

# RE i **RP** u BMI

Nastavnik:  
Prof. dr Mladomir Milutinović

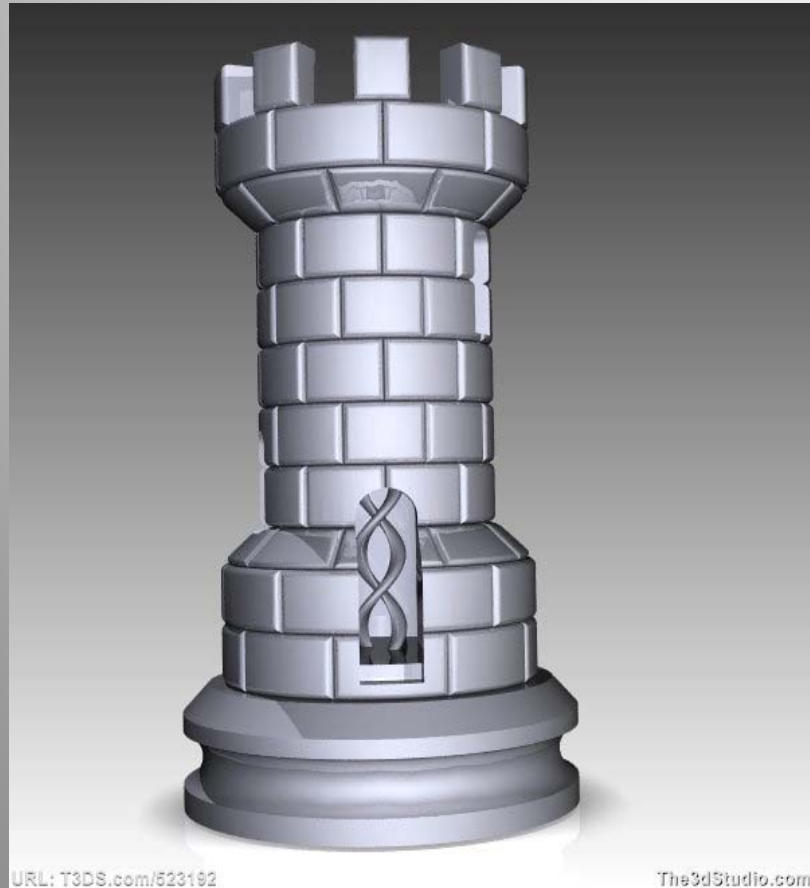
Asistent:  
Doc. dr Dejan Movrin

# 2D Printing



**Digital to Physical**

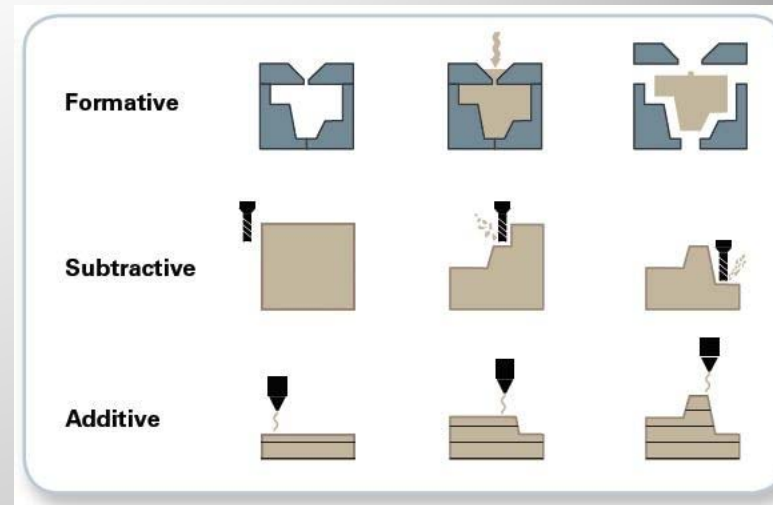
# 3D Printing



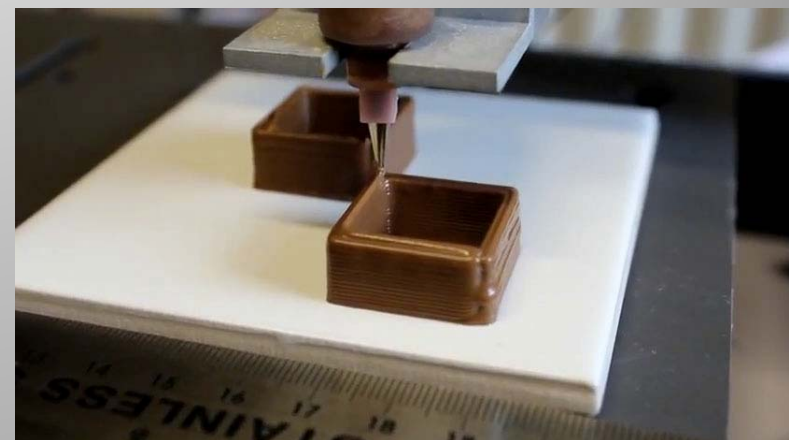
**Digital to Physical**

# Klasifikacija proizvodnih tehnologija

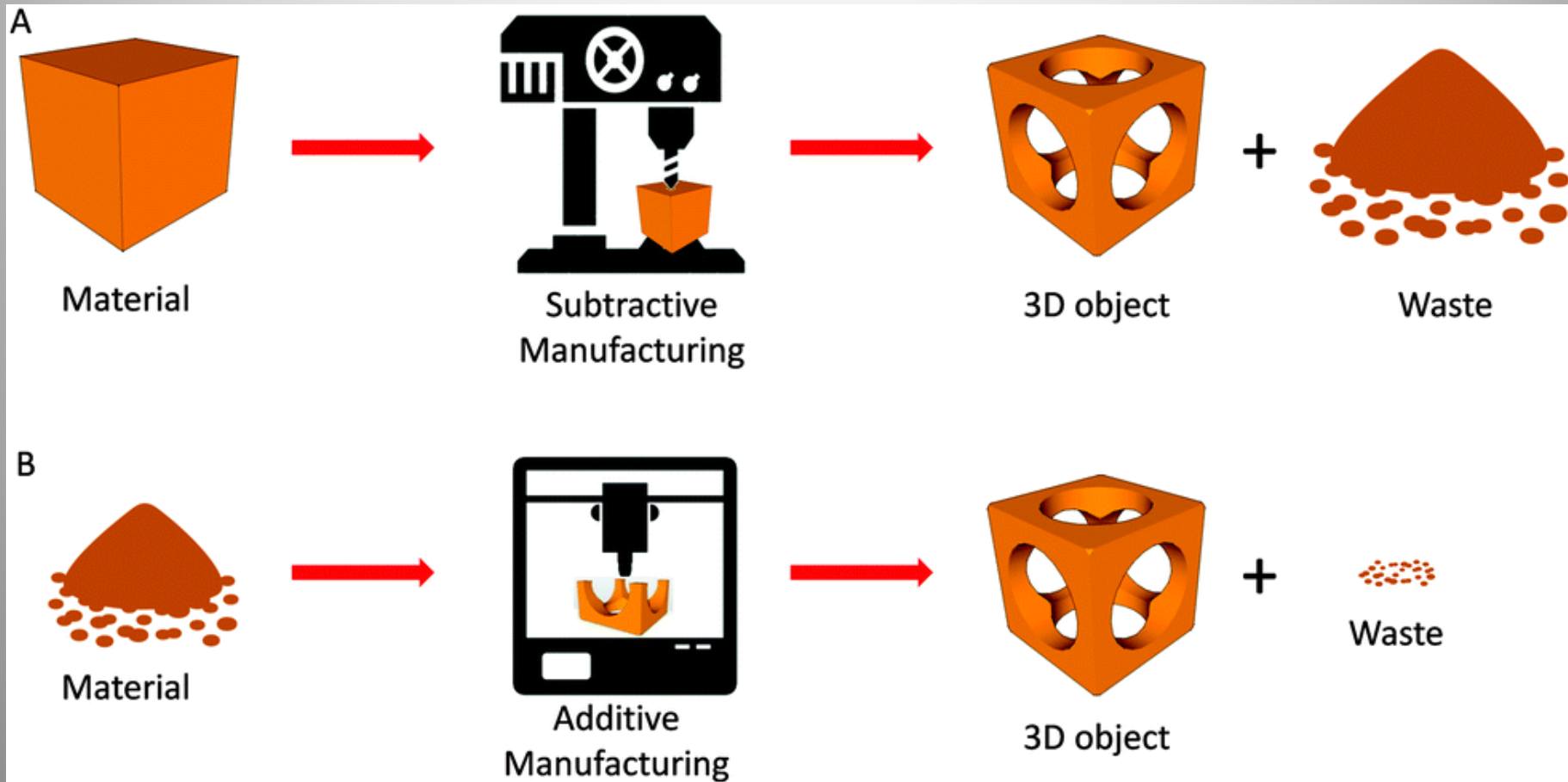
- **Formativne tehnologije (obrada deformisanjem)**
- **Substraktivne tehnologije (obrada rezanjem)**
- **Aditivne tehnologije**
  - Livenje
  - Termička obrada
  - Površinska obrada
  - Spajanje i montaža



Naziv tehnologije	Pripremak	Obradak	Izradak
Substraktivne	Komad materijala	Uklanja se deo materijala	Ima smanjenu zapreminu
Formativne	Komad materijala	Menja se oblik pripremk	Ima istu zapreminu
Aditivne	Ne postoji	Uvećava se sukcesivno	Ima konačnu zapreminu
Livenje	Ne postoji, ali postoji livački alat	Uvećava se sukcesivno	Ima konačnu zapreminu
Termička obrada	Gotov izradak	Menjaju se karakteristike materijala	Ima istu zapreminu
Površinska obrada	Gotov izradak	Menja se površinski sloj	Minorne promene zapremine
Spajanje i montaža	Gotove komponente	Spajaju se komponente	Sklop



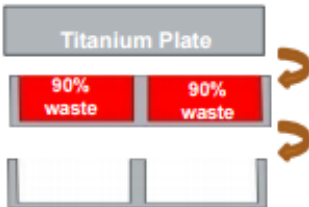
## Aditivne tehnologije vs. Tehnologije rezanja



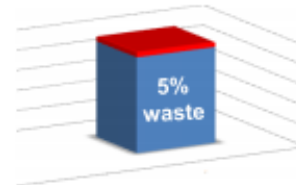
## BENEFITS & CAPABILITIES

### COST

Material Waste with traditional Manufacturing



Material Waste with AM



Material Price increasingly expensive



### TIME



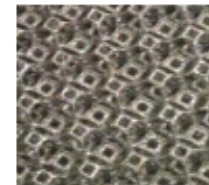
Additive Manufacturing guarantees high flexibility in design as modifying a part in retrospective only requires changing the virtual CAD data.

### QUALITY

Weight Savings



Unique Geometric Capability



New Materials

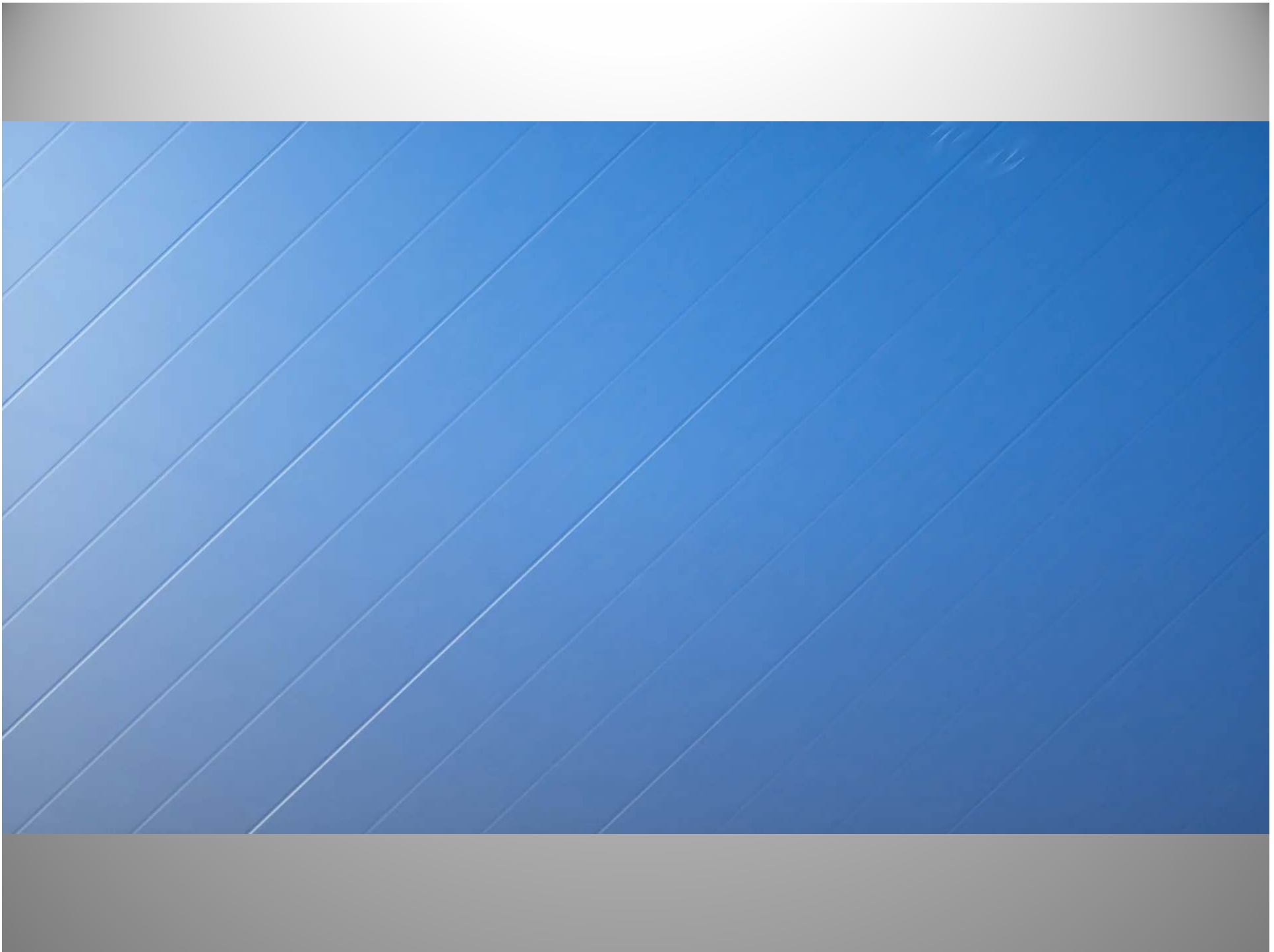




# ADITIVNE TEHNOLOGIJE

- Aditivne tehnologije su proizvodne tehnologije koje omogućavaju generisanje trodimenzionalnih objekata (proizvoda) na osnovu 3D digitalnog modela sloj-po-sloj tj. objekat se gradi uzastopnim (sukcesivnim) *dodavanjem-adicijom* tankih slojeva materijala.
- Aditivna proizvodnja (Additive Manufacturing - AM), kao jedna od tri osnovna načina proizvodnje razvijena je na temeljima tehnologije brze izrade prototipa (**Rapid Prototyping -RP**)
- Kod aditivnih tehnologija ne postoji pripremak!!!

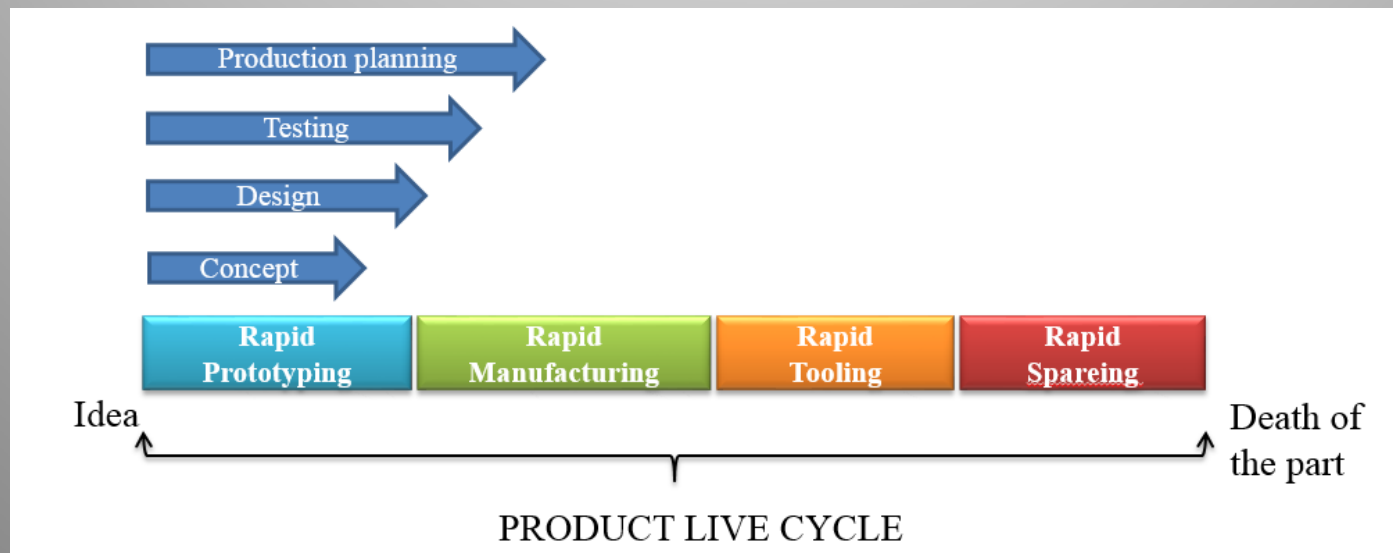






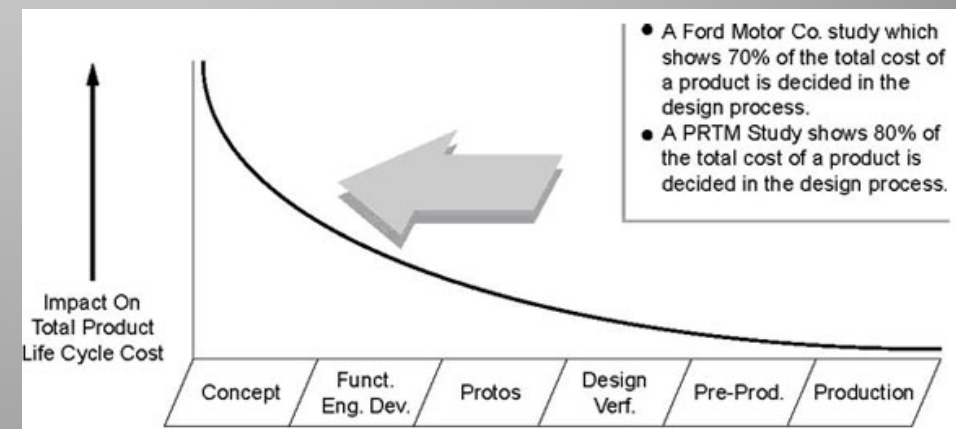
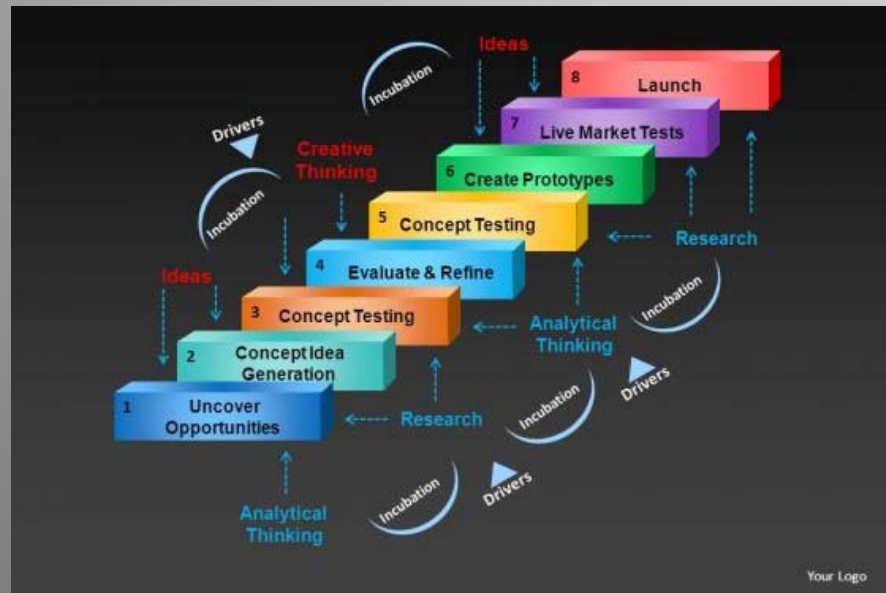
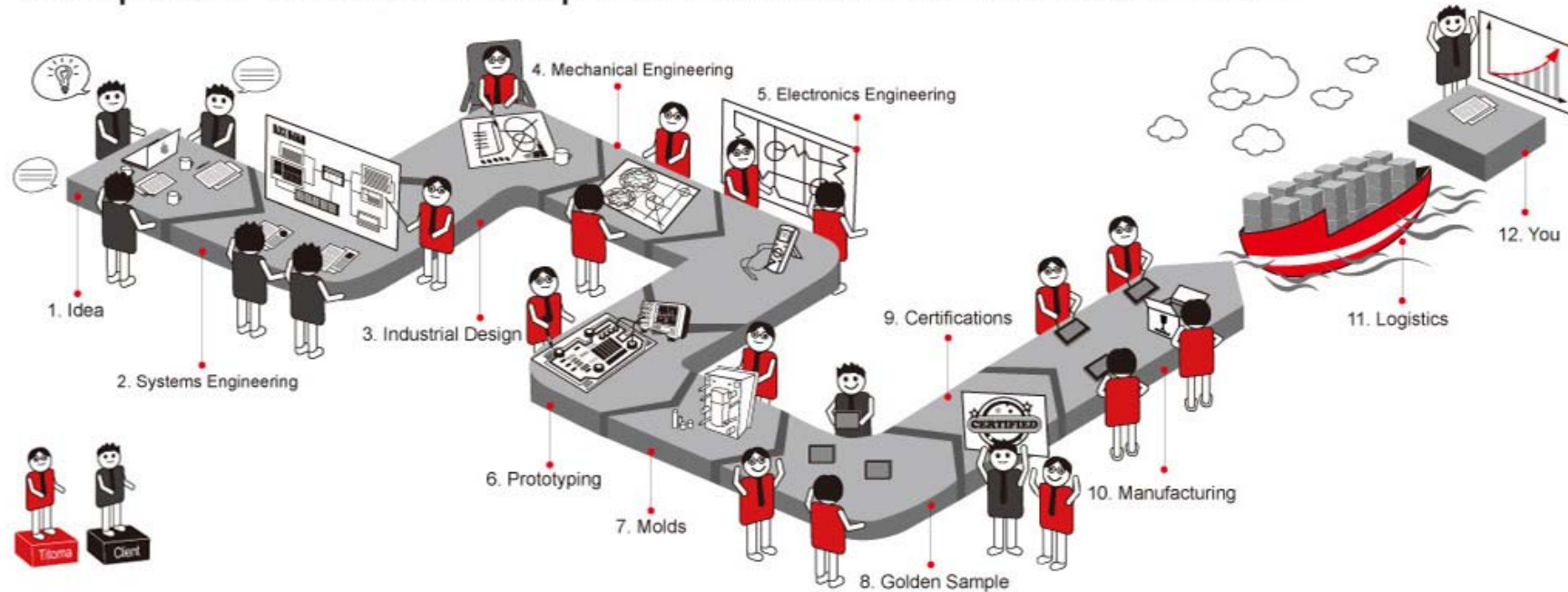
# ADITIVNE TEHNOLOGIJE – alternativni nazivi

- ☐ Automated fabrication (Autofab) - Automatizovana izrada
- ☐ Solid freeform fabrication (SFF) - Izrada tela složene geometrije
- ☐ Rapid prototyping (RP) – Brza izrada prototipova
- ☐ Rapid manufacturing (RM) – Brza proizvodnja
- ☐ Rapid tooling (RT) – Brza izrada alata
- ☐ Layered manufacturing (LM) - Proizvodnja sloj po sloj
- ☐ Additive manufacturing (AM) – Aditivna proizvodnja
- ☐ Additive fabrication (AF) – Aditivna izrada
- ☐ Additive digital manufacturing (ADM) – Aditivna digitalna proizvodnja
- ☐ Direct manufacturing (DM) – Direktna proizvodnja

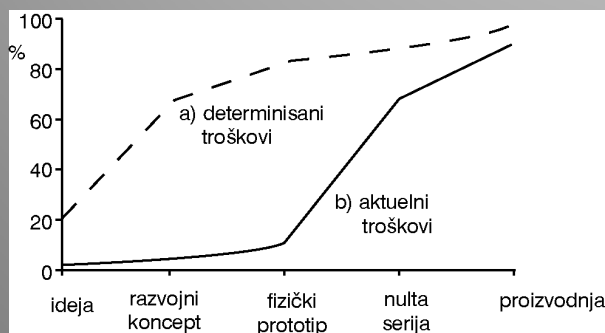
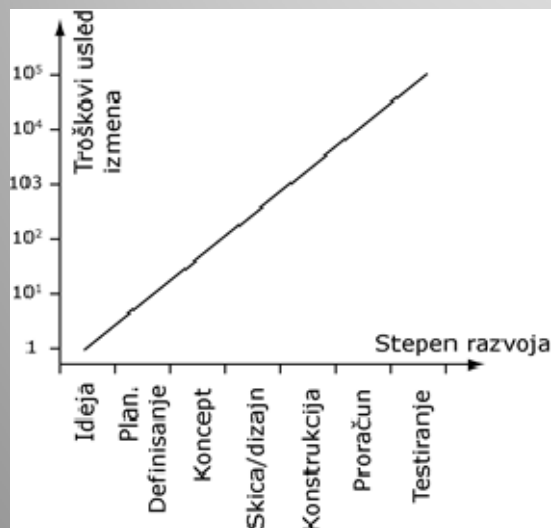




# Complete Product Development Service from Start to Finish



- U procesu razvoja dolazi i do potrebe naknadnih promena – izmena na proizvodu
- Zbog smanjenja troškova veoma je bitno da se eventualne naknadne izmene obave u što ranijoj fazi razvoja.
- Troškovi koji nastaju usled izmena na proizvodu u toku njegovog razvoja utoliko su veći ukoliko se te izmene izvrše u kasnijim fazama razvoja.





# INTEGRISANI RAZVOJ PROIZVODA I PROCESA

## Zašto?

- Sve oštrija konkurencija na globalnom tržištu
- Individualizacija proizvoda
- Skraćenje vremena plasmana proizvoda na tržište ("Time to market")
- Smanjenje vremena razvoja
- Kraći životni ciklus proizvoda
- Visoki zahtevi u pogledu kvaliteta proizvoda
- Zahtevi u pouzdanosti isporuke (rokovi)
- **80% cene proizvoda određeno je u ranoj fazi njegovog životnog ciklusa**
- Brzo reagovanje i donošenje odluka
- Optimizacija proizvoda sa aspekta kvaliteta i pouzdanosti, u najkraćem mogućem vremenu, i sa minimalnom cenom.
- Uslovi zaštite čovekove okoline

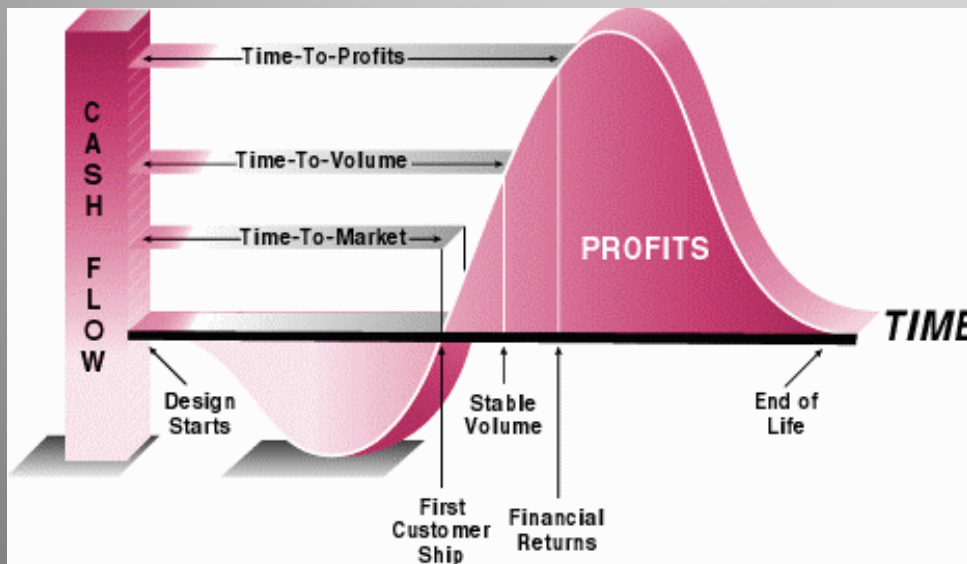


**Idealni proces projektovanja za dostizanje ovakvih ciljeva mora funkcionisati u okruženju za virtuelni razvoj proizvoda, gde projektni timovi, celo proizvodno preduzeće, dobavljači komponenta i usluga, sarađuju i imaju brzi pristup kompletnim i ažuriranim projektnim informacijama.**

# Nove paradigme u razvoju proizvoda

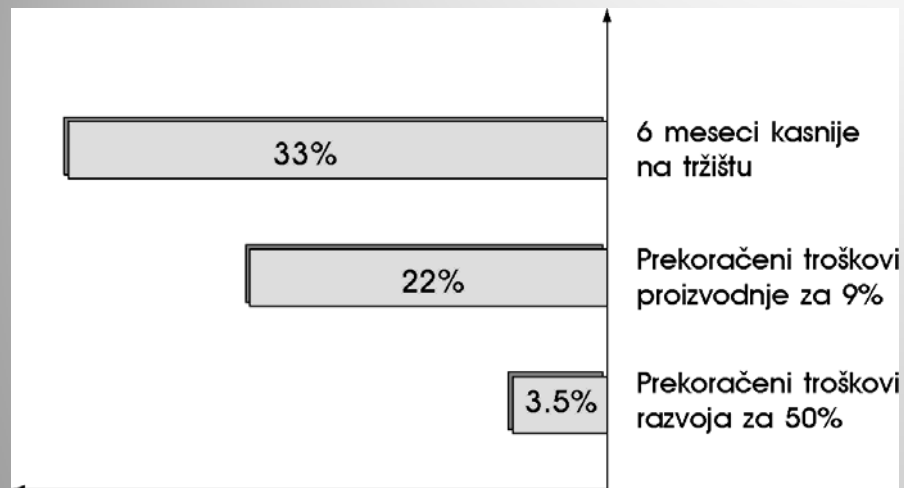
## Time to market

- Vreme od prve ideje za jedan proizvod pa do pojave prve serije.
- Odlučujući faktor u nemilosrdnoj konkurenciji na tržištu.
- Skraćenje "time to market-a" postaje jedan od glavnih zadataka u razvoju jednog proizvoda.
- Ni na jednom mestu u proizvodnom lancu ne mogu postići takve uštede ukupnih troškova kao minimiziranjem "time to market-a,,.





# Time to market



Analiza gubitaka



## Reducing time to market to :

*save money*

1

Optimizing efficiency in production processes helps to cut down on cycle time. Refinement and removal of ineffective steps saves money spent on labor, equipment and utilities

*benefit from high margins*

2

Manufacturers and retailers benefit from high margins on niche markets due to their ability to apply premium prices

3

*increase sales volume*

By reducing time to market, product life cycle is longer. Overall profits are greater and ROI higher

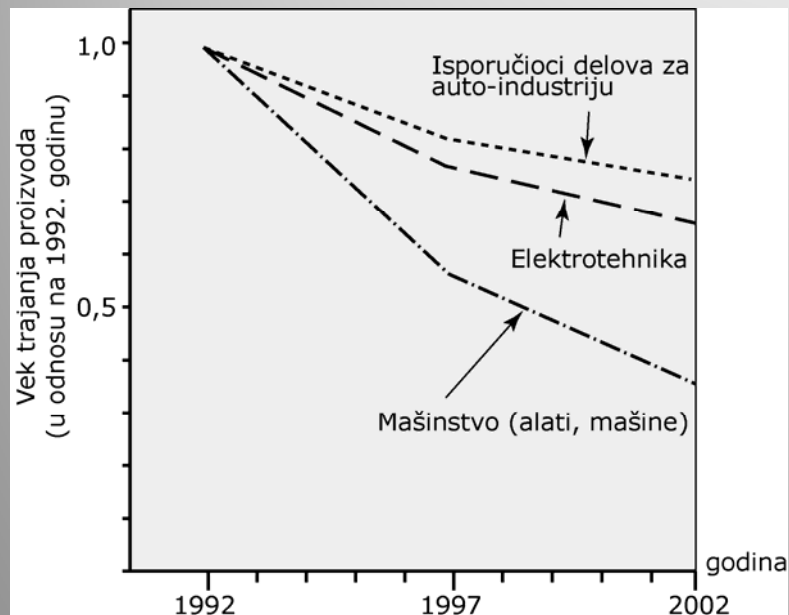
*lead competition*

4

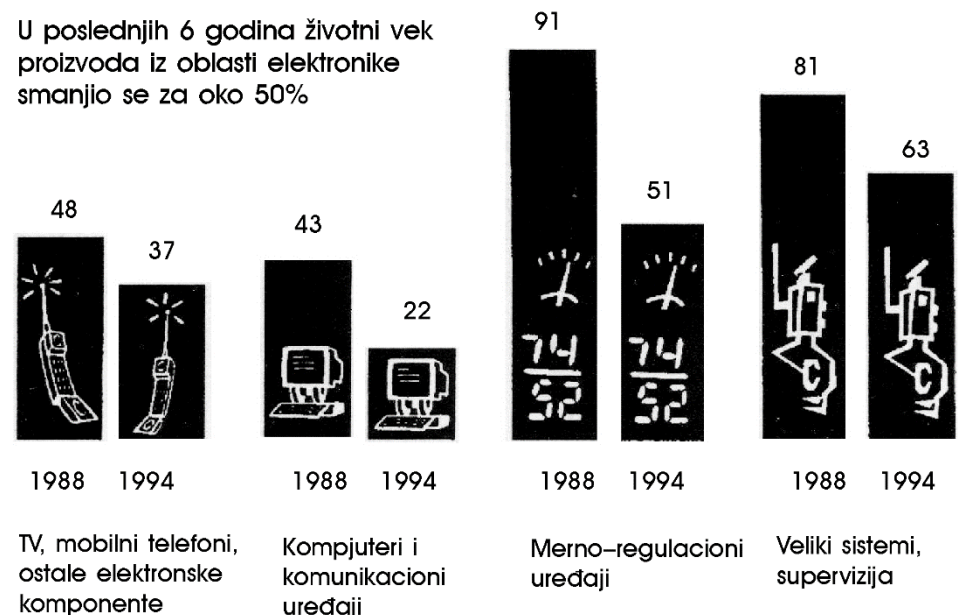
The faster companies get on the market, the more likely they are to set up a long term relationship with customer and be seen as a bearer

# Nove paradigme u razvoju proizvoda

- Smanjenje veka trajanja proizvoda

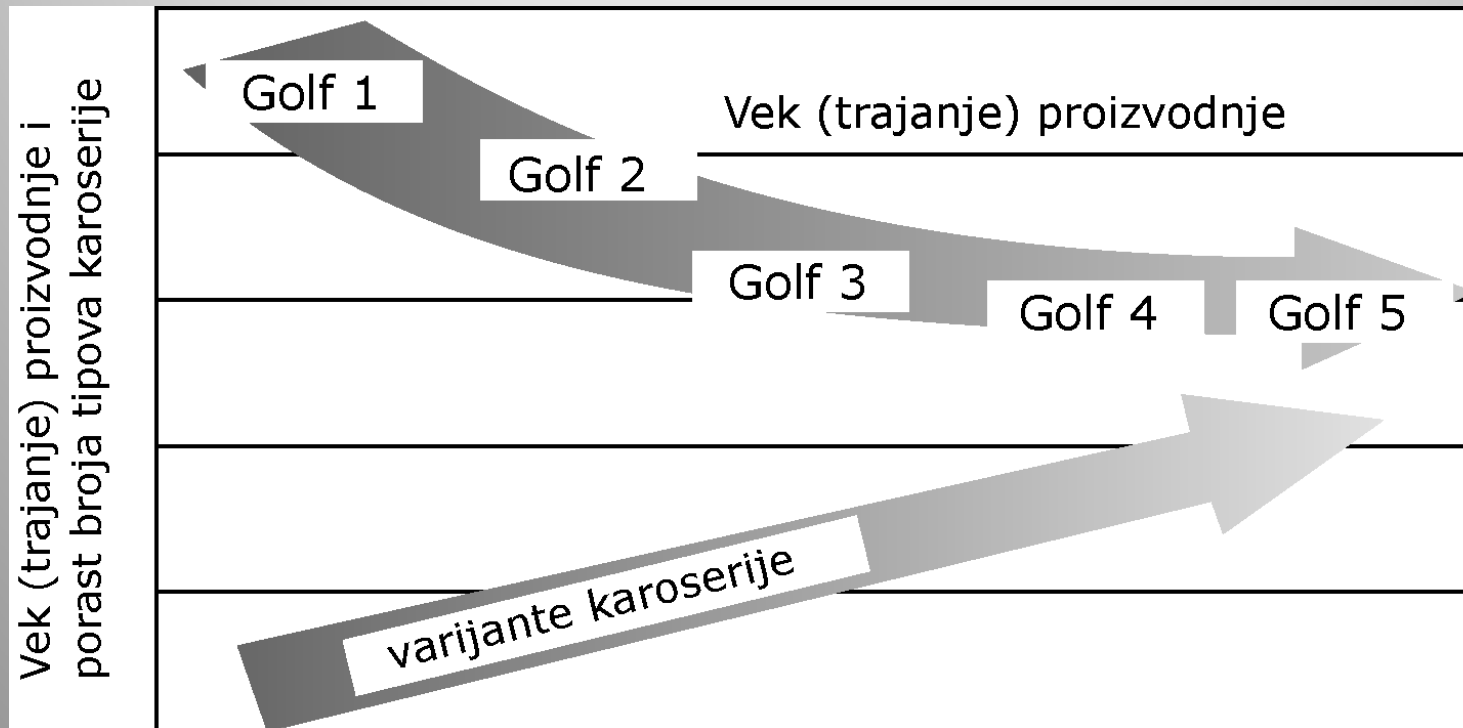


U poslednjih 6 godina životni vek proizvoda iz oblasti elektronike smanjio se za oko 50%



# Nove paradigme u razvoju proizvoda

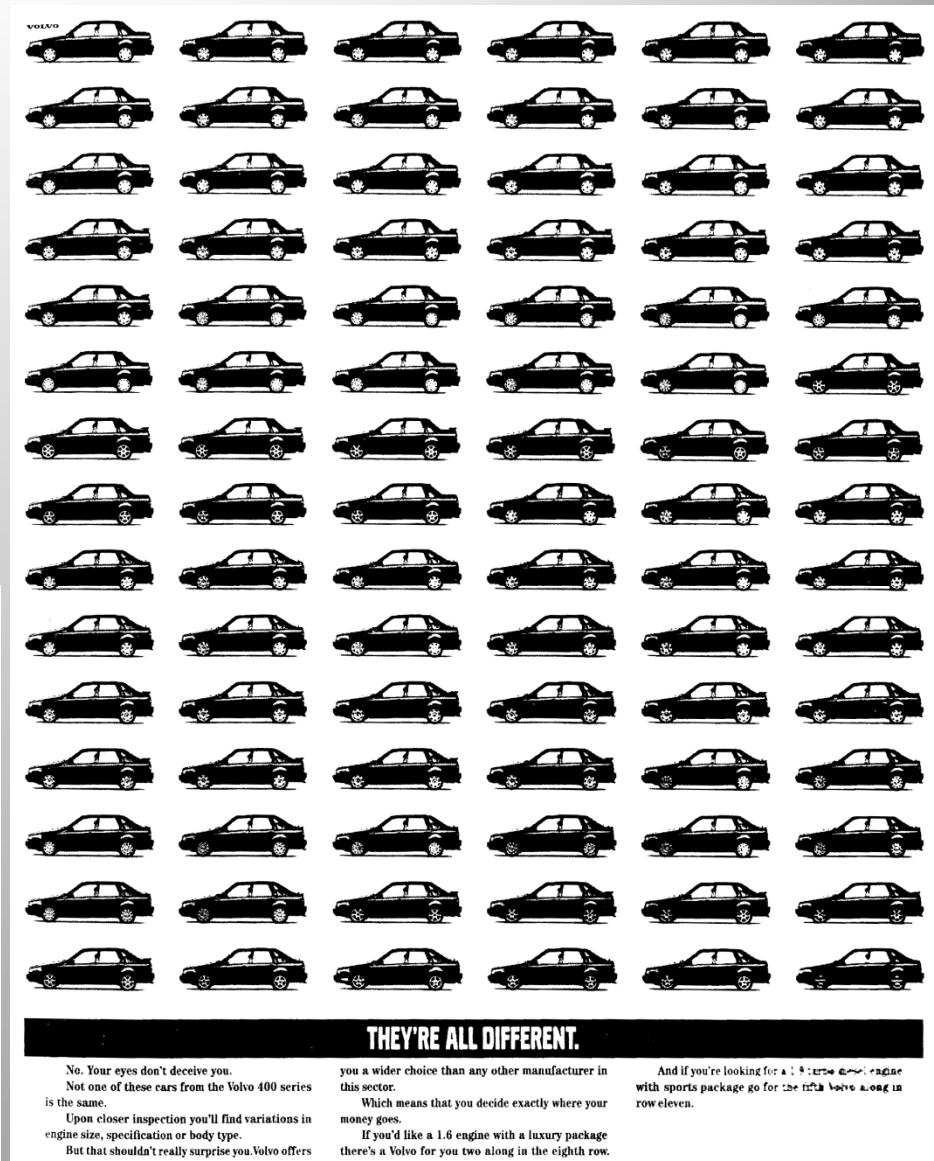
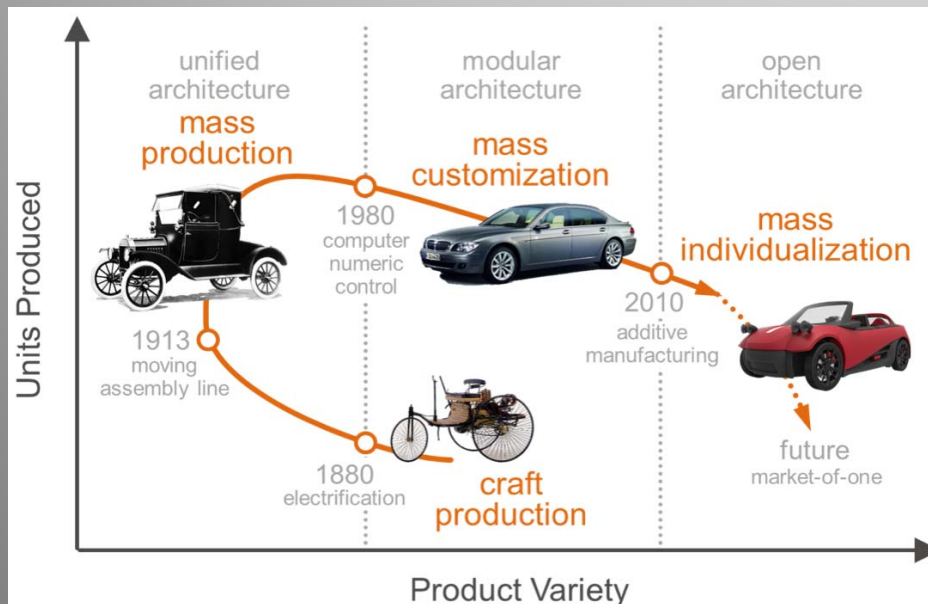
- Smanjenje veka trajanja proizvoda



Vek proizvodnje pojedinih tipova automobila  
VW – Golf

# Nove paradigme u razvoju proizvoda

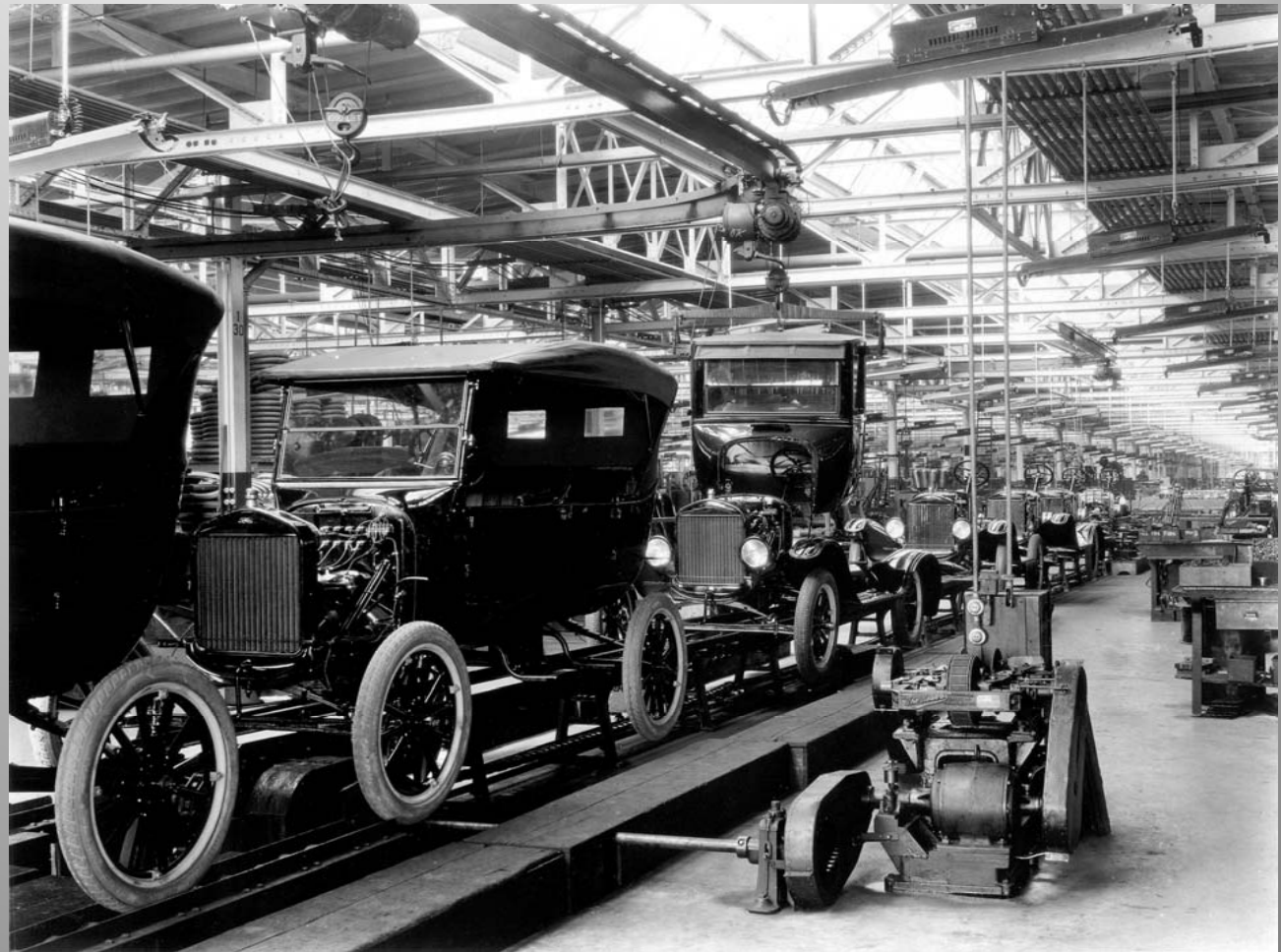
- **Individualizacija proizvoda**
  - Jedan proizvod nudi se tržištu u više varijanti kako bi kupac imao utisak da kupuje svoj "individualni" proizvod.
  - Tipičan primer je auto-industrija gde se jedan tip automobila može isporučiti u više različitih verzija



“Svi su međusobno različiti” – Individualizacija proizvoda, primer automobila Volvo

“Any Customer can have a car painted  
any colour that he wants so long as it is  
black”

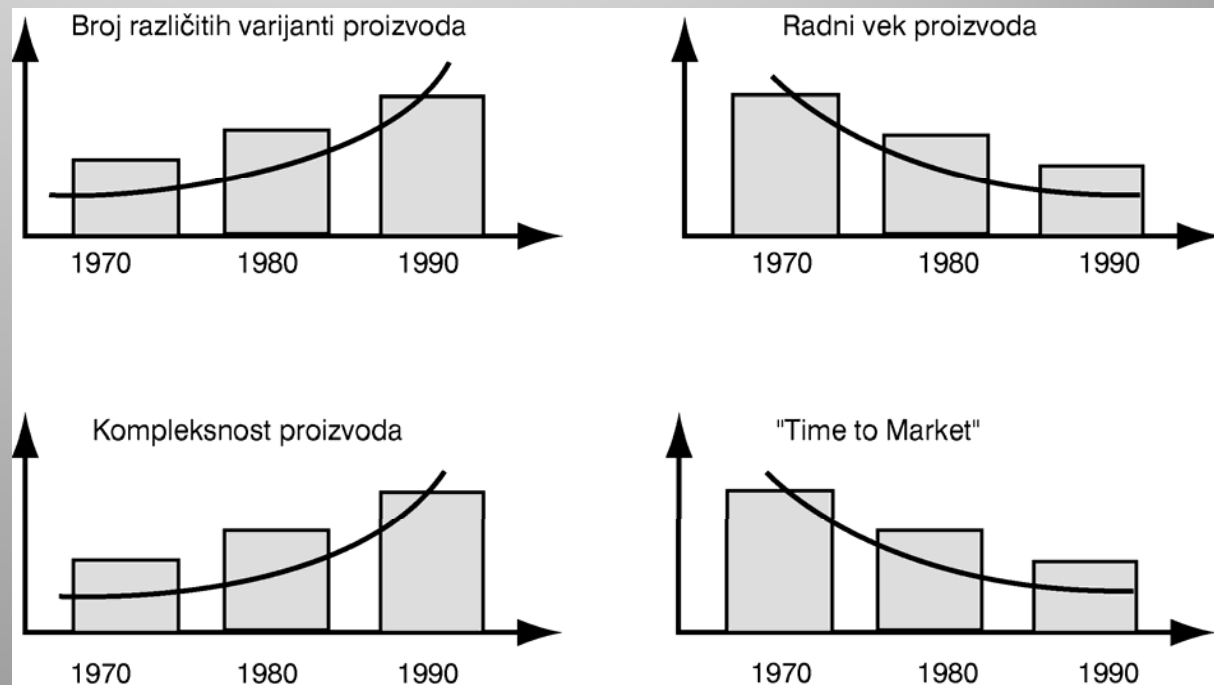
*Henry Ford's Remark on the Model T, 1909*



# Nove paradigme u razvoju proizvoda

- **Uslovi zaštite čovekove okoline**
  - Proizvodnja i sam proizvod u eksploataciji moraju ispunjavati stroge uslove zaštite čovekove okoline.
- **Dizajn**
  - vrlo relevantan faktor koji odlučujuće utiče na uspeh proizvoda na tržištu.
- **Smanjenje vremena razvoja**

## ➤ Glavni trendovi





# Rapid Prototyping – zašto?

- Zahtevi koji se postavljaju u vezi sa savremenim postupcima razvoja proizvoda:

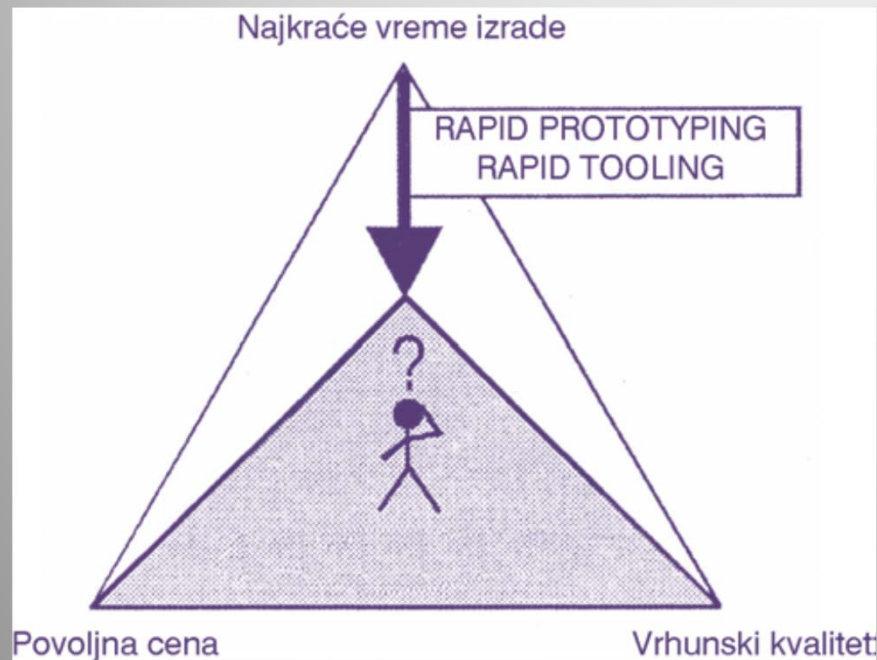
- kvalitetan proizvod → što kraće vreme → minimalni troškovi

## SERIJSKA PROIZVODNJA

- Vek trajanja jednog proizvoda drastično je skraćen - **postaje uobičajeno da je kraći od vremena potrebnog za njegov razvoj.**
- Skraćenje vremena potrebnog za razvoj proizvoda



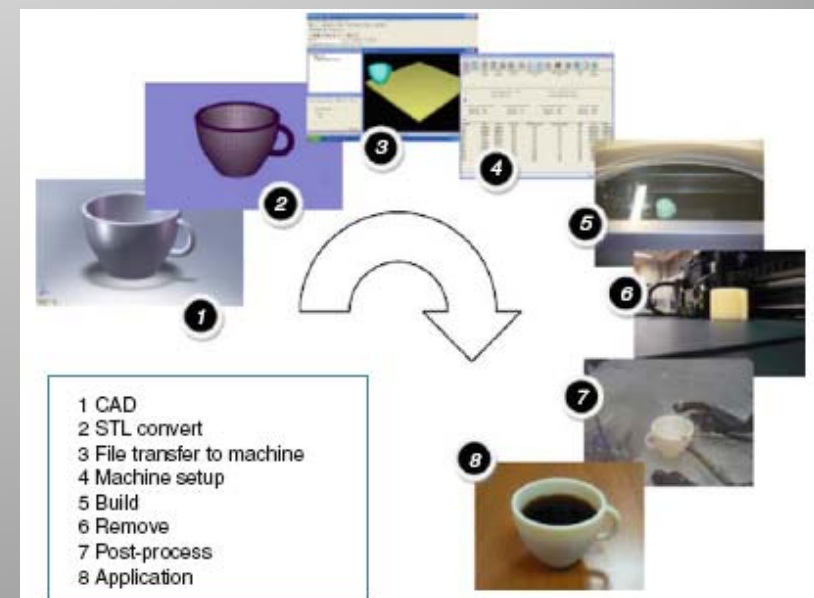
# Rapid Prototyping – zašto?



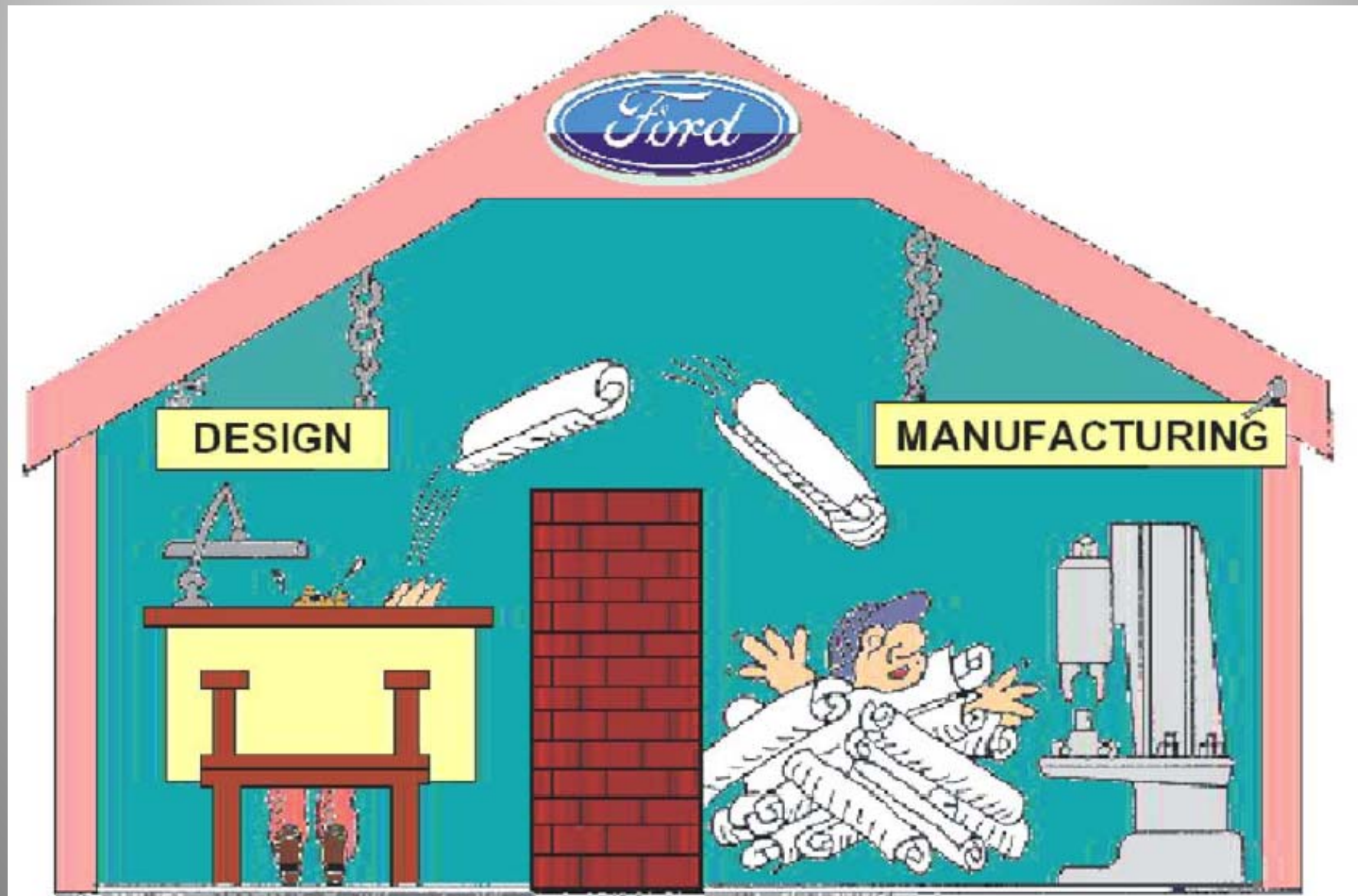
- Tehnologije brze izrade prototipa su razvijane sa ciljem da se omogući što brža izrada prototipa proizvoda – modela!!!
- Kada se shvatilo da se tehnologijama brze izrade prototipa (rapid prototyping) mogu napraviti i proizvodi za tržište, počelo je da se govori o aditivnim tehnologijama (AT) i aditivnoj proizvodnji (AP).

# Rapid Prototyping

- Brza izrada prototipova - aditivni proces dobijanja modela sukcesivnim generisanjem tankih slojeva na bazi prethodno kreiranog 3D CAD modela.
- Na bazi 3D modela, u roku od samo nekoliko sati (minuta) može generisati potpuno novi fizički model/prototip, što utiče na veoma brz razvoj i proširenje primene ovih tehnologija u različitim oblastima: mašinstvo, arhitektura, medicina, građevinarstvo i dr.

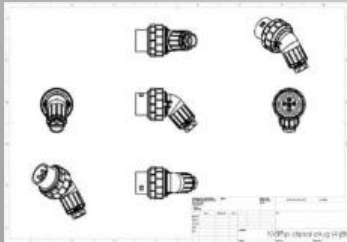


# Komunikacija?!





# Fizički model = Komunikacija



5 Prong  
10 Amp  
Plug



○ Slika

○ Reč



○ Model

A picture may be worth a thousand words, but how much money is a full color 3D model worth?

# Uloga i vrsta modela

- **Model** je opis realnog sistema sa svim onim karakteristikama koje su relevantne iz našeg ugla posmatranja.
- **Modelovanje** predstavlja isplativo (u smislu troškova) korišćenje nečega (model) umesto nečega drugog (realni sistem) sa ciljem da se dođe do određenog saznanja
- Različite vrste modela.
- U međusobnoj komunikaciji službi razvoja, marketinga i menadžmenta firme, veliku pomoć pružaju *fizički modeli* budućeg proizvoda, a sve u cilju smanjenja „time to market-a“.
- **Fizički modeli** su opredmećeni modeli realnih ili imaginarnih objekata. Mogu imati iste dimenzije kao realni objekti, ali mogu biti i uvećani ili umanjani.
- **Fizički modeli: Proporcionalni, Ergonomski, Dizajn, Funkcionalni, Prototip, Muster**

osoblje marketinga i  
menadžmenta često nije  
tehnički dovoljno  
obrazovano da može  
razumeti  
dvodimenzionalne  
tehničke crteže



**FIZIČKI MODEL**



# Prototip

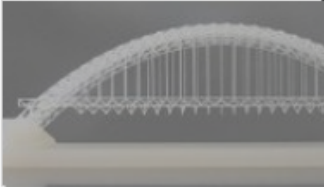
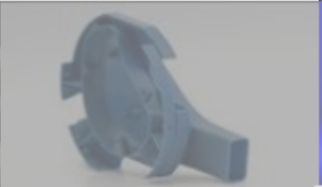


- ❖ Pojam izvedene od dve grčke reči: πρῶτος (protos), što znači prvi i τύπος (typos), što znači impresija, uzorak ili kalup. •
- ❖ Kovanica πρωτότυπος (prototypos) znači prva forma, prauzorak, obrazac ili original.



- ❖ Prototip je fizički model proizvoda koji se koristi u cilju njegovog efikasnijeg razvoja i testiranja i nije namenjen eksploataciji.
- ❖ On može biti jednostavna komponenta, podsklop, sklop, kompletan proizvod ali i složena konstrukcija ili mašina.
- ❖ Zavisno od njegove namene, prototip može sa manje ili više tačnosti da reprezentuje jednu, više ili sve osobine krajnjeg proizvoda.
- ❖ U nekim slučajevima prototip je potpuno isti kao budući proizvod.
- ❖ Prototip nije namenjen tržištu, već se isključivo koristi u cilju provere valjanosti projektnih ideja.

# Uloga prototipova

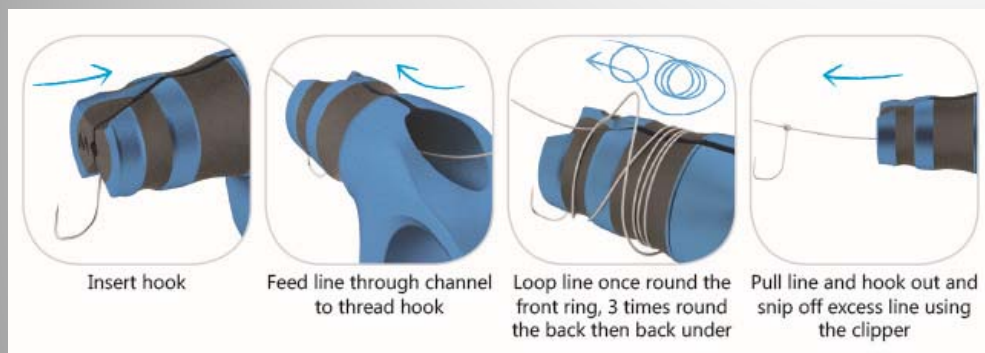
- Komunikacija unutar razvojnog tima.
- Eksperimentalno određivanje karakteristika proizvoda.
- Predikcija ponašanja proizvoda u uslovima korišćenja
- Simulacija montaže
- Testiranje funkcionalnosti proizvoda.
- Testiranje korisničkog iskustva.

Concept Models	Functional Prototypes	Rapid Tooling	End-Use Parts
<i>Communication</i>	<i>Validation</i>	<i>Pre-Production</i>	<i>Production</i>
			

# Primeri upotrebe modela u razvoju proizvoda

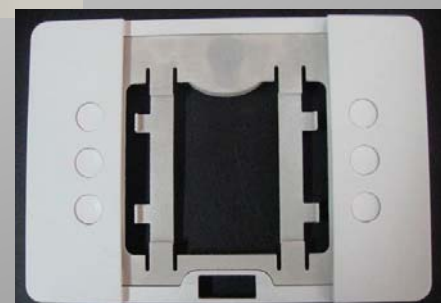
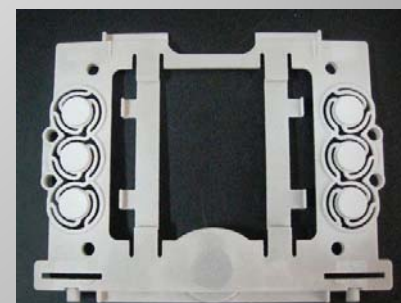
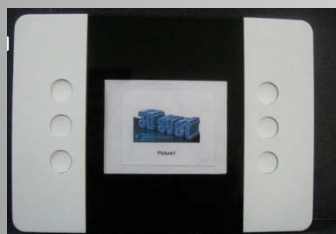


Ergonomski modeli

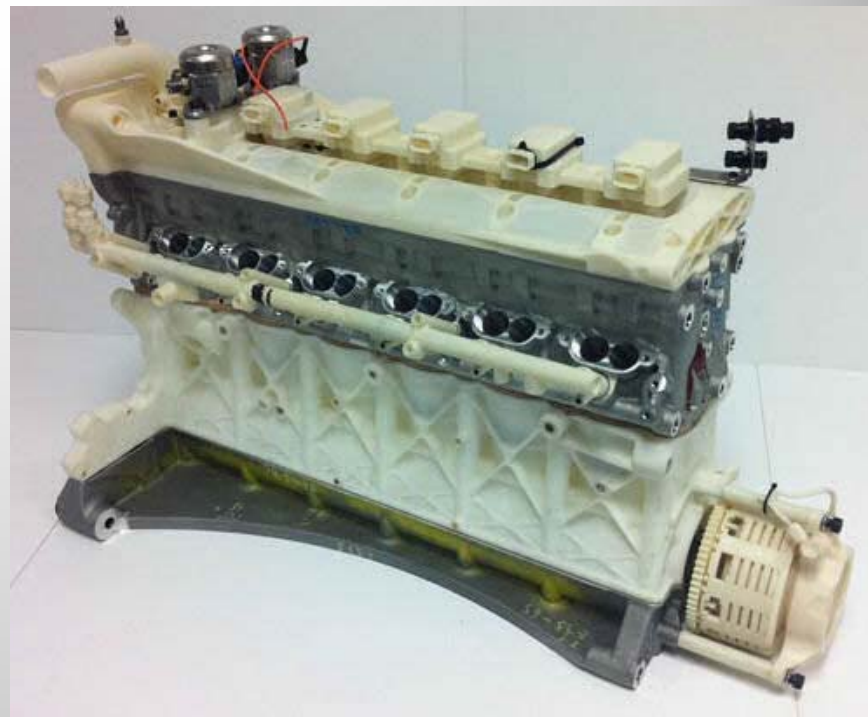


Proporcionalni modeli





Funkcionalni model



Dizajn i konceptualni modeli



# AESTHETIC/ERGONOMIC DESIGN OF POWER TOOLS

Courtesy of Black and Decker, USA

**“While a design may look good on the computer screen,  
there is really no substitute for actually holding  
something in your hand.”**

**- John Reed, Black & Decker Master Prototype  
Specialist**



Concept model  
of sensor  
housing and  
actual product



Painted model of a DeWALT  
auto leveling transit

# INDUSTRIAL DESIGN EVALUATION MODELS

Courtesy of Fuse, USA

- Quickly move projects through the product development process



Test models to aid in design and development for a construction project

# ENGINEERING COMMUNICATION MODELS

Courtesy of Pratt & Miller, USA

- Evaluation models to match timeline and quality standards
- Marketing models for more effective decision making

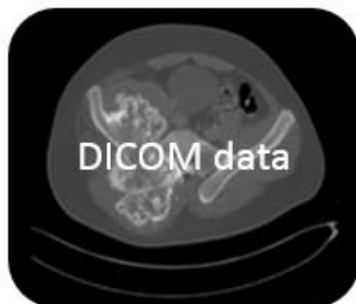


Finite Element Result -  
Corvette GT2 Spindle Stress  
Colored and Deformation  
x1000

# PATIENT COMMUNICATION MODELS

Courtesy of Maimonides Bone and Joint Center, USA

- 3D color bone model quickly and accurately created in Bespoke Modeling from CT scan
- Affordable 50% scale printed model helps patient communication and assists surgery practice sessions



**"I found the 3D model invaluable in patient education, surgical planning, and physician training."**  
— *Dr. Howard Goodman*



# DYNAMIC DESIGN – RAPID FORM AND FIT TESTING ITERATION

“[3D printing] allows giant, lumbering industrial concerns like General Motors to quickly adapt to consumer tastes.”

- *Autoweek*

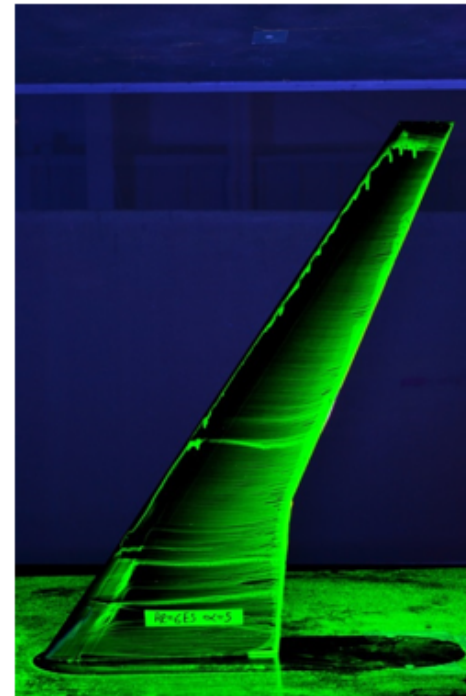
- It's easier and cheaper for stylists to take chances
- Skips the high cost of tooling to test new designs
- Better products that more closely match consumer tastes



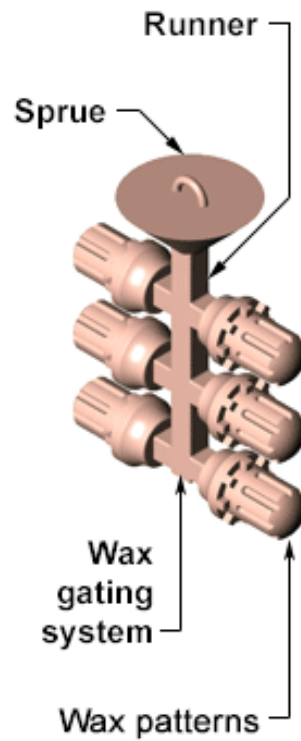


# AERODYNAMIC MODELS WITH PRESSURE TAPPINGS

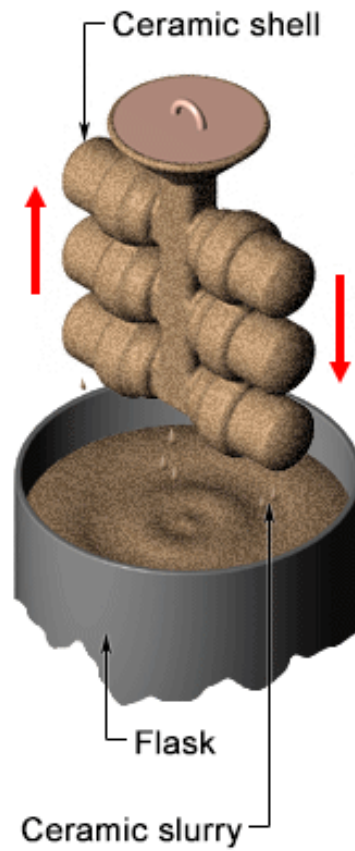
Courtesy of the Federal Aerospace Administration, USA



## Pattern Tree



## Shell-Making



## Investment Casting

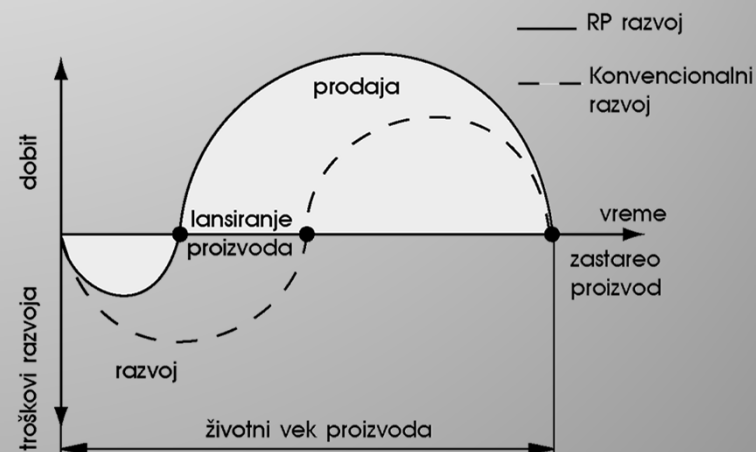
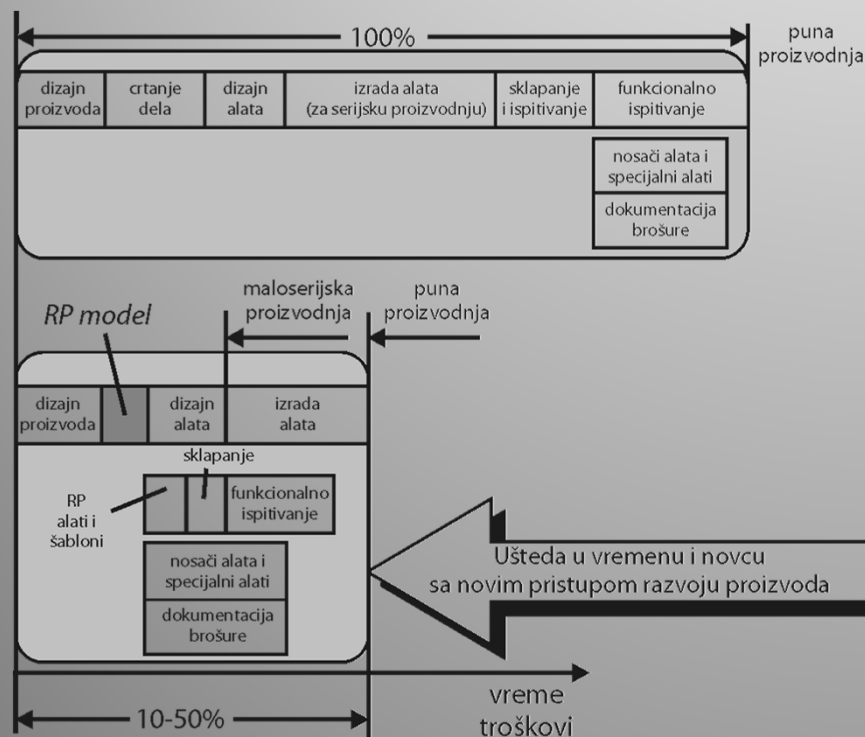


## Casting



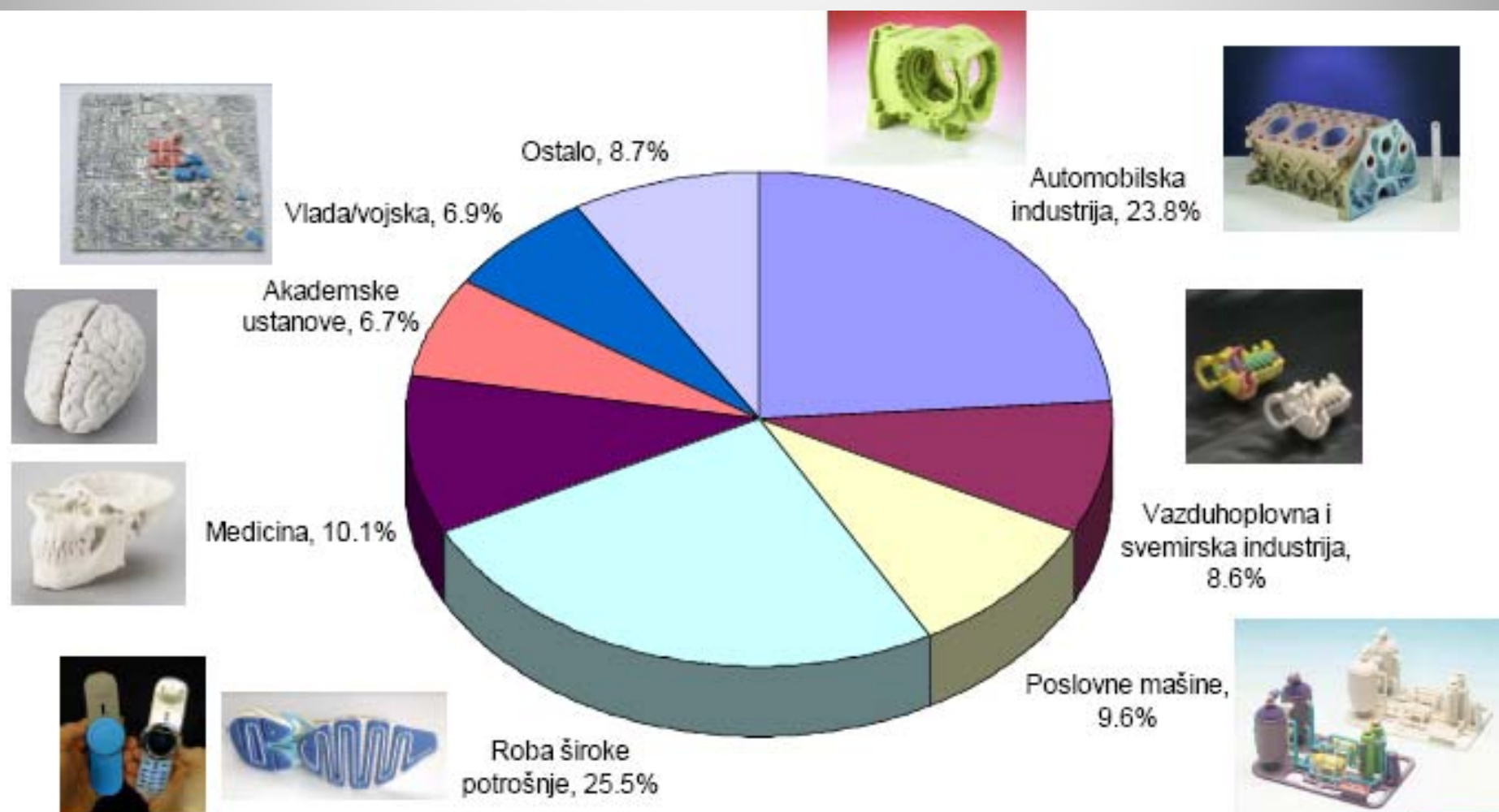
# Koristi od upotrebe RP tehnologija

- eksperimentisanje sa fizičkim objektima proizvodnje kompleksnosti uz relativno mali utrošak vremena
- zavisno od obima serijske proizvodnje, uštede u vremenu i ceni mogu biti od 50% do 90% ukoliko se koriste RP sistemi
- dizajneri mogu stvarati kompleksnije delove bez značajnih utrošaka vremena i novca
- smanjuje se i fizički rad u proizvodnji i pojednostavljuje se nabavka
- znatno se umanjuje vreme do plasiranja proizvoda na tržište



Ušteda u vremenu i novcu  
sa novim pristupom razvoju proizvoda

# PRIMENA RP





# 3D PRINTING

REVOLUTIONISING

*the*

## CLASSROOM

Biology students can study cross-sections of hearts or other organs.



Chemistry students can print out complex molecules to study.



Engineering students can print modified car or robot parts.

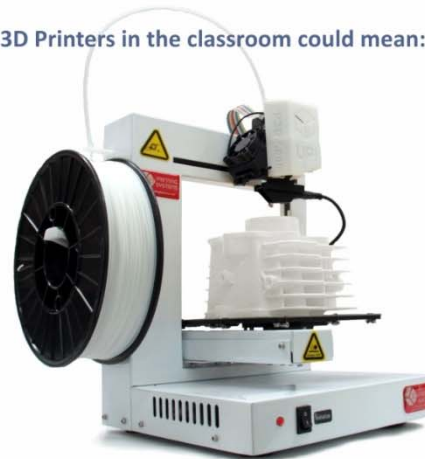


Geography students can print out topography, population or demographics of an area.

3D Printers have actually been around for about 25 years. Barriers like costs are breaking down, so they are now very affordable and easy to use.

3D Printing has caught the attention of educators who are looking into ways to incorporate it into the classroom.

Using 3D Printers in the classroom could mean:



Graphic design students can create prototypes of product designs



Food Technology students can design molds and cookie cutter templates



Design and Engineering students can make prototypes of their creations.



Architectural students can print new or existing designs.



History classes can print artifacts for closer examination