

# Analiza rasklapanja pri popravku alatnog stroja

---

Škrivanek, Tihomir

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:235:509099>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Tihomir Škrivanek

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

Voditelj rada:  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl. ing.

Student:  
Tihomir Škrivanek

Zagreb, 2015.

# ZADATAK



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne 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:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Tihomir Škrivanek** Mat. br.: 0035189236

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza rasklapanja pri popravku alatnog stroja**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of disassembly in the repair of the machine tool**


Opis zadatka:

U radu je potrebno:

1. opisati značaj popravaka alatnih strojeva;
2. opisati proizvodno-radno okruženje u kojemu se odvija rasklapanje te poslovno-tehnički postupak servisiranja;
3. odabrati karakterističan sklop nekog alatnog stroja te opisati i analizirati radnje pri njegovom popravku;
4. u svrhu povišenja učinkovitosti i dohodovnosti, razmotriti mogućnosti i predložiti unapređenja procesa demontaže odabranog sklopa alatnog stroja.

Zadatak zadan:  
25. studenog 2014.


Zadatak zadao:

  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Rok predaje rada:  
1. rok: 26. veljače 2015.  
2. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:  
1. rok: 2., 3., i 4. ožujka 2015.  
2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno koristeći se znanjem stečenim tokom dosadašnjeg studija te informacijama iz literature i sa interneta.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na stručnoj pomoći i razumijevanju tokom izrade ovog rada.

Zahvaljujem poduzeću SIRAS d.o.o. na stručnoj pomoći tokom izrade ovog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji, djevojci i prijateljima za pruženu potporu tokom studiranja.

*Tihomir Škrivanek*

## **SAŽETAK**

U radu je opisan proces demontaže tokarilice i njenog vreteništa, te poduzeće SIRAS d.o.o. kao mjesto obavljanja tog procesa. Radom se nastojalo unaprijediti proces demontaže.

Analiziran je sklop osovine za prijenos snage na glavno vreteno. Izrađeni su strukturna sastavnica, plan demontaže i grafovi prethodnosti.

Pomoću sustava unaprijed određenih vremena MTM-2 određeno je vrijeme potrebno za demontažu sklopa osovine.

## **SUMMARY**

The work describes the process of dismantling of lathe and its major spindle assembly, as well as the company SIRAS Ltd. where this disassembly process occurs.

The work is intended to improvement of the dismantling process. The work contains the analysis of the axle assembly for power transferring to the main spindle, including the making of: bill of material, dismantling plan and precedence graphs.

The predetermined motion time system MTM-2 was used to determine the time required for dismantling of the shaft assembly.

**SADRŽAJ**

ZADATAK .....	I
IZJAVA .....	II
SAŽETAK .....	III
SUMMARY .....	IV
POPIS SLIKA .....	VI
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS OZNAKA .....	VIII
1. UVOD .....	1
2. SIRAS d.o.o. ....	3
2.1. O poduzeću SIRAS d.o.o.....	3
2.2. Predmet poslovanja poduzeća.....	4
2.3. Analiza dosadašnjeg financijskog poslovanja .....	5
2.4. Tržište nabave i popratne tehnologije u proizvodnji .....	5
2.5. Proizvodni program .....	7
3. POPRAVAK ALATNOG STROJA.....	8
3.1. Proizvodno-radno okruženje .....	9
3.2. Demontaža tokarilice.....	11
4. VRETENIŠTE TOKARILICE.....	13
4.1. Općenito .....	13
4.2. Demontaža vreteništa .....	14
5. ANALIZA RASKLAPANJA SKLOPA OSOVINE ZA PRIJENOS SNAGE NA GLAVNO VRETENO .27	
5.1. Struktura proizvoda .....	27
5.2. Plan demontaže.....	29
5.3. Graf prethodnosti demontaže .....	31
5.4. Određivanje vremena demontaže sklopa osovine sistemom MTM-2.....	33
6. MOGUĆNOST UNAPRIJEĐENJA PROCESA DEMONTAŽE .....	50
7. ZAKLJUČAK .....	52
LITERATURA.....	53



**POPIS SLIKA**

Slika 1. Vlastita radiona SIRAS d.o.o. ....	3
Slika 2. Primjeri servisnih radnji .....	4
Slika 3. Detalji brušenja kliznih staza tokarilica .....	6
Slika 4. Vizualna usporedba tokarilice prije i nakon remonta .....	7
Slika 5. Palete .....	9
Slika 6. Dizalica .....	9
Slika 7. Ručni viličar .....	9
Slika 8. Tokarilica BOEHRINGER D480 .....	12
Slika 9. Sklop poluga unutar vreteništa .....	15
Slika 10. Osovina za promjenu broja okretaja .....	16
Slika 11. Osovina glavnog vretena.....	17
Slika 12. Detalj bubnja .....	17
Slika 13. Osovina na kojoj se nalazi bubanj .....	18
Slika 14. Osovina sa elektromagnetskom kočnicom .....	19
Slika 15. Pomoćna osovina pri kočenju .....	20
Slika 16. Osovina sa kulisama za upravljanje posmakom .....	21
Slika 17. Osovina <i>škara</i> .....	22
Slika 18. Međuosovina.....	23
Slika 19. Osovina za prijenos snage na glavno vreteno .....	24
Slika 20. Sklop za upravljanje pogonskom osovinom .....	25
Slika 21. Pogonska ( <i>kuplung</i> ) osovina.....	26
Slika 22. Graf prethodnosti a) .....	31
Slika 23. Graf prethodnosti b) .....	31
Slika 24. Graf prethodnosti c) .....	31
Slika 25. Graf prethodnosti d) .....	31
Slika 26. Graf prethodnosti e) .....	31
Slika 27. Graf prethodnosti f) .....	32
Slika 28. Graf prethodnosti g) .....	32
Slika 29. Graf prethodnosti h) .....	32
Slika 30. CAD model radnog mjesta .....	34
Slika 31. Nastavci za baterijski alat.....	51

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Ručni alat potreban za demontažu tokarilice .....	10
Tablica 2. Strukturna sastavnica sklopa osovine .....	28
Tablica 3. Plan demontaže sklopa osovine za prijenos snage na glavno vreteno .....	30
Tablica 4. Sistem MTM-2, element rada E1 .....	35
Tablica 5. Sistem MTM-2, element rada E2 .....	36
Tablica 6. Sistem MTM-2, element rada E3 .....	37
Tablica 7. Sistem MTM-2, element rada E4 .....	38
Tablica 8. Sistem MTM-2, element rada E5 .....	39
Tablica 9. Sistem MTM-2, element rada E6 .....	40
Tablica 10. Sistem MTM-2, element rada E7 .....	41
Tablica 11. Sistem MTM-2, element rada E8 .....	42
Tablica 12. Sistem MTM-2, element rada E10 .....	43
Tablica 13. Sistem MTM-2, element rada E11 .....	44
Tablica 14. Sistem MTM-2, element rada E12 .....	45
Tablica 15. Sistem MTM-2, element rada E13 .....	46
Tablica 16. Sistem MTM-2, element rada E14 .....	47
Tablica 17. Sistem MTM-2, element rada E15 .....	48
Tablica 18. Standardna vremena dobivena sistemom MTM-2 .....	49

**POPIS OZNAKA**

$L$	[m]	duljina
$v_c$	[m/s]	brzina rezanja
$D$	[m]	promjer
$n$	[1/min]	broj okretaja

## 1. UVOD

Alatni stroj je stroj za oblikovanje izrađevina od različitih materijala.

Prije industrijske revolucije materijal se obrađivao uglavno ručno ili se za pogon jednostavnih strojeva rabila vodena energija. Izumom parnog stroja dobiven je siguran i pokretan izvor mehaničke energije za pogon strojeva, a poslije su se za pogon upotrijebili elektromotori. Tijekom 18. i 19. stoljeća konstruirana je većina osnovnih alatnih strojeva [1].

Osnovni zadatak alatnih strojeva je zamjena ljudskog rada uz povećanje točnosti, produktivnosti i ekonomičnosti. Današnja proizvodnja je nezamisliva bez alatnih strojeva. Ručna obrada i korištenje ručnih alata je skupo i presporo, te je u serijskoj ili masovnoj proizvodnji nemoguće proizvoditi bez pomoći alatnih strojeva.

Prednosti alatnih strojeva jesu:

- Smanjenje broja radnika
- Zamjena fizičkog rada radnika
- Bolja iskoristivost alatnog stroja
- Smanjenje vremena rada
- Povećanje produktivnosti
- Smanjenje troškova izrade
- Povećana ekonomičnost.

Alatni strojevi oblikuju izrađevine na više načina, no najzastupljeniji su postupci obrade odvajanjem čestica. Strojna obrada odvajanjem čestica se obavlja na alatnom stroju s unaprijed određenim alatima, kako bi se u što kraćem vremenu dobio proizvod zadovoljavajuće kvalitete. Alatni strojevi koji oblikuju odvajanjem čestica uz kružno glavno gibanje su: tokarilice, glodalice, bušilice, brusilice i pile [2].

Rijetko koja tvrtka bi bila konkurentna na tržištu bez posjedovanja i korištenja alatnih strojeva. U današnje vrijeme se sve više teži povećanju kvalitete proizvoda uz smanjenje vremena proizvodnje i troškova. To se postiže zamjenom rada čovjeka sa radom stroja. Alatni strojevi mogu biti, s gledišta načina upravljanja, ručno upravljani ili automatsko upravljani alatni strojevi. Kada bi se promatrale grane industrije, uočilo bi se da su u današnje vrijeme, u doba velikog industrijskog procvata, klasični alatni strojevi još uvijek zastupljeni u velikom broju. Razlog tome je očit: uporaba numerički upravljanih alatnih strojeva je moguća u industrijama (metaloprerađivačka, automobilska, zrakoplovna...) gdje profit omogućava opremanje tvrtke takvim strojevima, no s druge strane, još uvijek postoji vrlo velik broj manjih poduzeća, gdje je potrebno korištenje alatnih strojeva, ali u znatno manjim količinama, gdje nabava numerički upravljanih alatnih strojeva ponajviše predstavlja trošak te se stoga koriste klasični alatni strojevi koji ispunjavaju dane zadaće (izrada pojedinačnih dijelova).

Bez obzira na vrstu alatnog stroja, on mora zadovoljavati osnovne parametre koji se nameću njihovim korisnicima, ponajprije točnost. Naručitelj dijelova mora biti zadovoljen dobivenim proizvodom, a taj proizvod mora ispunjavati sve zahtjeve. Ukoliko je proizvod proizveden na alatnom stroju koji je star, dotrajavao ili neprecizne geometrijom, on neće zadovoljavati zahtjeve. Stoga je važno alatne strojeve prije svega održavati, no ni to nije garancija dugotrajne uspješnosti. Uslijed rada dolazi do trošenja dijelova (uslijed trenja) koji su bitni za izradu dijelova sa visokim postotkom točnosti.

Ne smije se zaboraviti da nijedan dio na alatnom stroju nije neuništiv. Redovito održavanje stroja u tvrtkama produljuje njegov radni vijek, no starenje i stalni rad stroja ostavlja trag na dijelovima koje ni održavanje ne može spriječiti. Daljna upotreba takvog oštećenog stroja (ukoliko je moguća), može dovesti do proizvoda loše kvalitete i neprecizne geometrije, čime tvrtka brzo gubi konkurentnost, jer netko drugi će te zahtjeve moći ispuniti. Stoga, prije ili kasnije, alatni stroj mora ići na servis ili remont.

U ovom radu fokus će biti na klasičnoj tokarilici, kao jednom od najrasprostranjenijih alatnih strojeva, a radnje opisane u daljnjem tekstu su izvršene u poduzeću imena SIRAS d.o.o.

## 2. SIRAS d.o.o.

### 2.1. O poduzeću SIRAS d.o.o.

Poduzeće SIRAS osnovano je 1993. godine. Osnivači i vlasnici poduzeća su gospodin Milan Rukavina i njegovi sinovi Milan i Mladen. U početku se djelatnost obavljala u prostorima naručioca radova, te u priručnoj garaži vlastite vikendice nedaleko od Zagreba. Godine 1999. izgrađena je prva hala veličine 150 m<sup>2</sup> (Slika 1.), u kojoj je bilo smješteno nekoliko strojeva za strojnu obradu, prostor skladišta rezervnih dijelova, zatim ured i odjel za nabavu, te prostor za demontažu i montažu servisiranih strojeva. Proizvodni i skladišni kapaciteti smješteni su u selu Križci, pokraj Kloštar Ivanića, 45 kilometara od Zagreba.



Slika 1. Vlastita radiona SIRAS d.o.o.

Više od 15-ak godina kontinuiranog rada i djelovanja na tržištu, omogućilo je SIRAS-u razvoj u prepoznatljivog proizvođača i partnera. Tako stvorena slika temeljena je na velikom iskustvu, znanju i vještinama te stalnom ulaganju u nove tehnologije i izobrazbu zaposlenih. Danas poduzeće SIRAS zapošljava sedam djelatnika na više od 1200 m<sup>2</sup> natkrivenih proizvodnih prostora s nizom suvremenih strojeva, tehnološki prilagođenih proizvodnom programu. Čitav poslovni proces, usmjeren je na zadovoljstvo kupaca i osiguranje kvalitete.

U određenim razdobljima svojeg razvoja, SIRAS kvalitetno i uspješno surađuje s najpoznatijim većim proizvodnim tvrtkama u zemlji (kao što su: Prvomajska, Končar, Elektrokontakt, Hidroelektra niskogradnja, Vodovod Zagreb, brodogradilište Brodosplit, IGMA-Nexe grupa, tvornica šećera Kandit, i mnoge druge ) što još jednom potvrđuje njegovu ozbiljnost i njegove komparativne prednosti u odnosu na druge. Takvi odnosi omogućuju SIRAS-u da pravovremeno osjeti uvjete koje mora zadovoljiti i na tržištima izvan Hrvatske. Ciljevi i strategija budućeg razvoja SIRAS-a govore u prilog još intenzivnijem izlasku na inozemna tržišta u smislu poslovnog povezivanja u proizvodnji na dugoročnoj osnovi.

## 2.2. Predmet poslovanja poduzeća

SIRAS je poduzeće za servis i remont alatnih strojeva. Vršiti se popravak na strojevima za obradu metala, najčešće na tokarilicama, glodalicama i bušilicama. Popravci su u rasponu od usmenih uputa za rad i održavanje stroja do generalnih remonta pokvarenih strojeva (Slika 2.).



Slika 2. Primjeri servisnih radnji

Što se tiče prodaje vodenih rezača, lasera, plazmi te probijačica za lim za koje su ujedno i zastupnici, uslugu su naplaćivali uglavnom na hrvatskom tržištu, te jedan dio na tržištu Slovenije i BiH. Uspješni u poslovanju morali su uskladiti tehnološko-financijske aspekte, te cjelokupni poduzetnički poduhvat osmisliti i provesti sa stručnim kadrovima. Što se tiče kadrovske strukture, ona je ostala nepromijenjena od osnutka do danas.

Osnovna prednost pred konkurencijom postiže se uslugom brušenja kliznih staza. U današnjoj ponudi SIRAS nudi brušenje kliznih staza do duljine  $L = 4000$  mm, a dimenzije širine i visine dijelova mogu biti do  $800 \times 800$  mm.

Trenutno su u tijeku radovi na proširenju proizvodno-skladišnog prostora, u kojem će se smjestiti masivnija brusilica WALDRICH-COBRUG, koja će omogućiti precizniju obradu s hodom brušenja do  $L = 6000$  mm uz dimenzije obradaka do  $1450 \times 1450$  mm.

Isto tako je u tijeku instalacija uređaja za plameno kaljenje kliznih staza, čija će primjena dovesti do povećanja tvrdoće i otpornosti prema trošenju kliznih staza.

### **2.3. Analiza dosadašnjeg financijskog poslovanja**

Kao i ostala poduzeća u svijetu, poduzeće SIRAS osjeća značajan utjecaj ekonomske i financijske krize. Financijska kriza uzrokovala je probleme u osiguravanju potrebnih sredstava ne samo za investicije u osnovna sredstva, već dovodi u pitanje i održavanje strojeva, pa i nabavu zamjenskih dijelova.

Usprkos negativnim kretanjima, poduzeće ostaje u krugu onih koji ostvaruju dobit. Redovito podmiruje svoje obaveze, kako prema dobavljačima i državi, tako i prema zaposlenicima. Kako bi se osigurala najpovoljnije cijene sirovine i rezervnih dijelova, te time zadržala optimalna razina osnovnih troškovnih kategorija, održavaju se visoki standardi plaćanja i koriste popusti za plaćanja unaprijed. Udare na likvidnost, naravno, predstavljaju investicijski zahvati, koji se gotovo u cijelosti financiraju iz vlastitih financijskih sredstava, kao i velika mobilizacija financijskih sredstava u plaćanju obaveza za porez na dodanu vrijednost pri uvozu, koji je značajan s obzirom na velike količine i vrijednosti sirovina te rezervnih dijelova koji se mogu nabaviti isključivo na stranom tržištu.

Što se tiče investicija, jasno je da tvrtka koja u današnje vrijeme želi opstati mora voditi računa o stalnom ulaganju u razvoj, obrazovanje svojih kadrova, ulaganje u novu opremu i objekte. Za vrijeme Domovinskog rata nije bilo mogućnosti ulaganja zbog pomanjkanja posla koje je tih godina bilo prisutno. To se osjetilo pa godine koje slijede traže veća izdavanja za investiranje. Vodi se briga i o izobrazbi i usavršavanju kadrova putem raznih tečajeva, seminara, savjetovanja i treninga. Do sada je strukturu troškova činilo nekoliko aspekata, kao što su: sam odlazak na teren, te defektaža stroja, transport stroja u radionicu na remont, zamjenski dijelovi i boje, maziva i ulja.

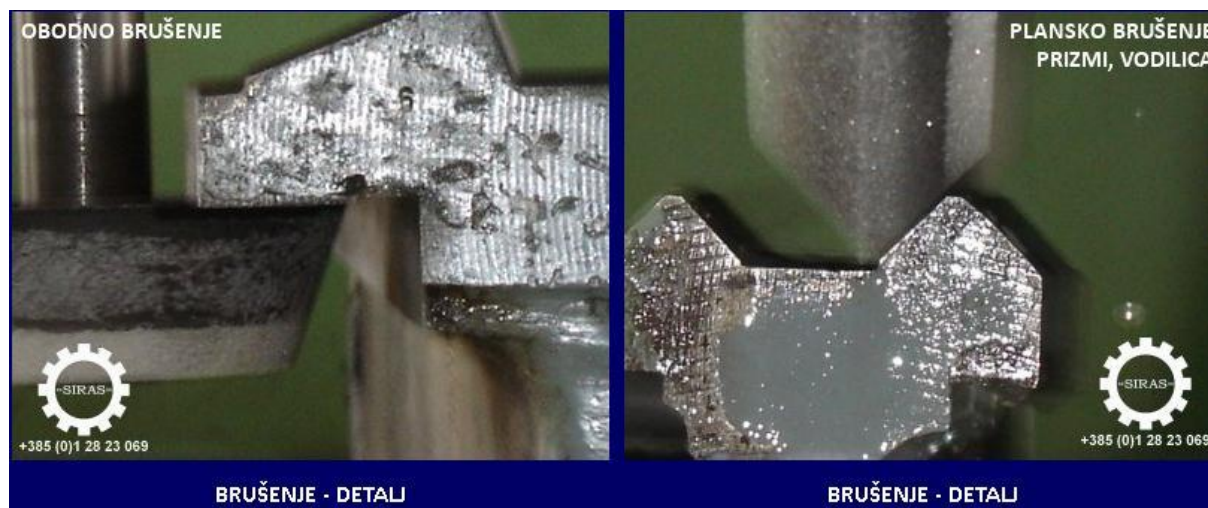
Detalji financijskog poslovanja, troškovi i profit će, zbog želje vlasnika poduzeća, ostati neotkriveni.

### **2.4. Tržište nabave i popratne tehnologije u proizvodnji**

Poslove za sada pronalaze i dogovaraju na tržištu Hrvatske, Slovenije, Srbije i BiH. Bogato iskustvo poduzeća SIRAS čini ih pouzdanim izvođačem servisa i remonta alatnih strojeva i industrijske opreme. Njihovi tehničari i inženjeri uspješno otklanjaju bilo kakve nedostatke i kvarove na bilo kojem stroju.

Nakon rastavljanja, pranja i defektacije dotrajalog alatnog stroja, svi istrošeni i oštećeni dijelovi zamjenjuju se novima. Osim brušenja (Slika 3.) i tzv. *tuširanja* (postupak ručne obrade odvajanjem čestica uz pomoć grecala – grecanje) kliznih staza, dio zamjenskih dijelova se proizvodi u samoj radionici poduzeća.





Slika 3. Detalji brušenja kliznih staza tokarilica

Cilj je remont strojeva na vrlo visokoj razini, kako bi sa sigurnošću mogli stati iza garancije koju daju na sve strojeve koji izađu iz njihovog pogona. Iz usluge remonta razvili su djelatnost retrofita, odnosno ugradnju najnovijih PLC, NC i CNC kontrolera na stare strojeve, s mogućnošću izmjene kompletne elektroopreme uključujući hidrauliku, regulatore i servo pogone. U vlastitoj izvedbi vrše sve mehaničke preinake neophodne za ugradnju novih komponenata.

Sam proces remonta je ekološki čist, a pojedine radnje koje stvaraju kemijski i mehanički otpad zbrinjavaju se na adekvatan način, odvoz metalne strugotine u otkupne stanice za metal, kao i sakupljanje starog ulja i maziva. Ostali radni procesi ne ugrožavaju okolinu i ljude iznad dopuštenog.

Kod spomenutih servisa i remonta koriste se sljedeće tehnologije:

- obrada odvajanjem čestica- ona prati potrebe i zahtjeve proizvodnje, te se izrađuju potrebni alati i naprave
- površinska zaštite bojanjem- omogućava temeljno i završno bojanje proizvoda ili gotovog stroja, nanosom boje špricanjem uz prethodnu predobradu odmašćivanjem ili pjeskarenjem
- Zavarivanje - ručno elektrolučno zavarivanje obloženim elektrodama, elektrolučno zavarivanje sa zaštitnim plinom (MIG/MAG), plinsko zavarivanje, zavarivanje plazma mlazom, plinsko rezanje (CNC rezačica).

Zakružena tehnološka rješenja omogućavaju SIRAS-u prihvaćanje ponuda za proizvodnju složenih proizvoda, te servis i remont čiju pripremu i realizaciju mogu ostvariti kvalitetna struktura zaposlenih.

## 2.5. *Proizvodni program*

Posao s najvećom dobiti za firmu je servis i remont cjelokupnog stroja, tzv. ključ u ruke (Slika 4.). Tu se ne prodaju samo iskustvo i dijelovi, već i znanje koje je i najskuplje. Godišnja količina strojeva koji prođu kroz SIRAS doseže brojku od 20 strojeva.



Slika 4. Vizualna usporedba tokarilice prije i nakon remonta

Svi zamjenski dijelovi potrebni za servis i remont su rezultat vlastitog razvoja i konstrukcije. Iz djelatnosti izrade dijelova za njihove vlastite potrebe servisa i remonta, razvili su uslužnu djelatnost izrade zamjenskih dijelova alatnih strojeva prema skici ili uzorku naručioca ( npr. navojna vretena i matice, uklopni klin mehaničke preše i slično). Izrađuju pojedine sklopove za alatne strojeve i preše koje su konstruirali na temelju iskustva, otklanjajući najčešće kvarove i nedostatke opreme koju su servisirali.

U njihovoj ponudi također se nalaze motorizirani graničnici savijačica za lim koje nadograđuju na stroj prilikom retrofita.

Proizvodni program SIRAS-a obuhvaća elektro-instalacijsku opremu i proizvode za potrebe alatnih i drugih strojeva, te proizvode i usluge prema potrebi naručioca.

### 3. POPRAVAK ALATNOG STROJA

S obzirom na oštećenje alatnog stroja, vraćanje u prvobitno radno stanje je moguće na dva načina: servisom ili remontom.

Servis uključuje:

- servis geometrije: popravak dotrajalih kliznih staza, tokarskih klupa, suporta, vodilica, klinova;
- servis mehanike: zamjena ili popravak dotrajalih dijelova (vretena, osovina, zupčanika, ležajeva...);
- servis elektrike: zamjena, popravak i ugradnja elektrokomponenti i električnih sklopova.

Remont uključuje:

- rastavljanje cijelokupnog stroja i svih dijelova
- pranje i čišćenje dijelova
- defektaža elemenata stroja
- servis mehanike: zamjena ili popravak dotrajalih dijelova
- montaža mehaničkih sklopova: vreteništa, norton prijenosnika, ključne ploče
- servis geometrije: brušenje i tuširanje kliznih staza (tokarske klupe, suporta)
- servis konjića i pinole: honanje i brušenje
- servis elektrike: zamjena i ugradnja elektrokomponenti i električnih sklopova
- završna montaža stroja
- ispitivanje sklopova stroja
- mjerenje geometrija stroja – Schlesinger
- puštanje u pogon [3].

### 3.1. **Proizvodno-radno okruženje**

Prilikom rasklapanja klasične tokarilice važno je osigurati radno okruženje sa svim alatima potrebnim za izvršavanje rasklapanja. Prvenstveno je potrebno osigurati prostor kojim će biti omogućeno nesmetana kretanja oko stroja.

Radno okruženje prostora oko stroja čine alatni strojevi potrebni prilikom obnavljanja dijelova ili prilikom proizvodnje novih, zamjenskih dijelova, ormar s ručnim alatom, bačve za otklanjanje odvojenih čestica, radni stol za rasklapanje manjih podsklopova, prostor rezervnih dijelova (police sa svim vrstama vijaka, pločica, svrdla i ostalom opremom za snabdijavanje postupka) te umivaonik.

Od pribora koji se ne koriste direktno na stroju, potrebno je osigurati palete na koje se postavlja stroj pri istovaru radi lakšeg manevriranja strojem uslijed njegove težine, te za odlaganje masivnih dijelova, ručni viličari za manevriranje i pozicioniranje stroja na mjesto koje osigurava dovoljno prostora sa svih strana stroja te dizalica kojom se odstranjuju masivni dijelovi stroja (npr. vretenište). Isto je tako potrebno osigurati posude (karnistere) za rabljeno ulje te drvenu piljevinu za upijanje ulja ukoliko dođe do njegova rasipanja po podu.



Slika 5. Paleta



Slika 7. Ručni viličar



Slika 6. Dizalica

Već spomenut, ormarić sa ručnim alatima potrebnim za odvijanje postupka demontaže, sadrži:

**Tablica 1. Ručni alat potreban za demontažu tokarilice**

Naziv	Slika
Set viljuškastih ključeva	
Set okastih ključeva	
Set inbus ključeva	
Čekić	
Izvlakač	
Ravni odvijač	
Križni odvijač	
Unutarnja seeger kliješta	
Vanjska seeger kliješta	
Sredstvo protiv korozije	
Škripac (okretni)	

Ukoliko se tokom rada stroj nije redovito održavao, njegova unutrašnjost je puna odvojenih čestice, te je potrebno osigurati posudu za otklanjanje navedene i alat za njeno čišćenje (kist i manja metalna posudica kako bi se moglo doći do svih dijelova stroja), te se odvojene čestice prenose u bačve predviđene za njihovo otklanjanje.

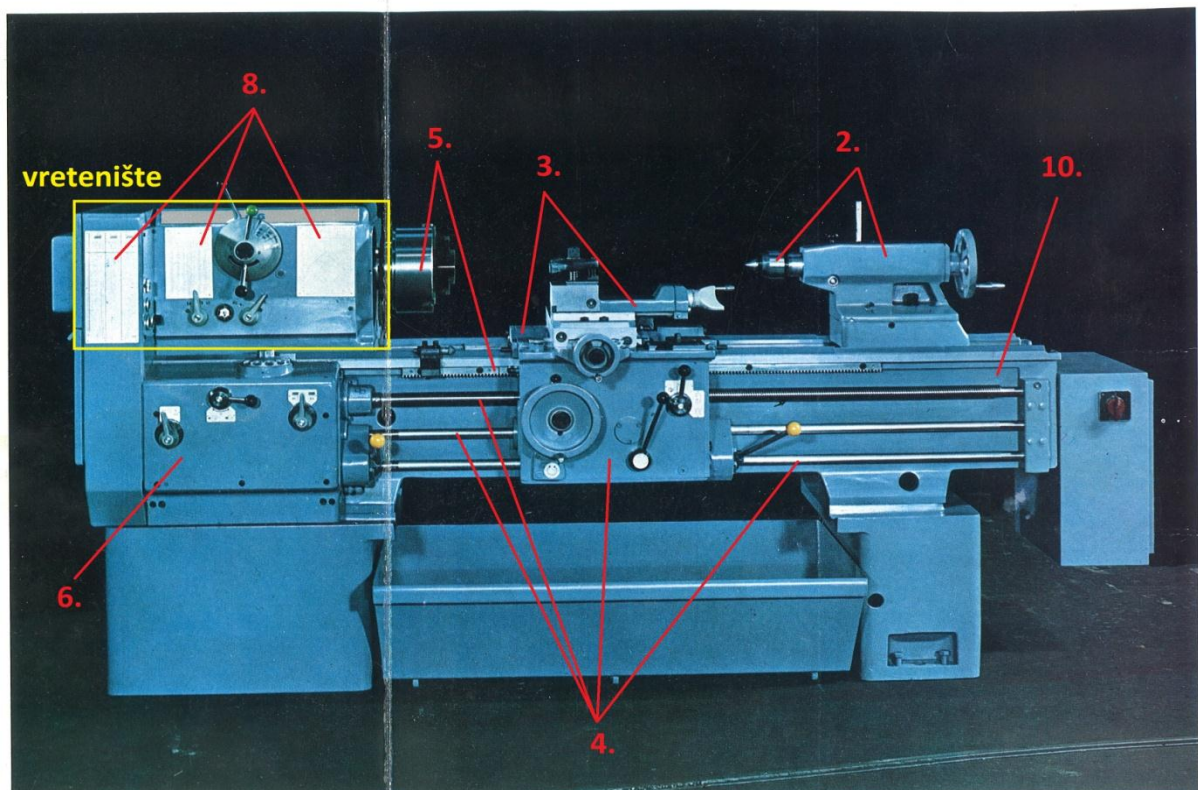
### **3.2. Demontaža tokarilice**

Postupak demontaže tokarilice će se prikazati kroz korake:

1. ispust ulja iz svih mehaničkih sklopova (vretenište, norton prijenosnik, ključna ploča)
2. rastavljanje konjića i pinole
3. rastavljanje križnog, poprečnog i uzdužnog suporta sa pripadajućim navojnim vretenima, vodilicama i udesnim klinovima za podešavanje zračnosti
4. rastavljanje ključne ploče sa pripadajućim uzdužnim navojnim vretenom i povodnim vretenima
5. demontaža zubnih letvi, osovina te stezne glave (amerikanera)
6. demontaža norton prijenosnika
7. demontaža strujnog ormara i radne lampe
8. demontaža zaštitnih limova i opisnih tablica
9. odvajanje vreteništa od postolja i tokarske klupe
10. odvajanje tokarske klupe od postolja
11. demontaža sklopova vreteništa, norton prijenosnika i ključne ploče na sastavne dijelove.

Na slici 8. je vidljiva tokarilica, sa naznačenim dijelovima, koji odgovaraju gore navedenim koracima. Potrebno je napomenuti da se kod koraka 1. ne obavlja demontaža jer je to korak koji omogućuje olakšanje pri daljnjoj demontaži. Korak 7. uključuje demontažu strujnog ormarića koji se nalazi na strani stroja koja nije vidljiva, te radne lampe koja se nalazi sa gornje strane stroja i nije prikazana na navedenoj slici. Korak 11. označuje detaljnu demontažu sklopova naznačenih pri koracima 4., 6. i vreteništa.

TOKARILICE  
»PRVOMAJSKA«  
D 420  
**D 480**  
D 530



Slika 8. Tokarilica BOEHRINGER D480

Vremensko razdoblje koje prođe pri izvršavanju prethodno navedenih koraka, po osobi, približno iznosi osam sati odnosno jedan radni dan. Za demontažu tokarilice su potrebna tri zaposlenika: jedan električar i dva mehaničara. Vrijeme demontaže, naravno, može varirati uslijed korozije na vijcima i nemogućnosti odvajanja pojedinih dijelova.

Sklop daleko najveće kompleksnosti je vretenište tokarilice, čije će rastavljanje u ovom radu biti detaljnije opisano i analizirano. Navedeni sklop je odabran zbog svoje složenosti i vremenski najduljeg trajanja demontaže.

## 4. VREteniŠTE TOKARILICE

### 4.1. Općenito

Sklop vreteništa je dio tokarilice koji se nalazi na gornjoj strani stroja, a glavna funkcija mu je osigurati rotaciju obratka. Za postizanje rotacije obratka zaslužna je složena konfiguracija unutar sklopa gdje su većina dijelova osovine i zupčanici, čije međudjelovanje dovodi do prijenosa snage sa elektromotora na glavno vreteno, čime ga pokreće, odnosno pokreće rotaciju obratka.

Preko spomenute konfiguracije i međudjelovanja dijelova unutar vreteništa moguće je upravljanje brojem okretaja stezne glave, a samim time i brzinom vrtnje obratka, što je vidljivo iz formule

$$v_c = D * \pi * n$$

gdje su:

- $v_c$  [m/s] - brzina vrtnje obratka
- $D$  [m] - promjer obratka
- $n$  [1/s] - broj okretaja.

Ovisno o zahtjevima kupaca, točnije obujmu i zahtjevima proizvodnje, vreteništa variraju po izvedbi. To je dovelo do velikog broja različitih izvedbi sklopa koji generalno ima fiksnu funkciju. Razlika među izvedbama je definirana proizvođačem i zahtjevanom brzinom vrtnje. Tako postoji puno različitih raspona brzina vrtnji koje su prisutne na tržištu, a 5 do 180 okretaja u minuti, 12 do 2250 1/min, 13 do 2500 1/min samo su neki od njih.



#### 4.2. Demontaža vreteništa

Slijedi detaljan opis, uz priložene slike [4], demontaže vreteništa. Na navedenim slikama sa gornje strane su vidljivi pogledi sa raznih strana vreteništa, kako bi se dočarao položaj navedenog dijela. Vretenište koje je će biti opisano je vretenište sa tokarilice proizvedene u tvrtki Prvomajska-Raša a tip tokarilice je BOEHRINGER D480.

Potrebno je napomenuti da će se slike, koje dočaravaju pojedine dijelove, često sastojati od većeg broja uskočnika nego što je to prikazano u opisu demontaže. Razlog je tome taj da se svi prikazani uskočnici ne nalaze na dotičnim osovinama, već na okolnim pojačanjima vreteništa.

1. Demontaža gornjeg zaštitnog poklopca, pričvršćenog inbus vijcima
2. Demontaža poklopca za prelijevanje ulja na podmazna mjesta

Poklopac za prelijevanje ulja na podmazna mjesta ima po sebi izbušene rupe, koje se nalaze iznad zupčanika u vertikalnoj ravnini, te se preko njih uljem podmazuju točno predviđena mjesta.

3. Demontaža uležištenja (komada 3) od lijevanog željeza (gus), pričvršćenih inbus vijcima

Uležištenja od lijevanog željeza služe za linearno pomicanje kulisa. Kulisa je mehanizam za pomicanje zupčanika kojim se mijenja smjer i broj okretaja glavnog vretena.

4. Demontaža vodilica za linearno pomicanje zupčanika, pričvršćenih inbus vijcima

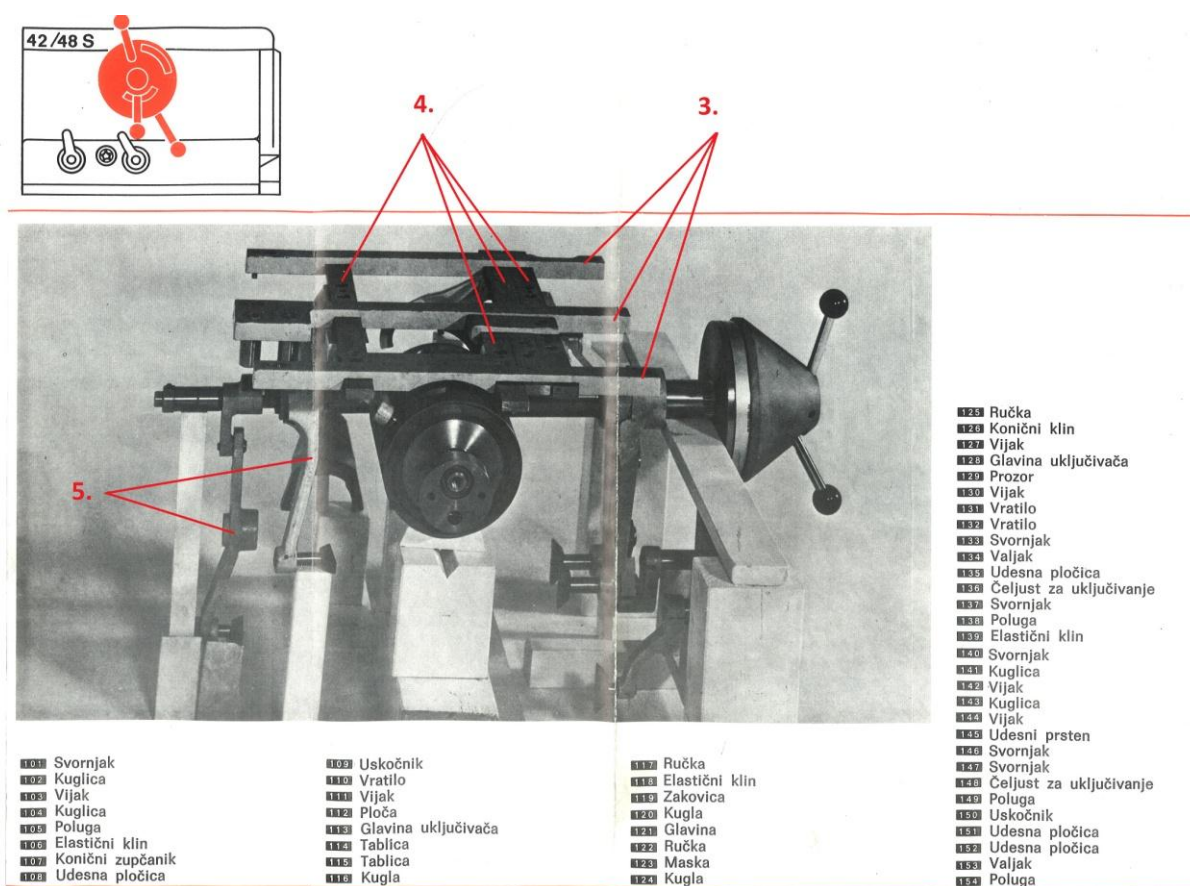
Vodilice za linearno pomicanje zupčanika su spojene na bubanj, čijom se interakcijom sinhronizirano pomiču zupčanici kako bi se spriječilo istodobno uključivanje zupčanika.

5. Demontaža poluga sa pripadajućim osovinama i opisnim tablicama sa brzinama vrtnje

Upravljanjem polugama te prijenosom sile preko osovina pomiču se kulise.

Ovdje su prisutne tri ručice. Jedna služi za upravljanje brojem okretaja, druga služi za odabir između dvije krajnosti- brza ili spora vrtnja, a treća služi za promjenu smjera vrtnje vretena. Ručice se demontiraju klasičnim odvijanjem jer na svom kraju imaju navoj.

Osovine se demontiraju uz pomoć izvlakača, nakon što su demontirani svi vijci koji osiguravaju kompaktnost tog podsklopa.



Slika 9. Sklop poluga unutar vreteništa

## 6. Demontaža poklopca osovina

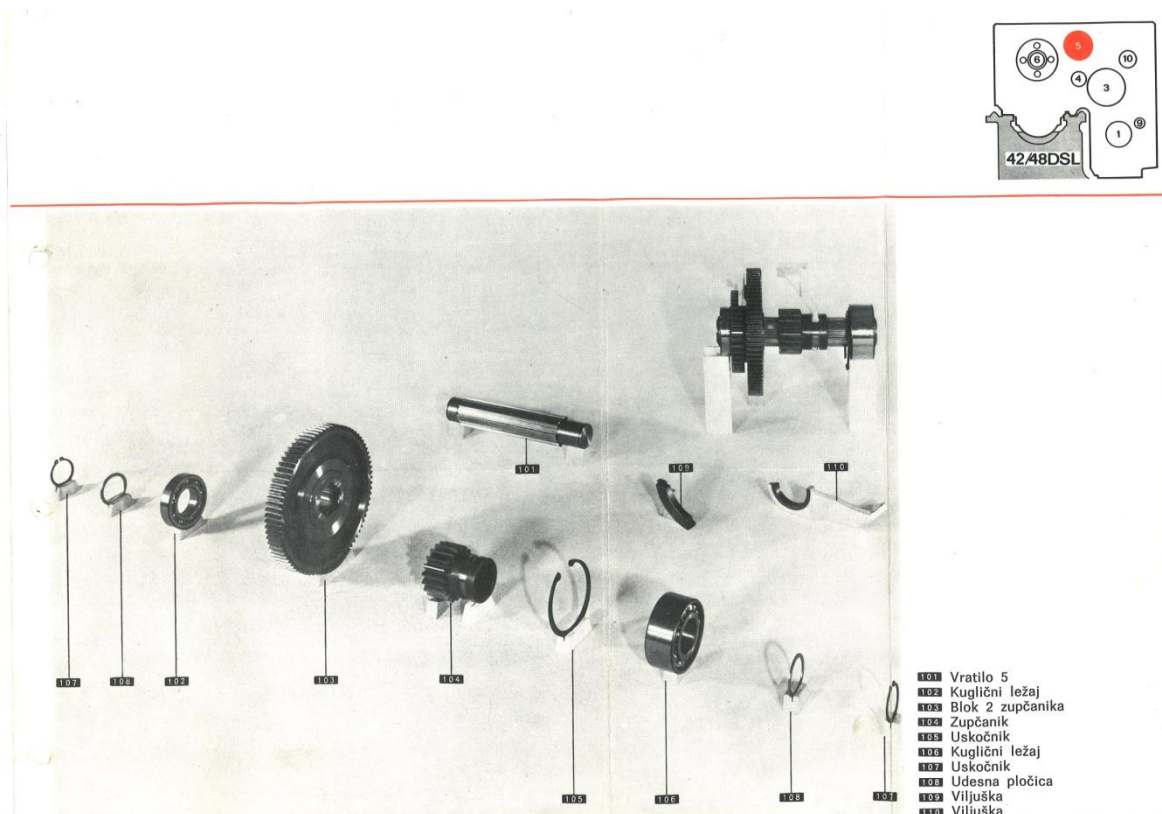
Poklopci osovina su limeni dijelovi koji se nalaze na vanjskoj strani vreteništa, te služe za onemogućavanje aksijalnog pomicanja osovina. Isto tako sprječavaju ulazak štetnih tvari iz okoliša u vretenište, ali i izlazaka ulja iz vreteništa. Na unutarnjoj strani poklopca postoji takozvani labirint, kojime se osigurava da se ulje, koje je došlo do poklopca, vrati natrag u sklop.

Pričvršćeni su izvana vijcima, te se pri demontaži moraju odstraniti uz pomoć križnog odvijača.

## 7. Demontaža osovine za promjenu broja okretaja

Ova osovina je uležištena sa dva ležaja i osigurana sa dva uskočnika, koja treba ukloniti uz pomoć seeger kliješta za vanjske uskočnike (nadalje u tekstu-vanjska seeger kliješta).

Nakon uklanjanja uskočnika, osovina se izvlači sa stražnje prema prednjoj strani uz pomoć izvlakača, prikupljajući sve dijelove koji tada spadnu s nje.



Slika 10. Osovina za promjenu broja okretaja

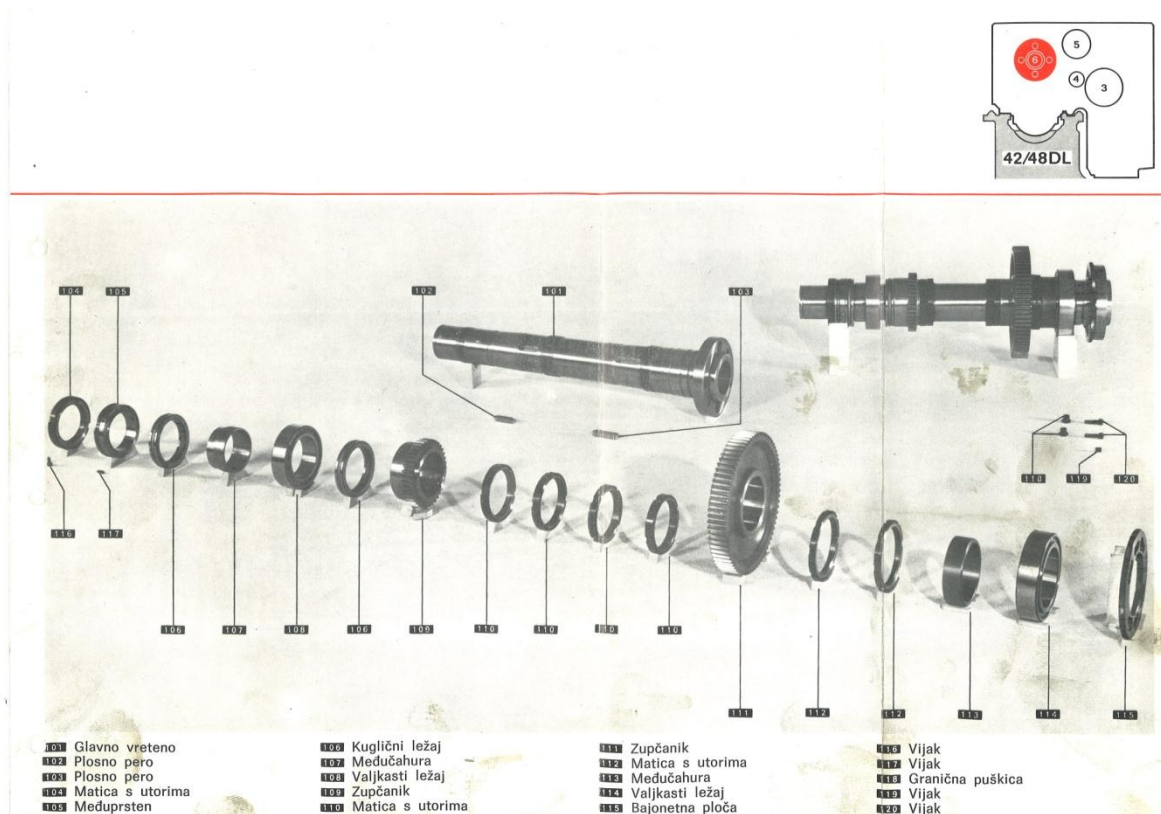
## 8. Demontaža osovine glavnog vretena

Osovina glavnog vretena je uležištena preko dva valjkasta ležaja. Njihove oznake su NN3020K i NN3017K (K-konus) te sa dva kuglična ležaja 51120.

Demontaža ove osovine je vrlo složena, te se mora izvršiti po točno definiranom redoslijedu, kako ne bi došlo do mehaničkih oštećenja osovine ili dijelova na njoj.

Potrebno je oprezno izvaditi pera sa osovine njihovim izbijanjem čekićem, odstraniti uskočnik sa vanjske strane vanjskim seeger kliještima, te olabaviti matice odvrtanjem.

Osovina se vadi sa izvlakačem prema prednjoj strani, gdje se nalazila stezna glava.

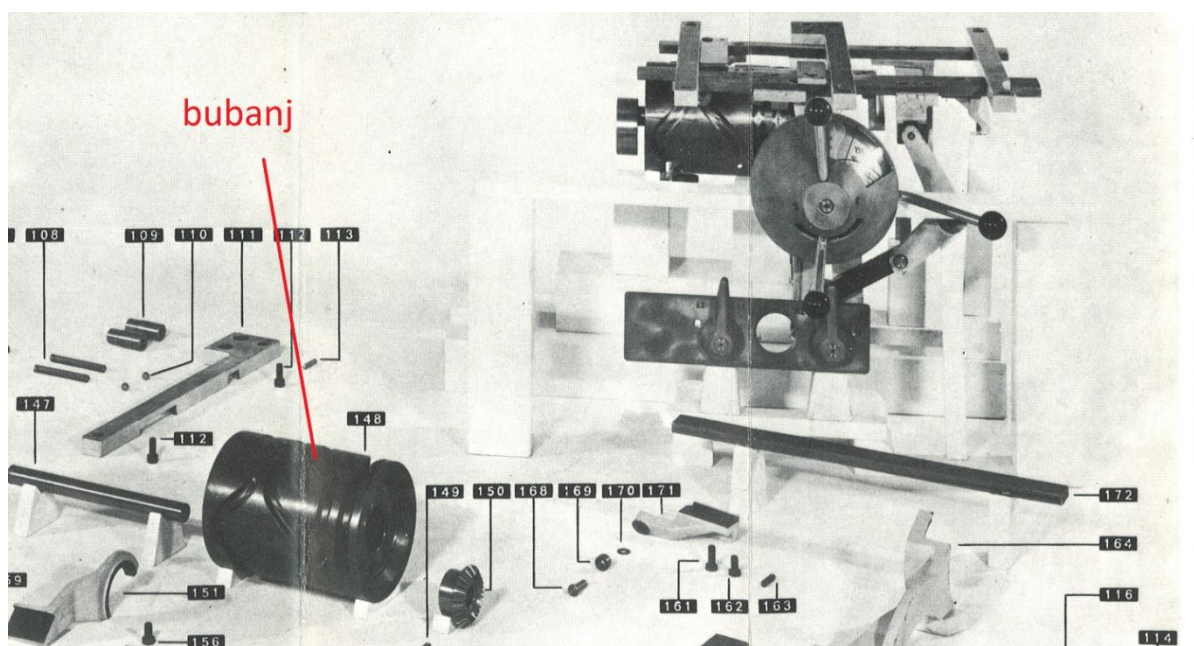


Slika 11. Osovina glavnog vretena

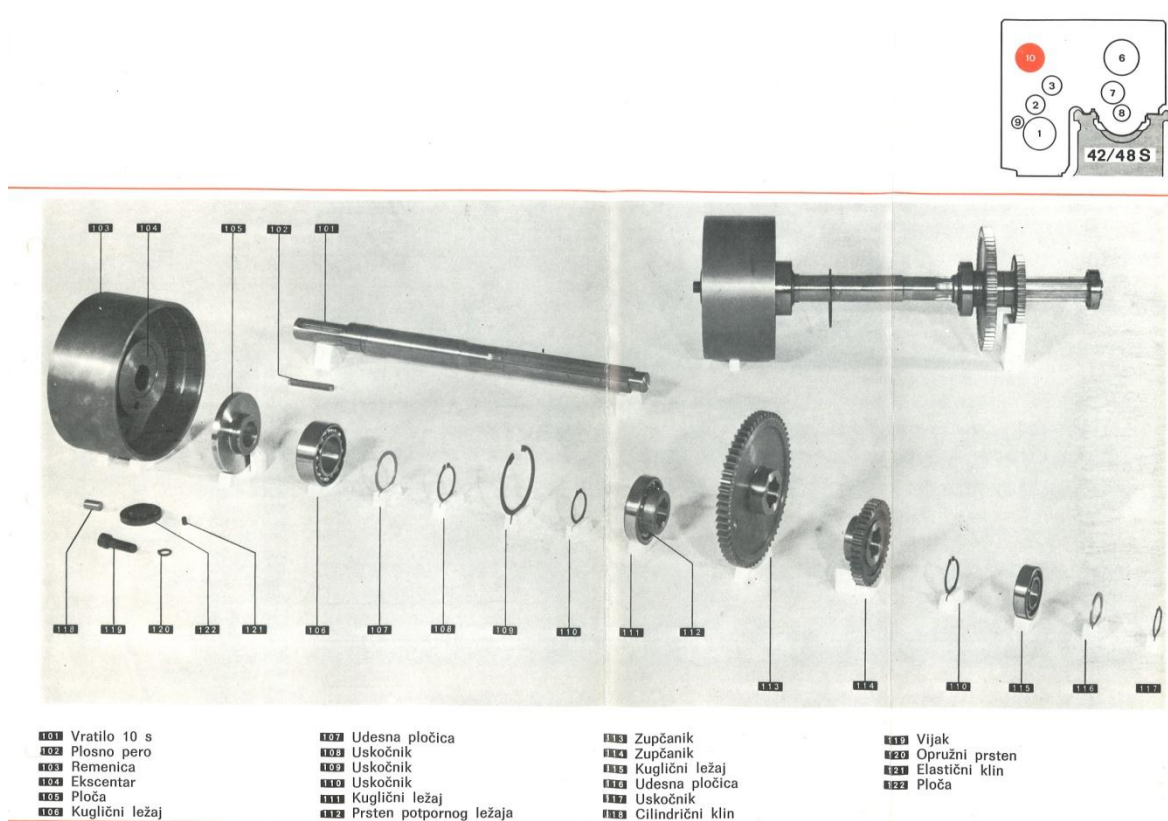
## 9. Demontaža bubnja

Bubanj se nalazi na osovini koja je uležištena sa dva ležaja i osigurana sa pet uskočnika koje uklonimo vanjskim seeger kliještima.

Osovinu izvlakačem izvučemo iz vreteništa.



Slika 12. Detalj bubnja



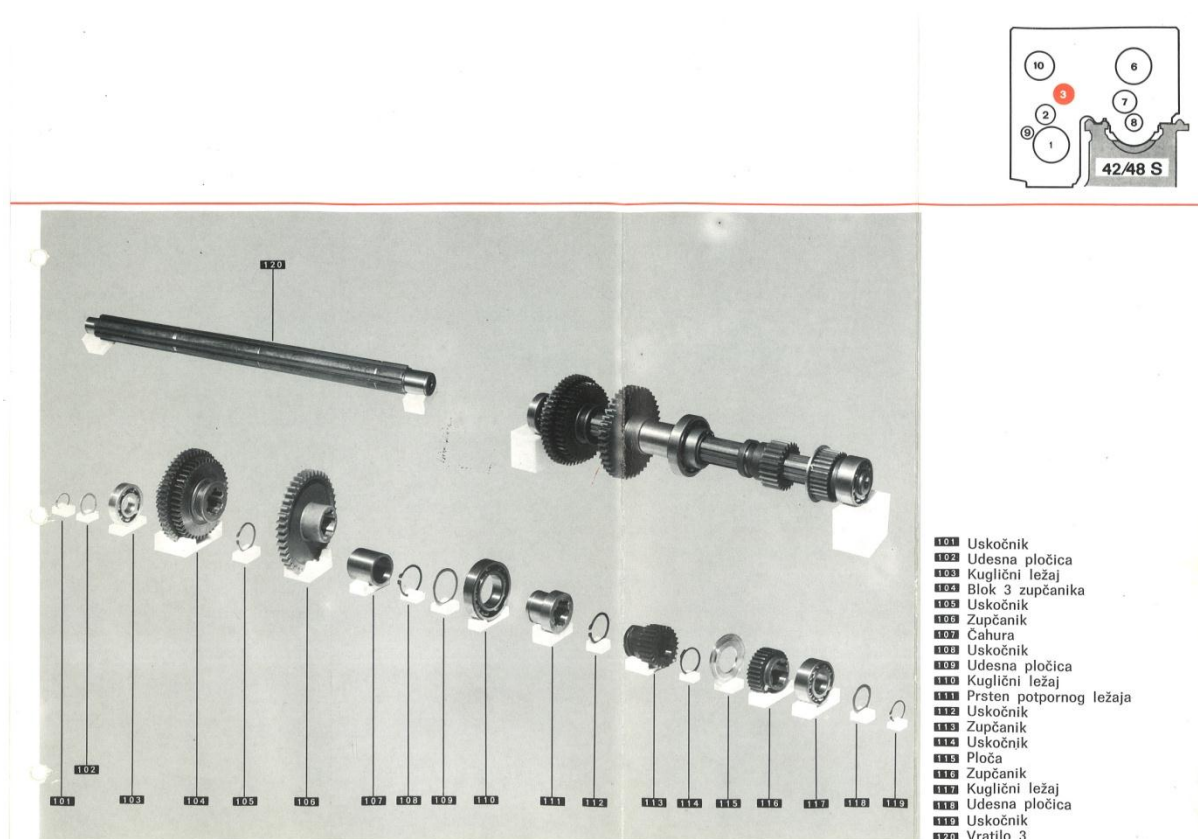
Slika 13. Osovina na kojoj se nalazi bubanj

## 10. Demontaža osovine s elektromagnetskom kočnicom

Ova osovina služi za zaustavljanje okretanja glavnog vretena.

Uležištena je sa tri ležaja, na krajevima i u sredini, i osigurana uskočnicima koje uklonimo vanjskim seeger kliještima. Zbog nemogućnosti skidanja zupčanika, osovina se vadi sa stražnje prema prednjoj strani.

Na osovini se nalaze četiri zupčanika, gdje jedan od njih ima trostruku funkciju, to jest, tri različita bloka na jednom zupčaniku.

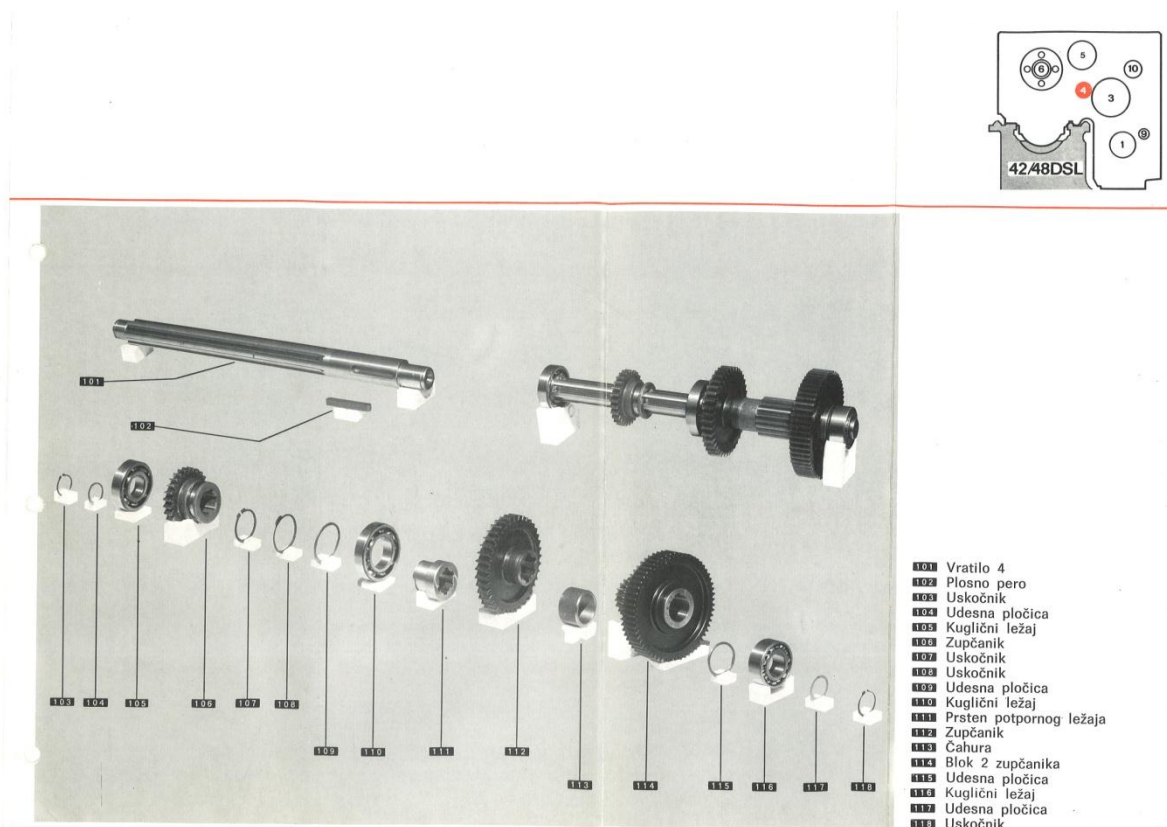


Slika 14. Osovina sa elektromagnetskom kočnicom

## 11. Demontaža pomoćne osovine

Ova osovina služi za redukciju broja okretaja pri kočenju tokarilice.

Uležištena je sa tri kuglična ležaja i osigurana sa četiri uskočnika. Uklonimo uskočnike pomoću vanjskih seeger kliješta, te izvlačačem izvlačimo osovinu sa stražnje prema prednjoj strani, prikupljajući dijelove koji spadnu s nje.



Slika 15. Pomoćna osovina pri kočenju

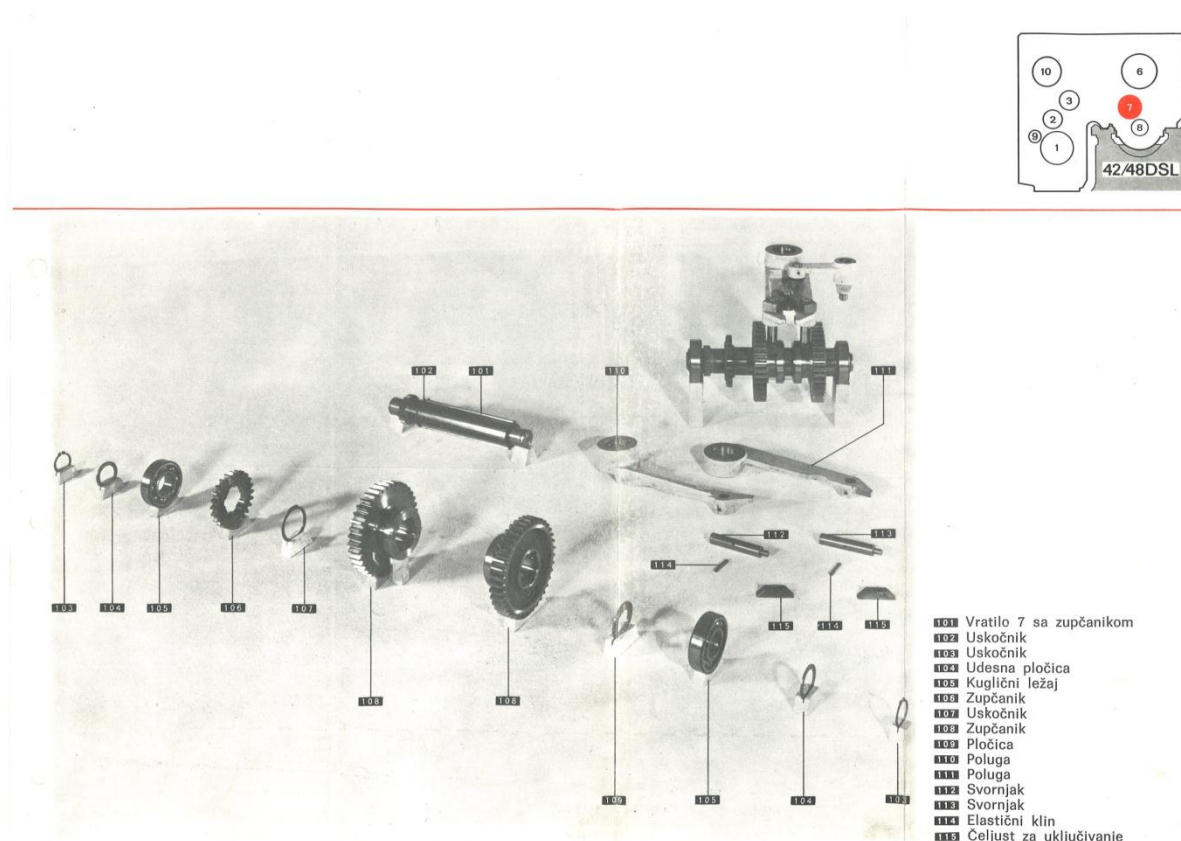
## 12. Demontaža osovine s kulisama

Ova osovina omogućava linearno pomicanje zupčanika uslijed pomicanja dvaju aluminijskih ručica koje se nalaze na sklopu, odnosno sa vanjske strane vreteništa.

Jedna od ručica ima tri, dok druga ima dva položaja, a ručice nam služe za definiranje posmaka u norton prijenosniku.

Na osovini se nalaze dva zupčanika koji su gusnatim polugama spojeni sa ručicama i prenose njihov moment.

Uležištena je sa dva ležaja i osigurana sa tri uskočnika, koji se uklone sa vanjskim seeger kliještima, te se osovina izvlači iz vreteništa pomoću izvlačača.



Slika 16. Osovina sa kulisama za upravljanje posmakom

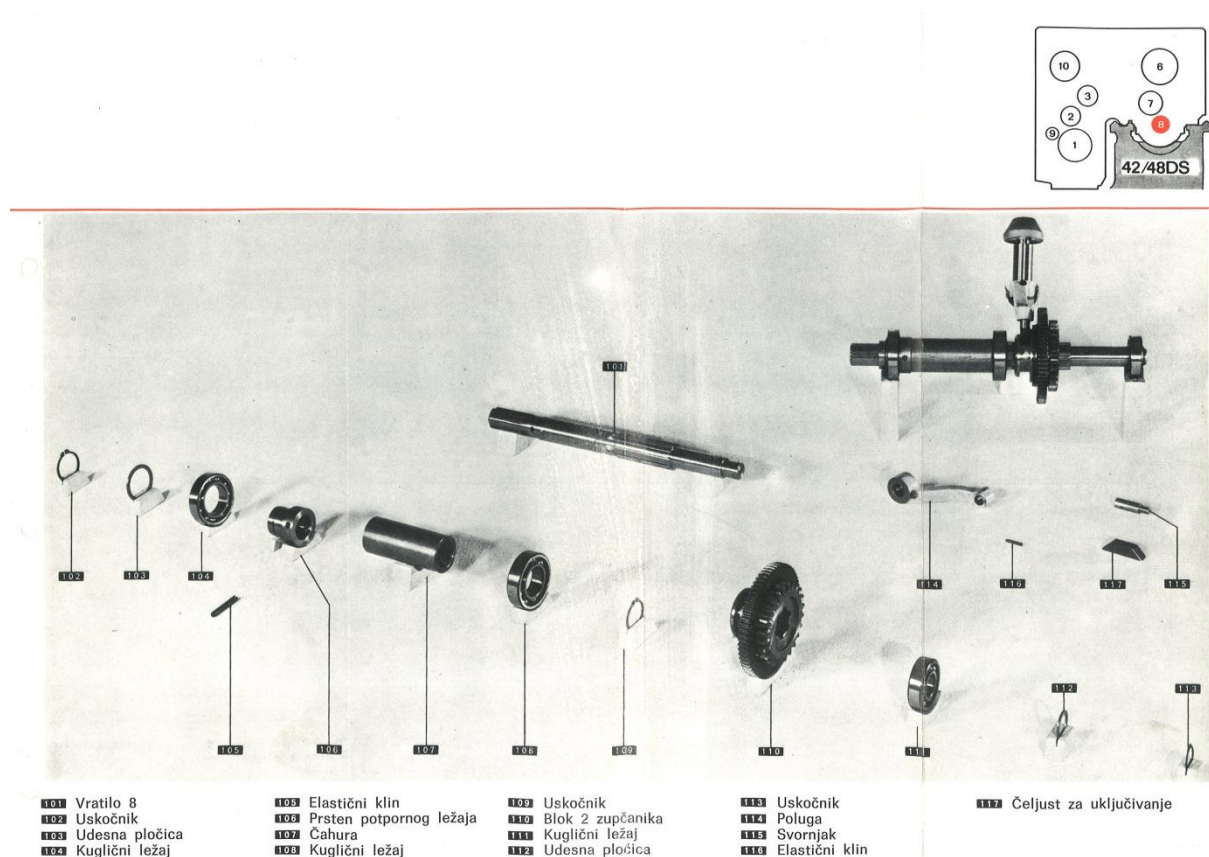


## 13. Demontaža osovine „škara“

Ova osovina služi za prijenos broja okretaja (snage) sa vreteništa na norton prijenosnik. Uležištena je sa tri ležaja, od kojih su dva na stražnjem, a jedan na prednjem kraju i svi se nalaze u čahurama.

Na sredini osovine se nalazi zupčanik sa tri bloka od kojih je jedan neutralan.

Osigurana je sa dva uskočnika koji se odstranjuju vanjskim seeger kliještima, te se osovina izvlačačem izvlači sa stražnje strane.

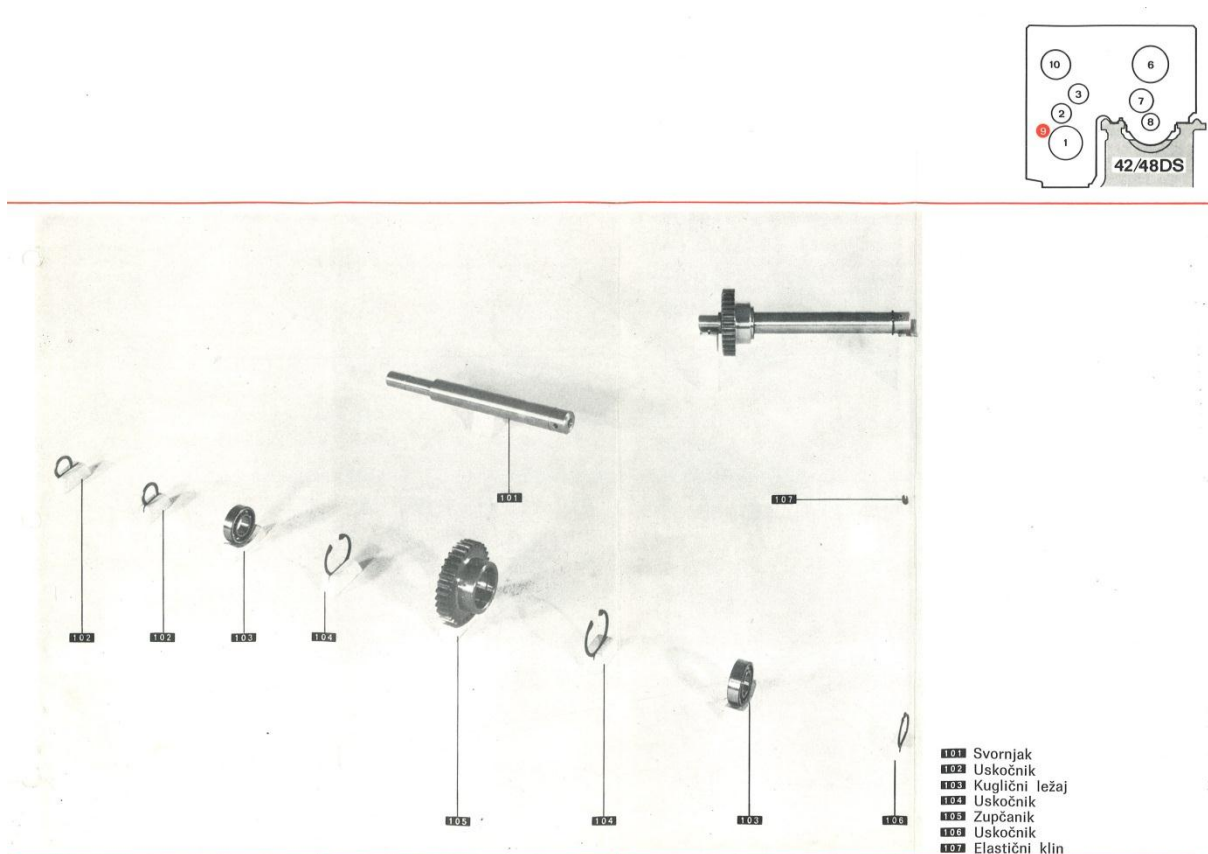


Slika 17. Osovina škara

## 14. Demontaža međuosovine

Kako joj i ime govori, služi kao međuosovina za prijenos snage između osovina glavnog pogona i osovine za prijenos snage na glavno vreteno.

Uležištena je sa dva ležaja i osigurana dvama uskočnicima, čijim je odstranjivanjem omogućeno izvlačenje osovine.



Slika 18. Međuosovina

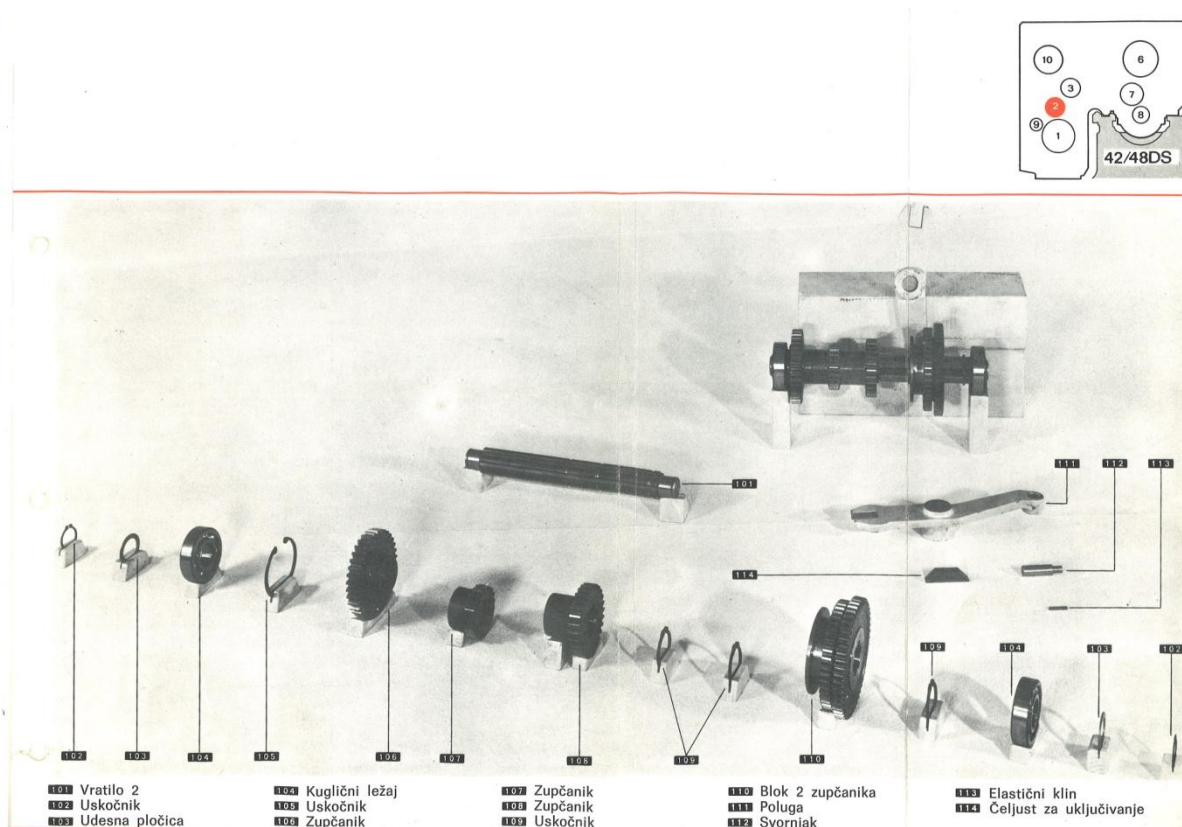
## 15. Demontaža osovine za prijenos snage na glavno vreteno

Namjena ove osovine je prijenos snage sa pogonske osovine i regulacija broja okretaja stezne glave.

Isto tako omogućava i promjenu smjera vrtnje stezne glave.

Uležištena je sa dva kuglična ležaja i osigurana sa dva uskočnika čijim odstranjivanjem omogućujemo izvlačenje osovine.

Na osovini se nalaze četiri zupčanika, gdje jedan od njih ima dva bloka, te poluge preko kojih je povezana sa kulisom što omogućuje pomicanje zupčanika po toj osovini.

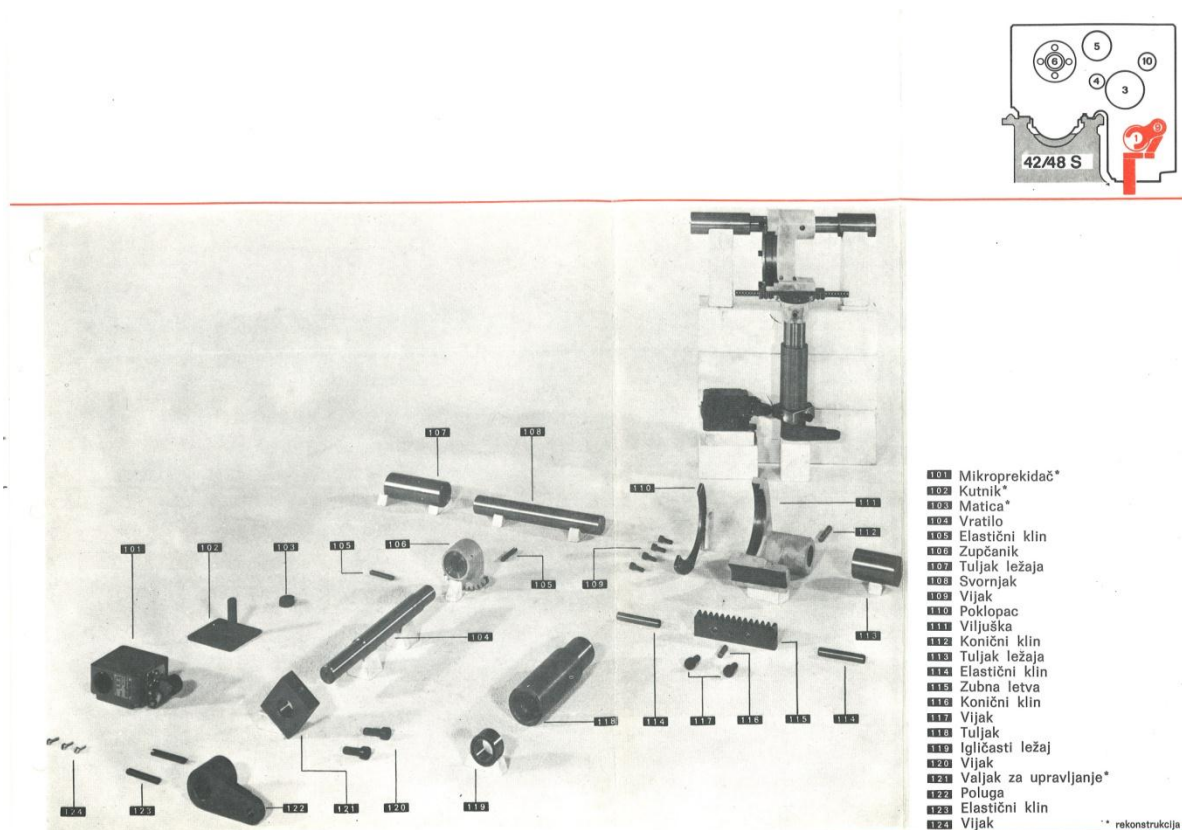


Slika 19. Osovina za prijenos snage na glavno vreteno

## 16. Demontaža sklopa za upravljanje pogonskom osovinom

Ovaj sklop služi za mehaničko uključivanje / isključivanje pogonske osovine (koplunga). Sklop se sastoji od viljuška (kulisa).

Demontaža se vrši pomoću uklanjanja inbus i običnih vijaka sa odgovarajućim alatima, te izbijanja koničnih klinova čekićem.



Slika 20. Sklop za upravljanje pogonskom osovinom

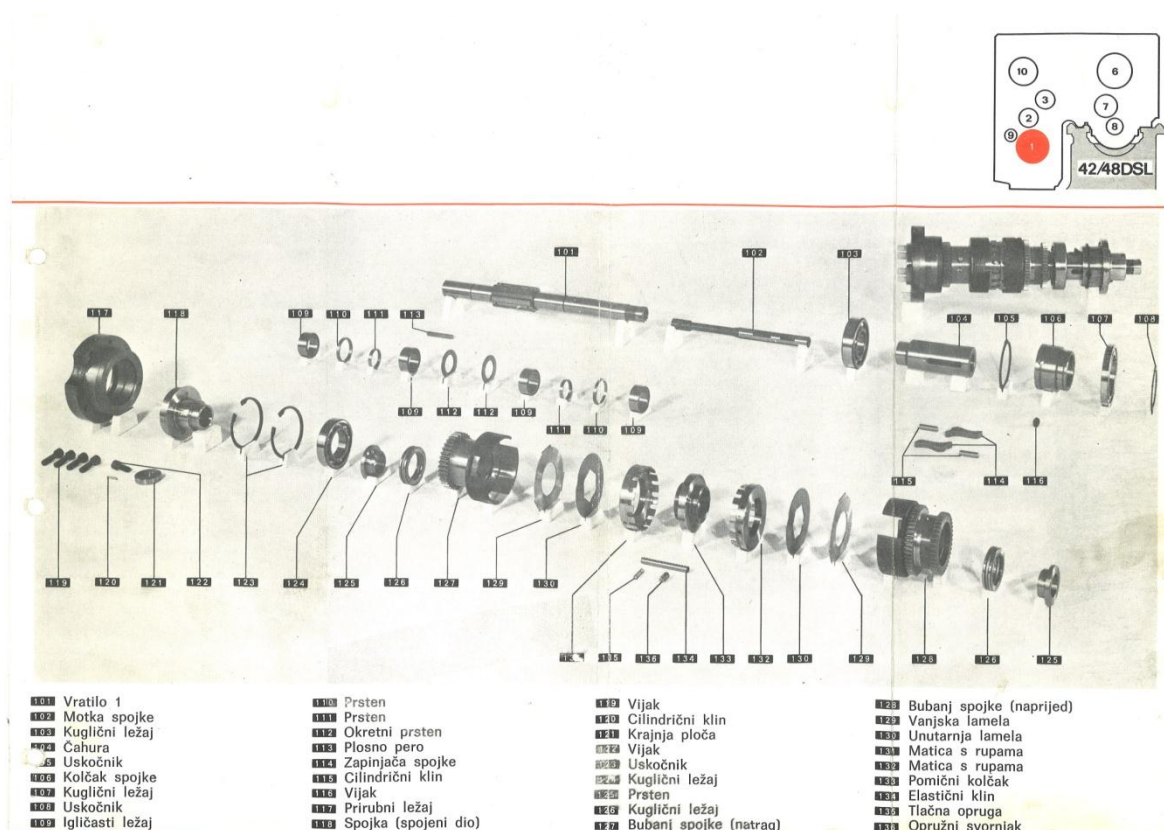
## 17. Demontaža pogonske (*kuplung*) osovine

Osnovna namjena ove osovine je promjena smjera vrtnje, uslijed međudjelovanja dijelova koji se nalaze na njoj (lamelle).

Snagu potrebnu za rad dobiva od elektromotora koji je sa osovinom spojen preko kandžaste spojke.

Uležištena je sa dva kuglična ležaja, te na sebi ima još četiri igličasta ležaja i dva kuglična koji su smješteni u košare u kojima se nalaze lamelle.

Postupak izvlačenja počinje sa odstranjivanjem prirubnice za ležajeve, nakon čega se odstranjuje uskočnik te se izvlačaćem vadi osovina.



Slika 21. Pogonska (*kuplung*) osovina

## 18. Demontaža uljokaza, opisnih tablica i bakrenih cijevi

Uljokaz je mala, polusferna plastična izrađevina, preko koje izvana možemo vidjeti, a samim time i regulirati količinu ulja u vreteništu.

Namjena bakrenih cijevi jest da se preko njih, uz pomoć zupčaste pumpe, podmazuje vretenište.

## 19. Pranje i odmašćivanje rastavljenih dijelova i defektaža

## 5. ANALIZA RASKLAPANJA SKLOPA OSOVINE ZA PRIJENOS SNAGE NA GLAVNO VRETENO

S obzirom na veliku kompleksnost (broj ugradbenih elemenata) sklopa vreteništa, analizirat će se sklop jedne osovine srednje složenosti, te će se na temelju njene analize tražiti načini poboljšavanja i ubrzanja procesa demontaže.

Sklop osovine za prijenos snage na glavno vreteno<sup>1</sup> odgovara profilu srednje složenosti, te će služiti kao predmet analize. Ona je u ovom radu već spomenuta u koraku 15. pri opisu demontaže vreteništa tokarilice (stranica 24). U tom koraku je priložena i slika 19., na kojoj su vidljivi dijelovi navedene osovine. Potrebno je napomenuti da se dio navedenih dijelova ne nalazi direktno na osovini te se neće razmatrati u ovoj analizi. To su dijelovi (pozicije): 105, 111, 112, 113 i 114. Navedeni dijelovi služe kao poveznice s drugim osovinama i dijelovima.

### 5.1. *Struktura proizvoda*

Struktura proizvoda opisuje raspored ugradbenih elemenata i njihove međusobne odnose u proizvodu. Njome se definira dubina podjele proizvoda, mogući broj sklopova i njihova međusobna hijerarhijska povezanost.

Struktura proizvoda će biti prikazana pomoću strukturne sastavnice.

Strukturna sastavnica je višestupnjevana sastavnica u kojoj se strukturirano unose sklopovi i dijelovi proizvoda [7].

Vidljivost strukture proizvoda postiže se unošenjem svih ugradbenih elemenata nadređenog sklopa (nižeg stupnja ugradnje), u sastavnicu, neposredno nakon njegovog navođenja, uz grafičko ili brojčano označavanje stupnjeva ugradnje.

Uslijed kompleksnosti, kako vreteništa, tako i cijele tokarilice, strukturnom sastavnicom prikazati će se samo sklop osovine. Strukturni prikaz cijelog vreteništa nije nužan za analizu odabranog sklopa i učinio bi strukturu proizvoda prilično nepreglednom.

Strukturnom su sastavnicom prikazane količine dijelova, te je samim time nepotrebno priložiti i količinsku tablicu.

---

<sup>1</sup> U daljnjem tekstu: sklop osovine.

Tablica 2. Strukturna sastavnica sklopa osovine

 <p><b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb</p>		<b>STRUKTURNA SASTAVNICA</b>								Datum izrade: <b>2015-02-25</b>		K:	KI:	List: <b>1</b>
		Naziv: <b>SKLOP OSOVINE</b>				Identitet:				Broj crteža:				Listova: <b>1</b>
Stupanj ugradnje	Identitet ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicije na sklopom crtežu	K	KI	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja	
.1	UE1	Vratilo			101	T		11	1					
.1	UE2	Uskočnik			102	T		11	2					
.1	UE3	Udesna pločica			103	T		11	2					
.1	UE4	Kuglični ležaj			104	T		11	2					
.1	UE5	Zupčanik			106	T		11	1					
.1	UE6	Zupčanik			107	T		11	1					
.1	UE7	Zupčanik			108	T		11	1					
.1	UE8	Uskočnik			109	T		11	3					
.1	UE10	Blok dva zupčanika			110	T		11	1					
JM - jedinica mjere:		K - karakter dijela:		KI - ključ nositelja izrade:				S - status ključ:		Broj sastavnice:				
11 - komad	31 - mm	44 - m <sup>2</sup>	54 - m <sup>3</sup>	D - dio u užem smislu	P - gotovi proizvod	10-ljevaonica	40-pogon održavanja	U - ubacivanje dijela	<b>1</b>					
20 - gram	33 - cm	52 - cm <sup>3</sup>	61 - dcl	F - fiktivni sklop	S - sklop	15-teška obrada	54-nabava	B - brisanje dijela						
21 - dkg	41 - mm <sup>2</sup>	53 - dm <sup>2</sup>	62 - l	M - materijal (sirovina)	T - standardni dio	20-laka obrada	55-kooperacija domaća	R - izvedeni dio						
22 - kg	42 - cm <sup>2</sup>					30-montaža	56-kooperacija inozemna	* - alternativni dio						

## **5.2. Plan demontaže**

Plan je defniran kao zamišljeni niz akcija kojima se iz početnog stanja dolazi do konačnog odnosno željenog stanja. Zamišljeni niz akcija u demontaži predstavlja niz radnji kojima se ugradbeni elementi uklanjaju iz međusobnog odnosa kojim su ostvarivali kompletiranje proizvoda. Kod demontaže, početno stanje predstavlja sklop (proizvod), dok konačno stanje predstavlja skup ugradbenih elemenata.

Plan demontaže je osnovni dokument koji sadrži jednoznačan opis procesa demontaže i sve potrebne informacije za njegovo izvođenje i kontrolu. Funkcija mu je tehničko i organizacijsko definiranje procesa demontaže.


Tehnička funkcija se odnosi na izvođenje procesa i sadrži informacije o potrebnim ugradbenim elementima, elementima rada u najpovoljnijem redoslijedu i opremi radnih mjesta (alat, naprave, strojevi).

Organizacijska funkcija se odnosi na planiranje, ustroj, upravljanje i obračun troškova demontaže, a izražava se informacijama o mjestu troška, norma vremenu, grupi plaćanje i veličini serije.

Obrazac plana demontaže treba oblikovati tako da sadrži informacije za obje funkcije. Zaglavlje obrasca plana demontaže sadrži podatke za identifikaciju sklopa (proizvoda), poduzeća i plana [5].



Tablica 3. Plan demontaže sklopa osovine za prijenos snage na glavno vreteno

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb			<b>PLAN DEMONTAŽE</b>				Datum	Ime	Potpis	Mjesto troška:	List: <b>1</b>	
Zamjena za:			Naziv: <b>SKLOP OSOVINE ZA PRIJENOS SNAGE NA GLAVNO VRETENO</b>		Izradio	<b>2015-02-25</b>			Broj radnog mjesta:	Listova: <b>1</b>		
Zamijenjen sa:			Identitet:		Kontrolirao				Takt (minuta):	T <sub>pz</sub> (minuta):		
Vrijedi, od-do:			Broj crteža:		Optimalna serija, od-do (komada):		Veličina serije (komada):		Komada/smjena:			
Oznaka radnog mjesta/stroja	Broj radnika	Oznaka elementa rada	Opis elemenata rada	Ugradbeni elementi, materijal	Broj crteža/standard	Komada	Sastavnica		Sredstva za montažu, kontrolu i ispitivanje	Vrijeme izrade t <sub>i</sub> (minuta)	Norma vrijeme t <sub>1</sub> (minuta)	Kvalifikacija radnika
							List	Broj poz.				
		E1	Smjestiti osovinu u škripac					101	Škripac			
		E2	Ukloniti uskočnik	UE2				102-lijevo	Vanjska seeger kliješta			
		E3	Ukloniti udesnu pločicu	UE3				103-lijevo	Ravni odvijač			
		E4	Izvaditi ležaj	UE4				104-lijevo				
		E5	Izvaditi zupčanik	UE5				106	Izvlakač			
		E6	Izvaditi zupčanik	UE6				107	Izvlakač			
		E7	Izvaditi zupčanik	UE7				108	Izvlakač			
		E8	Ukloniti uskočnik	UE14				102-desno	Vanjska seeger kliješta			
		E9	Ukloniti udesnu pločicu	UE13				103-desno	Ravni odvijač			
		E10	Izvaditi ležaj	UE12				104-desno				
		E11	Ukloniti uskočnik	UE11				109-desno	Vanjska seeger kliješta			
		E12	Ukloniti zupčanik	UE10				110	Izvlakač			
		E13	Ukloniti uskočnik	UE9				109-sredina	Vanjska seeger kliješta			
		E14	Ukloniti uskočnik	UE8				109-lijevo	Vanjska seeger kliješta			
		E15	Odložiti vratilo	UE1				101				

### 5.3. Graf prethodnosti demontaže

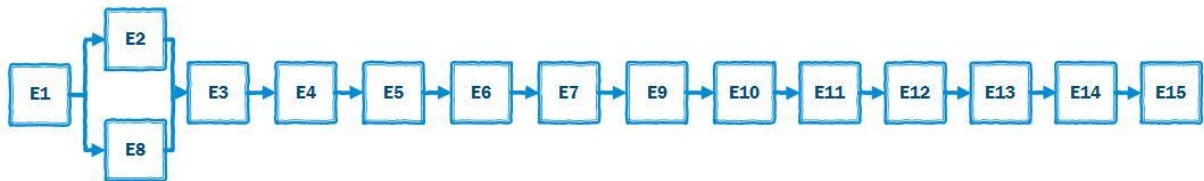
Sljedeći korak je izrada grafa prethodnosti demontaže kojim će se biti predložen tehnološki i vremenski tijek izvođenja rasklapanja.

Graf prethodnosti prikazuje koji se elementi rada moraju izvoditi slijedno jedan za drugim, odnosno koji se mogu izvoditi usporedno, nezavisno jedan od drugoga. To je mrežni prikaz izvođenja montažnog procesa, u kojem se elementi rada prikazuju kao čvorovi, a njihove međusobne ovisnosti linijama među čvorovima. Elementi rada se u graf prethodnosti uvode vremenskim slijedom, tako da kraj grafa predstavlja završetak procesa [6].

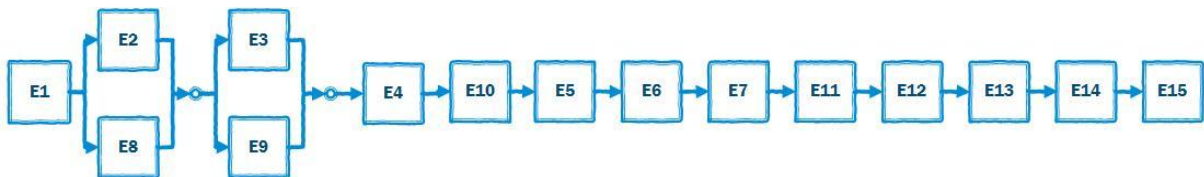
Slikama 22. do 28. su prikazane različite mogućnosti grafova prethodnosti pri demontaži sklopa osovine.



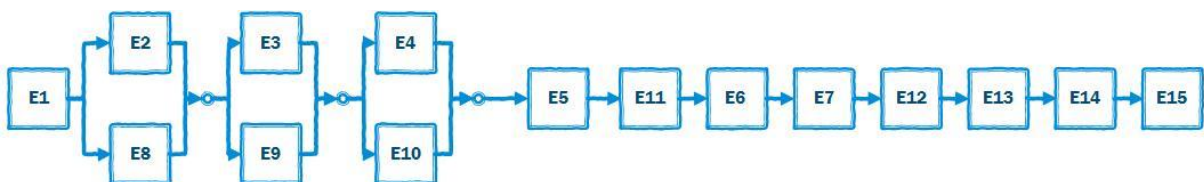
Slika 22. Graf prethodnosti a)



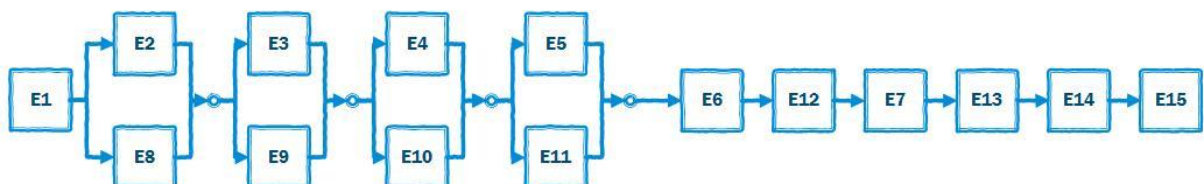
Slika 23. Graf prethodnosti b)



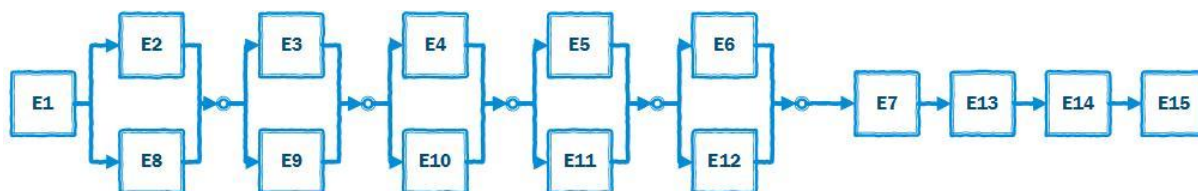
Slika 24. Graf prethodnosti c)



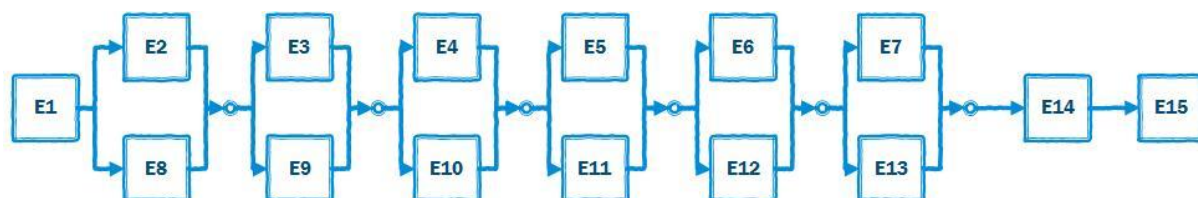
Slika 25. Graf prethodnosti d)



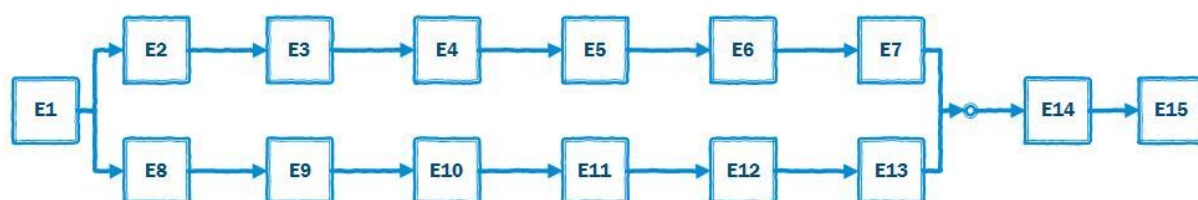
Slika 26. Graf prethodnosti e)



Slika 27. Graf prethodnosti f)



Slika 28. Graf prethodnosti g)



Slika 29. Graf prethodnosti h)

Grafovima prethodnosti je obuhvaćeno osam mogućih slučajeva – redosljeda rasklapanja sklopa osovine.

Odabire se graf prethodnosti a) (Slika 22.) gdje se kontinuirano odvijaju radnje jedna za drugom. Razlozi jesu: 1. najnepovoljniji slučaj što se tiče trajanja ciklusa demontaže, 2. slučaj odgovara trenutačnom načinu demontaže u pogonu.

Kod svih ostalih grafova dolazi do pojave istovremenog rada, što može zahtijevati prisustvo još jednog radnika. Neovisno o tome prema kojem grafu (osim a)) će se vršiti rasklapanje, procjenjuje se da je utrošak vremena neznatno manji pri radu dvije osobe nego onom kod rada jedne osobe. Radom dviju osoba se povećava i trošak radne snage. Pretpostavljeno, trošak radne snage je veći u odnosu na malu uštedu vremena, te je zaključak da je najisplativiji (vremenski i financijski) rad prema grafu a).

Vrijeme potrebno za demontažu navedene osovine, prema navodima iz tvrtke, iznosi 15 minuta. U tvrtki ne postoje definirana norma vremena za demontažu tokarilica odnosno njihovih sklopova (očekivano, jer je riječ o malim proizvodnim količinama). Eventualno, podaci o vremenima za radnje servisiranja i održavanja mogle bi se tražiti i nalaziti u dokumentima proizvođača strojeva.

#### 5.4. Određivanje vremena demontaže sklopa osovine sistemom MTM-2

Za određivanje vremena izvođenja montaže, ovisno o zahtijavanoj točnosti i projektnom zadatku, u fazi planiranja procesa, koriste se

- metode procjene i usporedbe
- računaska metoda
- **sustavi unaprijed određenih vremena.**

Sustavi unaprijed određenih vremena su postupci koji se temelje na raščlani rada u osnovne pokrete, kojima se dodjeljuje unaprijed određeni standard vremena, određen prirodom pokreta i uvjetima izvođenja. Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada [5].

Najpoznatiji sustavi unaprijed određenih vremena su Work Factor (WF) i Methods-Time Measurment (MTM). U ovom radu, za određivanje vremena demontaže, će se koristiti sistem MTM-2.

MTM-2 sistem se zasniva na 11 kategorija na koje su pokreti raspoređeni, te svaka od njih ima odgovarajuće oznake. Popis kategorija i oznaka jest:

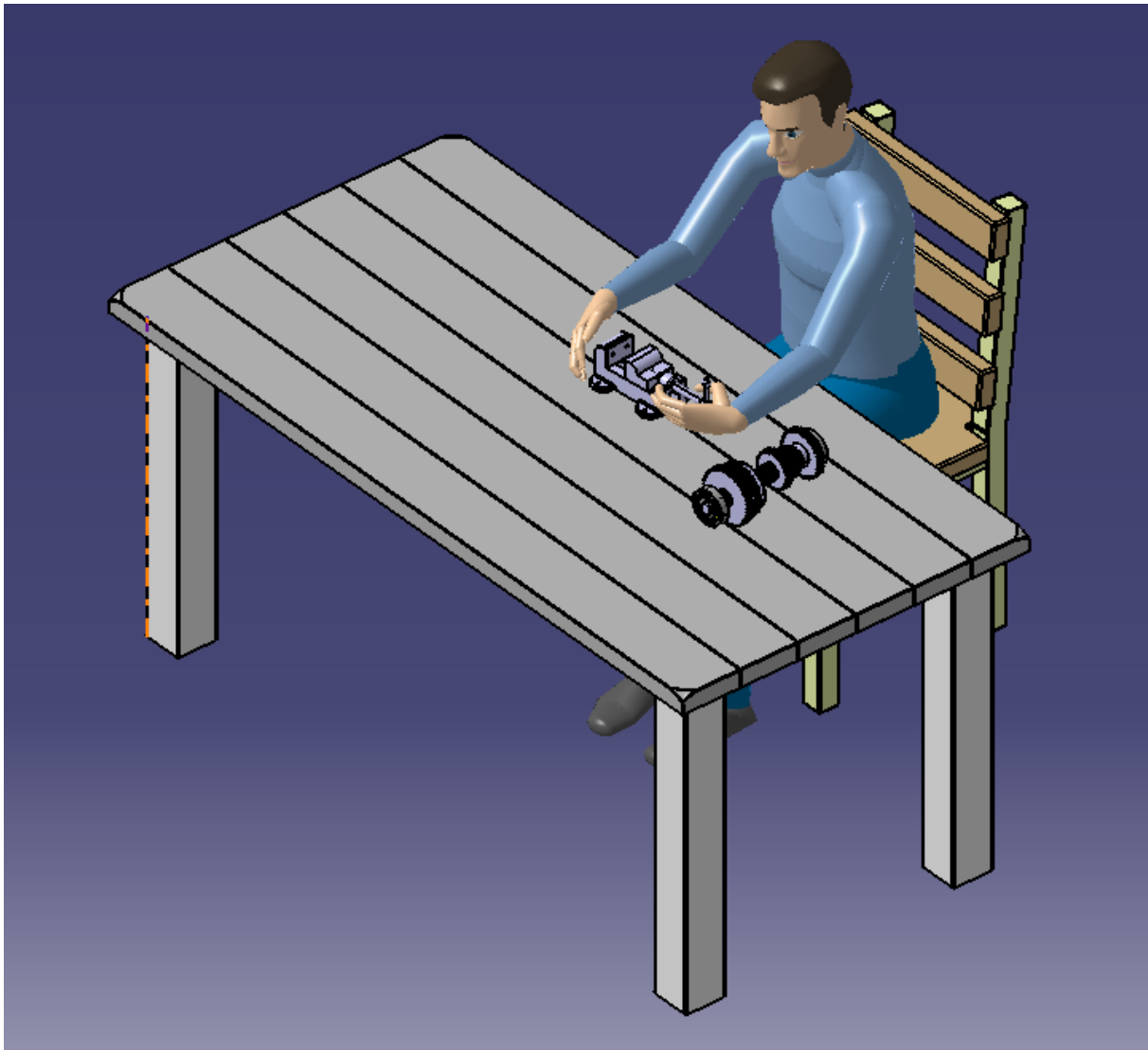
1. Uzimanje	G (GA, GB, GC)
2. Dodatak za težinu kod uzimanja	GW
3. Postavljanje	P (PA, PB, PC)
4. Dodatak za težinu kod postavljanja	PW
5. Ponovno hvatanje	R
6. Pritiskivanje	A
7. Okretanje ručice	C
8. Pokret očiju	E
9. Pokret stopala	F
10. Korak	S
11. Saginjanje i uspravljanje	B

U poglavlju 3.1. je spomenut radni stol kao dio proizvodno-radnog okruženja u kojem se odvija proces demontaže. Na navedenom radnom stolu se vrši demontaža osovine za prijenos snage na glavno vreteno. Alati koji se koriste jesu: odvijač s ravnim završetkom<sup>2</sup>, izvlačač, seeger kliješta za vanjske uskočnike<sup>3</sup> te škripac. Rasklapanje osovine se vrši s njena oba kraja, tako da je potrebno osigurati okretni škripac.

---

<sup>2</sup> U daljnjem tekstu: odvijač.

<sup>3</sup> U daljnjem tekstu: kliješta.




Slika 30. CAD model radnog mjesta


Zbog neočekivanih smetnji ili skučenosti prostora, koje se mogu javiti pri procesu demontaže, dodaje se faktor od 40 % na standardno vrijeme izračunato sistemom MTM-2.

Napomena: element rada E9 nije naveden u MTM-2 tablicama jer su radnje koje se poduzimaju pri njegovom rasklapanju identične radnjama kod elementa rada E3. Stoga će pri određivanju vremena demontaže, vrijeme potrebno za demontažu elementa E9 biti isto kao i vrijeme demontaže elementa rada E3.


Tablica 4. Sistem MTM-2, element rada E1

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E1	
Naziv	Smještaj osovine u škripac						
Početak	Ustajanje iz sjedećeg položaja						
Sadržaj	Smještaj osovine u škripac i zatezanje škripca u svrhu osiguranja fiksiranja osovine						
Završetak	Zategnuta osovina						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine.						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			31	B/2		Ustati se	
Uzeti osovinu		GB45	18	GB45		Uzeti osovinu	
Prihvat težine		GW5	5	GW5		Prihvat težine	
Pozicionirati osovinu		PC45	36	PC45		Pozicionirati osovinu	
			10	GB15		Uhvatiti ručicu škripca	
			45	3C		Zakrenuti ručicu	
145							
Napomena:							
$145 \times 1,4 = 203 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
9 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 5.Sistem MTM-2, element rada E2


 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E2	
Naziv	Uklanjanje uskočnika						
Početak	Saginjanje u sjedeći položaj						
Sadržaj	Koristeći kliješta ukloniti uskočnik						
Završetak	Odloženi uskočnik i kliješta						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			31	B/2		Sjesti	
			18	GB45		Uzeti kliješta	
			36	PC45		Postaviti kliješta u utore uskočnika	
			14	A		Pritisnuti kliješta	
			7	GB5		Povući kliješta prema sebi	
Ukloniti uskočnik sa kliješta		GB15	10	GA5		Smanjiti silu pritiskanja kliješta	
Uskočnik odložiti na stol		PB45	24	PB45		Odložiti kliješta na stol	
140							
Napomena:							
140 x 1,4 = 196 TMU							
Standardno vrijeme:							
8 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 6.Sistem MTM-2, element rada E3


 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>					Oznaka: E3
Naziv	Uklanjanje udesne pločice						
Početak	LR prema odvijaču						
Sadržaj	Uklanja se udesna pločica sa polugom stvorenom silom odvijača uz pomoć čekića						
Završetak	Odložena udesna pločica						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
Prihvat odvijača		GB45	18				
Pozicioniranje odvijača između udesne pločice i ležaja		PC45	36				
			18	GB45		Prihvat čekića	
			24	PB45		Prijenos čekića do vrha odvijača	
			10	GB15		Udarac čekićem	
Odlaganje odvijača		PB45	24	PB45		Odlaganje čekića	
			18	GB45		Prihvat otpuštene udesne pločice	
			24	PB45		Izvlačenje pločice sa osovine i odlaganje na stol	
172							
Napomena:							
$172 \times 1,4 = 240,8 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
10 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		




Tablica 7.Sistem MTM-2, element rada E4

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>					Oznaka: E4
Naziv	Demontaža kugličnog ležaja						
Početak	DR prema izvlačaču						
Sadržaj	Uklanjanje kugličnog ležaja pomoću izvlačača						
Završetak	Izvlakač u DR						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			18	GB45		Uzimanje izvlačača	
			3	GW3			
			24	PB45		Prinos osovine	
			5	PW5			
Pridržati izvlačač		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvlačača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvlačača na ležaj		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvlačača	
Prihvat kugličnog ležaja		GB30	115	5GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje ležaja na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvlačača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
			7	GB5		Prihvat izvlačača	
509							
Napomena:							
$509 \times 1,4 = 712,6$ TMU							
Standardno vrijeme:							
29 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		


Tablica 8. Sistem MTM-2, element rada E5

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E5	
Naziv	Demontaža zupčanika						
Početak	DR prema osovini						
Sadržaj	Demontaža zupčanika pomoću izvakača						
Završetak	Izvlakač u DR						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			15	PB15		Prinos izvakača osovini	
			5	PW5			
Pridržavati izvakač		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvakača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvakača na zupčanik		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvakača	
Prihvat zupčanika		GB30	230	10GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje zupčanika na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvakača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
			7	GB5		Prihvat izvakača	
552							
Napomena:							
$552 \times 1,4 = 772,8 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
31 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		


Tablica 9. Sistem MTM-2, element rada E6

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E6	
Naziv	Demontaža zupčanika						
Početak	DR prema osovini						
Sadržaj	Demontaža zupčanika pomoću izvakača						
Završetak	Izvlakač u DR						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			15	PB15		Prinos izvakača osovini	
			5	PW5			
Pridržavati izvakač		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvakača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvakača		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvakača	
Prihvat zupčanika		GB30	460	20GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje zupčanika na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvakača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
			7	GB5		Prihvat izvakača	
782							
Napomena:							
$782 \times 1,4 = 1094,8 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
44 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		


Tablica 10. Sistem MTM-2, element rada E7

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: <b>E7</b>	
Naziv	Demontaža zupčanika						
Početak	DR prema osovini						
Sadržaj	Demontaža zupčanika pomoću izvlača						
Završetak	Odložen izvakač						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			15	PB15		Prinos izvlača osovini	
			1	PW5			
Pridržavati izvlača		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvlača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvlača		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvlača	
Prihvat zupčanika		GB30	690	30GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje zupčanika na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvlača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
Odlaganje izvlača		PB45	24				
1025							
Napomena:							
1025 × 1,4 = 1435 TMU							
Standardno vrijeme:							
58 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		


Tablica 11. Sistem MTM-2, element rada E8

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E8	
Naziv	Demontaža uskočnika						
Početak	DR prema škripcu						
Sadržaj	Zakretanje škripca za 180° i demontaža uskočnika pomoću kliješta						
Završetak	Odloženi uskočnik i kliješta						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			14	GB30		Prihvatiti ručicu za otpuštanje škripca	
			14	A		Pritiskom zakrenuti	
Obuhvatiti i zakrenuti škripac za 180°		GC80	32	GC80		Obuhvatiti i zakrenuti škripac za 180°	
		PW10	2	PW10			
			14	GB30		Prihvatiti ručicu	
			14	A		Pritiskom zakrenuti	
			18	GB45		Uzeti kliješta	
			36	PC45		Postaviti kliješta u utore	
			14	A		Pritisnuti kliješta	
			7	GB5		Povući kliješta prema sebi	
Ukloniti uskočnik sa kliješta		GB15	10	GA5		Smanjiti silu pritiskanja	
Uskočnik odložiti na stol		PB45	24	PB45		Odložiti kliješta na stol	
199							
Napomena:							
$199 \times 1,4 = 278,6$ TMU							
Standardno vrijeme:							
12 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		


Tablica 12. Sistem MTM-2, element rada E10

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E10	
Naziv	Demontaža kugličnog ležaja						
Početak	DR prema izvlačkaču						
Sadržaj	Uklanjanje kugličnog ležaja pomoću izvlačkača						
Završetak	Odložen izvlačkač						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			18	GB45		Uzimanje izvlačkača	
			3	GW3			
			24	PB45		Prinos osovine	
			5	PW5			
Pridržavati izvlačkač		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvlačkača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvlačkača na ležaj		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvlačkača	
Prihvat kugličnog ležaja		GB30	115	5GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje ležaja na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvlačkača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
Odlaganje izvlačkača		PB45	24				
526							
Napomena:							
$526 \times 1,4 = 736,4$ TMU							
Standardno vrijeme:							
30 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 13. Sistem MTM-2, element rada E11


 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E11	
Naziv	Uklanjanje uskočnika						
Početak	DR prema kliještima						
Sadržaj	Koristeći kliješta ukloniti uskočnik						
Završetak	Odloženi uskočnik i kliješta						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			18	GB45		Prihvatiti kliješta	
			36	PC45		Postaviti kliješta u utore uskočnika	
			14	A		Pritisnuti kliješta	
			10	GB15		Povući kliješta prema sebi	
Prihvatiti uskočnik sa kliješta		GB15	10	GA5		Smanjiti silu pritiskanja kliješta	
Odložiti uskočnik na stol		PB45	24	PB45		Odložiti kliješta na stol	
112							
Napomena:							
$112 \times 1,4 = 156,8 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
7 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 14. Sistem MTM-2, element rada E12


 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E12	
Naziv	Demontaža bloka zupčanika						
Početak	DR prema izvlačaču						
Sadržaj	Uklanjanje bloka zupčanika pomoću izvlačača						
Završetak	Odložen izvlačač						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			18	GB45		Prihvat izvlačača	
			3	GW3			
			24	PB45		Prinos osovine	
			5	PW5			
Pridržavati izvlačač		GB45	18	GB15		Obuhvatiti vrh izvlačača	
			6	2 PA5		Traženje početka navoja	
Pozicioniranje poluga izvlačača na zupčanik		3 PC15	78				
			18	GB45		Prihvat ključa	
			36	PC45		Postavljanje ključa na vrh izvlačača	
Prihvat bloka zupčanika		GB30	115	5GB80		Zakretanje ključa	
Odlaganje bloka zupčanika na stol		PB45	115	5GB80		Zakretanje ključa u suprotnom smjeru	
Prihvat izvlačača		GB45	24	PB45		Odlaganje ključa	
Odlaganje izvlačača		PB45	24				
526							
Napomena:							
$526 \times 1,4 = 736,4\text{TMU}$							
Standardno vrijeme:							
30 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		




Tablica 15. Sistem MTM-2, element rada E13

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E13	
Naziv	Uklanjanje uskočnika						
Početak	DR prema kliještima						
Sadržaj	Koristeći kliješta ukloniti uskočnik						
Završetak	Odložen uskočnik						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			18	GB45		Prihvatiti kliješta	
			36	PC45		Postaviti kliješta u utore uskočnika	
			14	A		Pritisnuti kliješta	
			10	GB15		Povući kliješta prema sebi	
Prihvatiti uskočnik sa kliješta		GB15	10	GA5		Smanjiti silu pritiskanja kliješta	
Odložiti uskočnik na stol		PB45	24				
112							
Napomena:							
$112 \times 1,4 = 156,8$ TMU							
Standardno vrijeme:							
7 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 16. Sistem MTM-2, element rada E14

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E14	
Naziv	Uklanjanje uskočnika						
Početak	DR prema uskočniku						
Sadržaj	Koristeći kliješta ukloniti uskočnik						
Završetak	Odloženi uskočnik i kliješta						
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			26	PC15		Postaviti kliješta u utore uskočnika	
			14	A		Pritisnuti kliješta	
			14	GB30		Povući kliješta prema sebi	
Prihvatiti uskočnik sa kliješta		GB15	10	GA5		Smanjiti silu pritiskanja kliješta	
Odložiti uskočnik na stol		PB45	24	PB45		Odložiti kliješta na stol	
<b>88</b>							
Napomena:							
$88 \times 1,4 = 123,2 \text{ TMU}$							
Standardno vrijeme:							
5 s							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1		

Tablica 17. Sistem MTM-2, element rada E15

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>					Oznaka: E15	
Naziv	Otpuštanje vratila iz škripca							
Početak	DR prema ručici škripca							
Sadržaj	Otpuštanjem sile pritiskanja škripca prihvaća se vratilo i smješta na radni stol							
Završetak	Odloženo vratilo							
Ograničenje	Vrijedi za jedan sklop osovine							
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke		
			10	GB15		Prihvat ručice škripca		
Prihvat vratila		GB15	10					
			15	C		Primjena sile na ručicu		
Prihvat težine vratila		GW3	3					
Odložiti vratilo na stol		PB45	24					
62								
Napomena:								
$62 \times 1,4 = 86,8 \text{ TMU}$								
Standardno vrijeme:								
4 s								
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:			
Tihomir Škrivanek	2015-02-25			1	1			

Tablicom 18. su prikazana standardna vremena dobivena analizom rada demontaže, sistemom MTM-2, koja su pridružena elementima rada.

**Tablica 18. Standardna vremena dobivena sistemom MTM-2**

Element rada	Vrijeme određeno sistemom MTM-2	
	[s]	[min]
E1	9	0,15
E2	8	0,13
E3	10	0,17
E4	29	0,48
E5	31	0,52
E6	44	0,73
E7	58	0,97
E8	12	0,20
E9	10	0,17
E10	30	0,50
E11	7	0,12
E12	30	0,50
E13	7	0,12
E14	5	0,08
E15	4	0,07
Ukupno minuta		4,90

Vidljivo je da se analizom dobiva vrijeme trajanja demontaže od 4 minute i 54 sekunde, što je trostruko manje u odnosu na iskustveno vrijeme. U proračunu je nadodano 40 % vremena, što u realnim uvjetima, odnosno uvjetima rada koji se javljaju kod demontaže, možda ne pokriva nepredvidljive smetnje.

Pri demontaži, kako navedenog sklopa osovine, tako i cijelog stroja, se treba osigurati nesmetan i povećati prostor za njeno rasklapanje, što često nije tako. Gotovo uvijek je u blizini radnog mjesta neki stroj, drugi radnik ili pak zid koji onemogućavaju kretnje. No, pri demontaži osovine, puno vremena se troši zbog korozije i nemogućnosti odvajanja dijelova od vratila uslijed njihova sljepljivanja u steznom spoju, što nije analizirano sistemom MTM-2..

## 6. MOGUĆNOST UNAPRIJEĐENJA PROCESA DEMONTAŽE

Postoji nekoliko načina unaprijeđenja procesa demontaže:

### 1. Osiguravanje dovoljno radnog prostora za proces demontaže

Trenutni radni prostor navedenog poduzeća, u kojem se odvija demontaža, je ujedno i proizvodni prostor s mnoštvom strojeva. Prostor koji je osiguran za demontažu je skučen i potrebno je paziti na kretnje oko stroja pri radu. Blizina drugih strojeva onemogućava izvršavanje ponekih radnji u prirodnom položaju tijela za navedene, već serviser mora tražiti neki drugi položaj iz kojeg bi mogao obaviti svoj rad, tokom čega se gubi vrijeme.

S obzirom da su strojevi masivni, njihovo premještanje je neisplativo, te bi se u svrhu unaprijeđenja procesa servisiranja trebao osigurati prostor (prazna prostorija približne veličine 40 m<sup>2</sup>) za nesmetane kretnje pri demontaži. Neizostavni sadržaj prostora bi bili sva već nabrojana pomagala i alati čiji bi smještaj trebao biti nadohvat ruke serviseru.

U tijeku je proširenje proizvodno-radnog prostora poduzeća SIRAS d.o.o., u kojem bi možda mogao biti osiguran prostor potreban za nesmetane radnje pri demontaži.

### 2. Pri demontaži sklopa osovine odabrati način rada određen grafovima prethodnosti b), c), d), e), f) g) ili h) umjesto odabranog grafa a).

Pri analizi grafova prethodnosti spomenuto je skraćenje vremena demontaže sklopa osovine. Istina, sa skraćanjem vremena dolazi do negativne pojave, povećanja troškova radne snage, što se privremeno zanemaruje i razmatra se samo vremensko unaprijeđenje procesa.

Vremena trajanja procesa određenih pojedinim grafovima prethodnosti:

- Graf prethodnosti a) 294 s –odabrani proces
- Graf prethodnosti b) 286 s –ušteta 8 s
- Graf prethodnosti c) 276 s –ušteta 18 s
- Graf prethodnosti d) 247 s –ušteta 47 s
- Graf prethodnosti e) 240 s –ušteta 51 s
- Graf prethodnosti f) 210 s –ušteta 81 s
- Graf prethodnosti g) 203 s –ušteta 88 s
- Graf prethodnosti h) 198 s –ušteta 96 s.

Ušteta vremena se izražava u usporedbi s odabranim procesom. Odabirom grafa prethodnosti h), postiže se vremenski najisplativiji proces demontaže, pri čemu je uočljiva značajna ušteta vremena.

Pri ovako kratkim vremenima demontaže su i mali troškovi radne snage, pa bi se precizniji odnos među navedenim trebao detaljnije analizirati preko, za to predviđenih, metoda.

### 3. Upotreba baterijskih alata

Pri određivanju vremena demontaže sistemom MTM-2 je uočljivo da se sve radnje vrše ručnim alatima. Ručni alati se ne koriste samo pri demontaži vreteništa, već i pri demontaži cijele tokarilice.

Neke od tih alata nije moguće zamijeniti baterijskim (izvlakač, vanjska i unutarnja seeger kliješta), dok je sa, naprimjer, baterijskom bušilicom moguće improvizirati ravni i križni odvijač, inbus ključeve, okaste ključeve i samo u nekim slučajevima viljuškaste ključeve. Improvizacija podrazumijeva razne nastavke, koji se utaknu u glavu baterijske bušilice i služe kao alat.



Slika 31. Nastavci za baterijski alat

Viljuškasti ključevi se većinom koriste na mjestima gdje nije moguće koristiti okasti ključ zbog malo manevarskog prostora ili je matica obavijena drugim dijelovima, te je u tim slučajevima onemogućeno korištenje baterijskog alata.

### 4. Upotreba antikorozivnih sredstava prije početka demontaže

Najveći problem pri rasklapanju korištenih tokarilica je korozija. Jedini način olakšavanja demontaže dijelova zahvaćenih korozijom je upotreba antikorozivnih sredstava. Ta sredstva se počinju koristiti tek kada je vidljiva korozija tokom procesa rasklapanja, te, čekajući da ona počnu djelovati, serviser gubi vrijeme.

S obzirom da se nakon preuzimanja tokarilice ne kreće odmah na remont, moguća je primjena antikorozivnih sredstava, te ostavljanje stroja da upija navedeno. Idealno bi bilo ostaviti sredstvom snabdjeven stroj netaknut preko noći. Sredstvo će se zavući i među vijčane spojeve u kojima nema korozija, ali neće imati nikakvog utjecaja na njih, dok će se oni koji su korodirali, pod djelovanjem sredstva, otpustiti. To bi omogućilo rasklapanje bez zastoja prouzročenih korozijom.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu se opisuje demontaža klasične tokarilice. Opisani su uzroci karakterističnih kvarova tokarilica, uslijed kojih ih je potrebno servisirati ili kompletno demontirati i obaviti remont. Remont se odvija u poduzeću SIRAS d.o.o. te su navedene relevantne informacije o dotičnom poduzeću, u kojemu je remont tokarilica s demontažnom znatnog udjela u poslovanju.

Posebno važan faktor pri demontaži je proizvodno-radno okruženje u kojem se vrši demontaža, te je ono detaljno opisano.

Uslijed dugotrajnog vremenskog trajanja demontaže tokarilice i njenih sklopova, pokušalo se pronaći način njegova skraćivanja. Navedeni su i opisani koraci koji se poduzimaju pri demontaži tokarilice, a zbog kompleksnosti stroja, posebno je analizirana demontaža (samo jednog) karakterističnog sklopa – vreteništa.

Vretenište je sklop tokarilice koji osigurava prijenos snage s elektromotora na steznu glavu. Sam sklop se sastoji od mnoštva osovina i mehanizama za upravljanje njihovim radom, te je daleko najveće kompleksnosti uspoređujući ga s ostalim sklopovima tokarilice. To je razlog baziranja rada upravo na analizu demontaže vreteništa. Navedeni su koraci potrebni za kompletno rasklapanje (sklopa) vreteništa.

Unutar sklopa vreteništa, za još detaljniju analizu odabran je sklop osovine za prijenos snage na glavno vreteno. Analiza je poslužila za iznalaženje mogućnosti unaprijeđenja procesa demontaže.

Opisana je struktura proizvoda preko strukturne sastavnice u kojoj su naznačeni ugradbeni elementi. Izrađen je plan demontaže sklopa osovine kako bi se precizirale radnje koje je potrebno poduzeti u svrhu demontaže. Pomoću grafova prethodnosti iznijete su mogućnosti obavljanja istovremenih radnji pri demontaži. Dakle, izrada plana demontaže i grafova prethodnosti pridonose ostvarenju vremenski kraće demontaže.

Vrijeme potrebno za rasklapanje sklopa osovine je određeno sustavom unaprijed određenih vremena MTM-2 (*Methods-Time Measurement*). Ono iznosi 4,90 minuta, što je znatna ušteda u odnosu na iskustveno vrijeme (15 minuta), čime se ukazuje da je moguće skraćivanje vremena demontaže.

Osiguravanjem zasebnog prostora koji bi služio samo demontaži tokarilice bi se uvelike smanjilo vremensko trajanje rasklapanja, kao i smetnje tokom samog procesa. Prostor mora biti snabdjevan potrebnim alatima i pomagalicama potrebnim pri rasklapanju.

Odabirom načina rada prema jednom od grafova prethodnosti, proces se može ubrzati za 96 s, ali bi bio potreban još jedan serviser, te bi se trebala izračunati isplativost, usporedbom skraćivanja vremena rasklapanja i povećavanja troškova radne snage.

Ubrzanje procesa demontaže moguće je postići i upotrebom baterijskih alata, čime se po vijku može uštedjeti nekoliko sekundi, te gledajući globalno, na cijeloj tokarilici se mogu uštedjeti deseci minuta.

Tokom rada je napomenuto da vrijeme trajanja demontaže bitno ovisi o koroziji na vijcima i općenito vijčanim spojevima. Upotrebom antikorozijskih sredstava, korodirani spojevi bi se mogli demontirati bez zastoja, te bi se samim time omogućio brži proces demontaže.

U daljnjoj perspektivi trebat će koristiti suvremena tehnička i tehnološka rješenja u smislu virtualne stvarnosti (*Virtual Reality*) za još točniju procjenu vremena, kao i mogućnosti mehanizacije i automatizacije.

**LITERATURA**

- [1] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Hrvatska enciklopedija, pristupljeno 09.02.2015  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=1347>
- [2] Wikipedia, pristupljeno 09.02.2015, [http://hr.wikipedia.org/wiki/Alatni\\_stroj](http://hr.wikipedia.org/wiki/Alatni_stroj)
- [3] SIRAS d.o.o, pristupljeno 11.02.2015, <http://www.siras.hr/>
- [4] Katalog rezervnih dijelova, Prvomajska-Raša
- [5] Zoran Kunica: Zavarivanje i montaža, Izrada plana procesa ručne montaže, FSB, Zagreb,  
[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM\\_8.pdf](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM_8.pdf)
- [6] Zoran Kunica: Zavarivanje i montaža, Graf prethodnosti montaže, FSB, Zagreb,  
[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM\\_10.pdf](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM_10.pdf)
- [7] Zoran Kunica: Zavarivanje i montaža, Sastavnice, FSB, Zagreb,  
[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM\\_3.pdf](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/ZiM/ZiM_3.pdf)