

# Kategorizacija proizvoda i pripadajućih proizvodnih ruta

---

**Habjanec, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:543963>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-08**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Antonio Habjanec**

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Student:

Antonio Habjanec

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se mentoru Izv. prof. dr. sc. Hrvoju Cajneru na ukazanoj pomoći i prijedlozima koji su upotpunili ovaj rad.

Zahvaljujem se obitelji na stalnoj podršci kroz studiranje, kao i prijateljima na podršci, zajedničkom učenju i zabavi u slobodno vrijeme.

Antonio Habjanec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Antonio Habjanec** JMBAG: **0035223510**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Kategorizacija proizvoda i pripadajućih proizvodnih ruta**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Categorization of products and associated production routes**

Opis zadatka:

Proizvodne rute definiraju sve operacije, radna mjesta, te materijalne i vremenske resurse koji su potrebni za proizvodnju određenog proizvoda. U pogonima koji sadrže veliki broj varijanti proizvoda koji se izrađuju simultano, proizvodne rute dijele resurse i time mogu uvjetovati određene probleme. Konkretno, pogon za proizvodnju različitih varijanti kalupa sadrži velik broj proizvodnih ruta koje nerijetko uzrokuju gubitke tipa čekanje, zastoje, te nepotrebno kretanje ljudi i materijala. Temeljem dostupnih podataka moguće je kategorizirati proizvode i pripadajuće proizvodne rute uzimajući kriterij sličnosti, a potom i analizirati učestalosti i vodeća vremena. Rezultati analize omogućili bi planiranje proizvodnih procesa po klasama proizvodnih ruta, dali potpuniju sliku pri nabavci strojne opreme i pri procesu optimizacije općenito.

U radu je potrebno:

1. Opisati proizvodni proces izrade kalupa
2. Izraditi prostorni raspored pogona i ucrtati tok materijala
3. Iz dostupnih podataka kategorizirati proizvode i izdvojiti pripadajuće klase proizvodnih ruta
4. Analizirati učestalosti korištenja proizvodnih ruta primjenom statističkih metoda
5. Identificirati mogućnosti unaprjeđenja te dati prijedlog poboljšanja

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

Zadatak zadan:

30. studeni 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.  
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.  
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.  
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.  
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	III
SAŽETAK.....	IV
SUMMARY .....	V
1. UVOD.....	1
2. OMCO Croatia d.o.o i asortiman proizvoda.....	2
2.1 Kalup .....	4
2.2 Pretkalup.....	4
2.3 Dno kalupa .....	5
2.4 Dno pretkalupa .....	6
2.5 Grlo.....	6
2.6 Prsten grla.....	7
2.7 Jezgrenik.....	7
3. POSTUPAK IZRADE KALUPA GRLA.....	9
3.1 Razrez materijala.....	10
3.2 Glodanje .....	10
3.3 Metalizacija .....	11
3.4 Tokarenje.....	12
3.5 Završno glodanje .....	13
4. TOK MATERIJALA .....	15
5. KATEGORIZACIJA PROIZVODA I PROIZVODNE RUTE.....	17
5.1 Kategorizacija proizvoda.....	18
5.2 Proizvodne rute .....	21
6. ANALIZA UČESTALOSTI PROIZVODNIH RUTA .....	26
7. PRIJEDLOG OPTIMIZACIJE.....	36
7.1 Promjena rasporeda odjela u proizvodnoj hali .....	36
7.2 Uvođenje dodatnog transportnog puta .....	37
7.3 Nabava više lasera za metalizaciju .....	38
7.4 Nabava više multitasking strojeva.....	38
8. ZAKLJUČAK.....	39
LITERATURA.....	41

**POPIS SLIKA**

Slika 1. OMCO Croatia d.o.o [3] .....	3
Slika 2. Primjer kalupa iz tvrtke OMCO [4] .....	3
Slika 3. Polovice kalupa [3] .....	4
Slika 4. Polovice pretkalupa [3] .....	5
Slika 5. Dno kalupa [3] .....	6
Slika 6. Dno pretkalupa iz dva dijela [3].....	6
Slika 7. Grlo [3].....	7
Slika 8. Prsten grla [3].....	7
Slika 9. Jezgrenici [3].....	8
Slika 10. Postupak izrade kalupa grla [3].....	9
Slika 11. Kalup grla nakon DOMET-a [3] .....	10
Slika 12. Kalup grla nakon POMETA [3].....	11
Slika 13. Kalup grla nakon metalizacije [3] .....	12
Slika 14. Kalup grla nakon tokarenja [3] .....	13
Slika 15. Kalup grla nakon završnog glodanja [3] .....	14
Slika 16. Tok materijala .....	15
Slika 17. Tipovi grla.....	17
Slika 18. Pareto analiza proizvodnje kalupa grla .....	18
Slika 19. Kategorizacija proizvoda .....	19
Slika 20. Zastupljenost dimenzija za MCA TWIST OFF tip grla.....	20
Slika 21. Zastupljenost dimenzija za CROWN CORK tip grla .....	20
Slika 22. Zastupljenost dimenzija za REGULAR TWIST OFF tip grla .....	21
Slika 23. Prikaz prve proizvodne rute na nacrtu pogona.....	23
Slika 24. Prikaz druge proizvodne rute na nacrtu pogona.....	24
Slika 25. Prikaz treće proizvodne rute na nacrtu pogona .....	24
Slika 26. Prikaz četvrte proizvodne rute na nacrtu pogona.....	25
Slika 27. Učestalost korištenja ruta za REGULAR TWIST OFF .....	27
Slika 28. Učestalost korištenja ruta za MCA TWIST OFF .....	28
Slika 29. Učestalost korištenja ruta za CROWN CORK .....	30
Slika 30. Grafički prikaz usporedbe vremena za rute u ovisnosti o tipu grla .....	34
Slika 31. Okvirni prijedlog novog rasporeda .....	37
Slika 32. Prijedlog novih transportnih puteva.....	37

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Identificirane rute za REGULAR TWIST OFF .....	26
Tablica 2. Identificirane rute za MCA TWIST OFF .....	28
Tablica 3. Identificirane rute za CROWN.....	29
Tablica 4. Prosječna vremena ruta za REGULAR TWIST OFF .....	31
Tablica 5. Prosječna vremena ruta za MCA TWIST OFF .....	32
Tablica 6. Prosječna vremena ruta za CROWN CORK.....	32
Tablica 7. Usporedba vremena ruta prema istom tijeku rute .....	33



**SAŽETAK**

Tema ovog završnog rada je analiza proizvodnih ruta za izradu kalupa grla staklene ambalaže unutar tvrtke OMCO Croatia d.o.o. Prvi dio rada daje kratak pregled tvrtke i postupka izrade kalupa grla. Drugi dio rada opisuje tijek pripreme podataka na temelju kojih će se provesti analiza proizvodnih ruta, što uključuje prikaz toka materijala i kategorizaciju proizvoda i proizvodnih ruta. Posljednji dio rada bavi se analizom čiji je cilj usporediti različite proizvodne rute za tri glavna tipa grla: REGULAR TWIST OFF, MCA TWIST OFF i CROWN CORK, te ocijeniti njihovu efikasnost na temelju vremena obrade. Analizom su obuhvaćene operacije glodanja, metalizacije i tokarenja, a prema prikupljenim podacima izračunato je prosječno vrijeme proizvodnje po komadu u ovisnosti o tipu grla i proizvodnom procesu, tj. ruti. Na kraju rada izneseni su prijedlozi za optimizaciju proizvodnog procesa na temelju dobivenih rezultata.

Ključne riječi: proizvodne rute, proizvodnja staklene ambalaže, kalupi, analiza efikasnosti, poboljšanje procesa, obrada odvajanjem čestica

---

**SUMMARY**

The topic of this paper is the analysis of production routes for the manufacture of glass bottle neck molds in the company OMCO Croatia d.o.o. The first part of this paper gives a short overview of the company and mold production process. Following this is a description of how the data for the subsequent analysis was prepared, including material flow, and product and production route categorization. The last part consists of the analysis and comparison of production routes for the main three types of bottle necks: REGULAR TWIST OFF, MCA TWIST OFF and CROWN CORK. This analysis rates the efficiency of these processes based on completion times, and covers milling, metalization and turning. Based on the collected data, average process times have been calculated by type of bottle neck and process elements, i.e. route type. The paper concludes with process enhancement suggestions given based on generated results.

Key words: production routes, glassware production, molds, effectiveness analysis, process enhancement, machining

## **1. UVOD**

Proizvodnja stakla ima tradiciju staru više od tisuću godina. Sa staklarstvom su počeli još stari Egipćani oko 1500. godine prije Krista izrađujući šuplje staklene posude koje su koristili za spremanje ulja i pomasti. Ta tradicija proizvodnje stakla prenijela se sve do danas upravo zbog brojnih prednosti koje staklo ima u odnosu na druge materijale. [1] Inertnost i reciklaža stakla samo su neke prednosti zbog kojeg se ono danas koristi u prehrambenoj industriji, ponajviše za punjenje raznih napitaka. Upravo zbog upotrebe u toj industriji staklo zahtijeva proizvodnju visoke kvalitete. Razni su faktori koji utječu na tu kvalitetu od staklene smjese, staklarskog stroja do staklarskih alata.

Jedan od vodećih proizvođača staklene ambalaže u Hrvatskoj, a i u svijetu, jest tvrtka Vetropack Straža koja je smještena u Hrvatskom zagorju, na Humu na Sutli. U blizini se također nalazi i njihova partnerska tvrtka OMCO Croatia koja se bavi izradom alata staklene ambalaže. Za kompletnu izradu staklene boce potrebno je dvanaest staklarskih alata. Svaki je tih alata različit i ima svoju primjenu kod proizvodnje staklene ambalaže. Gledajući pojedinačnu skupinu alata proizvodi su vrlo slični i namijenjeni istoj svrsi, no razlikuju se po dimenzijama ili nekim sitnim varijantama na samom proizvodu. Jedan od tih alata je i kalup grla čiji će se proizvodni postupak i njegova kategorizacija opisati u daljnjem dijelu rada. Također, izdvojit će se specifične proizvodne rute, analizirati učestalost tog proizvoda te u konačnici dati prijedlog poboljšanja temeljenog na analizi podataka.

## 2. OMCO Croatia d.o.o i asortiman proizvoda

OMCO Croatia d.o.o. je društvo koje se bavi proizvodnjom alata za izradu staklene ambalaže. Tvrtka je počela kao mala radionica za popravak alata staklene ambalaže u sklopu tvornice stakla „Straža“. Razvoj u samostalnog proizvođača alata započeo je iz potrebe za poboljšanjem vlastitih proizvoda. Tvornica stakla „Straža“ provela je reorganizaciju poslovanja 1990. godine i od tog trenutka tvrtka se osamostaljuje i počinje poslovati pod nazivom „Straža-Alatnica“. Kako „Straža-Alatnica“ posluje u sustavu OMCO grupe iz Belgije, radionica ulazi u OMCO grupaciju pod nazivom današnjim nazivom „OMCO Croatia“. Tvrtka je u početku bila najslabija grupacije s obzirom na ekonomske i druge pokazatelje. Razvoj tvrtke značajno je poboljšana i ubrzana kada su novi vlasnici započeli s velikim ulaganjem u nove tehnologije, što u konačnici dovodi do toga da „OMCO Croatia“ danas proizvodi 50% ukupne proizvodnje OMCO grupacije. Od ulaska u OMCO grupu pa sve do danas proizvodnja tvrtke porasla je 10 puta, a broj zaposlenih gotovo 6 puta. Rast tvrtke „OMCO Croatia“ pozitivno je utjecao i na rast cijele grupacije i ona prerasta iz vodećeg proizvođača staklarskih alata na europskom tržištu u predvodnika na globalnom tržištu s više od 20% svjetskog tržišnog udjela. Proizvodi se izvoze širom svijeta, a udio izvoza čini preko 98% poslovanja. Kontinuirani rast poslovanja proizlazi iz konstantnih investicija u nove proizvodne tehnologije i inovacije u tehnološkim postupcima. Tvrtka danas broji oko 800 zaposlenih radnika i jedna je od najopremljenijih tvrtki za strojnu obradu metala u okruženju. [2]

Proizvodnja i pogon podijeljeni su na dvije cjeline: na proizvodnju kalupa i na proizvodnju grla i prstena. Također, te proizvodnje su i fizički odvojene u pogonima te se tako proizvodnja grla i prstena nalazi u novijoj hali, dok se proizvodnja kalupa nalazi u starim halama koje su i nedavno obnovljene.

Na slici 1 je prikazano poduzeće koje se sastoji od više proizvodnih pogona ovisno o vrsti proizvodnje staklarskog alata.



**Slika 1. OMCO Croatia d.o.o [3]**

Tvrtka proizvodi kalupe za proizvodnju boca Coca–Cole (slika 2), Ožujskog piva, Tuborga, Jim Beama i mnogih drugih.



**Slika 2. Primjer kalupa iz tvrtke OMCO [4]**

Proizvodnja staklene ambalaže u „OMCO Croatia d.o.o.“ oslanja se na niz specijaliziranih alata koji su precizno izrađeni kako bi osigurali pravilno oblikovanje staklenih spremnika.

Ključni alati u ovom procesu su kalupi, pretkalupi, grla, dna kalupa i prsteni grla, a svaki od njih ima svoju specifičnu ulogu u proizvodnji. U ovome poglavlju, za bolje razumijevanje, bit će opisani osnovni alati i procesi koji su uključeni u izradu staklenih spremnika.

## 2.1 Kalup

Kalup je jedan od najvažnijih staklarskih alata jer direktno oblikuje završni proizvod. Kvaliteta kalupa ključna je za kvalitetu konačnog staklenog spremnika jer je to posljednji alat koji dolazi u kontakt sa staklenom taljevinom prije nego što stakleni spremnik dobije svoj konačni oblik. Kalupi se obično izrađuju od sivog lijeva, no koristi se i nodularni lijev te aluminijska bronca zbog njihove otpornosti na visoke temperature i dugotrajnosti. Kalupi se izrađuju lijevanjem metala u pijesak, a nakon toga prolaze kroz niz postupaka obrade kako bi se postigla željena točnost i glatkoća površine.



Slika 3. Polovice kalupa [3]

## 2.2 Pretkalup

Pretkalup je alat koji igra ključnu ulogu u ranim fazama proizvodnog procesa staklenih spremnika. Njegova je glavna svrha formiranje početnog oblika staklenog spremnika, odnosno predoblika, koji se kasnije prenosi u kalup za konačno oblikovanje. Staklena kap ulazi kroz

otvor na vrhu pretkalupa, gdje se, uz pomoć prešanja ili puhanja zraka, oblikuje prema unutarnjoj površini pretkalupa. Pretkalupi su dizajnirani da osiguraju optimalnu količinu staklene taljevine i njeno ravnomjerno raspoređivanje, čime se osigurava ujednačena debljina stijenke boce kada se predoblik kasnije prenese u kalup.



**Slika 4. Polovice pretkalupa [3]**

### **2.3 Dno kalupa**

Dno kalupa služi za oblikovanje donjeg dijela staklenog spremnika. Za razliku od kalupa koji se sastoji od dvije polovice, dno kalupa izrađuje se iz jednog komada. Na rubovima i sa strane nalaze se specifične rupe koje omogućuju strujanje zraka, osiguravajući brže hlađenje tijekom proizvodnog procesa, što je ključno za postizanje optimalne kvalitete staklenog spremnika.



Slika 5. Dno kalupa [3]

## 2.4 Dno pretkalupa

Dno pretkalupa ima ključnu ulogu u formiranju donjeg dijela predoblika staklenog spremnika, služeći kao zatvarač pretkalupa. Ovisno o vrsti proizvodnog procesa, može biti izrađeno iz jednog ili iz dva dijela (nosač i insert). Materijali korišteni za izradu uključuju sivi lijev, čelik ili dameron, prilagođeni specifičnim zahtjevima proizvodnje.



Slika 6. Dno pretkalupa iz dva dijela [3]

## 2.5 Grlo

Grlo je ključni dio alata koji se koristi za oblikovanje vrha staklene boce. S obzirom na to da je u izravnom kontaktu sa staklenom taljevinom i izložen visokim temperaturama, grlo se



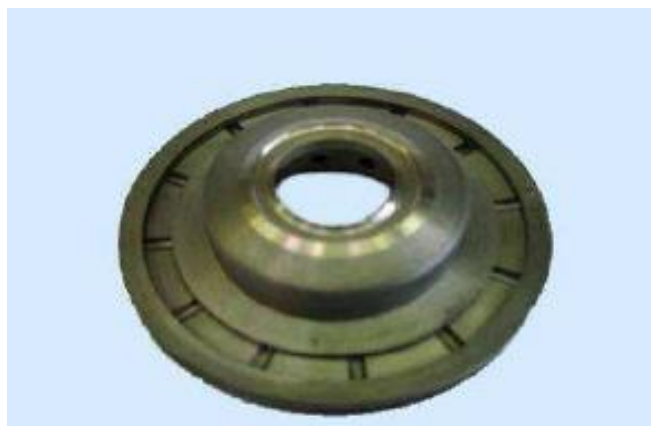
najčešće izrađuje od aluminijske bronce ili sivog lijeva. Kako bi se povećala izdržljivost i osigurala dugotrajnost, grlo se često dodatno metalizira, posebno na dijelovima koji su izloženi najvećem naprezanju. Zbog intenzivne upotrebe i izloženosti visokim temperaturama, grla su dijelovi koji se najviše troše, pa je zbog toga i potreba za njima u proizvodnji najveća. Postupak proizvodnje grla i daljnja analiza bit će detaljno objašnjeni u nastavku rada.



Slika 7. Grlo [3]

## 2.6 Prsten grla

Prsten grla služi za oblikovanje gornjeg dijela grla boce i vođenje jezgrenika. Smješten između muške i ženske polovice grla, prsten osigurava stabilnost i sprječava razdvajanje polovice grla. Također, pomaže u oblikovanju vrha boce, posebno kada je boca predviđena za zatvaranje čepom ili poklopcem. Vrh prstena često je metaliziran radi povećanja otpornosti, a u proizvodnji je poznat pod nazivom fazona prstena.



Slika 8. Prsten grla [3]

## 2.7 Jezgrenik

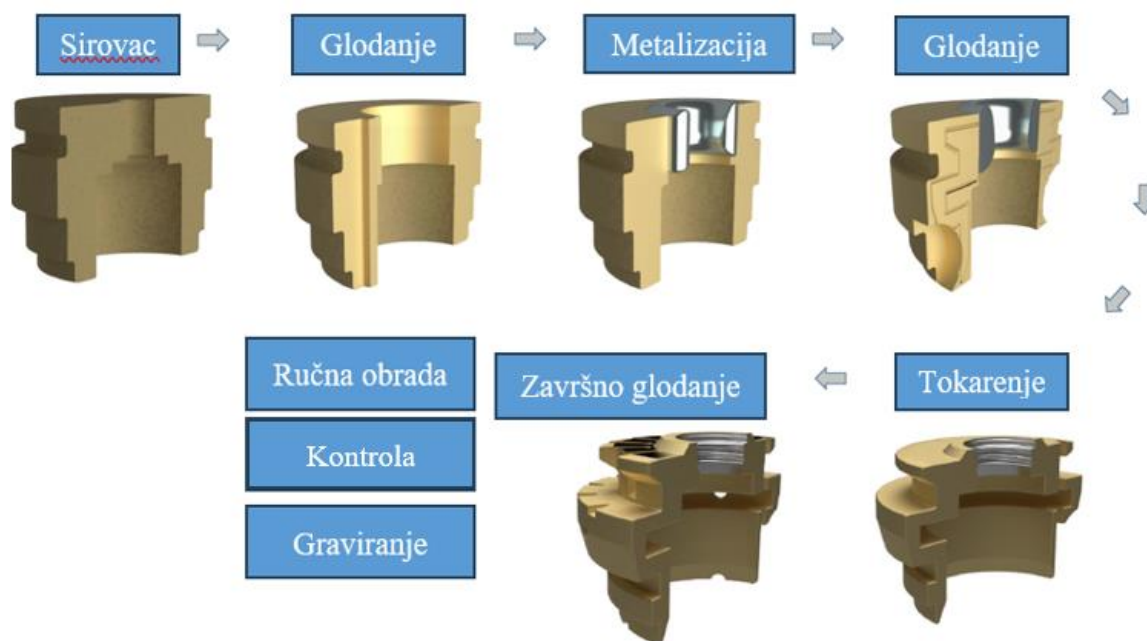
Jezgrenik je alat za prešanje staklene taljevine, ključan za oblikovanje predoblika boce. Metalizira se kako bi se osiguralo lakše tečenje stakla i ravnomjerna debljina stijenki. Vrh jezgrenika mora biti gladak i metaliziran kako bi se smanjilo trenje pri kontaktu sa staklom.



**Slika 9. Jezgrenici [3]**

### 3. POSTUPAK IZRADE KALUPA GRILA

Asortiman proizvoda koji bi tvrtka trebala proizvoditi je velik. Upravo zbog toga poduzeće je fokusiralo svoju proizvodnju na izradu kalupa i grla dok ostale staklarske alate proizvode manje tvrtke. Kalupi grla koji se proizvode vrlo su slični i namijenjeni su istoj svrsi, ali se razlikuju po dimenzijama ili nekim sitnim varijantama na samom proizvodu. Također, postupak izrade grla je uglavnom isti, a ovisno o varijantama na proizvodu može imati koju operaciju više ili manje. Postupak izrade kreće na razrezu materijala, nakon čega slijedi glodanje, metalizacija koja može biti na robotu laseru ili ručno, glodanje metaliziranog dijela pa tokarenje te kao posljednja operacija završno glodanje. Nakon završnog glodanja proizvod je izrađen, no još postoji mogućnost potrebe graviranja ili ručne obrade te u konačnici kontrole. Slika 10 prikazuje opisani proizvodni postupak i promjenu kalupa grla po fazama obrade. Svaki od tih koraka proizvodnje detaljnije je opisan u potkoracima unutar ovog poglavlja.



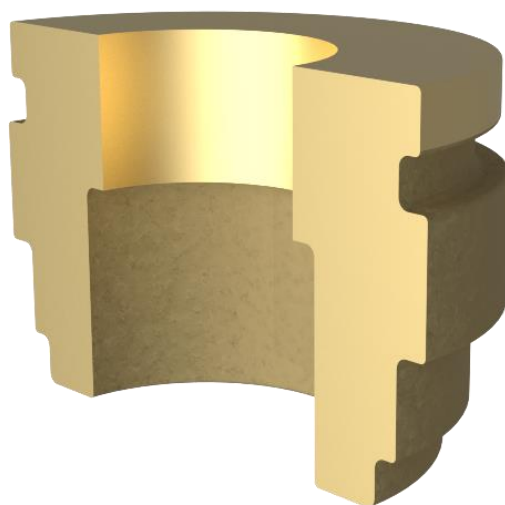
Slika 10. Postupak izrade kalupa grla [3]

### 3.1 Razrez materijala

Početni sirovci mogu biti u obliku polualjka ili kao gotov odljevak. Razrez materijala vrši se samo za proizvode koji dolaze u obliku polualjka i ona je prva operacija koja se izvršava. Dugačka šipka, odnosno polualjak, reže se automatizirano na manje komade na način da zaposlenik postavi šipku na stroj za rezanje i namjesti visinu grlu koja uvijek mora biti veća od stvarne visine kalupa grla zbog dodataka za obradu. U većini slučajaja nabavljaju se gotovi odljevci jer je vrijeme obrade kraće od samih polualjaka.

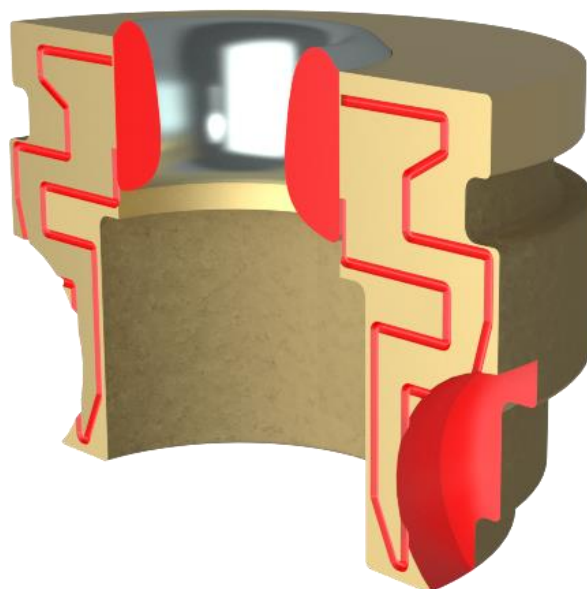
### 3.2 Glodanje

Kao što je prikazano na slici 10, glodanje je postupak koji se ponavlja više puta. Nakon razreza sirovca, ukoliko je polualjak, slijedi operacija glodanja, a ukoliko je gotov odljevak operacija glodanja koja se naziva DOMET prva je na redu. DOMET predstavlja operaciju glodanja koja se odvija prije metalizacije i sastoji se od uzdužnog i vertikalnog glodanja. Prvo se uzdužno gloda cijelo grlo muške i ženske polovice s lijeve strane, a onda naknado i s desne strane kako bi se poravnala površina na dvodjelnosti. Nakon toga paleta, u kojoj se nalazi veći broj grla, se zakreće za 90 stupnjeva i slijedi vertikalno glodanje. Vertikalno glodanje služi za izradu provrta na koji se kasnije kod metalizacije navaruje fazona grla. Grlo nakon prve operacije glodanja DOMET prikazano je na slici 11.



Slika 11. Kalup grla nakon DOMET-a [3]

Sljedeća operacija glodanja naziva se POMET i ona se odvija nakon postupka metalizacije. Kalup grla u toj fazi sve više poprima oblik konačnog proizvoda. Isto kao i kod operacije DOMET, POMET se sastoji od uzdužnog i vertikalnog glodanja. Uzdužno glodanje započinje glodanjem metaliziranog dijela grla kalupa na muškoj polovici te nakon toga isto se radi i na ženskoj polovici grla kalupa. Kod uzdužnog tokarenja također se izvodi skidanje oštih rubova odnosno glodanje kosina i glodanje šliceva. Također, izvode se i glodanje vakuum kanalića i glodanje špilrama ovisno o tome što kupac zahtjeva kod kalupa grla. Kod vertikalnog glodanja izrađuje se prihvatni dio za robota koji se koristi kod tokarenja te rupa za robota. Slika 12 prikazuje kalup grla nakon glodanja, odnosno POMETA. Na slici su crvenom bojom prikazani obrađeni šlicevi, kosine i dio metalizacije koji je glodan.

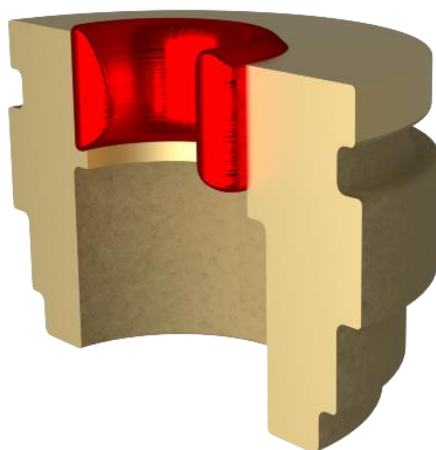


**Slika 12. Kalup grla nakon POMETA [3]**

### **3.3 Metalizacija**

Metalizacija je proces kod kojeg se navaruje tvrdi materijal na dio kalupa grla koji se zove fazona zbog toga što je taj dio u doticaju sa staklom i podvrgnut je puno većim temperaturama od ostalih dijelova kalupa grla. Materijal koji se koristi za metalizaciju je najčešće legura bazirana na niklu. Metalizaciju odnosno navarivanje najčešće vrši robot i laser, no izvodi se i ručno ukoliko su dimenzije koje je potrebno navariti izvan dimenzija robota,

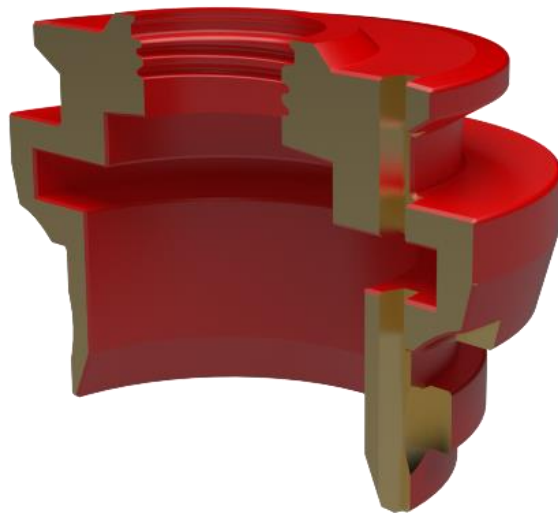
odnosno lasera. Svaki stroj koji vrši metalizaciju ima svog robotskog poslužitelja, no operater mora svejedno dostaviti paletu kalupa grla i namjestiti proces. Na slici 13 crvenom bojom je prikazan dio kalupa grla koji se metalizira.



**Slika 13. Kalup grla nakon metalizacije [3]**

### 3.4 Tokarenje

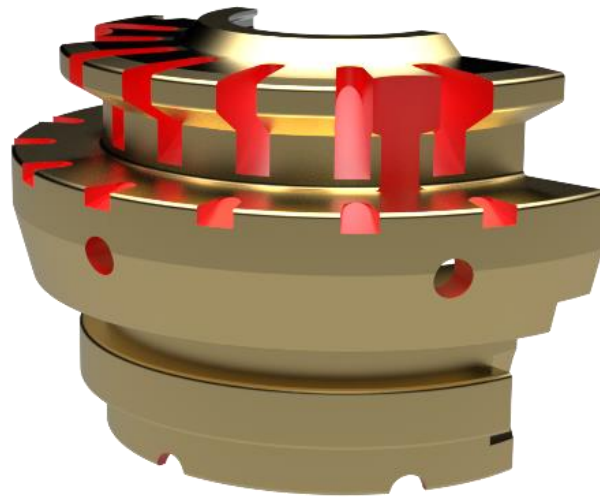
Tokarenje je najsloženiji proces u izradi kalupa grla i zahtijeva najviše vremena od svih proizvodnih postupka te svaki komad prolazi kroz tu fazu proizvodnje. Sve tokarilice u pogonu imaju dva vretena, dvije prihvatne glave. Na taj se način može obrađivati stražnja strana na lijevom vretenu te prednja strana kalupa grla na desnom vretenu. Takav način izrade uveliko smanjuje vrijeme stezanja kalupa grla, a samim time i ukupno vrijeme u proizvodnji. Lijeva strana vretena može tokariti vanjsku i unutarnju stranu kalupa grla, izraditi unutarnje i vanjske utore te gravuru po obodu ako je ima. Desna strana vretena može čeonu poravnati obradak, tokariti vanjski i unutarnji promjer te tokariti prizme i utora na prizmi. Na slici 14 crvenom bojom su prikazani dijelovi koji su tokareni.



**Slika 14. Kalup grla nakon tokarenja [3]**

### **3.5 Završno glodanje**

Završno glodanje posljednja je operacija koju je potrebno napraviti prije izrade gotovog proizvoda. Pojedine operacije koje se izvode na završnom glodanju također se mogu izraditi kod tokarenja, ali zbog preopterećenja strojeva izvode se u ovoj fazi. Općenito, u završno glodanje spada bušenje rupa, graviranje, bočno glodanje, ovalno glodanje te vertikalno glodanje utora za hlađenje. Isto kao i kod tokarenja, vrijeme proizvodnje u ovoj fazi zahtijeva više vremena u odnosu na druge proizvodne postupke. Na slici 15 crvenom bojom su prikazani glodani utori za hlađenje i u konačnici gotov proizvod.



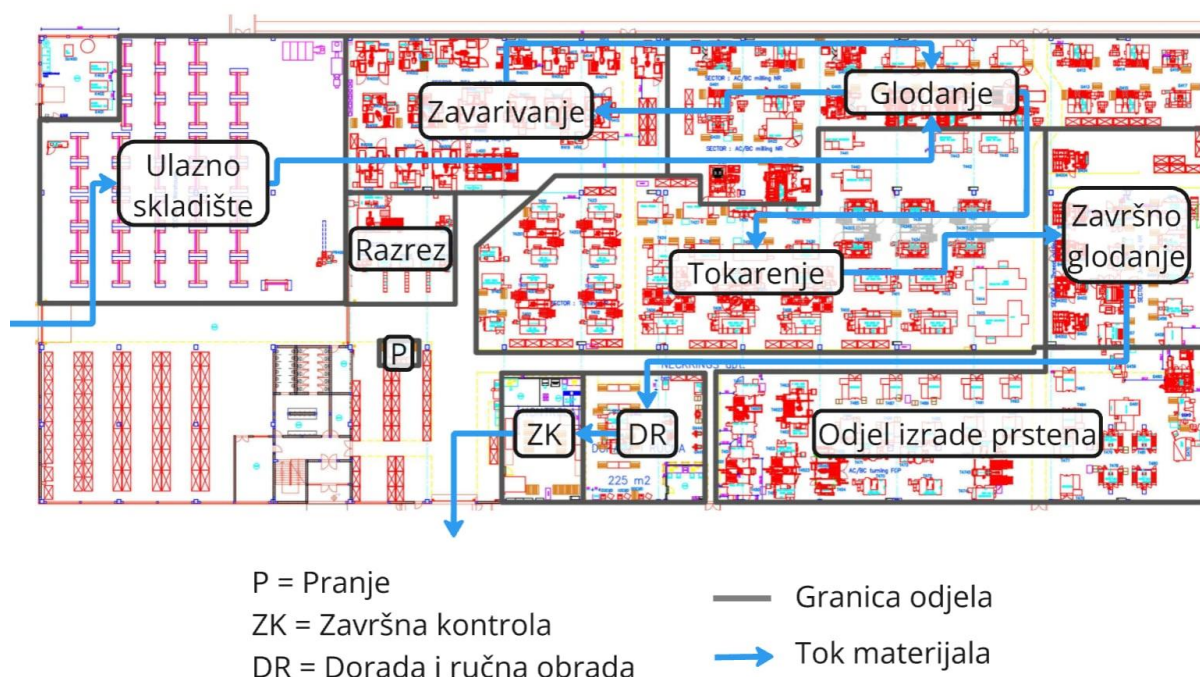
**Slika 15. Kalup grla nakon završnog glodanja [3]**



## 4. TOK MATERIJALA

Tok materijala spaja izradbene (tehnološke), skladišne, transportne i druge jedinice koje dolaze u kontakt s materijalom pomoću prostornih, vremenskih i organizacijskih veza s ciljem uspostavljanja proizvodnog procesa. [5] Definiranjem toka materijala omogućuje se optimalno prostorno raspoređivanje strojeva te određivanje potrebnih skladišnih (npr. sredstava za odlaganje) i transportnih (npr. viličari, transportni putevi) sredstava.

Na slici u nastavku prikazan je tok materijala u proizvodnoj hali tvrtke OMCO Croatia tijekom procesa izrade kalupa grla.



**Slika 16. Tok materijala**

Tok materijala započinje dopremanjem sirovaca u ulazno skladište nakon čega oni prolaze kroz postupak opisan u poglavlju 3. Nakon završnog glodanja po potrebi se obradci odvođe na doradu, a postupak završava završnom kontrolom, pakiranjem i slanjem na konačno odredište. Zbog sigurnosti radnika i imovine transport materijala između odjela trebao bi se provoditi po određenim transportnim putevima koji su na prikazanom tlocrtu označeni žutim linijama, no u poduzeću to često nije tako. Prostorni raspored prilagođen je redosljedu operacija.

Tok materijala može se kvantificirati i prikazati pomoću matrice toka materijala koja kao mjerenu vrijednost sadrži tzv. intenzivnost toka materijala. One mogu biti orijentirane i neorijentirane, a to ovisi o tome želimo li u obzir uzeti i smjer kretanja, a ne samo pravac.

Intenzivnost toka materijala između dva proizvodna elementa  $k$  i  $j$  za neki proizvod  $i$  računa se množenjem broja prijevoza po seriji tog proizvoda ( $n_{OI_i}$ ) s brojem serija u planskom razdoblju ( $n_{S_i}$ ):

$$b_{kj_i} = n_{OI_i} * n_{S_i}. \quad (1)$$

Ukupni transportni intenzitet  $b_{kj}$  između dva proizvodna elementa  $k$  i  $j$  dobiva se zbrajanjem intenzivnosti toka materijala  $b_{kj_i}$  za sve proizvode koji se kreću između tih elemenata:

$$b_{kj} = \sum_i b_{kj_i}. \quad (2)$$

Izračunata matrica toka materijala nadalje se može koristiti za optimiranje rasporeda elemenata u proizvodnoj hali, npr. pomoću metode trokuta. [5]

U ovome se radu neće računati matrica toka materijala s obzirom na to da to izlazi iz okvira ovog rada, te zbog kompleksnosti i raznovrsnosti proizvodnog asortimana. Djelomično i nisu dostupni podaci potrebni za njen izračun.

## 5. KATEGORIZACIJA PROIZVODA I PROIZVODNE RUTE

Prije nego što je provedena kategorizacija proizvoda izvršena je Pareto analiza. Vilfredo Pareto je u 19. stoljeću primijetio neravnotežu u raspodjeli bogatstva u Italiji, gdje je 80% bogatstva bilo koncentrirano u rukama 20% stanovništva. Ovaj obrazac, poznat kao "Pareto princip" ili "80/20 pravilo", kasnije je prepoznat u mnogim drugim područjima, uključujući upravljanje proizvodnjom i financijama. Pareto analiza pomaže identificirati ključne faktore ili elemente koji imaju najveći učinak, omogućujući organizacijama da se usmjere na optimizaciju tih područja, dok se manje učinkoviti elementi mogu smanjiti ili eliminirati. [6]

Ova analiza pokazala je da su tri vrste grla karakteristična za većinu proizvodnje, a to su:

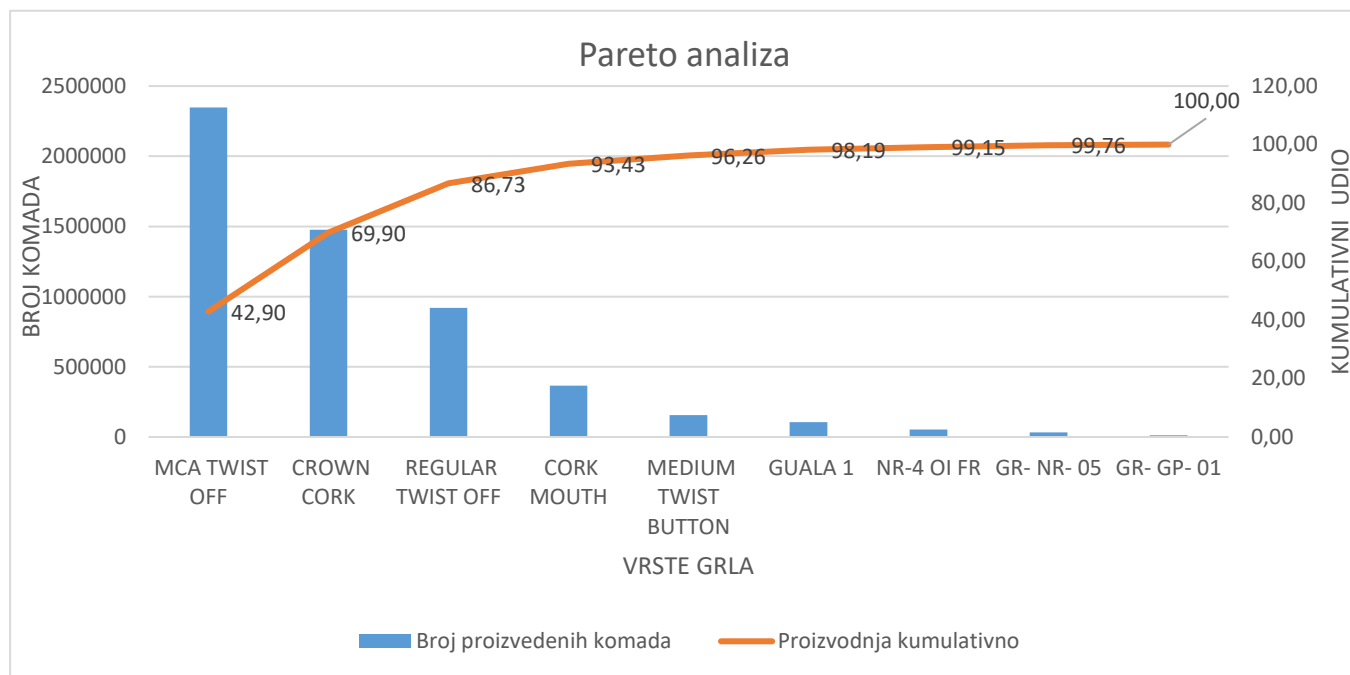
- MCA TWIST OFF s ukupno 2.347.596 proizvedenih komada, što čini 42,90% udjela u ukupnoj proizvodnji.
- CROWN CORK s 1.477.463 proizvedenih komada, što predstavlja 27,00% udjela u ukupnoj proizvodnji.
- REGULAR TWIST OFF s 920.733 proizvedenih komada, što čini 16,83% udjela u ukupnoj proizvodnji.

Navedeni tipovi grla odnosno njihove polovice prikazani su na slici. Lijevo se nalazi MCA TWIST OFF, u sredini je REGULAR TWIST OFF a desno je CROWN CORK.



Slika 17. Tipovi grla

Kumulativno, ovi proizvodi čine 86,73% ukupne proizvodnje, što jasno pokazuje njihovu dominantnu ulogu u proizvodnji, a upravo zbog toga ostali proizvodi bit će zanemareni u daljnjoj analizi. Slika 18 prikazuje rezultate ove Pareto analize, uključujući broj proizvedenih komada za svaku vrstu grla i njihov kumulativni udio u proizvodnji.



Slika 18. Pareto analiza proizvodnje kalupa grla

## 5.1 Kategorizacija proizvoda

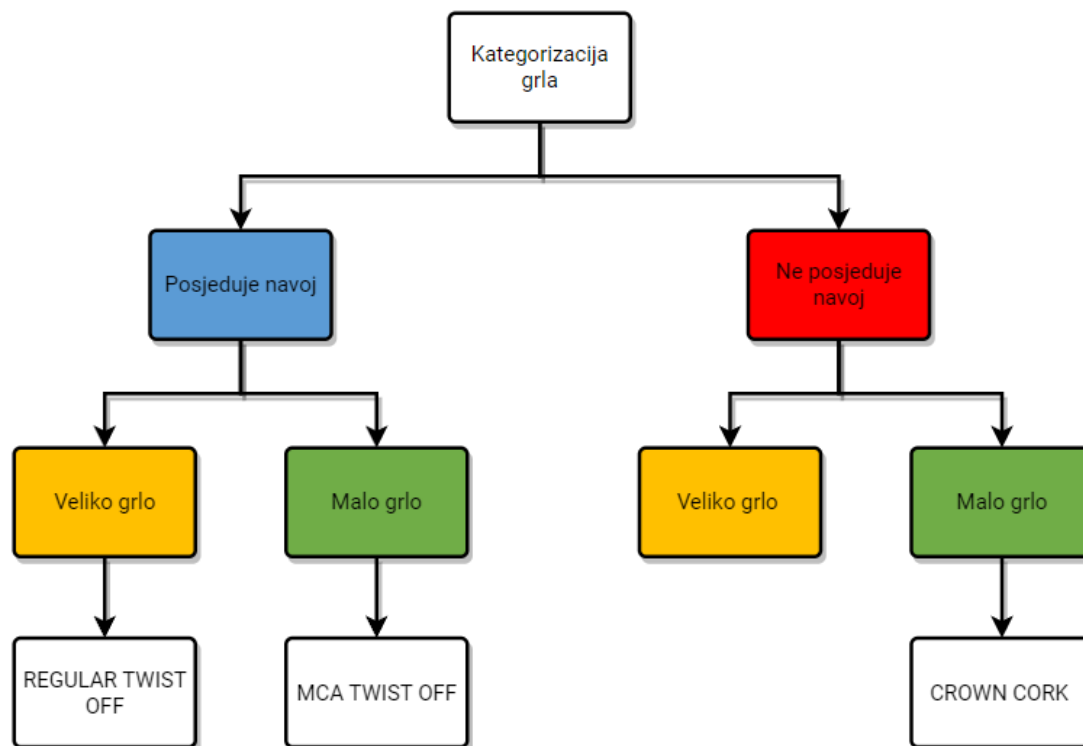
Nakon što su identificirani ključni proizvodi koji čine većinu u ukupnoj proizvodnji, sljedeći je korak njihova kategorizacija. Kategorizacija proizvoda omogućuje bolje razumijevanje specifičnih karakteristika svakog proizvoda i prilagođavanje proizvodnih procesa kako bi se optimizirala učinkovitost.

Proizvodi će biti kategorizirani na temelju dva kriterija:

1. prisutnost navoja
2. veličina grla.

Prisutnost navoja razlikuje proizvode koji imaju navoj od proizvoda bez navoja. Proizvodni proces grla s navojem je složeniji jer zahtijeva specifične tehnološke postupke i dodatno vrijeme za proizvodnju, dok grla bez navoja obično prolaze kroz jednostavniji i brži proizvodni proces. Drugi kriterij, veličina grla, kategorizira proizvode na velika i mala. Ova je podjela važna jer

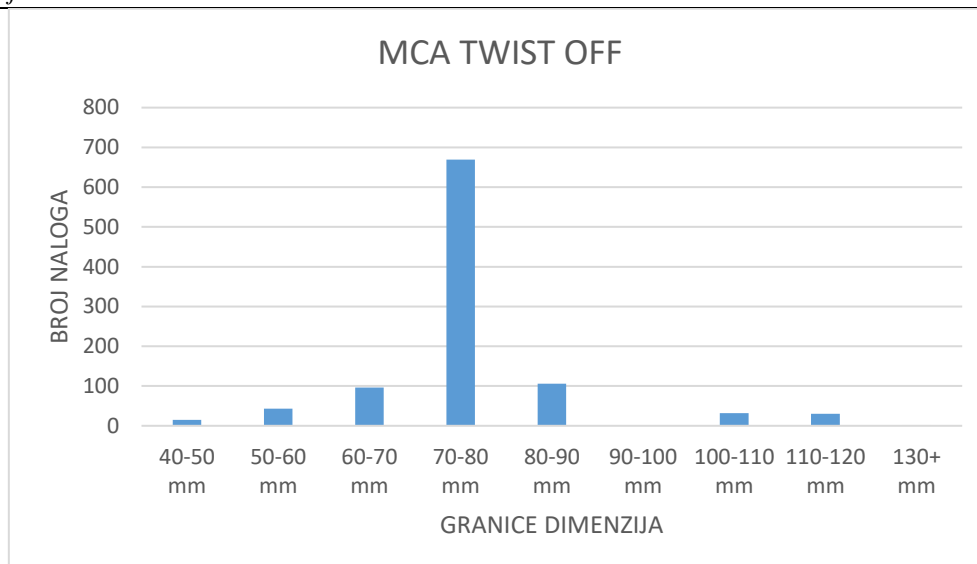
veća grla zahtijevaju više vremena i resursa za proizvodnju, dok se manja grla obično proizvode brže i s manje resursa. Navedena kategorizacija prema dimenzijama i prisutnosti navoja prikazana je na slici 19.



**Slika 19. Kategorizacija proizvoda**

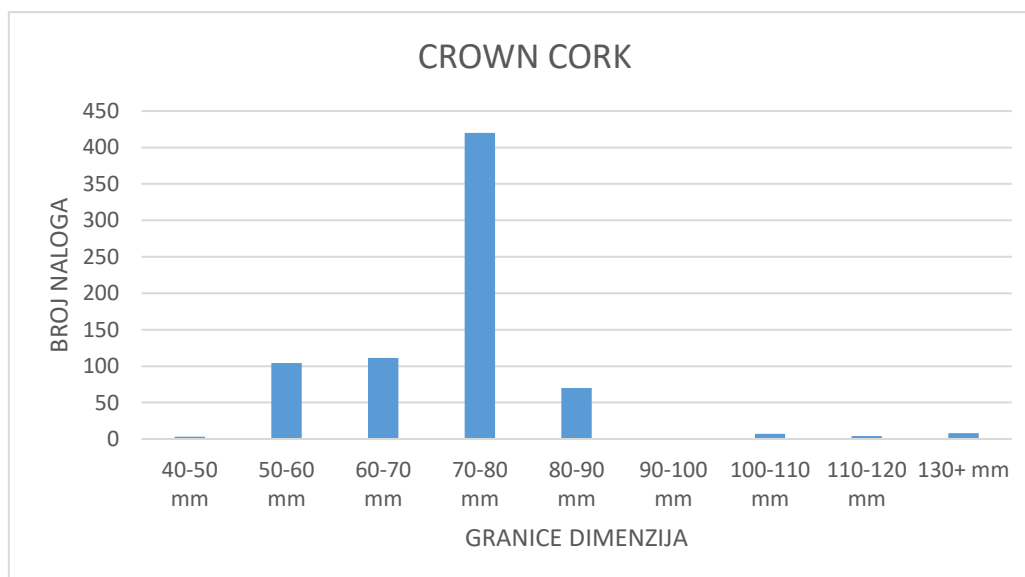
Kategorizacija prema prisutnosti navoja već je izvedena na temelju tipa grla. MCA TWIST OFF i REGULAR TWIST OFF grla imaju navoj, dok CROWN CORK grla nemaju navoj. Kategorizacija prema veličini grla provedena je na temelju dostupnih podataka u programu Microsoft Excel. Kako su podaci neorganizirani i veliki broj podataka se ponavlja, prvi korak bilo je njihovo sređivanje i strukturiranje. Kako bi se omogućila precizna analiza, izdvojeni su jedinstveni nalozi koji se ne ponavljaju. Nakon toga, korištenjem funkcije *XLOOKUP*, za svaki nalog identificiran je odgovarajući tip grla te odgovarajuća dimenzija vanjskog promjera prizme prema kojoj će se provesti kategorizacija. Zbog velikog broja različitih dimenzija postavljene su granice kako bi se postigao jasniji pregled.

Za MCA TWIST OFF tip grla, najveći broj naloga zabilježen je za grla dimenzije između 70 i 80 mm, s ukupno 669 naloga. Iz slike 20 može se primijetiti da su i ostale dimenzije zastupljene, ali u manjoj mjeri u usporedbi s dominantnom veličinom. Dimenzije iznad 100 mm najmanje su zastupljene u cijelom skupu podataka.



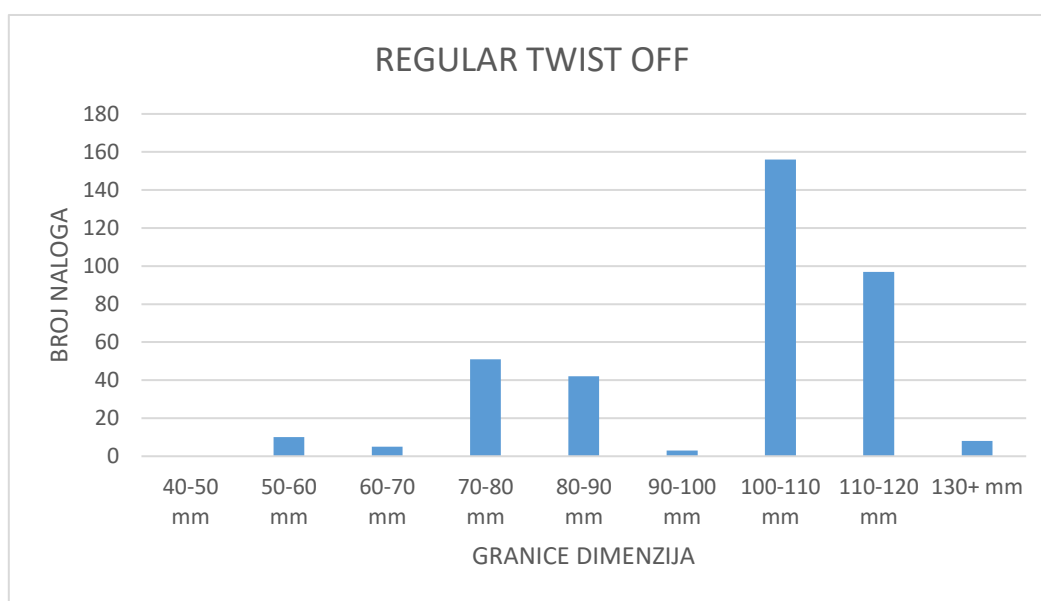
**Slika 20. Zastupljenost dimenzija za MCA TWIST OFF tip grla**

Ista analiza napravljena je i za CROWN CORK tip grla gdje najveći broj naloga, njih 420, sadrži dimenzije između 70 i 80 mm. Distribucija dimenzija prema veličini jako je slična MCA TWIST OFF tipu grla gdje su dimenzije najčešće između 50 i 90 mm. Navedeni opis prikazan je slikom 21.



**Slika 21. Zastupljenost dimenzija za CROWN CORK tip grla**

Za REGULAR TWIST OFF tip grla, analiza pokazuje da su najzastupljenije dimenzije između 100 i 110 mm, s ukupno 156 naloga. Slijede dimenzije između 110 i 120 mm, koje su također značajno zastupljene s oko 97 naloga. Iako su dimenzije između 70 i 80 mm te između 80 i 90 mm također prisutne, njihov broj naloga je znatno manji u usporedbi s dominantnim dimenzijama od 100-120 mm. Navedeni opis prikazan je slikom 22.



**Slika 22. Zastupljenost dimenzija za REGULAR TWIST OFF tip grla**

Na temelju provedene analize distribucije dimenzija, možemo zaključiti da REGULAR TWIST OFF tip grla pripada kategoriji većih grla. Ova klasifikacija proizlazi iz činjenice da su u ovom tipu grla dominantne dimenzije između 100 i 120 mm, što značajno odskaače od dimenzija zabilježenih kod drugih tipova grla. S druge strane MCA TWIST OFF i CROWN CORK tipovi grla pokazuju veću koncentraciju naloga za manje dimenzije, uglavnom u rasponu između 50 i 90 mm, što ih svrstava u kategoriju manjih grla.

## 5.2 Proizvodne rute

Proizvodne rute opisuju redosljed izvršavanja operacija nad materijalom s ciljem postizanja njegovog konačnog oblika, tj. gotovog proizvoda. Uz redosljed operacija one nam prikazuju i vremena obrade na svakom od elemenata rute te pripremno-završno vrijeme. Dok se tok materijala bavi fizičkim kretanjem materijala (sirovca, poluproizvoda itd.) unutar

promatranog područja, proizvodne rute bave se obradnim i drugim procesima koji se obavljaju nad tim materijalom. [7], [8]

Optimiranje proizvodnih ruta omogućuje nam efikasnije iskorištavanje resursa (ljudi, strojevi itd.), smanjenje vremena obrade i lakšu kontrolu kvalitete. [9]

Analiza proizvodnih ruta započela je pregledom broja operacija za sva tri tipa grla. Rezultati su pokazali da većina proizvodnih ruta obuhvaća između 10 i 15 operacija, a analiza je bila prilagođena broju proizvedenih komada. Operacije su uključivale razne dorade, popravke, poliranje, graviranje, pranje, ispuhivanje, skidanje srha i druge slične aktivnosti. Međutim, s obzirom na to da te operacije ne donose značajnu dodatnu vrijednost kao što daju ključni proizvodni procesi, zaključeno je da bi bilo korisnije fokusirati se na one operacije koje najviše doprinose vrijednosti proizvoda. To uključuje sve operacije glodanja, tokarenja, metalizacije te završnog glodanja.

Nakon ove početne analize za svaki tip grla izdvojene su sve operacije koje obuhvaćaju glodanje, tokarenje, metalizaciju i završno glodanje za svaki pojedini nalog i tip grla. Tijekom analize uočeno je da se neke operacije ponavljaju više puta za redom unutar istog naloga. Kako bi se olakšala identifikacija tih ponavljajućih operacija, primijenjena je funkcija koja dodjeljuje šifru svakoj pojedinoj operaciji. Pomoću Excelove funkcije  $IF(AND(A1=A2; B1=B3); "Duplikat"; "Jedinstveno")$ , identificirane su operacije koje se ponavljaju (označene kao "Duplikat") ili su jedinstvene (označene kao "Jedinstveno").

Ova funkcija radi tako da provjerava vrijednosti u stupcu A, gdje se nalaze nazivi operacija, te u stupcu B, gdje su pohranjene šifre tih operacija. Ako su operacije u dva uzastopna retka identične, tj. ako su naziv operacije u stupcu A i šifra u stupcu B isti u oba retka, funkcija označava taj redak kao "Duplikat". U suprotnom označava ga kao "Jedinstveno". Na ovaj način identificirale su se i uklonile ponavljajuće operacije.

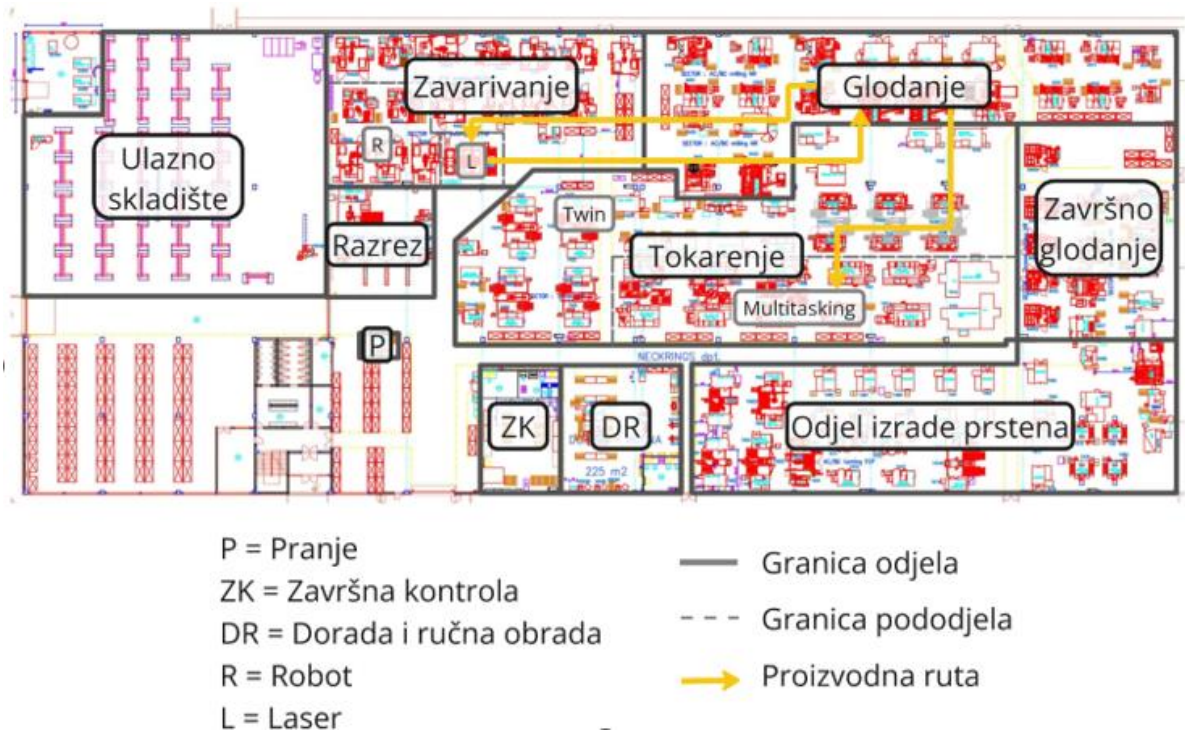
Operacije su prvo složene u proizvodne rute pomoću funkcije koja ih spaja prema istom nalogu, čime su identificirane sve kombinacije koje se koriste u proizvodnom procesu. Nakon što su rute definirane i analizirane uočeno je da operacije završnog glodanja, koje uključuju razne podoperacije (poput bušenja, glodanja utora, ovalnog glodanja, glodanja pod različitim kutovima i slične aktivnosti) doprinose značajnom rasipanju proizvodnih ruta. Ove varijacije završnog glodanja pojavljuju se u gotovo svim kombinacijama, što rezultira velikim brojem jedinstvenih proizvodnih ruta i dodatno komplicira standardizaciju i optimizaciju proizvodnog procesa. Stoga je zaključeno da bi izostavljanje završnog glodanja kao operacije u proizvodnim



rutama moglo značajno smanjiti složenost i broj mogućih kombinacija ruta. Ovim pristupom bi se omogućila veća standardizacija proizvodnih procesa, što bi potencijalno smanjilo troškove i povećalo učinkovitost proizvodnje zadržavajući pritom ključne operacije koje donose najviše dodatne vrijednosti, poput osnovnog glodanja, tokarenja i metalizacije.

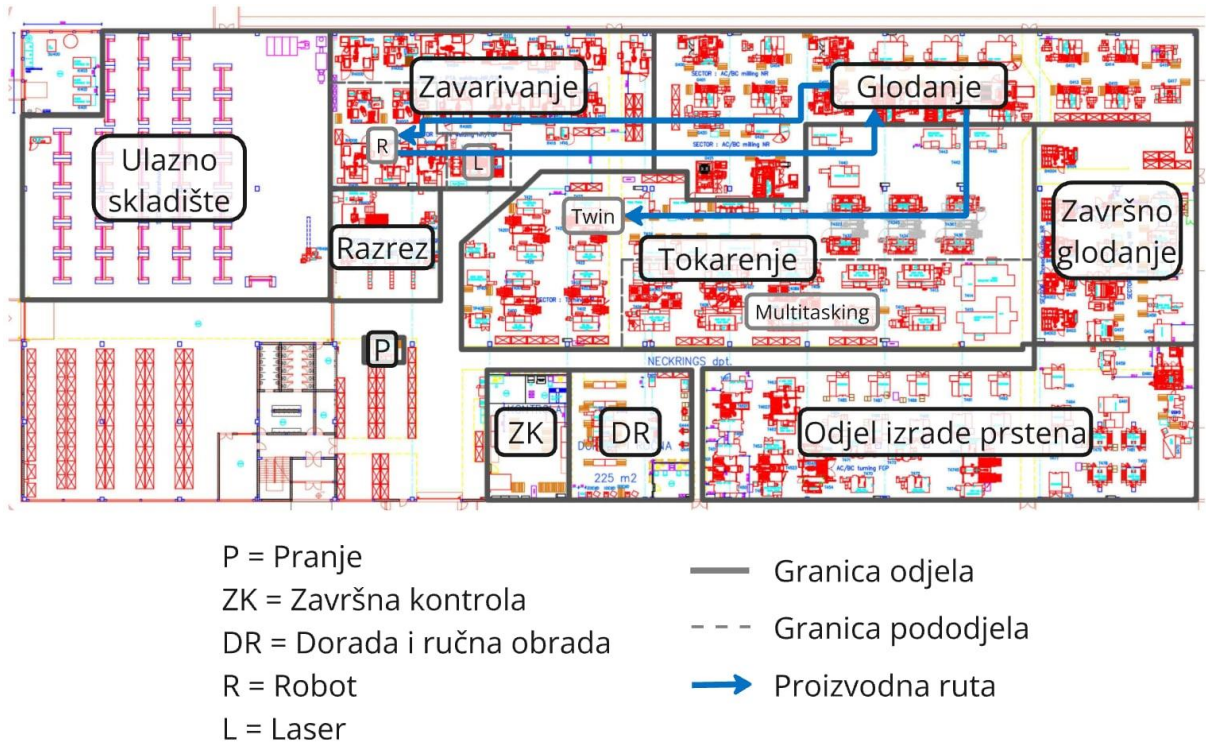
Nakon provedene analize i spajanja proizvodnih ruta, fokusirajući se samo na tri ključne operacije (glodanje, tokarenje i metalizaciju), rezultati su pokazali značajno smanjenje složenosti i broja kombinacija. Identificirane su sljedeće ključne proizvodne rute, a svaka od njih je i prikazana na nacrtu pogona:

1. Glodanje grla do metalizacije → Metalizacija grla na laseru → Glodanje grla po metalizaciji → Tokarenje grla multitasking



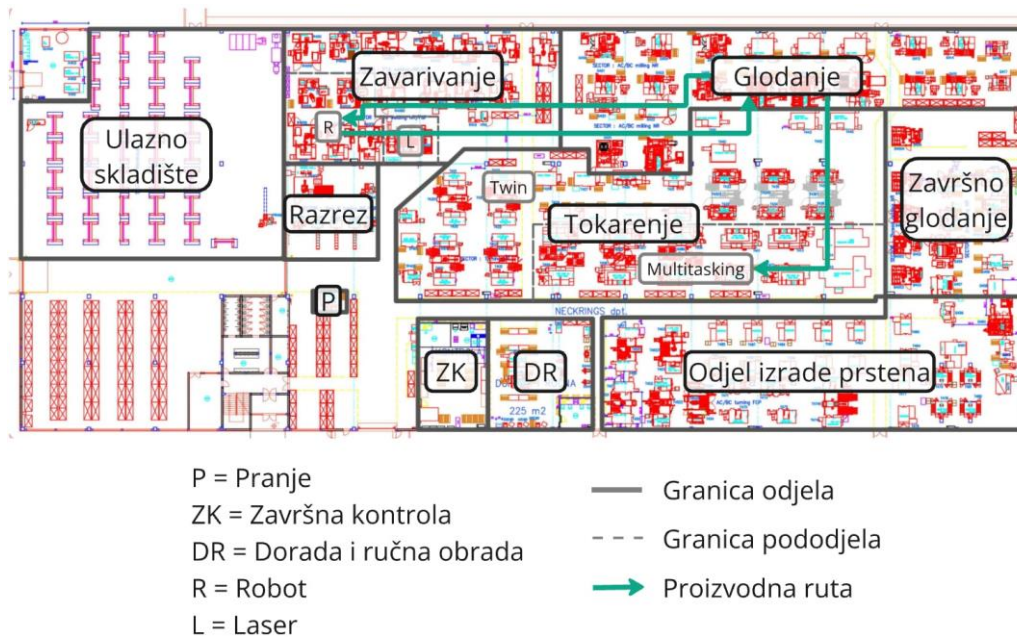
Slika 23. Prikaz prve proizvodne rute na nacrtu pogona

2. Glodanje grla do metalizacije → Metalizacija grla na robotu → Glodanje grla po metalizaciji → Tokarenje grla twin



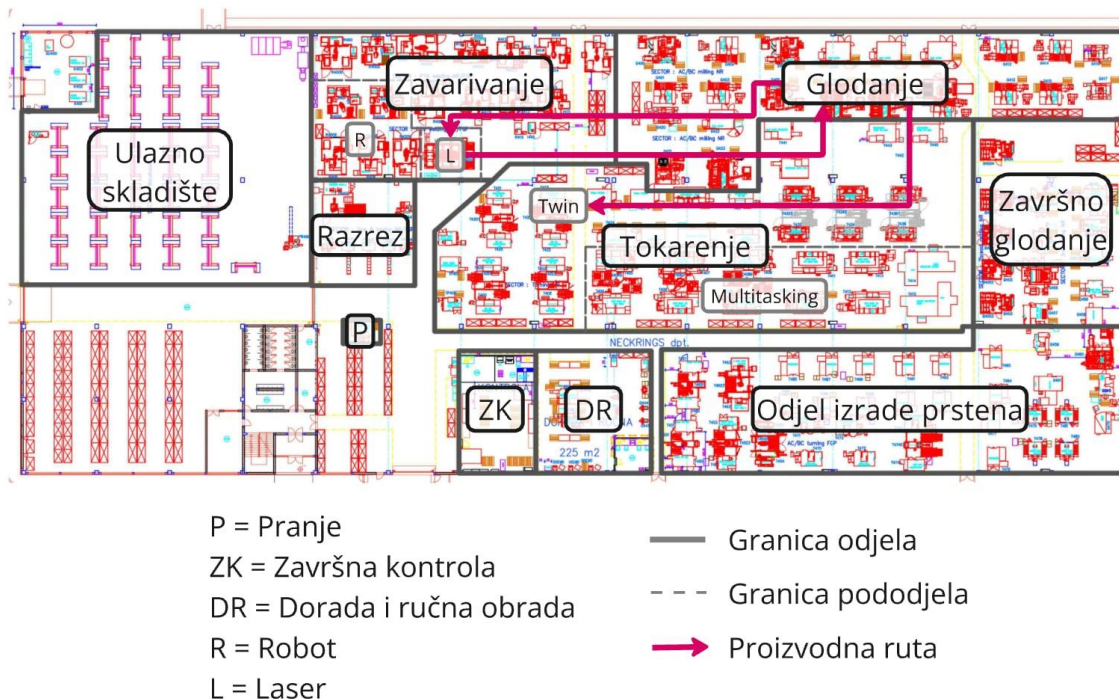
Slika 24. Prikaz druge proizvodne rute na nacrtu pogona

3. Glodanje grla do metalizacije → Metalizacija grla na robotu → Glodanje grla po metalizaciji → Tokarenje grla multitasking



Slika 25. Prikaz treće proizvodne rute na nacrtu pogona

4. Glodanje grla do metalizacije → Metalizacija grla na laseru → Glodanje grla po metalizaciji → Tokarenje grla twin



**Slika 26. Prikaz četvrte proizvodne rute na nacrtu pogona**

Svaki od tri tipa grla prolazi kroz navedene rute, ali u različitim učestalostima. Detaljnije objašnjenje o učestalostima pojedinih ruta te vremenima po ruti za određeni tip grla bit će obrađeno u poglavlju 6.

Glavne razlike u rutama proizlaze iz načina izvođenja metalizacije i tokarenja. Metalizacija se može izvoditi na dva načina: pomoću lasera ili pomoću robota. Laserska metalizacija pruža veću preciznost, zavaruje najčešće samo rubove fazone, što skraćuje vrijeme obrade. S druge strane metalizacija na robotu zavaruje cijelu fazonu, što čini postupak dužim. Tokarenje se također razlikuje ovisno o korištenoj opremi. Operacije se mogu izvoditi na obradnom centru koji omogućuje tokarenje u 5 osi i uključuje završno glodanje, a ova je operacija označena kao "Tokarenje grla multitasking". S druge strane jednostavnije operacije koriste obične tokarilice koje rade u samo dvije osi. Takva operacija je prikazana kao "Tokarenje grla Twin" te je prikladna za manje kompleksne proizvode. Također, bitno je napomenuti kako sva tri tipa grla prolaze kroz operacije glodanje do metalizacije i glodanje po metalizaciji.



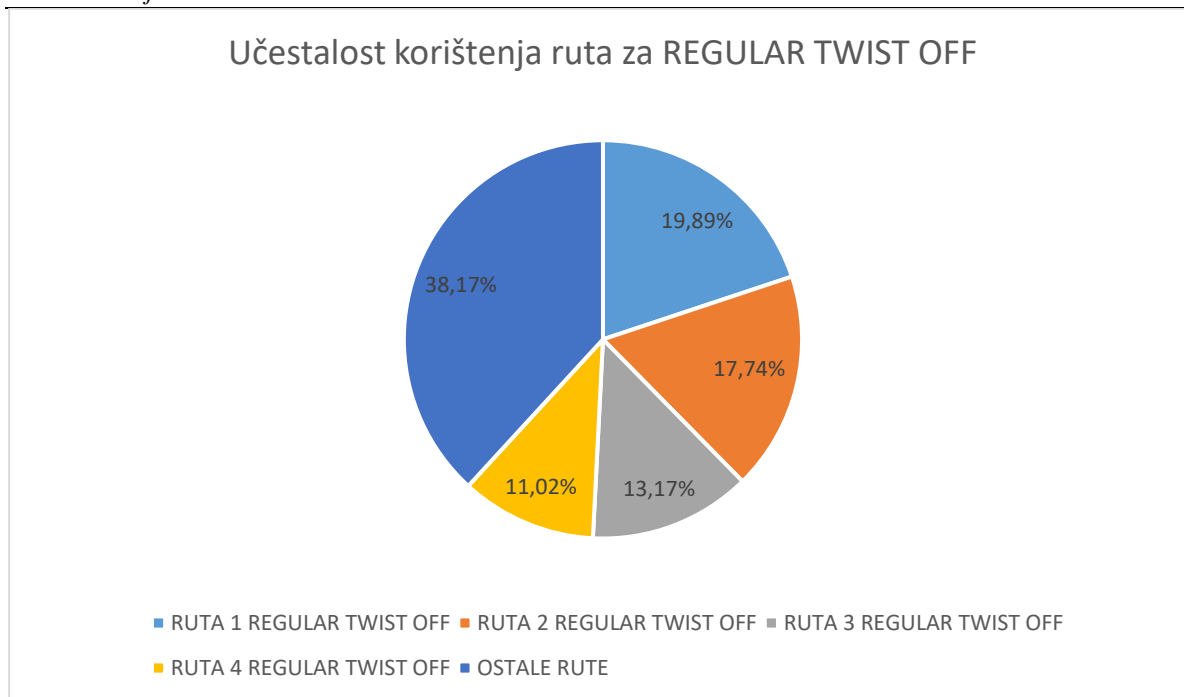
## 6. ANALIZA UČESTALOSTI PROIZVODNIH RUTA

Za analizu učestalosti proizvodnih ruta ključno je bilo razumjeti koliko se često svaka identificirana ruta koristi za različite tipove grla. Detaljna analiza provedena je u Excelu za svaki tip grla, pri čemu su rute raspoređene po pojedinim nalogima. Nakon definiranja i raspoređivanja svih ruta prebrojano je koliko se puta svaka ruta pojavljuje za svaki tip grla. Ova metoda omogućila je precizno određivanje učestalosti korištenja svake rute, pružajući uvid u to koje rute dominiraju u proizvodnom procesu.

Radi lakšeg korištenja i analize svaka ruta je nazvana po imenu, čime se izbjegava potreba za pisanjem cijelog tijeka rute. Za REGULAR TWIST OFF identificirane su četiri ključne rute. Prebrojan je broj naloga koji koristi svaku od tih ruta, što je omogućilo precizno određivanje zastupljenosti svake rute u proizvodnom procesu za ovaj tip grla. U nastavku su u tablici prikazane sve identificirane rute za REGULAR TWIST OFF, zajedno s brojem naloga koji su koristili svaku rutu, kao i prstenasti dijagram koji prikazuje udio svake rute u ukupnom broju naloga.

**Tablica 1 Identificirane rute za REGULAR TWIST OFF**

NAZIV RUTE	TIJEK RUTE	BROJ NALOGA
RUTA 1 REGULAR TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na laseru</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla multitasking</li> </ol>	76
RUTA 2 REGULAR TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	66
RUTA 3 REGULAR TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla multitasking</li> </ol>	49
RUTA 4 REGULAR TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na laseru</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	41



**Slika 27. Učestalost korištenja ruta za REGULAR TWIST OFF**

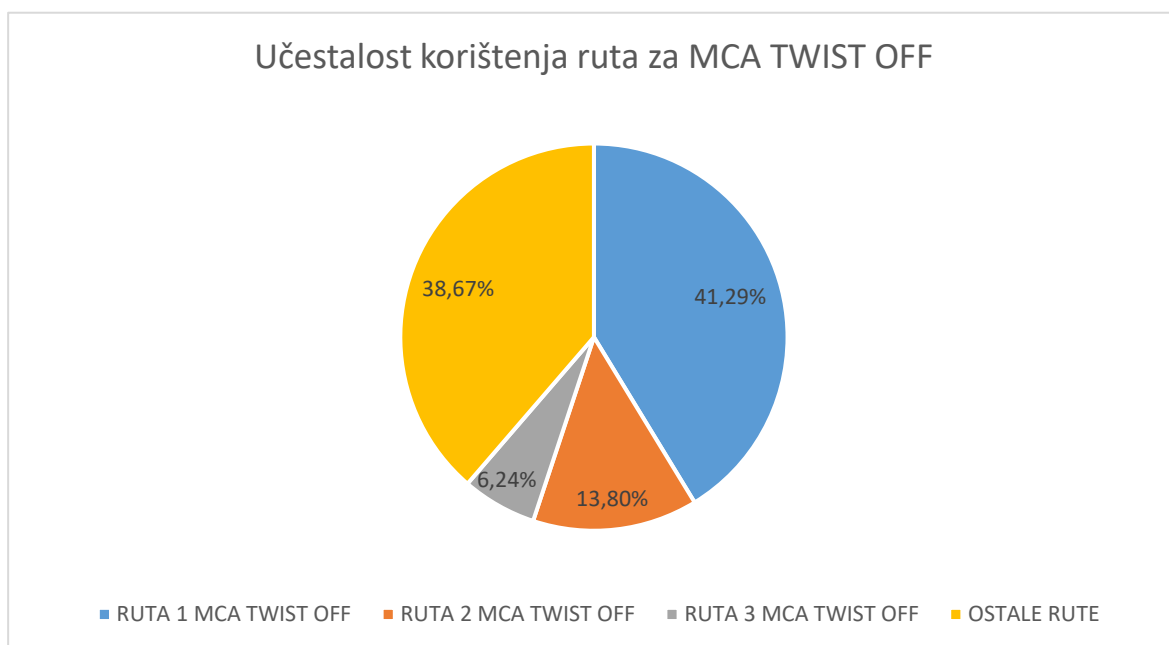
Grafikon prikazuje postotak naloga koji prolaze kroz svaku od četiri ključne rute, kao i udio ostalih ruta. Najzastupljenija je RUTA 1, s udjelom od 19,87%, što nije iznenađujuće s obzirom na to da REGULAR TWIST OFF tipovi grla često zahtijevaju složenije proizvodne procese. Zbog svoje kompleksnosti ovi se proizvodi češće izrađuju na multitasking strojevima, koji omogućuju istovremeno obavljanje operacija glodanja i tokarenja.

S druge strane, ostale rute, koje čine 38,17% ukupnog broja naloga, obuhvaćaju veliki broj različitih proizvodnih ruta. Iako zauzimaju značajan dio, ove su rute raznovrsne i ne koriste se jednako često kao glavne rute, što ukazuje na rasipanje u velik broj različitih varijacija unutar proizvodnog procesa.

Nakon analize učestalosti ruta za REGULAR TWIST OFF isti pristup primijenjen je i na MCA TWIST OFF grla. Ovdje su identificirane tri ključne proizvodne rute specifične za ovaj tip grla. Svaka ruta analizirana je u smislu njezine učestalosti, a rezultati su prikazani u tablici. Uz tablicu prikazan je i stupčasti dijagram koji pruža vizualni pregled učestalosti korištenja svake rute, čime se omogućuje jasniji uvid u to kako su ove rute raspodijeljene u proizvodnom procesu za MCA TWIST OFF grla.

**Tablica 2. Identificirane rute za MCA TWIST OFF**

NAZIV RUTE	TIJEK RUTE	BROJ NALOGA
RUTA 1 MCA TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	410
RUTA 2 MCA TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na laseru</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	137
RUTA 3 MCA TWIST OFF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla multitasking</li> </ol>	62

**Slika 28. Učestalost korištenja ruta za MCA TWIST OFF**

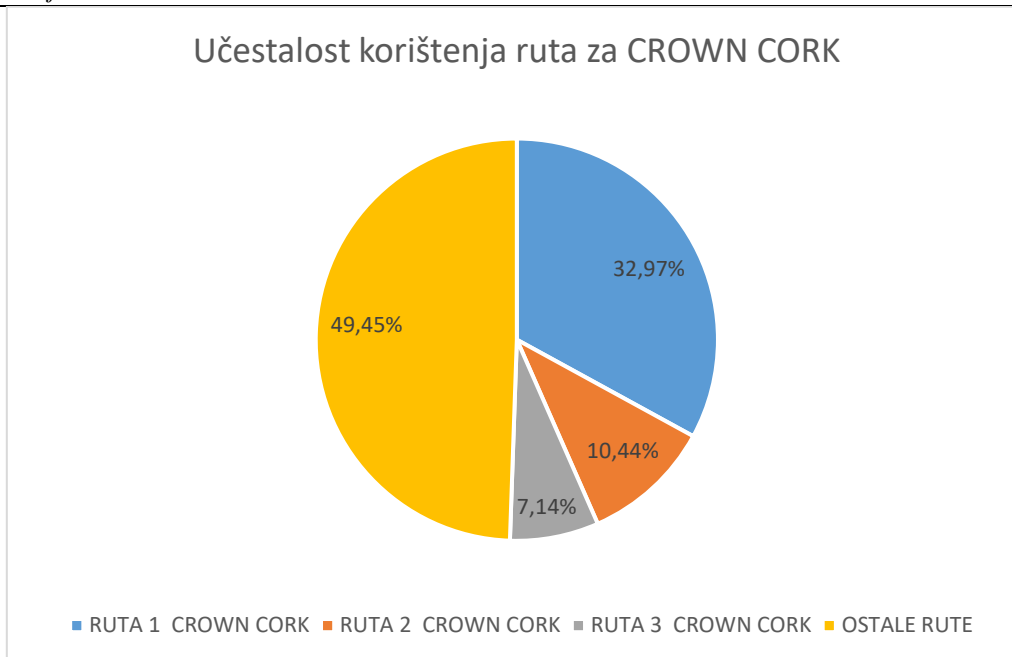
Grafikon prikazuje učestalost korištenja različitih ruta u proizvodnji za MCA TWIST OFF grla. Najzastupljenija je RUTA 1 MCA TWIS OFF, s udjelom od 41,29%, što ukazuje na

to da se ova ruta najčešće koristi u proizvodnom procesu za ovaj tip grla. S obzirom na to da se MCA TWIST OFF grla proizvode u najvećim količinama i obično su jednostavnija za obradu jer većinom ne zahtijevaju postupak završnog glodanja, većina naloga raspoređuje se na twin strojeve. Kako su upravo ovi strojevi najbrojniji u pogonu, ova proizvodna ruta postaje najlogičniji izbor. U slučajevima kada je završno glodanje ipak potrebno, ono se obavlja na odjelu sa specijaliziranim strojevima za završno glodanje. Slično kao što je to slučaj kod REGULAR TWIST OFF grla, ostale rute koje čine 38,67% ukupnog broja naloga sastoje se od raznih varijanti proizvodnih ruta. Iako predstavljaju značajan dio, te rute su raznovrsne i rjeđe korištene.

Nakon analize za REGULAR TWIST OFF i MCA TWIST OFF grla, sljedeći je korak analiza učestalosti proizvodnih ruta za CROWN grla. Za ovaj tip grla identificirane su, kao i kod MCA TWIST OFF, tri specifične rute koje odgovaraju njegovim proizvodnim zahtjevima. Rezultati su prikazani u tablici i grafički prikazani u prstenastom dijagramu.

**Tablica 3. Identificirane rute za CROWN**

NAZIV RUTE	TIJEK RUTE	BROJ NALOGA
RUTA 1 CROWN CORK	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	240
RUTA 2 CROWN CORK	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na robotu</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla multitasking</li> </ol>	76
RUTA 3 CRWON CORK	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Glodanje grla do metalizacije</li> <li>2. Metalizacija grla na laseru</li> <li>3. Glodanje grla po metalizaciji</li> <li>4. Tokarenje grla twin</li> </ol>	52



**Slika 29. Učestalost korištenja ruta za CROWN CORK**

Za CROWN grla najučestalija ruta također uključuje slijed operacija koje započinju glodanjem grla do metalizacije, zatim metalizacijom grla na robotu, slijedi glodanje grla po metalizaciji i završava tokarenjem grla na twin stroju. Ova ruta najčešće je korištena, slično kao i kod MCA TWIST OFF grla, s udjelom od 32,97% u ukupnom broju naloga. Ovo ukazuje na sličnosti u proizvodnim zahtjevima i procesima između ovih dvaju tipova grla, kao i na činjenicu da su proizvodi sami po sebi slični, s razlikom u tome što Crown Cork ne posjeduje navoj, dok MCA Twist Off posjeduje navoj. Ova razlika će se u daljnjoj analizi odraziti na vrijeme proizvodnje po pojedinoj ruti i tipu grla.

Uočeno je da se određeni slijed operacija unutar proizvodnih ruta ponavlja za različite tipove grla, što je omogućilo identifikaciju ključnih ruta koje se najčešće koriste u proizvodnom procesu. Na temelju ove analize, definirane su tri najučestalije rute koje čine značajan udio u ukupnoj proizvodnji za ova tri tipa grla.

RUTA 1 CROWN CORK, RUTA 1 MCA TWIST OFF, i RUTA 2 REGULAR TWIST OFF (koje sadrže slijed operacija: glodanje grla do metalizacije, metalizacija grla na robotu, glodanje grla po metalizaciji, tokarenje grla na twin stroju) čine 34,21% ukupne proizvodnje ova tri tipa grla, što ih čini najzastupljenijom rutom.

RUTA 2 CROWN CORK, RUTA 3 REGULAR TWIST OFF, i RUTA 3 MCA TWIST OFF (koje sadrže operacije: glodanje grla do metalizacije, metalizacija grla na robotu, glodanje grla po metalizaciji, tokarenje grla multitasking) čine 10,99% ukupne proizvodnje ova tri tipa grla, čime su druge po učestalosti.



RUTA 4 REGULAR TWIST OFF, RUTA 2 MCA TWIST OFF, i RUTA 3 CROWN CORK (koje uključuju operacije: glodanje grla do metalizacije, metalizacija grla na laseru, glodanje grla po metalizaciji, tokarenje grla na twin stroju) predstavljaju 8,93% ukupne proizvodnje ova tri tipa grla, čime su treće po učestalosti.

Iako je analiza učestalosti i broja naloga po pojedinoj ruti značajan korak, sama po sebi nije dovoljna za pružanje potpune slike o efikasnosti proizvodnog procesa. Da bi se dobilo sveobuhvatniji uvid i omogućila detaljna usporedba između različitih ruta i tipova grla, uzeta su u obzir i vremena proizvodnje po pojedinoj ruti. Analiza vremena omogućuje jasniju sliku o tome koje rute zahtijevaju više resursa i vremena, a koje su učinkovitije u pogledu trajanja obrade. Na taj se način može procijeniti ne samo koliko se često neka ruta koristi već i koliko je ona vremenski zahtjevna u odnosu na druge rute za isti ili različit tip grla.

Za analizu vremena proizvodnje po pojedinoj ruti bilo je ključno prikupiti podatke o vremenu trajanja svake operacije unutar tih ruta za sve tipove grla. Prvi korak u ovom procesu bio je filtriranje naloga prema specifičnoj ruti i tipu grla. Svi relevantni nalozi koji su obuhvaćali određenu rutu i tip grla ručno su izdvojeni iz većeg skupa podataka. Nakon toga prikupljena su vremena za svaku pojedinu operaciju unutar tih naloga, čime je osigurana preciznost u daljnjoj analizi. Nakon što su svi podaci o vremenu obrade po nalogima prikupljeni zbrojeno je ukupno vrijeme trajanja svake operacije unutar određene rute za svaki tip grla. Kako bi rezultati bili konzistentni i usporedivi, prosječno vrijeme proizvodnje po jednom komadu izračunato je na temelju uzorka od 40 naloga po ruti. Ovaj uzorak omogućuje ujednačenu usporedbu između različitih tipova grla i ruta, pružajući jasniji uvid u efikasnost svakog pojedinog proizvodnog procesa. Zbog jasnijeg prikaza rute po tipu grla i njihova prosječna vremena prikazane su u tablicama koje slijede.

**Tablica 4. Prosječna vremena ruta za REGULAR TWIST OFF**

NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
RUTA 1 REGULAR TWIST OFF	36,24
RUTA 2 REGULAR TWIST OFF	35,98
RUTA 3 REGULAR TWIST OFF	42,83
RUTA 4 REGULAR TWIST OFF	34,2

RUTA 3 REGULAR TWIST OFF, koja obuhvaća operacije glodanja grla do metalizacije, metalizaciju grla na robotu, glodanje grla po metalizaciji i „tokarenje grla multitasking“, ima najduže prosječno vrijeme po komadu od 42,83 minute. Razlog tome je

završna operacija "tokarenje grla multitasking," koja uključuje završno glodanje, što značajno produljuje vrijeme proizvodnje.

RUTA 1 REGULAR TWIST OFF, koja također uključuje fazu „tokarenje grla multitasking“, ima kraće vrijeme proizvodnje od 36,24 minute. Razlika u trajanju rezultat je metalizacije na laseru, pri čemu se navaruju samo rubovi fazone, a ne cijela fazona.

RUTA 2 REGULAR TWIST OFF, koja uključuje glodanje grla do metalizacije, metalizaciju grla na robotu, glodanje grla po metalizaciji i tokarenje grla na twin stroju, ima prosječno vrijeme od 35,98 minuta. S druge strane, RUTA 4 REGULAR TWIST OFF, koja koristi sličan redoslijed operacija uz metalizaciju na laseru, ima najkraće vrijeme od 34,20 minuta.

**Tablica 5. Prosječna vremena ruta za MCA TWIST OFF**

NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
RUTA 1 MCA TWIST OFF	33,76
RUTA 2 MCA TWIST OFF	27,19
RUTA 3 MCA TWIST OFF	41,58

**Tablica 6. Prosječna vremena ruta za CROWN CORK**

NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
RUTA 1 CROWN CORK	31,5
RUTA 2 CROWN CORK	33,33
RUTA 3 CROWN CORK	25,07

Sličan obrazac može se primijetiti i kod ostalih tipova grla, CROWN CORK i MCA TWIST OFF. Kod svih tipova grla vremena proizvodnje variraju ovisno o vrsti tokarenja. Kada se koristi tokarenje multitasking, vrijeme je značajno dulje zbog završnog glodanja, dok je kod tokarenja na twin stroju proces kraći jer ne uključuje završno glodanje. Također, vrijeme proizvodnje je kraće kada se metalizacija obavlja na laseru jer se navaruju samo rubovi fazone, dok je metalizacija na robotu duža zbog kompleksnijeg procesa koji uključuje cijelu fazonu. Ovi faktori dosljedno utječu na varijacije u ukupnom vremenu proizvodnje. Time je završena

analiza vremena proizvodnih ruta unutar istog tipa grla, pružajući uvid u to kako različite operacije utječu na ukupno trajanje proizvodnje.

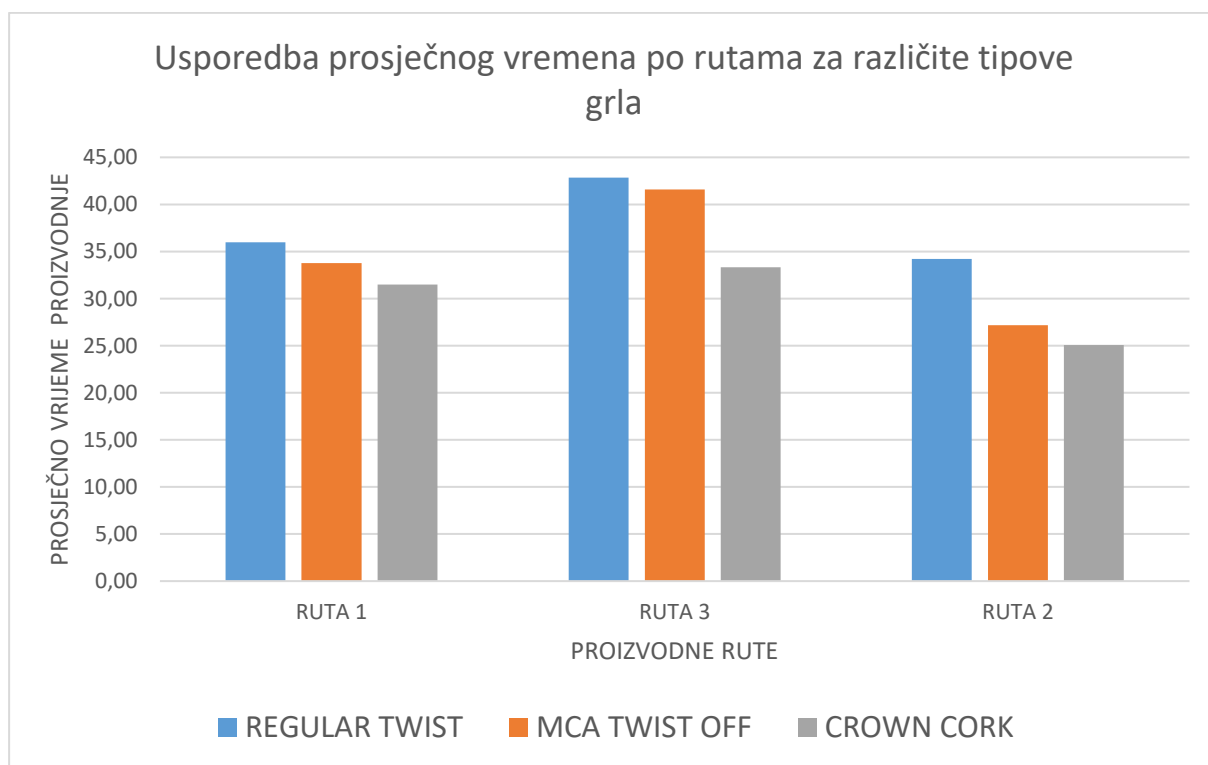
Nadalje, uočeno je kako postoje razlike u vremenima unutar istih proizvodnih ruta za različite tipove grla, što ukazuje na specifičnosti svakog tipa grla i na to kako određeni procesi mogu varirati ovisno o karakteristikama pojedinog proizvoda. U nastavku su prikazane tablice koje prikazuju prosječna vremena proizvodnje po istom tijeku ruta za svaki tip grla.

**Tablica 7. Usporedba vremena ruta prema istom tijeku rute**

TIJEK RUTE	NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
1. Glodanje grla do metalizacije	RUTA 2 REGULAR TWIST OFF	35,98
2. Metalizacija grla na robotu	RUTA 1 MCA TWIST OFF	33,76
3. Glodanje grla po metalizaciji	RUTA 1 CROWN CORK	31,50
4. Tokarenje grla twin		
TIJEK RUTE	NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
1. Glodanje grla do metalizacije	RUTA 3 REGULAR TWIST OFF	42,83
2. Metalizacija grla na robotu	RUTA 3 MCA TWIST OFF	41,58
3. Glodanje grla po metalizaciji		
4. Tokarenje grla multitasking	RUTA 2 CROWN CORK	33,33

TIJEK RUTE	NAZIV RUTE	PROSJEČNO VRIJEME/ KOMAD [min]
1. Glodanje grla do metalizacije	RUTA 4 REGULAR TWIST OFF	34,20
2. Metalizacija grla na laseru	RUTA 2 MCA TWIST OFF	27,19
3. Glodanje grla po metalizaciji	RUTA 3 CROWN CORK	25,07
4. Tokarenje grla twin		

Zbog bolje preglednosti napravljen je stupčasti grafikom prikazan na slici, koji jasno prikazuje razlike u prosječnim vremenima proizvodnje po istom tijeku ruta za različite tipove grla.



**Slika 30. Grafički prikaz usporedbe vremena za rute u ovisnosti o tipu grla**

Iz grafikona se može primijetiti kako za svaki tijek rute REGULAR TWIST OFF tip grla ima najduže vrijeme proizvodnje. Nakon njega slijedi MCA TWIST OFF, dok CROWN

---

CORK ima najkraće vrijeme obrade. REGULAR TWIST OFF ima najduže vrijeme jer sadrži navoj i veće je grlo, što čini ovaj proizvod kompleksnijim za obradu. MCA TWIST OFF također posjeduje navoj, ali je manje veličine, zbog čega je vrijeme obrade nešto kraće. CROWN CORK ima najmanje vrijeme obrade jer su to mala grla bez navoja.

## **7. PRIJEDLOG OPTIMIZACIJE**

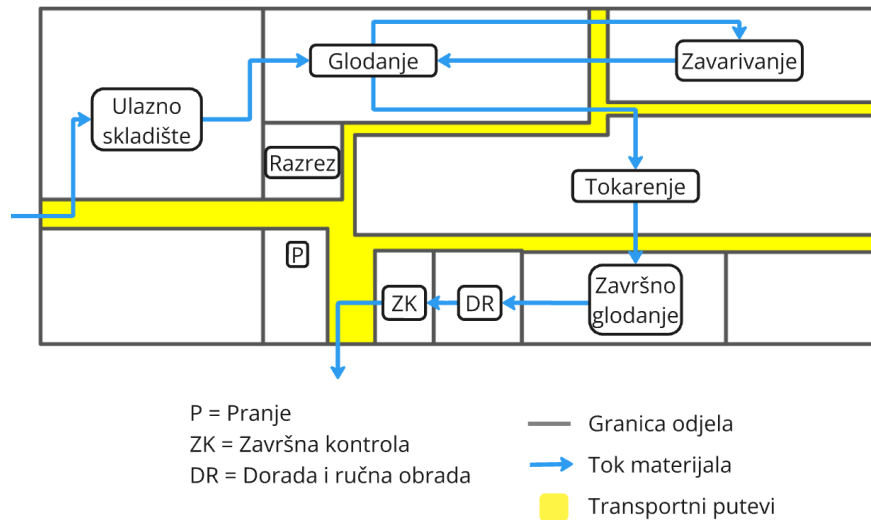
Tijekom analize proizvodnog procesa uočeno je više područja gdje se može povećati efikasnost procesa i sigurnost radne okoline. Potencijalne mogućnosti za poboljšanje uključuju:

1. promjenu rasporeda odjela u proizvodnoj hali
2. uvođenje dodatnog transportnog puta
3. nabavu više lasera za metalizaciju
4. nabavu više strojeva koji mogu istovremeno izvršavati operacije glodanja i tokarenja (multitasking).

### **7.1 Promjena rasporeda odjela u proizvodnoj hali**

Prilikom izrade toga materijala primijećeno je da raspored odjela nije u potpunosti prilagođen toku materijala. Iako materijal (obradak) u većini slučajeva kreće od operacije glodanja, odjel u kojem se ta operacija odvija nalazi se na suprotnoj strani proizvodne hale, čime se nepotrebno produljuje vrijeme kretanja materijala. Upravo zbog toga predlaže se zamjena mjesta odjela metalizacije i odjela gdje se odvija operacija glodanja.

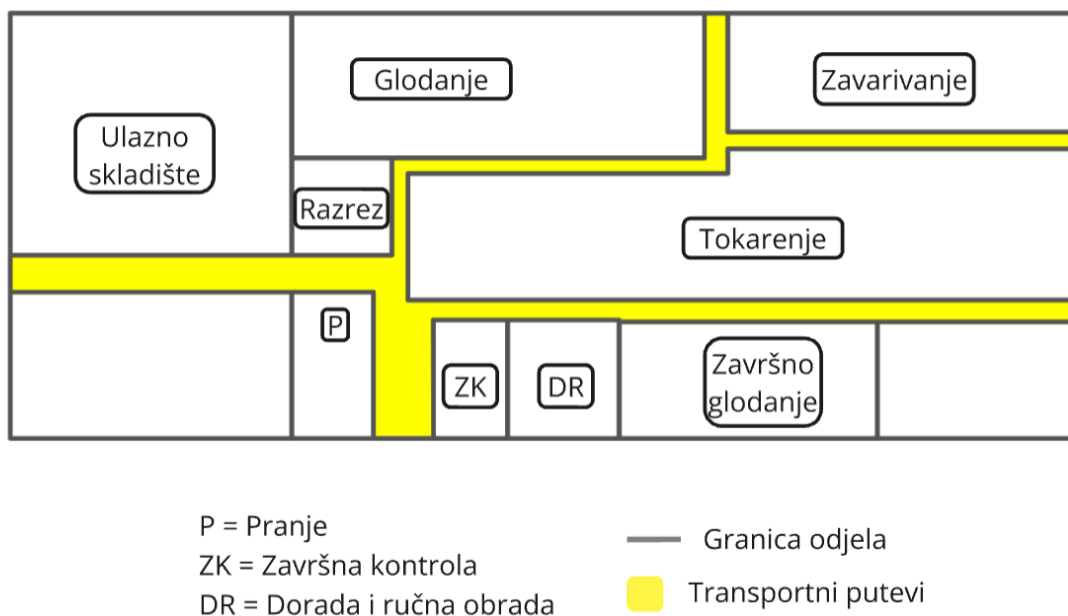
Nadalje, s obzirom na to da se proces izrade prstena odvija odvojeno od procesa izrade grla kalupa nije bitno to da se nalaze u istoj hali. Zbog toga se predlaže premještanje odjela izrade prstena u novoizgrađenu halu kako bi se oslobodio prostor za poboljšanje rasporeda ostalih odjela bitnih za izradu kalupa grla. Taj bi postupak omogućio i oslobađanje prostora za smještanje novih strojeva. Na nacrtu u nastavku prikazan je približan raspored odjela koji bi smanjio nepotrebno kretanje materijala kroz halu.



**Slika 31. Okvirni prijedlog novog rasporeda**

## 7.2 Uvođenje dodatnog transportnog puta

U hali je primijećen nedostatak adekvatnih transportnih puteva između pojedinih odjela što otežava kretanje materijala. Nepravilno skladištene palete proizvoda koji čekaju na obradu ili su neposredno završili s obradom često smetaju u transportu materijala i kretanju radnika. Zbog toga dodani su transportni putevi između svih odjela i predlaže se strože kontroliranje njihove prohodnosti.



**Slika 32. Prijedlog novih transportnih puteva**

---

### **7.3 Nabava više lasera za metalizaciju**

Kod analize proizvodnih ruta za svaki tip grla ustanovljeno je da barem jedna ruta po tipu grla uključuje operaciju metalizacije grla na laseru. Za REGLAR TWIST OFF 50,43% naloga koji su obuhvaćeni najučestalijim rutama prolaze kroz operaciju metalizacije na laseru. Ista spoznaja odnosi se i na 22,49% MCA TWIST OFF te 14,13 % CROWN CORK tip grla. Kroz ovu operaciju prolaze i neki od ostalih tipova grla koji nisu razmatrani u ovom radu zbog njihove manje zastupljenosti u ukupnoj proizvodnji. Povećanjem odnosno kupnjom više strojeva tog tipa smanjilo bi se opterećenje na trenutno jedinom laseru.

### **7.4 Nabava više multitasking strojeva**

Jedan od prijedloga koji bi se mogao realizirati je nabava više strojeva koji istovremeno obavljaju tokarenje i završno glodanje. Time bi se smanjilo kretanje materijala i pripremno-završno vrijeme jer materijal ne treba putovati između odjela tokarenja i završnog glodanja te nema više potrebe za dodatnim vađenjem svakog proizvoda iz tokarilice i pripremanjem obrade na glodalici. Strojevi koji služe za završno glodanje mogu se prenamijeniti za operacije glodanja do metalizacije i glodanja po metalizaciji.



## 8. ZAKLJUČAK

U prvom dijelu rada opisano je poduzeće za izradu staklarskih alata OMCO Croatia d.o.o. i njihova povijest. U proizvodnji staklene ambalaže sudjeluje široki asortiman alata. Alat koji se najviše troši je kalup grla zbog izloženosti visokim temperaturama. Uslijed toga on, uz pretkalup i kalup, čini većinu proizvodnje tvrtke. Tako se i ovaj završni rad fokusira na analizu procesa izrade kalupa grla.

U drugom se dijelu, radi boljeg razumijevanja, daje pregled procesa izrade kalupa grla, kojeg čine operacije razreza, glodanja, metalizacije i tokarenja. Strojevi su grupirani u odjele ovisno o vrsti obrade, a njihov je prostorni raspored i kretanje materijala unutar pogona prikazan na dijagramu toka materijala.

Nakon toga provedena je Pareto analiza na temelju koje su pronađeni najčešći tipovi grla – REGULAR TWIST OFF, MCA TWIST OFF i CROWN CORK. Oni su potom kategorizirani prema veličini i prisutnosti navoja.

Slijedio je postupak identifikacije proizvodnih ruta u kojem se javilo veliko rasipanje zbog mnogih varijacija u završnom glodanju. Radi lakše standardizacije ruta bilo je potrebno isključiti završno glodanje i uzeti u obzir samo operacije koje donose najveću vrijednost konačnom proizvodu. Zaključeno je da svaki tip grla prolazi kroz četiri glavne rute koje se sastoje od glodanja do metalizacije, metalizacije na laseru ili robotu, glodanja po metalizaciji te tokarenja na twin ili multitasking strojevima.

U radu je provedena i analiza učestalosti proizvodnih ruta prema broju naloga koji prolaze pojedinom rutom. Pokazalo se da je ukupno najučestalija ruta, kada uzmemo u obzir sva tri tipa grla, ona ruta koja uključuje glodanje do metalizacije, metalizaciju na robotu, glodanje po metalizaciji te tokarenje na twin strojevima. Nakon toga provedena je analiza vremena obrade u ovisnosti o ruti i tipu proizvoda. Uočeno je da se vremena obrade produljuju ovisno o veličini (složenosti) grla i prisutnosti navoja.

U posljednjem dijelu rada dani su prijedlozi moguće optimizacije toka materijala i proizvodnog procesa. Prvo je predložena promjena rasporeda odjela u proizvodnoj hali kojom bi se smanjilo nepotrebno kretanje materijala. Također, prilikom izrade novog rasporeda dodani su transportni putevi za koje se smatra da bi poboljšali protok materijala kroz proizvodnu halu i omogućili radnicima sigurnije kretanje. U konačnici preporučena je nabava više lasera za metalizaciju i multitasking strojeva. Većim brojem lasera smanjilo bi se opterećenje trenutno

---

jedinog takvog stroja, dok bi se nabavom više multitasking strojeva umanjilo pripremno-završno vrijeme i transport materijala između odjela.

---

**LITERATURA**

- [1] »Recikliranje stakla: Povijest stakla,« Vetropack, [Mrežno]. Available: <https://recikliranje-stakla.com/saznaj-vise/povijest-stakla/>.
- [2] »FSB 100: OMCO,« Fakultet strojarstva i brodogradnje, [Mrežno]. Available: <https://100.fsb.hr/hr/262/OMCO>.
- [3] Pružio OMCO Croatia d.o.o..
- [4] »Tvornica iz Zagorja proizvodi bočice za najpopularnije piće na svijetu,« Poslovni.hr, 6. listopada 2015. [Mrežno]. Available: <https://www.poslovni.hr/hrvatska/tvornica-iz-zagorja-proizvodi-bocice-za-najpopularnije-pice-na-svijetu-302807>.
- [5] Z. Kunica, *Projektiranje proizvodnih sustava - Tok materijala (prezentacija)*, Fakultet strojarstva i brodogradnje.
- [6] T. Powell i T. Sammut-Bonnici, »Pareto Analysis,« u *Wiley Encyclopedia of Management*, John Wiley & Sons, 2015.
- [7] S. K. Das i P. Nagendra, »Selection of routes in a flexible manufacturing facility,« *International Journal of Production Economics*, pp. 237-247, 14. veljače 1997.
- [8] *Tehnička logistika - Poglavlje 2: Rukovanje materijalom (prezentacija)*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2013.
- [9] O. Muscad, »Understanding Production Routing: An In-Depth Guide,« DataMyte, 21. rujna 2023. [Mrežno]. Available: <https://datamyte.com/blog/production-routing/>. [Pokušaj pristupa 2024].