

Příklad 1: Určení typů sedimentů na základě výsledků mechanicko-fyzikálních a petrografických zkoušek

Zadání: Pro hodnocení pro báňsko-technologických dobývacích podmínek jednotlivých lomů SHP jsou u nadložních sedimentů prováděny laboratorní zkoušky za účelem testování mechanicko-fyzikálních a petrografických vlastností. Uvedené vlastnosti mají zásadní vliv na těžební podmínky a na výkonnost dobývacích strojů. Metodou vícerozměrných dat proveďte testování výsledků laboratorních zkoušek vzorků se zaměřením na zjištění typů zemin. Požaduje se rozdělení maximálně do tří skupin.

Data:

pořad. číslo	jílové minerály %	karbonáty %	objemová hmotnost kg.m ⁻³	vlhkost %	odpor v penetraci N.m ⁻¹	pevnost v tlaku MPa
1	74.00	7.00	1.990	38.30	126.00	1.14
2	49.00	3.00	2.110	28.60	199.00	1.85
3	55.00	7.00	2.100	30.50	125.00	1.20
4	41.00	7.00	2.140	27.80	204.00	0.74
5	47.00	9.00	2.200	28.30	266.00	1.96
6	68.00	4.00	2.150	30.10	322.00	2.54
7	69.00	22.00	1.920	41.60	100.00	0.27
8	57.00	7.00	2.180	29.70	270.00	2.79
9	60.00	6.00	2.230	26.20	357.00	3.44
10	55.00	5.00	2.220	27.40	278.00	2.91
11	61.00	11.00	2.270	29.10	353.00	3.65
12	53.00	5.00	2.150	31.10	205.00	1.51
13	51.00	5.00	2.150	27.60	236.00	1.39
14	53.00	10.00	2.190	29.20	340.00	2.40
15	75.00	3.00	1.990	36.00	89.00	0.39
16	65.00	3.00	2.120	32.60	165.00	0.93
17	51.00	2.00	2.130	31.40	170.00	1.18
18	53.00	4.00	2.160	32.60	210.00	1.63
19	62.00	2.00	2.160	28.80	274.00	2.94
20	63.00	4.00	2.160	29.60	295.00	2.50
21	77.00	5.00	2.050	35.70	170.00	0.67

Data - pokračování I:

22	81.00	3.00	1.930	43.70	77.00	0.46
23	71.00	7.00	2.100	34.60	148.00	0.50
24	59.00	7.00	2.170	39.90	232.00	1.66
25	58.00	5.00	2.130	31.70	280.00	2.36
26	62.00	5.00	2.040	34.60	118.00	0.84
27	42.00	3.00	2.140	28.90	175.00	1.53
28	65.00	17.00	2.340	23.90	490.00	2.95
29	56.00	4.00	2.120	32.00	197.00	1.67
30	51.00	3.00	2.130	28.90	199.00	1.10
31	56.00	16.00	2.120	32.00	235.00	2.20
32	71.00	5.00	2.140	30.00	353.00	1.79
33	55.00	39.00	2.310	32.20	148.00	0.82
34	53.00	2.00	2.160	17.80	402.00	4.90
35	82.00	2.00	2.230	24.20	355.00	3.28
36	67.00	7.00	2.120	29.10	267.00	2.53
37	80.00	4.00	1.940	42.90	91.00	0.50
38	55.00	8.00	2.210	27.80	295.00	2.43
39	66.00	6.00	2.190	29.20	243.00	30.20
40	88.00	2.00	1.930	44.20	57.00	0.31
41	83.00	3.00	1.830	48.30	61.00	0.23
42	94.00	1.00	1.900	43.30	119.00	0.38
43	73.00	7.00	2.180	21.40	387.00	3.55
44	78.00	8.00	1.930	44.00	108.00	0.30
45	55.00	13.00	2.260	27.20	323.00	2.86
46	52.00	12.00	2.340	22.40	460.00	5.48
47	75.00	1.00	1.990	38.00	63.00	0.54
48	80.00	1.00	1.910	35.20	129.00	0.57
49	65.00	2.00	2.070	32.90	141.00	1.72
50	64.00	5.00	2.130	34.00	228.00	1.53

Data - pokračování II:

51	55.00	5.00	2.150	29.30	299.00	2.23
52	59.00	1.00	2.060	28.60	318.00	2.80
53	57.00	4.00	2.190	28.10	302.00	4.05
54	61.00	5.00	2.170	28.60	311.00	2.59
55	84.00	3.00	1.960	45.70	65.00	0.36
56	74.00	10.00	1.970	40.30	174.00	2.59
57	64.00	4.00	2.080	33.90	163.00	0.52
58	59.00	6.00	2.130	32.90	194.00	1.42
59	38.00	8.00	2.170	28.30	199.00	1.19
60	52.00	4.00	2.170	29.60	252.00	1.80
61	52.00	7.00	2.200	28.20	346.00	3.65
62	42.00	46.00	2.220	34.80	476.00	8.38
63	48.00	6.00	2.200	29.90	174.00	1.29
64	54.00	6.00	2.080	33.50	186.00	0.93
65	55.00	5.00	2.140	30.60	271.00	4.98
66	59.00	7.00	2.160	30.60	293.00	3.17
67	49.00	7.00	2.120	31.00	177.00	2.13

Program: STATGRAPHICS - MULTIVARIATE METHODS

Řešení:

A) Metoda hlavních komponent

Analýzou hlavních komponent je redukován počet původních proměnných. Metodou hlavních komponent byl zpracován celý výše uvedený soubor dat. V následující tab.č.1 jsou uvedeny výsledky analýzy hlavních komponent. V prvním sloupci jsou uvedena pořadová čísla jednotlivých komponent, tj. mechanicko-fyzikální a petrografické vlastnosti. Ve druhém sloupci jsou uvedena procenta variability vysvětlená jednotlivými hlavními komponentami, tj. podíly rozptylů jednotlivých hlavních komponent na celkové variabilitě, v pořadí od nejvyššího k nejnižšímu. Ve třetím sloupci jsou tytéž podíly uvedeny kumulovaně a lze z nich určit optimální počet komponent. Většinou se požaduje, aby součet prvních nejvyšších komponent měl 85-92%. Z tab.č.1 vyplývá, že tento předpoklad splňují 3 hlavní komponenta. Na obr.č.1-3 jsou znázorněny grafy metody

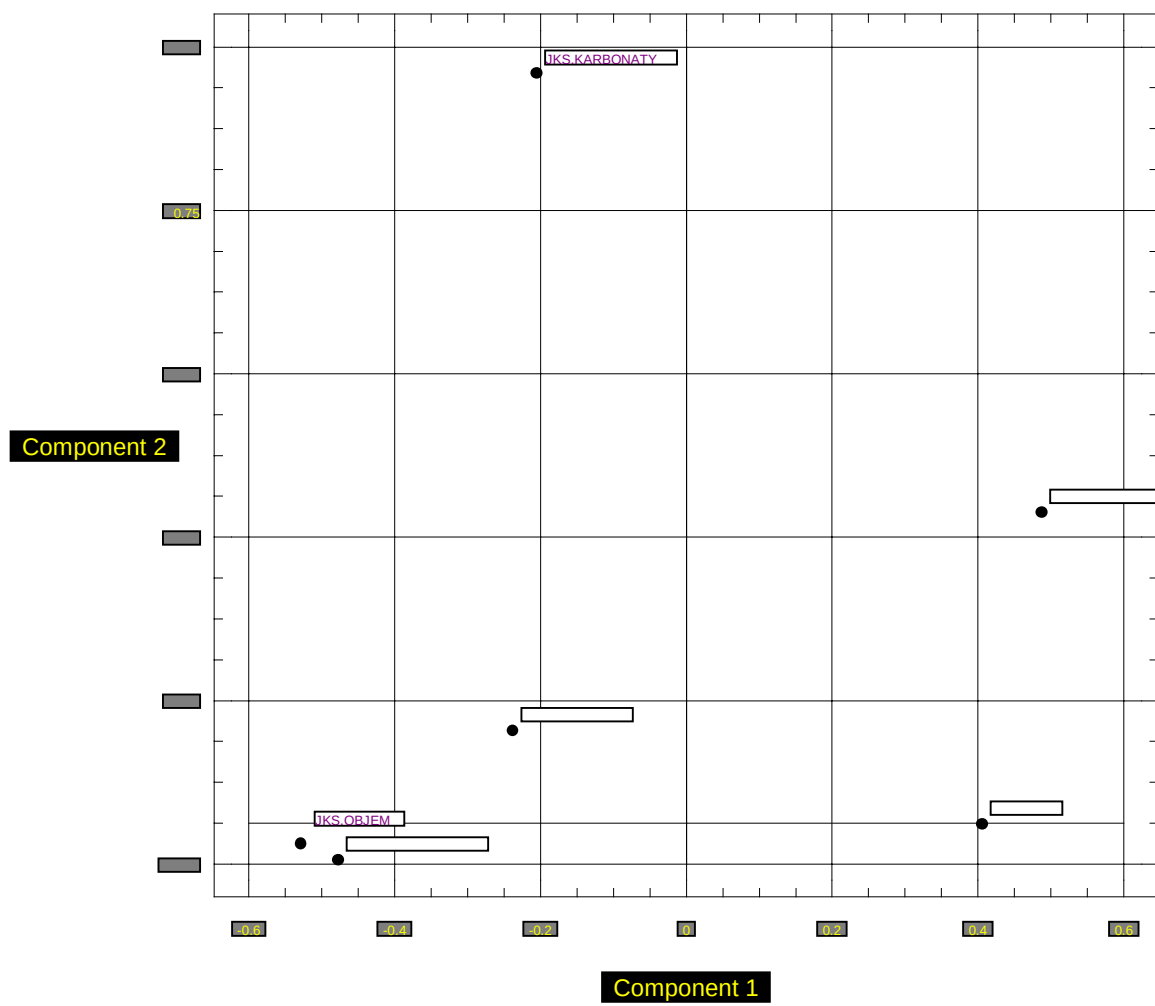
hlavních komponent. Na obr.č.1 je znázorněn **graf komponentních vah** pro první dvě hlavní komponenty u jednotlivých proměnných vstupujících do analýzy. Na obr.č.2 je znázorněn **bodový diagram**, který zobrazuje hodnoty prvních dvou hlavních komponent u jednotlivých objektů. Grafu se využívá ke grafickému ověření předpokladu normality pro další analýzy, např.regresi. Na obr.č.3 je znázorněn **dvojný graf**, který kombinuje oba předchozí grafy. Body představují komponentní skóre jednotlivých objektů. Přímký spojující se v bodě (0,0) představují původní proměnné, délka každé přímký je úměrná svému příspěvku k prvním dvěma hlavním komponentám.

Z číselného výstupu je zřejmé, že 92% splňuje součet rozptylů 3 hlavních komponent. Z grafického výstupu na obr.č.3 vyplývá, že za hlavní komponenta lze považovat obsah karbonátů, vlhkost a objemovou hmotnost. Z grafu je rovněž zřejmé, objemová hmotnost koreluje s výsledkem penetrační zkoušky, přičemž bude penetrace, jak signalizuje délka přímký v grafu, méně důležitá. Data byla standardizována, protože nejsou vyjádřena ve stejných jednotkách.

Tab.č.1: Analýza hlavních komponent

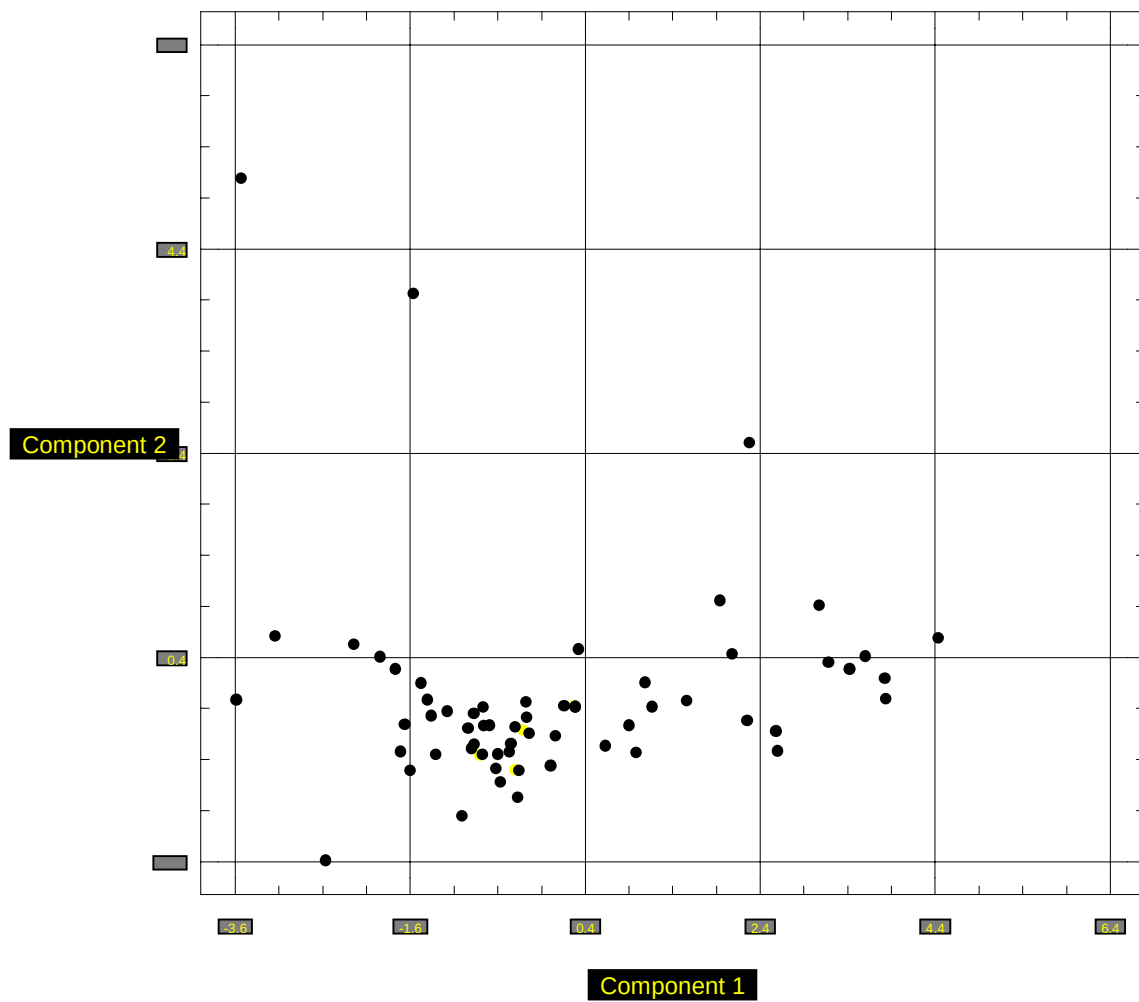
Principal Components Analysis		
Component	Percent of Cumulative	
Number	Variance	Percentage
1	54.80948	54.80948
2	16.48587	71.29534
3	15.42084	86.71619
4	8.89351	95.60970
5	2.58359	98.19329
6	1.80671	100.00000

Plot of First Two Component Weights



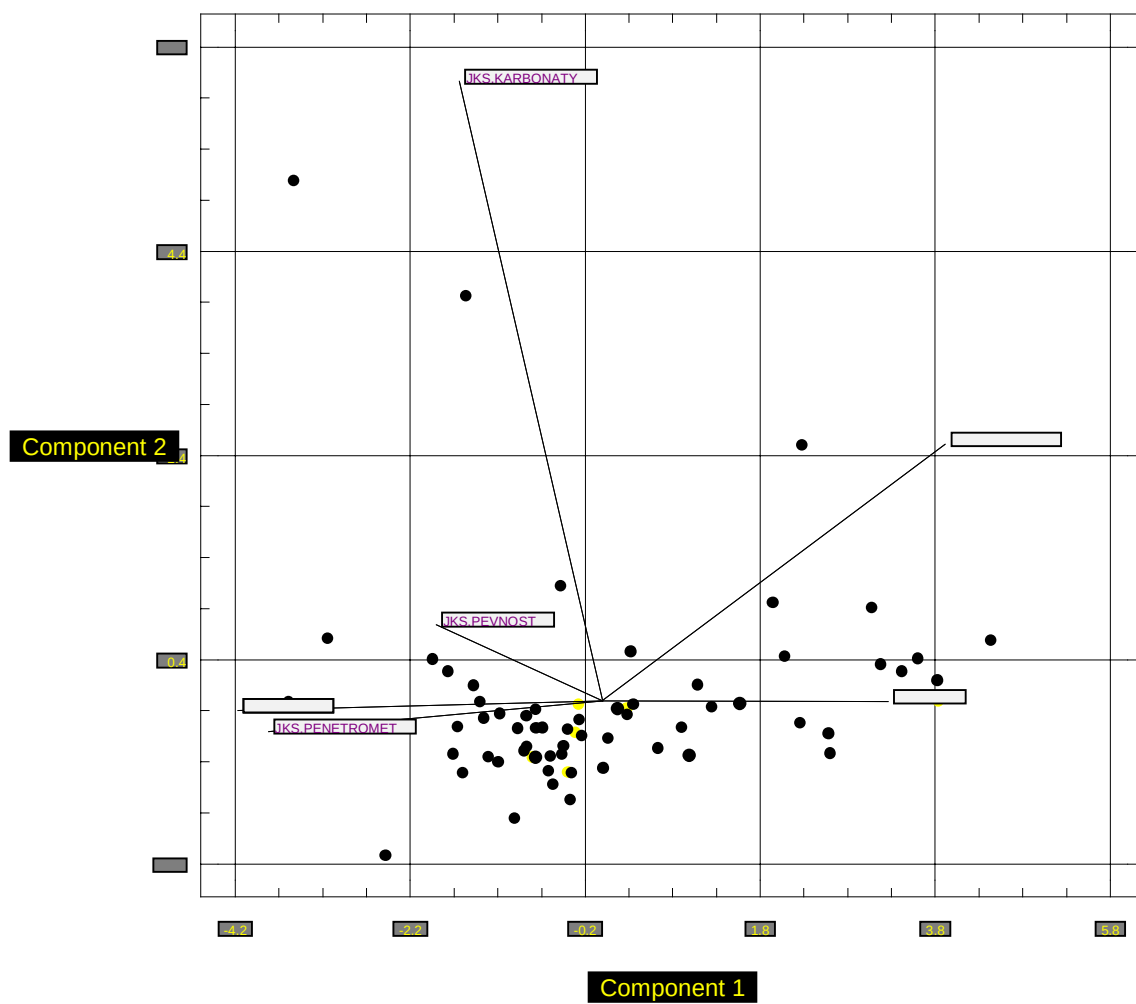
Obr.č.1

Plot of First Two Principal Components



Obr.č.2

Biplot for First Two Principal Components



Obr.č.3

B) Faktorová analýza

Faktorová analýza, podobně jako analýza hlavních komponent patří mezi metody redukce počtu proměnných. Na rozdíl od komponentní analýzy lze při faktorové analýze vysvětlit závislosti proměnných. Vstupní data byla standardizována podobně jako u analýzy hlavních komponent. Jako typ rotace byla zvolena metoda Equimax, která spojuje kritéria metody Varimax a Quartimax, což znamená, že při rotaci je maximalizován rozptyl čtverců faktorových vah a zároveň je maximalizován součet čtvrtých mocnin faktorových zátěží. V tab.č.2 jsou ve druhém sloupci uvedeny odhady komunalit (čtverce indexu korelace), příslušná charakteristická čísla, dále procenta variability v pátém sloupci a v posledním sloupci kumulativně. V tab.č.3 je uvedena matice faktorových vah, její jednotlivé prvky představují kovariance mezi jednotlivými proměnnými (v řádcích) a společnými faktory (v sloupcích). V další tabulce č.4 jsou uvedeny odhady komunalit odpovídající faktorové matici v tab.č.3. V tab.č.5 je uveden výpis matice faktorových vah po rotaci. Ve srovnání s původní maticí je zřejmé, že se sloupce zjednodušily. První faktor je silně korelován první, třetí, čtvrtou a pátou proměnnou, druhý faktor je korelován druhou proměnnou.

Tab.č.2: Faktorová analýza

Variable	Communality	Factor	Eigenvalue	Percent Var	Cum Percent
JKS.JÍLY	0.55125	1	3.28857	54.8	54.8
JKS. KAR-BONÁTY	0.41832	2	0.98915	16.5	71.3
JKS.OBJEM. HMOTNOST	0.81684	3	0.92525	15.4	86.7
JKS. VLHKOST	0.82620	4	0.53361	8.9	95.6
JKS.ODPOR V PENETRACI	0.72435	5	0.15502	2.6	98.2
JKS. PEVNOST	0.13562	6	0.10840	1.8	100.0

Tab.č.3: Matice faktorových vah

Factor Matrix		
Variable/Factor	1	2
JKS.JÍLY	0.73734	-0.00160
JKS. KARBONÁTY	-0.37077	0.91200
JKS.OBJEMOVÁ HMOTNOST	-0.94399	-0.01458
JKS. VLHKOST	0.88554	0.37760
JKS.ODPOR V PENETRACI	-0.86443	-0.04550
JKS. PEVNOST	-0.43000	0.11198

Tab.č.4: Odhady komunalit faktorové matice

Variable	Est Communality
JKS.JÍLY	0.54367
JKS. KARBONÁTY	0.96922
JKS.OBJEMOVÁ HMOTNOST	0.89133
JKS. VLHKOST	0.92675
JKS.ODPOR V PENETRACI	0.74931
JKS. PEVNOST	0.19744

Tab.č.5: Matice faktorových vah po rotaci

EQUIMAX ROTATED FACTOR MATRIX		
Variable/Factor	1	2
JKS.JÍLY	-0.71146	-0.19364
JKS. KARBONÁTY	0.12036	0.97710
JKS.OBJEMOVÁ HMOTNOST	0.91519	0.23186
JKS. VLHKOST	-0.95333	0.13385
JKS.ODPOR V PENETRACI	0.84643	0.18128

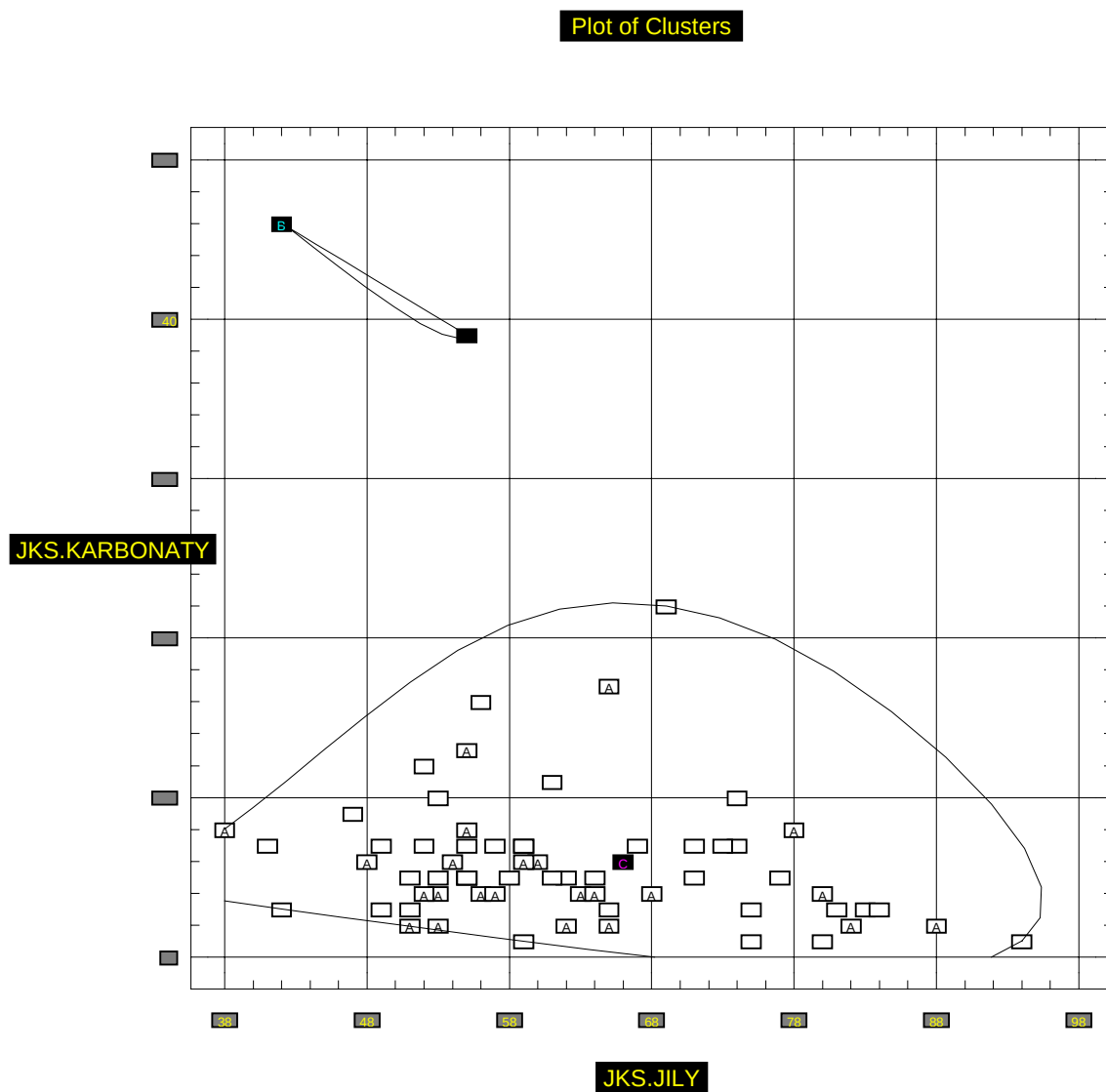
JKS. PEVNOST	0.38598	0.22014
---------------------	---------	---------

C) Shluková analýza

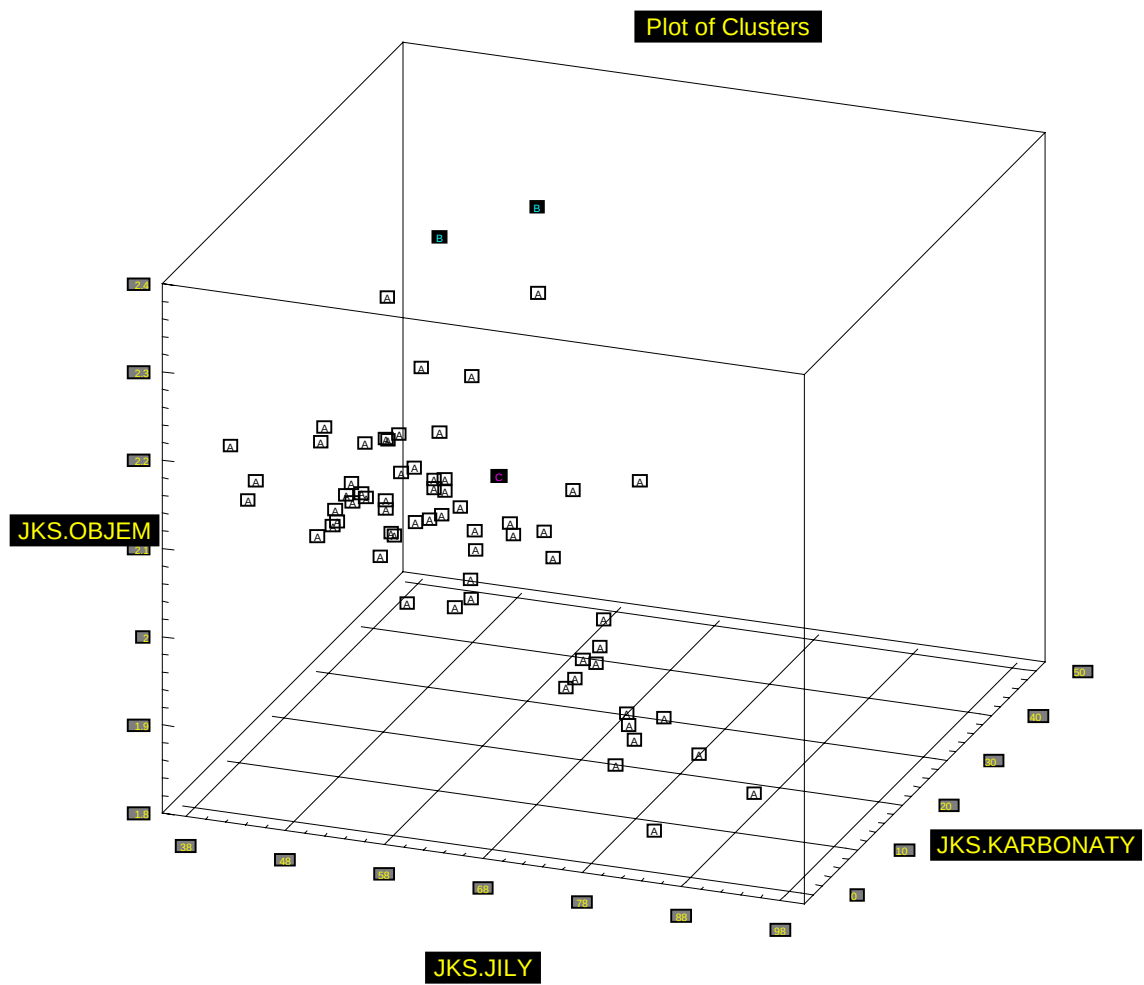
Shlukovou analýzou byla zkoumána podobnost vícerozměrného objektu a provedeno roztrídění do skupin. Jak je uvedeno v zadání, je požadováno, aby vzorky byly rozděleny do tří skupiny. Soubor byl zpracován eukleidovskou metrikou metodou nejbližšího souseda (Nearest), kde kritériem pro spojování shluků je minimum z možných mezishlukových vzdáleností objektů. Vstupní proměnné jsou vyjádřeny v různých měrných jednotkách, proto byla provedena standardizace. Jak vyplývá z tab.č. 6 a z grafů 4 a 5, do jednoho shluku bylo zařazeno 64 vzorků a do druhého 2 vzorky, tj. vzorek č. 33 a 62, a do třetího shluku pouze 1 vzorek, č.39.

Tab.č.6:

Results of Clustering by Single Linkage or Nearest Neighbor Method		
Cluster	Frequency	Percentage
1	64	95.5224
2 (vz.č.33, 62)	2	2.9851
3 (vz.č.39)	1	1.4925



Obr.č.4



Obr.č.5

D) Výpočet korelační matice

Výsledkem korelační analýzy je korelační matice uvedená v tab.č.7. pro každou dvojici proměnných je uveden korelační koeficient, tj. číslo popisující míru souvislosti mezi dvěma proměnnými. Korelační matice byla vypočtena pro 67 vzorků. V prvním řádku a prvním sloupci jsou uvedeny názvy proměnných. **V prvním řádku** každé proměnné jsou uvedeny **korelační koeficienty**. Na diagonále jsou jednotky, protože souvislost každé proměnné se sebou samou je samozřejmě absolutní. **V druhém řádku** každé proměnné je uvedena **hladina významnosti**, tj. pravděpodobnost, že při skutečné nulové korelaci by empiricky zjištěný korelační koeficient mohl dosáhnout nynější hodnoty. Je-li toto číslo malé (menší než 0.05), pak lze usoudit, že mezi příslušnými proměnnými existuje nějaká souvislost. Její síla je posuzována podle velikosti korelačního koeficientu. Je-li velikost korelačního koeficientu menší než 0.5, nelze mezi proměnnými hovořit o závislosti.

Z korelační matice lze vyčíst následující závislosti. Poměrně vysoká závislost je patrná mezi objemovou hmotností a vlhkostí, objemovou hmotností a penetrometrem a vlhkostí a penetrometrem. Dále byla zjištěna korelace i mezi obsahem jílových minerálů a objemovou hmotností a obsahem jílových minerálů a vlhkostí. Ostatní závislosti jsou statisticky nevýznamné.

Tab.č.7: Korelační matice

	jíly	karbonáty	objemová hmotnost	vlhkost	penetrometr	pevnost
jíly	1.0000	-0.2748	-0.6622	0.6229	-0.4148	-0.1171
	0.0000	0.0244	0.0000	0.0000	0.0005	0.3455
karbo- náty	-0.2748	1.0000	0.3411	-0.0203	0.2859	0.1368
	0.0244	0.0000	0.0047	0.8704	0.0190	0.2697
objem. hmotn.	-0.6622	0.3411	1.0000	-0.8255	0.7849	0.3167
	0.0000	0.0047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090
vlhkost	0.6229	-0.0203	-0.8255	1.0000	-0.7637	-0.2800
	0.0000	0.8704	0.0000	0.0000	0.0000	0.0217
penetro- metr	-0.4148	0.2859	0.7849	-0.7637	1.0000	0.3472
	0.0005	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040
pevnost v tlaku	-0.1171	0.1368	0.3167	-0.2800	0.3472	1.0000
	0.3455	0.2697	0.0090	0.0217	0.0040	0.0000

E) Výpočet kovarianční matice

Výsledkem kovarianční analýzy je kovarianční matice uvedená v tab.č.8. V hodnotě kovariance se odráží sice variabilita jednotlivých proměnných, ale nelze bezprostředně usuzovat na míru souvislosti. Používá se především jako vstup pro další výpočty.

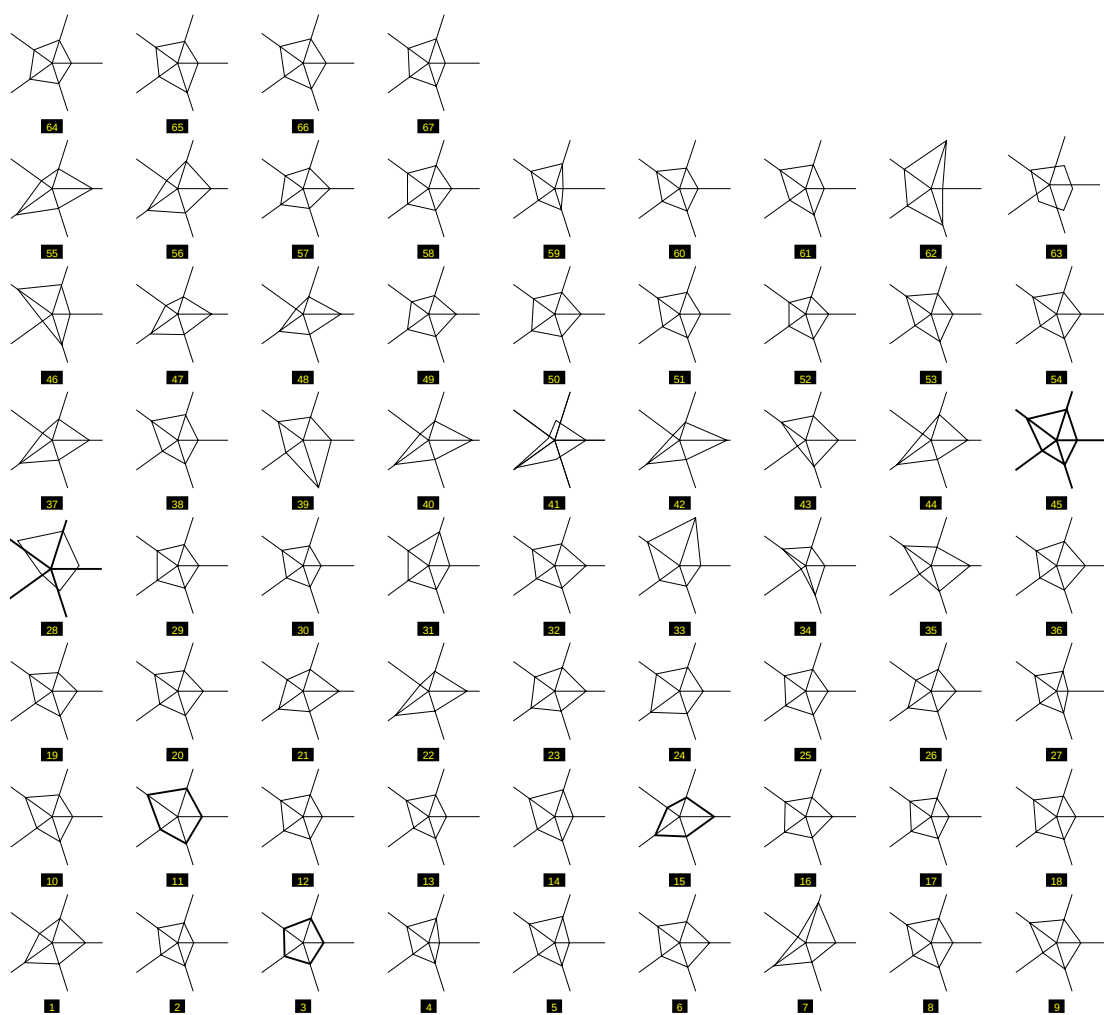
Tab.č.8: Kovarianční matice

	jíly	karbonáty	objem.hm.	vlhkost	penetrometr	pevnost
jíly	147.457	-24.6278	-0.86828	45.2777	-523.544	-5.32243
karbonáty	-24.6278	54.4767	0.27182	-0.89738	219.353	3.78068
objem. hm.	-0.86828	0.27182	0.01166	-0.53357	8.80965	0.12805
vlhkost	45.2777	-0.89738	-0.53357	35.8332	-475.178	-6.27718
penetrometr	-523.544	219.353	8.80965	-475.178	10804.9	135.140
pevnost	-5.32243	3.78068	0.12805	- 6.27718	135.140	14.0217

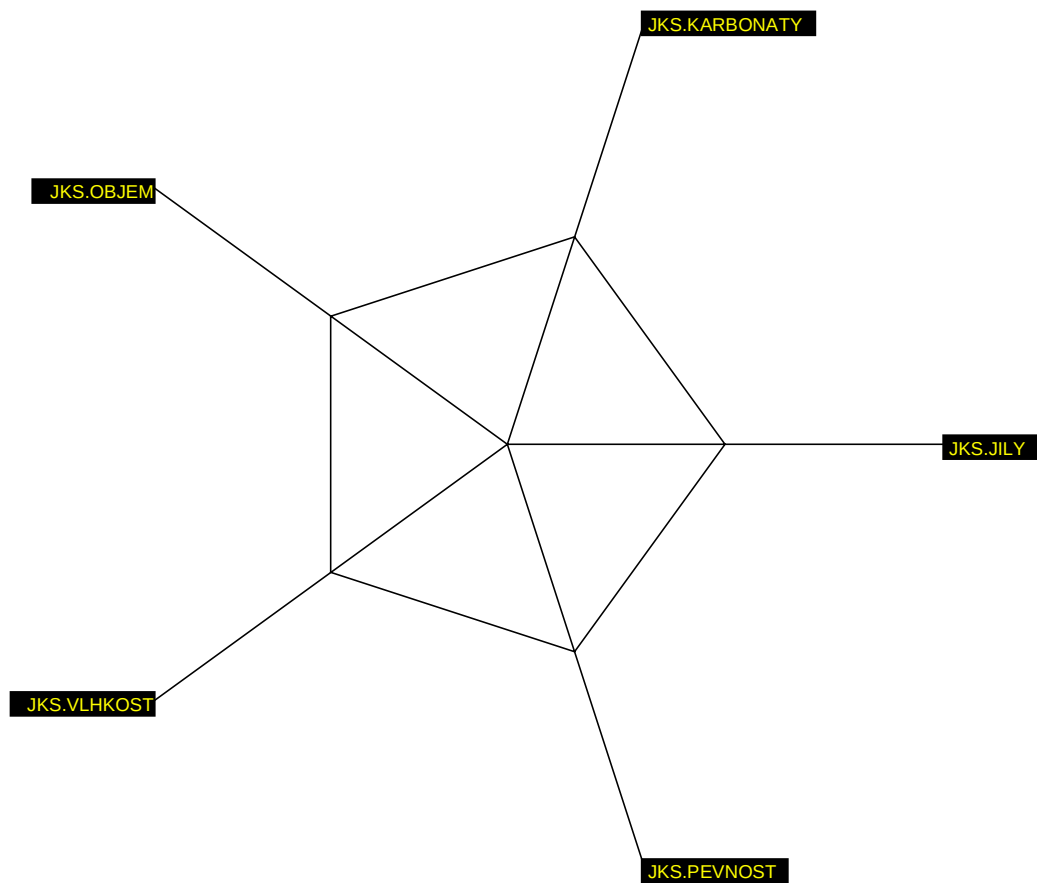
F) Grafické zkoumání podobnosti objektů

1. Sun Ray Plot - graf slunečních paprsků

Graf slouží k vizuálnímu srovnání zadaných vícerozměrných objektů, ve sledovaném případě se jedná o výsledky pěti laboratorních zkoušek vzorků nadložních sedimentů SHP z hlediska jejich porovnání s průměrným objektem. Procedura Statgraphicsu Sun Ray Plot nakreslí pro každý vzorek hvězdici, která se skládá z paprsků spojených ve společném bodě a úseček mezi paprsky, které tvoří polygon. Počet paprsků odpovídá počtu proměnných. Střed polygonu představuje průměr odpovídající proměnné a délka paprsku je 2n násobek směrodatné odchylky dané proměnné. Na obr.č.6 je 67 polygonů testovaných vzorků, klíč je znázorněn na obr.č.7. Dle vizuálního posouzení jednotlivých polygonů je zřejmé, že z hlediska jejich velikosti lze zaznamenat jejich podobnost. Hledáním podobnosti na základě tvaru polygonu lze usoudit na odlišné tvary zejména u vzorků č. 33, 39 a 62 od ostatních polygonů,



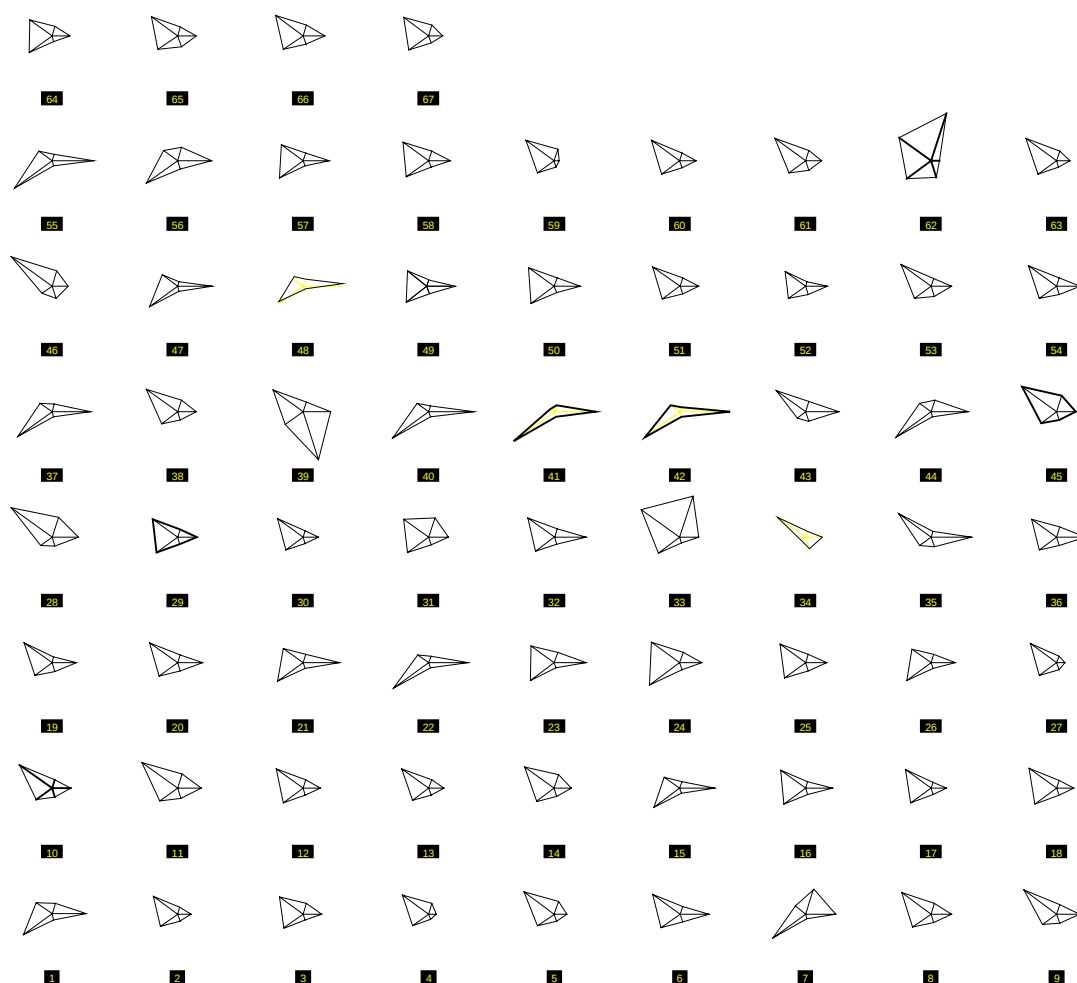
Obr.č.6: Graf slunečních paprsků



Obr.č.7: Klíč ke grafu slunečních paprsků

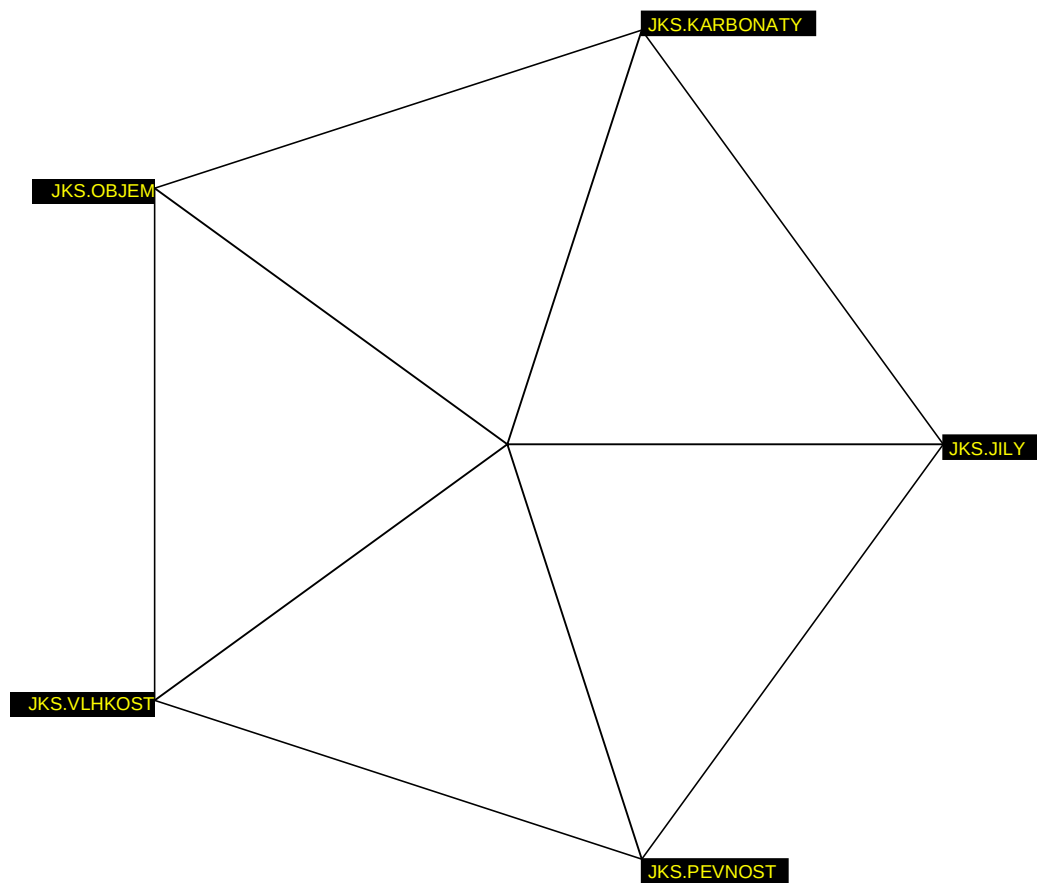
2. Star Symbol Plot - hvězdicový symbolický graf

Graf podobně jako předchozí slouží rovněž k vizuálnímu zobrazení podobnosti více-rozměrných objektů. Skládá se z paprsků, které reprezentují relativní hodnoty proměnných u jednotlivých objektů. Paprsky se spojují v jednom bodě. Nejkratší paprsek signalizuje, že příslušná proměnná má nejmenší hodnotu a nejdelší paprsek informuje o nejvyšší hodnotě příslušné proměnné. Na obr.č.8 je 67 polygonů testovaných vzorků, klíč je znázorněn na obr.č.9. Podobně jako u předchozího grafu lze konstatovat, že polygony co do velikosti jeví určitou podobnost. Zhodnocením souboru na základě tvaru polygonů je ještě více zřetelnější, než u předchozího grafu slunečních paprsků, odlišnost polygonů vzorků č. 33, 39 a 62.



Obr.č.8: Hvězdicový symbolický

graf



Obr.č.9: Klíč ke hvězdicovému symbolickému grafu

Závěr:

Soubor výsledků mechanicko-fyzikálních a petrografických zkoušek 67 vzorků nadložních sedimentů SHP byl zpracován metodou vícerozměrných dat paketou Statgraphics s využitím metody hlavních komponent, faktorové analýzy, shlukové analýzy, dále byl proveden výpočet korelační a kovarianční matice a použity grafické zobrazovací-diagnostické metody : Sun Ray Plot - graf slunečních paprsků a Star Symbol Plot - hvězdicový symbolický graf.

Výsledkem metody hlavních komponent je zjištění, že existují tři hlavní komponenta, z grafického zhodnocení ve dvojném grafu (Biplot) je zřejmé, že za hlavní komponenta lze považovat obsah karbonátů, vlhkost a objemovou hmotnost. Faktorová analýza potvrzuje existenci 3 hlavních komponent.

Shlukovou analýzou byla zkoumána podobnost vícerozměrných objektů a provedeno roztrídění do tří skupin. Výsledkem této analýzy je zařazení 64 objektů do prvního shluku, do druhého shluku byly zařazeny vzorky č. 33 a 62 a do třetího shluku pouze vzorek č. 39.

Výsledkem korelační analýzy je korelační matice, která popisuje míru souvislosti mezi jednotlivými proměnnými. Korelační závislost byla zjištěna mezi objemovou hmotností a vlhkostí, objemovou hmotností a odporem v penetraci, vlhkostí a odporem v penetraci, dále mezi obsahem jílových minerálů a objemovou hmotností a obsahem jílových minerálů a vlhkostí. Zjištění uvedených závislostí případně umožňuje další využití při hledání regresních vztahů. Rovněž vypočtená kovarianční matice se používá jako vstup pro další výpočty.

Grafickým zkoumáním podobnosti objektů dvěma metodami byla zjištěna odlišnost objektů č. 33, 39 a 62. Toto zjištění je shodné s výsledky shlukové analýzy, kde uvedené vzorky byly zařazeny do jiných skupin než zbývající 64 vzorky. Při bližším studiu výsledků, viz data v zadání) je zřejmé, že vzorek č.33 a 62 má vysoký obsah karbonátů a vzorek č.39 vykazoval vysokou pevnost v prostém tlaku. Rovněž vzorek č.62 má vyšší pevnost v prostém tlaku než ostatní vzorky. Tyto okolnosti mohou způsobit značné obtíže při odklizu nadložních sedimentů těžebními stroji.

Název souboru:	SEDIMENT
Adresář:	E:\Pom\vicerozm
Šablona:	D:\Program Files\Microsoft Office\Sablony\Normal.dot
Název:	Příklad 2: Určení typů sedimentů na základě výsledků mechanicko-fyzikálních a
Předmět:	
Autor:	Oldřich Orlt
Klíčová slova:	
Komentáře:	
Datum vytvoření:	12.05.97 17:35
Číslo revize:	27
Poslední uložení:	16.05.97 10:31
Uložil:	Oldřich Orlt
Celková doba úprav:	149 min.
Poslední tisk:	15.09.00 09:58
Jako poslední úplný tisk	
Počet stránek:	20
Počet slov:	3 151 (přibližně)
Počet znaků:	17 962 (přibližně)