



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjerenja



9. TEMA

STATISTIČKE METODE U UPRAVLJANJU KAKVOĆOM

**Prof.dr.sc. Damir Ilić
Prof.dr.sc. Roman Malarić
Doc.dr.sc. Ivan Leniček**

**Kolegij “Upravljanje kakvoćom”
Zagreb, 2013.**

TEME

- ❑ **Statističke metode u upravljanju kakvoćom**
- ❑ **7 osnovnih alata**
- ❑ **Promjenjivosti**
- ❑ **Opisna statistika**
- ❑ **Razdiobe**

Statističke metode

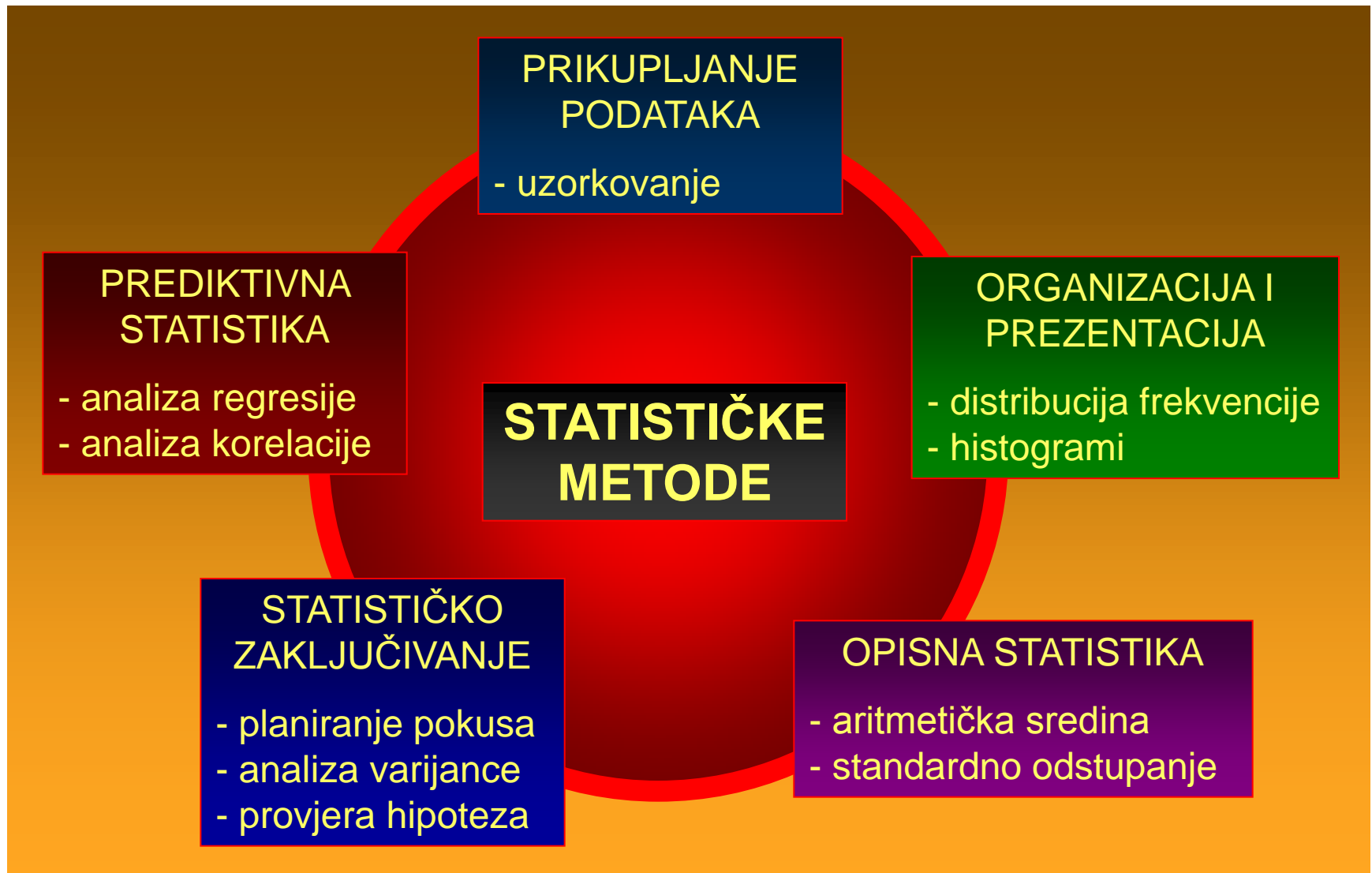


- ❑ Statističke metode omogućuju bolju uporabu dostupnih podataka za donošenje odluka, te tako mogu poslužiti za neprekidno poboljšavanje kakvoće proizvoda i procesa
- ❑ Statističke metode primjenjive su na širi spektar djelatnosti:
 - ❑ istraživanje tržišta
 - ❑ projektiranje
 - ❑ razvoj
 - ❑ proizvodnju
 - ❑ provjeru
 - ❑ ugradbu
 - ❑ održavanje

Statističke metode

- ❑ Te su metode razrađene u velikom broju međunarodnih ISO i IEC norma:
 - ❑ ISO/TR 10017:2003 – Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000
 - ❑ ISO 3534 series – Statistics – Vocabulary and symbols
 - ❑ ISO 2859 series – Sampling procedures for inspection by attributes
 - ❑ ISO 8258:1991 – Shewhart control charts
 - ❑ IEC 60812:2006 – Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
 - ❑ GUM – Guide to the expression of uncertainty in measurement

Statističke metode



Statističke metode u upravljanju kakvoćom

□ Opisne statistike

- Iskazuju količinske mjere značajka (kao što su prosjek i standardno odstupanje) podataka iz uzorka
- Pružaju učinkovit i razmjerno jednostavan način sažetoga prikazivanja podataka – temeljna sastavnica statističke analize

□ Planiranje pokusa

- Istraživanja koja se provode na planiran način i koja se pri izvođenju zaključaka oslanjaju na statističku procjenu rezultata
- Pri planiranju pokusa obično se u sustav koji se ispituje uvode promjene i provodi statistička procjena djelovanja takvih promjena na sustav kako bi se vrednovale značajke sustava ili istražio utjecaj jednog ili više čimbenika na značajke sustava

Statističke metode u upravljanju kakvoćom

□ Provjera hipoteza

- Statistički postupak kojim se, uz zadanu razinu rizika, određuje da li je skup podataka (u tipičnom slučaju dobiven iz uzorka) skladan s danom *hipotezom*
- Hipoteza se može odnositi na pretpostavku o posebnoj statističkoj razdiobi ili modelu, ili se može odnositi na vrijednost nekog parametra razdiobe
- *Test signifikantnosti*

□ Analiza mjerenja (analiza mjernog sustava)

- Skup podataka za određivanje nesigurnosti parametara sustava

Statističke metode u upravljanju kakvoćom

□ Analiza sposobnosti procesa

- Ispitivanje svojstvene **promjenjivosti** i razdiobe procesa kako bi se procijenila njegova sposobnost da proizvede izlaz u skladu s područjem promjena dopuštenih specifikacijama
- Mjerljive varijable – svojstvena promjenjivost procesa izražava se “rasipanjem” procesa i mjeri se kao šest standardnih odstupanja ($\pm 3\sigma$) razdiobe procesa (99,73% populacije)
- Atributivni karakter podataka (npr. broj neskladnih jedinica) – sposobnost procesa izražava se prosječnim udjelom neskladnih jedinica ili prosječnim udjelom neskladnosti

Statističke metode u upravljanju kakvoćom

□ Regresijska analiza

- Istražuje odnose promatranih značajka (koje se obično nazivaju “varijablama odziva”) s mogućim uzročnicima (“neovisnim varijablama”)
- Odnos se određuje modelom koji se dobiva iz znanosti, ekonomije, tehnike, ili pak iskustveno (linearni model, eksponencijalni, više varijantni)

□ Uzorkovanje

- Sustavna primjena statističkih metoda za dobivanje podataka o nekoj značajki populacije proučavanjem reprezentativnog dijela, odnosno uzorka populacije
- Ispravno uzorkovanje predmnijeva nepristran način odabira

Statističke metode u upravljanju kakvoćom

□ Simulacije

- Zajednički naziv za postupke kojima se radi rješavanja problema određeni sustav prikazuje matematički računalnim programom

□ Dijagrami za statističko upravljanje procesom

- “Oruđe” za određivanje statusa statističkog upravljanja
- Upravljački dijagrami služe kao metoda za uspoređivanje podataka iz uzoraka koji predstavljaju “tekuće” stanje procesa s graničnim vrijednostima utvrđenim nakon razmatranja svojstvene promjenjivosti procesa
- *Shewhartovi dijagrami*

7 osnovnih alata za kontrolu kakvoće

- Kaoru Ishikawa definirao je sedam osnovnih vizualnih alata za kakvoću tako da ih i prosječno obrazovan radnik može analizirati i interpretirati ¹
- Te alate koriste razne tvrtke u svijetu, od menadžera do radnika

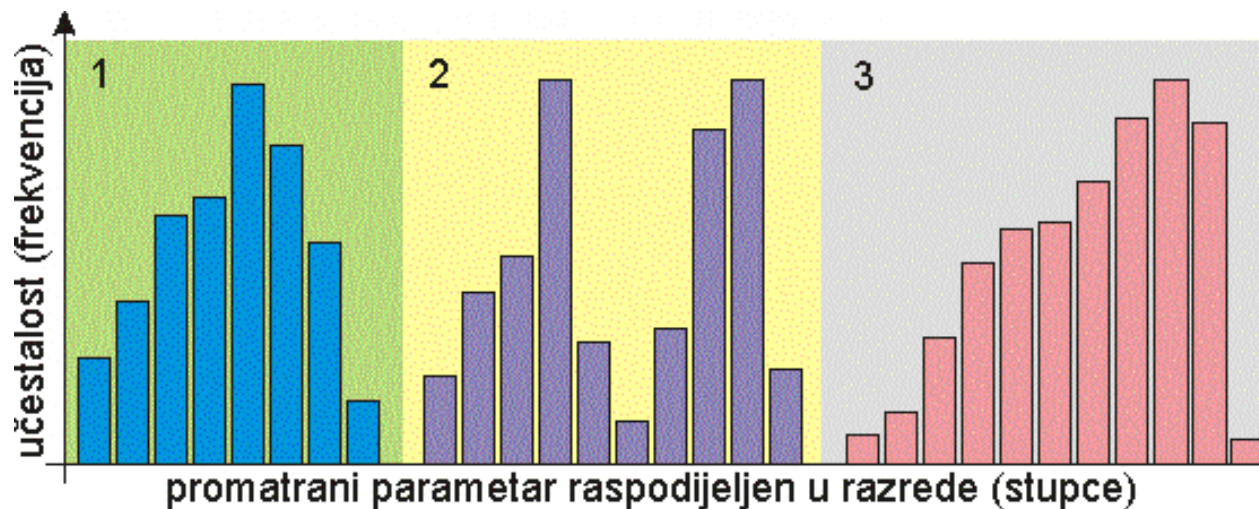
¹ Kaoru Ishikawa, *What is Total Quality Control?*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc, 1985

7 osnovnih alata za kontrolu kakvoće

1. Histogram (*histogram*)
2. Paretov dijagram (*Pareto diagram*)
3. Dijagram tijeka procesa (*process flowchart*)
4. Dijagram raspršenja (*scatter diagram*)
5. Ispitni list (*check sheet*)
6. Dijagram uzroka i posljedica (*cause and effect diagram*)
7. Kontrolne karte (*control charts*)

Histogram

- Grafički prikaz podataka u obliku stupčastog grafikona - raspored učestalosti nekog parametra
 - jednostavan uvid u razdiobu promatranog skupa



Broj opažanja	Broj razreda	Broj opažanja	Broj razreda
20 do 50	6	201 do 500	9
51 do 100	7	501 do 1000	10
101 do 200	8	Više od 1000	11 do 20

Pareto diagram (pravilo 80:20)

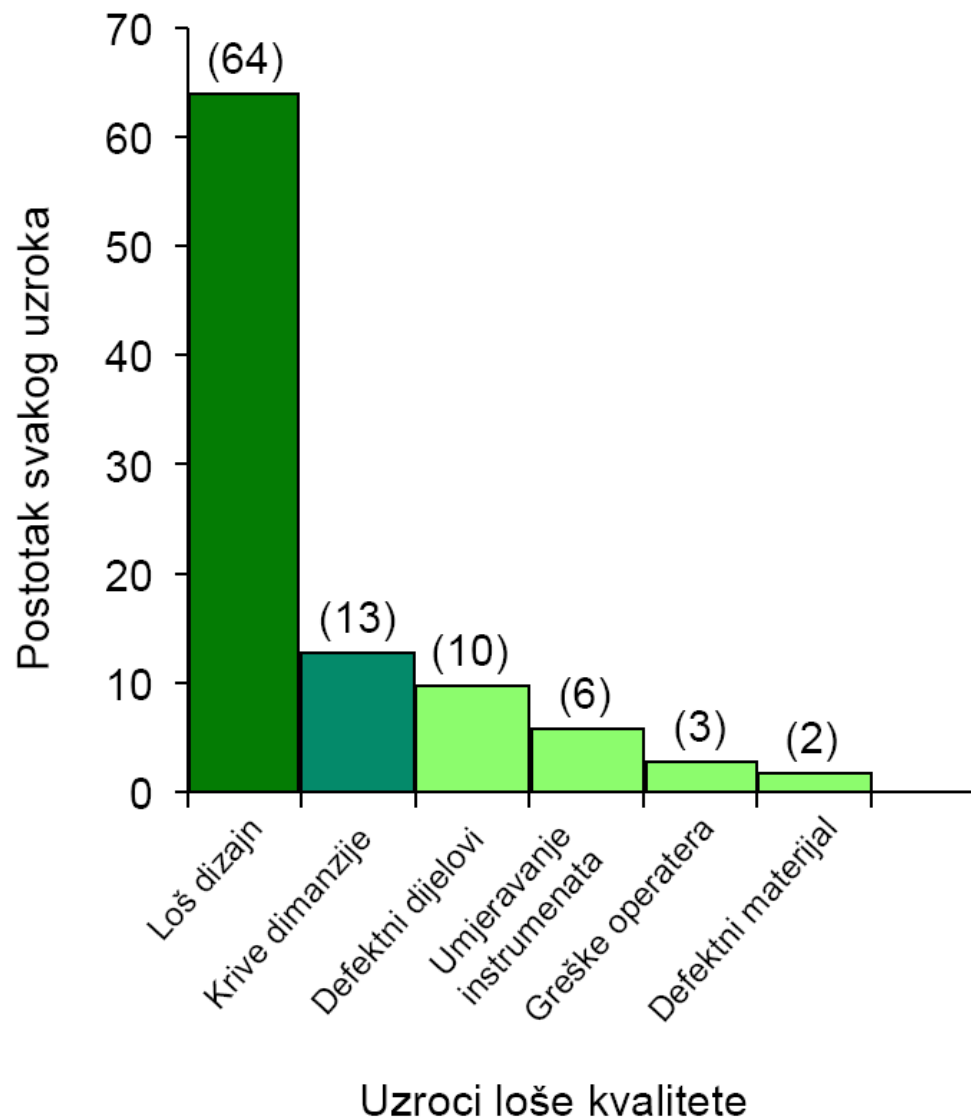
- ❑ **Pareto princip**
- ❑ Vilfredo Pareto (1848-1923), talijanski ekonomist: 20 % populacije ima 80 % bogatstva
- ❑ Pareto diagram razvio je Juran koristeći histogram u kombinaciji sa 80/20 pravilom

80% problema leži u 20% uzroka

- ❑ Identificiraju i rangiraju probleme koje treba riješiti
- ❑ Mogu se koristiti za različite analize
- ❑ Primjeri korištenja Pareto analiza: identifikacija i rangiranje reklamacija kupaca, skladišni inventar, distribucija bogatstva među zemljama

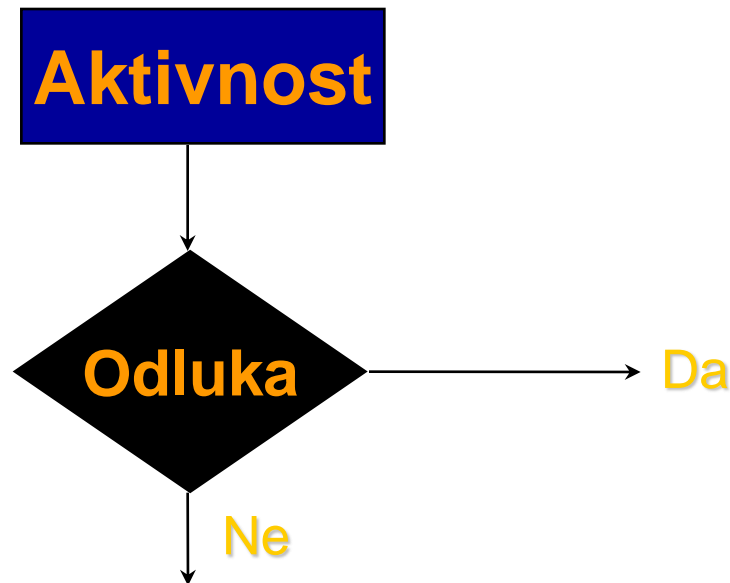
Paretov dijagram

Primjer:



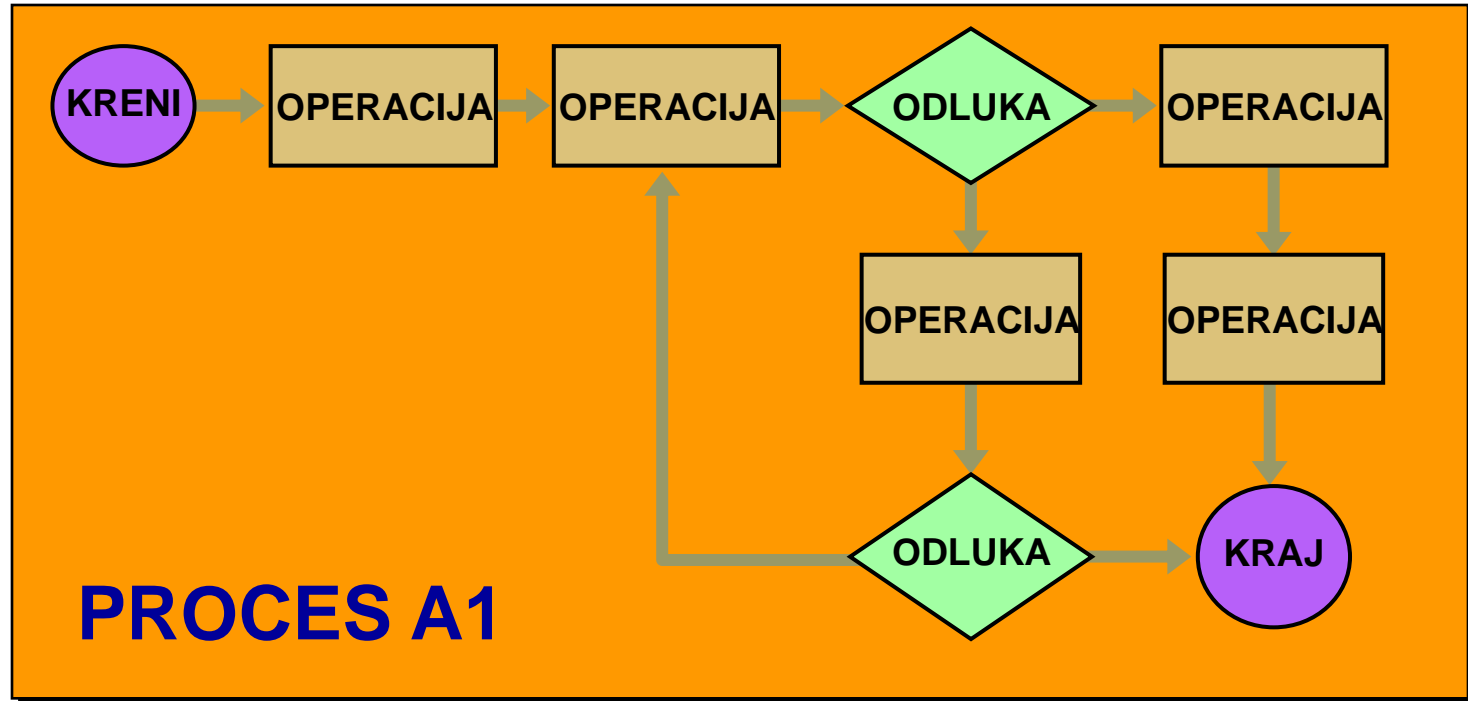
Dijagram tijeka procesa

- Dijagram tijeka procesa vizualno prikazuje sve korake u procesu



Dijagram tijeka procesa

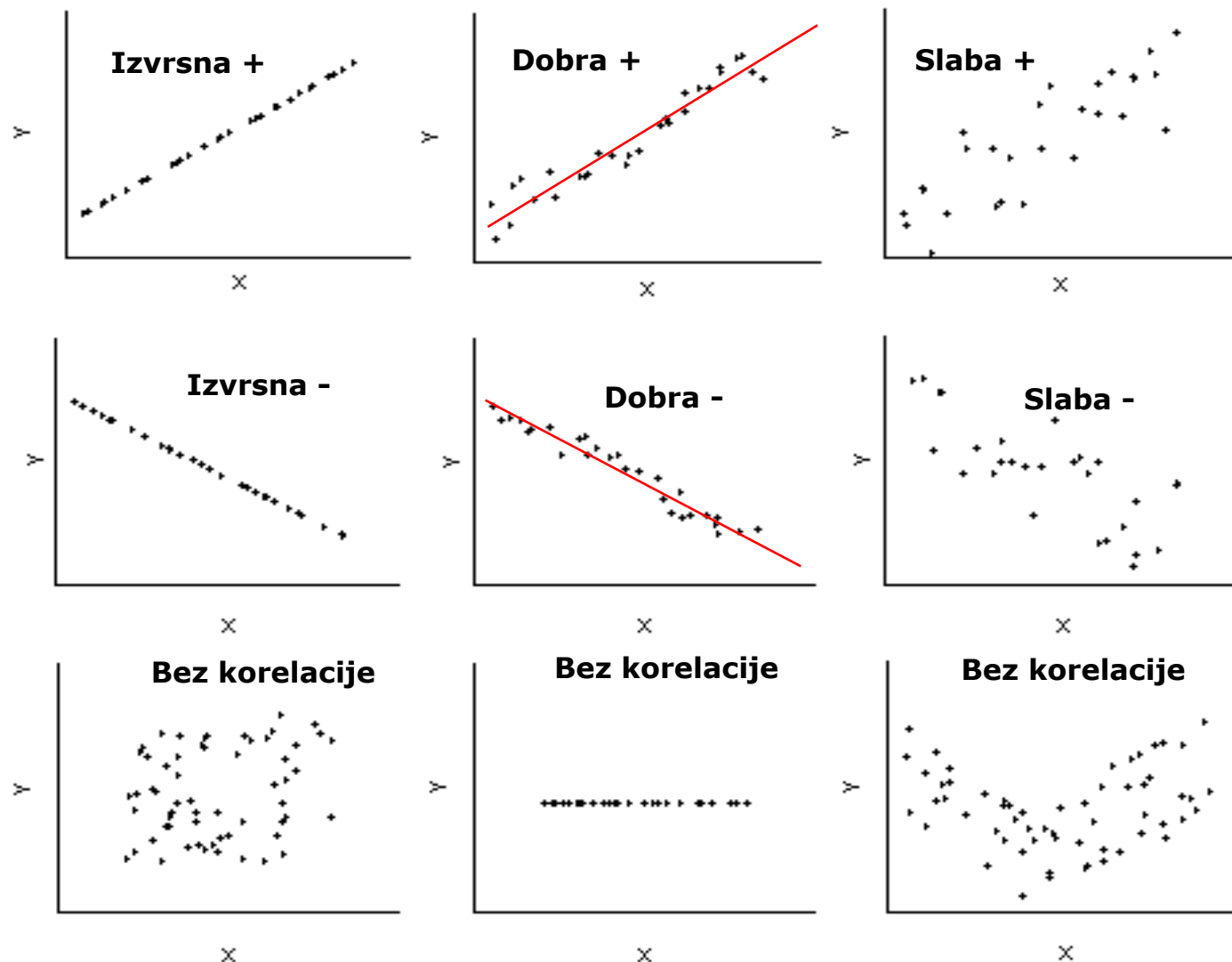
- ❑ Slikoviti prikaz svih koraka u procesu
- ❑ Dijagram tijeka procesa stvara se od osnovnih blokova (operacija, odluka, podatak, dokument...)



Dijagram raspršenja

- ❑ **Koristi se za ispitivanje veza između dvije varijable (zavisne i nezavisne varijable)**
- ❑ **Istražuje veze između dvije varijable vezane uz isti “događaj”. Često se prikazuje i ravna linija (pravac regresije) koja prikazuje optimalnu vezu**
- ❑ **Ukazuje na korelaciju između ovih varijabli**

Dijagram raspršenja - moguće korelacije



Ispitni list

- ❑ **Jednostavan alat za nadziranje poboljšanja sustava kakvoće**
- ❑ **Jednostavan način prikupljanja podataka**
- ❑ **Koristi se kada se podaci mogu prikupljati od jedne osobe na jednom mjestu**

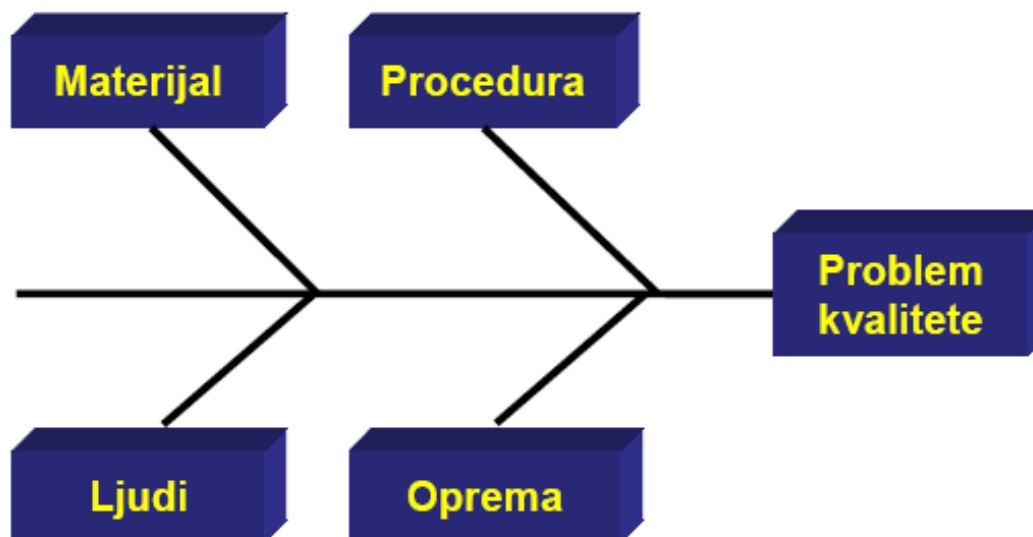
Ispitni list - primjer

Vrsta	Označi	Ukupno
Pukotina	//////// ////////////// ////////////// ////////////// ////////////// ////////////// ////////////// ////////////// ////////////// //////// ////////////// ///	104
Ogrebotina	//////// ////////////// ////////////// //	36
Mrlja	//////// ////////////// //	22
Naprezanje	//////// ///	14
Rupa	////////	8
Mala rupica	////	6
Ostalo	////////	10
Ukupno		200

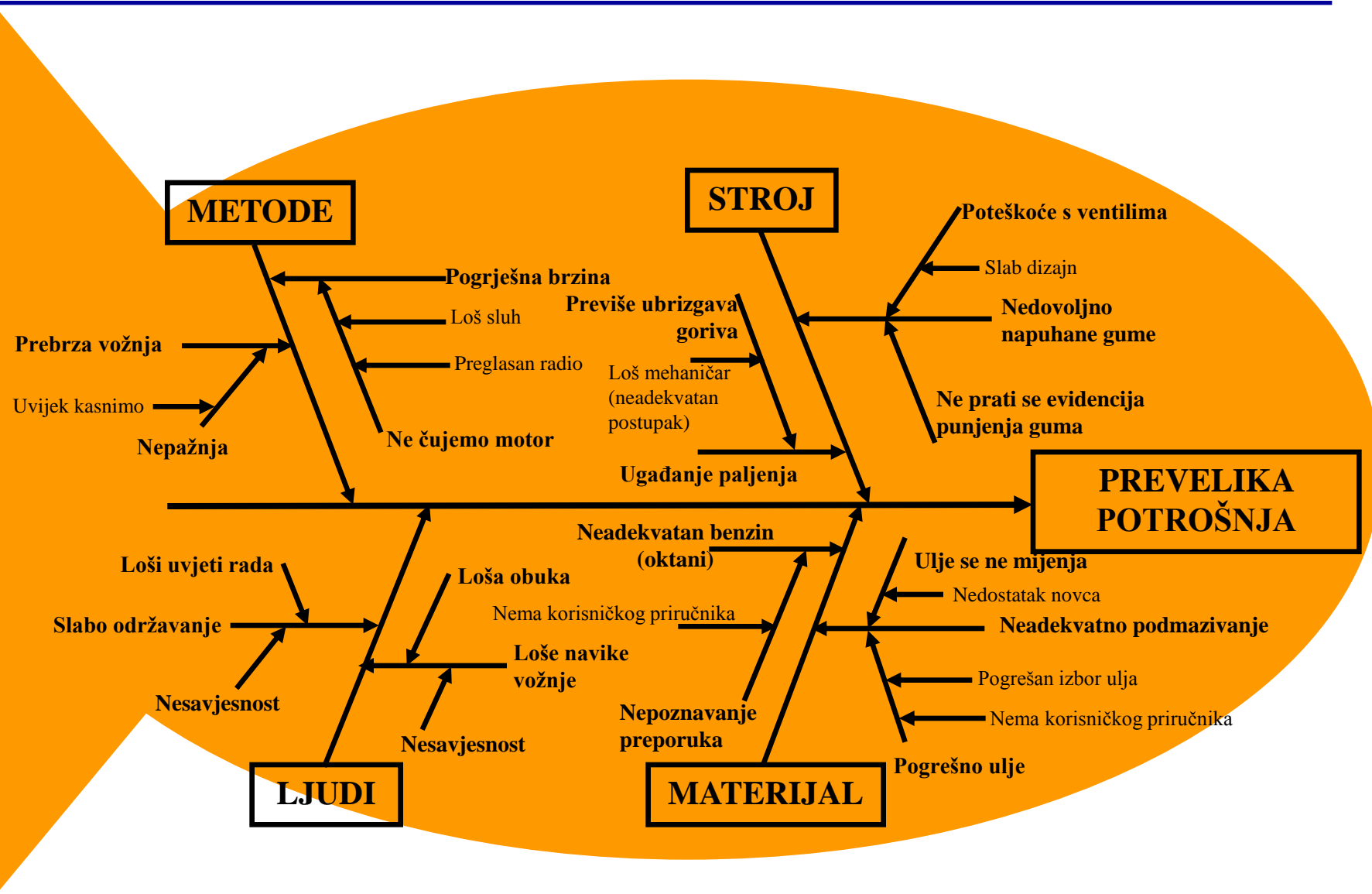
Dijagram uzroka i posljedica

- Još se naziva i **Ishikawin dijagram ili riblja kost**
 - To je prvi korak u rješavanju problema, a njime se pronalaze svi mogući potencijalni uzroci nekog problema

Struktura dijagrama uzroka i posljedica

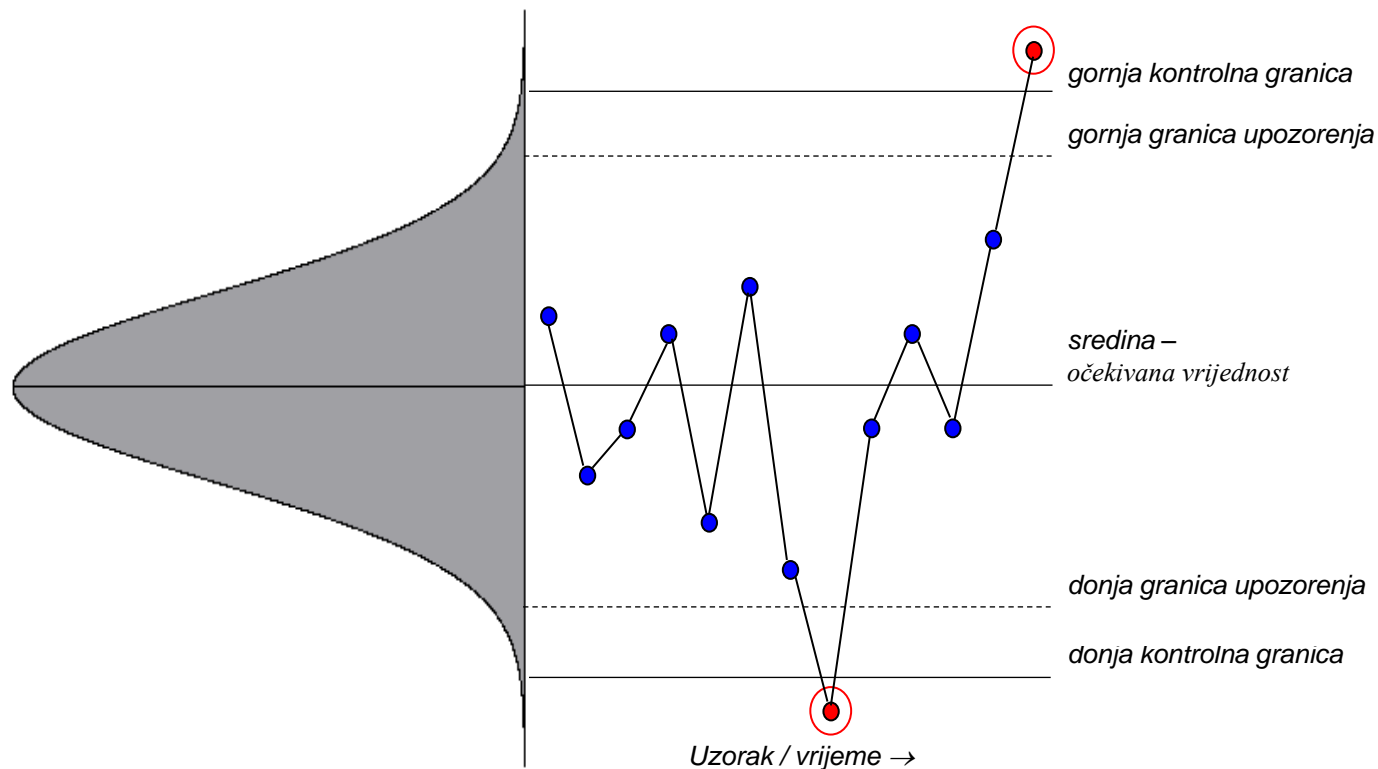


Dijagram uzroka i posljedica

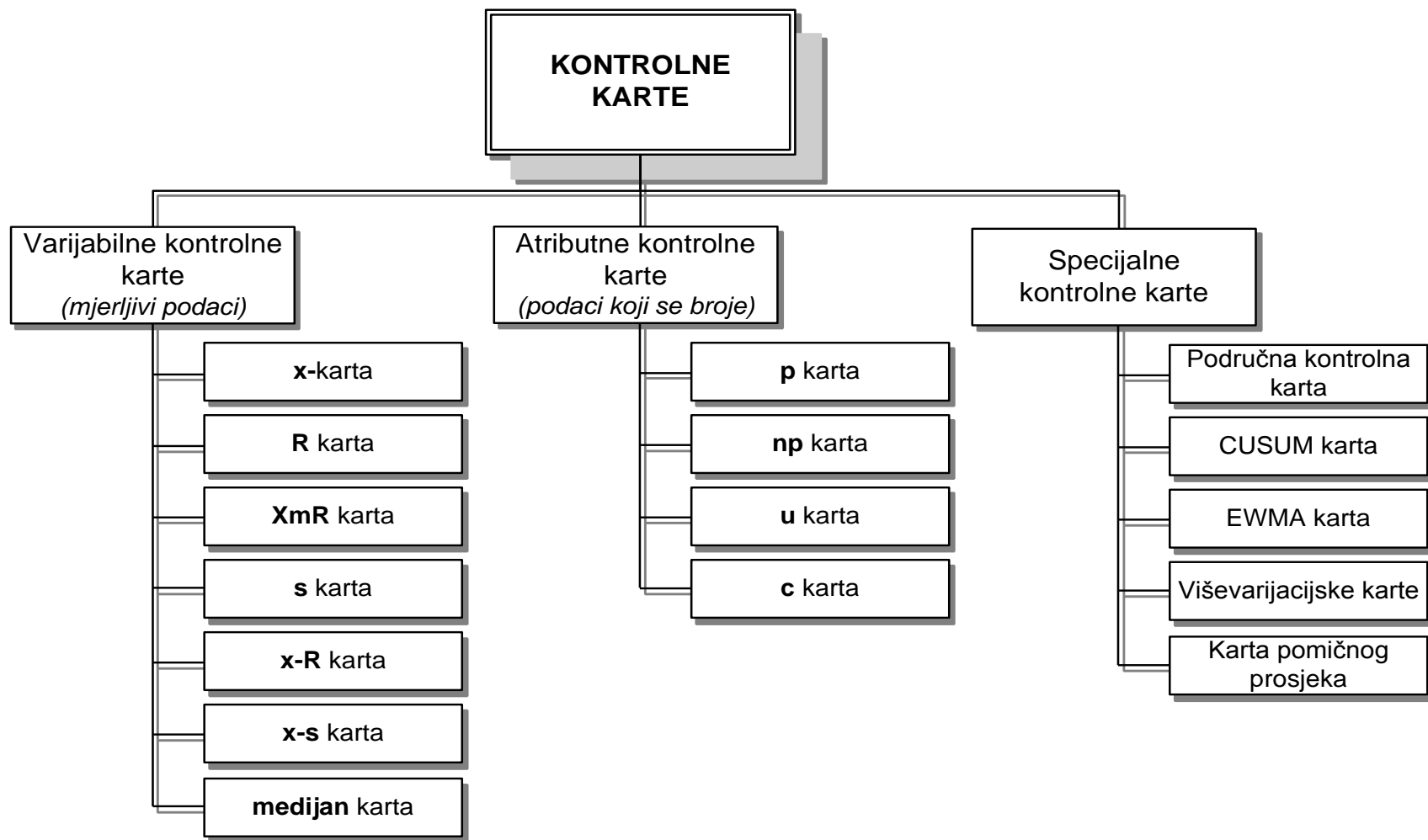


Kontrolne karte

□ Korisne za praćenje procesa kroz vrijeme



Kontrolne karte



Tradicionalna definicija kakvoće

□ Prikladnost za uporabu

- Dva gruba, ali stereotipna aspekta:
 - kakvoća dizajna
 - kakvoća skladnosti sa specifikacijama

Moderna definicija kakvoće

- **Kakvoća je obrnuto razmjerna promjenjivosti**
 - Tumačenje: Ako se promjenjivost važne i mjerljive karakteristike proizvoda ili usluge smanjuje, kakvoća raste
 - Slijedi: Poboljšanje kakvoće povlači smanjenje promjenjivosti u procesima i konačnom proizvodu
 - Ekvivalentna definicija poboljšanja kakvoće: eliminacija škarta (gubitka, otpada)
- **Promjenjivost u procesima je kvantitativna, dakle mjerljiva**
- **Za mjerenje, opis, analizu, tumačenje i modeliranje promjenjivosti služe statističke metode za kontrolu procesa**

Ključni pojmovi

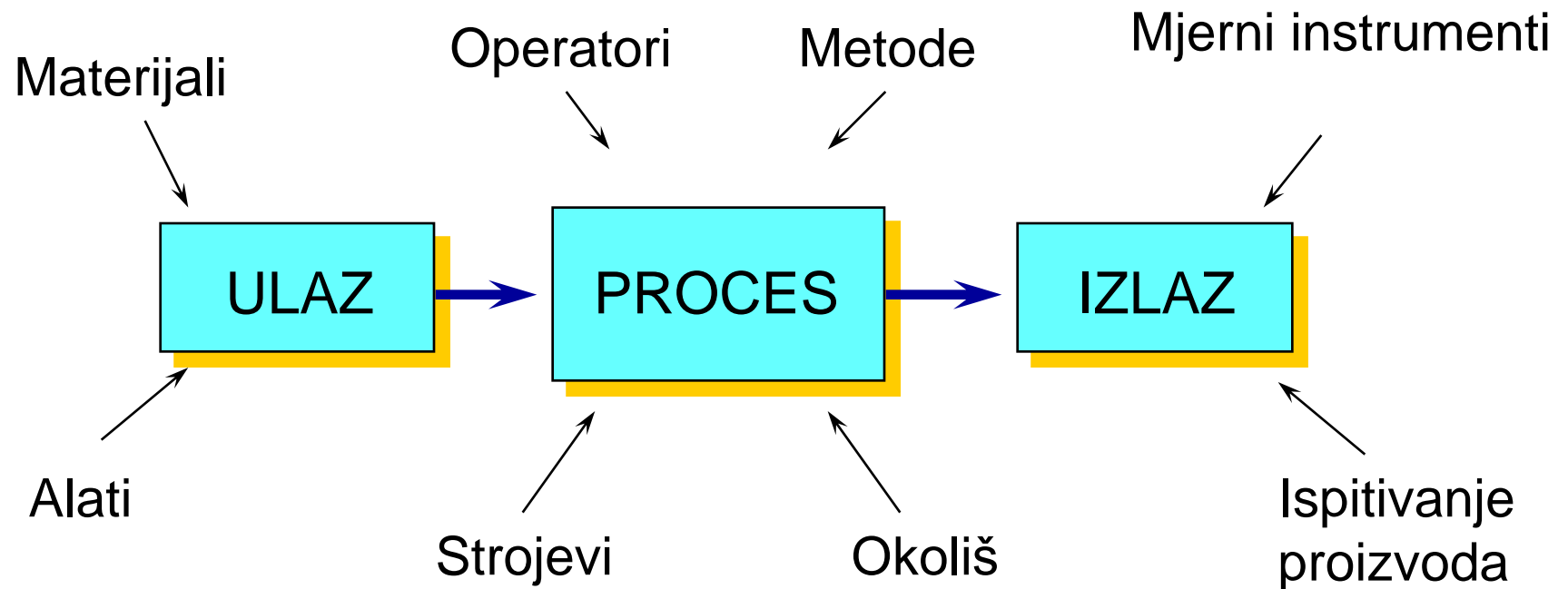
- **Promjenjivost**
- **Slučajni uzroci**
- **Posebni uzroci**
- **Granice specifikacije**
 - **LSL – lower specification limit (donja granica specifikacije)**
 - **USL – upper specification limit (gornja granica specifikacije)**

Promjenjivost (variability)

■ Problemi vezani uz promjenjivost:

- povećava nepredvidljivost
- smanjuje iskorištenje kapaciteta
- doprinosi “iskakanjima izvan okvira”
- čini teškim pronalaženje ključnih uzroka
- čini teškim određivanje potencijalnih problema unaprijed

Izvori promjenjivosti u procesima



Vrste promjenjivosti

- **Slučajni uzroci (common causes):**
 - Uobičajena promjenjivost sadržana u svakom procesu

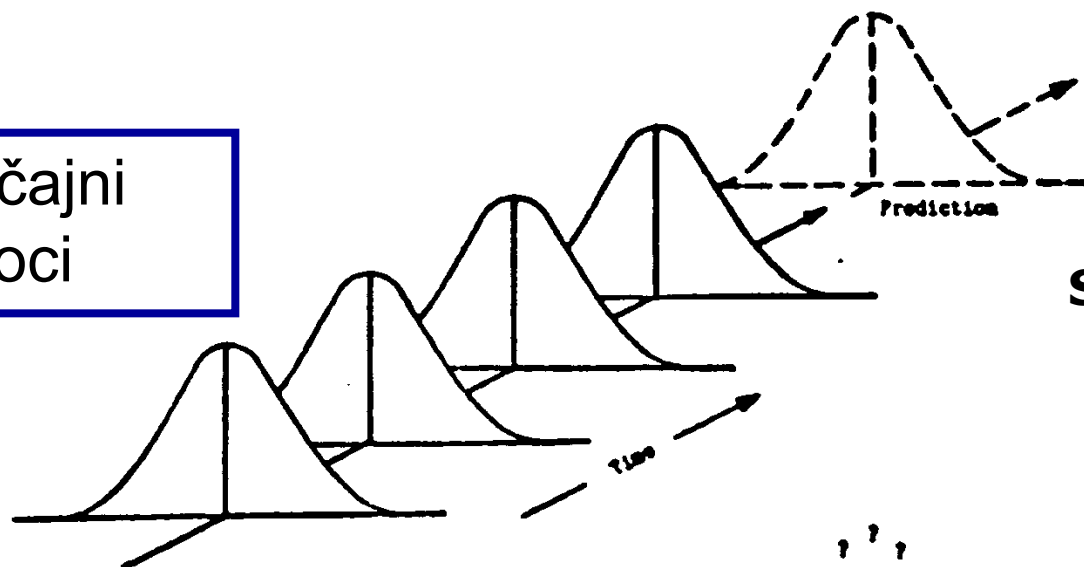
- **Posebni uzroci (special causes):**
 - Sustavne pogreške koje se mogu pronaći, objasniti i kontrolirati

- **Neophodno za poboljšanje bilo kakvog procesa je razumijevanje razlike između slučajnih i posebnih uzroka promjenjivosti**

**Statističkim metodama se može utvrditi
postoje li posebni uzroci u procesu!**

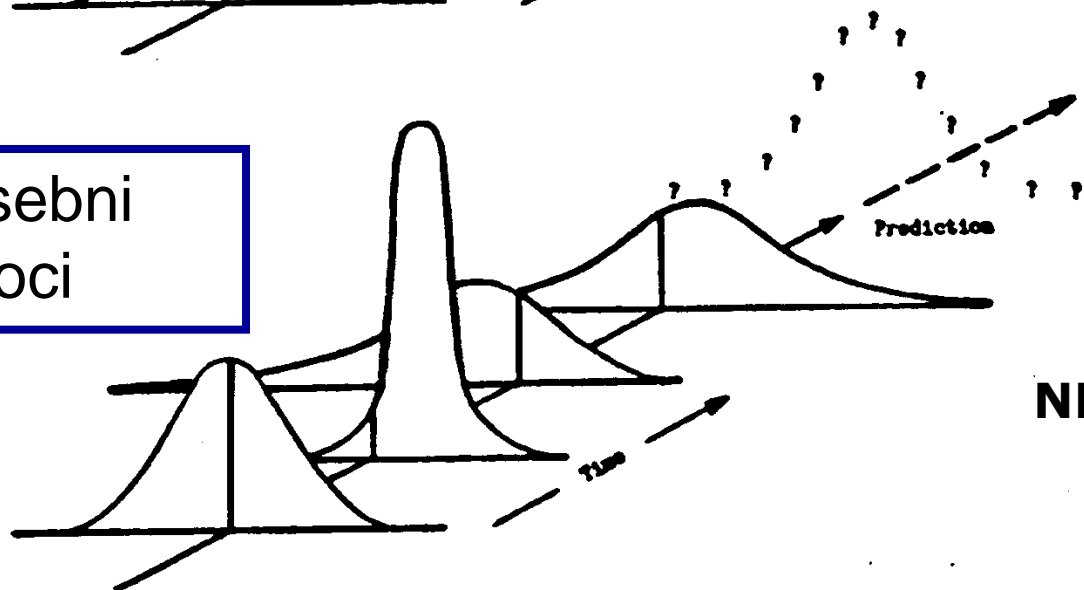
Slučajni i posebni uzroci

Slučajni
uzroci



**STABILAN
SUSTAV**

Posebni
uzroci



**NESTABILAN
SUSTAV**

Opisna statistika

- Opisna statistika opisuje, upoznaje, uspoređuje i analizira procese temeljem prikaza i brojčane obrade poznatih podataka
 - odstupanje: udaljenost pojedinog očitavanja od aritmetičke sredine

$$d = x_i - \bar{x}$$

- aritmetička sredina: najvjerojatnija vrijednost ponovljenih očitavanja

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- varijanca: kvadrat srednje udaljenosti između pojedinačnih očitavanja i aritmetičke sredine

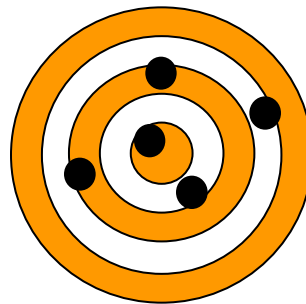
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- standardno odstupanje: pozitivni drugi korijen varijance

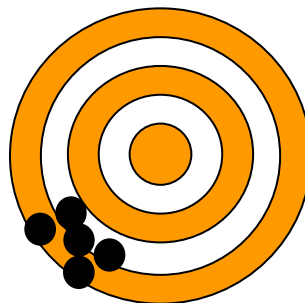
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Opisna statistika - primjer

- Štef i Jura gađaju iz puške



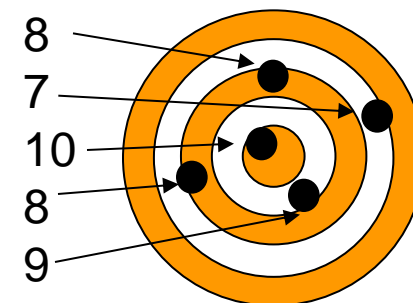
Štef



Jura

Tko bolje puca?

Analiza - Štef



Štef

Poj. očitanja	Odstupanja	Kvadrati odstupanja
10	$10 - 8,4 = 1,6$	2,56
9	$9 - 8,4 = 0,6$	0,36
8	$8 - 8,4 = -0,4$	0,16
8	$8 - 8,4 = -0,4$	0,16
7	$7 - 8,4 = -1,4$	1,96
8,4	0,0	1,3

↑
**Aritmetička
sredina**

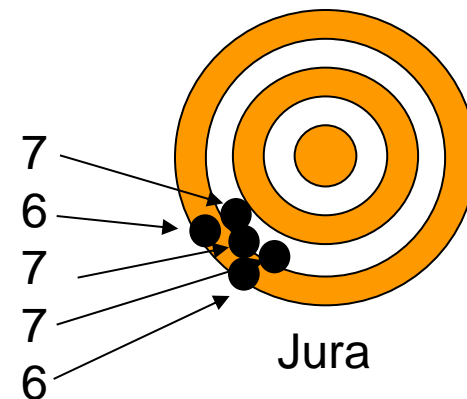
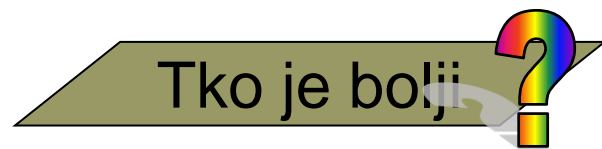
↑
**Suma
odstupanja**

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$$

↑
Varijanca

↑
**Standardno
odstupanje**

Analiza - Jura



Poj. očitavanja	Odstupanja	Kvadrati odstupanja
7	$7 - 6,6 = 0,4$	0,16
7	$7 - 6,6 = 0,4$	0,16
7	$7 - 6,6 = 0,4$	0,16
6	$6 - 6,6 = -0,6$	0,36
6	$6 - 6,6 = -0,6$	0,36
6,6	0,0	0,3

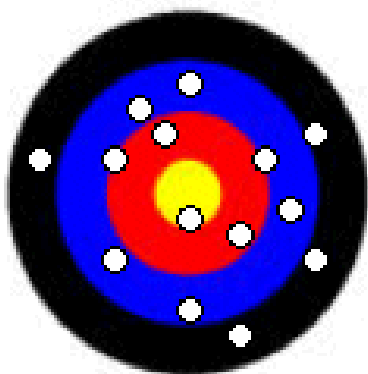
↑
**Aritmetička
sredina**

↑
**Suma
odstupanja**

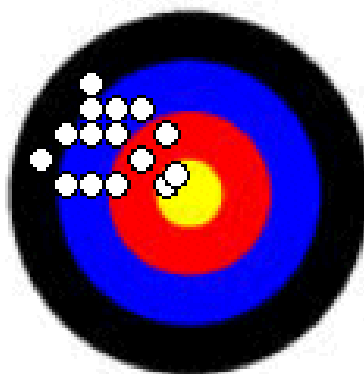
↑
Varijanca

→ 0,55
↑
**Standardno
odstupanje**

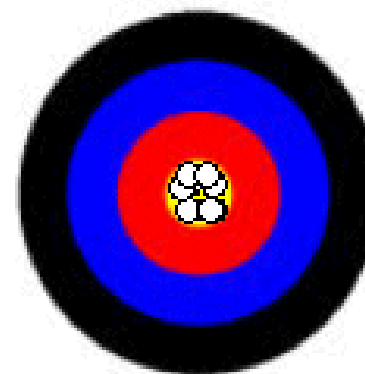
Preciznost - točnost



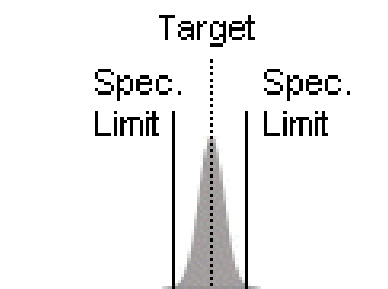
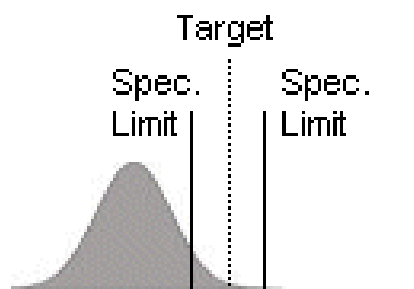
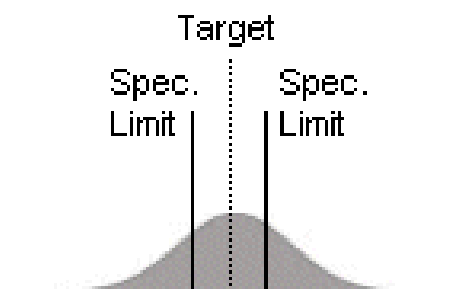
Neprecizan



Precizan
netočan

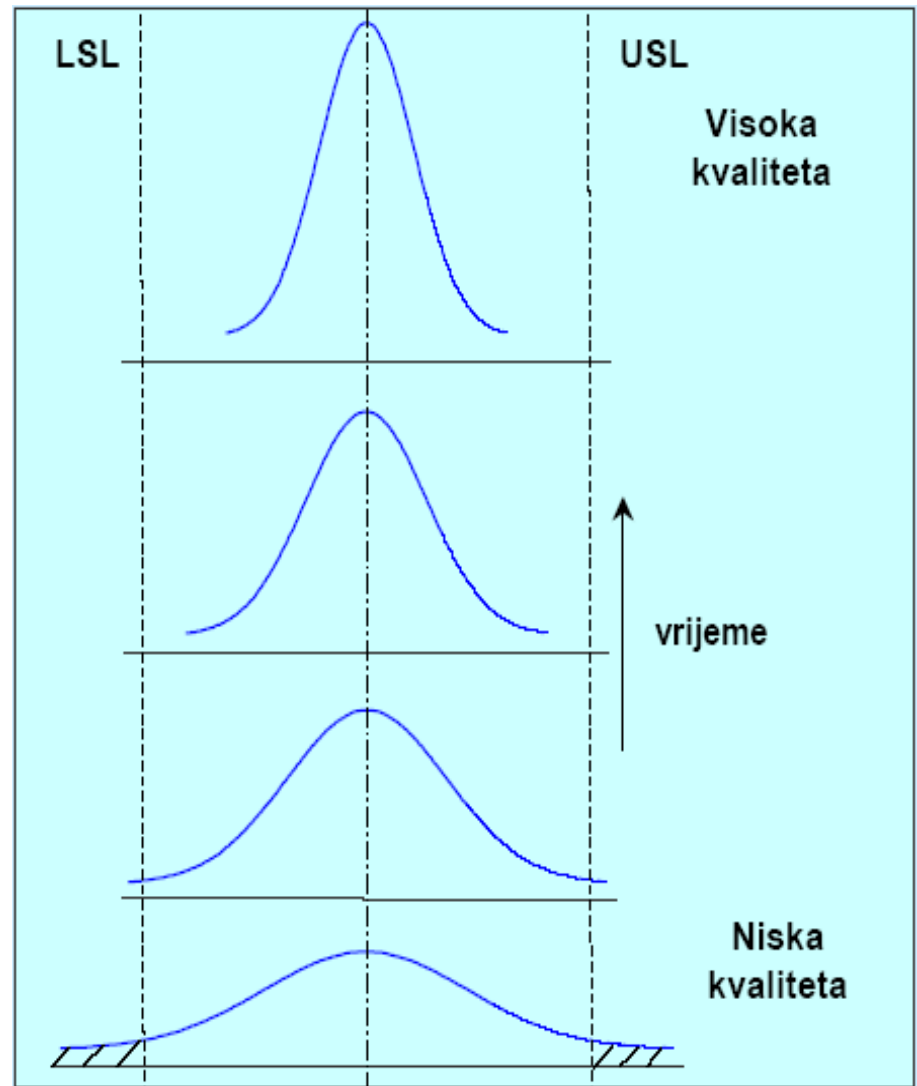


Točan

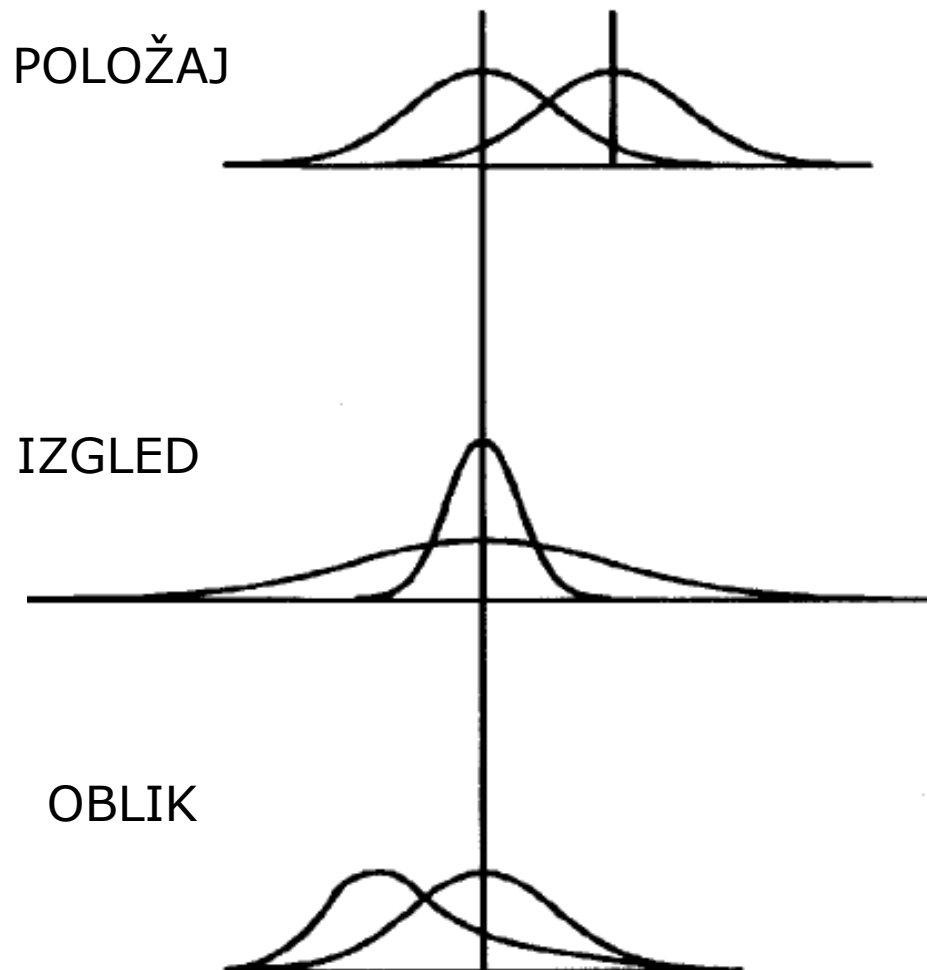


Promjenjivost - razdioba

- Promjenjivost značajke procesa (proizvoda) “mjeri” se prikladnom razdiobom
- Razdioba – funkcija gustoće vjerojatnosti



Kako se razlikuju razdiobe?



Razdiobe slučajnih varijabli

□ Diskretne

- Poissonova
- Binomna

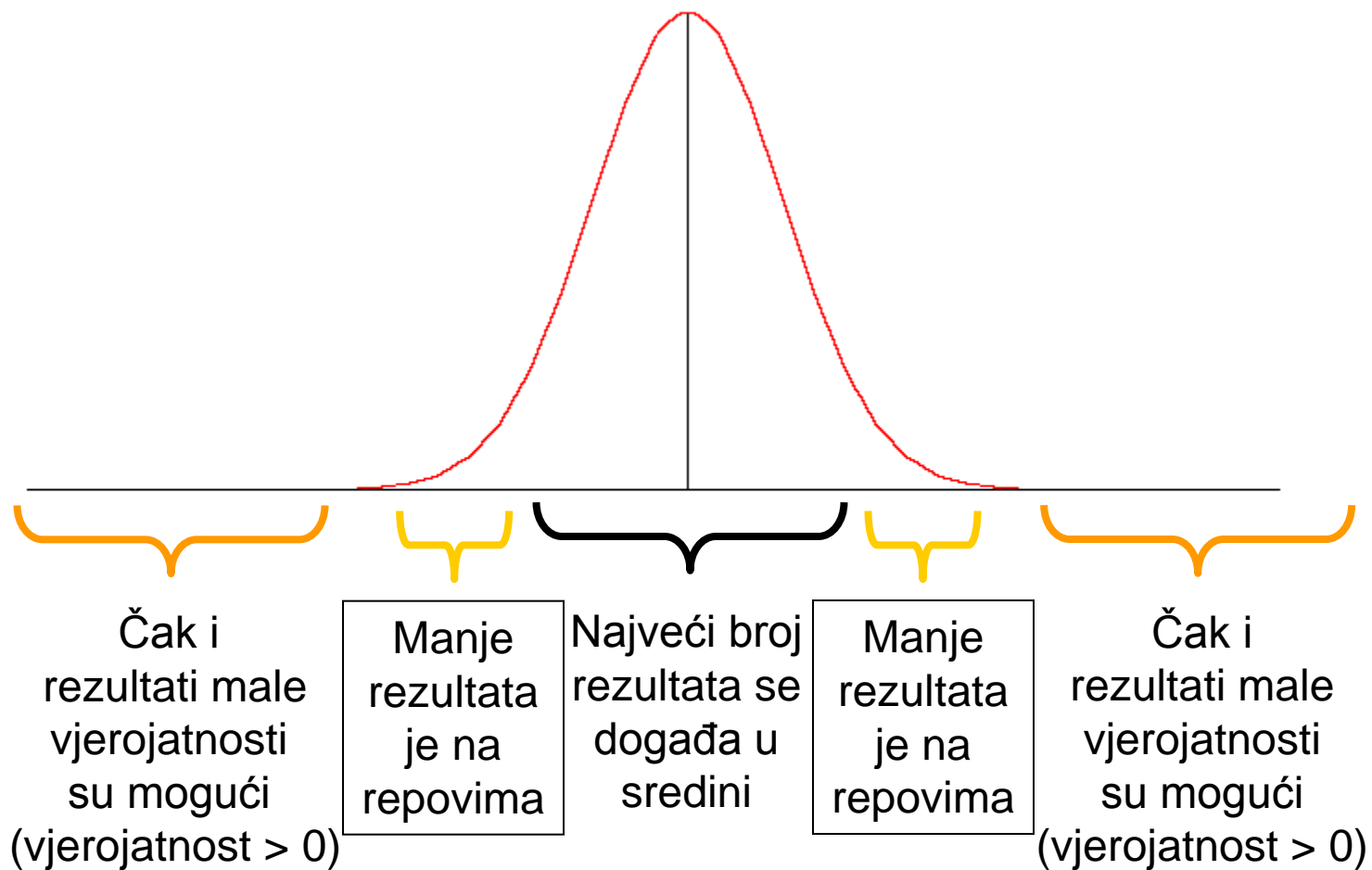
□ Kontinuirane

- Normalna (Gaussova)
- Eksponencijalna
- Weibullova

Normalna razdioba

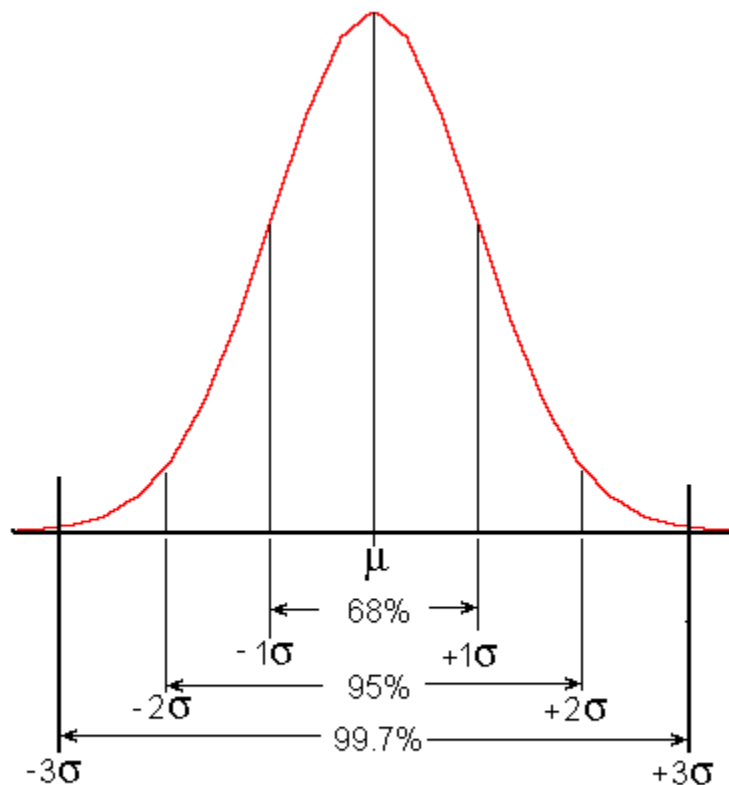
- Normalna (Gaussova) razdioba je zvonolika, simetrična, jednotjemena funkcija kontinuirane slučajne varijable x
- Slučajna varijabla kod normalne razdiobe može poprimiti bilo koju vrijednost u zadanom intervalu s određenom vjerojatnošću
- Jednoznačno je određena očekivanjem μ i varijancom σ^2 pa se označava sa $N\{\mu, \sigma^2\}$.

Normalna razdioba



Normalna razdioba

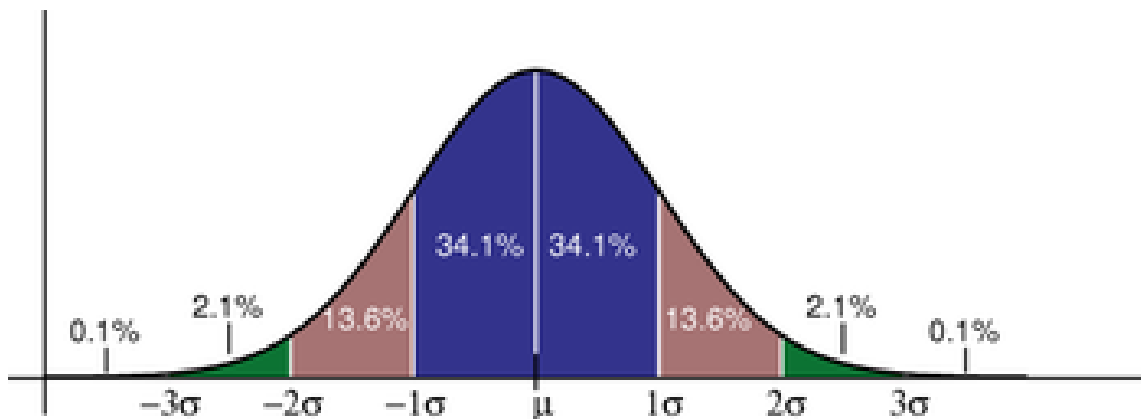
Normalna razdioba se dijeli u tri standardna odstupanja na svakoj strani aritmetičke sredine



Standardno odstupanje je koristan podatak



Normalna razdioba

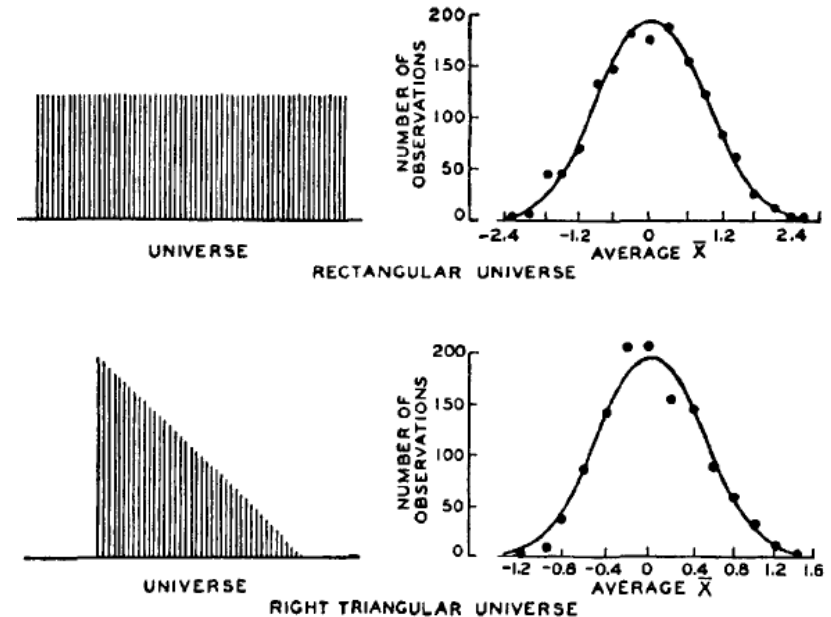


$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

t	$\mu \pm \sigma$	$P\{\bar{x} - \sigma < x < \bar{x} + \sigma\}$	Postotak ispod krivulje
0,67	$\mu \pm 0,67\sigma$	0,5000	50
1	$\mu \pm 1\sigma$	0,6827	68,27
1,96	$\mu \pm 1,96\sigma$	0,9500	95
2	$\mu \pm 2\sigma$	0,9545	95,45
3	$\mu \pm 3\sigma$	0,9973	99,73
6	$\mu \pm 6\sigma$	0,999999998	99,9999998

Centralni granični teorem

Razdioba aritmetičkih sredina uzoraka iz jedne populacije bit će normalna čak i ako razdioba promatranog obilježja u populaciji nije normalna, uz uvjet da su uzorci dovoljno veliki i da je varijanca populacije (σ^2) konačan broj



- Centralni granični teorem ima veliku važnost, jer bi inače za svaku razdiobu iz prakse bilo potrebno razviti posebni statistički model

Zaključak

- **Naučili smo da se u upravljanju kakvoćom**
 - rabe različite statističke metode (opisna statistika, analiza sposobnosti procesa, i dr.)
 - rabi 7 osnovnih alata za kontrolu kakvoće (Paretoov dijagram, histogram, dijagram uzroka i posljedica, i dr.)
- **Promjenjivost je neizostavni dio procesa**
- **Opisna statistika daje brojčane pokazatelje utjecaja promjenjivosti**
- **Normalna (Gaussova) razdioba se vrlo često pojavljuje**