

# Inženjersko projektovanje

Prof. dr Darko Bajić  
Mašinski fakultet Podgorica  
darko@ucg.ac.me

---

## Bionička transformacija biološkog TS

- Istorijski posmatrano, razvoj TS se odvijao po analogiji funkcionisanja prirodnog okruženja.
- Poseban akcenat se stavlja na vezu sa biološkim sistemima.
- Uspjeh je zavisio od stepena poznavanja bioloških procesa i principa.



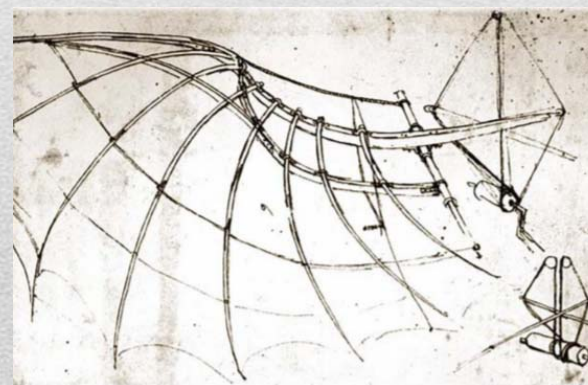
- Tehnološki razvoj civilizacije je na visokom nivou - otkrića prirodnih pojava ili bioloških principa mogu se relativno brzo prenijeti na razvoj TS.
- Izučavaju se biološki sistemi za potrebe liječenja ljudi (medicina).
- Biomehanika se bavi izučavanjem karakteristika kostiju, mišića i kože.
- Funkcija biološkog sistema je još uvijek velika tajna.
- Mogući su zaključci samo na osnovu spoljašnjih efekata i na osnovu toga pronaći mogućnost da se analogni efekti ostvare i kod TS.

**BIONIKA** – grana nauke koja traži polazne tačke za rešenja tehničkih problema ili TS u uzorima koje daje priroda – dio tijela organizma kao mehanički istem.

**BIOMIMETIKA** („bio“ - priroda i „mimei“ - oponašanje) – grana nauke koja kombinuje naučne grane biologiju, hemiju, matematiku i fiziku u cilju iznalaženja struktura i funkcija bioloških sistema kao modela za projektovanje TS.



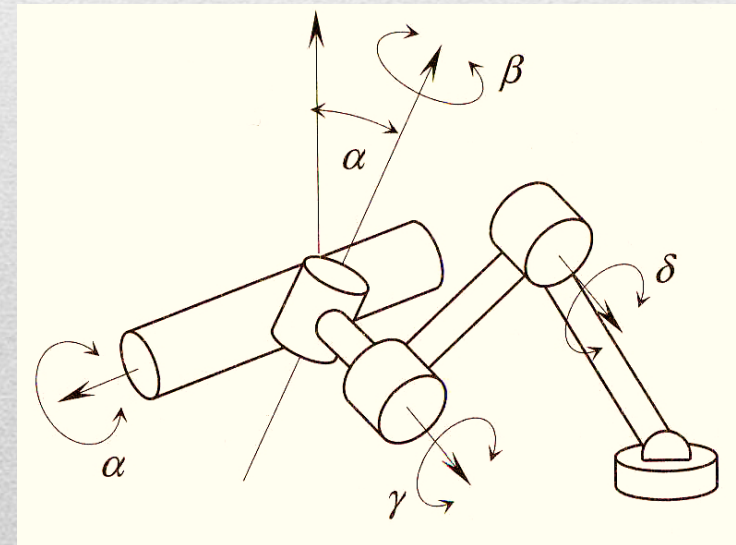
Beluga – bijeli kit



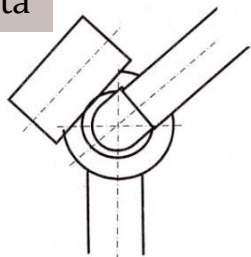
Da Vinci - model letjelice po uzoru na slijepog miša

**ZAKLJUČAK:** Životinje sa više od četiri noge nemaju centar za ravnotežu i uspravan položaj ostvaruju oslanjanjem u tri i više tačaka! Sa šest nogu, tri se koriste za oslanjanje, a tri su u vazduhu.

- Posmatranjem raka utvrđene su četiri rotacije u zglobovima njegove noge što omogućava zauzimanje proizvoljnog položaja zadnjeg članka noge.
- Potpuno sinhronizovanim pomjeranjem prednje i zadnje noge sa jedne strane i srednje sa suprotne strane, rak bi se mogao kretati samo po ravnom terenu.
- Biološko upravljanje omogućava da se svaka noga nezavisno oslanja na podlogu.
- Mišići i ligamenti svake noge obezbjeđuju potrebnu silu i moment u zglobovima kako bi se ostvarilo kretanje.
- Neujednačene vrijednosti sila i momenata u zglobovima svake noge ponaosob obezbjeđuje i garantuje potpunu podužnu i poprečnu stabilnost raka.
- Završeci zadnjeg članka nogu su šiljati jer opterećenja nisu velika i podloga je dovoljno tvrda.
- Za TS potrebno je dodati ploču zbog kretanja po mekoj podlozi.

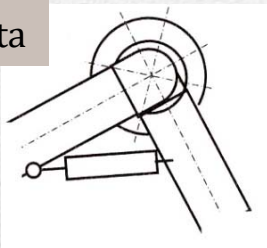


## I varijanta



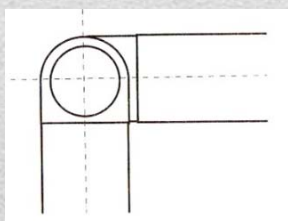
Mišići zamijenjeni ugradnjom elektromotora sa reduktorom

## II varijanta

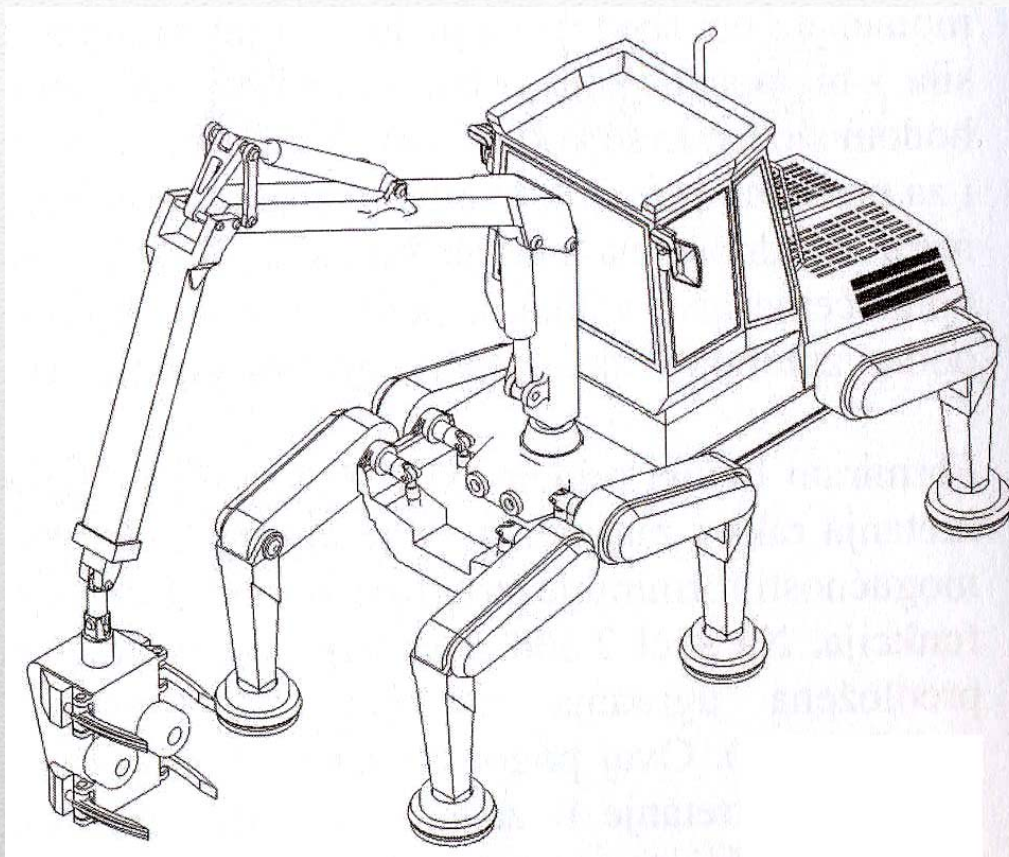


Mišići zamijenjeni ugradnjom hidrocilindra

## III varijanta



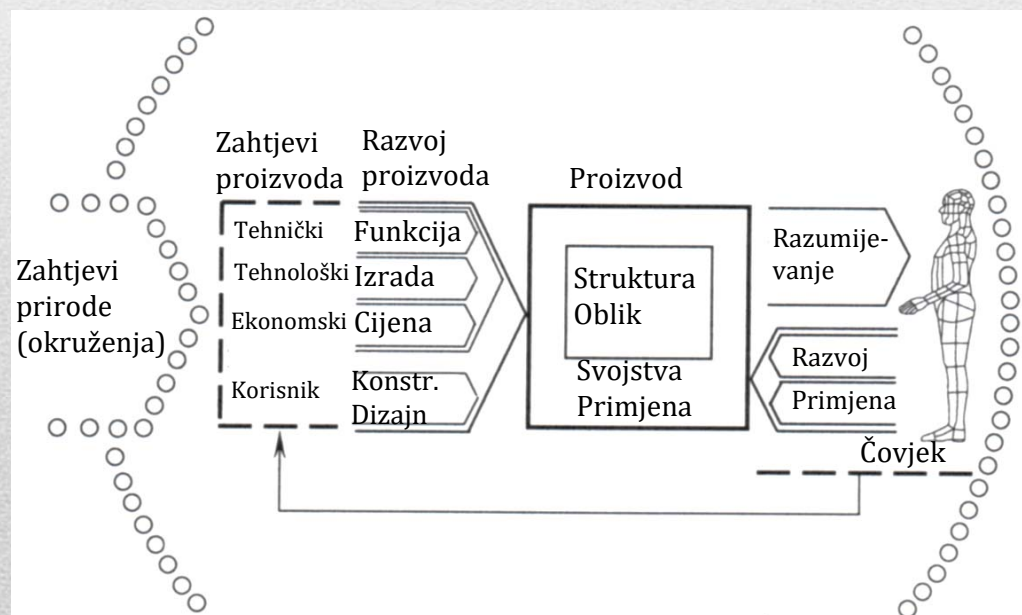
Mišići zamijenjeni ugradnjom rotacionih hidrauličkih aktuatora





## Negativni efekti odnosa čovjek-priroda.

- Razvojem tehnike i tehnologija, čovjek prilagođava prirodno okruženje svojim potrebama.
- Prilagođavanje je dominantno u smislu eksploatacije i iskorišćenja materijala i energije.
- Tehnički sistemi koji prate razvoj civilizacije imaju dva osnovna zadatka:
  - zadovoljenje potreba čovjeka i
  - očuvanje prirode od njene dalje devastacije.
- Prema Maier-u šematski prikaz odnosa razvoja proizvoda u prirodnom okruženju i potrebe čovjeka sa jednim ciljem – skladan odnos.



## METODIČKO KONSTRUISANJE

- *Konstruisanje je niz aktivnosti i postupaka od IDEJE do IZRADE (proizvodnje) tehničkog sistema.*

*Metodičkim konstruisanjem se nastoji pomoću naučnih metoda razviti proces konstruisanja kao metod koji omogućuje da se problematika konstruisanja rešava uopšteno, a ne kao problematika konstruisanja sasvim određenog postrojenja ili uređaja.*

**Konstruisanje treba shvati kao proces u kojem se jednakim postupcima mogu rešavati različiti zadaci.**

- Metodičko konstruisanje, takođe, omogućuje da se ***cijeli proces konstruisanja razradi algoritamski i rešava primjenom računara.***
- Primjena računara nije samo za proračun i dimenzioniranje nekih dijelova uređaja, već o mogućnosti primjene računara za rešavanje cjelokupnoga konstrukcijskog procesa, uključujući i konstrukcijsku razradu detalja.
- Zavisno od toga jesu li po srijedi potpuno nove konstrukcije bez konkretne narudžbe kupca, konstrukcije velikih objekata prema narudžbama kupca (najčešće za samo jednu jedinu izradu) ili konstrukcije serijskih proizvoda, djelatnost konstruktora može biti vrlo različita.
- Sada se postavlja pitanje **koja metoda konstruisanja treba da omogući svoju primjenu u svakom području, na svakom proizvodu i u svakoj fazi konstrukcijskog rada.**



Potrebno je da metodika konstruisanja:

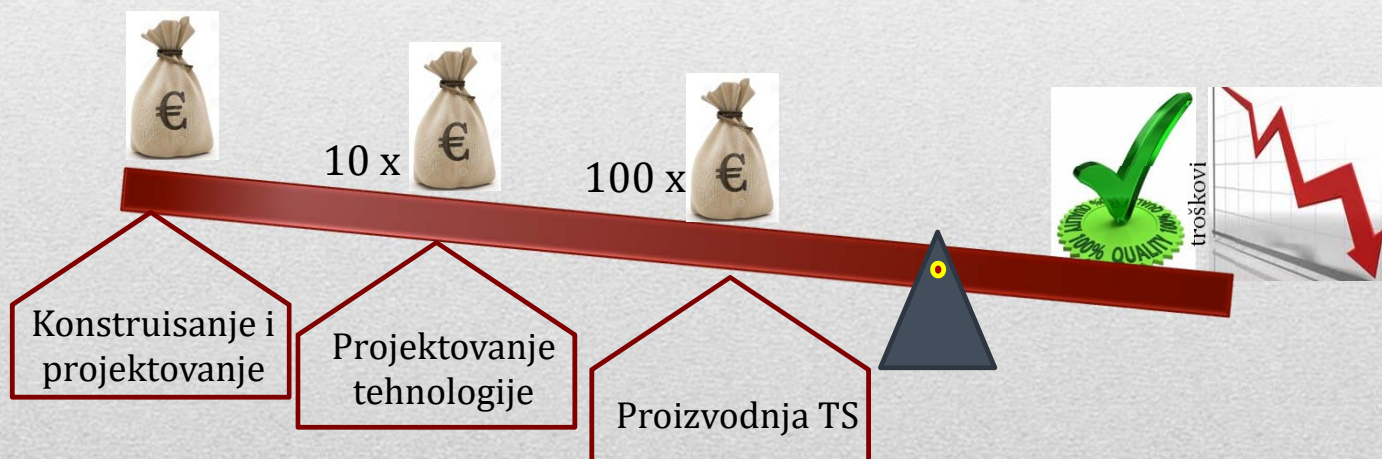
1. Nastoji da naučnim metodama razvije proces konstruisanja kao metodu koja omogućava da se proces konstruisanja rešava uopšteno, a ne kao problematika određenog uređaja.
2. Bude shvaćena kao proces u kojem se jednakim postupcima rešavaju različiti zadaci. Riječ je o postupcima kojima se utvrđuju: potrebni podaci, način korištenja podataka da bi se proces razvio po fazama, način obrade i povezivanja pojedinih faza.
3. Omogućava da se proces razvije algoritamski i rešava primjenom računara.
4. Temelji se na poznavanju matematike, fizike, hemije, mehanike, mašinskih elemenata, nauke o toploti, nauke o strujanju, nauke o materijalima.
5. Omogućava pronalaženje optimalnih rešenja.
6. Da se može naučiti.
7. Omogućava pojednostavljene i olakšanje u radu.
8. Omogućava uštedu vremena.
9. Smanjenje mogućnosti pogrešnih rešenja.
10. Omogućuje vrednovanje u pojedinim fazama.
11. Bude primjenljiva u svakoj vrsti konstruktorskog rada, bez obzira na struku.
12. Ne smije omogućavati da se do rešenja dolazi slučajno.
13. Omogućava da se rešenja lako prenose na slične zadatke.
14. Slaže se s metodama i saznanjima drugih disciplina.

**Metodičkim konstruisanjem se ne obezvrijeđuje intuicija, a niiskusni i daroviti inženjeri.**  
*(Intuicija je neposredno postizavanje istine bez pomoći eksperimenta i logičkih zaključaka.)*

- Primjenom metodike konstruiranja povećava se efekt i mogućnost pronalaženja rešenja.
- Svaki metodički i logički rad zahtijeva mnogo intuicije, tj. uočavanja da bi se otkrilo rešenje.
- Razvojem konstruktivnih metoda jačaju individualne sposobnosti konstruktora.

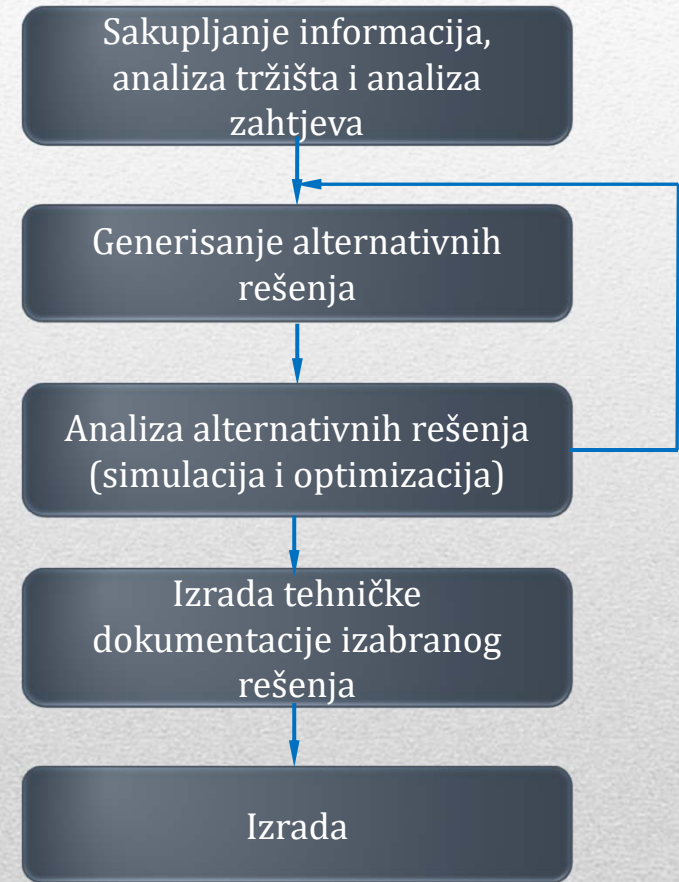
Značaj metodičkog konstruisanja i projektovanja TS ili proizvoda uopšte, možemo ilustrovati na sledeći način. Uštedu ili smanjenje troškova i povećanje kvaliteta TS postizemo u fazi :

- **projektovanja i konstruisanja** – najveći broj grešaka koje se pojave u ovoj fazi, a ne otklone se, kasnije uzrokuju rapidni rast troškova u cilju postizanja potrebnog kvaliteta TS;
- projektovanja tehnologije – ukoliko se greške iz faze projektovanja i konstruisanja otkriju u ovoj fazi, troškovi za njihovo otklanjanje su 10 puta veći nego u faze projektovanja i konstruisanja;
- proizvodnje TS – ukoliko se greške iz faze projektovanja i konstruisanja otklanjaju u ovoj fazi, troškovi su 100 puta veći nego u faze projektovanja i konstruisanja.



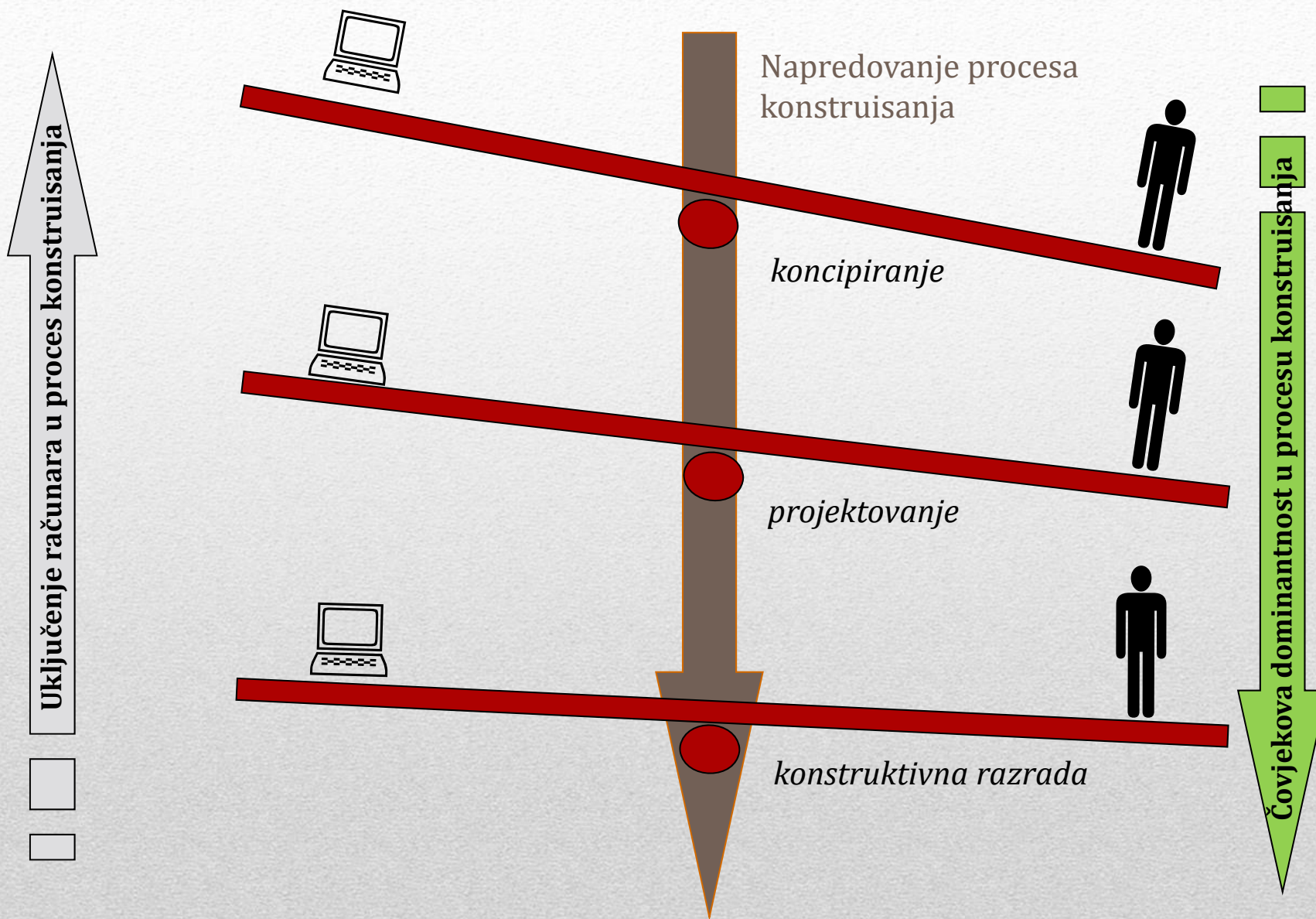
- Uzrok najvećeg broja grešaka u ranim fazama proizvodnje TS je odsutnos objekta analize pa se elementi pouzdanosti moraju usvajati na osnovu tehničke procjene ili na osnovu analize sličnog TS.

- IT tehnologije koje se u toku razvoja proizvoda koriste za postizanje željenih ciljeva i rezultata :
  - CAD (Computer Aided Design) – računarom podržano projektovanje i
  - CAE (Computer Aided Engineering) – računarom podržan inženjering.
- S obzirom na razvojne tendencije u konstrukciji, kraći vijek trajanja proizvoda, teškoće s kapacitetom kvalifikovanog osoblja, povećani zahtjevi tržišta za kvalitet i troškove, pojačanu konkurenciju – javlja se potreba uključenja računara u sve faze procesa konstruisanja.
- Prvi komercijalni CAD sistemi se pojavljuju na svjetskom tržištu 1964. godine za oblast letjelica u čemu prednjači Lockheed Martin.
- Konstrukcija se odlikuje velikom nehomogenošću, što otežava mogućnost sprovođenja potpunog procesa konstruisanja računarom.



Faze CAD projektovanja

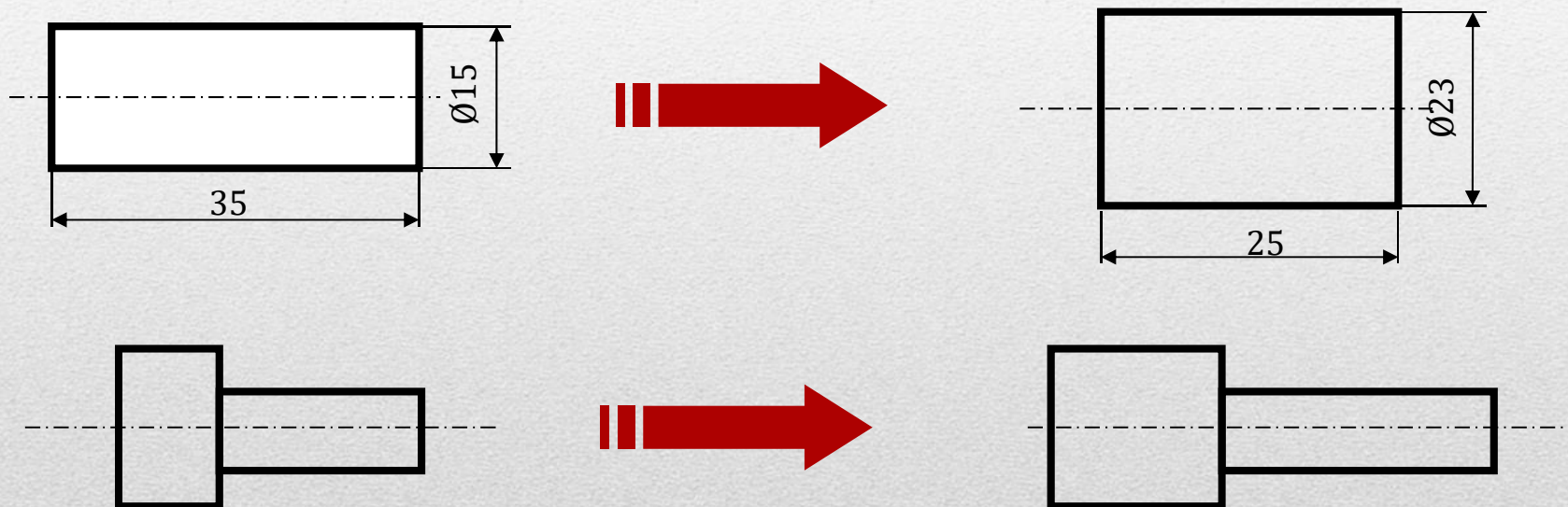
- Prednosti primjene računara:
  - ✓ Postiže se višestruko skraćenje perioda projektovanja i konstruisanja, čime se povećava konkurentnost i broj novih proizvoda koji se pojavljuju na tržištu.
  - ✓ Primjenom solid modula, moguć je 3D prikaz elemenat ili TS čije projektovanje vršimo pa konstruktor u ranoj fazi može da uoči da li je zadovoljen oblik i forma.
  - ✓ Zahvaljujući mogućnosti simulacije kretanja elemenata, konstruktor stiče sliku o mogućnosti montaže, odnosno demontaže i ograničenja koja se javljaju. Takođe, simulacija konstruktoru daje uvid u funkcionalnost sklopa, odnosno TS.
  - ✓ Poboljšava se kvalitet dokumentacije, njena razmjena i čuvanje (skladištenje).....
- Primjena CAD omogućava smanjenje vremena za:
  - ✓ razvoj novog TS za >50%
  - ✓ razvoj varijantnih konstrukcionih rešenja za >60%
  - ✓ kompleksne proračune >70%.



## VRSTE KONSTRUKCIJA

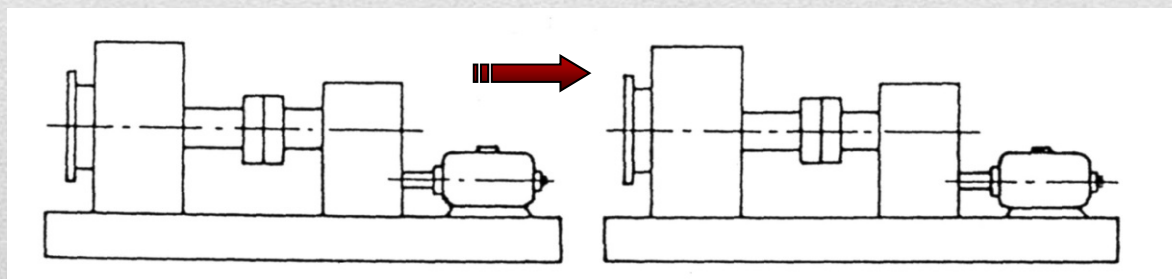
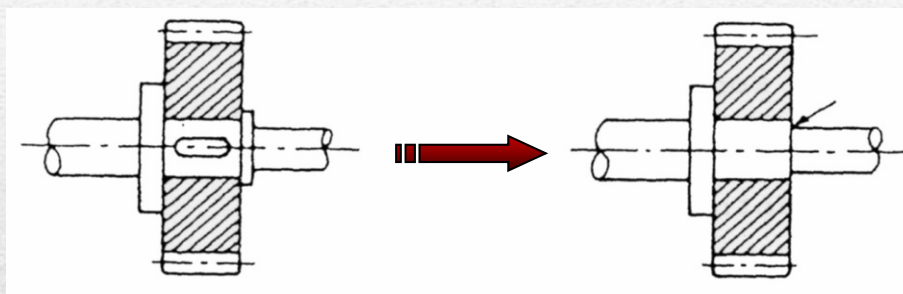
**Ponovljene konstrukcije** znače izradu po već gotovim crtežima koji se ne moraju mijenjati ili su minimalne izmjene.

**Konstrukcija sa čvrstim principima** su one konstrukcije kod kojih se na već gotovim crtežima mijenjaju samo mjere. Pri tome oblik ostaje neizmijenjen.



**Nove konstrukcije** znače izradu konstrukcija na osnovi novih principa rešenja kod istog, promijenjenog ili novog zadatka (postrojenja, aparat, uređaj, montažna grupa). Konstrukcije ćemo nazvati novom ako se tražena ukupna funkcija ostvaruje novim razmještajem poznatih i/ili novih ugradnih grupa ili dijelova.

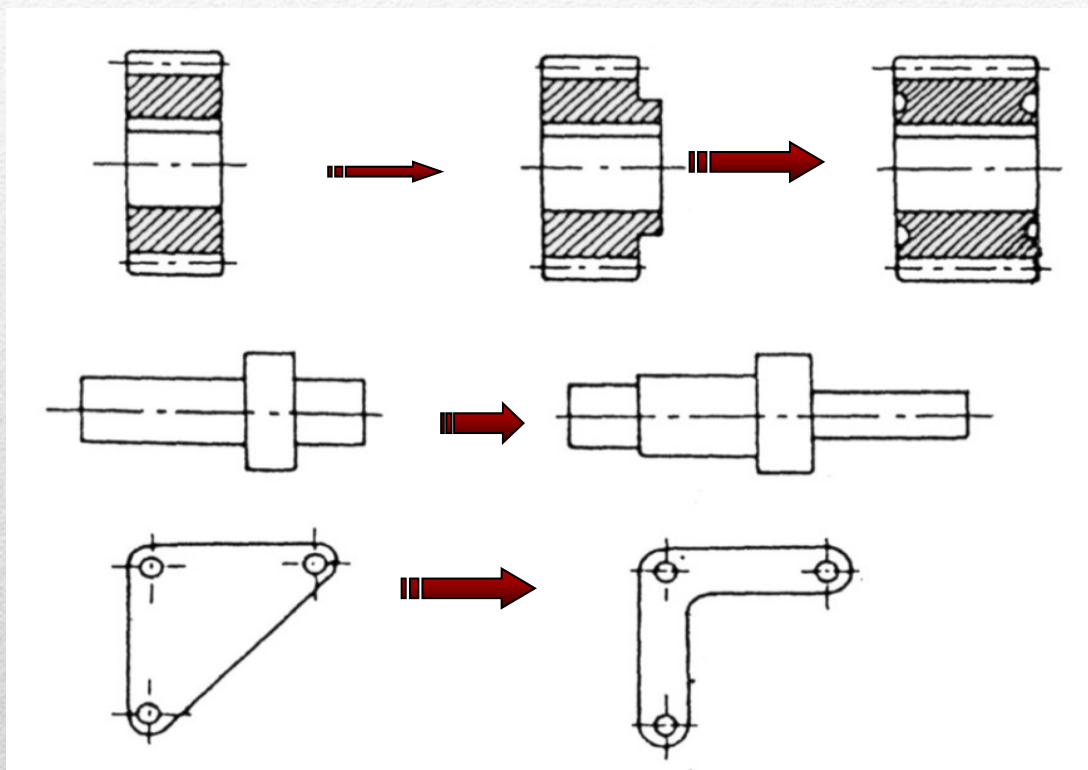
**Prilagođene konstrukcije** znače prilagođavanje nekog poznatog sistema (princip rešenja ostaje neizmijenjen) konstruktorskom zadatku. Prilagodnom zvaćemo onu konstrukciju kod koje se pri definisanom osnovnom rasporedu elemenata mijenjaju funkcije ili oblik pojedinih elemenata.



Radni princip: ***zupčasti prenosnik*** Radni princip: ***lančani prenosnik***




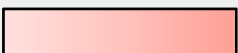














**Varijantne konstrukcije** – variranje veličina i razmještaj unutar granica odabranog sistema koji se mijenja, a ne mijenja se funkcija, princip ostaje neizmjenjen.



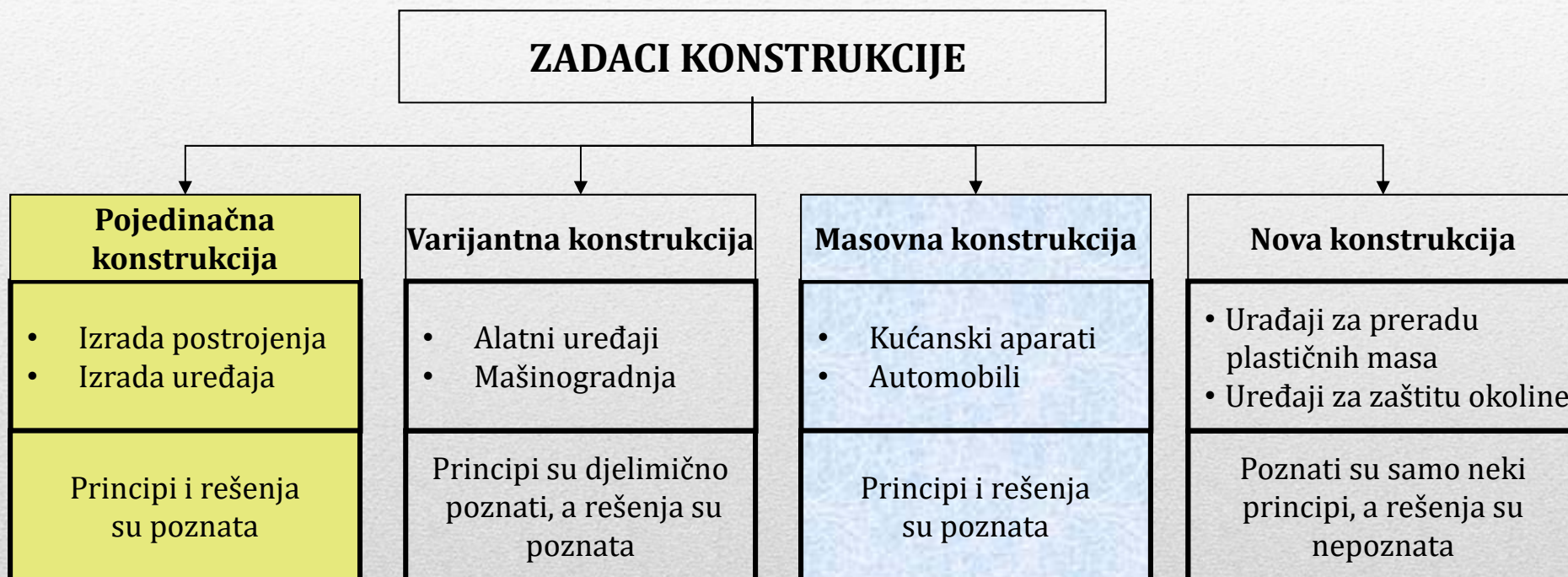
*Livena izvedba detalja*

*Zavarena izvedba detalja*

	FAZE KONSTRUISANJA			
	Koncipiranje (definisanje projektnog zadatka)	Razvoj oblika i dimenzija – tehničko rešenje	Analize stanja i korekcije – razrada tehničkog rešenje	Konstruktivska razrada (izrada tehničke dokumentacije)
Ponovljena konstrukcija				
Konstrukcija sa čvrstim principom				
Prilagođena konstrukcija				
Varijantna konstrukcija				
Nova konstrukcija				

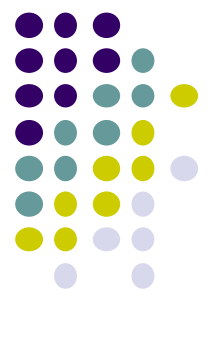
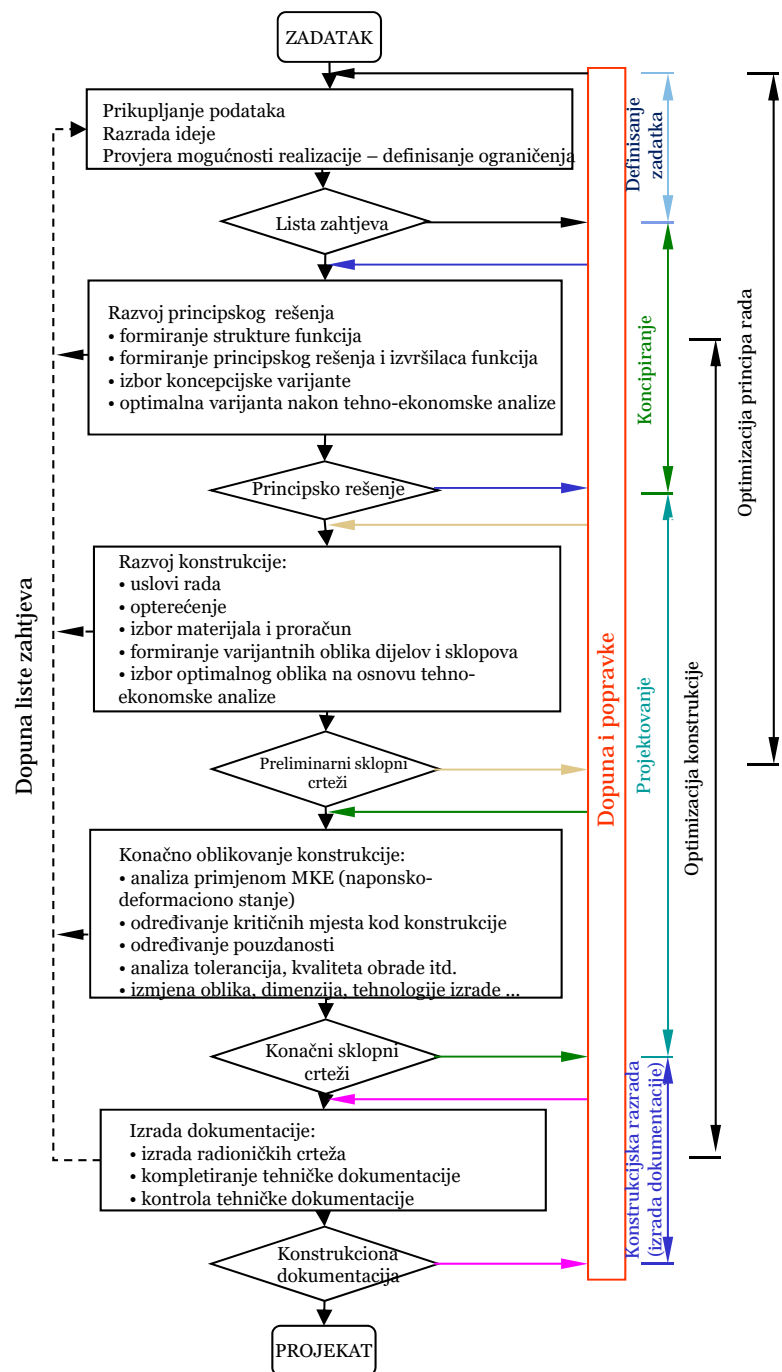
 Djelimično zastupljena faza  
 Faza aktivnog rada

- Pojedini konstruktivni zadaci se međusobno značajno razlikuju.
- Pojedinačna i masovna proizvodnja imaju potpuno drugačije zakonitosti konstruisanja.
- Varijantna i nova konstrukcija imaju različite parametre koje treba uzeti u obzir i vrednovati.



## FAZE PROCESA KONSTRUISANJA

- Zavisno od vrste proizvodnje (narudžba ili odluka sektora razvoja firme) proces konstruisanja obuhvata:
  - razvoj proizvoda,
  - rješavanje narudžbe kupca,
  - razrada ponuda i
  - konstrukcija alata i uređaja.
- Za konstruktora je primarno interesantan TS koji će prema nekom unaprijed zadanom postupku ili prema postupku koji treba tek odrediti, izvršiti određenu promjenu stanja.
- Objekte nauke o konstruisanju čine, prije svega, TS (tehnički proizvodi), koje treba razviti kao nove ili iste dalje razvijati.
- Konstrukcioni zadatak na samom početku procesa konstruisanja neophodno je:
  - precizno postaviti,
  - po mogućnosti sveobuhvatno analizirati i
  - na osnovu toga, konstruktor može doći do optimalnog rešenja.
- Osnovne faze procesa konstruisanja su:
  - ☀ definisanje zadatka,
  - ☀ koncipiranje,
  - ☀ projektovanje i
  - ☀ konstrukcijska razrada (izrada dokumentacije).



### Prva faza – definisanje zadatka

- Dobijeni zadatak koji se prenosi konstruktoru, rezultat je studije trenda razvoja, upita kupca, tražnje na tržištu, rezultat istraživanja, itd.
- Od definisanja projektnog zadatka u značajnoj mjeri zavisi konačni kvalitet projektovanog TS.
- Preciznom formulacijom u ovoj fazi metodičkog konstruisanja zavisice uspješnost realizacije ostalih faza.
- Rezultat ove faze je elaborat koji TS definiše na opisnom nivou i daje eksplicitne odgovore:
  - ŠTA TS predstavlja tj. šta treba da radi?
  - GDJE i KAKO TS treba da funkcioniše?
  - ZAŠTO TS treba realizovati? i
  - KADA treba realizovati?

### Druga faza – koncipiranje idejnog rešenja

- Koncipiranje predstavlja onaj dio procesa konstruisanja pri kojem se nakon raščišćavanja svih zahtjeva vezanih za zadatak, traženjem i pronalaženjem odgovarajućih principa rešenja, **utvrđuje (u principu) rešenje zadatka.**
- U koncepcijskoj fazi konstruktor pronalazi principijelno rešenje zadatka – koristi se fizikalnim principima i traži varijante mogućih rešenja.
- Tako dobijena rešenja konstruktor vrednuje prema kriterijima datim u listi zahtjeva.

- Formiranjem strukture funkcija, razlaže se opšta (globalna) funkcija na:
  - parcijalne i
  - elementarne funkcije.
- Ove funkcije (parcijalne i elementarne) uglavnom se svode na:
  - transformaciju energije (sile, momenti, kretanje,...)
  - prenošenje energije, itd.

### Treća faza – projektovanje (oblikovanje ili razrada idejnog rešenja)

- Definišu se izvršioc i principijskih rešenja.
- **Prvi dio faze (razvoj konstrukcije)**, obuhvata prethodni proračun:
  - definišu se polazne dimenzije,
  - definiše se oblik dijela,
  - utvrđuju osnovne dimenzije dijela,
  - bira se materijal i
  - bira se postupak obrade.
- U fazi razvoja konstrukcije, pored kreativnosti, neophodno je izvršiti veći broj iterativnih koraka, čime se uvijek ide ka višem nivou u pogledu definisanja konstrukcionog rešenja.
- Jako je komplikovana faza i zahtijeva se kombinacija proračuna i definisanje oblika i, često, više puta ponavljanje istih koraka uz odgovarajuće izmjene.

**Drugi dio faze** obuhvata:

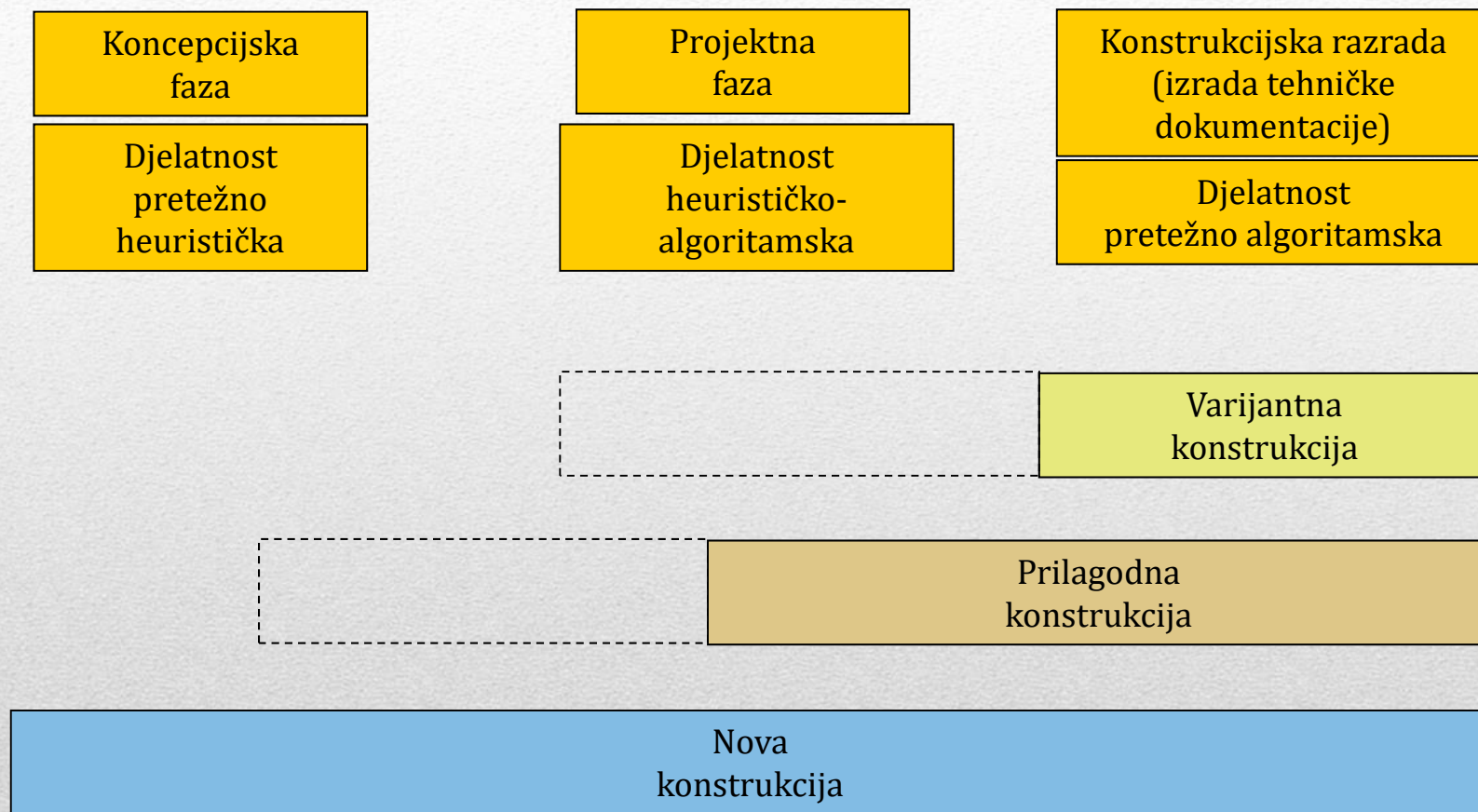
- razradu nacрта,
- konačno oblikovanje konstrukcije,
- izradu sklopnog crteža na osnovu početnih nacрта,
- optimizaciju oblika djelova,
- definisanje kvaliteta obrade površina i
- definisanje zahtjeva u pogledu tačnosti izrade, itd. – bira se postupak obrade.



### Četvrta faza – konstrukcijska razrada (izrada tehničke dokumentacije)

- Nakon raščišćavanja zadatka i koncipiranja, utvrđuje se funkcionalno i ekonomsko rešenje zadatka u takvom obimu da je moguća daljnja konstrukcijska razrada.
- Vrednovanjem, dobijeno konceptijsko rešenje omogućava da se preko projektnih varijacija dođe do prvog cjelovitog projektnog rešenja.
- Pošto su iz projektnog rešenja odstranjena slaba mjesta, pristupa sa tehničkom i ekonomskom vrednovanju, nakon čega se pristupa optimizaciji projektnih detalja i razradi radioničkih crteža.
- Izrada dokumentacije obuhvata:
  - ✓ izradu crteža dijelova,
  - ✓ kompletiranje tehničke dokumentacije i
  - ✓ provjeru tačnosti podataka na crtežima.
- Mašinski elementi, kao izvršioc elementarnih funkcija, razmatraju se u trećoj fazi procesa konstruisanja.
- Ugradnjom standardnih opštih mašinskih elemenata, dobija se:
  - racionalnija i pouzdanija konstrukcija i
  - pojednostavljuje se proces konstruisanja.

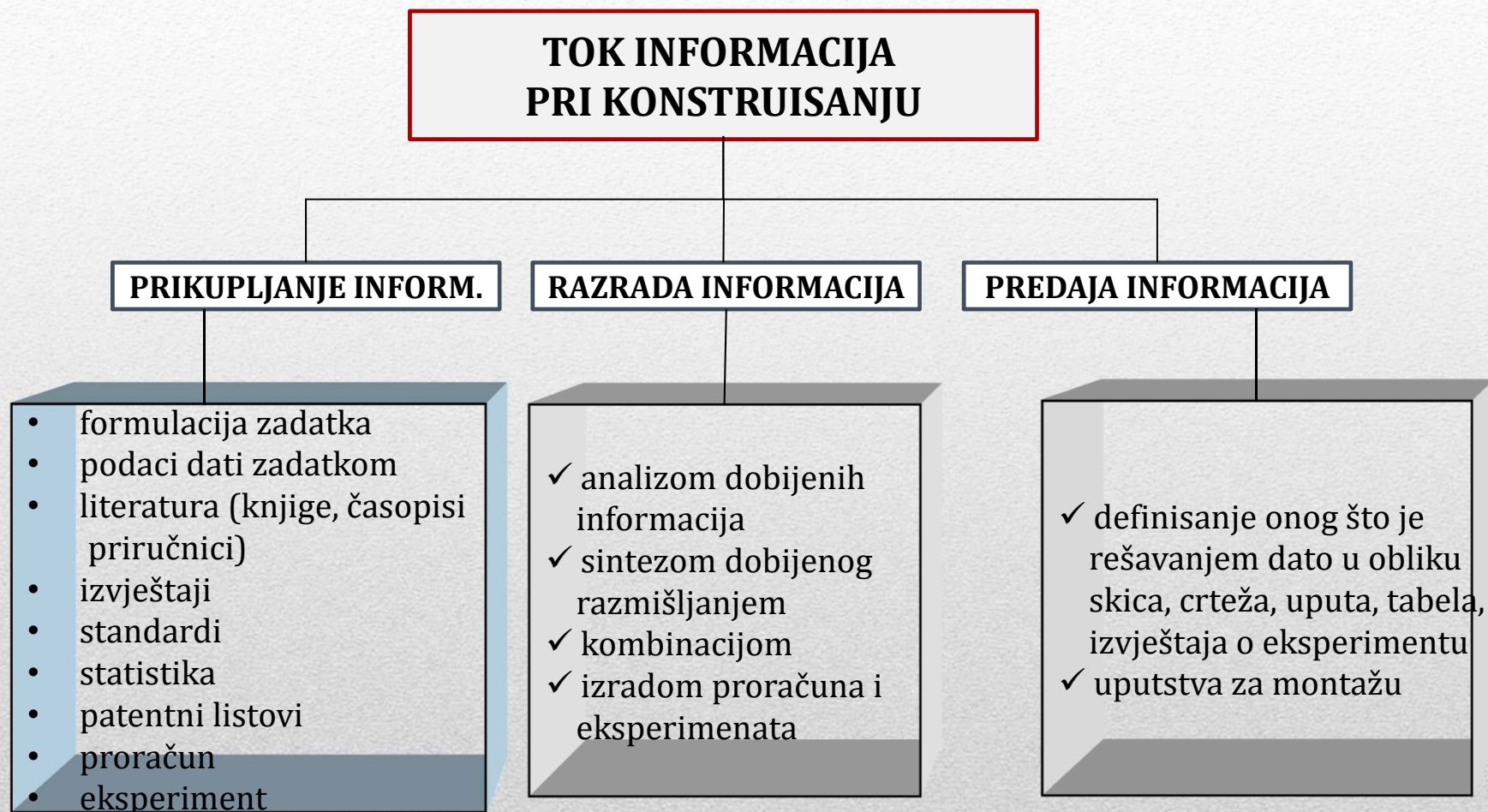
## ODNOS IZMEĐU VRSTE KONSTRUKTORSKE DJELATNOSTI I POJEDINIH FAZA KONSTUISANJA



*HEURISTIKA (grčka riječ heurisko - nađem, pronađem) vještina i nauka o metodima u pronalaženju novih, naročito naučnih činjenica i saznanja.*



## POTREBNE INFORMACIJE O KONSTRUKCIJI



- Konstruktoru su neohodne, kako eksterne, tako i interne (fabričke) informacije.
- Informacije treba da sadrže crteže, dijagrame, tabele, slike itd.
- Za konstruktora su bitne sledeće informacije:
  - ⇒ Propisi – kontrole, narudžbe, isporuke, pouzdanosti, ...
  - ⇒ Standardi – osnovni, materijala, elemenata i dijelova, sredstava za proizvodnju, fabrički standardi, ....
  - ⇒ Smjernice – za organizaciju, proizvodnju, konstrukciju, ...
  - ⇒ Stručna literatura – časopisi, stručne knjige, zbornici, monografije, ...
  - ⇒ Prospekti
  - ⇒ Katalozi – dijelova i materijala, alata, poluproizvoda, ...

## ***Literatura:***

**E.Oberšmit:** *Nauka o konstruisanju, metodičko konstruisanje i konstruisanje pomoću računara*, Zagreb 1985.godine

**M.Ognjanović:** *Razvoj i dizajn mašina*, Mašinski fakulte Beograd, 2007.

**G.Pahl, W. Beitz, J.Feldhusen, K.H.Grote:** *Engineering Design 3rd Ed.*, Springer-Verlag London, 2007.

**M.Ognjanović:** *Inovativni razvoj tehničkih sistema*, Mašinski fakulte Beograd, 2014.