

Inženjersko projektovanje

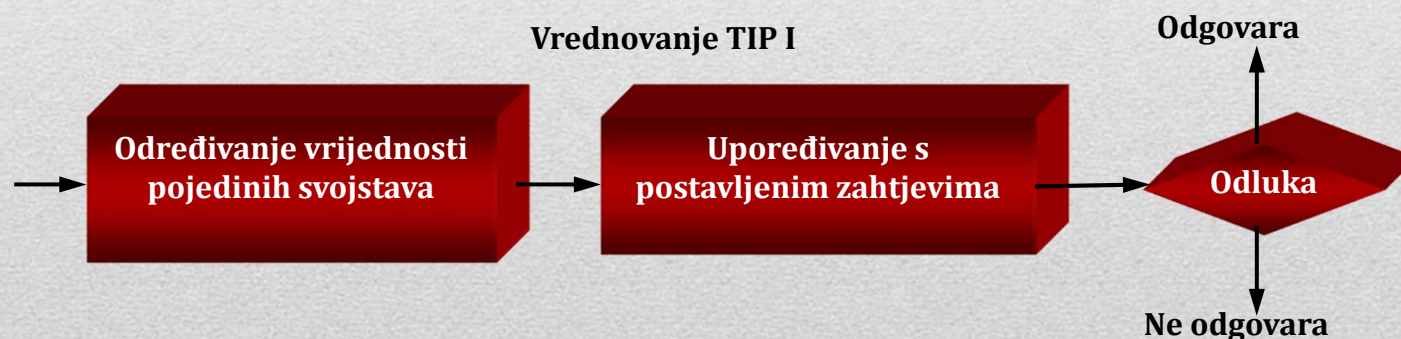
Prof. dr Darko Bajić
Mašinski fakultet Podgorica

- Varijantna rešenja moraju biti kontrolisana na **tehničku** i **ekonomsku** upotrebljivost - dobrotu.
- Znači da se vrednovanjem određuje "dobrota" datog rešenja. Ovo je moguće samo ako postoji jasna slika o cilju kojeg treba ostvariti.
- Pronalaženje optimalnog rešenja vrši se tada na osnovu rezultata vrednovanja.
- Vrednovanje se vrši upoređivanjem rezultata postignutih vrijednosti varijanata rešenja i vrijednosti koje je trebalo postići, a koje su formulisane kao kriterijumi ciljeva vrednovanja.
- Postupak vrednovanja treba da ima kriterijume za **apsolutno** ili **uporedno** mjerenje svake varijante.
- **Težište takvog procesa i odluke ne leži samo u "pravilnom" postupku vrednovanja, već i u izboru "pravih", a time po izboru najvažnijih kriterijuma.**
- **Odabir pogrešne varijante i pored ispravnih kriterijuma uzrokovan je pogrešno odabranim postupkom vrednovanja!**

- Za kriterijume vrednovanja važe ovi preduslovi:
 - ☞ Svi kriterijumi korišćeni za postupak odluke moraju biti značajno relevantni za odluku. *To znači da se odgovarajuća svojstva varijanata moraju zaista odrediti.*
 - ☞ Kriterijumi moraju biti dati kvantitativno, u najgorem slučaju kvalitativno (npr. potrebna vrijednost ispunjenja minimalno i idealno). Kriterijumi kao npr. "mora biti jeftin", "montaža mora biti jednostavna" jasni su sami po sebi i bez konkretnog navođenja.
 - ☞ Kriterijumi vrednovanja moraju biti međusobno nezavisni. U suprotnom, jednaka svojstva pojedinih varijanata određivala bi se pod različitom formulacijom pojmova, što bi davalo pogrešnu sliku rezultata.
 - ☞ Odabrani kriterijumi treba da omoguće sveobuhvatno vrednovanje - da budu potpuni, inače se neka važna svojstva ne bi mogla obuhvatiti.
 - ☞ Kriterijumi vrednovanja moraju biti formulisani pozitivno (npr. ne stvaranje buke nego bešumnost).

- Vrednovanje se sprovodi na dva načina:
 - ✓ prema osjećaju (ne smije se oslanjati samo na neosnovanim osjećanjima, već na dugogodišnjem iskustvu i svjesno ga treba njegovati – konstruktorski osjećaj) i
 - ✓ objektivno, na osnovu određenih kriterijuma.
- U svim slučajevima dolaze u obzir ove operacije:
 - ✓ izbor ukupne karakteristike,
 - ✓ izbor kriterijuma,
 - ✓ vrednovanje kriterijuma i
 - ✓ obrada kriterijuma.

ALGORITMI RADNJI PRI VREDNOVANJU



ALGORITMI RADNJI PRI VREDNOVANJU

Vrednovanje TIP II



ALGORITMI RADNJI PRI VREDNOVANJU

Vrednovanje TIP III



IZBOR KRITERIJUMA VREDOVANJA

- Lista zahtjeva, koja inače predstavlja interni popis zahtjeva i želja, predstavlja idealno mjesto prikupljanja kriterijuma vrednovanja za postupke izbora.
- Ako lista zahtjeva sadrži potrebne i dovoljno jasne pojmove vrijednosti konkretno precizirane i pripremljene za kasniji proces vrednovanja, pronalaženje odluke može biti olakšano i ubrzano.
- Treba razlikovati tzv.:
 - **dualne da/ne zahtjeve (D/N)**,
 - **tolerisane zahtjeve (T) i**
 - **želje (Ž).**
- Zahtjevi **da/ne** djeluju kao predselekcija za varijante rešenja.
- **Tolerisani** zahtjevi služe kao stvarni kriterijumi vrednovanja. Tolerisani zahtjevi predstavljaju zahtjevana svojstva varijanti rešenja u odnosu na postojeća svojstva, od kojih su i jedna i druga svojstva još uvijek prihvatljiva.
- **Želje** se ne smiju miješati s tolerisanim zahtjevima i u toku proceca vrednovanja - valja ih uzimati u obzir.
- Ako zahtjeve za izbor kriterijuma vežemo za pojedine faze procesa metodičkog konstruisanja: koncipiranje (*K*), projektovanje (*P*), razradu (*R*), dajući im odgovarajuće oznake, možemo vrlo lako odabrati relevantne kriterijume.

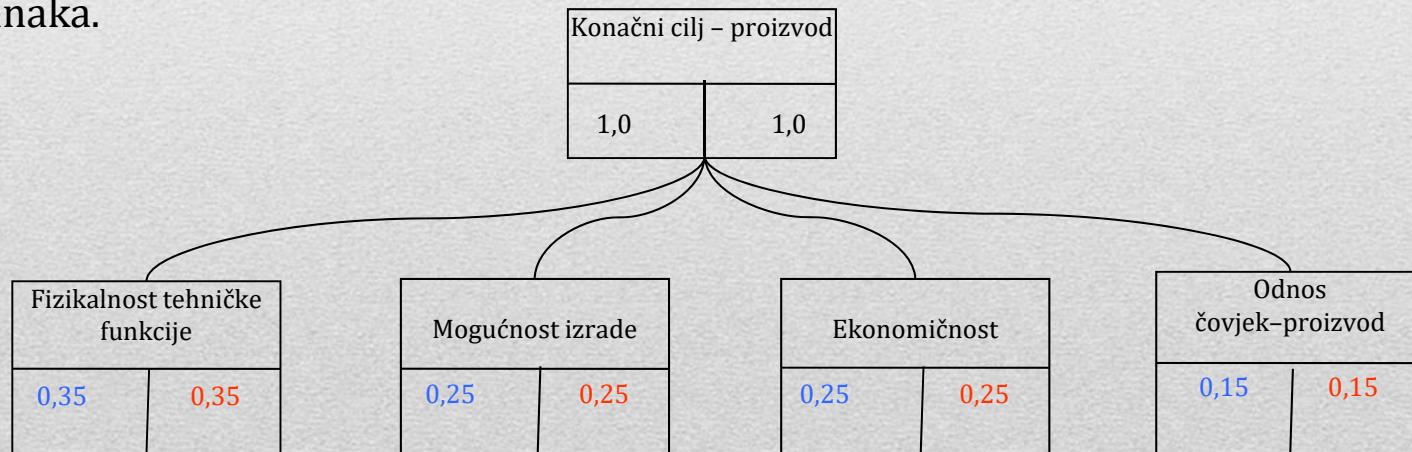
- Na listi zahtjeva mora biti u svakom trenutku za vrijeme rešavanja problema najnovije stanje.
- Prilikom traženja kriterijuma vrednovanja važnu ulogu imaju informacije o "*stanju tehnike*" u vlastitom preduzeću i van njega. Informacije o stanju tehnike ne smiju se koristiti samo pri preciziranju zadatka, već obavezno pri traženju kriterijuma vrednovanja.
- Konstruktor u principu raspolaže sa tri izvora informacija za pronalaženje potrebnih kriterijuma:
 - ❖ Prospekti i uputstva koje daju fabrike za vlastite proizvode.
 - ❖ Tekuće informacije - pregled publikacija.
 - ❖ Takozvane *retrospektivne informacije* koje znače posebno utvrđivanje stanja razvoja problema ograničenog na potrebe za rešenje zadatka.
- Prilikom vrednovanja varijanata rešenja, a posebno pri izboru kriterijuma i određivanju "dobrota", nije moguće potpuno isključiti subjektivnost. S druge strane, baš to subjektivno iskustvo nije poželjno ako odluka mora imati snagu realnosti. *Samo se po sebi razumije da će ličnost obrađivača biti odlučujući kriterijum kvaliteta vrednovanja.*

PREGLED MOGUĆIH IZBORA KRITERIJUMA

- Polaz čini ukupan broj varijanti rešenja za neki određeni parcijalni zadatak, odnosno za neki kompleksni problem. Varijante su prikazane, po mogućnosti u obliku skica, odnosno crteža, a mogu biti i samo verbalne u fazi apstrakcije. Na taj način su stvoreni preduslovi za vrednovanje u cilju saznanja o principijelnoj mogućnosti dobijanja zahtjevanog.
- Prva selekcija vrši se na osnovi **DA/NE** kriterijuma. Ona obuhvata fazu apstrakcije pomoću koje se mogu dobiti varijante rešenja.
- Preostale varijante rešenja su više ili manje upotrebljive, one će više-manje dobro ispunjavati kriterijume vrednovanja. Da bi se utvrdio stepen ispunjavanja zahtjeva, potreban je postupak vrednovanja.
- Nakon ovog koraka sve su varijante rešenja označene nekom određenom vrijednosti. Između ovih nalazi se jedno (nekada i više boljih) najbolje rešenja.
- Dalja selekcija, ako je ova u postojećoj fazi uopšte moguća, dovodi pomoću kriterijuma koji proizlaze iz eksperimenta, izradom probnog uzorka, analizom slabih mjesta i iskustvom do pronalaženja praksi bliske vrijednosti rešenja.

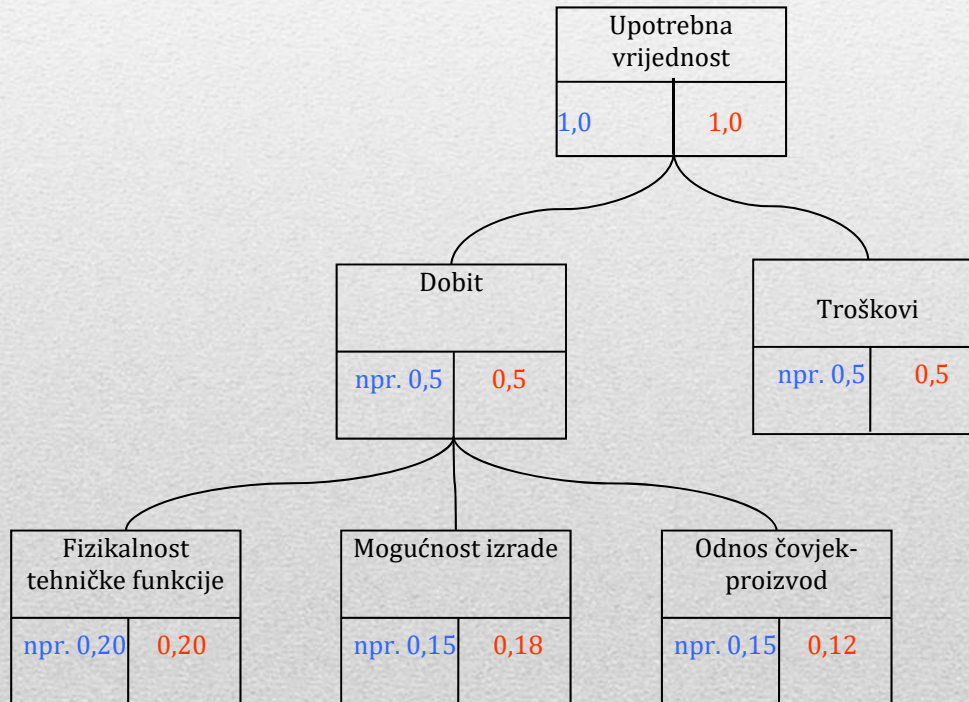
GRUPE KRITERIJUMA I NJIHOV ZNAČAJ

- Konstruktoru je potrebno za vrednovanje rezultata konstruktivne razrade (koncept, projekat, radionički crteži) da generalno ocjenjuje sledeće grupe kriterijuma:
 - fizikalno-tehničku funkciju – F,
 - mogućnost izrade (tehnologija izrade) – T,
 - ekonomičnost (troškovi) – E i
 - odnos čovjek-proizvod - Č.
- Sledeća slika predstavlja rezultat ispitivanja većeg broja (40) industrijskih preduzeća, kako onih koja se pretežno bave **novim konstrukcijama**, tako i onih koji se bave **varijantnim konstrukcijama**.
- Pokazalo se da je značaj pojedinih grupa kriterijuma kod jedne i druge grupe industrijskih preduzeća približno jednaka.



Struktura ciljeva grupe kriterijuma

- Za proces vrednovanja mora se koristiti kriterijumi iz sve četiri navedene grupe. Pri tome će u fazi koncipiranja prevladavati kriterijumi grupe fizikalno-tehničke funkcije, a u kasnijim fazama, kao npr. u toku razrade crteža, ekonomičnost proizvodnje.
- Često se kao konačni cilj proizvodnje uzima "upotrebna vrijednost" koja se sastoji od "dobiti" i "troškova". Realizacija dobit-troškovi prikazina je na sledećoj slici.

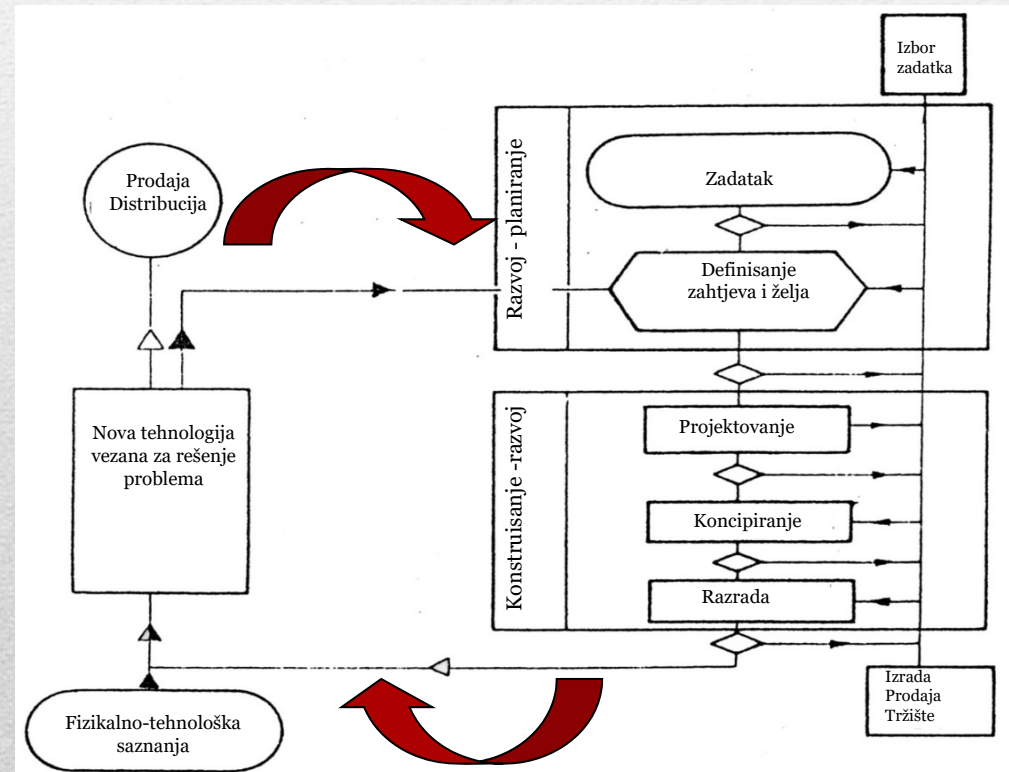


Upotrebna vrijednost proizvoda sastavljena od koristi i troškova

FUNKCIJA I TEHNOLOGIJA IZRADE

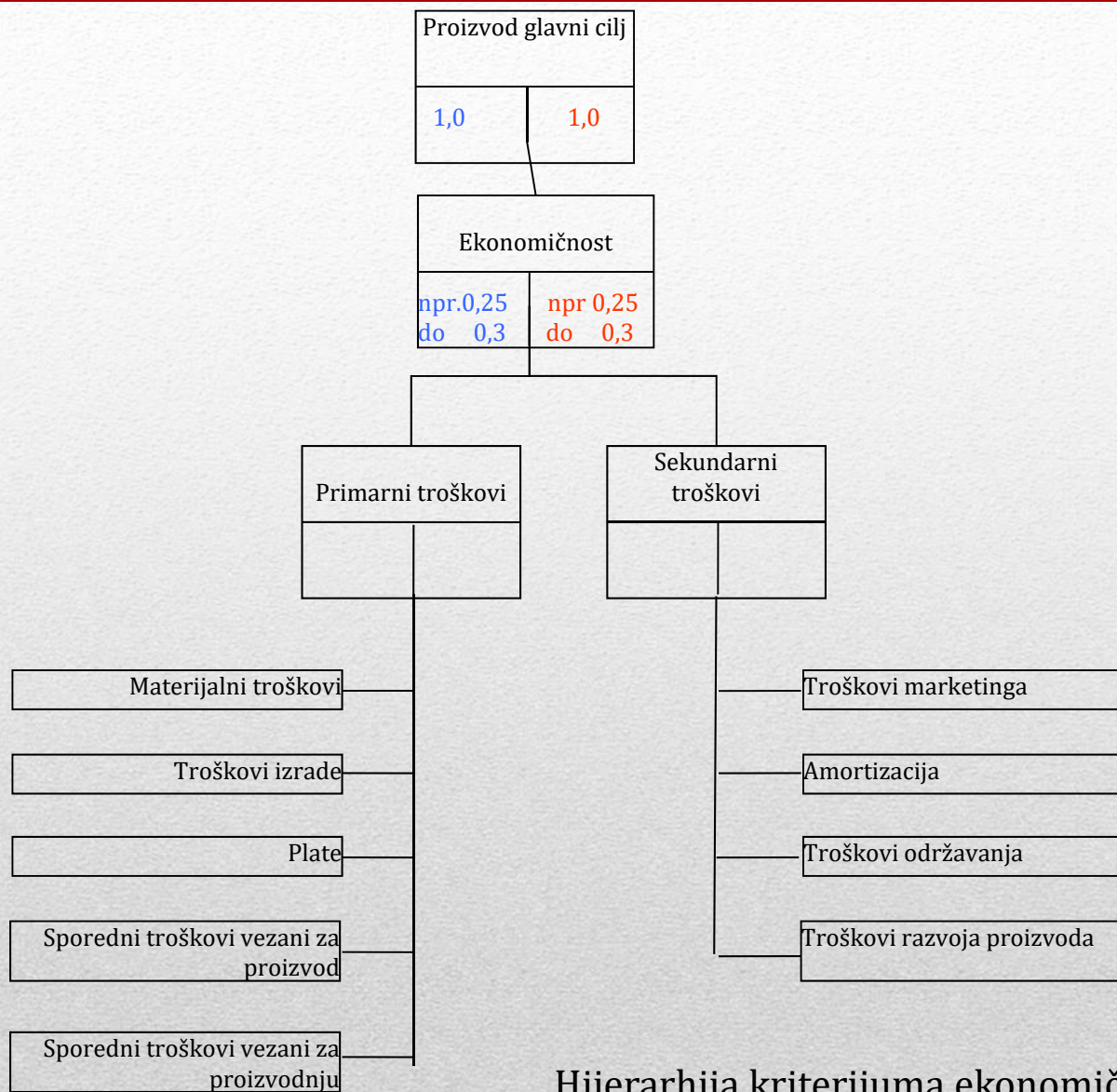
- Uska povezanost između tehnologije (mogućnost izrade) i procesa konstruisanja zavisi često od vrste zadatka.
- Pri konstruisanju novih proizvoda, posebno proizvoda fine mehanike i elektrotehnike, postoji isprepletenost ovih područja koja prisiljava konstruktore i tehnologa na kooperaciju.
- Na sledećoj slici pokazuje se kako fizikalno-tehnološka saznanja vode do novih tehnologija vezanih za problem. Konstruktor traži, uz tehnološka ograničenja, varijante rešenja koja onda na osnovu razrađenih kriterijuma vrednuje. Konstruktor je dužan da uvodi najnovije tehnologije izrade. Razvoj tehnike uslovljen je razvojem tehnologije.

Povezanost konstrukcije i tehnologije prikazana kao kružni proces



EKONOMIČNOST

- Ekonomičnost je odnos troškova i ulaganja. Kao kriterijumi ekonomičnosti javljaju se troškovi svih vrsta.
- Schmitt je podijelio troškove na dvije grupe:
 - ✓ neposredni (primarni) troškovi, kao što su npr. troškovi materijala, rada itd.,
 - ✓ posredni (sekundarni) troškovi predstavljaju troškove za povećanu pouzdanost, lakše održavanje itd.
- **Primarni troškovi utvrđuju se direktno**, dok se **sekundarni troškovi mogu utvrditi samo indirektno pomoću dijagrama**, karakteristika ili ocjenom na osnovu analogije. Na osnovu ankete, na slici je prikazan relativni značaj između primarnih i sekundarnih troškova koje sadrže podgrupe prema Schmittu.



Hijerarhija kriterijuma ekonomičnosti prema Schmittu

ODNOS ČOVJEK - PROIZVOD: tehnički dizajn

- U svim područjima razvoja proizvoda i izrade, počevši od mode, grafike i ambalaže, pa sve do arhitekture vrši se "dizajniranje". Dio toga čini "*tehničko dizajniranje*" tj. oblikovanje tehničkih proizvoda kao i djelatnosti koja do njega dovodi.
- Kao djelatnost, "tehničko dizajniranje" predstavlja ukupno područje rada između mašinske konstrukcije i industrijskog dizajniranja. Zbog toga za "tehničko dizajniranje" vrijedi isti tok kao i za mašinske konstrukcije:
 - utvrđivanje zahtjeva za dizajniranje,
 - razvoj varijanti rešenja za oblikovanje proizvoda i
 - vrednovanje rešenja u cilju izbor najboljeg.

VREDNOVANJE I ODLUČIVANJE

- Rezultat traženja i pronalaženje rešenja predstavlja veliki broj varijanti kompletnih ili parcijalnih rešenja.
- Iz svih tih rešenja treba odabrati ono koje najbolje odgovara namjeni. Zato je potrebno da se upoređuje predviđanja koja je trebalo ispuniti s postignutim ili s onim koja će vjerovatno biti postignuta.
- Pri paušalnoj ocjeni pojedinaca ili tima govori se o odlučivanju. Pomoćne metode za donošenje odluke su npr.:
 - stručna mišljenja pojedinaca,
 - analiza vrijednosti prema VDI 2801 (metoda za pronalaženje ekonomičnih rešenja),
 - tehnika simulacije i
 - metoda linearnog ili dinamičkog programiranja.
- Da bi se dobila najpogodnija varijanta konstruktivnog rešenja, potrebni su takvi postupci vrednovanja koji omogućuju da se svojstva pronađenih rešenja mjere jasno definisanim kriterijumima vrednovanja: ***VREDNOVANJE NA OSNOVU KRITERIJUMA.***
- Dobro primjenjivi postupci pri konstruisanju su:
 - ✚ postupak redosleda rangiranja,
 - ✚ profil vrijednosti,
 - ✚ tehno-ekonomsko vrednovanje i
 - ✚ analiza korisnosti.

ODREĐIVANJE DOBROTE

- Rešenje nekog tehničkog problema biće vrednije što se bolje može odgovoriti minimalnim zahtjevima (minimalno ispunjenje) postavljenim u zadatku, tj. **što se više mogu prekoračiti minimalni zahtjevi i približiti ih idealnom rešenju**. Step en ispunjenja zahtjeva može biti utvrđen računski ili eksperimentalno, ili se mora procijeniti kao vjerovatno očekivana veličina.
- Svojstva vrednujemo bodovanjem zavisno o tome koliko se približuju idealnom rešenju. Pri tome ne treba biti poznato cjelovito idealno rešenje koje se u svojoj ukupnosti ne može predstaviti. Dovoljno je poznavanje idealnog odnosno optimalnog ispunjenja svakog kriterijuma.
- Kriterijumi relevantni za vrednovanje mogu biti prema značaju utvrđeni vaganin faktorima veličine značaja g_1, g_2, \dots, g_n . U mjeri u kojoj varijante rešenja ispunjavaju različite kriterijume (rezultati u pojedinim fazama konstrukcije) dobijaju: p_i bodova. Množenjem p_i s odgovarajućim g_i uzet je u obzir značaj svakog kriterijuma.
- Označi li se sa $p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nj}$ broj bodova kao mjere ispunjenja kriterijuma 1, 2, ... n varijante A_j , a s p_{max} maksimalno mogući broj bodova "idealnog rešenja" pojedinih kriterijuma, definisana je dobrota W prema Kesserringu:

$$W = \frac{p_{1j} + p_{2j} + \dots + p_{nj}}{n \cdot p_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij}}{n \cdot p_{\max}}$$

$$Wg = \frac{g_1 \cdot p_{1j} + g_2 \cdot p_{2j} + \dots + g_n \cdot p_{nj}}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \cdot p_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^n (p_{ij} g_i)}{p_{\max} \sum_{i=1}^n g_i}$$

- Prema ovoj definiciji dobrota W ili $Wg \leq 1$.
- Prema Hausenu orijentaciono može se uzeti za "dobrotu" rešenja:

	povoljna	upotrebljiva	nezadovoljavajuća
Dobrota, W	0,85	0,7	<0,6

TEHNO-EKONOMSKO VREDNOVANJE: VDI 2225

- Iz Kesselringovih radova proizilaze VDI smjernice 2225. Ovim postupkom vrednuju se varijante rešenja pretežno projekata i "kompletnih tehničkih proizvoda" i dobija se "tehnička dobrota", a posebno se određuje "ekonomska dobrota".
- Rezultati tehničke i ekonomske dobrote svake varijante unose se u tzv. S-dijagram da bi se dobila konačna "dobrota". Svaki kriterijum se upoređuje s idealnim rešenjem koji bi u zbiru dao idealan proizvod.

Tehničko vrednovanje prema VDI 2225

- Tehnička dobrota jedne varijante (konceptije, projekta, proizvoda) odgovara njenoj upotrebljivosti. Rešenja pojedinih varijanata uspoređuju se sa tehnički idealnim rešenjem. Stepem približavanja ostvarenja idealnom rešenju boduje se **od 0 do 4**:

✓ vrlo dobro (idealno)	4 boda
✓ dobro	3 boda
✓ zadovoljavajuće	2 boda
✓ tek toliko da se još može prihvatiti	1 bod
✓ ne zadovoljava	0 bodova.

- Za određivanje tehničke dobrote X (XT) uzima se odnos između **zbira bodova ostvarenog rešenja** i **maksimalno mogućeg broja bodova idealnog rešenja**. Označe li se sa p_1, p_2, \dots, p_n stvaren broj bodova dodijeljen 1, 2, ... n svojstvu (kriterijumu), a sa p_{max} broj bodova kojeg bi dobilo svako svojstvo idealnog rešenja, dobija se tehnička dobrota X :

$$X = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n \cdot p_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n \cdot p_{max}}$$

- Tehnička dobrota:
 - ✓ iznad 0,8 - vrlo dobra,
 - ✓ od 0,7 - dobra,
 - ✓ ispod 0,6 - nezadovoljavajuća.
- Ovakav način izračunavanja dobrote X uzima kao pretpostavku da sva vrednovana svojstva imaju približno jednak značaj.
- **Ako to nije slučaj, dobrota se izračunava kao vagana tehnička dobrota (slad 17).**

Ekonomsko vrednovanje prema VDI 2225

- Ekonomsko vrednovanje neke konstrukcije vrši se isključivo na osnovu troškova proizvodnje, tj. to se vrši na osnovu kalkulacije s kojom su određeni sopstveni troškovi, cijena i zarada.
- Sopstveni troškovi (S) sastoje se od troškova izrade (H), troškova razvoja (G_E), troškova uprave (G_{Vw}) i troškova prodaje (G_{Vt}).

$$S = H + (G_E + G_{Vw} + G_{Vt})$$

$$S = \alpha H$$

- Razni zajednički troškovi obuhvaćeni su faktorom α koji množen s troškovima izrade H daje sopstvene troškove proizvodnje. Zajednički troškovi razvoja, uprave, prodaje čine dio troškova proizvodnje.
- Da bi se odredila ekonomska dobrota Y (YT), potrebno je definisati idealno rešenje i njegove troškove proizvodnje.
- VDI smjernice preporučuju da se idealni troškovi izrade H_i uzimaju kao 0,7 dopuštenih troškova izrade.

- Ekonomska dobrota Y je:

$$H_i = 0,7 H_{dop}$$

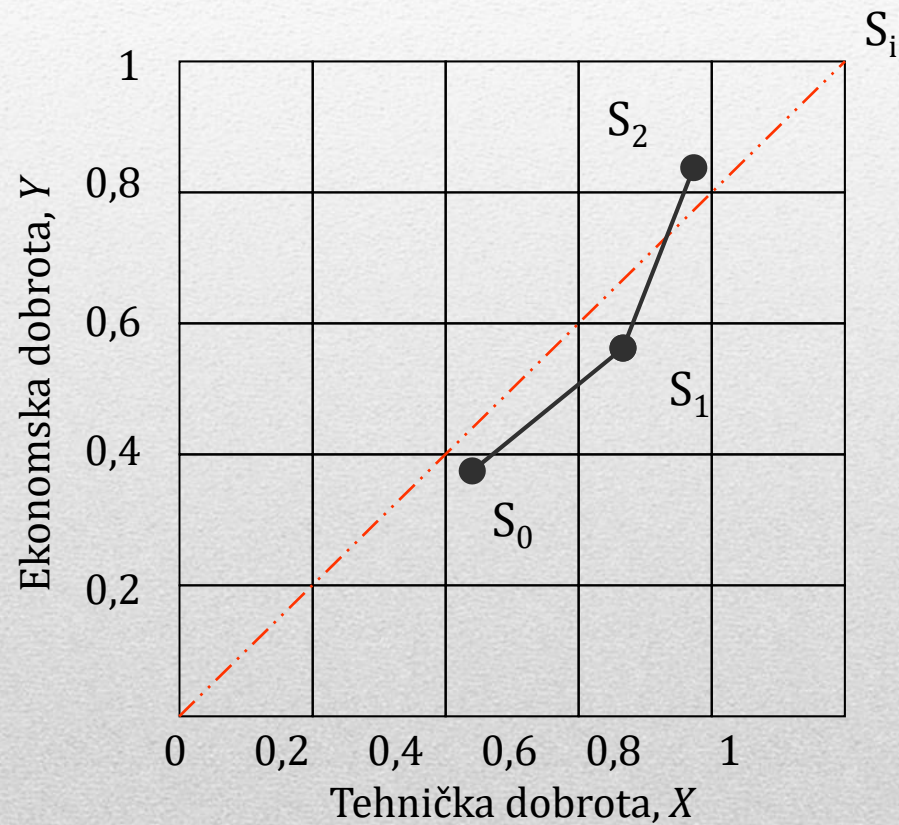
$$Y = \frac{H_i}{H} = \frac{0,7 H_{dop}}{H}$$

Troškovi izrade čini sumu troškova:

- ☞ materijala Hm ,
- ☞ rada Hr ,
- ☞ opštih troškova rada Ho .

S-dijagram

- Grafička mogućnost prikaza upoređenja tehno-ekonomskog vrednovanja data je S-dijagramom.



- "Dobrota" S jedne od varijanata rešenja dobija se u koordinatnom sistemu tačkom S_i pomoću koordinate X_i i Y_i . Dobra rešenja su ona kod kojih se dobrote nalaze što bliže dijagonali (idealni tok linije razvoja) i što bliže idealnom rešenju, ($X = 1, Y = 1$).
- Postupak tehno-ekonomskog vrednovanja predviđa određivanje tehničke dobrote mjerenjem alternativnih svojstava pojedinih varijanata, a ekonomske dobrote pomoću kalkulativnog postupka. Na taj način su troškovi proizvodnje naglašeni isto toliko koliko i ostali kriterijumi.
- S-dijagram posebno je pogodan za ocjenjivanje varijanata u smislu razvoja.
- Međutim, postoje slučajevi kad se iz parcijalnih vrednovanja želi dobiti ukupna dobrota kao numerički podatak, npr. pri računskoj obradi podataka. U tom slučaju Baatz predlaže dva postupka, i to:

Postupak aritmetičkog prosjeka (pravac):

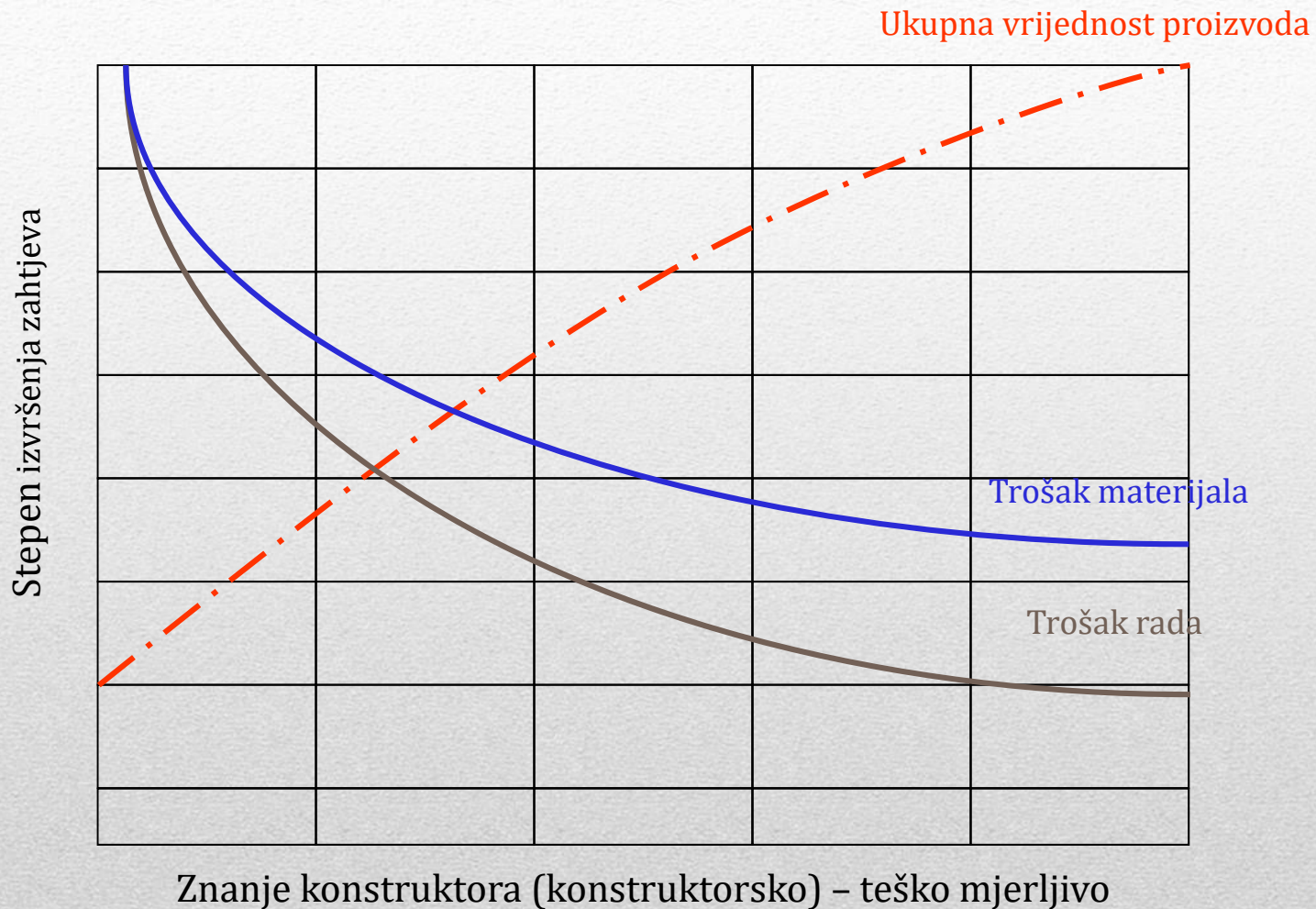
$$W = \frac{W_t + W_e}{2}$$

Postupak hiperbole multiplikativnim povezivanjem obje dobrote s naknadnim preračunavanjem vrijednosti između 0 i 1:

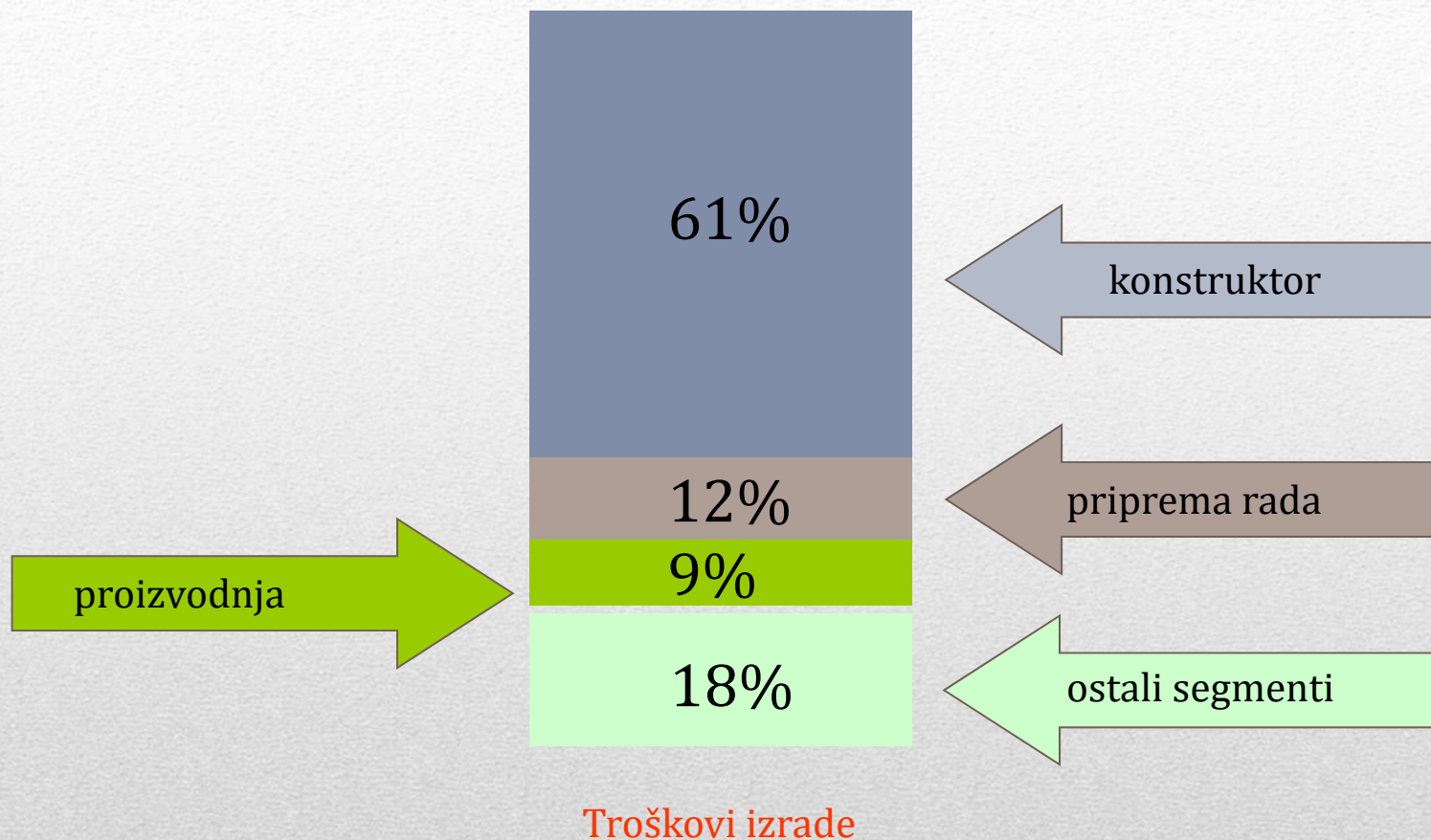
$$W = \sqrt{W_t \cdot W_e}$$

UTICAJ KONSTRUKCIJE NA TROŠKOVE PROIZVODNJE

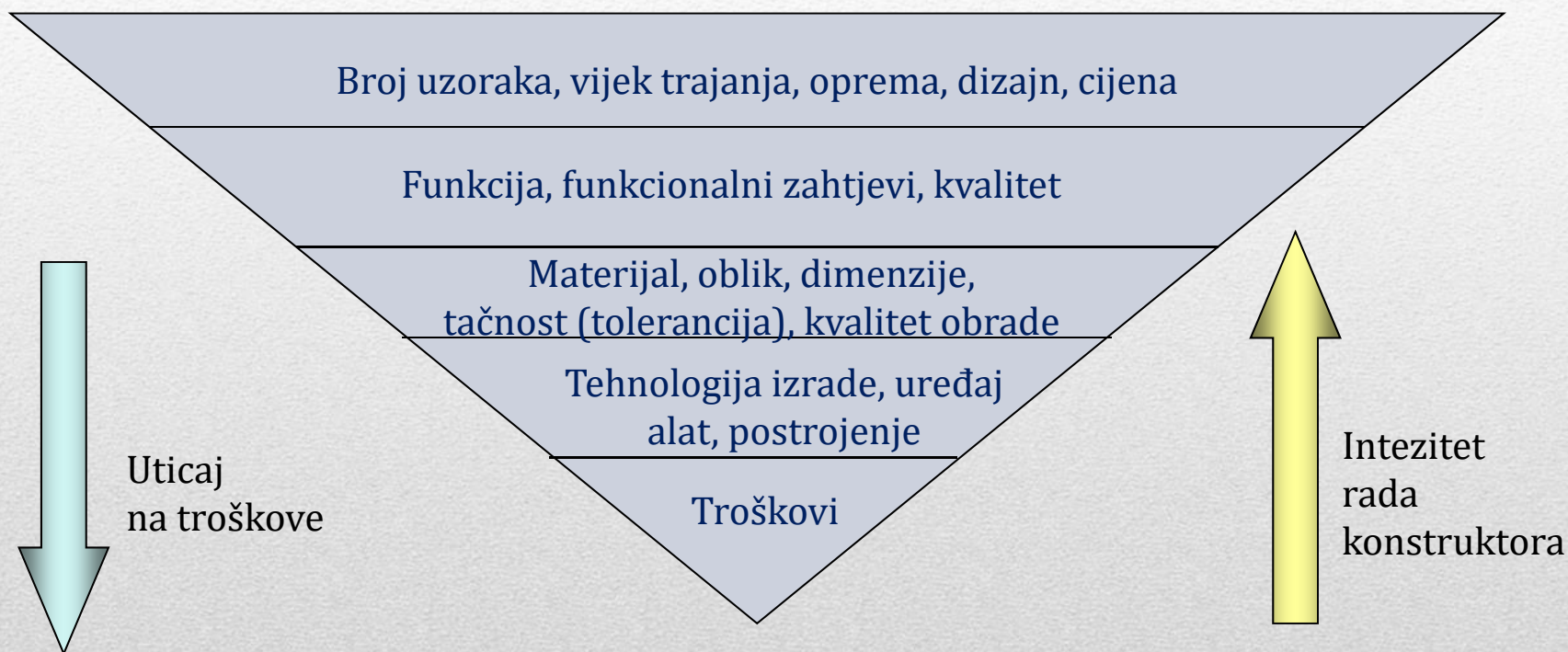
- Konstruktor može više ili manje uticati na niz troškova. Mišljenje je da troškovi izrade zavise pretežno od pripreme rada i procesa izrade.
- Istraživanja su pokazala da je konstruktor taj koji može najviše uticati na troškove izrade. Tako je, npr. Wagebauer grafički izrazio zavisnost vrijednosti proizvoda od stručnosti konstruktora.



Orientacione vrijednosti troškova



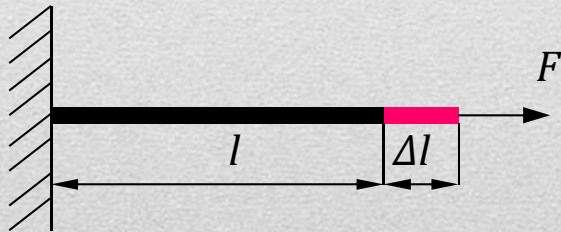
Faktori koji utiču na troškove



OPTIMIZACIJA FIZIKALNIH POVEZIVANJA

- Pri radnom koraku "određivanje funkcionalne strukture" bavimo se pitanjem kakve promjene svojstava kojom kombinacijom funkcionalnih elemenata želimo ostvariti. Pri tome moramo odlučiti (ni)jesu li promjene svojstava u koliziji s fizičkim zakonima. Ako kolizije nema, potrebno je odrediti koje fizičke efekte je najbolje primijeniti.
- *Za novi tip mjerača pritiska u nastavku je data skica fizičkog efekata koji bi mogao biti iskorišćen.*
- Ovaj fizički efekat zavisn je od pet uticajnih veličina: sile F , istežanja Δl , modulu elastičnosti E , poprečnog presjeka štapa A i dužine štapa l .

Kvantitativno :

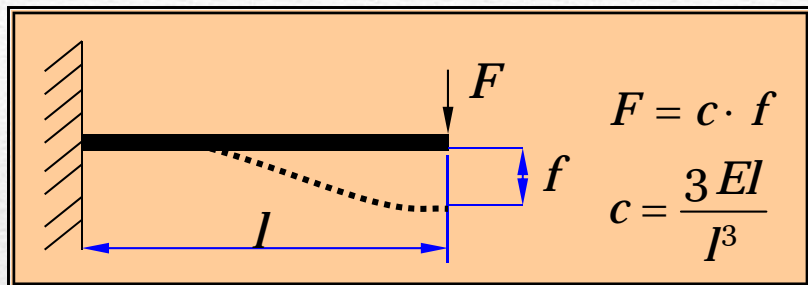


$$F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot A}{l}$$

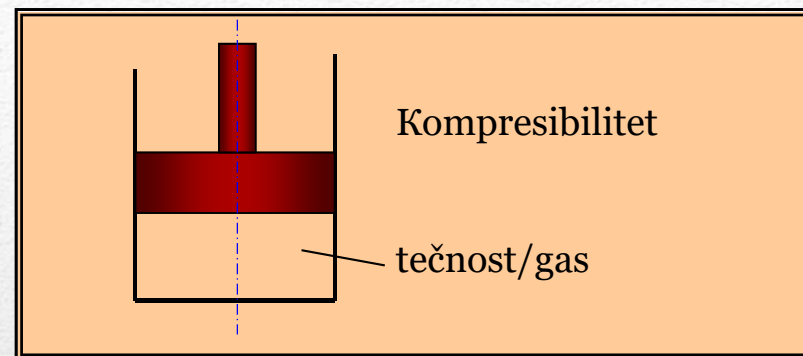
$$F = c \cdot \Delta l$$

$$c = \frac{E \cdot A}{l}$$

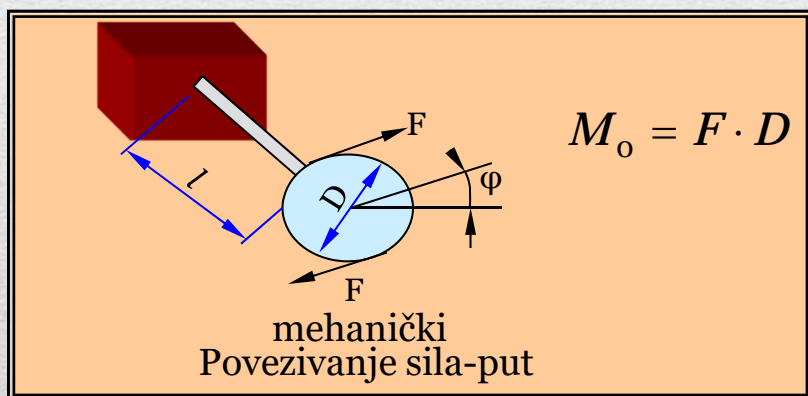
- Pomoću jednačine može se izračunati naprezanje zategnutog štapa $\sigma=F/A$ i utvrditi da li izabrani poprečni presjek A zadovoljava.
- Uzimanjem u obzir krutosti i naprezanja, može se izračunati dužina štapa, a to znači da se jednačina koristi za optimizaciju međuzavisnosti različitih uticajnih veličina.
- Slično se može koristiti efektima nauke o toploti i nauke o strujanju.
- Ako je riječ o fizičkim zavisnostima, često se konstrukcijski problemi vrlo lako formulišu matematički.
- Glavna djelatnost konstruktora pri utvrđivanju konstrukcijskih karakteristika (parametara) je kombinovanje - *optimalno kombinovanje*, uz ograničavajuće uslove.
- Konstruktor kombinuje zadate parametre i dimenzije u elemente uređaja, ove u podsklopove, a ove opet u kompletne uređaje.



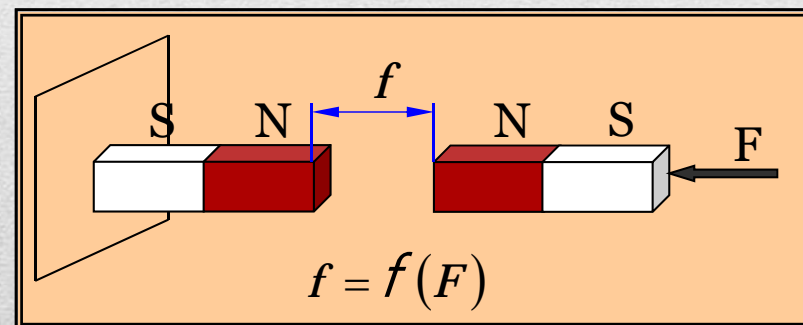
savijanje



hidraulika/pneumatika

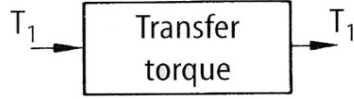
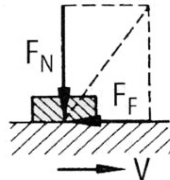
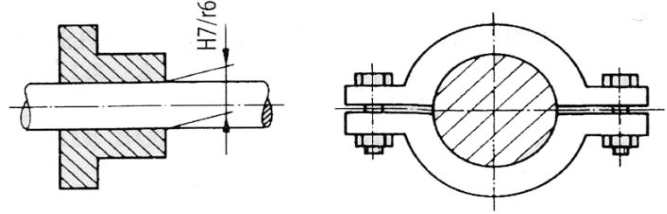
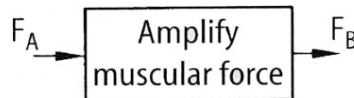
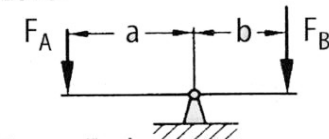
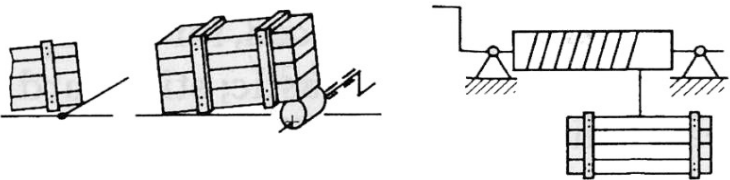
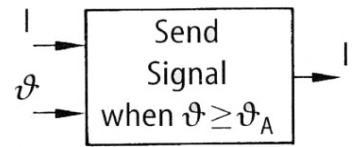
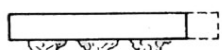
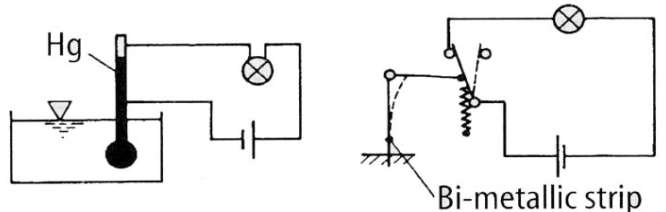


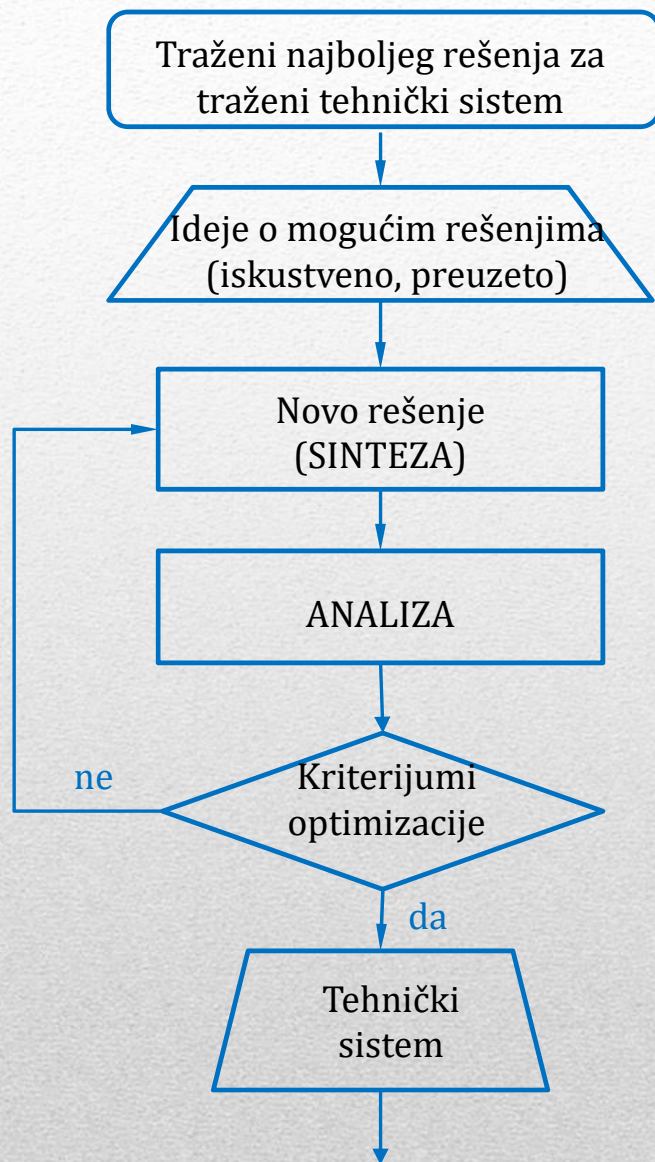
uvijanje



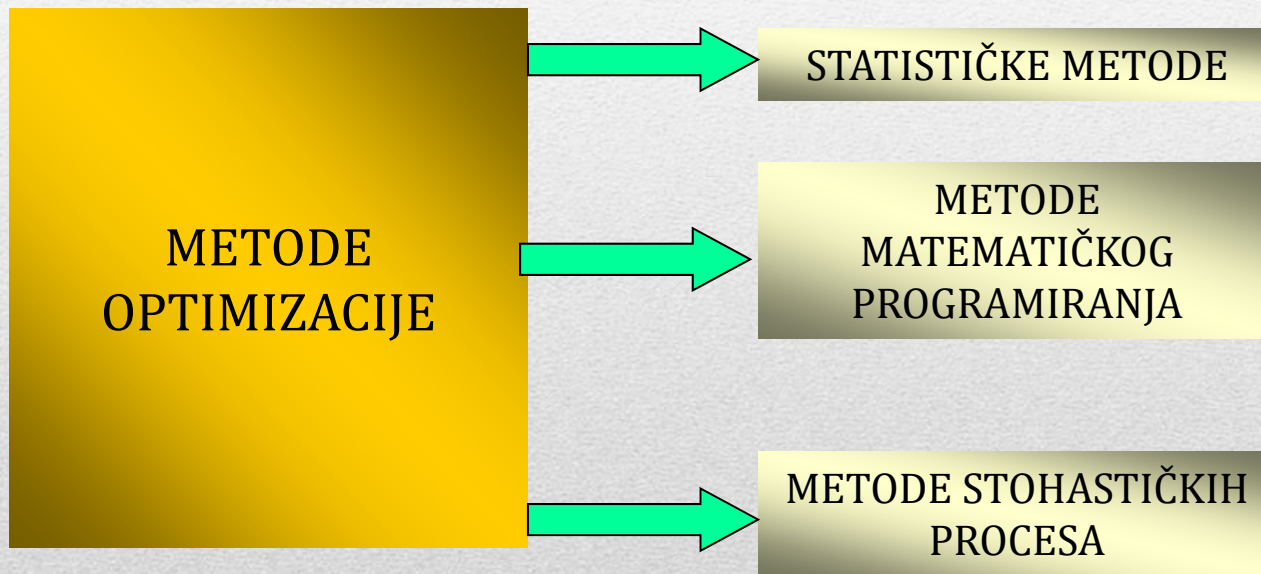
električno

- Fizički efekti mogu biti kvantitativno opisani putem fizičkih zakona koji regulišu uključene fizičke veličine.
- Efekat trenja je opisan zakonom $F_F = \mu F_N$; efektom poluge $F_A a = F_B b$; efektom širenje prema zakonu širenja $\Delta l = \alpha l \cdot \vartheta$.

Subfunction	Physical effect (independent of solution)	Working principle for a subfunction (physical effect, geometric and material characteristics)
	<p>Friction</p>  $F_F = \mu \cdot F_N$	
	<p>Lever</p>  $F_A \cdot a = F_B \cdot b$	
	<p>Expansion</p>  $\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \vartheta$	 <p>Bi-metallic strip</p>



- Optimizacijom nekog proizvoda vrši se definisanje ili određivanje njegove geometrije, unutrašnjih svojstava i uslova rada.
- Kao naučna disciplina koja se bazira na metodama matematičkog programiranja, teoriji optimalnog upravljanja, varijacionog računa i teorijske mehanike, optimizacija definiše zahtjevana tehnička svojstva konstrukcije.



Razvoj u oblasti numeričkih metoda uticao je na veliku primjenu komputera u procesu optimizacije konstrukcija.

METODE OPTIMIZACIJE U MAŠINSTVU

- Svaka konstrukcija karakteristična je po sebi svojstvenom matematičkom modelu. Zbog ove činjenice, univerzalan metodološki postupak optimizacije konstrukcija ne postoji.
- Raznolikost oblika matematičkih formulacija funkcija cilja i funkcija ograničenja, uslovila je nastanak većeg broja matematičkih modele za optimalno projektovanje konstrukcija:
 - ☞ *Metoda diferencijalnog programiranja* - klasična metoda analitičke algebre kod koje se diferenciranjem konveksnih funkcija cilja i funkcija ograničenja, dobija ekstrem. Primjenjuje se kod sinteze optimalnog upravljanja.
 - ☞ *Metode nelinearnog programiranja* - osnovne su metode za optimalno projektovanje konstrukcija u tehnici jer su funkcije cilja i funkcije ograničenja najčešće nelinearne prirode.
- Osim optimizacije u matematičke metode rešenja ubrajamo:
 - ✓ klasične metode,
 - ✓ Operation Research,
 - ✓ Monte Carlo
 - ✓ metoda marginalne analize itd.
- Velik udio radova i odluka u toku razvoja proizvoda i procesa otpada na princip optimizacije.
- Konstrukcija se mora po mogućnosti kvalitetno opravdati, a tehnološki proces odvijati uspješno.

KRITERIJUMI DOBROTE I FAKTORI UTICAJA

- Kvantitativna ocjena objekata mora biti izvršena s takvim karakterističnim vrijednostima koje daju ocjenu o svojstvima, a time omogućuju dobijanje dobrote.
- Kriterijumi dobrote moraju ukupno zadovoljavati sledeće zahtjeve:

UNIVERZALNOST

Kriterijum dobrote ne smije jednostrano naglašavati jedno svojstvo objekta. Mora obuhvatiti šire područje svojstava.

EFEKTIVNOST

Sporedna svojstva objekta treba kao takva i tretirati, a pažnju posvetiti kriterijumima dobrote koja određuju svojstva objekta.

JEDNOZNAČNOST

Kriterijumi dobrote koji imaju veći broj značenja otežavaju obradu, jer zahtijevaju dodatne informacije da bi se dobio jednoznačan sud, odnosno da takav sud nije moguć. Pri formulisanju kriterijuma dobrote na ovo treba obratiti posebnu pažnju.

EGZISTENCIJA

U području koje se ispituje moraju postojati kriterijumi dobrote i to za sve odgovarajuće vrijednosti uticajnih faktora.

KVANTITATIVNI KARAKTER

Kriterijumi dobrote moraju biti mjerljivi – imaju kvantitativni karakter.

NORMALNA RASPODJELA

Preduslov za statističku analizu je normalna raspodjela mjernih vrijednosti kriterijuma kvaliteta. U praksi može se uzeti kao da normalna raspodjela postoji, odnosno odstupanja od normalne raspodjele posmatrati kao nevažna, tako da su dobijene vrijednosti uzimanjem normalne raspodjele dovoljno dobre. Ukoliko raspodjela značajno odstupa od normalne, treba primijeniti druge statističke metode. U najvećem broju slučajeva može se i bez kontrole stvarne raspodjele primijeniti normalna raspodjela i dobiti vrijednosti koje zadovoljavaju uticajnim faktorima x_i ; $i=1,2,\dots,k$. Neki uticajni faktori proizilaze iz teorijskih odnosa, iskustva, mjerenja itd. i treba ih smatrati poznatim.

- Na uticajne faktore postavljaju se određeni zahtjevi koji moraju biti za praktične svrhe približno ispunjeni:

EGZISTENCIJA

Postojanje (egzistencija) i njen kvalitativan uticaj na kriterijume dobrote moraju biti poznati. Osnovno je pravilo da eksperimenti mogu biti samo onda dobro planirani kad su uticajni faktori poznati. Postoje rizici i prisutni su faktori nesigurnosti pri mjerenju.

JEDNOZNAČNOST

Postavljanje uticajnih faktora na željeni nivo zahtjeva da ne budu višeznačni. Ako se ovo ne može izbjeći, moraju postojati dodatne informacije gdje se zapravo nalazimo, odnosno kako ćemo opet postići izlazne veličine.

PODNOŠLJIVOST KOMBINACIJA

Propisane vrijednosti uticajnih faktora koje treba uvrstiti ne smiju međusobno uticati jedna na drugu i time dovoditi do nestabilnosti.

- **Glavni zadatak konstruktora je da ostvari najbolji cilj sa što manjim troškovima.**
- Za ostvarenje tog glavnog zadatka postoje različite mogućnosti i principi:
 1. ekonomski,
 2. racionalni,
 3. princip štednje,
 4. princip najnižih sredstava,
 5. princip korisnosti,
 6. princip svrsishodnosti,
 7. osnovni ekonomski zakon itd.

$$\frac{E(K_1, K_2, K_3, \dots)}{K_1 + K_2 + K_3} = \max$$

E	- uspjeh u određenom planskom periodu;
K_1, K_2, K_3	- troškovi koji su bili stvoreni da bi se taj uspjeh ostvario;
$E(K_1, K_2, K_3)$	- uspjeh zavisen od troškova.

- **Jednačina pokazuje da odnos između uspjeha i troškova mora biti što veći.**
- Tri su objašnjenja ove jednačine:
 1. Uspjeh zavisi od troškova.
 2. Željeni uspjeh po pravilu ne možemo ostvariti odjednom - potrebni su različiti napori.
 3. Odnos uspjeha prema utrošku mora biti vrlo visok.
- Zbirni trošak K najbolje je podijeliti na pojedine troškove K_1, K_2, K_3, \dots što zavisi od slučaja do slučaja.
- Razlikujemo tri mogućnosti raspodjele!

Raspodjela prema vrsti troškova

- Vrste troškova nastaju utroškom dobara: **dnevnice i plate za rad**.
- **Materijalni troškovi** - za utrošak materijala.
- **Amortizacija** - predstavlja troškove kojima su obuhvaćena sniženja vrijednosti investicija.
- Preporuka je da se raspodjela ukupnih troškova vrši prema vrsti troškova, zavisno od uvjerenja da li je jeftinije određeni element izraditi tako da se štedi na materijalu, a da dnevnice budu više ili je jeftinije izraditi element sa niskim dnevnicama, a da pri tome troškovi materijala budu viši.

Raspodjela prema mjestima troškova

- Troškovi se dijele prema mjestima na kojima su nastali – u radionici, u skladištu, pri otpremi, na konstrukciji, u toku pripremnih radova itd.
- Podjela troškova prema mjestima nastanka istih, konstruktora zanima kada je riječ o tome hoće li se neki izradak obrađivati u odjeljenju npr. strugova ili glodalica.

Raspodjela prema nosiocima troškova

- Nosioci troškova su pojedine proizvodne fabrike.
- Pri raspodjeli po nosiocima troškova, utvrđujemo visinu troškova koje je uzrokovao određeni proizvod od trenutka planiranja do prodaje. To su zapravo vlastiti troškovi proizvodnje.
- Konstruktor se interesuje za vlastite troškove proizvodnje onda kada se postavi pitanje je li razumno neki proizvod konstruisati i izraditi ili isti kupiti.
- Za linearnu i nelinearnu optimizaciju moraju biti ispunjene dvije pretpostavke:
 - moramo biti u mogućnosti dati zavisnost prihoda od pojedinih troškova, funkciju $E=E(K_1, K_2, K_3 \dots)$ matematički formulisati,
 - moramo moći dati odnose između $K_1, K_2 \dots$ u obliku $f_1(K_1, K_2, \dots) \leq C_1, f_2(K_1, K_2, \dots) \leq C_2$ itd. Ove nejednačine označavamo kao granični uslovi.

**NA KRAJU SE OPET VRAĆAMO NA
KONSTATACIJU:
VAŽAN JE ČOVJEK I TIMSKI RAD !**



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.