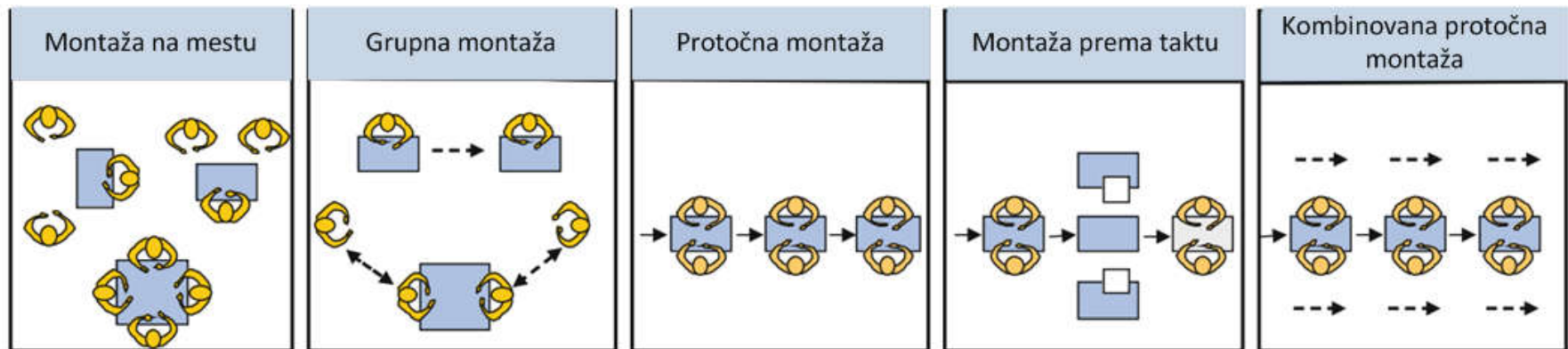




PROJEKTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMA

LINIJE SA PREKIDNIM KRETANJEM
PREDMETA RADA

Organizacioni oblici montaže



Objekat koji se kreće	Fiksiran predmet rada		Pokretni predmet rada		Pokretni predmet rada	
	Stacionarna radna mesta	Pokretna radna mesta	Stacionarna radna mesta		Pokretna radna mesta	
Tip kretanja	—		Aperiodično kretanje posla	Periodično > Kret. posla	Periodično > Kret. posla	Periodično > Kret. posla
	—		Usaglašeno kretanje		Usaglašeno kretanje	

■ Stanica montaže
 Radnik
 → Kret. pred. rada
 - - -> Kretanje radnog mesta

Kretanje predmeta rada

- Manuelno
 - Predmet rada pomera radnik, bez pomoći mehanizovanih sredstava
 - Tipovi
 - Predmet rada se pomera jedan po jedan
 - Predmet rada se pomera u grupi
 - Problemi
 - Gladovanje radnih mesta
 - Blokiranje radnih mesta
 - Nedostatak ritma
- Mehanizovano
 - Predmet rada se pomera konvejerom ili drugim mehanizovanim sredstvom
 - Tipovi
 - Predmet rada konstantno zakačen za konvejer
 - Predmet rada se odvaja od konvejera da bi se obrađivao
 - Problemi
 - Gladovanje radnih mesta
 - Nedovršeni proizvodi

Tipovi mehanizovanog transporta

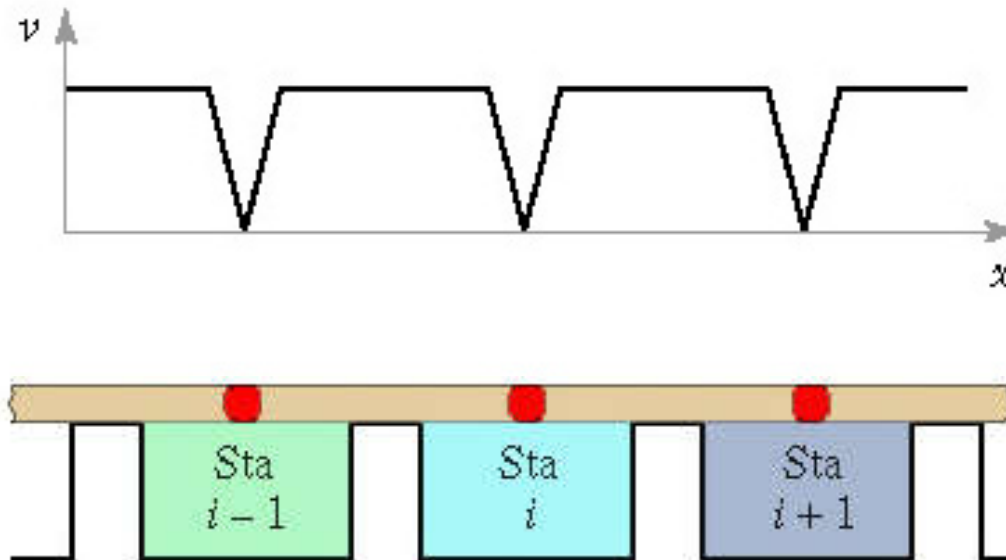
- Neprekidno kretanje predmeta rada
 - Transportno sredstvo se kreće konstantnom brzinom
- Prekidno kretanje predmeta rada
 - Sinhrono kretanje predmeta rada
 - Predmeti rada se simultano pomeraju po liniji uz prekidno (kreni-stani) kretanje između radnih mesta
 - Asinhrono kretanje predmeta rada
 - Predmeti rada se kreću nezavisno jedni od drugih
 - Ispred radnih mesta se mogu stvarati redovi čekanja (međuooperacione zalihe)



PROIZVODNE LINIJE SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

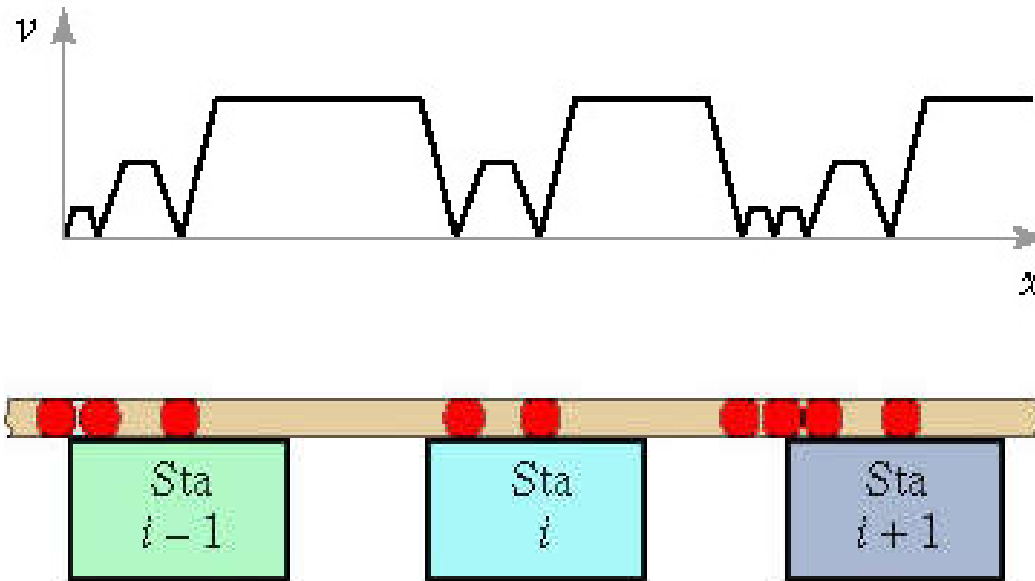
- predmet rada se posle premeštanja sa jednog radnog mesta na naredno, zaustavlja da bi se na njemu izvršile one operacije koje to radno mesto obavlja.
- najčešći oblik je jednopredmetna jednolinijska proizvodna linija u kojoj predmet rada nosi određeno transportno sredstvo.
- **Osnovni parametri:**
 - ritam proizvodnje
 - takt linije
 - stepen uravnoteženosti linije i
 - stepen iskorišćenja kapaciteta linije.

Sinhrono kretanje predmeta rada



Svi predmeti rada na liniji se simultano kreću do narednog radnog mesta

Asinhrono kretanje predmeta rada



Predmeti rada se kreću nezavisno jedan od drugog.
Predmet rada napušta radno mesto kada radnik završi
sve operacije



Transportna sredstva kod linija sa prekidnim kretanjem predmeta rada

- Sinhrono

- “Hodajuća” greda https://youtu.be/DTRaTSV_T3E
- Sto sa rotacionim kretanjem <https://youtu.be/5r5j2upyL3c>

- Asinhrono

- Konvejeri sa zaustavljanjem https://youtu.be/rih_SJqUuIA
- Karusel <https://youtu.be/Cu3-TPzFs4A>
- Automatski vođena vozila https://youtu.be/jsbf_li0jxM



PROIZVODNA SPOSOBNOST SISTEMA OD **m** JEDNOPREDMETNIH PROIZVODNIH LINIJA SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

Proizvodna sposobnost linije - određeni nivo tehničko-tehnoloških, organizacionih, psiholoških i drugih karakteristika linije koji omogućava da se u jednom vremenskom intervalu proizvede određena količina proizvoda.

Pokazatelji proizvodne sposobnosti linije:

- Brzina proizvodnje
- Obim proizvodnje
- Gubici u vremenu



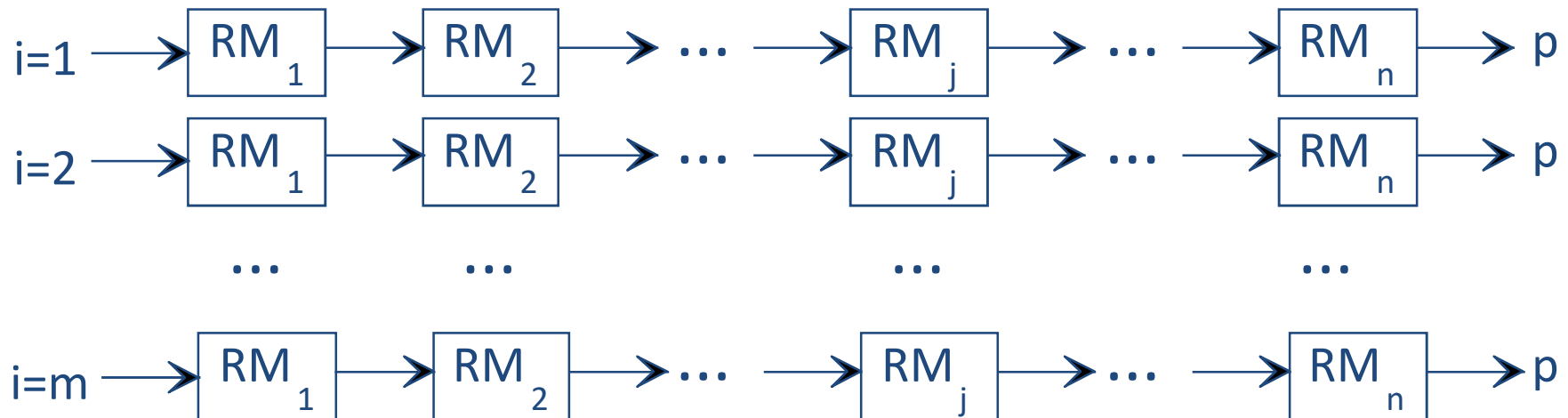
PROIZVODNA SPOSOBNOST SISTEMA OD m JEDNOPREDMETNIH PROIZVODNIH LINIJA SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

Posmatrajmo linijski proizvodni proces koji se sastoji iz više istih proizvodnih linija i čije su osnovne odlike sledeće:

1. proizvodni proces čini m istih jednolinijskih jednopredmetnih proizvodnih linija,
 $i = 1, 2, \dots, m$;
2. sve linije rade sa istim brojem radnih mesta, $j = 1, 2, \dots, n$;
3. proizvodni ciklus predmeta rada raščlanjen je na tehnološki zaokružene celine;
4. svaka od njih je razmatrana sa stanovišta humanizacije i racionalizacije rada u liniji;
5. utvrđeno je koje tehnološki zaokružene celine, ili njihove grupe, čine operacije;
6. određena je tehnološka međuzavisnost redosleda izvršenja operacija;
7. utvrđena su vremena trajanja operacija;
8. radna sposobnost radnika na j -tom radnom mestu linija je ista $j = 1, 2, \dots, n$;
9. predmet rada, od jednog do drugog radnog mesta, prenosi transportno sredstvo sa određenim tehničkim svojstvima.

PROIZVODNA SPOSOBNOST SISTEMA OD m JEDNOPREDMETNIH PROIZVODNIH LINIJA SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

- Pretpostavka: u proizvodnim linijama je izvršena određena podela rada, odnosno linije su uravnotežene.



PROIZVODNA SPOSOBNOST SISTEMA OD m JEDNOPREDMETNIH PROIZVODNIH LINIJA SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

$t_j \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$ - prosečno vreme izvođenja svih operacija na radnom mestu; $(j = 1, 2, \dots, n)$ koje po podeli rada treba da se izvode na radnom mestu.

$t_o \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$ - vreme pokretanja, kretanja od jednog radnog mesta do narednog zaustavljanja predmeta rada.

$\alpha [1]$ - koeficijent koji uzima u obzir gubitke u vremenu na radnim mestima i on je $\alpha \geq 1$

Vreme potrebno za proizvodnju jednog komada proizvoda na svim linijama:

$$t = \frac{t_{\max} \cdot \alpha + t_o}{m} \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$$

$t_{\max} = \max_j t_j \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$ $j = 1, 2, \dots, n$ najduže vreme od svih prosečnih vremena trajanja operacija po radnim mestima.



PROIZVODNA SPOSOBNOST SISTEMA OD m JEDNOPREDMETNIH PROIZVODNIH LINIJA SA PREKIDNIM KRETANJEM PREDMETA RADA

Vreme koje protekne između dva uzastopna izlaska gotovih proizvoda iz jedne linije je:

$$m \cdot t = t_{\max} \cdot \alpha + t_o \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$$

ODREĐIVANJE BRZINE PROIZVODNJE

Brzina proizvodnje sistema od m proizvodnih linija podrazumeva broj komada gotovog proizvoda koji u jedinici vremena izađe iz procesa proizvodnje

$$q = \frac{1}{t} \left[\frac{\text{jed.pr.}}{\text{vr.jed.}} \right] \quad \Rightarrow \quad q = \frac{m}{t_{\max} \cdot \alpha + t_o} \left[\frac{\text{jed.pr.}}{\text{vr.jed.}} \right]$$

Kako je ritam proizvodnje linije brzina ponavljanja proizvodnog ciklusa i izražen je kao broj ponavljanja proizvodnog ciklusa u jedinici vremena, obrnuto srazmeran taktu linije, može se zaključiti da je parametar q ritam procesa, ili ritam sistema od m istih proizvodnih linija.

Brzina/ritam proizvodnje

- Rigidni ritam
 - Tačno definisano dozvoljeno vreme za izvršenje zadatka, jednako vremenu trajanja operacije
 - Dozvoljeno vreme je jednako taktu (uz dozvoljeno vreme za repozicioniranje)
 - Sistem sinhronizovanog transporta definiše rigidni ritam
- Nedostatci
 - Stresno i fizički i psihički
 - Ne uzima u obzir prirodne varijacije u radu
 - Nedovršeni proizvodi ukoliko se aktivnost ne izvrši

Brzina/ritam proizvodnje

- Ritam uz dopust
 - Tačno definisano vreme za izvršenje zadatka koje je veće od vremena trajanja operacije
- U proseku, prosečno vreme koje je potrebno radniku da izvrši operacije treba da je usaglašeno sa ritmom linije
- Kako postići
 - Dozvoliti zalihe između radnih mesta
 - Dozvoliti toleranciju, gde je dozvoljeno vreme za operaciju duže od takta linije
 - Dozvoliti da se radnici kreću izvan granica radnog mesta

Brzina/ritam proizvodnje

- Bez ritma
 - Ne postoji vremensko ograničenje
 - Svako radi svojim tempom
- Kada se javlja
 - Ručni transport predmeta rada
 - Predmet rada se može odvojiti od sredstva transporta
 - Koristi se sistem transporta koji nije sinhronizovan (npr. asinhroni konvejer)

ODREĐIVANJE OBIMA PROIZVODNJE

Obim proizvodnje, kao naturalni pokazatelj proizvodne sposobnosti sistema od m istih proizvodnih linija:

$$Q = q \cdot T \left[\frac{\text{jed.pr.}}{\text{int.}} \right] \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{T \cdot m}{t_{\max} \cdot \alpha + t_o} \left[\frac{\text{jed.pr.}}{\text{int.}} \right]$$

$T \left[\frac{\text{vr.jed.}}{\text{int.}} \right]$ - Ukupno vreme trajanja procesa proizvodnje u posmatranom intervalu, efektivna dužina vremenskog intervala;

$Q \left[\frac{\text{jed.pr.}}{\text{int.}} \right]$ - Obim proizvodnje u posmatranom intervalu.

ODREĐIVANJE GUBITAKA U VREMENU

Vreme zadržavanja predmeta rada na radnim mestima je određeno prema najdužem vremenu rada radnih mesta linije, => neće se pojavljivati međuoperacione zalihe, ali će se javiti gubici u vremenu na svim radnim mestima linije kod kojih je:

$$t_j < t_{\max}$$

Jedinični gubici vremena j -tog radnog mesta jedne linije: $\Delta t_j = t_{\max} - t_j \left[\frac{vr.jed.}{jed.pr.} \right]$

Ukupni gubici u vremenu za posmatrani interval j -tog radnog mesta jedne linije:

$$\Delta T_j = \Delta t_j \cdot \frac{Q}{m} \left[\frac{vr.jed.}{int.} \right]$$

Ukupni gubici u vremenu svih radnih mesta m linija: $\Delta T = m \sum_{j=1}^n \Delta T_j \left[\frac{vr.jed.}{int.} \right]$

ODREĐIVANJE GUBITAKA U VREMENU

Na osnovu prethodnih relacija, izr-az za ukupne gubitke u vremenu svodi se na sledeći oblik:

$$\Delta T = m \sum_{j=1}^n (t_{\max} - t_j) \frac{T}{t_{\max} \cdot \alpha + t_0}$$

Konačan izraz za izračunavanje ukupnih gubitaka u vremenu proizvodnog sistema od m istih proizvodnih linija je:

$$\Delta T = \frac{m \cdot T}{t_{\max} \cdot \alpha + t_0} \sum_{j=1}^n (t_{\max} - t_j) \left[\frac{\text{vr.jed.}}{\text{int.}} \right]$$

U posmatranom vremenskom intervalu obim proizvodnje će se povećati samo ako se izraz

$\frac{1}{t_{\max} \cdot \alpha + t_0}$, koji predstavlja brzinu proizvodnje jedne linije, poveća.

To se može ostvariti jedino ako se veličina takta linije ($t_{\max} \cdot \alpha + t_0$) smanji.

ODREĐIVANJE GUBITAKA U VREMENU

Kako se mogu smanjiti ukupni gubici u vremenu?

Ako bi se postiglo potpuno uravnoteženje proizvodnih linija, tada bi se izjednačila sva vremena trajanja izvršenja operacija po radnim mestima linije i bila ravna taktu linije. Znači, ako je

$$\Delta T = m \sum_{j=1}^n \Delta T_j \left[\frac{\text{vr.jed.}}{\text{int.}} \right]$$

tada je: $\Delta t_j = 0; \quad j=1,2,\dots,n \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 0$

Kod ovakvih proizvodnih procesa osnovni zadatak sastoji se u racionalizaciji i humanizaciji rada i određivanju takve podele rada u liniji, sledeći tehnološku međuzavisnost redosleda izvršenja operacija, da proizvodna sposobnost linija bude maksimalna, odnosno ukupni gubici u vremenu minimalni.

NAČIN ODREĐIVANJA PROIZVODNE SPOSOBNOSTI LINIJA

Redni broj	Pokazatelji proizvodne sposobnosti linija	Način izračunavanja	
1.	Brzina proizvodnje [jed.pr./vr.jed.]	$q = \frac{m}{t_{\max} \cdot \alpha + t_o}$	
2.	Obim proizvodnje [jed.pr./int.]	$Q = \frac{T \cdot m}{t_{\max} \cdot \alpha + t_o}$	
3.	Ukupni gubici u vremenu	Jedno radno mesto jedne linije	$\Delta t_j = t_{\max} - t_j; j=1,2,\dots,n$ $\Delta T_j = \Delta t_j \cdot \frac{Q}{m} \left[\frac{vr.jed.}{int.} \right]$
		Sva radna mesta m istih proizvodnih linija	$\Delta T = \frac{m \cdot T}{t_{\max} \cdot \alpha + t_o} \sum_{j=1}^n (t_{\max} - t_j)$ $\left[\frac{vr.jed.}{int.} \right]$

Pitanja

