

PROCES MONTAŽE

Proces montaže jest odvijanje radnji potrebnih za sklapanje proizvoda, prema određenim zakonitostima (tehničkim/tehnološkim, ekonomskim, sociološkim, ekološkim...).

Montažni je proces slijed uzastopnih i/ili usporedno povezanih radnji – operacija (funkcija), koje izvode ljudi i/ili automati, sa svrhom ostvarenja tvorevine unaprijed definirane strukture.

Temeljni činitelji za definiranje procesa montaže jesu:

- ❑ geometrijska i fizikalna svojstva ugradbenih elemenata,
- ❑ struktura proizvoda, i
- ❑ redoslijed sklapanja.

Montažni se proces sastoji od tri komponente:

- montažnih operacija (radnji, funkcija),
- tijeka, i
- strukture.

Operacije (funkcije) se montaže razvrstavaju u pet skupina:

- spajanja,
- rukovanja,
- kontrole,
- podešavanja (ugađanja),
- posebne.

Tijek definira slijed izvođenja montažnih operacija.

Struktura procesa određena je strukturom proizvoda, a iskazuje se mogućnošću podjele procesa, tako da se dijelovi procesa mogu izvoditi nezavisno jedan od drugoga i vremenski usporedno. Stoga se neki cjelokupni montažni proces daje raščlaniti na ***predmontaže*** i ***završnu montažu***.

MONTAŽA (DIN 8593)

SPAJANJE	RUKOVANJE	KONTROLA	PODEŠAVANJE	POMOĆNE FUNKCIJE
<ul style="list-style-type: none">• sastavljanjem• punjenjem• pritiskivanjem i natiskivanjem• praoblikovanjem• preoblikovanjem• zavarivanjem• lemljenjem• lijepljenjem• tekstilom	<p style="text-align: center;"><i>SPREMANJE</i></p> <ul style="list-style-type: none">• sređeno spremanje• djelomično sređeno <p style="text-align: center;"><i>PROMJENA KOLIČINE</i></p> <ul style="list-style-type: none">• odjeljivanje• dodjeljivanje• odvajanje• udruživanje• sortiranje <p style="text-align: center;"><i>GIBANJE</i></p> <ul style="list-style-type: none">• zakretanje• orijentiranje• pozicioniranje• sređivanje• vođenje• dodavanje <p style="text-align: center;"><i>OSIGURANJE</i></p> <ul style="list-style-type: none">• stezanje• otpuštanje	<ul style="list-style-type: none">• mjerenje• ispitivanje• brojenje	<ul style="list-style-type: none">• namještanje• prilagođavanje	<ul style="list-style-type: none">• čišćenje• skidanje srha• označavanje• utiskivanje• hlađenje• zagrijavanje

SPAJANJE je postupak kojim se ugradbeni elementi dovode u međusobni odnos i osiguravaju od rastavljanja.

Odnos – spoj, ostvaruje se preko ploha spajanja.

Spojevi se postižu:

- silom (naprimjer stezni spoj),
- oblikom (spajanje zakovicama, uskočnicima...),
- materijalom (zavarivanje, lemljenje, lijepljenje), ili
- njihovom kombinacijom.

Svaki spoj definiran je dvama odnosima: *geometrijskim* i *energetskim*.

Geometrijski odnos definira prostorni raspored ugradbenih elemenata, a energetski odnos određuje opterećenje pod kojim je osigurana funkcija spoja.

Važna značajka za opisivanje postupka spajanja jest gibanje pri spajanju. Gibanje se ostvaruje primjenom sile ili momenta, ljudskom rukom ili alatom. Gibanju pri spajanju prethodi postupak rukovanja, kojim se ugradbeni elementi dovode u položaj za spajanje.

Rukovanje završava, a spajanje otpočinje u trenutku kada ugradbeni element izgubi najmanje jedan stupanj slobode gibanja.



Nakon uspostave dodira između ugradbenih elemenata, gibanje je određeno oblikom i geometrijskim rasporedom ploha spajanja ugradbenih elemenata.

Zajednička površina svojim oblikom sprečava relativno gibanje između ugradbenih elemenata. Stupanj određenosti spojnog gibanja ovisi o tome u koliko je smjerova onemogućeno relativno gibanje između ugradbenih elemenata.

Prema svojstvima, spojevi se dijele na:

- *neposredne i posredne;*
- *rastavljive, nerastavljive i uvjetno rastavljive;*
- *pokretne i nepokretne.*

Za razliku od neposrednih spojeva, posredni spojevi posjeduju pomoćne spojne elemente.

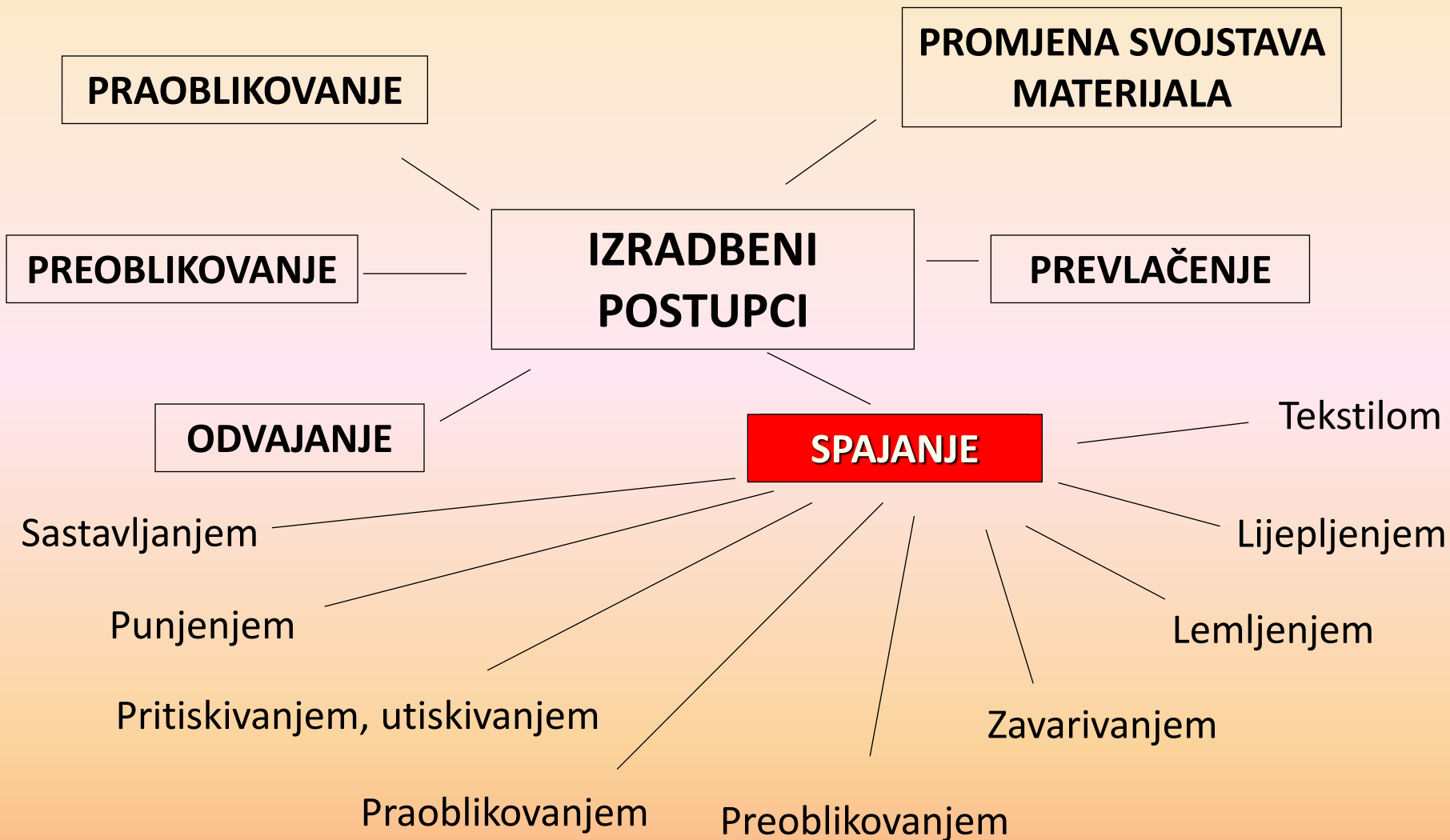
Nerastavljivi spojevi dadu se rastaviti samo uz oštećenja ugradbenih elemenata.

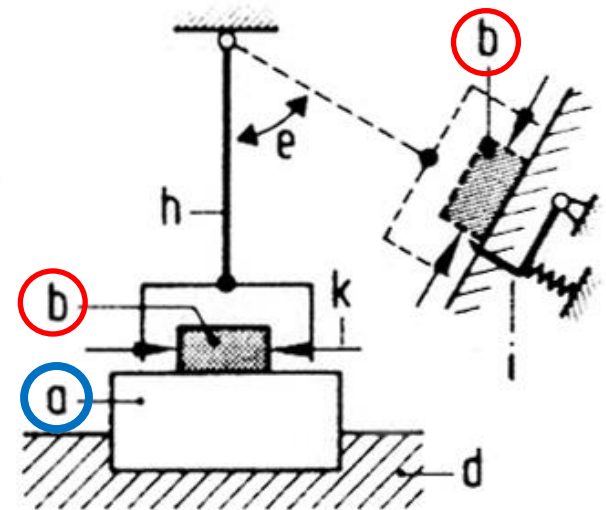
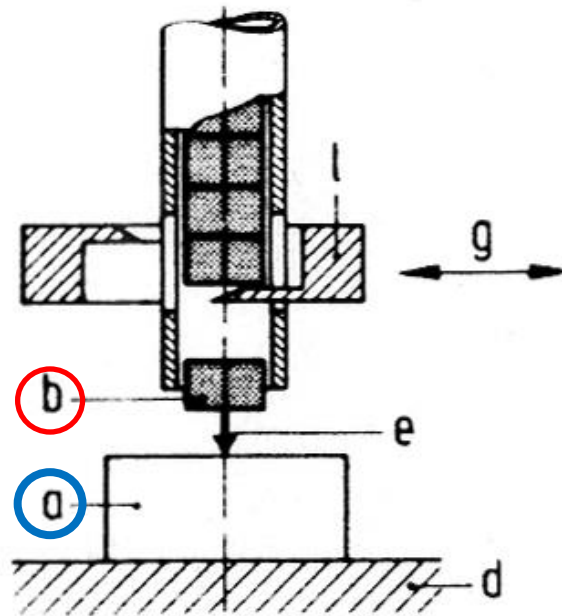
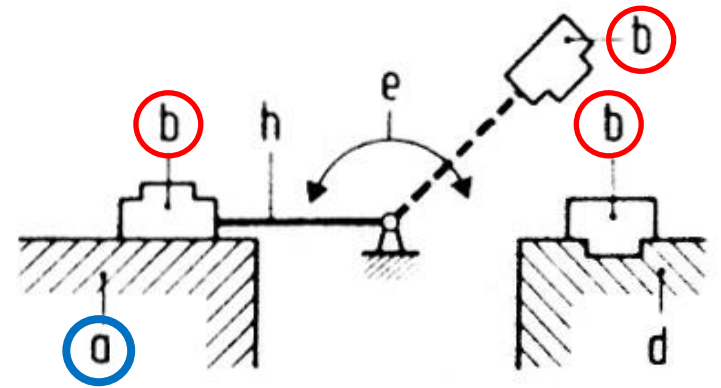
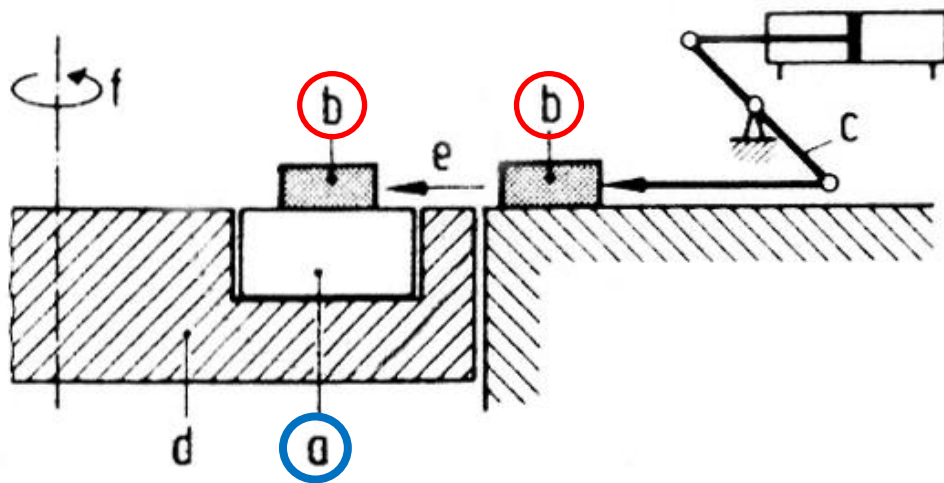
Rastavljivi spojevi dadu se rastaviti bez oštećivanja.

Uvjetno rastavljive spojeve moguće je rastaviti bez oštećenja samo nekoliko puta.

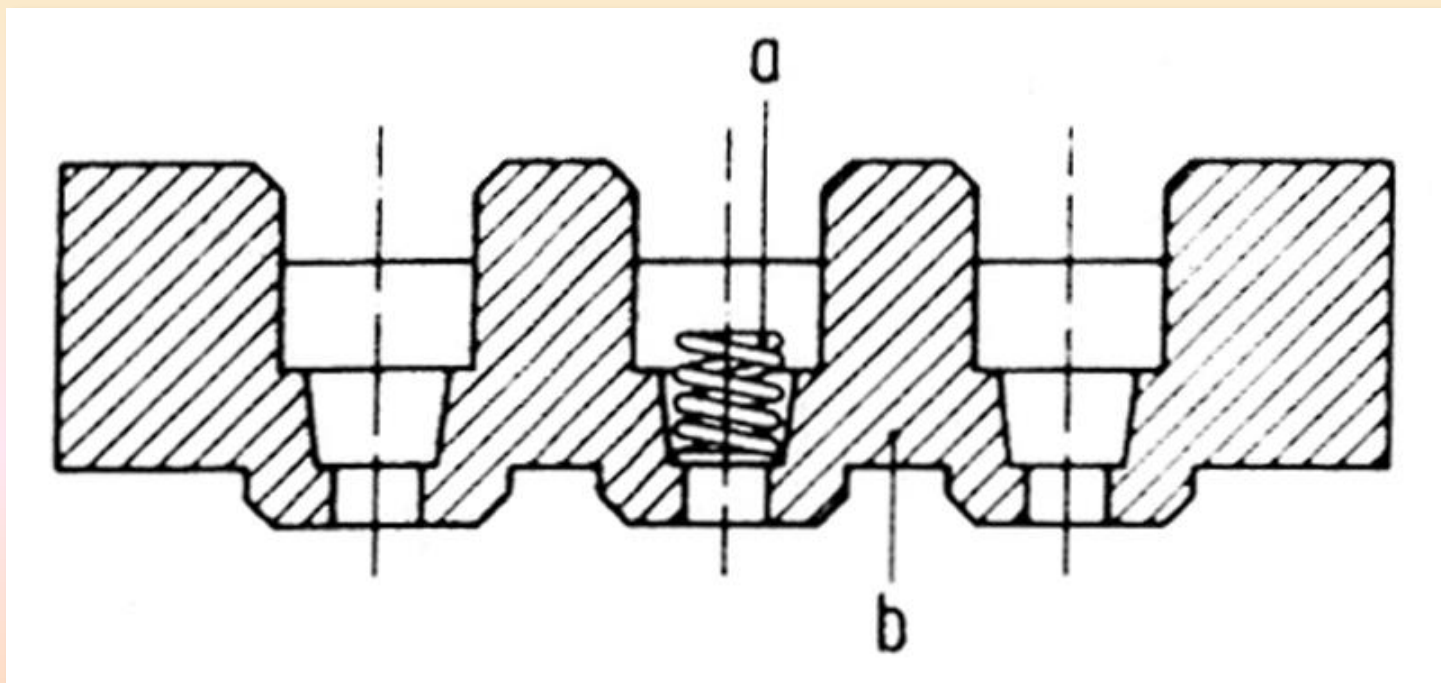
Pokretni spojevi dopuštaju relativno gibanje ugradbenih elemenata, a nepokretni ne.

Sistematizacija spojeva prema načinu ostvarenja spoja (DIN 8593)

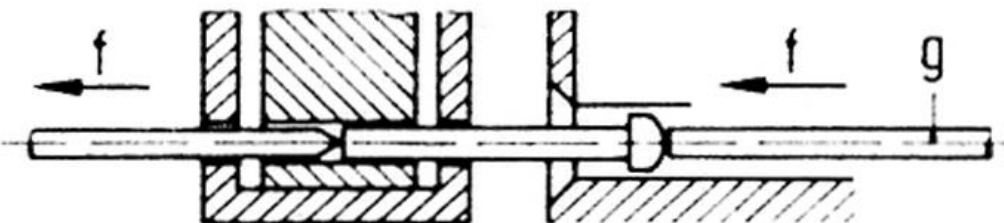
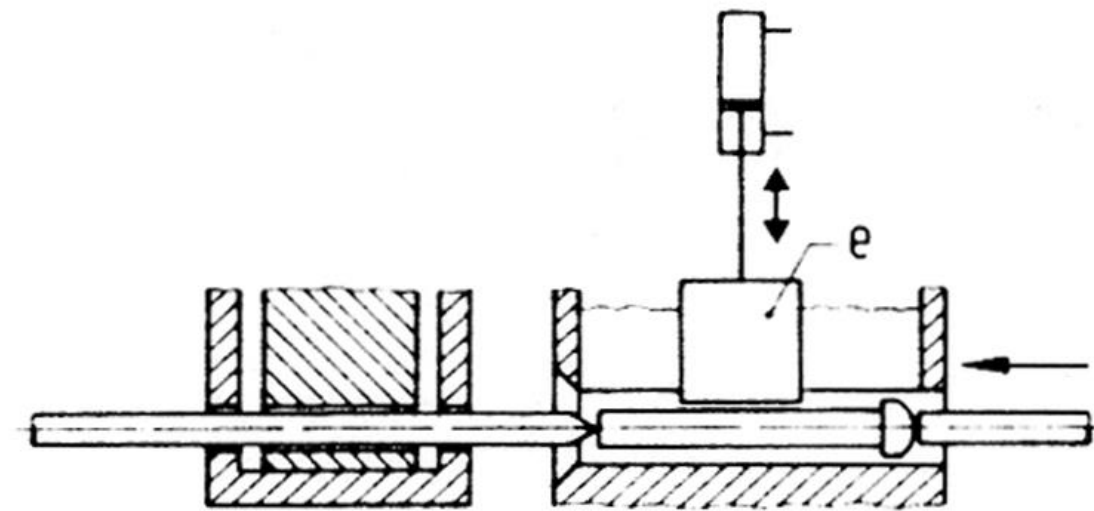
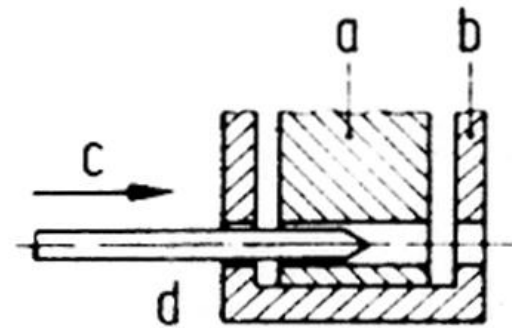




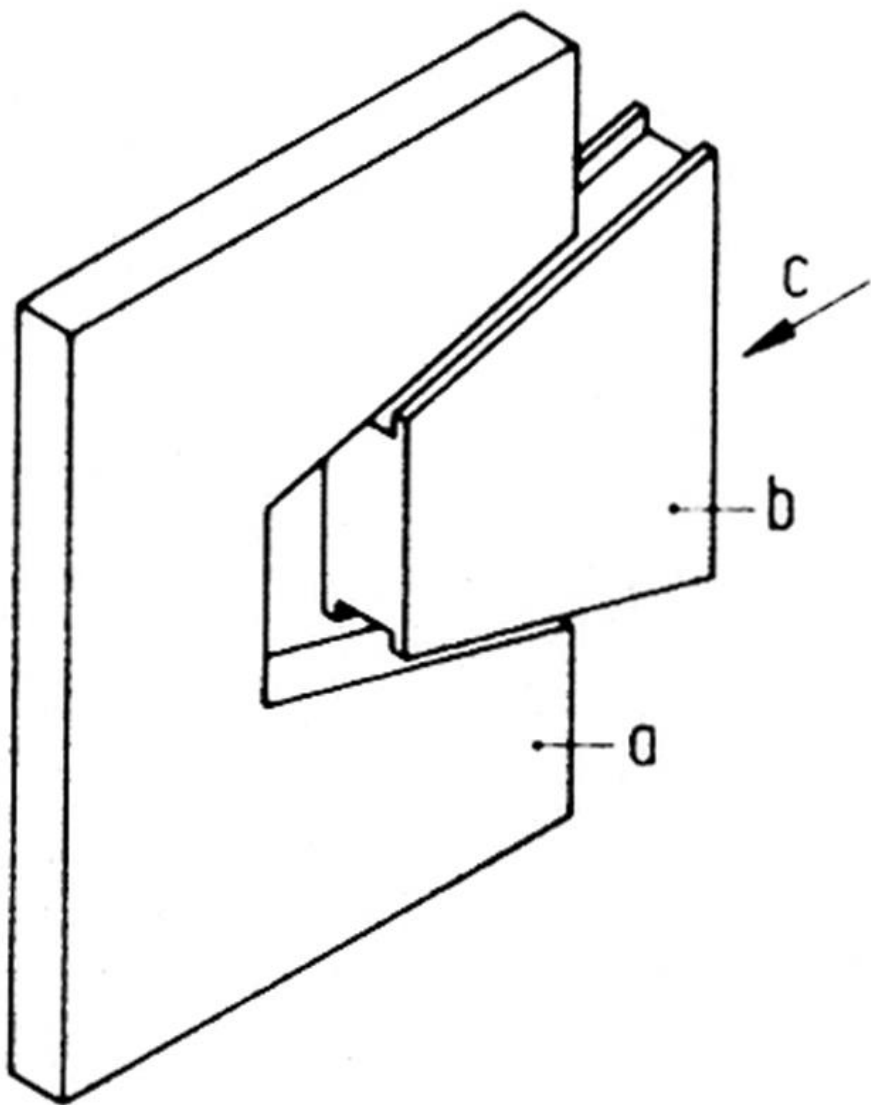
Spajanje polaganjem: **a** – bazni dio, **b** – spojni dio
 (Povezanost: funkcija-principijelno tehničko rješenje)



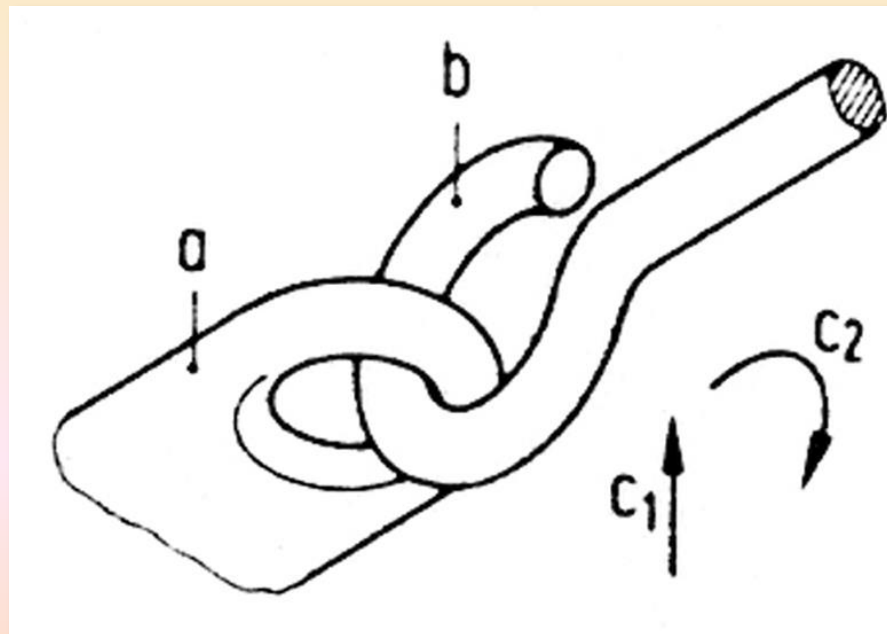
Ulaganje opruge u kućište (rupa ima zadaću odrediti poziciju opruge i spriječiti izvijanje opruge u radu)



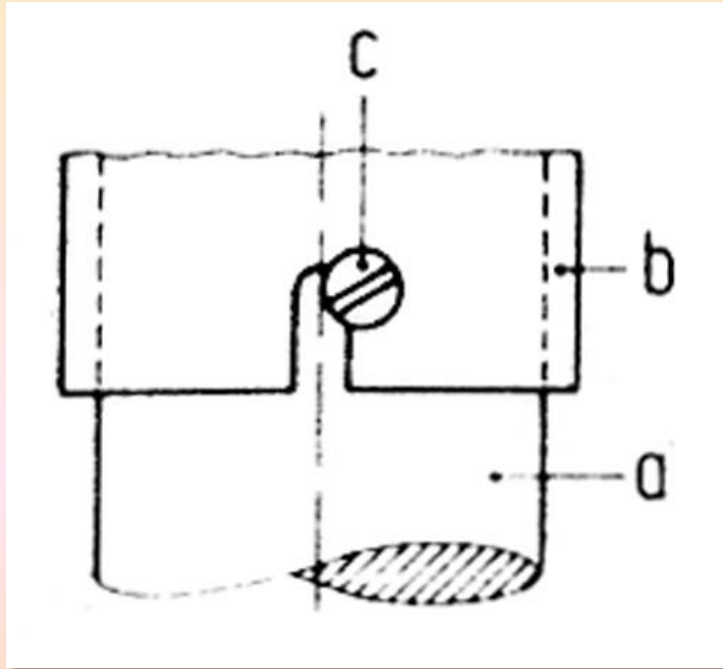
Spajanje uvođenjem:
centriranje ugradbenih
elemenata primjenom trna
za centriranje.



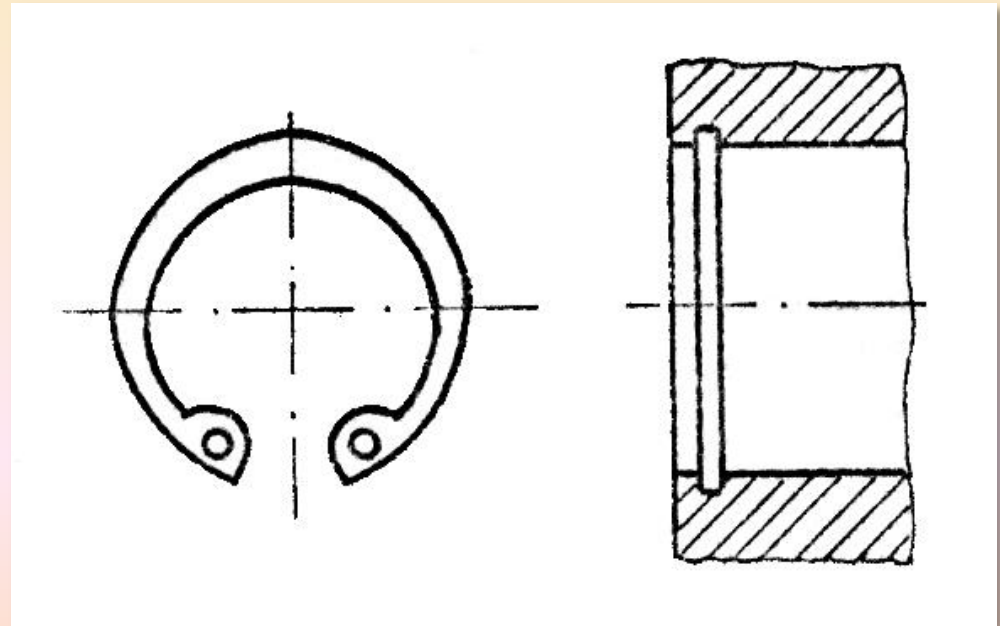
Spajanje uvođenjem



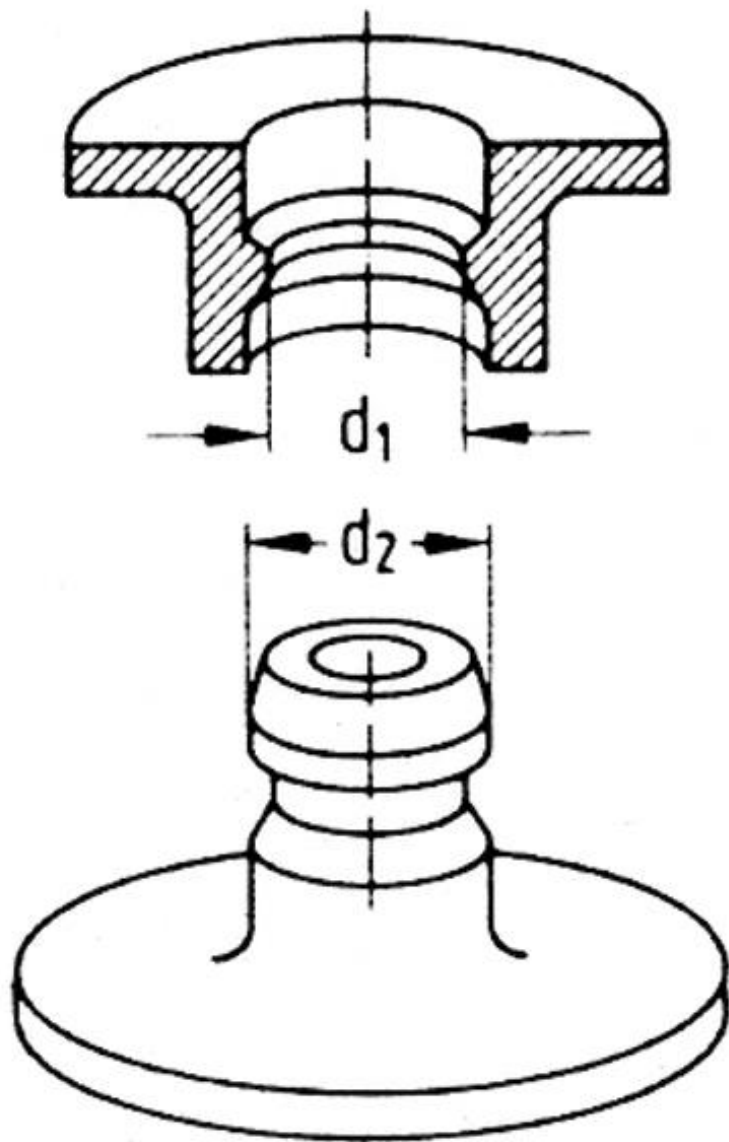
Spajanje ovješanjem
promjenom relativne
orijentacije spojnog dijela



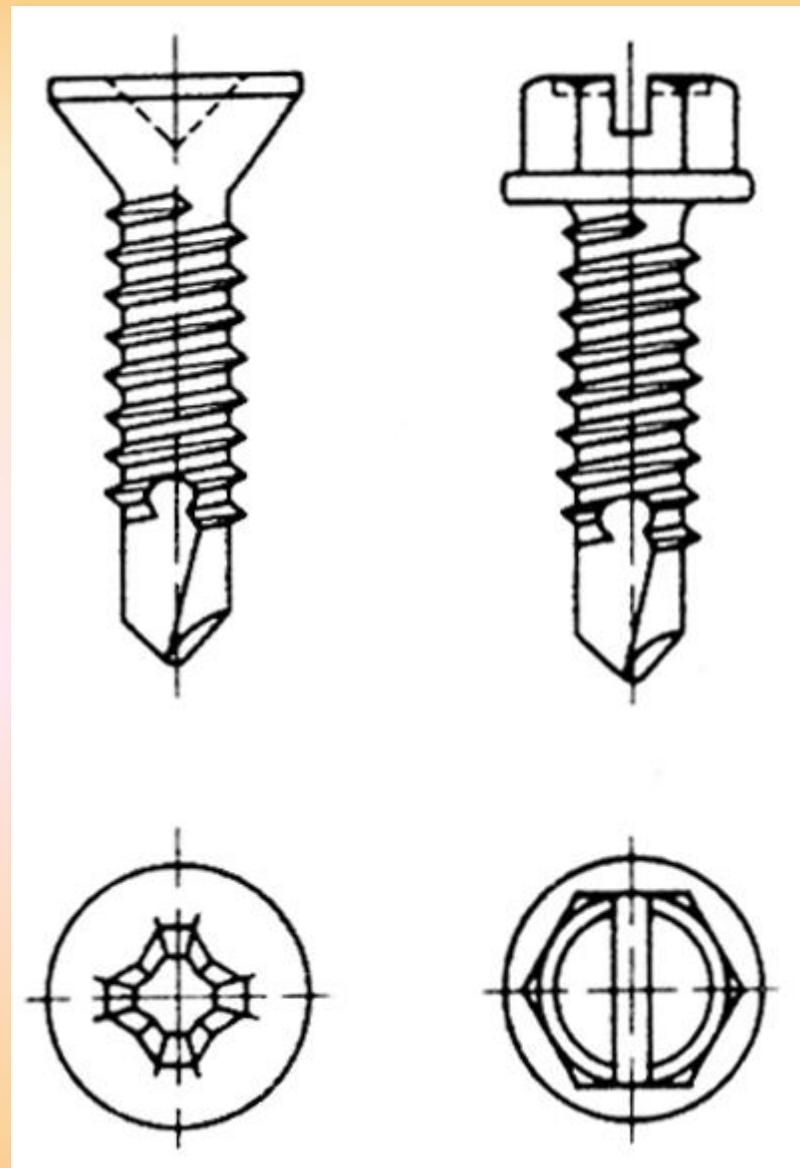
Uglavljivanje



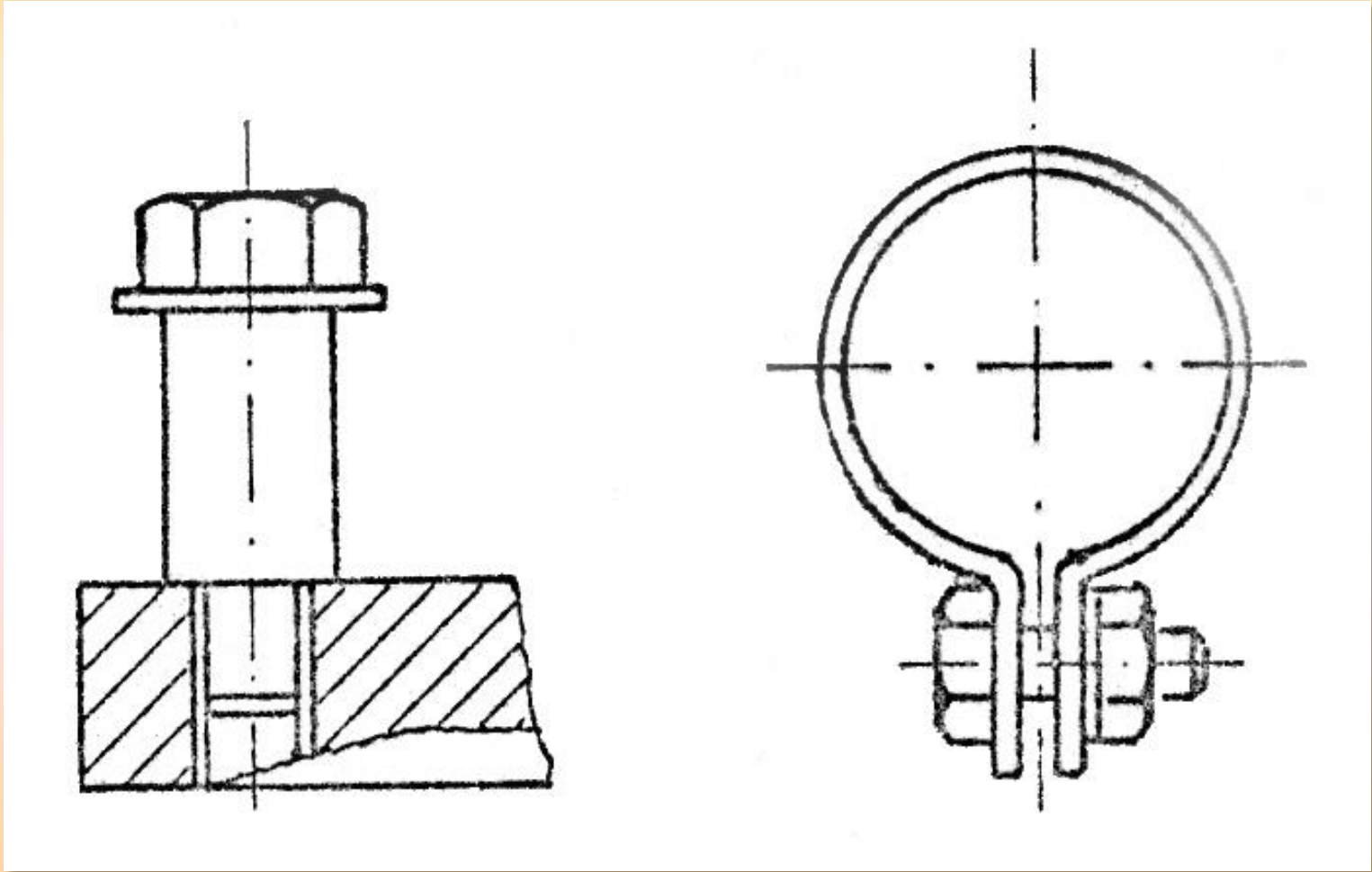
Elastično proširivanje



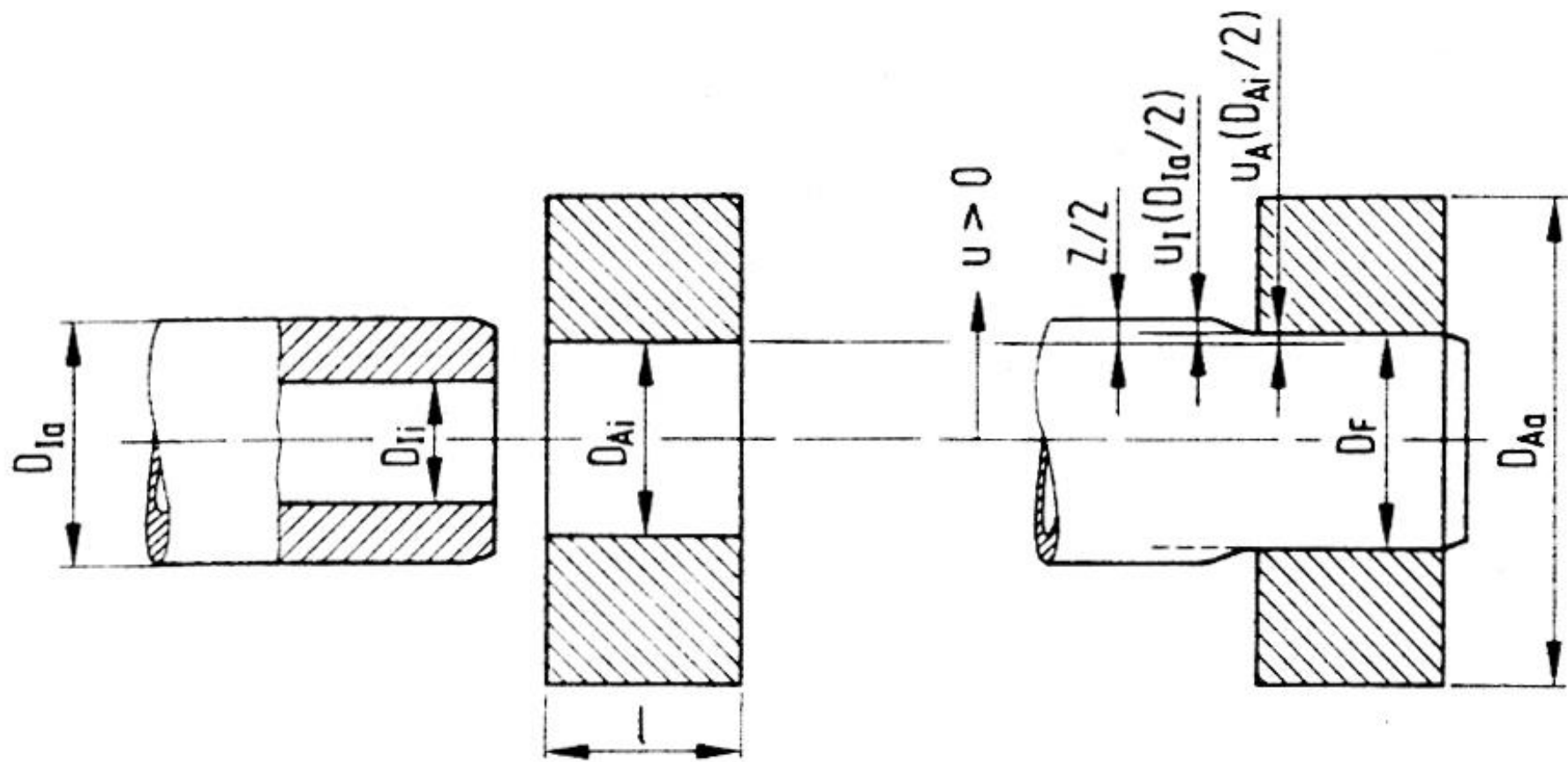
Spajanje elastičnim širenjem (uskočni spoj)



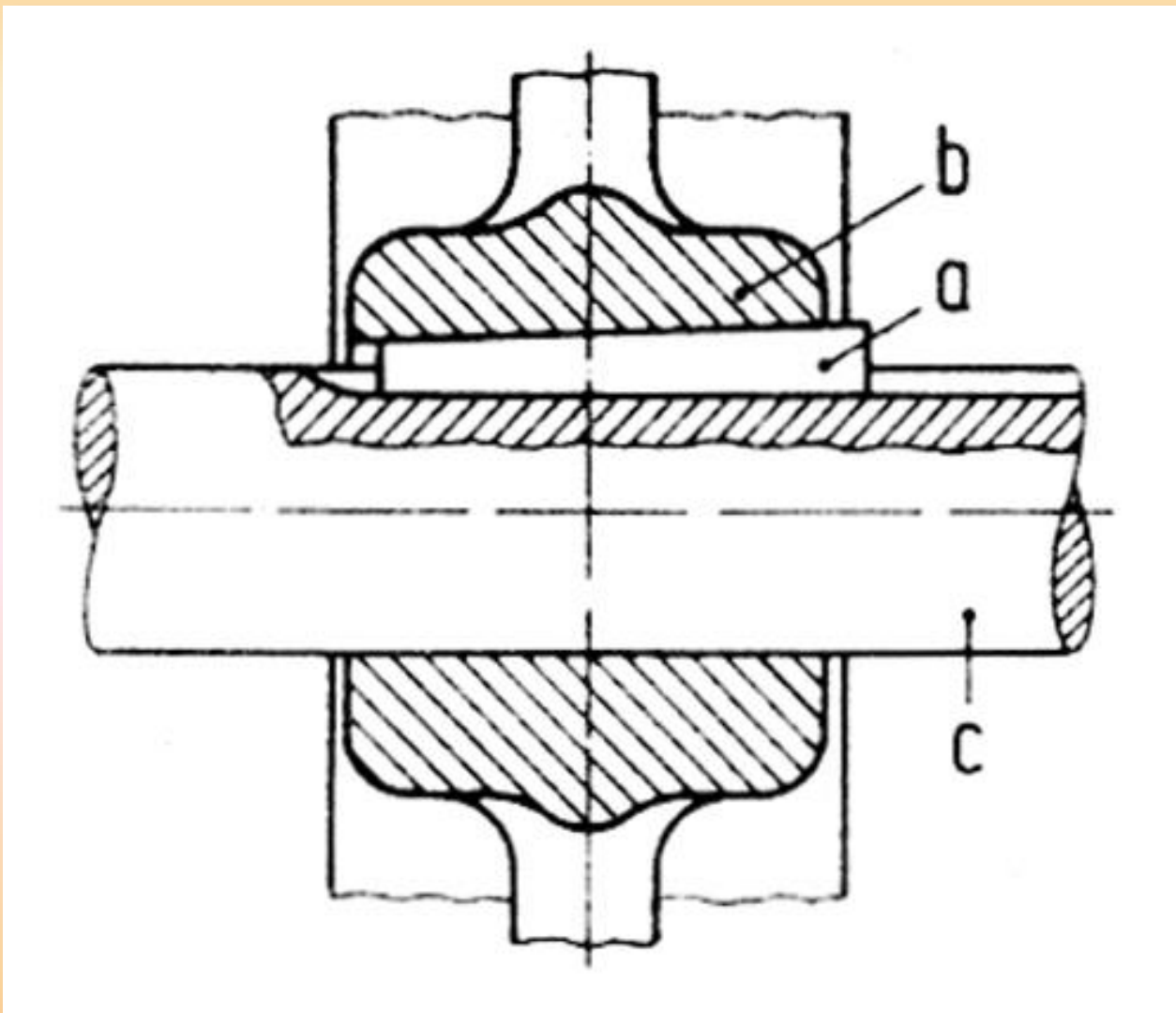
Vijčanje – vijci za bušenje



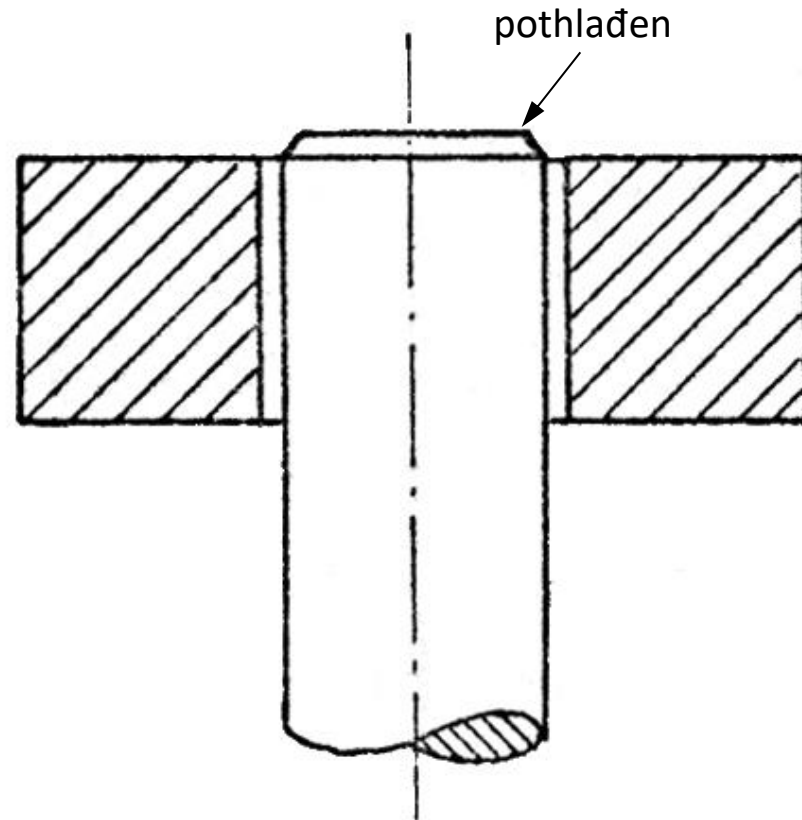
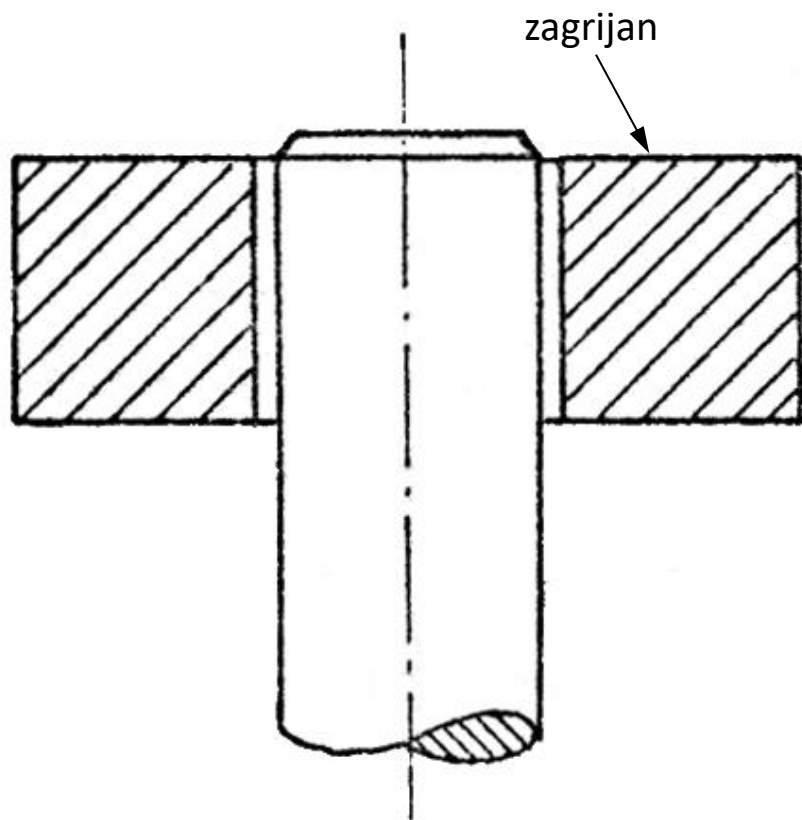
Vijčanje – spajanje stezanjem



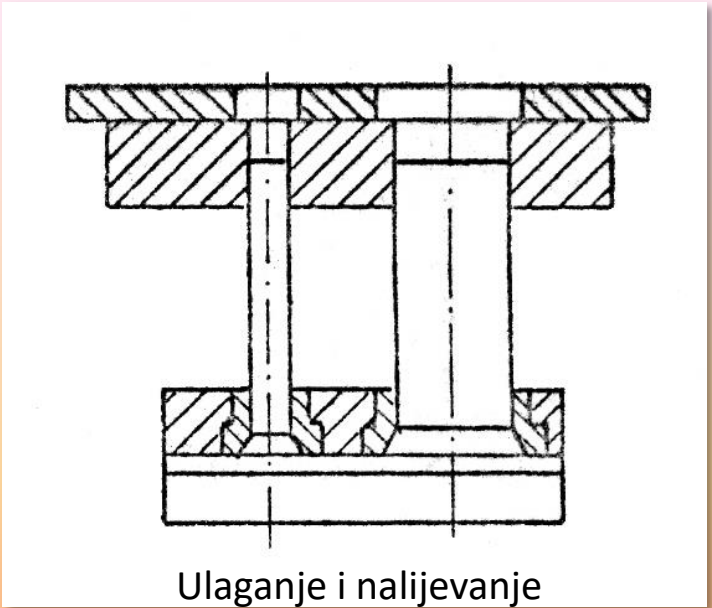
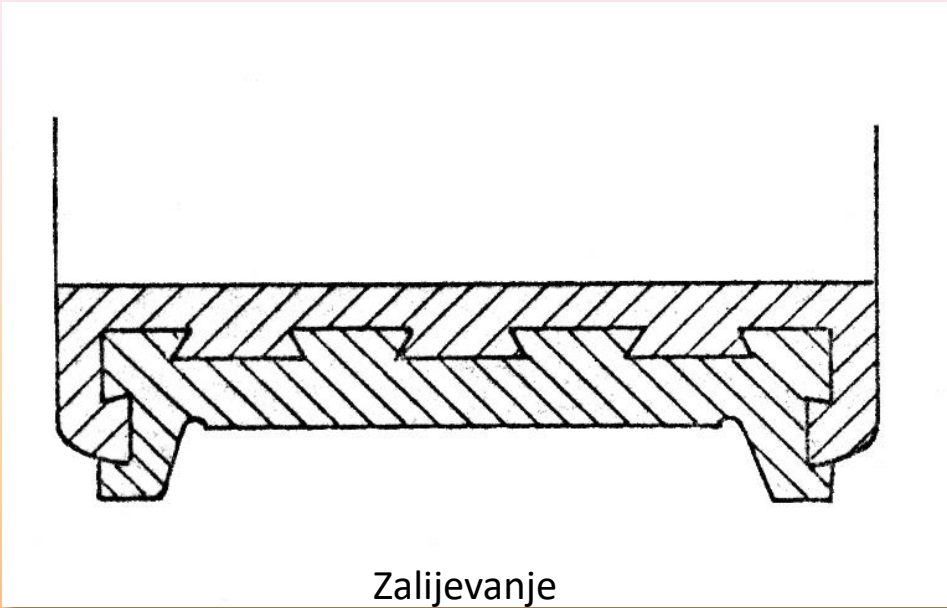
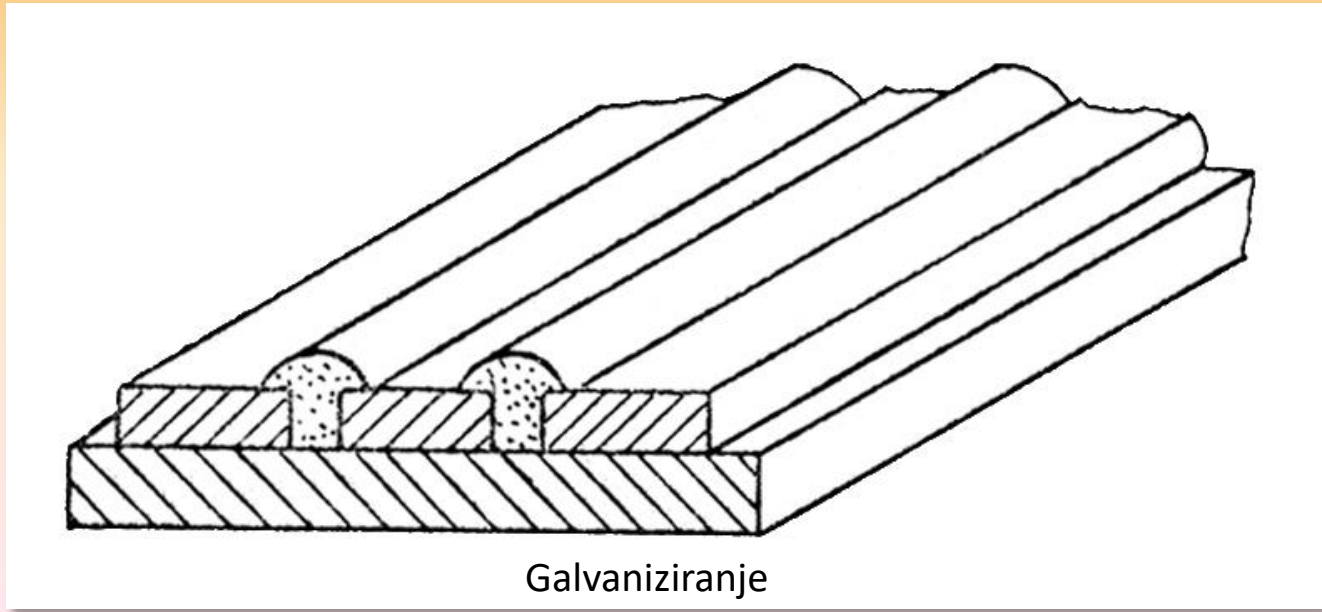
Spajanje uprešavanjem (stezni spoj)



Spajanje klinom

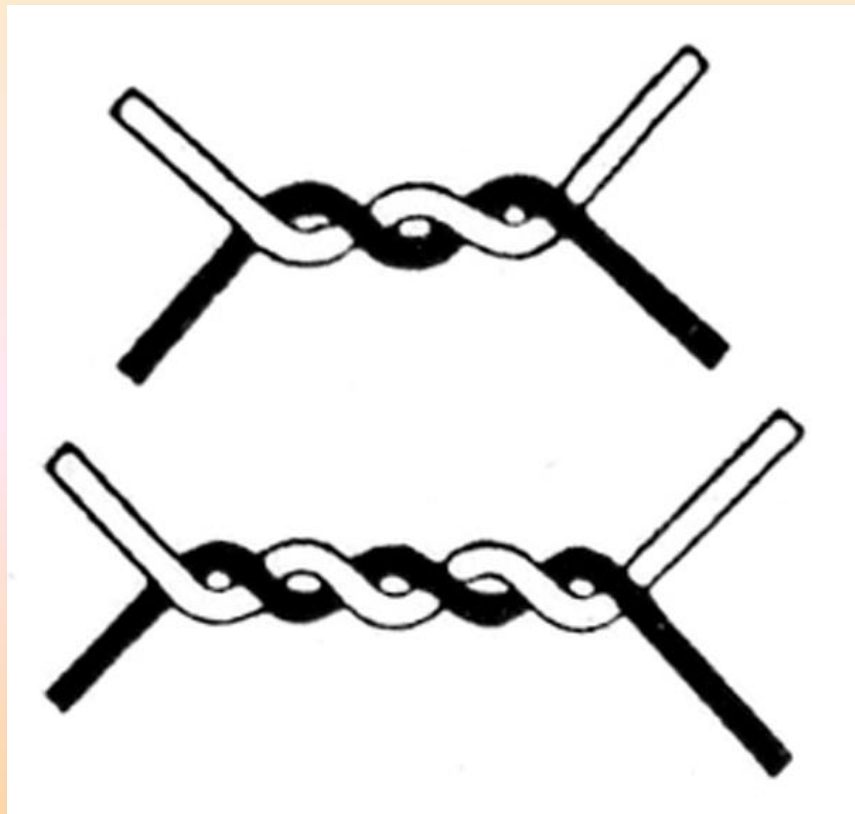


Spajanje stezanjem odnosno rastezanjem

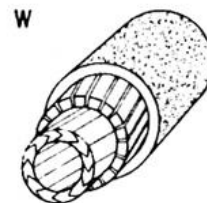
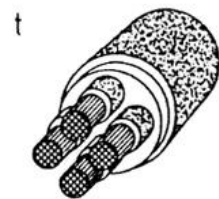
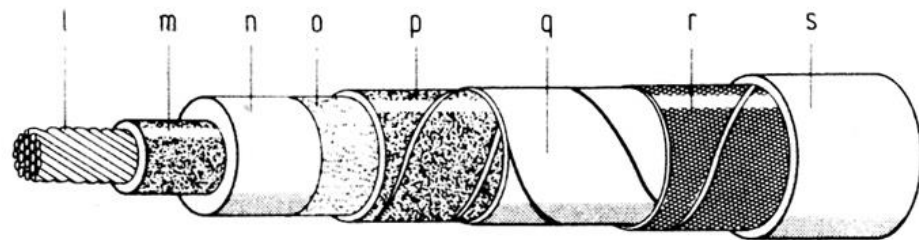
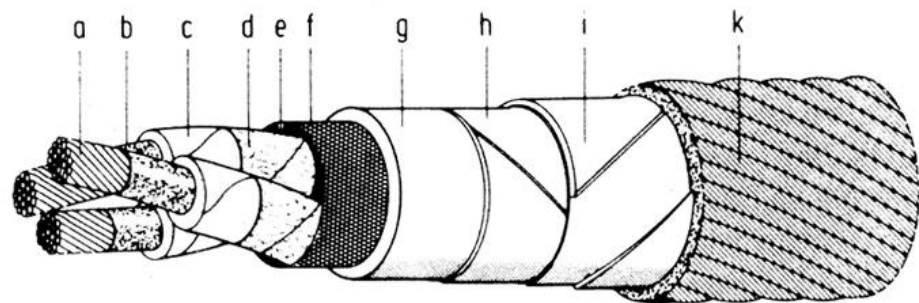


Spajanje praoblikovanjem

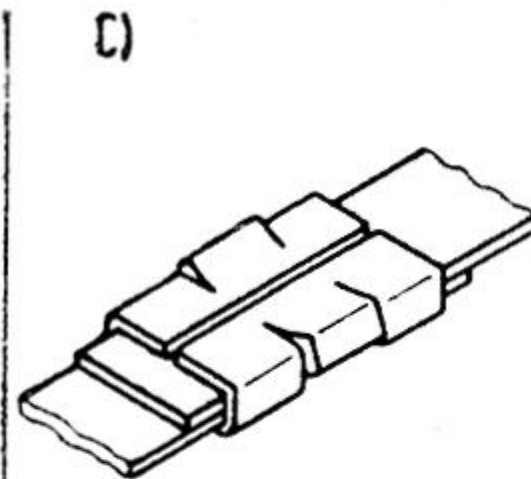
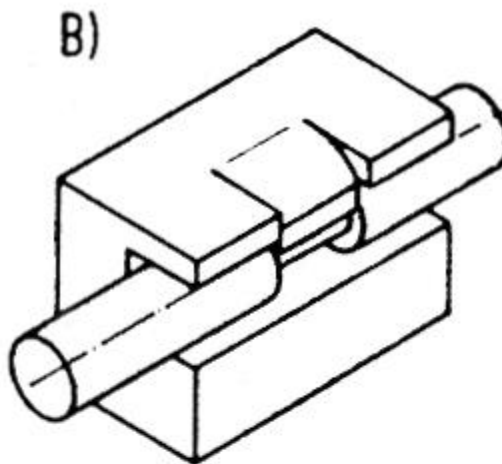
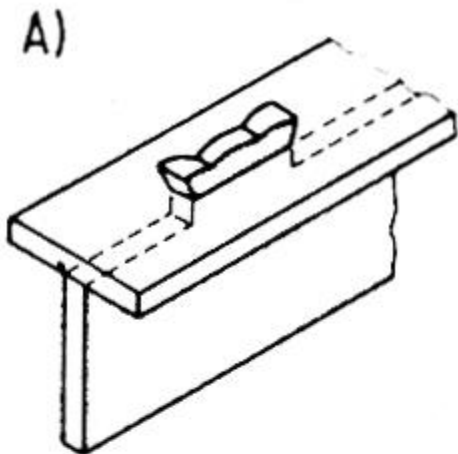
Spajanje sukanjem



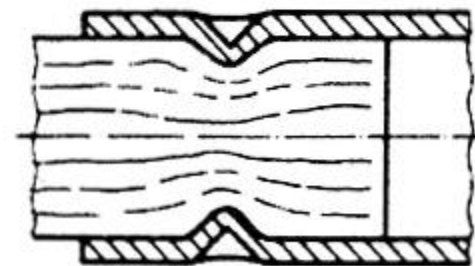
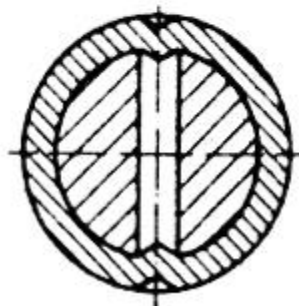
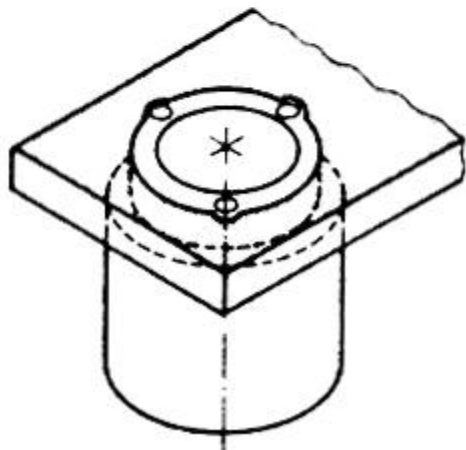
Spajanje preoblikovanjem žičanih tijela



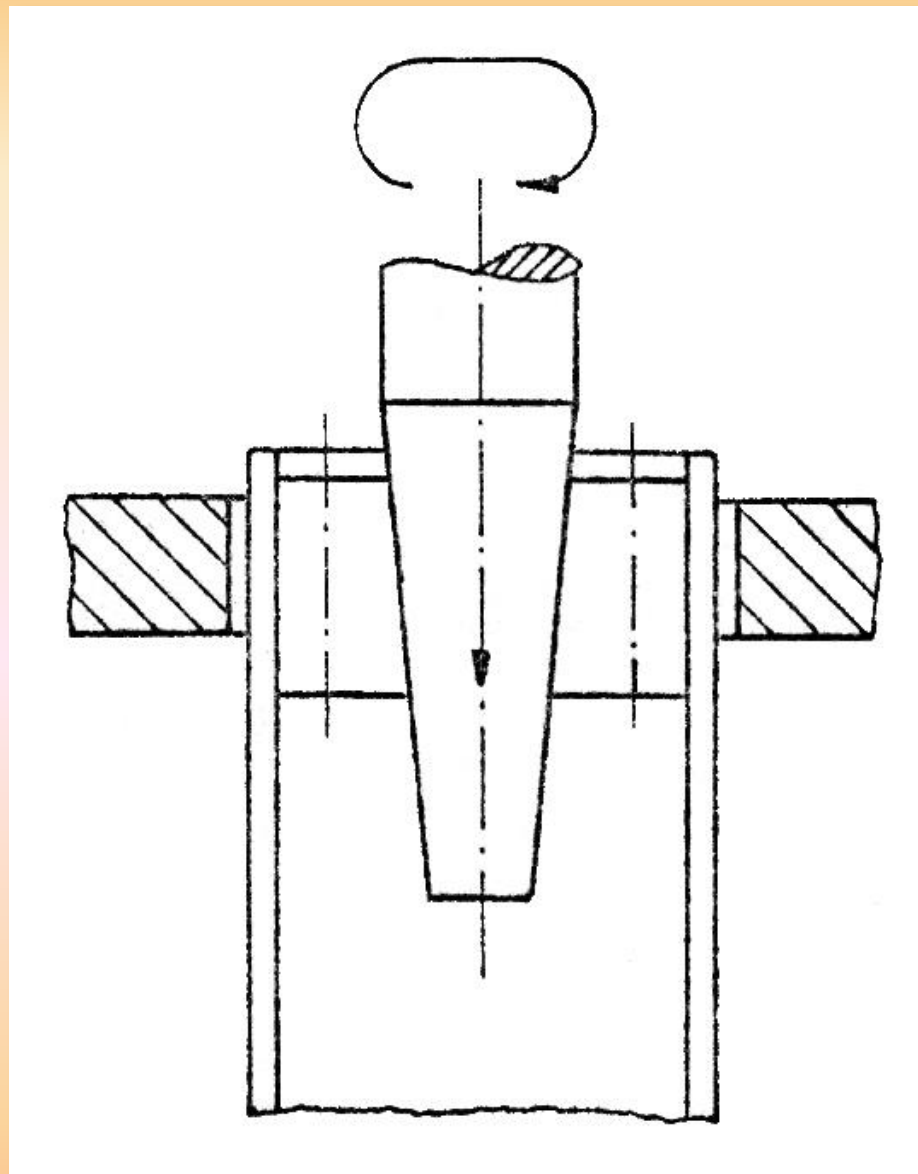
Urezivanje



Točkanje

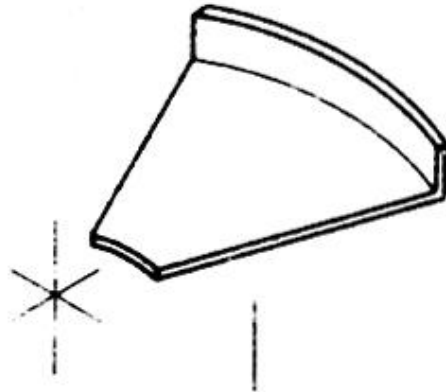


Spajanje urezivanjem i točkanjem

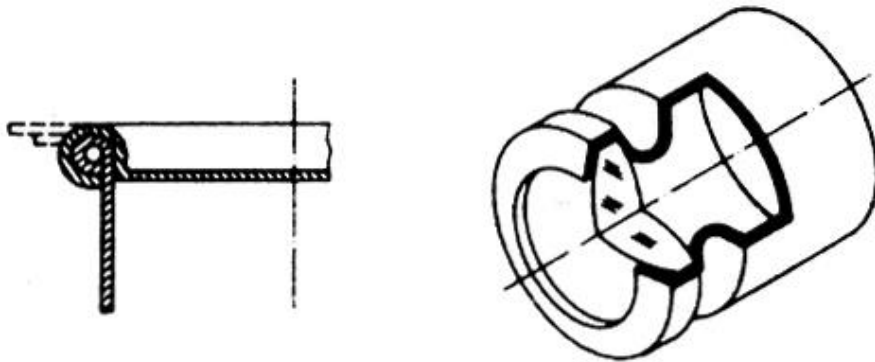


Cijevno uvaljavanje

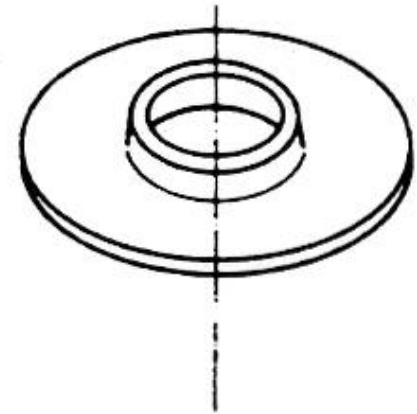
A)



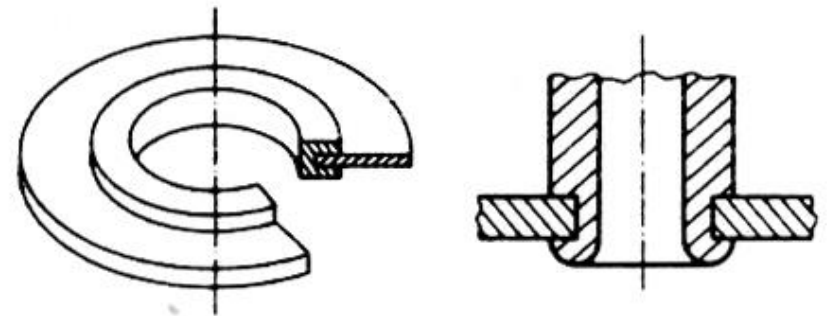
Sabijanje radnog komada



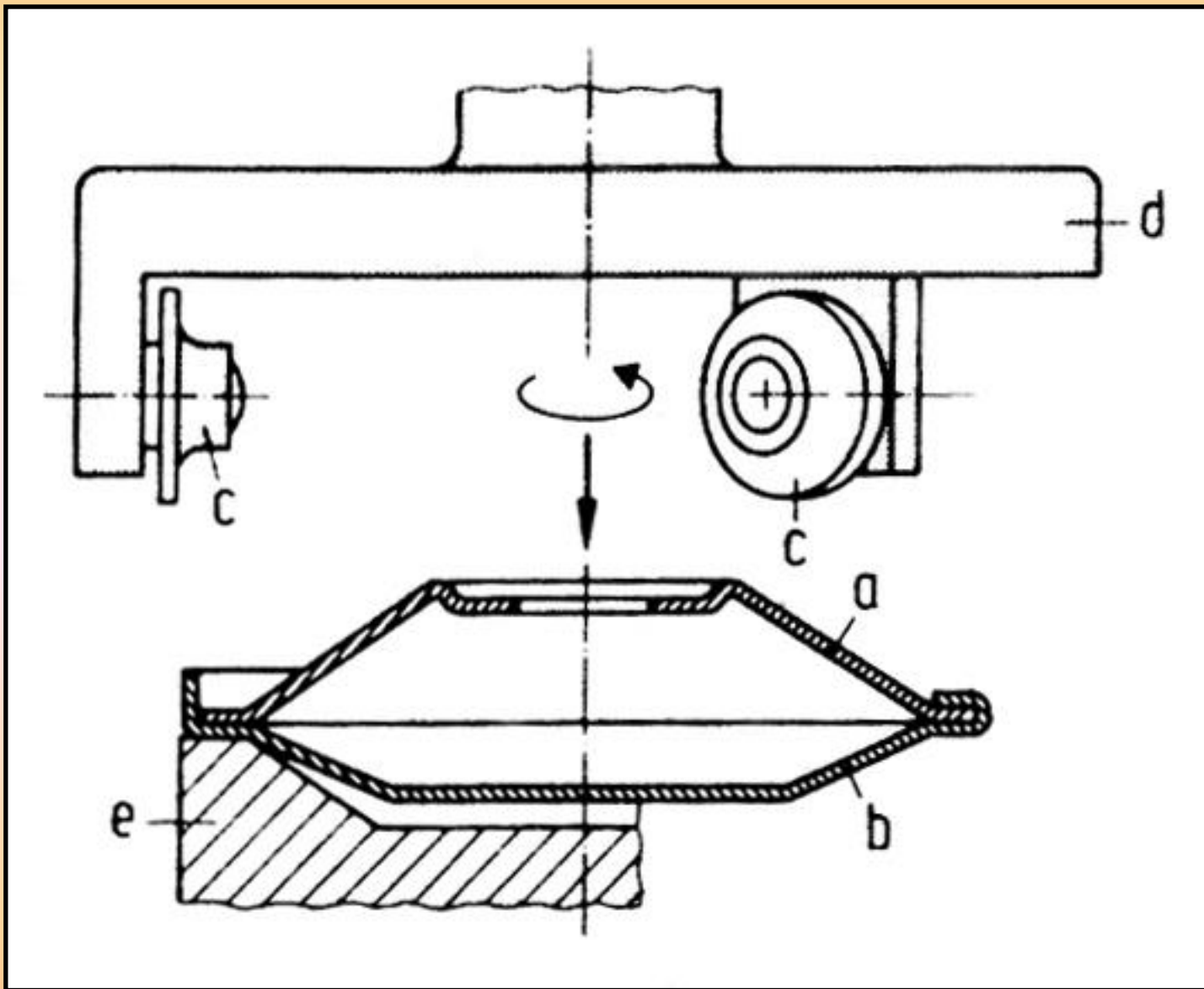
B)



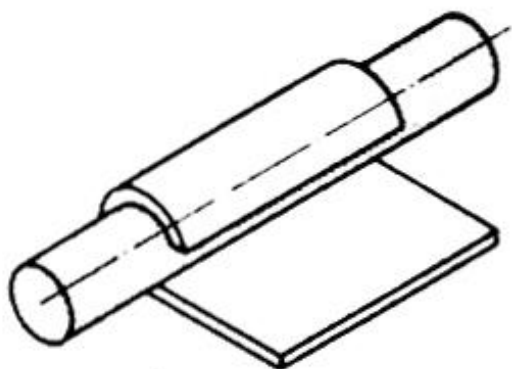
Rastezanje radnog komada ;



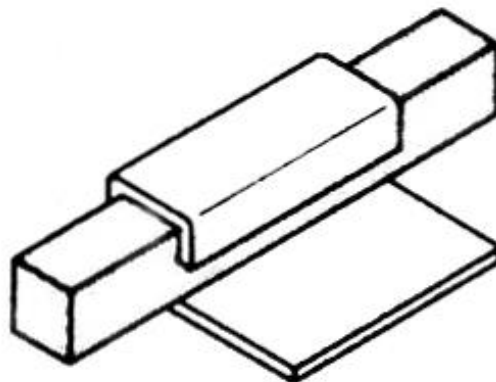
Spajanje vanjskim i unutarnjim zarubljivanjem



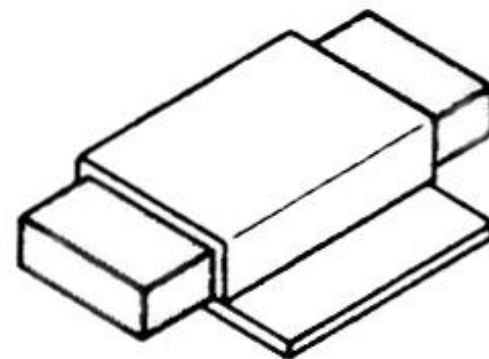
Spajanje mikrofona zarublivanjem



A)

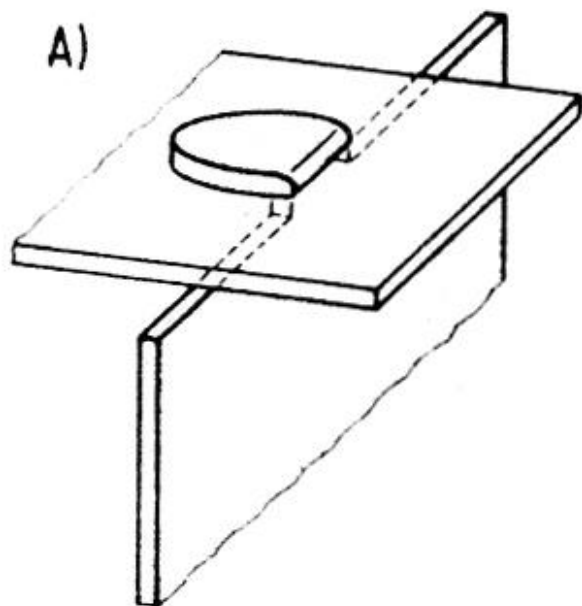


B)

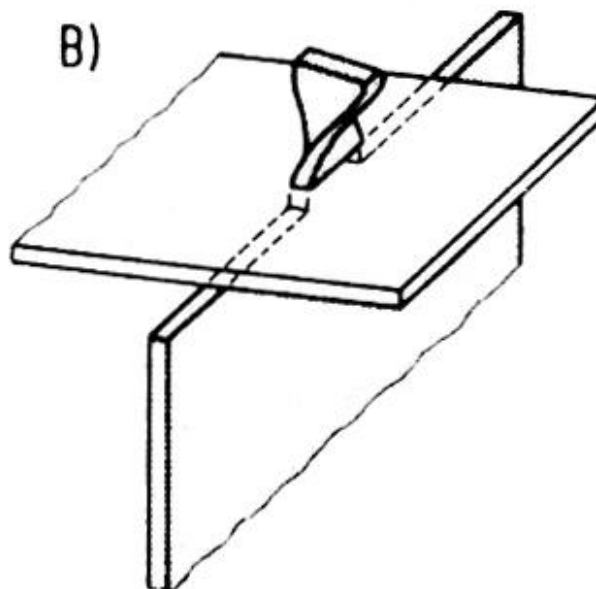


C)

Spajanje namatanjem lima oko cilindričnog i prizmatičnih ugradbenih elemenata

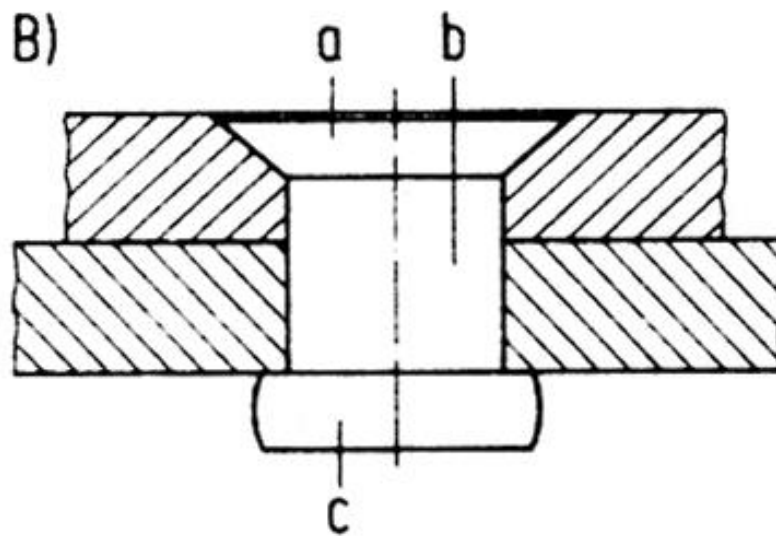
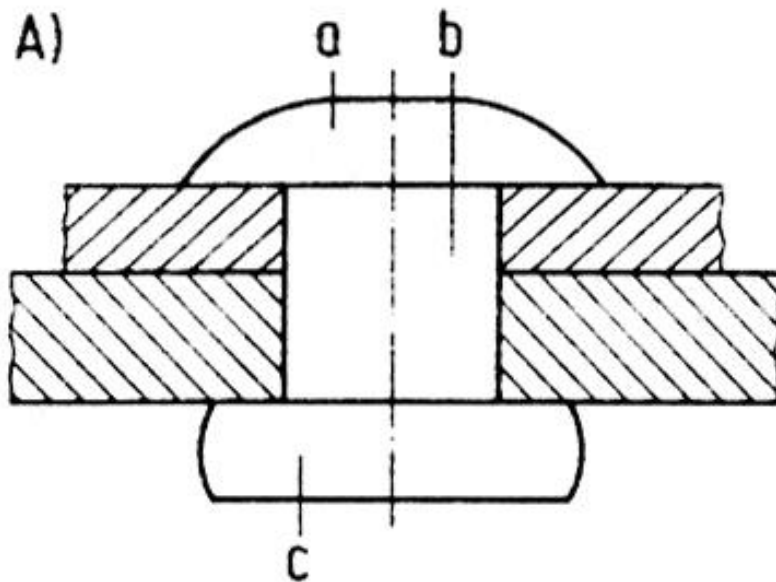


A)



B)

Spajanjem savijanjem i zakretanjem izdanaka



Spajanje zakovicama:
A) aluminijska legura,
B) bronca

Izbor najpovoljnijeg postupka spajanja

Postupak spajanja treba izabrati na takav način da se zadovolji zahtijevana čvrstoća spoja, uz minimalne troškove spajanja.

Postizive čvrstoće spojeva opisuju se tablično i nomogramima.

Uobičajeno je da više različitih vrsta spojeva udovoljava zahtijevanu čvrstoću, ali uz različite troškove.

Kriteriji za izbor najpovoljnijeg postupka spajanja nisu dovoljno općenito sistematizirani, da bi bili lako primjenjivi u pogonsko-specifičnim uvjetima.

Stoga izbor u velikoj mjeri ovisi o znanju i iskustvu konstruktora i tehnologa montaže.

Kod izbora postupka spajanja potrebno je pridržavati se sljedećih načela:

- ❑ birati neposredne spojeve,
- ❑ osigurati postupke s pravolinijskim gibanjem pri spajanju,
- ❑ postići spojeve malom silom,
- ❑ birati postupke spajanja koji nisu vremenski dugi i ne zahtijevaju uske tolerancije ugradbenih elemenata.

RUKOVANJE

Prije postupka spajanja potrebna je priprema ugradbenih elemenata. Radnje kojima se pripremaju ugradbeni elementi spadaju u funkciju **rukovanja**. Rukovanje se izvodi i nakon spajanja, na sklopovima. Rukovanje je podfunkcija toka materijala na radnom mjestu.

Prema VDI 2860, **rukovanje je stvaranje, definirana promjena ili privremeno održavanje, zadanog prostornog rasporeda geometrijski određenih tijela u nekom koordinatnom sustavu.**

Prostorni raspored tijela u referentnom koordinatnom sustavu definiran je orijentacijom i pozicijom tijela.



Orijentacija nekog tijela je kutni odnos između osi tijela i referentnog koordinatnog sustava. Ona opisuje raspored tijela u odnosu na njegova tri rotacijska stupnja slobode gibanja (Eulerov kut, [rad]).




Pozicija nekog tijela je mjesto koje zauzima određena karakteristična točka tijela u referentnom koordinatnom sustavu. Ona opisuje položaj tijela u odnosu na njegova tri translacijska stupnja slobode gibanja (Kartezijev koordinatni sustav, [m]).

UKOVANJE VDI 2860

	SPREMANJE	PROMJENA KOLIČINE - SKUPA	GIBANJE	OSIGURANJE	KONTROLIRANJE
Elementarne funkcije		<ul style="list-style-type: none"> - dijeljenje - sjedinjavanje 	<ul style="list-style-type: none"> - okretanje - pomicanje 	<ul style="list-style-type: none"> - držanje - oslobađanje 	<ul style="list-style-type: none"> - ispitivanje
Sastavljene funkcije	<ul style="list-style-type: none"> - sređeno - djelomično sređeno 	<ul style="list-style-type: none"> - odjeljivanje - dodjeljivanje - odvajanje - udruživanje - sortiranje 	<ul style="list-style-type: none"> - zakretanje - orijentiranje - pozicioniranje - sređivanje - vođenje - dodavanje 	<ul style="list-style-type: none"> - stezanje - otpuštanje 	<ul style="list-style-type: none"> - ispitivanje: prisutnosti, identiteta, oblika, veličine, boje, težine, pozicije, orijentacije - mjerenje: orijentacije, pozicije - brojenje
Dopunske funkcije	<ul style="list-style-type: none"> - nesređeno* 		<ul style="list-style-type: none"> - transportiranje* 		

* nisu elementarne funkcije rukovanja, ali su potrebne za potpuni opis slijeda funkcija

Spremanje

	Sredeno spremanje - pohrana geometrijski određenih tijela pri čemu je potpuno definirana pozicija i orijentacija $SS = 3/3$
	Djelomično sredeno spremanje - pohrana geometrijski određenih tijela, djelomično je definirana orijentacija i pozicija $SS = 0/0 \dots 3/3$
	Nesredeno spremanje ($SS = 0/0$) jest pohrana tijela, pri čemu su proizvoljni orijentacija i pozicija tijela u svim stupnjevima slobode.




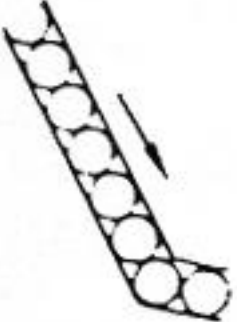
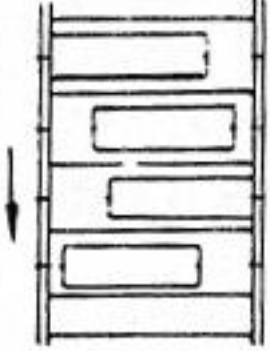
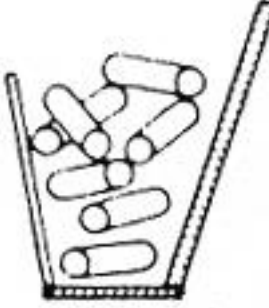
SS – stupanj sređenosti

$SS = SO/SP$

SO – stupanj orijentiranja

SP – stupanj pozicioniranja

Spremanje – primjeri principijelnih tehničkih rješenja

SIMBOL			
PRIMJER			
	SREĐENO	DJELOMIČNO SREĐENO	NESREĐENO

Promjena
količine –
skupa



Dijeljenje - tvorba parcijalnih količina iz neke količine, veličine ulaznih i ciljnih količina ne moraju biti definirane.



Sjedinjavanje - tvorba količine iz parcijalnih količina, veličine ulaznih i ciljnih količina ne moraju biti definirane.



Odjeljivanje jest tvorba parcijalnih količina iz neke količine, izlazna količina je definirana.



Dodjeljivanje jest tvorba parcijalnih količina definirane veličine ili broja, i kretanje parcijalnih količina prema određenoj poziciji (mjestu).



Odvajanje je razdvajanje toka u tokove parcijalnih količina.

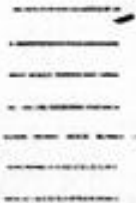
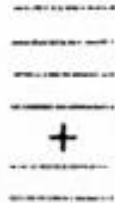
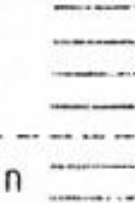
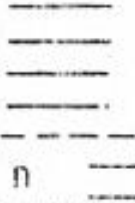
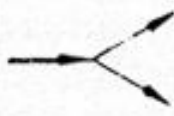
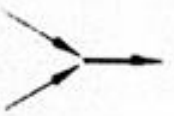
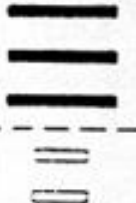
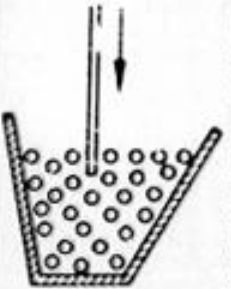
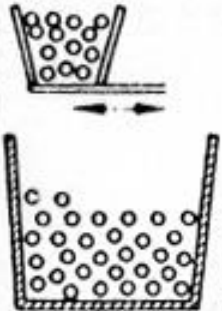
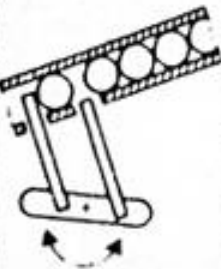
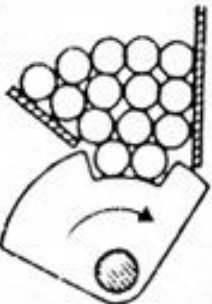
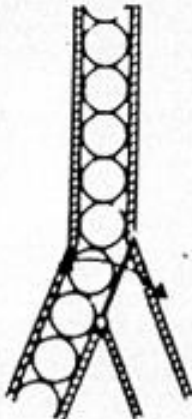
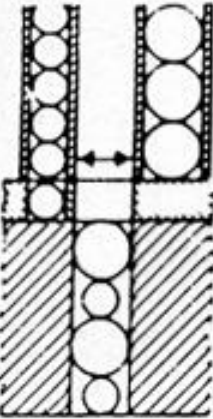
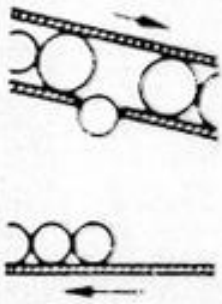


Udruživanje - tvorba toka iz tokova parcijalnih količina.









Sortiranje je dodjeljivanje i dijeljenje količine različitih tijela prema određenim klasama obilježja.










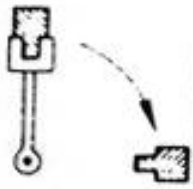

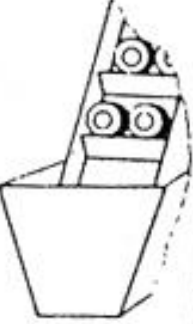
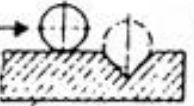
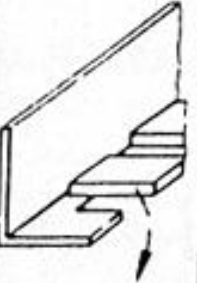
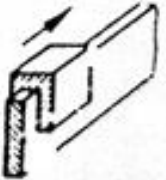
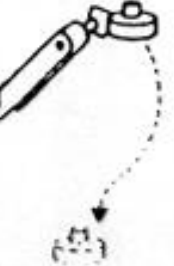
Promjena količine – skupa: primjeri principijelnih tehničkih rješenja

SIMBOL							
PRIMJER							
	DIJELJENJE	SJEDINJAVANJE	ODIJELJIVANJE	DODJELJIVANJE	ODVAJANJE	UDRUŽIVANJE	SORTIRANJE

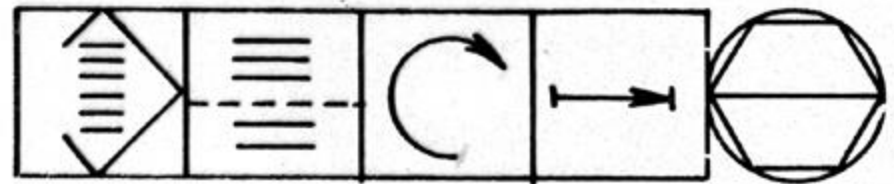
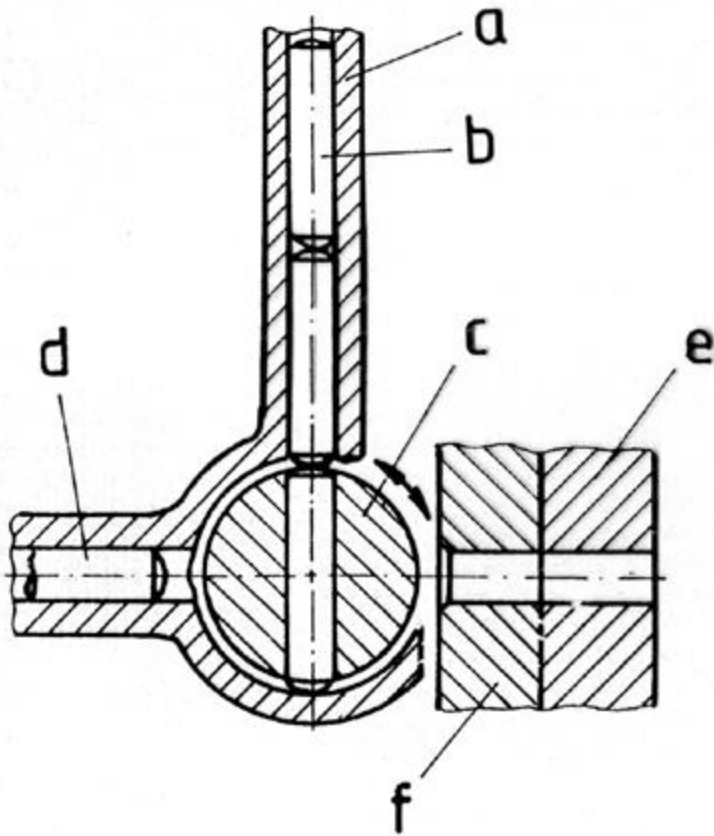
Gibanje

	<p>Okretanje - gibanje tijela iz neke određene u neku drugu određenu orijentaciju, oko osi koja prolazi kroz neku referentnu točku (ili karakterističnu točku tijela). Pozicija referentne točke ostaje pri tome nepromijenjena.</p>
	<p>Pomicanje - gibanje tijela iz neke definirane u neku drugu definiranu poziciju, translacijom uzduž nekog pravca. Orijeantacija tijela ostaje pri tome nepromijenjena.</p>
	<p>Zakretanje - gibanje tijela iz neke definirane u neku drugu definiranu orijentaciju i poziciju, rotacijom oko osi koja je udaljena od tijela.</p>
	<p>Orijentiranje - gibanje tijela iz neodređene u definiranu (određenu) orijentaciju. Pozicija tijela ostaje izvan razmatranja.</p>
	<p>Pozicioniranje - gibanje tijela iz neke neodređene u određenu poziciju. Orijeantacija se pri tome ne razmatra.</p>
	<p>Sređivanje - gibanje tijela iz neodređene u određenu poziciju i orijentaciju, odnosno smjer gibanja (ova sastavljena funkcija najčešće služi za definiranje prostornog rasporeda više istovrsnih tijela).</p>
	<p>Vodenje je gibanje iz definirane u neku drugu definiranu poziciju uzduž definirane putanje. Orijeantacija tijela definirana je u svakoj točki gibanja.</p>
	<p>Dodavanje - gibanje tijela iz zadane u neku drugu zadanu poziciju uzduž nedefinirane putanje gibanja. Stupanj orijentacije tijela ostaje pri tome nepromijenjen.</p>
	<p>Transport - gibanje tijela iz neke proizvoljne pozicije u neku drugu proizvoljnu poziciju. Putanja i orijentacija tijela obično se ne definiraju za vrijeme gibanja tijela ($SO = SP = 0$).</p>

Gibanje – primjeri primjeri principijelnih tehničkih rješenja

SIMBOL								
PRIMJER								
	OKRETANJE	ZAKRETANJE	POMICANJE	ORIJENTIRA.	POZICIONIRA	SREĐIVANJE	VOĐENJE	DODAVANJE

- a - magazin
- b - cilindrični zatik
- c - zakretna ploča
- d - dodavač
- e, f - dijelovi koji se sastavljaju



Opis funkcija rukovanja simbolima (VDI 2860) na primjeru dodjeljivanja i pomicanja zatika u položaj za sastavljanje

KONTROLA, PODEŠAVANJE I POSEBNE FUNKCIJE

Svrha je **kontrole** provjera stanja, svojstava, kakvoće i funkcionalnosti ugradbenih elemenata te ispravnosti prethodno izvršenih operacija.

Podešavanje (ugađanje) obuhvaća djelatnosti za otklanjanje izradbeno-tehničkih odstupanja s ciljem da se postigne zadana funkcionalna tolerancija sklopa (proizvoda). Služi za osiguranje i poboljšanje zahtijevane funkcije a može uslijediti za vrijeme ili nakon montaže.

Prema načinu kompenzacije razlikuju se namještanje i prilagođavanje.

Namještanje je podešavanje promjenom relativnih položaja ugradbenih elemenata.

Prilagođavanje je podešavanje promjenom dimenzija i/ili oblika ugradbenih elemenata (ne postoji kod automatskih procesa).

Posebne su funkcije one koje osiguravaju postizanje cjelovitosti i funkcionalnosti proizvoda. Mogu biti integrirane unutar procesa sklapanja ili obavljane izdvojeno (bojenje, žarenje, pakiranje, skidanje srha, obilježavanje...).

IZRADA PLANA PROCESA (PROJEKTIRANJE) RUČNE MONTAŽE

Plan je opis zamišljenog niza akcija kojima se iz početnoga stanja postiže ciljno stanje.

U montaži, početno stanje predstavlja skup ugradbenih elemenata (dijelovi, sklopovi, bezoblične tvari), a ciljno je stanje sklop (proizvod).

Zamišljeni niz akcija u montaži jest niz radnji kojima se ugradbeni elementi dovode u uzajamni zahtijevani odnos, na jednom ili više radnih mjesta (stanica).

Tok izvođenja rada određen je redoslijedom sklapanja ugradbenih elemenata, odnosno njihovim prostornim rasporedom.

Stupanj detaljnosti plana ovisi o zahtijevanom stupnju podjele rada: što je stupanj podjele rada viši, potrebno je detaljnije razraditi proces (redovit slučaj u planovima automatskih procesa).

Podjela rada i stupanj automatizacije proistječu iz **učestalosti ponavljanja procesa, kompleksnosti proizvoda i kvalitete kadrova**.

Učestalost ponavljanja montažnog procesa određena je proizvodnim količinama: što su proizvodne količine veće, zahtijevaju se detaljnije tehnološke podloge.

Kompleksniji sklopovi (proizvodi) iziskuju viši stupanj detaljnosti procesa u cilju postizanja zahtijevane funkcionalne kakvoće sklopa.

Za kvalificirane radnike dovoljna je i gruba podjela rada, dok su detaljne radne upute nužne kod nekvalificirane radne snage.

Općenito vrijedi pravilo: što su veći planirani obujam proizvodnje i kompleksnost proizvoda, i niža kvalifikacija radnika, zahtijeva se viši stupanj podjele rada odnosno detaljnije razrađena tehnološka dokumentacija.

Primjenjivi stupnjevi detaljnosti jesu:

- skupine operacija,
- operacije, ili
- elementi rada.

Skupinama operacija se vrlo grubo opisuje montažni proces, a koristi se kod malenog stupnja podjele rada.

Montažni proces opisan **operacijama** definira stupanj podjele rada po radnim mjestima/stanicama.

Rad izvodi jedan radnik ili više radnika, ne prekidajući taj rad drugom djelatnošću.

Najviši stupanj podjele rada dobiva se podjelom procesa na **elemente rada**.

Element rada je najmanji racionalni dio rada, koji se može nezavisno izvoditi, i kojim se definira takvo stanje djelomično montiranog sklopa da se može pomicati na drugo radno mjesto bez neželjenog rasklapanja.

Element rada dijeli se na pokrete.

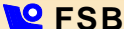
Pokreti se dadu opisati i izmjeriti, ali se u okviru montažnoga procesa ne mogu izolirano izvesti (posegnuti, uhvatiti).

Podjelom montažnoga procesa na elemente rada, utvrđuje se točan sadržaj rada i vremena za njegovo izvođenje, te se mogu definirati točne upute za izvršenje rada i odrediti troškovi montažnoga procesa.

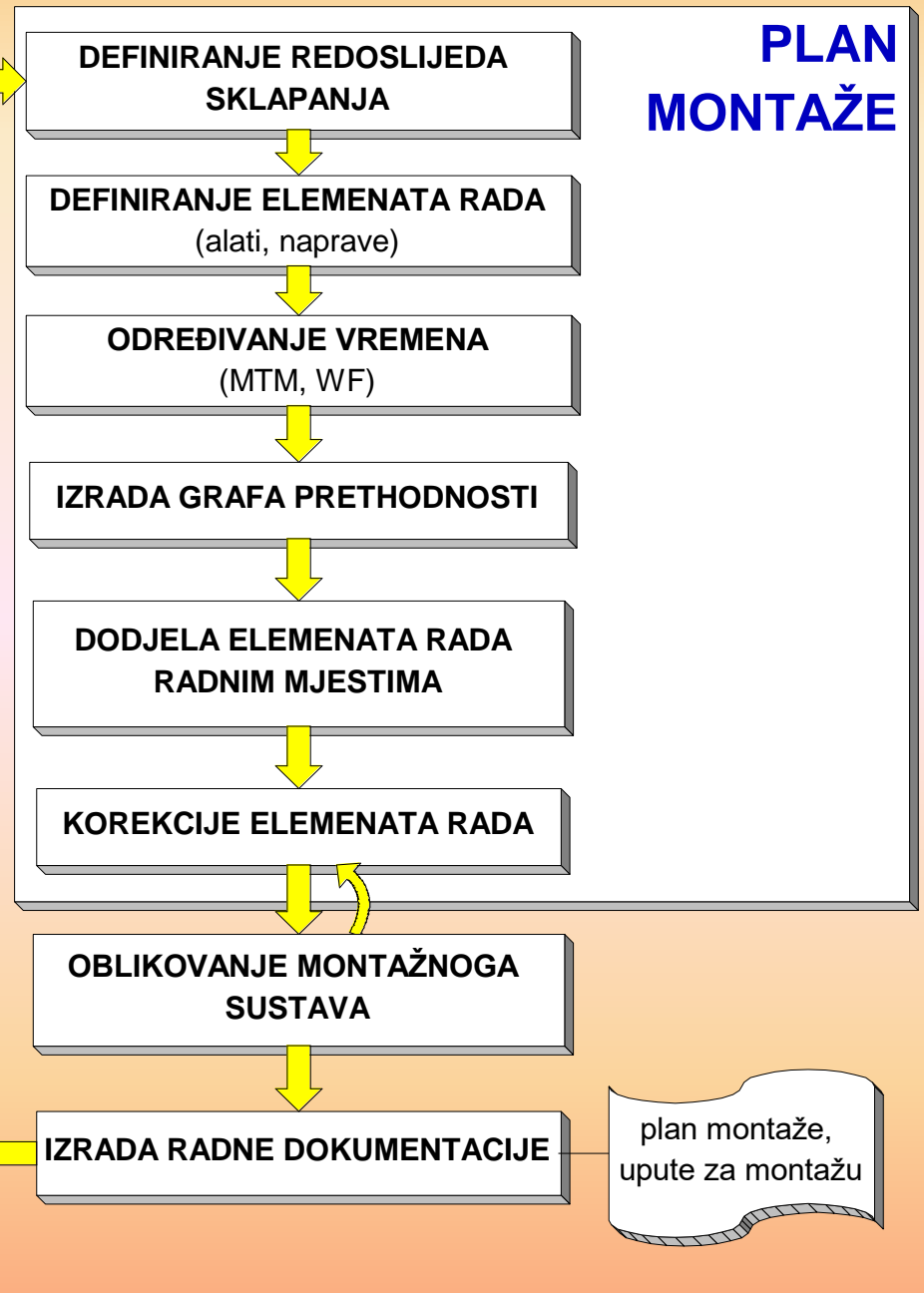
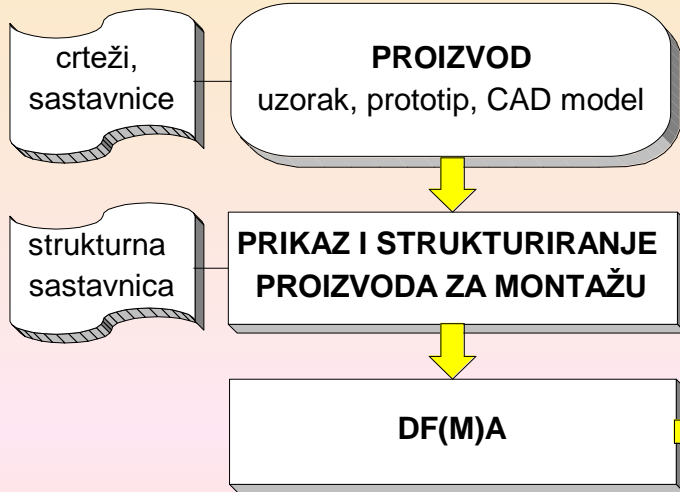
Zbog toga se preporuča primjena ovog stupnja detaljnosti za izradu planova montaže i kod maloserijske proizvodnje.

Grupiranjem elemenata rada po radnim mjestima oblikuju se montažne operacije.

Obrazac PLAN MONTAŽE

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb			PLAN MONTAŽE				Datum	Ime	Potpis	Mjesto troška:	List: 1	
Zamjena za:			Naziv: MLIN ZA KAVU		Izradio	2013-04-01			Broj radnog mjesta:	Listova: 1		
Zamijenjen sa:			Identitet:		Kontrolirao				Takt (minuta):	T _{pz} (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 _i (minuta)	Norma vrijeme t ₁ (minuta)	Kvalifikacija radnika
							List	Broj poz.				
		ER1	Sklop A u stegu	sklop A					stega			
		ER2	Utisnuti 3 u 5 (Sklop B)	poz. 3, poz. 5								
		ER3	Sklopiti sklop A i sklop B (Sklop C)	sklop A, sklop B								
		ER4	Utisnuti 2 na 4 (Sklop D)	poz. 2, poz. 4								
		ER5	Sklopiti sklop C i sklop D (Sklop E)	sklop C, sklop D								
		ER6	Utisnuti 21 na 1 (Sklop F)	poz. 1, poz. 21								
		ER7	Sklopiti sklop E i sklop F (Proizvod)	sklop E, sklop F								
		ER8	Ispitivanje	Proizvod					Uređaj za ispitivanje			
		ER9	Pakiranje	Proizvod, Kutija								

POSTUPAK PROJEKTIRANJA



Određivanje **redoslijeda sklapanja** ugradbenih elemenata jest jedna od vremenski najrastržnijih (Struktura proizvoda?) zadaća.

Za sklop (proizvod) od n ugradbenih elemenata postoji teoretski $n!$ mogućih redoslijeda sklapanja.

U stvarnosti se broj mogućih redoslijeda sklapanja smanjuje zbog geometrijskih i tehnoloških ograničenja, koje tehnolog relativno brzo može uočiti (prepoznati) i isključiti iz razmatranja.

Redoslijed sklapanja ovisi o prostornom rasporedu ugradbenih elemenata.

Proces određivanja redoslijeda sklapanja se odvija često u mislima tehnologa prema načelu određivanja redoslijeda *rasklapanja (demontaže)*. Tako će ugradbeni element koji je ostao posljednji za demontažu biti prvi po redoslijedu sklapanja (bazni dio), pretposljednji drugi itd.

Nakon određivanja redoslijeda sklapanja ugradbenih elemenata definiraju se **elementi rada**. Elementi rada navode se isprva bez detalja o načinu njihovog izvođenja. Njima se definira koje ugradbene elemente i na koji način treba sklapati.

Sredstva za montažu jesu ručni i mehanizirani alati, naprave, jednonamjenski i programabilni automatski strojevi.

Koja će se sredstva primijeniti, zavisi o tehničko-ekonomskoj analizi mogućnosti automatizacije elemenata rada.

Za proračun troškova i izbor sredstava, nužno je izraditi varijante procesa sa sredstvima montaže različitog stupnja automatizacije.

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

- metoda procjene i usporedbe,
- sustavi unaprijed određenih vremena.

Za sklop (proizvod) koji je sličan ili jednak postojećim sklopovima: metoda procjene i usporedbe.

Za potpuno novi sklop (proizvod): metoda procjene i usporedbe, ili neki od sustava unaprijed određenih vremena.

Metoda procjene i usporedbe najjednostavnija je metoda određivanja vremena.

Vrijeme izvođenja montaže se procjenjuje na osnovi iskustva tehnologa ili se određuje usporedbom s vremenom montaže sličnog postojećeg sklopa.

Točnost rezultata bitno ovisi o znanju, iskustvu, savjesnosti i odgovornosti tehnologa.

Sustavi unaprijed određenih vremena su postupci koji se temelje na raščlani elemenata rada u osnovne pokrete, kojima je dodijeljeno unaprijed određeno standardno vrijeme, ovisno o vrsti pokreta i uvjetima izvođenja.

Određivanjem osnovnih pokreta s njihovim vremenima, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada.

Najpoznatiji sustavi unaprijed određenih vremena jesu *Work Factor (WF)* i *Methods-Time Measurement (MTM)*.

U okviru ovih sustava razvijeni su postupci za različita područja primjene (<http://www.mtm.org>), s različitim trajanjima analize i različitim točnostima određivanja vremena.

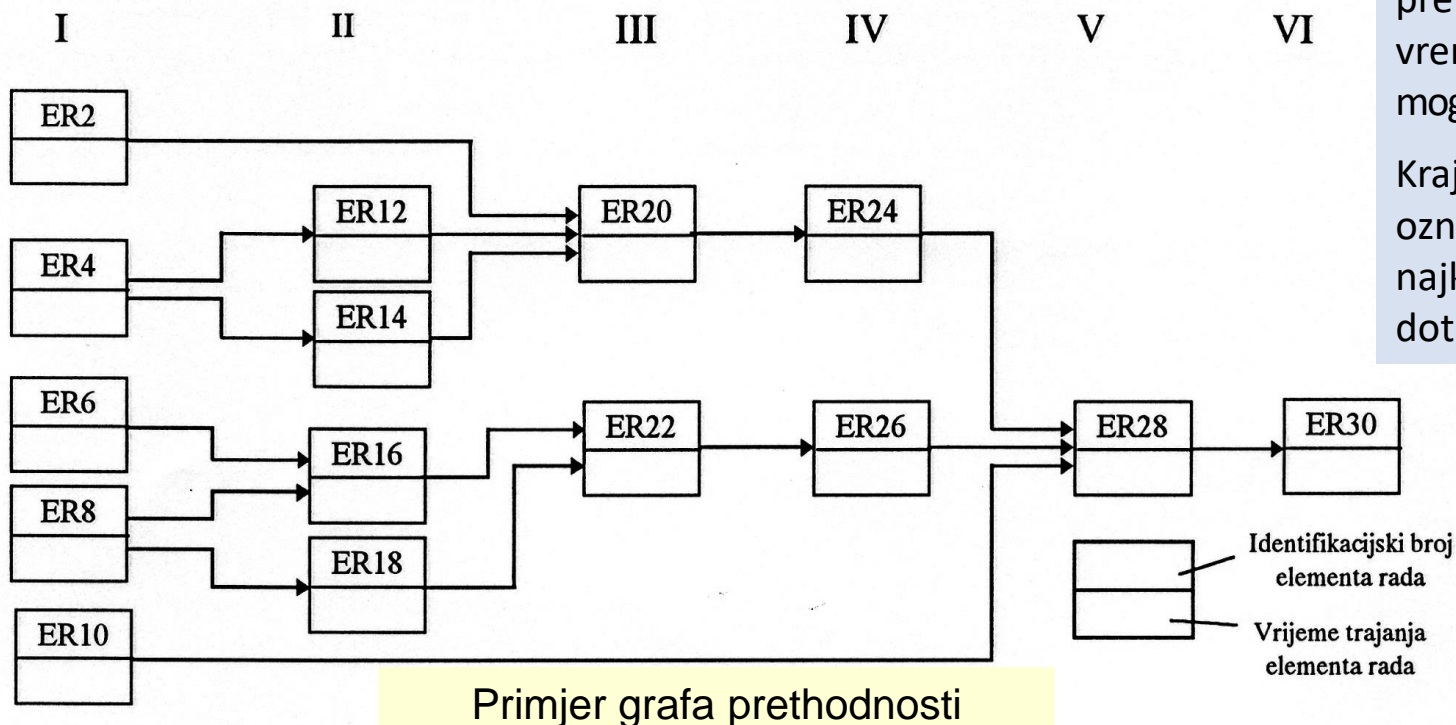


Po identificiranju ili još detaljnijem određivanju elemenata rada, izrađuje se **graf prethodnosti montaže**, koji predočava tehnološki i vremenski tijek izvođenja sklapanja.

Graf prethodnosti prikazuje koji se elementi rada izvode slijedno (sekvencijalno) jedan za drugim, odnosno koji se izvode usporedno (paralelno), nezavisno jedan od drugoga (npr. montaža nekog sklopa).

To je mrežni prikaz izvođenja montažnoga procesa, u kojem se elementi rada prikazuju kao čvorovi, a njihove međusobne ovisnosti poveznim linijama između čvorova.

Elementi rada se u graf prethodnosti unose u vremenskoj točki najranijeg mogućeg početka izvođenja. Kraj linije koja izlazi iz čvora označava vremensku točku najkasnijeg završetka dotičnoga elementa rada.



Dodjeljivanje elemenata rada radnim mjestima

Na osnovi grafa prethodnosti i vremena elemenata rada, elementi rada dodjeljuju se radnim mjestima tako da zbirno vrijeme trajanja bude manje ili jednako taktu montažnoga sustava, uz zadovoljenje tehnoloških i drugih ograničenja.

Takt sustava određen je obujmom proizvodnje, N , i raspoloživim vremenom za montažu, T :

$$c = T/N \quad [\text{s/komad}].$$

Na svakom se radnom mjestu dodijeljeni elementi rada moraju izvršiti u vremenu koje je manje ili jednako proračunatom taktom vremenu, tj. mora biti zadovoljen uvjet:

$$\sum_{k \in Q_i} t_k \leq c$$

pri čemu su:

c - taktno vrijeme, [s]

t_k - vrijeme izvršenja k -tog elementa rada, [s]

Q_i - skup elemenata rada dodijeljen i -tom radnom mjestu.

Otuda se može pojaviti vrijeme čekanja na radnome mjestu kao razlika između taktnog vremena c i zbirnog trajanja dodijeljenih elemenata rada $\sum_{k \in Q_i} t_k$.

Vrijeme čekanja može biti znatno, i predstavlja izgubljeno vrijeme d , koje se izračunava izrazom:

$$d = \sum_{i=1}^M \left(c - \sum_{k \in Q_i} t_k \right) = M \cdot c - \sum_{k=1}^k t_k$$

gdje su:

M - broj radnih mjesta

k - broj elemenata rada

t_k - vrijeme izvršenja k -tog elementa rada, [s].

Prethodni izraz optimira se minimiranjem:

- takta c ,
- broja radnih mjesta M , ili
- umnoška broja radnih mjesta i takta (cxM).

Najčešće se minimira broj radnih mjesta uz konstantni takt sustava. Razlog je tome da tržište određuje količinu proizvoda, a time i takt sustava.

Postupak rangiranja pozicijskih vrijednosti

Pozicijska vrijednost (PV) je zbir vremena izvršenja promatranoga elementa rada i vremena izvršenja svih elemenata rada koji slijede promatrani element. To je veličina koja definira i određuje položaj elemenata rada u grafu predhodnosti.

Nakon izračunavanja PV svih elemenata rada, elementi se rada rangiraju u redoslijedu padajućih PV.

Prvom radnom mjestu dodjeljuje se element rada s maksimalnom PV.

Razlika između taktnog vremena i vremena izvršenja tog elementa rada, minimira se tako da se analizira elemente rada u redoslijedu padajućih PV dok se ne nađe takav ili takve elemente koji zadovoljavaju zadana ograničenja i uvjet da je zbir njihovih vremena manji ili jednak taktnom vremenu. Time je dodjeljivanje elemenata rada na prvo radno mjesto završeno.

Za drugo radno mjesto ponovno se počinje od onog elementa rada koji ima maksimalnu PV, a nije dodijeljen prvom radnom mjestu.

Postupak se ponavlja tako dugo dok ima nedodijeljenih elemenata rada.

Polje kapaciteta

Potreban kapacitet, C , nastaje na osnovi nekog montažnog zadatka i proračunava se umnoškom dnevne količine sklopova koje treba sklopiti, N , i potrebnog vremena za montažu jednog sklopa, t_1 :

$$C = N \cdot t_1 \text{ [minuta/dan].}$$

Potreban kapacitet C može se prikazati kao površina u dijagramu dnevna količina – vrijeme montaže jednog sklopa.

Dobivena površina naziva se poljem kapaciteta.

Potreban broj radnih mjesta:

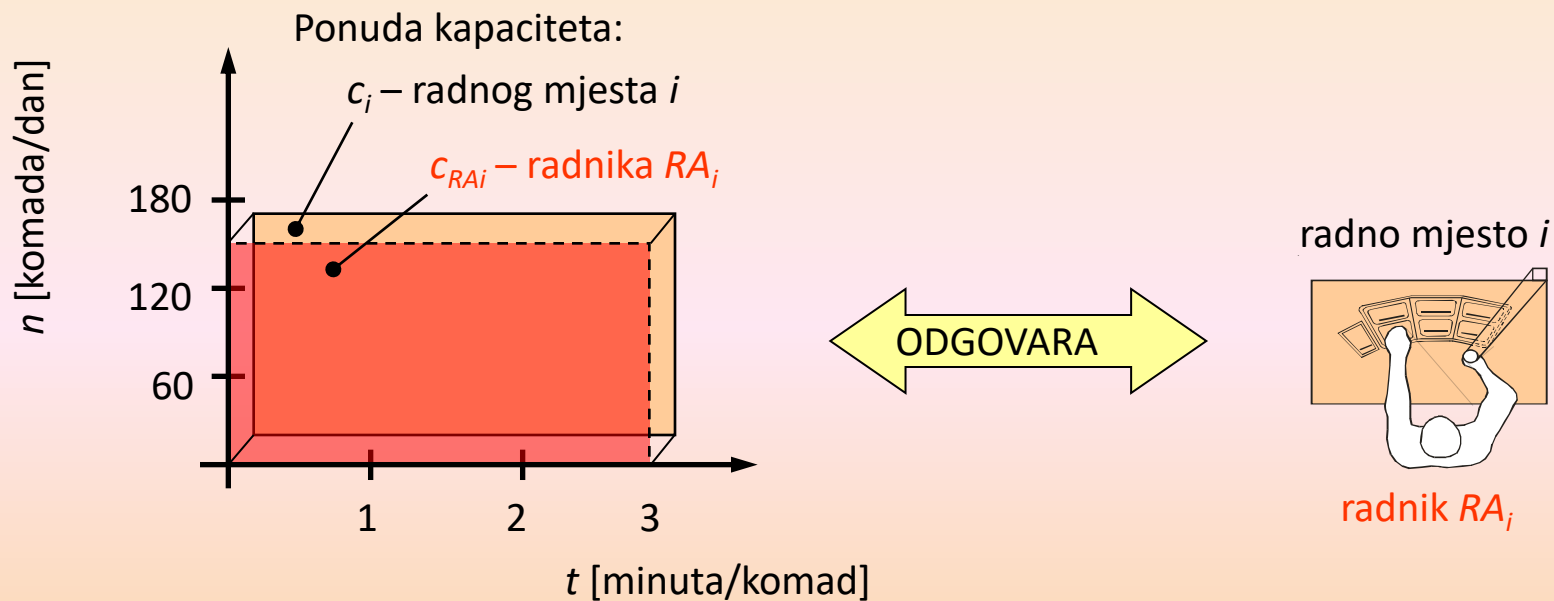
$$m = \text{cjelobrojno } [C / c]$$

pri čemu su:

C – potreban vremenski kapacitet za neki montažni zadatak, s

c – vremenski kapacitet jednog radnog mjesta, s.

Ponuda kapaciteta radnog mjesta je iskoristiva ako se radnik nalazi za vrijeme radnog vremena na radnom mjestu. Ponuda kapaciteta radnika prekriva se u tome slučaju s kapacitetom radnog mjesta.

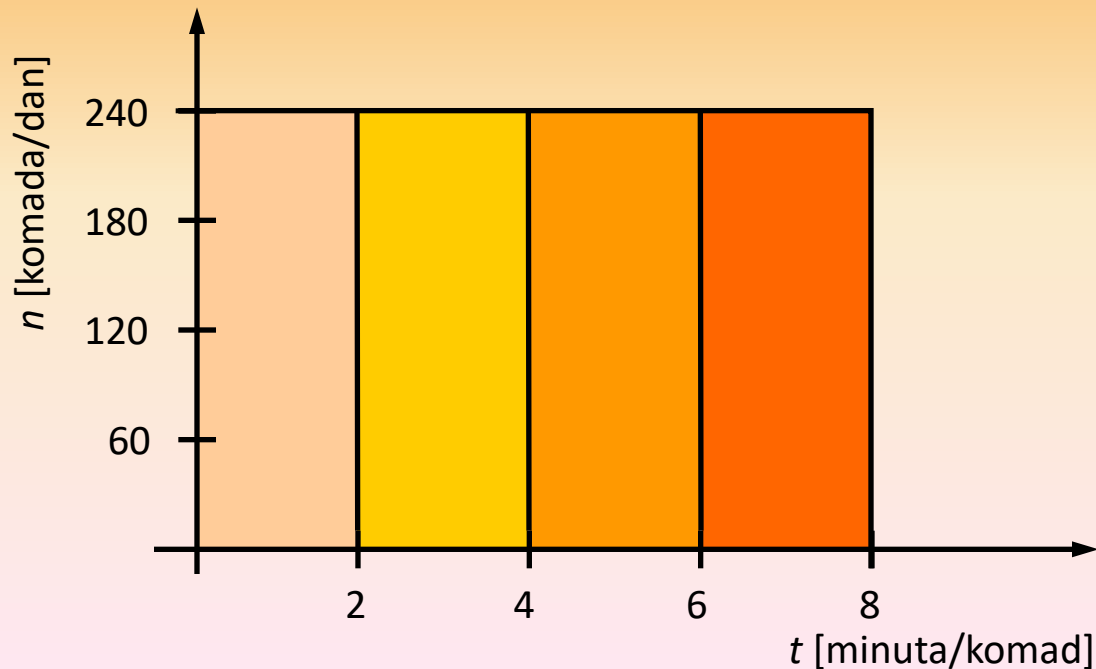


Primjer:

$C = 1920$ [minuta/dan]

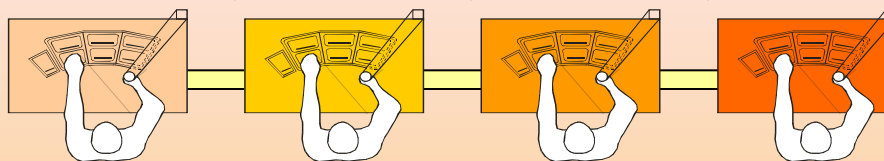
$c_i = 480$ [minuta/dan]

$m = 4$.

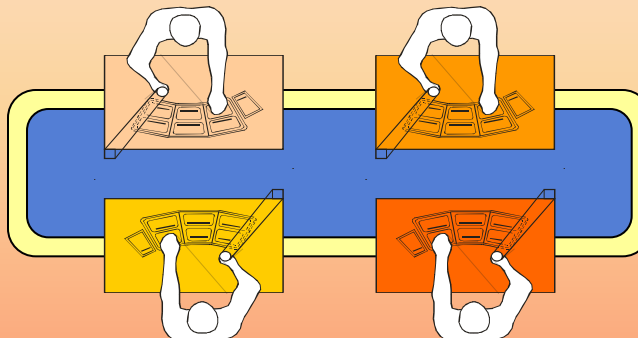


Budući da se na svakom mjestu osi vremena montaže izvodi druga montažna radnja, radna se mjesta razlikuju po potrebnoj opremi (četiri tipa radnih mjesta).

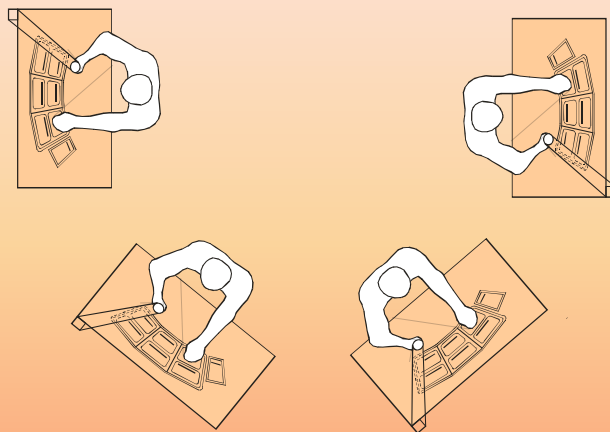
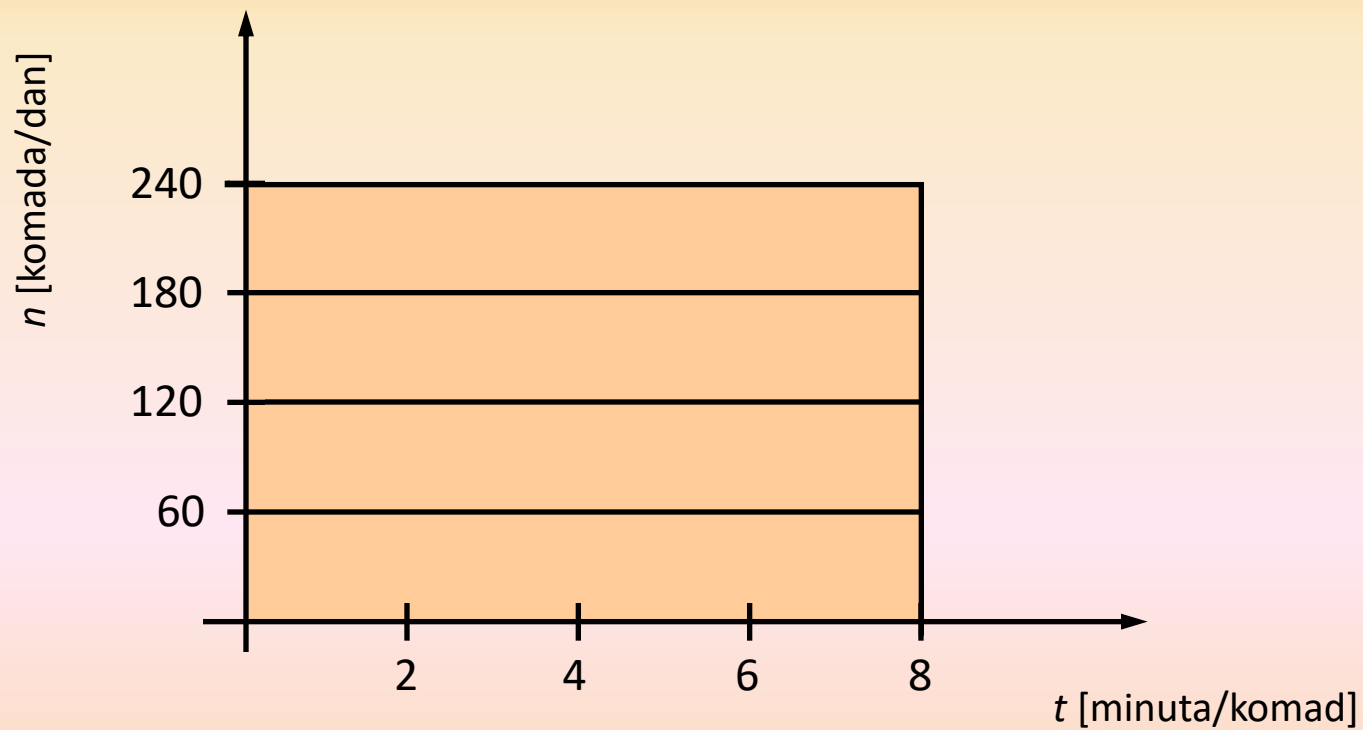
Raspored radnih mjesta u liniji

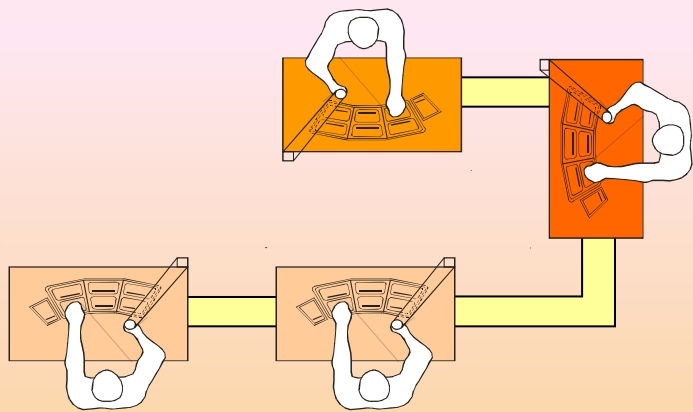
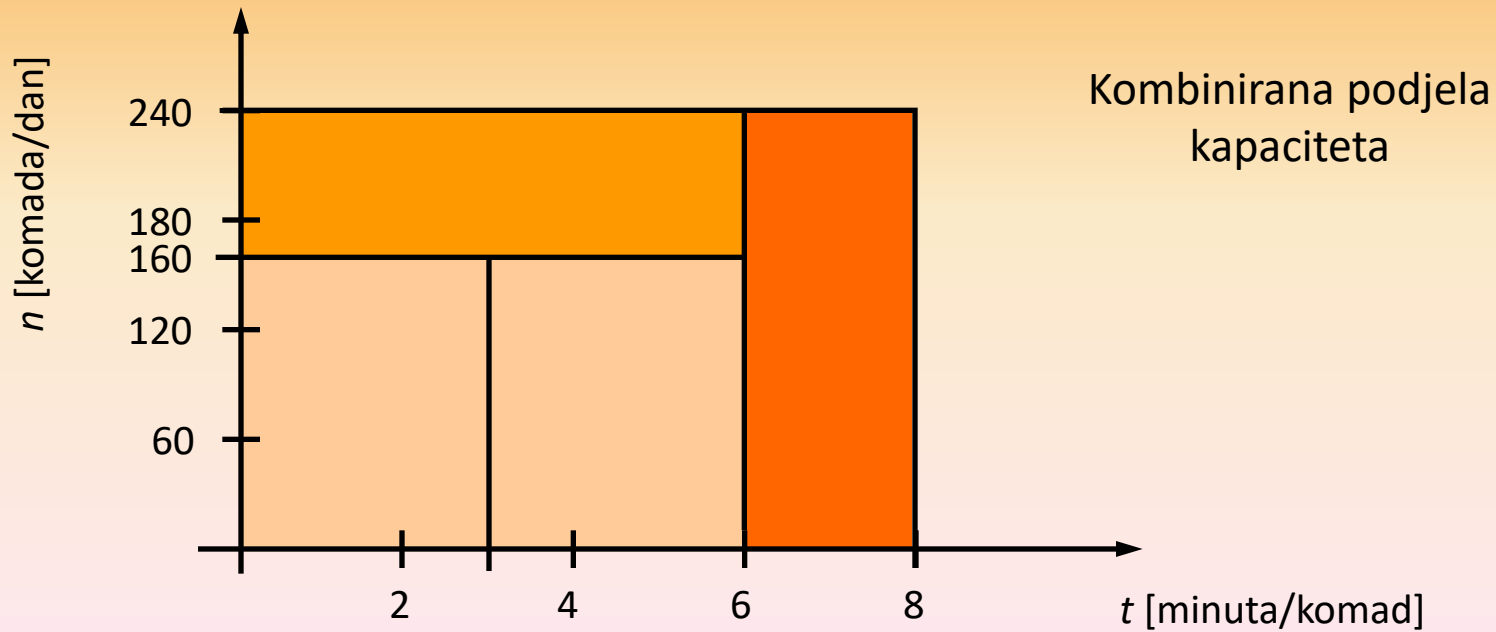


Raspored radnih mjesta u kružnome toku

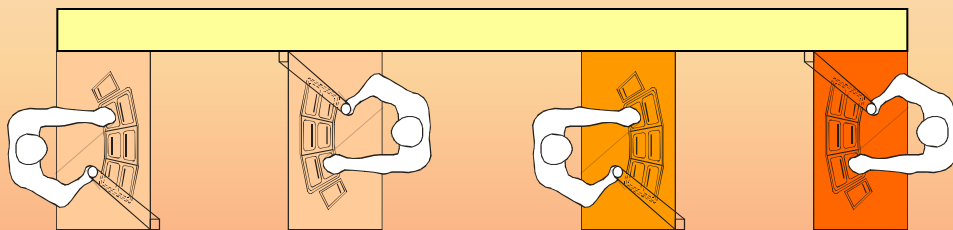


Na slici je prikazana podjela kapaciteta paralelno osi vremena montaže.





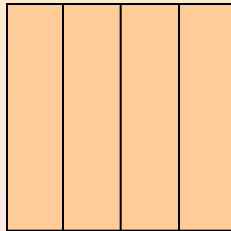
Raspored radnih mjesta u obliku slova L



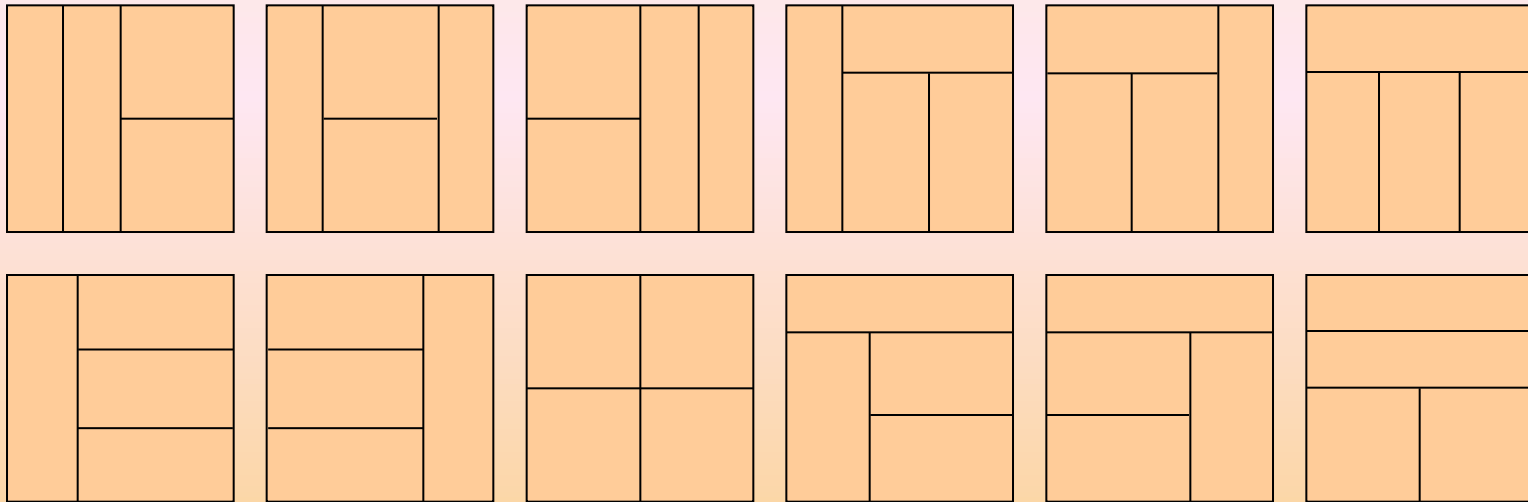
Linijski raspored radnih mjesta

Svi mogući oblici kombinirane podjele kapaciteta za četiri radna mjesta, uključujući i ekstreme.

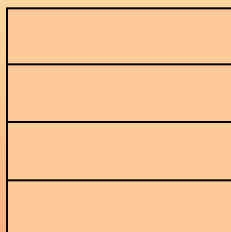
Podjela polja kapaciteta paralelna osi dnevnih količina



Kombinirana podjela kapaciteta



Podjela polja kapaciteta paralelna osi vremena montaže



Razrada montažnoga procesa rezultira dvama dokumentima:

- planom montaže (str. 35), i
- uputama za montažu, kontrolu i ispitivanje.

Plan montaže je osnovni dokument koji sadrži jednoznačan opis procesa montaže i sve potrebne informacije za njegovo izvođenje i kontrolu.

Izrađuje se za svaki sklop i završnu montažu proizvoda.

Funkcija mu je *tehničko* i *organizacijsko* definiranje procesa montaže.

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 i slično).

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

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

Proces montaže se u planu montaže opisuje tekstualno bez grafičkih prikaza.

Ako je potrebno pojedine elemente rada detaljnije i potpunije opisati, rabi se poseban dokument – **Upute za montažu, kontrolu i ispitivanje**.

Uputom se objašnjava i opisuje način i tijek izvođenja elemenata rada, a može sadržavati tehničke uvjete, tehnološke parametre i grafičke prikaze.

Postojanje upute se navodi u planu montaže u stupcu "Opis elemenata rada".

Koristi se za:

- detaljni opis montažnog procesa u masovnoj i velikoserijskoj proizvodnji,
- prikaz složenih elemenata rada/operacija, u slučajevima kada se želi osigurati visoka kakvoća objekta montaže, zadovoljiti propise zaštite na radu, izbjeći pojavu škarta ili prekoračenja rokova realizacije proizvoda na tržištu.

ORGANIZACIJSKE STRUKTURE I SUSTAVI U RUČNOJ MONTAŽI

U ručnoj se montaži koristi niz organizacijskih struktura u različitim izvedbama.

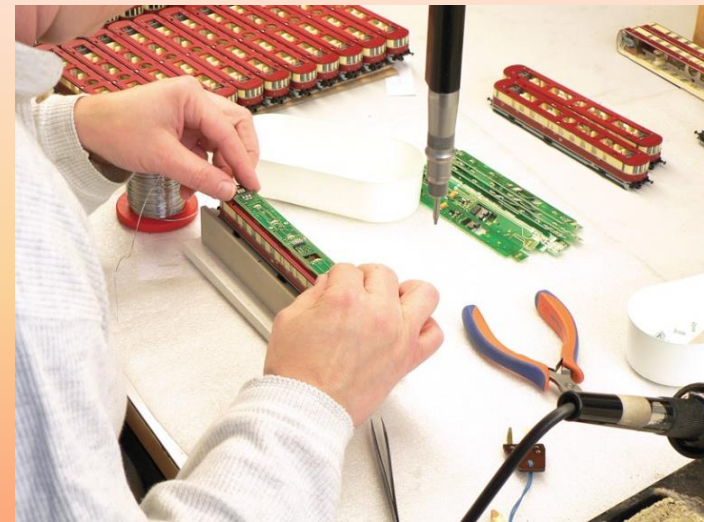
One se dadu grupirati prema sljedećim načelima:

- količini gibanja:

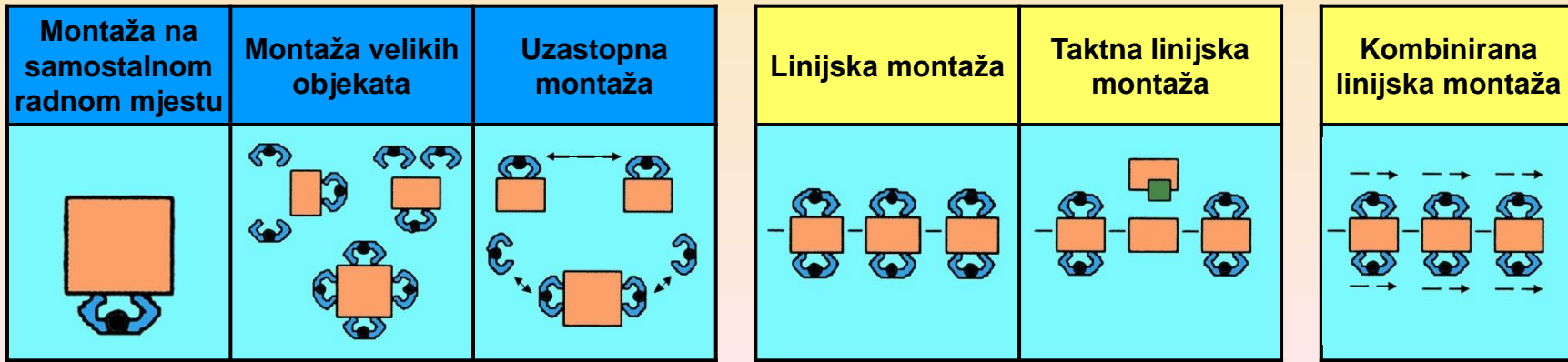
- ❑ ugradbenih elemenata (objekata montaže) – nepokretni/pokretni,
- ❑ radnih mjesta – nepokretna/pokretna; i

- parametrima gibanja:

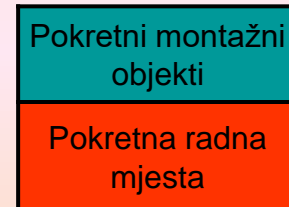
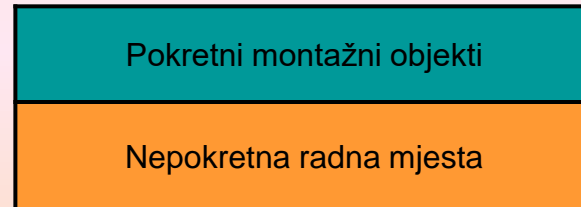
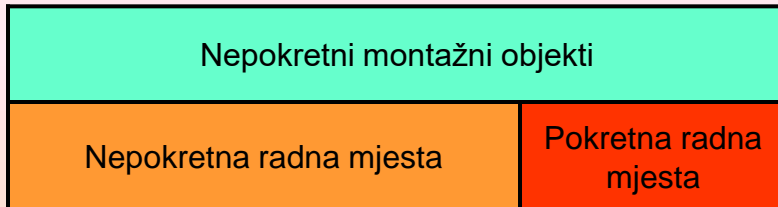
- ❑ toku gibanja – periodično/aperiodično, i
- ❑ načinu gibanja – usmjereno/neusmjereno.



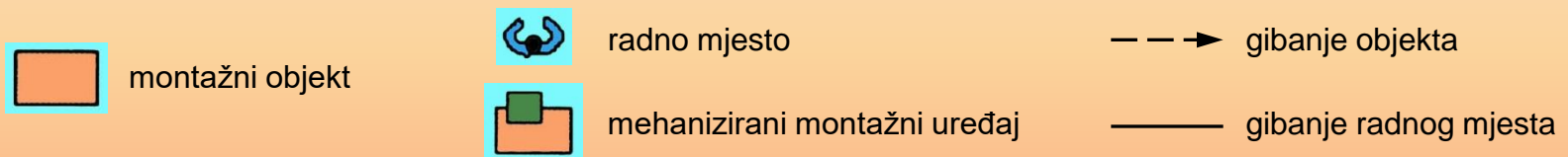
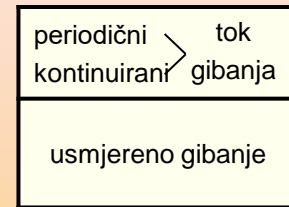
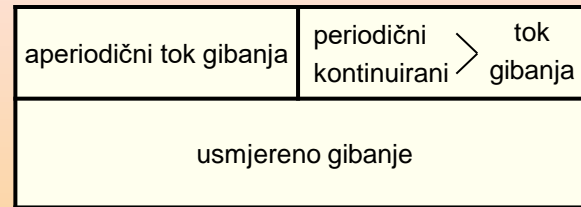
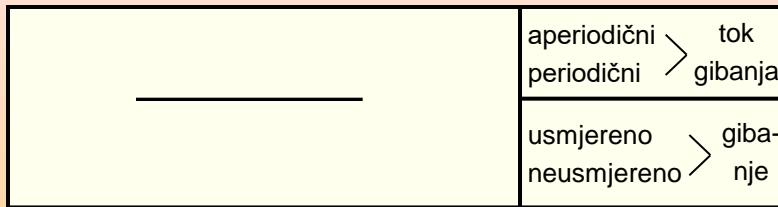
NAČELNE IZVEDBE MONTAŽE



količina gibanja



parametar gibanja



Strukture, određene prema tome **jesu li radna mjesta ili objekti montaže pokretni/pomični ili nepokretni/nepomični**, jesu:

1. **samostalno radno mjesto,**
2. **montaža velikih objekata,**
3. **pokretna radna mjesta i nepokretni objekti montaže,**
4. **linijska montaža,**
5. **pomična radna mjesta i pomični objekti sklapanja,**
6. **skupna (autonomna) montaža.**



1. Samostalno radno mjesto

Objekt montaže i radno mjesto su nepokretni.

Sklapanje objekta montaže odvija se na jednom radnom mjestu.

Struktura se koristi za objekte koji svojim dimenzijama, težinom, brojem ugradbenih elemenata i potrebnom opremom dopuštaju integrirano prostorno uređenje radnog mjesta.

Struktura se odlikuje visokom fleksibilnošću prema količinama i varijantama proizvoda, te ne postoji problem povezivanja radnih mjesta i poteškoće uzrokovane zastojsima i razlikama u proizvodnosti radnika.

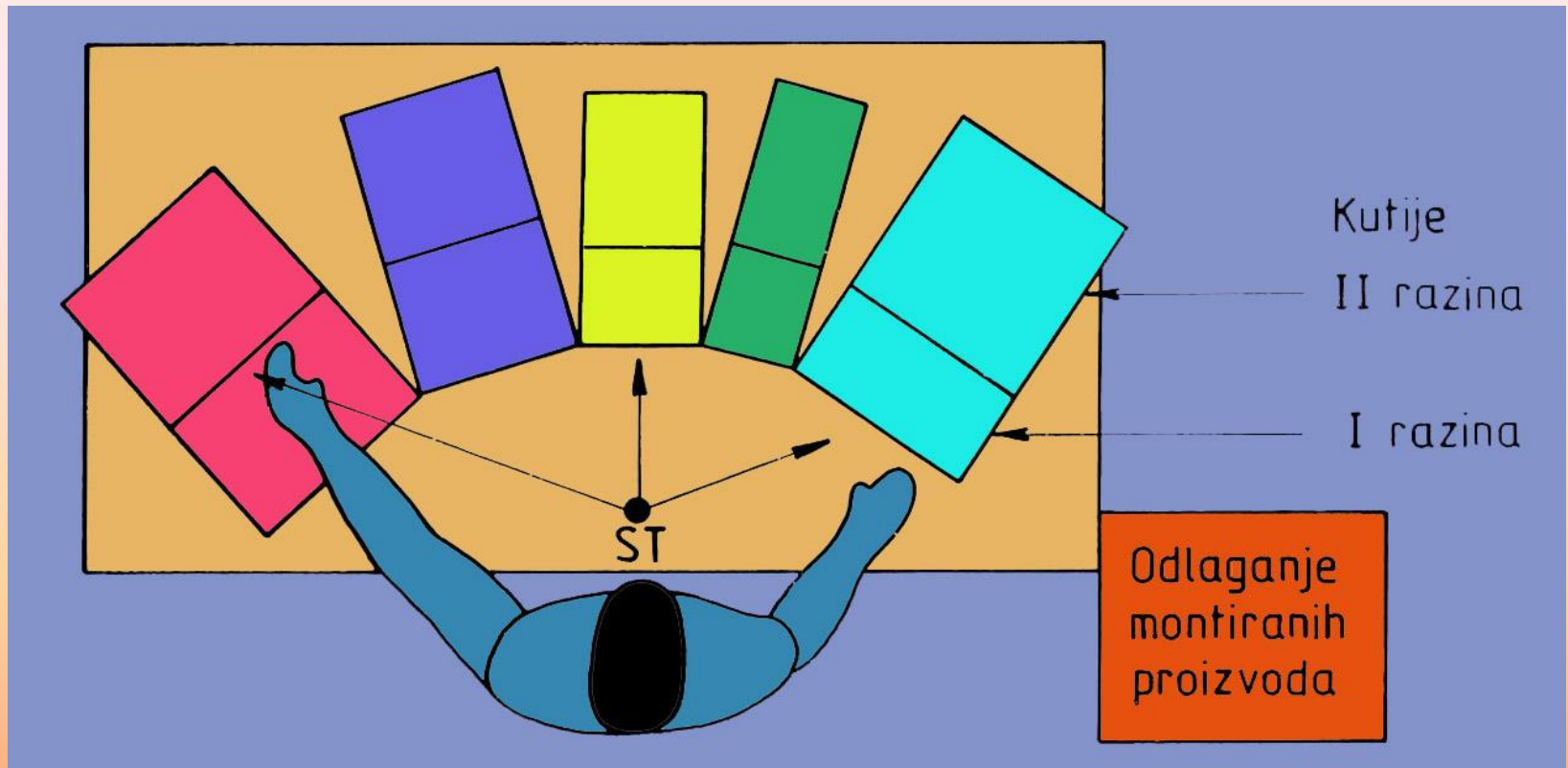
Bogatstvo sadržaja rada dopušta visoku radnikovu samostalnost u odlučivanju o tijeku i metodi rada, a uvid u krajnji rezultat rada, zadovoljstvo i motiviranost.

Radno vrijeme daje se oblikovati klizno.

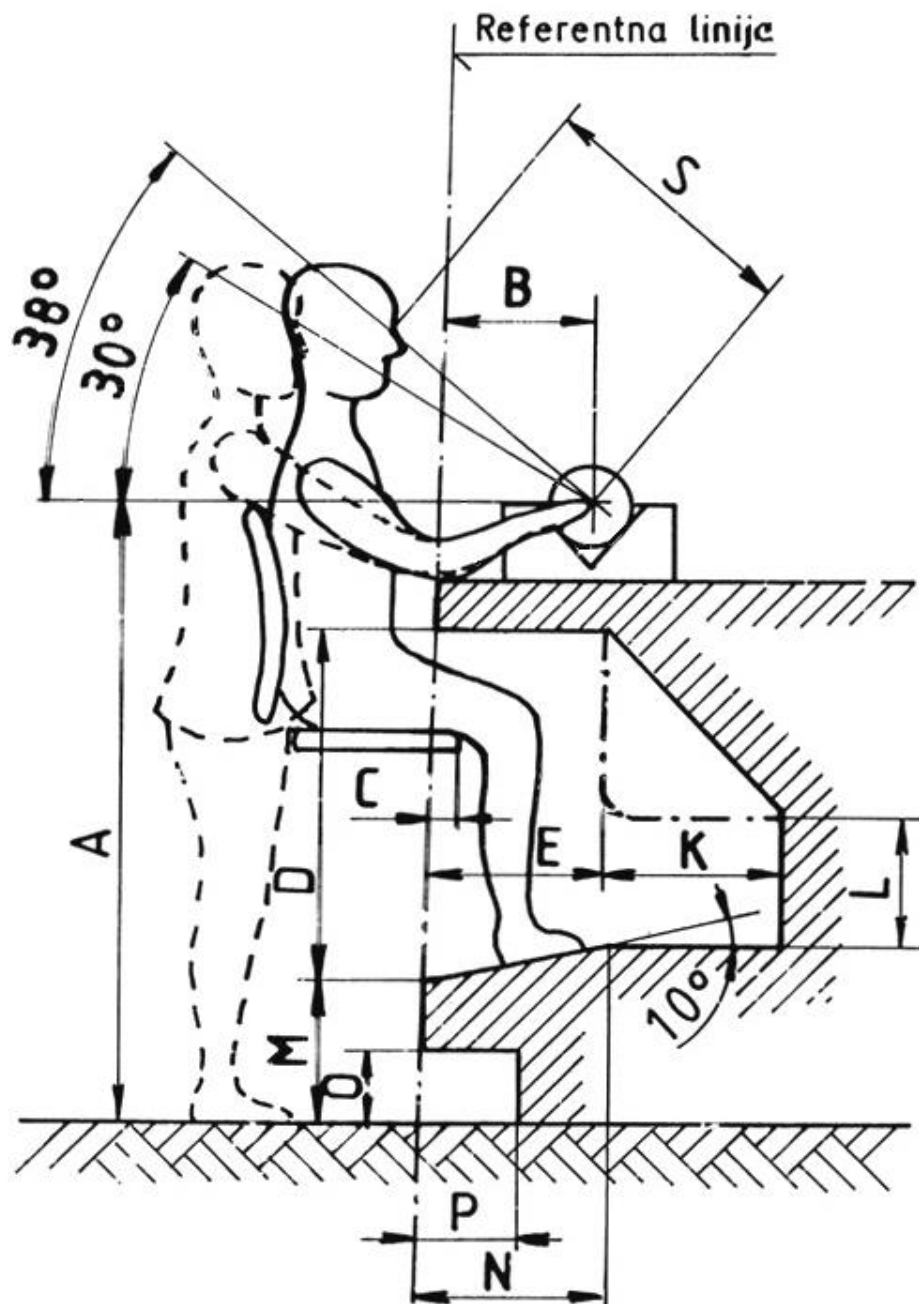
Struktura dopušta zapošljavanje osoba umanjениh tjelesnih sposobnosti.

Nedostaci se strukture ogledaju u:

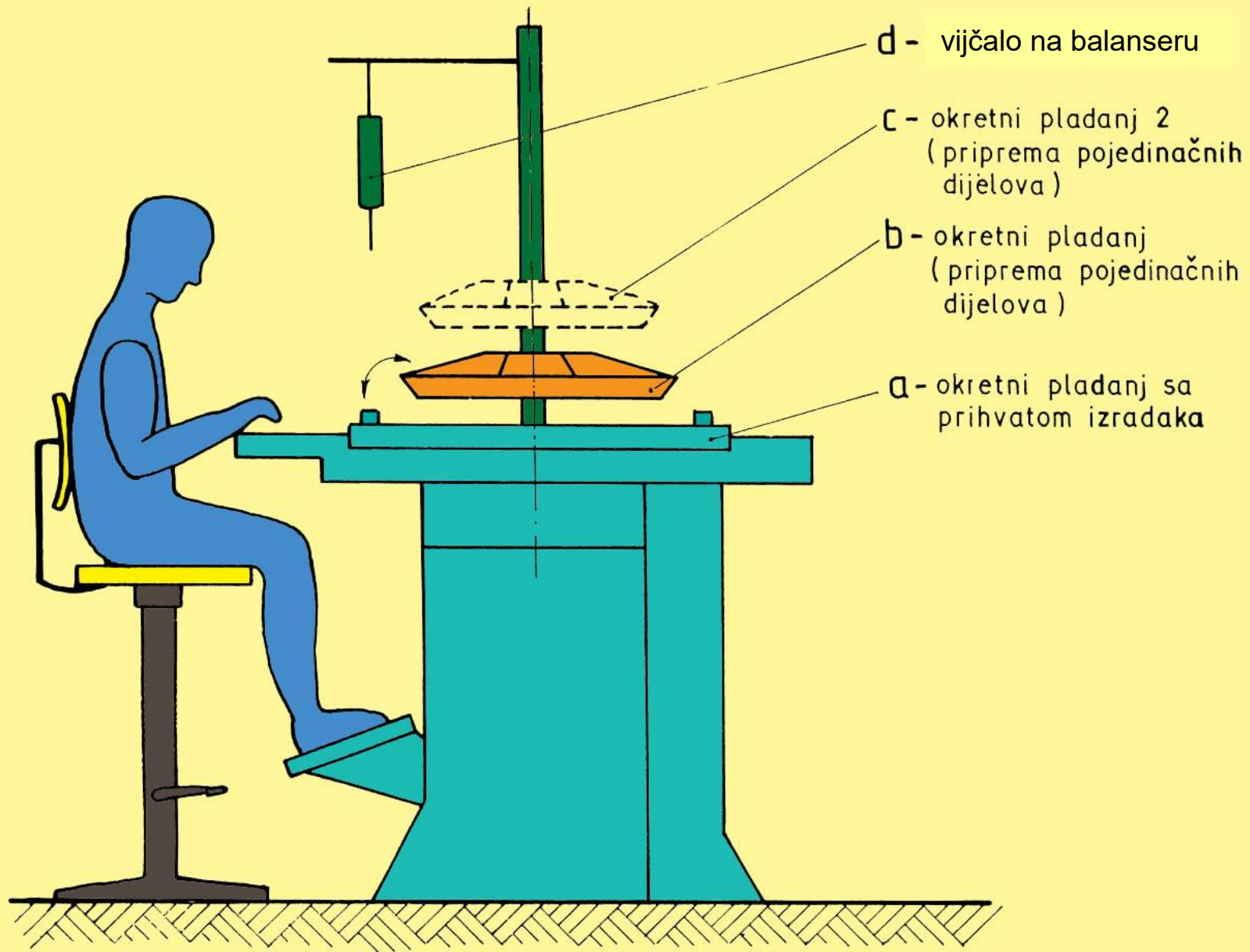
- povišenim investicijskim troškovima (udvajanje opreme u slučaju potrebe za više jednakih radnih mjesta),
- potrebi za višom kvalifikacijom radnika,
- otežanoj komunikaciji između radnika, i
- većim potrebnim prostorom.

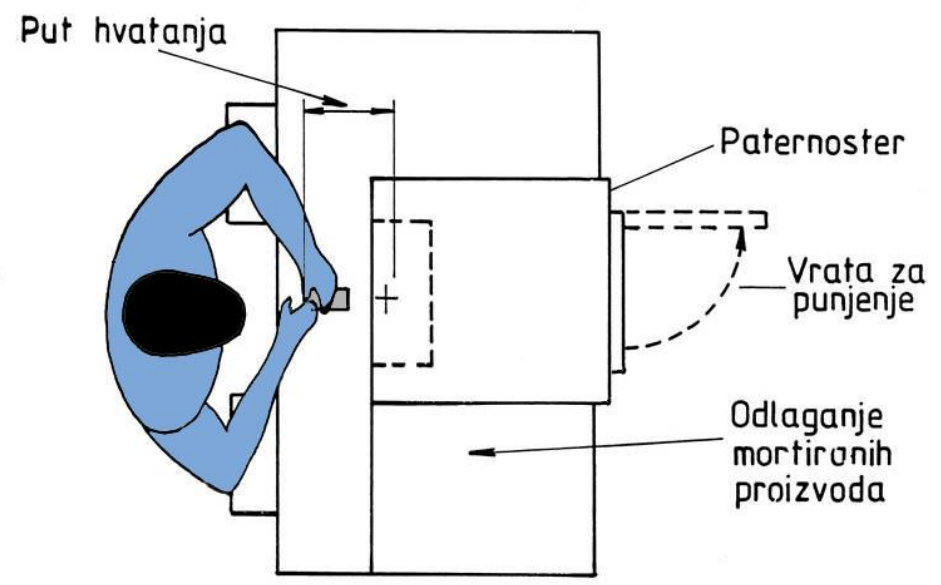
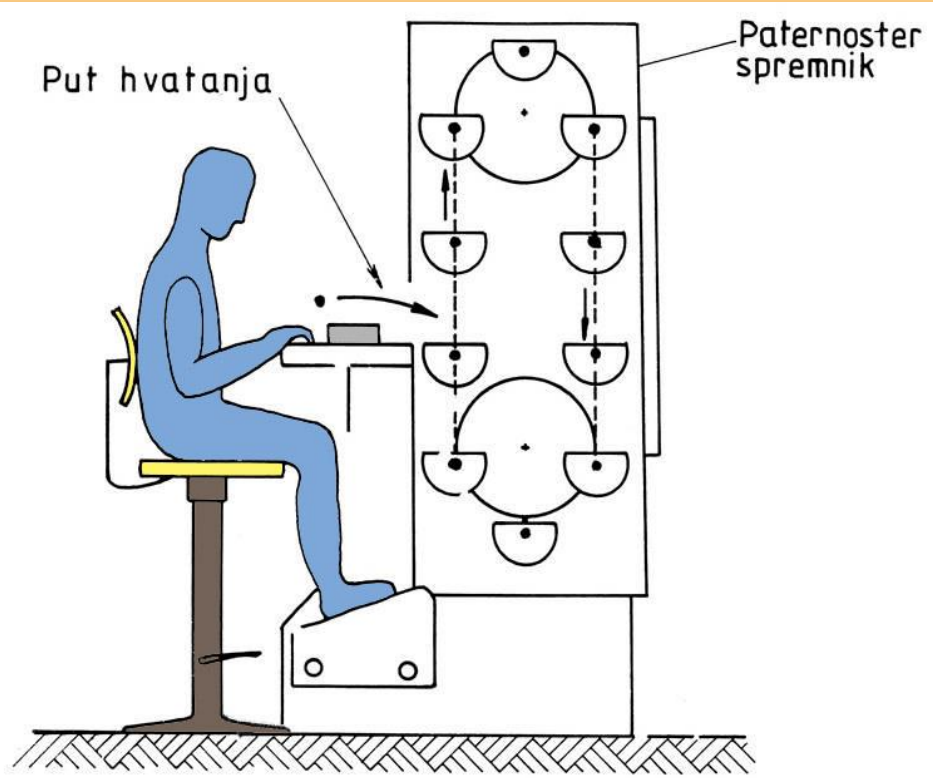






Oznaka	Mjere (mm)
Radna visina Fini rad Strojni rad Ručni rad	A 1275 1100 do 1200 1000
Položaj radnog komada Fini rad Strojni rad Ručni rad	B 200 300 maks. 325
Dubina uvlačenja sjededeće površine	C min. 50
Prostor za koljena	D min. 700 L min. 400
Prostor za ispružene noge	K min. 350 L min. 300
Podnožak	M 280 do 380 N min. 400
Prostor za stopalo	O min. 200 P min. 200
Udaljenost radni komad – korijen nosa Fini rad Strojni rad Ručni rad	S 280 270 450





2. Montaža velikih objekata

Montaža velikih objekata karakteristična je za pojedinačnu proizvodnju.

Objekt je sklapanja nepokretan, a montažu izvodi jedna ili više skupina radnika.

Prema vrsti proizvoda, strukture se uspostavljaju:

- na mjestu korištenja (velika postrojenja, npr. cementare),
- na mjestu proizvodnje i mjestu korištenja (brodski motor: montaža-ispitivanje-demontaža-transport-montaža), te
- na mjestu proizvodnje (brod).

Sklapanje se svaki puta odvija pod drugačijim prostornim uvjetima i u redoslijedu koji zavisi od slobode građenja.

Zbog isprepletenosti i međuzavisnosti različitih zadataka javljaju se poteškoće sinkronizacije aktivnosti i osiguranja kontinuiteta izvođenja montaže.

Poteškoće mogu biti uzrokovane neiskustvom montera i susretom različitih sustava tolerancija (strojarstvo-građevinarstvo).

Zbog osobitosti i navedenih poteškoća, kod montaže velikih objekata poseban značaj ima planiranje i upravljanje procesom montaže.

Veličina objekta montaže dozvoljava usporedni rad, bez međusobnog ometanja.

Struktura je fleksibilna u pogledu proizvodnoga programa i kadrova.

Bogatstvo sadržaja rada dopušta visoku samostalnost radnika u odlučivanju o tijeku i metodi rada.

Za jednakomjerno kontinuirano iskorištenje kapaciteta (radnika i sredstava) potrebno je dugoročno planiranje i terminiranje.

Troškovi su transporta visoki.



3. Pokretna radna mjesta i nepokretni objekti montaže

Struktura je karakteristična za maloserijsku i serijsku proizvodnju.

Bazni dijelovi objekata na kojima će se odvijati montaža, i ugradbeni elementi za sklapanje, postavljaju se unaprijed, prije izvođenja sklapanja, budući da su bazni dijelovi nepogodni za pomicanje.

Pojedine montažne zadatke obavljaju radnik ili skupina radnika pomičući se od objekta do objekta.



The Boeing Everett
Factory - 777



The Boeing Everett
Factory - 747



Izvođenja zadataka može biti vremenski usklađeno tako da skupine imaju približno jednako raspoloživo vrijeme izvođenja, pa se skupine u jednolikim vremenskim intervalima smjenjuju na pojedinim objektima.

Ako vremena skupina nisu jednaka, za skupine s kraćim vremenom treba definirati alternativni posao, ili, ako je moguće, prelaze na idući (iduće) objekte.

Struktura posjeduje fleksibilnost prema proizvodnom programu, količinama i osoblju.

Nedostaci su strukture:

- ❑ rastrošnost pripreme radnih mjesta,
- ❑ velik potreban prostor,
- ❑ radnici moraju nositi sredstva rada od objekta do objekta,
- ❑ poteškoće pri pojavljivanju zastoja.

Tvornica Čkalov, Novosibirsk



4. Linijska montaža

Struktura se koristi u serijskoj, velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji.

Proizvodi (bazni dijelovi) su takvi da se dadu pomicati od radnog mjesta do radnog mjesta.

Radna su mjesta raspoređena sukladno visoko izvedenoj podjeli rada i slijedu montaže, a povezana transportnim sustavom.

Linije se izvode s taktom ili bez njega.

Između radnih mjesta oblikuju se spremnici za ublažavanje vremenske ovisnosti (takta).



Ford



R. Končar

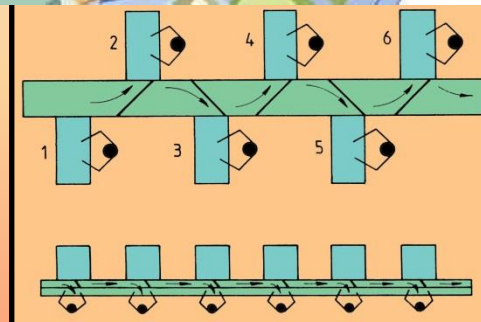
Linijskom montažom postiže se visoka proizvodnost i kratak ciklus proizvodnje.

Potpuno definiranim i malenim sadržajem rada na radnim mjestima stvaraju se uvjeti za automatizaciju procesa.

Vrijeme obuke kadrova je kratko, a zahtijevana kvalifikacija niska.

Nedostaci su strukture:

- velika osjetljivost na zastoje,
- malena fleksibilnost (prema proizvodnom programu, kadrovima i količinama),
- monotonija.



5. Pomična radna mjesta i pomični objekti sklapanja

Struktura posjeduje prednosti linijske strukture (visoka proizvodnost i kratak ciklus proizvodnje), uz istodobno obogaćenje rada i fleksibilnost prema varijantama proizvoda i količinama.

Koristi se u serijskoj i velikoserijskoj proizvodnji.

Radnik obavlja (ponekad cjelokupnu) montažu objekta, krećući se zajedno s objektom sklapanja.

Potrebne kvalifikacije su više, a obuka dulja no u linijskoj strukturi.





Boeing 777 Jetliners, od 2006. godine
linija za završnu montažu, pomak 40,6 mm/minuta

<https://www.assemblymag.com/articles/92790-assembly-automation-takes-off-in-aerospace-industry>

6. Montaža u relativno autonomnim skupinama

Volvo (od 70-ih godina 20. stoljeća)

Njome se polučuju prednosti linijske strukture (visoka proizvodnost) i fleksibilnost samostalnog radnog mjesta.

Postavka je da međuljudski odnosi unutar skupine, tj. način na koji su odnosi oblikovani, značajno utječu na učinkovitost izvođenja sklapanja.

U skupnoj montaži grupa radnika obavlja dio ukupno predviđenoga rada ili pak potpunu montažu proizvoda.

Pri tome se na radnu grupu prenose, uz montažne zadatke, i druge djelatnosti i odgovornosti, kao što su snabdijevanje dijelovima, kontrola kakvoće, otklanjanje zastoja, održavanje itd.

Radnici mogu međusobno dogovarati, poticati i organizirati rad. Tako dobivaju više autonomije, odgovornosti i kontrole nad vlastitim radom, što se pozitivno odražava na povećanje motivacije, fleksibilnosti i proizvodnosti.

Poremećaji u radu ne utječu bitno na odvijanje cijeloga procesa, budući da preraspodjelom poslova radnici brzo prilagođuju proces nastalim promjenama i tako osiguravaju njegovu stalnost.

RUČNI MONTAŽNI SUSTAVI I NOSAČI PREDMETA RADA

Naredna slika prikazuje oblike montažnih sustava s ručnim radnim mjestima. Oblici se razlikuju i po tome transportira li se objekt montaže od radnog mjesta do radnog mjesta sa ili bez nosača predmeta rada (NPR).

Nosač predmeta rada potreban je ako osnovni dio proizvoda ne posjeduje stabilnu podlogu ili ako se u toku transporta očekuju smetnje.

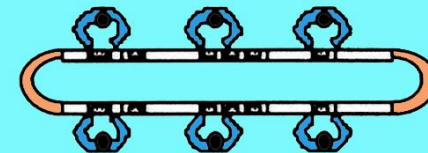
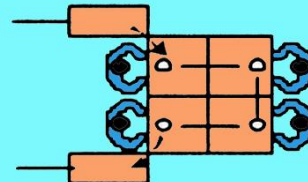
Prednost primjene NPR je definirana orijentacija i pozicija objekta montaže.

Ručni sustavi BEZ AUTOMATIZIRANOG KRETANJA PREDMETA RADA

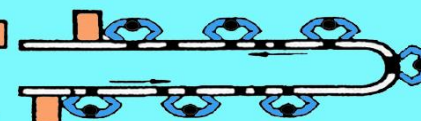
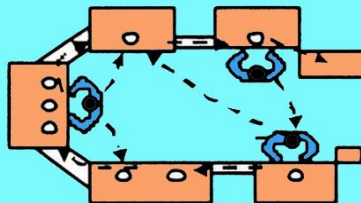
Bez nosača predmeta rada

S nosačem predmeta rada

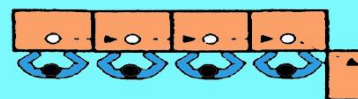
Pravokutan oblik



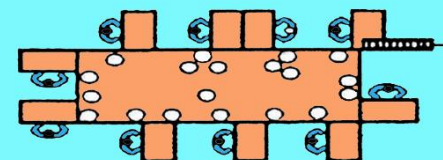
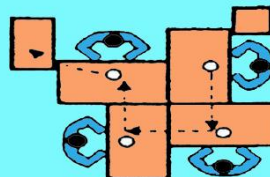
U-oblik



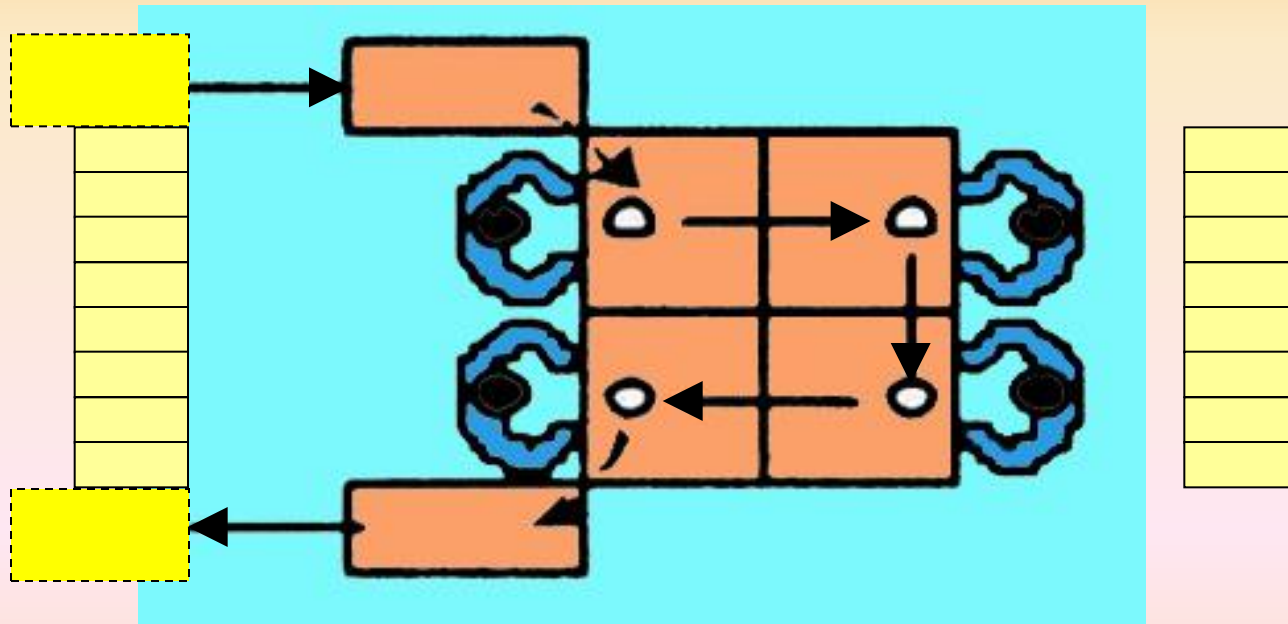
Linija



Posebni oblici

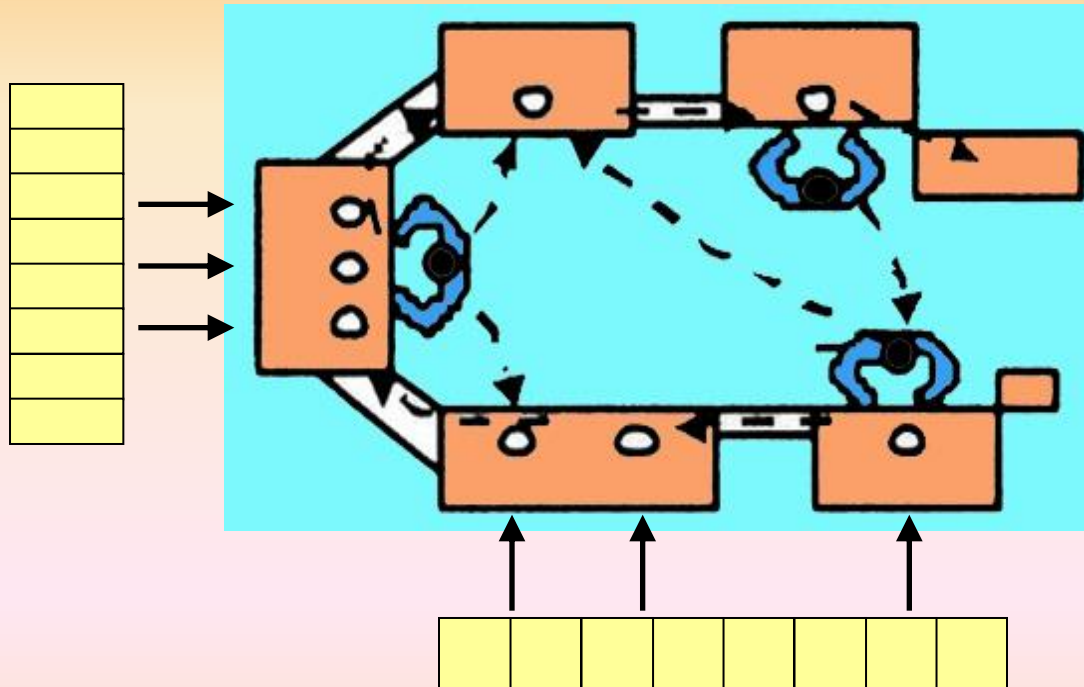


PRAVOKUTAN OBLIK



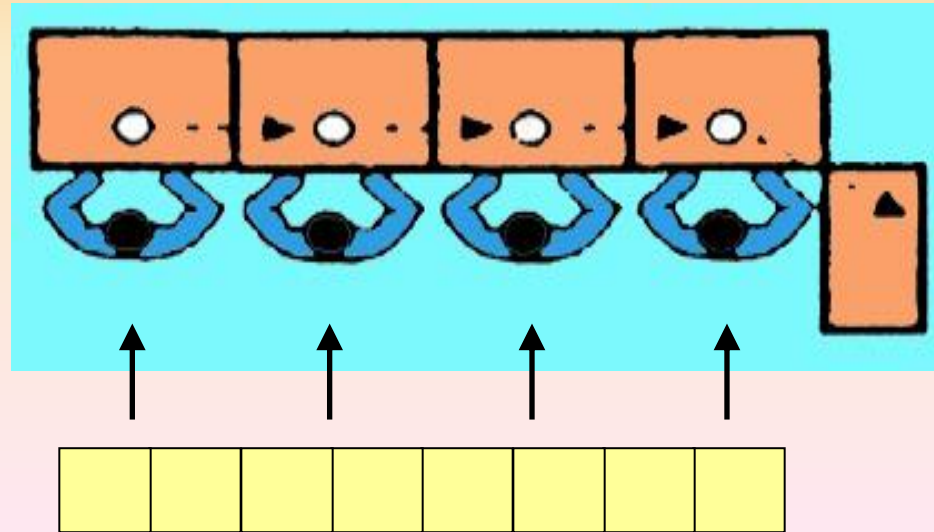
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ nije potreban NPR □ ručni transport objekata montaže između radnih mjesta □ moguća je <i>priprema dijelova sa svih strana</i> 	<ul style="list-style-type: none"> □ <i>podobnost za grupni rad (sa/bez promjene radnih mjesta)</i> □ dobar vidni kontakt i dobre mogućnosti za komunikaciju □ mali investicijski troškovi za sustav načinjen od standardnih elemenata 	<ul style="list-style-type: none"> □ otežana je <i>pristupačnost</i> kod promjene i dostave kutija <i>u unutrašnjem području stola</i> □ <i>mali međuspremnik ili bez međuspremnika između radnih mjesta</i>

U-OBLIK



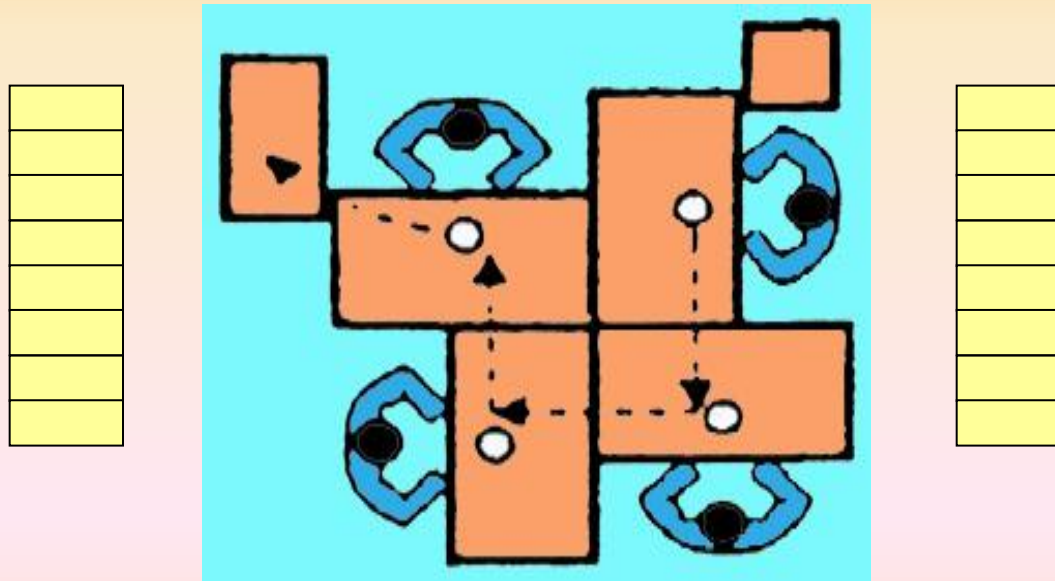
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ transport objekta montaže između radnih mjesta izvodi se ručno (bez NPR) □ nužna promjena radnih mjesta kada postoji više radnih mjesta nego radnika □ struktura je posebno prikladna za sadržaj rada po radnom mjestu ne dulji od 1,5 minuta i do šest radnika 	<ul style="list-style-type: none"> □ podobnost za grupni rad (sa promjenom radnih mjesta) □ kratak put od radnog mjesta do radnog mjesta i kratko vrijeme reakcija kod smetnji u sustavu □ mali investicijski troškovi za sustav načinjen od standardnih elemenata 	<ul style="list-style-type: none"> □ veće tjelesno opterećenje zbog hodanja od radnog mjesta ka radnom mjestu (posebno kada je objekt montaže teži od 5 kg) □ ne postoji direktan vidni kontakt s drugim radnicima □ brže zamaranje radnika ako su taktno vrijeme ili ritam izmjene radnih mjesta kraći od 1,5 minuta

LINIJA



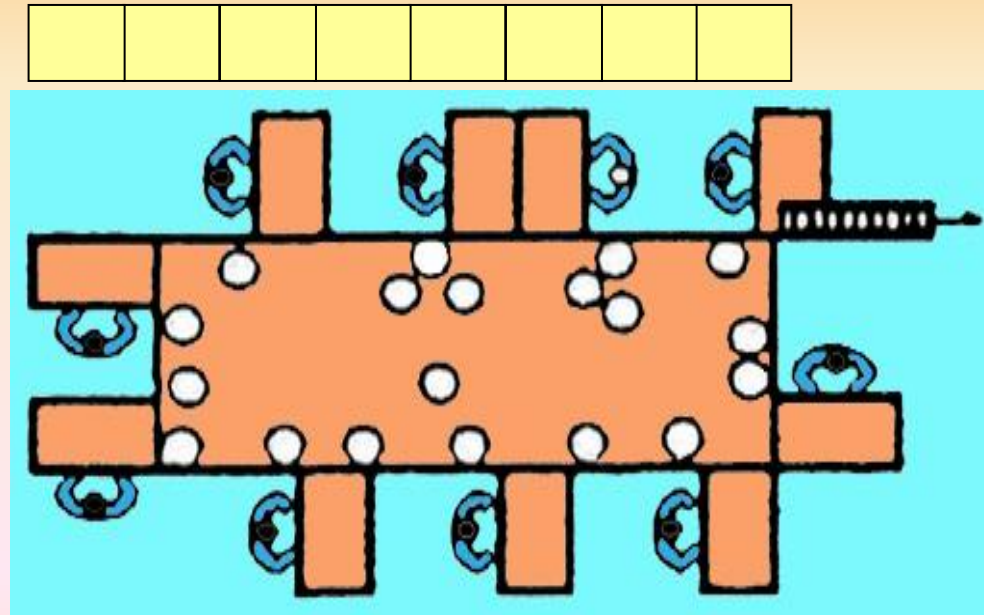
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> ❑ raspored radnih mjesta po redoslijedu odvijanja operacija ❑ ručno transportiranje objekta montaže klizanjem bez NPR ili preko tračnica s NPR ❑ priprema dijelova na jednoj strani uzduž linije 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ mala površina ❑ jednostavna struktura od standardnih elemenata ❑ mogu se realizirati sjedeća/stojeća radna mjesta 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ nije prikladna za grupni rad ❑ ne postoji direktan vidni kontakt s drugim radnicima ❑ nefleksibilna ❑ osjetljiva na zastoje ❑ uzrokuje monotoniju kod radnika

POSEBAN OBLIK, varijanta I



OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> ❑ križni raspored radnih mjesta kao nezavisnih, samostalnih ili grupnih radnih mjesta ❑ moguća je <i>priprema dijelova sa svih strana</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ dobar vidni kontakt i dobre mogućnosti komunikacija ❑ jednostavna struktura od standardnih elemenata ❑ male investicije za osnovni sustav 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ sustav je prikladan samo za grupu od četiri radnika

POSEBAN OBLIK, varijanta II



OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> ❑ stol služi kao sustav za raspodjelu objekata montaže i kao spremnik između radnih mjesta ❑ prikladan je za <i>maloserijsku</i> montažu <i>različitih tipova proizvoda</i> ❑ ručno postavljanje NPR na početku i na kraju stola ❑ <i>povratan tok NPR ispod stola</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ dobre mogućnosti za grupni rad ❑ nije potrebno ujednačavanje vremena po radnim mjestima ❑ moguća je istovremena montaža dva različita tipa, odnosno varijante proizvoda ❑ dobar vidni kontakt i komunikacija 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ kod velikog broja NPR opasnost od nepreglednosti i "blokada" ❑ potrebna velika površina za smještaj stola (u odnosu na U-oblik) ❑ ručno postavljanje NPR na početku i na kraju stola

HIBRIDNI MONTAŽNI SUSTAVI

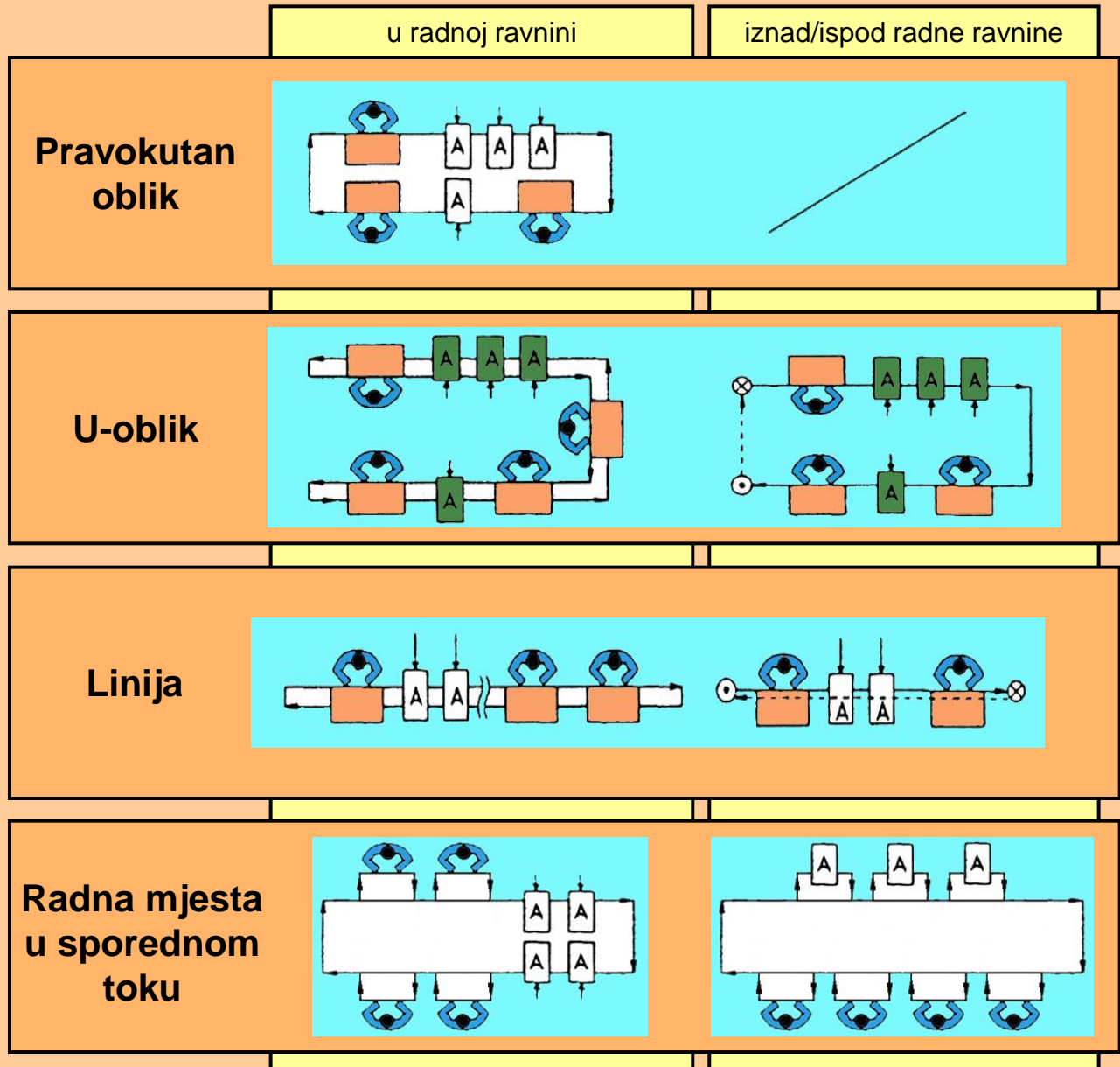
Situacija miješanih – ručnih i automatskih stanica, u sustavu montaže.

(U tvornici BMW-a u Muenchenu, 2016. godine, montaža motora je 15 % automatizirana, 3000 motora dnevno.)

Na sljedećoj slici prikazana su četiri osnovna oblika montažnih sustava kod kojih nosač predmeta rada (NPR) uvijek služi kao pomoćno transportno sredstvo.

Transportom objekta montaže na NPR nestaju neproduktivna pomoćna vremena za centriranje i fiksiranje objekta montaže.

Hibridni sustavi S AUTOMATSKIM TOKOM PREDMETA RADA

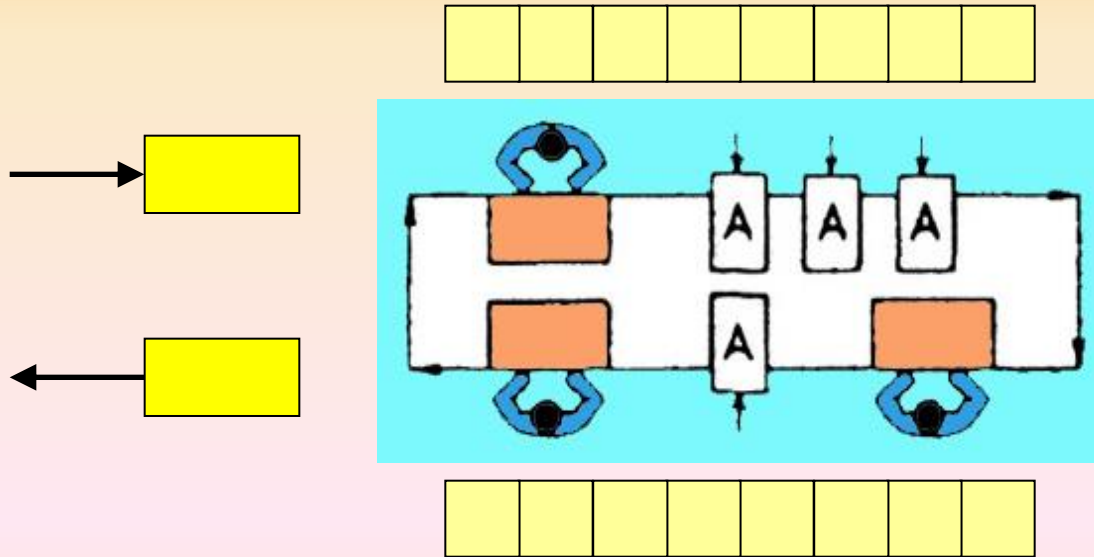


A = automatska stanica

⊙ = stanica za podizanje

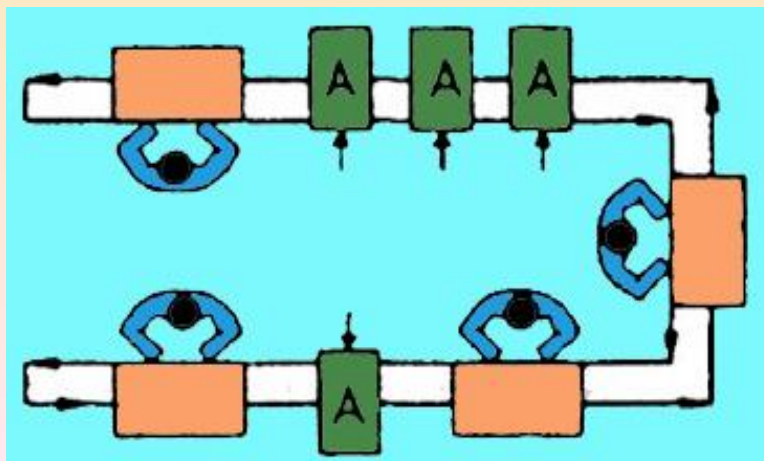
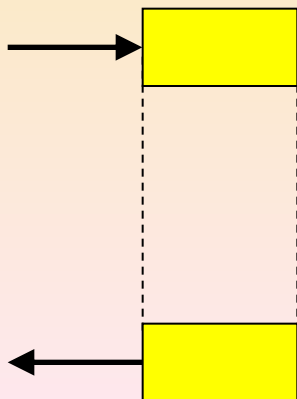
⊗ = stanica za spuštanje

PRAVOKUTAN OBLIK



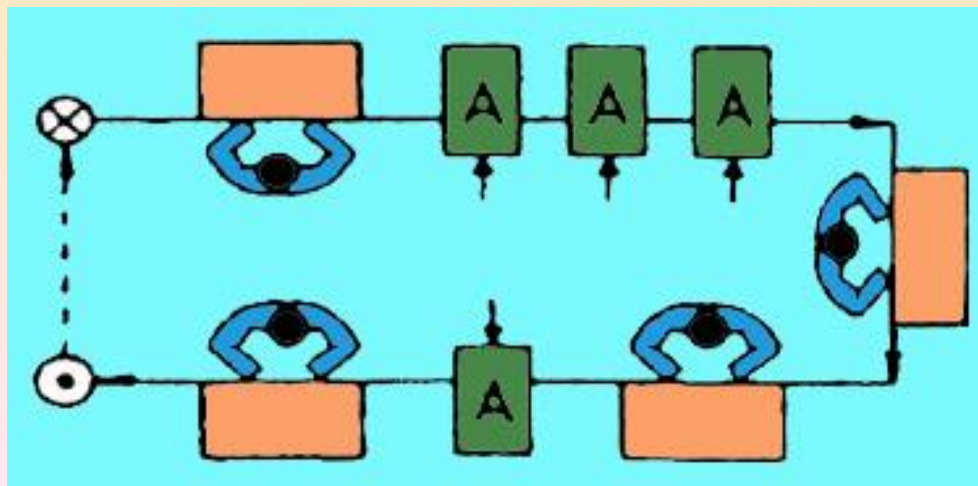
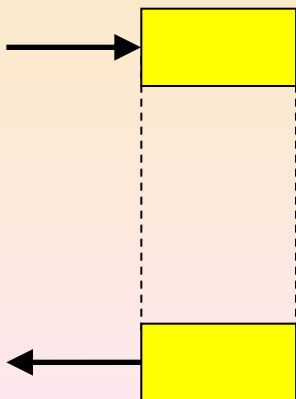
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> ❑ ručna radna mjesta i automatske stanice u glavnome toku na obje strane sustava kruženja NPR ❑ direktna dostava materijala s obje strane radnih mjesta i stanica, ili centralna dostava i otprema na čelnoj strani sustava 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ manje investicije za sustav kruženja NPR-a u usporedbi s U-oblikom i linijskim rasporedom ❑ manja potrebna površina ❑ pogodnost za grupni rad ❑ dobar vidni kontakt i komunikacija kod nasuprotno ležećih ručnih radnih mjesta ❑ povratni tok NPR-a je kratak 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ ograničena pristupačnost unutrašnjeg područja sustava, naročito kod automatskih stanica (u slučaju popravka)

U-OBLIK NPR u radnoj ravnini



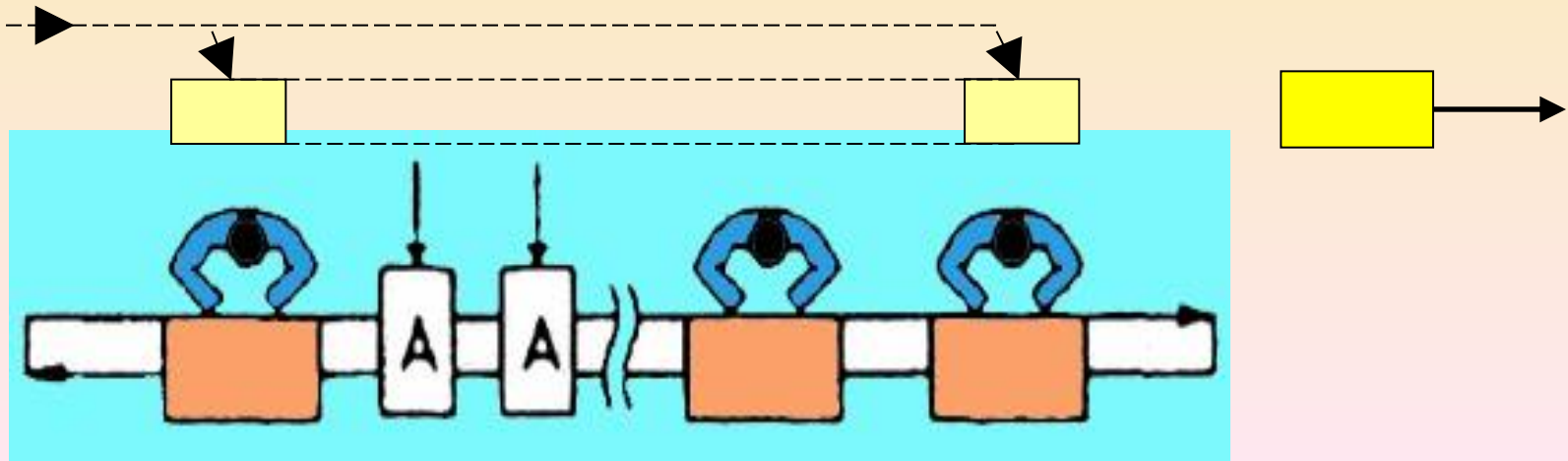
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ ručna radna mjesta i posluživanje automatskih stanica je u unutrašnjem području sustava kruženja NPR □ centralna doprema i otprema na čelnoj strani sustava □ kružno kretanje NPR-a u radnoj ravnini 	<ul style="list-style-type: none"> □ pogodnost za grupni rad sa promjenom radnih mjesta (npr. više radnih mjesta nego radnika) □ dobra preglednost □ kratko vrijeme reakcija kod smetnji u sustavu 	<ul style="list-style-type: none"> □ veće investicije za sustav kruženja NPR u odnosu na pravokutan oblik □ <i>veći broj NPR u usporedbi sa pravokutnim oblikom</i> □ nepovoljna priprema dijelova na radnim mjestima u usporedbi s pravokutnim, odnosno linijskim sustavom posebno kod <i>velikih dijelova</i>

U-OBLIK povratan tok NPR iznad radne ravnine



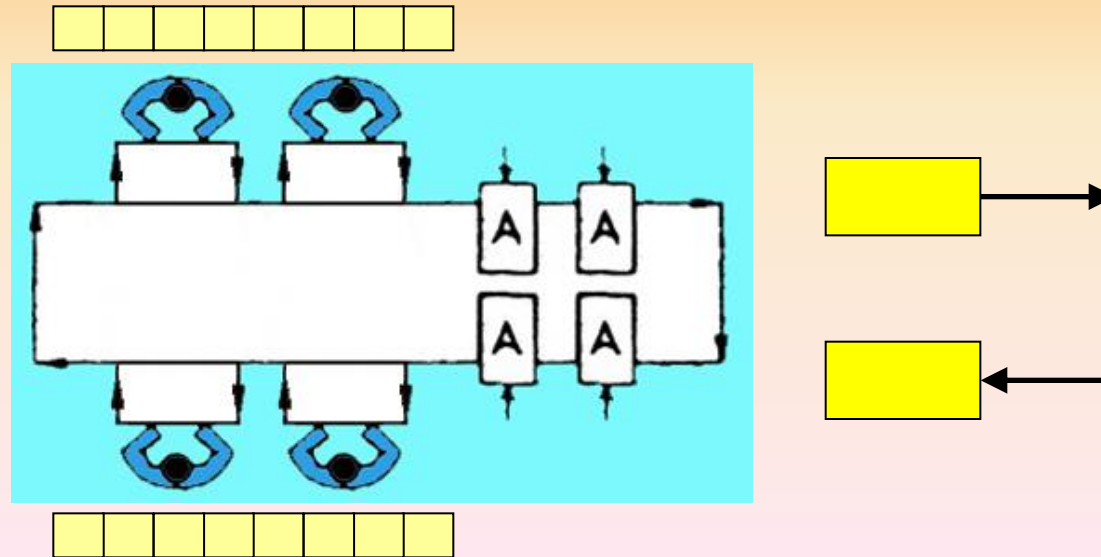
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ ručna radna mjesta i posluživanje automatskih stanica je u unutrašnjem području sustava kruženja NPR □ centralna doprema i otprema na čelnoj strani sustava □ povratan tok NPR iznad radne ravnine s dizalom 	<ul style="list-style-type: none"> □ pogodnost za grupni rad s promjenom radnih mjesta (npr. više radnih mjesta nego radnika) □ dobra preglednost □ kratko vrijeme reakcija kod smetnji u sustavu □ manji broj NPR u usporedbi s povratnim tokom NPR-a u radnoj ravnini 	<ul style="list-style-type: none"> □ veće investicije za sustav kruženja NPR-a zbog skupljeg uređaja za podizanje NPR-a u usporedbi s povratnim tokom NPR-a u radnoj ravnini □ ograničeno korištenje transportnog sustava u kutnim područjima

LINIJA



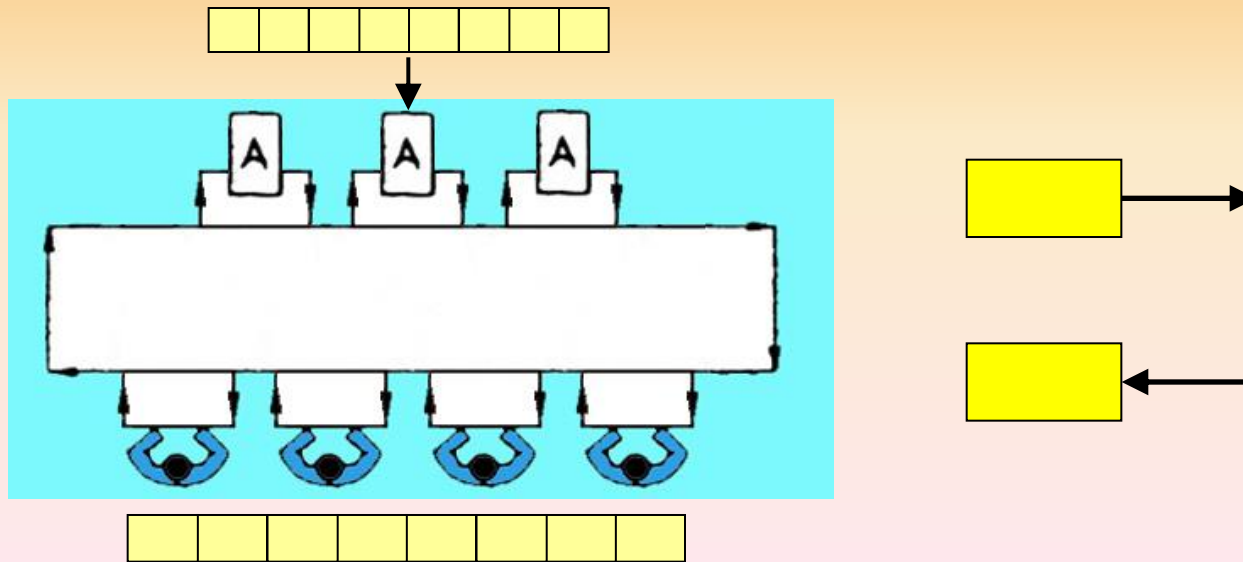
OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ ručna radna mjesta i automatske stanice raspoređeni na samo jednoj strani transportnog sustava □ kretanje NPR u radnoj ravnini (mogućnosti: ispod ili iznad radne ravnine) □ direktna dostava materijala na strani ručnih radnih mjesta i automatskih stanica 	<ul style="list-style-type: none"> □ manje investicije za transportni sustav u usporedbi s U-oblikom □ manja potrebna površina u usporedbi s U-oblikom □ doprema i priprema dijelova direktno na radna mjesta i stanice (posebno veliki dijelovi) □ dobra pristupačnost automatskim stanicama 	<ul style="list-style-type: none"> □ nije prikladna za grupni rad s promjenom radnih mjesta □ slaba, odnosno, ne postoji komunikacija između ručnih radnih mjesta na početku i na kraju linije (posebno ako je linija dulja od 10 metara) □ ograničene mogućnosti za korištenje NPR-a u povratnom toku

SPOREDAN TOK, varijanta I



OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<p>□ sustav je pravokutnog oblika ali je raspored ručnih radnih mjesta u sporednom toku</p> <p>Razlozi za sporedni tok jesu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>sadržaj rada po radnim mjestima traje dulje od takta automatskih stanica, i</i> - <i>postupna izgradnja sustava kod povećanja broja komada u duljem vremenskom razdoblju bez preoblikovanja postojećih radnih mjesta.</i> <p>□ moguće je odvajanje ručnog područja od automatskog područja uspostavom spremnika</p>	<p>Smanjeni:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ međusobna ovisnost kod odstupanja produktivnosti □ troškovi izjednačenja vremena izvođenja (postizanja takta) jednakomjernim opterećenjem (veći sadržaj rada kod paralelnih mjesta) □ izgubljeno vrijeme kod prilagodbi sustava. 	<ul style="list-style-type: none"> □ potrebno je kodiranje NPR-a □ veće su investicije za NPR sustav u usporedbi s pravokutnim oblikom i linijom

SPOREDAN TOK, varijanta II



OBILJEŽJA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> □ kao varijanta I, s time da su i automatske stanice raspoređene u sporednom toku □ automatske stanice mogu se dodatno postaviti i u glavni tok (nije prikazano) □ ovakav raspored <i>dopušta potpunu montažu proizvoda na svakom ručnom radnom mjestu</i> □ svaki radnik je odgovoran za kvalitetu svojega proizvoda □ NPR se s radnog mjesta transportira na automatske stanice i nakon što uslijedi automatsko sklapanje i ispitivanje, vraća se na dotično ručno radno mjesto 	<p>Smanjeni:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ međusobna ovisnost kod odstupanja produktivnosti □ troškovi izjednačenja vremena izvođenja (postizanja takta) jednakomjernim opterećenjem (veći sadržaj rada kod paralelnih mjesta) □ izgubljeno vrijeme kod prilagodbi sustava. <p><i>Moguća je paralelna montaža različitih tipova i varijanti proizvoda.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> □ potrebno je kodiranje NPR-a □ veće su investicije za NPR sustav u usporedbi s pravokutnim oblikom i linijom □ dodatne investicije za prilagođavanje automatskih stanica kod "miks" montaže

Zajednički rad (kolaboracija) čovjek-robot (čovjek-stroj)

(<https://www.kuka.com/en-de/technologies/human-robot-collaboration/>)

Sensitives Fügen von Kegelrädern im Mensch-Roboter-Kollaboration-Betrieb (MRK)

Mensch-Roboter-Kollaboration im Karosseriebau

Mensch-Roboter-Kooperation im Mercedes-Benz Werk Bremen

<https://www.kuka.com/en-de/press/news/2016/08/kuka-roboter-und-menschen-arbeiten-hand-in-hand>

AUTOMATSKI MONTAŽNI SUSTAVI

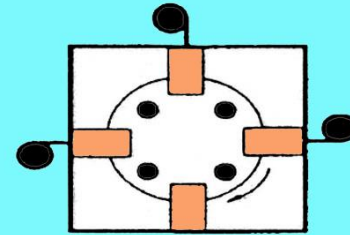
Automatski montažni sustavi uglavnom se koriste za montažu velikih količina proizvoda.

Obilježja automatskih montažnih sustava jesu:

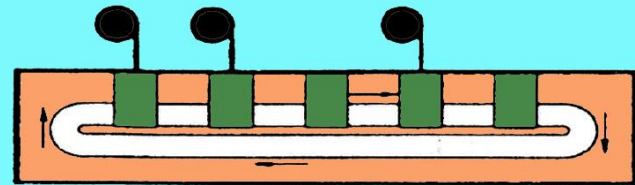
- ❑ automatske stanice su povezane transportnim uređajem kruto ili slobodno,
- ❑ korištenje uređaja za rukovanje.

Automatski sustavi

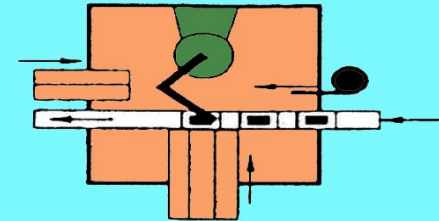
Automat sa okrećućim stolom
kruta veza



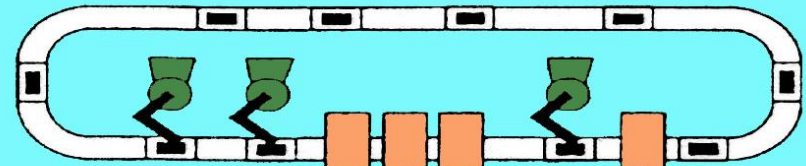
Transfer linija
kruta veza



Fleksibilna robotska stanica

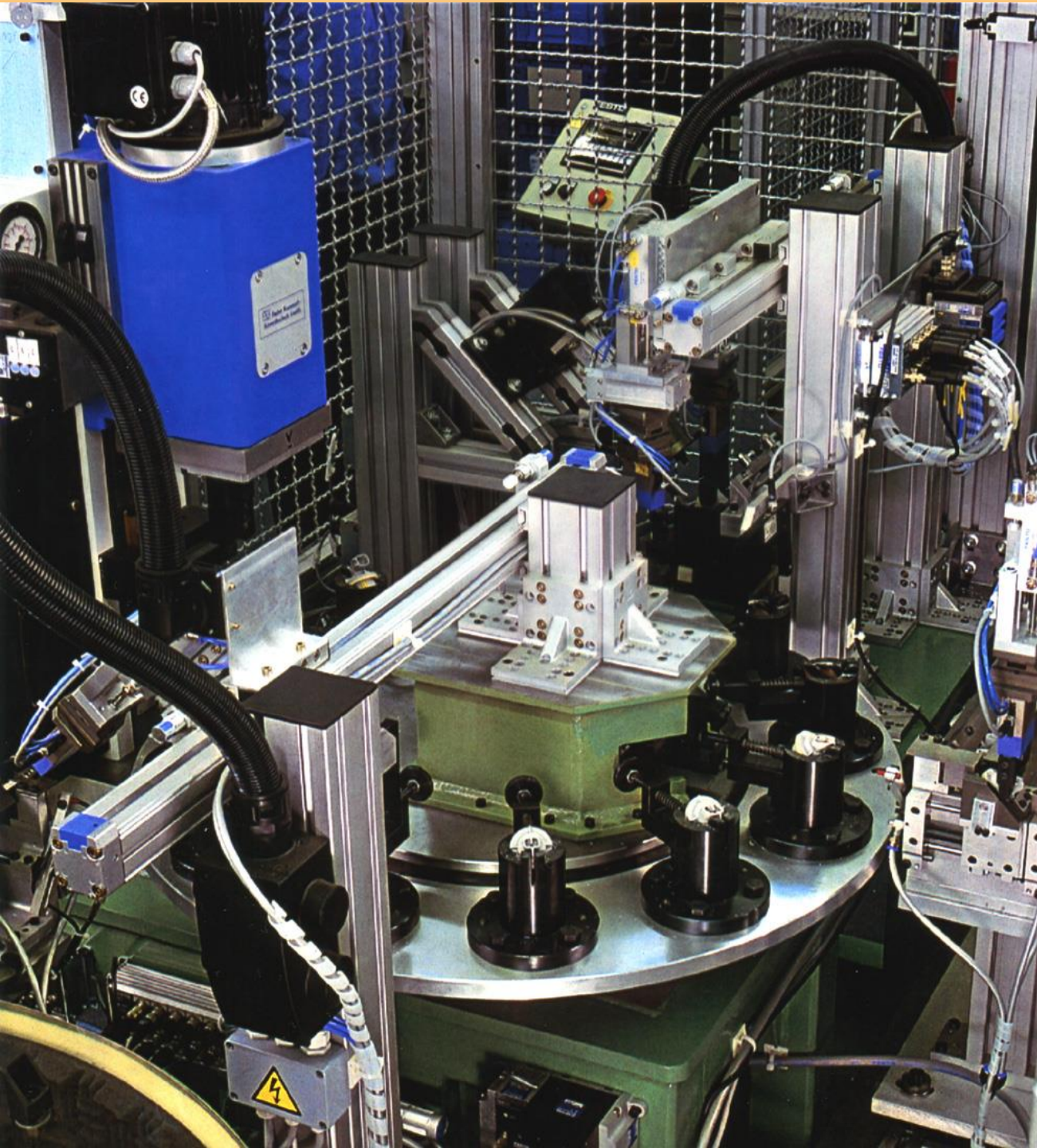


Fleksibilna robotska montažna linija
slobodna veza



— transfer uređaj, odnosno okrećući stol
□ stanica

● uređaj za dostavu dijelova (dodavač)
🤖 robot



Automatski sustav
montaže s
okrećućim stolom

<https://www.youtube.com/watch?v=3ly8ICRMpHs>
1.25 do 2.50



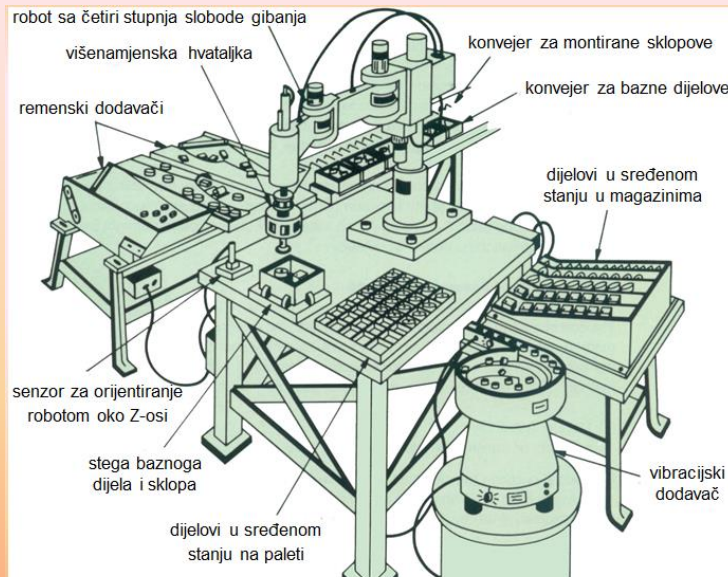
Transfer linija

FLEKSIBILNE ROBOTSKE STANICE

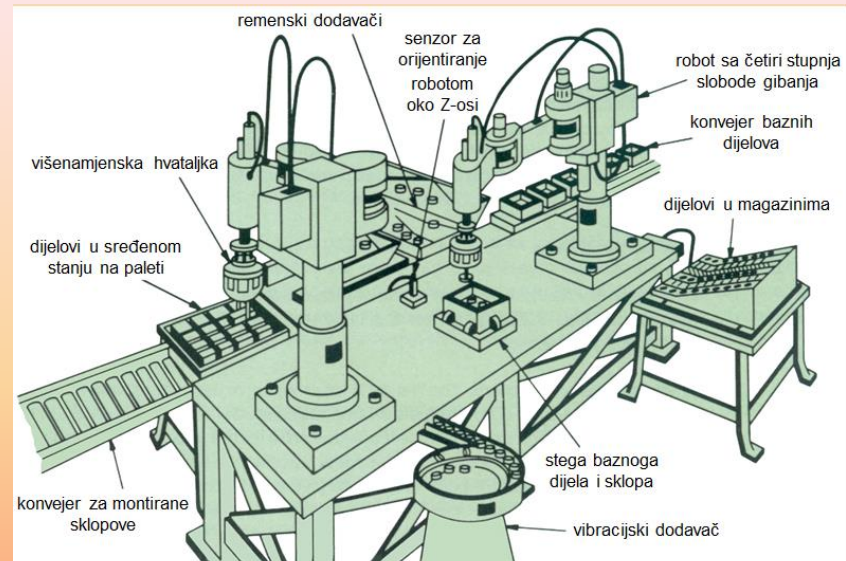
Fleksibilnu robotsku stanicu čine jedna ili više montažnih jedinki povezanih jedinstvenim sustavom za transport i upravljačka jedinica (programabilni logički kontroler (PLC) ili industrijski PC).

U fleksibilnoj se montaži transport unutar stanice obavlja pomoću industrijskoga robota, indeksnih rotirajućih stolova ili konvejera sa slobodnim ili pak indeksiranim transportom.

Rukovanje u nekim slučajevima može biti integrirano s transportnim sustavom, kao naprimjer u slučaju primjene industrijskoga robota koji je sposoban osim prenošenja predmeta rada izvoditi i složene radnje orijentiranja, umetanja i slične.

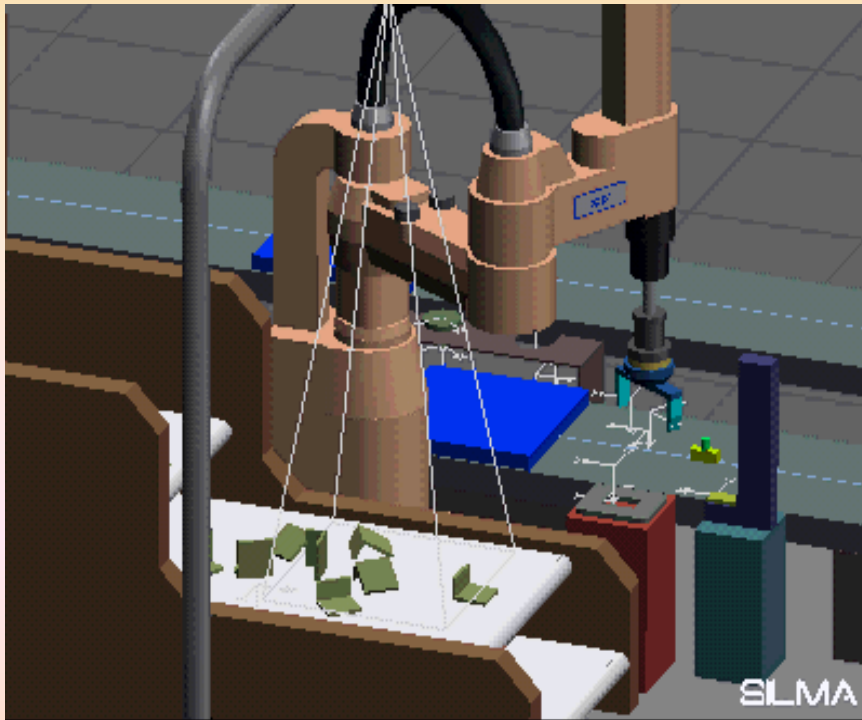


Stanica s jednim robotom



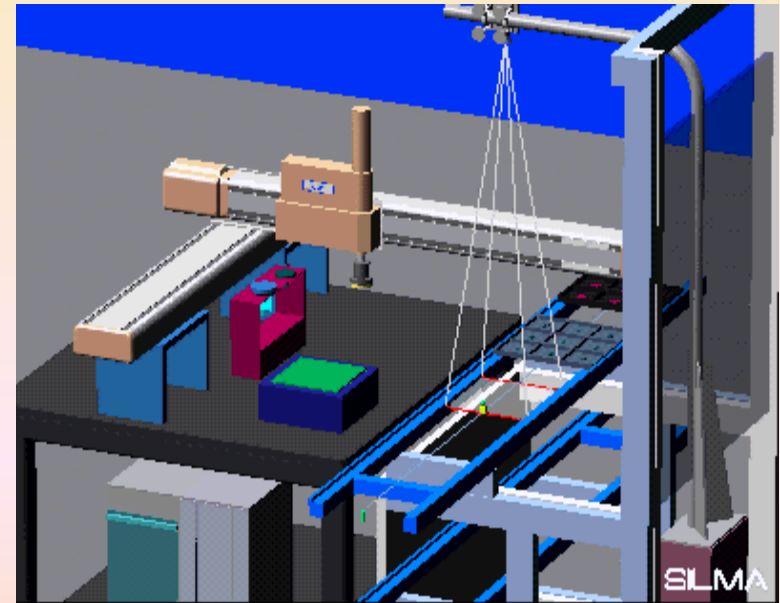
Stanica s dva robota

SCARA robot



http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/ASSEM_FL.avi

manipulator



<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/UNIVCART.avi>

Dodavači dijelova



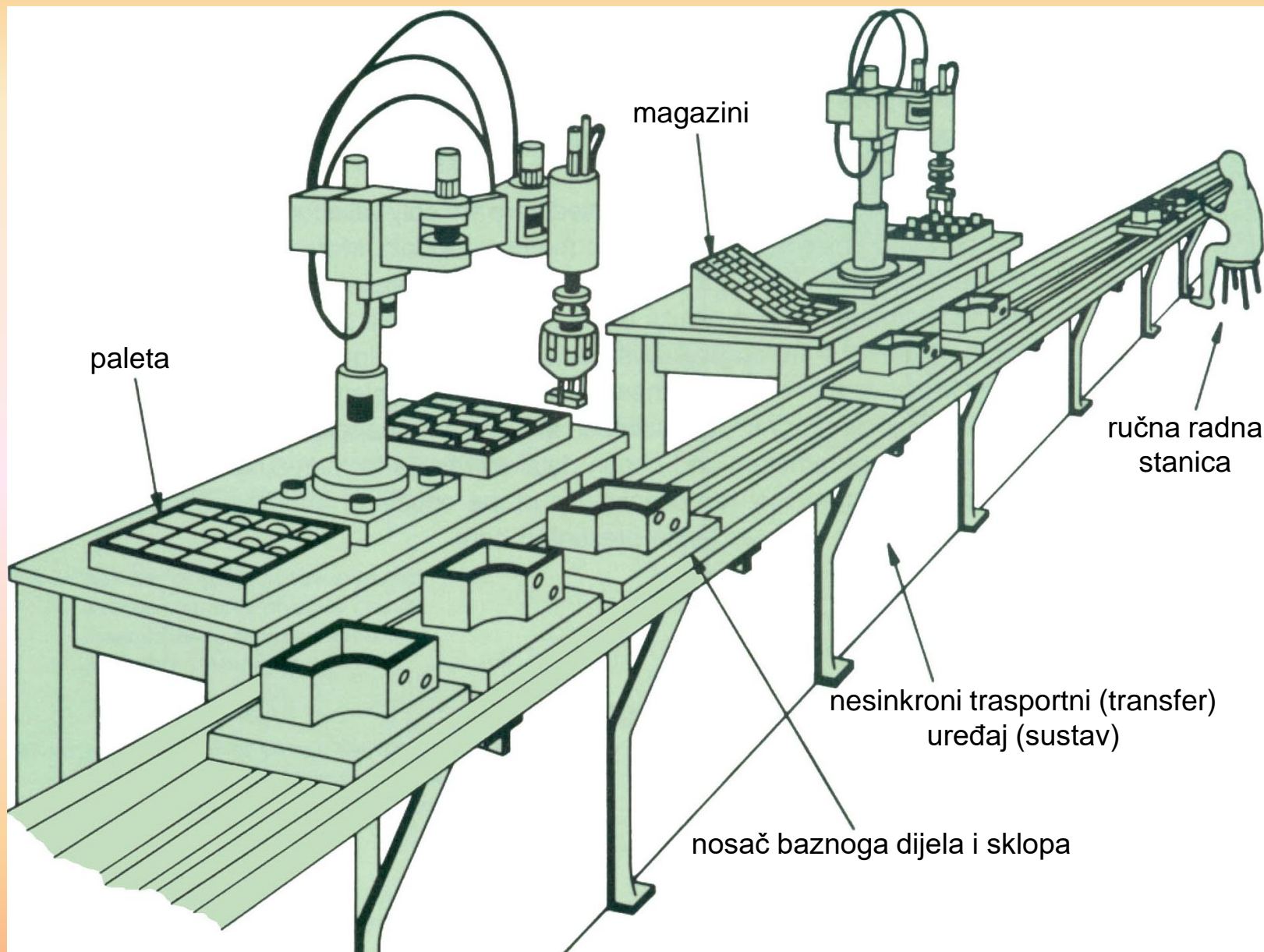
1. https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=ke0ugQ9w3HM
2. <https://www.youtube.com/watch?v=R2CxLoBI-1Y>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=3envoV710Q>

FLEKSIBILNA ROBOTSKA MONTAŽNA LINIJA

Posebno je prikladna za proizvode sa velikim brojem različitih tipova i varijanti.

Montažne linije su karakteristične po:

- velikoj fleksibilnosti za preuređenje,
- fleksibilne robotske stanice i jedinice su povezane pomoću transportne trake s NPR,
- jednostavnom (pre)programiranju.



Višestanični robotski sustav



HVAC assembly line

Višestanični robotski
sustavi montaže

DETALJNO OBLIKOVANJE RADNIH MJESTA I SUSTAVA

-- fino projektiranje, fino oblikovanje

Katalozi standardne opreme i
vlastitooblikovana oprema



Specifikacija opreme po radnim
mjestima i za cjeloviti sustav
(povezivanje radnih mjesta)



Narudžba i realizacija

- Online Catalog Assembly Technology**
- ▶ Basic Mechanical Elements
 - ▼ **Manual Production Systems**
 - ▶ Workstation systems and accessories
 - ▶ Material supply
 - ▶ Manual links (EcoFlow)
 - ▶ Material shuttles
 - ▶ FiFo Station
 - ▶ Chain conveyor systems
 - ▶ Transfer Systems
 - ▶ Identification Systems
 - ▶ Spare Parts Assembly Technology

Workstation systems and accessories



Material supply



Manual links (EcoFlow)



Material shuttles



FiFo Station

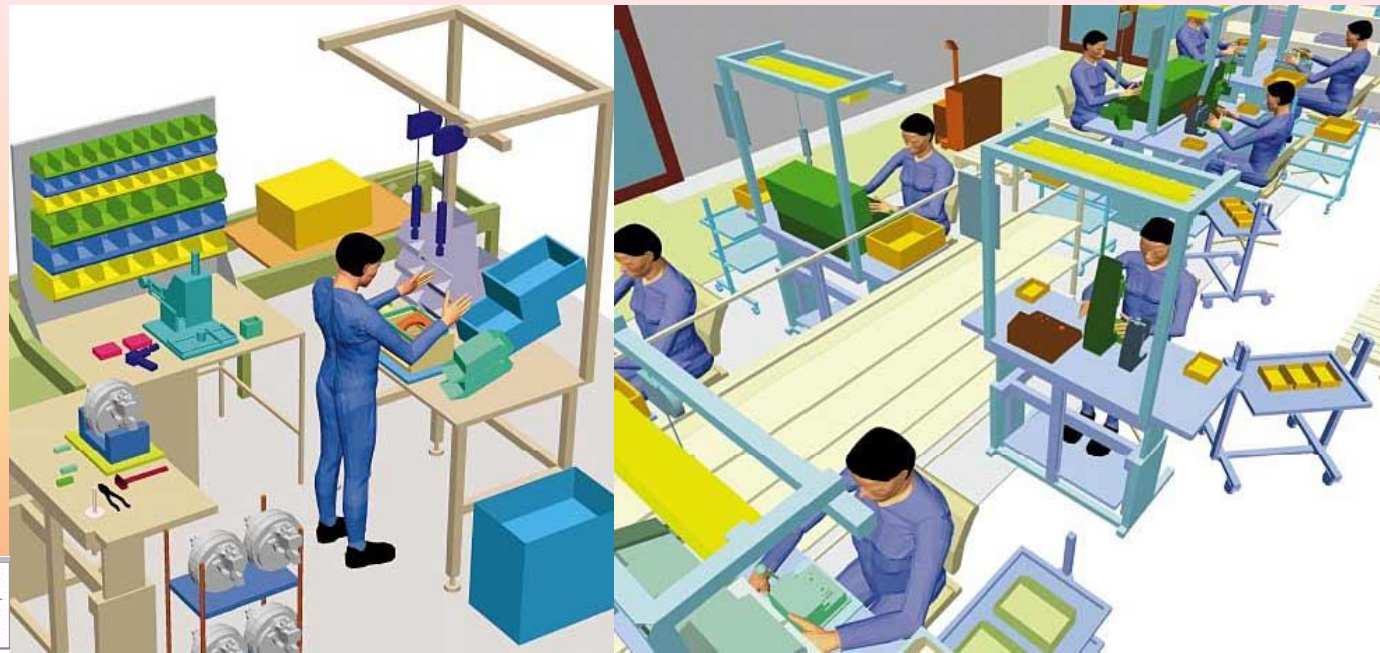
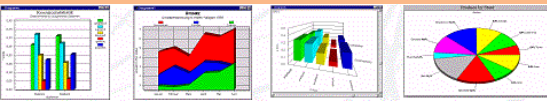
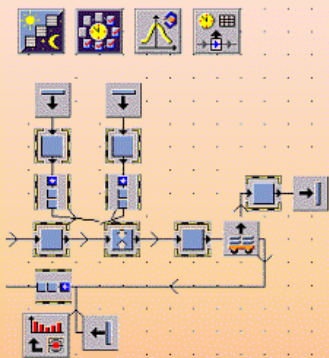


Katalozi proizvođača opreme

SOFTVERSKI ALATI ZA OBLIKOVANJE PROCESA I SUSTAVA SKLAPANJA

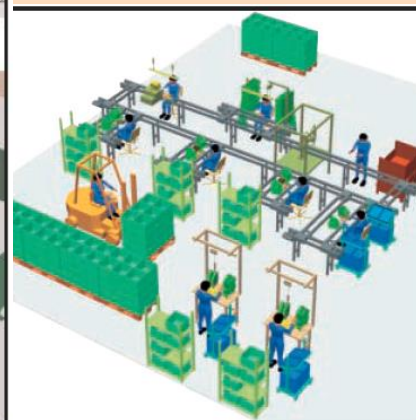
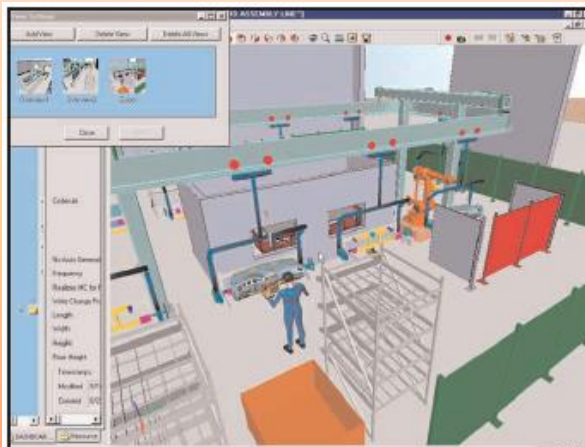
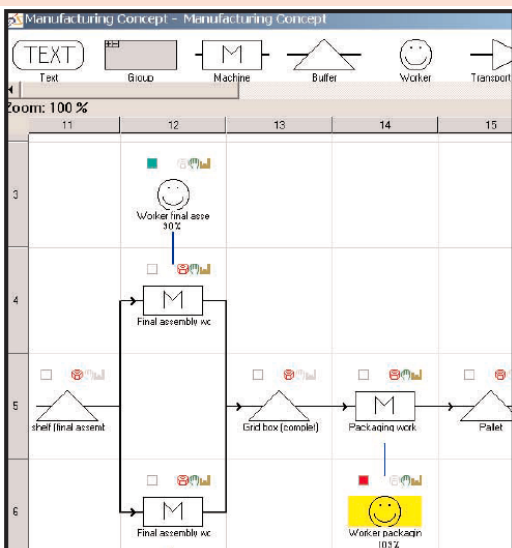
Oblikovanje (uključujući simulaciju, vizualizaciju i optimiranje) montažnih sustava, ručnih i/ili automatskih, danas se može načiniti pomoću računala i softverskih **CAD/CAE/CAM alata**.

Softverima, kao što su CATIA (DELMIA) i Siemens NX (Tecnomatix) **objedinjuju oblikovanje proizvoda, procesa i sustava** (koncepti: *Concurrent Engineering* – istodobno inženjerstvo, *Product Lifecycle Management*).

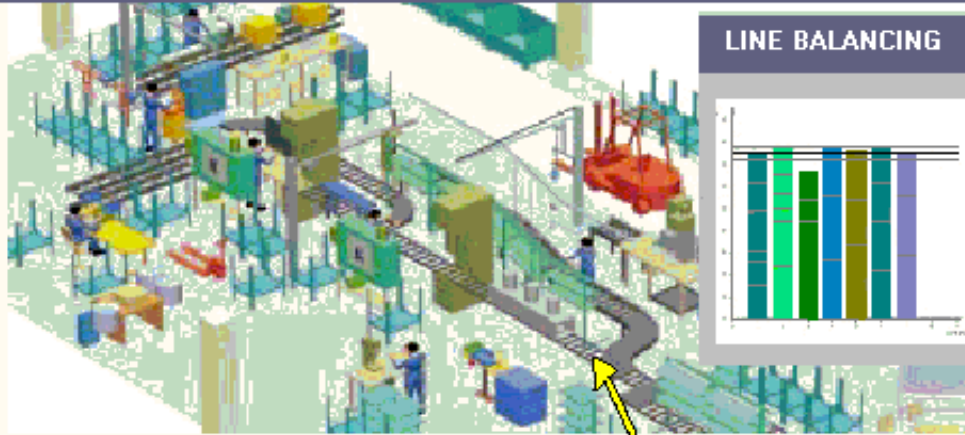


Softverima se može:

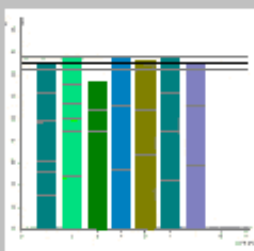
- detaljno oblikovati radna mjesta i načiniti njihov raspored,
- utvrditi vremena potrebna za izvršenje zadaća na radnim mjestima,
- izvršiti analiza troškova,
- odrediti/ispitati koncepte strukture montažnog sustava, naprimjer u vezi tokova materijala i veličine spremnika u sustavu,
- izračunati iskorištenja različitih montažnih stanica uz različite rubne uvjete (naprimjer zastoje), i verificirati stvarni kapacitet sustava,
- zaključivati o najpovoljnijoj podjeli rada između pojedinih montažnih stanica, odnosno radnih mjesta,
- ostvariti planska sigurnost i planska kvaliteta, uz smanjenje rizika pogrešnih investicija.



6 PRODUCTION LINE LAYOUT



LINE BALANCING



Ujednačavanje (balansiranje) vremena izvođenja rada po radnim mjestima

Raspored radnih mjesta

Mjerenje vremena (Sustavi unaprijed određenih vremena)

4 TIME MEAS.MT

- MTM-I
- MTM-II
- MTM-UAS
- Work Factor
- Time values



5 COST ANALYSIS



2 WORKSTATION LAYOUT



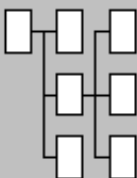
- 3D graphics system
- Bill of material

3 ERGONOMICS

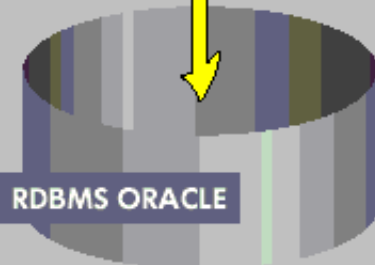
- Reach ranges
- Vision ranges
- Man models
- Maximum loads
- Work station dimensions
- Health risc analyses
- Dictionary
- ...



1 PRODUCT STRUCTURE



COMPONENTS DATABASE



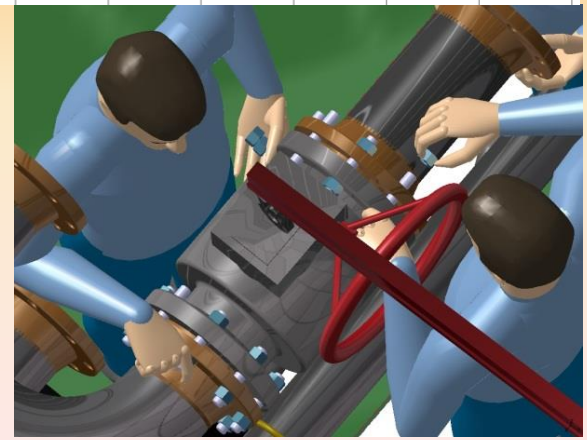
- područje hvatanja
- vidno područje
- modeli čovjeka
- maksimalno opterećenje
- dimenzije radnog mjesta
- analiza zdravstvenog rizika

...

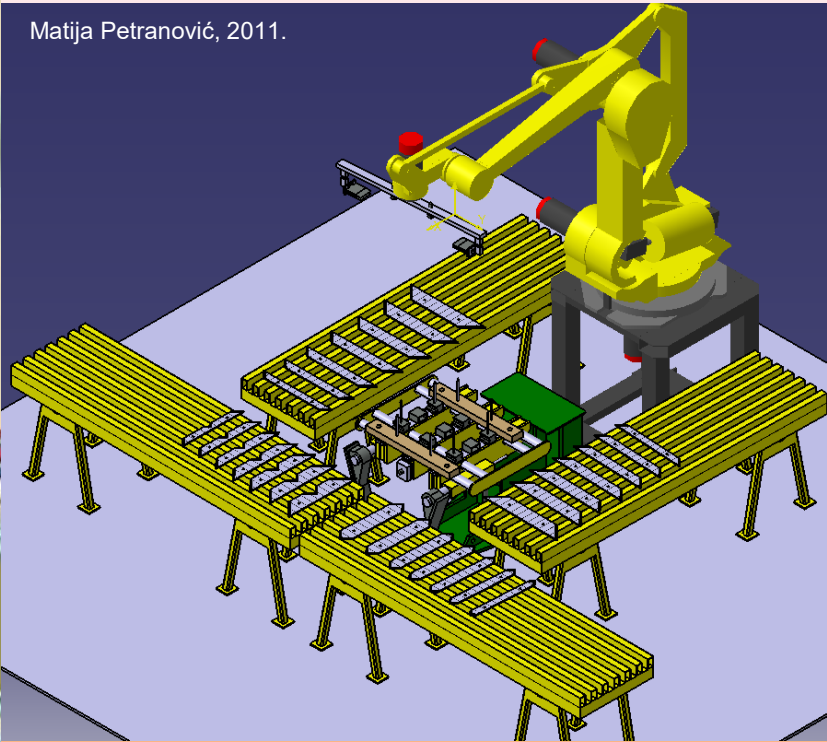
Ergomas (DELMIA)



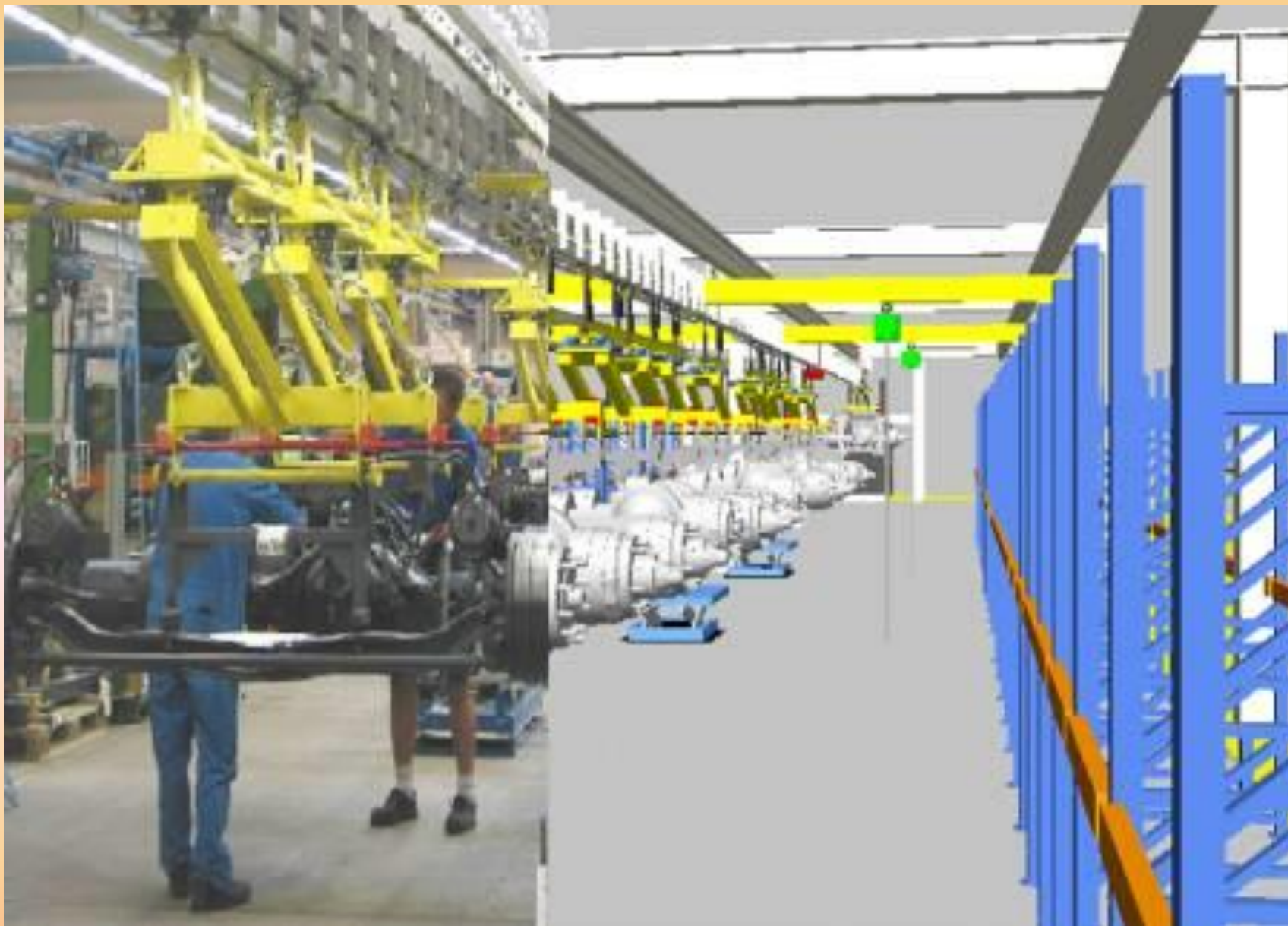
Filip Strsoglavac, 2011.



Matija Petranović, 2011.





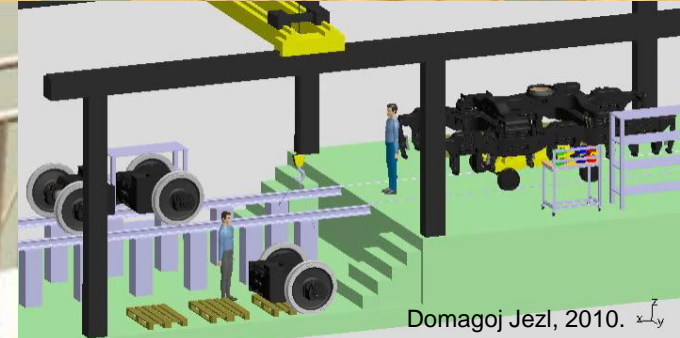


Projekt Scania – linija za montažu prednjeg mosta kamiona kapaciteta 95 do 150 kamiona dnevno, načinjena softverom **eM-Plant (Tecnomatix)**

Domagoj Buzjak, 2017.



<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Domagoj%20Jezl%20Diplomski%20rad%20FSB%202011%20Radna%20stanica%2003.avi>



Domagoj Jezl, 2010. xLy

Konac!

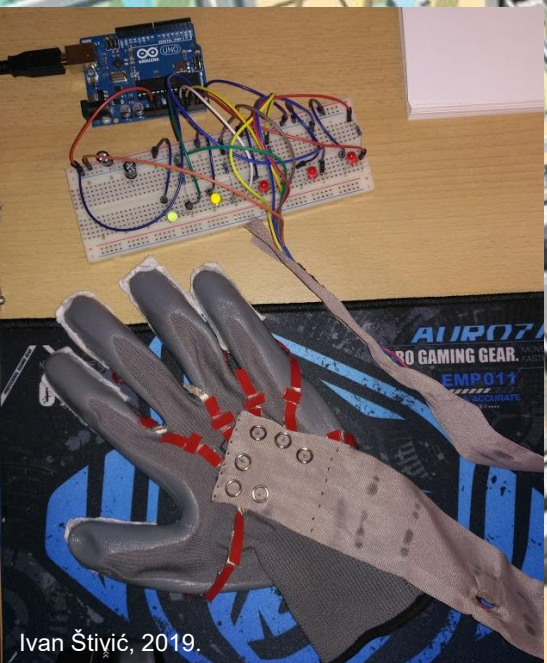


<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Filip%20Str%20soglavec%20Diplomski%20rad%20FSB%202011%20video1.avi>

<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Filip%20Str%20soglavec%20Diplomski%20rad%20FSB%202011%20video2.avi>

http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/Domagoj%20Buzjak%20FSB_Zagreb%20VR%20Montaza%20motora.mp4

http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/Domagoj%20Buzjak%20FSB_Zagreb%20VR%20Peg-in-Hole.mp4



Ivan Štijić, 2019.