



ИНДУСТРИЈСКО И МЕНАџМЕНТ ИНЖЕЊЕРСТВО
INDUSTRIAL & MANAGEMENT ENGINEERING

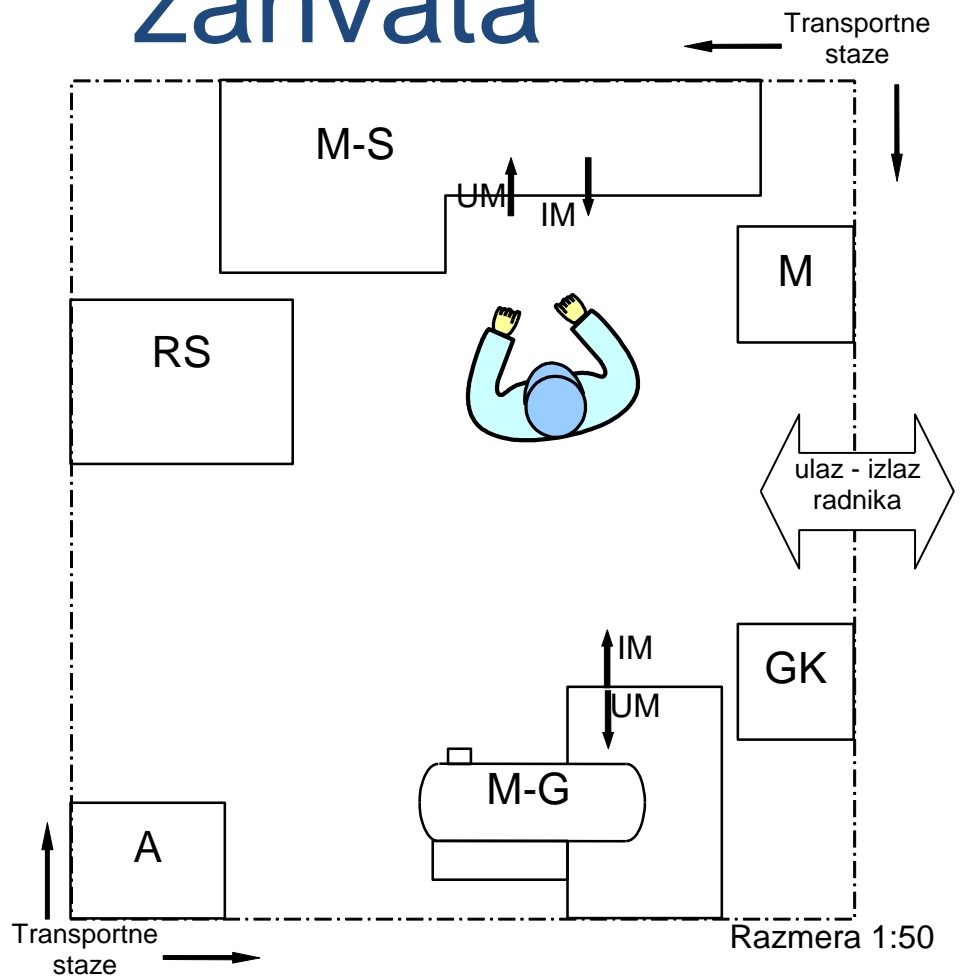


Osnove industrijskog inženjerstva

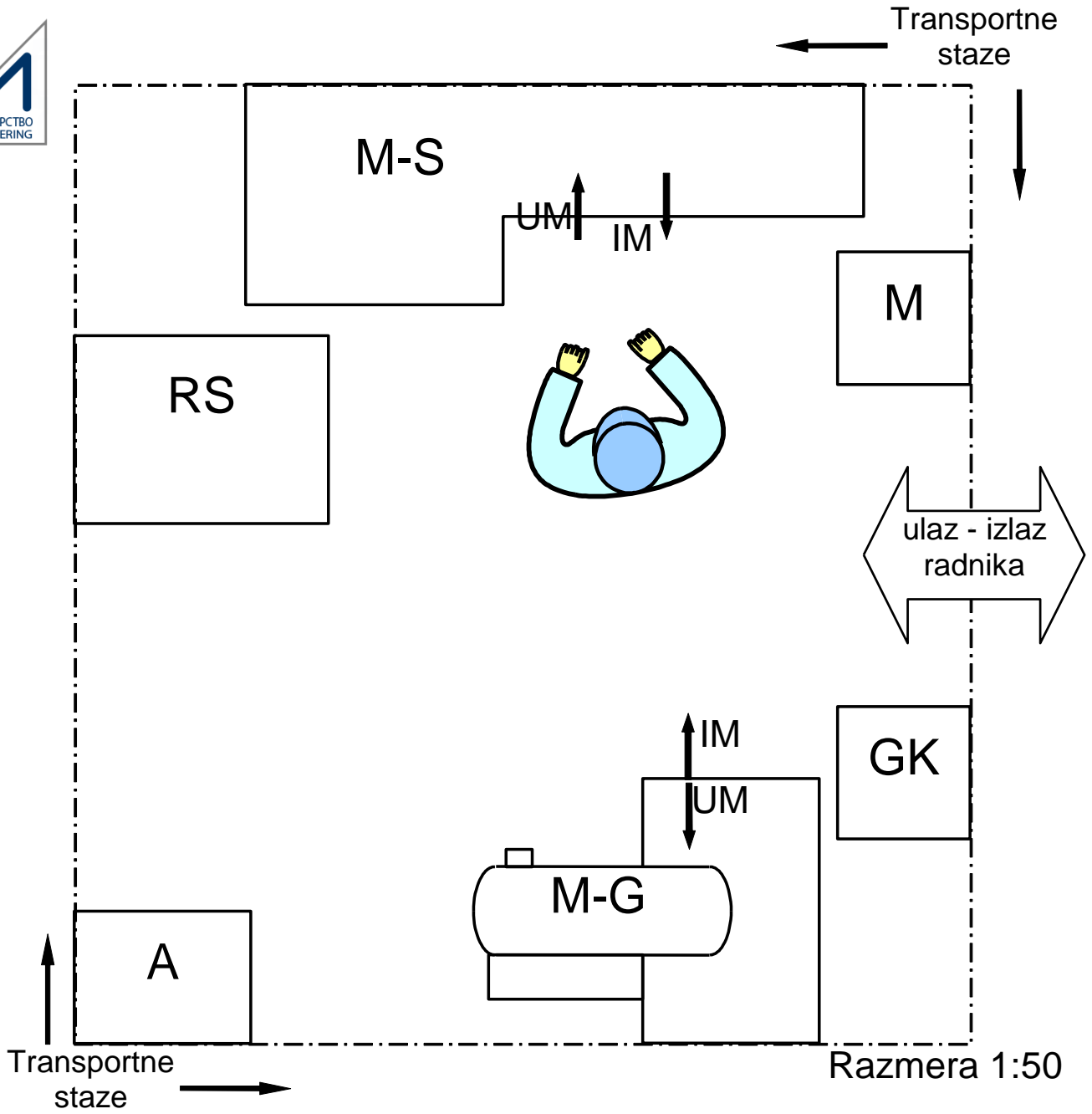
Proučavanje međuzavisnosti zahvata Sinhronizacija resursa

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

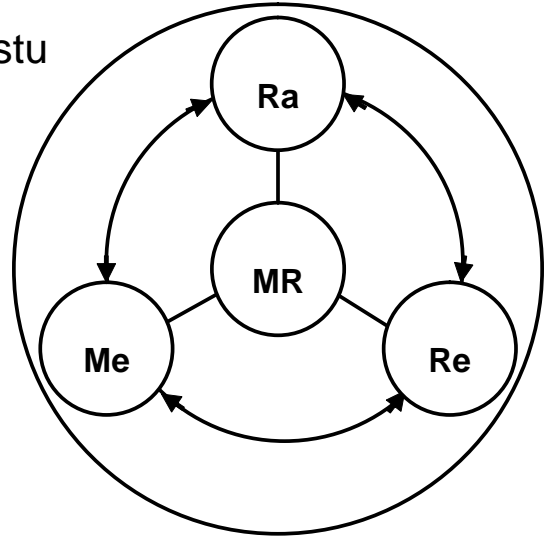
Metod rada pri izvođenju operacije je složen proces u kome radnici sistematski, smišljeno i planski obavljaju određeni skup aktivnosti (zahvata / pokreta) i koriste sredstva da bi obradili predmet rada ili pružili uslugu, sa ciljem bezbednog i efikasnog izvršenja dobijenog zadatka (operacije), za definisano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

Metod rada je uslovljen:

- 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

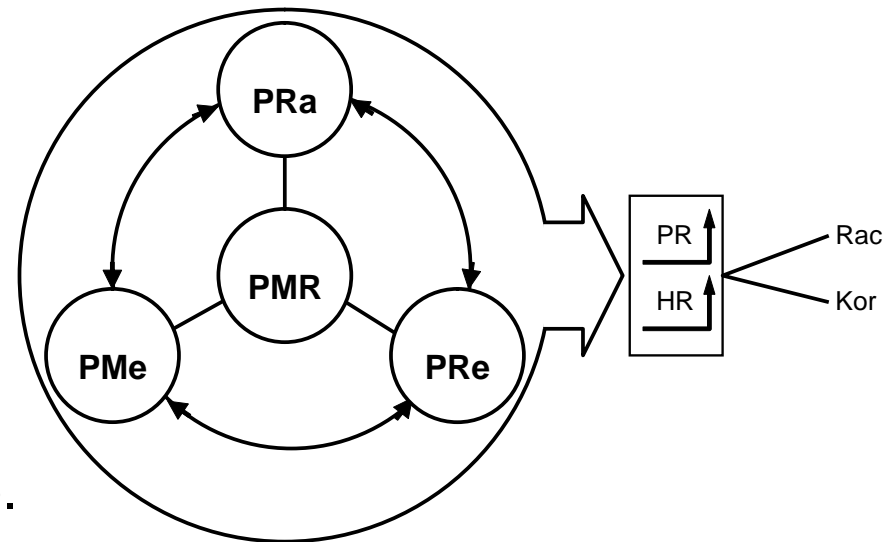
Proučavanje metoda rada (PMR) je proces istraživanja postojećih i budućih metoda rada i projektovanja optimalnih metoda rada, u kome se rešava problem organizacije rada pri izvođenju operacije na radnom mestu.

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, smišljeno 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.

Faze metoda PMR:

PSRS

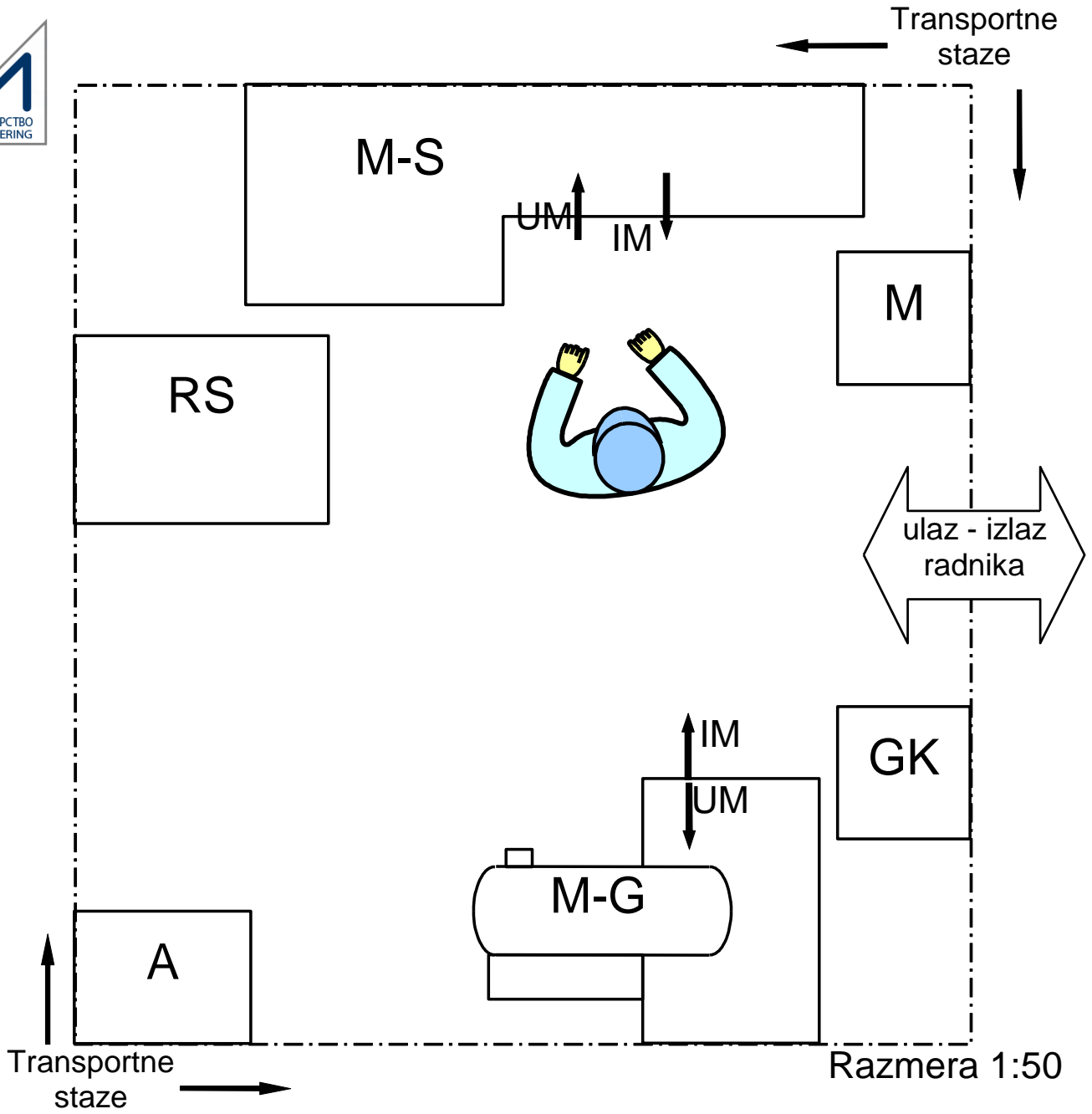
- I** Izbor pravca proučavanja metoda rada
- II** Snimanje postojećeg stanja metoda rada
- III** Analiza postojećeg stanja metoda rada
- IV** Projektovanje optimalnog metoda rada
- V** Obuka radnika za primenu optimalnog metoda rada
- VI** Primena metoda rada
- VII** Kontrola primene rezultata

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. |
| V Obuka radnika | s) prezentacija rezultata, obuka radnika, izbor radnika. |
| VI Primena rezultata | t) dobijanje potrebnih saglasnosti, ..., informisanje radnika,
u) provera učinjenih izmena,
v) primena rezultata PR, |
| VII Kontrola primene rezultata | w) kontrola primene (MR, PV, RV),
x) proračun ostvarenih efekata. |



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, eliminišu 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	<ol style="list-style-type: none"> 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. 	
Način poboljšavanja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminirati čekanja resursa koji je usko grlo. 2. Eliminirati 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	<p style="text-align: center;">UKOLIKO SE:</p> <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 mašine 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 mašine) 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 mašine) 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 mašine.
- 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. Eliminirati čekanja resursa koji je usko grlo.
2. Eliminirati 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. Poboľjšati 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 _____?



Laboratorija za proizvodnju 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					Rekapitulacija									
Alat / pribor		=					Opis veličine	Jedinica mere	PS	NS	Δ_{NS}	η_{NS}				
Uslovi rada		Normalni, radionički					Tc	s	140							
Resursi		R1: Radnik P.Z R2: Strug; R3: Glodalica					Pr	kom h	25,7							
Početni zahvat		Puni strug														
Završni zahvat		Vraća se do struga														
Postojeće / Novo stanje						$\Delta_{NS} = NS - PS$; $\eta_{NS} = \frac{[NS - PS]}{PS} \cdot 100$ [%]										
T [s]	R1: Radnik				R2: Strug				R3: Glodalica				R4:			
0	Opis zahvata	t	tip		Opis zahvata	t	tip		Opis zahvata	t	tip		Opis zahvata	t	tip	
	Puni strug	10	r r h c		Puni se	10	r r z c									
	Uklj. strug	5	r r h c		Uključuje se	5	r r z c									
30	Čeka	55	r r h c		Automatski rad struga	55	r r z c		Čeka	85	r r z c					
60	Prazni strug	10	r r h c		Prazni se	10	r r z c									
90	Do glodalice	5	r r h c						Puni se	10	r r z c					
	Puni glodalicu	10	r r h c						Uključuje se	5	r r z c					
	Uklj. glodal.	5	r r h c						Automatski rad	25	r r z c					
120	Čeka	25	r r h c		Čeka	60	r r z c		Prazni se	10	r r z c					
	Prazni glodalicu	10	r r h c						Čeka	5	r r z c					
	Do struga	5	r r h c													
			10 10 80				55 25 60				25 25 90					

Karta međuzavisnih zahvata

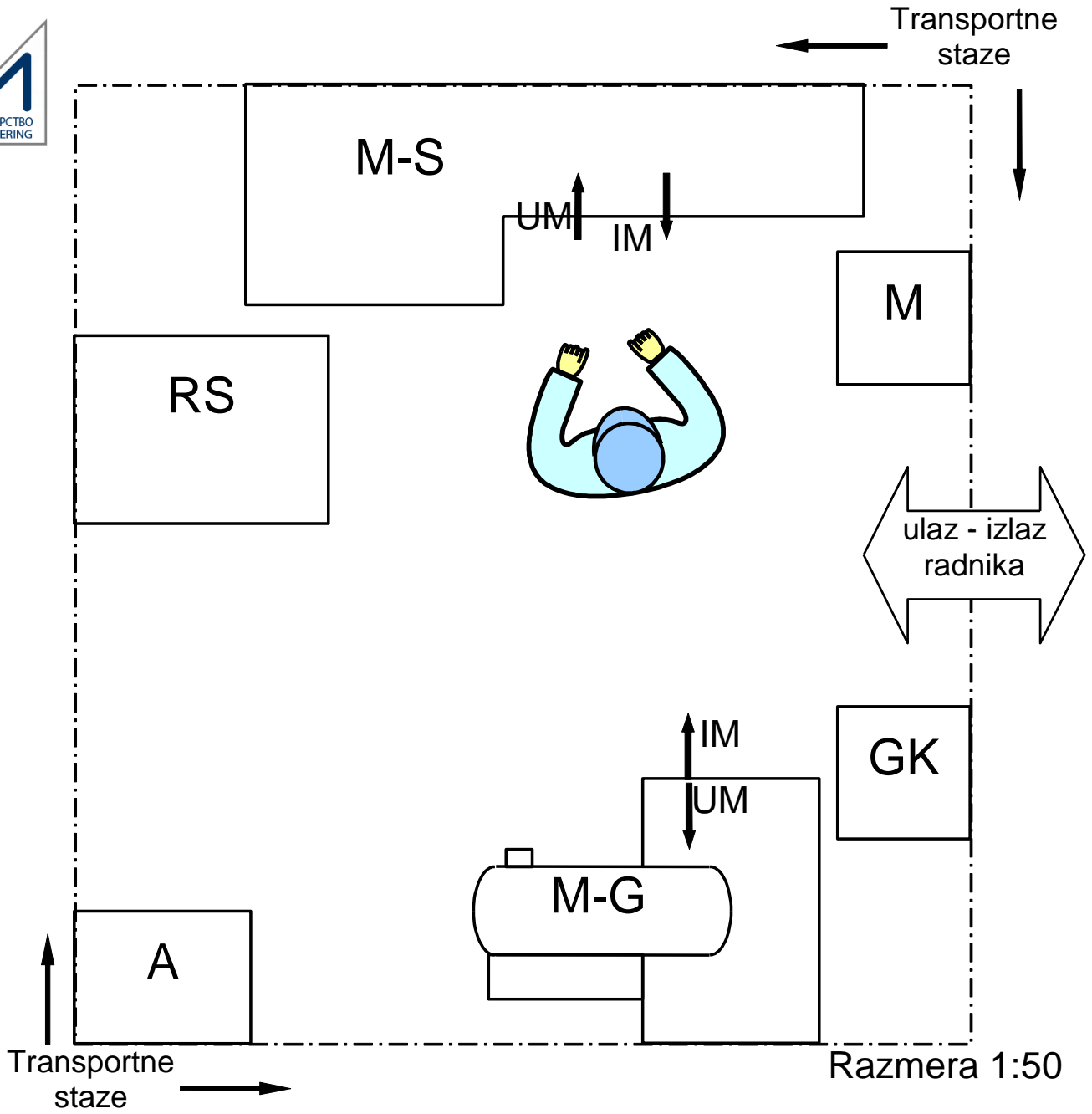
Kartom međuzavisnih zahvata prikazuje se grafički model međuzavisnosti svih zahvata, svih resursa – radnika i mašina u vremenu, prilikom izvođenja operacije na radnom mestu, upotrebom odgovarajućih simbola aktivnosti, koji su prikazani u formi tabele.

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

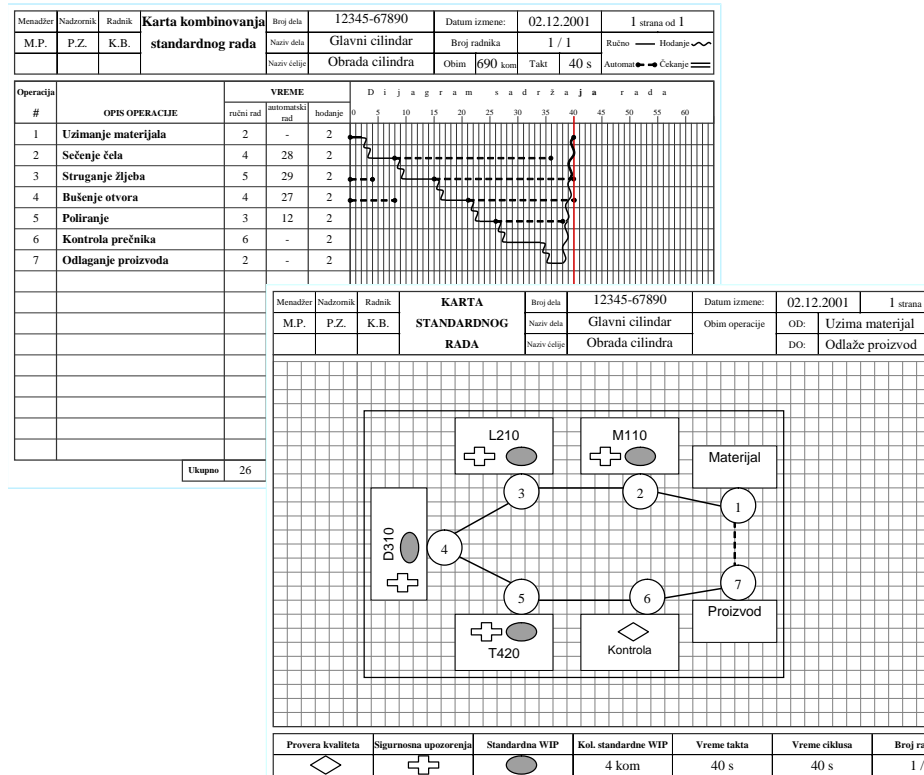
Korak	Napomena
1. Popuniti zaglavlje karte	<ul style="list-style-type: none"> - Popuniti poznate rubrike na početku - Na kraju snimanja prekontrolisati i dopuniti zaglavlje
2. Prepoznati sve resurse – radnike ili mašine koji učestvuju u operaciji	<ul style="list-style-type: none"> - Voditi računa o sopstvenoj 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



Razmera 1:50

Raspored opreme na radnom mestu za izradu osovine elektromotora

Standardizovanje operacija



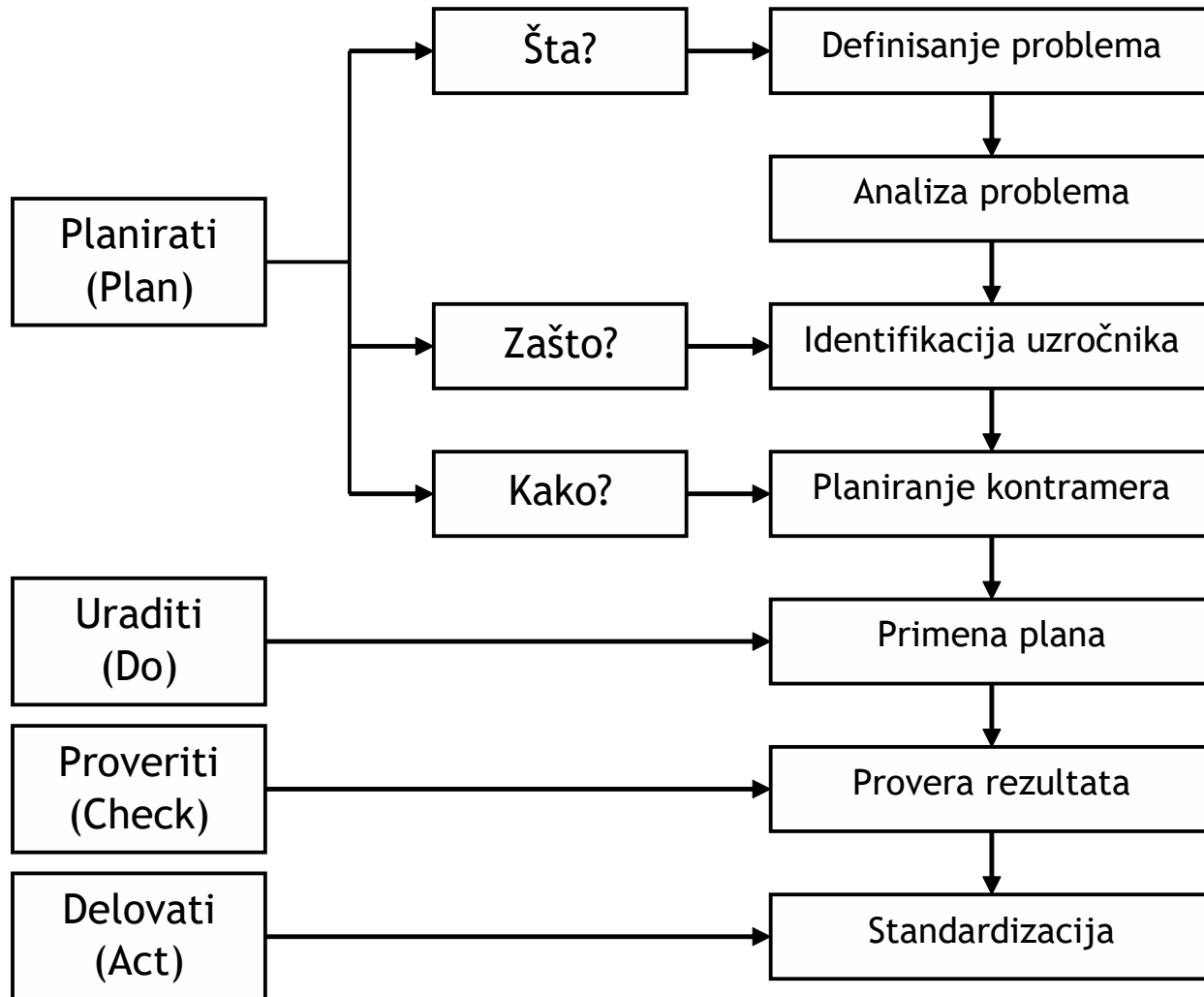
Standardna operacija je operacija bezbedna za obavljanje sa svim zadacima organizovanim na najbolji poznati nači uz korišćenje najefikasnije kombinacije resursa:

Kaizen postupak standardizovanja operacije

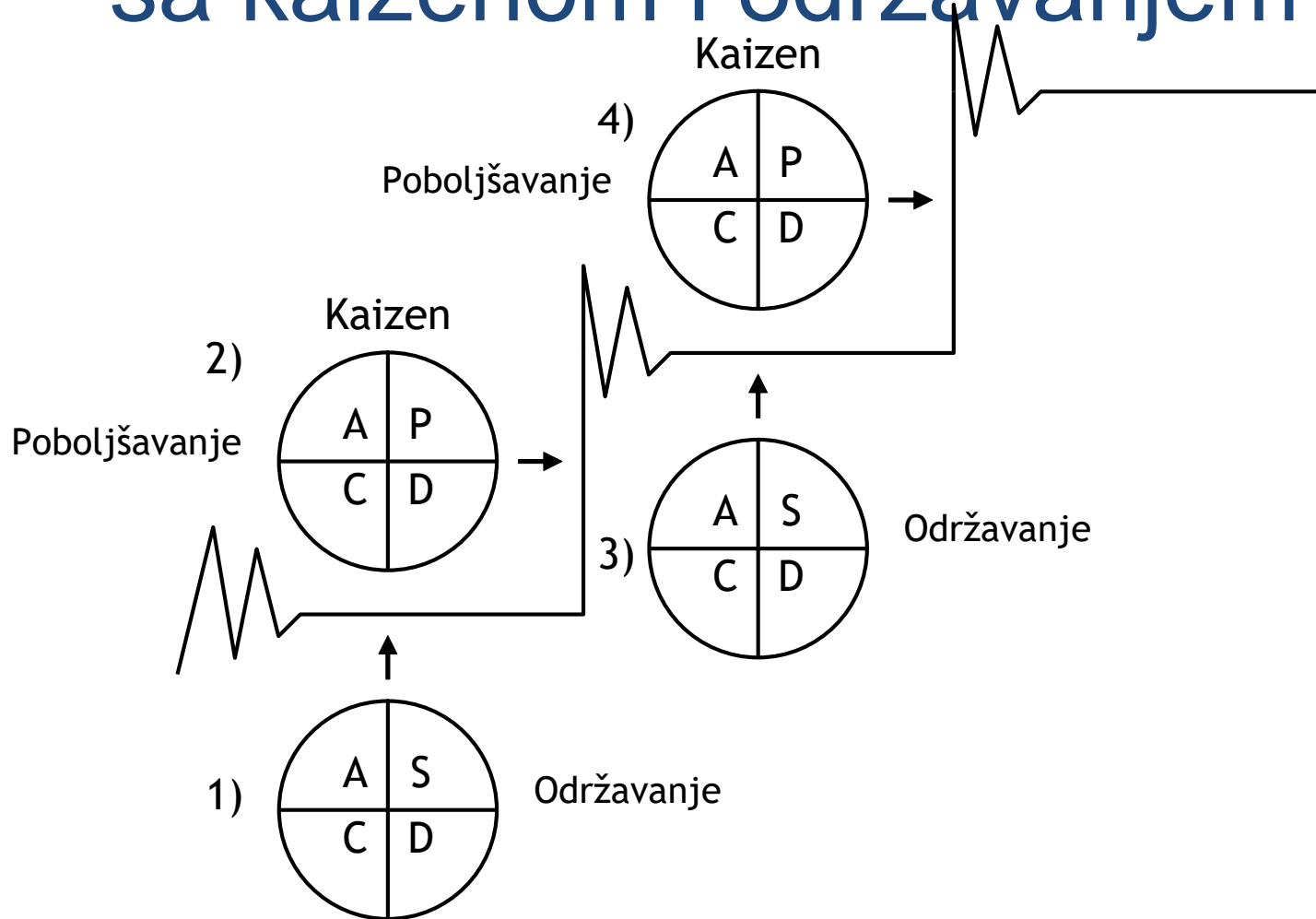


Za kaizen standardi postoje
samo da bi se zamenili boljim standardima.

PDCA ciklus rešavanja problema



Interakcija PDCA i SDCA ciklusa sa kaizenom i održavanjem



Primer - Mašinska obrada glavnog cilindra

Broj dela: 12345-67890

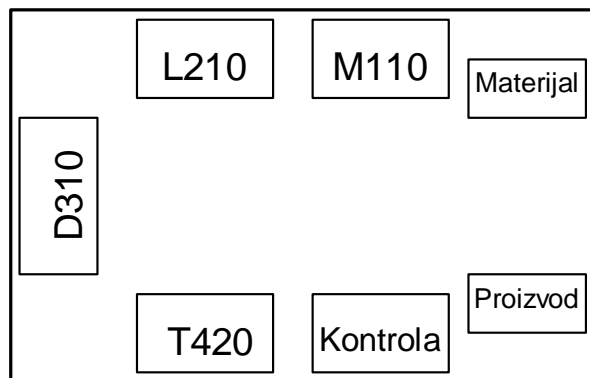
Naziv dela: Glavni cilindar

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.

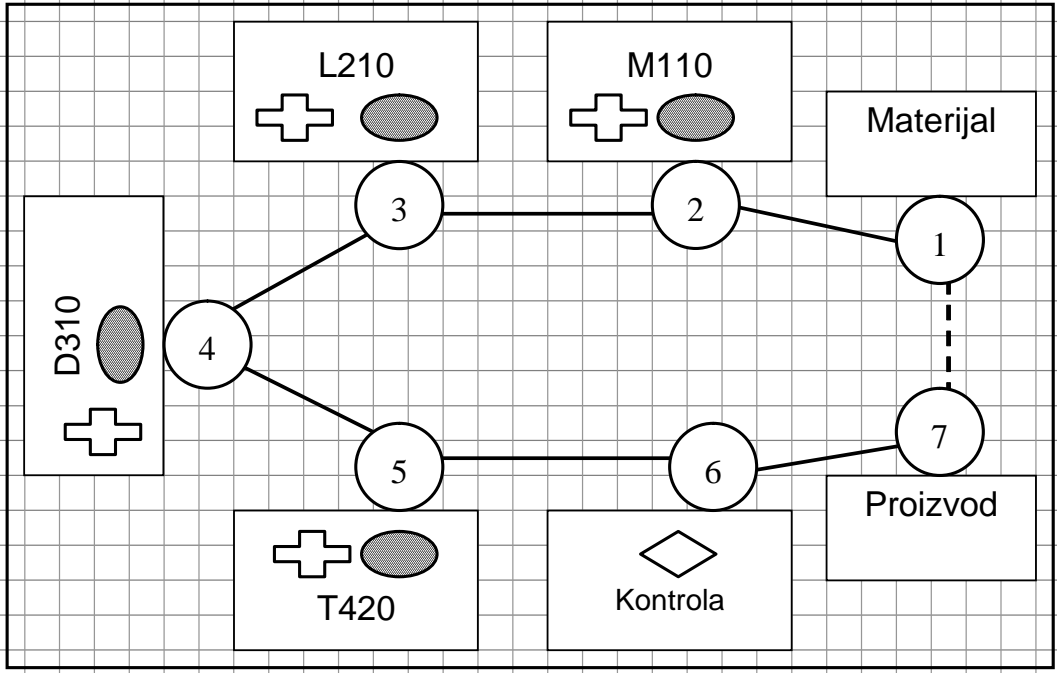
3-4: Alat na mašini broj T420 se menja za 30 sekundi na svakih 400 delova.

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	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	Obim operacije	OD:	Uzima materijal
				Naziv ćelije	Obrada cilindra		DO:	Odláže proizvod



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



Menadžer	Nadzornik	Radnik	Karta kombinovanja 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	Broj radnika	1 / 1	Ručno — Hodanje ~	
				Naziv ćelije	Obrada cilindra	Obim	690 kom	Takt	40 s

Operacija #	OPIS OPERACIJE	VREME			D i j a g r a m s a d r ž a j a r a d a												
		ručni rad	automatski rad	hodanje	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	Uzimanje materijala	2	-	2	[Gantt chart bar for operation 1: manual 0-2, automatic -, manual 2-4]												
2	Sečenje čela	4	28	2	[Gantt chart bar for operation 2: manual 4-8, automatic 8-36, manual 36-38]												
3	Struganje žljeba	5	29	2	[Gantt chart bar for operation 3: manual 8-10, automatic 10-35, manual 35-37]												
4	Bušenje otvora	4	27	2	[Gantt chart bar for operation 4: manual 10-14, automatic 14-30, manual 30-32]												
5	Poliranje	3	12	2	[Gantt chart bar for operation 5: manual 32-35, automatic 35-47, manual 47-49]												
6	Kontrola prečnika	6	-	2	[Gantt chart bar for operation 6: manual 49-55, automatic -, manual 55-57]												
7	Odlaganje proizvoda	2	-	2	[Gantt chart bar for operation 7: manual 57-59, automatic -, manual 59-61]												
Ukupno		26		Hodanje	Takt												