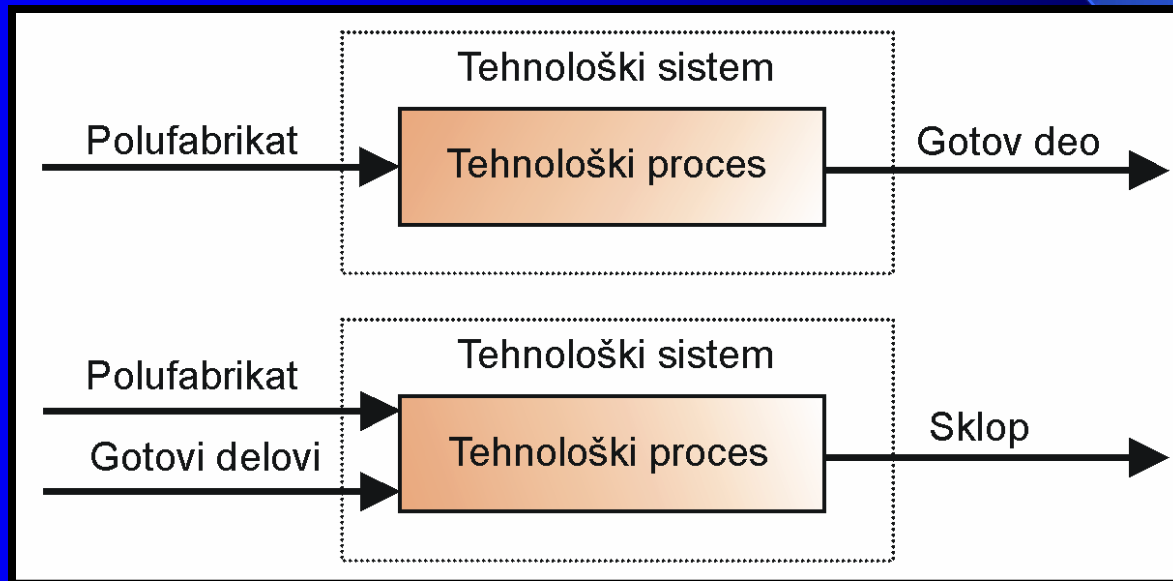


INTELIGENTNI TEHNOLOŠKI SISTEMI

**PROJEKTOVANJE  
TEHNOLOŠKIH PROCESA**

## Tehnološki proces -

skup medusobno povezanih aktivnosti čiji je cilj transformacija polufabrikata u gotov deo, podsklop ili sklop, tj. **transformacija sirovog materijala** (inicijalna faza) u **željeni oblik** (završna faza)



Modeli tehnoloških procesa

## Projektovanje tehnoloških procesa definicija

- skup međusobno povezanih aktivnosti koji prevode projektnu specifikaciju u operativna uputstva za proizvodnju
- sistematsko određivanje detaljnih metoda kojima se delovi ili sklopovi (slučaj montaže) mogu proizvesti ekonomično i konkurentno, od inicijalne faze (sirov materijal) do završne faze (gotov proizvod)

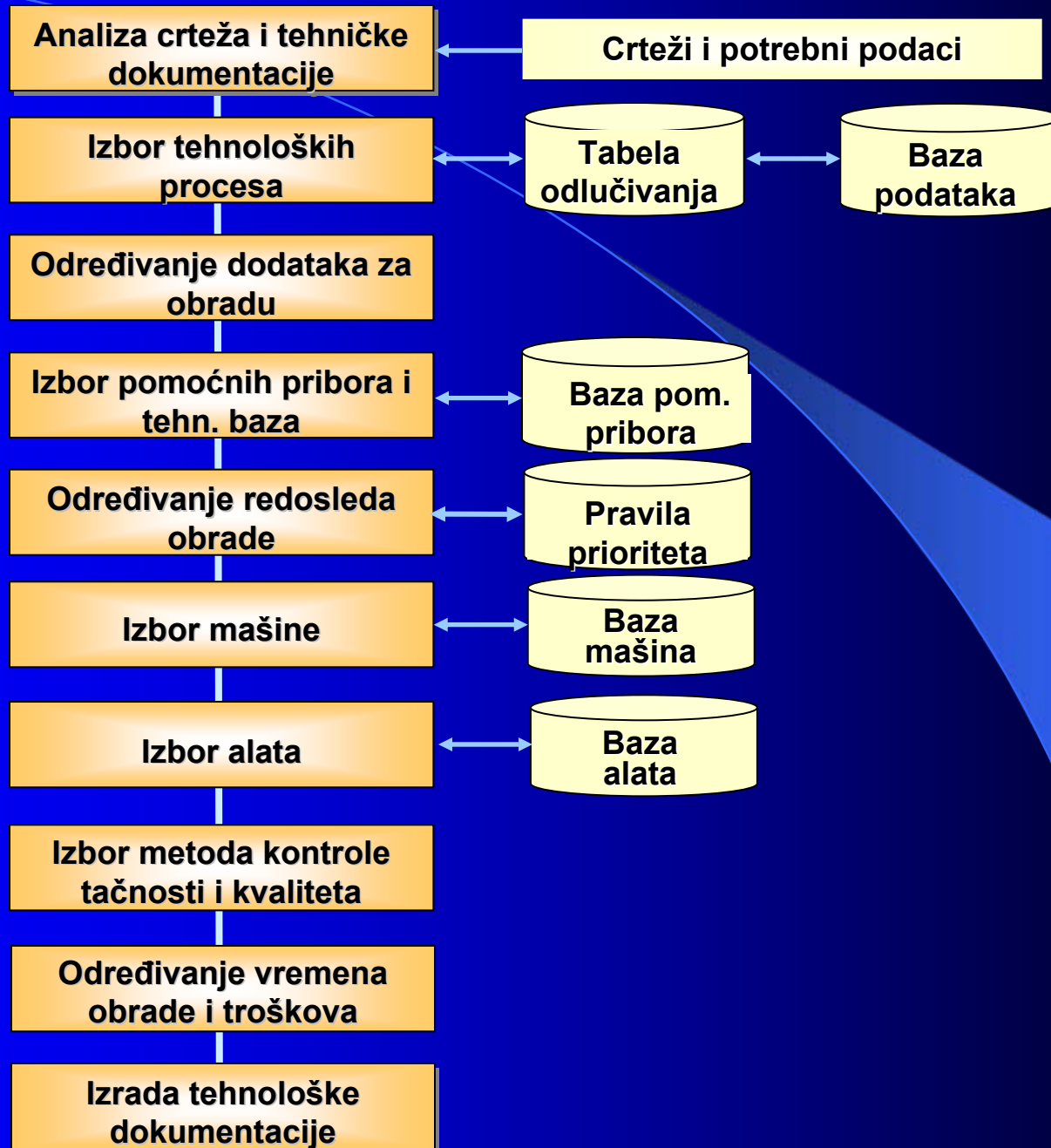


Model projektovanja tehnološkog procesa

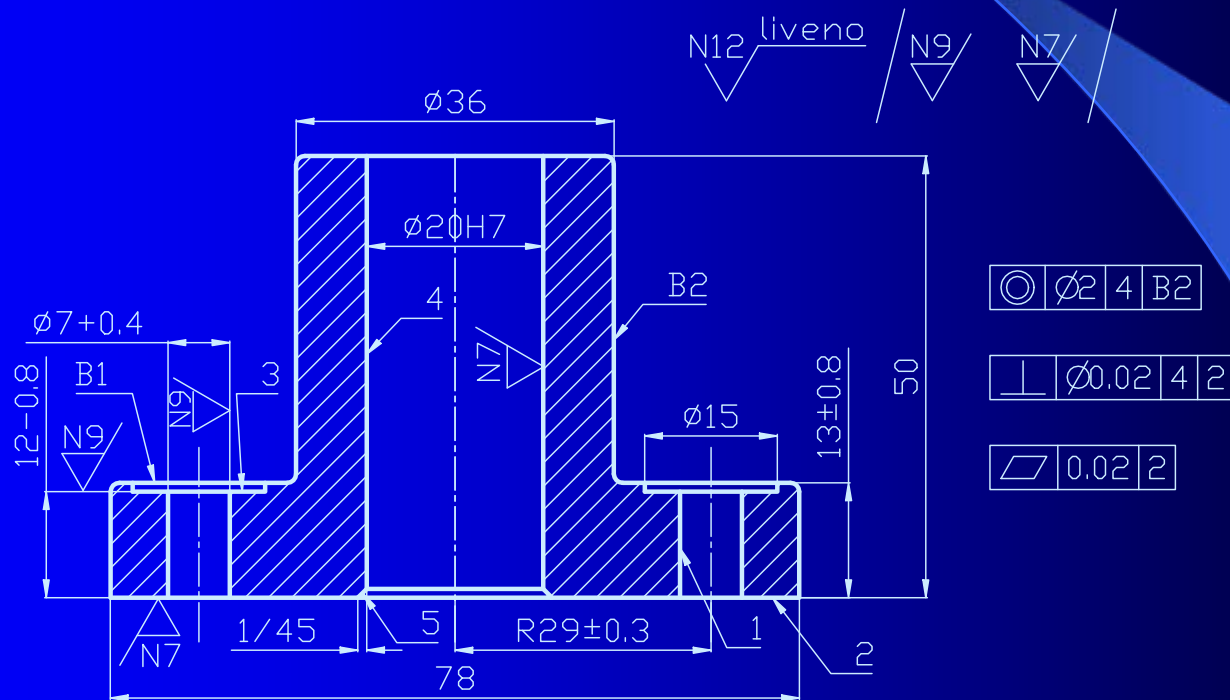
## Faktori koji utiču na projektovanje tehnoloških procesa

- **Tehnički zahtevi - kvalitet obrade** (tačnost ostvarenih mera, položaja i oblika površina) i **kvalitet obrađene površine**; definisani na crtežu dela
- **Tehnološki uslovi** - izbor metoda obrade, tehničke karakteristike obradnih sistema, alata, pribora, materijala i dr.
- **Ekonomski uslovi** - cena proizvoda kao funkcija serije i ukupnog broja komada (obima proizvodnje)

# Aktivnosti projektovanja



# Пример



# Анализа техничности машинског дела

- Анализа техничности дела обухвата:
  - геометријски облик,
  - мере и толеранције,
  - толеранције облика,
  - површинску храпавост,
  - врсту материјала и његову тврдоћу,
  - величину серије.

# Избор захвата и алата

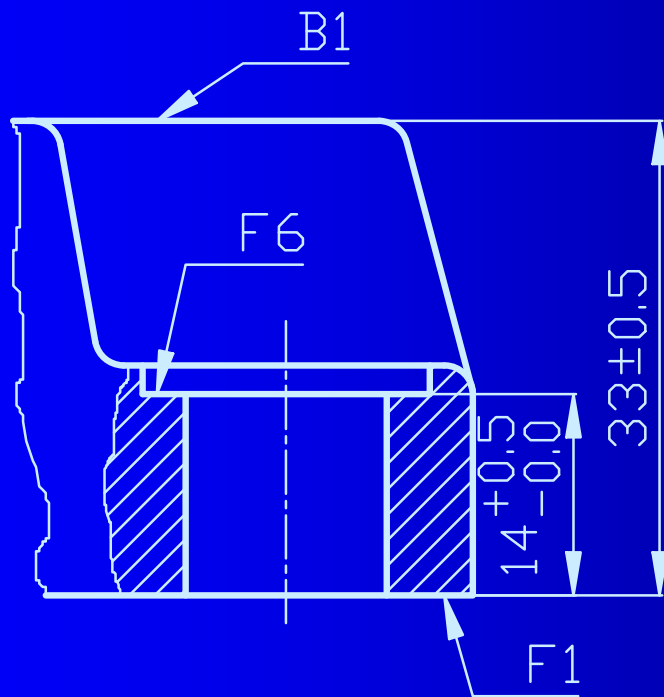
Форма за обраду	Спецификација	Врста обраде		
		груба	фина	завршна
(1)	$\varnothing 7^{+0.4}$ ; $R_a = 6.3 \mu m$ поз. $29^{+0.3} mm$	Бушење		
(2)	поз. $13^{+0.3} mm$ ; $R_a = 1.6 \mu m$ равност $0.02 mm$	Чеона обрада	Чеона обрада	
(3)	$\varnothing 15$ ; поз. $12.05 mm$ ; $R_a = 6.3 \mu m$ ;	Упуштање		
(4)	$\varnothing 20H7$ ; $R_a = 1.6 \mu m$ ; центричност $\varnothing 2 mm$ ; управност $0.02 mm$	Бушење	Унутрашња уздужна обрада	Развртање
(5)	Оборена ивица $1 \times 1 mm$		Обарање ивице	



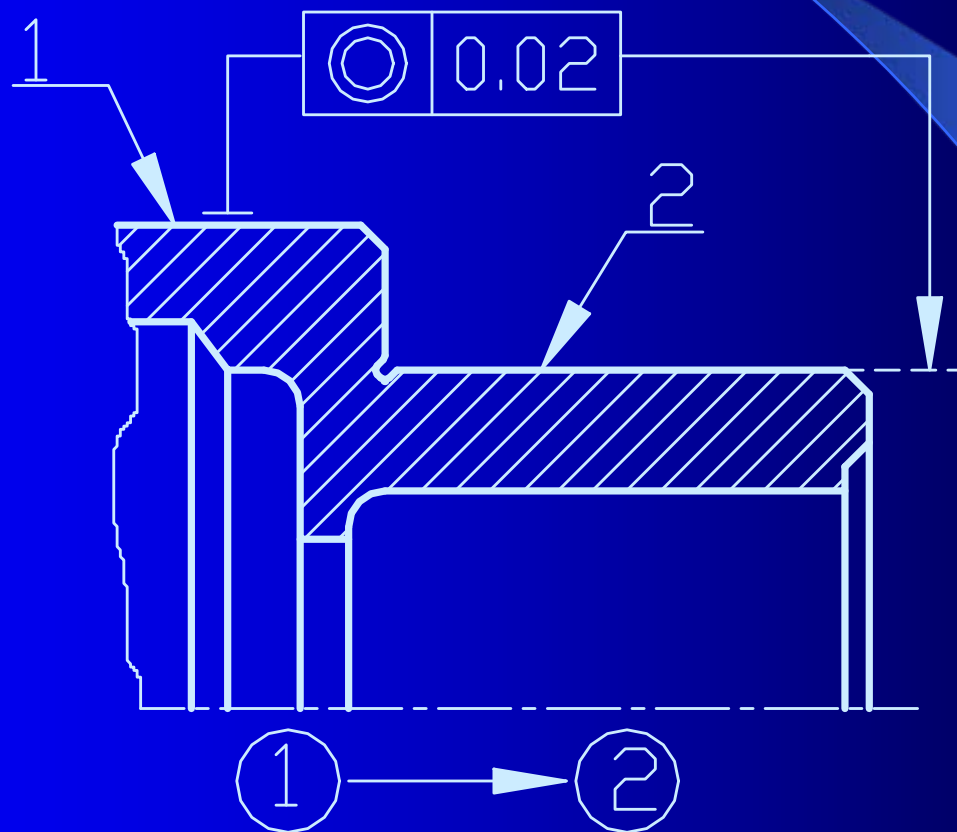
# Одређивање редоследа обраде у складу са правилима приоритета

- Основна правила за одређивање редоследа обраде су:
  - Пре неке посматране површине обрађује се површина у односу на коју је посматрана површина димензионисана, а приоритет имају површине димензионисане у односу на базу.
  - Површина у односу на коју је дефинисана толеранција положаја неке површине има приоритет при обради.
  - Редослед обраде треба да буде технологичан.
  - Треба водити рачуна о економским ограничењима.

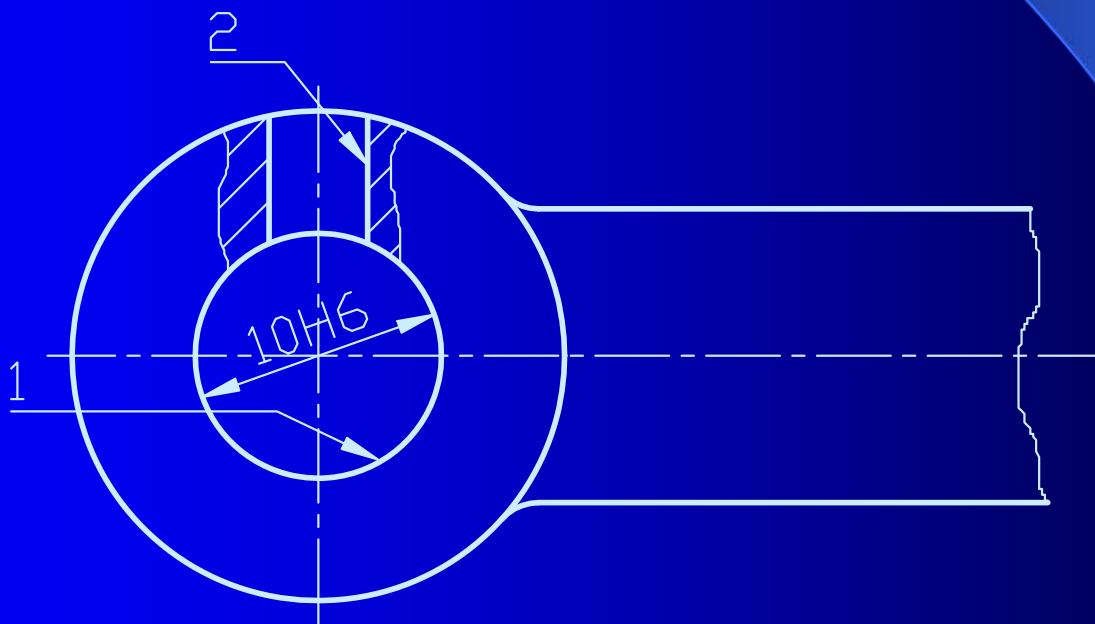
# Димензионо претхођење



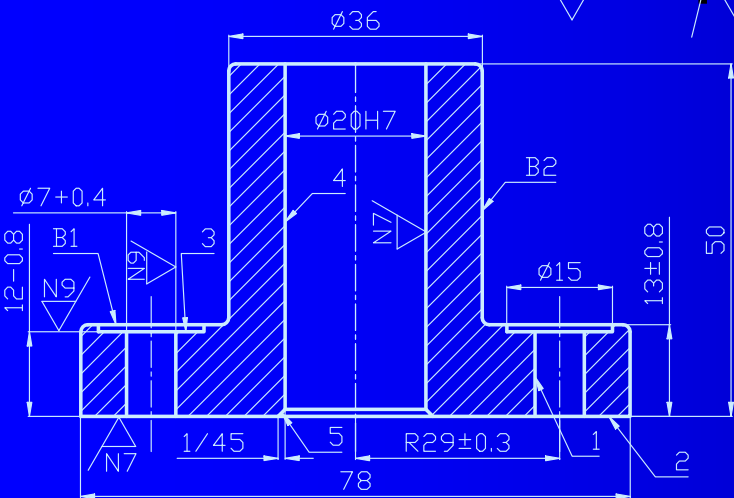
# Геометријско претхођење



# Пример очувања захтеваног квалитета отвора



# Релације претхођења



## Претходни захвати

Захвати	Претходни захвати			
	Димензионо	Геометријски	Технолошки	Економски
1G	4Z	2F		
2G				4F ек. обраде
2F	B1		2G	
3G	2F	1G		
4G				
4F			4G	
4Z		B2	4F	2F, зашт. алата
		2F	5F	
5F	2F			4F, ек. обраде

*Претходни захвати*

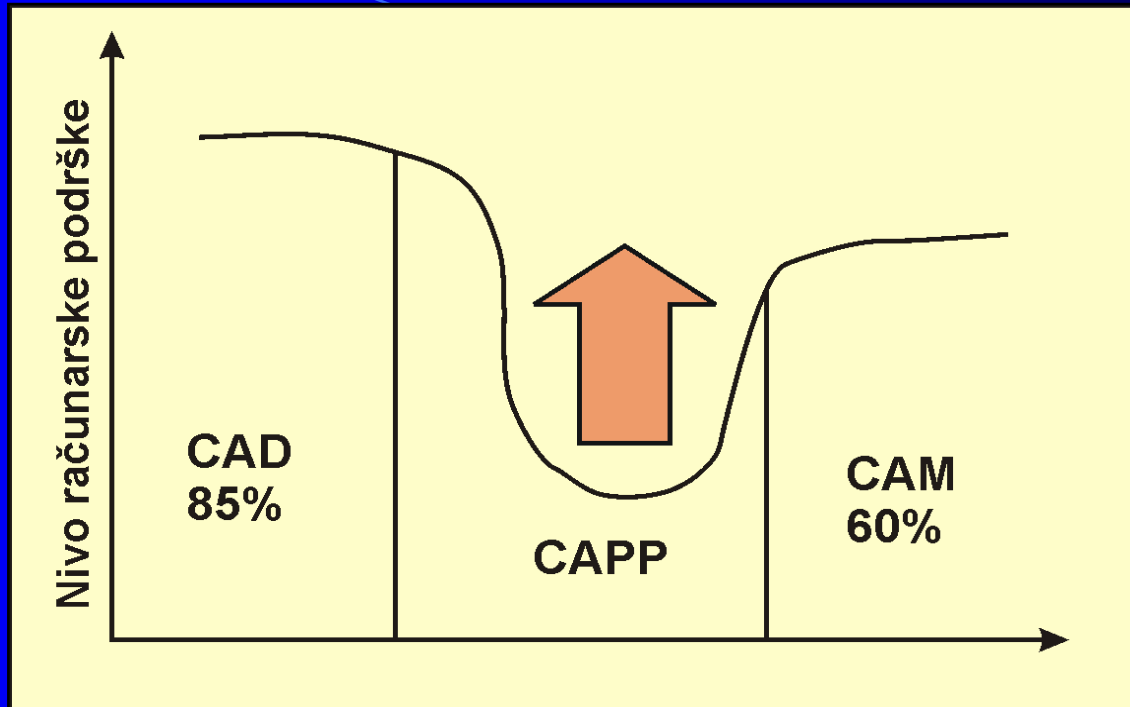
<i>Захвати</i>	<i>Димензионо</i>	<i>Геометријски</i>	<i>Технолошки</i>	<i>Економски</i>
1G	4Z	2F		
2G				4F ек. обраде
2F	B1		2G	
3G	2F	1G		
4G				
4F			4G	
4Z		B2 2F	4F 5F	2F, зашт. алата
5F	2F			4F, ек. обраде

	извршити ове захвате								Нивои							
	1G	2G	2F	3G	4G	4F	4Z	5F	1	2	3	4	5	6	7	8
1G			X				X		2	2	2	2	1	1	1G	
2G						X			1	1	2G					
2F		X							1	1	1	2F				
3G	X		X						2	2	2	2	1	1	1	3G
4G									4G							
4F					X				1	4F						
4Z			X			X		X	3	3	2	2	1	4Z		
5F			X			X			2	2	1	1	5F			
									4G	4F	2G	2F	5F	4Z	1G	3G

Пре извршења ових захвата

## **DOBAR (odličan) projektant tehnološkog procesa (tehnolog) poseduje:**

- **sposobnost analize tehnologičnosti dela,**
- **sposobnost analize crteža dela,**
- **znanje o zavisnosti tačnosti i kvaliteta obrađene površine,**
- **poznavanje procesa proizvodnje i iskustvo u radu,**
- **sposobnost izrade racionalnih tehnoloških postupaka,**
- **znanja o alatima i pomoćnim priborima,**
- **znanja o raspoloživim resursima,**
- **znanja kako koristiti referentne knjige, priručnike, uputstva i dr.**
- **znanja za proračunavanje vremena obrade i troškova,**
- **poznavanje vrsta materijala,**
- **znanja o troškovima procesa obrade, alata i materijala,**
- **...**



**IMS** - inteligentni tehnološki sistem

**CIM** - kompjuterski integrisana proizvodnja

**CAD** - projektovanje proizvoda primenom računara

**CAM** - projektovanje za proizvodnju podržano računarom

**AI** - tehnika veštačke inteligencije

**CAPP** - projektovanje tehnoloških procesa  
**kritična veza** između **CAD-a** i **CAM-a**



## Karakteristike

### Ručno projektovanje tehnoloških procesa :

- nekonzistentni tehnološki postupci

**Kvalitet = f ( stručnost, sposobnost projektanta)**

### Projektovanje tehnoloških procesa primenom računara :

- smanjen manuelni deo posla i nivo potrebne stručnosti
- optimizacija i sistematizacija postojećih tehnoloških postupaka
- izrada racionalnijih tehnoloških postupaka
- smanjenje vremena projektovanja
- niži troškovi projektovanja i proizvodnje
- ...

## **CAPP sistem - nivo računarske podrške projektantu tehnološkog procesa**

- **Sistemi nižeg nivoa**

- Primena računara za memorisanje i pretraživanje podataka za tehnološke procese (ručno projektovani)

- **Sistemi višeg nivoa**

- Automatski generišu tehnološke procese za određene delove jednostavnijeg geometrijskog oblika (mogućnost izmena)

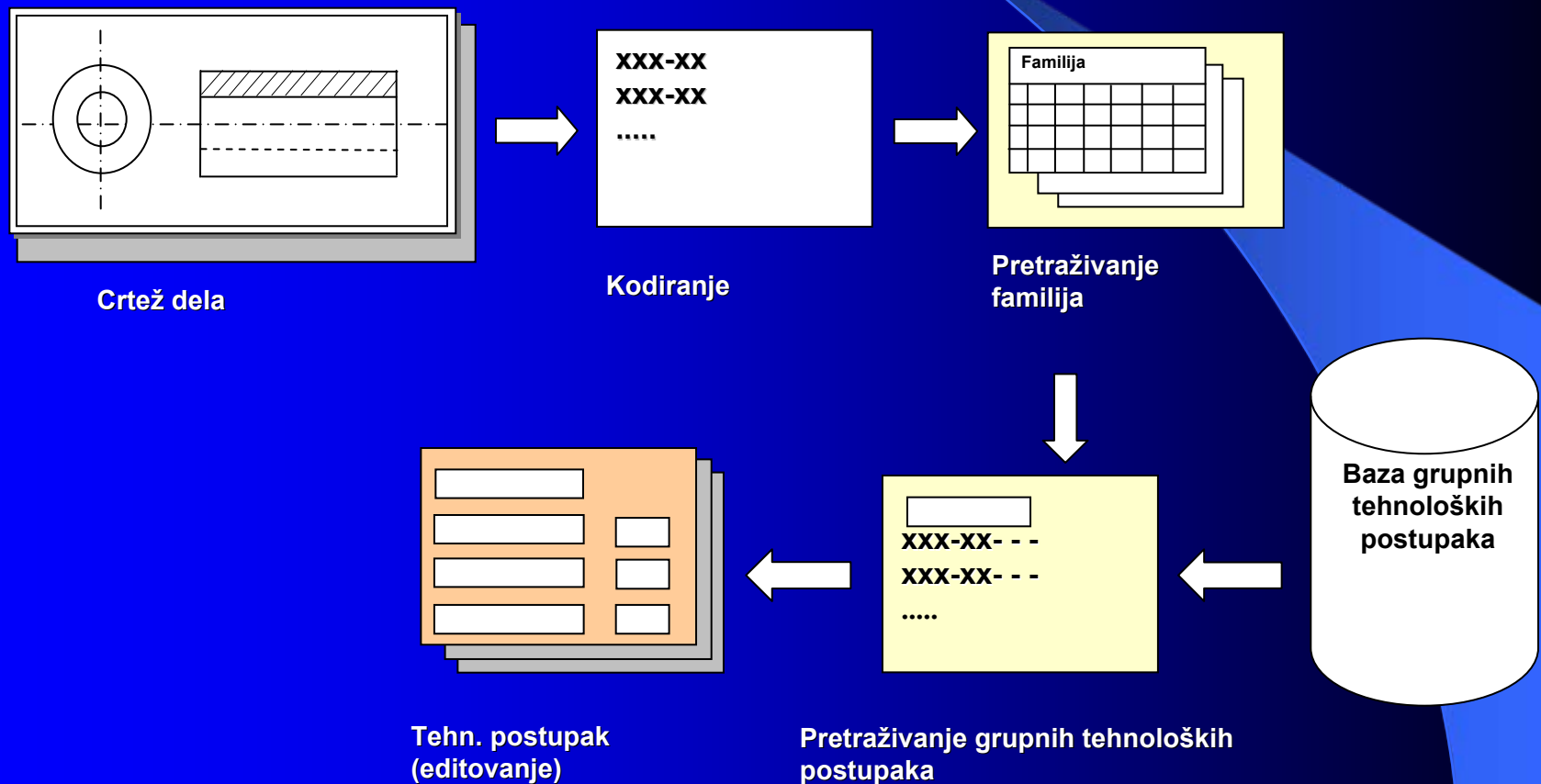
- **Sistemi najvišeg nivoa**

- Ugrađena specifična znanja projektovanja tehnoloških procesa (sistem – projektant)
- Baze podataka i baze znanja CAPP sistema povezane sa bazama CAD i CAM sistema

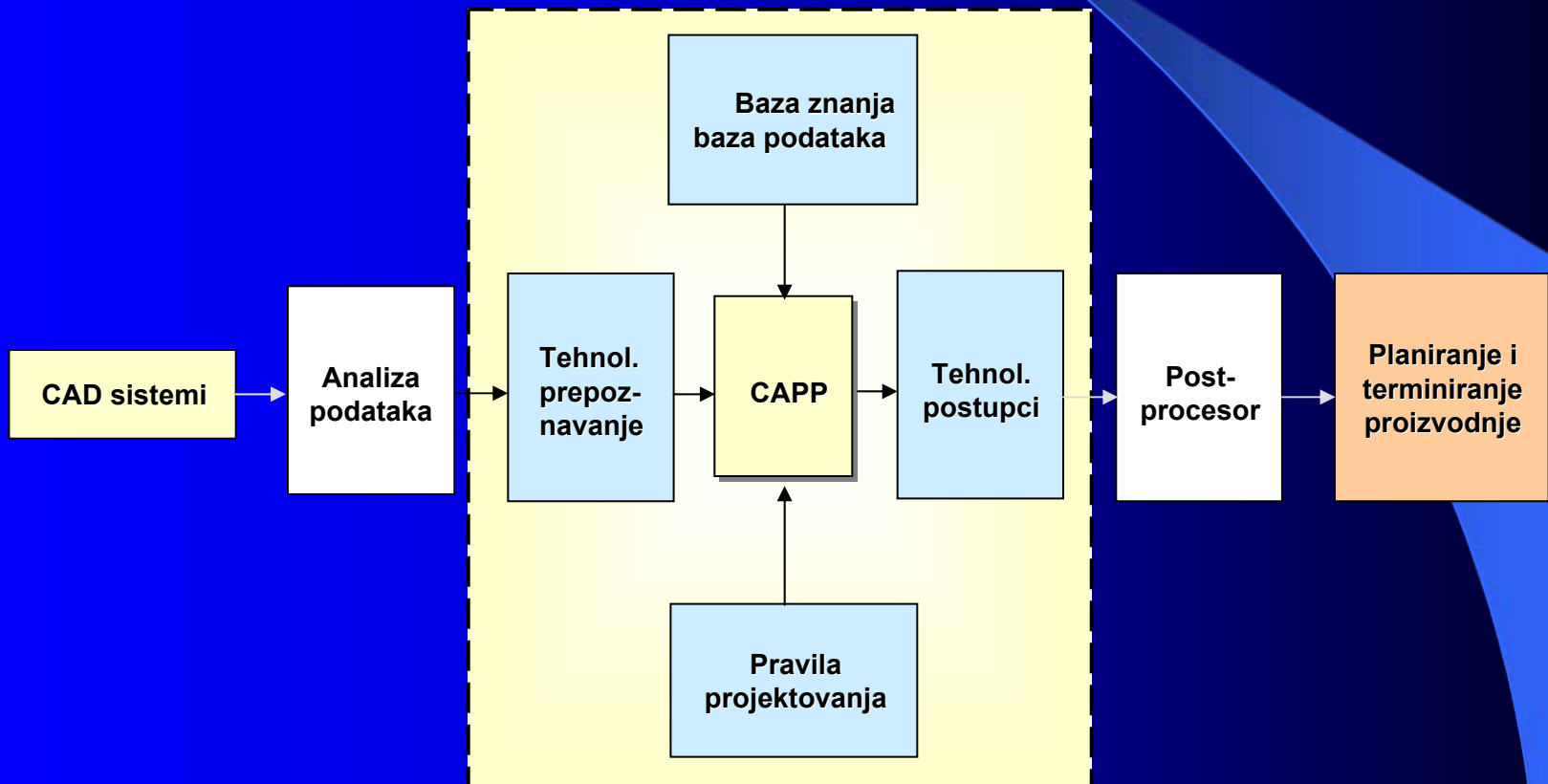
## Modeli projektovanja

- **Varijantni pristup**
- **Generativni pristup**
- **Hibridni pristup**

# Varijantni pristup



# Generativni pristup

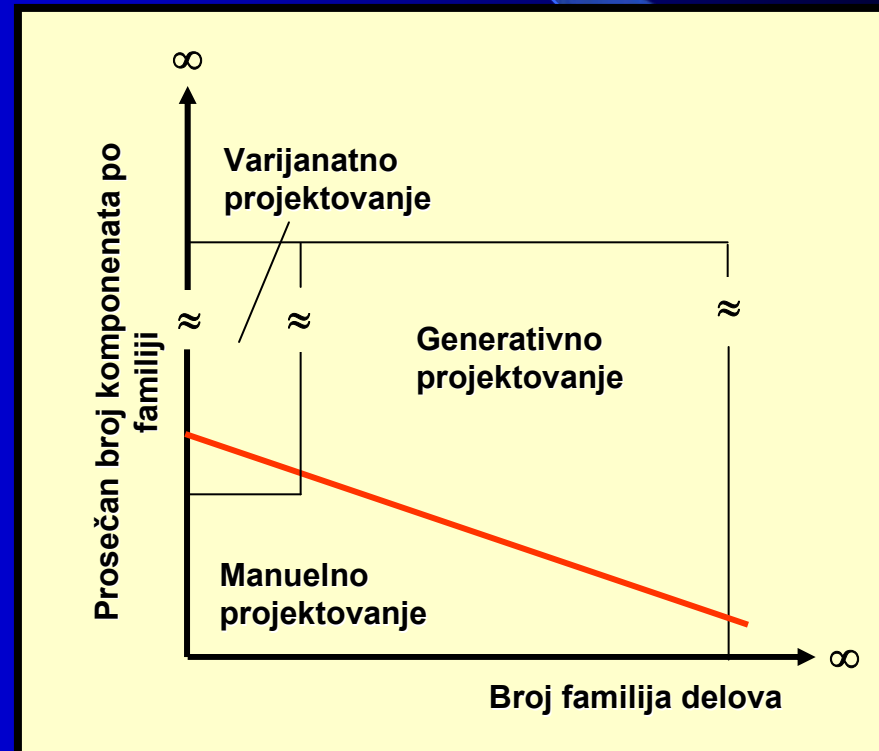


# Hibridni

**Različite kombinacije varijantnog i generativnog pristupa**

## Faktori koji utiču na odluku: uvođenje CAPP sistema?

- komponente tehnološkog sistema
- obim proizvodnje
- broj različitih familija delova



**Za generisanje tehnološkog postupka neophodna su tačna i dobro organizovana znanja:**

- **Znanje o delu (atributi površina koje se obrađuju)**
- **Znanje o obradnim procesima (mogućnosti procesa)**
- **Pravila projektovanja**
- **Znanje o obradljivosti (parametri režima obrade)**
- **Znanje o mašinama (mogućnosti mašina)**
- **Znanje o alatima**
- **Znanje o pomoćnim priborima**



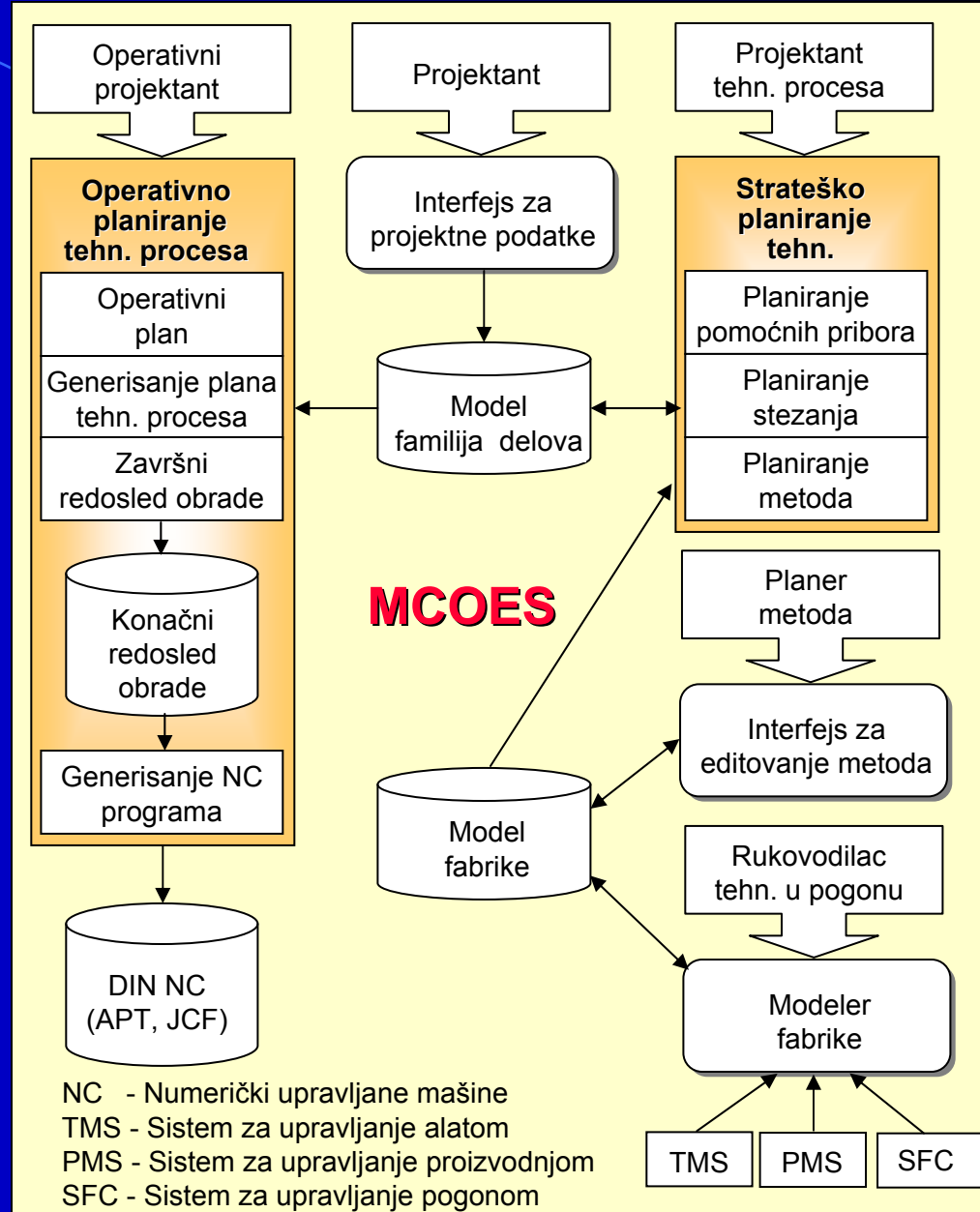
## Arhitektura modela CAPP sistema:

- osnovni opis komponenata sistema i njihovih veza
- tok informacija

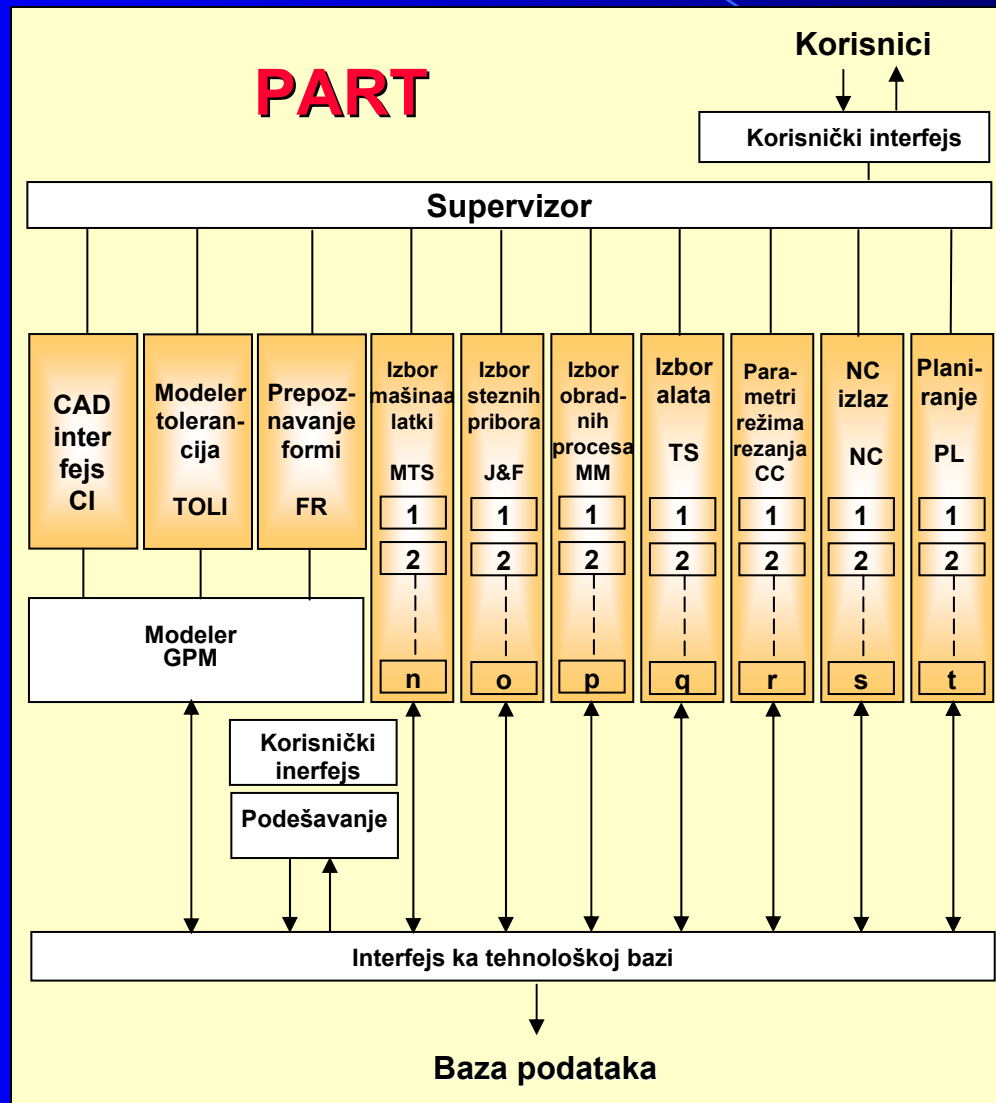
## Osnovne komponente:

- baza znanja
- mehanizam za prikupljanje i predstavljanje znanja
- kontrola komunikacija između komponenti sistema
- korisnički interfejs
- baza podataka za projektovanje tehnološkog procesa

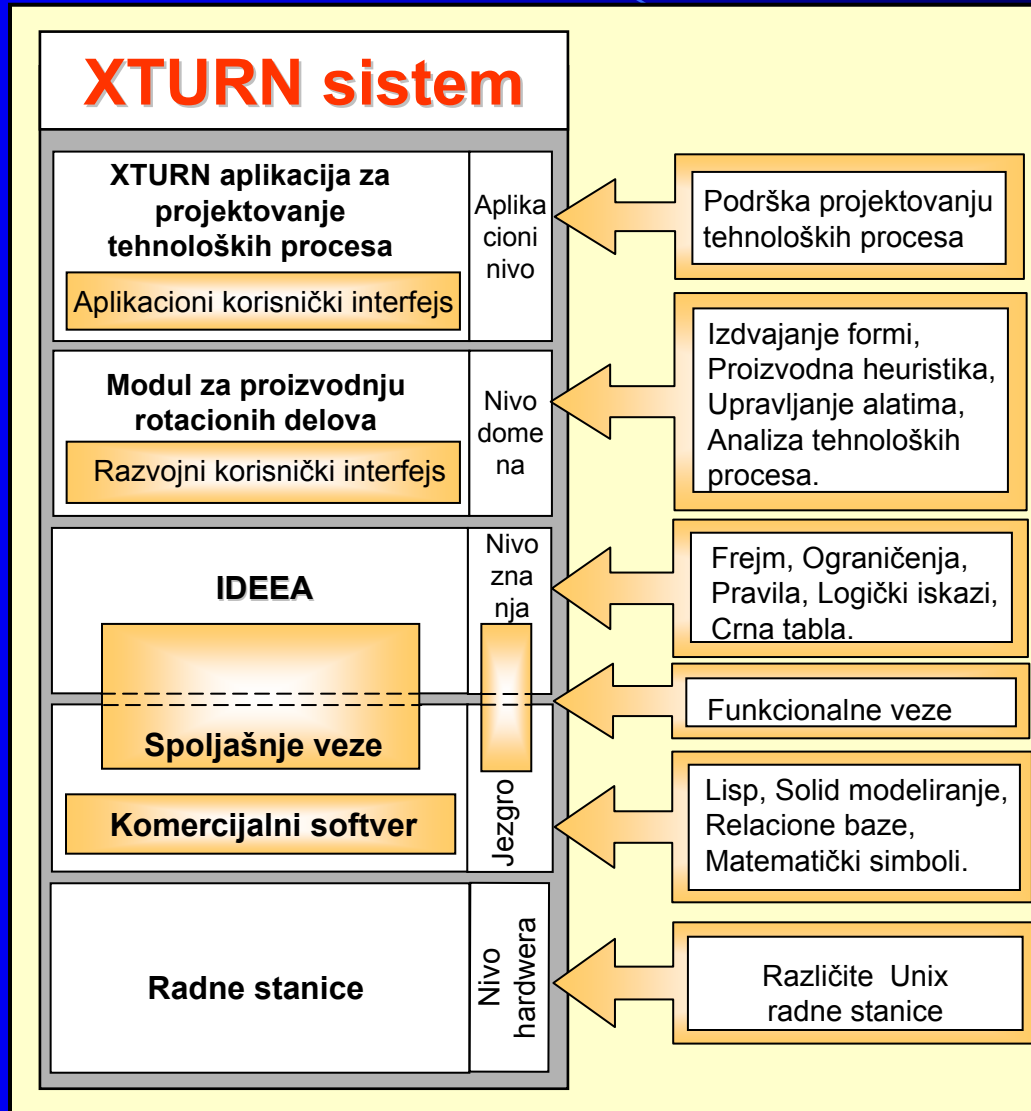
# Manufacturing Cell Operator's System Technology – MCOES



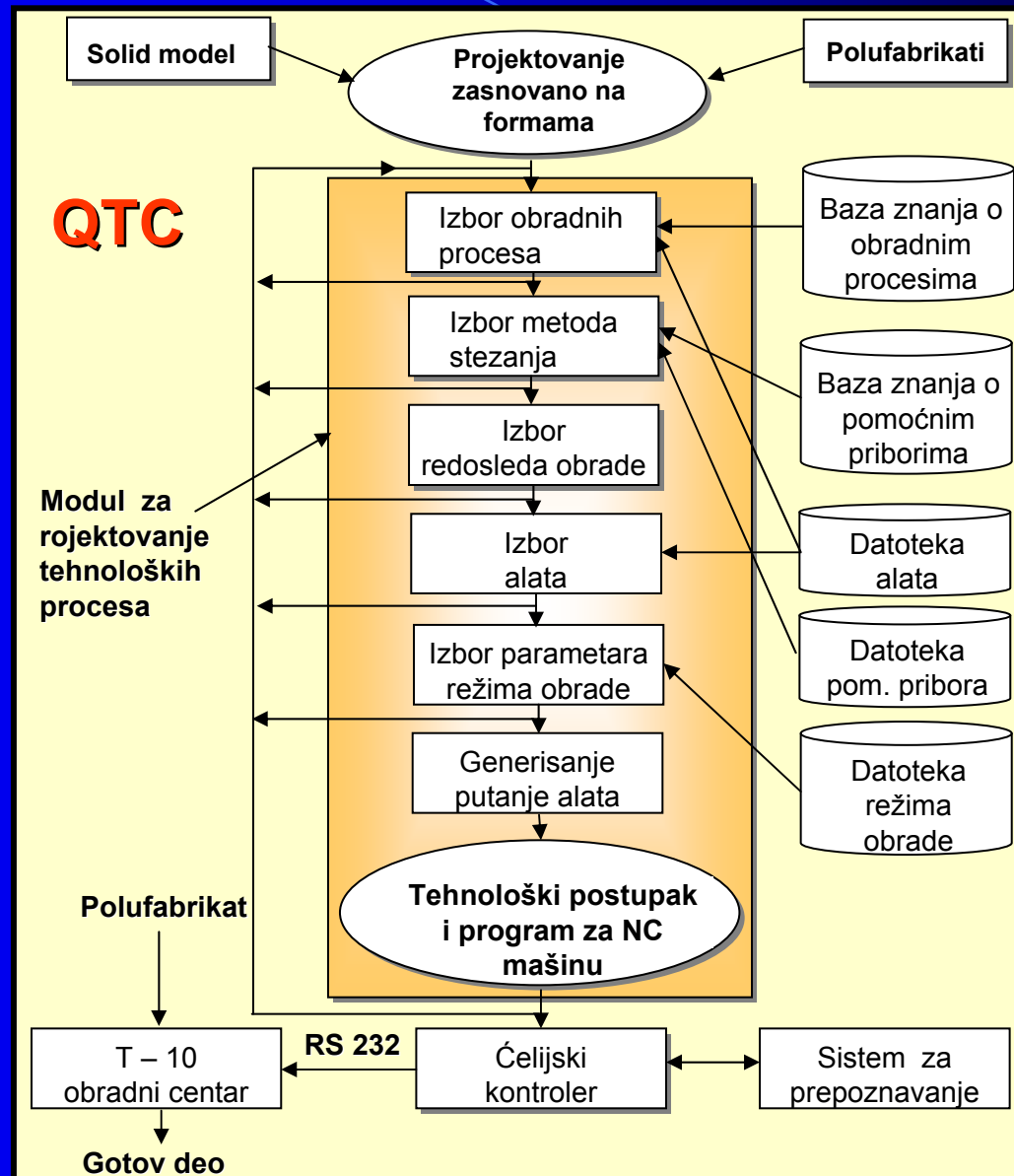
# Planning of Activities, Resources and Technology – PART sistem



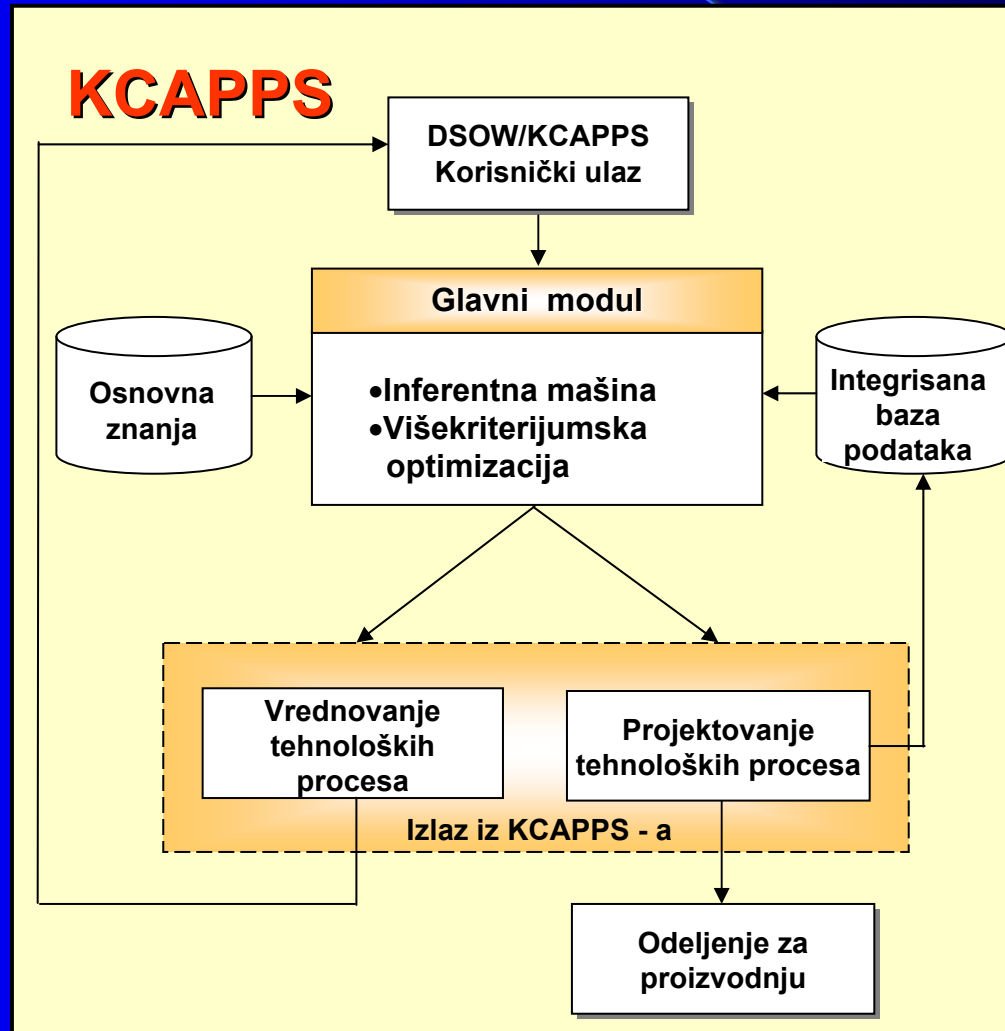
# Sistem XTURN



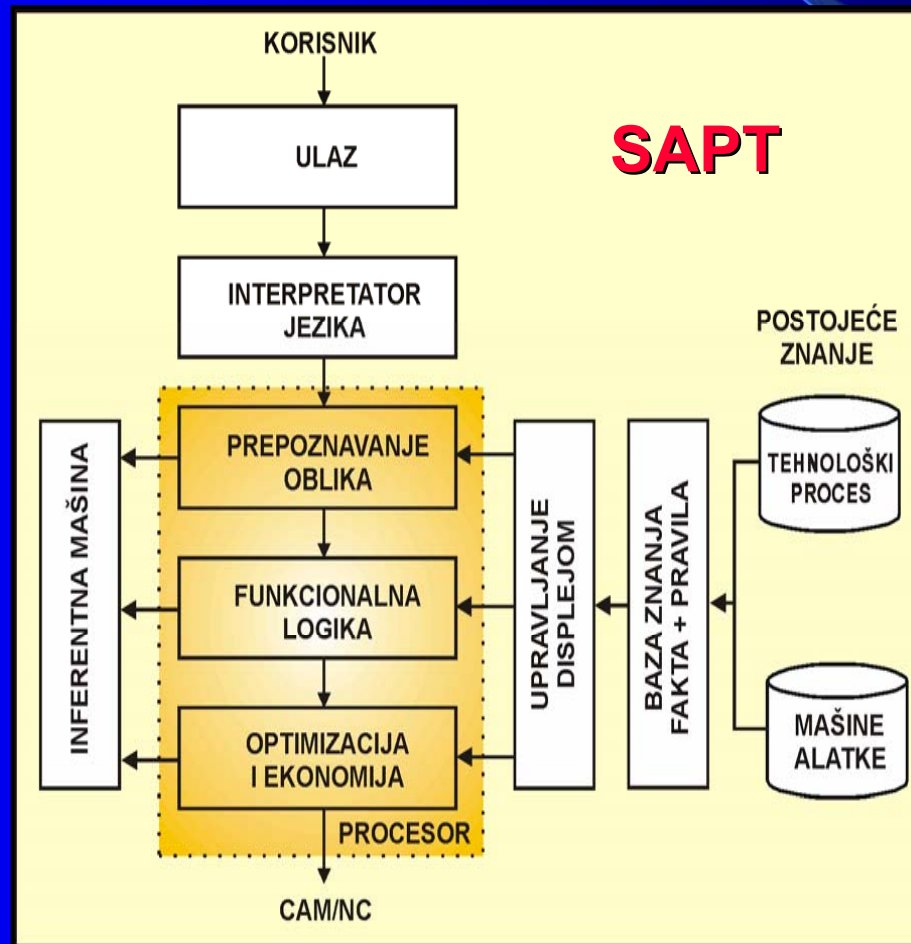
# Quick Turnaround Cell System – QTC



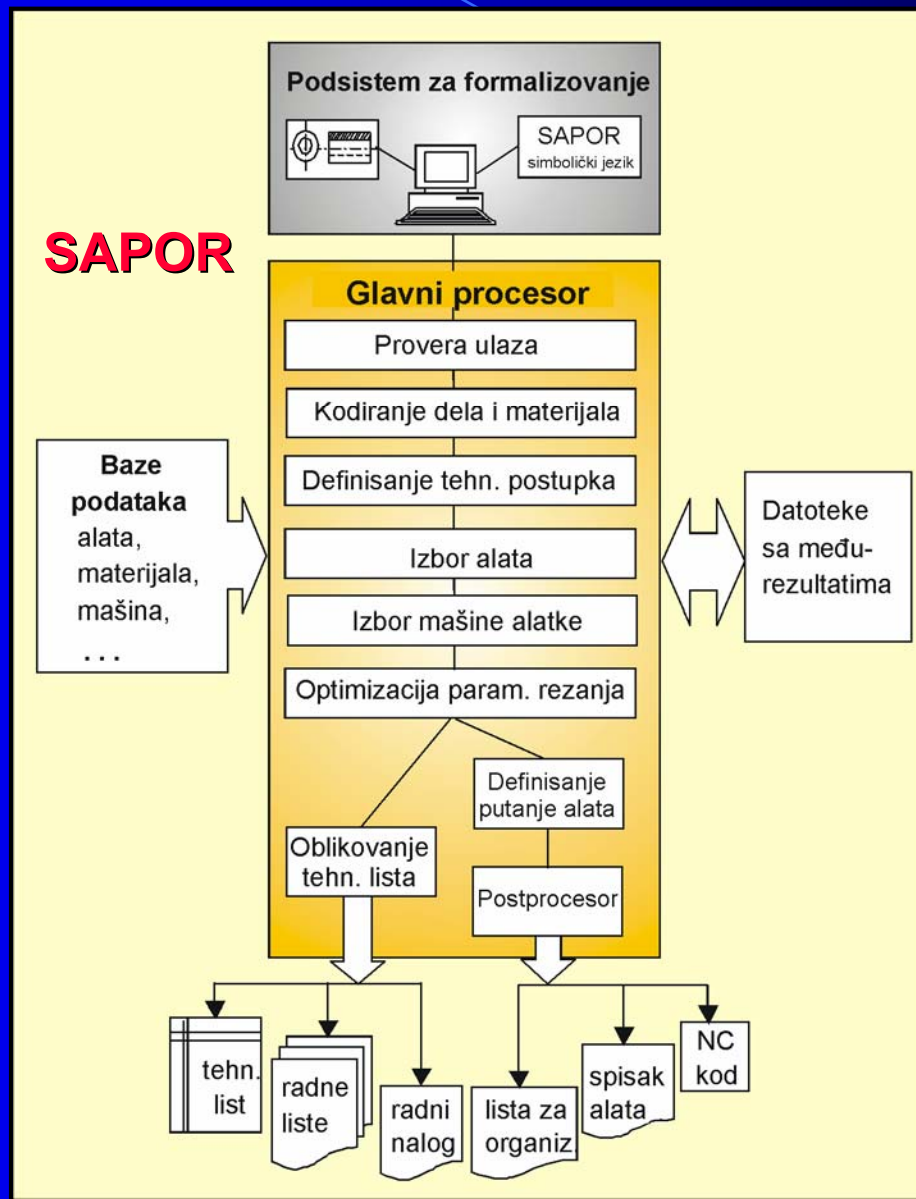
# Knowledge-based Computer-Aided Process Planning System – KCAPPS



# Sistem za automatizovano projektovanje tehnologije – SAPT

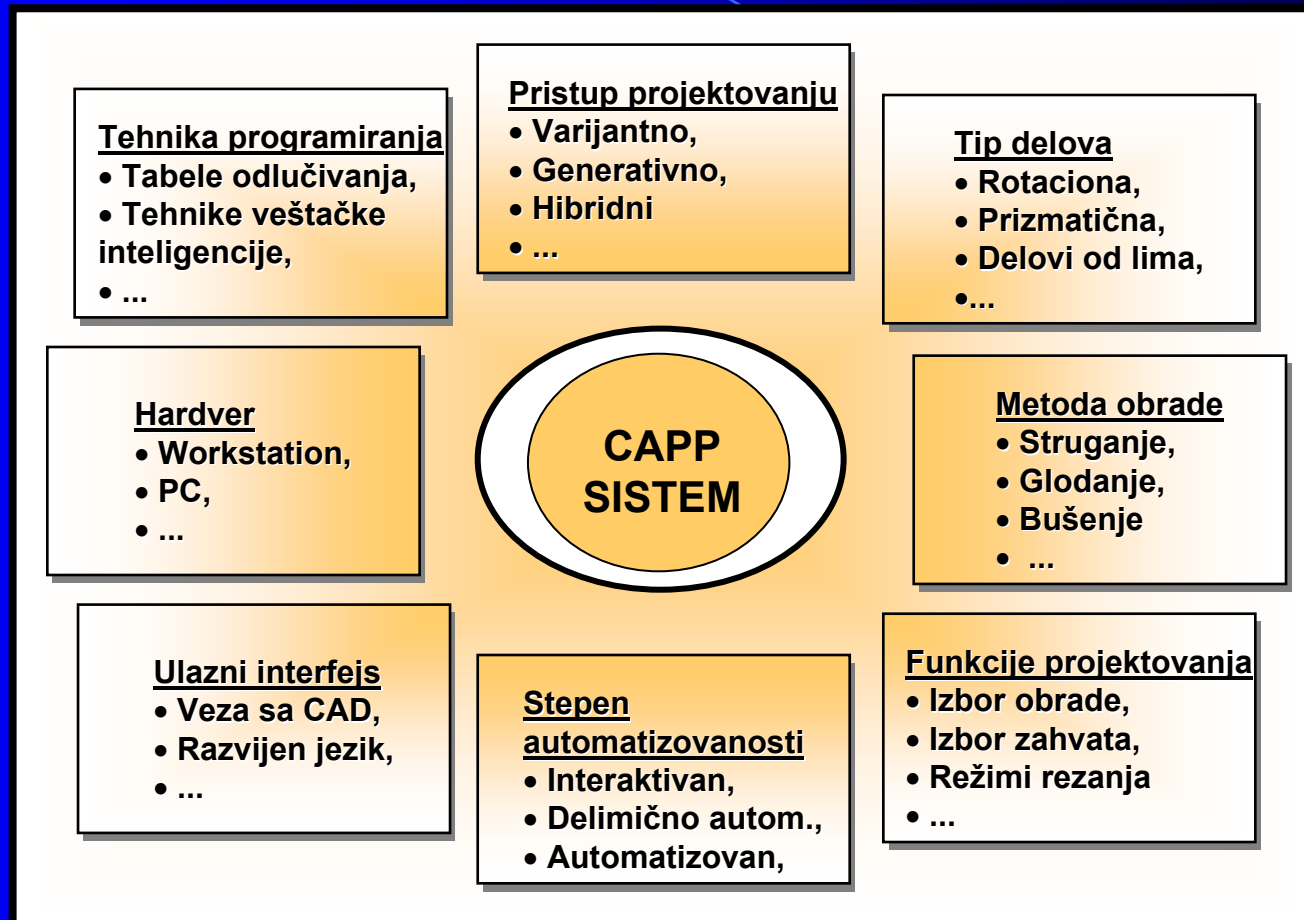


# Sistem za automatizovano projektovanje u području obrade rezanjem – SAPOR





# Vrednovanje CAPP sistema



## Analize pokazuju

- učestalost u ukupnom asortimanu delova:

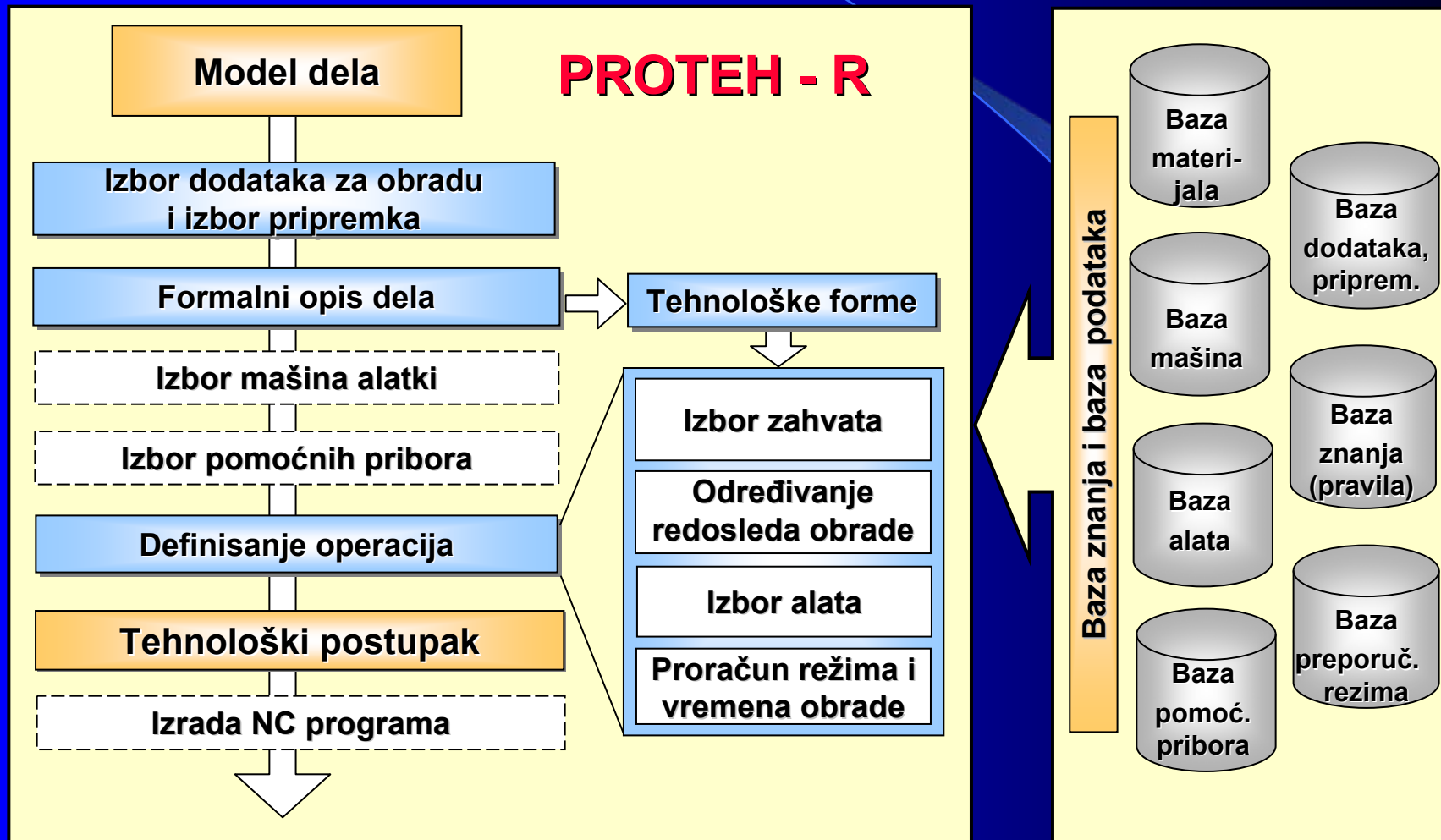
→ rotacioni delovi - više od 55%,  
prizmatični delovi i kućišta,  
delovi od lima,  
pljosnati delovi...

- vremensko učešće u ukupnom vremenu izrade:

→ prizmatični delovi i kućišta,  
rotacioni delovi,  
pljosnati delovi...

**Najčešće:** jednostavniji delovi srednje veličine, metod obrade struganje i bušenje, PC platforma... **!**

# Model sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa za klasu rotacionih delova



## Moduli sistema PROTEH - R

- Modul za izbor dodataka za obradu i izbor priprema
- Modul za formalni opis dela
- Modul za izbor metoda obrade (zahvata) i određivanje redosleda obrade
- Modul za izbor alata
- Modul za izbor režima i proračun vremena obrade
- Modul za generisanje tehnološke dokumentacije

## Modul za izbor dodataka za obradu i izbor priprema

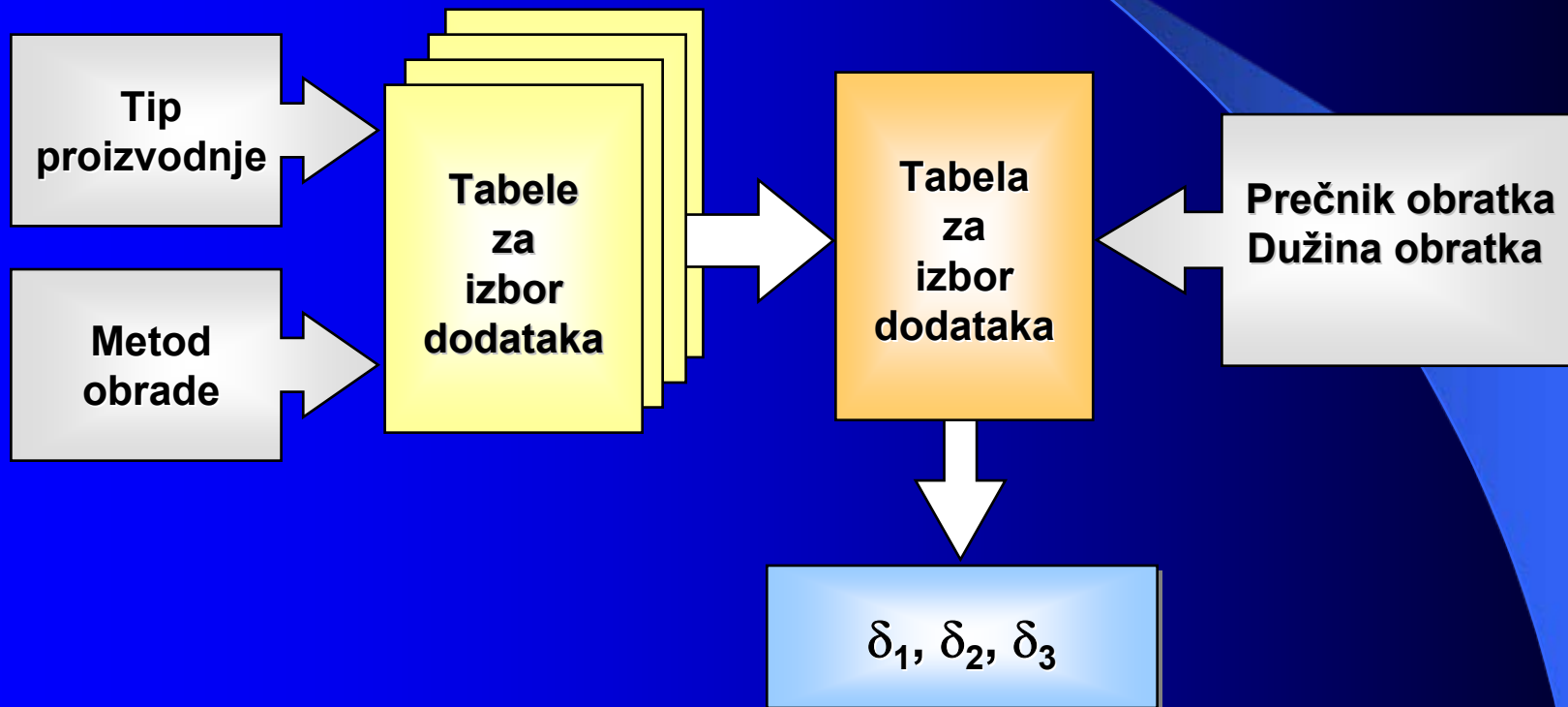
**Faktori koji utiču na veličinu dodatka:**

- ↪ materijal priprema,
- ↪ mere i konstrukciona konfiguracija dela,
- ↪ oblik i metod dobijanja priprema,
- ↪ tip proizvodnje (pojedinačna, serijska, masovna),
- ↪ tehnološki uslovi obrade,
- ↪ tehnički zahtevi u pogledu tačnosti obrade i kvaliteta obrađene površine.

## **Baza dodataka za obradu sadrži sistematizovane dodatke za obradu rotacionih delova:**

- **dodatke za spoljašnje i unutrašnje grubo i fino struganje i brušenje**
- **dodatke za poprečno grubo i fino struganje i brušenje**
- **dodatke za obradu otvora (proširivanje, grubo i fino razvrtanje)**
- **dodatke, odnosno širine noževa za usecanje i odsecanje**

## Modul za izbor dodataka za obradu i izbor pripremk



## Modul za formalni opis dela

### **Povezivanje CAD i CAPP sistema:**

- **projektant tumači crtež i kroz odgovarajući dijalog daje opis tehnoloških formi (ili pomoću posebno razvijenog jezika)**
- **postoji poseban modul za izdvajanje i prepoznavanje tehnoloških formi iz CAD modela**
- **CAD sistem zasnovan na formama**



## Rotacione forme (unutrašnje ili spoljašnje) :

- osnovne forme
  - dopunske forme
  - posebne forme
- 
- **Osnovne forme** - oblici na osnovu kojih projektant definiše osnovnu konturu dela
  - **Dopunske forme** - oblici kojima projektant bliže određuje osnovnu formu
  - **Posebne forme** - oblici koji zahtevaju posebnu kinematiku alata ili posebne mašine i alate
- 
- Atributi formi:** dužina forme, prečnik, tačnost obrade  
kvalitet obrade (tolerancije mera, tolerancije oblika i tolerancije položaja)

# KLASIFIKACIJA FORMI ZA OPIS ROTACIONIH DELOVA

**ROTACIONE FORME**  
(obrada struganjem i bušenjem)

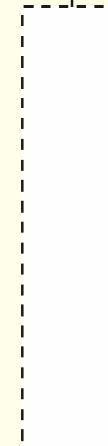
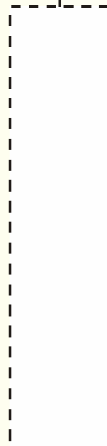
**NEROTACIONE FORME**  
(ostale metode obrade)

Osnovne forme

Dopunske forme

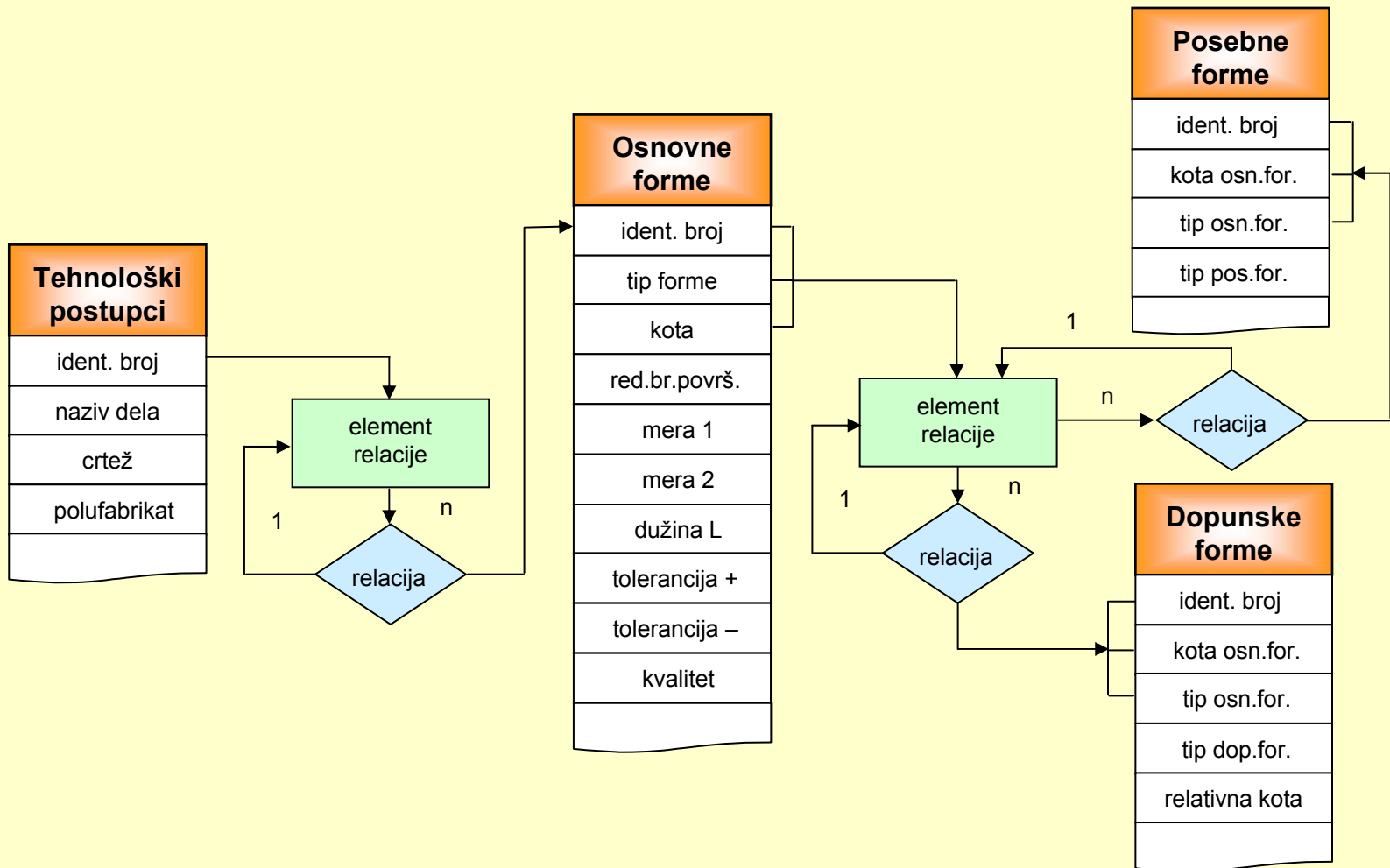
Posebne forme

unutrašnje spoljašnje



unutrašnje spoljašnje

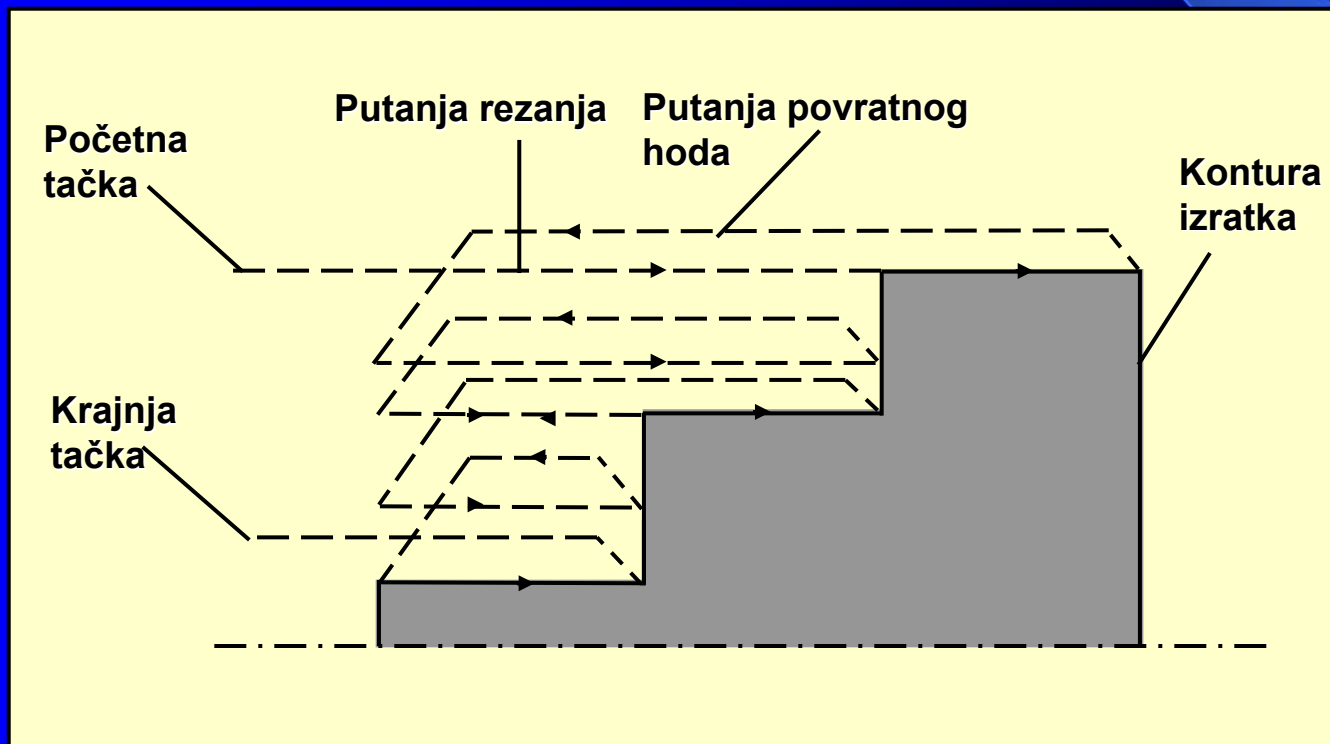
# Modul za formalni opis dela



Tabele za opis dela i njihove relacije

## PROTEH-R - određivanje redosleda obrade

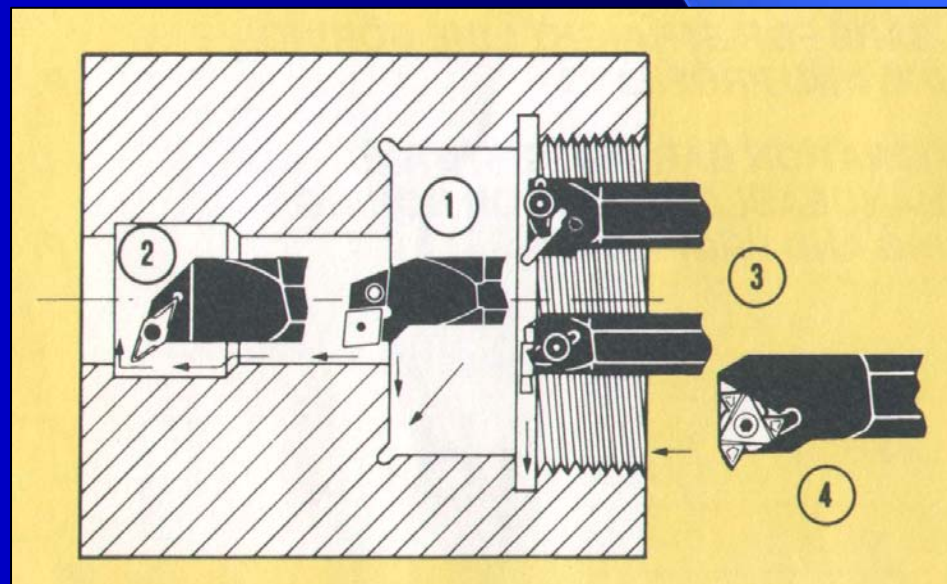
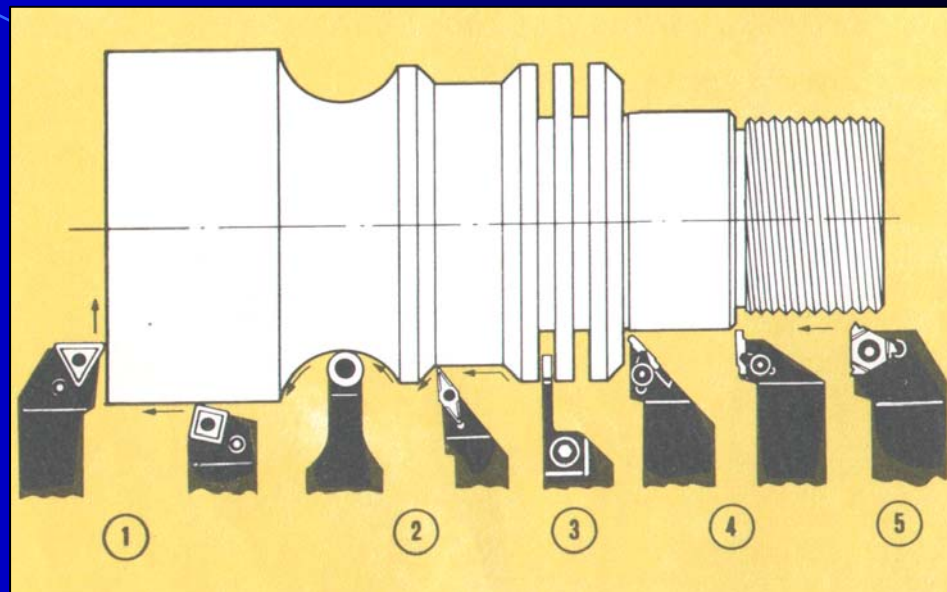
- automatska klasifikacija delova na osnovu konfiguracije dela
- generisanje redosleda obrade na osnovu heuristike za odgovarajuću klasu delova



## Modul za izbor alata

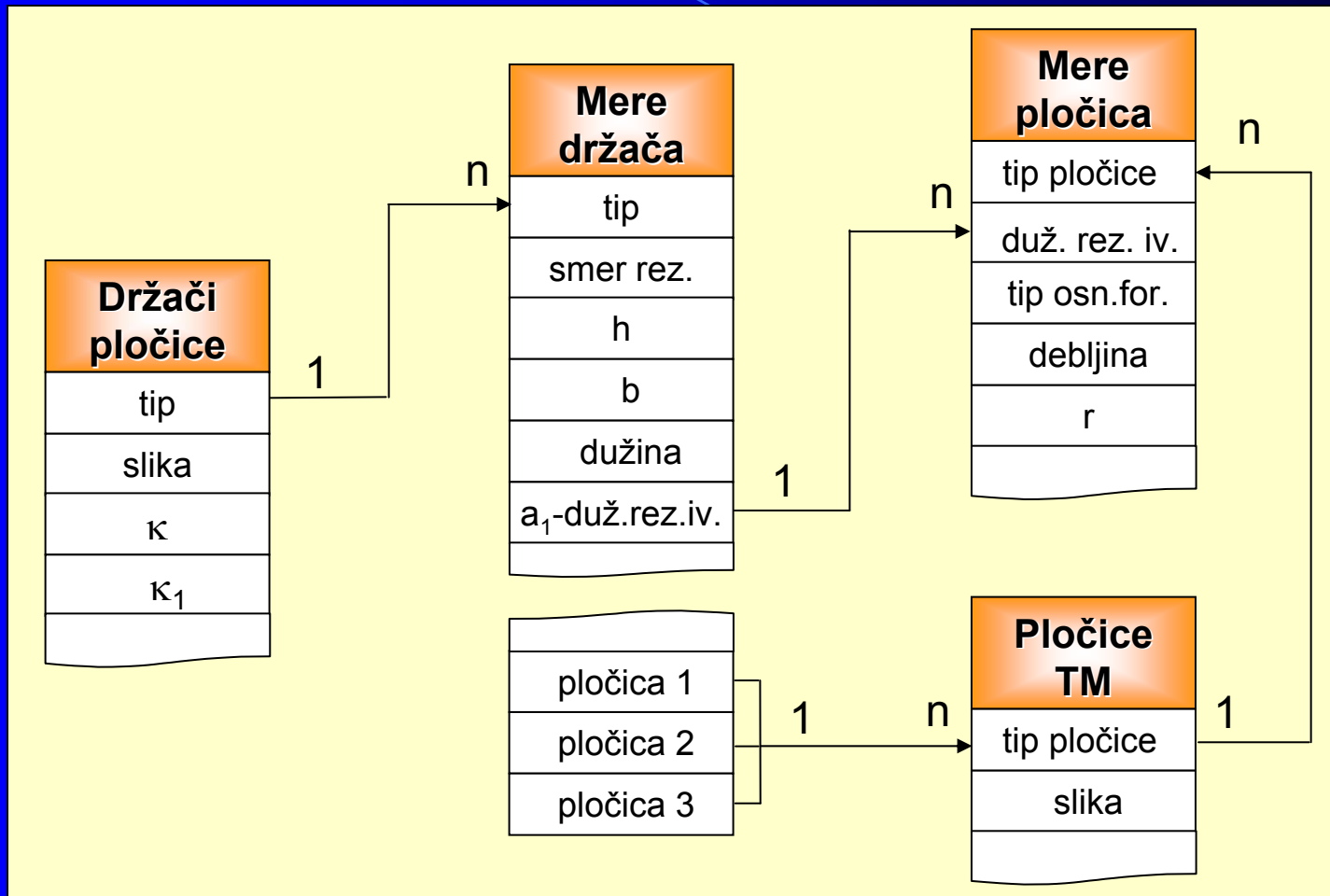
### Definiše

- držač pločice
- oblik pločice
- materijal pločice
- period postojanosti
- dužina sečiva



- tabela držača pločice
- tabela pločica
- tabela mera držača
- tabela mera pločica

## Modul za izbor alata



Relacije između tabela koje sadrže podatke o alatima

# Modul za izbor režima i proračun vremena obrade

**Režim obrade** - osnovni elementi obrade koji definišu međusobni položaj i relativno kretanje između alata i obratka u toku izvođenja procesa obrade.

**Režim obrade** - određuju se za **svaki zahvat** u zavisnosti od metoda obrade.

**Režim obrade** - određuju se proračunom (prošireni izrazi) i **danas** (uglavnom) na osnovu **preporučenih režima**.

Za potrebe **CAPP sistema**:

- tabele preporučenih režima prevesti u odgovarajuće datoteke
- napraviti odgovarajuća pravila za izbor režima

## Izbor režima obrade **struganjem** (uzdužno i poprečno)

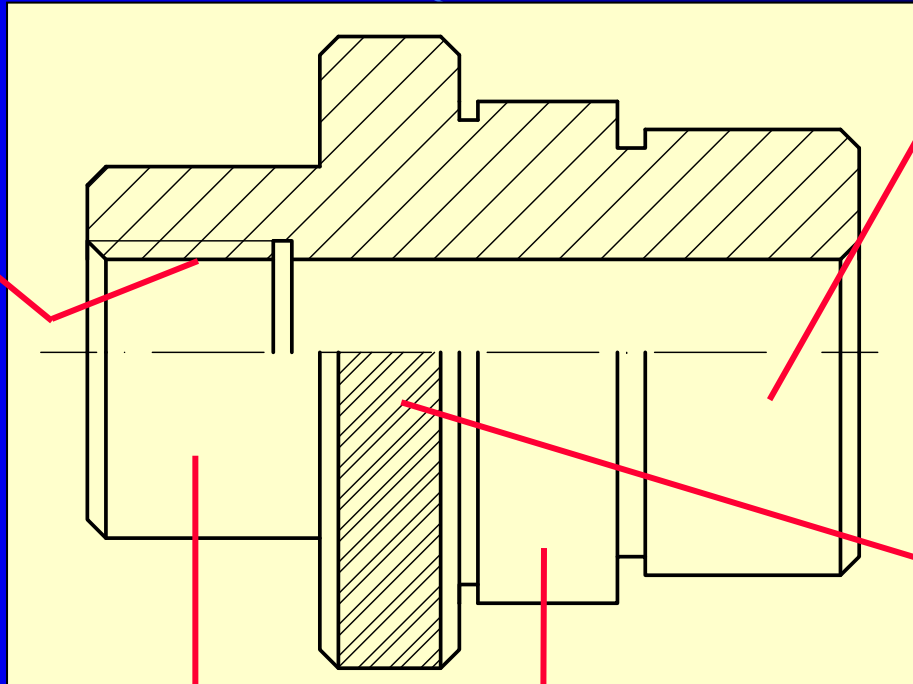
- izbor koraka
- izbor brzine rezanja
- određivanje broja obrta
- određivanje snage rezanja
- određivanje glavnog vremena



# PROTEH-R

- razvijen u **MS Access-a 2000** okruženju pod Windows 9x, NT... operativnim sistemom
- sadrži više programskih modula napisanih u **VBA jeziku** (Visual Basic for Applications)
- programski moduli sadrže pravila za pretraživanje tabela i pravila projektovanja
- **baza podataka:** tabela materijala, tabele dodataka za obradu i pripremake, tabele alata, tabela preporučenih režima obrade
- **baza podataka** – formirana prema podacima iz **Priručnika za tehnologiju obrade rezanjem**
- sadrži sedamdeset jednu tabelu, dvadeset osam formi, deset upita i više izveštaja

# Formalni opis dela



**OF4**  
**Cilindar**  
 D = 48  
 L = 22  
 N7  
 x = 60

**DF1**

**DF2**

**DF1**  
**Žljeb**  
 B = 3  
 h = 2  
 $x_r = 0$

**DF2**  
**Oborena ivica**  
 ugaio 45°  
 b = 1  
 $x_r = 22$

**OF2**  
**Cilindar**  
 D = 68  
 L = 17  
 N9  
 x = 25

**DF1**

**DF2**

**PF1**

**DF1**  
**Oborena ivica**  
 ugaio 45°  
 b = 2  
 $x_r = 0$

**DF2**  
**Oborena ivica**  
 ugaio 45°  
 b = 2  
 $x_r = 17$

**PF1**  
**Nareckana površina**  
 B = 13  
 $x_r = 0$

**OF5**  
**Cilindrični otvor**  
 D = 20  
 L = 83  
 N7  
 x = 0

**DF1**

**DF2**

**PF1**

**DF1**  
**Oborena ivica**  
 ugaio 45°  
 b = 1  
 $x_r = 0$

**DF2**  
**Žljeb**  
 B = 2  
 h = 1  
 $x_r = 20$

**PF1**  
**Navoj**  
 L = 20  
 korak 2.5  
 $x_r = 0$

**OF1**  
**Cilindar**  
 D = 42  
 L = 25  
 N9  
 x = 0

**DF1**

**DF1**  
**Oborena ivica**  
 ugaio 45°  
 b = 1  
 $x_r = 0$

**OF3**  
**Cilindar**  
 D = 54  
 L = 18  
 N7  
 x = 42

**DF1**

**DF1**  
**Žljeb**  
 B = 2  
 h = 2  
 $x_r = 0$

# Od crteža do izratka

