

# Inženjersko projektovanje

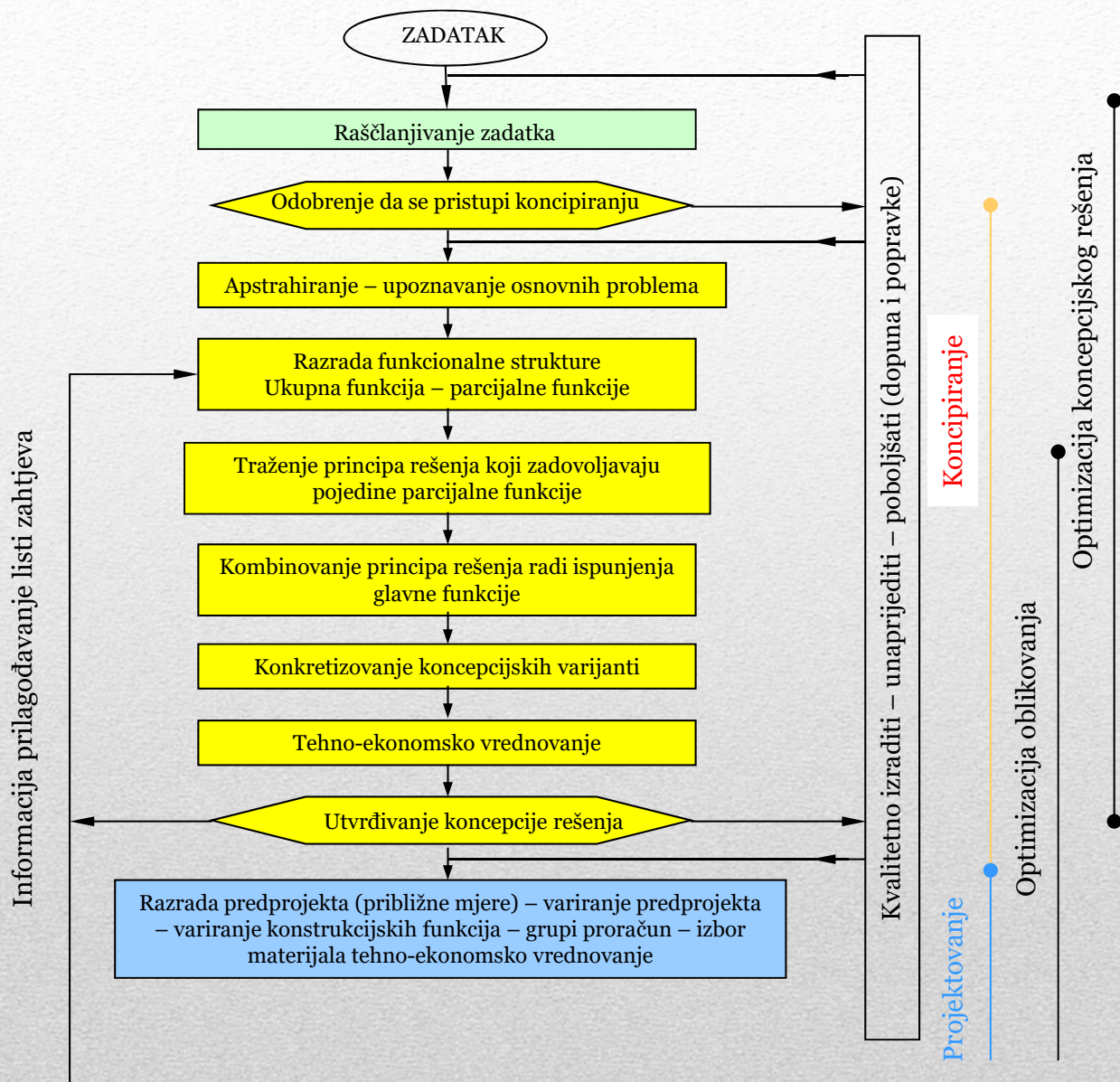
Prof. dr Darko Bajić  
Mašinski fakultet Podgorica  
[darko@ucg.ac.me](mailto:darko@ucg.ac.me)

---

### KONCIPIRANJE

- Metodički postupak predviđa:
  - ▶ faze rada i
  - ▶ faze odlučivanja.
- Svaka faza odlučivanja *mora tačno definisati dalji tok rada*. To znači da je potrebno jasno odlučiti treba li ponovo proraditi prethodne faze ili se može nastaviti sa radom na novoj fazi.
- Faza koncipiranja zahtijeva da se izvrši analiza prikupljenih informacija. Analiza treba da upozori na glavne probleme iz okvira predviđenog rešenja zadatka.
- Za svaki uočeni problem treba pokušati pronaći odgovarajuće principijelno rešenje.
- Kvalitetna konstrukcija može proizići samo onda ako je za njeno ostvarenje pronađeno odgovarajuće principijelno rešenje.
- To, međutim, ne znači da dobro i kvalitetno principijelno rešenje ne može biti upropašteno lošom konstruktivnom razradom.
- Razrađena principijelna rešenja moraju biti vrednovana i nakon toga odabrana ona konceptijska varijanta koja pruža najviše izgleda za optimalnu mogućnost rešenja.

- Težište izbora u ovoj fazi leži na tehničkoj strani problema.
- Međutim, ekonomska problematika mora i u ovoj fazi biti grubo uzeta u obzir.
- Za istu konceptijsku varijantu može postojati veći broj mogućih konstrukcijskih rešenja. *U takvom slučaju potrebno je približno u mjerilima izraditi skice konstrukcijskog rešenja, pa upoređivanjem analizirati prednosti i nedostatke svakog rešenja.*



### Apstrahiranje zbog upoznavanja osnovnih problema

- Osim preciziranja ograničenja u listi zahtjeva za traženje odgovarajućih rešenja zadatka važno je da se sagleda suština problema koji treba riješiti.
- Da bismo to postigli, potrebno je **izvršiti analizu problema** i tzv. **apstrakciju**.
- *Analiza problema* predstavlja zapravo analizu zahtjeva u odnosu na traženu funkciju i bitne uslove zbog što jasnijeg osvjetljenja same suštine.
- *Apstrakcija* znači graditi nove misaone imaginacije radi boljeg uočavanja i poimanja onog što je u nečemu glavno, opšte.
- Apstraktno formulisanje problema sprečava nas da slijedimo prvo prihvatljivo rešenje koje nam padne na pamet i zahtijeva od nas da potražimo veći broj mogućih rešenja.

### Funkcionalna struktura

- Rešenje zadatka počinje izradom sheme spajanja (funkcionalna struktura).
- Prema tome, potrebno je i u opštem mašinstvu definisati osnovne funkcije, odnosno osnovne operacije.
- Pri razradi funkcionalne strukture treba razlikovati tzv. *nove konstrukcije* i *prilagodne konstrukcije*.

- Pri *novoj konstrukciji* težište funkcionalne strukture čini lista zahtjeva i apstrakcija problema. Iz zahtjeva i želja s liste zahtijeva mogu se više-manje lagano prepoznati funkcionalne zavisnosti. U najgorem slučaju, mogu se iz toga izvući ulazne i izlazne parcijalne funkcije funkcionalne strukture.
- Pri daljem razvijanju *prilagodne konstrukcije* početak predstavlja funkcionalna struktura poznatog rešenja, a potom slijedi analiza novih ugradbenih elemenata. Ovaj početak služi i kao osnova za varijante funkcionalne strukture koja omogućava dobijanje drugačije mogućnosti rešenja grupa. Osim funkcionalnih uslova, ovdje se javljaju i uslovi proizvodnje.
- Za izradu funkcionalne strukture potrebno je pomoću liste zahtjeva izvući prepoznatljive funkcionalne međuzavisnosti i dobiti neku grubu strukturu uz mali broj parcijalnih funkcija. Ovako dobijene kompleksnije parcijalne funkcije postepeno se rastavljaju dalje, što je svakako jednostavnije nego započeti odmah s komplikovanim parcijalnim funkcijama.
- Ako se u početku ne može dobiti neka jednoznačna povezanost između pojedinih parcijalnih funkcija, dovoljno je za traženje principa rešenja prebrojavanje važnih parcijalnih funkcija bez logične ili fizikalne povezanosti, a nakon toga mogu se ovako dobijene parcijalne funkcije srediti prema stepenu kompleksnosti.

- Logična povezanost funkcionalne strukture može proizići iz neposrednih logičnih elemenata principa djelovanja.
- Funkcionalne strukture su potpune samo ako su dati potpuni podaci za očekivani tok materijala, energije i signala.
- Pri postavljanju funkcionalne strukture važno je znati da se transformacija energije materijala i signala javlja u većem broju parcijalnih funkcija, pa ih treba postaviti prije.
- Grubom strukturom ili analizom poznatih sistema dobijene funkcionalna struktura može omogućiti dobijanje novih varijanti:
  - ✓ rastavljanjem ili sastavljanjem pojedinih parcijalnih funkcija,
  - ✓ promjenom redosleda pojedinih parcijalnih funkcija,
  - ✓ promjenom načina povezivanja (serijsko, paralelno ili mostno povezivanje) i
  - ✓ promjenom granice sistema.

- Tehnički proizvodi (elementi, dijelovi mašina, mašine, uređaji, postrojenja) mogu se posmatrati kao sistem. Svaki takav sistem mora izvršavati određenu ukupnu funkciju (npr. glavnu i nekoliko sporednih funkcija).
- Analiziramo li tehničke sisteme (tehničke proizvode) kao što su postrojenje, aparat, mašina, pribor, montažna grupa ili mašinski dio, proizilazi da svi nabrojani sistemi (proizvodi) učestvuju u nekom tehničkom procesu u kojem se vrši:
  - ✓ transport ili transformacija energije,
  - ✓ transport ili transformacija materijala,
  - ✓ transport ili transformacija signala.
- Ishodište za opis sistema može uvijek biti black-box, kako je to u tehnici uobičajeno. Pri tome se na samom početku ne prave problemi o promjenama koje se dešavaju unutar black-box.
- Iz toga proizilazi najčešće verbalan opis ukupne funkcije koji bi sistem morao izvršiti, kao i ulazne i izlazne veličine.



- Ulazne i izlazne veličine su pri tome materijal, energija i/ili signali (podaci) koji moraju biti tačnije precizirani podacima o kvantitetu (količini), kvalitetu i troškovima.
- VDI 2222 kod tehničkog sistema definiše navedene veličine ulaza i izlaza na sledeći način:



## Funkcija

Funkcija je apstraktno opisana zavisnost između ulaznih i izlaznih veličina sistema zbog izvršenja zadatka. U black-box je tok ili transformacija materijala, energije i/ili signala podvrgnuta željenoj ili prinudnoj promjeni količine, kvaliteta i troškova.

## Materijal

Materijal može biti sirovina, poluproizvod, finalni proizvod, tečnost, gas, ... Materijali podliježu mnogim promjenama. Materijali se dijele na **pogonske**, koji omogućuju održavanje pogona i na **proizvodne**, koji se ugrađuju u konstrukciju.

## Energija

- Energija je mehanička, toplotna, električna, magnetna, optička, akustična, hemijska, atomska, ali i moment, snaga, sila. Transformacija energije kod alatne mašine predstavlja transformacija električne energije u mehaničku.

## Signali (podaci)

- Signal je mjerna veličina, podatak, impuls, informacija. Svaki signal treba kao nosilac neku, iako malu, potrebnu energiju. Često nije jednostavno razlikovati energetske i signalne veličine ili neku veličinu okarakterisati kao energiju ili kao signal. U svakom postrojenju prerađuju se informacije pomoću signala. Signali se uvode, sakupljaju, šalju, upoređuju, povezuju i registruju.
- Signali su prikazi informacija posredstvom fizičkih veličina. Ovakve fizičke veličine označavaju se ponekad kao nosioci signala. Razmjena informacija vrši se predajom signala. Parametar signala je ona karakteristična veličina koja nosi informacije. Signali mogu biti prikazani kao analogni i digitalni.

### Količina

- Količina je broj, veličina, zapremina, masa, punjenje, potrošnja, kapacitet, snaga.

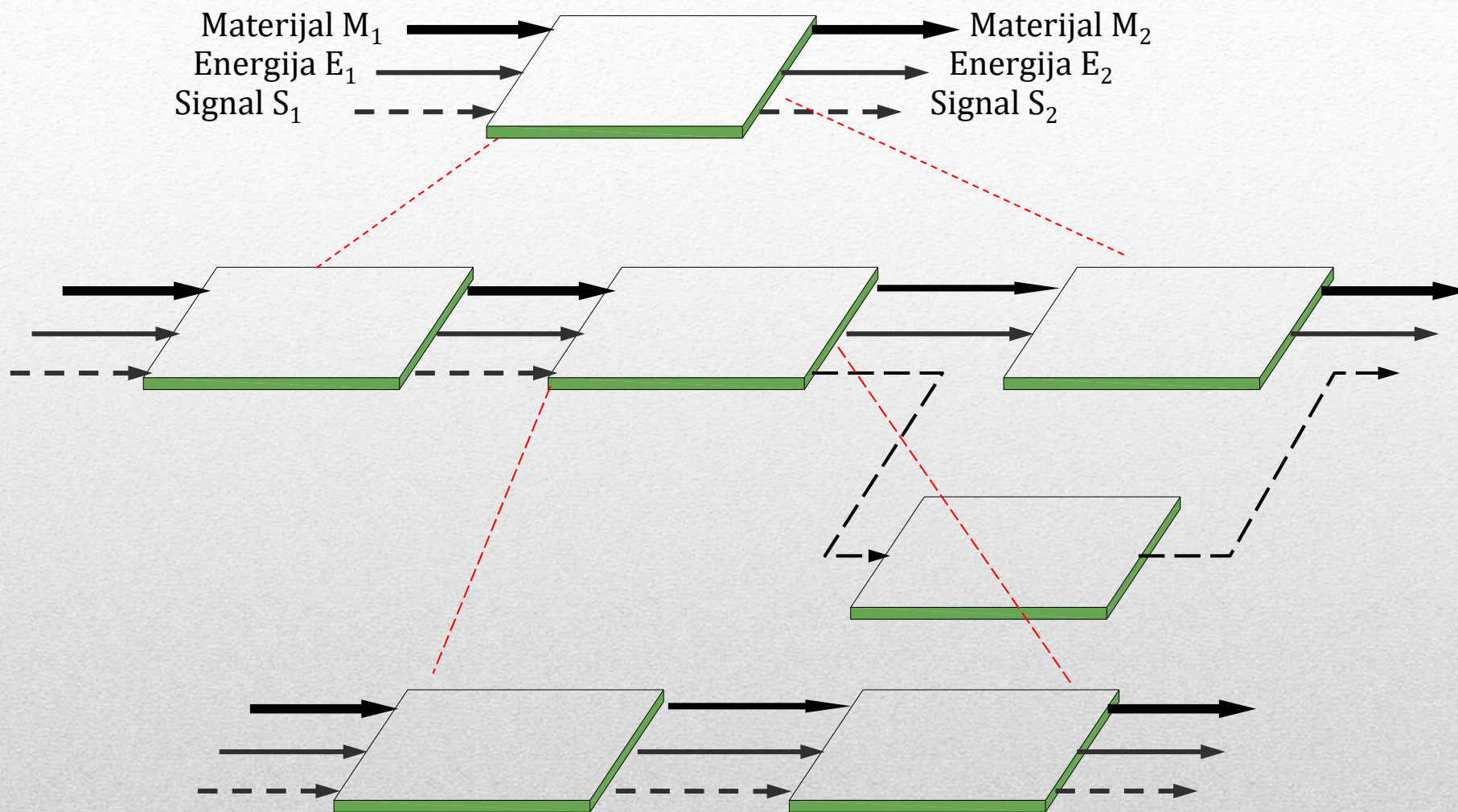
### Kvalitet

- Kvalitet je dopušteno odstupanje od nazivne mjere, klasa kvaliteta, iskoristivost, svojstva, kao što su otpornost prema koroziji i otpornost prema udaru.

### Troškovi

• Troškovi obuhvataju troškove izrade, pogonske troškove, optimalne cijene i optimalne troškove izrade, vrijednost sirovina i finalnog proizvoda. Za mnoge primjere moguća je obrada tek onda kada ulazne veličine sadrže troškove i podatke po kojoj cijeni mogu biti izrađene izlazne veličine.

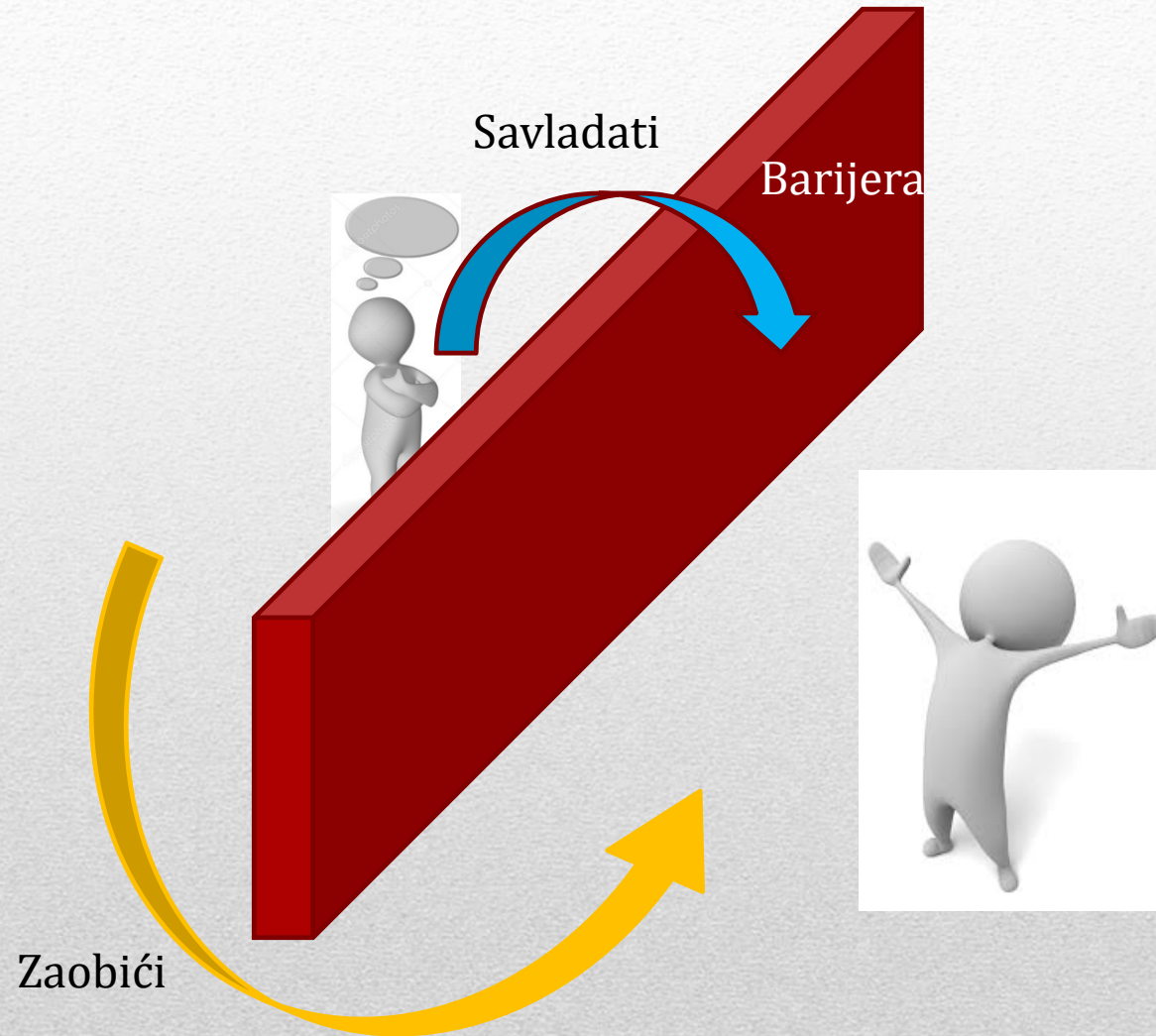
- Polazeći od formulisanog problema (*ukupne funkcije*), potrebno je potražiti funkcije pomoću kojih se problem može riješiti.
- Povezivanje tih funkcija međusobno daje *funkcionalnu strukturu*.
- U najvećem broju slučajeva neophodno je više pojedinačnih - *parcijalnih funkcija*, da bi se moglo dobiti rešenje. Treba nastojati da tih parcijalnih funkcija u početku bude što manje, kako bi funkcionalna struktura bila što jednostavnija.



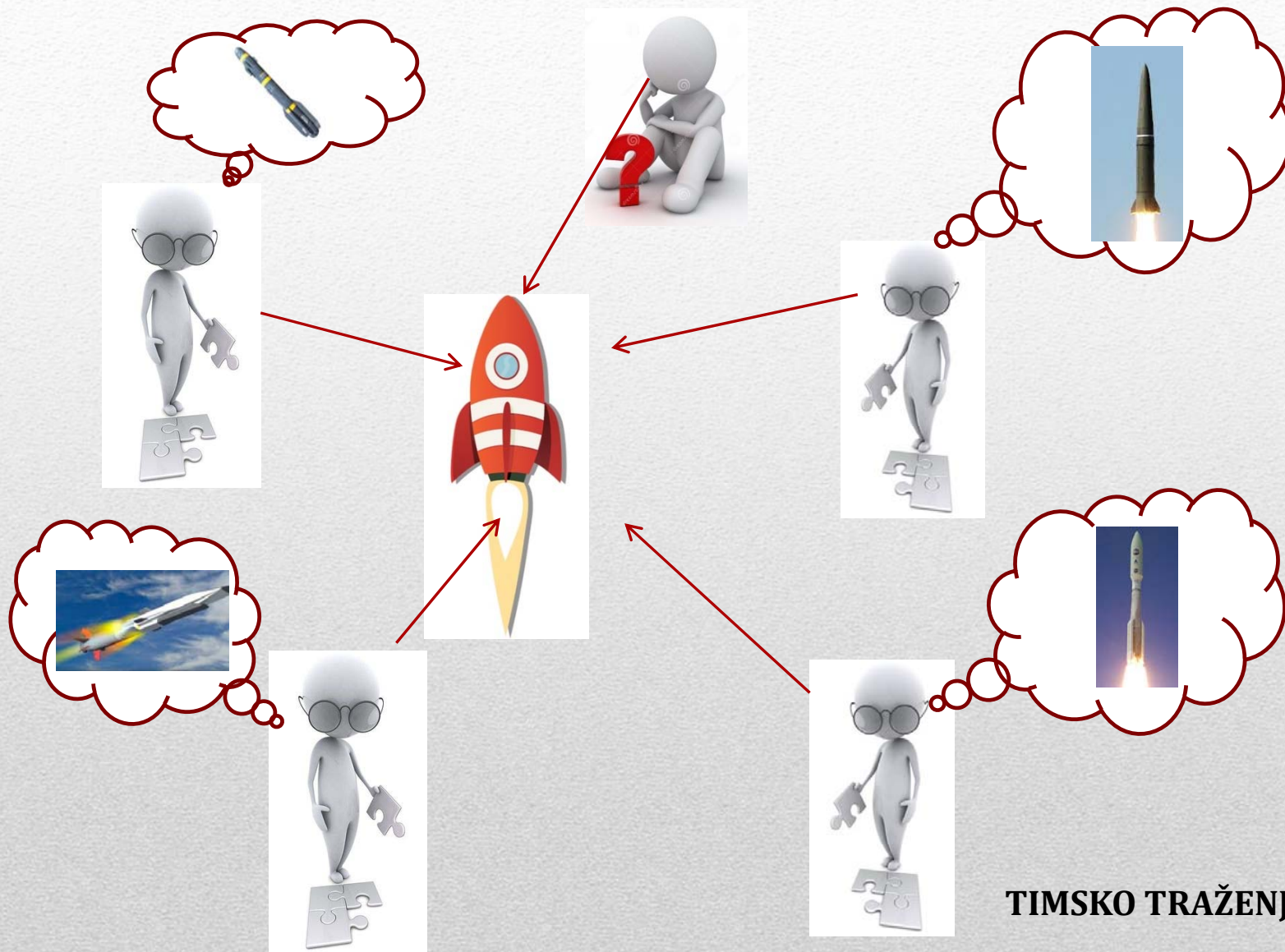
Opšti slučaj formiranja funkcionalne strukture

- Na prikazanom opštem slučaju predviđeno je da ulazne veličine čine kombinaciju sve tri komponente: *materijal*, *energija* i *signal*, što će i biti slučaj pri najvećem broju mašinskih konstrukcija.
- Međutim, kod uređaja za transformaciju informacija riječ je o toku signala, a neophodan energetski tok tretira se u tom slučaju kao sporedan.
- Funkcionalna struktura pogonske mašine prikazuje transformaciju energije uz tok materijala.
- Transportni problem ima težište u toku materijala uz kojeg se tok energije i signala javljaju kao funkcije zavisne od toka materijala.
- Rastavljanjem opšte - ukupne funkcije na potreban broj parcijalnih funkcija (izrada funkcionalne strukture) omogućava dobijanje odgovarajućih principijelnih rešenja i/ili rešenja pojedinih elemenata parcijalnih funkcija.
- Kombinacije principa pojedinih rešenja omogućuju da se odabere određena kombinacija koncepcije radi variranja zbog traženja najpovoljnijeg rešenja.
- Variranje se vrši izradom grubih skica projekta sa mjerama. Izbog najpovoljnijeg rešenja dobijenog variranjem omogućuje izbor pojedinih izvedbi konstruktivnog oblikovanja.
- Varijante konstruktivnog oblikovanja omogućuju odgovarajuće optimiziranje i konačnu razradu izvedbenog rešenja.

Kako savladati neku barijeru da bi došli do željenog cilja?

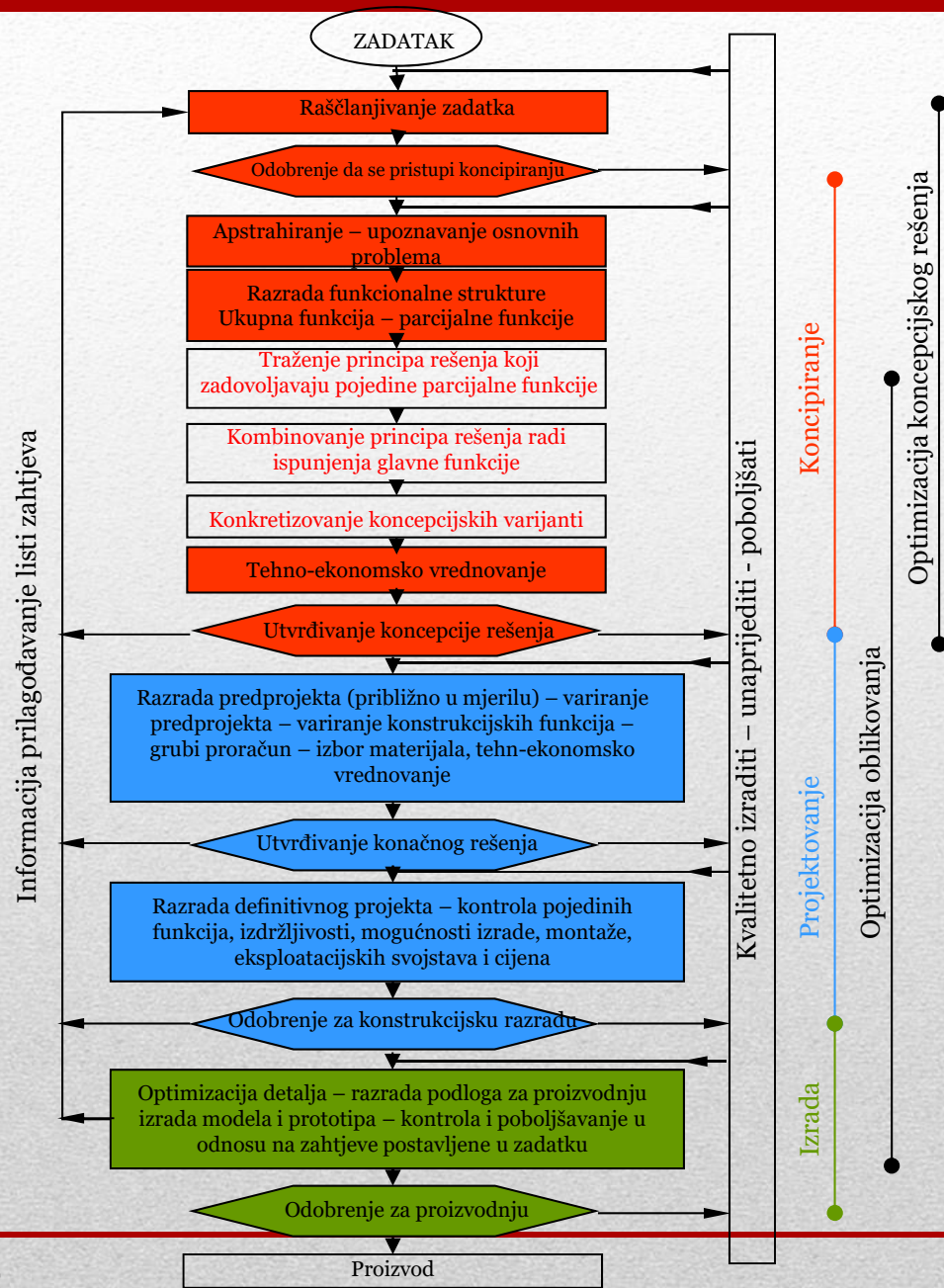


## Pojedinačno traženje rešenja



**TIMSKO TRAŽENJE REŠENJA**

## RADNI KORACI METODIČKOG KONSTRUISANJA





- Glavna prednost sistematskog pristupa je u tome što se konstruktori ne moraju oslanjati na intuiciju i pojave dobre ideje u potrebnom trenutku.
- Do rešenja se mogu doći korišćenjem razrađenih metoda.
- Optimalno rešenje:
  - ✓ ispunjava sve zahteve u listi zahtjeva, kao i većinu želja,
  - ✓ mogu se realizovati od strane društva u okviru ograničenja troškova (ciljnih troškova) i da pronađu put do tržišta itd.
- Da bi se došlo do takvog rešenja, potrebno je:
  1. Niz mogućih rešenja za dati zadatak mora biti generisan. Osnova za to je funkcija strukture koja se koristi za podjelu ukupnog zadatka (ukupne funkcije) na pomoćne (parcijalne) funkcije. **Funkcija strukture** takođe pruža funkcionalni međuodnos između parcijalnih funkcija, po kojoj opisuje odnos između inputa i outputa za svaku parcijalnu funkciju u odnosu na tok materijala, energije i signala.

2. U drugom koraku, jedan ili više mogućih **fizikalnih efekata** dodjeljuju se svakom od tih rešenja parcijalne funkcije kako bi se realizovale iste. To je učinjeno u skladu sa specifičnim zahtjevima zadatka. Često parcijalna funkcija (subfunkcija) može biti ostvarena samo kroz kombinaciju nekoliko fizičkih efekata.
- Ovo je još jedan razlog više da se koriste metode za iznalaženja rešenja. One koje su predložene ili opisane u sledećim odeljcima potiču iz, između ostalog, područja kreativnosti tehnike sa svojim uopšteno ponavljajućim metodama. Druge su opet na osnovu analogije ili logičkog zaključivanja.
  - **Metode opisane u ovom poglavlju koriste se za konstruisanje i razvoj novih proizvoda.** Međutim, one mogu biti vrlo korisne kada se želi postojeći patent ili proizvod konkurencije prevazići ili kada postojeći proizvodi ili komponente moraju biti optimizovane.
  - Metode treba da budu izabrane, prilagođene i korišćene u kontekstu problema koji se rešava.

- Analiza liste zahtjeva omogućila je da se upoznaju glavni problemi. Tako utvrđeni glavni problemi mogu se rastaviti na parcijalne probleme – parcijalne zadatke.
- Definisanjem ulaznih i izlaznih veličina potrebnih za izvršenje parcijalnih zadataka (problema) mogu biti utvrđene parcijalne funkcije koje međusobno povezane daju funkcionalnu strukturu. Takva se funkcionalna struktura, koja glavnu funkciju zadatka dijeli na parcijalne, može mijenjati varijacijama parcijalnih funkcija i njihovim različitim povezivanjem. Iz ovog proizilazi već prva mogućnost stvaranja većeg broja varijanata rešenja.
- Zavisno od kompleksnosti zadatka, ukupna funkcija i parcijalne funkcije rastavljaju se u više nivoa. Svaki takav dalji nivo ima određeni stepen kompleksnosti.
- **Za svaku parcijalnu funkciju moraju biti pronađeni principi rešenja.** Ovako dobijeni principi rešenja mogu biti kombinovani u koncepcijske varijante, od kojih svaka ovako dobijena varijanta mora ispunjavati glavnu funkciju.
- U prvoj fazi konkretizacije traže se mogući radni principi (principi djelovanja). Radni princip, pomoću kojeg se utvrđuje mogućnost izvršenja funkcije, sadrži uglavnom za taj radni princip potreban fizikalni događaj.

- Princip rešenja obuhvata potrebne fizikalne efekte i/ili principijelna rešenja.
- Polje rešenja (broj varijanti) može se dobiti varijacijama fizikalnih efekata parcijalnih funkcija i oblikovanjem.
- Za izvršenje neke parcijalne funkcije može biti djelotvoran veći broj fizikalnih efekata na jednom ili većem broju nosioca funkcije.
- Navedena pomoćna sredstva i metode za pronalaženje rešenja nijesu predviđena samo za fazu koncipiranja, već i za kasnije faze – projektovanja.
- Za traženje i pronalaženje potrebnih rešenja parcijalnih funkcija raspolažemo, kako je rečeno, mnogim metodama počevši od konvencionalnih, intuitivnih, diskurzivnih i drugih metoda.

## Metode za pronalaženje rešenja

### KONVENCIONALNE

- Izučavanje literature
- Analiza prirodnih sistema
- Eksperimenti
- Mjerenja
- Analogija i mehanička sličnost
- .....

### INTUITIVNE

- Brainstorming
- 635
- Delphi
- Sinektika
- .....

### DISKURZIVNE

- Morfološke matrice
- Katalozi
- .....

### INOVACIONE TEHNIKE

- WOIS
- Scenario tehnike
- TRIZ
- ....

### IZBOR I RANGIRANJE

- ABC analiza
- Tehno-ekonomska analiza
- Ekološka analiza
- Ergonomska analiza
- .....

- Razlike između spomenutih metoda svode se na metodičke postupke koji omogućavaju bilo jedne, bilo druge, bilo treće metode.
  - Treba napomenuti da se pojedine metode međusobno ne isključuju, naprotiv, one se međusobno dopunjuju.
  - Koju ćemo od spomenutih metoda u konkretnom slučaju primijeniti, zavisi će od trenutne problematike, stanja informisanosti i vrsti konstruktivnog rada koji se obavlja.
- 
- ❖ **Konvencionalne metode** se primjenjuju u kombinaciji sa nekom od ostalih metoda.
  - ❖ **Intuitivne metode** stimuliši kreativnost konstruktora.
  - ❖ **Diskurzivne metode** su nastale paralelno sa inovativnim razvojem koncepcije TS.
  - ❖
  - ❖ **Inivacione tehnike** pomažu u usmjeravanju razmišljanja kako bi se došlo do inovativnog rešenja.
  - ❖ **Izbor i rangiranje** se bazira na ostvarenju određenih potreba.

## Konvencionalne metode

- Među konvencionalne metode ubrajamo:
  - prikupljanje podatka iz literature,
  - analizu prirodnih sistema,
  - analizu poznatih tehničkih rešenja,
  - analognu metodu i mehaniku sličnosti,
  - mjerenje i eksperimente i
  - konstruktivnu metodu sličnosti.

### Prikupljanje podataka

- Za konstruktora, pristup informacijama je veoma bitan. Kao prvi korak, konstruktor koristi razne metode prikupljanja korisnih tehničkih informacija.
- Informacije i nosioci podataka sistematski se pretražuju i **obrađuju što pomaže za pasivno otkrivanje rešenja.**
- Internet omogućava veću efikasnost u odnosu na konvencionalnu tehniku:
  - ✓ pretraga literature,
  - ✓ analiziranje publikacija,
  - ✓ praćenje prezentacija na sajmovima i izložbama i
  - ✓ upoznavanje патената, itd.



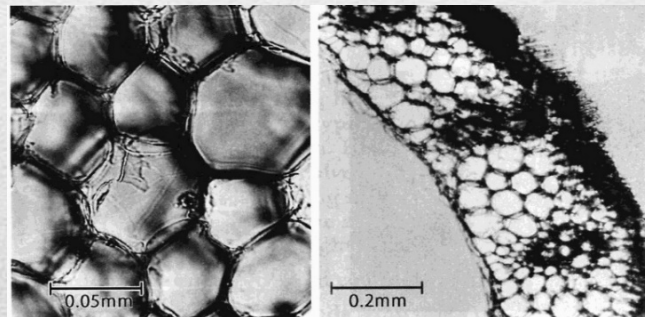
Postizanje ciljeva:

- nova saznanja,
- usmjeravanje razmišljanja,
- stvaranje novih ideja.

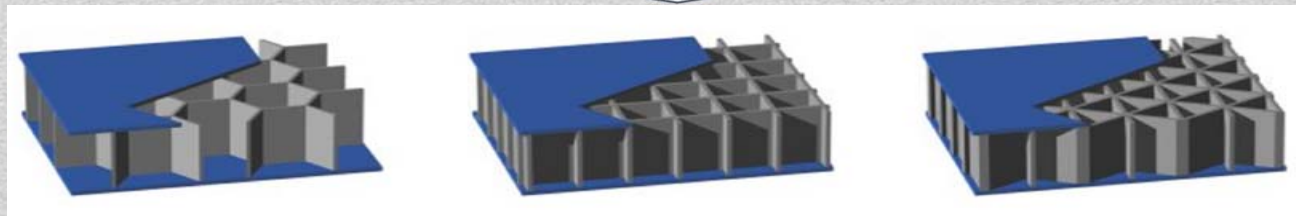


## Analiza prirodnih sistema

- Studija prirodnih oblika, struktura, procesa i organizama može dovesti do vrlo korisnih i novih tehničkih rešenja.
- Veze između biologije i tehnike istražuju se na polju bioelektronike i biomehanike. Priroda može podstaći kreativnu maštu konstruktora na poseban način.
- Tehnička aplikacija prirodnih principa konstruisanja uočljivi su za strukture, cijevi i šipke, oblika kod aviona i brodova, za uzgon i leteće karakteristike aviona, itd. Strukture u obliku tankih stabala vrlo su važne.

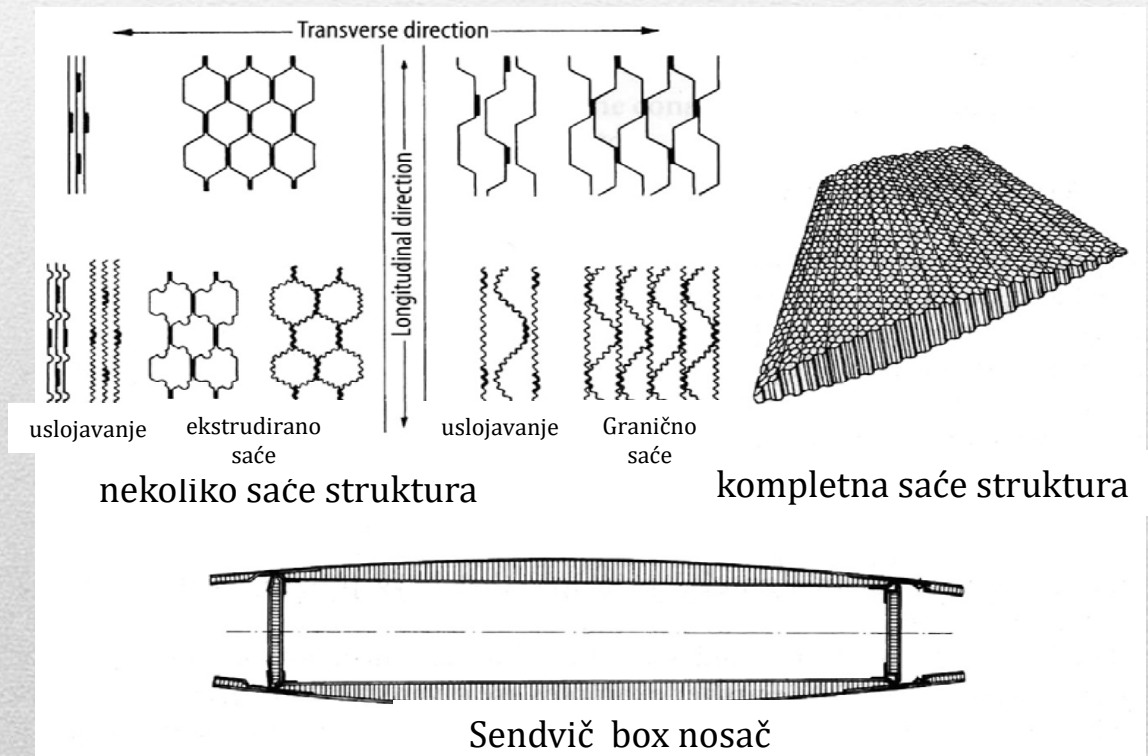


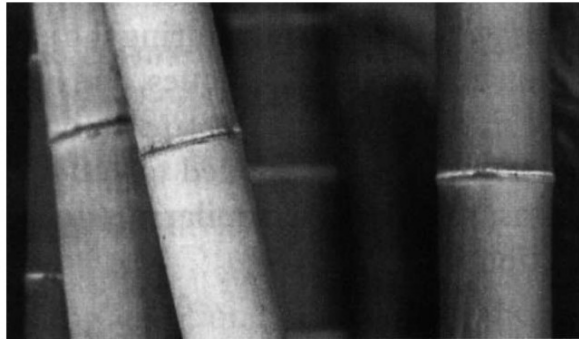
Zid od pšenične stabljike



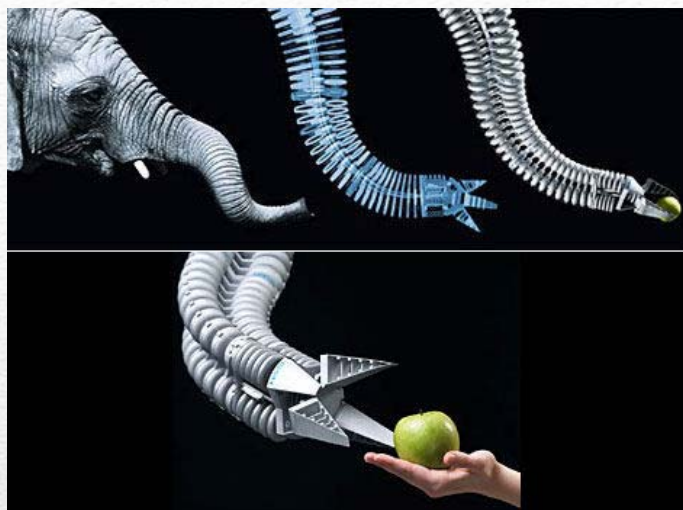
Kompozitna struktura materijala

- Kompozitna vlakna mogu se koristiti da se optimizuje krutost i deformacija korišćenjem struktura koje se mogu naći u prirodi.
- Struktura ugljenika, stakla i plastičnih vlakana su usklađena sa smjerovima glavnih napona i ugrađene su pretežno u polimerne matrice od poliesteru i epoksilnih smola.
- Druga tehnička aplikacija je sendvič konstrukcija. Na slici je prikazano nekoliko aplikacija prirodnih principa koji se koriste u avio industriji.





Namibijska buba – kondenzacija vode

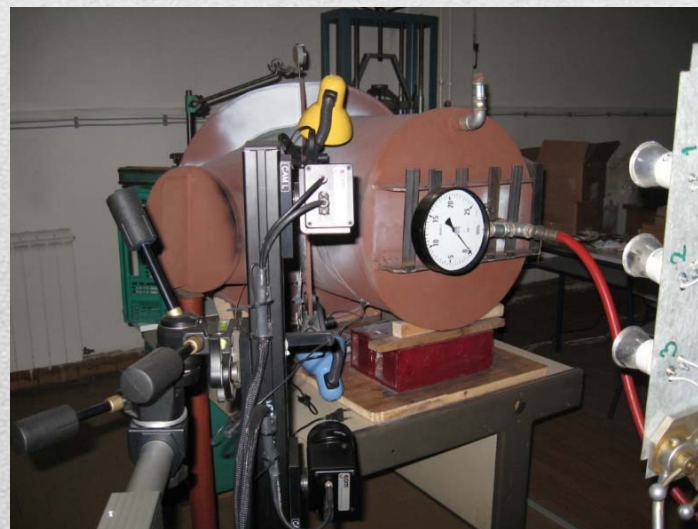
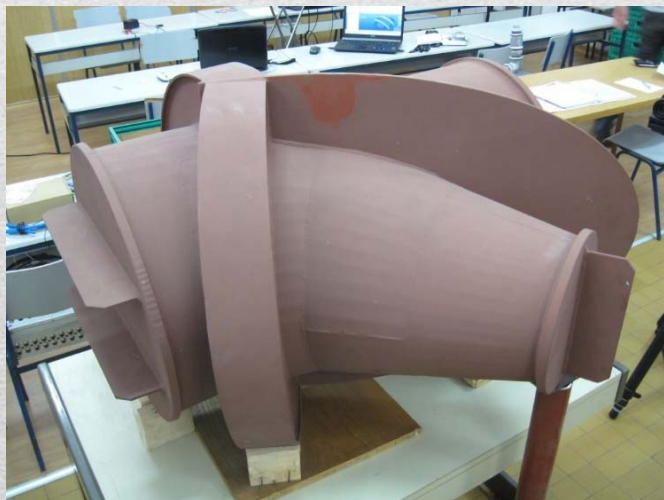


MERCEDES



## Mjerenja i eksperimenti s modelima

- Mjerenja na izvedenim konstrukcijama, modelna ispitivanja korištenjem mehanike sličnosti i ostalih eksperimentalnih istraživanja, predstavljaju konstruktoru najvažniji izvor informacija.
- Pri finomehaničkim proizvodima i prilikom masovne proizvodnje eksperimentalna istraživanja su važna, pa čak i uobičajena za pronalaženje rešenja.
- Značenje eksperimentalnih međukoraka javlja se i u organizacionom smislu. Naime, pri takvom razvoju proizvoda potrebno je često u područje konstruisanja uključiti laboratoriju.



## Analiza postojećih tehničkih sistema

- Analiza postojećih (poznatih) tehničkih sistema pripada najvažnijim pomoćnim sredstvima s kojim se dolazi postepeno (*step-by-step*) do novih i poboljšanih varijanata poznatih rešenja. Takva analiza vrši se u misaonim ili čak i materijalnim rastavljanjem proizvoda.
- Ova analiza uključuje fizičko rastavljanje kod gotovih proizvoda. To se može smatrati kao obrazac za stuktturnu analizu usmjerenu na otkrivanje logičke povezanosti, fizičko formiranje funkcije konstrukcija. Postojeći sistemi koji se koriste za analizu mogu uključivati:
  - ✓ proizvode ili proizvodne metode iz konkurentnih preduzeća,
  - ✓ starije proizvode i proizvodne metode iz sopstvenog preduzeća,
  - ✓ slične proizvode ili sklopova koju definišu neku parcijalnu funkciju ili dijelova funkcionalne strukture koji odgovaraju onima za koje se traži rešenje.

## Analogija i mehanika sličnosti

- Tehnička analogija i mehanika sličnosti mogu, posebno u fazi projektovanja, predstavljati dragocjena pomoćna sredstva za dimenzionisanje i proračun konceptijskih rešenja.
- Npr. elektrotehnička analogija omogućava proračune vibracija i gubitaka komplikovanih hidrauličkih sistema pomoću jednostavnih zakona elektrotehnike. Ovakve analogije čine osnovu analognih računala.
- Pomoću mehanike sličnosti mogu biti iz osnovnih tipova razvijeni redovi i sistemi ugradbenih jedinica.

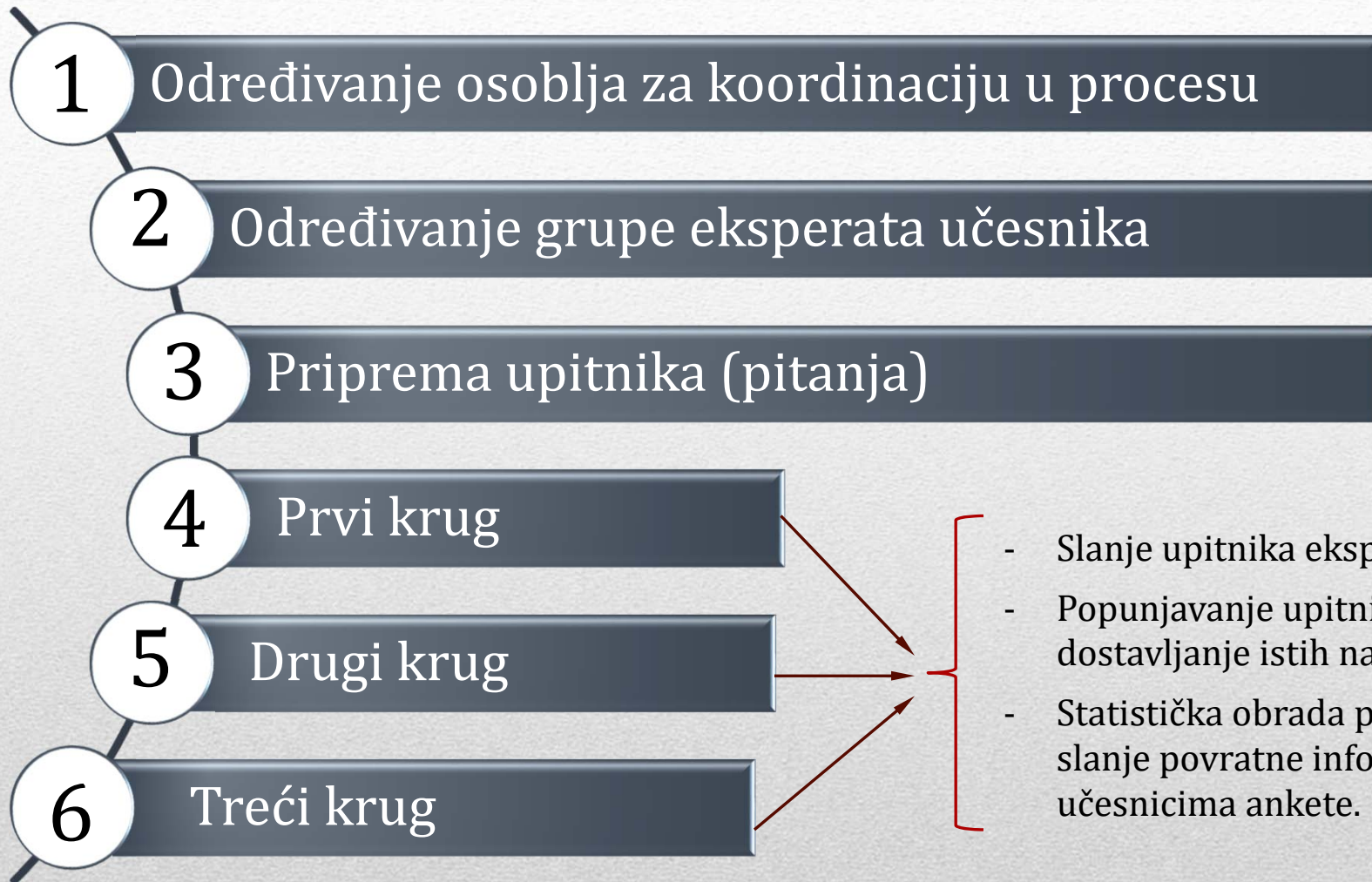
## Intuitivne metode

- Intuitivne metode vode intuicijom i spontanošću do rešenja.
- Glavni nedostatak - prava ideja obično ne dolazi u pravo vrijeme.
- Ne treba se oslanjati samo na intuiciju svojih konstruktora.
- Cilj mnogih intuitivnih metoda je da podstaknu intuiciju i asocijacijom dobijenih ideja daju impuls za nove putove rešenja.

### Delphi-metoda

- Za rad pomoću *Delphi-metode* uzimaju se **samo stručnjaci (10-15, max. 35)**.
- Metoda prognoziranja na osnovu ocjena eksperata.
- Metodološki koristi se znanja eksperata u cilju predviđanja i iznalaženja konačnog rešenja.
- Njima se postavljaju pitanja u pismenom obliku, i to tako da u toku **tri kruga** oni trebaju da spontano odgovore (u pismenom obliku) na postavljena pitanja.
- Delphi-metoda je **dosta skupa** i mora biti **pažljivo isplanirana**. U području konstruisanja upotrebljava se za radove razvoja.





- Slanje upitnika ekspertima.
- Popunjavanje upitnika od strane eksperata i dostavljanje istih naručiocu.
- Statistička obrada popunjenih upitnika i slanje povratne informacije ekspertima učesnicima ankete.

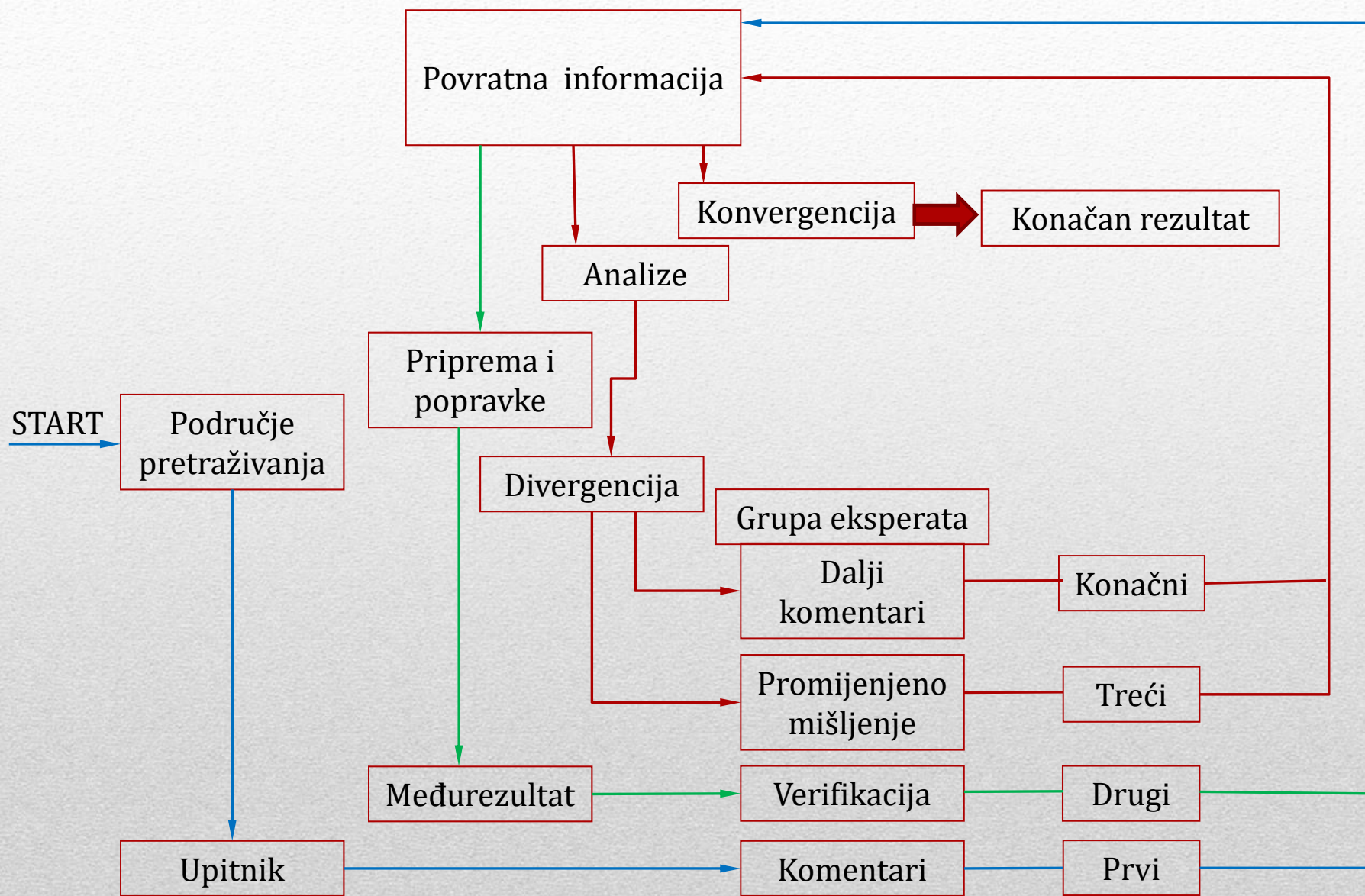
- Postavljena pitanja:

**Prvi krug:** Koje mogućnosti za rešenje navedenog problema vidite? Dajte spontano predloge rešenja. Napišite bar pet predloga rešenja.

**Drugi krug:** Dobit ćete u prilogu listu s unešenim rešenjima koje se odnose na zadati problem. Pregledajte listu i dodajte nove predloge koji vam spontano padnu na pamet ili one na koje su vas podstakla rešenja koja su bila na listi. Nastojte i kombinacijama različitih predloga iz liste razviti nova rešenja.

**Treći krug:** U prilogu ćete dobiti rezultate obje liste. Pregledajte rezultate i napišite koja od navedenih rešenja smatrate najboljim u odnosu na mogućnost realizacije.

- Prednosti:
  - 👍 brzo postizanje koncenzusa,
  - 👍 učešće eksperata iz cijelog svijeta,
  - 👍 anonimnost metode čime se sprečava mogućnost ostvarivanja međusobnih uticaja eksperata,
  - 👍 kontrolna povratna veza (feedback) između dva uzastopna odgovora,
  - 👍 interdisciplinarnost,
  - 👍 zajednička prognoza je rezultat sistematskog usaglašavanja pojedinih prognoza.
- Nedostaci:
  - 👎 uspješnost metode isključivo zavisi od učesnika (nivo njihove ekspertize) i sastava grupe,
  - 👎 moguć subjektivizam,
  - 👎 pitanja moraju biti precizna i nedvosmislena,
  - 👎 složen proces organizacije i izvođenja,
  - 👎 opasnost od odustajanja nekog od učesnika istraživanja – nestabilnost članova tima,
  - 👎 dug period trajanja.



## Brainstorming

- Brainstorming u doslovnom prevodu označava munjevitu misao, a predstavlja spontanu diskusiju, zajedničko traganje za novim idejama i rešenjima.
- Jedna grupa posebno izdvojenih stručnjaka i poznavalaca raznih područja bez predrasuda iznosi ideje drugim saradnicima u cilju podsticanja razvoja novih ideja i predloga. Pri tome se računa da se povezivanjem (asocijacijom) ideja dobiju eventualno, za problem koji se razmatra, rešenja kojih nismo bili svjesni.
- Grupe se sastoje od 5 do 15 članova, a sastanak traje 20-40 minuta. Manje od 5 članova ne bi bilo dovoljno za stvaranje ideja, zbog premalog spektra iskustva i znanja. Više od 15 učesnika ne osigurava intenzivnu saradnju (pasiviziraju se), a može doći i do grupašenja. Radom koordinira moderator.
- **Grupa ne mora biti sastavljena od stručnjaka. Važno je da je u grupi zastupljeno mnogo različitih struka i područja. Uključivanjem netehničara može se ostvariti obogaćenje ideja.**
- Grupa ne smije biti sastavljena hijerarhijski. Članovi treba da su po položaju približno jednaki da bi se isključila sputanost do koje bi moglo doći ako se u grupi nalazi pretpostavljeni i potčinjeni.



- Četri osnovna principa:
  - Učesnici treba da daju **što veći broj različitih ideja ne opterećujući se kvalitetom istih** – što je veći broj različitih ideja, šansa za pronalazak pravog rešenja je veća. Ne smije da postoji nelagodnost, sputanost – stvoriti kreativnu atmosferu **da se ideja slobodno iznese** .
  - Predloge pojedinih učesnika iz grupe treba da **drugi članovi preuzmu kao podsticaj**. Svaki učesnik mora pažljivo slušati, a svi izgovoreni podsticaji razvijaju se u grupi dalje.
  - Posebno je važno da za vrijeme sjednice **kritika nije dozvoljena**.
  - Potrebno je **omogućiti svakom učesniku da svoje ideje (misli) razvija bez bojazni**.
- Sastanak grupe - **ne duže od pola sata**. Duži sastanci ne donose, prema iskustvu, ništa novog, a dovode često do ponavljanja.
- Ništa što je na sastanku rečeno ne smije biti smatrano glupim, apsurdnim ili nečim davno poznatim.
- Ideje se upisuju ili snimaju. Rezultate pregledaju stručnjaci, sređuju, sistematizuju i kontrolišu u odnosu na mogućnost realizacije. Iz ideja se nastoje razviti rešenja.
- Dobijene rezultate potrebno je s grupom još jednom prodiskutovati da bi se izbjegli eventualni nesporazumi ili moguće jednostrano tumačenje stručnjaka.

- Prednost brainstorminga dolazi do izražaja:
  - ❖ ako ne postoji rešenje principa koje se može realizovati,
  - ❖ ako se fizikalni efekt nekog mogućeg rešenja ne može otkriti,
  - ❖ ako postoji osjećaj da se s poznatim rešenjima ne može ići dalje,
  - ❖ ako se želi prekinuti s konvencionalnošću.
- Nedostatak:
  - ❖ ne primjenjiva kod kompleksnih problema jer se problem račlanjuje i rešava se više parcijalnih problema,
  - ❖ neki od članova tima mogu postati nezainteresovani i isključiti se iz procesa razmišljanja.
  - ❖ menadžer može usmjeriti traženje rešenja u pogrešnom smjeru.

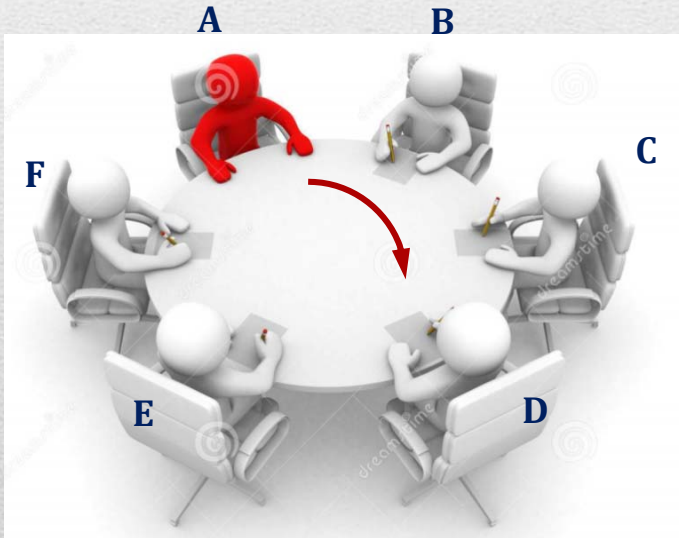


## Metoda 6-3-5

- Metoda je predviđena kao timska za traženje ideja, a počiva na intuiciji učesnika.
- Predviđena je za opšte probleme.
- Metoda objedinjuje sistematsko-logičan postupak s intuitivno-kreativnim načinom mišljenja.
- Učestvuje **6 aktera** A do F, koji ispisuju po **3 predloga rešenja** nekog problema u okviru propisanog vremena od **5 minuta** na pripremljenom formularu. Ima ukupno 6 formulara i **proces traje 30 minuta**.
- Ukupno ima: **6 (formulara) \* 3 (ideje) \* 6 (aktera) = 108 ideja**.

Koraci:

1. Problem se definiše, prodiskutuje se i notira se.
2. U predviđenom formularu svaki akter zapiše po tri ideje u roku od 5 minuta
3. Formular se prosleđuju osobi do, u smjeru kazaljke na časovniku (A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-A).
4. Svaki akter ponavlja isti proces popunjavanja 6 formulara (A-B-C, B-C-D, C-D-E, D-E-F, E-F-A, F-A-B).
5. Korak **evaluacije**: svih 6 formulara na kraju kruže od aktera A do aktera F koji prema svom uvjerenju najbolje ideje označavaju znakom "X".





6-3-5 metoda		
Formulisanje zadatka: _____		
Učesnici: _____		
Ideja 1	Ideja 2	Ideja 3

- Učesnici panela moraju biti upoznati sa problematikom rada 2-3 dana ranije.
- Prednosti metode 6-3-5 u odnosu na brainstorming metodu su:
  - ✓ osnovna ideja se sistematičnije popunjava i dalje razvija,
  - ✓ moguće je slijediti tok razvoja i otkriti začetnika koji je doveo do uspješnog rešenja problema,
  - ✓ vođa nije potreban.
- Kao nedostatak metode 6-3-5 može se spomenuti  smanjena kreativnost izazvana izolacijom i smanjenim stimulansom, jer ne dolazi do izražaja aktivnost grupe kao cjeline.
- Metodom 6-3-5 može se za pola sata proizvesti ogroman broj predloga rešenja. Iz toga proizlazi da metoda teče uz određeni vremenski pritisak. Uzima se za svaki krug pet minuta ili se varira tako da se za prvi krug uzimaju tri minute, a za posljednji osam minuta.

## Diskurzivne metode

- Diskurzivne metode za pronalaženje rešenja u suštini predstavljaju prikupljanje informacija o:
  - Fizičkim efektima,
  - Principima djelovanja,
  - Konstrukcionim funkcijama,
  - Materijalima,
  - Mogućnostima izrade itd.
- Za bolje korišćenje izvora informacija moraju biti, pomoću obrade podataka, razrađene memorije podataka koje konstruktoru omogućuje korišćenje informacija prema problematici koja se obrađuje.
- Obrada na takav način sređenih informacija u memorijama računara predstavlja opsežan posao.
- Posebnu teškoću ne predstavlja samo prikupljanje informacija, već klasifikacija prikupljenih informacija.
- Kod predloženih metodičkih postupaka za pronalaženje rešenja dominantnu ulogu imaju algoritamske metode, što svakako omogućava povećanje mogućnosti primjene računara.

## Iterativno traženje rešenja

- Iteracija označava ponavljanje, obnavljanje nečega što se više puta događa. Iterativna metoda se primjenjuje tako što se od prve ideje date skicom u iterativnom redosledu razrađuju dalje (principijelno) skice koje se kritički razmatraju da bi se dobila bolja rešenja.
- Iterativno poboljšanje i izmjenjivanje prvog principa rešenja vrši se tako dugo dok se ne razradi jedna ili više varijanti rešenje koje zadovoljavaju uslove zadatka.
- **Suština postupka je u ponavljanju i kritičkom razmatranju i traženju nedostataka.**
- Ovaj postupak leži zapravo između intuitivnog i diskurzivnog postupka.

## Metode koje se temelje na metodičkim postupcima

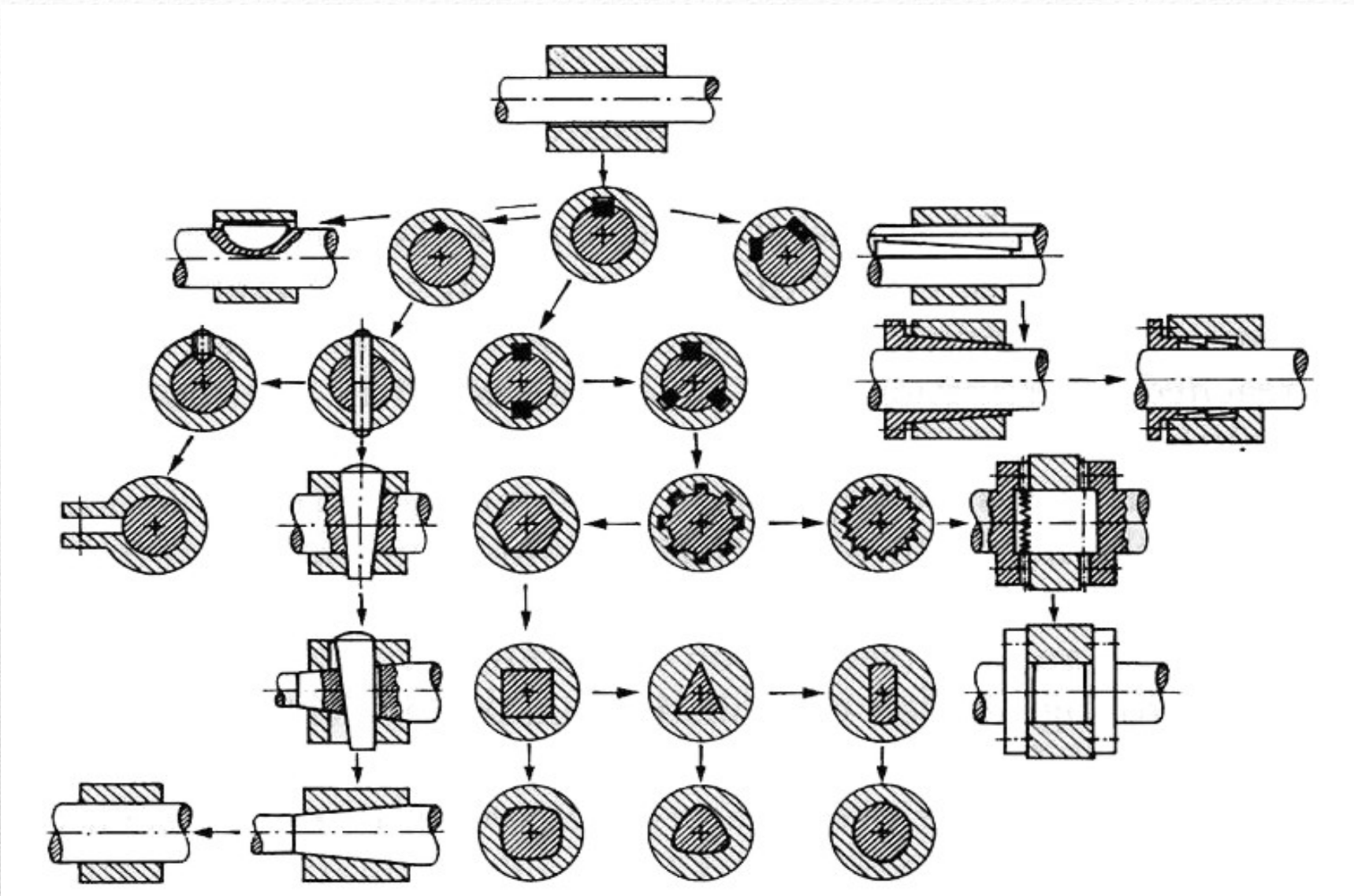
- Riječ je o metodičkim uputstvima koji se označuju kao heuristički principi.
- Sama riječ heuristika označava umjetnost pronalaženja; uputstvo da se metodičkim putem pronade novo.
- Heurističke metode nijesu metode dokaza, one su samo postupci koji pomažu traženju dokaza.

### Metode tačno usmjerenih koraka

- Pri metodičkom postupku često može biti korisno koncentrisati se na pitanja i postavljati pitanja. Vlastitim postavljanjem pitanja ili predloženim pitanjima prisiljeni smo na proces mišljenja i posticanje intuicije.
- Katalozi pitanja nagone na diskurzivni postupak.

### Metoda koraka naprijed

- Polazeći od prvog rešenja nekog problema, pokušava se naći što veći broj mogućih puteva koji od polazne situacije vode prema novim rešenjima.
- Govori se o svjesnoj divergenciji misli, divergentnom mišljenju (divergentan = razilazan, koji ide u različitom smjeru, koji se razilazi).
- Ovaj postupak primjenjuje se danas već shematizovano za pojedine zadatke (mehanizme).
- Pronalaženje rešenja metodom koraka naprijed na primjeru razvoja veze glavčina – vratilo dato je kao primjer (strelice označavaju smjer misli).



## ***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.

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

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