

# ZNAČAJ TRETIRANJA LOGISTIČKIH SISTEMA U SVETLU SYSTEMSKE TEORIJE

- U cilju boljeg razumevanja sistema i procesa koji su predmet analize. Kako i zašto ?
  - Mogućnost pojednostavljenja u smislu isključenja “manje” važnih veza i/ili elemenata i podсистema
  - Mogućnost “formiranja” modela sistema na željenom nivou apstrakcije
  - Bolje razumevanje sistema i nivoa apstrakcije koji je najprihvatljiviji pri rešavanju razmatranog problema
- Zbog mogućnosti postavljanja jasne granice između ULAZA, IZLAZA, OKRUŽENJA, PODSISTEMA i ELEMENATA, POVRATNE SPREGE i UPRAVLJANJA
- Nakon razumemo sistem, elemente sistema i procese koji se realizuju, kao i ciljeve pa i moguće puteve njihove realizacije, u poziciji smo da budemo VIŠE FAMILIJARNI SA SISTEMOM i spremni da definišemo:
  - ŠTA JE U STVARI PROBLEM
  - ŠTA TREBA DA REŠIMO
  - IDEJE (JOŠ UVEK NEJASNE I MAGLOVITE) O MOGUĆIM PRAVCIMA REŠAVANJA PROBLEMA (ALI SE U ISTO VREME POČINJU POJAVLJIVATI I KONTURE REŠENJA)

**NA TAJ NAČIN VEĆ SMO URADILI "VELIKU STVAR" – U STANJU SMO DA FORMULIŠEMO DO TADA JOŠ UVEK NEFORMULISAN PROBLEM**

**PRI TOME, DOBRO FORMULISAN PROBLEM JE 50% POSLA ?!**

- ❑ Nakon što to znamo možemo pristupiti prikupljanju svih potrebnih podataka i informacija koje će obezbediti iznalaženje najprihvatljivijeg rešenja
- ❑ U procesu rešavanja problema i izbora najprihvatljivijeg rešenja raspoložemo korisnim alatom – u manjoj ili većoj meri FORMALIZOVANOJ PROCEDURI ZA REŠAVANJE PROBLEMA:

**SISTEMSKI PRISTUP**  
(*SISTEMSKO MIŠLJENJE, SISTEMSKA ANALIZA,  
TEORIJA SISTEMA...*)

# SISTEMSKI PRISTUP

- ❑ Sistemski pristup *pospešuje razumevanje kompleksnih fenomena kroz sistematizovanje informacija o sistemu i pojašnjenje veza* među različitim aspektima problema.
- ❑ **Opštu teoriju sistema** uvodi biolog po obrazovanju Ludwig Von Bertalanffy 1936, pokušavajući da objasni sličnosti uočene u različitim naučnim disciplinama –određene opšte principe važeće u svim sistemima sa ciljem uopštavanja i kombinovanja znanja koje onda može biti primenljivo u različitim oblastima.
  - On je osetio potrebu za teorijom koja će voditi istraživanje u različitim oblastima videvši izražene paralele među njima. Sluti da bi fokusiranje istraživačkih napora iz različitih oblasti, kroz pokušaj traženja one zajedničke niti koja ih povezuje, može dovelo do identifikovanja opštevažećih zakona i principa. **Von Bertalanffy** veruje da bi vremenom ono što je otkriveno postati primenljivo na život uopšte.
  - Više od 50 godina kasnije, naponi na razumevanju sistema evoluirali su do tačke u kojoj su mnoge od tih ideja postale deo svakodnevnog govora.
- ❑ **Osnova**
  - *Sistem je više od sume sastavnih delova*; osobine sistema posledica su i veza između delova sistema, kao i interakcije sistema sa okruženjem
  - *Sistemi su uređeni hijerarhijski*, tako da je **svaki sistem** ustvari **super-sistem** za sisteme koje sadrži, alio i podsistem sistema u okviru kojih funkcioniše
  - **Svi sistemi su manje ili više slični !**

## □ Osnovni principi **Sistemskog pristupa**

- Činjenica da je sistem više od zbira sastavnih delova zahteva istraživanje celine a ne samo pojedinih aspekata
- Deo sveta koji se posmatra (sistem) mora imati osobinu predvidivosti
- Premda je podsistem zaokružena celina, u isto vreme je deo sistema na višem nivou
- Osnovni cilj funkcionisanja sistema nadređen je drugim ciljevima koji se žrtvuju u cilju dosezanja osnovnog – (primarnog ili centralnog).
- Otvoreni sistem i njegovo okruženje su izraženo međuzavisni.
- Kompleksni sistemi mogu biti raščlanjeni na podsysteme tako da se svaki može analizirati pojedinačno respektujući uticaj okruženja.
- Sistem obuhvata skup ciljeva i njihovih odnosa.
- Sistem je dinamička mreža međusobno povezanih elemenata. Promena na bilo kom elementu utiče na sve ostale.
- Svi sistemi teže ravnotežnom stanju koje je balans različitih uticaja unutar i van sistema.
- Da bi bio svrsishodan sistem mora biti usmeren ka realizaciji nekog cilja i mora imati mogućnost prilagođenja promenljivim uticajima.

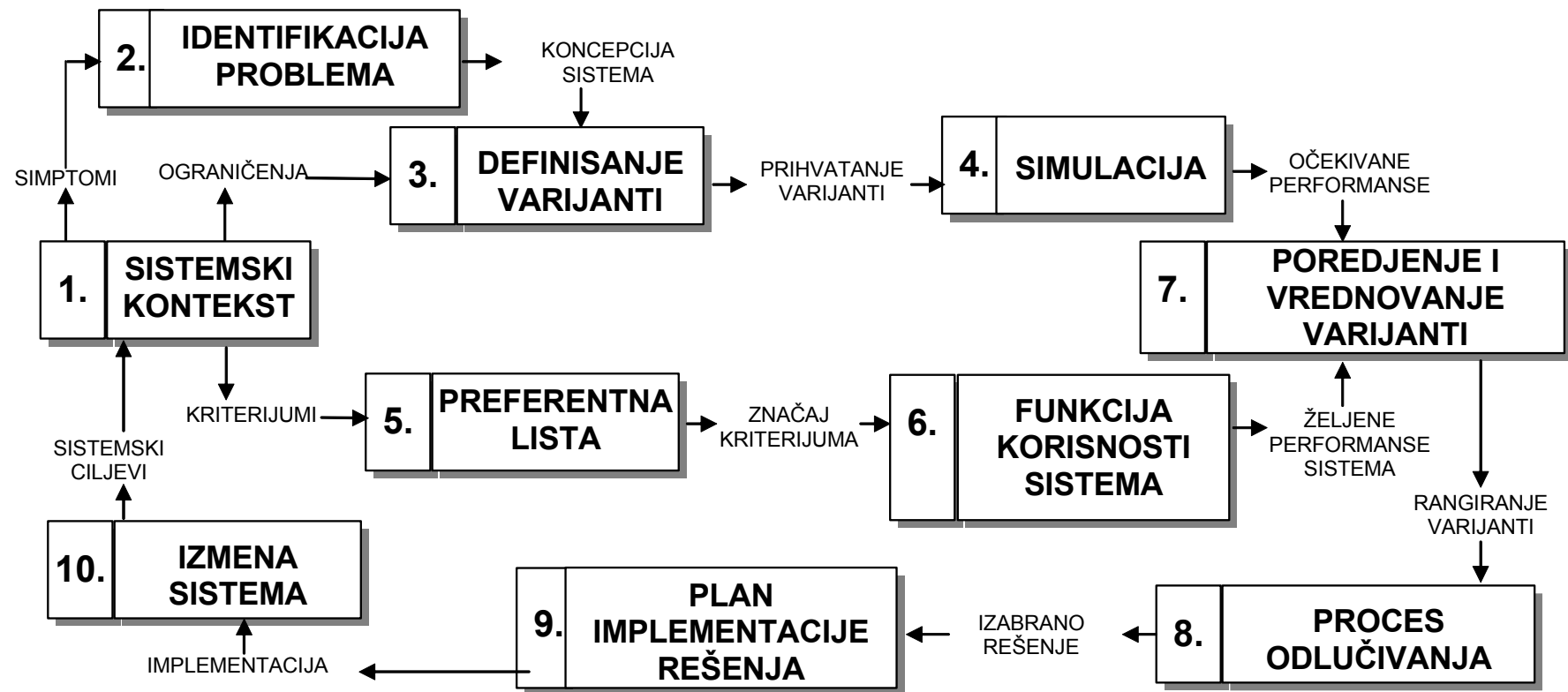
**Ipak, veoma je važno da se pravi razlika izmedju TEORIJE SISTEMA (OPŠTE TEORIJE SISTEMA) – kao koncepta i filosofije tretiranja celine, i SISTEMSKOG PRISTUPA (SISTEMSKOG MIŠLJENJA) kao koncepta i filosofije REŠAVANJA PROBLEMA (mada je taj koncept zasnovan na SISTEMSKOJ TEORIJI)**

## GENEZA SISTEMSKOG MIŠLJENJA

- Mada u literaturi prevladava mišljenje da “sistemski pristup” kao i “sistemsko mišljenje” i “sistemska teorija” počinju od radova L von. Bertalanffy-ja, koji se obično navodi kao “otac”, ne treba zaboraviti ni : Wiener N., Simon H.A., Ashby R.W., Rapaport A., Mesarovic M.D., ...
- Pored toga, važno je istaći da su naponi u ovoj oblasti – oblasti konzistentne formulacije “opšte procedure rešavanja problema” činjeni i mnogo ranije te je moguće pratiti razvoj ideje:
  - Helmholtz (1896): “STRUCTURE OF UNIVERSAL PROBLEM SOLVING METHOD”
    - *Preparacija*
    - *Inkubacija*
    - *Iluminacija*
  - Dewey (1938):
    - *Izbacivanje iz ravnoteže*
    - *Formulisanje hipoteze*
    - *Provera na eksperimentu*
    - *Dobijanje rezultata*

- Osborne (1957)
  - *Orijentacija*
  - *Preparacija*
  - *Analiza*
  - *Hipoteza*
  - *Inkubacija*
  - *Sinteza*
  - *Verifikacija*
- Hitch, Quage, Churchman (1960s): “systems analyse”
  - *Definisanje ciljeva*
  - *Uobličavanje rešenja saglasno ciljevima*
  - *Preispitivanje i provera ciljeva i hipoteza*
  - *Razmatranje novog rešenja*
  - *Redefinisanje ciljeva*
  - *Ponavljanje procesa do dosezanja prihvatljivog rešenja*
- 1970s : “systems approach”
  - *Formulacija problema*
  - *Prikupljanje i evaluacija informacija*
  - *Razvoj alternativa*
  - *Evaluacija alternativa*
  - *Izbor najprihvatljivijeg rešenja*
  - *Prezentacija rešenja*
  - *Standardne vrednosti i ustanovljenje performansi sistema*

- Athey T.H. (1982): “SYSTEMATIC SYSTEMS APPROACH”



□ Pored pomenutog, postoje i mnogi drugi pristupi koje je moguće naći u literaturi

- **Engineering design process** koji u svojim predavanjima preporučuje Marc Goetschalckx (lecture notes in “Logistics Systems Design”):
  - *Formulacija problema*
  - *Prikupljanje podataka i analiza problema*
  - *Generisanje varijantnih rešenja*
  - *Evaluacija varijanti*

- *Izbor preferentnog(ih) rešenja*
- *Specifikacija rešenja*
- *Evaluacija rešenja tokom korišćenja*
- Neki interesantni radovi iz časopisa
  - *Nadler G. “An investigation of design methodology”, Management Science, Vol. 13, No. 10, June, 1967*
  - *Minis I. et al. “The design of logistics operations for the Olympic Games”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol. 36 No. 8, 2006 pp. 621-642*
- Metodološki pristupi koje preporučuju pojedine kompanije (Material handling system design methodology, HK systems, [www.hksystems.com](http://www.hksystems.com))
- Interesantne knjige i predavanja na slajdovima:
  - Athey T. “Systematic systems approach”, Prentice-Hall, New Jersey, 1982
  - Wilson B. “Systems, : concepts, methodologies and application”, John Willey&Sons 1986
  - <http://www.odu.edu/~ckeating/cl12815/index.htm> (cl1... cl2...,cl12..., itd)
- ***Teorija odlučivanja je takođe blisko povezana sa ovom oblašću tako da se po tim nazivom mogu pronaći veoma korisne informacije !***

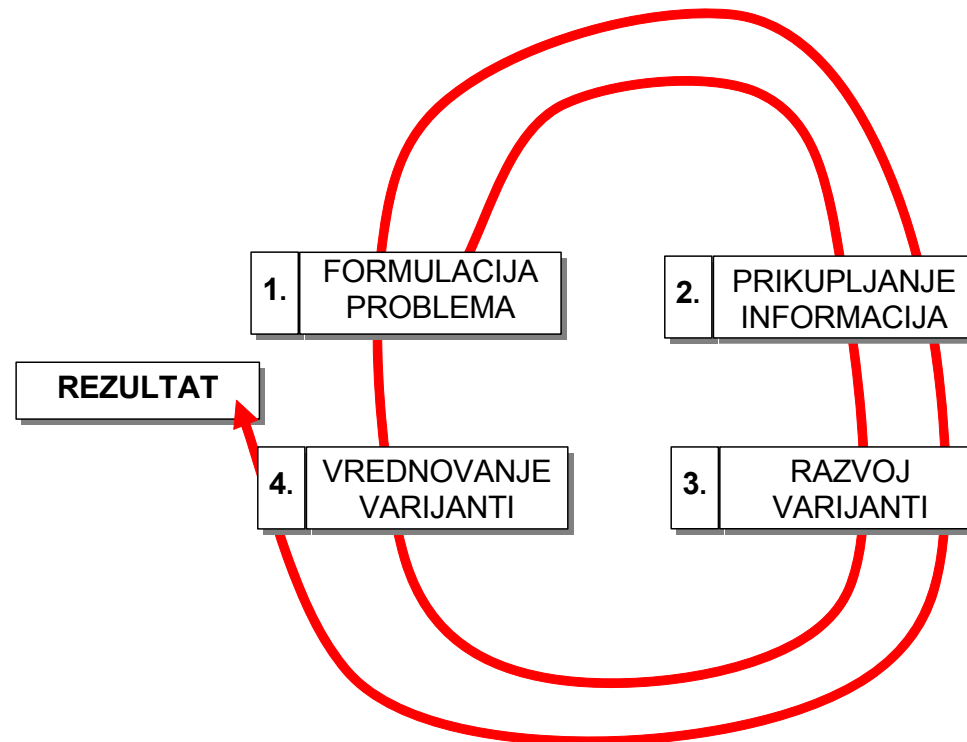
## OSNOVNE FAZE SISTEMSKOG PRISTUPA KOJE ĆE BITI PREDMET OVOG KURSA

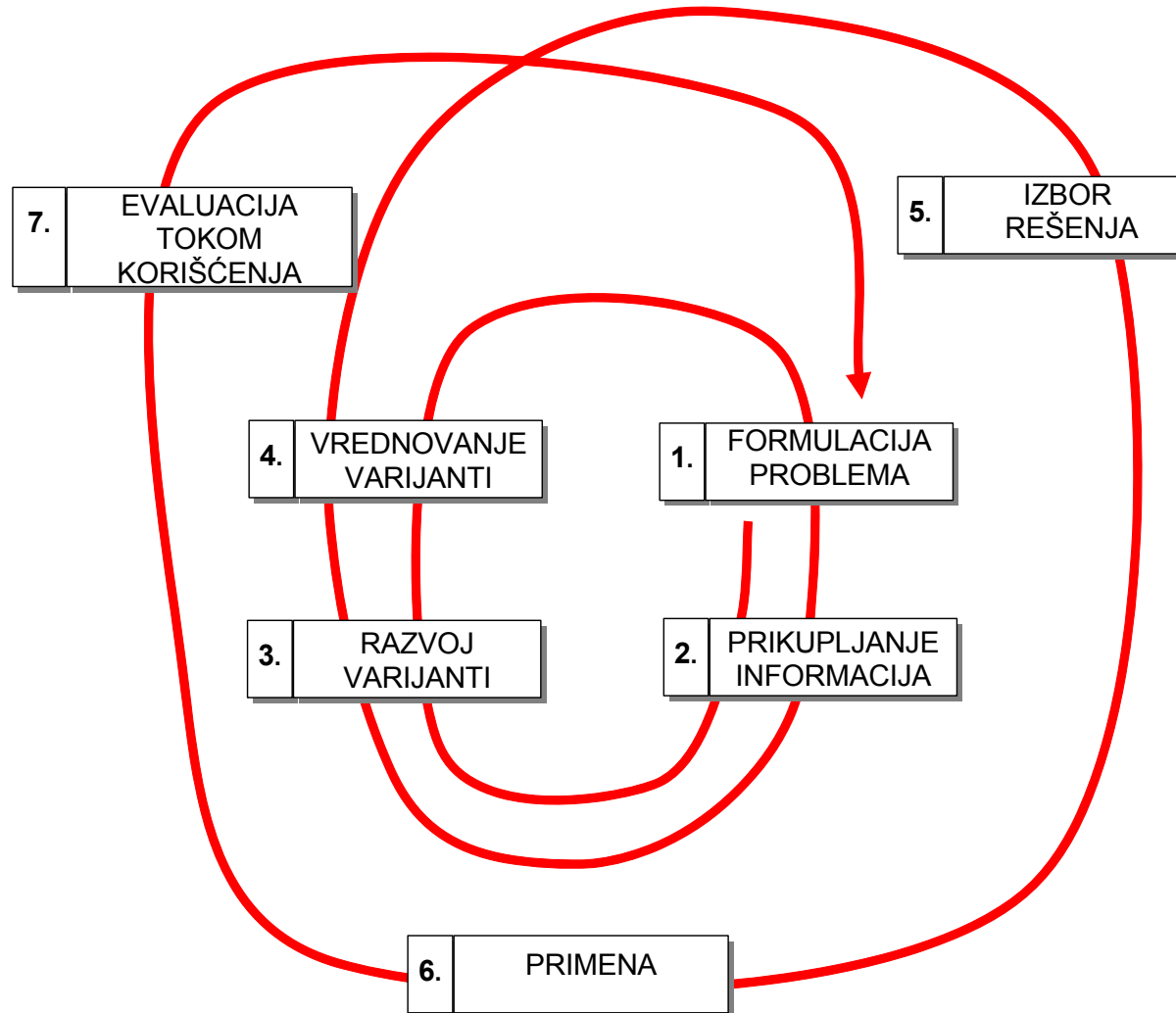
- Četiri koraka se mogu izdvojiti kao ključna:
  - FORMULACIJA PROBLEMA
  - PRIKUPLJANJE, ANALIZA I OCENA INFORMACIJA
  - GENERISANJE I RAZVOJ VARIJANTI
  - VREDNOVANJE VARIJANTI



- Iako nije izdvojeno kao posebna faza u pomenutim pristupima, **MODELIRANJE** se može posmatrati kao nerazdvojni deo svake od naznačenih faza u procesu rešavanja problema pa tako i kao važan deo sistemskog pristupa. Otuda će i ova oblast biti nešto detaljnije razmatrana !

## “TEHNIKA” PRIMENE METODOLOGIJE SISTEMSKOG PRISTUPA

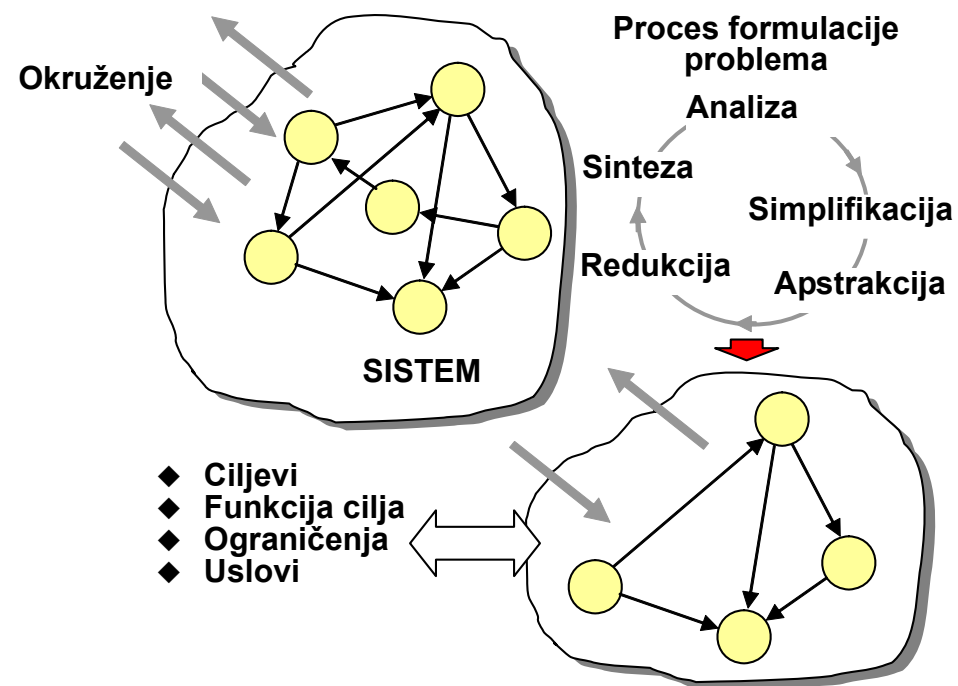




## FORMULACIJA PROBLEMA

- ❑ Označava *skup mentalnih aktivnosti koje imaju za cilj da nejasne i maglovite ideje o nekom problemu (sistemu) prevedu u pogodniji i operativniji oblik.*
- ❑ Dobro formulisan problem sadrži:
  - Jasno definisan skup ključnih zadataka i skup elemenata sistema
  - Relacije među entitetima, granice sistema, okruženje i veze sa sistemom
- ❑ Postoje određene razlike pri formulisanju problema u slučaju novog i postojećeg sistema, mada je suština ista
  - U slučaju postojećeg sistema, formulacija problema bazira se na uočavanju neke vrste "problema", "defekata", "nedostataka",...i sl. Otuda je u ovom slučaju suština u dobrom dijagnosticiranju te dobroj identifikaciji i pogodnoj interpretaciji postojećih simptoma
  - Za slučaj novog sistema (koji se razvija) formulacija problema obično znači definisanje sistemskih zahteva i strukture ciljeva baziranih na osnovnoj ideji i polaznom cilju, a to onda obično znači razvoj hijerarhijske strukture ciljeva i precizniju formulaciju zadataka
- ❑ Bilo kako bilo, u oba slučaja formulacija problema vodi prema formulisanju pitanja na koje treba naći odgovor
- ❑ Tokom procesa formulacije problema uobičajeno se primenjuju koncepti ANALIZE, REDUKCIJE, SIMPLIFIKACIJE, AGREGACIJE, SINTEZE i ABSTRAKCIJE

- ❑ Centralni zadatak jeste izolovanje i izdvajanje ključnih komponenti i funkcija, i/ili ključnih zadataka i faktora što takođe znači, RAZDVAJANJE BITNOG OD ONOG ŠTO JE MANJE VAŽNO
- ❑ U ovoj fazi analizira se i položaj problema koji se rešava u odnosu na sistem kao celinu kao i značaj problema i vremenski horizont relevantan za analizu
- ❑ Ukratko, **formulacija problema** rezultat je ANALIZE i obuhvata ciljeve, ciljnu funkciju te definisanje ograničenja uslova, osnovnih entiteta i njihovih veza



## NEKI PRIMERI PROCESA FORMULACIJE PROBLEMA

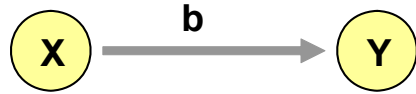
**Koji aspekt je relevantan? Koji podaci su potrebni? Šta je problem koji treba rešiti?**

### Primeri opšteg karaktera

- Čovek želi da kupi automobil, imajući određenu sumu novca i respektujući svoje preference. Kako mu sistem analitičar može pomoći ?
  - **MCDM – problem višekriterijumskog rangiranja (vrednovanja)**
- Generalni menadžer postavio je "green image" kao strategiju kompanije a "bolji uslovi radnog okruženja" predstavljaju zadatak za inženjera logistike u sistemu skladišta-hladnjače. Šta on treba da uradi ? Kako formulisati ciljeve i ciljnu funkciju? (buka, temperatura, nivo osvetljenja...)
  - **Definisati ciljne vrednosti izmeritelja: buka, temperatura, nivo osvetljenja...**
  - **Razviti rešenje koje obezbedjuje zahtevane vrednosti izmeritelja**

### Formulacije problema koji se mogu predstaviti modelom

- **PROBLEM ISPOMOĆI**
  - Dve susedne zemlje napravile su sporazum o međusobnoj ispomoći u napajanju električnom energijom. Svaki put kad jedna zemlja raspolaže viškom energije, a drugoj energija nedostaje – višak se isporučuje. Kako formulisati problem utvrđivanja kapaciteta (preseka) provodnika koji će obezbediti prenos energije ?

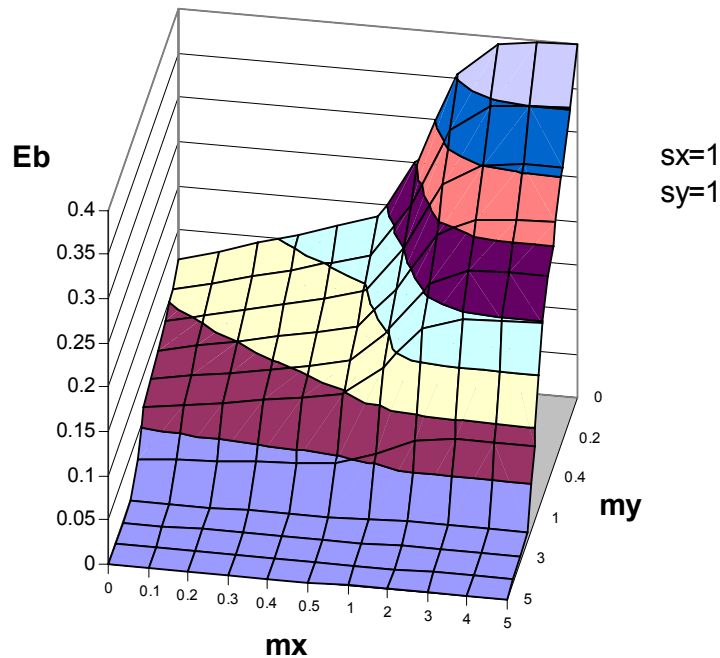


$X \rightarrow N(mx, sx)$        $Y \rightarrow N(my, sy)$

$$b = \begin{cases} X, & X > 0, Y < 0, X < | - Y | \\ - Y, & X > 0, Y > 0, X > | - Y | \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

$$f(b) = \begin{cases} \frac{1}{sx\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-mx)^2}{2sx^2}} \int_{-\infty}^{-x} \frac{1}{sy\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-my)^2}{2sy^2}} dy, & X > 0, Y < 0, X < | - Y | \\ \frac{1}{sy\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-my)^2}{2sy^2}} \int_{-y}^{\infty} \frac{1}{sx\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-mx)^2}{2sx^2}} dx, & X > 0, Y < 0, X > | - Y | \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases}$$

$$Eb = E(b) = \int_0^{\infty} \frac{x}{sx\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-mx)^2}{2sx^2}} \left[ \int_{-\infty}^{-x} \frac{1}{sy\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-my)^2}{2sy^2}} dy \right] dx + \int_{-\infty}^0 \frac{-y}{sy\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-my)^2}{2sy^2}} \left[ \int_{-y}^{\infty} \frac{1}{sx\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-mx)^2}{2sx^2}} dx \right] dy$$



- **Analogno** - U dve prostorno razdvojene zone logističkog centra realizuje se opsluga zahteva, korišćenjem istih pretovarnih sredstava. Svaki put kada je u jednoj od zona sredstvo slobodno, a u drugoj postoji zahtev za angažovanje, sredstvo se repozicionira. Kako formulisati problem utvrđivanja intenziteta zahteva za repozicioniranjem ?

## □ **PROBLEM POVEZIVANJA TRANSPORTNO MANIPULATIVNO VOZILO – ZADATAK – BATERIJA**

### • **Moguća formulacija**

- U sistemu postoji **m** baterija (**i=1,2,...,m**) a kapacitet **i-te** baterije **Q<sub>B<sub>i</sub></sub>** [Wh], starost **A<sub>i</sub>** [god], max snaga **N<sub>i</sub>** [kW], troškovi eksploatacije **β<sub>i</sub>** [din/Wh].
- Neka je u sistemu prisutno **n** elektrovozila, (**j=1,2, ...,n**). a nosivost vozila **j** is **G<sub>j</sub>** [kN], max snaga **P<sub>j</sub>** [kW]. troškovi eksploatacije **ξ<sub>j</sub>** [din/Wh].
- Neka postoji **p** zadataka (**k=1,2,...,p**): zahtev za nosivošću **G<sub>k</sub>** [N], potrebna energija za realizaciju **E<sub>k</sub>** [Wh], max potrebna snaga **P<sub>k</sub><sup>max</sup>** [kW],
- Sada se problem svodi na pitanje formiranja “trojki” (**i,j,k**), zadatak-vozilo-baterija koje obezbedjuju realizaciju procesa uz minimalne troškove
- Ako su **T<sub>ijk</sub>** troškovi realizacije zadatka **k**, vozilom **j** i baterijom **i** tada je

$$T_{ijk} = \beta_i \cdot E_k + \xi_j \cdot \frac{E_k}{P_j} \text{ [din]}$$

neka je  $\delta_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{ako je baterija } i \text{ na vozilu } j \text{ tokom realizacije zadatka } k \\ 0 & \text{u suprotnom} \end{cases}$

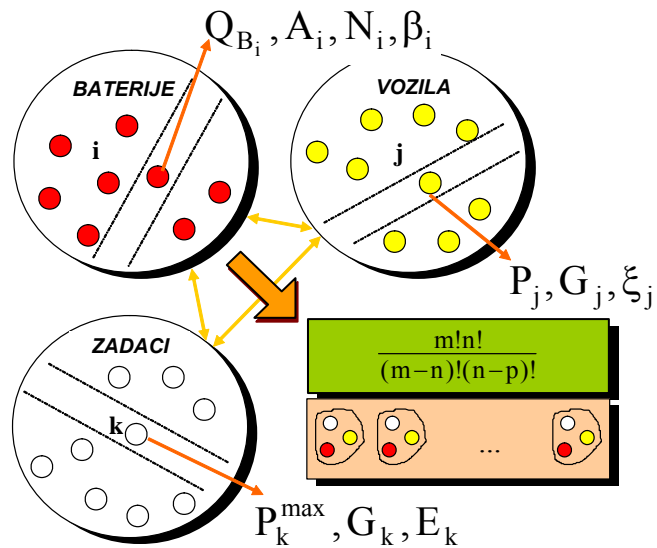
- Uz ograničenja:

$$G_j \geq G_k, Q_{B_i} \geq E_k, P_j \geq P_k^{\max}, N_i \geq P_j, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \delta_{ijk} = p$$

- Uz to mogu biti poznate i zavisnosti kapaciteta **Q<sub>B<sub>i</sub></sub>**, max snage baterije **N<sub>i</sub>**, i troškova **β<sub>i</sub>** od starosti baterije **A<sub>i</sub>**:

$$Q_{B_i} = f_{Q_B}(A_i), N_i = f_N(A_i), \beta_i = f_\beta(A_i)$$

## FORMULACIJA PROBLEMA



### FUNKCIJA CILJA

$$F_T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \delta_{ijk} \cdot T_{ijk}$$

$$F_T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \delta_{ijk} \cdot E_k \left( \beta_i + \frac{\xi_j}{P_j} \right) \rightarrow \min$$

### DIMENZIJE PROBLEMA

$$N_{\text{Comb}}^{8,5,5} = 806400$$

$$N_{\text{Comb}}^{20,15,10} \cong 220.93 \cdot 10^{24}$$

**U LITERATURI JE JAKO VELIKI BROJ FORMULACIJA OVOG TIPA !!!**



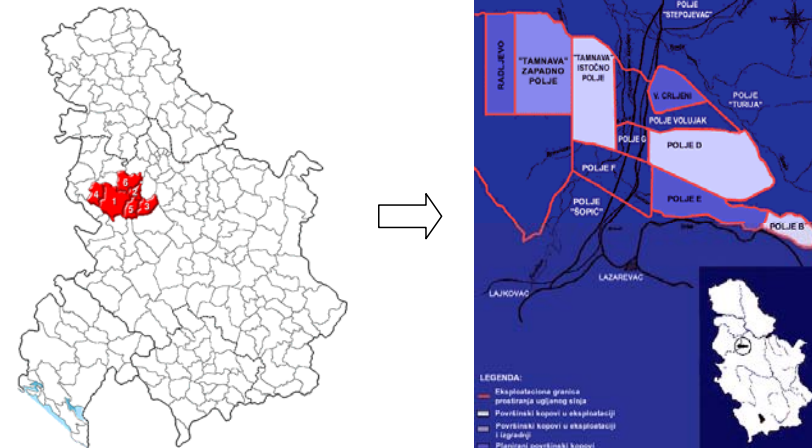
## Formulacije problema koje podrazumevaju tehnološko uobličavanje rešenja

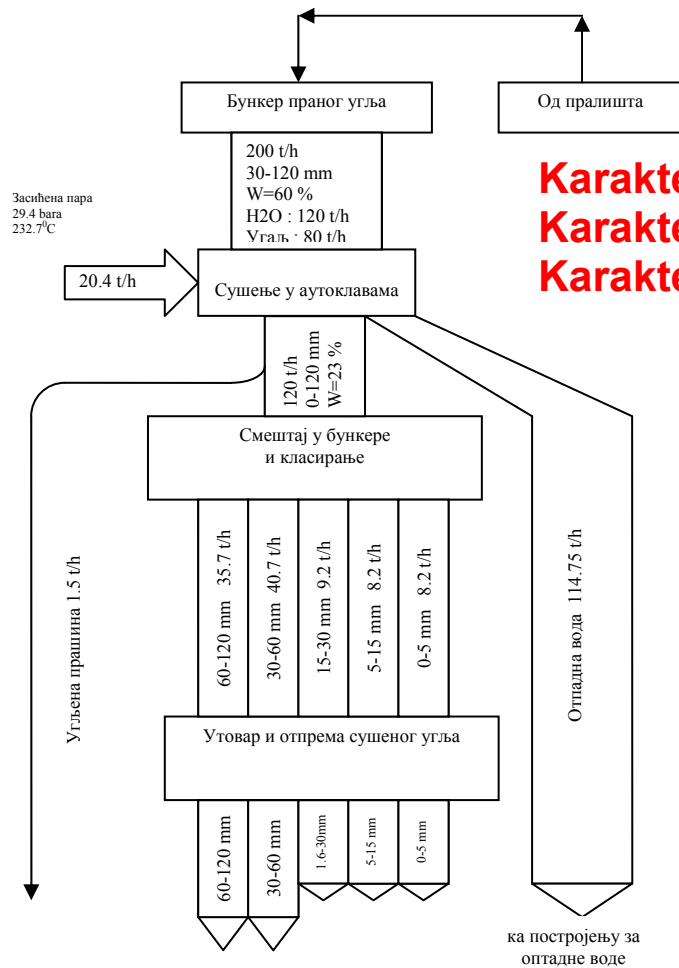
### □ " IDEJNI TEHNOLOŠKI PROJEKT SKLADIŠNO DISTRIBUTIVNOG SISTEMA KOMPANIJE XYZ "

- *Projektno rešenje mora da u okviru zadatih ograničenja obuhvati iznalaženje najracionalnijih tehnoloških rešenja procesa prijema i otpreme:*
  - Čuvanja zaliha i prerade - komisioniranja robe.
  - Tehnologija pri tome obuhvata definisanje
  - Zona realizacije pojedinih aktivnosti,
  - Uređaje, opremu i radnu snagu za skladišno-manipulativne aktivnosti
  - Njihovo raspoređivanje po odgovarajućim zonama i procesima
  - Za funkcionisanje procesa prema definisanoj tehnologiji neophodno je primeniti kvalitetno upravljanje skladišnim procesima sa odgovarajućom informacionom podrškom (uz primenu adekvatnog hardvera i softverskih rešenja)

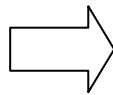
### □ OPTIMIZACIJA OTPREME UGLJA

**Karakteristike procesa**  
**Karakteristike robe**  
**Karakteristike tokova**

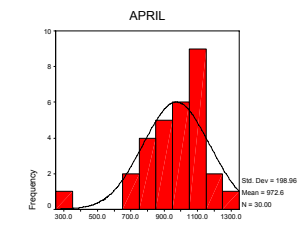
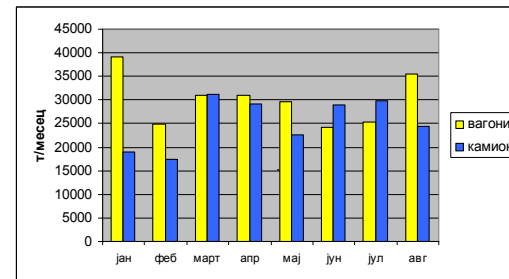




**Karakteristike procesa**  
**Karakteristike robe**  
**Karakteristike tokova**



Р.Б	Елементарна активност	маса (t)	пут (m)	Време трајања (min)	МЕТОД	Сабодраћаји	ОДРЕДБА ПОЛИСТИК У Сабодраћаји
1	Допрема угља из Сушаре у Класирницу		80		транспортером 306 производности 400t/h		Ток 1. Углавни ток сушеног угља у бункер
2	Транспорт угља до сита		15		транспортером 308 капацитета 400 t/h		
3	Просејавање угља		19.5		систем решета капацитета 175-200 t/h		
4	Транспорт до одговарајућих бункерских ћелија				затвореним (каплованим) ланчаником 250t/h		
5	Складиштење	30 t			чување сувог угља до првог захтева за отпремом		
6	Споразумевање контролора у Класирници са диспечером у одељењу Вага о отпреми одређеног асортимана			0.2	телефоном		
7	Подешавање положаја колици на бункеру		до 4	0.1	аутоматски		
8	Пуштање у рад изгртача из бункера			0.1	аутоматски		
9	Отпрема одређеног асортимана ( пуштање у рад једног од 4 транспортера)				аутоматски		
10	Транспорт до транспортера 44		10		једним од 4 попречна транспортера чија је производност од по 150 t/h		
11	Транспорт до транспортера 403 Т		15		транспортером 44 производности 150 t/h		
12	Транспорт до транспортера 403 RT		95		транспортером 403 Т производности 150 t/h		
13	Ускладиштење				бункерске ћелије		



**Na bazi toga uočavaju se problemi pa se onda definišu rešenja za njihovu eliminaciju ili pak za poboljšanje**

## Softverska rešenja

### □ **SOFTVER ZA OPTIMIZACIJU KRETANJA REGALSKIH LIFTOVA (NEBOJŠA JANOŠEVIĆ)**

- *Cilj rada je da se za jednu SR mašinu u jednom prolazu prilikom komisioniranja robe definiše strategija kretanja bliska optimalnoj.*
- *Preciznije, rad je usmeren definisanju optimalne putanje SR sredstva sa jednim šatlom u jednom prolazu kada se u sistemu obavlja komisioniranje robe*
- *Metode operacionih istraživanja pogodne za rešavanje problema kretanja SR mašine po dvodimenzionalnoj XZ ravni, su metode TSP - odnosno problem trgovačkog putnika.*
- *U ovom radu kombinuju se **Cark-Wright algoritam**, **algoritam konveksnog mnogougla**, **algoritam „najbližeg ubacivanja”**, **OR-ov algoritam** i **metoda 2-Opt***