

# GRAFIČKI PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

Priručnik za učenike osnovnih i srednjih škola koji se  
pripremaju za natjecanje IYNT



Kako bi poboljšali kvalitetu priručnika molim da kontaktirate L. Vrbanec u slučaju pronalaska **kontekstualnih** pogrešaka. Molimo Vas da potvrdite svoje navode literaturom.

2019

Lara Vrbanec, mag. biol. exp (laravrbane@outlook.com)

Željka Vrbanec, dipl. ing. el.

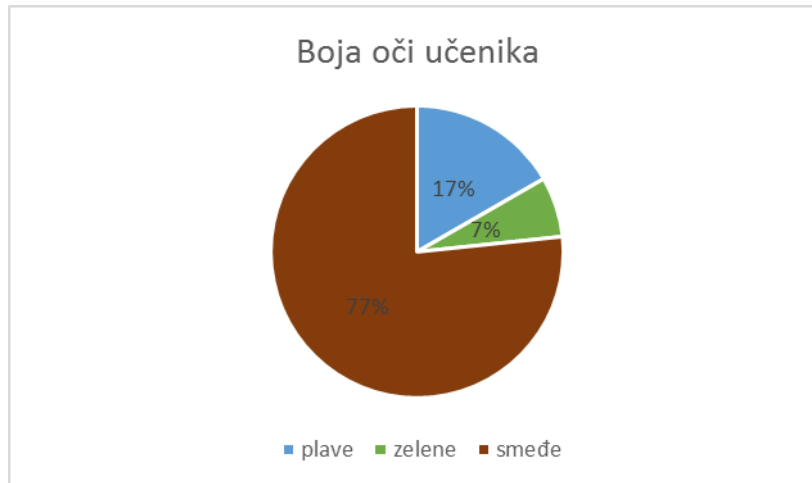
## Sadržaj

<i>Pie Chart</i> .....	2
<i>Bar Plot</i> .....	3
<i>3D prikaz</i> .....	4
<i>Tablični prikaz</i> .....	5
<i>Line Plot</i> .....	6
<i>Line Plot sa Scatter Plotom</i> .....	7
<i>Scatter Plot</i> .....	8
<i>Bar Plot2</i> .....	10
<i>Prikaz pomoću odvojenih grafova</i> .....	12
<i>Box Plot + Scatter Plot</i> .....	14
<i>Line plot + standardna devijacija</i> .....	18
<i>Bar plot + standardna devijacija</i> .....	23

## Pie Chart

Primjer 1. U razredu od 30 učenika, 5 učenika ima plave oči, 2 zelene, a 23 smeđe. Želimo prikazati ove rezultate grafikonom.

Rezultat prikazujemo Pie Chartom koji kreiramo u Excelu.



★ grafikon je dizajniran u Excelu

### Kako izraditi Pie Chart?

Izrada grafikona sa slike je objašnjena u videu na Youtube stranici Istraživačkog centra mladih.

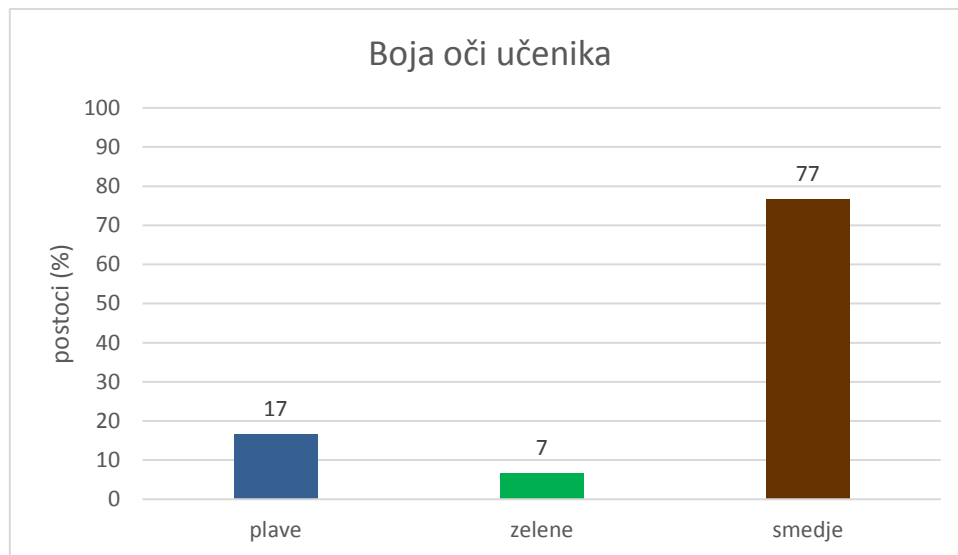
### Korisno je znati:

Ako rezultat prikazujemo Pie Chartom, potrebno je uključiti legendu (plava boja prikazuje plave oči, zelena zelene, a smeđa smeđe), te napisati rezultate mjerenja na grafikon (17%, 7%, 77%).

## Bar Plot

Primjer 1. U razredu od 30 učenika, 5 učenika ima plave oči, 2 zelene, a 23 smeđe. Želimo prikazati ove rezultate grafikonom.

Rezultat prikazujemo Bar Plotom koji kreiramo u Excelu.



★ grafikon je dizajniran u Excelu

### Kako izraditi Bar Plot?

Izrada grafikona sa slike je objašnjena u videu na Youtube stranici Istraživačkog centra mladih.

### Korisno je znati:

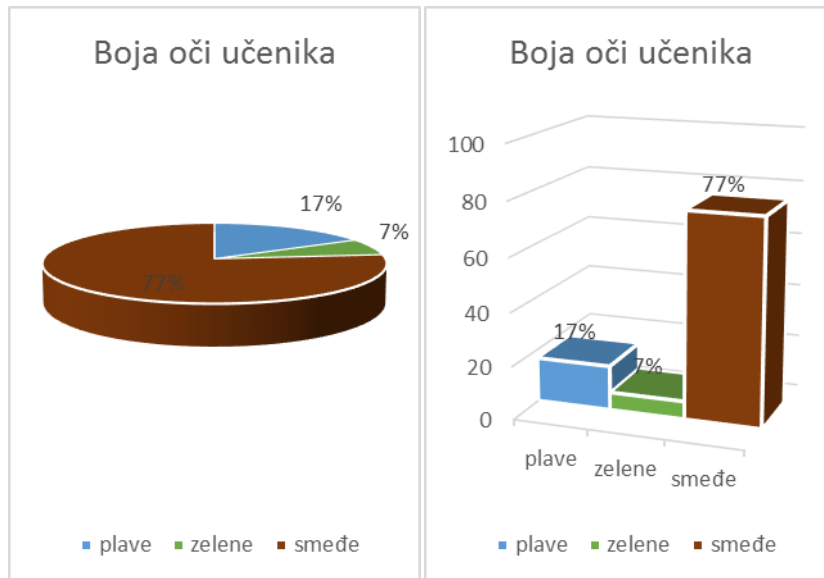
Ako rezultat prikazujemo Bar Plotom, potrebno je uključiti legendu (plava boja prikazuje plave oči, zelena zelene, a smeđa smeđe). Postotke mjerenja možemo, ali ne moramo naglasiti na stupcima (7%,17%,77%)

### Kada koristiti Pie Chart, a kada Bar Plot?

Današnji trendovi izbacuju Pie Chart iz upotrebe u znanstvenim istraživanjima. Zašto? Podaci prikazani Pie Chartom su teško usporedivi. Zbog kružnog prikaza čitatelj ne dobiva jasnu sliku koliko je jedna skupina veća od druge. Pie Chart se zamjenjuje Bar Plotom, koji čitatelju olakšava usporedbu skupina (Holst, 2015).

## 3D prikaz

Umjesto svakog 2D grafikona možemo kreirati 3D grafikon. U Excelu je kreiran 3D Pie Chart i 3D Bar Plot.



grafikoni su dizajnirani u Excelu

Korisno je znati:

Iako 3D grafikoni izgledaju zanimljivi, današnji trendovi izbacuju upotrebu 3D grafikona u znanosti. Zašto? Čitatelj mora utrošiti puno vremena na iščitavanje rezultata sa 3D grafikona. 2D prikaz je jednostavniji i stoga su rezultati čitatelju pristupačniji. U znanosti vrijedi pravilo: Jednostavnije je bolje! Cilj grafikona je prikazati čitatelju rezultate na jednostavan i pristupačan način, za što su nam potrebni 2D grafikoni (Holst, 2015).

## Tablični prikaz

Primjer 2. Posadili smo pet biljaka. Jednom dnevno mjerimo visinu biljke tijekom deset uzastopnih dana. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.

Dan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Visina [cm]									
Biljka 1	0	1	2	3	4	5	6	6	6	7
Biljka 2	0	0	1	2	3	4	5	6	6	7
Biljka 3	0	0	1	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Biljka 4	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Biljka 5	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8

Tablica 1. Visine pet biljaka mjerene tijekom deset uzastopnih dana. Biljke su mjerene jednom dnevno. Biljka 3 značajno sporije raste od ostalih biljaka (prikazano podebljano).

### Korisno je znati:

Ispod tablice stoji opis rezultata prikazanih tablicom. Opis tablice mora omogućavati razumijevanje tablice bez čitanja glavnog teksta. Drugim riječima, ako čitatelj pogleda samo tablicu i opis tablice bez čitanja teksta, čitatelju mora biti jasno što je prikazano u tablici.

Ponekad je bitno naglasiti određenu vrijednost mjerenja. Vrijednost koju želimo naglasiti možemo istaknuti. Na primjer, zamislimo da želimo istaknuti da je rast Biljke 3 bio sporiji od ostalih biljaka. Vrijednosti koje želimo istaknuti prikazujemo podebljano (engl. bold).

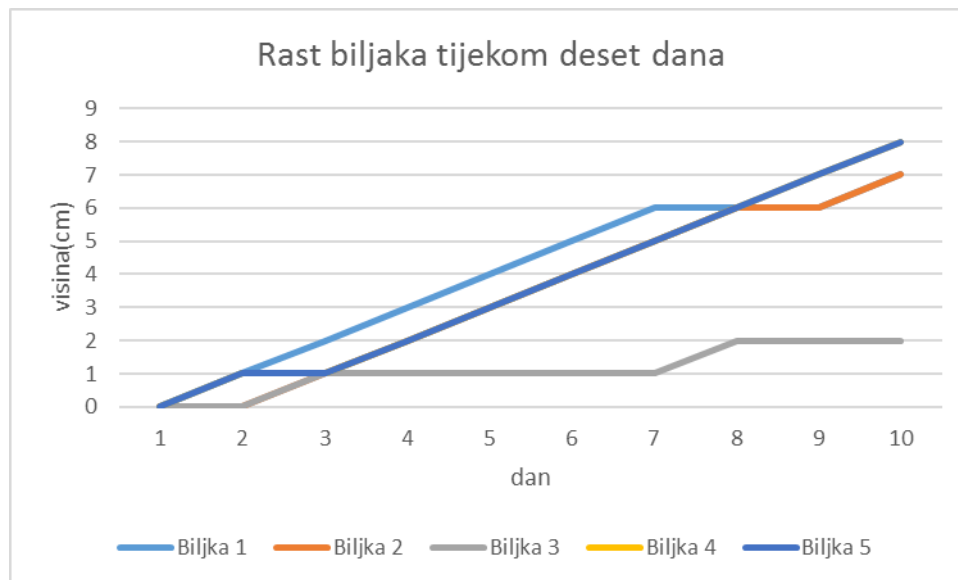
### Kada upotrijebiti tablični, a kada grafički prikaz?

Tablični prikaz često zauzima mnogo mjesta. Nadalje, čitatelju je teško međusobno usporediti rezultate prikazane tablicom. Da li je iz tabličnog prikaza lagano usporediti rast svih pet biljaka tijekom deset dana? Da li bi usporedba bila moguća kada bi prikazali rast deset biljaka? Sigurno se pitate zašto rezultate prikazujemo tablicom ako tablica nije prikladna za usporedbu podataka te koju metodu koristimo za prikaz usporedbe podataka. Rezultate prikazujemo tablicom kada su individualni rezultati bitni za razumijevanje znanstvenog rada. Ako čitatelju želimo naglasiti točne iznose rasta biljke, priložit ćemo tablicu. Ako točni iznosi nisu primarne važnosti, nego želimo usporediti rezultate različitih biljaka te pokazati trend rasta biljke, koristit ćemo grafički prikaz. Grafičkim prikazom čitatelju olakšavamo usporedbu podataka.

## Line Plot

### Kada koristimo Line Plot?

Line plot koristimo kada želimo prikazati trend, npr. trend rasta biljke. Opcijom Line Plot vidimo da li su rezultati mjerenja linearni, kvadratni, ili nepravilni.



Grafički prikaz 1. Rast pet biljaka tijekom 10 dana.

★ grafikom je dizajniran u Excelu

### Kako izraditi Line Plot?

Izrada grafikona sa slike je objašnjena u videu na Youtube stranici Istraživačkog centra mladih.

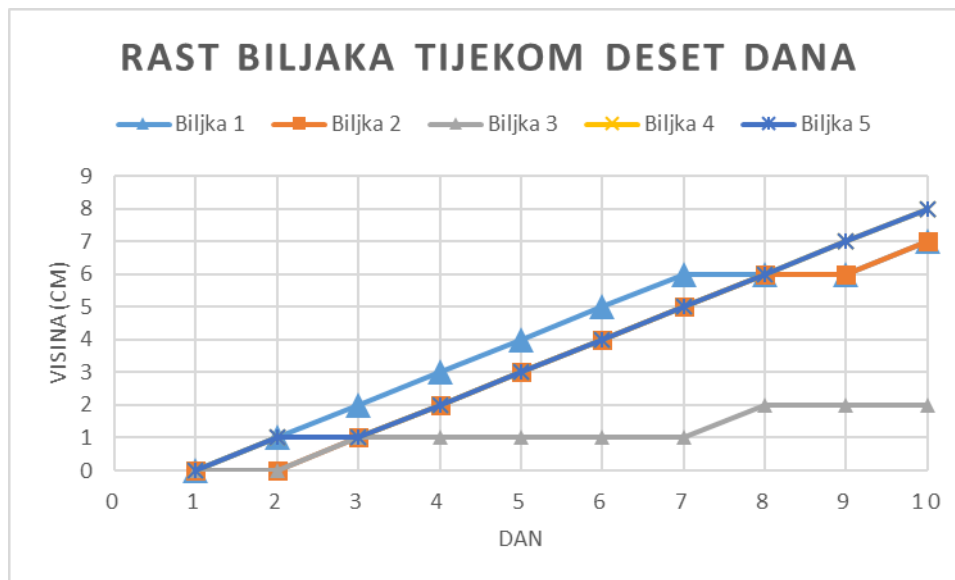
### Koji su nedostaci ovakvog prikaza?

1. Ako rezultate prikažemo linijama, rezultati mjerenja nisu vidljivi.
2. Rezultati biljke 1 (svijetlo plava linija) su osim iz naših mjerenja 0cm ,1cm ,2cm ,3cm ,4cm ,5cm ,6cm ,6cm ,6cm ,7cm , mogli proizići i iz sljedećih mjerenja: 0cm dan1, 6cm dan7, 7cm dan 9. Kod linijskog prikaza potrebno je označiti individualna mjerenja (npr. pomoću Scatter Plota).
3. Linije prekrivaju jedna drugu te ne vidimo rezultate biljke 4.

Nedostatak br. 2 se ispravlja grafičkim prikazom na str. 10.

## Line Plot sa Scatter Plotom

Primjer 2. Posadili smo pet biljaka. Jednom dnevno mjerimo visinu biljke tijekom deset uzastopnih dana. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.



Grafički prikaz 2. Rast pet biljaka tijekom 10 dana.



grafikon je dizajniran u Excelu

### Kako izraditi Line Plot sa Scatter Plotom?

Izrada grafikona sa slike je objašnjena u videu na Youtube stranici Istraživačkog centra mladih.

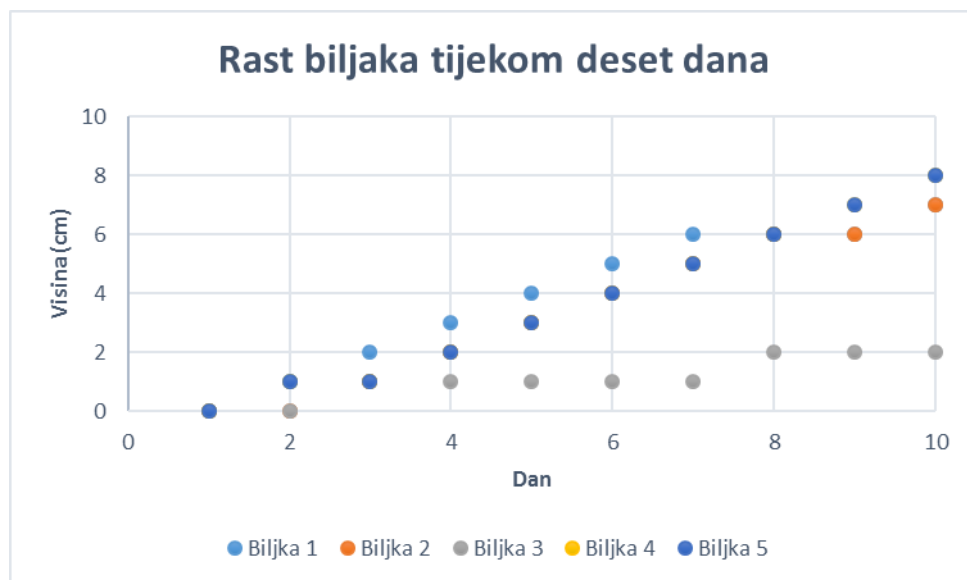
### Korisno je znati

Line Plot koristimo za vizualizaciju trendova rezultata. Kada koristimo Line Plot, potrebno je prikazati svako individualno mjerenje opcijom Line Plot + Scatter Plot.



## Scatter Plot

Primjer 2. Posadili smo pet biljaka. Jednom dnevno mjerimo visinu biljke tijekom deset uzastopnih dana. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.



Grafički prikaz 3. Rast pet biljaka tijekom 10 dana.



grafikon je dizajniran u Excelu

### Kako izraditi Scatter Plot?

Izrada grafikona sa slike je objašnjena u videu na Youtube stranici Istraživačkog centra mladih.

### Koje su prednosti ovog prikaza?

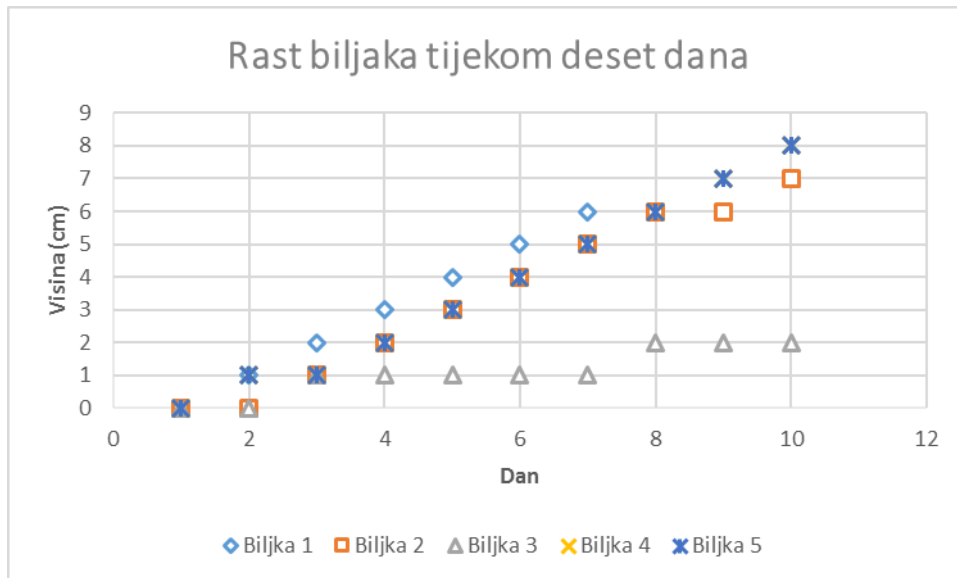
1. Na x osi prikazujemo nezavisnu varijablu (dan), a na y osi prikazujemo zavisnu varijablu (visina). Zavisna varijabla ovisi o nezavisnoj varijabli; visina biljke ovisi o danu tijekom kojeg radimo mjerenje.
2. Osi nose svoje naslove (x os se zove *Dan*, y os se zove *Visina (cm)*)
3. Označena je mjerna jedinica visine (*cm*)
4. Postoji naslov grafa (*Rast biljaka tijekom deset dana*)
5. Postoji legenda koja govori koje mjerenje pripada kojoj biljci
6. Postoji mreža koja nam pomaže iščitati vrijednost svakog mjerenja.

### Koji su nedostaci?

1. Prikazan je svaki drugi dan što otežava čitanje rezultata u neparnim danima
2. Prikazan je svaki drugi centimetar što otežava čitanje rasta biljaka

3. Rezultati visine Biljke 2 (narančasta boja) se poklapaju sa ostalim rezultatima te mjerenja Biljke 2 nisu vidljiva na grafikonu

Nedostaci navedeni pod točkama 1 i 2 i djelomično točke 3 mogu se poboljšati Grafičkim prikazom br.4



Grafički prikaz 4. Rast pet biljaka tijekom 10 dana.

★ grafikon je dizajniran u Excelu

Koji problem i dalje postoji kog ovog prikaza?

Iako su visine većina biljaka vidljive, rezultati rasta svake biljke su i dalje nepregledni. Problem možemo riješiti prikazom pomoću Bar Plota.

Da li je bolje izraditi pet zasebnih grafova gdje svaki prikazuje rast jedne biljke?

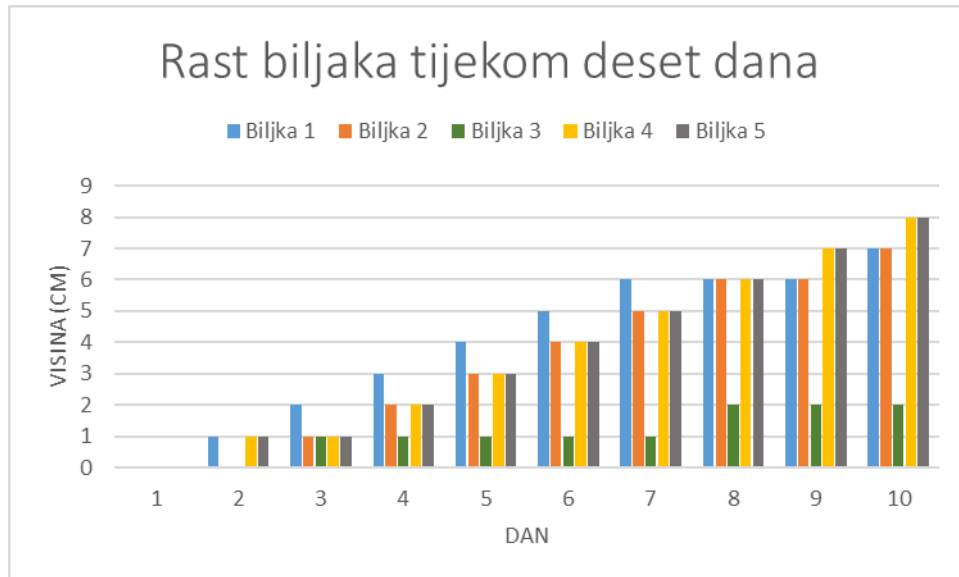
Ako želimo usporediti nekoliko mjerenja, najbolje je mjerenja prikazati na istom grafikonu (primjer 2 je najbolje prikazati Bar Plotom). Mjerenja prikazujemo zasebnim grafovima ako su vrijednosti mjerenja toliko različite da smo u nemogućnosti pročitati njihove iznose na zajedničkom prikazu. Napomena: pogledaj poglavlje Prikaz pomoću odvojenih grafova).

Korisno je znati

Scatter Plot koristimo za usporedbu rezultata mjerenja. Ovu metodu koristimo kada rezultati pokazuju malo/ništa preklapanja. Scatter Plot je zbog svoje jednostavnosti pristupačan čitatelju. Što je prikaz jednostavniji, čitatelju će biti lakše shvatiti poruku koju mu želimo prenijeti.

## Bar Plot2

Primjer 2. Posadili smo pet biljaka. Jednom dnevno mjerimo visinu biljke tijekom deset uzastopnih dana. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.



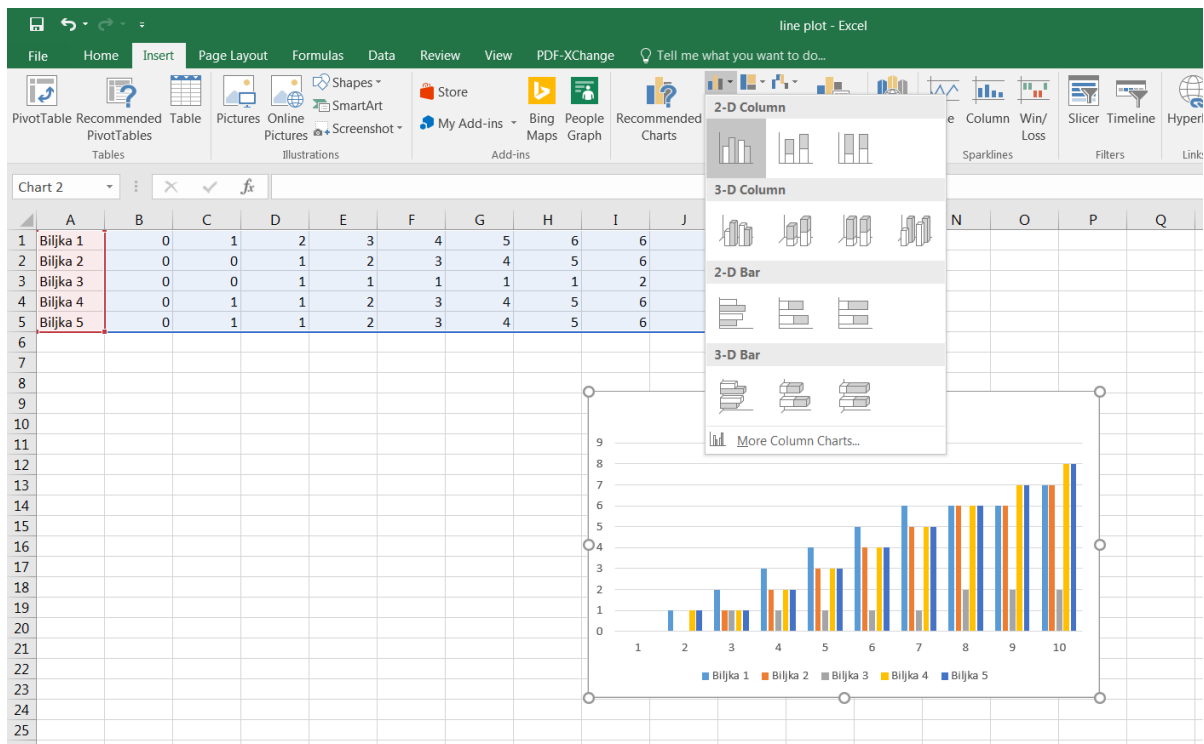
Grafički prikaz 5. Rast pet biljaka tijekom 10 dana.



grafikon je dizajniran u Excelu

Kako izraditi prikazani Bar Plot?

Označimo cijelu tablicu i odaberemo Insert -> Bar Plot.



Oznake osi i naslov dodajemo na isti način kao u ostalih vrsta grafova.

### Korisno je znati

Koristimo metodu Bar Plot kako bi prikazali rezultate koji se preklapaju. Bar Plot metodu prikaza koristimo kada osobina koju mjerimo počinje sa nulom, npr. visina biljke, brzina trčanja, težina učenika, glasnoća zvuka.

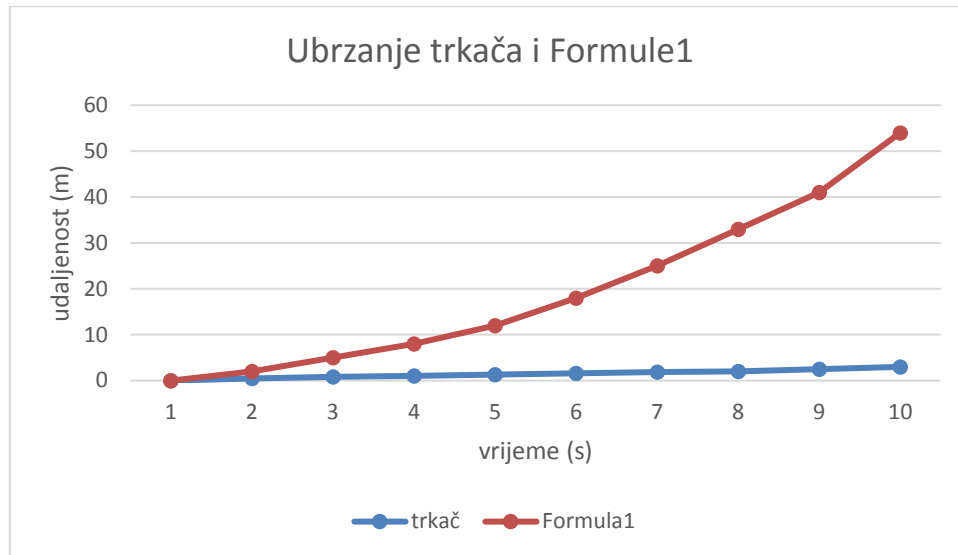
## Prikaz pomoću odvojenih grafova

Primjer 3. Uspoređujemo ubrzanje trkača sa ubrzanjem Formule 1. Bilježimo koliko su metara trkač i formula 1 prošli u 10 sekundi.

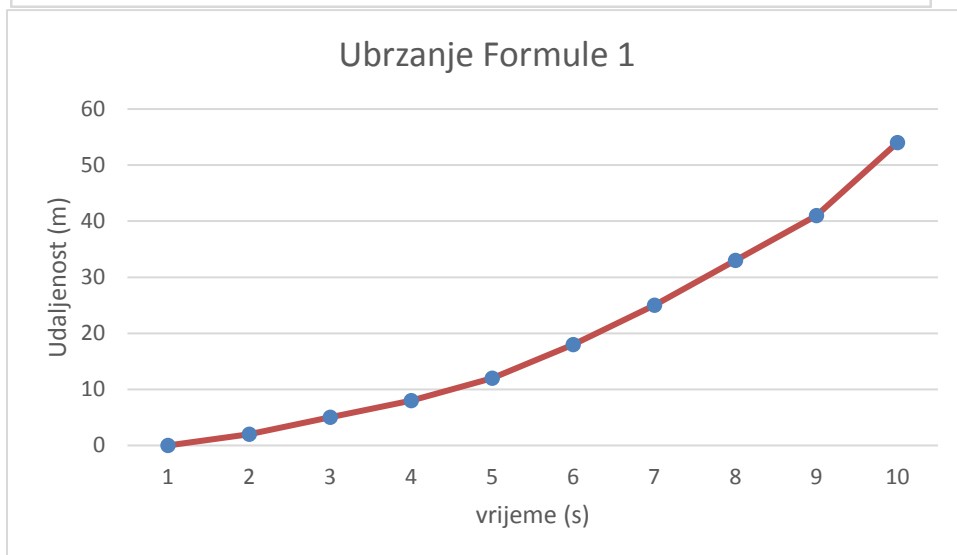
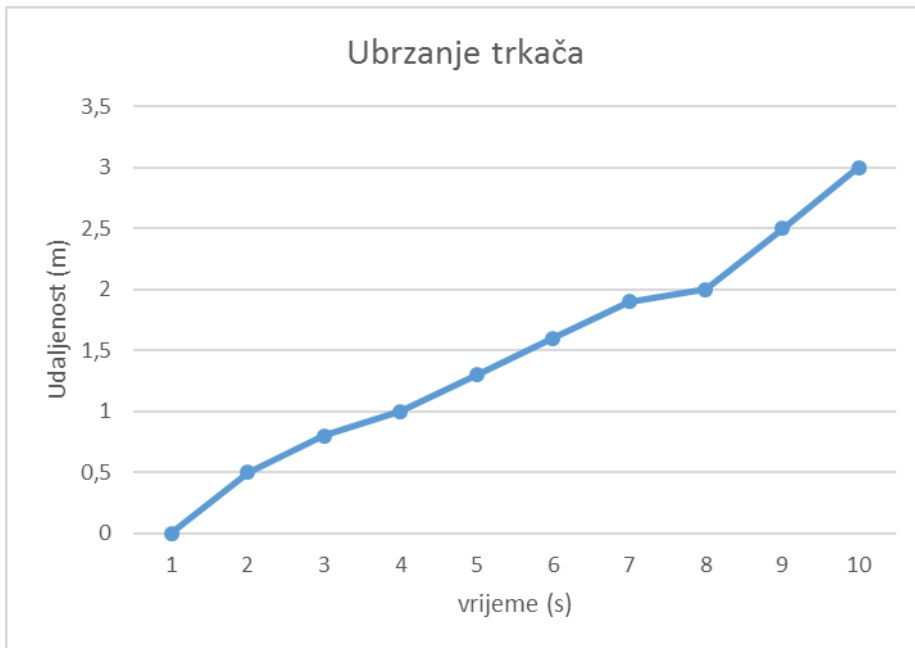
Trkač: 0, 0.5, 0.8, 1, 1.3, 1.6, 1.9, 2, 2.5, 3 (m)

Formula 1: 0, 2, 5, 8, 12, 18, 25, 33, 41, 54 (m)

Rezultate prikazujemo opcijom Line Plot sa Scatter Plotom.



Ubrzanje Formule 1 znatno je veće od ubrzanja trkača. Stoga je iz dobivenog prikaza teško pročitati (odrediti) metražu koju je prešao trkač. Kako bi prikazali metražu koju je prošao trkač možemo izraditi dva zasebna grafikona. U tom slučaju potrebno je ispod grafikona naglasiti da je raspon y osi dvaju grafikona različit!



Ubrzanje trkača i Formule 1. Raspon pređene udaljenosti (y os) je znatno veća u prikazu ubrzanja Formule 1.

## Box Plot + Scatter Plot

Primjer 2. Posadili smo pet biljaka. Jednom dnevno mjerimo visinu biljke tijekom deset uzastopnih dana. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1.

Što nam BoxPlot prikazuje i kako ga interpretirati?

Ako ne znate odgovor na ovo pitanje, rezultate možete pronaći na stranicama <https://www150.statcan.gc.ca/n1/edu/power-pouvoir/ch12/5214889-eng.htm> i <http://www.physics.csbsju.edu/stats/box2.html>

Što BoxPlot prikazuje?

Medijan, gornji i donji kvartil, minimum, maksimum, i vrijednosti koje značajno odstupaju od prosjeka (engl outliers).

Želimo grafički testirati da li je rast po danima usporediv za svih pet biljaka. Za ovakvu analizu potrebno je konstruirati Box Plot. Preporuka je da za Boxplot koristite program R, koji koriste većina znanstvenika za statističku analizu. R je besplatan program kojeg možete skinuti sa interneta (<https://www.r-project.org/>). Preporučujemo instaliranje programa RStudio koji nudi jednostavnije sučelje za program R. RStudio besplatno možete preuzeti na linku (<https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>). Stranica STHDA (<http://www.sthda.com/english/>) nudi detaljne upute o korištenju programa R u vizualizaciji podataka i statističkoj analizi.

Rezultate smo zapisali u Excelu u formatu kojeg možemo uvesti u R. Izrađujemo stupac biljka, visina i dan te popunjavamo informacije za svaku biljku. Napomena: podaci su iz tablice 1 na str. 5

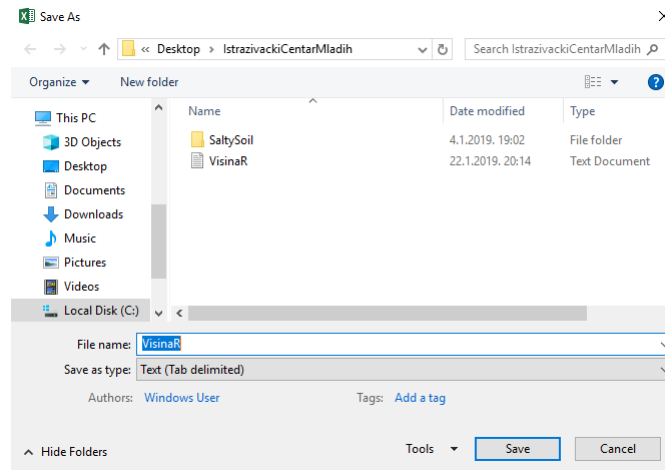
Visina	Dan	Biljka
0	1	1
1	2	1
2	3	1
3	4	1
4	5	1
5	6	1
6	7	1
6	8	1
6	9	1
7	10	1
0	1	2
0	2	2
1	3	2
2	4	2
3	5	2
4	6	2

5	7	2
6	8	2
6	9	2
7	10	2
0	1	3
0	2	3
1	3	3
1	4	3
1	5	3
1	6	3
1	7	3
2	8	3
2	9	3
2	10	3
0	1	4
1	2	4
1	3	4
2	4	4
3	5	4
4	6	4
5	7	4
6	8	4
7	9	4
8	10	4
0	1	5
1	2	5
1	3	5
2	4	5
3	5	5
4	6	5
5	7	5
6	8	5
7	9	5
8	10	5

Tablica 2. Rezultati mjerenja zapisani u Excelu u obliku kojeg može procesirati program R.

Podatke iz Excela spremimo u formatu Text (tab delimited) (Slika 1).





Slika 1. Spremanje podataka iz Excela u format .txt koji možemo uvesti u program R.

U konzolu u R-u upisujemo sljedeći kod (Slika 2)

```

1 rm(list = ls()) #očisti sve varijable
2 data=read.delim(file.choose()) #učitavanje rezultata koje smo spremili kao .txt pod varijablu data
3 attach(data) #naredba koja govori programu da će varijabla data biti korištena
4 str(data) #sadržaj varijable data
5 names(data) #imena varijable data (u ovom slučaju visina, Dan, Biljka)
6 #pazi! R je osjetljiv na mala i velika slova. Visina (veliko V) nije isto kao visina (malo v)
7
8 install.packages("ggplot2") #instaliramo paket ggplot2 za vizualizaciju podataka. ovo moramo napraviti samo prvi puta kada koristimo R
9 library(ggplot2) #pozivamo komandu ggplot2 iz knjižnice
10 data$Dan <- as.factor(data$Dan) #varijablu Dan pretvaramo u faktorsku kako bi mogli grupirati visine po danima.
11
12 # Basic box plot
13 ggplot(data, aes(x=Dan, y=visina)) +
14   geom_boxplot(outlier.colour="red", outlier.shape=8,
15               outlier.size=4) +
16   geom_dotplot(binaxis='y', stackdir='center', dotsize=0.5)
17

```

Slika 2. Kod koji upisujemo u konzolu programa R kako bi generirali BoxPlot.

Objašnjenje svake naredbe se nalazi nakon znaka „#“:

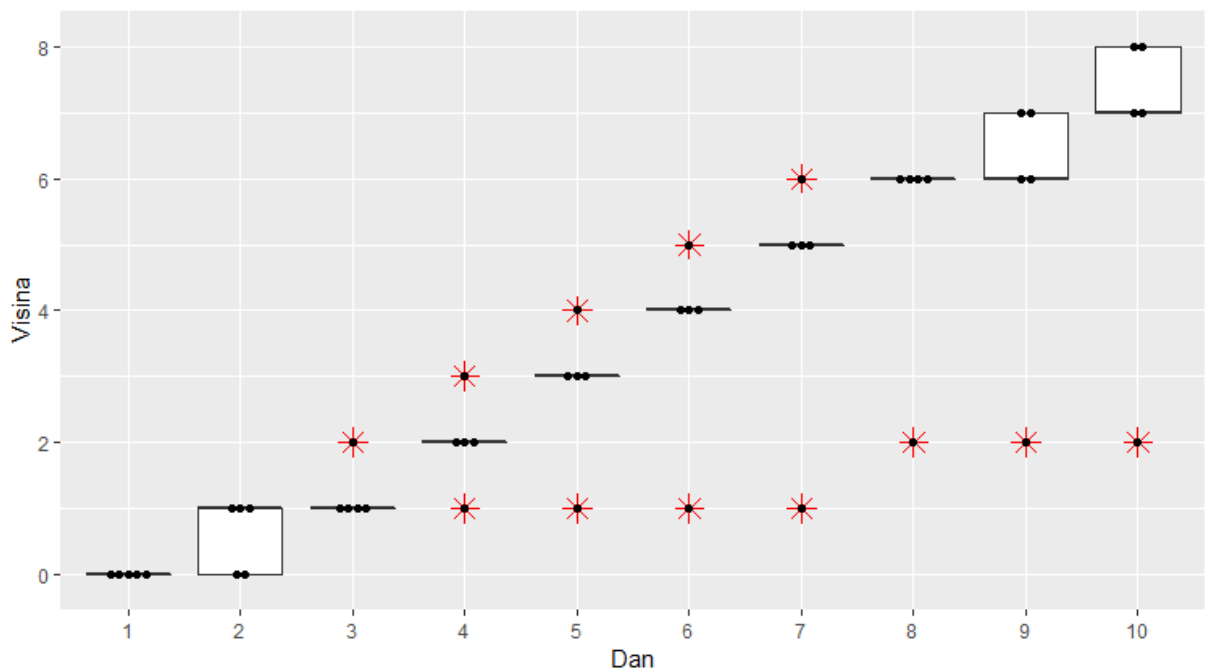
```

rm(list = ls()) #očisti sve varijable
data=read.delim(file.choose()) #učitavanje rezultata koje smo spremili kao
.txt pod varijablu data
attach(data) #naredba koja govori programu da će varijabla data biti
korištena
str(data) #sadržaj varijable data
names(data) #imena varijable data (u ovom slučaju visina, Dan, Biljka)
#pazi! R je osjetljiv na mala i velika slova. Visina (veliko V) nije isto
kao visina (malo v)
install.packages("ggplot2") #instaliramo paket ggplot2 za vizualizaciju
podataka. ovo moramo napraviti samo prvi puta kada koristimo R
library(ggplot2) #pozivamo komandu ggplot2 iz knjižnice
data$Dan <- as.factor(data$Dan) #varijablu Dan pretvaramo u faktorsku kako
bi mogli grupirati visine po danima.
# Box plot
ggplot(data, aes(x=Dan, y=visina)) +
  geom_boxplot(outlier.colour="red", outlier.shape=8,
                outlier.size=4) +
  geom_dotplot(binaxis='y', stackdir='center', dotsize=0.5)

```

Ovim kodom smo generirali BoxPlot (Grafčki prikaz 6). Vrijednosti koje značajno odstupaju od prosjeka (engl. Outliers) su prikazane crvenom zvijezdom. Potrebno je usporediti te vrijednosti sa rezultatima u tablici kako bi vidjeli koje biljke statistički odstupaju od prosjeka.

To su Biljka 1 i Biljka 4. Sljedeće što moramo odlučiti je da li ćemo Biljku 1 i Biljku 4 isključiti pri daljnjoj statističkoj analizi. Iako Biljka 1 statistički odstupa od visine ostalih biljaka, da li su njezini rezultati u granicama očekivanja biološkog eksperimenta? Da li smo Biljku 1 zaboravili zaliti limunskom kiselinom pa je biljka brže rasla? Da li smo učinili pogrešku pri mjerenju visine? Ako nismo učinili pogrešku pri eksperimentu, da li je prihvatljivo što jedna biljka raste 1 cm brže od ostalih biljaka? Da li ćemo odbaciti rezultate biljke 4 iz daljnje razrade? Da li biljka 4 ima nametnika ili bolest koji joj usporavaju rast? Odgovore na ova pitanja trebamo priložiti u diskusiji (razradi).



★ grafikon je dizajniran u programu R

Grafički prikaz 6. Boxplot prikaz visina pet biljaka mjenjenih tijekom 10 dana. Zasebna mjerenja biljaka su prikazana crnim točkama. Vrijednosti koje značajno odstupaju od prosjeka (outliers) su prikazane crvenom zvijezdom. U trećem danu visina 2cm značajno odstupa od prosjeka. Kako bi pročitali koja biljka ima vrijednost 2cm u trećem danu, čitamo podatke Tablice 2. Vidimo da biljka 1 u trećem danu ima visinu 2 cm.

## Line plot + standardna devijacija

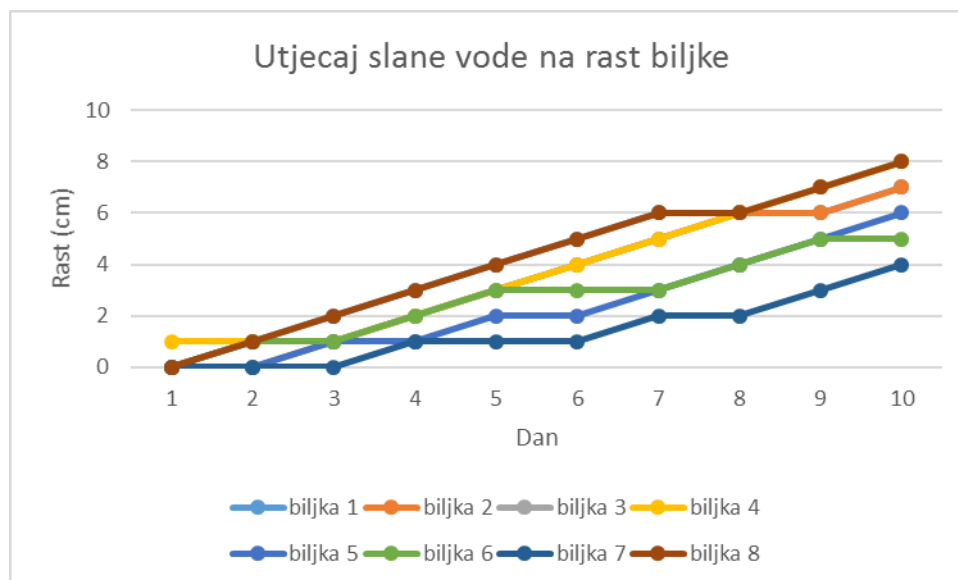
Primjer 4.

Želimo vidjeti da li zalijevanje biljke slanom vodom utječe na njen rast. Eksperiment provodimo na dvije skupine biljaka; prvu skupinu biljaka zalijevamo vodovodnom vodom. Drugu skupinu biljaka zalijevamo slanom vodom. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici.

Tretman vodovodnom vodom				Tretman slanom vodom			
biljka 1	biljka 2	biljka 3	biljka 4	biljka 5	biljka 6	biljka 7	biljka 8
0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	0	1
2	1	1	1	1	1	0	2
3	2	2	2	1	2	1	3
4	3	3	3	2	3	1	4
5	4	4	4	2	3	1	5
6	5	5	5	3	3	2	6
6	6	6	6	4	4	2	6
6	6	7	7	5	5	3	7
7	7	8	8	6	5	4	8

Cilj je prikazati rezultate dvaju tretmana.

Rezultate možemo prikazati grafikonom Scatter Plot + Line Plot (opisan ranije u tekstu).



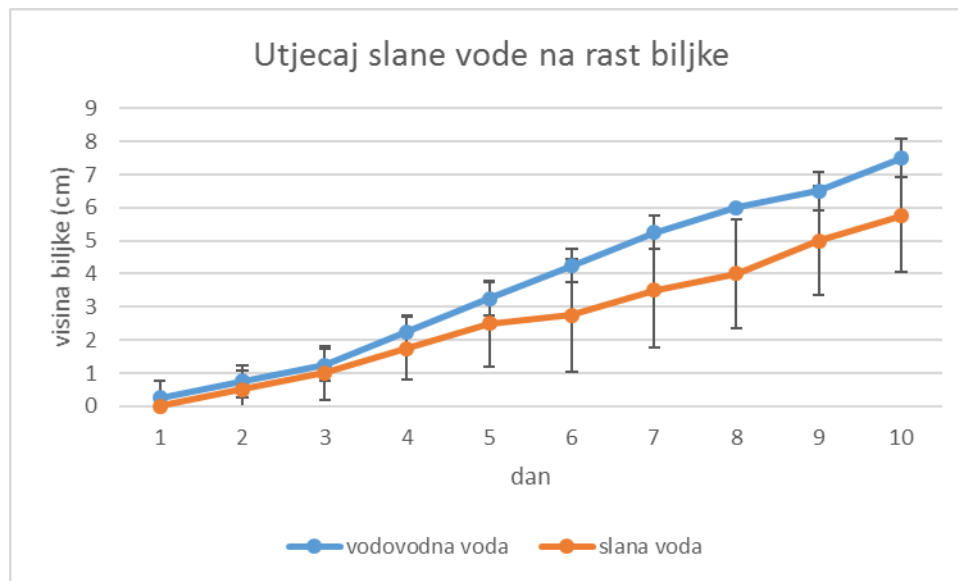
★ grafikon je dizajniran u Excelu

Problem:

1. Visine biljaka se međusobno preklapaju.
2. Teško je usporediti rast biljaka 1,2,3,4 (vodovodna voda) sa biljkama 5,6,7,8 (slana voda).

Rješenje:

Scatter Plot+ Line Plot+ standardna devijacija



★ grafikon je dizajniran u Excelu

Što graf prikazuje?

Plavom bojom je prikazan **prosječni** rast biljaka tretiranih vodovodnom vodom:

Narančastom bojom je prikazan **prosječni** rast biljaka tretiranih slanom vodom.

Crnim crticama u svakom danu je označena **standardna devijacija** (nakon čitanja sljedeće dvije stranice slijedi pojašnjenje značenja standardne devijacije).

### Prosjek mjerenja

Što je prosjek mjerenja?

Prosjek mjerenja = zbroj rezultata svakog mjerenja / broj mjerenja

npr. prosjek ocjena= ocjena iz matematike+ fizike+biologije+kemije/ broj predmeta

prosjek ocjena=  $5 + 4 + 5 + 3 / 4$

prosjek ocjena=4,25

Prosjek mozemo računati kalkulatorom ili Excellom ( naredbom =average() ).

Kako računamo prosjek rasta biljke?

Računamo prosjek rasta biljke po danu posebno za biljke tretirane vodom i za biljke tretirane slanom vodom:

Biljke tretirane vodovodnom vodom dan 1=>  $0+0+0+1/4$

Biljke tretirane vodovodnom vodom dan 2=>  $1+0+1+1/4$

....

Biljke tretirane slanom vodom dan 1=>  $0+0+0+0/4$

Biljke tretirane slanom vodom dan 2=>  $0+1+0+1/4$

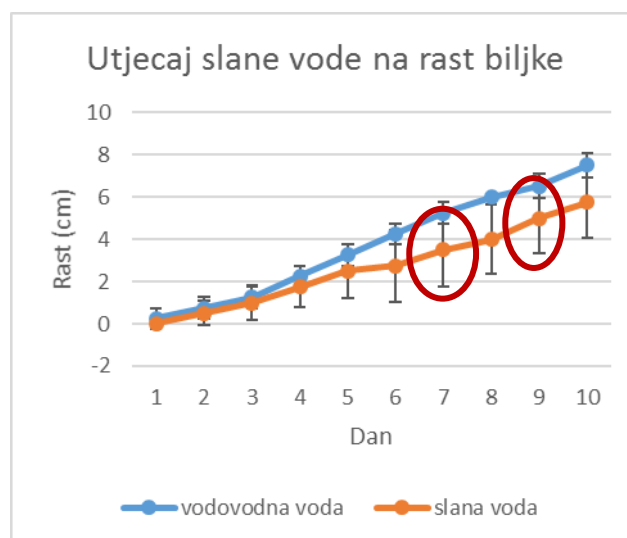
....

Dolazimo do rezultata:

vodovodna voda	slana voda
0,25	0
0,75	0,5
1,25	1
2,25	1,75
3,25	2,5
4,25	2,75
5,25	3,5
6	4
6,5	5
7,5	5,75

### Standardna devijacija

Crticama (zaokruženo crvenom bojom) prikazujemo standardnu devijaciju.



Što je standardna devijacija?

Standardna devijacija je statistički pojam koji označava mjeru raspršenosti podataka.

Kako se računa standardna devijacija ocjena?

1. izračunaj prosjek ocjena (=4,25)

2. oduzmi prosjek ocjena od svake ocjene

$$5-4,25=0,75$$

$$4-4,25=-0,25$$

$$5-4,25=0,75$$

$$3-4,25=-1,25$$

3. kvadriraj i zbroji rezultate iz točke 2

$$0,75*0,75+(-0,25*-0,25)+0,75*0,75+(-1,25*-1,25)=2,75$$

4. podijeli rezultat iz točke 3 sa brojem predmeta minus 1

$$2,75/(4-1)=2,75/3=0,917$$

5. izvadi korijen iz rezultata točke 4

$$\text{sqrt}(0,917)=0,957$$

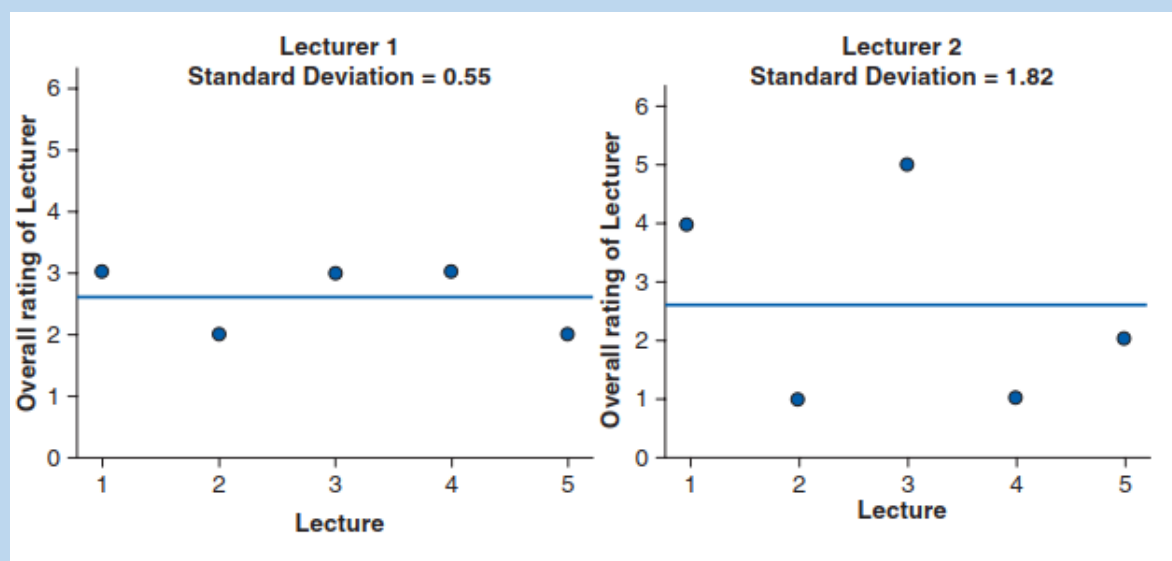
Prosjek ocjena je 4,25. Standardna devijacija je 0,957. Statistički gledajući, 68% svih učenikovih ocjena se nalazi u rasponu od prosjek ocjena +/- std, tj. u rasponu od 3,293 do 5,208.

Više o računanju standardne devijacije korak po korak možeš pronaći na web stranici

<https://www.mathsisfun.com/data/standard-deviation-formulas.html>

Standardnu devijaciju u Excelu možeš izračunati naredbom =stdev.s()

Standardna devijacija opisuje koliko su mjerenja „udaljena“ od prosjeka. Ako standardna devijacija iznosi nula, onda su sva mjerenja jednaka prosjeku. Standardna devijacija raste sa raspršenosti podataka od prosjeka. Lijeva slika prikazuje mjerenja koja su blizu prosjeku, stoga je standardna devijacija malena. Desna slika prikazuje mjerenja koja su raspršena od prosjeka, stoga je standardna devijacija veća.



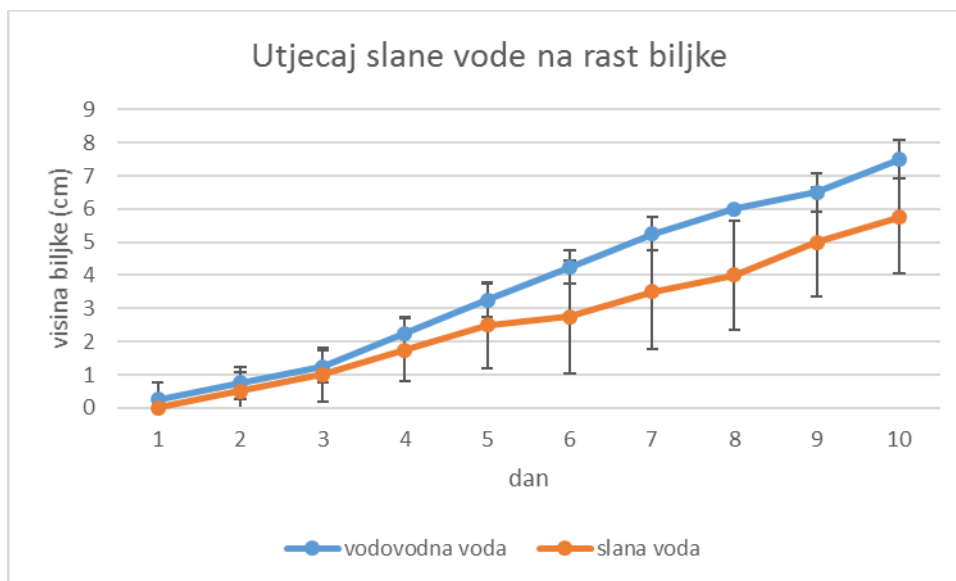
Slika je preuzeta iz knjige Discovering Statistics using R (Field, Miles, Field), 2012.

Kako računamo standardne devijacije rasta biljaka?

Računamo standardne devijacije (std) rasta biljke po danu posebno za biljke tretirane vodom i za biljke tretirane slanom vodom. Dolazimo do rezultata:

vodovodna voda	slana voda
0,5	0
0,5	0,57735
0,5	0,816497
0,5	0,957427
0,5	1,290994
0,5	1,707825
0,5	1,732051
0	1,632993
0,57735	1,632993
0,57735	1,707825

Sada u Excelu dizajniramo graf koji scatter plotom prikazuje prosjek rasta dvije skupine biljaka po danu, te mu dodajemo **error bars** (crtice) u iznosu standardne devijacije.



★ grafikon je dizajniran u Excelu

Sada je lakše razumjeti što graf prikazuje:

Plavom bojom je prikazan **prosječni** rast biljaka tretiranih vodovodnom vodom:

Narančastom bojom je prikazan **prosječni** rast biljaka tretiranih slanom vodom.

**Error bar** (crnim crticama) po danu je označena standardna devijacija (raspon u kojem se nalazi 68% svih mjerenja) biljaka tretiranih vodovodnom i slanom vodom po danu.

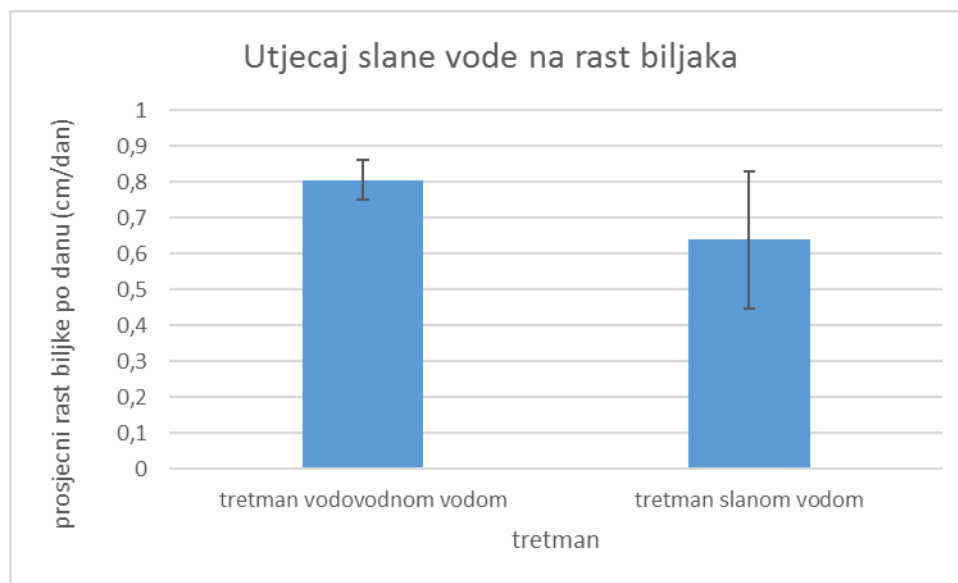
Napomena: ako se error barovi dva tretmana ne preklapaju (u ovom slučaju error bar vodovodne vode u danu 1 i error bar slane vode u danu 1, error bar vodovodne vode u danu 2 i error bar slane vode u danu 2, itd), tretman je vjerojatno statistički značajan. (Napomena: pojašnjenje ove rečenice postiže se čitanjem priručnika o statističkoj analizi).

## Bar plot + standardna devijacija

Primjer 4. Želimo vidjeti da li zalijevanje biljke slanom vodom utječe na njen rast. Eksperiment provodimo na dvije skupine biljaka; prvu skupinu biljaka zalijevamo vodovodnom vodom. Drugu skupinu biljaka zalijevamo slanom vodom. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici. (Tablica se nalazi na stranici 18.)

Cilj je prikazati rezultate dvaju tretmana.

Tretmane biljaka možemo usporediti grafom bar plot ako nas ne zanima rast biljaka **po danu**, već **prosječni rast** svake biljke tijekom svih dana.



★ grafikon je dizajniran u Excelu

Što graf prikazuje?

Plavim bar plotom je označen prosječni rast (cm/danu) biljaka tretiranih vodovodnom i slanom vodom. Error bar (crtice) prikazuju standardnu devijaciju.

Kako izraditi ovaj graf?

Računamo prosjek rasta svake pojedinačne biljke:

Biljka 1 visina (cm) po danima: 0 1 2 3 4 5 6 6 6 7

rast po danu (cm/dan): 1-0=1 , 2-1=1 , 3-2=1 , 4-3=1 , 5-4= 1, 6-5=1 , 6-6=0 , 6-6= 0, 7-6= 1

prosječni rast po svim danima=  $(1+1+1+1+1+1+0+0+1)/9= 0,778$

Izračunamo isto za ostale biljke. Rezultati su prikazani u tablici:

tretman vodovodnom vodom				tretman slanom vodom			
biljka 1	biljka 2	biljka 3	biljka 4	biljka 5	biljka 6	biljka 7	biljka 8
0,777778	0,777778	0,888889	0,777778	0,666667	0,555556	0,444444	0,888889

Prikaz prosječnog rasta svake pojedine biljke unutar 10 dana (cm/danu).



Sada zasebno za tretman slanom vodom računamo prosjek prosječnog rasta svih biljaka.

Prosjek tretman vodovodnom vodom= $(0,78+0,78+0,89+0,78)/4=0,8075$

Prosjek tretman slanom vodom= $(0,67+0,56+0,44+0,89)/4=0,64$

Zatim računamo standardnu devijaciju za tretman vodovodnom vodom = 0,05556

I standardnu devijaciju za tretman slanom vodom= 0,1913

Graf smo oblikovali opcijom bar plot i dodali error bar.

Dobro je znati:

Uvijek težimo mjerenja prikazati što jednostavnijim grafičkim prikazom. Grafikon sa malo stupaca je lakše pročitati od grafikona sa puno stupaca (usporedi ovaj grafikon sa grafikonom Bar plot). Pomoću ovakvog prikaza već na prvi pogled vidimo da se rast biljaka tretiranih vodovodnom i slanom vodom razlikuje.



#### LITERATURA

Scientific Paper Writing, a survival guide, Bodil Holst, 2015

Cumming, G., Fidler, F. and Vaux, D. (2007). Error bars in experimental biology. *The Journal of Experimental Medicine*, 204(4), pp.i11-i11.

Statistics for Dummies, Deborah Rumsey, 2003

