

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE  
ZAVOD ZA INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

# Industrijsko inženjerstvo

Ak.god. 2011/2012

Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić  
nstepan@fsb.hr

# Objašnjenje pojmova

## Proizvodno inženjerstvo (Manufacturing Engineering)

” Inženjerstvo okrenuto proizvodnji i konkretnim proizvodnim tehnologijama izrade proizvoda.



## Industrijsko inženjerstvo Industrial Engineering IE

” Inženjerstvo usredotočeno na projektiranje, primjenu i unapređenje integriranih sustava ljudskih potencijala, materijala i opreme.



# Školovanje IE stručnjaka

- “ 1901 , Prof. Hugo Diemer ,University of Kansas, prvi kolegij iz IE
- “ 1904, Prof. Dexter Kimbal, izborni kolegij za “mechanical engineering seniors”, Cornell University
- “ 1907, Prof. Walter Rautenstrauch, Columbia University, kolegij “Business Methods”
- “ 1907, Prof Hugo Diemer, prelazak na Pennsylvania State University, prvi “baccalaureate” program iz industrijskog inženjerstva
- “ 1948,Udruženje ASME izdvaja industrijsko inženjerstvo, osniva se Institute of Industrial Engineers IIE

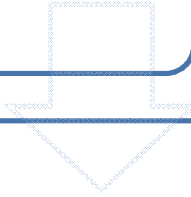
# Diplomirani studenti u tehničkom području (SAD)

1990 - 2008

Područje	1990	2002	2008
Aerospace engineering	3.934	3.685	4.902
Agricultural engineering	946	952	1.233
Biomedical engineering	2.136	4.338	7.892
Chemical engineering	6.735	7.414	7.892
Civil engineering	15.542	17.713	16.931
Electrical engineering	33.722	39.948	41.164
Engineering science	2.020	2.121	2.099
Industrial/manufacturing eng.	11.248	14.033	15.692
Mechanical engineering	16.879	17.139	19.585
Metallurgical/materials eng.	4.941	4.992	5.539
Mining engineering	437	267	290
Nuclear engineering	1.278	795	1.201

# Razvoj industrijskog inženjerstva (IE)

(1776. – 1880.) Fokus na troškove



(1980. – 1995.) Fokus na kvalitetu



(1995. – 2011.) Fokus na kupca

# Fokus na troškove

## Rani koncepti 1776-1880

Specijalizacija radne snage ( Adam Smith, Charles Babage)  
Standardizirani dijelovi (Eli Whitney)

## Znanstveni menadžment 1880-1910

Gantogrami ( Gantt),  
Studij vremena i pokreta (Gilbreth)  
Analiza procesa (Taylor)  
Teorija redova čekanja (Agner Krarup Erlang)

## Era masovne proizvodnje 1910-1980

Pomična montažna linija (Henry Ford/Charles Emil Sorensen)  
Statističko uzorkovanje (Shewart)  
Ekonomična veličina narudžbe (Harris)  
Linearno programiranje (Dantzig) PERT/CPM (DuPont)  
Planiranje potreba za materijalom (MRP)

1776

1980

## Fokus na kvalitetu

### Era lean proizvodnje 1980-1995

- Just-In-Time
- CAD
- Elektronička razmjena podataka
- TQM
- Kanban

## Fokus na kupca

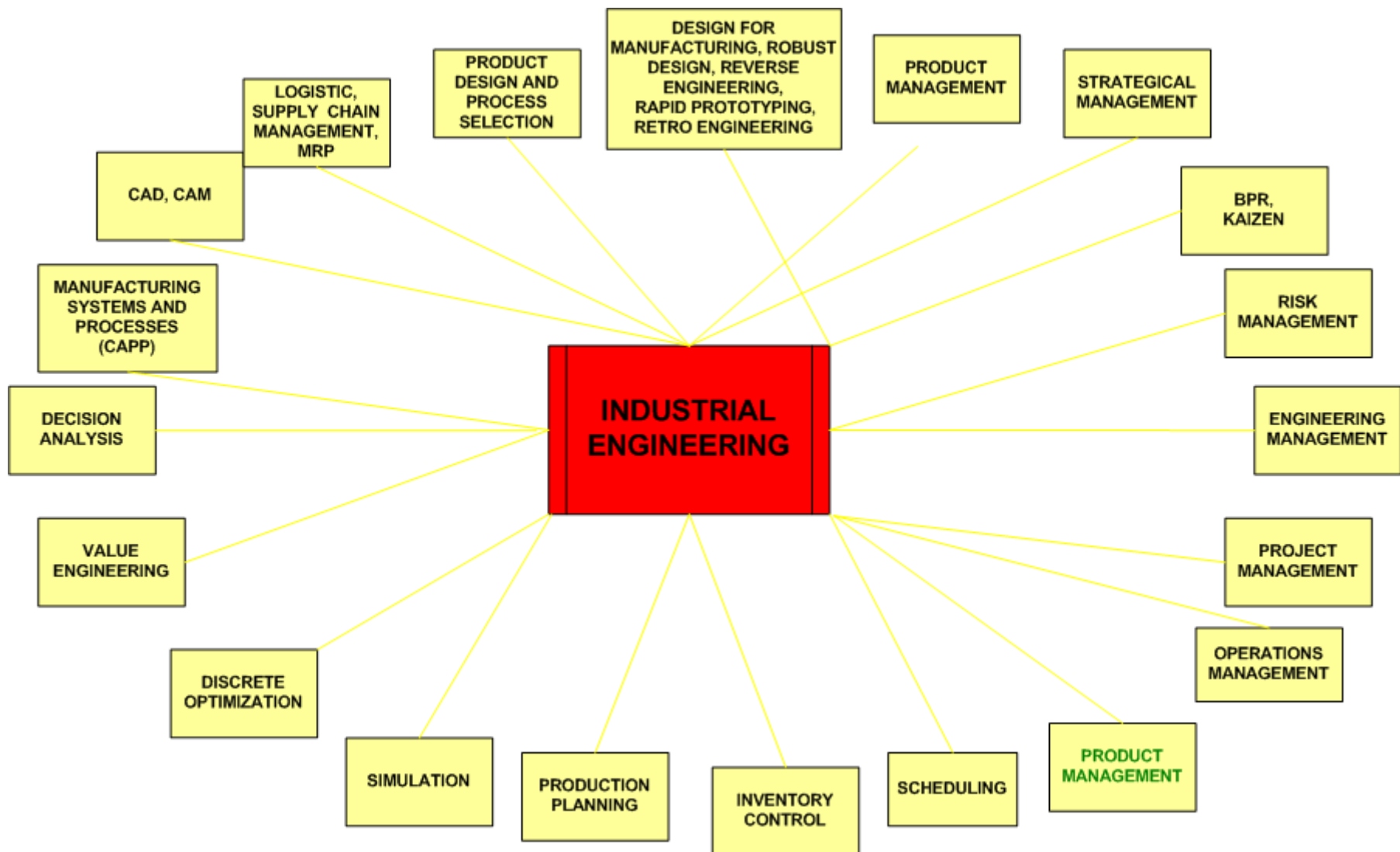
### Masovna prilagodba kupcima 1995-2011

- Globalizacija
- Internet
- ERP, EERP
- Učeća organizacija
- Internacionalni standardi kvalitete
- Upravljanje lancom nabave
- Agilna proizvodnja

1980

2011

# Područja djelovanja

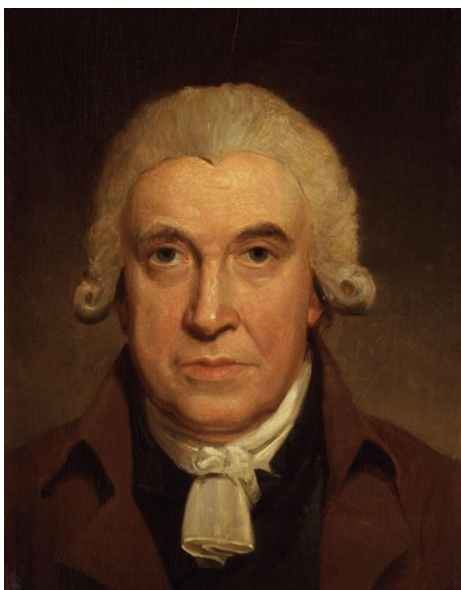




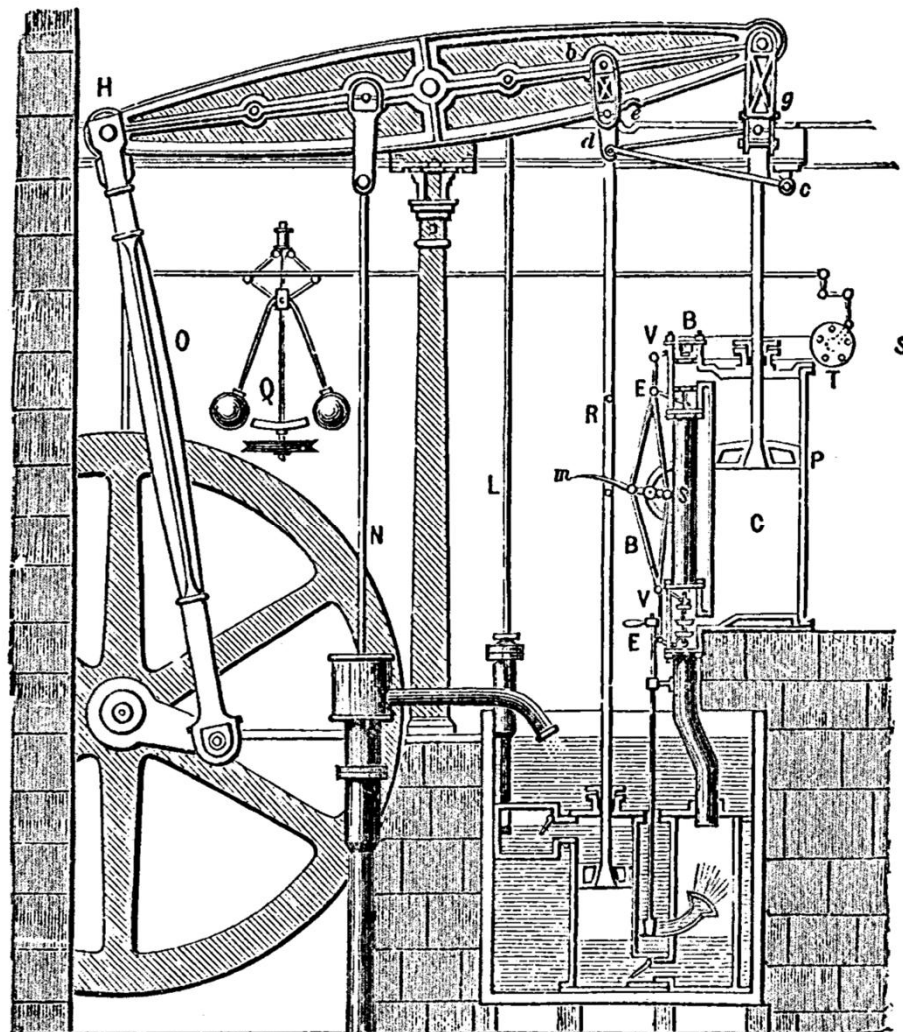
# “ James Watt – Parni stroj

## 1730-1800: Industrijska revolucija u Engleskoj

Pojavile su se prve organizirane tvornice, koje su zamjenile dotadašnju manufakturu.



Izvor:[http://hr.wikipedia.org/wiki/James\\_Watt](http://hr.wikipedia.org/wiki/James_Watt)

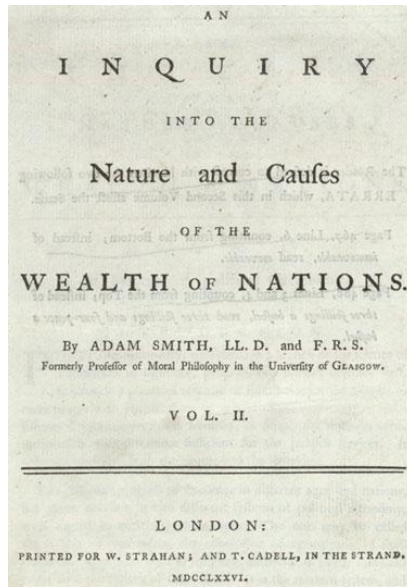


Izvor:[http://hr.wikipedia.org/wiki/James\\_Watt](http://hr.wikipedia.org/wiki/James_Watt)

**1776. godine Adam Smith objavio je djelo „Bogatstvo naroda”**

Vrlo je jasno definirao ideju o važnosti specijalizacije radne snage

“ Adam Smith – Bogatstvo naroda (eng. Wealth of Nation)



Izvor: [http://en.wikipedia.org/wiki/Adam\\_Smith](http://en.wikipedia.org/wiki/Adam_Smith)



Izvor: [http://en.wikipedia.org/wiki/Adam\\_Smith](http://en.wikipedia.org/wiki/Adam_Smith)

**1832. Charles Babbage  
(eng. On the Economy of  
Machines and Manufacture)**

- “ U svom djelu O ekonomiji strojeva i proizvodnje, Babbage je objasnio ideje o podjeli radne snage i organizaciji rada.
- “ Bio je izumitelj jednog od najranijih mehaničkih kalkulatora, gdje je koristio tehnike koje su kasnije korištene za izradu modernog računala



Izvor:[http://hr.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Babbage](http://hr.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage)

“ O ekonomiji strojeva i  
proizvodnje

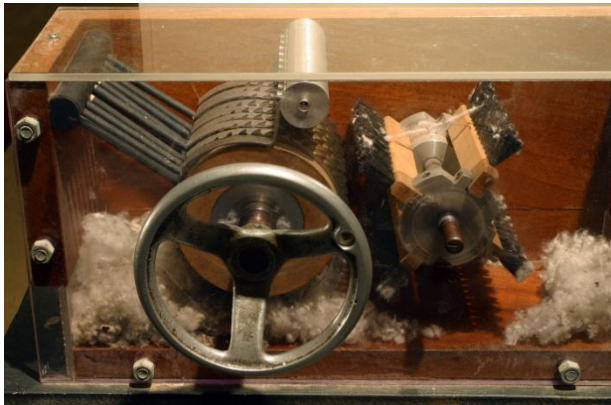


Izvor:[http://hr.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Babbage](http://hr.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage)

## 1870.-1880. Pojava standardiziranih dijelova kod izrade pušaka

### Eli Whitney

- “ Uspješno implementirao ideju o standardiziranim djelovima u proizvodnju pušaka
- “ Ideja o standardiziranim djelovima nije njegov izum
  - “ Korištena još za vrijeme Punskih ratova
  - “ U Veneciji za izradu galijskih
- “ Izumio je mašinu za čišćenje pamuka



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Eli\\_Whitney](http://en.wikipedia.org/wiki/Eli_Whitney)

## “ Eli Whitney: predstavio pojam **standardiziranih dijelova**



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Eli\\_Whitney](http://en.wikipedia.org/wiki/Eli_Whitney)

## 1900-tih : pojava znanstvenog menadžmenta

Četiri principa znanstvenog  
menadžmenta:

1. Zamjena pravila palca sa metodama baziranih na znanstvenom proučavanju zdataka
2. Potrebno je na znanstveni način birati, obučavati i razvijati svakog zaposlenika, a ih pasivno pustiti da se sami razvijaju
3. Menadžeri moraju dati jasne upute i nadzirati performanse svakog zaposlenika
4. Podjela rada između menadžera i radnika na način da menadžer primjenjuje principe znanstvenog menadžmenta na planiranje rada, a radnik izvodi rad.

“ Frederick W. Taylor – otac  
znanstvenog menadžmenta



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor)

## 1900-tih: Studij pokreta i vremena

- “ Supružnici Gilbreth snimali su pokrete radnika i mjerili vrijeme
- “ Proučavan je umor radnika i kako zadovoljstvo radnika utječe na kvalitetu i produktivnost
- “ Počeci ergonomije

## “ Frank i Lillian Gilbreth - „Motion and Time Study“



Izvor:<http://gilbrethnetwork.tripod.com/bio.html>

**1905.1920. Korištenje ideja znanstvenog menadžmenta kod masovne proizvodnje automobila (Ford)**

- “ Henry Ford je proizvodnju svojeg poznatog modela T primjenio principe znanstvenog menadžmenta iz čega je nastala pokretna montažna linija
- “ Početak masovne proizvodnje



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Ford](http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford)

“ Henry Ford – Pokretna montažna linija



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Ford](http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford)

## 1900.-1920. Markovljev lanac

- “ U svakome trenutku sustav može preći u neko novo stanje ili može ostati u istome stanju.
- “ Ne postoji samo jedan način na koji se proces može razviti, a svaki od tih mogućih slučaja ima svoju vjerojatnost
- “ Markovljev lanac je kasnije postao baza područja stohastičkih sistema.
- “ Ima veliku primjenu u proučavanju redova čekanja i upravljanju zalihama, i dr.

## “ Andrey Markov – Teorija stohastičkih procesa



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Andrey\\_Markov](http://en.wikipedia.org/wiki/Andrey_Markov)



## 1924. Upotreba osnovnih alata iz vjerojatnosti i statistike

- “ U Bell Telephone Labs, USA
- “ Predstavljene su važne tehnike u kontroli kvalitete izlaznih proizvoda u tvornici
- “ Korišteni su osnovni alati iz vjerojatnosti i statistike koji se i danas koriste u istoj formi pod nazivom **Statistička kontrola kvalitete**

“ Dr. Walter A. Shewhart



Izvor:[http://en.wikipedia.org/wiki/Walter\\_A.\\_Shewhart](http://en.wikipedia.org/wiki/Walter_A._Shewhart)

## 1945.-1955. Značajan razvoj u području logistike

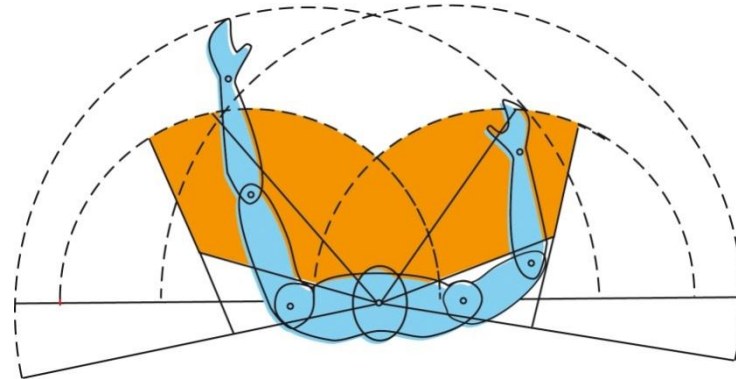
- “ Kroz sistematično korištenje kompleksnih matematičkih modela kod planiranja opskrbe i kretanja trupa u Drugom svjetskom ratu
- “ 1947. **Simplex metode** – najvažnijeg matematičkog alat za rješavanje kompleksnih linearnih problema optimizacije.

## “ George Dantzig – Simplex metoda



## 1945.-1950. Prvo sistematično korištenje Ergonomije

- “ U području razvoja proizvoda, korištenjem alata statističke i ljudske psihologije kako bi se smanjio rizik za ljude koji koriste mehaničke proizvode
- “ Početak polja brige o ljudskim faktorima proizvodnje



## 1960. Ford Motor Comany – nove tehnike proizvodnje i marketinga kod modela Ford Mustang model 1964.

- “ Kupci su mogli birati između nekoliko različitih modela motora, suspenzija, boja, prijenosa, itd.
- “ Prvi pojava masovne „**prilagodbe korisniku**“

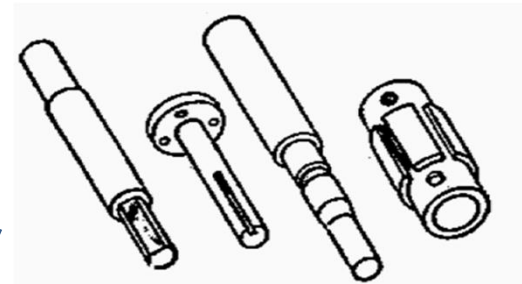


1964 Ford Mustang

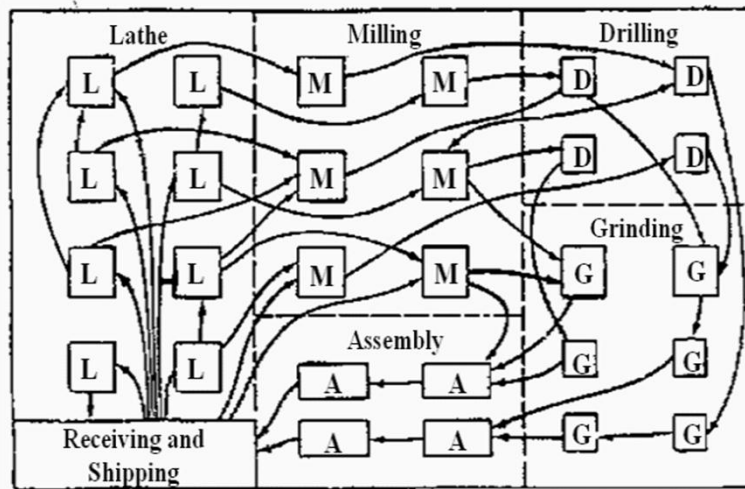
# ” Ivanov(1968)

## 1959.-1968. Grupne tehnologije

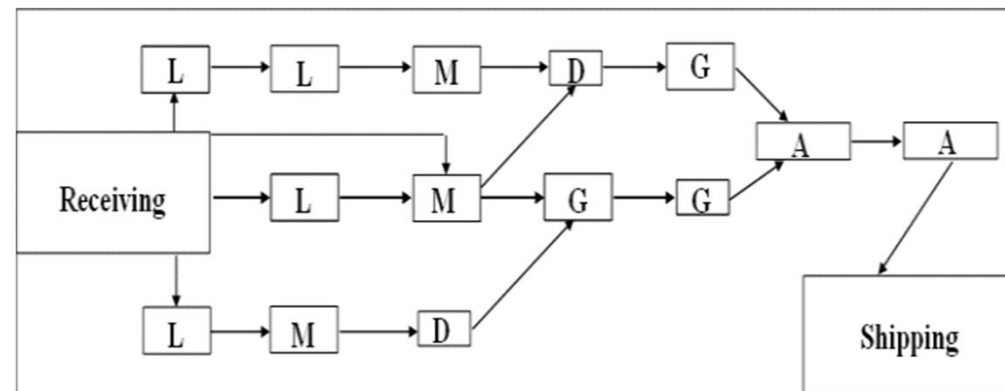
Svi strojevi u tvornici mogu biti podijeljeni u grupe, a svaka grupa proizvodi familiju sličnih dijelova



Familija proizvoda



Funkcijski raspored



Raspored po grupama tehnologije

# Poslovi industrijskog inženjera

## Upravljanje projektima

- ✓ Izrada detaljnog WBS-a aktivnosti i plana provedbe projekta
- ✓ Izrada rasporeda vremena i resursa
- ✓ Upotreba tehnika projektnog menadžmenta kod provođenja analiza i istraživanja
- ✓ Vođenje projekata izrade novih tvornica, novog rasporeda strojeva i dr.
- ✓ Upravljanje rizicima na projektima



## Proizvodnja, priprema i distribucija

- ✓ Briga o mogućnosti proizvodnje konstruiranog proizvoda
- ✓ Definiranje metoda i procedura proizvodnje
- ✓ Oblikovanje dokumentacije i radnih instrukcija za proizvodnju i distribuciju
- ✓ Upravljanje resursima i vođenje brige o ispunjenju zadanih rokova proizvodnje i isporuke
- ✓ Izvođenje simulacija procesa koristeći za to predviđene alate
- ✓ Vođenje timove za unapređenje procesa



# Poslovi industrijskog inženjera

## Upravljanje lancem nabave

- ✓ Upravljanje vezama s dobavljačima
- ✓ Upravljanje i izvještavanje o aktivnostima i troškovima lanca nabave
- ✓ Nadzor dobavljača kako bi se osiguralo da se poštuju procesi i procedure
- ✓ Inspekcija proizvoda kod dobavljača
- ✓ Rad sa dobavljačima da se osigura kvaliteta proizvoda



## Poboljšanja produktivnosti i procesno inženjerstvo

- ✓ Definiranje pogodnih radnih metoda za zadatke
- ✓ Definiranje prikladnih procesa za linijsku proizvodnju
- ✓ Definiranje glavnih mjera proizvodnje
- ✓ Definiranje načina i postupaka mjerenja
- ✓ Provedba „Uzrok-Posljedica” analize radi poboljšanja procesa
- ✓ Određivanje potreba za kapacitetima i shodno tome novih investicija



# Poslovi industrijskog inženjera

## Upravljanje kvalitetom

- ✓ Rad sa timovima za dizajn i proizvodnju kako bi se osigurala i održala kvaliteta kroz sve faze izrade proizvoda
- ✓ Nadzor ranije utvrđenih procesa kontrole kvalitete
- ✓ Koordinacije i vođenje nadzora kvalitete od treće strane
- ✓ Osmišljavanje i provođenje treninga zaposlenika iz područja kvalitete



## Ergonomija/Ljudski resursi

- ✓ Osiguravanje da se poštuju ergonomske procedure i smanji mogućnost ozljeda zaposlenika
- ✓ Osiguravanje uključenosti zaposlenika u aktivnosti i zadatke unutar poduzeća



# Poslovi industrijskog inženjera

## Strateško planiranje

- ✓ Razvoj dugoročnih modela planiranja, tipično u opsegu od 5-10 godina
- ✓ Utvrđivanje investicija u tvornicu, novi kapacitet, mrežu, itd.
- ✓ Definiranje preliminarnih troškova proizvodnje i operacija, predviđanje prodaje
- ✓ Razvoj preliminarnih finansijskih utjecaja, uključujući produktivnost i ROI



## Financijski inženjering

- ✓ Određivanje troškova proizvodnje koristeći točno određene metode
- ✓ Određivanje budžeta i predviđanje troškova po operativnim centrima
- ✓ Izrada budžeta za kapital i troškove koji će nastati kod proširenja kapaciteta
- ✓ Provođenje analize troškova





# Metode Industrijskog inženjerstva

## Linearno programiranje

- ✓ Simplex metoda
- ✓ Transportni problemi

## Nelinearno programiranje

- ✓ Hooke Jeeves, Nelder-Mead,
- ✓ Gradijentna metoda
- ✓ Lagrangeova metoda
- ✓ Dvodimenzionalni i višedimenzionalni problemi

## Heurističko programiranje

- ✓ Metoda MonteCarlo
- ✓ Teorija igara
- ✓ Matrične igre
- ✓ Teorija rojeva čestica
- ✓ Rojevi pčela, Mravlje kolonije

# Metode Industrijskog inženjerstva

## Dinamičko programiranje

- ✓ Više etapni procesi

## Tehnike mrežnog planiranja

- ✓ CPM, PERT, Gantogrami

## Teorija repova

- ✓ Jednostruki i višestruki repovi

## Upravljanje zalihama

- ✓ Modeli upravljanja zalihama

## Simulacije

- ✓ MonteCarlo Metoda
- ✓ 3D Vizualizacija – Virtualna realnost

# Metode Industrijskog inženjerstva

## Studij rada i vremena

- ✓ Stanardizacija operacija

## Kontinuirano unapređenje

- ✓ KAIZEN

## Procesni pristup

- ✓ Lean proizvodnja
- ✓ Reinženjering poslovnih procesa

## Statističko upravljanje kvalitetom

- ✓ Six Sigma
- ✓ Dijagrami toka (Flow charts), Paretovi dijagrami
- ✓ Kontrolne karta
- ✓ Dijagram uzroka i posljedica, Histogrami frekvencija

# Metode Industrijskog inženjerstva

## Metode prognoziranja i predviđanja

- ✓ Delfi metoda
- ✓ Metode vremnskih serija
- ✓ Metode regresije

## Metode odlučivanja

- ✓ Max-Min, Max-Max, Min-Max
- ✓ Laplace
- ✓ Stablo odlučivanja
- ✓ Analiza osjetljivosti

# Metode Industrijskog inženjerstva

## Metode generiranja ideja

- ✓ Brainstorming
- ✓ Dijagram afiniteta
- ✓ Krugovi kvalitete
- ✓ Intervjui
- ✓ Benchmarking
- ✓ 5W 2H