

**Univerzita Pardubice**

**Fakulta chemicko – technologická**

**Katedra analytické chemie**

**Licenční studium chemometrie**

**Statistické zpracování dat**

**ANOVA**

**Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě  
Odbor hygienických laboratoří Karviná**

**V Karviné dne 10.1.2005**

**Ing. Miluše Galuszková**

*Předmět:*

## **1.5 ANOVA**

***Přednášející: Prof.RNDr. Milan Meloun, DrSc.***

### Obsah

Úloha 1	Jednorozměrná ANOVA	3
Úloha 2	Dvojrozměrná ANOVA bez opakování	5
Úloha 3	Dvojrozměrná ANOVA s opakováním	7

## Úloha 1 Jednorozměrná ANOVA

### Zadání

Tři laboranti (L1, L2, L3) provedli mineralizaci zeminy podle předepsaného postupu. V mineralizátech bylo provedeno stanovení Be.

Pomocí analýzy rozptylu určete, zda nejsou statisticky významné rozdíly v přípravných pracích (mineralizaci) laborantů.

**Data:** obsah Be v zemině (mg/kg)

Opakování	L1	L2	L3
1	1.28	1.26	1.65
2	1.16	1.35	1.09
3	1.32	1.29	1.29
4	1.40	1.20	1.40
5	1.30	1.10	0.98

Program: **ADSTAT**

Modul: **Analýza rozptylu**

Řešení: **Anova # 1**

### Řešení:

#### Podmínky

Hladina významnosti alfa: 0.050  
Transformace: ne  
Počet úrovní faktoru A, k: 3  
Total size  $n=n[1]+n[2]+\dots+n[k]=$  15  
Velikost  $n[1]=3$   $n[2]=3$   $n[3]=3$

#### Průměry a úrovně efektů

Byl proveden výpočet parametrů sloupcových průměrů, celkového průměru, sloupcových efektů, reziduí a diagonálních prvků  $H_{ij}$  projekční matice H.

Celkový průměr	1.2713	Reziduální rozptyl	0.028647
Úroveň	Průměr	Efekt	$H_{ij}$
1	1.2920	0,020667	0.200
2	1.2400	-0.0031333	0.200
3	1.2820	0.010667	0.200

#### Detekce vlivných bodů

odlehlé 1 vybočující: žádné

Odehlé body nebudou odstraněny, jsou zdrojem informace.

## Tabulka ANOVA

H<sub>0</sub>: Efekty faktoru A jsou nulové,  
H<sub>A</sub>: Efekty faktoru A nejsou nulové  
Kvantil F (1-alfa, k-1, n-k) = 3.885

Zdroj rozptylu	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Testovací kritérium	Závěr H <sub>0</sub> je	Spočtená hlad. významnosti
Mezi úrovněmi	k-1=2	0.0076133	0.0038067	0.133	akceptována	0.877
Rezidua	n-k=12	0.34376	0.028647			
Celkový	n-1=14	0.35137	0.025098			

Fisher – Snedecorovo testační kritérium nabývá hodnoty 0.133, která je nižší než je kvantil  $F(1-\alpha, 2, 12) = 3.885$ , spočtená hladina významnosti  $\alpha = 0.877$  je větší než  $\alpha = 0.05$ , proto je nulová hypotéza přijata.

## Vícenásobné porovnání (Sheffeho procedura)

Hypotéza H <sub>0</sub>	Průměrný párový rozdíl	Meze konfidenčního intervalu		Závěr
		Dolní	Horní	
$P_1 = P_2$	0.052	-0.246	0.350	akceptována
$P_1 = P_3$	0.010	-0.288	0.308	akceptována
$P_2 = P_3$	-0.042	-0.340	0.256	akceptována

Byly vzájemně porovnávány vztahy pro zadané kombinace úrovní.  
Nulová hypotéza  $H_0 : \mu_i = \mu_j$  je přijata pro všechny dvojice, protože jejich intervalový odhad (konfidenční interval) obsahuje nulu.

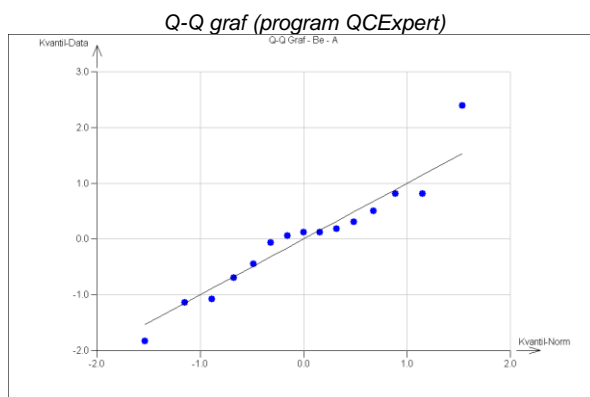
## Zkouška transformace

Korelační koeficient, R: 0.281

Korelační koeficient má hodnotu 0.281, je blízký nule ( $R < 0.6$ ) není nutné provést transformaci dat.

## Grafy:

Q-Q graf ukazuje na shodu s teoretickým normálním rozdělením.



## Závěr:

Testovací kritérium 0.133 je nižší než kvantil  $F(1-\alpha, 2, 12)$ , proto je nulová hypotéza  $H_0$  akceptována.

Pomocí analýzy rozptylu bylo zjištěno, že přípravné práce třech laborantů neměly vliv na výsledek analýzy. Laboranti dodrželi předepsaný postup.

## Úloha 2 Dvozměrná ANOVA bez opakování

### Zadání

V laboratoři jsou dva atomové absorpční spektrometry stejného výrobce ( AAS1:SpectrAA300A , AAS2: SpectrAA880)

Na obou přístrojích pracují 4 odborní pracovníci, kteří si připravili reálný vzorek vody s známým přídatkem standardu. Je nutné rozhodnout, zda kvalitu stanovení ovlivnili odborní pracovníci nebo přístroje.

**Data:** obsah As ( $\mu\text{g/l}$ )

Odborný pracovník	AAS1	AAS2
1	49.8	50.2
2	51.0	49.5
3	49.5	48.5
4	47.6	49.0

Program: **ADSTAT**

Modul: **Analýza rozptylu**

Řešení: **Anova # 2P**

### Řešení:

#### Průměry a efekty úrovní

Proveden výpočet parametrů sloupcových a řádkových průměrů, celkového průměru, sloupcových a řádkových efektů.

Celkový průměr			49.387	Reziduální rozptyl		1.3119
Faktor A			Faktor B			
Úroveň	Průměr	Efekt	Úroveň	Průměr	Efekt	
1	50.000	0.61250	1	49.475	0.0875	
2	50.250	0.86250	2	49.300	-0.0875	
3	49.000	-0.38750				
4	48.300	1.0875				

Tukeyho C = 5.0894

Interakce mezi odbornými pracovníky a přístroji nepředpokládáme. Efekt interakce je nevýznamný.

#### Tabulka ANOVA

Faktor A

Hypotézy:

$H_0$ : Efekty faktoru A jsou nulové

$H_A$ : Efekty faktoru A nejsou nulové

Tabulkový kvantil  $F(1-\alpha, n-1, mn-m-n) = 19.164$

Faktor B

Hypotézy:

$H_0$ : Efekty faktoru B jsou nulové

$H_A$ : Efekty faktoru B nejsou nulové

Tabulkový kvantil  $F(1-\alpha, m-1, mn-m-n) = 18.513$

Zdroj rozptylu	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Testovací kritérium	Závěr H0 je	Spočtená hlad. významnosti
Mezi úrovněmi A	n-1=3	4.9038	1.6346	1.246	akceptována	0.474
Mezi úrovněmi B	m-1=1	0.061249	0.061249	0.047	akceptována	0.849
Rezidua	mn-m-n=2	2.6238	1.3119			
Celkový	mn-1=7	7.5888	1.0841			

### Faktor A

Fisher – Snedecorovo testační kritérium nabývá hodnoty 1.264, která je nižší než je kvantil  $F(1, \alpha, 3, 2) = 19.164$ , spočtená hladina významnosti  $\alpha = 0.474$  je větší než  $\alpha = 0.05$ , proto je nulová hypotéza přijata a vliv faktoru A není statisticky významný.

Kvalita stanovení včetně přípravy vzorku není ovlivněna odbornými pracovníky.

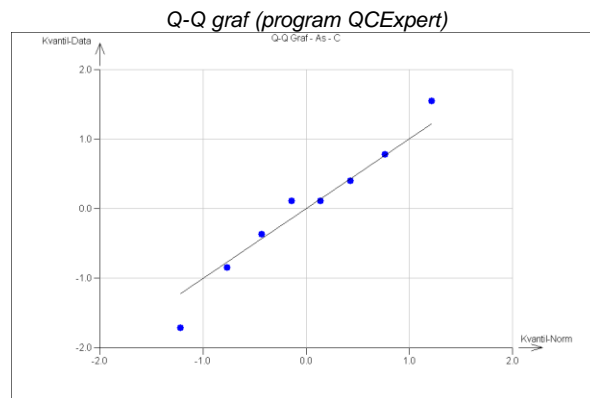
### Faktor B

Fisher – Snedecorovo testační kritérium nabývá hodnoty 0.047, která je nižší než je kvantil  $F(1, \alpha, 1, 2) = 18.513$ , spočtená hladina významnosti  $\alpha = 0.849$  je větší než  $\alpha = 0.05$ , proto je nulová hypotéza přijata a vliv faktoru B není statisticky významný.

Stanovení neovlivňuje typ přístroje SpectrAA.

### **Q-Q graf**

Většina dat splňuje normalitu.



### **Závěr:**

Z uvedených údajů vyplývá, že ani jeden z faktorů, t.j. odborní pracovníci a uvedené typy přístroje stejného výrobce, nemají vliv na kvalitu výsledků měření.

### Úloha 3 Dvojrozměrná ANOVA s opakováním

#### Zadání

V laboratoři na přístroji HITACHI (P1) a Specol (P2) dvě laborantky (L1,L2) proměřovaly koncentrace formaldehydu v absorpčním roztoku. Na každém přístroji provedla každá laborantka tři opakovaná měření. Pomocí analýzy rozptylu zjistěte, zda na výsledek analýzy má vliv laborantka nebo typ přístroje.

**Data:** Formaldehyd (mg/l)

laborant	P1	P2
L1	0.354	0.360
	0.358	0.355
	0.356	0.352
L2	0.355	0.350
	0.349	0.352
	0.352	0.350

Program: **ADSTAT**

Modul: **Analýza rozptylu**

Řešení: **Anova # 2B**

Celkový průměr	0.35358	Reziduální rozptyl	0.000076667		
Faktor A			Faktor B		
Úroveň	Průměr	Efekt	Úroveň	Průměr	Efekt
1	0.35583	0.0022500	1	0.35400	0.00041667
2	0.35133	-0.0022500	2	0.35317	-0.00041667

Interakce mezi odbornými pracovníky a přístroji nepředpokládáme. Efekt interakce je nevýznamný.

#### Tabulka ANOVA pro model bez interakce faktorů A,B

Faktor A

Hypotézy:

$H_0$ : Efekty faktoru A jsou nulové

$H_A$ : Efekty faktoru A nejsou nulové

Tabulkový kvantil  $F(1-\alpha, n-1, mn(o-1)) = 4.459$

Faktor B

Hypotézy:

$H_0$ : Efekty faktoru B jsou nulové

$H_A$ : Efekty faktoru B nejsou nulové

Tabulkový kvantil  $F(1-\alpha, m-1, mn(o-1)) = 4.459$

Zdroj rozptylu	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Testovací kritérium	Závěr H0 je	Spočtená hlad. významnosti
Mezi úrovněmi A	$n-1=1$	0.000060750	0.0000060750	8.807	zamítnuta	0.016
Mezi úrovněmi B	$m-1=1$	0.0000020834	0.0000020834	0.302	akceptována	0.596
Rezidua	$(n-1)(m-1)=9$	0.000062083	0.0000068982			
Celkový	$mno-1=11$	0.00012492	0.0000113556			

### Faktor A

Fisher – Snedecorovo testační kritérium nabývá hodnoty 8.807, která je vyšší než je kvantil  $F(1-\alpha, 1, 11) = 4.459$ , spočtená hladina významnosti  $\alpha = 0.016$  je nižší než  $\alpha = 0.05$ , proto je nulová hypotéza zamítnuta a vliv faktoru A je statisticky významný.

Stanovení je ovlivněno prací laborantky.

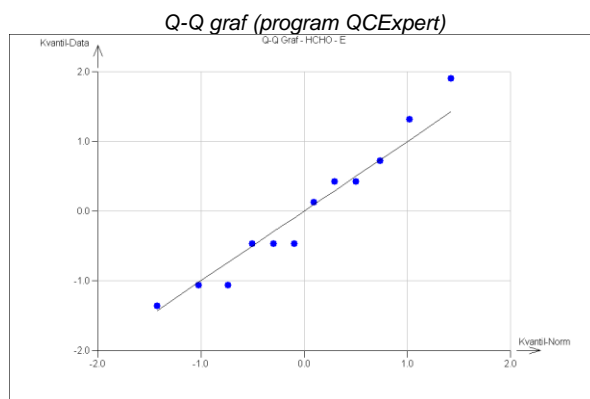
### Faktor B

Fisher – Snedecorovo testační kritérium nabývá hodnoty 0.302, která je nižší než je kvantil  $F(1-\alpha, 1, 11) = 4.459$ , spočtená hladina významnosti  $\alpha = 0.596$  je větší než  $\alpha = 0.05$ , proto je nulová hypotéza přijata a vliv faktoru B není statisticky významný.

Stanovení neovlivňuje typ přístroje.

### **Q-Q graf**

Většina dat splňuje normalitu.



### **Zkouška transformace**

Korelační koeficient, R : 0.5161

Korelační koeficient má hodnotu 0.5161, je blízký nule ( $R < 0.6$ ), není nutné provést transformaci dat.

### **Závěr:**

Dvoufaktorová analýza rozptylu s opakováním prokázala vliv práce laborantek při stanovení formaldehydu.

Vliv přístroje nebyl prokázán.