

# Konstrukcija pneumatskog pištolja za čavle

---

**Bogović, Janko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:235:154143>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-20**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Janko Bogović**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Marko Jokić, dipl. ing.

Student:

Janko Bogović

Zagreb, 2023.

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

Zahvaljujem se svima koji su mi omogućili stjecanje znanja tijekom diplomskog studija, posebno mentoru dr. sc. Marku Jokiću na stručnosti, dostupnosti i ukazanoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj zaručnici Ani, roditeljima i sestrama koji su mi bili potpora tijekom studiranja. Također zahvaljujem prijateljima i kolegama s fakulteta na podršci.

Janko Bogović



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, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Janko Bogović** JMBAG: 0035215078.

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcija pneumatskog pištolja za čavle**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of pneumatic nail gun**

Opis zadatka:

Pištolj za čavle je alat koji značajno ubrzava proces zabijanja čavala i smanjuje rizik od ozljeđivanja radnika. Najčešće je izveden s ugrađenim spremnikom za čavle. U upotrebi prevladavaju pištolji na električni pogon i pneumatske izvedbe pištolja. Prednost električnih pištolja je u njihovoj prenosivosti i to naročito ako su napajani baterijom. Pneumatskim izvedbama nužno je osigurati komprimirani zrak, ali su znatno manje mase u odnosu na ostale izvedbe, odnosno za istu masu alata pneumatska izvedba ostvaruje veću silu zabijanja.

U ovom radu je potrebno konstruirati pneumatski pištolj za čavle. Provesti analizu tržišta i pretragu patenata te razmotriti više koncepata pneumatskog pištolja. Odabrani koncept detaljno konstrukcijski razraditi. Prilikom konstrukcije alata razraditi sustave za spremanje i dobavu čavala, mehanizam za okidanje, mehanizam za zabijanje čavala kao eventualne pomoćne funkcije alata poput čišćenja površine komprimiranim zrakom. Provesti proračun čvrstoće svih bitnih dijelova i načiniti svu potrebnu tehničku dokumentaciju.

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

Zadatak zadan: Datum predaje rada: Predvideni datumi obrane:  
 28. rujna 2023. 30. studenoga 2023. 4. – 8. prosinca 2023.

Zadatak zadao: Predsjednik Povjerenstva:  
 Izv.prof.dr.sc. Marko Jokić Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

*Marko Jokić*

*Tanja Jurčević Lulić*

# SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	I
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD.....	1
1.1. Pneumatika.....	1
1.2. Pištolj za čavle.....	3
1.3. Kompresor zraka .....	5
1.4. Svojstva drva.....	6
2. ANALIZA TRŽIŠTA .....	9
2.1. Makita .....	9
2.2. DeWalt .....	10
2.3. Metabo.....	12
2.4. Milwaukee.....	13
2.5. Freeman.....	14
3. REZULTATI PRETRAŽIVANJA PATENATA .....	16
3.1. Patent TW202307606A.....	16
3.2. Patent US7931180B2 .....	18
3.3. Patent CN208854569 .....	19
3.4. Patent US20100001034A1 .....	20
3.5. Patent CN213946331 .....	21
3.6. Zaključak analize tržišta i патената .....	22
4. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA .....	23
5. MORFOLOŠKA MATRICA .....	24
6. KONCEPTUALNA RJEŠENJA .....	26
6.1. Koncept 1 .....	26
6.2. Koncept 2 .....	27
6.3. Koncept 3 .....	28
6.4. Koncept 4 .....	29
6.5. Vrednovanje koncepata.....	31
7. Tehnička specifikacija .....	33
8. Konstrukcijska razrada .....	34
8.1. Mehanizam za zabijanje čavla .....	34
8.1.1. Sila zabijanja .....	34

8.1.2. Igla za zabijanje .....	35
8.1.3. Cilindar.....	37
8.1.4. Brtvljenje.....	39
8.1.5. Mehanizam okidanja .....	40
8.1.6. Glavni ventil.....	42
8.1.7. Ublaživači udarca.....	44
8.2. Sigurnosni mehanizam .....	44
8.3. Protok zraka .....	46
8.4. Kućište.....	50
8.5. Izbor kompresora .....	51
8.6. Spremnik čavala .....	52
8.7. Održavanje .....	55
9. Prikaz konačnog rješenja .....	56
10. Zaključak .....	57
LITERATURA.....	58
PRILOZI.....	60

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Pneumatski cilindar [1] .....	2
Slika 2. Okidački ventil [2] .....	3
Slika 3. Pištolj za zabijanje čavala marke DeWalt [3] .....	4
Slika 4. Čavao T oblika [4] .....	4
Slika 5. Čavli bez glave povezani trakom [5] .....	4
Slika 6. Pneumatski pištolj marke Clarke [6].....	5
Slika 7. Kompresor [7] .....	5
Slika 8. Priključak na crijevu kompresora [8].....	6
Slika 9. Presjek drva [9] .....	7
Slika 10. Makita pištolj za zabijanje čavala [12] .....	10
Slika 11. Pneumatski pištolj za čavle DeWalt [13].....	11
Slika 12. Kotačić za namještanje dubine zabijanja [13].....	11
Slika 13. Punjenje spremnika [14] .....	12
Slika 14. Metabo pištolj [14].....	12
Slika 15. Metabo čavli [14].....	12
Slika 16. Karakteristike Metabo pištolja [14] .....	13
Slika 17. Milwaukee pneumatski pištolj [15].....	14
Slika 18. Freeman pneumatski čekić [16] .....	15
Slika 19. Patent TW202307606A [17].....	16
Slika 20. Prikaz rada s dvije ekspanzije [17] .....	17
Slika 21. Patent US7931180B2 [18] .....	18
Slika 22. Patent CN208854569 [19] .....	19
Slika 23. Izlaz zraka [19].....	19
Slika 24. Patent US20100001034A1 [20].....	20
Slika 25. Pištolj s otvorenim spremnikom [20].....	21
Slika 26. Patent CN213946331 [21] .....	21
Slika 27. Slojevi zvučne izolacije [21].....	22
Slika 28. Prigušna šipka [21].....	22
Slika 29. Funkcijska dekompozicija.....	23
Slika 30. Koncept 1 .....	26
Slika 31. Namještanje dubine zabijanja koncepta 1 .....	27
Slika 32. Koncept 2 .....	28
Slika 33. Koncept 3 .....	29
Slika 34. Koncept 4 .....	30
Slika 35. Djelovanje tlaka na klip .....	34
Slika 36. Opterećenje udarne igle .....	36
Slika 37. Izvijanje [23] .....	36
Slika 38. Raspored naprezanja po promjeru cilindra .....	38
Slika 39. Dijagram naprezanja .....	39
Slika 40. Brtvljenje klipa.....	40
Slika 41. Skica I ventila [26].....	41



---

Slika 42. Okidač .....	42
Slika 43. Glavni ventil.....	43
Slika 44. Ublaživač udarca.....	44
Slika 45. Sigurnosni mehanizam.....	45
Slika 46. Poluga sigurnosnog mehanizma.....	45
Slika 47. Shema pneumatskog sustava.....	46
Slika 48. Stanje 1.....	48
Slika 49. Stanje 2.....	49
Slika 50. Stanje 3.....	50
Slika 51. Metabo Basic 250-50WOF [29].....	52
Slika 52. Karakteristike Metabo Basic 250-50WOF [29].....	52
Slika 53. Dimenzije punjenja [30].....	53
Slika 54. Namještanje spremnika .....	53
Slika 55. Mehanizam za dobavu čavla .....	54
Slika 56. Dobava čavala .....	54
Slika 57. 3D model (1) .....	56
Slika 58. 3D model (2) .....	56

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Svojstva drva [11] .....	7
Tablica 2. Tehničke karakteristike Makita pištolja [12] .....	9
Tablica 3. Specifikacije DeWalt pištolja za čavle [13] .....	11
Tablica 4. Podaci Metabo pištolja [14] .....	13
Tablica 5. Morfološka matrica .....	24
Tablica 6. Tablica vrednovanja .....	31
Tablica 7. Ulazni podaci.....	33

---

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

BJ_DR_2023_A1	Pneumatski pištolj za zabijanje čavala
BJ_DR_2023_A2	Cilindar sklop
BJ_DR_2023_A3	Klip sklop
BJ_DR_2023_A4	Spremnik sklop
BJ_DR_2023_B22	Cilindar zavareni sklop

**POPIS OZNAKA**

Oznaka	Jedinica	Opis
$p_R$	Pa	Radni tlak
$l_\varepsilon$	mm	Najveća dopuštena duljina čavla
$d_\varepsilon$	mm	Najveći promjer čavla
H	-	Tvrdoća materijala
$m_p$	kg	Najveća dopuštena masa pištolja
$W$	J	Rad zabijanja čavla
$F_3$	N	Sila zabijanja
$F_1$	N	Sila uslijed tlaka iza klipa
$F_2$	N	Sila uslijed tlaka ispred klipa
$A_1$	mm <sup>2</sup>	Površina glave klipa s stražnje strane
$A_2$	mm <sup>2</sup>	Površina glave klipa s prednje strane
$d_1$	mm	Promjer glave klipa
$d_2$	mm	Promjer udarne igle
$p_1$	Pa	Tlak zraka iza klipa
$p_2$	Pa	Tlak zraka ispred klipa
$\sigma_{t1}$	MPa	Tlačno naprezanje
$K_A$	-	Faktor udara
$A_3$	mm <sup>2</sup>	Površina udarne igle
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda$	-	Faktor vitkosti
$l_0$	mm	Slobodna duljina izvijanja
$d_i$	mm	Promjer udarne igle
$\sigma_{k1}, \sigma_{k2}$	MPa	Naprezanje pri izvijanju
$S_1, S_2, S$	-	Faktor sigurnosti
$E$	MPa	Modul elastičnosti
$s$	mm	Minimalna debljina stjenke cilindra
$d_v$	mm	Vanjski promjer cilindra

$p_{max}$	Pa	Najveći tlak u cilindru
$p_{min}$	Pa	Najmanji tlak u cilindru
$v$	-	Faktor slabljenja zavara
$K$	MPa	Karakteristična vrijednost čvrstoće materijala
$c_1$	mm	Dodatak zbog dopuštenih razlika u debljini stijenke
$c_2$	mm	Dodatak zbog trošenja i korozije.
$F_{vent1}$	N	Silu na okidaču za zatvaranje ventila
$F_{op1}, F_{op2}$	N	Sila u opruzi
$F_p$	N	Sila uslijed djelovanja tlaka na površinu ventila
$c_1, c_2, c_3$	N/mm	Specifična sila opruge
$f_1, f_2, f_3$	mm	Progib opruge
$d_{vent}$	mm	Promjer klipa ventila
$\Sigma M_A$	-	Suma momenata oko oslonca A
$F_p$	N	Sila okidanja
$l_1, l_2$	mm	Udaljenosti djelovanja sile
$F_s$	N	Sila na svornjaku
$p_v$	MPa	Dodirni tlak
$a$	mm	Širina dijela u spoju
$d_s$	mm	Promjer svornjaka
$F_{vent2}$	mm	Sila zraka na glavni ventil
$d_{1vent2}$	mm	Vanjski promjer glavnog ventila
$d_{2vent2}$	mm	Unutarnji promjer glavnog ventila
$\alpha$	°	Kut zakreta klina
$b, a$	mm	Dimenzije klina
$h_1$	mm	Hod poluge
$h_2$	mm	Visina podizanja klina
$V_{cR}$	mm <sup>3</sup>	Volumen zraka u cilindru pri radnom tlaku
$V_c$	mm <sup>3</sup>	Volumen cilindra

---

$d_{cu}$	mm	Unutarnji promjer cilindra
$l'_c$	mm	Duljina dijela cilindra u kojem se nalazi zrak
$n$	mol	Množina tvari
$R$	$\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$	Univerzalna plinska konstanta
$T$	K	Temperatura
$V_{CA}$	$\text{mm}^3$	Volumen zraka u cilindru pri atmosferskom tlaku
$p_A$	Pa	Atmosferski tlak
$V_{OR}$	$\text{mm}^3$	Volumen zraka za vraćanje cilindra pri radnom tlaku

**SAŽETAK**

U ovom diplomskom radu proveden je postupak konstruiranja pištolja za zabijanje čavala. Predviđeno je da se uređaj izvede kao pneumatski alat koji se spaja na kompresor. U uvodu je navedena primjena pištolja za čavle u građevini, opisan je princip rada pištolja, te su navedene karakteristike zraka kao medija i drva kao građevinskog materijala. Nakon toga provedena je analiza tržišta pneumatskih pištolja te su pretraženi patenti za navedeni uređaj. Nakon toga napravljena je funkcijska dekompozicija uređaja i morfološka matrica iz koje su generirana četiri koncepta. Potom je provedena validacija koncepta prema određenim kriterijima i izabrano je optimalno rješenje.

Za odabrani koncept proveden je proračun određenih komponenti te su razrađene komponente i mehanizmi uređaja. Na kraju je izrađen 3D model i popratna tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: pištolj za čavle, pneumatika, mehanizam

**SUMMARY**

This graduation thesis shows the process of designing a nail gun. It is foreseen that the device is designed as a pneumatic tool that connects to the compressor. The introduction lists the application of a nail gun in construction, describes the principle operation of the gun, and gives the characteristics of air as a medium and wood as a building material. After that, an analysis of pneumatic gun was carried out and the patents for the device were searched. Then, a functional decomposition of the device and a morphological matrix were made to generate four concepts. From there, a validation of the concepts was made according to given criteria and the optimal solution was chosen.

For the selected concept, the calculation of selected components was made and the components and mechanisms of device were detailed. Finally, a 3D model and accompanying technical documentation were created.

Key words: nail gun, pneumatics, mechanism



## 1. UVOD

Graditeljstvo predstavlja jednu od najznačajnijih i najvećih grana industrije koja, unatoč napretku tehnologije, zahtjeva dosta fizičkog rada. Tradicionalne alate koji su neizbježni polako zamjenjuju napredniji alati koji omogućuju brži rad i djelomičnu automatizaciju. U ovom radu bit će razmatran pneumatski pogonjen alat koji se nudi kao alternativa klasičnom čekiću za zabijanje čavala.

### 1.1. Pneumatika

Pneumatika je grana tehnike koja se bavi proučavanjem stlačenog plina i njegovom primjenom u tehnologiji. U strojarstvu se mogu naći mnoge primjene pneumatike, posebno za pogon stlačenim zrakom pomoću klipova (slika 1), pneumatskih motora, pneumatskih aktuatora i ostalih pneumatskih sprava. Pneumatski sustav ima kompresor, spremnik stlačenog zraka koji se puni zrakom iz okoliša uz pomoć pumpe pogonjene strujom i izlazno crijevo kojim se spaja s alatom. S obzirom na to da je zrak kompresibilan, on omogućuje veliku pohranu energije, ali je samim time potreban i veći rad kompresora. U nastavku su navedene prednosti i nedostaci primjene pneumatike.

Prednosti pneumatike (zrak):

- Čisti izvor energije
- Zrak je lako dostupan
- Ekonomično (elementi i održavanje)
- Transport crijevom
- Sigurnost
- Mala osjetljivost na promjene temperature
- Neosjetljivost na preopterećenje
- Velike brzine
- Alati su manje mase i manjih vibracija

Nedostaci pneumatike:

- Manje snage
- Manja preciznost
- Veći rad kompresora

- Nemogućnost gibanja na malim brzinama (stick-slip efekt)
- Ponovljivost

U pneumatici se najčešće kao radni fluid koristi atmosferski zrak zbog svih prednosti koje pruža. Zrak je smjesa tvari koju u većini čine dušik (78,1%) i kisik (20,95 %) a sadrži i argon, ugljični dioksid, vodik, vodenu paru, helij, ozon, metan, amonijak, ugljikov monoksid, kripton i ksenon. Prilikom upotrebe zrak se uzima iz atmosfere, a nakon upotrebe se vraća u atmosferu ne mijenjajući svoj sastav. Radni tlak u uređajima ovisi o primjeni, a može se podijeliti na niski tlak (do 1 bar, mjerni uređaji), normalni tlak (do 10 bar, industrijska pneumatika) i visoki tlak (preko 10 bar, preše). Za pneumatske alate, pa tako i pneumatski pištolj koji se promatra u ovom radu, koristi se tlak od 4 do 10 bara.



**Slika 1. Pneumatski cilindar [1]**

Pneumatski cilindar prikazan na slici 1 ima dva ulaza za zrak, jedan služi za guranje klipa van, a drugi za vraćanje klipa u početni položaj. Za regulaciju protoka zraka koristi se ventil koji omogućuje regulaciju protoka zraka u jednu ili drugu dovodnu cijev. Sličan princip koristi se i kod pneumatskih alata, s tim da neke izvedbe imaju na cilindru otvor za izlaz zraka koji se otvara u ovisnosti o položaju klipa. Ventili se prema načinu pokretanja mogu podijeliti na mehaničke, pneumatske/hidrauličke i na električne, a prema izradbi na ventile s razvodnim klipom, sa sjedištem (stožac, kuglica...) i klizne rotirajuće ventile. U slučaju pneumatskog alata koristi se okidački ventil (slika 2), koji pomicanjem klipa propušta zrak, a u početni položaj vraća ga opruga ili zrak pod tlakom.

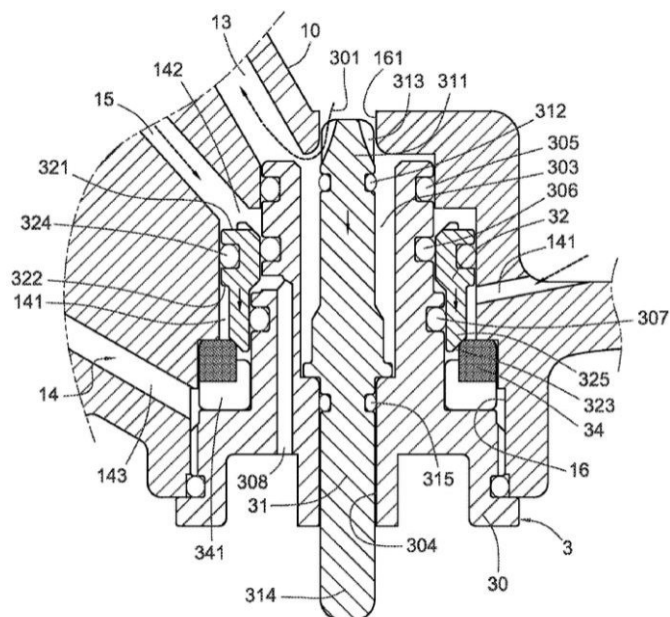


Fig. 2

Slika 2. Okidački ventil [2]

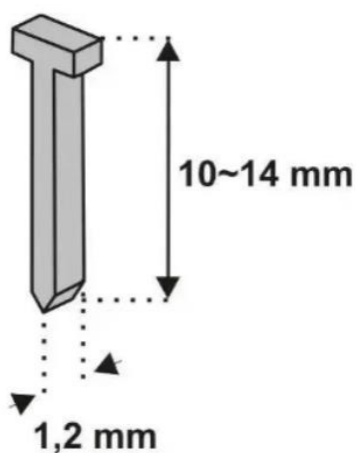
## 1.2. Pištolj za čavle

Zabijanje čavla može predstavljati opasnost po radnika i uzima određeno vrijeme za izvedbu. Potrebno je uzeti čavao, namjestiti ga na poziciju zabijanja i višestruko udarati čekićem po glavi čavla. Pištolj za čavle je primjer alata koji navedene radnje ubrzava i smanjuje rizik od ozljeđivanja radnika. Pištolji za čavle imaju spremnike za čavle i tako također olakšavaju prethodno navedene radnje. Na tržištu prevladavaju izvedbe pištolja na električni pogon i pneumatske izvedbe pištolja, a ima i manje prisutnih izvedbi kao što je izvedba s eksplozivnom tvari. Prednost električnog pištolja (na bateriju) je u njegovoj prenosivosti i nema vezu s kablom na koju treba paziti, dok je nedostatak potreba za punjenjem. Pneumatski pištolj ima vezu s kablom koja ga ograničava, ali mu je vrijeme rada ovisno samo o kompresoru koji se automatski puni kad u njemu padne tlak. Pištolji za čavle s eksplozivnom tvari se rjeđe nalaze na tržištu jer zahtijevaju punjenje, te se smatraju manje ekološkim. Općenito su pneumatske izvedbe pištolja manje mase u odnosu na ostale izvedbe, odnosno za istu masu uređaja pneumatska izvedba može imati veći cilindar za postizanje većih sila. Na slici u nastavku (Slika 3) prikazan je pištolj marke DeWalt koji je električne izvedbe.

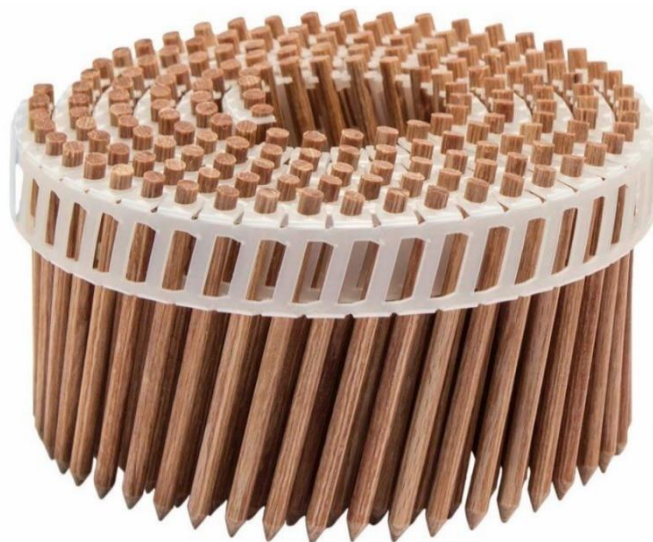


Slika 3. Pištolj za zabijanje čavala marke DeWalt [3]

Čavli koje navedeni pištolji mogu zabijati mogu biti klasičnog oblika ili posebnih izvedbi bez glave i izvedbe s drugačijom geometrijom kao što je prikazano na slikama 4 i 5 (Slika 4, Slika 5). Zbog ograničenih dimenzija i snaga pištolja mogu se zabijati mali i srednji čavli. Za pištolje koji imaju spremnike za čavle nabavljaju se čavli koji su međusobno povezani trakom od polimera ili sličnog materijala te se na taj način nakon zabijenog čavla idući čavao dovodi u poziciju za zabijanje kao što je prikazano na slici 5. Nakon što se spremnik isprazni, stavlja se novo punjenje.



Slika 4. Čavao T oblika [4]



Slika 5. Čavli bez glave povezani trakom [5]

U ovom radu bit će pregledano tržište i patenti te će biti osmišljeni koncepti za pneumatsku izvedbu pištolja za čavle. Pneumatski aktuatori koriste zrak kao fluid koji pokreće

cilindar i izvršava zabijanje čavla. Zrak može biti stlačen u nekom manjem spremniku koji je prenosiv, a češća izvedba je da se pištolj preko crijeva spoji na kompresor koji stlači zrak.



Slika 6. Pneumatski pištolj marke Clarke [6]

### 1.3. Kompresor zraka

Promatrani pneumatski sustav čine pištolj za zabijanje, crijevo za dovod zraka pod tlakom te kompresor zraka. Kompresor (slika 7) je uređaj koji pretvara mehaničku energiju u potencijalnu energiju stlačenog zraka pomoću klipa, pumpe, vijka i sl. Pri padu tlaka u spremniku kompresor se automatski uključuje i počne ga puniti, a kad dostigne određeni tlak kompresor se gasi. Na kompresoru se nalazi manometar koji prikazuje tlak u spremniku.



Slika 7. Kompresor [7]

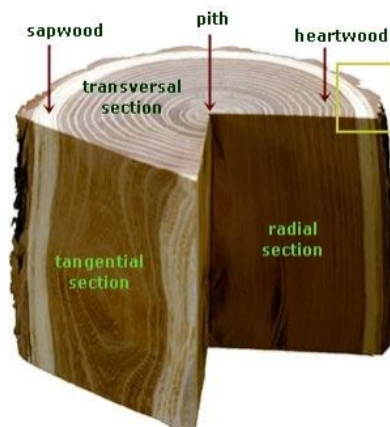
Kompresor ima standardne priključke za spajanje na crijevo kojim se zrak doprema do potrošača, a također i za spajanje različitih alata na kraju crijeva (slika 8). Kako bi pištolj za čavle mogao pravilno raditi, kod izbora kompresora treba se voditi računa o kapacitetu spremnika, o tlaku koji kompresor može isporučiti i o mobilnosti.



Slika 8. Priključak na crijevu kompresora [8]

#### 1.4. Svojstva drva

S obzirom na to da se pneumatski pištolj koristi za zabijanje čavala u drvenu građu opisana su svojstva drva, te se određeni podaci koriste za proračun. Drvo je prirodni materijal od velikog značaja za gradnju zbog sveprisutnosti, lake obrade i dobrih mehaničkih svojstava. Također, drvo je obnovljivi resurs pa se može smatrati ekološkim materijalom za upotrebu. Drvo je gotovo nezamjenjiv materijal kad se govori o krovnim konstrukcijama, nosivim gredama, namještaju, podovima, brodovima te u raznim vrstama pakiranja kada je potrebno zaštititi objekt od mehaničkog oštećenja. Osim toga, drvo je i jedan od najtraženijih materijala što se tiče estetskog izgleda. S obzirom na to da je drvo prirodni materijal, ima veliku varijaciju u svojstvima, a razlika se uočava i u smjeru orijentacije komada drva, odnosno presjeku drva kao što je prikazano na slici 9.



Slika 9. Presjek drva [9]

Modul elastičnosti za drvo u longitudinalnom pravcu je od 10 do 20 puta viša od modula elastičnosti drva u radijalnoj i tangencijalnoj osi [10].

U prošlosti su se za gradnju pretežito koristili hrast i bukva zbog masivnosti i trajnosti te velike tvrdoće. U današnje vrijeme su češće u upotrebi mekša drva kao što su jela i smreka te bor. U tablici 5 prikazani su podaci za često korištena drva u graditeljstvu.

Tablica 1. Svojstva drva [11]

Vrsta drva	Modul elastičnosti [GPa]	Savojna čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	Tlačna čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	Smična čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	Tvrdoća [N/mm <sup>2</sup> ]
Hrast	10,0-13,2	74,0-105,0	54,0-67,0	6,0-13,0	28,0-101,0
Bukva	10,0-18,0	74,0-210,0	41,0-99,0	6,5-19,0	54,0-110,0
Jasen	4,4-18,1	58,0-210,0	23,0-80,0	9,0-15,0	41,0-115,0
Bor	6,9-20,1	41,0-206,0	35,0-94,0	6,0-15,0	19,0-50,0
Smreka	7,3-21,4	49,0-136,0	35,0-79,0	4,0-12,0	14,0-46,0
Jela	6,6-17,2	47,0-118,0	31,0-59,0	4,0-6,0	18,0-53,0

---

Za ovaj rad bitan podatak je tvrdoća drva koja predstavlja otpor drva prodiranju drugog (tvrdeg) tijela u njegovu masu. Može se uočiti veliki raspon iznosa tvrdoće koji je posljedica svojstava drva, te raznih vanjskih utjecaja (vlaga, građa i sl.).



## 2. ANALIZA TRŽIŠTA

Na tržištu se mogu pronaći pneumatski pištolji za zabijanje čavala od mnogo proizvođača s obzirom na to da je to često primjenjiv alat u građevinarstvu, izradi namještaja i drugim područjima. Razlika u snazi uređaja pretežito se javlja zbog duljine čavla koji se može zabiti, a sa snagom rastu i dimenzije uređaja. Također, bitan parametar koji radi razliku između uređaja je kapacitet spremnika za čavle jer o tome ovisi duljina rada i potreba za punjenjem spremnika. U nastavku će biti prikazani pištolji za čavle određenih proizvođača i njihove karakteristike.

### 2.1. Makita

Tvrtku Makita osnovao je Mosaburo Makita 1915. godine u Japanu. U početku se tvrtka bavila popravcima električnih uređaja, a s vremenom je izrasla u jednog od vodećih svjetskih proizvođača alata. U svojoj ponudi imaju veliki raspon alata kao što su bušilice, pile, oprema za uređenje okoliša, oprema za mjerenje, generatore struje i sl.

U svojem proizvodnom asortimanu nude različite modele pneumatskih pištolja za zabijanje čavala, a razlikuju se po namjeni (namještaj, krovište...). Osnovne karakteristike Makita pištolja su robusnost, mogućnost podešavanja dubine zabijanja, zaštita od grebanja predmeta, lagano aluminijsko kućište i udobnost. U tablici 1 su prikazane karakteristike Makita modela pneumatskih pištolja.

**Tablica 2. Tehničke karakteristike Makita pištolja [12]**

Kapacitet spremnika (količina čavala)	300	100	73	120	130
Dužina čavla [mm]	38- 63.5	15-50	50.8- 89	19.1-44.5	15.8- 34.9
Promjer čavla [mm]	2.28-2.5	1-1.2	2.28-3.75	3.05	0.6
Radni tlak [bar]	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3
Masa [kg]	2.31	1.31	3.76	2.35	0.9

Može se uočiti kako modeli sa spremnicima valjkastog oblika mogu zaprimiti veći broj čavala, dok su s manjim spremnicima lakši. Također, na masu utječe i dužina čavla koji se može zabiti, jer se s dužinom povećavaju dimenzije aktuatora. Radni tlak je svim modelima jednak. Na slici 7 prikazan je model Makita pištolja čiji podaci se nalaze u prvom stupcu tablice 1.



Slika 10. Makita pištolj za zabijanje čavala [12]

## 2.2. DeWalt

DeWalt je tvrtka za proizvodnju alata za građevinarstvo, proizvodnju i obradu drva koju je 1923. godine osnovao Raymond E. DeWalt u SAD-u, a trenutno je u vlasništvu tvrtke Black & Decker. Kao i tvrtka Makita DeWalt nudi veliki asortiman raznih alata kao što su bušilice, mjerni uređaji, pile a u novije vrijeme i mobitele.

Bitna značajka DeWalt alata je njihova kvaliteta i dugotrajnost što je rezultat korištenja kvalitetnih materijala i dobro educirane radne snage. Alati su osmišljeni s jednostavnim dizajnom da ih mogu koristiti profesionalci, ali i hobi majstori. Kao i prethodni proizvođač, DeWalt nudi razne varijante pneumatskog pištolja za čavle raznih namjena i veličina. Na uređajima se nalazi okretač za jednostavno namještanje dubine zabijanja (slika 9), a s prednje strane nalazi se zaštita koja sprječava oštećivanje predmeta prilikom zabijanja. Modeli većih dimenzija imaju spremnike valjkastog oblika u koje se može staviti veći broj čavala. U tablici 2 prikazani su podaci za neke od modela koje tvrtka DeWalt nudi.



Slika 11. Pneumatski pištolj za čavle DeWalt [13]



Slika 12. Kotačić za namještanje dubine zabijanja [13]

Tablica 3. Specifikacije DeWalt pištolja za čavle [13]

Kapacitet spremnika (količina čavala)	50	135	300	100
Dužina čavla [mm]	51-82.6	16-50,9	31.8-63.5	15.8-50.8
Promjer čavla [mm]	2.87-3.76	0.64	2.03-2.34	1.2
Radni tlak [bar]	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3
Masa [kg]	3.45	1,13	2.22	1.18

### 2.3. Metabo

Metabowerke je njemačka tvrtka za proizvodnju alata sa sjedištem u gradu Nürtingenu. Tvrtku je 1924. osnovao Albrecht Schnizler proizvodivši ručne bušilice. Metabo proizvodi alate u tvornicama u Nürtingenu i u Shanghaiu a u ponudi imaju alate za obradu drva i metala. Metabo pneumatski pištolji (slika 13) su pouzdani i pružaju dobre performanse, a izrađeni su u skladu s ANSI SNT-101 standardom za pneumatske alate. Metabo pištolj nudi mogućnost izbora između zabijanja prilikom kontakta pištolja s predmetom i klasičnim okidanjem. Kontaktno zabijanje omogućuje brže obavljanje zadatka i često se primjenjuje kod pokrivanja krovova. Spremnici se daju zakrenuti i otvoriti (slika 12) što omogućuje brzo i jednostavno punjenje.



Slika 13. Punjenje spremnika [14]

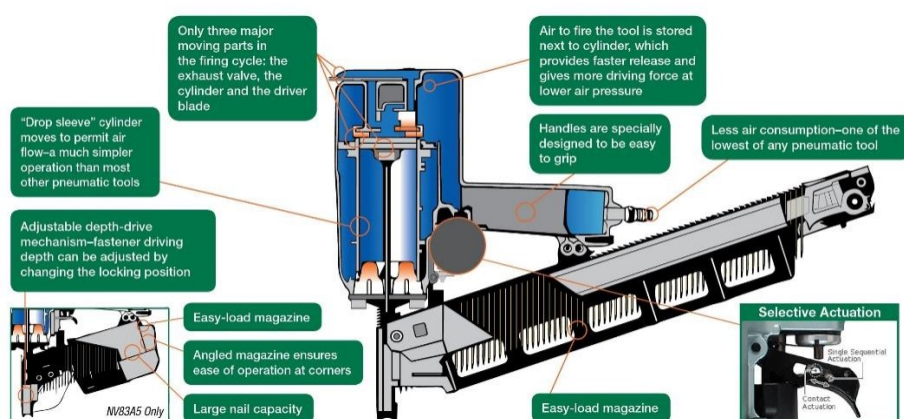


Slika 14. Metabo pištolj [14]

Također, nudi i jednostavno namještanje dubine zabijanja ovisno o namjeni i dužini čavla (slika 15). Tvrtka nudi svoje čavle (slika 14) za bolje rezultate. U tablici 3 prikazani su podaci Metabo pneumatskih pištolja za zabijanje čavala.



Slika 15. Metabo čavli [14]



Slika 16. Karakteristike Metabo pištolja [14]

Tablica 4. Podaci Metabo pištolja [14]

Kapacitet spremnika (količina čavala)	300	120	64	100
Dužina čavla [mm]	38.1-63.5	44.5	50.8-88.9	15.8-50.8
Promjer čavla [mm]	2.28-2.52	3.05	2.87-3.76	1.2
Radni tlak [bar]	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3	4.9-8.3
Masa [kg]	2.18	2.59	3.4	1

## 2.4. Milwaukee

Milwaukee je tvrtka osnovana 1924. godine u SAD-u te je, isto kao i tvrtka Metabo, počela s proizvodnjom ručnih bušilica. Milwaukee se promovirala u jednog od glavnih proizvođača alata i razne opreme u svijetu s tvornicama u Kini, Njemačkoj, Meksiku, Vijetnamu i SAD-u. U proizvodnji alata i opreme pomno biraju materijale za kvalitetniji rad, a kvalitetu postižu i raznim naprednim metodama izrade. Razvojem vlastitih baterija veći dio asortimana pištolja za čavle su prebacili na baterije, a od pneumatskih nude dva modela. Oba modela imaju kućišta od magnezija (slika 16), mogućnost namještanja dubine zabijanja i filter za čišćenje. Prvi model ima spremnik za 120 čavala dužina od 19.1 mm do 44.5 mm i promjera

3.04 mm. Radni tlak je jednak kao i u pištoljima ostalih proizvođača, a masa uređaja je 2.31 kg. Drugi model ima spremnik za čavle dužine od 50.8 mm do 90 mm i promjera od 2.87 mm do promjera 3.76 mm.



Slika 17. Milwaukee pneumatski pištolj [15]

## 2.5. Freeman

Freeman je tvrtka sa sjedištem u blizini grada Atlante u SAD-u koja se bavi proizvodnjom profesionalnih pneumatskih alata. Freeman na tržištu nudi mali pneumatski zabijač čavala za dlan koji je malo drugačije rješenje od prethodnih primjeraka jer je malih dimenzija, predviđen da stane u dlan (slika 17). Prikazani pištolj ima klip manjih dimenzija koji se vraća u početni položaj pomoću opruge. Pištolj funkcionira na principu pritiska pištolja (dlanom) na čavao pri čemu se omogućuje protok zraka i pokretanje klipa. Klip prilikom pritiska učestalo mijenja poziciju iz početne u krajnju i ponovo u početnu. Na taj način čavao nije zabijen u jednom udarcu (kao kod prethodno navedenih pištolja), već u više manjih udaraca. Prednost ovakve izvedbe je upravo dimenzija jer omogućuje zabijanje čavala u skućenim prostorima, a nedostatak je snaga njegovog udarca.



**Slika 18. Freeman pneumatski čekić [16]**

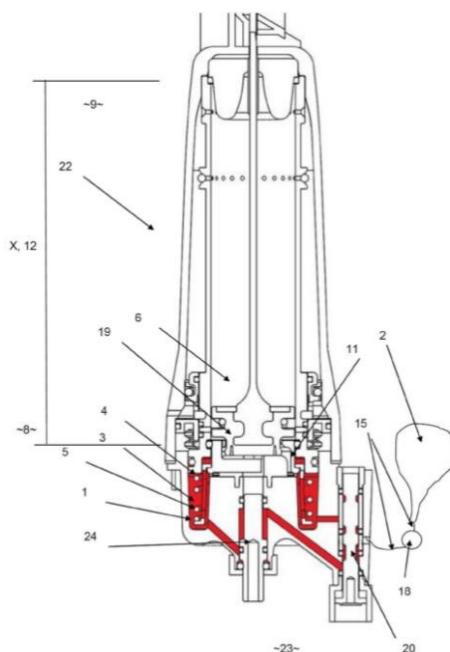
Masa uređaja iznosi samo 0,63 kg, a dimenzije su prilagođene ljudskom dlanu (70x120x110 mm). Radni tlak alata je u rasponu od 5,5 bara do 6,9 bara. Ovim pištoljem mogu se zabijati čavli duljine od 50,8 mm i promjera 3,05 mm do duljine 88,9 mm i promjera 4,19 mm.

### 3. REZULTATI PRETRAŽIVANJA PATENATA

U ovom poglavlju bit će prikazani rezultati pretraživanja patenata koji su korisni pri konstruiranju alata. Pretraživanje patenata bit će provedeno pomoću online alata Google Patents i PatentScope. PatentScope ima bazu od 111 milijuna patenata, dok Google Patents sadrži oko 120 milijuna patenata. Navedeni alati omogućuju pretraživanje patenata pomoću ključnih riječi ili pojmova. Patenti će biti filtrirani prema statusu valjanosti, odnosno isteku patenta, pa će više pažnje biti dato novijim patentima. Patenti će biti pretraživani pomoću ključnih pojmova na engleskom jeziku. Na početku oznake patenta nalaze se dva slova koja označavaju državu iz koje je patentirano, a u opisu se nalazi i način patentiranja (lokalno/globalno).

#### 3.1. Patent TW202307606A

- Poboljšanja odziva na tlak u visokotlačnim ventilima
- Datum izdavanja: u procesu izdavanja

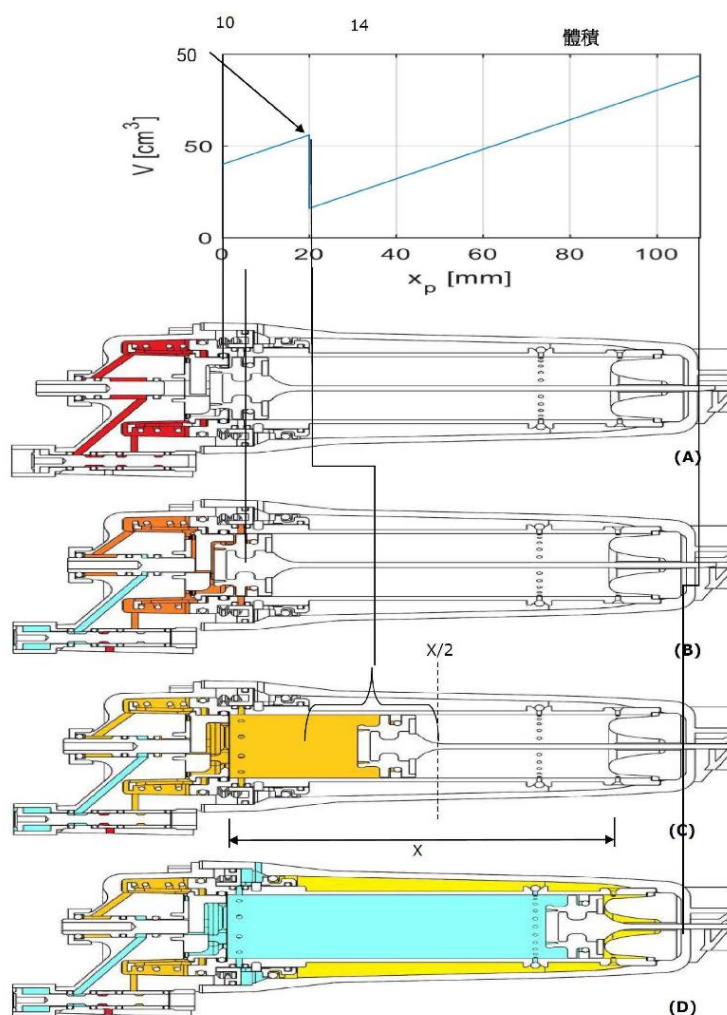


Slika 19. Patent TW202307606A [17]

Navedeni patent prikazuje pištolj za zabijanje čavala koji radi uz pomoć visoko stlačenog fluida (Slika 19). Prilikom pokretanja klipa koji vrši silu zabijanja na čavao potrebno je održavati tlak iza klipa što većim. Prilikom ekspanzije tlak ima tendenciju pada, što bi dovelo do smanjenja sile koja se razvija i slabije zabijanje čavla. Stoga se teži održavanju približno konstantnog tlaka prilikom ekspanzije. Nakon ekspanzije, zrak pod tlakom izlazi u atmosferu i



tako se gubi dio energije. Cilj ovog patenta je rješenje koje omogućuje poboljšanje radne karakteristike alata boljim iskorištavanjem energije. Ekspanzija je osmišljena u dva ciklusa (Slika 20). U prvom dijelu ekspanzije zrak pod tlakom ulazi iz komore za doziranje (3) u radnu komoru (6) i pokreće klip (19). Nakon što klip dođe do polovice radnog hoda, ventil za doziranje se zatvara, a zrak se dalje ekspandira te pokreće klip sve do krajnje pozicije. Nakon kraja drugog ciklusa, tlak je u radnoj komori jednak polovici radnog tlaka. Komora za doziranje ima specificiran tlak, dok rezervoar/kompresor (2) ima tlak između radnog i maksimalno dopuštenog. Za ovakve visokotlačne uređaje radni tlak se kreće između 7 i 40 bara.



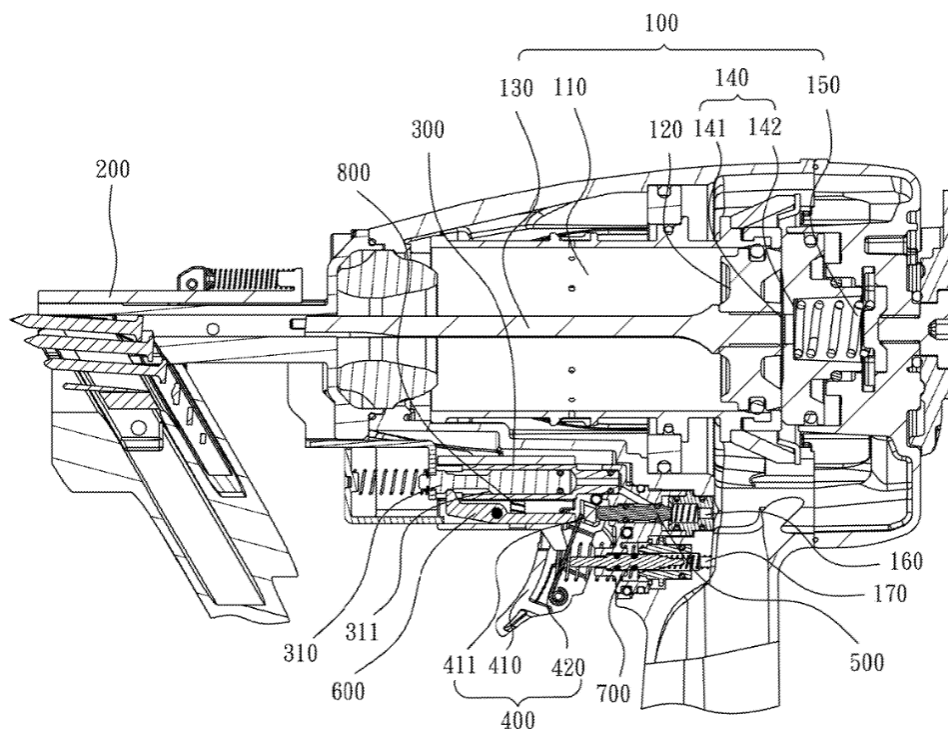
**Slika 20. Prikaz rada s dvije ekspanzije [17]**

Dvostruka ekspanzija visokotlačnih alata omogućuje veliki omjer ekspanzije uz relativno male dimenzije uređaja, te se na taj način postiže visoka relativna korisnost. Veliki značaj pri dobrom iskorištavanju dvostruke ekspanzije je vrijeme zatvaranja ventila (4) nakon kojeg kreće drugi dio ekspanzije zbog količine zraka koji se pri radnom tlaku nalazi u radnoj komori.

Prilikom pomicanja klipa prema van zrak se ispred njega tlači zbog smanjenja volumena. Navedeni stlačeni zrak se koristi za vraćanje klipa u početni položaj.

### 3.2. Patent US7931180B2

- Pneumatski pištolj za čavle
- Datum izdavanja: 26.04.2011. (aktivan)



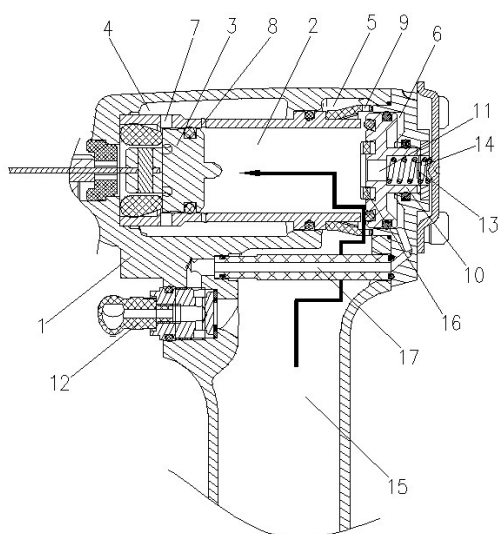
Slika 21. Patent US7931180B2 [18]

Patent US7931180B2 koji je prikazan na slici 19 (Slika 21) opisuje način funkcioniranja danog rješenja pneumatskog pištolja za čavle. Pištolj se preko standardnog priključka spaja na kompresor preko crijeva. Rad pištolja se odvija u jednoj ekspanziji koja se pokreće pritiskom prsta na sklop okidača (400). Pomicanjem okidača otvara se sigurnosni ventil (500) koji omogućuje ulazak zraka pod tlakom koji pokreće aktivni ventil da bi omogućio pomicanje mehanizma za čavle (200). Okidač istovremeno otvara i okidački ventil (700) koji propušta zrak pod tlakom u komoru i pokreće klip za zabijanje. S obzirom na to da je pištolj izveden potpuno mehanički, u njemu se nalaze popratni dijelovi koji omogućuju pravilno funkcioniranje. Opruge su ugrađene kao kontra sila koja vraća pokretne dijelove u početni položaj. Poluga (420) služi za otvaranje ventila (500) i (700), a poluga (600) se prilikom otvaranja ventila (300) zakreće i više nije u dodiru s polugom (420) te pištolj ne može izvesti

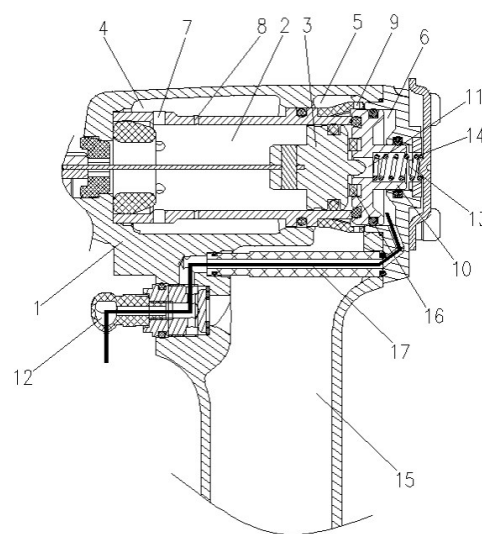
radnju zabijanja. Pomoću prethodno navedene zavisnosti mehanizama se onemogućuje slučajno pokretanje.

### 3.3. Patent CN208854569

- Uređaj za automatsko pobuđivanje pneumatskog pištolja za zabijanje čavala
- Datum izdavanja: 14.05.2019. (aktivan)



Slika 22. Patent CN208854569 [19]



Slika 23. Izlaz zraka [19]

Patent CN208854569 (slika 20) prikazuje izvedbu pištolja za zabijanje čavala kojom se omogućuje brže gibanje klipa u krajnje pozicije, a time i brže zabijanje. Potreba za brzinom se javlja kod implementiranja ovakvog alata u automatizirani proces jer svako kašnjenje u sustavu može izazivati probleme kod regulacije. Klasične izvedbe pištolja imaju isti dovod zraka za oba smjera kretanja klipa što izaziva usporavanje sustava. Spor i neprecizan alat u automatiziranom sustavu dovodio do toga da se pozicija zabijanja promaši i teško je postići brzo precizno zabijanje. Izvedba u ovom patentu je s glavnim dovodom zraka iz glavnog spremnika (15) koji pokreće klip (slika 20) te zasebnim dovodom kroz ventil na okidaču (12). Prilikom radnje zabijanja čavla zrak ulazi kroz otvor (9) u cilindar (2) i pomiče klip (3), a istovremeno pritišće pomični ventil (10) u drugu stranu te na taj način zatvara otvor za ispuštanje zraka (13). Dolaskom klipa u krajnju poziciju otvor na kraju cilindra (8) pod tlakom omogućuje zraku da prijeđe u komoru (4) i kroz otvor (7) dođe s druge strane klipa i na taj način se izjednačuje zrak s obje

strane klipa. Nakon toga, zrak pod tlakom kroz ventil (17) pomiče pomični ventil (10) u početni položaj i omogućuje zraku iz cilindra izlazaka kroz otvore (11) i (13). Klip pri povratku u početni položaj pritisne pomični ventil (10) u početni položaj kao što je prikazano na slici 21.

### 3.4. Patent US20100001034A1

- Uređaj za punjenje pneumatskog pištolja za zabijanje čavala
- Datum izdavanja: 07.01.2010. (napušten)

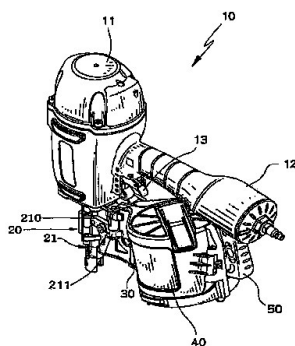


FIG. 3

#### Slika 24. Patent US20100001034A1 [20]

Patent uređaja za punjenje pneumatskog pištolja prikazan je na slici 22 na kojoj je uočljiv prijedlog ovog patenta za korištenje spremnika valjkastog oblika. Svrha izmjene oblika i izvedbe spremnika je olakšati, ubrzati i učiniti sigurnijom radnju punjenja pištolja čavlima. Nakon što se spremnik s čavlima isprazni, spremnik se zakrene naspram drške alata te se poklopac spremnika otvori kako bi se stavili čavli. Na taj način nije potrebna radnja odvajanja spremnika od alata i radnik si prilagođava spremnik za lakše punjenje. Za spremnike takvog oblika na tržištu postoji punjenje s čavlima koji su spojeni trakom kao što je prikazano na slici 5.

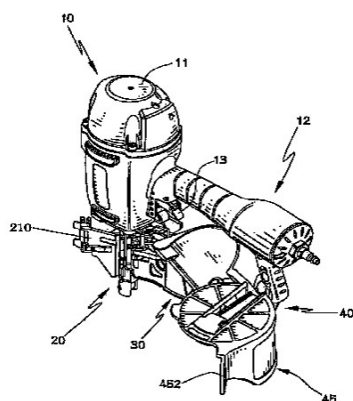
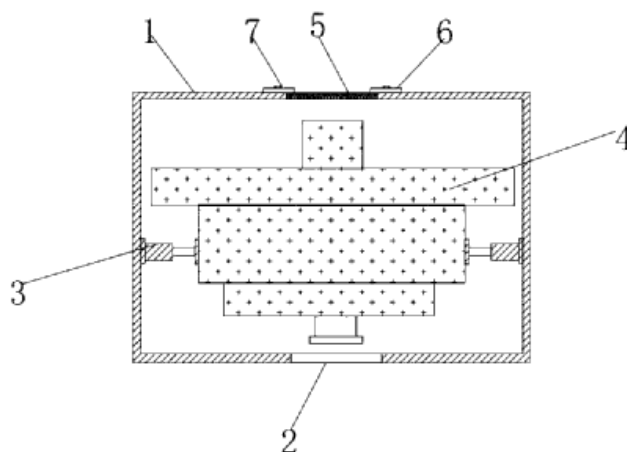


FIG. 4

Slika 25. Pištolj s otvorenim spremnikom [20]

### 3.5. Patent CN213946331

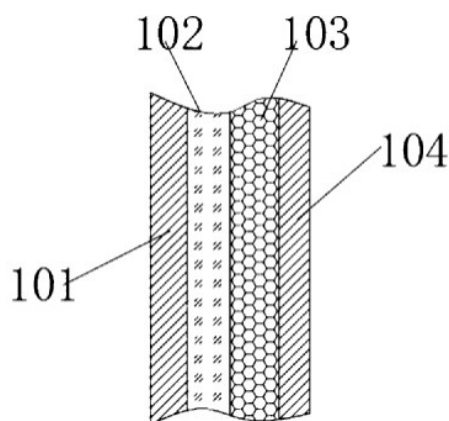
- Uređaj za reduciranje buke na pneumatskom pištolju za čavle
- Datum izdavanja: 13.08.2021. (aktivan)



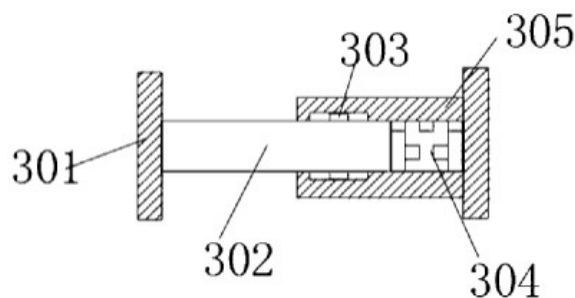
Slika 26. Patent CN213946331 [21]

Pneumatski pištolj prilikom rada proizvodi buku koja nastaje promjenom tlaka i udarcem klipa po glavi čavla, a uz to proizvodi i vibracije koje se dijelom prenose na predmet, a dijelom na ruku čovjeka. Ovaj patent, prikazan na slici 24, prikazuje dio pneumatskog pištolja za čavle koji prigušuje vibracije i smanjuje buku pri radu. Buka koja nastaje se smanjuje prolaskom kroz zvučno izolacijsku vatu (102) postavljenu unutar kućišta alata (1), a zatim slijedi i sekundarno prigušenje koje se odvija pomoću saćastih ploča (103) (slika 25). Dodavanjem prigušne šipke (3) (slika 24) između aktivnog dijela alata (klip, cilindar) i

neaktivnog (kućište) omogućuje se prigušenje vibracija koje nastaju pri radu. Pozicija (5) na slici 24 predstavlja filter koji se ugrađuje za sprječavanje ulaska prašine, a pozicija (2) predstavlja otvor za izlazak čavla, dok pozicije (6) i (7) služe za pričvršćenje. Osim što vibracije pri radu nisu ugodne za radnika, one skraćuju vrijeme koje radnik može provesti obavljajući posao zbog raznih posljedica (utrnuće ruke i sl.), a mogu imati i dugoročne štetne posljedice na zdravlje radnika.



Slika 27. Slojevi zvučne izolacije [21]



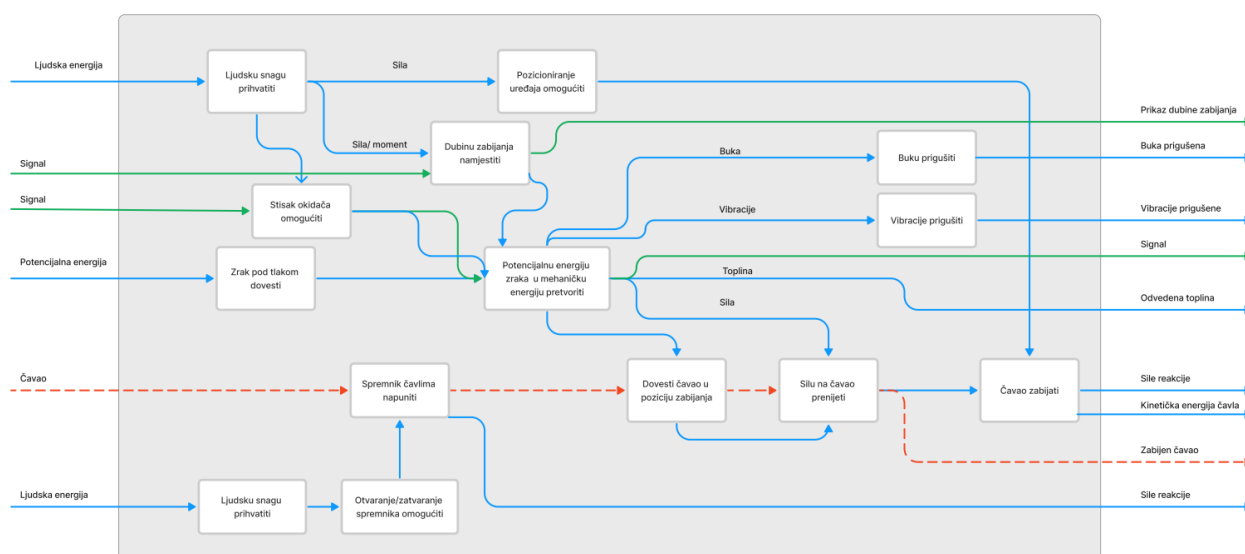
Slika 28. Prigušna šipka [21]

### 3.6. Zaključak analize tržišta i патената

Iz provedene analize tržišta pneumatskih pištolja moguće je uočiti određene sličnosti između modela i smjerove razvoja pištolja. Analiza tržišta i патената ukazuje na to da se pištolji razvijaju u smjeru udobnijeg korištenja uz povećanje brzine rada s takvim alatom. Teži se smanjenju mase za istu silu zabijanja. Analizom se pokazalo da pneumatski pištolji rade na tlaku od 4,9 pa sve do 8,3 bara, stoga takav tlak kompresor mora isporučiti. Pneumatski pištolji su u mogućnosti zabijati čavle u određenom rasponu dimenzija, i to se područje zbog spremnika ograničava za određeni pištolj.

## 4. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

U ovom dijelu rada modelira se funkcijska struktura uređaja za bolje razumijevanje procesa korištenja proizvoda i interakcije s korisnikom. Svaka funkcija se rastavlja na podfunkcije te dalje na tokove energije, materije i signala. Zatim se podfunkcije spajaju u smislenu cjelinu i dobiva se prikaz funkcijske dekompozicije kao što je prikazano na slici 27. Ovaj prikaz omogućuje širu sliku pri koncipiranju jer se za svaku funkciju/podfunkciju traži više rješenja.



Slika 29. Funkcijska dekompozicija

Plavim strelicama prikazan je tok energije, zelenim strelicama tok signala, a crtkanim crvenim strelicama tok materije. Svaki ulaz signala, materije i energije ima određeni izlaz. Za izradu dijagrama funkcijske dekompozicije korišten je program Figma.

## 5. MORFOLOŠKA MATRICA

Za pojedine funkcije alata bit će prikazane moguće izvedbe iste u tablici. Iz ove tablice se mogu lakše generirati koncepti spajanjem različitih rješenja.

Tablica 5. Morfološka matrica

1	Zrak pod tlakom dovoditi	 Crijevo		 Prenosivi spremnik	
		 Priključak			
2	Potencijalnu u mehaničku energiju pretvoriti	 Cilindar	  Cilindar + Opruga	 Pneumatski mišić	 Pneumatski motor + Prijenosnik rotacijsko u linearno gibanje
		 Okidač		 Kontakt s predmetom	



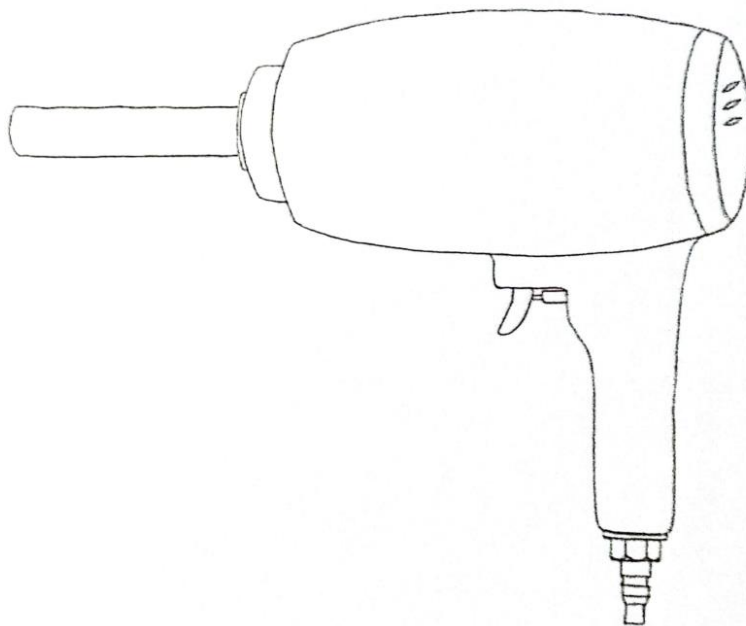
4	Zaprimanje čavla omogućiti	 <p>Valjkasti spremnik</p>	 <p>Linearni spremnik</p>	 <p>Ručno</p>
5	Dubinu zabijanja prilagoditi	 <p>Vijak</p>	 <p>Pomični graničnik</p>	
6	Odvođenje zraka	 <p>Direktan izlaz straga</p>	 <p>Zrak vraća klip</p>	 <p>Prednji izlaz za čišćenje površine</p>

## 6. KONCEPTUALNA RJEŠENJA

Nakon provedene analize tržišta i pregleda патената te izrade morfološke matrice izrađuju se koncepti. Koncepti se nakon toga ocjenjuju prema određenim kriterijima i izabire se optimalno rješenje za daljnju razradu.

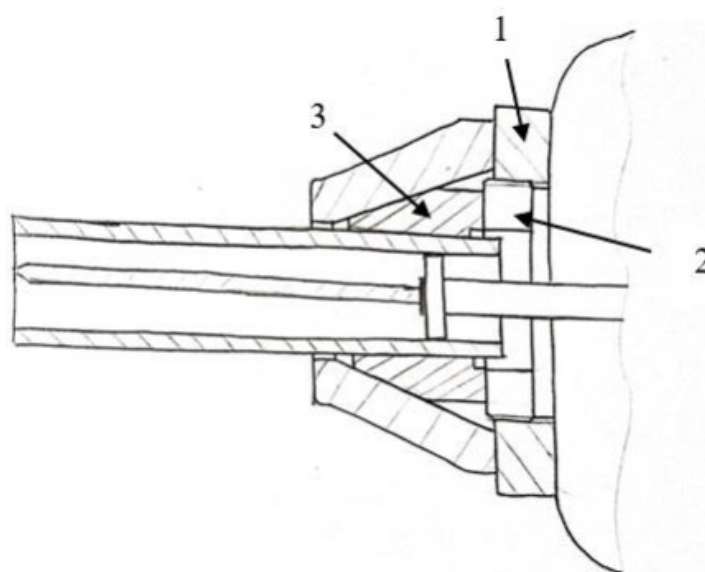
### 6.1. Koncept 1

Koncept 1 predstavlja pneumatski pištolj bez spremnika kao što je prikazano na slici 29. Čavli se ručno stavljaju u cijev u kojoj magnetna glava za zabijanje drži čavao od ispadanja. Pritiskom na okidač zrak ulazi u cilindar i pokreće klip koji vrši zabijanje. Zrak se prilikom gibanja cilindra komprimira u malom spremniku te nakon zabijanja omogućuje vraćanje klipa u početni položaj. Prilikom vraćanja klipa u početni položaj ventil za propuštanje zraka pod tlakom je zatvoren, a ventil za izlazak zraka je otvoren. Zrak odlazi u atmosferu kroz otvore sa stražnje strane pištolja.



Slika 30. Koncept 1

Namještanje dubine zabijanja za različite dimenzije čavala omogućeno je pomicanjem cijevi u kojoj se nalazi čavao. Namještanje se vrši pomoću stezne glave prikazane na slici 30, koju čine stezne čeljusti (3), pomična matica (2) i okretni cilindar s unutarnjim navojem (1). Okretanjem cilindra (1) pomiče se matica (2) naprijed/nazad i gura stezne čeljusti koje se po konusnoj glavi kućišta kližu i pritišću cijev. Klip je predviđen za maksimalnu dužinu čavla, a za manje duljine čavala je njegov hod kraći (zaustavi ga podloga, drvo).



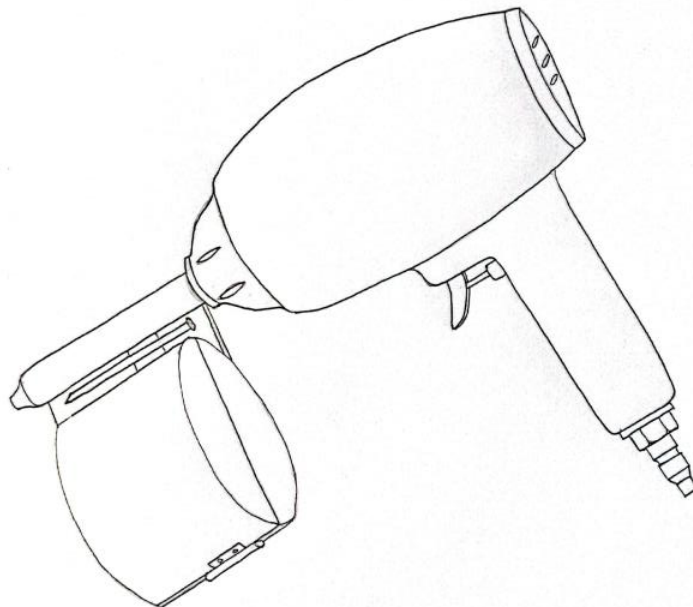
**Slika 31. Namještanje dubine zabijanja koncepta 1**

Ovakva izvedba pištolja je jednostavnija za izradu i lakša jer nema spremnika. S obzirom na to da nema spremnika, čavli se stavljaju ručno u cijev što iziskuje dodatno vrijeme, pa se posao zabijanja obavlja sporije. Prednost bi bila kod učestale promjene vrste čavala, jer se ne bi trebao prazniti spremnik i namještat dubina (kao kod ostalih varijanti), već se samo namjesti duljina cijevi.

## 6.2. Koncept 2

Koncept 2 je pneumatski pištolj s cilindričnim spremnikom za čavle kao što je prikazano na slici 31. Za navedenu izvedbu koriste se čavli međusobno povezani trakom što prilikom rada omogućuje dovođenje idućeg čavla na poziciju za zabijanje. U spremnik se mogu staviti različite veličine čavala, a dubina zabijanja prilagođava se pomoću vijka. Za takav oblik spremnika na tržištu postoje punjenja s čavlima (kao na slici 5) što omogućuje značajno skraćivanje vremena punjenja. Klip se pokreće pritiskom okidača i zabija čavao u jednom gibanju. Prilikom hoda klip pritišće zrak ispred sebe van cilindra i pištolja. Navedeni zrak izlazi kroz otvore s prednje strane pištolja i omogućuje čišćenje površine prilikom zabijanja. Nakon dolaska klipa u krajnji položaj zatvara se izlaz zraka i propušta se zrak pod tlakom koji gura klip u početni položaj. Vraćanjem klipa zrak iza klipa izlazi kroz otvore na stražnjoj strani

pištolja. Ovaj način vraćanja klipa omogućuje razvijanje veće sile zabijanja jer se prilikom gibanja klipa u krajnji položaj zrak ispred njega ne tlači i ne stvara mu otpor.

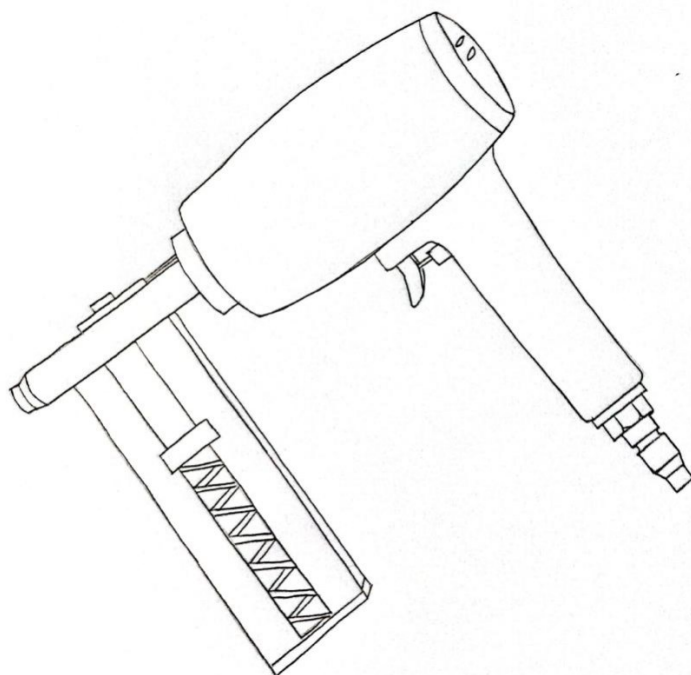


**Slika 32. Koncept 2**

Ovaj koncept je složeniji za izradu od prethodno prikazanog, veće je mase i većih dimenzija. Prednost mu je kapacitet spremnika i brzina rada.

### **6.3. Koncept 3**

Treći koncept je pištolj s linearnim spremnikom za čavle u koji stane nekoliko različitih dimenzija čavala. Prije stavljanja čavala u spremnik, klizač se postavlja u početni položaj. Nakon stavljanja čavala klizač kojeg napinje opruga se otpušta i na taj način gura čavle prema cijevi za ispaljivanje.

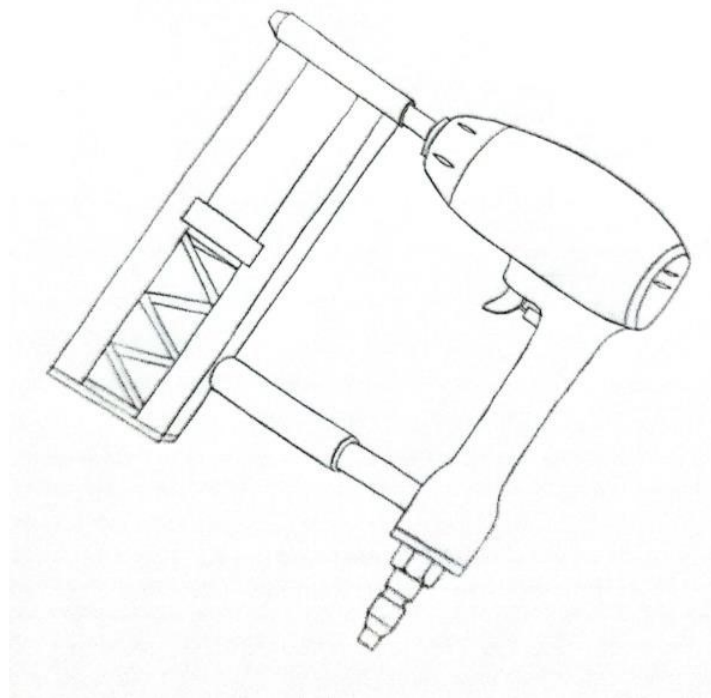


**Slika 33. Koncept 3**

Princip rada klipa i cilindra je kao u prethodno opisanom konceptu. Dubina zabijanja namješta se pomoću klizača koji se nalazi s vanjske strane cijevi za ispaljivanje. Pomicanjem klizača ograničava se hod cilindra.

#### **6.4. Koncept 4**

Posljednji koncept ima linearni spremnik kao i prethodni, u kojem opruga gura čavle prema cijevi. Prije stavljanja čavala, spremnik se otvara i klizač se pomiče u početni položaj. Nakon stavljanja čavala klizač se otpusti. Za zrak koji klip gura ispred sebe (kad ide u krajnji položaj) postoji izlaz zraka koji se nalazi s prednje strane pištolja. Kad se klip vraća, zrak iza njega izlazi kroz otvore sa stražnje strane.



**Slika 34. Koncept 4**

Razlika ovog koncepta od prethodnih je u principu po kojem se čavli zabijaju. Klip i cilindar ovog pištolja su kraći pa se zabijanje izvodi s više udaraca (kao kod Freeman pištolja opisanog u analizi tržišta). Zrak gura klip u krajnji položaj, a opruga ga vraća u početni i taj ciklus se ponavlja dok se čavao ne zabije. Pištolj ima dvije vodilice, jednu u cijevi za zabijanje i jednu između drške i spremnika, po kojima se može gibati naspram spremnika. Navedena radnja je bitna jer omogućuje zabijanje čavla unatoč kratkom hodu klipa.

## 6.5. Vrednovanje koncepata

Prije razrade koncepta provodi se vrednovanje kako bi se odabrao optimalan koncept. Koncepti se ocjenjuju prema određenim kriterijima tako da im se za pojedini kriterij daje ocjena od 1 do 5. Kriterijima po kojima se ocjenjuje dodjeljuje se i težinski faktor u ovisnosti o njihovoj važnosti pri izboru. Na kraju se zbrajaju ocjene za pojedine koncepte i uspoređuje se s ostalim konceptima. Zbog velikih tlakova i opasnosti same radnje zabijanja, prilikom odlučivanja sigurnost je jedan od važnijih kriterija. Pouzdanost predstavlja robusnost i trajnost uređaja jer je uređaj predviđen za uporabu u građevinskim ili sličnim radovima. Zapremnina spremnika se odnosi na količinu čavala koji stanu u jedno punjenje. Dugotrajan rad s ovim alatom može biti naporan ako je masa uređaja velika i ako uređaj nije ergonomičan. Također je bitna i mogućnost korištenja različitih veličina čavala.

**Tablica 6. Tablica vrednovanja**

Kriteriji	Težinski faktor	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4
Sigurnost	0,15	3	4	4	3
Pouzdanost	0,15	4	5	5	3
Zapremnina spremnika	0,15	2	5	4	4
Masa	0,10	4	3	4	3
Brzina rada	0,10	2	5	4	3
Ekonomičnost	0,10	5	3	4	3
Ergonomičnost	0,15	3	5	5	4
Veličina čavla	0,10	5	4	4	5
Suma		3,4	4,35	4,3	3,5

Prema sumi ocjena vidljivo je da je koncept 2 optimalan pa je uzet za daljnju razradu. Koncept 2 ima spremnik, što mu daje prednost pred konceptom 1, ali i konceptima 3 i 4 zbog većeg kapaciteta. Zbog većeg kapaciteta za čavle sama masa uređaja će biti veća, uz masu spremnika koji je veći nego kod ostalih koncepata. Brzina rada je veća zbog manje potrebe za punjenjem spremnika, a i zabijanje se izvodi u jednom gibanju. Što se tiče veličine čavala, koncept 2 je ograničen zbog spremnika u koji stane ograničen raspon čavala.



## 7. Tehnička specifikacija

Prije razrade odabranog koncepta definiraju se željeni parametri prema kojima se provodi proračun. Kako je u analizi tržišta pokazano da pneumatski pištolji rade na tlakovima između 4,9 i 8,3 bara, u proračun se ide s tim podacima. Maksimalna duljina čavla je ograničena veličinom spremnika, a odabrana je (standardna) vrijednost od 90 mm uz mogućnost korištenja kraćih čavala. Za navedenu duljinu na tržištu se nudi više varijanti čavala podijeljenih prema promjerima: 2,8 mm, 3,1 mm i 3,8 mm. Za proračun se uzima najveći promjer dostupan na tržištu. Tokom razrade teži se što manjoj masi dijelova, a da se ne naruši potrebna čvrstoća dijelova. Sila u klipu se određuje prema duljini i promjeru korištenih čavala te prema vrsti korištenog materijala u koji se zabija. U tablici 7 su prikazani podaci koji se koriste kao ulaz za proračun.

**Tablica 7. Ulazni podaci**

Radni tlak $p_R$ [Pa]	$(4,9 - 8) \cdot 10^5$
Najveća dopuštena duljina čavala $l_\varepsilon$ [mm]	80
Najveći promjer čavla $d_\varepsilon$ [mm]	3,8
Tvrdoća materijala (drvo) $H$ [N/mm <sup>2</sup> ]	115
Najveća dopuštena masa pištolja $m_p$ [kg]	4

Za tvrdoću materijala je izabrana najveća vrijednost iz tablice 1 (za jasen) kako bi se osigurala dovoljna snaga pištolja za zabijanje u tvrda drva.

## 8. Konstrukcijska razrada

U ovom dijelu rada razrađuje se odabrani koncept, detaljnije se opisuje svaka funkcija i provodi se proračun određenih komponenti.

### 8.1. Mehanizam za zabijanje čavla

Mehanizam za zabijanje sastoji se od cilindra s klipom, udarne igle te popratnih dijelova. Kako bi se odredile dimenzije i proračunali dijelovi mehanizma potrebno je prvo odrediti silu zabijanja.

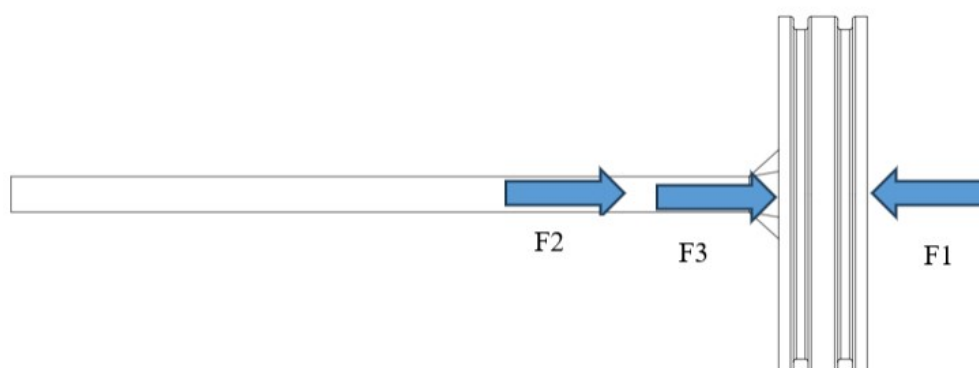
#### 8.1.1. Sila zabijanja

Sila zabijanja se određuje prema svojstvima drva i dimenzijama čavala. Za proračun se uzima čavao duljine 80 mm i promjera 3,8 mm. Prema poznatim podacima iz literature te iskustvu uzima se sila zabijanja 1600 N.

Rad koji se obavi zabijanjem čavla iznosi:

$$W = F_3 \cdot l_{\check{c}} = 1600 \cdot 0,08 = 128 \text{ J} \quad (1)$$

Pri čemu je  $l$  najveća korištena duljina čavla. Kako bi cilindar mogao ostvariti navedenu silu, na njega djeluje sila koja je rezultat razlike tlakova ispred i iza njega kao na slici 35.



Slika 35. Djelovanje tlaka na klip

Na klip kojim se vrši zabijanje čavla djeluju sile kao što je prikazano na slici 35. Pogonska sila  $F_1$  nastaje od djelovanja zraka pod tlakom  $p_1$  (za proračun se uzima da je jednak radnom tlaku) na površinu  $A_1$ , sila  $F_2$  od djelovanja zraka ispred klipa  $p_2$  na površinu  $A_2$ , a sila

$F_3$  je sila zabijanja (zanemaruje se trenje). Zbog svojstava zraka kao fluida promatra se stacionarno stanje jer tlak jako varira pri utjecanju/istjecanju iz cilindra.

Suma sila može se prikazati sljedećom jednačinom:

$$F_1 = F_2 + F_3 \quad (2)$$

Površina iza klipa računa se prema:

$$A_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \quad (3)$$

Površina ispred klipa na koji djeluje tlak je kružni vijenac, a površina se računa prema sljedećoj formuli:

$$A_2 = \frac{(d_1^2 - d_2^2) \cdot \pi}{4} \quad (4)$$

U prethodnim formulama  $d_1$  predstavlja promjer klipa, a  $d_2$  promjer udarne igle. Uvrštavanjem jednačini (3) i (4) u jednačinu (2) i raspisivanjem može se izraziti promjer klipa:

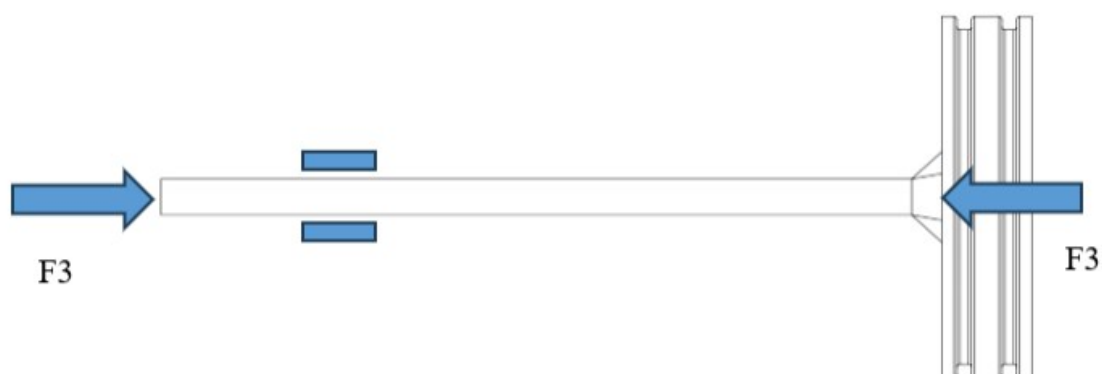
$$d_1' = \sqrt{\left(\frac{F_3 \cdot 4}{\pi} - p_2 \cdot d_2^2\right) \cdot \frac{1}{p_1 - p_2}} \quad (5)$$

$$d_1' = \sqrt{\left(\frac{1600 \cdot 4}{\pi} - 10^5 \cdot 0,015^2\right) \cdot \frac{1}{(8 - 1) \cdot 10^5}} = 0,0537 \text{ m} \quad (6)$$

Uzet će se vrijednost  $d_1 = 60$  mm za promjer glave klipa.

### 8.1.2. Igla za zabijanje

Klip pomoću udarne igle zabija čavao, pa se njoj provjerava čvrstoća i dimenzije. Igla je s jedne strane pričvršćena za glavu klipa, a s druge strane je vođena po vodilici kao što je prikazano na slici 36.

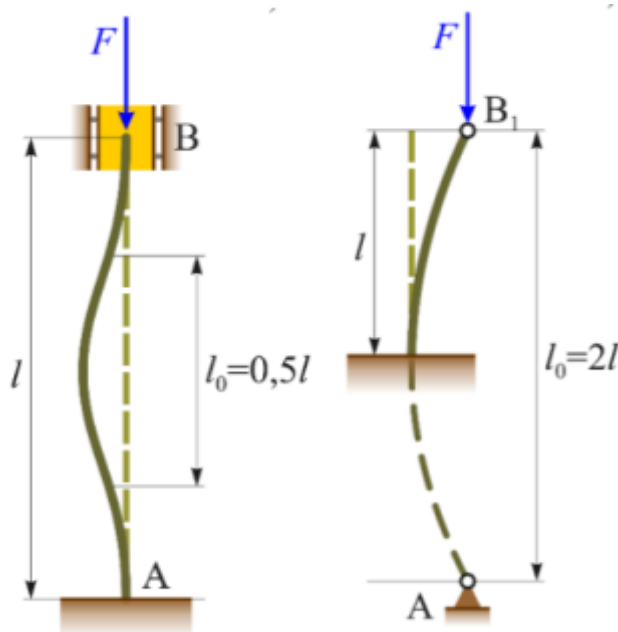


Slika 36. Opterećenje udarne igle

Igla je opterećena na tlačno naprezanje i na izvijanje. Tlačno naprezanje se računa prema:

$$\sigma_{t1} = \frac{F_3 \cdot K_A}{A_3} = \frac{1600 \cdot 1,5}{\frac{10^2 \cdot \pi}{4}} = 30,6 \text{ MPa} \quad (7)$$

$K_A$  u prethodnoj jednadžbi označava faktor udara koji za srednje jako opterećenje iznosi 1,5 [22]. Izvijanje se provjerava za dva slučaja, kad je klip u početnom (slika 37, lijevo) i krajnjem položaju (slika 37, desno).



Slika 37. Izvijanje [23]

Za slučaj kad je klip u početnom položaju vrijedi da je  $l_0 = 0,5 l$ , pa slijedi:

$$\lambda_1 = \frac{4 \cdot l_0}{d_i} = \frac{2 \cdot 130}{10} = 26 < \lambda = 105 \quad (8)$$

U jednadžbi (8)  $\lambda_1$  je faktor vitkosti u prvom slučaju,  $\lambda$  je vitkost za čelik,  $l_0$  je slobodna duljina izvijanja, a  $d_i$  je promjer udarne igle. S obzirom na to da je  $\lambda_1$  manja od  $\lambda$ , naprezanje  $\sigma_{k1}$  se računa prema Tetmajeru (neelastično):

$$\sigma_{k1} = 310 - 1,14 \cdot 26 = 280,36 \text{ MPa} \quad (9)$$

$$S_1 = \frac{\sigma_{k1} \cdot A}{F_3} = \frac{280,36 \cdot \frac{10^2 \cdot \pi}{4}}{1600} = 1,7 \quad (10)$$

Za slučaj kad je klip u krajnjem položaju:

$$\lambda_2 = \frac{2 \cdot l_0}{d_i} = \frac{2 \cdot 100}{10} = 20 < \lambda = 105 \quad (11)$$

S obzirom na to da je  $\lambda_2$  veći od  $\lambda$ , naprezanje se računa prema:

$$\sigma_{k2} = 310 - 1,14 \cdot 20 = 287,2 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$S_2 = \frac{\sigma_{k2} \cdot A}{F_3} = \frac{287,2 \cdot \frac{10^2 \cdot \pi}{4}}{1600} = 14 \quad (13)$$

Udarne igla zadovoljava na izvijanje. Za materijal se odabire elastičniji čelik kako ne bi došlo do pucanja pri udaru.

### 8.1.3. Cilindar

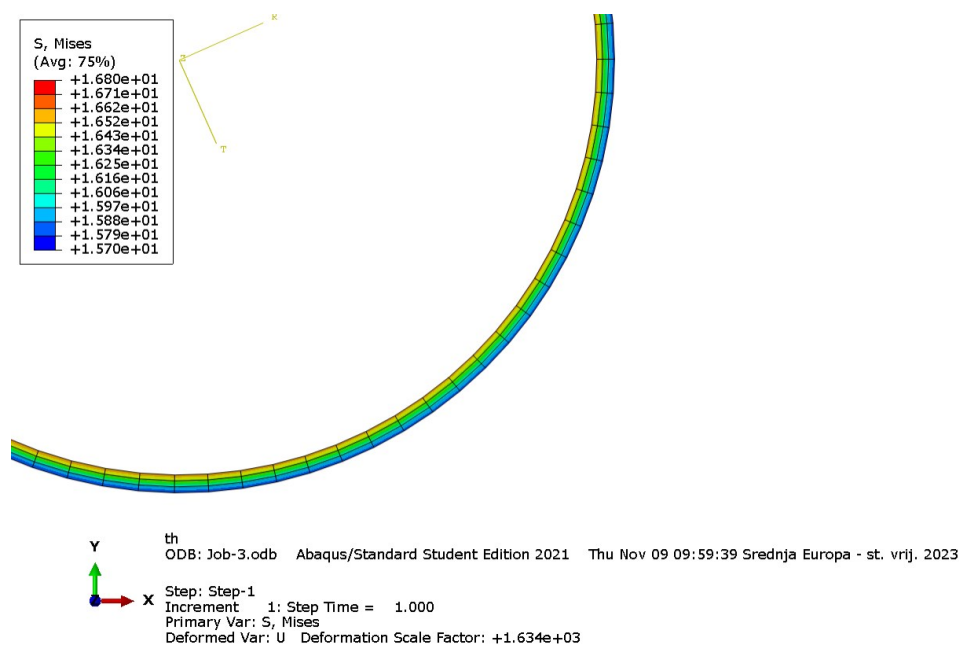
Cilindar se izrađuje lijevanjem te dodatnom obradom na tolerirane mjere. Cilindar je opterećen s unutarnje strane uslijed djelovanja zraka pod tlakom. Opterećenje je promjenjivo ovisno o položaju klipa, najmanje je kad je klip u početnom položaju, a najviše kad je klip u krajnjem položaju. Realno opterećenje je manje zbog tlaka izvan cilindra, ali se proračun

provodi na strani sigurnosti. Proračun debljine cijevi pod tlakom prema DIN 2413 za pretežno promjenjivo opterećenje (dinamičko) može se iskazati pomoću jednadžbe:

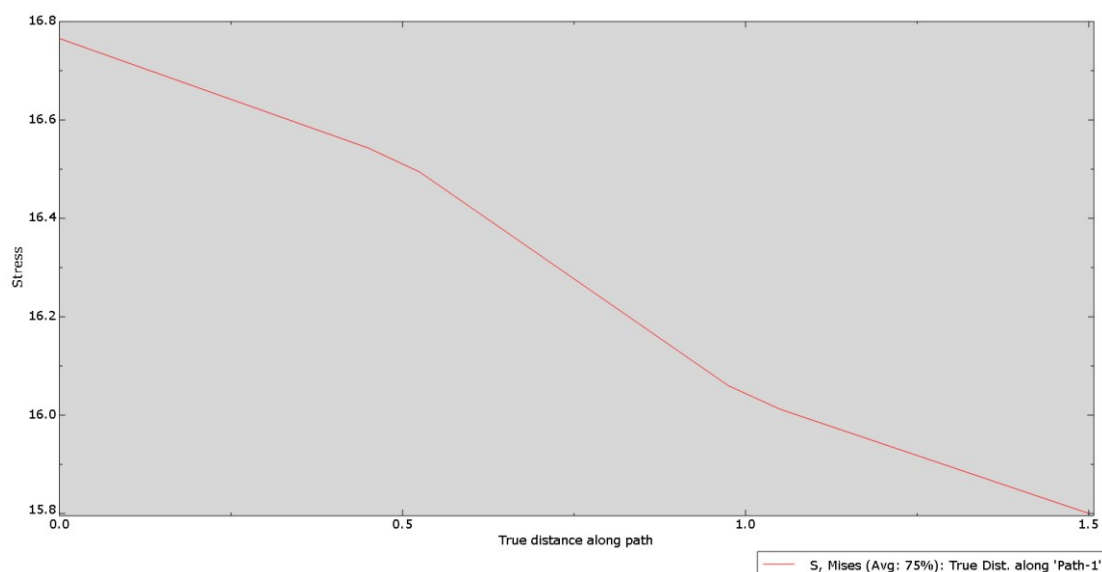
$$s = \frac{d_v \cdot (p_{max} - p_{min})}{2 \cdot v \cdot \frac{K}{S} + (p_{max} - p_{min})} + c_1 + c_2 \quad (14)$$

$$s = \frac{63 \cdot (0,8 - 0,1)}{2 \cdot 1 \cdot \frac{89,7}{2,5} + (0,8 - 0,1)} + 0,2 + 0,1 = 0,91 \text{ mm} \quad (15)$$

U jednadžbama (14) i (15)  $s$  predstavlja minimalnu debljinu stijenke cijevi,  $d_v$  vanjski promjer cijevi,  $p_{max}$  maksimalan radni tlak,  $p_{min}$  minimalan tlak,  $v$  je faktor slabljenja zavara,  $K$  je karakteristična vrijednost čvrstoće materijala (za EN-AW 6063-T1, [24]),  $S$  je faktor sigurnosti,  $c_1$  je dodatak zbog dopuštenih razlika u debljini stijenke (prema tablici 14.4, [25]), a  $c_2$  dodatak zbog trošenja i korozije. Provjera naprezanja i deformacija provodi se FEM analizom (metodom konačnih elemenata) u alatu Abaqus.



Slika 38. Raspored naprezanja po promjeru cilindra



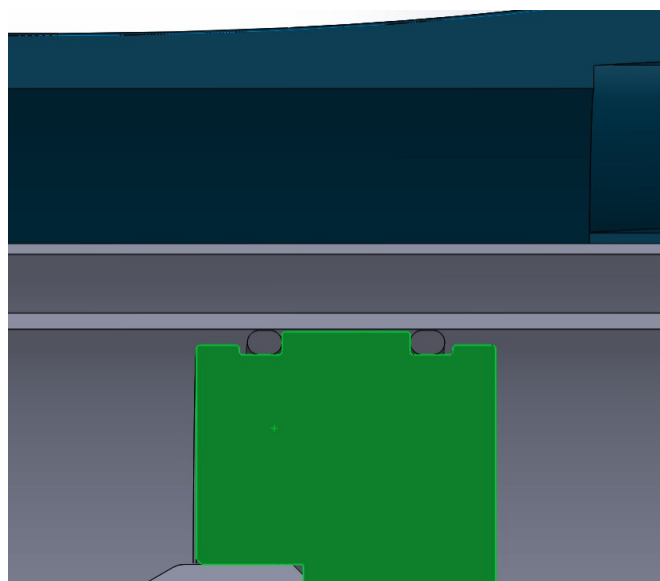
**Slika 39. Dijagram naprezanja**

Koristi se opcija 2D analize u kojoj je stavljen radni tlak koji djeluje po unutarnjoj stjenki cijevi. Za analizu se koristi konačni element „Plane Stress“ CPS4R. Može se uočiti kako su naprezanja najveća na unutarnjoj stjenki cilindra, a s većim radijusom pada.

Dobivena je minimalna debljina cijevi od 0,91 mm, uzet će se standardna precizna čelična cijev vanjskog promjera 63 mm i debljine 1,5 mm i obraditi unutarnji promjer na tražene tolerancije.

#### 8.1.4. Brtvljenje

Brtvljenje između klipa i cilindra izvodi brtvom koja sprječava prijelaz zraka na drugu stranu. Brtvljenje je u pneumatici bitno jer omogućuje pravilan rad cilindra, stoga se u ovom dijelu određuju potrebne dimenzije i odabire ispravna brtva. Na izbor brtve utječe nekoliko faktora kao što je vrsta primjene, brzina klipa, tlakovi koji se koriste, okoliš (prašina, temperatura, vlaga...) i sl. Nije preporučljivo koristiti brtve za hidrauliku jer one postižu jaču radijalnu silu (zbog većih tlakova) pa bi podmazivanje bilo teško što bi dovelo do oštećivanja dijelova. Za brtvljenje spoja klipa s cilindrom koriste se razne brtve, od jednostavnijih O-brtva do onih profilnih s složenijim oblikom. Za brtvljenje je odabrana O-brtva koja omogućuje brtvljenje s obje strane. S obzirom na to da je cilindar dvoradni, potrebne su dvije brtve kao što je prikazano na slici 38.



**Slika 40. Brtvljenje klipa**

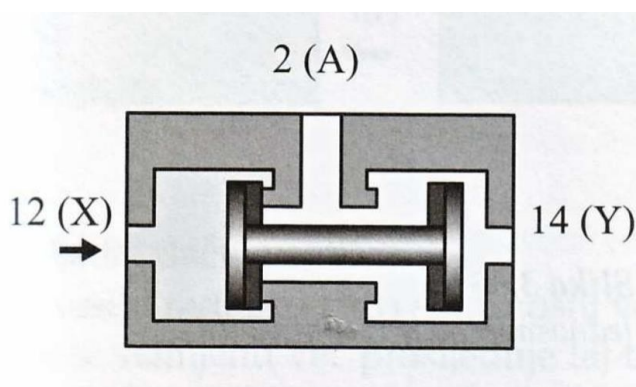
Brtva s desne strane (prema slici 38) omogućuje brtvljenje kad zrak pod tlakom ulazi u cilindar i klip izvodi zabijanje, a kad se klip vraća u početni položaj brtvljenje omogućuje brtva s lijeve strane. Za omogućavanje dodirnog pritiska i kad nema tlaka brtva ima malo veće vanjske dimenzije od unutarnjeg promjera cilindra (5%).

Za brtvljenje na izlazima, koje sprječava izlazak zraka kad se klip kreće u krajnje položaje, koriste se također O-brtve.

### **8.1.5. Mehanizam okidanja**

Kako bi se klip pokrenuo i izveo zabijanje čavla okidač se mora stisnuti i nos pištolja mora biti prislonjen na komad drva koje se zabija što je sigurnosna funkcija kojom se sprječava nenamjerno ispaljivanje čavla. Stiskanjem okidača pomiče se ventil koji zatvara dotok zraka pod tlakom do stražnje strane glavnog ventila. Na slici 41 je prikazana skica ventila koji se pomiče pomakom okidača.





Slika 41. Skica I ventila [26]

Ventil u početnom položaju drži tlak pod zrakom i opruga. Sila potrebna za pomicanje ventila računa se prema:

$$F_{vent1} = F_{op1} + F_{p1} = c_1 \cdot f_1 + \frac{d_{vent}^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_R = 0,5 \cdot 8 + \frac{4^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0,8 = 14,05 \text{ N} \quad (16)$$

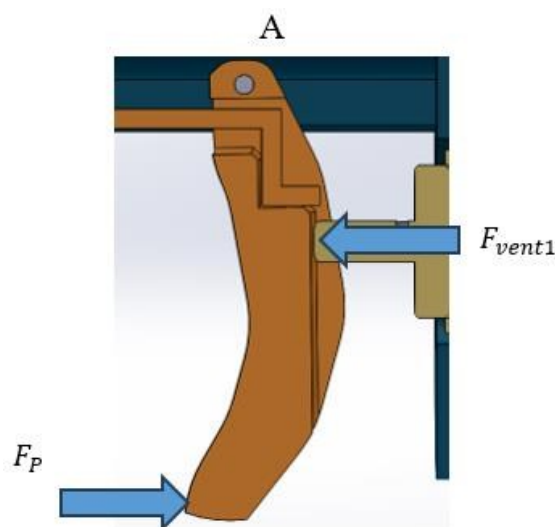
U prethodnoj jednadžbi  $F_{vent}$  predstavlja silu na okidaču za zatvaranje ventila,  $F_{op1}$  silu u opruzi,  $F_{p1}$  silu uslijed djelovanja tlaka na površinu ventila,  $c_1$  specifična sila opruge (za nehrđajući čelik),  $f_1$  progib opruge, a  $d_{vent}$  promjer klipa ventila.

Okidač je dio pištolja koji djeluje kao poluga, na jednom kraju ima oslonac oko kojeg se okreće, a na drugom kraju vrši silu na ventil kao što je prikazano na slici 42. Potrebna sila za okidanje  $F_P$  dobiva se iz jednadžbe sume momenata oko oslonca A:

$$\Sigma M_A = 0; \quad F_P \cdot l_1 - F_{vent} \cdot l_2 = 0 \quad (17)$$

$$F_P = \frac{F_{vent1} \cdot l_2}{l_1} = \frac{14,05 \cdot 15}{20} = 10,54 \text{ N} \quad (18)$$

U prethodnim jednadžbama (14) i (15)  $\Sigma M_A$  predstavlja sumu momenata oko oslonca A,  $F_{ent1}$  je sila koja je potrebna za pomicanje ventila,  $F$  je sila koju prst mora prenijeti na okidač, a  $l_1$  i  $l_2$  su udaljenosti mjesta djelovanja sila od oslonca A. Prema [27] maksimalna silu koju ženska osoba može postići pomicanjem kažiprsta kreće se u rasponu  $59,5 \pm 21,4 \text{ N}$ , što zadovoljava proračunatu silu.



Slika 42. Okidač

Okidač se okreće oko svornjaka i prenosi reakcijsku silu na kućište pištolja. Navedena sila  $F_s$  dobiva se iz sume sila:

$$\Sigma F_y = 0; \quad F_s = F_{vent1} - F_P = 14,05 - 10,54 = 3,51 \text{ N} \quad (19)$$

Za odabrani promjer svornjaka od 1,5 mm provjerava se dodirni tlak:

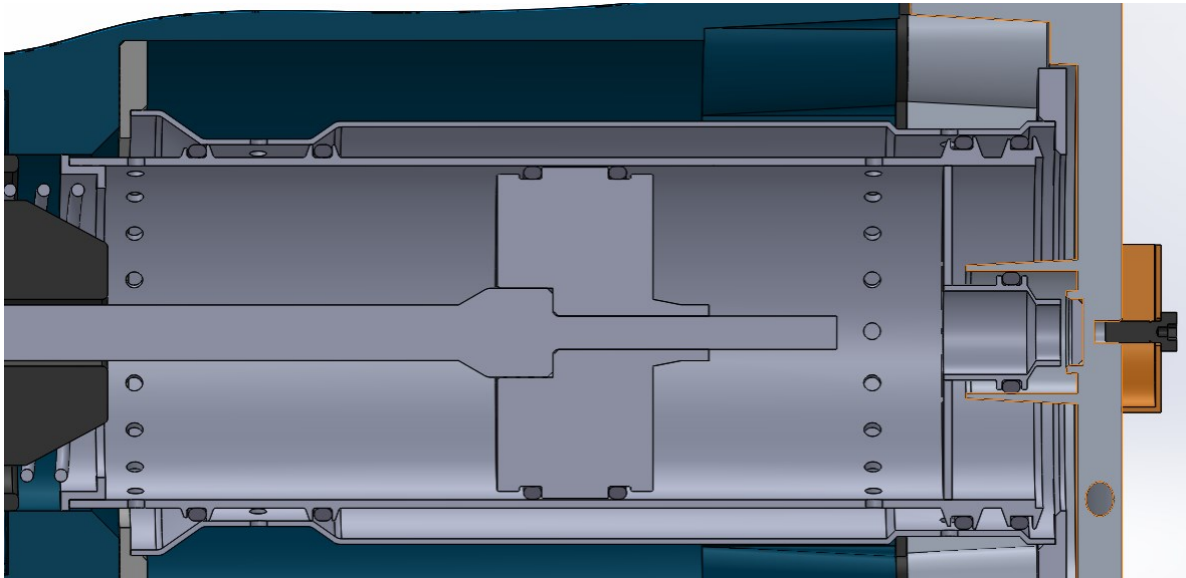
$$p_v = \frac{F_s}{2 \cdot a \cdot d_s} = \frac{3,51}{2 \cdot 1 \cdot 1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (20)$$

Svornjak zadovoljava dopuštena naprežanja prema [25].

### 8.1.6. Glavni ventil

Postoje različite izvedbe pneumatskih pištolja s obzirom na način rada, što se najprije odnosi na brzinu rada i sigurnost pri radu, a također i na kompliciranost dijelova i cijenu uređaja. Za razradu ovog uređaja izabrano je da je za zabijanje čavla potrebno stisnuti okidač i nos pištolja na drvo. Sigurnosni mehanizam onemogućava stiskanje okidača. Na ovaj način postiže se sigurnost pri radu. Prema istraživanju [28] u svijetu se dogodi godišnje oko 40000 ozljeda radnika uzrokovanih uporabom pištolja za čavle, stoga je sigurnost jedan od prioriteta za

razradu. Kako bi navedene mogućnosti bile dostupne glavni ventil je zapravo sklop cilindra i cijeli sklop je pomičan u aksijalnom smjeru naspram kućišta kao što je prikazano na slici 43.



Slika 43. Glavni ventil

Kad je klip u početnom položaju, na glavni ventil (unutarnji cilindar) djeluje tlak s obje strane i drži ga u početnom položaju. S prednje strane ventila nalazi se opruga koja osigurava da se ventil pomakne u krajnji položaj kad se okidač stisne. Pritiskom okidača zatvara se pristup zraka pod tlakom (kroz dovod) do stražnje strane glavnog ventila, a opruga ga s prednje strane gura nazad. Sila  $F_{vent2}$  kojom zrak gura ventil (s cilindrom) iznosi:

$$F_{vent1} = \frac{(d_{1vent2}^2 - d_{2vent2}^2) * \pi}{4} \cdot p_R \quad (21)$$

$$F_{vent1} = \frac{(60^2 - 30) * \pi}{4} \cdot 0,8 = 2827 \text{ N} \quad (22)$$

U prethodnoj jednadžbi  $d_{1vent2}$  je vanjski promjer ventila na koji djeluje tlak, a  $d_{2vent2}$  je unutarnji promjer ventila na koji djeluje tlak. Sila u opruzi koja vraća ventil u početni položaj iznosi:

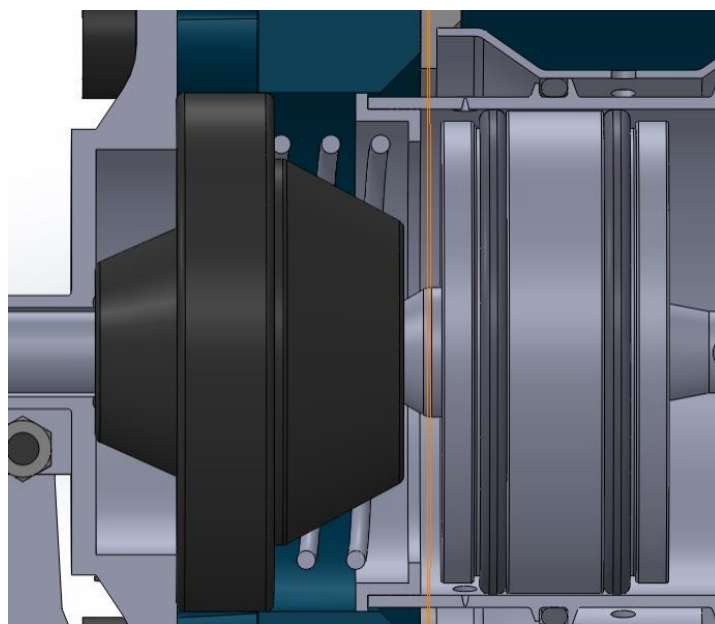
$$F_{op2} = c_2 \cdot f_2 = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N} \quad (23)$$

Sila  $F_{vent1}$  je dovoljna da se savladaju otpori koji nastaju uslijed trenja i sila u opruzi. Kad okidač nije stisnut, tlak se nalazi s stražnje strane cilindra i drži ga u početnom položaju, a oprugu s prednje strane stisnutom.

Nakon što se pritiskom okidača glavni ventil (cilindar) pomakne nazad, omogućava se protok zraka kroz rupe na cilindru do stražnje strane klipa što ga gura naprijed. Pomicanjem cilindra nazad zatvaraju se rupe na prednjoj strani vanjskog cilindra i nije moguć ulazak zraka s prednje strane klipa, a otvara se izlaz zraka kroz koji klip istiskuje zrak u cilindru van. Nakon zabijanja, okidač se otpušta i tlak se vraća s stražnje strane cilindra i gura ga u početni položaj. Nakon povratka u početni položaj otvaraju se rupice s prednje strane cilindra i omogućen je ulazak zraka s prednje strane klipa koji ga vraća u početni položaj.

### 8.1.7. Ublaživači udarca

Klip se ulaskom zraka pod tlakom kreće gibati i zabija čavao. Kako bi se smanjile vibracije na kraju cilindra nalazi se elastični ublaživač u koji se klip zabije i prenese višak kinetičke energije koji nije iskoristio za zabijanje čavla.



Slika 44. Ublaživač udarca

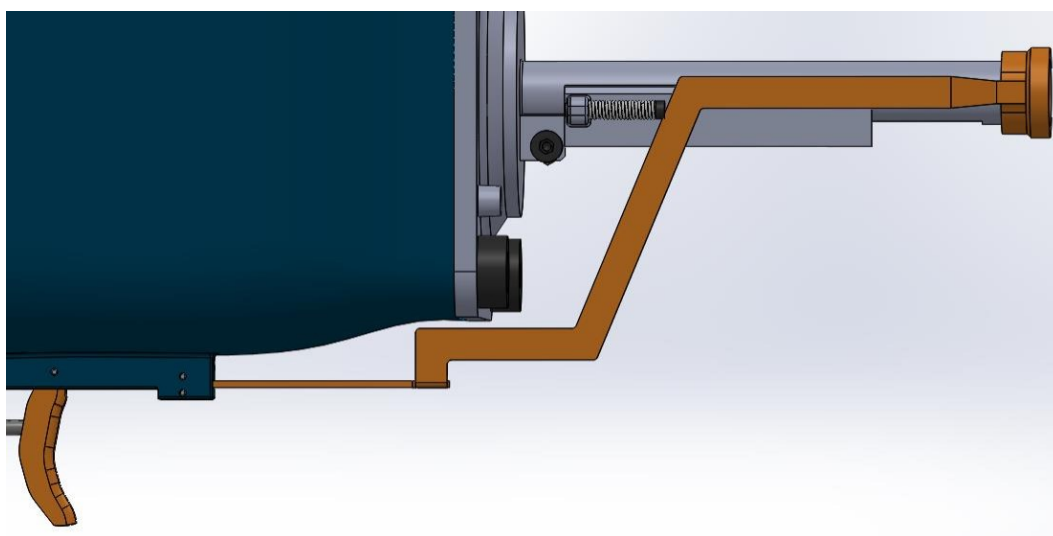
## 8.2. Sigurnosni mehanizam

Uzrok čestih nesreća pri korištenju pištolja za čavle je neoprezan rad i ispaljivanje čavala iz pištolja kad pištolj nije u kontaktu s drvom. Nerijetko se događa da pištolji koji imaju mogućnost kontinuiranog zabijanja čavala (radnik drži okidač cijelo vrijeme stisnut, a pritiskom nosa pištolja vrši zabijanje) izazivaju nesreću zbog manjka pažnje i krivog kuta zabijanja u

kojem se čavao odbija od drva. Zabijanje čavala može biti opasna radnja zbog velike snage izbacivanja čavla koje pneumatski alat omogućuje.

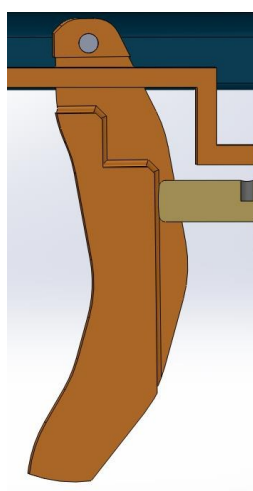
Kako je prethodno navedeno, za pokretanje klipa i zabijanje potrebno je izvesti dvije radnje, stiskanje okidača i pritisak nosa pištolja na drvo. Pritiskom nosa pištolja na drvo pomiče se sigurnosni mehanizam. Navedeni mehanizam u svojem početnom položaju onemogućava stiskanje okidača.

Sigurnosni mehanizam sastoji se od glave koja dolazi u dodir s drvom, pomične poluge, opruge, klina i popratnih dijelova kao što je prikazano na slici 45.



**Slika 45. Sigurnosni mehanizam**

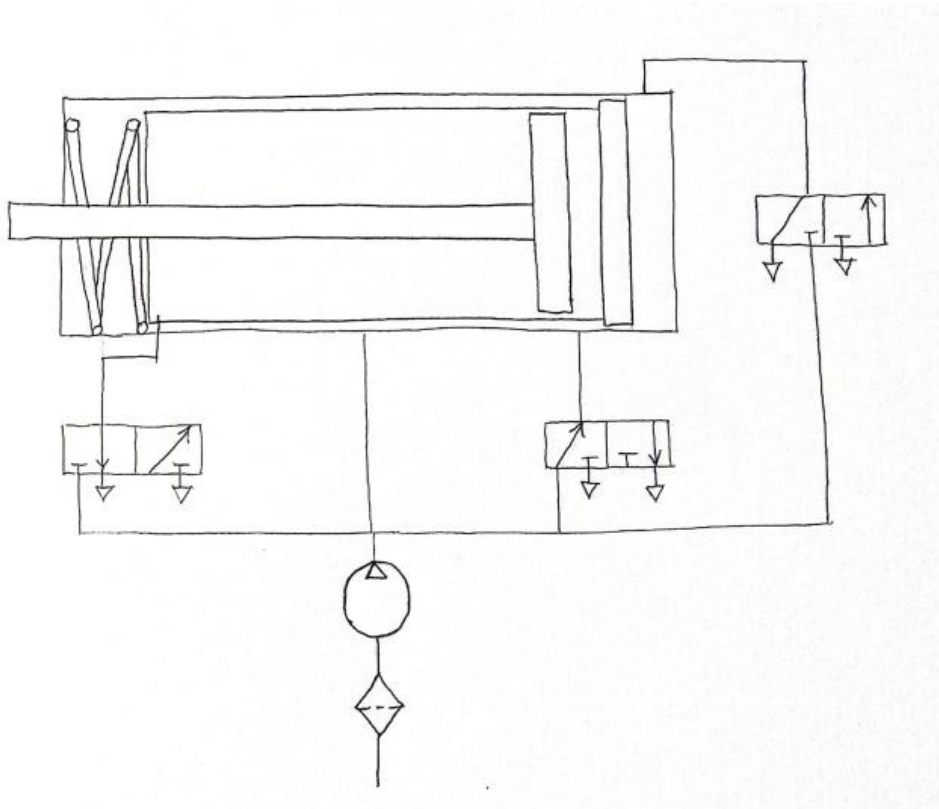
Pritiskom glave mehanizma o drvo poluga se pomiče (slika 46) i oslobađa se okidač. Kad mehanizam nije pritisnut na drvo okidač je zakočen kao na slici 42. Opruga služi za povratak mehanizma u početni položaj.



**Slika 46. Poluga sigurnosnog mehanizma**

### 8.3. Protok zraka

Pneumatski pištolj predstavlja pneumatski sustav koji sadrži izvor tlaka (kompresor), ventile, cilindar, izlaze zraka u atmosferu i cijevi za dovod zraka. Pneumatska shema pištolja prikazana je na slici 47.



Slika 47. Shema pneumatskog sustava

Klip u jednom zabijanju napravi puni hod dva puta, jedan u zabijanju i jedan u vraćanju u početni položaj. U svakom hodu se sav zrak u cilindru istisne u atmosferu. Također se u jednom ciklusu zabijanja stiskanjem okidača zrak koji se nalazi iza cilindra ispušta u atmosferu. U nastavku se provodi procjena količine zraka potrošene u jednom ciklusu.

Protok zraka se definira u l/min i to za određeni tlak. Prvo se izračuna volumen zraka pod radnim tlakom u jednom ciklusu  $V_{CR}$  prema:

$$V_{CR} = 2 \cdot V_c = 2 \cdot \frac{d_{cu}^2 \cdot \pi}{4} \cdot l'_c = 2 \cdot \frac{60^2 \cdot \pi}{4} \cdot 130 = 735132 \text{ mm}^3 \quad (27)$$

Kad se volumen preračuna u litre dobije se vrijednost 0,735 l. U prethodnoj jednadžbi  $V_c$  predstavlja volumen zraka u cilindru,  $d_{cu}$  je unutarnji promjer cilindra, a  $l'_c$  je duljina dijela

cilindra u kojem se nalazi zrak. Volumen zraka pri atmosferskom tlaku u jednom ciklusu računa se prema jednadžbi stanja idealnog plina koja glasi:

$$p \cdot V = nRT \quad (28)$$

U prikazanoj jednadžbi  $p$  je tlak plina,  $V$  je volumen plina,  $n$  je broj molova plina,  $R$  je univerzalna plinska konstanta, a  $T$  je temperatura plina. Za izračun količine volumena u normalnim atmosferskim uvjetima ( $T = 20^\circ$ ,  $p = 101325$  Pa) uzima se da je desna strana jednadžbe konstantna (ista količina zraka) pa slijedi:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad (29)$$

$$V_{cA} = \frac{p_R \cdot V_{cR}}{p_A} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 735132}{101325} = 5804150 \text{ mm}^3 \quad (29)$$

Preračunavanjem se dobiva da je to 5,8 l zraka. Također, u jednom ciklusu se koristi zrak za vraćanje cilindra u početni položaj, koji se stiskanjem okidača ispušta u atmosferu. U ovom slučaju se ne istiskuje sav volumen zraka, već tlak pada na razinu atmosferskog. Stoga se volumen pri radnom tlaku može izračunati pomoću:

$$V_{OR} = \frac{d_{c1}^2 \cdot \pi}{4} \cdot l_3 + \frac{d_{cv}^2 \cdot \pi}{4} \cdot l_4 \quad (30)$$

$$V_{OR} = \frac{10^2 \cdot \pi}{4} \cdot 50 + \frac{70^2 \cdot \pi}{4} \cdot 5 = 23169 \text{ mm}^3 \quad (31)$$

Pri atmosferskom tlaku:

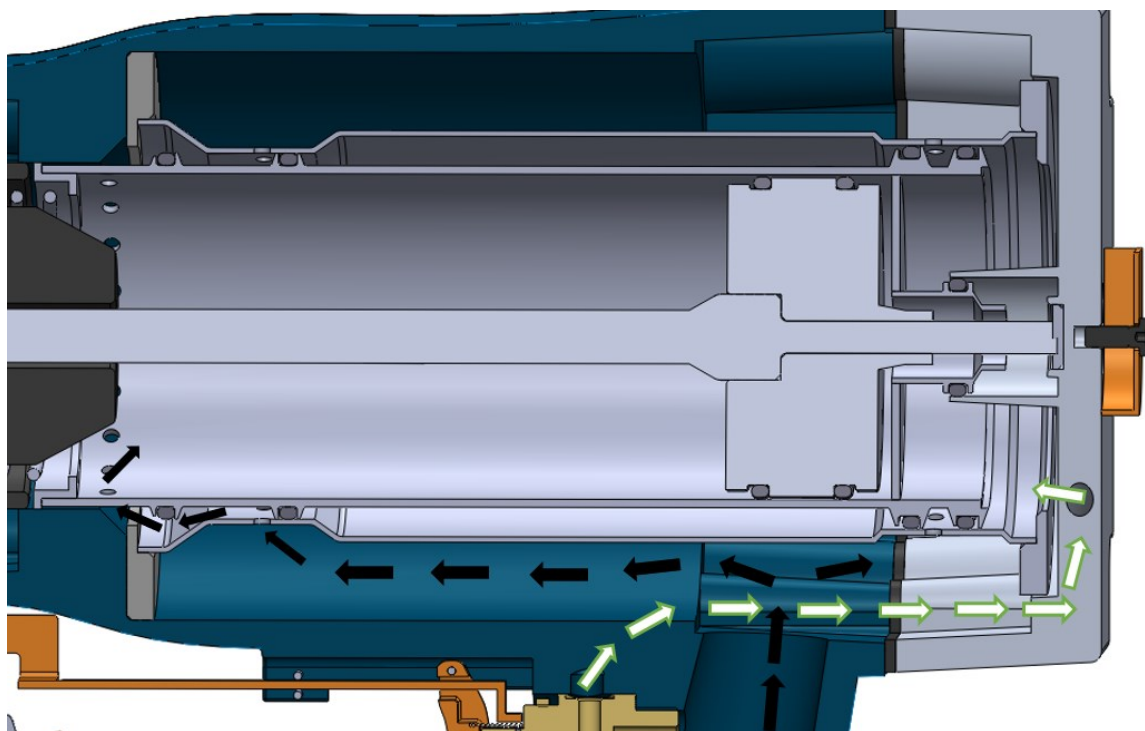
$$V_{OA} = \frac{p_R \cdot V_{OR}}{p_A} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 23169}{101325} = 182928 \text{ mm}^3 \quad (32)$$

Volumen preračunat u litre iznosi 0,18 l. Dakle, ukupan volumen za jedan ciklus jednak je zbroju ova dva volumena:

$$V_{uk} = V_{cA} + V_{OA} = 5804150 + 182928 = 5987078 \text{ mm}^3 \quad (33)$$

Može se uzeti da je u normalnim atmosferskim uvjetima za jedan ciklus potrebno 6 l zraka.

Na slikama 48., 49. i 50. slikovito je prikazan rad pneumatskog dijela pištolja. Na slikama bijele strelice prikazuju zrak pod tlakom koji prolazi kroz okidač i kanalić do stražnje strane pomičnog cilindra, navedeni zrak koristi samo za omogućavanje signala (ne pomaže pri zabijanju). Crne strelice prikazuju zrak koji dolazi kroz glavni dovod i raspoređuje se po kućištu te prolazi kroz otvore na cilindru i pokreće klip. Plave strelice prikazuju zrak u cilindru koji se ispuhuje van prilikom gibanja klipa. Slika 48 prikazuje početno stanje kad okidač nije stisnut i klip se nalazi u početnom položaju. Zrak pod tlakom prolazi kroz ventil do stražnje pokretnog cilindra i drži ga stisnuto u početnom položaju (bijeले strelice, slika 48)). Opruga koja pomiče cilindar je u početnom stanju stisnuta. Zrak koji se nalazi u kućištu ulazi kroz otvore na vanjskom cilindru i na unutarnjem cilindru do prednje strane klipa i drži ga u početnom položaju (crne strelice, slika 48). Na taj način se prilikom nekorištenja uređaja klip ne miče neovisno o orijentaciji pištolja.

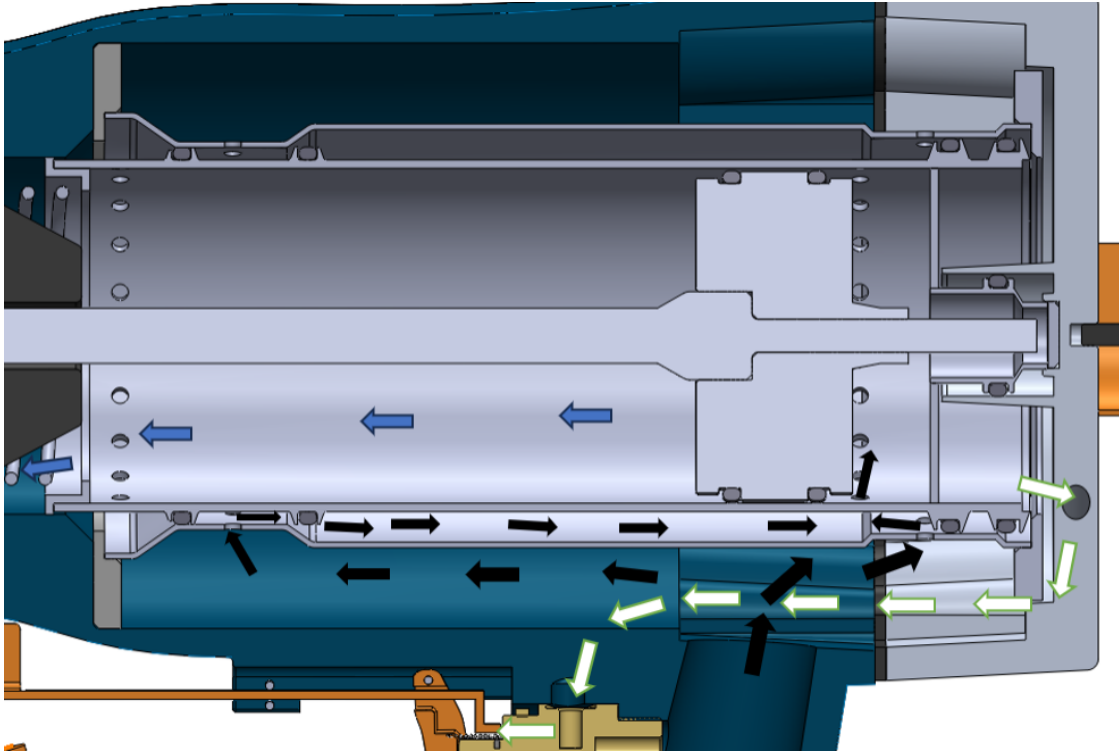


Slika 48. Stanje 1

Slika 49 prikazuje stanje kad se stisne okidač kako bi se izvelo zabijanje. Stiskanjem okidača pomiče se ventil i otvara se izlaz zraka iz komore iza pomičnog cilindra u atmosferu (bijeले strelice, slika 49)). Nakon pada tlaka s stražnje strane cilindra opruga pomiče cilindar u krajnji položaj (u desno, slika 49) pri čemu se oslobađaju otvori na cilindrima. Kroz otvore ulazi zrak iz kućišta do stražnje strane klipa i gura ga naprijed (crne strelice, slika 49). Klip svojim

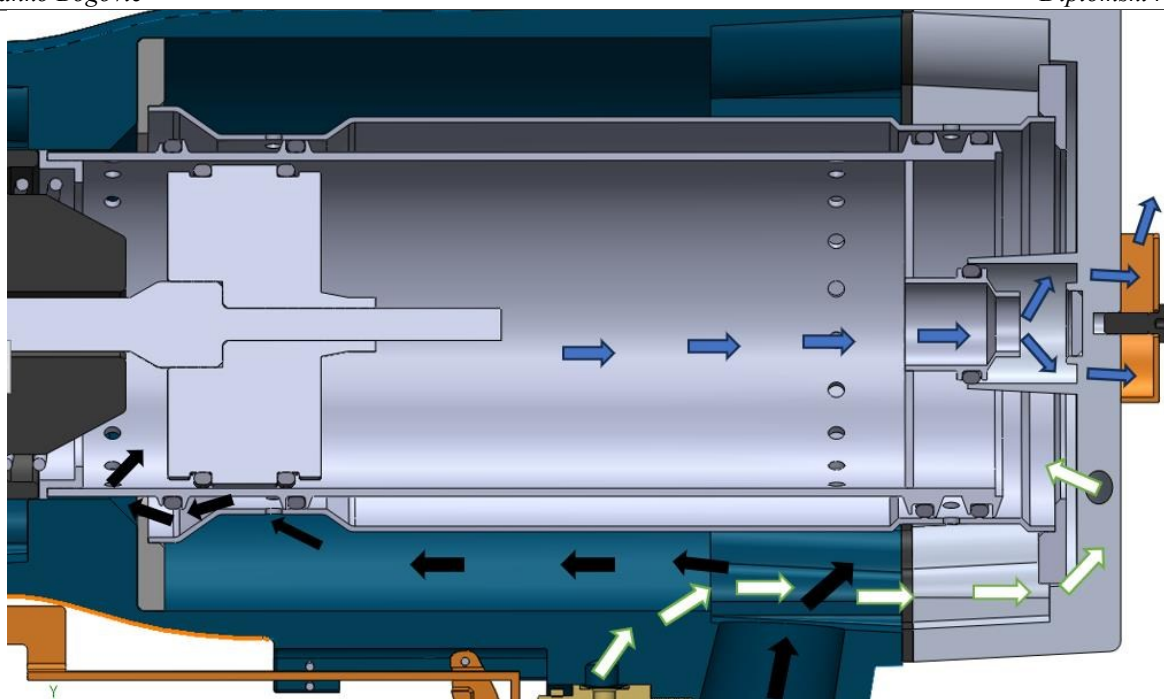


gibanjem istiskuje zrak ispred sebe kroz otvore u atmosferu ( plave strelice, slika 49). Navedeni zrak se koristi za čišćenje površine prilikom zabijanja.



Slika 49. Stanje 2

Držanjem okidača klip ostaje u krajnjem položaju. Nakon što se otpusti okidač kreće vraćanje klipa u početni položaj kao što je prikazano na slici 50. Ventil se u tom trenu pomiče u početni položaj i propušta zrak iza cilindra koji gura cilindar u početni položaj. Pomicanjem cilindra ponovo se oslobađaju otvori koji omogućuju dovod zraka ispred klipa. Klip gura zrak iz cilindra prilikom vraćanja i istiskuje ga u atmosferu kroz otvor s stražnje strane pištolja.



Slika 50. Stanje 3

#### 8.4. Kućište

Kućište služi kao spremnik zraka te nosiva konstrukcija za komponente koje se nalaze u njemu. Kućište je lijevano od dva dijela i spojeno vijcima. Minimalna debljina stijenke računa se prema:

$$s = \frac{d_k \cdot (p_{max} - p_{min})}{2 \cdot v \cdot \frac{K}{S} + (p_{max} - p_{min})} + c_1 + c_2 \quad (34)$$

$$s = \frac{130 \cdot (0,8 - 0,1)}{2 \cdot 1 \cdot \frac{100}{2,5} + (0,8 - 0,1)} + 0,3 + 0,1 = 1,54 \text{ mm} \quad (35)$$

Izabrana je minimalna debljina stijenke od 2 mm, koja na određenim mjestima iznosi više zbog oblikovanja konstrukcije. Vijci prenose silu koja nastaje uslijed djelovanja zraka pod tlakom na površinu kućišta i silu opruge koja napinje glavni ventil. Ukupna silu koju vijci prenose:

$$F_{uk} = F_{p2} + F_{op2} \quad (36)$$

$$F_{uk} = p_2 \cdot A_2 + F_{op2} = (0,8 - 0,1) \cdot \frac{110^2 \cdot \pi}{4} + 25 = 6677,3 \text{ N} \quad (37)$$

Provjera vijčane veze s 4 vijka M10 ravnomjerno raspoređena po obodu:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{640}{2,5} = 256 \text{ MPa} \quad (38)$$

$$\sigma_{vij} = \frac{F_{vij}}{A_j} = \frac{1669,3}{52,3} = 31,9 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} \quad (39)$$

U prethodnim jednadžbama  $\sigma_{dop}$  predstavlja dopušteno naprezanje,  $R_e$  granicu tečenja za materijal vijka ([24], 8.8),  $S$  je faktor sigurnosti,  $\sigma_{vij}$  je vlačno naprezanje u jednom vijku,  $F_{ij}$  je sila koju jedan vijak prenosi (četvrtina ukupne sile koju vijci prenose) i  $A_j$  je površina poprečnog presjeka jezgre vijka. Vijci zadovoljavaju za traženo opterećenje.

## 8.5. Izbor kompresora

Kompresor tlačí zrak i sprema ga u svojem spremniku. Kako bi rad s pištoljem bio efikasan, potrebno je izabrati prikladan kompresor, dovoljne snage i kapaciteta, ali treba paziti i na masu i mogućnost lakog premještanja s jedne pozicije rada na drugu. Pretpostavka je da korisnik s pištoljem u jednoj minuti izvede maksimalno 30 ciklusa zabijanja čavla što bi zahtijevalo 180 litara zraka u atmosferskim uvjetima. Stoga, kompresor mora zadovoljiti usis od minimalno 180 l/min. Također, kompresor mora zadovoljiti radni tlak od 8 bara. U nastavku je prikazan jedan kompresor tvrtke Metabo i njegove karakteristike, koji zadovoljava uvjete.



Slika 51. Metabo Basic 250-50WOF [29]

Technical data	
<b>Characteristics</b>	
Suction rate	220 l/min / 58 gal/h
Filling capacity	120 / 4.2
Effective delivery volume (at 80% max. pressure)	100 / 3.5
Maximum pressure	8 bar / 116 psi
Rated input power	1.5 kW / 2 HP
Maximum speed	2850 rpm
Tank capacity	50 l / 13.2 gal
Sound pressure level (LpA)	82 dB(A)
Dimensions	780 x 400 x 625 mm / 30 23/32 x 15 3/4 x 24 5/8 "
Weight	29 kg / 64 lbs
Cable length	1.5 m / 5 ft
<b>Noise emission</b>	
Sound pressure level	82 dB(A)
Sound power level (LwA)	97 dB(A)

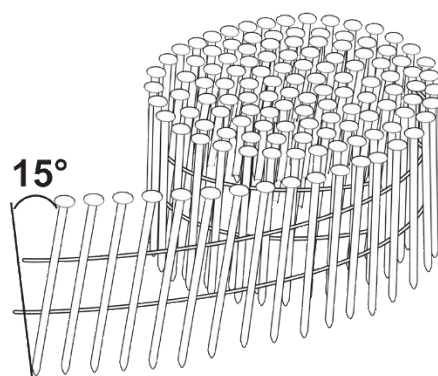
Slika 52. Karakteristike Metabo Basic 250-50WOF [29]

Za amaterske poslove, gdje se pištolj manje koristi, ili ako se zahtjeva mogućnost lakog prenošenja kompresora, može se izabrati i kompresor manjeg kapaciteta.

## 8.6. Spremnik čavala

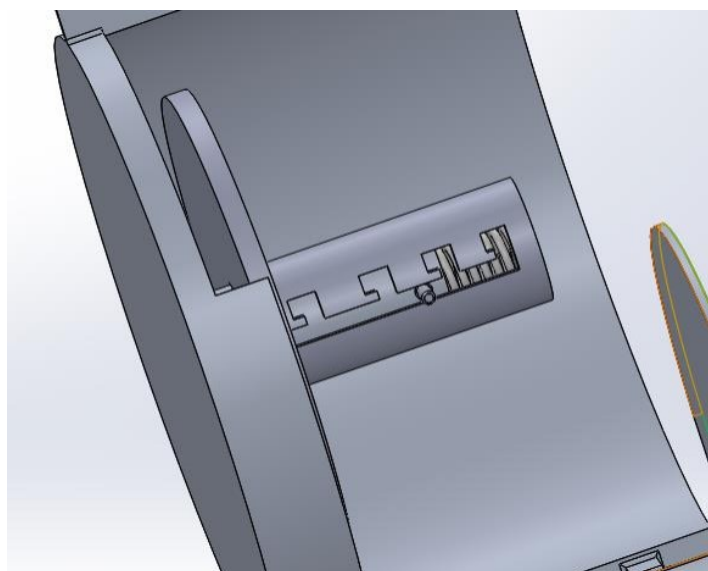
Spremnik za čavle je u obliku valjka u koji se stavi punjenje kao što je prikazano na slici 5. Takva punjenja se mogu naći na tržištu s različitim veličinama čavala koji su

međusobno povezani čeličnom ili plastičnom žicom. Pneumatski pištolj koji se promatra u ovom radu bit će napravljen sa spremnikom koji može primiti čavle sljedećih dimenzija dostupnih na tržištu: 45, 50, 60, 70 i 80 mm duljine. Pištolj se izvodi sa spremnikom pod kutom od  $15^\circ$  naspram ostatka pištolja, stoga su i sva punjenja na tržištu s čavlima spojena pod  $15^\circ$  ili  $16^\circ$  kao što je prikazano na slici 50. Takva izvedba omogućava da spremnik ne smeta kod rada. Kućište spremnika napravljeno je od dva dijela koja su povezana svornjakom, što im omogućuje zakretanje.



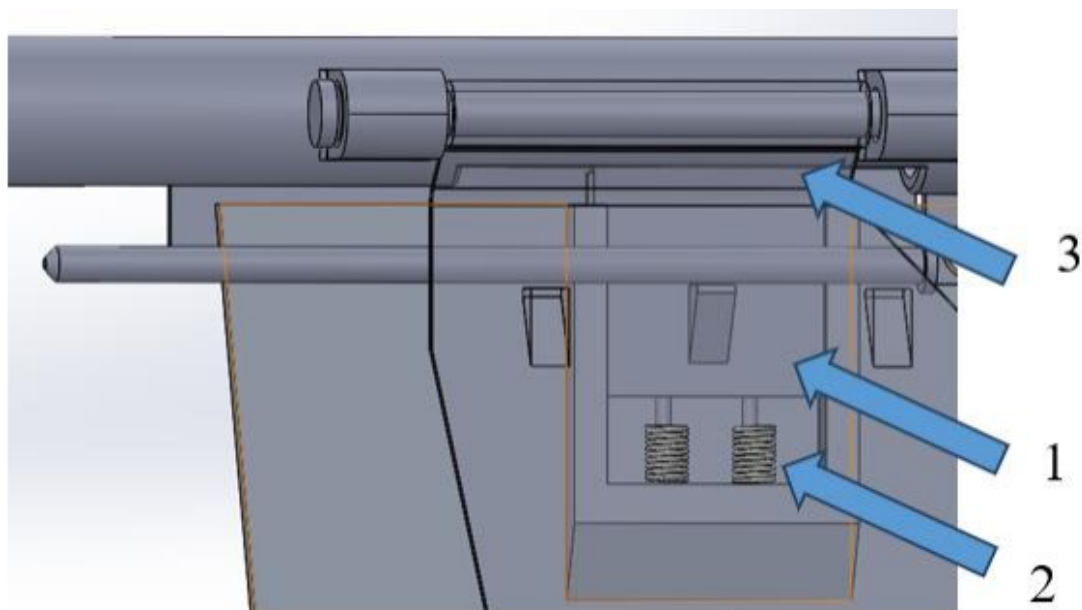
**Slika 53. Dimenzije punjenja [30]**

S obzirom na to da spremnik mora biti u mogućnosti prihvatiti 5 različitih duljina čavala dodaje se podizna ploha kojom se prilagođava prostor za čavle. Podizna ploha ima 5 razina, za svaku duljinu čavla po jednu razinu. Nakon namještanja željene razine, opruga gura podlogu i održava položaj konstantnim kako je prikazano na slici 51.

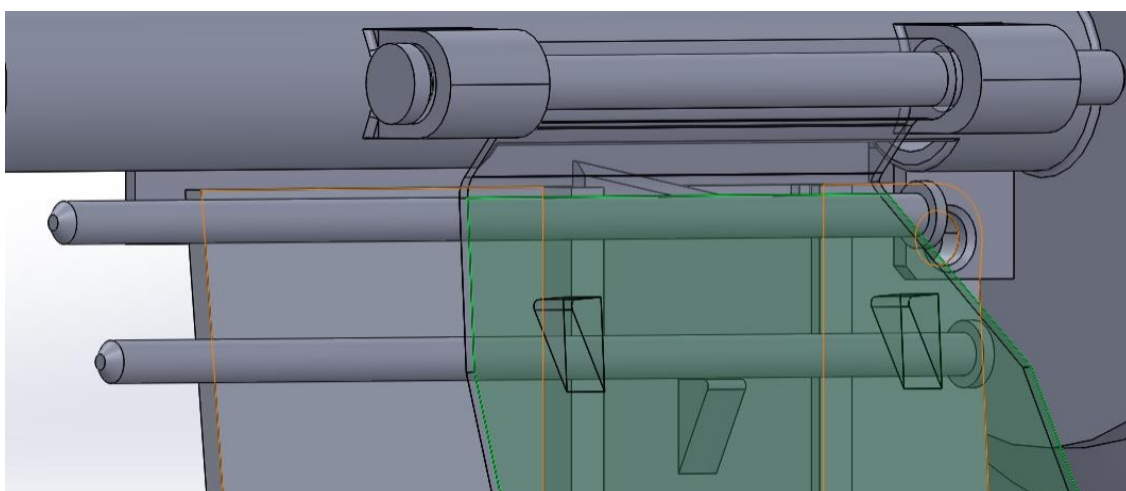


**Slika 54. Namještanje spremnika**

Mehanizam koji dovodi slijedeći čavao u položaj za zabijanje prikazan je na slikama 52 i 53. Kad igla za zabijanje prolazi kroz cijev za zabijanje pomiče klizač (1) u smjeru spremnika (dole). Klizač pomicanjem u navedenom smjeru zahvaća čavao koji se nalazi iza čavla koji ulazi u cijev (slika 53). Nakon što se izvede zabijanje, igla za zabijanje se vraća u početni položaj, a klizač se pod silom opruga (2) vraća u svoj početni položaj i povlači čavao u poziciju za zabijanje. Prilikom dobave čavala zakreće se ploča (3) (na slici je transparentna) koja onemogućava vraćanje čavla unazad prilikom pomicanja klizača (1).



Slika 55. Mehanizam za dobavu čavla



Slika 56. Dobava čavala

Sila jedne opruge koja vraća mehanizam u početni položaj:

$$F_{op4} = c_4 \cdot f_4 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ N} \quad (40)$$

Opruge zajedno imaju silu 100 N.

## 8.7. Održavanje

Svaki pneumatski sustav zahtjeva određeno održavanje. Zrak u svojem sastavu sadrži i određeni udio vode (vlaga) koja može naštetiti komponentama i dovesti do korozije. Kako bi se spriječila korozija te smanjilo trenje i trošenje komponenti, potrebno je pri montaži nanijeti sloj ulja/masti na komponente koje se gibaju. Dugotrajnost uređaja se omogućuje redovitim čišćenjem od prašine koja je prisutna u radnoj okolini i podmazivanjem. Redovito podmazivanje se vrši uljevanjem ulja kroz priključak za zrak koji se nalazi na dnu pištolja. Prilikom rada zrak gura ulje u cilindar i na taj način ga podmazuje. Preporučeno ulje je ISO VG32 ili neko drugo ekvivalentne kvalitete i primjene.

## 9. Prikaz konačnog rješenja

Konačni 3D model pneumatskog pištolja za zabijanje čavala izrađen u programskom alatu Solisworks prikazan je na slikama ispod.



Slika 57. 3D model (1)



Slika 58. 3D model (2)



## **10. Zaključak**

Nakon proučavanja tržišta patenata dobiven je dobar uvid u dostupnu tehnologiju i vrste pneumatskih pištolja. Prema zadanim zahtjevima odabran je koncept i daljnje je razrađen. Odabran je koncept koji ima spremnik valjkastog oblika u koji stane veća količina čavala nego u klasične s linearnim spremnikom. Uređaj osmišljen u ovom radu pogodan je za koristiti u građevinskim radovima u kojima je potrebna upotreba velike količine čavala, kao što je izrada krovišta. Sigurnost se postigla dodavanjem sigurnosnog mehanizma, ali se na taj način malo usporava izvođenje procesa zabijanja. Usporedbom s proizvodima na tržištu izrađeni pištolj spada u pištolje veće mase radi spremnika, veličine cilindra i kućišta.

Može se zaključiti da je pri konstruiranju ovakvog pištolja potrebno jasno definirati namjenu uređaja i prioritete. Tako se u slučaju ovog rješenja išlo za povećanjem snage za jednak volumen/masu pištolja, ali se na taj način gotovo udvostručila potrošnja zraka zbog dvoradnog rada cilindra. Kad bi se išlo za smanjenjem potrošnje energije (količine zraka) bolje rješenje bi bilo s tlačnom povratnom komorom, na taj način bi se u jednom ciklusu potrošio zrak potreban da ispuni jedan volumen cilindra. Također, poželjno bi bilo provesti analizu i eksperiment zabijanja čavla u različite vrste drva koje se koriste u našem podneblju za građevinske radove kako bi se dobio bolji uvid u potrebnu silu za zabijanje. Kako bi se rješenje poboljšalo bila bi potrebna daljnja analiza, kao što je analiza strujanja zraka, matematičko modeliranje pištolja, eksperimentalno testiranje dijelova pištolja i pištolja kao cjeline.

**LITERATURA**

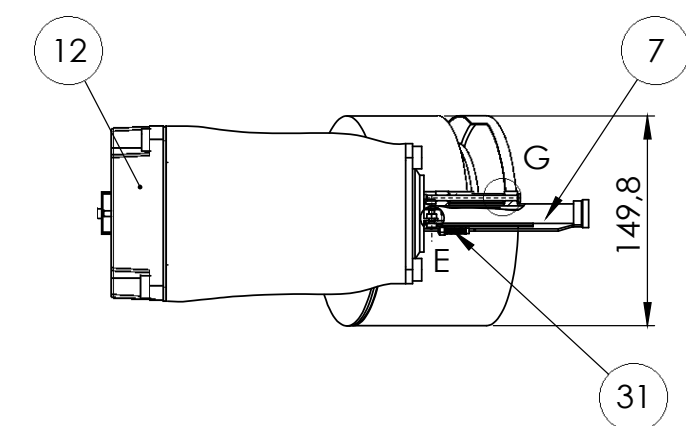
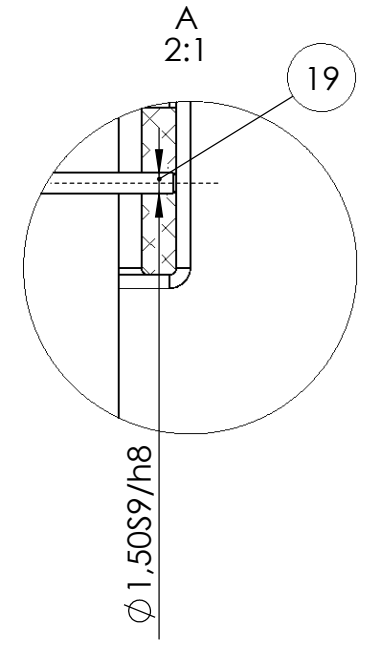
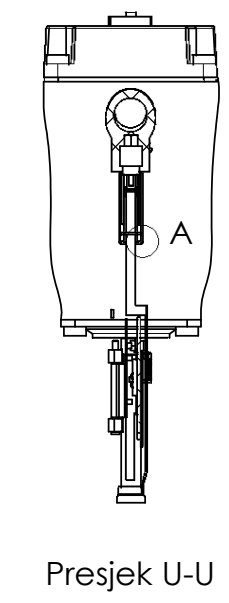
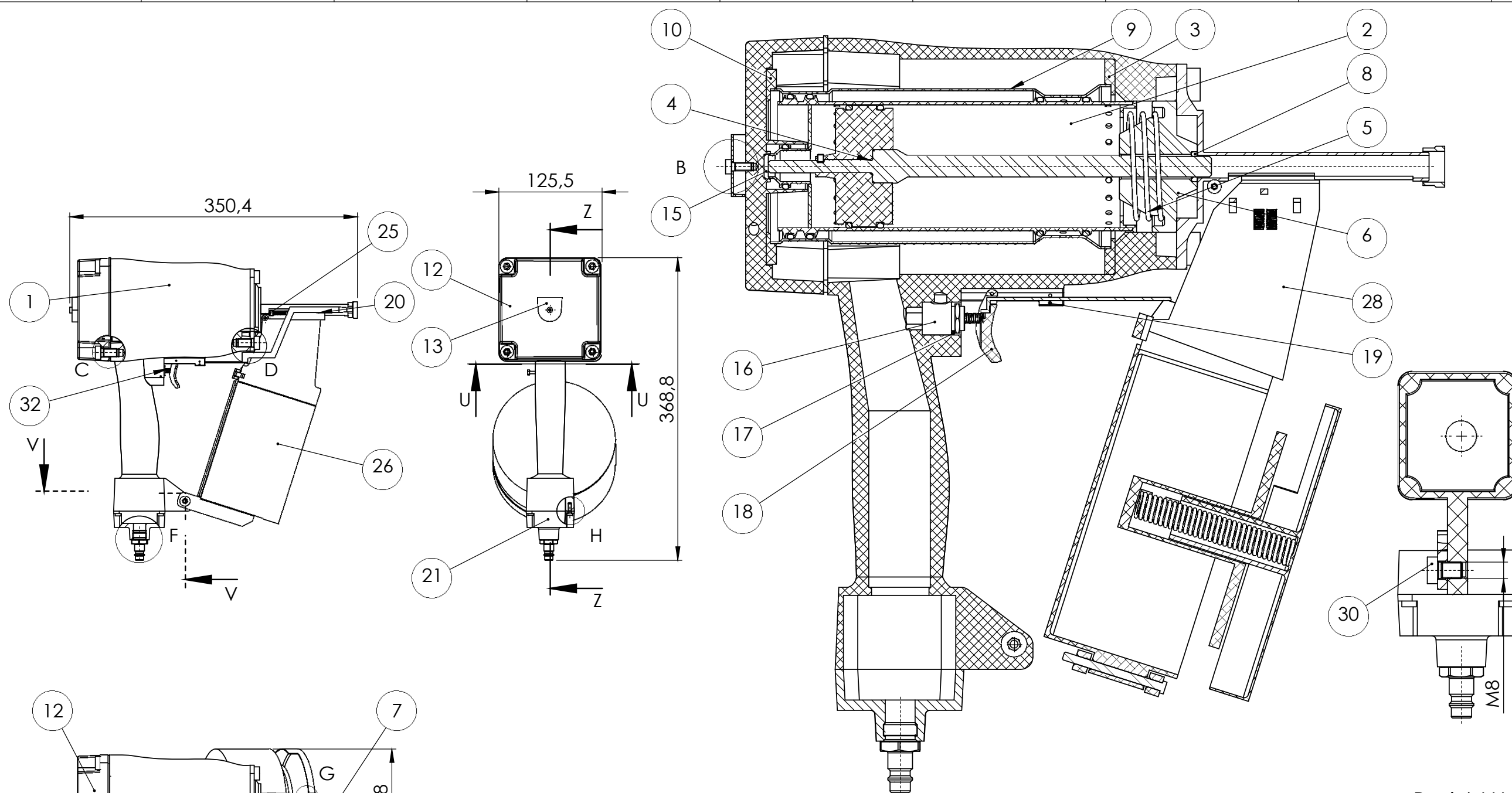
- [1] <https://siamagazin.com/pneumatic-cylinder-working-principle-3d-animation/>, pristup: listopad 2023.
- [2] [https://www.patentsencyclopedia.com/imgfull/20110266327\\_03](https://www.patentsencyclopedia.com/imgfull/20110266327_03), pristup: listopad 2023.
- [3] <https://www.shutterstock.com/image-photo/vilniuslithuania-april-24-2019-dewalt-power-1384784909>, pristup: lipanj 2023.
- [4] <https://top-alati.hr/cavli-za-pistolj-14-mm>, pristup: lipanj 2023.
- [5] <https://www.core77.com/posts/98704/Fastening-Company-Develops-Wooden-Nails-That-Can-be-Fired-From-a-Nailgun>, pristup: lipanj 2023.
- [6] <https://www.alamy.com/stock-photo-a-nailgun-stapler-powered-by-compressed-air-on-a-white-background-142193056.html?imageid=9A376744-8D16-4FCA-93FB-4BA153523DB7&p=78950&pn=1&searchId=f9abaa1e955a643afc0ee671a4dffa4db&searchtype=0>, pristup: lipanj 2023.
- [7] <https://stock.adobe.com/hr/search?k=%22air+compressor%22>, pristup: lipanj 2023.
- [8] [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fnorosco.com.au%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F12%2FAn-Air-Compressor-Hose.jpg&tbid=yak3mAm\\_H2fp6M&vet=12ahUKEwikKfJ1tP\\_AhUtwQIHHZhCCQ8QMygfgUIARCcAg..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fnorosco.com.au%2Fcategory%2Fair-compressor%2F&docid=EZmCuFhEi75B2M&w=1000&h=667&itg=1&q=connection%20to%20the%20compressor%20hose&hl=hr&ved=2ahUKEwikKfJ1tP\\_AhUtwQIHHZhCCQ8QMygfgUIARCcAg](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fnorosco.com.au%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F12%2FAn-Air-Compressor-Hose.jpg&tbid=yak3mAm_H2fp6M&vet=12ahUKEwikKfJ1tP_AhUtwQIHHZhCCQ8QMygfgUIARCcAg..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fnorosco.com.au%2Fcategory%2Fair-compressor%2F&docid=EZmCuFhEi75B2M&w=1000&h=667&itg=1&q=connection%20to%20the%20compressor%20hose&hl=hr&ved=2ahUKEwikKfJ1tP_AhUtwQIHHZhCCQ8QMygfgUIARCcAg), pristup: lipanj 2023.
- [9] <https://www.wsl.ch/land/products/dendro/macro.html> (31.10.), pristup: listopad 2023.
- [10] Rede, V.: skripta: Drv<sub>o</sub>- tehnički materijal, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [11] Horvat I., Krpan, J.: Tehnologija drva, Drvno i industrijski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.
- [12] [https://www.makitatools.com/products/tools/pneumatic-tools/pneumatic-nailers/conventional?filters=99999\\_71](https://www.makitatools.com/products/tools/pneumatic-tools/pneumatic-nailers/conventional?filters=99999_71), pristup: listopad 2023.
- [13] <https://www.dewalt.com/products/power-tools/nailers-staplers>, pristup: listopad 2023.
- [14] <https://www.metabo-hpt.com/us/main-navigation/Metabo-HPT-technology/nailers>, pristup: listopad 2023.
- [15] <https://www.milwaukeeetool.com/Products/7200-20>, pristup: listopad 2023.
- [16] <https://freemantools.com/product/pneumatic-mini-palm-nailer-with-magnetic-tip/>, pristup: listopad 2023.

- [17] <https://patents.google.com/patent/TW202307606A/en?q=nailgun>, pristup: lipanj 2023.
- [18] <https://patents.google.com/patent/US7931180?q=pneumatic+nail+gun>, pristup: lipanj 2023.
- [19] [https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN242675203&\\_cid=P22-LILFP1-26446-1](https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN242675203&_cid=P22-LILFP1-26446-1), pristup: lipanj 2023.
- [20] <https://patents.google.com/patent/US20100001034?q=pneumatic+nail+gun>, pristup: lipanj 2023.
- [21] [https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN334827098&\\_cid=P10-LIE6R1-06146-1](https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN334827098&_cid=P10-LIE6R1-06146-1), pristup: lipanj 2023.
- [22] Vučković K., Vratila (podloge za predavanje), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2020.
- [23] Plazibat B., Matoković A., Vetma V., Nauka o čvrstoći, Sveučilište u Splitu, Split, 2019.
- [24] Krautov strojarski priručnik, Sajema d.o.o., Zagreb, 2009.
- [25] Decker, K.H. Elementi strojeva, Golden marketing, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.
- [26] Šitum Ž., predavanja iz predmeta pneumatika i hidraulika, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2020.
- [27] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814110001137>, pristup: studeni 2023.
- [28] <https://www.cdc.gov/niosh/topics/nailgun/default.html>, pristup: studeni 2023.
- [29] [https://www.metabo.com/com/index.php?lang=1&cl=details&aid=1\\_601535180&anid=1\\_601535180&fnc=outputSpecSheet&am=1&cnid=1\\_22817&listtype=list&actcontrol=oxwarticledetails&stoken=](https://www.metabo.com/com/index.php?lang=1&cl=details&aid=1_601535180&anid=1_601535180&fnc=outputSpecSheet&am=1&cnid=1_22817&listtype=list&actcontrol=oxwarticledetails&stoken=), pristup: studeni 2023.
- [30] <https://www.essve.com/en/products/nail-and-nail-guns/coil-collated/collated-nails-15/wire-collated-coil-nail-15-barbed-blank/>, pristup: studeni 2023.
- [31] Škec, S.: Predavanja iz kolegija Upravljanje inovacijama u razvoju proizvoda, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2023.
- [32] Marley, M., Full-text patent searching on free websites: Tools, tips and tricks, BIR, UK, 2014.
- [33] <https://tools.cp.com/en/literature/air-motors>, pristup: listopad 2023.
- [34] <https://www.design-engineering.com/features/seal-the-deal-with-polyurethane-pneumatic-seals/>, pristup: studeni 2023.
- [35] <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e0e5f672742f48bca6a5109eb1004234&ckck=1>, pristup: studeni 2023.
- [36] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169814110001137>, pristup: studeni 2023.

---

**PRILOZI**

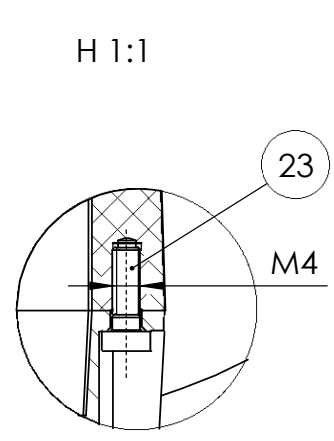
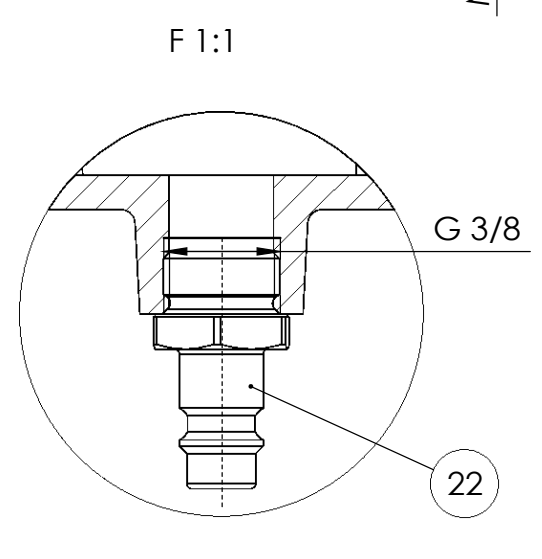
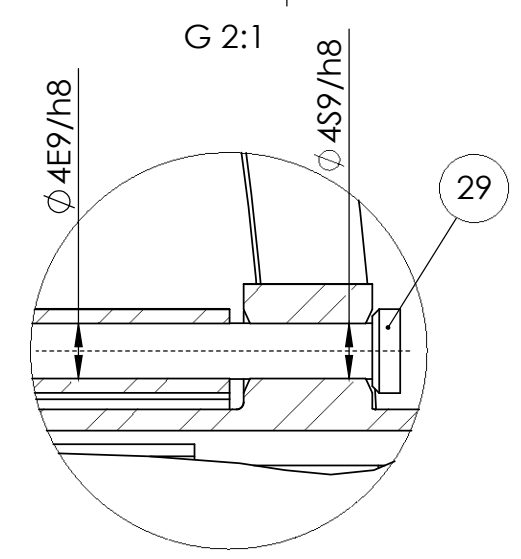
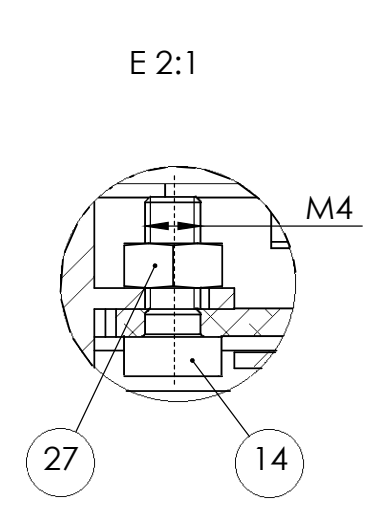
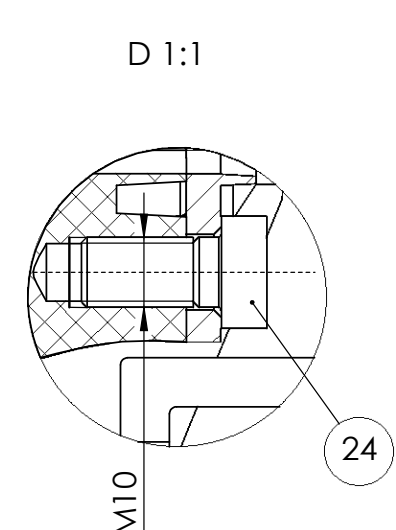
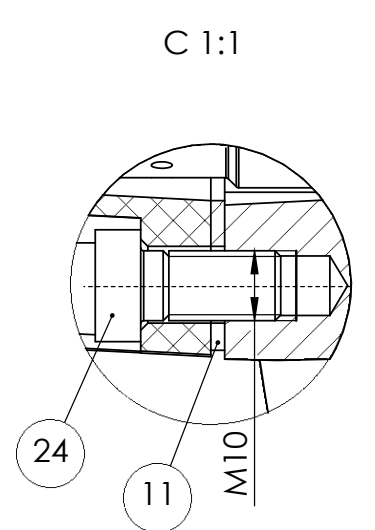
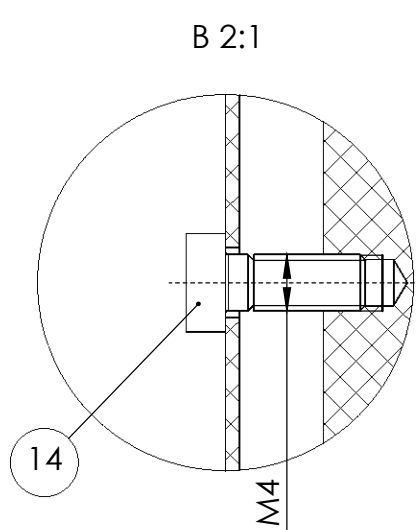
I. Tehnička dokumentacija



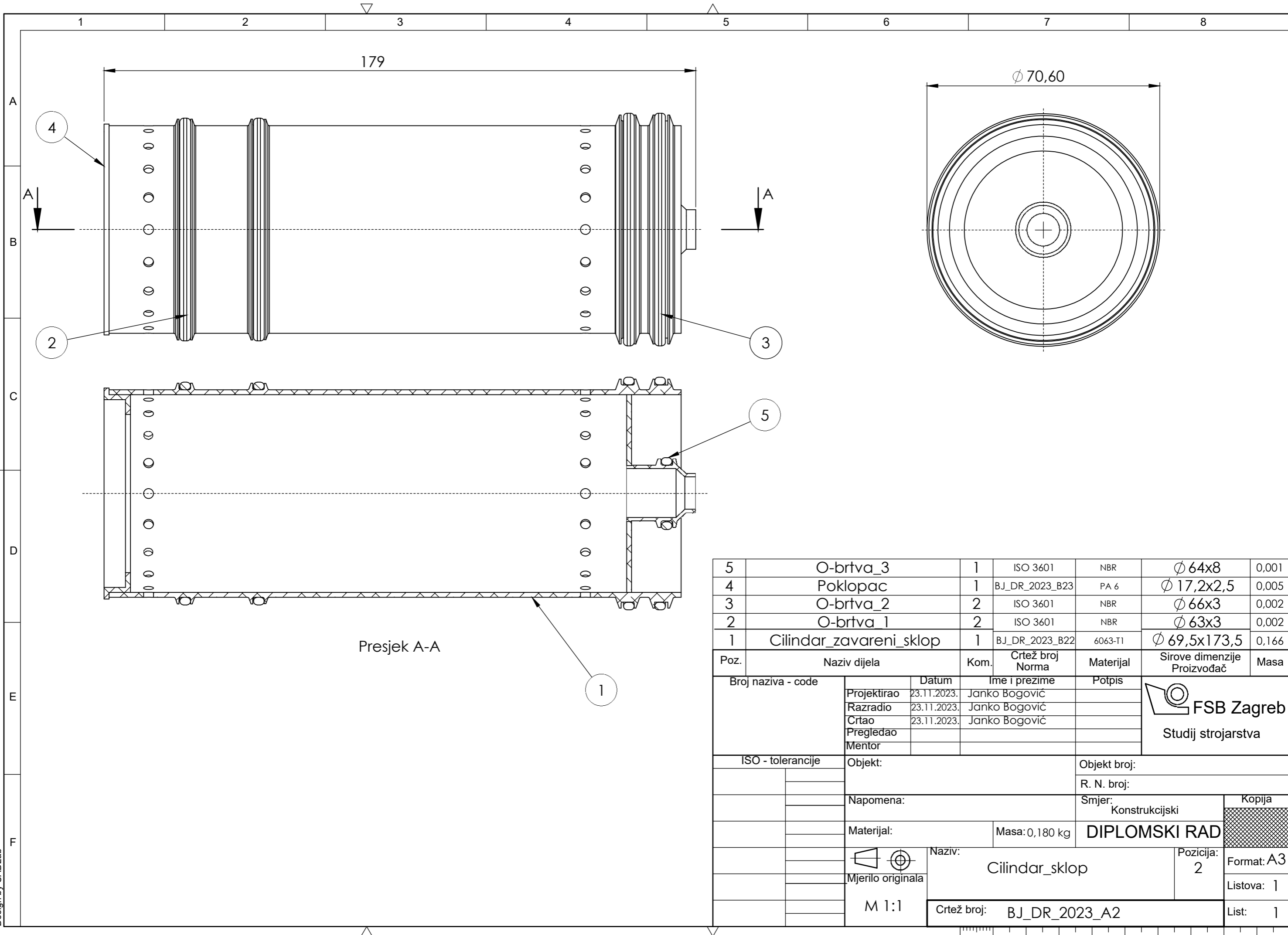
Presjek Z-Z  
M 1:2

Presjek V-V  
1:2

32	Opruga_3	1	DIN 2095	C60	Dongguan F.H.	0,003
31	Opruga_2	1	DIN 2095	C60	Dongguan F.H.	0,005
30	Vijak_M8x12	1	DIN 913-m	8.8	M8x12	0,008
29	Svornjak_4	1	ISO 2341	1.4305	mbo Oßwald	0,007
28	Svornjak_1	1	BJ_DR_2023_B16	S235	104,35x84x3	0,045
27	Matica_M4	1	DIN 934	8	M4	0,002
26	Spremnik_sklop	1	BJ_DR_2023_A4	-	150x276x126	0,601
25	Svornjak_3	1	BJ_DR_2023_B15	1.4305	$\varnothing 4x22$	0,002
24	Vijak_M10x20	8	DIN 913-m	8.8	M10x20	0,012
23	Vijak_M4x12	4	DIN 913-m	8.8	M4x12	0,003
22	Priključak_kompresora	1	ISO 6150 B	EN 1.4305	Parker Rectus	0,026
21	Poklopac_donji	1	BJ_DR_2023_B14	AZ91D	58,5x58,5x35	0,053
20	Sigurnosna_poluga	1	BJ_DR_2023_B13	S235	23x70x227	0,032
19	Svornjak_2	3	ISO 2341	1.4305	mbo Oßwald	0,020
18	Okidač	1	BJ_DR_2023_B12	PA 6	26x11x10	0,004
17	Svornjak_1	1	BJ_DR_2023_B11	1.4305	$\varnothing 1,5x28$	0,001
16	Ventil	1	ISO 5598	-	Clippard	0,03
15	Ublaživač_udarca_2	1	BJ_DR_2023_B10	PU 90 SH A	$\varnothing 12x2$	0,001
14	Vijak_M4x10	2	DIN 913-m	8.8	M4x10	0,002
13	Poklopac_ishuha	1	BJ_DR_2023_B9	AZ91D	29x36x7	0,050
12	Poklopac_kućišta	1	BJ_DR_2023_B8	AZ91D	125x125x38	0,373
11	Brtva	1	BJ_DR_2023_B7	NBR	125x125x2	0,007
10	Nosač_vanjskog_cilindra_2	1	BJ_DR_2023_B6	PA 6	$\varnothing 95x5$	0,017
9	Vanjski_cilindar	1	BJ_DR_2023_B5	6063	$\varnothing 80x166$	0,107
8	O_brtva	1	ISO 3601	NBR	Essentra C.	0,004
7	Nos_pištolja	1	BJ_DR_2023_B4	S235	100x100x123	0,454
6	Ublaživač_udarca_1	1	BJ_DR_2023_B3	PU 90 SH A	$\varnothing 64x38$	0,055
5	Opruga_1	1	DIN 2095	C60	Dongguan F.H.	0,016
4	Klip_sklop	1	BJ_DR_2023_A3	-	$\varnothing 59,5x216$	0,312
3	Nosač_vanjskog_cilindra_1	1	BJ_DR_2023_B2	PA 6	$\varnothing 105x5$	0,022
2	Cilindar_sklopa	1	BJ_DR_2023_A2	-	$\varnothing 70,5x176,4$	0,180
1	Kućište	1	BJ_DR_2023_B1	AZ91D	170x308x125	1,512



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Norma	Potpis	Proizvođač	
Projekтираo	23.11.2023.	Janko Bogović				
Razradio	23.11.2023.	Janko Bogović				
Crtao	23.11.2023.	Janko Bogović				
Pregledao						
Mentor						
ISO - tolerancije	Objekt:				Objekt broj:	
$\varnothing 4E9/h8$ 0,068					R. N. broj:	
0,002					Smjer: Konstrukcijski	Kopija
$\varnothing 4S9/h8$ -0,001	Napomena:				<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
-0,049	Materijal:				Masa: 3,966 kg	Pozicija: Format: A2
$\varnothing 1,5S9/h8$ 0,009						Listova: 1
	Mjerilo originala				Naziv: Pneumatski pištolj za zabijanje čavala	List: 1
					M 1:5	
					Crtež broj: BJ_DR_2023_A1	



Presjek A-A

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
5	O-brtva_3	1	ISO 3601	NBR	Ø 64x8	0,001
4	Poklopac	1	BJ_DR_2023_B23	PA 6	Ø 17,2x2,5	0,005
3	O-brtva_2	2	ISO 3601	NBR	Ø 66x3	0,002
2	O-brtva_1	2	ISO 3601	NBR	Ø 63x3	0,002
1	Cilindar_zavareni_sklop	1	BJ_DR_2023_B22	6063-T1	Ø 69,5x173,5	0,166

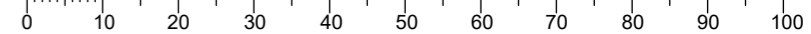
Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	23.11.2023.	Janko Bogović	
Razradio	23.11.2023.	Janko Bogović	
Crtao	23.11.2023.	Janko Bogović	
Pregledao			
Mentor			

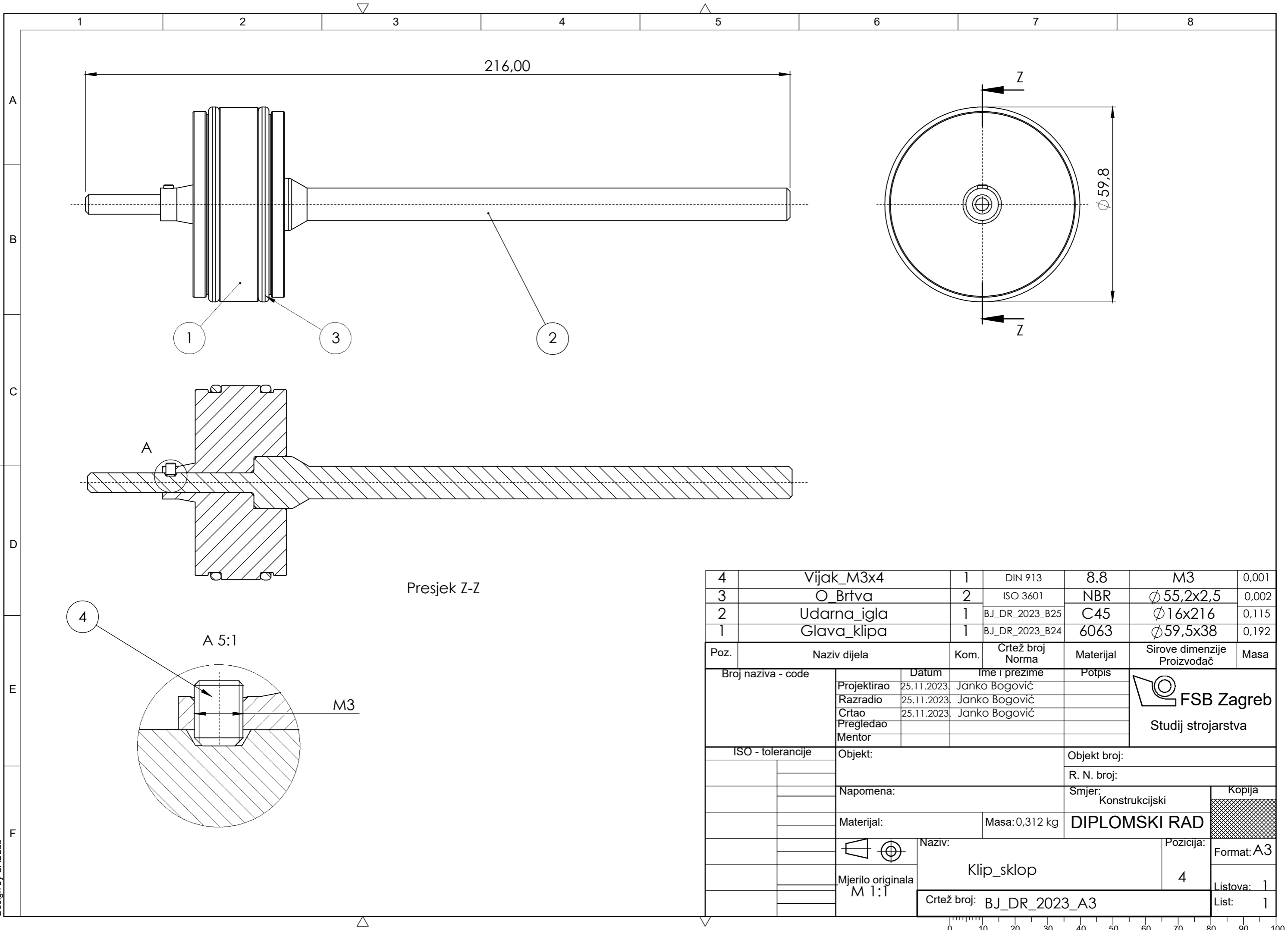
  

ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:
		R. N. broj:
	Napomena:	Smjer: Konstrukcijski
	Materijal:	Masa: 0,180 kg
	Mjerilo originala	<b>DIPLOMSKI RAD</b>
	M 1:1	Naziv: Cilindar_sklop
		Pozicija: 2
		Crtež broj: BJ_DR_2023_A2



Design by CADLab




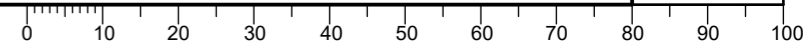


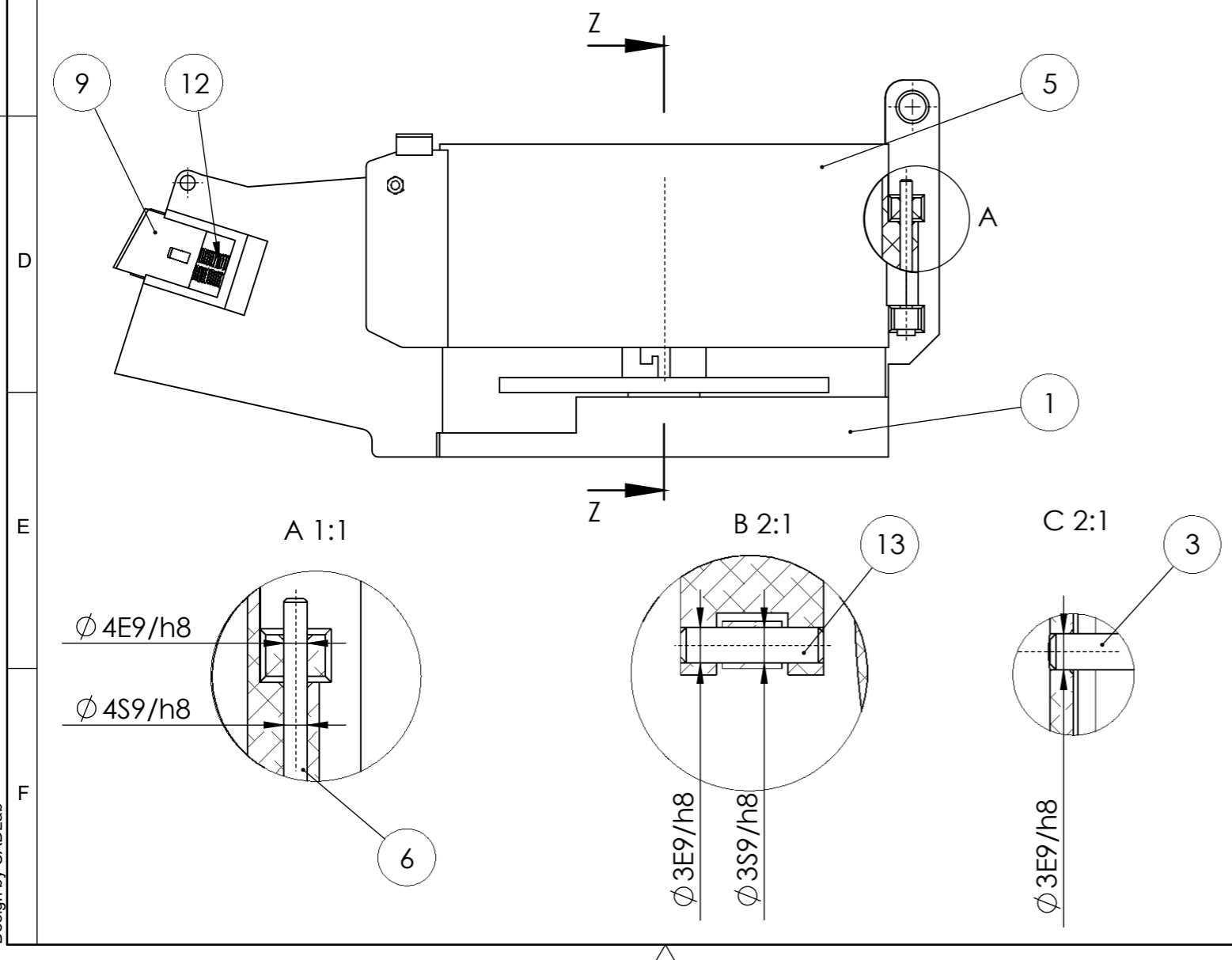
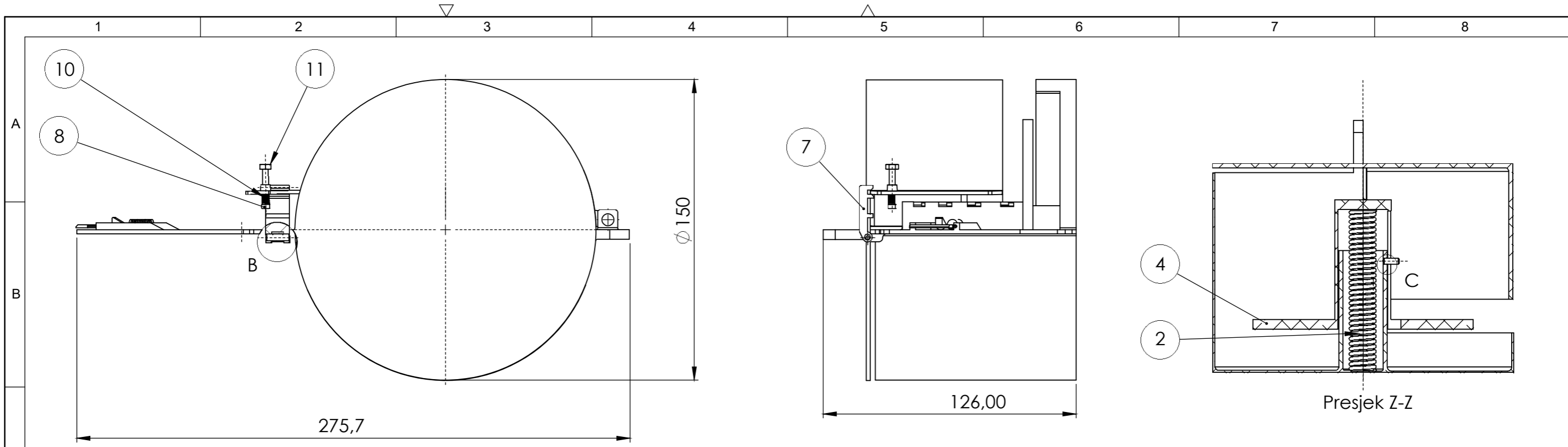
Presjek Z-Z

A 5:1

M3

4	Vijak_M3x4	1	DIN 913	8.8	M3	0,001
3	O Brtva	2	ISO 3601	NBR	Ø 55,2x2,5	0,002
2	Udarna igla	1	BJ_DR_2023_B25	C45	Ø 16x216	0,115
1	Glava klipa	1	BJ_DR_2023_B24	6063	Ø 59,5x38	0,192
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Projektirao		25.11.2023.	Janko Bogović			
Razradio		25.11.2023.	Janko Bogović			
Crtao		25.11.2023.	Janko Bogović			
Pregledao						
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal:			Masa: 0,312 kg	
					<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
		Naziv:			Pozicija:	
		Klip_sklop			4	
		Mjerilo originala M 1:1			Format: A3	
		Crtež broj: BJ_DR_2023_A3			Listova: 1	
					List: 1	





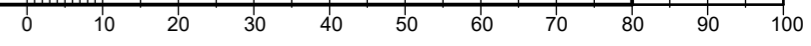
13	Svornjak_4	1	ISO 2341	1.4305	$\phi 3 \times 12$	0,002
12	Opruga_3	2	DIN 2095	C60	$\phi 4 \times 10$	0,004
11	Matica_M3	1	DIN 934	8	M4	0,002
10	Opruga_2	1	DIN 2095	C60	$\phi 4 \times 10$	0,003
9	Pomična_ploča	1	BJ_DR_2023_B21	S235	24x29x5	0,008
8	Svornjak_3	1	ISO 2341	1.4305	$\phi 3 \times 22$	0,002
7	Zatvarač	1	BJ_DR_2023_B20	6063	28x7x12	0,004
6	Svornjak_2	1	ISO 2341	1.4305	$\phi 4 \times 50$	0,006
5	Kućište_gornje	1	BJ_DR_2023_B19	6063	150x70x181	0,183
4	Podizna_ploča	1	BJ_DR_2023_B18	6063	$\phi 110 \times 65$	0,146
3	Svornjak_1	1	ISO 2341	1.4305	$\phi 3 \times 10$	0,002
2	Opruga_1	1	DIN 2095	C60	$\phi 14 \times 80$	0,026
1	Kućište_donje	1	BJ_DR_2023_B17	6063	$\phi 150 \times 126 \times 276$	0,213

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		22.11.2023.	Janko Bogović			
Razradio		22.11.2023.	Janko Bogović			
Crtao		22.11.2023.	Janko Bogović			
Pregledao			Janko Bogović			
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
$\phi 4E9/h8$	0,068 0,020	Napomena:		R. N. broj:		
$\phi 4S9/h8$	-0,001 -0,049	Materijal:		Smjer: Konstrukcijski		
$\phi 3E9/h8$	0,053 0,014	Masa: 0,601 kg		Kopija		
$\phi 3S9/h8$	0,000 -0,039	Naziv: Spremnik_sklop		Format: A3		
Mjerilo originala		Pozicija: 26		Listova: 1		
M 1:2		Crtež broj: BJ_DR_2023_A4		List: 1		

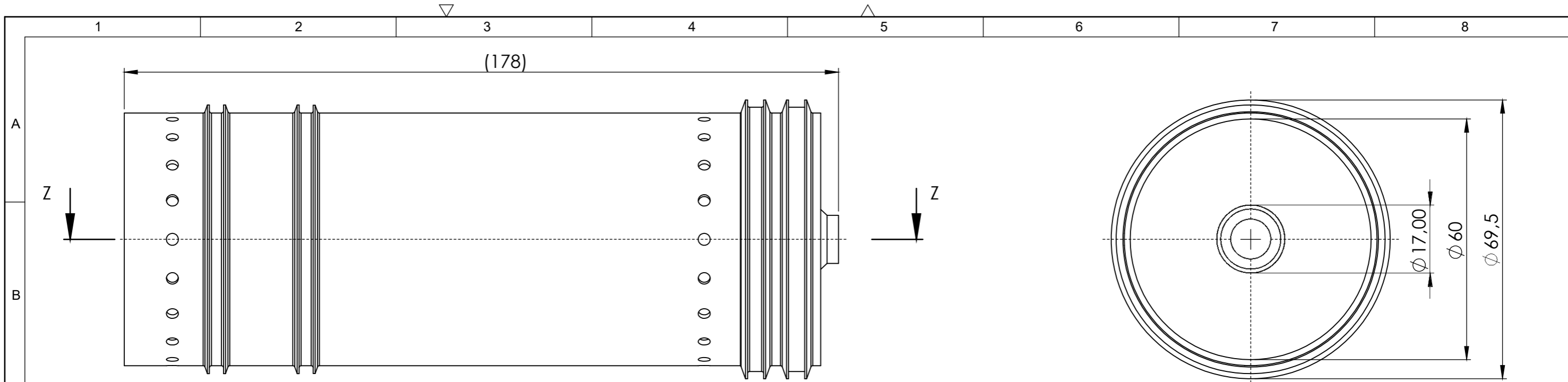


Naziv: Spremnik_sklop		Pozicija: 26	
Crtež broj: BJ_DR_2023_A4		List: 1	

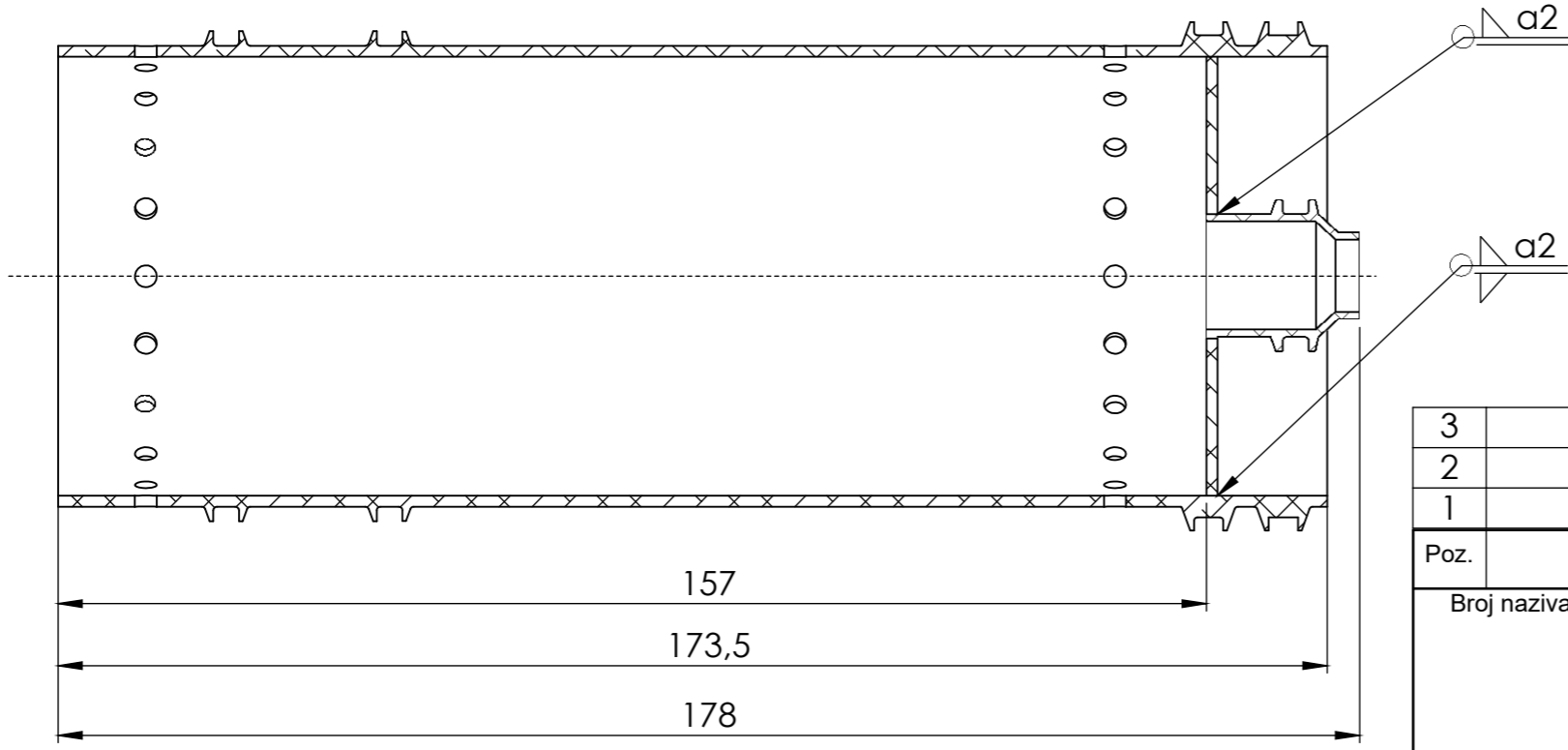
Design by CADLab








Presjek Z-Z



3	Cijev	1	BJ_DR_2023_B28	6063-T1	Ø 21x21	0,004
2	Ploča	1	BJ_DR_2023_B27	6063-T1	Ø 60x1,5	0,011
1	Cilindar	1	BJ_DR_2023_B26	6063-T1	Ø 69,5x173,5	0,151
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Projektirao		24.11.2023.	Janko Bogović			
Razradio		24.11.2023.	Janko Bogović			
Crtao		24.11.2023.	Janko Bogović			
Pregledao						
Mentor						
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: 6063-T1		Masa: 0,166 kg	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
		Mjerilo originala		Naziv: Cilindar_zavareni_sklop		Pozicija: 1
		M 1:1		Crtež broj: BJ_DR_2023_B22		Format: A3
						Listova: 1
						List: 1

Design by CADLab

