

Nové poznatky z vyhodnocovania počtosti orientácie diskontinuít v horninovom masíve

GEJZA ZAHORANSKÝ*, IGOR PIOVARČÍ*, TIBOR SASVÁRI**,
VIERA PIOVARČIOVÁ*, JÁN DINIS*

* Ústav pre výskum rúd Mníšek pod Brdy, pobočka Košice, Magnezitárska 11,
042 76 Košice

** Katedra geológie a mineralógie Baníckej fakulty Vysokej školy technickej,
park Komenského 15, 040 00 Košice

Doručené 7. 8. 1986

Akceptované 23. 12. 1987

Новые данные при оценке чётности ориентировки дисконтинуит в породном массиве

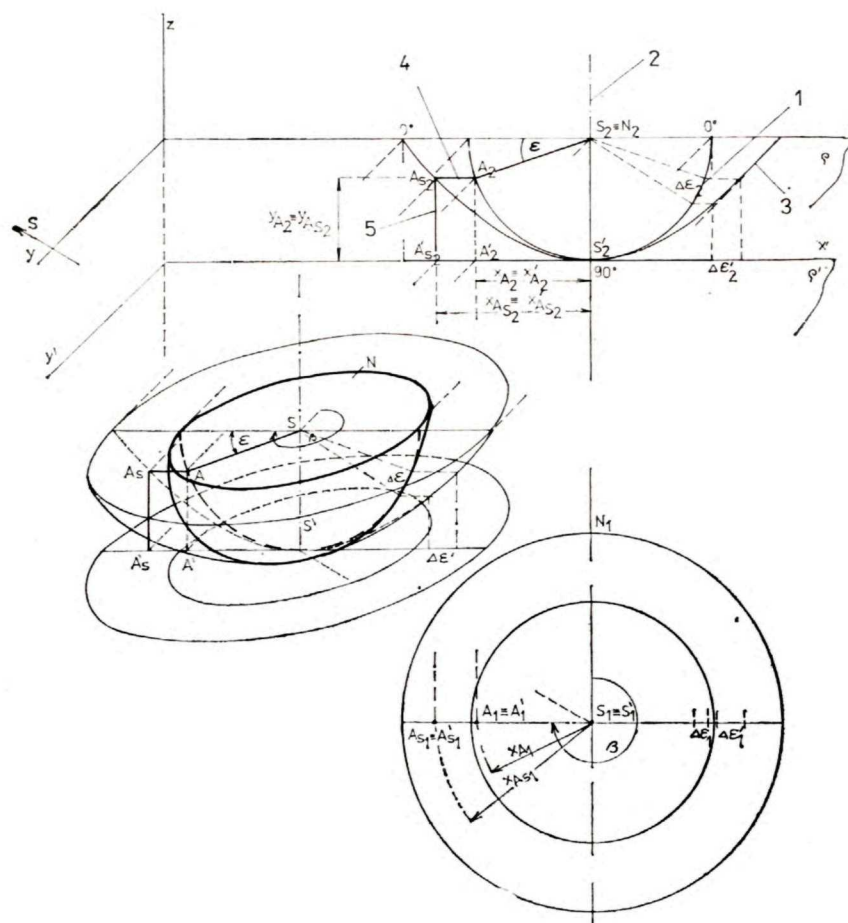
Новым первоначальным способом решена проблема графического изображения и оценки собранных информации пространственной ориентировки дисконтинуит в массиве. Способ проекции дисконтинуит, оценка их густоты чётности обработаны для мануальной и машинной обработки вычислительной техникой. Предложена также инструкция для оформления принятых способов проекции для обработки вычислительной техникой и повышения точности и наглядности результатов и их оценки.

New knowledge on evaluation of discontinuities in the rock massif from frequency distribution data

A new graphic procedure is used to evaluate the obtained data on discontinuities in a rock massif. Modes of discontinuity projection and evaluation of frequency distribution patterns are given for manual and computerized processing. The paper introduces modifications of projection, processes for the improvement of accuracy and of synoptical treatment of obtained data using computer technique.

Pri dokumentácii horninového masívu je potrebné merať, graficky zaznamenávať a vyhodnocovať plochy diskontinuít napr. pri geotechnických prácach, kde diskontinuít zohrávajú dôležitú úlohu pri posudzovaní stability masívu (Matula, 1979; Rozložník et al., 1983, 1984; Yamatomi et al., 1987). Oproti ostatným informáciám

o horninovom masíve práve faktor narušenia diskontinuitami vo vzťahu k stavu stability masívu sa matematicky formuluje ťažko (Boone et al., 1986; Dayre et al., 1986; Kořínek, 1983; Pavlík, 1981; Schejbal, 1983). Preto vhodná forma spracovania súboru informácií o priestorovej orientácii diskontinuít použiteľná pre prax zvý-



Obr. 1. Premietanie sínusovou projekciou.

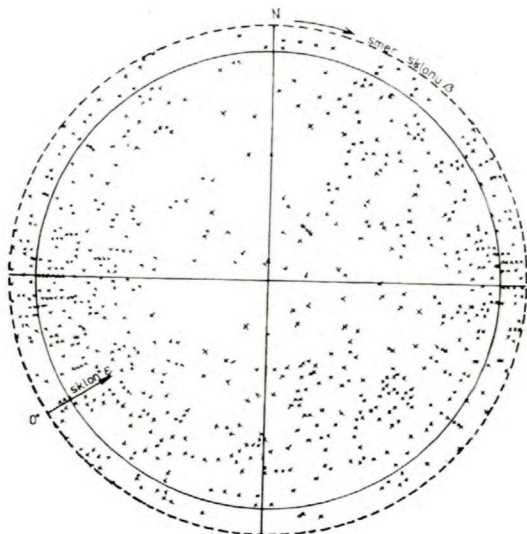
Fig. 1. Sinusoidal projection of data.

ši názornosť dokumentácie diskontinuit masívu (Piovarčí, 1987; Zahoranský et al., 1985a).

Najvhodnejším spôsobom záznamu parametrov priestorovej orientácie diskontinuity sú azimutálne projekcie (Dimitrijevič, 1956; Slivovský, 1977). Pri ich použití spádová priamka vychádzajúca zo stredu pologule vytvorí priesečník (stopník) s pologuľovou plochou, ktorý sa v azimutálnom priemietaní zobrazí na priemetni tožnej alebo paralelnej s rovníkovou ro-

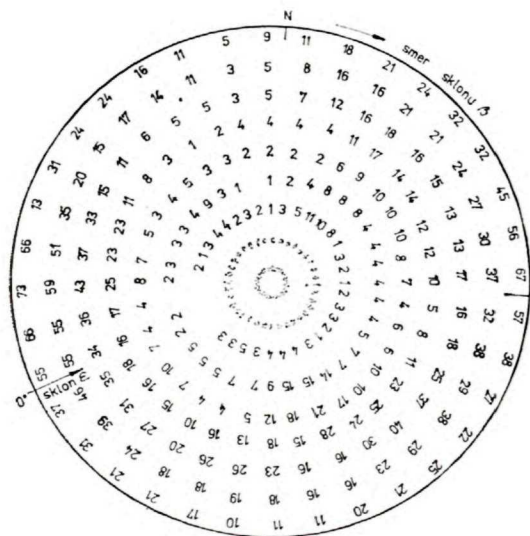
vinou. Výsledkom tohto priemetu je stereodiagram.

Z azimutálnych projekcií má ortografická i stereografická nevýhodu, že vzdialenosti čiastkových rovnobežiek sklonu (volených napr. po 10°) v polárnych sieťach nie sú konštantné — majú rôznu hustotu. Pri vyhodnocovaní hustoty početnosti takto zobrazených diskontinuit je potrebné použiť zvláštne pomôcky (premenlivé počítadlo, resp. sieť), čo spôsobuje ťažkosti pri manuálnom, ale aj strojnom vyhod-



Obr. 2. Záznam priesečníkov normál diskontinuit.

Fig. 2. Record of intersection points of discontinuity plane poles.



Obr. 3. Hustota početnosti (normály). $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.

Fig. 3. Density of the frequency distribution (normals). $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.

nocovaní.

Aby sme zjednodušili záznam orientácie plôch diskontinuit, hľadali sme taký spôsob premietania, ktorý by uvedenú nevýhodu odstránil, čo by zjednodušilo aj vyhodnocovanie.

Vyhovujúce riešenie sme dosiahli projekciou, ktorú sme nazvali sínusová (Piovarčí, 1987; Zahoranský et al., 1985a, b; obr. 1).

Bod A z povrchu pologuľovej plochy 1 na rovinu $\rho \parallel \rho'$ a kolmú na os pologuľy 2 premietneme pomocou rotačnej sinusoidy 3 vychádzajúcej z pólu S' pologuľy, a to tak, že rovnobežka 4 s rovinou ρ , prechádzajúca bodom A, nám pretne rotačnú sínusoidu v bode A_s, ktorého kolmý priemet 5 do roviny ρ' je hľadaný priemet A_s bodu A.

V každom reze pologuľy prechádzajúcom jej osou majú body ležiace v pravouhlom súradnom systéme na polkružnici súradnice závislé od uhla sklonu ε (0° – 90°) a polomeru r pologuľovej plochy

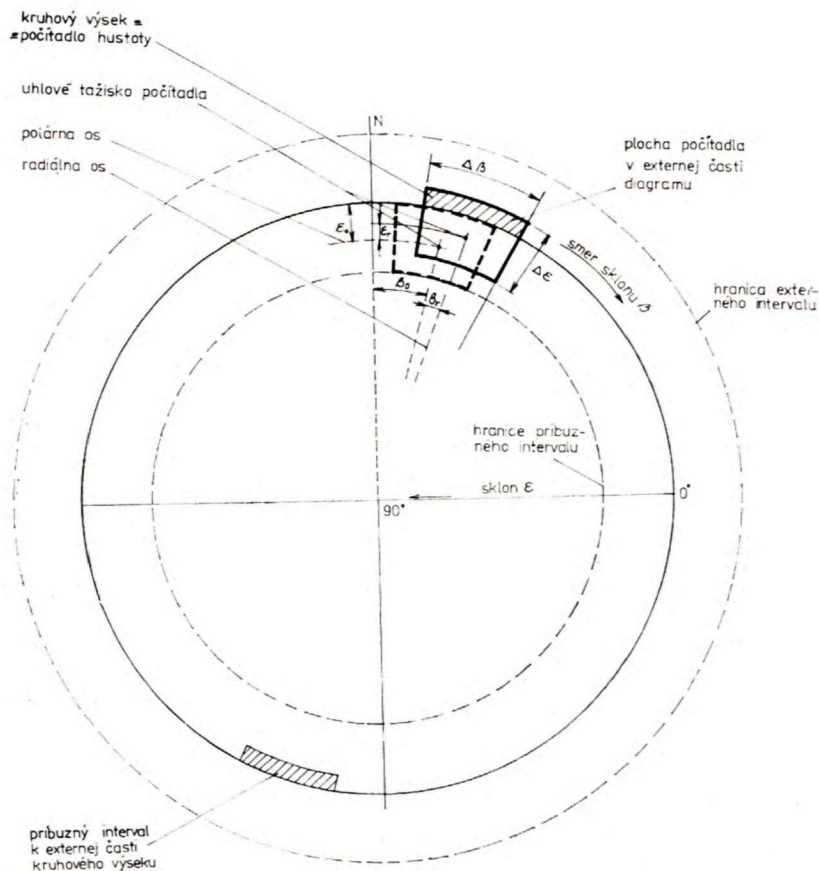
$$x_{As} = x'_{As} = \frac{\pi r}{180^\circ} (90^\circ - \varepsilon),$$

$$y_{As} = y'_{As} = r - r \sin \varepsilon = r (1 - \sin \varepsilon).$$

$$\text{Pre opačný prevod platí } r = \frac{180^\circ \cdot x'}{(90^\circ - \varepsilon)}.$$

Z predchádzajúcich matematických vzťahov vyplýva, že v sieti nedochádza k zahusťovaniu rovnobežiek sklonu a ľubovoľná dĺžka $\Delta\varepsilon'$ sa rovná zodpovedajúcej dĺžke oblúka $\Delta\varepsilon$ na guľovej ploche, čo umožňuje jednoznačné určenie polohy priesečníka spádovej priamky s pologuľovou plochou nielen pre strojové spracovanie. Z uvedeného vyplýva aj jednoduchá konštrukcia polárnej záznamovej siete (počítadla hustoty diskontinuit).

V ďalšej časti uvádzame príklady záznamu orientácie diskontinuit konvenčným spôsobom (obr. 2, 3, 5), ako aj opisovanou



Obr. 4. Základné pojmy vyhodnocovania hustoty početnosti.

Fig. 4. Basic principles of frequency distribution density evaluation.

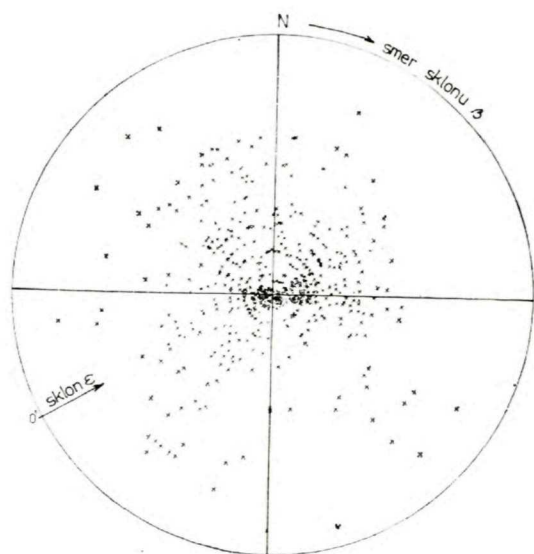
sínusovou projekciou, ktorá zvyšuje prehľadnosť záznamu prvotných informácií vyhodnocovania, ako aj výpočtu jej hustoty. Súbor hodnôt orientácie diskontinuít je z magnezitového ložiska Dúbravský masív Slovenských magnezitových závodov, n. p., Košice, závodu Jelšava. Na obr. 2 je výstup z počítača, na ktorom sú zaznamenané priesečníky normál plôch diskontinuít. Diagram je vo vonkajšej oblasti (okolie 0° sklonu) rozšírený o príbuzný protitahlý interval, čo vyplýva z metodiky

vyhodnocovania početnosti hustoty diskontinuít v cirkulárnom intervale.

V ďalšom postupe zhodnocovania zaznamenaných informácií, smerujúceho k ich praktickému využitiu, sa pristúpi k výpočtu hustoty početnosti plôch diskontinuít.

Na obr. 4 sú objasnené základné pojmy, ktoré súvisia s výpočtom hustoty početnosti diskontinuít (alebo iných štruktúrnych prvkov).

Hustota početnosti sa vzťahuje na plo-



Obr. 5. Záznam priesečníkov spádových priamok diskontinuit.

Fig. 5. Record of intersection points of discontinuity plane slopes (inclinations).

chu kruhového výseku (počítadlo hustoty) určeného parametrom smerovej orientácie $\Delta\beta$ a sklonu $\Delta\varepsilon$. Početnosť výskytu zapíšeme do uhlového ťažiska kruhového výseku, ktorého zvolená počiatočná poloha na diagrame je určená polárnou β_0 a radiálnou súradnicou ε_0 ťažiska (napr. na obr. 3 a 10 sú zvolené po 5°). Z tejto polohy posúvame počítadlo v smere polárnej osi krokom β_r a radiálnej osi krokom ε_r (v obrázku $10 : \beta_r = 10^\circ$, $\varepsilon_r = 10^\circ$). Parametre kruhového výseku a krok posunu sú závislé od potreby presnosti určenia rozptylu hustoty orientácie. Teoretické závislosti týchto parametrov sme ďalej neskúmali. Plnou čiarou ohraničená plocha kruhového výseku na obrázku je v polohe s presahom do externej časti diagramu, ktorej hodnoty sú prenesené z príbuzného intervalu k externej časti výseku. Hranice intervalov sú závislé od veľkosti sklonového parametra kruhového výseku.

Na obr. 3 je počítačový záznam výpočtu

hustoty orientácie normál diskontinuit. Číselný záznam sa smerom do stredu stáva neprehľadný. Obdobná situácia, znemožňujúca vyhodnotiť nielen strojový záznam, je i pri zázname priesečníkov spádových priamok diskontinuit obr. 5.

Jedným zo spôsobov odstránenia tohto nedostatku záznamu je valcová rovinná projekcia. Spôsob orientovaného priradenia základného záznamu k príbuznej externej časti z dôvodu naplnenia hraničného intervalu zobrazuje obr. 6.

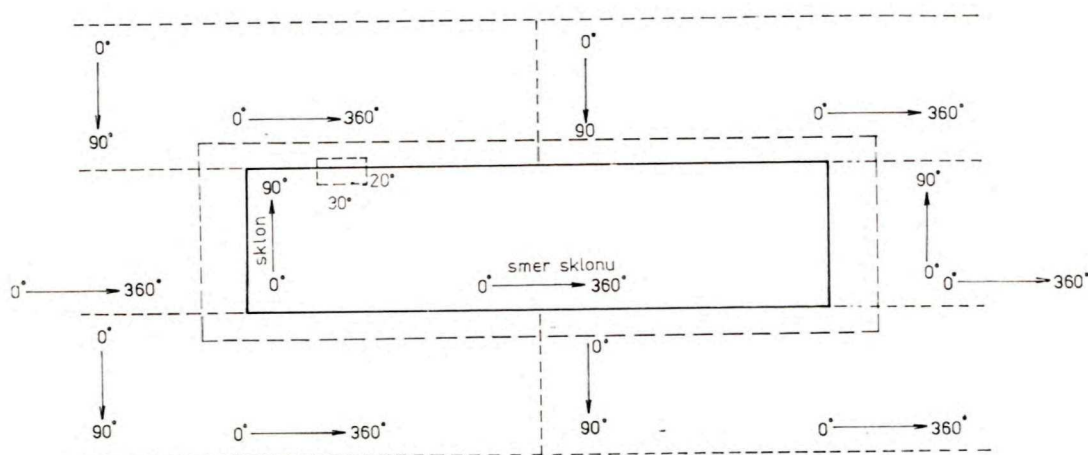
Hustota početnosti sa vypočíta podobne ako pri kruhovom diagrame. Hustota sa vzťahuje na uhlový výsek — počítadlo — určené smerovým a sklonovým intervalom ($30^\circ \times 20^\circ$). Tento spôsob záznamu dokumentovaných a vyhodnocovaných veličín je výhodný zvlášť pri manuálnom spôsobe vyhodnocovania. Pre priestorovú orientáciu je však výhodnejší záznam do kruhového stereodiagramu.

Na obr. 7 je strojový záznam pólov normál diskontinuit vo valcovej rovinnej projekcii s častou hraničného intervalu.

Na obr. 8 je výpočet hustoty predchádzajúceho záznamu, ktorá sa vzťahuje na plochu počítadla — uhlový výsek $30^\circ \times 20^\circ$.

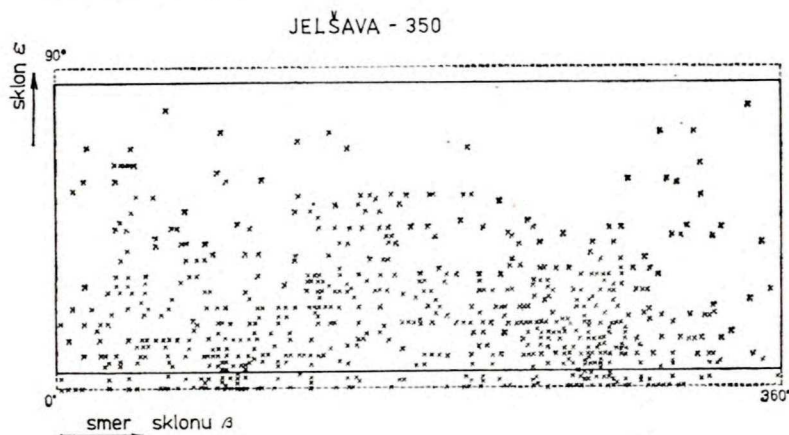
Aby sa zvýšila prehľadnosť zaznamenaných parametrov plôch diskontinuit v kruhovom diagrame, navrhli sme aplikovať metodiku premietania kruhovej plochy na paralelnú rovinu (obr. 9). Kontúry medzikruží $k_0 \div k_8$ i stredu $S \equiv k_9$ sa premietnu z roviny ρ do roviny ρ' ako priesečníky povrchov rotačných kužeľov 1, ktorých vrchol s konštantným vrcholným uhlom α sa posúva po osi 2. Výsledkom takéhoto spôsobu premietania je zväčšenie plochy medzikružia konturovaného dvoma susednými kružnicami v rovine ρ' oproti korešpondentným plochám v rovine ρ . Zväčšenie plochy medzikruží je závislé od vzdialenosti „z“ rovin ρ , ρ' a od vrcholového uhla α kužeľa premietania.

Výhoda tohto spôsobu je v tom, že



Obr. 6. Voľná valcová rovinná projekcia polosféry na zobrazenie orientácie diskontinuity.

Fig. 6. Free cylindrical plane projection of hemisphere used to show orientation of a discontinuity.

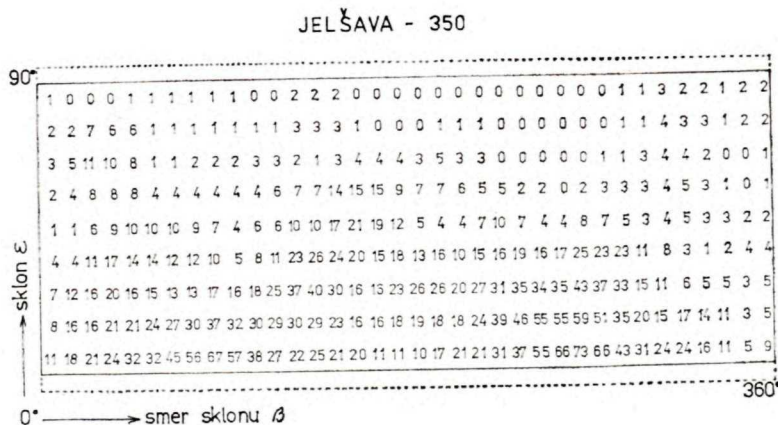


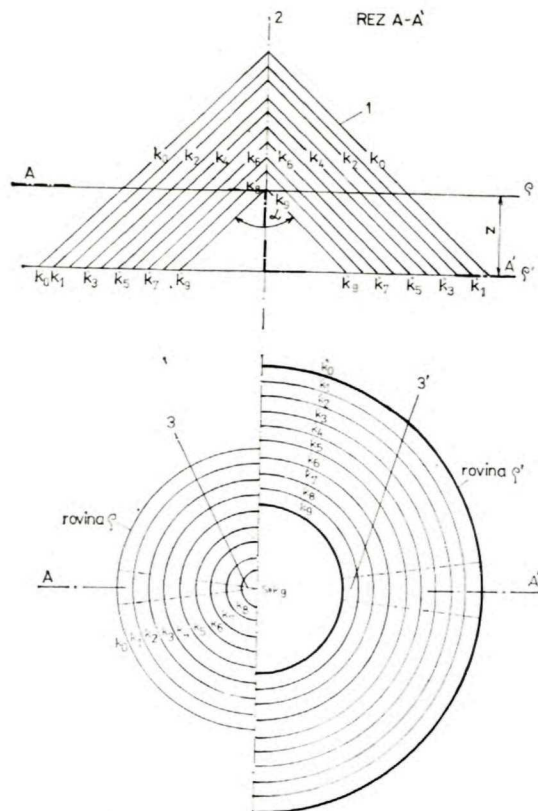
Obr. 7. Záznam priečnikov normál v XY.

Fig. 7. Record of normals of intersection points in XY.

Obr. 8. Hustota početnosti (normály) v XY. $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.

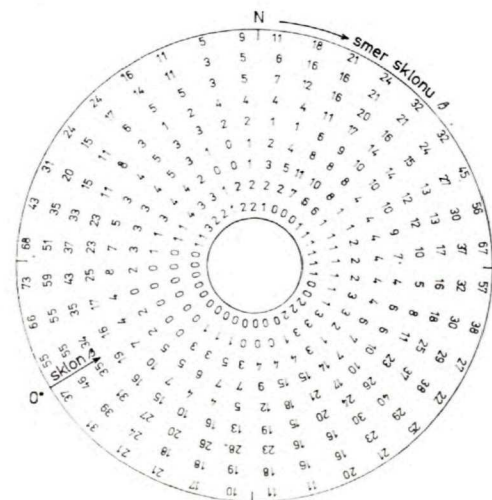
Fig. 8. Frequency distribution density (normals) in XY. $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.





Obr. 9. Priemet kruhovej plochy na rovnobežnú priemetňu.

Fig. 9. Projection of a circular plane onto a parallel surface.



záznam grafických údajov alebo číselných hodnôt, ktoré sú v rovine kruhového diagramu v blízkosti stredu nahromadené na ploške 3, sa v rovine premietnu na zväčšenej ploche 3'. I ostatné plošky sa smerom od stredu zväčšujú.

Týmto spôsobom vytvorenú sieť možno využiť na zobrazenie údajov (stopníkov spádových priamok alebo normál), ktoré sú zahustené v strede diagramu. Demonštruje to obr. 10, kde je digitálne vyznačená hustota početnosti priesečníkov normál diskontinuit. Postup výpočtu hustoty bodov (stopníkov spádnic diskontinuity) je podobný ako na obrázku 4. Vyhneme sa však ťažkostiam konvenčného výpočtu v blízkosti stredu diagramu. Z takého záznamu je možné určiť priebeh maxim a ďalších charakteristík diskontinuit, ktoré majú pre posudzovanie stability podzemných i povrchových výlomov v horninovom masíve rozhodujúci význam.

Literatúra

- Boone, T. J., Wawrzynek, P. A., Ingraffea, A. R. 1986: Simulation of the Fracture Processing Rock with Application to Hydrofracturing. *IJRMMS*, 3, 255—265.
- Dayre, M., Giraud, A. 1986: Mechanical Properties of Granodiorite from Laboratory Test. *Engng. Geol.*, 23, 2, 109—124.
- Dimitrijevič, M. 1956: The new net for construction of contour diagrams. *Univ. Beograd, Trans. Min. Geol. Fac.*
- Kořínek, R. 1983: Expertízne posúdenie využitia výpočtovej metódy konečných prvkov pri riešení stability povrchových stien horninového masívu. *Ostrava, Dom techniky*.
- Matula, M. 1979: Inžinierskogeologické štúdium horninového prostredia a geodynamických procesov. *Bratislava, Veda*.

Obr. 10. Hustota početnosti (normály). $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.

Fig. 10. Frequency distribution density (normals). $\Delta\beta = 30$, $\Delta\varepsilon = 20$, $\beta_0 = 5$, $\varepsilon_0 = 5$, $\beta_r = 10$, $\varepsilon_r = 10$.

- Pavlík, J. 1981: Geotechnické způsoby určování stability skálních stěn. *Bratislava, SNTL*.
- Piovarčí, I. 1987: Výskum dobývania v tektonicky porušenej zóne medzi 4. a 6. obzorom Košice. *Košice, ÚVR*.
- Rozložník, L., Sasvári, T. 1983: Metodika štruktúrnej analýzy aplikovanej pre potreby geomechaniky na príklade bloku 30 Miková—Jelšava. *Katedra geol. a miner. BF VŠT Košice*.
- Rozložník, L., Sasvári, T. 1984: Experiment geomechanického testovania na príklade bloku 30 Miková—Jelšava. *Katedra geol. a miner. BF VŠT Košice*.
- Schejbal, C. 1983: Analýza metodiky sběru, kvalifikace a zpracování údajů o nehomogenitách v horninovém masívu. *VŠB Ostrava*.
- Slivovský, M. 1977: Kvantitatívne hodnotenie diskontinuity horninových masívov. *Kandid. dizertač. práca, UK Bratislava, VŠDS Žilina*.
- Yamatomi, J., Kotake, Y. 1987: Pillar Control and the Effects of Back — filling Support at Kosaka Mine. *IJRMMS*, 1, 41—53.
- Zahoranský, G., Piovarčíová, V., Piovarčí, I., Dinis, J. 1985a: Výsledky geotechnickej dokumentácie časti magnezitového ložiska. *Tunelové sympóziu 85, V. Tatry*.
- Zahoranský, G., Hausová, Z. 1985b: Metodika vyhodnocovania tlakov a deformácií. *[Etapa E 07 št. výsk. úlohy.] Košice, ÚVR*.

New knowledge on evaluation of discontinuities in the rock massif from frequency distribution data

The documentation of physical state of a rock massif necessitates to measure, plot and evaluate discontinuity surfaces. This is needed e. g. in geotechnical work where discontinuities are important in the evaluation of stability of the rock massif (Matula, 1979; Rozložník et al., 1983, 1984; Yamatomi et al., 1987). Opposite to other data, it is difficult to give mathematical expression to the disturbance factor and its relation with the stability of the rock massif (Boone et al., 1986; Dayre et al., 1986; Kořínek, 1983; Pavlík, 1981; Schejbal, 1983). Therefore the proper mode to process an information set indicating the orientation of a discontinuity set in space which is, at the same time, exploitable in the practice, will be an important contribution to improve the figurativity of discontinuity documentation (Piovarčí, 1987; Zahoranský et al., 1985).

The paper indicates new methods of graphic registration and evaluation applied for testing spatial attitude of discontinuity surfaces using the data set on discontinuity orientation gained from geotechnical documentation of the rock massif in question. New original modes of projection from a hemisphere surface onto a plane allow to amend the hitherto applied methods, to accurate the record and yield better readability and perspicuity of structural plots. The used procedure optimizes manual processing and makes easy to survey the computerized processing. Single examples are given for the Dúbrava magnetite deposit near Jelšava. The use of structural plots and their processing are suitable mainly in geotechnical work where stability problems are treated in relation with mining and engineering actions in the rock massif.