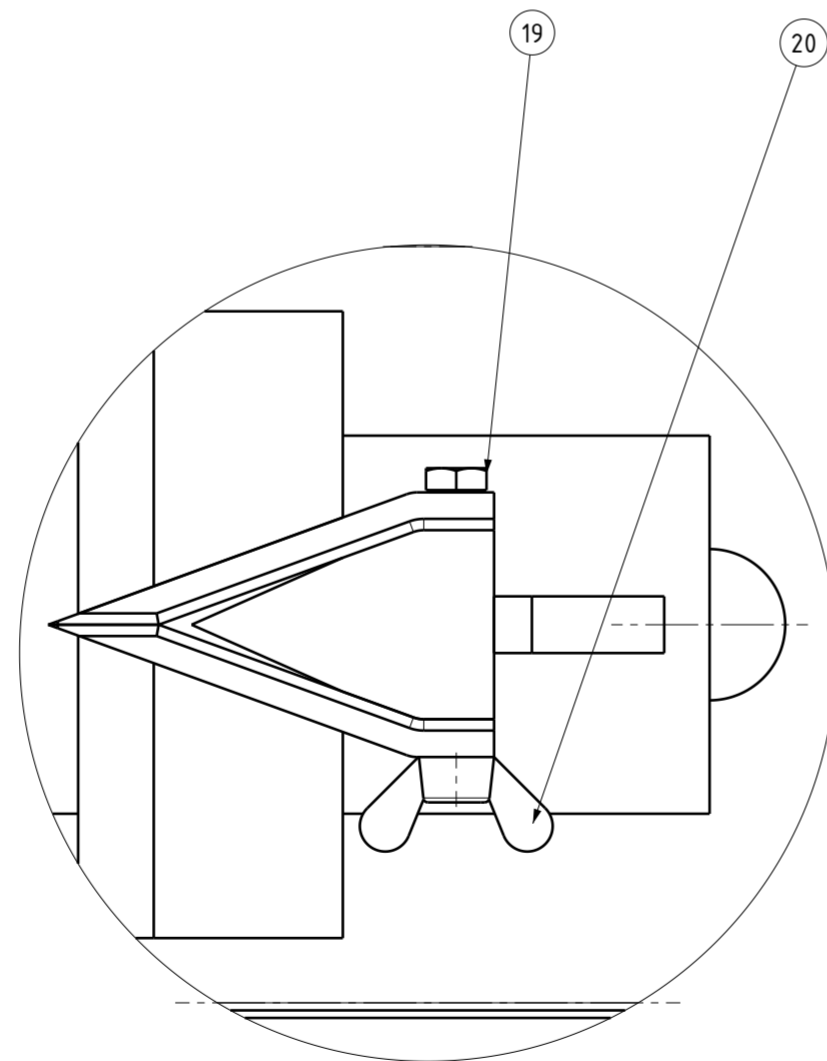
C (M1:5)



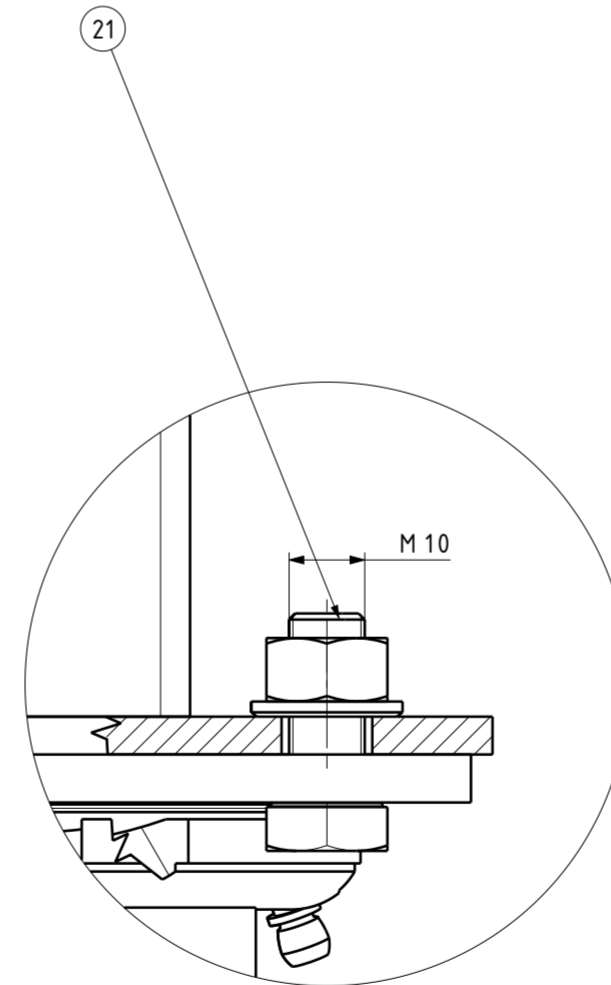
D (M1:2)



E (M1:2)



F (M1:5)



G (M1:1)

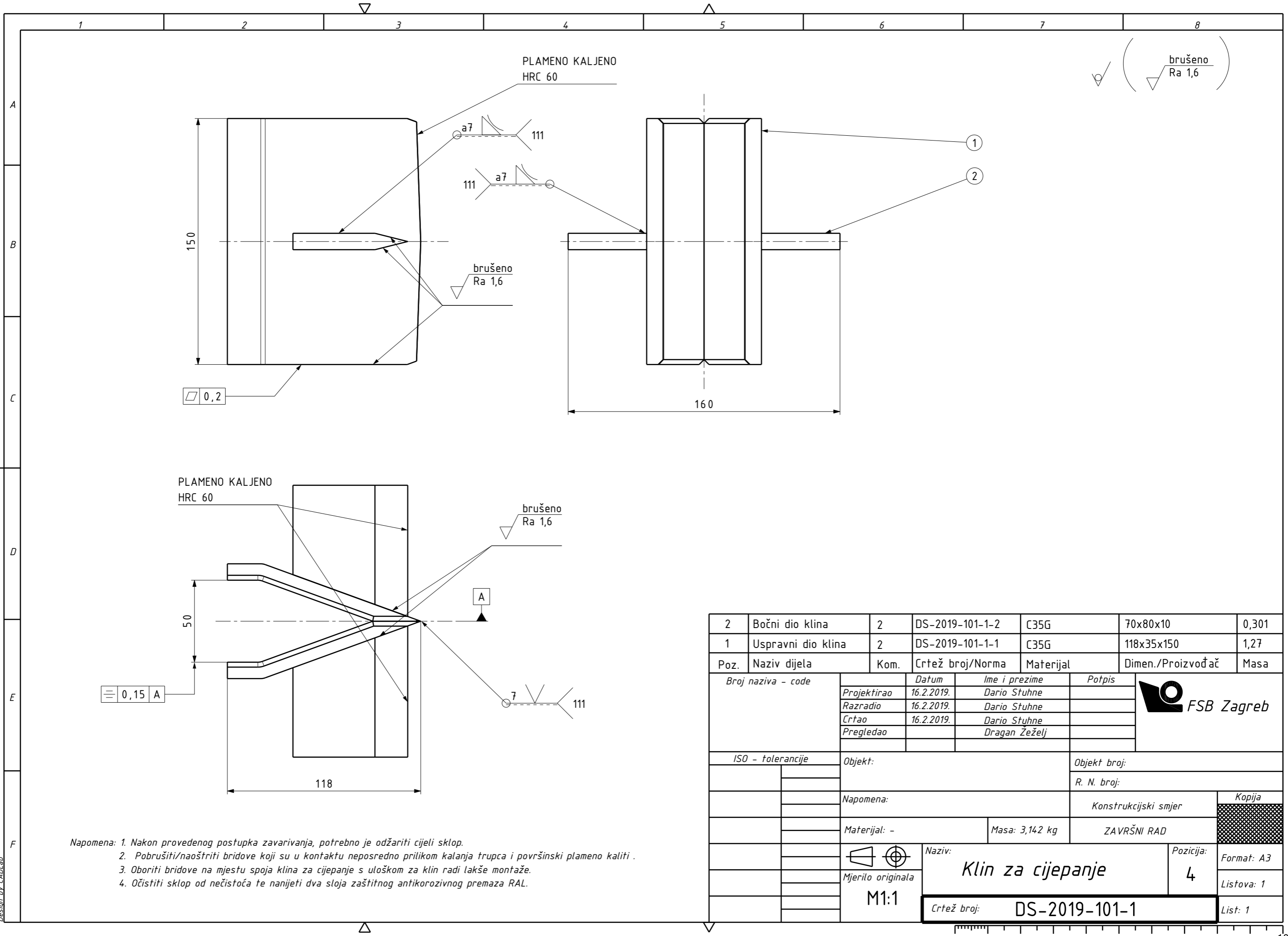
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj/Norma	Materijal	Dimen./Proizvođač	Masa
21	Vijak M10x25	4	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,05
20	Krilna matica M10	1	DIN 315	5	Vijci Kranjec	0,025
19	Vijak M10x80	1	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,06
18	Vijak M10x65	16	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,014
17	Podložna pločica $\phi 10$	20	DIN 125A	14.0HV	Vijci Kranjec	0,004
16	Matica M10	20	DIN 439	5	Vijci Kranjec	0,006
15	Svornjak pom. ušice	1	DIN 1433	E295	Vijci Kranjec	0,946
14	Matica M12	4	DIN 439	5	Vijci Kranjec	0,017
13	Podložna pločica $\phi 12$	4	DIN 125A	14.0HV	Vijci Kranjec	0,006
12	Vijak M12x70	4	DIN 933	5.6	Vijci Kranjec	0,077
11	Lim za os. agregata	1	DS-2019-102-2	S235JRG2	472x122x30	0,618
10	Kotač s kočnicom	4	Fautless	-	151x114x190	0,932
9	Linearna vodilica	1	DS-2019-101-3	-	125x115x145	4,01
8	Hidraulični cilindar	1	Bosch Rexroth	-	$\phi 130x879$	6,369
7	Rascjepka $\phi 7,5x45$	4	DIN 94	A2	Vijci Kranjec	0,02
6	Svornjak nep. ušice	1	DIN 1433	E295	$\phi 40x90$	0,848
5	Nosiva konstrukcija	1	DS-2019-101-2	-	1710x430x950	108,358
4	Klin za cijepanje	1	DS-2019-101-1	-	160x118x150	3,142
3	Sklop vrata	1	DS-2019-101-4	-	510x375x862	6,092
2	Zaštitni lim 1 mm	1	DS-2019-102-1	S235JRG2	550x640x402	2,713
1	Hidraulični agregat	1	Bosch Rexroth	-	340x610x728	51,083

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		15.2.2019.	Dario Stuhne	
Razradio		15.2.2019.	Dario Stuhne	
Crtao		15.2.2019.	Dario Stuhne	
Pregledao			Dragan Žeželj	

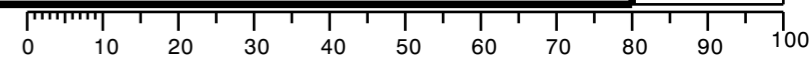
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
$\phi 40H7/h11$	+0,185 0		R. N. broj:
$\phi 40D11/h11$	+0,4 +0,08	Napomena:	Konstruktivski smjer
		Materijal: -	Masa: 189,1 kg
			ZAVRŠNI RAD
		Mjerilo originala	Naziv: <b>Sklop uređaja</b>
		M1:10	Pozicija: <b>Format: A2</b>
			<b>Listova: 2</b>
		Crtež broj: <b>DS-2019-100-1</b>	<b>List: 2</b>





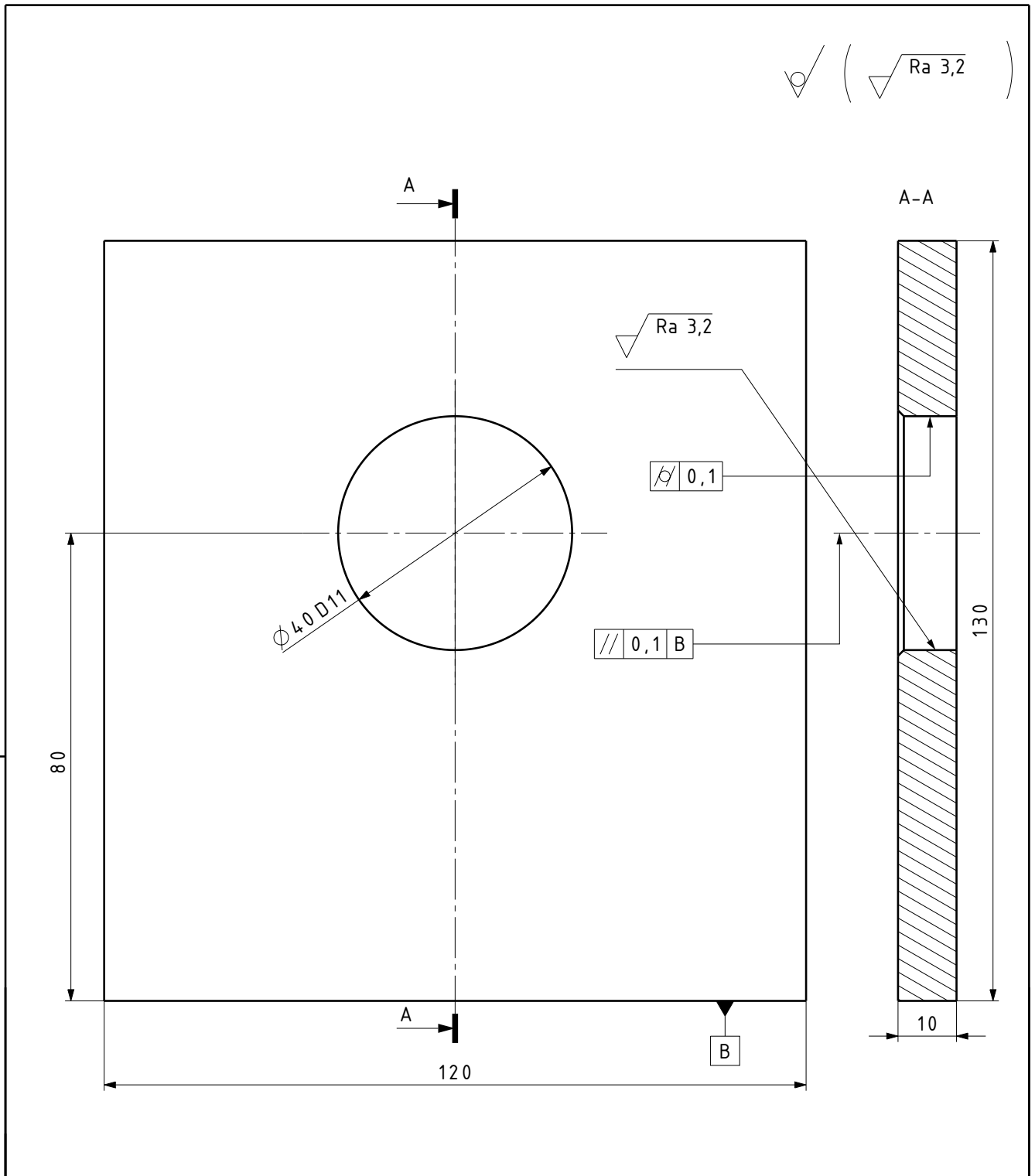
- Napomena: 1. Nakon provedenog postupka zavarivanja, potrebno je odžariti cijeli sklop.  
 2. Pobrušiti/naoštriti bridove koji su u kontaktu neposredno prilikom kalanja trupca i površinski plameno kaliti.  
 3. Oboriti bridove na mjestu spoja klina za cijepanje s uloškom za klin radi lakše montaže.  
 4. Očistiti sklop od nečistoća te nanijeti dva sloja zaštitnog antikorozivnog premaza RAL.


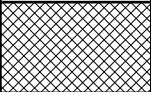


2	Bočni dio klina	2	DS-2019-101-1-2	C35G	70x80x10	0,301
1	Uspravni dio klina	2	DS-2019-101-1-1	C35G	118x35x150	1,27
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj/Norma	Materijal	Dimen./Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		16.2.2019.	Dario Stuhne			
Razradio		16.2.2019.	Dario Stuhne			
Crtao		16.2.2019.	Dario Stuhne			
Pregledao			Dragan Žeželj			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
		Napomena:			R. N. broj:	
		Materijal: -			Masa: 3,142 kg	
		Naziv:			ZAVRŠNI RAD	
					Naziv: <b>Klin za cijepanje</b> Pozicija: <b>4</b>	
		Mjerilo originala			Format: A3	
		M1:1			Listova: 1	
		Crtež broj: DS-2019-101-1			List: 1	

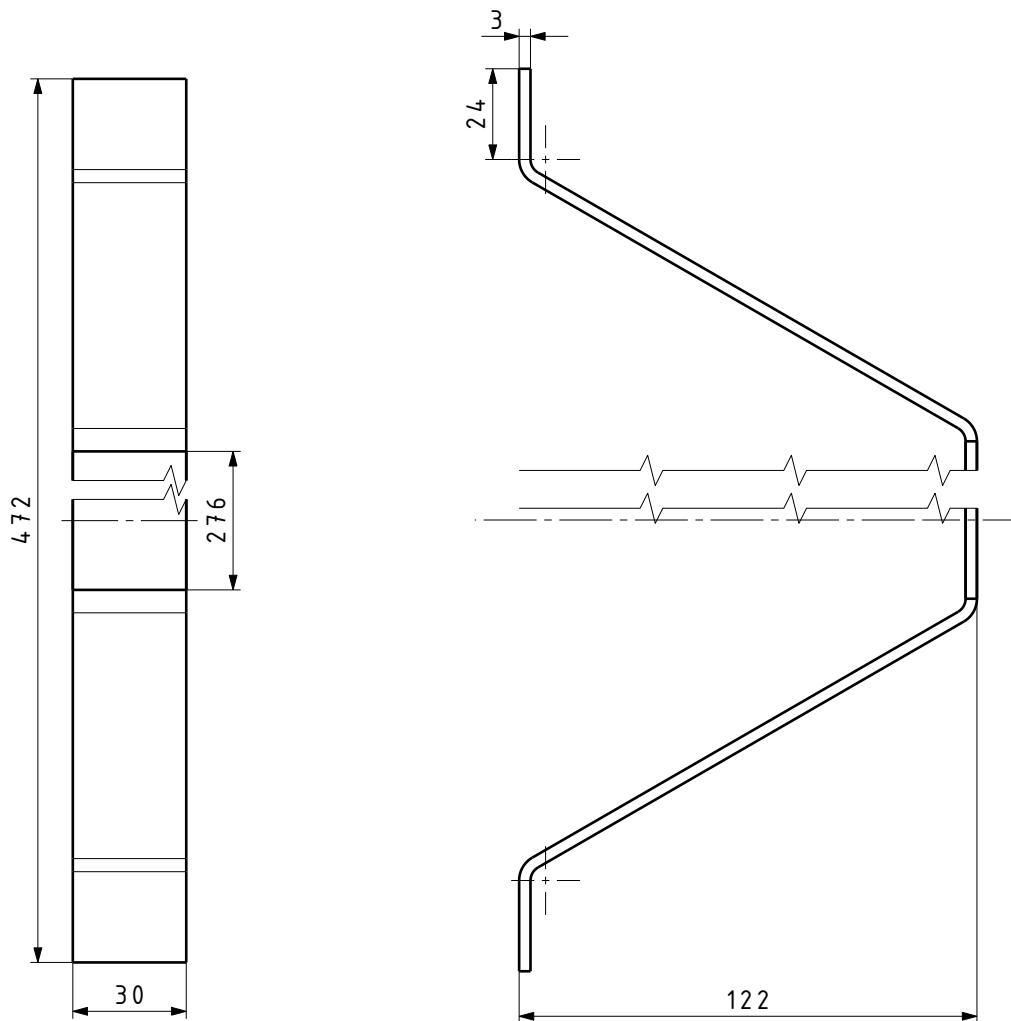




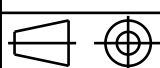
Design by CADLab

✓ ( ✓ Ra 3,2 )



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>
Projektirao		17.2.2019.	Dario Stuhne		
Razradio		17.2.2019.	Dario Stuhne		
Crtao		17.2.2019.	Dario Stuhne		
Pregledao			Dragan Žeželj		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
$\phi 40D11$	+0,223 +0,024			R. N. broj:	
		Napomena: Oboriti naznačene bridove na provrtu.		Konstruktivski smjer	Kopija
		Materijal: S235JR	Masa: 1,125 kg	ZAVRŠNI RAD	
		 	Naziv: <b>Nepomična ušica cilindra</b>		Pozicija: <b>1</b>
		Mjerilo originala <b>M1:1</b>	Crtež broj: <b>DS-2019-101-2-1</b>		Format: A4
					Listova: 1
					List: 1



Broj naziva - code	Datum	17.2.2019.	Ime i prezime	Dario Stuhne	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b>	
	Projektirao	17.2.2019.	Dario Stuhne				
	Razradio	17.2.2019.	Dario Stuhne				
	Crtao	17.2.2019.	Dario Stuhne				
	Pregledao		Dragan Žeželj				
ISO - tolerancije	Objekt:				Objekt broj:		
					R. N. broj:		
		Napomena: Duljina razvijenog lima iznosi 606 mm.			Konstruktivski smjer	Kopija	
		Materijal: S235JRG2	Masa: 0,618 kg	ZAVRŠNI RAD			
		 Naziv: <b>Lim za os. agregata</b>					Pozicija:
		Mjerilo originala				11	Listova: 1
		M1:1	Crtež broj: <b>DS-2019-102-2</b>				List: 1

Design by CADLab