

**Увод у статистичку обраду  
резултата у хемији**

**II део**

# Statistički testovi

Prilikom izvođenja statističkih testova postoje određeni koraci kojih se treba pridržavati da bi zaključak bio pouzdan:

1. Postaviti nultu hipotezu
2. Izabrati nivo pouzdanosti
3. Odrediti veličinu uzorka
4. Izabrati statistički test za testiranje hipoteze
5. Utvrditi kritičnu vrednost za odabrani statistički test
6. Prikupiti podatke
7. Izračunati statističku veličinu za odabrani statistički test
8. Doneti statistički zaključak
9. Izraziti statistički zaključak.

Za testiranje hipoteze koriste se parametrijski i neparametrijski testovi. Parametrijske metode koriste se za upoređivanje dve ili više grupa podataka i zasnivaju se na pretpostavci da su podaci normalno raspodeljeni. Ove metode se uvek zasnivaju na teoriji verovatnoće i uvek se u njima pojavljuje potreba za ocenjivanjem pojedinih parametara (srednje vrednosti, standardne devijacije ili varijanse). Međutim, kada ne može sa sigurnošću da se utvrdi da li je raspodela jedne grupe podataka normalna, izračunavanje pojedinih parametara i primena parametrijskih metoda daju vrlo nepouzdan zaključak. U tim slučajevima se primenjuju neparametrijske metode, koje se zasnivaju na pretpostavci da postoji bilo koja verovatnoća raspodele.

## 1. Q- i G-test

Eliminisanje „spoljnih” rezultata, vrednosti koje se izdvajaju u odnosu na ostale.

**Nulta hipoteza,  $H_0$**  - posmatrana vrednost nije posledica grube greške.

### Dixon-ov test (Q-test) – za male uzorke (3-7)

$$Q = \frac{|\text{sumnjiva vrednost} - \text{najbliža vrednost}|}{(\text{max vrednost} - \text{min vrednost})}$$

### Grubbs-ov test (G-test)

$$G = \frac{|\text{sumnjiva vrednost} - \bar{x}|}{s}$$

### Primer 1.

Određivan je sadržaj cinka u nekom uzorku i dobijene sledeće vrednosti:

16,84 16,86 16,91 16,93 17,61%.

Da li je poslednji rezultat posledica grube greške?

$$Q = \frac{|17,61 - 16,93|}{(17,61 - 16,84)} = 0,883$$

Izračunata vrednost  $Q$  upoređuje se sa kritičnom vrednošću; ukoliko je  $Q_{izr} > Q_{krit}$  nulta hipoteza se odbacuje, tj. posmatrana vrednost jeste posledica grube greške i treba je odbaciti; ukoliko je  $Q_{izr} < Q_{krit}$  nulta hipoteza se zadržava, tj. posmatrana vrednost nije posledica grube greške.

Kritična vrednost  $Q$  za veličinu uzorka  $n=5$  iznosi 0,717. Pošto je izračunata vrednost  $Q$  veća od kritične vrednosti, nulta hipoteza se odbacuje, tj. posmatrana vrednost jeste posledica grube greške.

### Primer 2.

Pri određivanju himozinskog broja spektrofotometrijski su izmerene sledeće vrednosti apsorpcije plavog jod - skrobnog inkluzionog kompleksa:

0,341; 0,335; 0,347; 0,359; 0,353; 0,346; 0,347; 0,346; 0,343; 0,342; 0,356; 0,350; 0,363; 0,353; 0,348.

Proveriti dati set rezultata na eventualno prisustvo spoljnih vrednosti ( $Q$  ili  $G$  test?). Izračunati: srednju vrednost, medijanu, varijansu, standardnu devijaciju, relativnu standardnu devijaciju, raspon i interval pouzdanosti za  $\alpha = 0,05$  ovih merenja. Parametre deskriptivne statistike prikazati grafički pomoću „box-and whisker” grafika i rezultate prodiskutovati.

## 2. F-test

$F$ -test služi da utvrdi da li je razlika između varijansi dva uzorka značajna.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad s_1 > s_2$$

**Nulta hipoteza,  $H_0$**  – varijanse dva seta podataka su bliske, tj. razlika koja postoji između njih je posledica slučajnih grešaka.

Kada ne znamo da li će ishod određenog posmatranja biti pozitivan ili negativan, test mora da pokrije obe mogućnosti  $\Rightarrow$  **dvosmerni test** (two-tailed). Kada nas interesuje samo jedan ishod određene analize  $\Rightarrow$  **jednosmerni test** (one-tailed).

### Primer 3.

Sadržaj titana u čeliku određivan je atomsko-apsorpcionom spektrometrijom u dve laboratorije. Dobijeni su sledeći rezultati:

**Lab 1:** 0,529; 0,490; 0,489; 0,521; 0,486; 0,502

**Lab 2:** 0,470; 0,448; 0,463; 0,449; 0,482; 0,454; 0,477; 0,409.

Da li postoji statistički značajna razlika u preciznosti u radu između ove dve laboratorije?

Nakon provere prisustva „spoljnih” rezultata, postojanje razlike u preciznosti utvrđuje se primenom F-testa. U okviru Data Analysis ToolPack-a postoji alatka **F-Test Two-Sample for Variances**. Odaberite opciju sa padajućeg menija Tools/Data Analysis; starujte komandu F-Test Two-Sample for Variances.

U polje **Input Range**, kao **Variable 1** unesite opseg ćelija između kojih su smešteni vaši podaci sa većom standardnom devijacijom, odnosno varijansom; **Variable 2** su vam podaci sa manjom varijansom.

U polje **Output Range** unesite ćeliju ispod koje i desno do koje nema nikakvih podataka na radnom listu, u suprotnom excel će vam saopštiti da će rezultate prepisati preko već postojećih podataka.

Ukoliko ste sve ispravno uradili trebalo bi da konačan rezultat izgleda ovako:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		0,529	0,470		Column1			Column1			F-Test Two-Sample for Variances			
3		0,490	0,448											
4		0,485	0,463		Mean	0,502167		Mean	0,4565		Variable 1 Variable 2			
5		0,521	0,449		Standard Error	0,0077		Standard Error	0,008113		Mean	0,4565	0,502167	
6		0,486	0,482		Median	0,496		Median	0,4585		Variance	0,000527	0,000356	
7		0,502	0,454		Mode	#N/A		Mode	#N/A		Observations	8	6	
8			0,477		Standard Deviation	0,018862		Standard Deviation	0,022947		df	7	5	
9			0,409		Sample Variance	0,000356		Sample Variance	0,000527		F	1,480103		
10					Kurtosis	-1,70769		Kurtosis	2,189574		P(F<=f) one-tail	0,344173		
11					Skewness	0,666826		Skewness	-1,26569		F Critical one-tail	4,875872		
12					Range	0,044		Range	0,073					
13					Minimum	0,485		Minimum	0,409					
14					Maximum	0,529		Maximum	0,482					
15					Sum	3,013		Sum	3,652					
16					Count	6		Count	8					
17														
18														

Izračunata F-vrednost upoređuje se sa kritičnom vrednošću; ukoliko je  $F_{izr} > F_{krit}$  nulta hipoteza se odbacuje, tj. razlika koja se javlja između standardnih devijacija ne može biti objašnjena samo uticajem slučajnih grešaka; ukoliko je  $F_{izr} < F_{krit}$  nulta hipoteza se zadržava. Kada ovaj test radite u excel-u morate voditi računa o tome da excel daje kritičnu vrednost samo za jednosmerni test; za dvosmerni test kritičnu vrednost se očitava iz tablica.

U Primeru 3. primenjujemo dvosmerno testiranje. Kritična vrednost parametra F za dvosmerni test iznosi 6,853. Pošto je izračunata vrednost parametra F manja od kritične, nulta hipoteza se zadržava, tj. ne postoji statistički značajna razlika u preciznosti u radu između ove dve laboratorije.

#### Primer 4.

U rudarsko-topioničarskom basenu Bor ispitivan je sastav jalovine koja zaostaje posle prerade rude bakra na sadržaj olova. U cilju formiranja standardne metode testirane su dve metode: prva, zasnovana na spektrofotometrijskom određivanju kompleksa olova sa ditizonom i druga zasnovana na polarografskom određivanju. Dobijeni su sledeći rezultati:

Spektrofotometrija 0.153 0.162 0.158 0.154 0.157 0.157 0.160 0.152

Polarografija 0.160 0.158 0.159 0.161 0.160 0.158 0.159 0.159

Da li postoji razlika u preciznosti između ove dve metode?

#### Primer 5.

Pri određivanju sadržaja vitamina E u uzorku nekog ulja standardnom voltametrijskom i novom FIA metodom dobijeni su sledeći rezultati:

Standardna metoda: 32,1; 32,3; 31,9; 32,1; 32,0; 32,1; 31,8 %

FIA metoda: 31,9; 31,8; 31,7; 31,8; 31,6; 31,9 %.

a) Da li se razlika među ovim rezultatima može pripisati isključivo slučajnim greškama na nivou značajnosti od  $P = 0,05$ ?

b) Da li je FIA metoda preciznija od standardne voltametrijske metode?

### 3. t - test

$t$ -test se koristi za utvrđivanje postojanja sistematskih grešaka

Koristi se u sledećim slučajevima:

- Kada se upoređuje srednja vrednost grupe podataka sa pravom vrednošću (određivanje tačnosti)
- Kada se upoređuju srednje vrednosti dve grupe podataka
- Kod paralelnih određivanja.

#### Upoređivanje eksperimentalno određene srednje vrednosti sa pravom vrednošću

**Nulta hipoteza,  $H_0$**  – između posmatrane i poznate, prave vrednosti, ne postoji druga razlika od one koja može da se pripiše slučajnim greškama.

Parametar  $t$  se izračunava prema sledećoj jednačini:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu) \times \sqrt{N}}{s}$$

Dobijena vrednost se upoređuje sa kritičnom  $t$ -vrednošću, koja se za dati nivo pouzdanosti i broj stepeni slobode, očitava u tablici. Ako vrednost  $t$  prelazi određenu kritičnu vrednost nulta hipoteza se odbacuje. U suprotnom ne postoje dokazi za postojanje sistematske greške (ovo ne znači da sistematska greška ne postoji već samo da ona nije izražena).

#### Primer 6.

U standardnom uzorku seruma, u kome je sadržaj natrijuma  $135,4 \text{ mmol/dm}^3$ , određivan je natrijum plamenom fotometrijom i dobijeni sledeći rezultati:

134,6    137,5    135,6    135,9    135,8    136,2    135,8    134,2    136,7    137,6    135,7  
134,9    135,8    136,5    136,0  $\text{mmol/dm}^3$ .

Pokazati kakva je tačnost metode.

$$N = 15, \quad \bar{x} = 135,9 \text{ mmol/dm}^3, \quad s = 0,9367 \text{ mmol/dm}^3, \quad \mu = 135,4 \text{ mmol/dm}^3$$

$$t = \frac{(135,9 - 135,4) \times \sqrt{15}}{0,9367} = 2,067$$

$$t_{\text{krit}} = 2,145 \quad t < t_{\text{krit}}$$

$H_0$  se zadržava, tj. između izračunate srednje vrednosti i deklarisanog sadržaja seruma nema statistički značajne razlike, odnosno metoda daje tačne vrednosti.

### Primer 7.

U okviru prepodnevne smene u hemijsku laboratoriju fabrike „Budimka“ dopremljeno je nekoliko uzoraka sirupa od borovnice uzetih sa različitih delova pokretne trake. Od dežurnog analitičara zahtevano je da odredi sadržaj suve materije (mg/l). Nakon uspešnog eksperimentalnog dela hemičar je pristupio statističkoj analizi.

62,22	62,44	62,71	62,57	61,76	62,45	62,45	62,81	62,33	62,57	61,76	62,42
61,91	62,37	61,62	62,14	62,32	62,15	61,76	62,05	61,85	62,08	62,29	62,45

- Izračunati sledeće parametre deskriptivne statistike: srednju vrednost, medijanu, standardnu devijaciju, relativnu standardnu devijaciju, raspon i interval pouzdanosti za 95% nivo poverenja.
- Ukoliko je maksimalna dozvoljena vrednost sadržaja suve materije 60%, da li se može tvrditi pri 95% poverenju da dati uzorci premašuju ovu vrednost?

### Upoređivanje dve eksperimentalno određene srednje vrednosti

**Nulta hipoteza,  $H_0$**  – dve metode daju jednake rezultate, tj.  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$  se ne razlikuje mnogo od nule.

Ovde razlikujemo dva slučaja:

- Kada su standardne devijacije dve metode bliske i kada se standardna devijacija može spojiti u jednu zajedničku apsolutnu standardnu devijaciju

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{s \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad s = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{(N_1 + N_2 - 2)}} \quad \nu = N_1 + N_2 - 2$$

- Kada su standardne devijacije dve metode značajno razlikuju

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}} \quad \nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}\right)^2}{\left(\frac{s_1^4}{N_1^2(N_1 - 1)} + \frac{s_2^4}{N_2^2(N_2 - 1)}\right)}$$

## Primer 8.

Pri određivanju sadržaja kalaja u hrani, uzorci sa hlorovodoničnom kiselinom su refluktovani različito vreme. Neki od dobijenih rezultata su sledeći:

Vreme refluktovanja (min)	Sadržaj kalaja (mg/kg)
30	55, 57, 59, 56, 56, 59
75	57, 55, 58, 59, 59, 59

Da li dužina refluktovanja ima uticaja na ishod analize?

Nakon provere prisustva „spoljnih” rezultata, bliskost standardnih devijacija utvrđuje se **dvosmernim F-testom**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		55	57		Column1			Column1			F-Test Two-Sample for Variances			
3		57	55											
4		59	58		Mean	57		Mean	57,83333		Variable 1 Variable 2			
5		56	59		Standard Error	0,68313		Standard Error	0,654047		Mean	57	57,83333	
6		56	59		Median	56,5		Median	58,5		Variance	2,8	2,566667	
7		59	59		Mode	59		Mode	59		Observations	6	6	
8					Standard Deviation	1,67332		Standard Deviation	1,602082		df	5	5	
9					Sample Variance	2,8		Sample Variance	2,566667		F	1,090909		
10					Kurtosis	-1,78571		Kurtosis	1,239669		P(F<=f) one-tail	0,463129		
11					Skewness	0,384181		Skewness	-1,35376		F Critical one-tail	5,050329		
12					Range	4		Range	4					
13					Minimum	55		Minimum	55					
14					Maximum	59		Maximum	59					
15					Sum	342		Sum	347					
16					Count	6		Count	6					
17														
18														

Kritična vrednost parametra F za dvosmerni test iznosi 7,146. Pošto je izračunata vrednost parametra F manja od kritične, nulta hipoteza se zadržava, tj. standardne devijacije su bliske. Za upoređivanje srednjih vrednosti ova dva seta podataka se zbog toga koristi t-test koji pretpostavlja da su standardne devijacije bliske.

U okviru Data Analysis ToolPack-a postoji alatka **t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances**. Odaberite opciju sa padajućeg menija Tools/Data Analysis; starujte komandu t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances.

U polje **Input Range**, kao **Variable 1** unesite opseg ćelija između kojih je smešten jedan set vaših podataka; **Variable 2** vam je drugi set podataka.

U polje **Output Range** unesite ćeliju ispod koje i desno do koje nema nikakvih podataka na radnom listu, u suprotnom excel će vam saopštiti da će rezultate prepisati preko već postojećih podataka.

Ukoliko ste sve ispravno uradili trebalo bi da konačan rezultat izgleda ovako:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		55	57		Column1			Column1			F-Test Two-Sample for Variances			
3		57	55								Variable 1 Variable 2			
4		59	58		Mean	57		Mean	57,83333					
5		56	59		Standard Error	0,68313		Standard Error	0,654047		Mean	57	57,83333	
6		56	59		Median	56,5		Median	58,5		Variance	2,8	2,566667	
7		59	59		Mode	59		Mode	59		Observations	6	6	
8					Standard Deviation	1,67332		Standard Deviation	1,602082		df	5	5	
9					Sample Variance	2,8		Sample Variance	2,566667		F	1,090909		
10					Kurtosis	-1,78571		Kurtosis	1,239669		P(F<=f) one-tail	0,463129		
11					Skewness	0,384181		Skewness	-1,35376		F Critical one-tail	5,050329		
12					Range	4		Range	4					
13					Minimum	55		Minimum	55		t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances			
14					Maximum	59		Maximum	59					
15					Sum	342		Sum	347					
16					Count	6		Count	6		Variable 1 Variable 2			
17											Mean	57	57,83333	
18											Variance	2,8	2,566667	
19											Observations	6	6	
20											Pooled Variance	2,683333		
21											Hypothesized Mean	0		
22											df	10		
23											t Stat	-0,88113		
24											P(T<=t) one-tail	0,199464		
25											t Critical one-tail	1,812461		
26											P(T<=t) two-tail	0,398928		
27											t Critical two-tail	2,228139		
28														

$$t = -0,88 \quad t_{\text{krit}} = 2,23 \quad t < t_{\text{krit}}$$

$H_0$  se zadržava, tj. vreme trajanja refluktovanja nema uticaja na količinu pronađenog kalaja.

Za upoređivanje dva seta podataka čije se standardne devijacije statistički značajno razlikuju koristi se alatka **t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances**, koja se nalazi u okviru Data Analysis ToolPack-a.

### Primer 9.

Pokazati da li postoji značajna razlika između vrednosti koje su dobijene određivanjem glukoze u kontrolnom serumu kada je odmeravanje vršeno automatskom (A) i staklenom pipetom (B).

A	5,45	5,40	5,52	5,46	5,48	5,55	5,52	5,41	5,58	5,54	5,43	5,60
B	5,40	5,32	5,38	5,46	5,44	5,49	5,43	5,40	5,36	5,34		

## Uporedni t-test (paired t-test)

- Upoređivanje dve metode ispitivanjem uzoraka koji sadrže različite količine analita.
- U ovom slučaju ne može da se upotrebi test za upoređivanje dve srednje vrednosti jer on ne razdvaja varijaciju između metoda od varijacije uzrokovane razlikama između uzoraka
- Ne može da se koristi kada je širok opseg koncentracija, jer se zasniva na pretpostavci da bilo koja greška, slučajna ili sistematska, je nezavisna od koncentracije. *Alternativa – linearna regresiona analiza.*

### Primer 10.

Podaci u tabeli pokazuju koncentraciju gvožđa ( $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) određenu dvema različitim metoda u svakom od četiri uzorka.

Uzorak	Oksidacija	Ekstrakcija
1	71	76
2	61	68
3	50	48
4	60	57

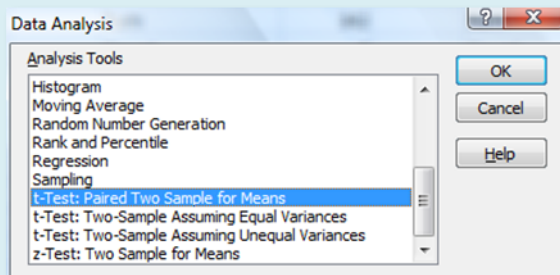
Utvrđiti da li se srednje vrednosti dobijene različitim metodama značajno razlikuju.

Uporednim t-testom se testira značajnost srednje vrednosti razlike parova  $\bar{d}$  prema sledećoj jednačini:  $t = \frac{\bar{d}\sqrt{N}}{s_d}$ , gde je  $s_d$  – standardna devijacija dobijenih razlika. Ukoliko je izračunata vrednost parametra t veća od tablične (kritične vrednosti), nulta hipoteza se odbacuje i kaže se da se  $\bar{d}$  značajno razlikuje od nule, odnosno da je razlika u parovima statistički značajna.

U okviru Data Analysis ToolPack-a postoji alatka **t-Test: Paired Two-Sample for Means**. Odaberite opciju sa padajućeg menija Tools/Data Analysis; starujte komandu t-Test: Paired Two-Sample for Means.

U polje **Input Range**, kao **Variable 1** unesite opseg ćelija između kojih je smešten jedan set vaših podataka; **Variable 2** vam je drugi set podataka.

U polje **Output Range** unesite ćeliju ispod koje i desno do koje nema nikakvih podataka na radnom listu, u suprotnom excel će vam saopštiti da će rezultate prepisati preko već postojećih podataka.



Ukoliko ste sve ispravno uradili trebalo bi da konačan rezultat izgleda ovako:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		71	76		t-Test: Paired Two Sample for Means			
3		61	68					
4		50	48		Variable 1	Variable 2		
5		60	57		Mean	60,5	62,25	
6					Variance	73,66667	150,9167	
7					Observations	4	4	
8					Pearson Correlation	0,946829		
9					Hypothesized Mean	0		
10					df	3		
11					t Stat	-0,70117		
12					P(T<=t) one-tail	0,266846		
13					t Critical one-tail	2,353363		
14					P(T<=t) two-tail	0,533692		
15					t Critical two-tail	3,182446		
16								

$$t = -0,70 \quad t_{\text{krit}} = 3,18 \quad t < t_{\text{krit}}$$

$H_0$  se zadržava, tj. dve metode ne daju značajno velike razlike srednjih vrednosti.

### Primer 11.

Podaci prikazani u tabeli predstavljaju rezultate određivanja koncentracije paracetamola (% m/m) u tabletama, dvema različitim metodama. Deset tableta iz deset različitih šarži analizirano je u cilju utvrđivanja postojanja razlike u dvema metodama.

Šarža	Metoda 1	Metoda 2
1	84,63	83,15
2	84,38	83,72
3	84,08	83,84
4	84,41	84,20
5	83,82	83,92
6	89,56	84,16
7	83,92	86,28
8	83,69	83,60
9	84,06	84,13
10	84,03	84,24

Utvrđiti da li postoji statistički značajna razlika ( $P = 0,05$ ) u dobijenim rezultatima.

## Dodatni problemi za rešavanje

1. Deklarisana težina pakovanja pudera za bebe iznosi 200g. Na osnovu slučajnog uzorka od 53 pakovanja dobijena je srednja vrednost od 195g, sa standardnom devijacijom 8,25g. Pokazati da li je težina značajno niža od deklarisanе.
2. U osam različitih uzoraka hrane određivan je sadržaj Zn kompleksometrijski i AAS-metodom. Dobijeni su sledeći rezultati:

	Masa Zn [ $\mu$ g]							
Kompleksometrija:	4,4	6,6	8,5	9,0	5,9	5,2	6,1	7,2
AAS:	4,7	7,0	8,7	9,7	5,7	4,6	6,8	7,6

Da li postoji statistički značajna razlika među ovim rezultatima?

3. Pomoću dva pH-metra vršeno je merenje pH-vrednosti nekog rastvora ponavljanjem merenja 10 puta i dobijeni sledeći rezultati:

pH-metar 1	7,11	7,15	7,14	7,10	7,09	7,11	7,13	7,15	7,21	7,12
pH-metar 2	7,12	7,06	7,02	7,08	7,11	7,05	7,06	7,03	7,06	7,08

- a) Odrediti srednju vrednost, medijanu, standardnu devijaciju, relativnu standardnu devijaciju i 95% interval pouzdanosti određivanja pH-vrednosti rastvora svakim od pH-metra.
  - b) Da li se vrednosti dobijene pomoću ova dva aparata značajno razlikuju?
  - c) Da li pH-metri mere tačno ako pH-vrednost rastvora iznosi 7,1?
  - d) Odrediti apsolutnu i relativnu grešku određivanja pH-vrednosti rastvora svakim od pH-metra.
4. Četiri analitičara vršili su određivanje sadržaja Hg (ppb) u istom uzorku. Dobijeni su sledeći rezultati:

Analitičar 1	Analitičar 2	Analitičar 3	Analitičar 4
10,38	10,14	10,20	10,19
10,26	10,25	10,11	10,15
10,29	10,04	10,02	10,16
10,42	10,28	10,15	10,28
10,31	10,16	10,50	10,10
10,19	10,09	10,12	10,32

- a) Odrediti srednju vrednost, standardnu devijaciju i 95%-interval pouzdanosti svakog seta podataka.

- b) Utvrditi da li postoji statistički značajna razlika ( $P = 0,05$ ) između srednjih vrednosti prvog i trećeg seta rezultata.
- c) Odrediti zajedničku srednju vrednost i ukupnu standardnu devijaciju rezultata.
- d) Uporediti zajedničku srednju vrednost sa pravom vrednošću sadržaja Hg od 10,18 ppb. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku određivanja.

5. U dve laboratorije određivan je sadržaj nitrata u pijaćoj vodi i dobijeni sledeći rezultati:

Koncentracija nitrata ( $\text{mg/dm}^3$ )	
<i>Lab. 1</i>	<i>Lab. 2</i>
51,0	52,8
51,3	53,0
51,6	53,5
50,9	52,6
50,5	52,8
52,0	53,8

- a) Ukoliko je maksimalna dozvoljena vrednost sadržaja nitrata u pijaćoj vodi, propisana od strane Evropske unije,  $50 \text{ mg/dm}^3$ , da li se može tvrditi pri 95% poverenju da dobijene vrednosti u pomenutim laboratorijama premašuju ovu vrednost?
- b) Na osnovu izračunatih parametara deskriptivne statistike prodiskutovati tačnost i preciznost određivanja sadržaja nitrata u dvema laboratorijama.
- c) Da li postoji statistički značajna razlika između vrednosti koje su dobijene određivanjem sadržaja nitrata u dvema laboratorijama?