

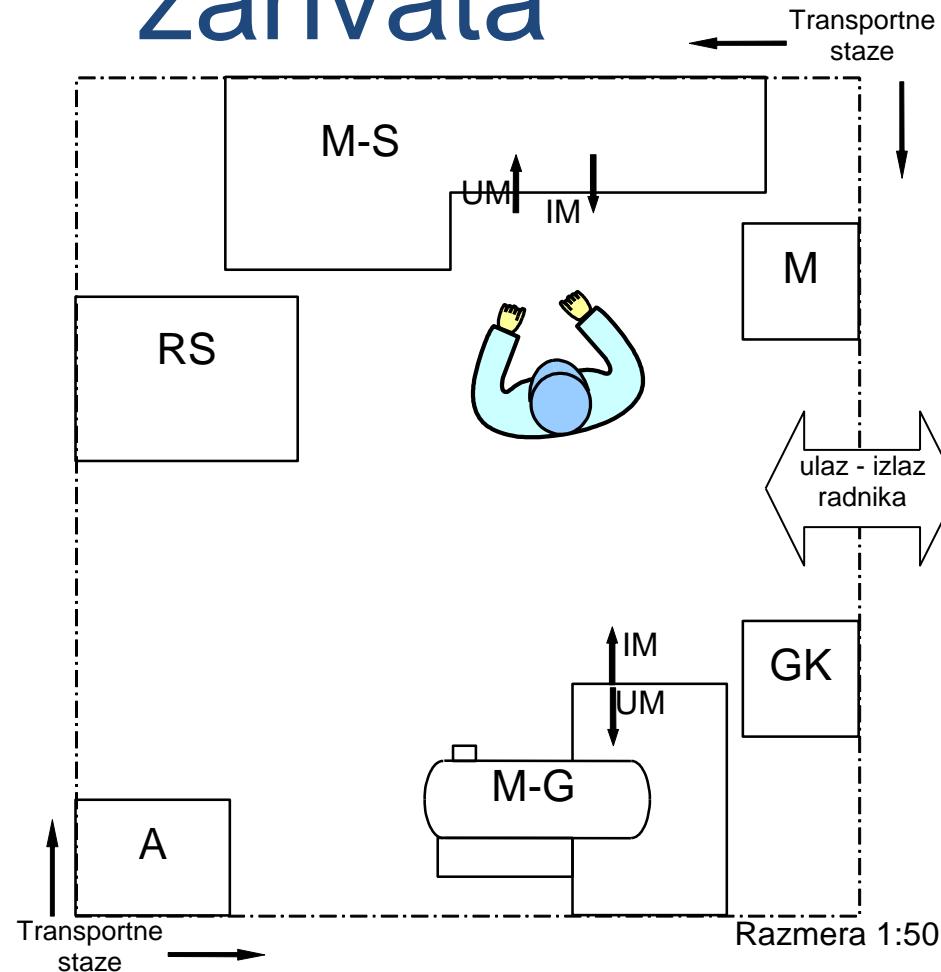


Osnove industrijskog inženjerstva

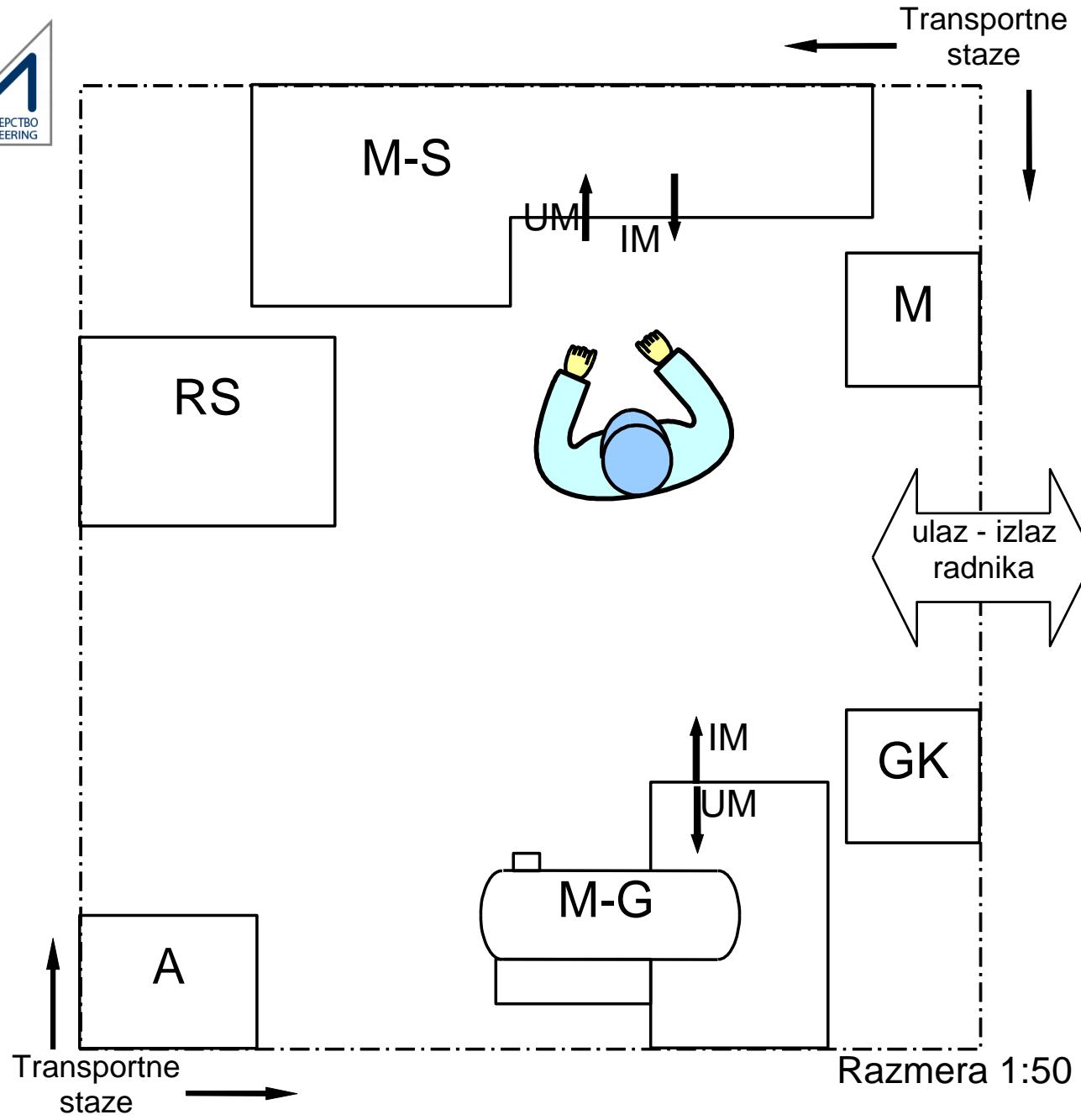
Proučavanje međuzavisnosti zahvata
Sinhronizacija resursa

Dragoslav Slović

Proučavanje međuzavisnosti zahvata



Raspored opreme na radnom mestu za izradu osovina elektromotora



Raspored opreme na radnom mestu za izradu osovina elektromotora

Metod rada

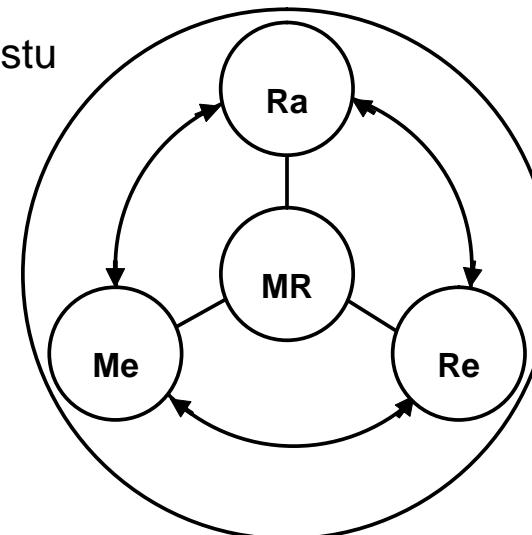
Metod rada pri izvođenju operacije je složen proces u kome radnici sistematski, smisljeno i planski obavljaju određeni skup aktivnosti (zahvata / pokreta) i koriste sredstva da bi obradili predmet rada ili pružili uslugu, sa ciljem bezbednog i efikasnog izvršenja dobijenog zadatka (operacije), za definisano vreme i troškove, u okviru datih ograničenja.

Metod rada je uslovjen:

- Rasporedom i vrstom objekata na radnom mestu
- Redosledom izvođenja zahvata / pokreta
- Međuzavisnošću izvođenja zahvata / pokreta

Kriterijumi za ocenu metoda rada su:

- Potrebno vreme i produktivnost,
- Humanizacija rada i
- Vrednost i troškovi rada.



Proučavanje metoda rada

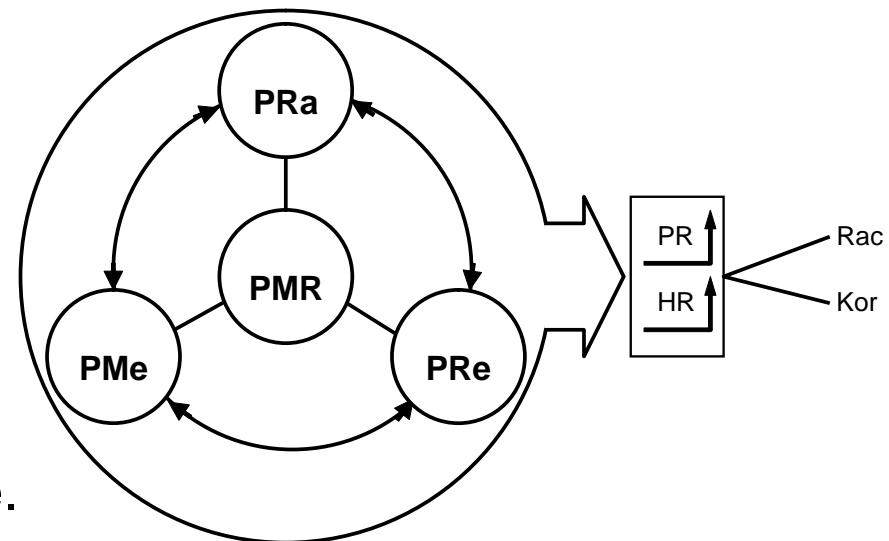
Proučavanje metoda rada (PMR) je proces istraživanja postojećih i budućih metoda rada i projektovanja optimalnih metoda rada, u kome se rešava problem organizacije rada pri izvođenju operacije na radnom mestu.

Ciljevi PMR su:

- povećanje produktivnosti rada i
- poboljšanje humanizacije u radu.

Ciljevi PMR se ostvaruju:

- racionalizacijom metoda rada i
- korišćenjem dobijenih podataka za planiranje, kontrolu i unapređivanje.



Metod proučavanja metoda rada

Metod proučavanja metoda rada je složen proces u kome se sistematski, smisljeno i planski postupa pri proučavanju postojećih i budućih metoda rada, projektovanju optimalnih metoda rada i korišćenju dobijenih rezultata za racionalizaciju rada, kroz promenu rasporeda, obuku radnika i primenu rezultata, radi ostvarivanja unapred postavljenog cilja – povećanja produktivnosti i humanizacije rada, koji se meri unapred definisanim kriterijumima, kao što su produktivnost, humanizacija, vreme, vrednost, troškovi, i realizuje u okviru datih ograničenja – novčanih, prostornih, tehničkih i vremenskih, a njegova primena zahteva upotrebu raznih posebnih metoda istraživanja.

PSRS

I

Izbor pravca proučavanja metoda rada

II

Snimanje postojećeg stanja metoda rada

III

Analiza postojećeg stanja metoda rada

IV

Projektovanje optimalnog metoda rada

V

Obuka radnika za primenu optimalnog metoda rada

VI

Primena metoda rada

VII

Kontrola primene rezultata

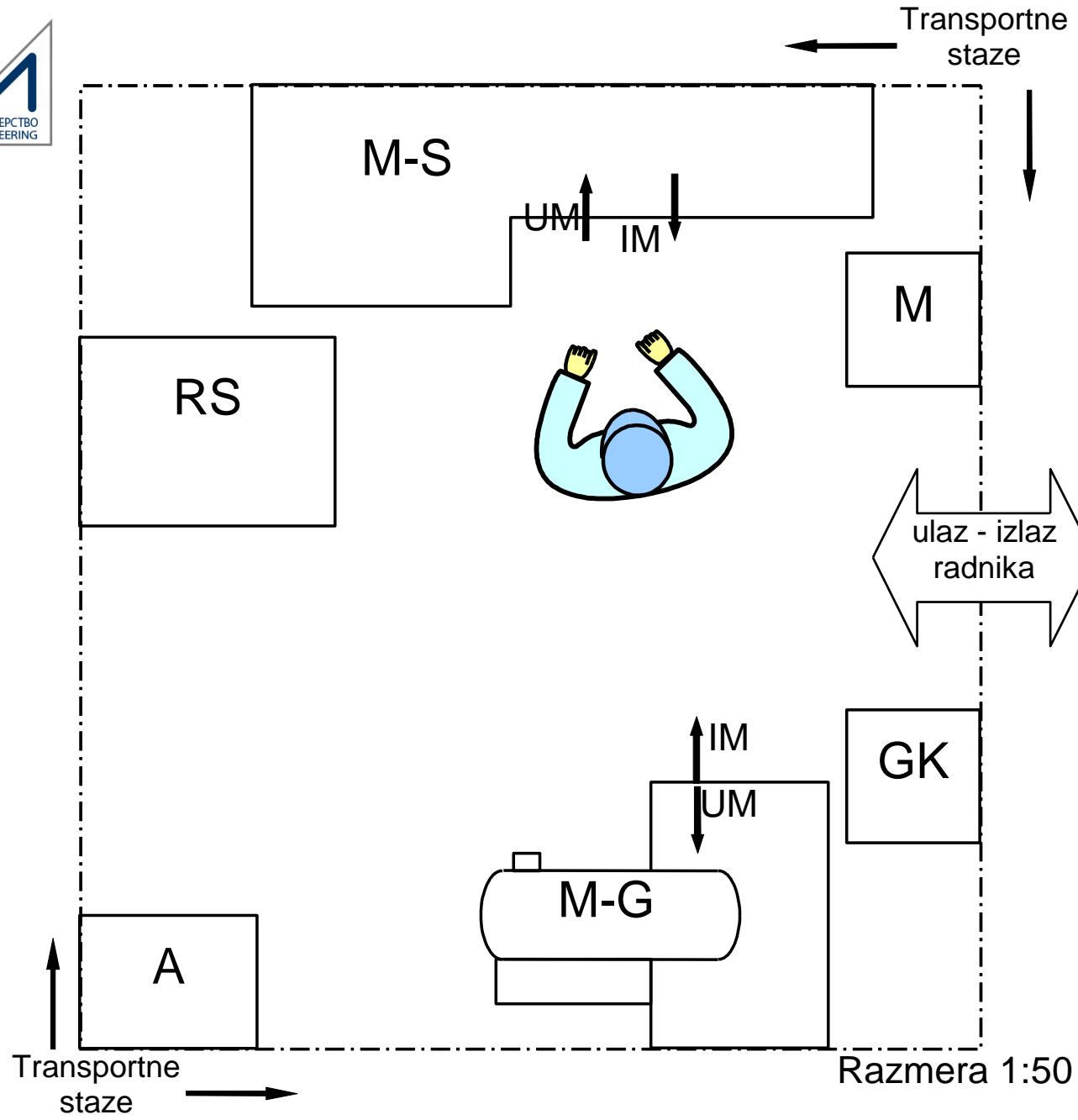
Faze metoda PMR:

NSRS

Faze metoda proučavanja metoda rada

Metod proučavanja metoda rada sadrži brojne faze koje se odvijaju u određenom nizu i između kojih postoji složena zavisnost. Osnovni niz postupka predstavlja vertikalni proces:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| I Izbor pravca istraživanja : | a) definisanje problema,
b) definisanje verbalnog modela,
c) objašnjenje problema,
d) definisanje cilja istraživanja,
e) definisanje kriterijuma,
f) definisanje ograničenja. |
| II Snimanje postojećeg stanja | g) Prikupljanje podataka o postojećem stanju. |
| III Analiza postojećeg stanja | h) razdvajanje,
i) kritička ocena,
j) parcijalna rešenja,
k) sinteza parcijalnih rešenja. |
| IV Projektovanje novih rešenja | l) velika sinteza,
m) projektovanje optimalnog metoda rada,
n) proračun ušteda,
o) utvrđivanje potrebnog vremena,
p) utvrđivanje relativne vrednosti,
r) testiranje rezultata proučavanja rada - racionalizacija rada i korišćenje podataka.
s) prezentacija rezultata, obuka radnika, izbor radnika. |
| V Obuka radnika | t) dobijanje potrebnih saglasnosti, ..., informisanje radnika, |
| VI Primena rezultata | u) provera učinjenih izmena,
v) primena rezultata PR,
w) kontrola primene (MR, PV, RV),
x) proračun ostvarenih efekata. |
| VII Kontrola primene rezultata | |



Raspored opreme na radnom mestu za izradu osovina elektromotora

Značaj proučavanja međuzavisnosti

- Operaciju na radnom mestu često obavlja više resursa – radnika i/ili mašina i postoji potreba da se njihov rad uskladi-sinhronizuje.
- Radnik obavlja zahvate koji se mogu grupisati u tri grupe: radi, hoda ili čeka. Mašina obavlja aktivnosti koje se mogu, takođe, grupisati u tri grupe: radi, zauzeta je ili čeka.
- Proučavanjem međuzavisnosti zahvata vrši se sinhronizacija aktivnosti više resursa – radnika i mašina koji zajedno obavljaju operaciju, čime se skraćuje vreme potrebno za izvođenje operacije i povećava produktivnost. Posebno se vodi računa o humanizaciji rada, kako bi se rad olakšao i učinio bezbednijim.
- Prethodno, kao prethodni korak u definisanju proizvodnog procesa, su definisani raspored i redosled, a proučavanjem međuzavisnosti po prvi put se usaglašavaju – sinhronizuju zahvati svih resursa koji obavljaju operaciju, eliminiju čekanja resursa i propisuje međuzavisnost svih zahvata pri izvođenju operacije na radnom mestu koja omogućava najlakši, najbezbedniji i najproduktivniji rad.
- Ukoliko postoji potreba, trebalo bi se vratiti na proučavanje redosleda ili rasporeda.

Pitalice i pravila za proučavanje međuzavisnosti

Međuzavisnost zahvata		
Pitanja za	Resurs	Tok
Postojeće stanje	Ko - što radi?	Kada se radi?
Razlog	Zašto radi on - to?	Zbog čega se tada radi?
Moguće alternative	Ko - što bi moglo da radi?	Kada bi se moglo raditi?
Izbor alternativa	Ko - što bi trebalo da radi?	Kada bi trebalo da se radi?
Pravila	1. Prioritet u izvršavanju međusobno zavisnih zahvata ima onaj resurs (radnik ili mašina) koji je usko grlo ciklusa jedne ili više operacija, koje se izvršavaju na jednom ili više radnih mesta. 2. Za vreme nezavisnog rada jedne maštine obaviti zavisne zahvate na drugoj maštini. 3. Nezavisne zahvate obaviti za vreme čekanja na mašinu ili radnika. 4. Ispitati međuzavisnost zahvata i razdvojiti zahvate na zavisne i nezavisne. Ispitati mogućnost paralelnog rada na nezavisnim zahvatima. 5. Dodeliti zahvate resursima iste vrste, tako da vreme ciklusa bude minimalno.	
Način poboljšavanja	1. Eliminisati čekanja resursa koji je usko grlo. 2. Eliminisati čekanja ostalih resursa. 3. Dodeliti zahvate resursima iste vrste tako da vreme ciklusa bude minimalno. 4. Paralelno obavljati nezavisne zahvate na više resursa i više predmeta rada. 5. Sinhronizovati rad više resursa.	
	RACIONALIZOVATI RASPORED OPREME I KOMANDI I REDOSLED ZAHVATA	
Cilj	UKOLIKO SE: <ol style="list-style-type: none"> 1. Skraćuje vreme ciklusa. 2. Povećava produktivnost. 3. Poboljšava humanizacija. 4. Smanjuje sadržaj rada. 5. Snižavaju troškovi. 	

Pitalice za proučavanje međuzavisnosti

Međuzavisnost zahvata		
Pitanja za	Resurs	Tok
Postojeće stanje	Ko - što radi?	Kada se radi?
Razlog	Zašto radi on - to?	Zbog čega se tada radi?
Moguće alternative	Ko - što bi moglo da radi?	Kada bi se moglo raditi?
Izbor alternativa	Ko - što bi trebalo da radi?	Kada bi trebalo da se radi?

Pravila za projektovanje međuzavisnosti zahvata

1. Prioritet u izvršavanju međusobno zavisnih zahvata ima onaj resurs (radnik ili mašina) koji je usko grlo ciklusa jedne ili više operacija, koje se izvršavaju na jednom ili više radnih mesta.
2. Za vreme nezavisnog rada jedne mašine obaviti zavisne zahvate na drugoj mašini.
3. Nezavisne zahvate obaviti za vreme čekanja na mašinu ili radnika.
4. Ispitati međuzavisnost zahvata i razdvojiti zahvate na zavisne i nezavisne. Ispitati mogućnost paralelnog rada na nezavisnim zahvatima.
5. Dodeliti zahvate resursima iste vrste, tako da vreme ciklusa bude minimalno.

1. Prioritet u izvršavanju međusobno zavisnih zahvata ima onaj resurs (radnik ili mašina) koji je usko grlo ciklusa jedne ili više operacija, koje se izvršavaju na jednom ili više radnih mesta.

- Usko grlo u operaciji je onaj resurs koji ima najveći stepen zauzetosti (stepen zauzetosti radnika se računa kao zbir rada i hodanja podeljen sa trajanjem ciklusa) ili korišćenja (stepen korišćenja maštine se računa kao zbir rada i zauzetosti podeljen sa trajanjem ciklusa).
- Međusobno zavisni zahvati su zahvati koje izvršava više od jednog resursa zajedno, a međusobno nezavisni zahvati su zahvati koje svaki resurs izvršava samostalno.
- Resurs koji je usko grlo određuje koliko će trajati ciklus operacije i trebalo bi da ima prioritet prilikom izvršavanja međuzavisnih zahvata.
- Prioritet znači da je potrebno sprečiti ili eliminisati čekanje uskog grla na drugi resurs pre izvođenja međuzavisnih zahvata, čak i ako se poveća čekanje resursa koji nije usko grlo. Na taj način se povećava produktivnost.

2. Za vreme nezavisnog rada jedne mašine obaviti zavisne zahvate na drugoj mašini.

- Postoje brojni slučajevi u proizvodnji da jedan radnik radi na više mašina.
- Savremene mašine mogu da deo ciklusa operacije (rad maštine) obavljaju samostalno, bez prisustva i neposrednog učešća radnika.
- Radnik na takvim mašinama najčešće puni, prazni i aktivira mašinu.
- Potrebno je posmatrati izradu serije delova – prethodni, tekući i naredni deo prilikom analize.
- Trebalo bi da za vreme dok jedna mašina nezavisno obrađuje tekući deo radnik napuni, isprazni ili aktivira drugu mašinu (sledeću mašinu prethodnim iz serije, a prethodnu mašinu narednim iz serije), čime se smanjuje čekanje i trajanje ciklusa. Na taj način se povećava produktivnost.

3. Nezavisne zahvate obaviti za vreme čekanja na mašinu ili radnika.

- Postoje brojni slučajevi u proizvodnji da jedan radnik radi na više mašina.
- Savremene mašine mogu da deo ciklusa operacije (rad maštine) obavljaju samostalno, bez prisustva i neposrednog učešća radnika.
- Radnik za to vreme često čeka. Ovo je navika iz perioda rada na starim mašinama, kada je radnik morao sve vreme da kontroliše rad maštine.
- Potrebno je posmatrati izradu serije delova – prethodni, tekući i naredni deo prilikom analize.
- Trebalo bi da za vreme dok drugi radnik ili mašina nezavisno obrađuje tekući deo radnik obavi nezavisne zahvate na prethodnom ili sledećem delu iz serije, čime se smanjuje čekanje i trajanje ciklusa. Na taj način se povećava produktivnost.

4. Ispitati međuzavisnost zahvata
i razdvojiti zahvate na zavisne i nezavisne.
Ispitati mogućnost paralelnog rada na nezavisnim zahvatima.

- Međusobno zavisni zahvati su zahvati koje izvršava više od jednog resursa zajedno, a međusobno nezavisni zahvati su zahvati koje svaki resurs izvršava samostalno.
- Nezavisne zahvate svaki resurs – radnik ili mašina, mogu obavljati bez obzira na to šta u tom periodu rade ostali resursi.
- Potrebno je posmatrati izradu serije delova – prethodni, tekući i naredni deo prilikom analize.
- Trebalo bi da za vreme dok jedna resurs nezavisno obrađuje tekući deo drugi resurs obavi nezavisne zahvate na prethodnom ili sledećem delu iz serije, čime se smanjuje čekanje i trajanje ciklusa. Na taj način se povećava produktivnost.

5. Dodeliti zahvate resursima iste vrste, tako da vreme ciklusa bude minimalno.

- Postoje brojni slučajevi u proizvodnji da više radnika ili mašina iste vrste radi zajedno na istoj operaciji.
- Idealno bi bilo da svi radnici ili mašine rade sve vreme tokom trajanja ciklusa operacije, ali to najčešće nije slučaj.
- Potrebno je posmatrati izradu serije delova – prethodni, tekući i naredni deo prilikom analize.
- Jedan pristup je da se posao podeli tako da svi radnici budu približno isto opterećeni, ali ovaj pristup može dovesti do gubitaka.
- Trebalo bi da se posao podeli tako da ukupno trajanje ciklusa bude minimalno a da se različito opterećeni radnici rotiraju tokom smene u određenim intervalima. Na taj način se povećava produktivnost.
- Ako se posmatraju mašine, trebalo bi opet voditi računa o tome da trajanje ciklusa bude minimalno, a ne da opterećenje mašina bude približno isto. Na taj način se povećava produktivnost.

Način poboljšavanja međuzavisnosti zahvata

1. Eliminisati čekanja resursa koji je usko grlo.
2. Eliminisati čekanja ostalih resursa.
3. Dodeliti zahvate resursima iste vrste tako da vreme ciklusa bude minimalno.
4. Paralelno obavljati nezavisne zahvate na više resursa i više predmeta rada.
5. Sinhronizovati rad više resursa.

**RACIONALIZOVATI RASPORED OPREME I KOMANDI
I REDOSLED ZAHVATA**

Ciljevi proučavanja međuzavisnosti

1. Skratiti potrebno vreme za operaciju.
2. Povećati produktivnost.
3. Poboljšati humanizaciju.
4. Smanjiti sadržaj rada.
5. Sniziti troškove.

Metodi i tehnike proučavanja međuzavisnosti

- Metod i Karta međuzavisnih zahvata
(međuzavisnost više aktivnosti svih resursa u vremenu)

Pitanje:
Šta se i kako prikazuje kartom _____?



L laboratoriја za proučavanje rada		Karta međuzavisnih zahvata							
Pogon:	Mašinska radionica				Snimač:	D.S.		Studija:	P-X-2
Tok:	rada / materijala				Datum:	15.8.98		Strana:	3 Od: 7
Opis operacije:	Izrada osovine elektromotora				R e k a p i t u l a c i j a				
Alat / pribor	=				Opis veličine	Jedinica mere	PS	NS	Δ_{NS}
Uslovi rada	Normalni, radionički				Tc	S kom h	140		
Resursi	R1: Radnik P.Z R2: Strug; R3: Glodalica				Pr		25,7		
Početni zahvat	Puni strug								
Završni zahvat	Vraća se do struga								
Postojeće / Nove stanje					$\Delta_{NS} = NS - PS$; $\eta_{NS} = \frac{ NS - PS }{PS} * 100 [\%]$				
T[s]	R1: Radnik			R2: Strug			R3: Glodalica		R4:
0	Opis zahvata	t	tip	Opis zahvata	t	tip	Opis zahvata	t	tip
		[]	[]		[]	[]			[]
	Puni strug	10	V	Puni se	10	V			V
	Uklj. strug	5	V	Uključuje se	5	V			V
30									
60	Čeka	55		Automatski rad struga	55		Čeka	85	
90	Prazni strug	10	V	Prazni se	10	V			V
	Do glodalice	5	V				Puni se	10	V
	Puni glodalicu	10	V				Uključuje se	5	V
	Uklj. glodal.	5	V						
120	Čeka	25		Čeka	60		Automatski rad	25	
	Prazni glodalicu	10	V				Prazni se	10	V
	Do struga	5	V				Čeka	5	V
		50	V		55	V		25	V
		10	V		25	V		25	V
		80	V		60	V		90	V

Karta međuzavisnih zahvata

Kartom međuzavisnih zahvata prikazuje se grafički model međuzavisnosti svih zahvata, svih resursa – radnika i mašina u vremenu, prilikom izvođenja operacije na radnom mestu, upotrebom odgovarajućih simbola aktivnosti, koji su prikazani u formi tabele.

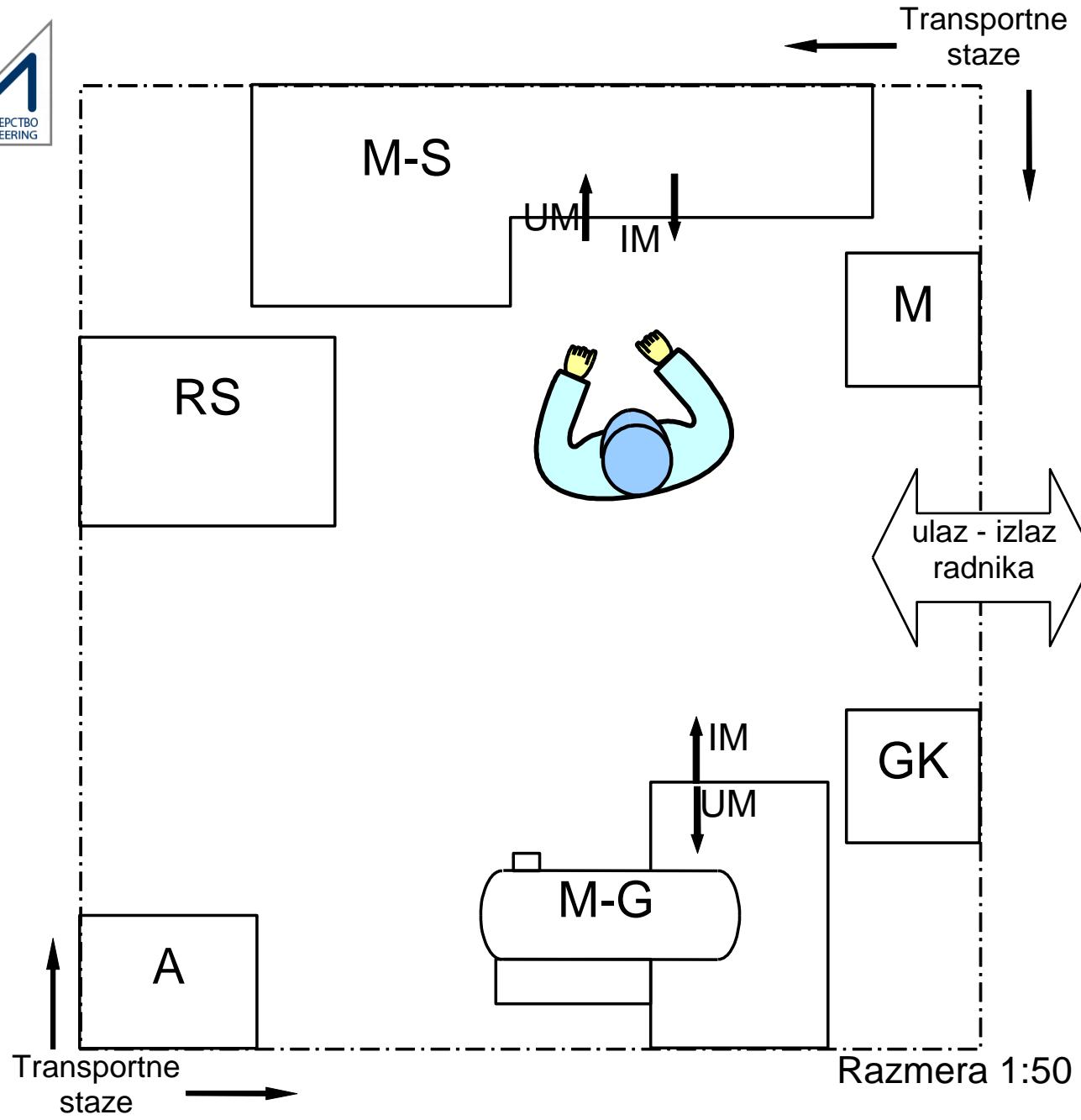
Grafički model međuzavisnosti zahvata se izrađuje tako što se unosi svaki resurs (radnik ili mašina) koji učestvuje u operaciji u posebnu, veću kolonu tabele. Svaka od ovih većih kolona je podeljena na pet delova, tako da sadrži opis, trajanje i prostor za ucrtavanje odvijanja zahvata u vremenu, prema tipu zahvata (postoje tri kolone, za radnika radi, hoda ili čeka, a za mašinu radi, zauzeta ili čeka), proporcionalno trajanju toga zahvata.

Pored toga, sa leve strane, kao prva kolona, nalazi se vremenska skala, koja u odgovarajućoj razmeri prikazuje protok vremena prilikom obavljanja operacije.



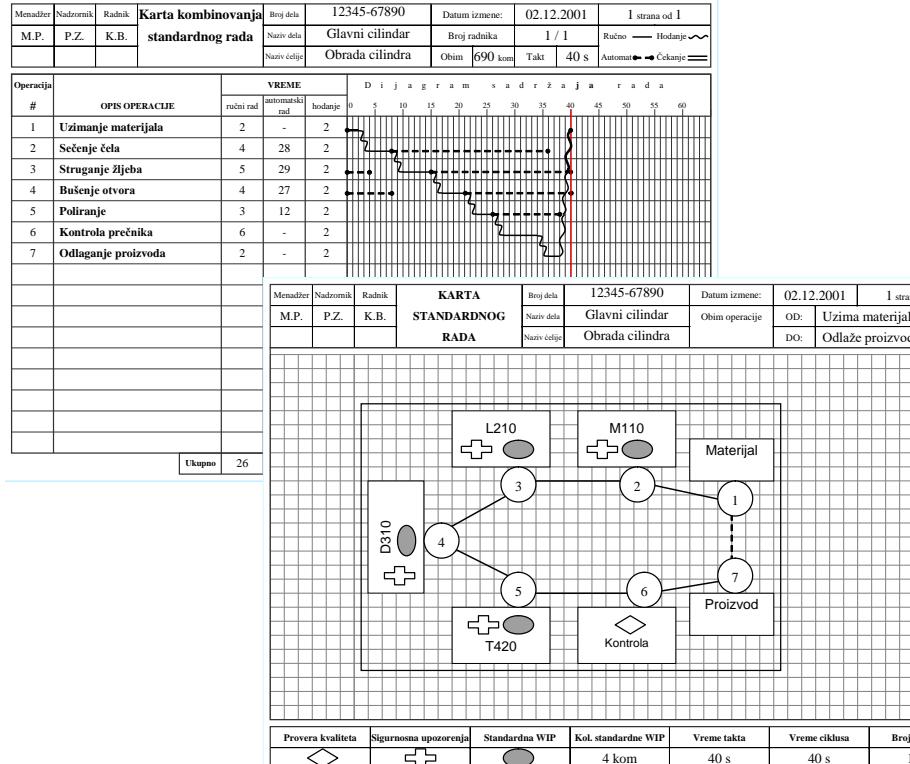
Popunjavanje karte međuzavisnih zahvata

Korak	Napomena
1. Popuniti zaglavje karte	<ul style="list-style-type: none">- Popuniti poznate rubrike na početku- Na kraju snimanja prekontrolisati i dopuniti zaglavje
2. Prepoznati sve resurse – radnike ili mašine koji učestvuju u operaciji	<ul style="list-style-type: none">- Voditi računa o sopstvenoj i bezbednosti drugih lica
3. Prepoznati i opisati sve zahvate svakog resursa i njihovu međuzavisnost	<ul style="list-style-type: none">- Za svaki zahvat svakog resursa prikupiti opis, trajanje, međuzavisnost, tip zahvata,
4. Nacrtati grafički model međuzavisnih zahvata	<ul style="list-style-type: none">- Izradu modela započeti unošenjem resursa – radnika i mašina koji učestvuju u operaciji- Definisati tipove zahvata svakog resursa, radnik radi, hoda ili čeka, a mašina radi, zauzeta je ili čeka- Upisati opis i trajanje zahvata.- U odgovarajuću rubriku ucrtati izlomljenu liniju koja prikazuje početak, trajanje i kraj zahvata, zavisno od tipa zahvata- Voditi računa o vremenskoj skali i razmeri- Voditi računa da se moraju uneti svi zahvati svih resursa, a da je ukupno trajanje svih zahvata svakog resursa jednako trajanju ciklusa- Nakon poslednjeg zahvata, u kolonama za tip zahvata, sabrati i upisati trajanje svakog tipa zahvata po resursima.
5. Izračunati i upisati potrebne podatke za rekapitulaciju	<ul style="list-style-type: none">- Voditi računa o ukupnom trajanju ciklusa i ciklusu svakog resursa



Raspored opreme na radnom mestu za izradu osovina elektromotora

Standardizovanje operacija



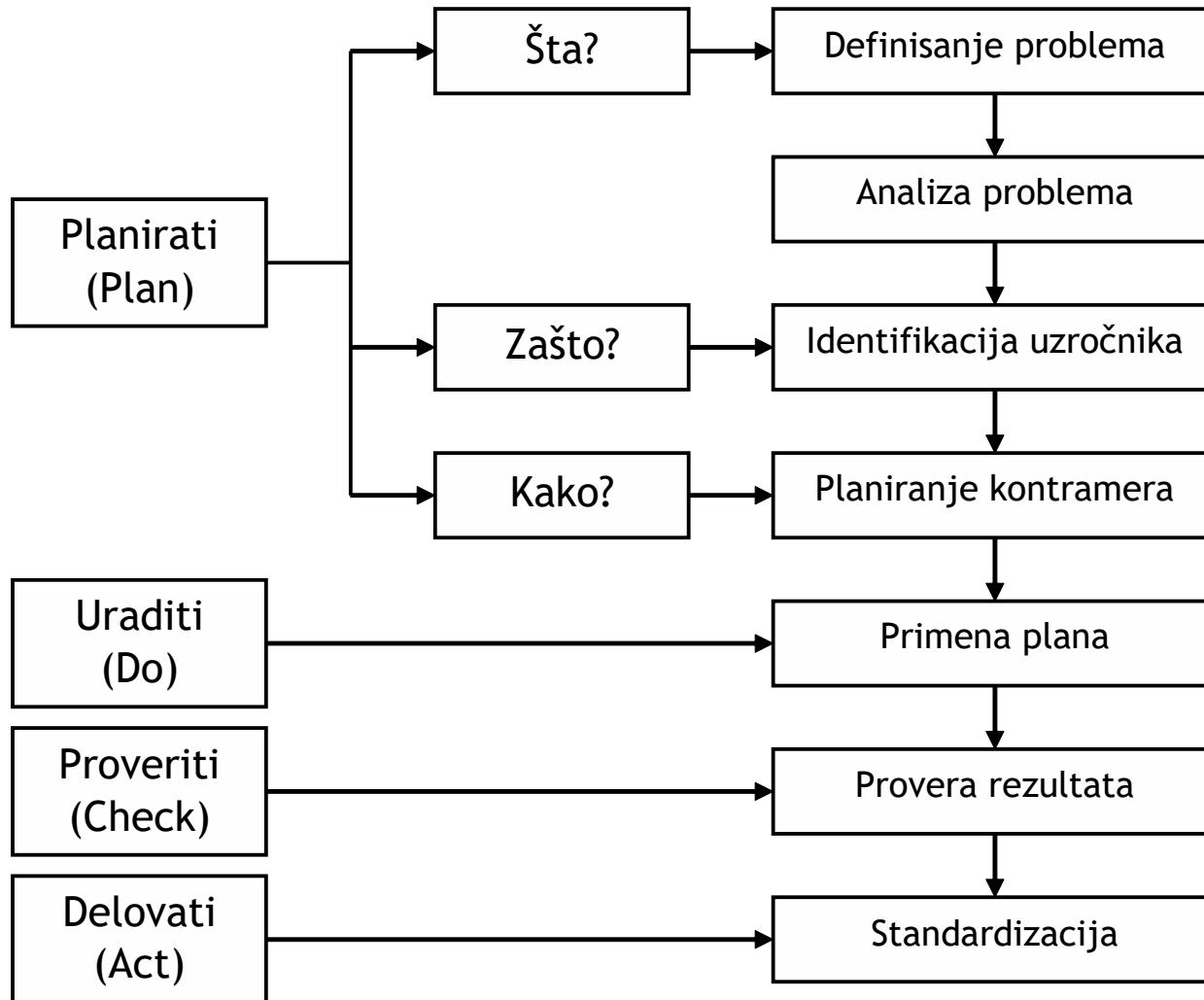
Standardna operacija je operacija bezbedna za obavljanje sa svim zadacima organizovanim na najbolji poznati nači uz korišćenje najefikasnije kombinacije resursa:

Kaizen postupak standardizovanja operacije

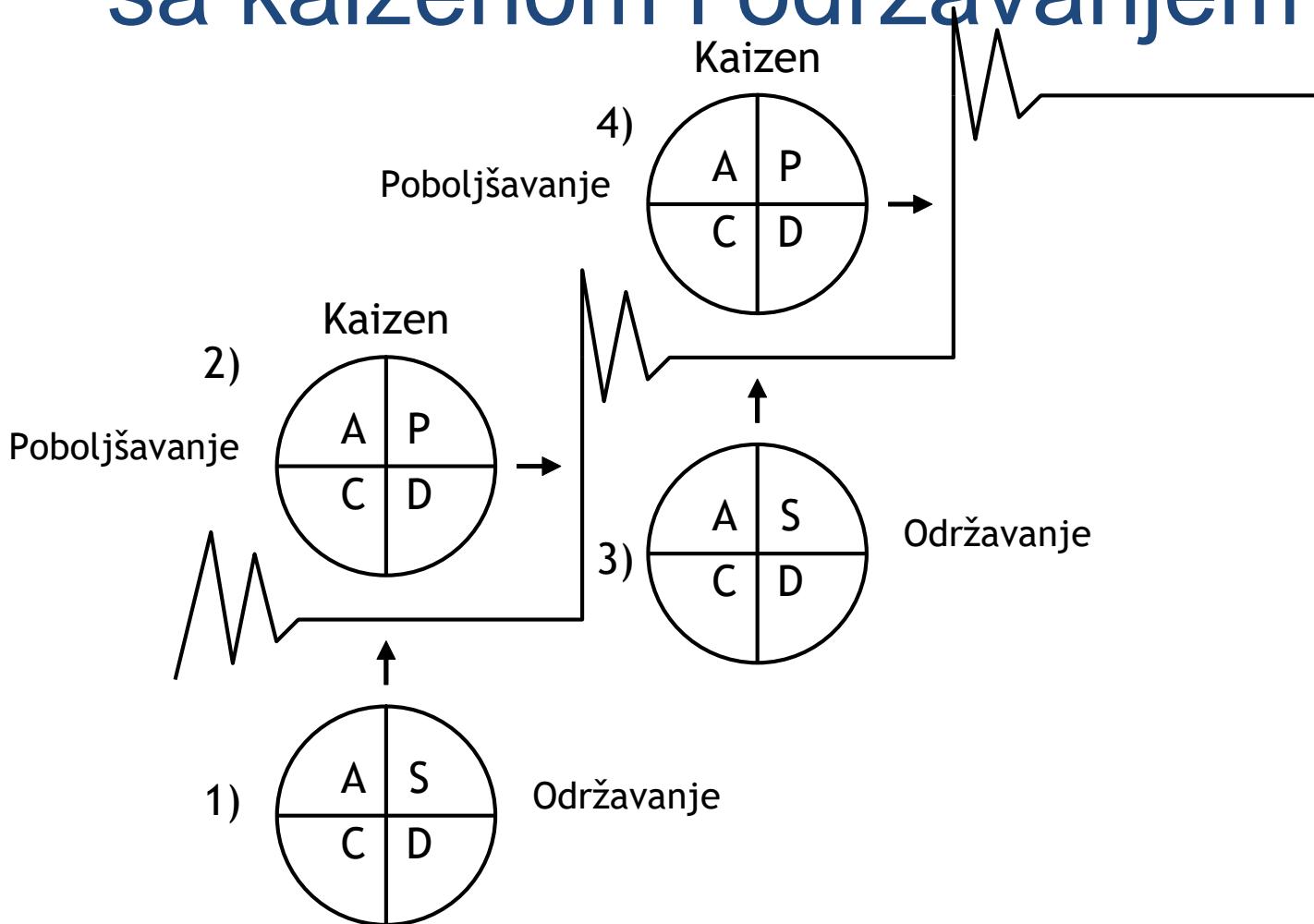


Za kaizen standardi postoje samo da bi se zamenili boljim standardima.

PDCA ciklus rešavanja problema



Interakcija PDCA i SDCA ciklusa sa kaizenom i održavanjem





Primer - Mašinska obrada glavnog cilindra

Broj dela: 12345-67890

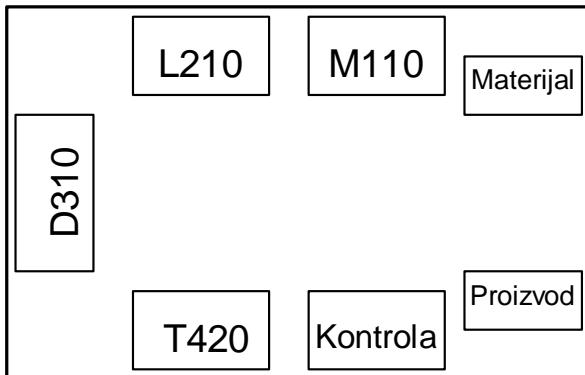
Naziv dela: Glavni cilindar

Jedinica: komad

Vrema rada: 460 Minuta / Dan

Zahtevana dnevna proizvodnja: 690 komada

1. Dijagram rasporeda mašina



2. Redosled i vreme obrade

	Materijal	M210	L210	D310	T420	Kontrola	Proizvod
Vrsta obrade		Sečenje čela	Struganje žljeba	Bušenje otvora	Poliranje	Provera prečnika	
Ručni rad [s]	2	4	5	5	3	6	2
Automatski rad [s]		28	29	27	12		

3. Trajanje i učestalost izmene alata

3-1: Alat na mašini broj M110 se menja za 60 sekundi na svakih 100 delova.

3-2: Alat na mašini broj L210 se menja za 50 sekundi na svakih 200 delova.

3-3: Alat na mašini broj D310 se menja za 100 sekundi na svakih 300 delova.

3-4: Alat na mašini broj T420 se menja za 30 sekundi na svakih 400 delova.

4. Pomoćni elementi

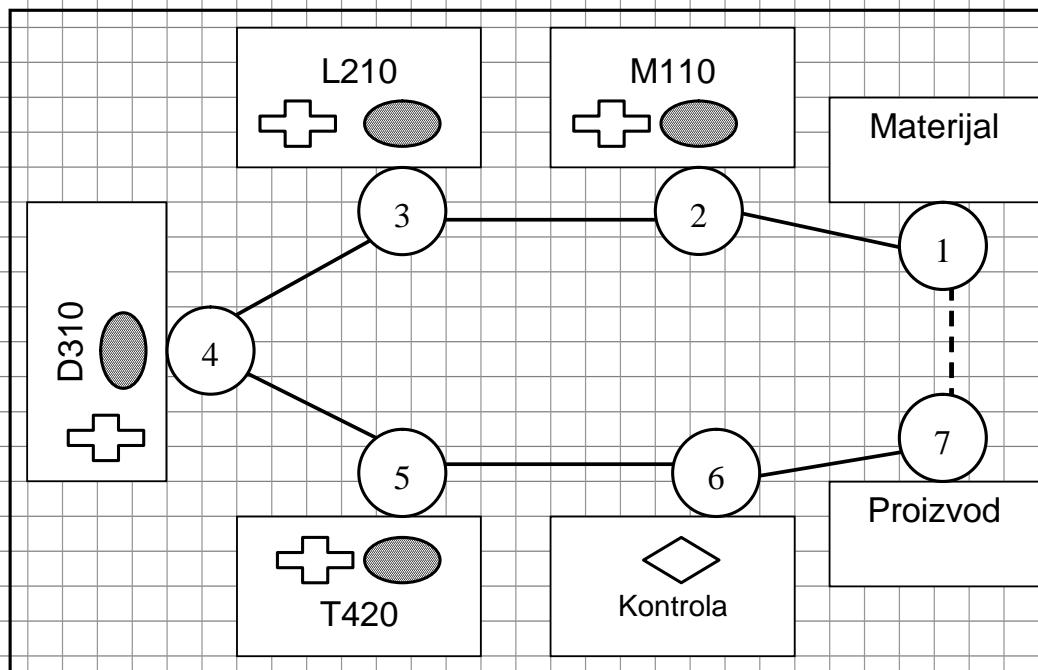
4-1: 2 sekunde hodanje između mašina

4-2: 2 sekunde ručni rad za uzimanje materijala i spuštanje gotovog proizvoda.

Menadžer	Nadzornik	Radnik	Tabela proizvodnih kapaciteta procesa	Broj dela	12345-67890	Datum izmene:	02.12.2001	1 strana od 1
M.P.	P.Z.	K.B.		Naziv dela	Glavni cilindar	Takt proizvodnje	40 s	<u>POTREBNI IZLAZ DAN</u>
				Naziv čelije	Obrada cilindra	<u>MAX IZLAZ DAN</u>	805 kom.	Maksimalni broj radnika

Operacija#	OPIS PROCESA	Broj mašine	OSNOVNO VРЕME				ALATI			NAPOMENE
			hodanje	ručni rad	automatski rad	vreme za završetak	# komada po promeni	vreme promene	vreme komad	
1	Uzimanje materijala	-		2	-	2	-	-	-	
2	Sečenje čela	M110		4	28	32	100	60	0,60	846
3	Struganje žljeba	L210		2	5	29	34	200	50	0,25
4	Bušenje otvora	D310		2	4	27	31	300	100	0,34
5	Poliranje	T420		2	3	12	15	400	30	0,08
6	Kontrola prečnika	-		2	6	-	6	-	-	
7	Odlaganje proizvoda	-		2	2	-	2	-	-	kapacitet > potreba
				2						rad radnika = takt
										za proizvodnju do 690
										dovoljan je 1 radnik
										za proizvodnju od 690
										do 805 potrebna su dva radnika
			Ukupno	14	26	Ispitati vremena svaki put kada se kaizen pristupom skrate i napisati razlog za promenu u kolonu napomene				
			Sve skupa	40						

Menadžer	Nadzornik	Radnik	KARTA STANDARDNOG RADA	Broj dela	12345-67890	Datum izmene:	02.12.2001	1 strana od 1
M.P.	P.Z.	K.B.		Naziv dela	Glavni cilindar		OD:	Uzima materijal
				Naziv ćelije	Obrada cilindra		DO:	Odlaže proizvod



Provera kvaliteta	Sigurnosna upozorenja	Standardna WIP	Kol. standardne WIP	Vreme takta	Vreme ciklusa	Broj radnika
			4 kom	40 s	40 s	1 / 1

