MÉRNÖKGEOLÓGIAI SZEMLE

A Magyarhoni Földtani Társulat
Mérnökgeológia-Építésföldtani
Szakosztályának időszakos kiadványa.

Szerkeszti a Szakosztályvezetőség közreműködésével:
DR. GRESCHIK GYULA
és
HORVÁTH TIBOR

23.

Kézirat

Budapest, 1979. augusztus hó

MÉRNÖKGEOLÓGIAI SZEMLE

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT

Mérnökgeológia - Építésföldtani Szakosztályának
időszakos kiadványa

Szerkeszti a Szakosztályvezetőség közreműködésével

Greschik Gyula

és

Horváth Tibor

23.

Kézirat

Budapest, 1979. augusztus hó

TARTALOMJEGYZÉK

A Magyarhoni Földtani Társulat Mérnökgeológiai-Építésföldtani Szakosztálya által 1979, junius 26-28-án Veszprémben megtartott Mérnökgeológiai Szeminárium anyaga.

Oldal

PETAR LOKIN: Kőzettömb repedezettség vizsgálata mérnökgeológiai célokra 1

PETAR LOKIN: A mérnökgeológiai képzés és továbbképzés jelene és jövője a Belgrádi Egyetemen 61

MATULA M.: A regionális mérnökgeológiai kutatás pontosságának fokozása 103

JOANNA PININSKA: Kőzettulajdonságok kutatása laboratóriumi akusztikus módszerrel 117

JOANNA PININSKA: A mérnökgeológiai térképezés problémái teléres telepek fejtésekor fellépő felszini hatások között 147

MAHR T.: Lejtőmozgások a Nyugat-Kárpátok geológiai tektonikai egységeiben 163

JUHÁSZ JÓZSEF: A mérnökgeológiai térképezés általános kérdései 215

KARÁCSONYI SÁNDOR: Vízföldtani előmunkálatok az építésföldtani térképezésnél 233

HOZZÁSZÓLÁSOK:

BOGNÁR ERNŐ 237

TASNÁDI TAMÁS 241

A szeminárium tanulmányutja 249

Sajtóvisszhang 255

1630

STUDY OF ROCK MASS FISSURATION FOR ENGINEERING GEOLOGICAL PURPOSES

PETAR LOKIN*

Kőzettömb repedezettség vizsgálata mérnökgeológiai célokra

1. INTRODUCTION

The study of rock mass fissuration is an important objective of engineering geological investigations. This is only natural in view of the fact that fissures are the basic factor predetermining the behaviour of the rock mass in its interaction with the man-made structure. Almost any failure or deformation in the rock mass due to the load exerted by the overlying structure occurs along fissures, sealing up the opening or deforming the fissure filling.

In many cases the study of fissuration is even by far the most important part of the engineering geological study of the terrain. This, for instance, is the case in the study of sites for large underground excavations where economy in construction does not permit large investments for the improvement of the rock mass, or wall lining after excavation; in the study of the stability of slopes in the construction of roads or railways or stability of slopes in quarries and open pits; in the selection of remedial measures (anchoring, sealing of fissures by grouting, etc.).

---

* Beograd Rudarsko Geoloiky Fak. Dusina Br. 7.

Nevertheless, the features of rock mass fissuration are still most often described in rough qualitative terms or through parameters whose value is not unique and therefore not representative of the actual state. Setting up of objective quantitative fissuration parameters and elaboration of an adequate methodology for their determination would, therefore, greatly contribute to further development of engineering geology. This would definitely have a positive effect on economy in construction, safety at work, and secure a more satisfactory service of the structure built.

The following are generally considered the most important objectives of the rock fissuration study:

(a) Defining of quantitative parameters of rock mass fissuration and the method by which they can be determined.

(b) The method of zoning the terrain, i.e. recognition of zones which are approximately homogeneous with respect to fissuration parameters;

(c) Methods by which the degree of anisotropy within given, approximately homogenous, zones can be determined in terms of fissuration parameters;

(d) Correlation between fissuration parameters and parameters of other properties of a given rock mass, particularly those of shearing strength, deformability and permeability for a more reliable prognostication of the rock mass behaviour.

These methodological problems of rock mass fissuration study are definitely among the most important problems facing engineering geology at the present level of its development. Their solution would contribute to further advancement of the theory and methodology of engineering geological investigations, and could widely be applied to the development of rock mechanics, geostatic calculations and designing of geotechnical ammeliorations.

The present paper gives a brief description of the objectives listed above and a detailed presentation of the method for the quantitative estimate of the degree of rock fissuration based on fragmentation analysis of core pieces from exploratory boreholes. The prominance is given to the methods for calculating the anisotropy of rock mass fissuration.

2. A SURVEY OF METHODS FOR THE STUDY OF ROCK MASS FISSURATION

Methods applied in the study of rock mass fissuration are schematically surveyed in Table 1. All these methods are divided into two main groups:

(1) Methods for fissuration analysis of exposed rock masses, i.e. for the study of this phenomenon on outcrops or artificial exposures; and

(2) Fissuration analysis of buried rock masses.

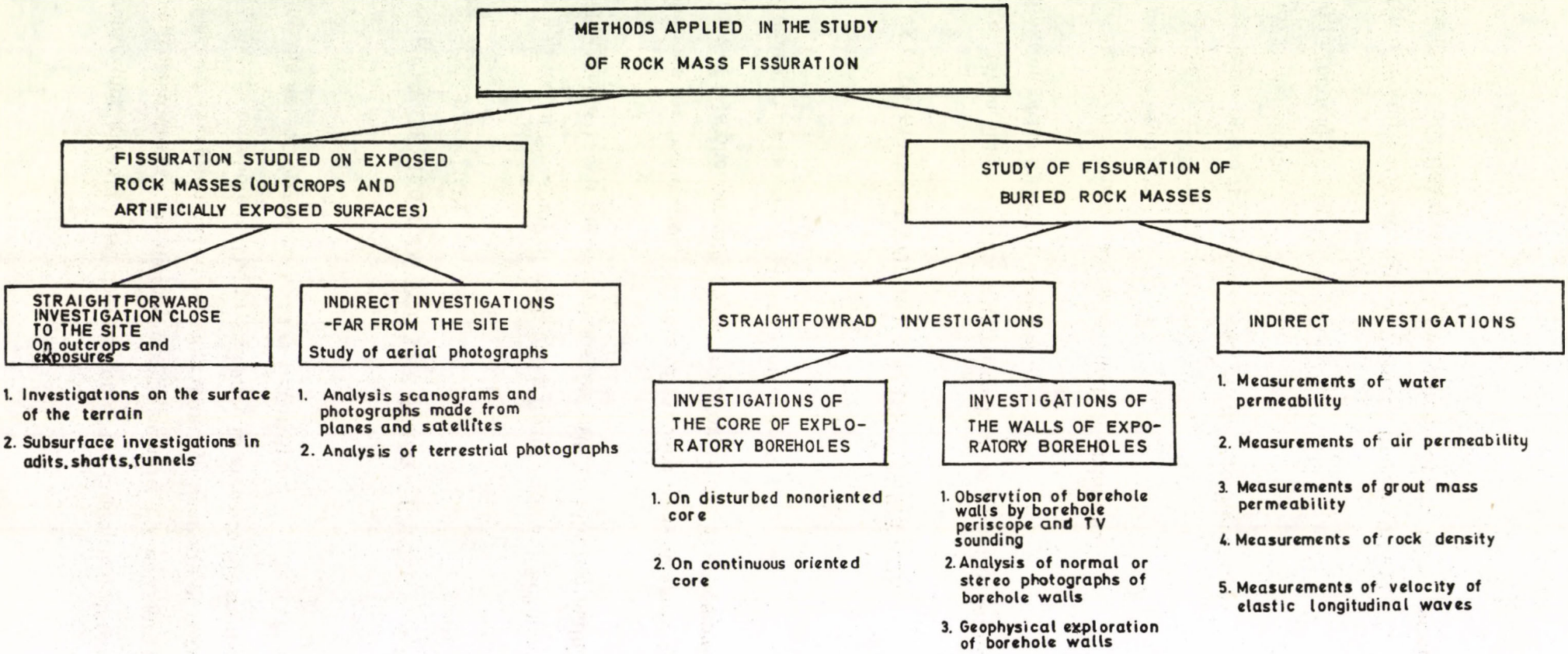
3. BASIC PARAMETERS OF ROCK MASS FISSURATION

A fissure, taken singly, within a given rock mass, is fully defined after determination of its following features:

(a) Position in space (Elevation and co-ordinates)
(b) Mode of origin;
(c) Orientation; (Dip and strike)
(d) Shape of the fissure and wall surface configuration;
(e) Dimensions;
(f) Kind and properties of the fill.

The main feature of a family of fissures (the term family denotes an ensemble of fissures with the same or at least similar

Table 1.


METHODS APPLIED IN THE STUDY OF ROCK MASS FISSURATION
FISSURATION STUDIED ON EXPOSED ROCK MASSES (OUTCROPS AND ARTIFICIALLY EXPOSED SURFACES)
STUDY OF FISSURATION OF BURIED ROCK MASSES
STRAIGHTFORWARD INVESTIGATION CLOSE TO THE SITE On outcrops and exposures
1. Investigations on the surface of the terrain
2. Subsurface investigations in adits, shafts, funnels
INDIRECT INVESTIGATIONS -FAR FROM THE SITE Study of aerial photographs
1. Analysis scanograms and photographs made from planes and satellites
2. Analysis of terrestrial photographs
STRAIGHTFOWRAD INVESTIGATIONS
INVESTIGATIONS OF THE CORE OF EXPLORATORY BOREHOLES
1. On disturbed nonoriented core
2. On continuous oriented core
INVESTIGATIONS OF THE WALLS OF EXPORATORY BOREHOLES
1. Observtion of borehole walls by borehole periscope and TV sounding
2. Analysis of normal or stereo photographs of borehole walls
3. Geophysical exploration of borehole walls
INDIRECT INVESTIGATIONS
1. Measurements of water permeability
2. Measurements of air permeability
3. Measurements of grout mass permeability
4. Measurements of rock density
5. Measurements of velocity of elastic longitudinal waves

1630

characteristics) is the density of fissures within the given family. Other characteristics of the family are extreme and average or mean values of various fissures constituting the family; yet another characteristic is the order of variability of these values. The order of variability of data refering to the orientation of fissures is particularly important. Thus, e.g., if the rock mass is expected to fail along fissures of a given family, average values of dip elements of the family are taken into account. Since,however, shearing is also possible along fissures whose dip elements do have the calculated mean values, it is of interest to calculate the order of probability of possible shearing and the relevant safety factor to be applied in such a case.

The parameters of a fissure system (system here refers to all fissures contained in a given body of rock) are

(1) The number of the family of fissures of given characteristics present in a body of rock;

(2) Occurrence of certain non-penetrative fissures which do not belong to any of the families within the given body of rock;

(3) Spatial position between various families of fissures;

(4) Total number (frequency) of fissures in the system.

Like in the case of a family od fissures, a system is fully defined only when - in addition to the parameters of the system enumerated above - all the parameters of a family of fissures (and of individual fissures), making up a given system, are defined.

The frequency of fissures making up a given system can be expressed by various parameters which, depending on whether they refer to a given direction in the rock mass, or to the surface or the volume of the rock mass, can be

1630

Linear ("fissuration module" - A.I. Silin-Bekchurin, 1939; N.I. Kriger, 1953; "fissuration index" - J. Stini, 1950;

Planar ("average fissuration density" - E.N. Permjakov, 1949; "coefficient of fracture porosity" - L.I. Nejsthaadt, 1957);

Volumetric ("volumetric density of fissures" - V.K. Gromov, 1963; S.E. Batugin and P.V. Egorov, 1964; "coefficient of fracture porosity" - L.I. Nejstadt, 1957; "general fracture porosity" - M.V. Rac, 1962; "specific volume of fracture porosity" - S.E. Batugin and P.V. Egorov, 1964).

In view of the fact that the values of linear and planar parameters essentially depend on the orientation of the line and plane along which they are measured, the volumetric parameters are most valuable from the geological engineering standpoint.

The rock mass as a dissected medium is characterized by

Degree of fissuration, and

Mode of fissuration.

Degree of rock mass fissuration can be expressed in terms of fissure density and the size of the monolith bounded by the adjoining fissures ("average fissuration" - A.M. Gurev, 1964; "average volume of the monolith" - M.V. Rac and S.N. Černišev, 1970).

Mode of fissuration can be expressed in terms of the relative position and fissure density of various families, or the shape of the monolith bounded by the adjoining fissures.

Most of the fissuration parameters cited above figure in the relevant classification of the fissuration elements or in the classification of fissured rock masses.

4. HETEROGENEITY OF ROCK MASS FISSURATION

Heterogeneity of rock mass fissuration can be due to the heterogeneity of the primary composition and structure of the rock mass, i.e. to the original differences in mechanical properties and, also, to a number of processes causing the formation of fissures in the rock mass (faulting, folding, contact-metamorphic changes, weathering, technogenic factors).

Choice of the fissuration parameters with reference to which the heterogeneity of a given body of rock mass will be investigated depends primarily on the purpose of investigation, and, next, on the kind of available data.

Zoning according to the fissuration parameters of exposed rock masses presents no great difficulties, if all the data on fissuration are available.

Zoning can also be carried out by plotting either statistical data or data referring to particular fissures on an adeqiately scaled map. If more parameters are considered, their classification and coding is desirable so that zoning can be simplified technically. An illustrative example is the coding suggested by M. Matual and R. Holzer, 1976.

Zoning of a buried rock mass by indirect study of fissuration is also readily practicable, the reliability of results depending on the density of data and the possibility to correlate fissuration parameters with the parameters of the measured properties of the given body of rock mass. According to personal experience, the most reliable results are afforded by seizmo-acoustic and electrical methods of geophysical exploration.

Study of fissuration along the walls of exploratory boreholes, or on oriented cores, is rarely applied on a mass scale, and cannot, therefore, be used for zoning larger volumes of rock mass with respect to fissuration parameters.

ZONING OF THE ROCK MASS BASED ON THE ANALYSIS OF DISTURBED CORE FRAGMENTATION

Regardless of the relative value of fissuration data obtainable by the study of disturbed cores, this technique has exceptional significance in view of the mass-application of exploratory boring and the possibility to estimate the fissuration of rock masses at greater depths.

For a quantitative estimate of the degree of rock fissuration based on core fragmentation analysis various methods and parameters are used. Some of the relevant parameters are:

(a) Rock quality designation - RQD, D, Deere, 1963;

(b) Specific fragmentation of the core (Pirgov, I.A. and N.A. Yartsev, 1972);

(c) Kiruna factor - C (Hansagi, I., 1974).

To determine the heterogeneity of rock mass fissuration, the author has used his own method of core fragmentation analysis. The method has been fully reported on in Lokin, P. et M. Laban, 1977, 1978.

In the study of core fragmentation, the length of each core piece separated by two neighbouring fissures is measured. Core fragmentation due to boring or core extraction is not to be taken into account, i.e. fragments broken in this way must be treated as compact piece of core. If in a given case we wish to establish the frequency of microcracks and other mechanical discontinuities, not visible as open fissures along which the core breaks, discontinuity spacing can be measured instead of the core lengths.

Assuming that the zones with shorter core pieces correspond to more intensively fissured zones of rock masses in the terrain, then, by zoning the

core - according to its degree of fragmentation - we have also divided the rock mass into zones according to its degree of fissuration. The average length of core pieces (which corresponds to the average distance between fissures) was adopted as an indicator of rock fissuration within an approximately homogenous zone.

Core zones are identified according to the principle that within ohe approximately homogeneous zone no two pieces differ in length by more than some value λ. On the other hand, two neighbouring zones must contain at least two core pieces, one from each of them, whose difference in length definitely exceeds the given value of λ. Thus, the value of λ is an index used for defining the homogeneity of core fragmentation within the given zone limits. The value of λ is selected as convenient.

A more detailed description and mathematical demonstration of the method can be found in P. Loking and M. Laban, 1978.

Core fragmentation can be presented numerically by tabulating data on the boundaries between approximately homogeneous zones and the average core lengths within given zones. Or, alternatively, it can be presented by graphs in which borehole intervals, or depths od approximately zones are entered on the abscissa, while the average core lengths in corresponding zones are entered on the ordinate.

If length values of each core piece and respective depths of borehole intervals are entered, core fragmentation graph for value $\lambda = 0$ will result. Such a graph gives, in fact, the most realistic picture of core fragmentation whose objectivity can be compared with that of a photograph of the core studied (Fig. 1.). However, excessive detailing makes such a diagram less practical for the construction of engineering-geological sections of the terrain in which zones of more or less uniform fissuration should be delimited.

1630

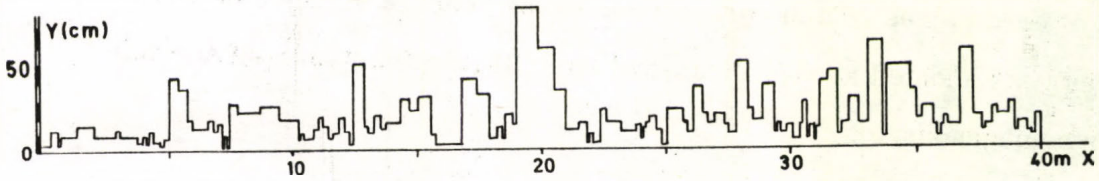


Fig. 1. - Core fragmentation graph for $\lambda = 0$

(y - length of core piece; x - drilling depth)

By constructing core fragmentation graphs with $\lambda > 0$ certain integration is achieved, its degree depending on the actual value of λ. The higher the value of λ the smaller the number of zones of approximately homogeneous fissuration. On the other hand, the accuracy of the graph is also lower, because the average value refers to the set of values between which differences are greater, Fig. 2.

Because of this value is selected to suit the case in hand, taking into account the extent to which the rock mass has been fissured, and also the specific character of the problem studied.

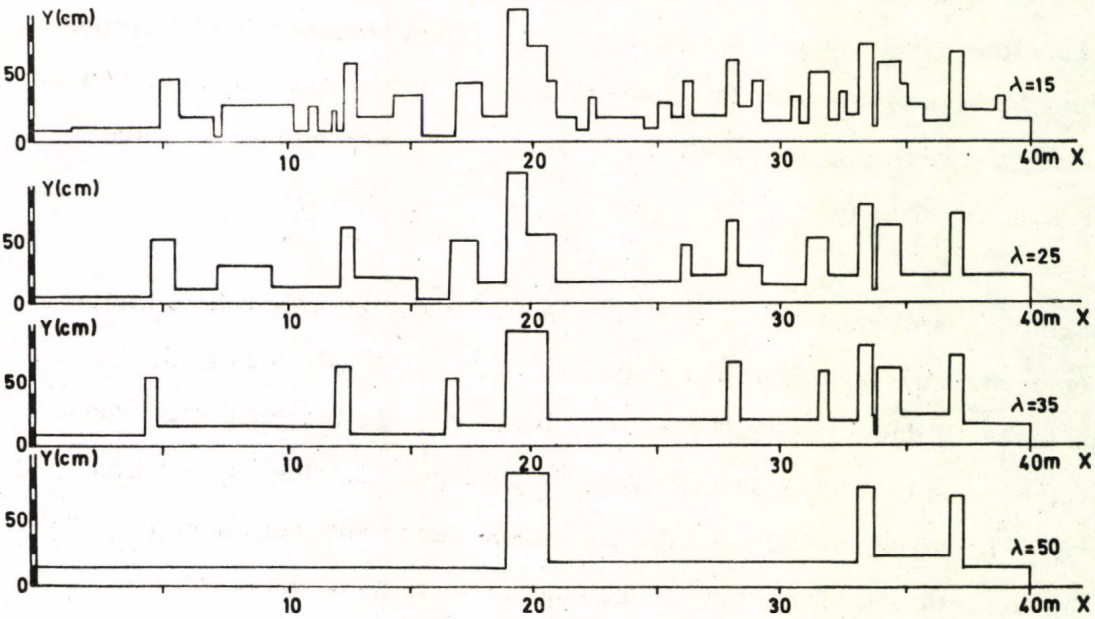


Fig. 2. - Core fragmentation graph for: 1 - λ = 15; 2 - λ = 25
3 - λ = 35; 4 - λ = 50 cm;
y - average length of core pieces; x - drilling depth)

1630

To make the method more efficient the calculating procedure was programmed for the computer.

The input data are core piece lengths and drilling intervals.

The computer output has the form of tables and graphs with weighted values of the core piece lengths, i.e. length of each core piece is multiplied by the ratio $\frac{Z}{Zk}$, where

Z - lenght of the drilling interval;

Zk - sum of lengths of all core pieces in that interval.

Core piece lengths must be weighted in this way to make the core fragmentation diagram tally with the actual borehole length. Without this correction the length value of the core fragmentation diagram would be less than the actual borehole length, the difference being due to core loss. In this way data on the core piece lengths are changed on purpose. Since the missing core length is evenly distributed among core fragments, the error is practically insignificant if the core length lost is fairly small. It follows that the application of this method is not advisable when core loss is excessively high.

The computer processing also yields graphical and numerical data on the percentage of core in each drilling interval.

Data on the boundaries between zones inside which core fragmentation is approximately uniform, as well as the average lenghts of core pieces contained in them - also have the form of tables and graphs (Tables 2 and 3).

Since the scale of these graphs can be chosen at will, they can be plotted on other graphs presenting the geological column traversed by exploratory boreholes. In this way computer output data can be correlated with the results of other methods of research.

1630

The output data include the relative error graph as a function of , which helps select its most adequate value for the given purpose.

EXTRAPOLATION OF CORE FRAGMENTATION DATA ON THE GEOLOGICAL SECTION THROUGH THE TERRAIN

Data obtained by the fragmentation analysis of cores from various boreholes can be plotted on the geological section of the terrain investigated. They can be of use in defining zones in which rock fissuration is approximately uniform, i.e. for the construction of engineering geological sections incorporating the fissuration parameter.

It goes without saying that in construction this type of profile use should be made of all other available data on rock mass fissuration, especially those obtained by mapping the exposed rock surfaces. In addition, the entire fissuration study, inclusive of zoning with respect to degree of fissuration, must be based on a thorough knowledge od lithological, genetical, and structural characteristics of rock masses.

Data obtained by core fragmentation analysis are used for qualitative zoning of those parts of rock mass that cannot be observed directly. Reliability of zoning carried out on the basis of these data depends on the density of borehole network, efficiency of coring operations, and the possibility of correlating the results of core fragmentation analysis with the data furnished by other methods of investigation.

1630

/2	3	8	5	19	8	13	11
25	18	18	2	10	8	15	26/
11	13	10	10	10	18	14	8
14	6	4	3	6	12	4	17
10	1	6	11	7/	58	48/	25
18	15	25	14	22	3	14	1/
30	29	36	43	29/	24	12	5
18/	30/	16	5	8	1	8	12
12	11	7	1/	56/	14	8	11
13	18	20	18	30/	62	47	64/
2	2	2	2/	85	66/	11	9
5	24	17	15	12	17/	94/	66/
15	12	19	22	6	13	7	8
3	5/	29/	21	18	17	13	11
13	16	9	15	17	23	16	11
3	9	26/	27	18	9	13/	40/
16	22	24	15	11	10	9/	53/
20	40/	8	17	11	10	16	6
8	30/	7	17	5	13/	40	47/
16	31	15	17	14/	63/	5	8/
33/	16	25	24	13	6	7	12
14	11	11/	57/	18	19	9	15
21	19	27	9	15	17	9	10
18	21	22	29/	15	6	10	14
18	24	22	17	13	14	19	23
26	27	3	13/	37	29	30/	7
5	2	6	13/	30	37	43	31/
23	26	11	6	15	12	18	13
16	28/	18	9	11	10	2	13
3	1	1	12	13	3	7	20
16	19	13	14	6	4	9	13
3	3	9	7	13	25	12	23
19	12	7/	28	16	19	10	9
17	13/						

Table 2 - Core piece lengths, and boundaries of approximately homogeneous zones (marked with oblique lines)

1630

225.00	12.50	2014.00	94.00
492.00	9.88	2080.00	66.00
598.00	53.00	2121.00	41.00
764.00	15.09	2255.00	10.30
1005.00	34.42	2284.00	29.00
1075.00	11.66	2556.00	13.60
1105.00	30.00	2623.00	16.75
1214.00	9.08	2663.00	40.00
1270.00	56.00	2810.00	16.33
1436.00	16.60	2863.00	53.00
1609.00	57.66	2965.00	25.50
1636.00	4.50	3102.00	13.70
1787.00	75.50	3144.00	10.50
1920.00	13.30	3231.00	43.50

Table 3 - Average core piece lengths in various zones

Fig. 3 shows a section through the terrain with core fragmentation graphs in which zoning was performed with value $\lambda = 30$. Most data refer to an andesitic massif (marked by B). Data collected by other methods of research were not plotted, since the primary objective of this report is to demonstrate the usefulness and applicability of core fragmentation analysis. However, the number of boreholes (7) was comparatively small and did not allow accurate and definitive zoning of the rock mass with respect to the fissuration parameter. Nevertheless, even from this rough analysis it was possible to see that fissuration is more intensive in the zone of weathering, near tectonic contacts, and major zones of faulting. It can also be observed that on the right side of the valley fissuration is of a lower degree of intensity, i.e. that the rock mass presents a better foundation, and that andesite and rocks surrounding it differ in the degree of fissuration.

Rough zoning of the andesitic massif is shown in Fig. 4.

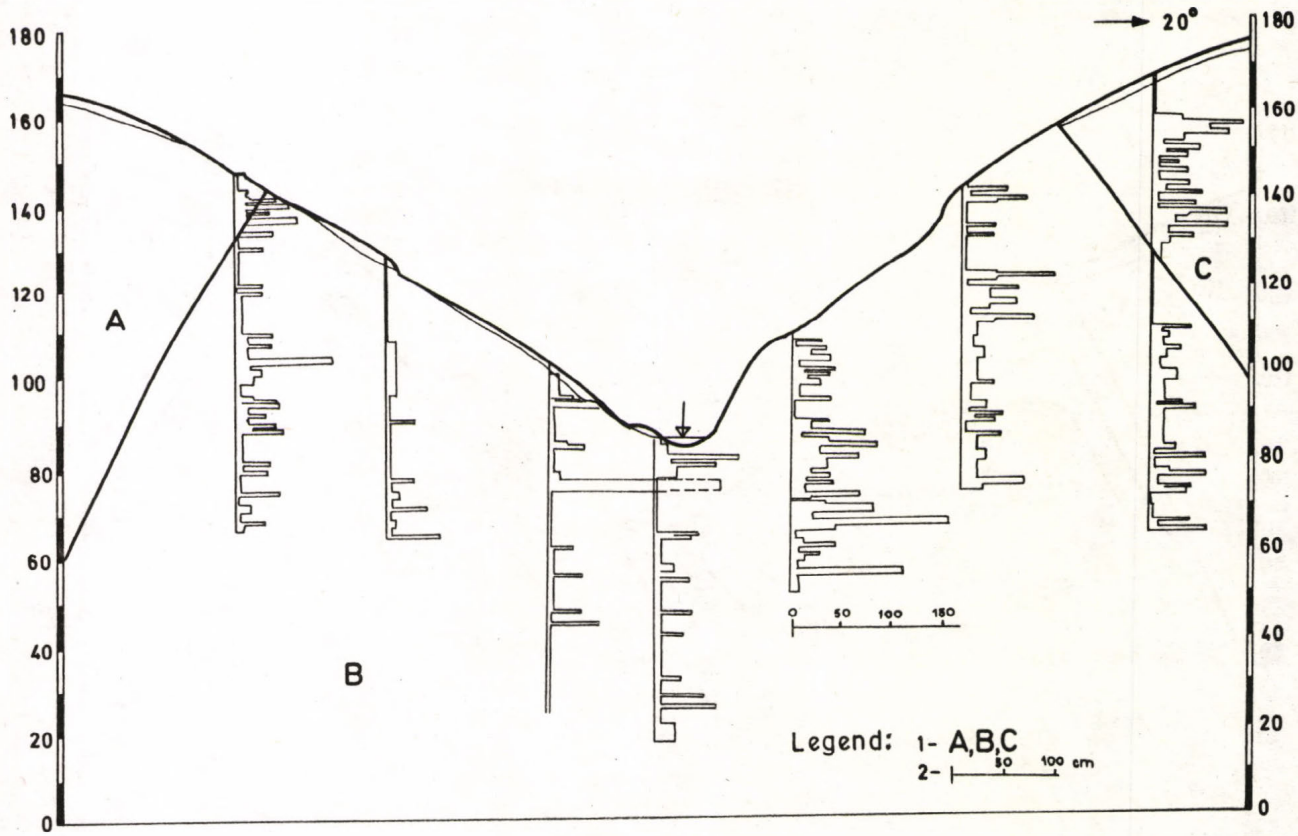


Fig. 3 - Engineering-geological section through the terrain with core fragmentation graphs (1-Rocks of different lithological character; 2-Average core piece lengths)

5. FISSURATION ANISOTROPY OF THE ROCK MASS

Rock mass fissuration anisotropy is one of the essential factors affecting the anisotropy of a given body of rock mass with respect to its mechanical strength, deformability and permeability.

In the study of this kind of anisotropy, we shall use the parameter "fissure frequency" (identical with the term "fissuration module" - A.I. Silin Bekčurin, 1939), i.e. the number of fissures per unit length, measured in a given direction (P. Lokin, 1973). Anisotropy will be expressed in terms of the parameter "degree of fissuration anisotropy".

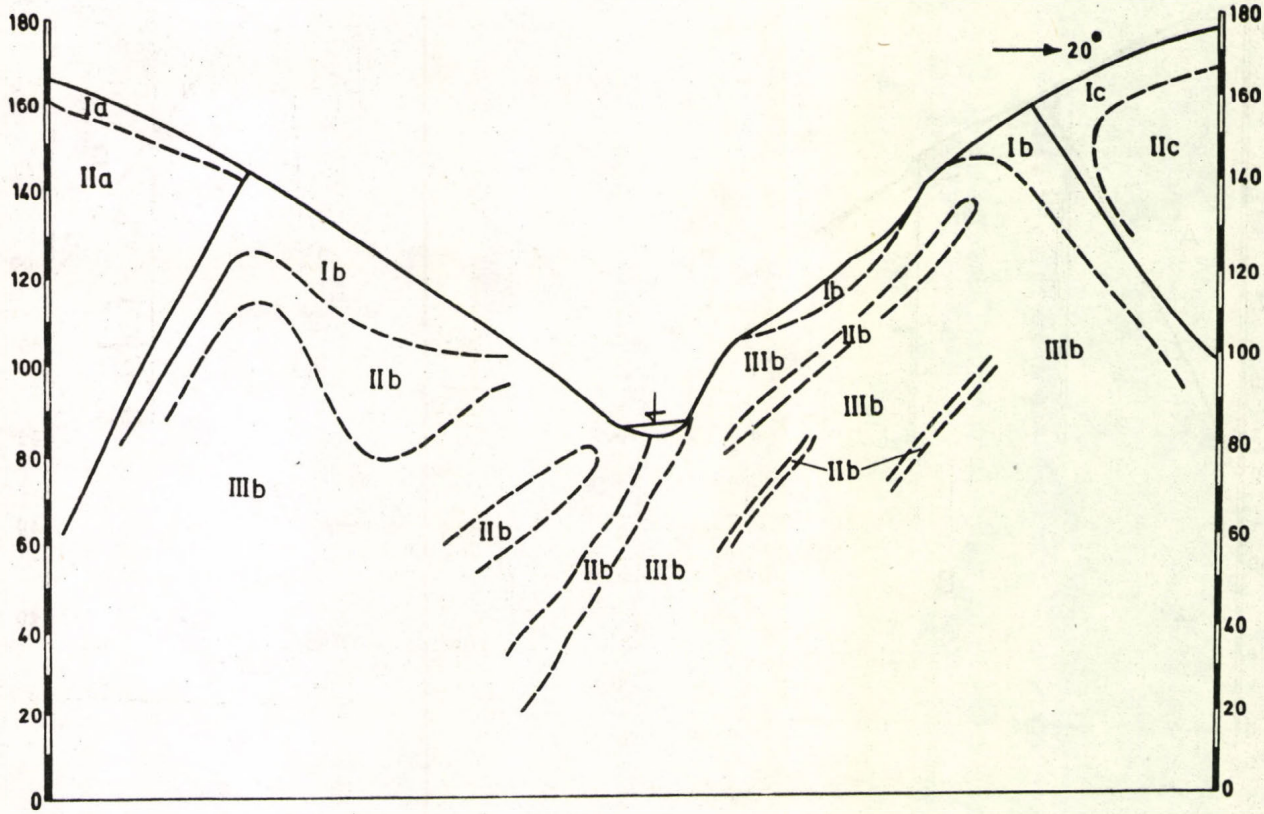


Fig. 4 - Engineering-geological section through the terraine with andesite zoned according to the degree of fissuration

$$1 : \frac{Gy}{Gx} : \frac{Gz}{Gx} : \frac{Gn}{Gx}$$

where

Gx, Gy, Gz ..., Gn are fissure frequencies along directions x, y, z, ..., n.

Fissuration anisotropy of buried rock masses can be analyzed on the basis of core fragmentation data, or geophysical exploration - provided boring and/or exploration was conducted in directions differently oriented in space.

1630

For calculating fissuration anisotropy on the basis of data obtained by the mapping of exposed rock masses (outcrops or artificially exposed surfaces) the author has developed two methods, one graphical and one analytical.

Graphical solution:

In order to arrive at a graphical solution for the anisotropy of a given system of fissures, let us first consider a family of fissures. We shall assume that the members of this family are parallel fissures at equal spacing in the direction of their common normal. In practical applications the average dip elements and spacing of the family obtained by statistical processing of measurements would be used.

The interval between the intersections of two neighboring fissures with an arbitrary straight line (m') depends only on the angle this line makes with the normal to the fissures:

$$m' = \frac{m}{\cos \psi}$$

where

m is the distance between successive fissures in the direction of the normal;

ψ is the angle between $\bar{N}$ and the direction for which the frequency of fissures is to be calculated.

Hence for a given value of m the angles which directions with spacified frequencies of fissures make with $\bar{N}$ can be calculated. In an equal-area projection the poles of all straight lines making the same angle with N line on a minor circle whose center is the pole of the normal and whose radius corresponds uniquely to (Fig. 5).

1630

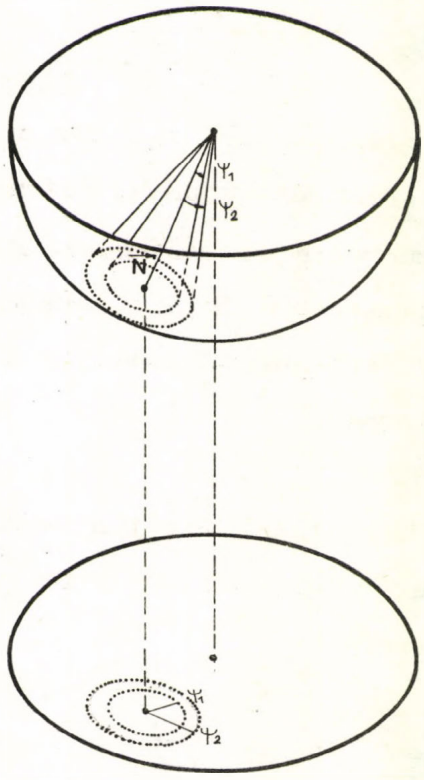


Fig. 5 - Mapping lines of equal frequency of fissurres of one family in an equal-area projection

Different values of ψ give a set of concentric circles. For $\psi = 90^{o}$ the poles of the straight lines lie on a circle representing the intersection of the fissure with the sphere. Thus the locus of the poles of the straight lines making an angle with $\vec{N}$ is a circle corresponding to directions of equal frequency of fissures of the given family, i.e. the concentric circles about the normal are lines of equal frequency of fissures of that family.

Figure 6 shows lines of equal frequency of fissures of a family (I) with dip elements 70/45 and a distance between fissures m = 30 cm (Fig. 6-a).

Hence the equal are projection provides a sufficiently accurate graphical presentation of the anisotropy associated with one family of fissures. The same procedure can be applied for all the other families making up a system under consideration.

Figures 6-b and 6-c show lines of equal frequency of fissures for a family (II) with dip elements 180/68 m = 80 cm, and a family (III) with dip elements 255/18 and m = 120 cm.

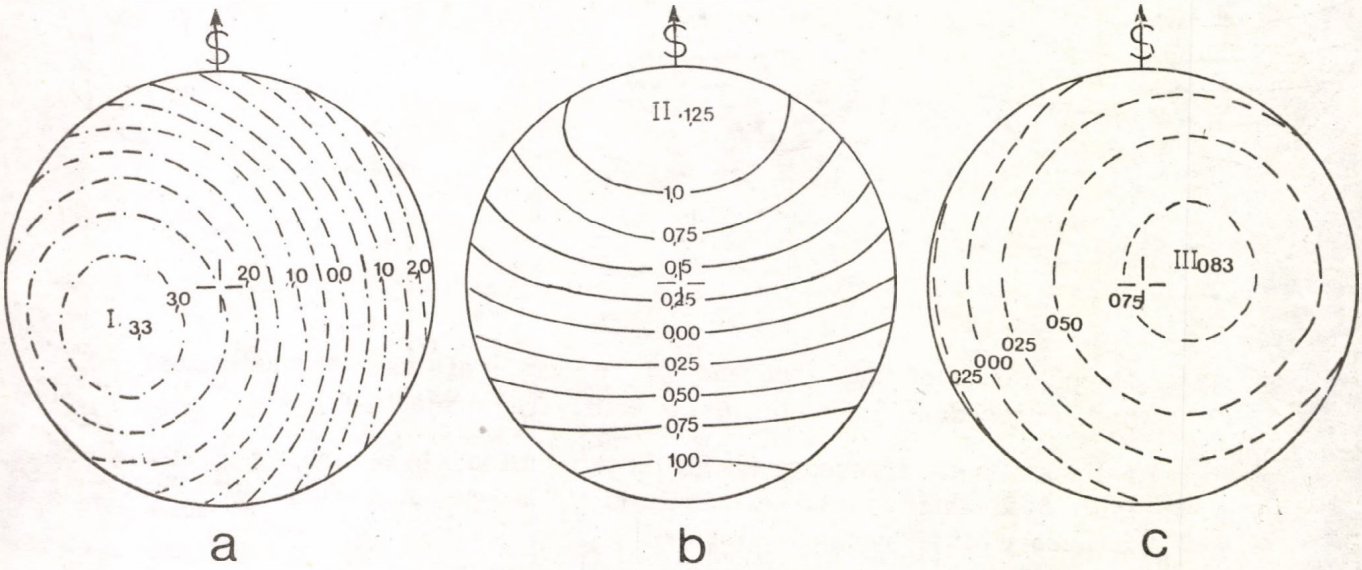


Fig. 6 - Lines of equal frequency of fissures (in equal-area projection) for families with dip elements 70/45 (a); 180/68 (b) and 255/18 (c), and spacing between fissures m = 30 cm (a); m = 80 cm (b) and m = 120 cm (c)

The total frequency of fissures of the system consisting of these three families can be found by summing the values given by the lines of equal frequency for all three families. This is easiest done by mapping the lines of equal frequency of all the families on the same diagram (Fig. 7-a). After summing the values given by the lines (Fig. 7-b), points of equal total frequency of fissures are found by interpolation and lines of equal total frequency drawn by joining them up (Fig. 7-c).

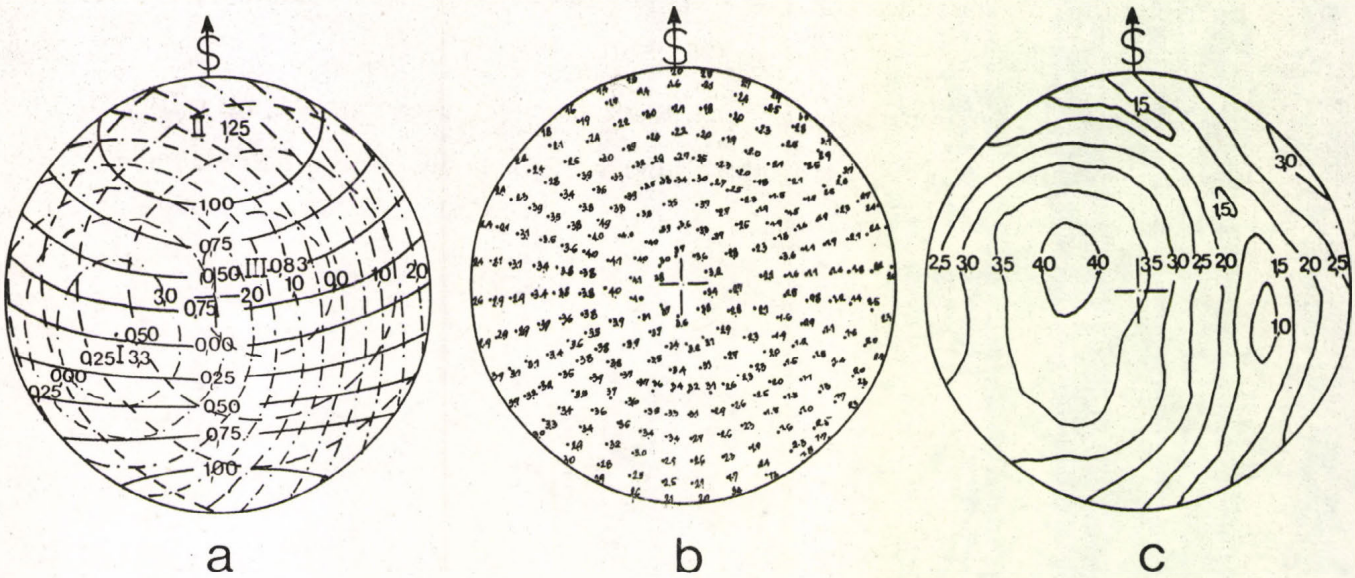


Fig. 7 - Mapping lines of equal frequency of the system of fissures constituated by the proceding three families (in equal-area projection):

a-lines of equal frequency for all three families; b-summation of values given by lines of equal frequency in Fig. 7-a; c - lines of equal frequency of the system of fissures

The resulting graphical representation can be used to determine the frequency of fissures along any desired direction. Hence a plot such as that shown in Fig. 8-c provides a complete representation of the three-dimensional fissures anisotropy of the rock mass.

The chief difficulty in applying this graphical procedure is that of drawing all the lines of equal frequency for each family of fissures, especially if there is rather a large number of families. In order to facilitate its application a set of grids has been constructed with the poles of the normals to families of fissures with different specified angles of dip. With the aid of these grids the lines of equal frequency can be quickly drawn for a family with any dip elements and any distance between fissures.

1630

Analytical solution

The analytical solution will also be sought by considering one family of fissures, making the same assumptions about it as in the graphical solution.

In Fig. 8 the plane ABC represents a typical member of the family, i.e. a fissure with the dip elements of the family, in a three-dimensional rectangular coordinate system. The distance of this plane from the origin (i.e. distance along the normal OM) is equal to the distance between members of the family.

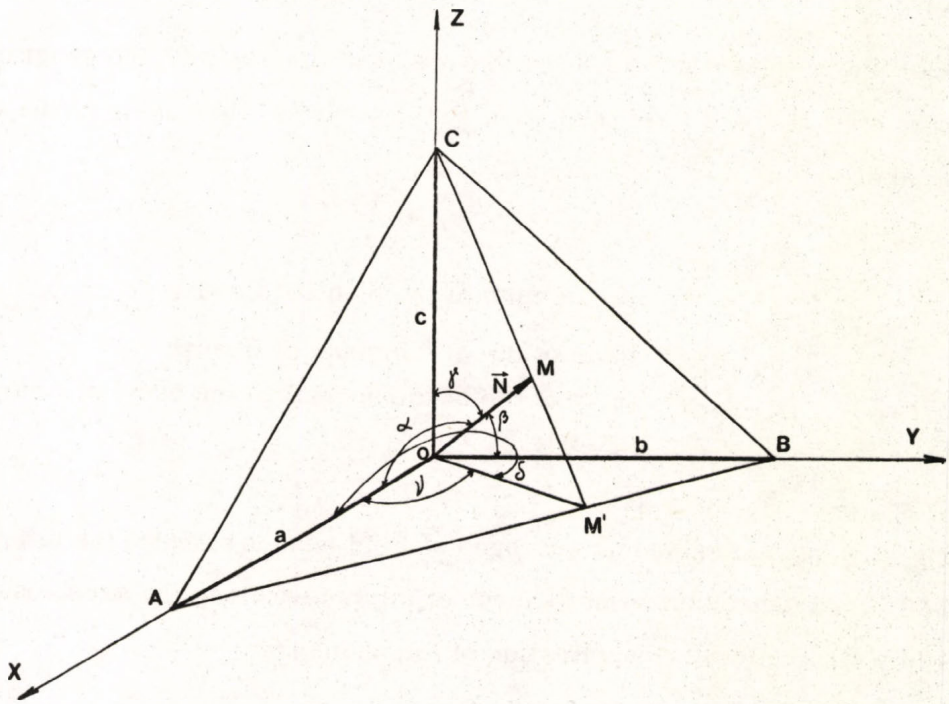


Fig. 8 - Schematic representation of fissure showing the dip elements of the family to which it belongs in the geographical coordinate system.

1630

Notation:

$\vec{N}$	-	vector of the normal to the discontinuity plane, of magnitude proportional to the distance between fissures the family (m)
$\vec{N}_x, \vec{N}_y, \vec{N}_z$	-	vector components of $\vec{N}$ parallel to the axes
$\alpha\ \beta\ \gamma$	-	angles which $\vec{N}$ makes with the axes
a, b, c	-	intercepts of the plane of the fissure on the axes
δ	-	angle between the x axis and the projection of $\vec{N}$ on the xy plane
ϱ	-	angle between $\vec{N}$ and the xy plane

If the coordinate system is so chosen that x and y coincide with the geographical coordinate axes N-S and E-W, and z with the vertical, then some of the above symbols also have the following significance:

δ	-	dip azimuth of the plane of fissure
γ	-	angle of dip of the plane of fissure
ϱ	-	angle of dip of the normal to the plane of fisure ($\varrho + \gamma = 90^{o}$)

Knowing m, γ, δ (obtained as averages of field measurements) the intercepts a, b, c, i e. distances between fissures of the family along the axes, can be obtained by straightforward application of trigonometry:

$$|a| = \frac{m}{\sin\gamma\ \cos\delta}$$

$$|b| = \frac{m}{\sin\gamma\ \sin\delta}$$

$$|c| = \frac{m}{\cos\gamma}$$

The number of fissures of the given family ($_1n$) intersecting the axes in a length L is given by

1630

$$_1n_x = \frac{L}{a}$$

$$_1n_y = \frac{L}{b}$$

$$_1n_z = \frac{L}{c}$$

The frequency of fissures of the given family, along each axis, i.e. the number of fissures of that family intersecting the axis over a length of one meter, is given by:

$$_1G_x = \frac{_1n_x}{L} = \frac{\sin\gamma \cos\delta}{m}$$

$$_1G_y = \frac{_1n_y}{L} = \frac{\sin\gamma \sin\delta}{m} ;$$

$$_1G_z = \frac{_1n_z}{L} = \frac{\cos\gamma}{m} ;$$

The frequency of fissures of all other families making up the system ($_2G$, $_3G$,...$_nG$) is determined in the same way.The sum of the frequencies of all the families gives the frequency of the system of fissures (G) for the specified axis:

$$G_x = \sum_{i=1}^{i=n} {}_1G_x = {}_1G_x + {}_2G_x + {}_3G_x + \dots {}_nG_x$$

$$G_y = \sum_{i=1}^{i=n} {}_iG_y = {}_1G_y + {}_2G_y + {}_3G_y + \dots {}_nG_y$$

$$G_z \quad \sum_{i=1}^{i=n} {}_iG_z = {}_1G_z + {}_2G_z + {}_3G_z + \dots {}_nG_z$$

The fissuration anisotropy for the axes of the geographical coordinate system will be:

$$1 : \frac{F_y}{G_x} : \frac{G_z}{G_x}$$

1630

We have started by determining anisotropy with respect to the three axes of the geographical coordinate system because field measurements yield data about the orientation of discontinuities with respect to this coordinate system.

To obtain a more complete picture of the fissuration anisotropy, and for the solution and practical problems, the frequency od fissures may be calculated for other directions as well. Practical tasks in engineering geology and geotechnique often call for determination of the frequency of fissures in directions or planes fixed by the layout of the field test or the configuration of the artificial structure involved or some part of it. The frequency of fissures in any other direction can be found either by setting up a new coordinate system or determining the angle between the new direction and $\vec{N}$.

The frequency of fissures of one family in the new direction ($\vec{n}$) will be:

$$ {}_1G_n = \frac{\cos(\gamma-\gamma_n)\ \cos(\delta-\delta_n)+(1-\cos(\delta-\delta_n)\,.\cos\gamma\cos\gamma_n}{m} $$

where:

γ_n - angle between z axis and the new direction ($\vec{n}$)
δ_n - angle between x axis and the new direction ($\vec{n}$)

The frequency of fissures of all families making up the system, along direction ($\vec{n}$) will be

$$ G_n = \sum_{i=1}^{i=n} G_n^i $$

1630

In calculating fissure frequency in a larger number of directions differently oriented through the rock mass which which may also contain several families of fissures - we are faced with a task involving a lot of work. Extensive work is also involved in the statistical processing, i.e. calculation of average values of dip elements of the given families of fissures. Because of that a computer program for processing the data on fissure frequency was developed at the Faculty of Mining and Geology, Belgrad University.

The input data are:

Average dip elements of the fissure; and

Average spacing between fissures in a given family.

The output data are:

Tables showing fissure frequency in various directions through the rock mass (Table 4) ; and

Table 4.

GAMAI	DELTAI	MI
45.	180.	25.
20.	90.	33.
70.	290.	50.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
0	3.5	3.3	3.0	3.3	3.5	3.6	3.5	3.4	3.1	2.8	3.4	3.8	4.2	4.4	4.5	4.4	4.2	3.9	3.5	0
10	3.5	3.4	3.1	3.1	3.3	3.4	3.4	3.2	3.0	3.6	4.2	4.6	5.0	5.2	5.3	5.2	5.0	4.7	4.3	10
20	3.5	3.3	3.1	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.7	4.3	4.9	5.3	5.6	5.8	5.9	5.8	5.7	5.4	5.0	20
30	3.4	3.2	3.0	2.6	2.7	2.7	3.1	3.7	4.4	4.9	5.4	5.8	6.1	6.3	6.4	6.3	6.2	5.9	5.5	30
40	3.1	3.0	2.8	2.5	2.6	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	5.8	6.1	6.4	6.6	6.6	6.6	6.4	6.2	5.9	40
50	3.5	3.4	3.4	3.4	3.5	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.3	6.5	6.6	6.7	6.7	6.5	6.3	6.3	50
60	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.5	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.2	6.4	6.5	6.6	6.5	6.4	6.5	6.6	60
70	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.7	70
80	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	80
90	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	90
90	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	90
80	6.6	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	6.1	6.0	6.0	5.9	5.9	80
70	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.2	6.1	6.0	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	70
60	6.6	6.6	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.2	6.1	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.6	4.5	4.4	60
50	6.3	6.3	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.8	5.6	5.3	5.1	4.8	4.6	4.3	4.1	3.9	3.7	3.6	3.5	50
40	5.9	5.8	5.9	5.8	5.7	5.6	5.4	5.2	4.9	4.6	4.3	4.0	3.7	3.4	3.2	3.0	3.1	3.2	3.1	40
30	5.5	5.2	5.2	5.1	5.0	4.9	4.7	4.4	4.1	3.8	3.5	3.1	2.8	2.8	3.1	3.3	3.4	3.4	3.4	30
20	5.0	4.5	4.3	4.3	4.2	4.0	3.8	3.5	3.2	2.9	2.5	2.1	2.5	2.9	3.2	3.4	3.5	3.6	3.5	20
10	4.3	3.8	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.4	3.2	2.9	2.5	2.9	3.2	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.5	10
0	3.5	3.3	3.0	3.3	3.5	3.6	3.5	3.4	3.1	2.8	3.4	3.8	4.2	4.4	4.5	4.4	4.2	3.9	3.5	0
	180.	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	

1630

Diagram with lines of equal fissure frequencies, Fig. 9.

GAMA I	DELTA I	M I
45.	180.	25.
20.	90.	33.
70.	290.	50.

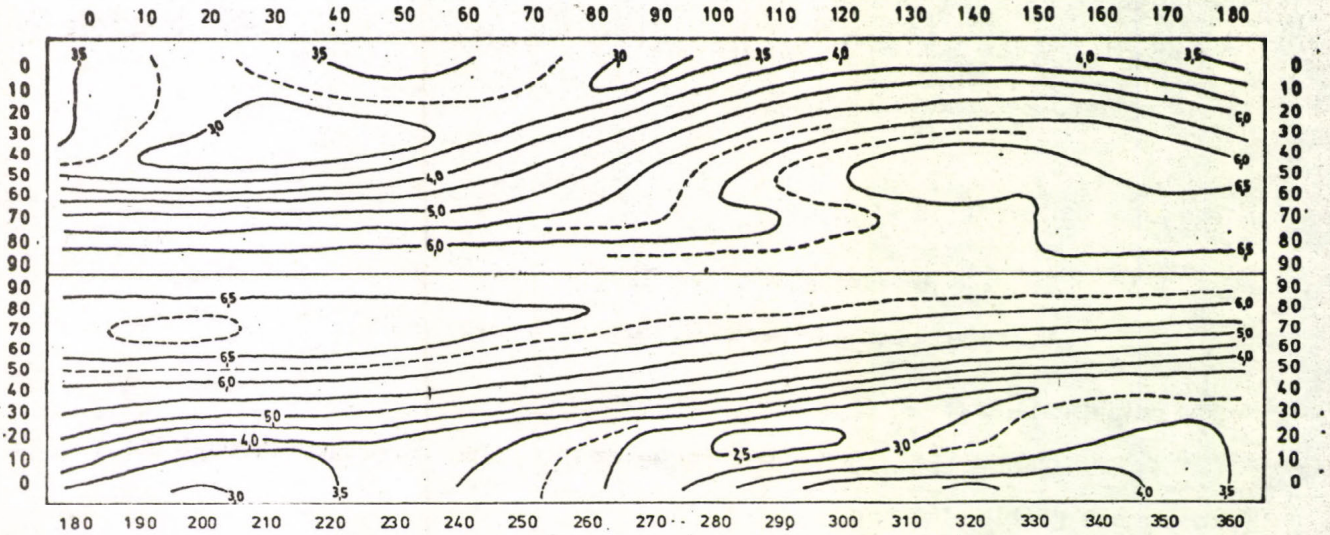


Fig. 9 - Lines of equal frequency of the system of fissures (in perpendicular coodrinate system)

To illustrate some possible applications of data about the frequency of fissures, let us consider Fig. 10 which shows the frequency of fissures in a horizontal plane, and two vertical sections.

The figure was drawn using the data from Fig 7-c.

The methods proposed here for calculating the fissuration anisotropy of rock masses make use of data on the orientation and spacing of the fissures. Other properties of the fissures, such as their dimensions, shape, type of fill, etc., are not taken into account. These properties may however have a significant influence on the role of fissures in rock deformation or failure. Therefore, when analyzing the influence of fissures on the physical and mechanical properties of a rock mass, and in particular on the anisotropy of these parameters, one must give due attention to

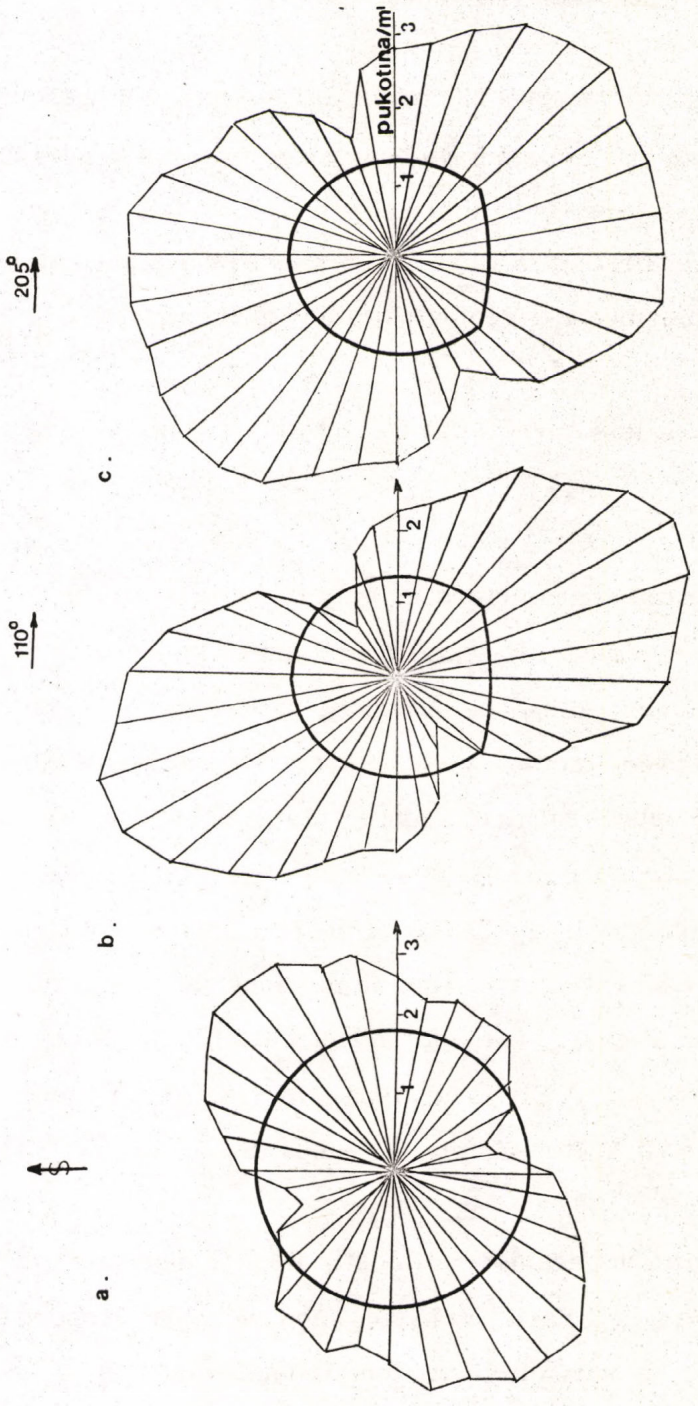


Fig. 10 - Frequency of fissures plotted in a horizontal section (a), in two different vertical section (b) and (c); data as in Fig. 7-c).

all those properties of individual fissures and families of fissures which are relevant to the problem in hand. If they are characterized by numerical parameters it is possible to take them into account as well when calculating the fissuration anisotropy of the rock.

6. CORRELATION BETWEEN FISSURATION PARAMETERS AND OTHER PROPERTIES OF THE ROCK MASS

It was on account of the manifold effect that fissures have on the numerous properties of the rock mass that efforts have been made to correlate fissuration parameters with parameters expressing other properties of rock masses. It may even be stated that the correlation of these parameters has become in our time the basic task of the engineering geological study of fissuration.

All the attempts to carry out this correlation fall into the following three groups:

(1) Correlation of fissuration parameters (mostly their densities and orientation) with other structural-textural properties of the rock mass (its lithological features, thickness of strata, size, type and orientation offolds, distance between tectonic zones, distance from the contact with intrusives, distance between tectonic zones, distance between constacts with intrusives, terrain configuration, etc). These investigations are mostly aimed at establishing regularity of the occurrence of fissures in rock masses, improvement of investigation methods, and especially a more adequate extrapolation of data on the unaccessible parts of the rock masa (M.V.Rac, 1963; I.V.Kirilova, 1959; A.S.Novikova, 1951; Currie et al., 1962; V.V.Kajakin et al., 1968; S.M.Černišev, 1966).

(2) Correlation of fissuration parameters (mostly fissure densities) with the data obtained by measuring various physical and technical properties (specific resistance, velocity of elastic longitudinal waves, air permeability, rate of drilling, and the like). The purpose of these investigations is mostly concentrated on a more accurate interpretation of the measurement data, or a more efficient execution of engineering

works within the rock mass. In some cases the efforts are concentrated on a more accurate interpretation of fissuration parameters. (A. Sorokin, 1972; V.V. Reževski, 1973; C. Tourenq et al., 1971; B. Kujundžič, 1966; P.F. Kočetkov et al., 1974; C.D. Da Gama, 1971; D.U. Deere, 1969; G.N. Eremeev, 1966; et al., 1971)

(3) Correlation between fissuration parameters (fissure density, fissuration module, mean fissuration, coefficient of fracture porosity, parameter of fissure wall configuration, width of openings, fill characteristics, etc) with parameters expressing strength, deformability and permeability of the rock mass (value (ϱ) of friction resistance along fissures, cohesion, impact strength, static and dynamic module of deformation, water permeability). These investigations are aimed at estabilishing the influence of fissures on the relevant properties of the rock mass for a more accurate prognostication of its behaviour and its interaction with the man-made structure with a view of improving its properties to the highest possible extent. (E.I. Tkačuk, 1966; A.M. Gurev, 1968; N.H. Vitkina, 1971; S.E. Mogilevskaja, 1971; J. Obradovič, C. Louis, 1967, 1974; N.R. Barton, 1971; Rocha M. et al., 1977; J.S. Singhota, 1969).

It is evident that there have been numerous attempts at correlation. In some cases a definite relationship was established between different parameters, but, on the whole, dispersion of data is still great, the value of the correlation coefficient sometimes falling below 0.50. This can, definitely, be attributed to the complexity of the phenomena investigated, and especially to the fact that most fissuration parameters are not suitable as indices of the effect which fissuration has on other rock properties.

The above presented method for the estimate of rock mass fissuration on the basis of core fragmentation analysis and the method for the calculation of

fissuration anisotropy has in last two years been applied to the investigation of sites for high dams and underground structures. Experiments are in progress to correlate the data on core fragmentation with the data afforded by borehole logging, velocity of elastic longitudinal waves, and with permeability coefficients. Work is also being done on the correlation between fissuration anisotropy data obtained by the method proposed and fissuration anisotropy data established by geophysical methods (seizmic and electrical exploration), and also with the data obtained by testing rock mass deformability by means of borehole jack, hydraulic jack and jacking test. To our present knowledge, this will be the first attempt of its kind.

In conclusion, I wish to express my belief that the data on fissuration anisotropy could be used with great advantage in experimental grouting and anchoring. Such preliminary experiments would make it possible to select the optimum direction and distance between grout holes and anchors, and thus bring about a definite reduction in the cost of engineering works.

1630

REFERENCES :

1. Barton N.R.: A relationship between joint roughness and joint shear strength, Symposium ISRM - Rock Fracture, Nancy, 1971.

2. Da Gama C.D.: Studying Rock Fractures by Wave Attenuation Methods Symposium ISRM Rock Fracture, Nancy, 1971.

3. Deere D.U.: Geological Consideration, Rock Mechanics in Engineering Practice, pp 14-19, John Wiley, London, 1969.

4. Eremeev G.N.: Izučenie karaktera treščinovatosti skalnih porod gidravličeskim oprobovaniem v sočetanii s injekciei cementovo rastvora, Gidrotehničeskove stroiteljstvo, N°12. Moskva, 1966.

5. Gurev A.M.: Inženerno-geologičeskaja model skalnovo masiva v osnivanii gidrotehničeskovo soruženiea, Trudi koordinacionih soveščanii po gidrotehnike: Diskretnie sredi v gidrotehničeskom stroiteljstve

6. Hansagi I.: A Method of Determining the Degree of Fissuration of Rock, Int. Journal of Rock Meshanics and Minning Sci, Vol. 11, 1974.

7. International Society for Rock Meshanics - Commission on Standardisation of Laboratory and Field Tests - Suggested Methods for the Quantitative Description of Rock Masses and Discontinuities, 1977.

1630

8. Kočetkov P.F., Sazonov V.A.: Izučenie treščinovatosti skalnih porod po danim elektrokarotaža, Trudi gidroporoetka, Vipusk, 36, Moskva, 1974.

9. Lokin P.: Discontinuity anisotropy of rock masses, III International Congres of The International Society for Rock Meehanics, Denver, 1974.

10. Lokin P., Laban M.: A New Method of Estimating Rock Mass Fisssuring from Standard Borehole Cores, III International Congres International Association of Engineering Geology, Madrid, 1978.

11. Louis C.: Reconaissance des massifs rocheux par sondages et classification geotechniques, Annales de L'institut technique du batiment et des travaux publics, N° 319, Paris, 1974.

12. Lykoshin A.G., Yaschenko S.G., Mikhailov A.D., Savitch A.I., Koptev V.J.: Investigation of Rock Jointing by Seismo-acoustic Methods, Symposium ISRM-Rock Fracture, Nancy, 1971.

13. Matula M., Holzer R.: Navrh metodiky inžinjerskogeologickej typizacie horninovych masivov, Acta geologica et geographica, Universitatis Comenianae, Bratislava, 1976.

14. Mogilevskaja E.E.: Proučavanje zakonitosti otpornosti na smicanje stenskih masa po pukotinama s uzimanjem u obzir morfologije njihovih površina, Materijali i konstrukcije br. 5, Beograd, 1971.

15. Neištadt L.I., Pirogov I.A.: Metodi inženerno-geologičeskogo izučenija treščinovatosti gornih porod, Energia, Moskva, 1969.

16. Pirogov I.A, Jarcev N.A.: Kuskovatost kerna kak pokazatel stepeni treščinovatosti gornih porod m masive, Trudi Gidroproekta, Leningradski vipusk 27/14, Leningrad, 1972.

17. Rac M.V.: Strukturnie modeli v inženernoj geologii, "Nedra", Moskva, 1973.

18. Rževskih V.V., Jamščik V.S.: Akustičeskie metodi isledovanija i kontrola gornih porod v masive, Moskva, 1973.

19. Sorokin A.A.: Metod vazdušnovo opredelnija treščinovatosti (metod VOT), Trudi gidroproekta - Leningradski vipusk, N° 27/24) "Energija", Leningrad, 1972.

20. Tourenq., Fourmaintraux D., Denis A.: Propagation des ondes et discontinuites des roches, Symposium ISRM-Rock Fracture, Nancy, 1971.

21. VNIIG (Leningrad) i Institut "Jaroslav Černi" (Beograd): Pročnost i deformiruemost skalnih osnovanii i ustoičivost visokih betonih plotin, vozvodimih v gornih usloviah - tehničeski otčeg, Leningrad, 1972.

1630

KŐZETTÖMB REPEDEZETTSÉG VIZSGÁLATA MÉRNÖKGEOLÓGIAI CÉLOKRA

PETAR LOKIN

Forditotta: FRÖHLICH GYULA

I. Bevezetés

A kőzettömb repedezettség tanulmányozása a mérnökgeológiai vizsgálatok fontos feladatát képezi. Ez csak természetes abból a szempontból, illetve azon tényből kiindulva, hogy a repedések alapvető tényezőként szerepelnek a mesterséges szerkezetre kölcsönhatást gyakorló kőzettömb viselkedésének előremeghatározásánál. A fent elhelyezkedő rétegek által kifejtett nyomás következtében a kőzettömbben majdnem minden törés vagy alakváltozás a repedések mentén keletkezik, amelyek a nyilást lezárják vagy a repedés kitöltését deformálják.

Számos esetben a repedezettség vizsgálata a térszin mérnökgeológiai tanulmányozásának messzemenően legfontosabb részét képezi. Igy pl. nagy földalatti bányatérségek telepitésének vizsgálatánál, ahol az épitkezés gazdaságossága nem teszi lehetővé a kőzettömb helyrehozatalára szolgáló nagy beruházásokat vagy a bányatérség kihajtása utáni oldal biztositásokat; az utak vagy vasutak épitkezésénél a lejtők stabilitásának vizsgálatánál vagy pedig kőfejtőknél és külszini fejtéseknél a lejtők stabilitásának vizsgálatánál; a helyrehozó (javitó eljárások) biztositás, a repedések cementálással történő lezárása, stb.) kiválasztásakor.

Azonban, a kőzettömb repedezettség sajátosságait még igen gyakran megközelitő értelemben tárgyalják vagy olyan paramétereket alkalmaznak, ame –

1630

lyek értéke nem egyedülálló és ezért a tényleges állapotot nem jellemzik. Az objektiv mennyiségi repedezettségi paraméterek összeállitása és a paraméterek meghatározására szolgáló megfelelő módszertan részletes kidolgozása nagy mértékben hozzájárulhat a mérnökgeológia további fejlesztéséhez. Ez határozottan pozitiv hatást gyakorolhat a tervezés (szerkesztés) gazdaságosságára, a biztonságos munkára és a felépült szerkezet még kielégitőbb szolgáltatását biztosithatja.

A kőzet repedezettség vizsgálat az alábbi legfontosabb feladatokkal rendelkezik:

a) A kőzettömb repedezettség mennyiségi paramétereinek meghatározása és a paramétereket meghatározó módszer;

b) A térszin zónákra osztási módszere, vagyis azoknak a zónáknak megismerése, amelyek a repedezettség paramétereit illetően nagyjából homogének;

c) Azok a módszerek, amelyek segitségével az anizottrópia foka az adott, megközelitően homogén zónákon belül meghatározható a repedezettség paramétereinek szempontjából;

d) A repedezettség paraméterei és az adott kőzettömb más tulajdonságu - ugymint nyirószilárdság, alakváltozási képesség, permeabilitás - paraméterei közötti korreláció a kőzettömb viselkedés megbizhatóbb prognosztizálása céljából.

A kőzettömb repedezettség vizsgálat ezen módszertani problémái határozottan a legfontosabb problémákat jelentik, amelyekkel a mérnökgeológia fejlődésének jelenlegi szintjén szembenéz. Megoldásuk elősegitheti a mérnökgeológiai vizsgálatok elméletének és módszertanának további előrehaladását és széles mértékben alkalmazható a kőzetmechanika, geosztatikus számitások fejlesztésénél, valamint a geotechnikai melioációk tervezésénél.

1630

A jelenlegi munka rövid leirást ad a fent felsorolt feladatokról és részletesen mutatja be a kutató furólyukakból vett magdarabok repedési (zuzódási) elemzésein alapuló kőzet repedezettség fokának mennyiségi becslést végző módszerét. A kőzettömb repedezettség anizotrópiáját kiszámitó módszerek prominenciával rendelkeznek.

2. Kőzettömb repedezettség vizsgálatára szolgáló módszerek áttekintése.

A kőzettömb repedezettség vizsgálatnál alkalmazott módszereket az 1. táblázat sematikusan szemlélteti. Valamennyi módszer két főcsoportra tagozódik:

1) A külszinre kibujt kőzettömbök repedezettség elemzéseire szolgáló módszerek, vagyis a telérkibuvásokon vagy mesterséges kibuvásokon végbemenő jelenség vizsgálatára szolgáló módszer; és

2) Felszin alatti kőzettömbök repedezettségét vizsgáló elemzései.

3. Kőzettömb repedezettség alapvető paraméterei.

Egy adott kőzettömbön belüli repedés teljesen megállapitható a következő ismertetőjelek meghatározása után:

a) Elhelyezkedése a térben (magasság és koordináták);
b) Eredetének módja;
c) Beirányitás, betájolás (dőlés, csapásirány);
d) Repedés alakja és a falfelület konfigurációja;
e) Külső méretek;
f) Tömedék fajtája és tulajdonságai.

A repedések családjának főtulajdonságát (a család kifejezés az azonos vagy legalább hasonló tulajdonságu repedések egy csoportját jelenti) az adott családon belüli repedések sürüsége képezi. A család többi jellemvonásai a csa-

1630

ládot képező különböző repedések legnagyobb és átlagos vagy közepes értékeit képezik; egy másik tulajdonság pedig - ezen értékek változtathatóságának sorrendje. A repedések betájolására vonatkozó adatok változtathatóságának sorrendje különösen fontos. Így, pl. ha a kőzettömb egy adott család, vagyis repedéscsalád mentén várhatóan leválik, a család dőlés elemeinek átlagos értékeit figyelembe kell venni. Mivel, azonban a nyirás is a repedések mentén lehetséges, amelynek dőlés elemei számitott közepes értékekkel rendelkeznek, ezért érdekes kiszámitani az esetleges nyirás valószinüségének nagyságrendjét és az ilyen esetben alkalmazásra kerülő idevágó biztonsági tényezőt.

A repedési rendszer paraméterei (az itteni rendszer egy adott kőzettestben lévő összes repedésre vonatkozik) a következők:

1) A kőzettestben jelenlévő adott tulajdonságu repedés család száma;

2) Bizonyos nem áthatoló repedések előfordulása, amelyek az adott kőzettesten belüli családok egyikéhez sem tartoznak;

3) A különböző repedés családok közötti térbeli elhelyezkedés;

4) A rendszerben lévő repedések összes száma (gyakorisága).

A repedés családhoz hasonlóan, egy rendszer teljesen csak akkor definiálható - a fent felsorolt rendszer paraméterein kivül -, ha egy adott rendszert képező repedés család (és az egyes repedések) meghatározott.

Egy adott rendszert képező repedések gyakorisága különböző paraméterekkel kifejezhetők, amelyek attól függően, hogy vajon a kőzettömbben egy adott irányra, vagy a kőzettömb volumenének felületére vonatkoznak-e, lehetnek lineárisak ("repedezettség modul" - A.I. Silin-Bekchurin, 1939; N.I.Kriger, 1953; "repedezettség index" - J. Stini, 1950;

1630

planarisak (egy sikban fekvők) ("átlagos repedezettség sürüség" - - E.N. Permjakov, 1949; "hasadási porozitás koefficiense" - L.I. Nejsthaadt, 1957);

volumetrikusak ("repedések volumetrikus sürüsége" - V.K. Gromov, 1963; S.E. Batugin és P.V. Egorov, 1964; "hasadási porozitás koefficiense" - L.I. Nejstadt, 1957; " általános hasadási porozitás" - M.V. Rac, 1962; "hasadási porozitás fajlagos térfogata" - S.E. Batugin és P.V. Egorov, 1964).

Tekintettel arra a tényre, hogy a lineáris és planáris paraméterek értékei elsősorban a vonal és a sik - amely mentén mérésre kerülnek - beirányitásától függnek, a volumetrikus paraméterek mérnökgeológiai szempontból sokkal értékesebbek.

A kőzettömb, mint szétdarabolt közeg a
repedezettségi fokkal, és a
repedezettségi móddal jellemezhető.

A kőzettömb repedezettségi foka a repedés sürüséggel és a szomszédos repedésekkel határolt monolit mérettel kifejezhető ("átlagos repedezettség" - - A.M. Gurev, 1964; "monolit átlagos térfogata" - M.V. Rac és S.N. Cernisev, 1970).

A repedezettségi mód a különböző családok viszonylagos helyzetével és repedés sürüségével, vagy a szomszédos repedésekkel határolt monolit forma meghatározásával fejezhető ki.

A fentemlitett repedezettség paraméterek legtöbbje szerepel a repedezettségi elemek idevágó osztályozásánál vagy a repedezett kőzettömbök osztályozásánál.

1630

4. Kőzettömb repedezettség heterogenitása

A kőzettömb repedezettség heterogenitása a kőzettömb elsődleges összetételének és szerkezetének, azaz a mechanikai tulajdonságokban lévő eredeti különbségeknek és a kőzettömbben a repedések kialakulását előidéző folyamatok számának (vetődés, gyűrődés, kontakt-metamorf-változások, elmállás, technogenikus tényezők) is tulajdonitható.

A repedezettségi paraméterek kiválasztása, a megvizsgálásra kerülő kőzettömb adott testének heterogenitására vonatkozóan, függ elsősorban a vizsgálat céljától és a rendelkezésre álló adatok fajtájától.

A felszinre kibujt kőzettömbök repedezettségi paraméterei szerint történő zónákra osztás nem okoz nagy nehézséget, ha a repedezettségre vonatkozó adatok mind rendelkezésre állnak.

A zóna beosztás is elvégezhető vagy a statisztikai adatok vagy pedig a sajátos, különleges repedésekre vonatkozó adatok megfelelő méretarányu térképre történő felhordásával. Ha több paramétert vesznek figyelembe, akkor osztályozásuk és kódolásuk kivánatos, igy a zóna beosztás müszakilag egyszerüsithető. A kódolásra vonatkozó szemléltető példát M. Matual és R. Holzer 1976-ban javasolt.

A felszin alatti kőzettömb közvetett repedezettség vizsgálattal történő zóna beosztása is könnyen megvalósitható. Az eredmények megbizhatósága az adatok sürüségétől függ, valamint attól, hogy lehet-e összeegyeztetni (korrelálni) a repedezettségi paramétereket az adott kőzettömb test mért tulajdonságainak paramétereivel. A személyes tapasztalat szerint, a legmegbizhatóbb eredményeket a geofizikus kutatás szeizmikus-akusztikus és elektromos módszerei nyujtják.

1630

A kutató furólyukak fala mentén vagy a tájolt magokon végzett repedezettség vizsgálat tömegméretben ritkán alkalmazható, ezért a repedezettség paramétereire való tekintettel a kőzettömb térfogatánál nagyobb zóna beosztásra nem használható.

A kőzettömb zóna beosztása a zavart magtöredezés (szétrepedés) elemzései alapján

Tekintet nélkül a zavart magok vizsgálata utján elérhető repedezettségi adatok relativ értékére, ez a módszer rendkivül nagyjelentőségü a kutató furás tömegalkalmazása szempontjából és lehetőséget biztosit a nagyobb mélységü kőzettömbök repedezettségének becslésére, illetve meghatározására.

A mag töredezés elemzésein alapuló kőzet repedezettségi fokozat mennyiségi értékelésére különböző módszereket és paramétereket alkalmaznak. Néhány idetartozó paraméter:

a) Kőzetminőség meghatározás - ROD, D, Deere, 1963;

b) A mag különleges töredezése (Pirgov, I.A. és N.A. Yartsev, 1972);

c) Kiruna tényező - C (Hansági, I., 1974).

A kőzettömb repedezettség heterogenitásának meghatározására, a szerző saját módszerét használta a magtöredezés elemzéseinek alkalmazása mellett. A módszert Lokinban P.M.Laban 1977, 1978 teljesen közölték.

A magtöredezési vizsgálatnál, két szomszédos repedéssel szétválasztott mindenegyes magdarab hosszát megmérik. A furástól vagy a mag kivételtől, vagyis kinyeréstől származó magtörést nem veszik figyelembe, azaz az igy széttört darabokat tömör magdarabként kell kezelni. Ha egy adott esetben a mikrótörések és más mechanikai törések gyakoriságát akarjuk kimutatni, vagyis

1630

ha feltételezzük, hogy a rövidebb magdarabokkal rendelkező zónák a térszinben lévő kőzettömbök erősebben repedezett zónáinak felelnek meg, akkor a mag töredezési foka szerinti zóna beosztás mellett, mi is felosztottuk a kőzettömböt repedezettségi foka szerinti zónákra. A magdarabok átlagos hosszuságát (amely a repedések közötti átlagos távolságnak felel meg) a kőzet repedezettség indikátoraként alkalmaztuk egy megközelitően homogén zónán belül.

A magzónák azonositása olyan elv szerint történik, hogy egy megközelitően homogén zónán belül nincs két darab mag, amely hosszuságban λ értéknél valamivel jobban különbözik. Másrészt, két szomszédos zónának legalább két magdarabot kell tartalmazni, amelyek hosszuság különbsége feltétlenül haladja meg a λ értéket. Igy λ értéket, mint indexet az adott zónahatárokon belül a mag töredék homogenitásának meghatározására használják. A λ érték az alkalomnak megfelelően kerül kiválasztásra.

A módszer részletesebb leirása és matematikai bizonyitása P. Lokin és M. Laban (1978) munkáiban megtalálható.

A magtörés számszerüen ábrázolható - a megközelitően homogén zónák és az adott zónákon belüli átlagos maghosszuságok közötti határokon lévő adatokat táblázatba foglalják. Vagy grafikonokon ábrázolható, ahol a furólyuk intervallumok vagy a megközelitően homogén zónák mélységei az abszcissza tengelyre kerülnek, mig a megfelelő zónákban lévő átlagos maghosszuságok pedig az ordináta tengelyre kerülnek. Ha mindenegyes magdarab hosszuság értéke és a furólyuk intervallumok megfelelő mélysége beirásra kerül, a magtörési grafikon $\lambda = 0$ értéket fog eredményezni. Az ilyen grafikon a magtöredezés legreálisabb képét adja, amelynek objektivitása a vizsgált mag fényképének tárgyi jellegével összehasonlitható (1. ábra). A tulzott részletezés azonban az ilyen diagramot kevésbé teszi gyakorlatiassá a térfelszin mérnökgeológiai szelvényeinek szerkesztése számára. Ebben az esetben a többé vagy kevésbé egyforma repedezettségi zónákat körül kell határolni.

A magtöredezési grafikonok $\lambda_>$ 0-val történő szerkesztésénél bizonyos integráció érhető el, amelynek foka a λ tényleges értékétől függ. Minél magasabb a λ érték, annél kisebb a megközelitően homogén repedezettségi zónák száma. Másrészt, a grafikon pontossága is kisebb lesz, mivel az átlagos érték azokra az érték csoportokra vonatkozik, amelyek között nagyobb különbségek vannak (2. ábra).

Az emlitett értékre való tekintettel a λ a szóban forgó esetnek megfelelően választják ki. Ebben az esetben figyelembe kerül a kőzettömb repedezettségi foka és a vizsgált probléma különleges jellege is.

A módszer eredményesebbé tétele céljából, a számitási folyamatot számitógéppel programozták.

A bemenő adatokat a magdarab hosszuságok és a furási intervallumok képezik.

A számitógép kimenete a magdarab hosszuságok mért értékeit tartalmazó táblázatok és grafikonok formájával rendelkezik. Mindenegyes magdarab hosszuságát a $\frac{Z}{Zk}$ viszonnyal szorozzák meg, ahol

Z - a furási intervallum hosszusága;

Zk - az intervallumban lévő összes magdarab (magrészecske) hosszuságainak összege.

A magdarabok hosszuságát ilyen módszerrel kell megmérni, hogy a mag repedezettség, vagyis töredezés diagramja egyezzen meg a tényleges furólyuk hosszal. Ezen korrekció nélkül a megtöredezési diagram hosszuság értéke a tényleges furólyuk-hossznál kisebb lehet, a különbség a mag veszteségből adódik. Ily módon a magdarab hosszuságokra vonatkozó adatokat szán-

1630

dékosan megváltoztatják. Mivel a hiányzó maghosszuság egyenletesen oszlik meg a levált magdarabok/szilánkok között, a hiba ugyszólván jelentéktelen, ha a maghosszuság veszteség meglehetősen kicsi. Ebből következik, hogy az ilyen módszer alkalmazása rendkivül magas magveszteség esetén nem tanácsos.

A számitógépes eljárás is szolgáltat grafikai és számszerü adatokat a furási intervallumokban lévő mag százalékára vonatkozóan.

A zónák közti - amelyeken belül a magtöredezés meglehetősen egyforma - határokra, valamint a zónákban lévő magdarabok átlagos hosszuságaira vonatkozó adatok is a táblázatok és grafikonok formáival rendelkeznek (2. és 3. táblázat).

Mivel ezen grafikonok nagysága kivánság szerint választható, olyan más grafikonokon szerkeszthetők meg, amelyek a kutató furólyukakkal harántolt sztratigráfiai szelvényt ábrázolják. Ilymódon a számitógép kimeneti adatai a kutatás többi módszereinek eredményeivel összhangba hozhatók (korrelálhatók).

A kimeneti adatok a relativ hibagrafikont, mint λ függvényt tartalmazzák, amely az adott célra a legmegfelelőbb értéket segit kiválasztani.

A térszinen keresztül menő geológiai szelvényre vonatkozó mag töredezési adatok extrapolálása

A különböző furólyukakból származó magok töredezési elemzései alapján kapott adatok a vizsgált térszin geológiai szelvényére felhordhatók. Felhasználhatók a megközelitően egyforma kőzetrepedezettségü zónák meghatározásánál, valamint a repedezettség paramétert tartalmazó mérnökgeológiai szelvények szerkesztésénél.

1630

Magától értődik, hogy az ilyen tipusu szelvény szerkesztésénél a kőzettömb repedezettségre vonatkozó valamennyi rendelkezésre álló anyagot, illetve adatot hasznositani kell, különösen a kőzet kibuvások térképezésénél kapott adatokat. Azonkivül, az egész repedezettség vizsgálatot, beleértve a repedezettség mértéke szerinti zóna beosztást a kőzettömbök litológiai, genetikai és szerkezeti jellegzetességeinek mélyreható ismeretére kell alapozni.

A magtöredezési elemzésekkel kapott adatokat ott kell alkalmazni, ahol a kőzettömb részeinek minőségi zónabeosztása közvetlenül nem észlelhető. Az emlitett adatok alapján végzett zónabeosztás megbizhatósága a furólyuk hálózat sürüségétől, a magvételi munkák eredményességétől függ, valamint attól, hogy a mag töredezési elemzések eredményei korrelálhatók-e a másfajta vizsgálati módszerrel kapott adatokkal.

A 3. ábra magtöredezési grafikonokkal ellátott szelvényt ábrázol, amelynél a zónabeosztást $\lambda = 30$ érték mellett végezték. A legtöbb adat az andezit masszivumra vonatkozik (B-vel jelzett). A más kutatási módszerekkel összegyüjtött adatokat nem hordták fel, mivel a jelenlegi tanulmány elsődleges célja a magtöredezési elemzések hasznosságának és alkalmazhatóságának bizonyitása. Azonban, a furólyukak száma (7) aránylag kevés volt és nem tette lehetővé a repedezettségi paraméter figyelembevételével a kőzettömb pontos és határozott zónabeosztását.
Még ebből a megközelitő elemzésből is látható volt, hogy a repedezettség intenzivebb az elmállás zónában, a tektonikai kontaktusok közelében és a vetődés főbb zónáiban. Továbbá azt is észlelhették, hogy a völgy jobb oldalán a repedezettség alacsonyabb fokozatu, vagyis a kőzettömb jobb alapzatot képez és az alapzatot körülvevő andezit és kőzetek a repedezettségi fokban különböznek.

Az andezit masszivum hozzávetőleges zónabeosztása a 4. ábrán látható.

1630

5. Kőzettömb repedezettségi anizotrópiája

A kőzettömb repedezettség anizotrópiája azon fontos tényezők egyike, amely a mechanikai szilárdság, alakváltozási képesség és permeabilitás tekintetében az adott kőzettömb test anizotrópiájára hatást gyakorol.

Az ilyen fajta anizotrópia vizsgálatánál, a "repedés gyakoriságot" (amely a "repedés modul" kifejezéssel azonos - A.I. Silin Bekcurin, 1939), vagyis a repedések számát) egy adott irányban mért egységnyi hosszuságot, mint paramétert fogjuk alkalmazni (P. Lokin, 1973). Az anizotrópia "repedezettség anizotrópia foka" paraméterként kerül kifejezésre:

$$1 : \frac{Gy}{Gx} : \frac{Gz}{Gx} : \frac{Gn}{Gx}$$

ahol

Gx, Gy, Gz ,,,,,, Gn - repedés gyakoriságok az x, y, z ,,,, n irányok mentén.

A felszin alatti kőzettömbök repedezettség anizotrópiája a mag töredékek adatai, vagy a geofizikai kutatás alapján elemezhető - feltéve ha a fúrást vagy a kutatást különbözőképpen tájolt irányokban végezték.

A kőzettömb kibuvások térképezésekor kapott adatok alapján végzett repedezettség anizotrópia kiszámításához (kibuvások vagy mesterségesen feltárt felszinek), a szerző két módszert - egy grafikait és egy analitikait - fejlesztett ki.

1630

Grafikai megoldás:

A repedések adott rendszerének anizotrópiájára vonatkozó grafikai megoldás eléréséhez, a repedések családját vegyük először figyelembe. Fel kell tételeznünk, hogy a család tagjai a közös merőlegesek irányában egyenlő távolságra lévő párhuzamos repedések. Gyakorlati alkalmazásoknál a családra vonatkozóan a mérések statisztikai feldolgozása folytán kapott átlagos dőlési elemek és térköz, vagyis távolság felhasználható.

A két szomszédos repedés és egy tetszőleges egyenes vonal metszése közötti intervallum (m') attól a szögtől függ, amelyet ez a vonal a repedésekkel merőleges vonallal képez:

$$m' = \frac{m}{\cos \Psi}$$

ahol

m - egymást követő repedések közötti távolság a merőleges irányában;

Ψ - az $\vec{N}$ és az irány közötti szög, amely alapján a repedések gyakoriságát kiszámitják.

Ebből következik, hogy egy adott m értékre a szögek kiszámithatók. A szögek irányai a repedések meghatározott gyakoriságai mellett $\vec{N}$ - t képeznek. Egyenlő felületü vetülegnél, az $\vec{N}$-el ugyanazt a Ψ szöget képező egyenes vonal pólusok a kisebb körön helyezkednek el, amelynek középpontja a merőleges pólusa és amelynek rádiusza egyedülálló módon az Ψ -nak felel meg (5. sz. ábra).

1630

Az Ψ különböző értékei a koncentrikus körök csoportját eredményezik. Az $\Psi = 90^{o}$ esetében az egyenes vonalak pólusai a repedés és a szféra metszését ábrázoló körön helyezkednek el. Tehát az $\vec{N}$-nel Ψ szöget képező egyenes vonalak pólusainak helye egy olyan kört képez, amely az adott család, repedés család azonos gyakoriságu irányainak felel meg, vagyis a merőleges közelében lévő koncentrikus körök ennek a repedés családnak egyenlő gyakoriságu vonalait képezik.

A 6. ábra a repedés család egyenlő gyakoriságu vonalait mutatja be 70/45 dőlési elemek és a repedések között m = 30 cm távolság mellett (6-a ábra).

Ebből következik, hogy az egyenlő felületü projekció, vagyis vetület az egy repedés családdal kapcsolatos anizotrópia meglehetősen pontos grafikai ábrázolását biztositja. Figyelmes vizsgálat mellett ugyanaz az eljárás alkalmazható az egy rendszert képező összes többi családnál.

A 6-b és 6-c ábrák a repedések egyforma gyakoriságu vonalait mutatják be a 180/68 dőlés elemekkel és m = 80 cm-rel rendelkező családra vonatkozóan (II) és a 255/18 dőlés elemekkel és m = 120 cm-rel rendelkező család esetében (III).

A három családot képező rendszer repedéseinek össz-gyakorisága meghatározható, ha a mindhárom családra vonatkozó egyforma gyakoriságu vonalak által eredményezett értékeket összeadjuk. Ez a legkönnyebben ugy érhető el, ha valamennyi család egyforma gyakoriságu vonalait ugyanarra a diagramra visszük fel (7-a. ábra). A vonalak által eredményezett értékek összeadása után (7-b. ábra), a repedések egyforma abszolut gyakoriságának pontjait interpolálással határozzák meg, majd az egyforma abszolut gyakoriság vonalainak szerkesztése összekapcsolással történik (7-c ábra).

1630

Az eredő grafikai ábrázolás bármely kivánt irányban a repedések gyakoriságának meghatározása céljából alkalmazható. Ebből eredően a 8-c. ábrán mutatott grafikon a kőzettömb három-dimenziós repedési anizotrópiájának teljes ábrázolását biztositja.

Az ilyen grafikai müvelet alkalmazásának legnagyobb nehézsége abban rejlik, hogy az egyforma gyakoriság összes vonalát minden egyes repedés családra meg kell szerkeszteni, különösen akkor, ha meglehetősen nagy a családok száma. Az alkalmazás megkönnyitése céljából térképhálózat sort szerkesztettek a különböző dőlésszögü repedés családokra merőleges pólusok segitségével. Az ilyen térképhálókkal az egyforma gyakoriságu vonalak bőrmely dőlés elemmel és a repedések között bármely távolsággal rendelkező családra vonatkozóan gyorsan megszerkeszthetők.

Analitikai megoldás

Az analitikai megoldás is egy repedés család figyelembe vételére törekszik, ugyanolyan feltételezések mellett, mint a grafikai megoldásnál.

A 8. ábrán lévő ABC sik a család tipikus tagját, vagyis a család tőkés elemeivel rendelkező repedést ábrázolja háromdimenziós derékszögü koordináta rendszerben. A sik távolsága a kezdőponttól (vagyis a merőleges OM menti távolság) a család tagok közötti távolsággal egyenlő.

Jelmagyarázat:

$\vec{N}$ - a diszkontinuitás sikjára merőleges vektor, amelynek nagysága a törés, vagyis repedés család-közötti távolsággal arányos (m);

$\vec{N}_x, \vec{N}_y, \vec{N}_z$ - a tengelyekkel párhuzamos $\vec{N}$ vektor komponensei;

1630

$\alpha\ \beta\ \gamma$ - szögek, amelyeket az $\vec{N}$ a tengelyekkel képez;

a, b, c - a repedés sikjának ordinátatengelymetszete

δ - az x tengelyek és az xy sikon lévő $\vec{N}$ vetület közötti szög;

ρ - az $\vec{N}$ és az xy sik közötti szög

Ha a koordináta rendszert ugy választjuk meg, hogy az x és y az N-S és E-W geográfiai koordináta tengelyekkel és a z pedig a függőleges vonallal esik egybe, akkor a fenti jelölés valamelyike is a következő jelentéssel rendelkezik:

δ - a törés sikjának dőlés azimutja;

γ - a repedés sikjának dőlésszöge;

ρ - repedés sikjával merőleges dőlésszög ($\rho + \gamma = 90^{o}$)

Az m, γ, δ (mint a terepméréseknél kapott átlagok) ismeretében, az a, b, c ordináta tengelymetszetek (metszékek), vagyis a repedés családok közötti tengelyek menti távolságok a trigonometria közvetlen alkalmazásával megkaphatók:

$$(a) = \frac{m}{\sin\gamma \quad \cos\delta}$$

$$(b) = \frac{m}{\sin\gamma \quad \sin\delta}$$

$$(c) = \frac{m}{\cos\gamma}$$

1630

Az L hosszuságban a tengelyeket metsző adott repedés családok száma ($_1n$) a következőképpen alakul:

$$_1n_x = \frac{L}{a}$$

$$_1n_y = \frac{L}{b}$$

$$_1n_z = \frac{L}{c}$$

Az adott repedés családok gyakoriságát, valamennyi tengelyen, vagyis az egy méter hosszuság feletti tengelyt metsző repedés családok számát az alábbi adja:

$$_1G_x = \frac{_1n_x}{L} = \frac{\sin\gamma \cdot \cos\delta}{m}$$

$$_1G_y = \frac{_1n_y}{L} = \frac{\sin\gamma \cdot \sin\delta}{m}$$

$$_1G_z = \frac{_1n_z}{L} = \frac{\cos\gamma}{m}$$

A rendszert alkotó összes többi repedés család ($_2G$, $_3G$, ... $_nG$) gyakoriságát hasonló módon határozzuk meg. A családok gyakoriságainak összege a repedések rendszerének gyakoriságát adja (G) meghatározott tengelyekre vonatkozóan:

$$G_x = \sum_{i=1}^{i=n} i\,G_x = {}_1G_x + {}_2G_x + \dots\dots + {}_nG_x$$

$$G_y = \sum_{i=1}^{i=n} i\,G_y = {}_1G_y + {}_2G_y \dots\dots + {}_nG_y$$

$$G_z = \sum_{i=1}^{i=n} i\,G_z = {}_1G_z + {}_2G_z \dots\dots + {}_nG_z$$

1630

A repedezettség anizotrópiája a geográfiai koordináta rendszer tengelyeinél a következőképpen alakul:

$$1 : \frac{F_y}{G_x} : \frac{G_z}{G_x}$$

A geográfiai koordináta rendszer három tengelyére vonatkozóan az anizotrópiai meghatározásával kezdtük, mivel a terepmérések olyan adatokat eredményeznek, amelyek az ilyen koordináta rendszer diszkontinuitásainak tájolására vonatkoznak.

Ahhoz, hogy a repedezettség anizotrópiáról és a gyakorlati problémák megoldására vonatkozóan átfogóbb képet kapjunk, a repedések gyakoriságát más irányokra is kiszámithatjuk. A mérnökgeológiai és geotechnika gyakorlati feladatai gyakran olyan irányokban vagy sikokban követelik meg a repedések gyakoriságának meghatározását, amelyeket a terepi vizsgálat kialakitásával vagy mesterséges szerkezet konfigurációjával vagy ennek bizonyos részével rögzitenek. A repedések gyakorisága bármely más irányban meghatározható : vagy egy uj koordináta rendszer felépitésével vagypedig az uj irány és az $\vec{N}$ közötti szög meghatározásával.

Egy család repedéseinek gyakorisága az uj irányban ($\vec{N}$) a következőképpen alakul:

$$_1G_n = \cos(\gamma - \gamma_n) \cdot \cos(\delta - \delta_n) + (1 - \cos(\delta - \delta_n) \cdot \cos\gamma \cdot \cos\gamma_n$$

ahol:

γ_n - a z tengely és az uj irány (N) közötti szög

δ_n - az x tengely és az uj irány (N) közötti szög

A rendszert képező összes család repedéseinek gyakorisága az ($\bar{n}$) irányban a következő lesz:

$$G_n = \sum_{i=1}^{i=n} {}_i G_n$$

Ha a repedés gyakoriságot a kőzettömb által, amely szintén több repedés családot tartalmazhat, tájolt, vagyis különbözően tájolt nagyobb számu irányokban számitjuk ki - rengeteg munkából álló feladattal kell szembenéznünk. A statisztikai feldolgozásnál,vagyis az adott repedés családokra vonatkozó dőlés elemek átlagos értékeinek kiszámitásánál is alapos, kiterjedt munkát kell végezni. Ezért a repedés gyakoriságra vonatkozó adatok feldolgozása céljából számitógépes programot dolgoztak ki a belgrádi egyetem bányászati és geológiai tanszékén.

Bemenő adatok:

a repedés átlagos dőlés elemei; és

az adott családban a repedések közötti átlagos térköz, vagyis távolság.

Kimenő adatok:

a kőzettömbön keresztül különböző irányokban repedés gyakoriságot mutató táblázatok (4. táblázat); és

az egyforma repedés gyakoriságok vonalait ábrázoló diagram, (9. ábra).

A repedések gyakoriságáról szóló adatok néhány lehető alkalmazásának szemléltetése céljából, vegyük figyelembe a 10. ábrát, amely a repedések gyakoriságát vizszintes sikban mutatja, valamint vegyük figyelembe a két függőleges szelvényt.

Az ábrát a 7-c. ábrából vett adatok felhasználásával szerkesztettük meg.

A kőzettömbök repedezettség anizotrópiájának számitásához javasolt itteni módszerek hasznositják mindazokat az adatokat, amelyek a repedések tájolására és távolságára vonatkoznak. A repedések többi tulajdonságai, ugymint

külső méretük, alakjuk, kitöltésük stb. nem kerülnek figyelembe. Ezek a tulajdonságok azonban jelentős hatást gyakorolhatnak a kőzet alakváltozásnál vagy törésnél végbemenő repedések szerepére. Ezért amikor a repedéseknek a kőzettömb fizikai és mechanikai tulajdonságaira, és különösen ezen paraméterek anizotrópiájára gyakorolt hatását elemezzük, megfelelő figyelmet kell forditani a különálló repedések és repedés családok valamennyi tulajdonságaira, amelyek a jelen problémához tartoznak. Ha ezeket számszerü paraméterekkel jellemezzük, akkor lehetővé válik azok figyelembe vétele a kőzet repedezettség anizotrópiájának számitásakor is.

6. A kőzettömb repedezettség paraméterei és más tulajdonságai közötti korreláció.

Ez annak a többszörös hatásnak volt a következménye, amelyet a repedések gyakorolnak a kőzettömb számos tulajdonságára. Megpróbálták korrelálni a repedezettségi paraméterek a kőzettömbök többi tulajdonságait kifejező paraméterekkel. Sőt az is kijelenthető, hogy ezen paraméterek korrelációja napjainkban a repedezettség mérnökgeológiai vizsgálatának alapvető feladatává vált.

Az emlitett korreláció elvégzésére irányuló kisérletek a következő három csoportra oszthatók:

1) A repedezettség paraméterek korrelációja (főleg sürüségük és tájolásuk, vagyis irányuk) a kőzettömb többi szerkezeti-szövezeti tulajdonságaival) litológiai tulajdonságok, réteg vastagság, a gyürődések mérete, tipusa és iránya, a tektonikus zónák közötti távolság, távolság az intruzivvel való kontaktustól, tektonikus zónák közötti távolság, az intruziv kontaktusok közötti távolság, térszin alakzat, stb.). A vizsgálatok főleg azt célozzák, hogy a kőzettömbökben lévő repedések előfordulásának szabályszerüségét meghatározzák, a vizsgálati módszereket

1630

javitsák és különösképpen a kőzettömb hozzáférhetetlen részeiről szóló adatokat megfelelőbben extrapolálják (M.V.Rac, 1963; I.V.Kirilova, 1959; A.S.Novikova, 1951; Currie et.al., 1962; V.V.Kajakin et al., 1968; S.M.Cernisev, 1966).

2) A repedezettség paraméterek (főleg repedés sürüségek) korrelációja a különböző fizikai és müszaki tulajdonságok mérése folyamán kapott adatokkal (fajlagos ellenállás, az elasztikus hosszanti hullámok sebesség, levegő permeabilitás, furás intenzitása, és még hasonlók). Ezen vizsgálatok célja elsősorban arra összpontosul, hogy a mérési adatokat pontosabban interpretálják, vagy a kőzettömbre vonatkozó mérnöki munkákat hatékonyabban végezzék. Bizonyos esetekben az erőfeszitéseket a repedezettség paraméterek pontosabb interpretálására összpontositják. (A.Sorokin, 1972; V.V.Rezevski, 1973; C.Tourenq et al., 1971; B.Kujundzic, 1966; P.F.Kocetkov et.al., 1974; C.D.Da Gama, 1971; D.U.Deere, 1969; G.N.Eremeev, 1966; et al., 1971).

3) Repedezettségi paraméterek közötti korreláció (repedés sürüség, repedezettségi modul, közepes repedezettség, törési porozitás koefficiense, repedés elválási sikjának alakzata, nyilások szélessége, töltődési tulajdonság, stb.) a kőzettömb szilárdságát, alakváltozását és permeabilitását kifejező paraméterekkel (a repedések menti surlódás ellenállás φ értéke, kohézió, ütőszilárdság, az alakváltozás sztatikus és dinamikus modulja, viz permeabilitás). Ezen vizsgálatok célja, hogy meghatározza a repedéseknek a kőzettömb idevonatkozó tulajdonságaira gyakorolt hatását a kőzettömb viselkedésének pontosabb prognosztizálása céljából, valamint meghatározza a kőzettömb és a mesterséges szerkezet kölcsönhatását az utóbbi tulajdonságainak lehető legmagasabb foku javitása érdekében. (E.I.Tkacuk, 1966; A.M.Gurev, 1968; N.H.Vitkina, 1971; S.E. Mogilevskaja, 1971; J.Obradovic, C.Louis, 1967, 1974; N.R.Barton, 1971; Rocha M. et al., 1977; J.S.Singhota, 1969).

1630

Kétségtelen, hogy számos kisérletet tettek a korrelációra vonatkozóan. Bizonyos esetekben határozott összefüggést állapitottak meg a különböző paraméterek között, de egészében véve, az adatok szórása még mindig nagy, a korrelációs koefficiens értéke pedig néha 0,50 alá süllyed. Ez kifejezetten a vizsgált jelenség összetettségének, de különösen annak a ténynek tulajdonitható, hogy a legtöbb repedezettség paraméter mint hatásindex, amelyet a repedezettség a többi kőzet tulajdonságra gyakorol, nem megfelelő.

A magtöredezés alapján végzett kőzettömb repedezettség meghatározására szolgáló fentebb ismertetett módszert és a repedezettségi anizotrópia számitására szolgáló módszert az utóbbi két évben magas töltésekhez és földalatti szerkezetekhez szükséges telepitési helyek vizsgálatánál alkalmazzák. Kisérletek folynak arra vonatkozóan, hogy a magtöredezés alapján kapott adatokat a furólyuk szelvényezéssel, az elasztikus hosszanti hullámok sebességével kapott adatokkal és a permeabilitás koefficienseivel összhangba hozzák, azaz korrelálják. Munka folyik továbbá a javasolt módszer által kapott repedezettség anizotrópia adatok és a geofizikai módszerek (szeizmikus és elektromos kutatás) által kapott repedezettség anizotrópia adatok korrelációjára vonatkozóan. Az előbb emlitett adatokat a kőzettömb alakváltozási képességének vizsgálata során - amelyeket furólyuk támmal, hidraulikus emelővel és kitámasztási vizsgálattal érnek el - kapott adatokkal is korrelálják. Jelenlegi ismereteink alapján, ez lesz majd az első ilyen kisérlet.

Összefoglalva az elmondottakat, szeretném kifejezni azon meggyőződésemet, hogy a repedezettség anizotrópiáról szóló adatok igen eredményesen használhatók majd fel a kisérleti cementálásnál és biztositásnál. Az ilyen előzetes kisérletek lehetővé tehetik az optimális irány és a cementáló lyukak, valamint a kifeszkézett biztositások közötti távolság kiválasztását, és igy a mérnöki munkák költségében jelentős, meghatározott csökkenést hozhatnak létre.

1630

ÁBRÁK JEGYZÉKE:

1.sz.ábra: Magtöredezés grafikonja $\lambda = 0$ esetében.
(y - magdarab hossza; x - furási mélység)

2.sz.ábra: Magtöredezés grafikonja : 1 - $\lambda = 15$; 2 - $\lambda = 25$;
3 - $\lambda = 35$; 4- $\lambda = 50$ cm -nél.
y-magdarabok átlagos hossza; x - furási mélység.

3.sz.ábra: A térszinen keresztül menő mérnökgeológiai szelvény magtöredezési grafikonokkal (1- különböző litológiai jellegü kőzetek; 2-átlagos magdarab hosszuságok).

4.sz.ábra: Térszinen keresztül menő mérnökgeológiai szelvény andezit zónával a töredezettség foka szerint.

5.sz.ábra: Egy család repedezettségeinek egyforma gyakoriságára vonatkozó térképvonalak egy egyenlő felületü vetületnél

6.sz.ábra: Repedések egyforma gyakoriságának vonalai (egyenlő felületü vetületnél) a 70/45 dőlés elemekkel rendelkező családnál(a); a 180/68 (b) és a 255/18 (c) dőlés elemekkel és a repedések közötti következő távolsággal: m = 30 cm; (a) m = 80 cm(b) és m = 120 cm(c).

7.sz.ábra: Három család által alkotott repedések rendszerének egyenlő gyakoriságát ábrázoló térképvonalak (egyforma felületü vetületnél):
a - egyforma gyakoriság vonalai mindhárom családra vonatkozóan;

1630

b - a 7-a ábrán mutatott egyforma gyakoriság vonalak által adott értékek összegezése;

c - repedések rendszerének egyforma gyakoriság vonalai.

8.sz.ábra: A család dőlés elemeit mutató sematikus ábrázolás. A geográfiai koordináta rendszerben ez ehhez tartozik.

9.sz.ábra: A repedés rendszer egyforma gyakoriságát ábrázoló vonalak (függőleges koordináta rendszerben)

10.sz.ábra: Vizszintes szelvényen ábrázolt törések gyakorisága (a); (b) és (c) kép különböző függőleges szelvényen történő ábrázolás; (az adatok a 7-c. ábra szerint).

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE:

1.sz.táblázat: Kőzettömb repedezettség vizsgálatánál alkalmazott módszerek:

1. Külszinre kibujt kőzettömbökön végzett repedezettség vizsgálat (kibuvások és mesterségesen feltárt külszin)

2. Lelőhelyhez közel történő közvetlen vizsgálat telér kibuvásokon és réteg kibuvásokon

   a) Térszin felületén végzett vizsgálatok

   b) Felszin alatti vizsgálatok tárókban, aknákban és vágatokban.

3. Közvetett vizsgálatok - a lelőhelytől távol

   Légi fényképek vizsgálata.

   a) repülőkről és müholdakról készitett scanogrammok és fényképek elemzése

   b) földi (terresztrikus) fényképek elemzése

4. Földalatti kőzettömbök repedezettség vizsgálata

5. Közvetlen vizsgálatok.

6. Kutató furólyukból származó mag vizsgálatai

a) zavart, nem tájolt magon

b) folyamatosan tájolt magon

7. Kutató furólyukak falának vizsgálata

a) furólyuk falának észlelése furólyuk periszkóppal és TV szondázással

b) furólyuk falak normál vagy sztereo fényképeinek elemzése

c) furólyuk fal geofizikai kutatása

8. Közvetett vizsgálatok

a) viz permeabilitás mérései

b) levegő permeabilitás mérései

c) cementáló anyag permeabilitásának mérései

d) kőzet sürüség mérései

e) elasztikus hosszanti hullámok sebességének mérései

2.sz.táblázat: Magdarab hosszuságok és a megközelitően homogén zóna határai (ferde vonalakkal jelzettek).

3.sz.táblázat: Átlagos magdarab hosszuságok a különböző zónákban.

4.sz.táblázat: A kőzettömbön különböző irányokban a repedés gyakoriságot mutatja

1630

UNDERGRADUATE AND POST-GRADUATE TRAINING IN ENGINEERING GEOLOGY AT BELGRADE UNIVERSITY AND ITS PERSPECTIVE

PETAR LOKIN*

A mérnökgeológiai képzés és továbbképzés jelene és jövője a Belgrádi Egyetemen

1. INTRODUCTION

The Faculty of Mining and Geology of the University of Belgrade is one of the most important academic centers for the training of experts in the field of engineering geology in Yugoslavia. It was here that the majoring in engineering geology and hydrogeology was first introduced. A further development was the introduction of two separate majors: one in geotechnics, the other in hydrogeology. Until quite recently this was only academic center for the training of engineering geological personnel. At present, the University of Zagreb and the University of Tuzla offer major courses with similar curricula leading to a degree in engineering geology.

At the University of Belgrade, like in most other Yugoslav Universities, the courses in engineering geology are designed to train

(a) Experts majoring in engineering geology or geotechnics, and

(b) Experts in other fields related to geotechnics for whom a knowledge of the principles of engineering geology is prerequisite for sucessful work in their particular profession such as civil engineering, architecture, mining, urban planning, and some specific geological disciplines, e.g. geology of mineral deposits, hydrogeology, geophysics, regional geology, etc.

*Beograd, Rudarsko Geoloiky Fak., Dusina Br. 7.

The engineering geology curricula and syllabi of related Academic institutions or of other major courses at the Faculty of Geology in other University centers are, as a rule well adapted to take care of the needs of the future profession of the trainees.

The present report is devoted exclusively to the engineering geology curricula of those schools and major courses which provide training in engineering geology and/or geotechnics.

2. ON THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING GEOLOGY IN SERBIA AND AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE

The first application of geological science to the study of the terrain for civil engineering desing and construction in Serbia is to be credited to D. Antula and S. Radovanović. The work was done in 1907 in connection with the Zaječar-Paraćin railway line project. Further application and development of engineering-geological investigations was stopped by the Balkan Wars and the World War I. In the period between the two World Wars engineering geology was applied in the study of geological conditions along proposed routes for the reailway line connecting Belgrade with the Adriatic Sea. For this purpose as many as ten different variants were analyzed. Engineering geological conditions were also studied in connection with several smaller hydroelectric projects and other civil engineering structures. It is noteworthy that during this period the participation of geologists in the desing and construction of various projects was mostly restricted to occasional inspection of the terrain and projects under construction, and writing of short routine reports. The compley of engineering geological problems were only rarely followed systematically throughout the working process - from the project to the finished engineering structure.

1630

This level of engineering geologocial investigations reflects, essentially, the comparatively underdeveloped economy of the time, the absence of social planning and development, lack of professional staff, and the general level of scientific and technical attainments of that time.

Consequently, the engineering geology as a scientific and technical discipline could not but develop within narrow limits, the entire research and practice being associated with a few outstanding scientists in this field. A special credit must be given to the late academician Professor Milan Luković for his pioneer initiative and his later remarkable work in the field of engineering geology. Professor Luković is justly considered to be the founder of engineering geology in Yugoslavia, because under his guidance the Section for Technical Geology was established at the Civil Engineering Department of the Faculty of Technology in Belgrade in 1921, and engineering geology was introduced as a subject. Professor Luković's textbook Inženjerska geologija (Engineering Geology) came out as early as 1931, and is certainly one of the first books of its kind.

In the period directly following the World War II, intensive reconstruction and development of the devastated country, and remarkable technical progress based on long-term planning imposed the need and offered possibilities for further development of engineering geology. It became evident that in addition to basic geological disciplines, the curriculum of an engineer in geology should include mathematics and physics, the elements of the theory of construction, soil mechanics, etc. enabling him to solve complex tasks involved in the study of geological conditions, the knowledge of which is prerequisite in the planning, designing, construction and exploitation of various civil engineering and mining works, hydro-electric and ammelioration projects, and the like.

To take care of all these problems, the Mining Department was established at the High Technical School of the University of Belgrade as early as 1946. This department which later developed into the Faculty of Mining (1949), and the newly

1630

organized Faculty of Geology (1949) were reorganized into the Faculty of Mining and Geology (1957) whose aim was to educate mining engineers and technically oriented geologists specializing in geological mapping, exploration of mineral deposits, engineering geology with hydrogeology, and applied geophysics. One of the initiators of this educational change was Professor M. Luković whose main subject was engineering geology and hydrogeology.

The first generation of the newly organized Faculty of Geology graduated in 1950. This group of 36 engineers gave an important contribution to the economic development of the country by their remarkably active role in carrying out electrification and industrialization projects. To meet the needs imposed by the economy of the country, almost one quarter of the first generation of graduates were engaged in solving engineering geological problems. Special groups for engineering geological and hydrogeological investigations were soon organized in a number of research institutes and economic enterprieses. The problem of engineering geological personnel has long been solved.

In the entire post-war period the engineering geological curricula and syllabi at the University of Belgrade have subjected to comparatively frequent and important changes with the aim to adjust the profile of graduates to the demands of the country's economy and the state as a whole, taking care that the available staff and funds, as well as the past experience, are used to the best advantage. The first curriculum set up in 1946 comprised subjects of a general character (chemistry, physics, etc.), a group of subjects of general professional orientation, and a group of subjects covering applied geology and geophysics. This last group of subjects included engineering geology with hydrogeology and soil mechanics. After registering for the major course in applied geology, the students could specialize in a more specific field according to their own choice. For this purpose the candidate did individual research the results of which were incorporated in his diploma work. With minor changes this curriculum remained in force until 1961.

In 1961 the tuition in applied geology ("Technical Geology") was organized in three major courses: (1) in ingeering geology and hydrogeology, (2) in exploration of mineral deposits; (3) in applied geophysics.

In addition to the existing subjects (engineering geology, hydrogeology, soil mechanics) other subjects, like rock mass mechanics, grouting and stabilization of the terrain, hydrology, hydraulics, design of engineering geological and hydrogeological investigations, etc. were introduced into the major course in engineering geology with hydrogeology.

The most essential innovations in the tuition of an engineering geologist have been introduced since 1971. It was in that year that a special Major course and a Chair for geotechnics were organized in which parts of the former Major course and Chair for engineering geology and hydrogeology were included. In the reorganized Major course, training in engineering geology was separated from training in hydrogeology. By reducing to a certain extent the subjects relating the study of groundwater, it was possible to introduce new subjects more relevant for a detailed analysis of the interaction between terrain and manmade structures. Programs of the already existing professional courses were expanded or split into two or more units with simultaneous introduction of new subjects such as Principles of engineering geology, Engineering geology of Yugoslavia, Soil mechanics, Rock mass mechanics, Geostatical calculations, Geotechnical ammelioration of the terrain, Design of geotechnical investigations, Foundation engineering, etc.

The post-graduate courses in engineering geology were first introduced in 1967, and since then six generations have completed their post-graduate training, the courses being organized every second year, on an average. The curricula at the post-graduate level are even more frequently changed than those of under-graduate courses in order to adapt them to the particular needs of successive generations.

In conformity with the existing Yugoslav High School legistation, there are post-graduate four-semester courses leading to the Master's degree and two--semester specialization courses; the former are research-oriented, while the latter have the character of in-service permanent professional education.

3. THE PRESENT STATE OF ENGINEERING GEOLOGICAL TRAINING

The present curriculum of the Major course in geotechnics is basically that set up in 1971 with certain innovations introduced in 1977. The complete list of subjects of a full-time four-year university course in Geotechnics is given bellow.

T a b l e 1.

Year of study and semester / Subject	Year							
	1st		2nd		3rd		4th	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1. Mathematics	3+4	2+2	2+2	2+2				
2. Physics		3+3						
3. Chemistry	3+2							
4. General geology	2+2	2+2						
5. Mineralogy	2+2	2+3						
6. Descriptive geometry		2+3						
7. National defence	2+0	2+0	2+0	2+0				
8. Elements of sociology		2+0	2+0					
9. Mechanics, Part 1			3+3					
10. Strength of material				2+2				
11. Petrology			2+2	2+2				
12. Historical geology			2+1	2+1				
13. Geomorphology			2+3					
14. Exploratory boring				2+1				
15. Geodesy				2+2				
16. Physical education			0+2	0+2				
17. Foreign language (English,Frech,German or Russian)			2+0	2+0				
18. Structural geology					2+3			
19. Geological mapping					2+3	2+3		
20. Hydrogeology					2+1	2+2		
21. Methods of geophysical investigation					2+2	2+2		
22. Principles of engineering geology					2+0	2+2		
23. Elements of civil engineering structures					2+2	2+0		
24. Photogeology						1+2		
25. Soil mechanics						2+2	2+2	
26. Rock mass mechanics						2+2	2+2	
27. Geostatical calculations								3+3
28. Methods of eng.geol. investigation of tertain							2+2	2+4
29. Engineering geodynamics							2+2	
30. Geotechnical ammelioration of terrain							2+2	2+2
31. Engineering geology of Yugoslavia							2+0	
32. Design of eng.geol. investigations							1+2	1+3
33. Foundation engineering								2+2
34. Social,Economic and Political Systems in Yugoslavia							2+0	2+0
Total number of periods per week*	12+10	15+13	17+17	16+12	12+11	15+15	15+12	12+14
Field course (May 15 th-31st)								

1630

Note: The first number refers to lectures, the second to practicals.

Although practical training during summer vacation is optional, it is often organized at students' request and is arranged to suit the interests of students and possibilities of the economic enterprises to which they are admitted for practice.

Participation of individual groups of subjects in the total number of periods per academic session is as follows:

I.	Gneral educational subjects		11,1%
II.	Subjects covering basic disciplines in the field of science (mathematisc, physics, chemistry)		21,0%
III.	Geotechnical subjects of a general character		
	Total:		38,3%
	Of which,		
	Subjects on civil engineering	4,7%	
	Subjects of a general geological character	22,5%	
	Subjects covering various methods of geological investigation	11,1%	
IV.	Geotechnical subjects s,str. Total:		29,6%
	Of which,		
	General theoretical subjects in the field of geotechnics	15,9%	
	Subjects dealing with methods of geotechnical investigation	8,1%	
	Subjects involved in geotechnical project engineering	5,6%	

1630

After passing ali these subjects the undergraduate procedes to individual research executed under supervision of a member of the teaching staff, written up in the form of Diploma Work, and defended before an approved panel of experts. The Diploma Work must reflect student's proficiency in all the principles of investigations relevant for the given professional problem.

In the post-graduate curriculum, the Academic course leading to a Master's degree has four basic groups of subjects:

Group 1.- Methodology of research (one subject);
Group 2.- Mathematical subjects (a choice of 5 subjects);
Group 3.- Theoretical studies (a choice of 20 technical subjects)
Group 4.- Professional studies (a choice of 12 subjects)

The only non-optional subject is Methodology of research (Group 1). From all other groups (2-4) students are allowed to choose the subjects they are most interested in, their choice being subject to approval by the supervisor and the chair at which they have enrolled. The only limiting conditon is that the total number of lectures agrees with the curriculum schedule. In this way the candidate is enabled to choose the program of studies that will best suit his interests and the needs of his particular job (in-service training).

Post-graduate two-semester specialization is advanced (taught) career-orinted course, organized to meet the needs of each particular candidate. This is achieved by devising a special program for the given field of specialization. The program of studies falls within the responsibilities of the Chair for geotechnics.

1630

4. OUTLINE OF NEW DEVELOPMENTS IN THE EDUCATIONAL SYSTEM

The entire system of education and vocational and/or professional training in Yugoslavia is undergoing a thorough change which will, naturally, be reflected in the university curricula and syllabi.

To obtain the best possible insight into the prospective system of teaching and training in engineering geology and geotechnics, the new Yugoslav educational system will be schematically presented in Fig. 1.

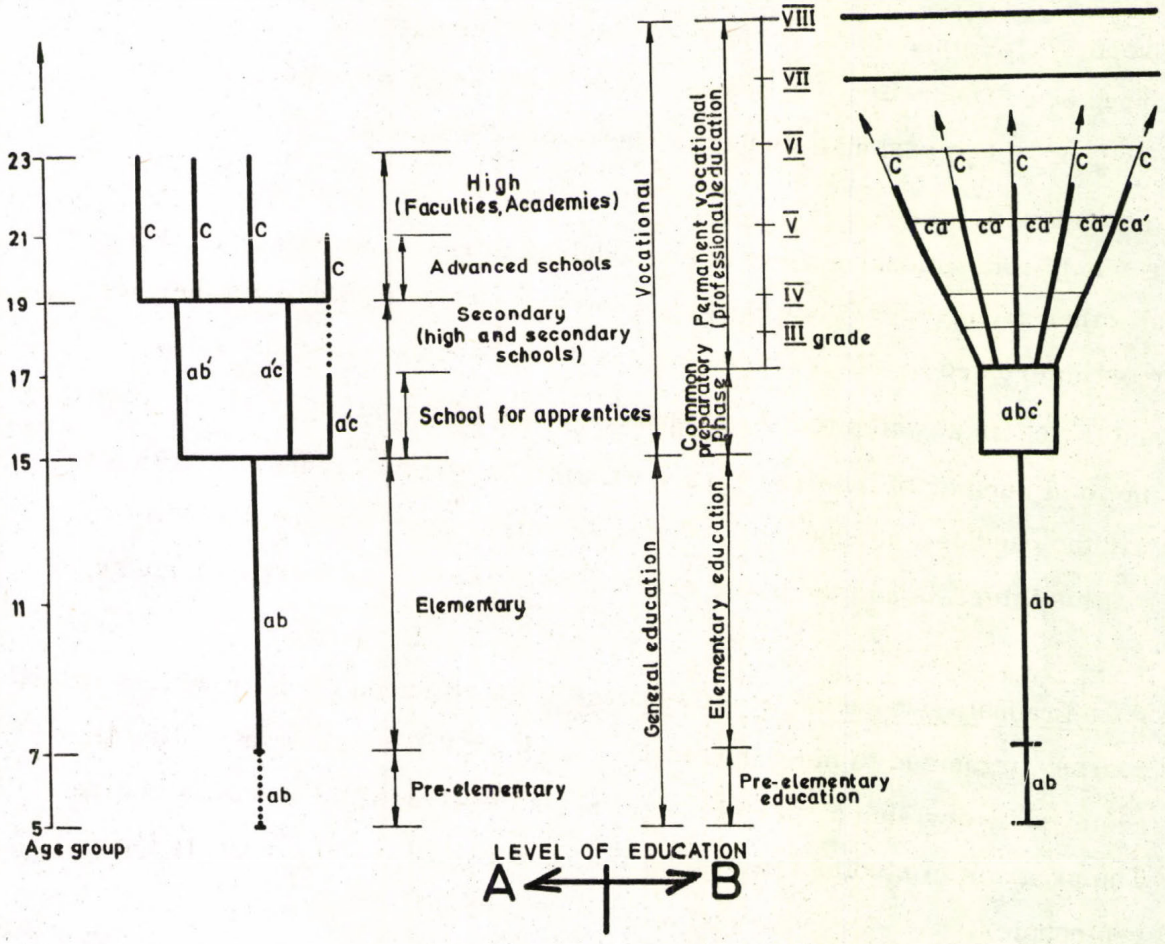


Fig. 1 - Schematics of the former (A) and the new (B) educational systems in Yugoslavia.

Legend: (a) general education; (b) in-service and polytechnical education; (c) vocational education; (a') elements of general education; (b') elements of in-service and polytechnical education; (c') possible vocational education.

1630

It is evident that the new educational system consists of the following two major parts,

The first comprising the pre-elementary and the eight-form compulsory elementary instruction and education; and

The second comprising (a) common preparatory phase, and (b) graded vocational education and training.

The educational system as a whole incorporates eight grades of vocational education. In this multi-grade system the vocational and/or professional education starts with the third grade and ends with the eighth grade, the first and second grades being special forms of in-service education.

In the proposed educational system, the education of prospective engineering--geological and/or geotechnical staff starts in the third form of the secondary school and/or at the third grade level of the vocational in-service education. The third grade is devised to educate analysts for geotechnical investigations, the fourth grade to educate technicians for geotechnical investigations.

At present, the fifth-grade level of vocational education does not provide instruction for engineering geological staff. Plans are, however, being discussed to create conditions for the initiation of this level which is to educate geological engineers with a major in geotechnics. On completing the sixth-grade level the candidate willobtain the title of a graduated geological engineer with a major in geotechnics. The sixth-grade level is an equivalent of the present four-year academic course.

The seventh and eighth levels of education correspond to master and doctoral courses in the field of geotechnics.

1630

After the complete reconstruction of the educational system, there will be a continuity in the training of the staff for engineering geology and/or geotechnics between the earliest phase (third-grade level) and the highest academic degree (eighth-grade level). The curricula and syllabi, admission requirements to successive levels, criteria for registration of master's and/or doctoral dissertations will be devised so as to form a well-articulated integral educational system.

1630

Kivonat a "MÉRNÖKGEOLÓGIAI KÉPZÉS ÉS TOVÁBBKÉPZÉS JELENE ÉS JÖVŐJE A BELGRÁDI EGYETEMEN" c. előadásból.

Petár Lokin

Jugoszláviában a mérnökgeológiai képzés egyik legfontosabb felsőoktatási központja a Belgrádi Egyetem Bányászati és Geológiai Kara.

A Belgrádi Egyetemen - hasonlóan a többi jugoszláviai egyetemhez - mérnökgeológiai ismereteket oktatnak:

- a főfoglalkozású mérnökgeológusok és geotechnikusok részére, valamint
- a mérnökgeológia szakismeretet nem nélkülözhető szakmák részére pl. építőmérnök, építészmérnök, bányamérnök, várostervezőmérnök. Ezek számára speciális geológiai oktatás is folyik pl. teleptan, hidrogeológia, geofizika, általános földtan stb.

1971 óta a Belgrádi Egyetemen a korábbi Mérnökgeológiai Hidrogeológiai Tanszék beolvadt az akkor alakuló Geotechnikai Tanszékbe. Az oktatásban megnőtt a szerepe az emberi létesitmények és az alapkőzet közötti kapcsolatot tárgyaló tantárgyaknak. Olyan uj tantárgyak bevezetésére került sor, mint a mérnökgeológiai alapjai, Jugoszlávia mérnökgeológiája, talajmechanika, kőzetmechanika, geostatikai számitások, talajjavitás, alapozás, geotechnikai kutatások tervezése stb.

1967-ben bevezették a mérnökgeológiai mérnöktovábbképzést is. Minden második évben megszervezik a tanfolyamokat.

1630

A tantárgyak az igényeknek megfelelően állandóan változnak. A mérnöktovábbképzésnek két formája alakult ki. Van négy féléves és két féléves tanfolyam. A négy féléves tanfolyamon elsősorban kutatómérnököket, a két féléves tanfolyamon kivitelező mérnököket képeznek.

1630

INCREASING THE EXACTNESS OF REGIONAL ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION

MATULA M.,*

Summary:

To meet the growing requirements for more exact interpretation, prediction and recommendation, various methods of quantitative evaluation are being rapidly developed also in regional engineering geology. The paper deals with some questions of how to increase the level of exactness in all the main phases of processing information on regional geology: in acquisition, storage and retrieval of primary data; in classifying the relevant attributes of phenomena shown on our maps; in special purpose oriented transformation of engineering geological and geotechnical maps; and in optimization analyses when evaluating regional units and systems.

Introduction

It is well proved by the analysis of recent trends in engineering geology that the centre of new developments in this discipline has moved from narrowly limited "site investigation" to a wider field of "regional studies", oriented to the solution of constantly more comprehensive environmental problems. Encouraged by the growing requirements of planners and designers, methods of quantitative evaluation and qualified prediction of changes are being developed within the field of regional engineering geology. Its ability to provide realistic interpretations instead of merely geological statements is nowadays largely recognized in planning extensive infrastructures fully in overall harmony with regional conditions.

* Prof. Milan Matula; Department of Engineering Geology, Comenius University, Zadunajská 15, 81100 Bratislava, Czechoslovakia.

Considering the questions of increasing the level of exact and quantitative evaluation of engineering geological information as the most relevant ones in all phases of regional data processing, I would like to deal with them in more detail in this brief report. The following phases are mainly implied: acquisition, storage and retrieval of primary data; quantitative classification of phenomena in engineering geological maps; transformation of engineering geological and geotechnical maps; trans- and optimization analyses in the evaluation of regional systems (umits). With regard to the limited scope of this contribution I am presenting in it only some examples from Czechoslovakia.

Acquisition, storage and retrieval of primary engineering geological data

The innovation induced by newly developed investigation techniques in the field of geological and geophysical subsurface exploration, remote sensing, computer use, etc., can be fully efficient for regional engineering geological studies only if there is also a parallel development in our methods of interpretation, evaluation and utilization of the acquired data. In other words, we are facing nowadays the acute problems of how to improve our ability to use exact criteria and classifications in adequately quantified engineering geological terms, in order not to lag behind the possibilities which are provided by the rapid developments in observation and exploration techniques.

For advancing the precision of accumulated primary information data, which has always been and will be the fundamental starting point to a successful solution of all theoretical and applied tasks in our discipline, of decisive importance at present is progress mainly in the following two trends:

a) preparation of a precise terminology, based on scientifically proved definitions, as well as of exact evaluation of all phenomena shown in engineering geological maps;

b) preparation of internationally agreed quantitative and semiquantitative classifications for the main attributes of the phenomena being observed and measured, as an efficient tool for limiting the subjectivity of data on our maps.

Much has already been said about the indispensability of unification in terminology and this task belongs to our fundamental duties within the national and international sphere. It is a particularly appropriate time to see more evident progress in this field in the IAEG.

In regional engineerling geology it is necessary to work with a great quantity of diverse data. That is why their exact evaluation and classification is far more necessary, as well as more difficult than in site investigation. An appreciable help in storing and retrieval of large amounts of data is presented by the systems of various computerized data banks. Their fundamental requirement, however, is that the primary information data must be formalized, but formalization is efficient only when based on a suitable quantitative analysis and on precise rules and standards.

In the phase of the acquisition and fommalization of primary data it is usually necessary to overcome many obstacles resulting from extreme diversity of filing and format systems, and in the different organization of data collected from various sources, and also in accuracy and incompleteness of information by different authors or agencies, and/or from various time priods. Critical selection and re-evaluation of the data, their reclassification in new and exact terms usually represent here bigger problems than the acquisition of new original data by applying unified and standardized observation, exploration and testing methods. The latter, however, are naturally also substantially more expensive and therefore it is necessary to use as much as possible the old accessible data in spite of the above mentioned difficulties.

1630

The best way towards a systematic and exact acquisition and documentation of primary data obtained by observation and measurement of the engineering geological attributes (even those taken from older existing archives) in the use of unified and formalized record sheets. In Czechoslovakia, for example, engineering geology in general uses the standard forms of the State Geofond for primary records of drilling results, for observation of geological conditions and processes in individual localities, for hydrogeological data, etc. The records are made according to detailed manuals which contain definitions and classifications, as well as coding systems for all attributes stored in a unified Engineering Geological Databank.

The advantages may be multiplied by using data not only from the specialized engineering geological data base, but also from the similarly organized subsystems for such related disciplines as Geology of mineral deposites, Hydrogeology, Geomorphology, Environmental protection, etc., which are in my country the individual sections of the Automated Information System for Geology (forming a part of the Integrated System of Data on the State Territory).

The efficiency of unified databanks may be fully demonstrated in regional investigation only when they are employed to a great extent for collected data and for vast territories by all users of engineering geological information. Thus, for example, in Czechoslovakia the State Geofond Databank Rules apply by law to every author compiling a multipurpose engineering geological map at a scale of 1:25,000 which is prepared sheet by sheet in unified official edition for all important territories of the republic. All data from the existing file records, from new mapping, as well as from exploration and testing results are processed in mass and stored in the Geofond data base (see Fig. 1) where they are available not only for compiling the above mentioned medium--scale maps, but also for all other uses (e.g. also for the preparation of

individual sheets of an engineering geological map of the whole state territory at a scale of 1 : 200,000). Thus a higher efficiency is attained of a multiple use of investigation results, and duplications in exploratory works for other new projects may be prevented.

The engineering geological information stored in the data base may be processed by applying various specialized programs to receive outputs presented in the form of: verbal documentation, tables listing required data and parameters, geological sections, maps of documentation points, different analytical and synthetic maps, etc.

The growing importance of computerized databanks was highly acknowledged also by the III. International Engineering Geological Congress in Madrid and it is appreciated by the IAEG Mapping Commission, where a special group is preparing a review of achievements in this field.

Quantitative classification of data presented in engineering geological maps

From all that has been said above on the formalization of engineering geological data, it also follows that the preparation of a system for quantitative classification of mapped phenomena is an indispensable condition or increasing the exactness of regional engineering geological investigation and mapping. Such a classification system should be prepared for all fundamental components representing engineering geological conditions (i.e. rocks and soils, groundwater, landforms and geodynamic phenomena), as well as for all their current attributes, and for various scales of maps.

This, however, is an extremely difficult task, surpassing even the difficulty of unified terminology, and its efficient solution can be achieved only by international cooperation. The IAEG Mapping Commission, aware of this, is preparing at present a suggestion for quantitative classification of various

characteristics of rocks (i.e. engineering rocks and soils) important for engineering geology.

Part I of our report dealing with the classification of rock and soil materials is published in the Symposium Proceedings. A first draft of Part II on rock and soil mass classification has been discussed by members of the Commission, but it is felt that more work needs to be done before an agreed version can be presented for comment to the chairman of other IAEG Commissions.

Multipurpose engineering geological maps and their special purpose oriented transformation

In regional studies it is most reasonable, both technically and also economically, (1) to acquire a rather comprehensive set of engineering geological data, (2) to map systematically larger areas, and (3) to collect the comprehensive information in special databanks. This makes it possible to prepare syhthetic and very detailed multipurpose engineering geological maps for verious parts of the territory. Following the recommendations of the UNESCO-IAEG Guide to the Preparation of Engineering Geological Maps (1976), two types of multipurpose map are of the greatest importance as the fundamental models of the natural conditions: (a) maps of engineering geological conditions and their equivalents transformed in terms of (b) engineering geological zoning (Fig.2).

Using a broad and well organized data base, as well as the fundamental maps (as described above), it is possible to prepare subsequently any special purpose report (with money and time spent only for some inevitable additional field work), and also various special purpose engineering geological and geotechnical maps can be prepared by different transformation procedures.

1630

May I illustrate this concept with examples from our practice, pointing out mainly some aspects of how to increase the precision and quantitative evaluation in various basic kinds of engineering geological maps.

Maps of engineering geological conditions

By simple superposition they represent individual classified rock (ans soil) units, groundwater types, landforms, geodynamic phenomena, their distribution and variability, as well as properties over the whole map area. For the user experienced in reading such geological maps it is possible to understand the history and the dynamics of the past and even future geological development of the territory.

It has already been indicated above that one of the principal tasks of increasing the level of exactness of these maps, apart from the required accuracy and precision in observation, measurement and mapping operations, is the employment of quantitative classification systems for the relevant attributes of all phenomena mapped.

Maps of engineering geological zoning

By evaluating the spatial and functional interrelationships among the basic geoenvironmental components (rocks, water, land forms and geodynamic phenomena) we delineate individual territorial units in terms of engineering geological zoning (see UNESCO-IAEG Guidebook, 1976). Zoning units in substance are three-dimensional spatial models delimited on the basis of a certain uniformity in engineering geological conditions. For zones in multipurpose zoning maps this is a uniformity in the spatial distritubion of certain genetically related lithological types, and for subzones the uniformity in such fundamental features as the spatial structure and vertical arrangement of engineering rock and soil types. In engineering geological districts the spatial

arrangement of rock and soil types, as well as hydrogeological conditions and/or geodynamic features are uniform (Matula, 1976).

Typological zoning maps

The exactness of zoning operations is increased by the introduction of principles of typology. For example, for the multipurpose zoning maps at 1:25.000 of the above mentioned Czechoslovak official edition there are 40 types of zonedefined to which each territorial unit must be unequivocally assigned and coded. For subzones the typological classification is applied following Table 1. Subzones are indicated by symbols which are formed by grouping the corresponding signs for engineering soil and rock types and thickness (as well as for the engineering type and depth of the pre-Quaternary basement) according to the vertical sequence of strata. For example, the symbol h1g2S1 expresses a very well quantified ground model in which cohesive soils (thickness $<$ 2 m) at the surface are underlain by gravels (thickness 2-5 m) and at a depth of $<$ 5 m hard rocks of the pre-Quaternary basement occur.

Typological zoning best facilitates the development of systematic regional studies, the classification of collected data on engineering geological environments and their individual components. It is a necessary model-base for generalizing and by analogy transmitting experience on rock behaviour, on efficient investigation methods, etc., in similar zoning units. It is the best starting point for the unification, standardization and typification of foundation conditions, calculations and foundation works. Typology is also an inevitable condition for the general use of computers in regional engineering geology studies.

1630

Various types of special purpose maps

The multipurpose maps of engineering geological conditions and of zoning described above are the best basis for preparing various kinds of terrain evaluation and special purpose zoning maps, in which we apply different selected attributes for a gradual transformation of more generalized multipurpose models of engineering geological situations into highly specialized ones (see Fig. 2).

The quantitative classification is not to be applied only for the individual attributes of rocks, water types and geodynamic phenomena. It is necessary to introduce quantitative criteria also into the evaluation of whole systems represented by the entity of those fundamental geoenvironmental components, their spatial, time and function relationships, or individual zoning units. (In special purpose maps these quantitative criteria frequently acquire a very special character depending on the purpose of a map). In solving particular and special problems for the needs of varied kinds of land development and construction, special attributes of the geological environment become of primary interest. Such attributes then become fundamental criteria for various kinds of special purpose evaluation or zoning maps, and the very important requirement nowadays is to operate here, as much as possible, by using quantitative criteria.

We can prepare mainly four basic types of zoning maps at various scales for special purpose, which may be:

a) maps for protection and rational exploitation of georesources, including groundwater;

b) maps for regional planning, land development and construction;

1630

c) maps for delimitation of endangered areas, for organizing the warning systems, and for recommendation of measures against active or potential geological hazards (the so-called hazard or risk maps);

d) maps for protection of vulnerable geological environments prone to undesirable changes caused by development.

Geotechnical maps

The next step in tranforming the information on the geological environment to planning, design and construction needs, is the preparation of various specialized geotechnical maps. These are compiled in terms of how to adopt and/or adapt particular engineering geologically defined environments by specific engineering (geotechnical) measures to different kinds of technical use, which may be the exploitation and development, as well as the protection of human works and lives against detrimental natural or anthropogeneous processes and impacts. Geotechnical zoning may be successful only if it is prepared on the basis of verified engineering geological maps, so that in the chain of subsequent simplifying transformation of the models of engineering geological conditions in terms of "multipurpose —— special purpose —— geotechnical" zoning a misrepresentation of the geological and physical reality is prevented.

5. Optimatization, selection and decision making

Nowadays we are facing always more persistent demands of planners and developers to evaluate quantitatively not only the partical characteristics of individual components of engineering geological conditions (such as rocks, groundwater, landscapes, etc.), and not only even the qualities of the entire individual zoning units, but also to place on a more exact basis the quantitative evaluation of the whole regional systems and of the whole regional systems and of selecting the optimum land use alternatives. Various optimization procedures may be applied here which have been developed and largely used mainly in economics, in decision making, control theory, etc.

Three fundamental domains can be distinguished where quantitative evaluation and optimization procedures may be applied in regional and urban geology scapes. These are (Matula, 1978):

1. estimation of optimum land use potentials for various zoning units (or sites) within the map area;
2. selection of optimum sites (or zones) for a particular land use within the map area (e.g. for residential or industrial districts, for solid wate disposal, or for recreational zones);
3. decision on optimum use, or method of development, and/or construction within a particular site.

In applying methods of decision analysis aiming at selecting the optimum alternative we have to proceed through three equally significant phases shown in Fig.3. Models of the competing alternatives may be defined here in terms of: proper management of environmental ecology; any kind or way of optimum land use; of reasonable extraction or conservation of mineral and water resources; of optimum construction site or corridor selection, etc.

From among these three phases of decision analysis most of our attention is centered on the second phase which covers the optimization procedures characterized by six consequent evaluation steps shown in Fig.4. We may describe these operational steps as applied to the optimization studies for one of our developing areas with representing as an example the same section of various maps being prepared at a scale of 1 : 25.000.

1st step: For the main geonvironmental components (which may be described as: engineering geological suitability for construction; limitation by geological hazards; protection of geological resources; geoenvironmental vulnerability by impacts due to human interventions) the most relevant factors

1630

are selected and defined e.g. rock and soil quality, depth to water table, slope classification, flooding potential, or availability of fertile soils, construction materials, as well as potential changes in land stability, water regimen, etc.). Quantitative classification of the most relevant attributes for single factors are made according to criteria adopted with respect to the objectives of the investigation.

In ranking the positive or negative qualities of present factors Building Standards have been taken into account.

2nd step: Appropriate rating values normalized to a unitless measure (0-9) are assigned to each classification rank of the individual factors and the suitability (protection, vulnerability, etc.) values are calculated in correspondence with the real conditions in individual map units (which have been represented here as lithologically and structurally uniform subzones taken from the multipurpose engineering geological zoning map at 1:25.000).

Evaluation of the suitability for construction in our example was made for five specific purposes: (a) for residential building without basement and with less than 5 floors; (b) for extensive residential buildings with basement and more than 4 floors; (c) for extensive and heavy industrial structures; (d) for road excavations, deeper than 5 m; (e) for embankments and fills, higher than 5 m.

3rd step: Factors have been weighted according to their relative importance, and also from the viewpoint of the above individual purposes (a) to (e) by employing binary decision analysis, and for the second aspect, by expert estimates of different technological and economic requirements resulting from various construction works.

1630

4th step: Final values of engineering geological suitability within individual subzones for five basic kinds of construction (as well as of the required degree of protection for georesources) have been computed by summing the products of normalized rating values and of the corresponding weighting values. For simplification the range of these value-ratings into three (or five) classes A-B-C (D-E) was taken as the base for aggregation of the new map units with different degree of suitability and/or protection). In our example five Engineering geological suitability zoning maps have been prepared (Fig. 6) and the Zoning map of georesources protection (Fig. 7).

5th step: By further overlay, redefinition and aggregation procedures a composite map of optimum suitability for construction showing the most suitable terrain units for various types of construction and development was prepared (Fig. 6).

6th step: From the combination of the above composite map of the optimum suitability for construction (Fig. 6) and of the georesources protection map (Fig. 7) a composite zoning map of the Optimum land development suitability to serve a rational land use by construction and geoenvironmental protection resulted (Fig. 8).

As may be evident from Fig. 4 other useful maps related to regional evaluation can be prepared by applying the same procedures, such as the map of geoenvironmental vulnerability, the map of areas restricted for construction (which may result from a map of geological hazards combined with geoenvironmental resources map), and/or a composite zoning map of Rational land use and geoenvironmental protection, implementing also the engineering geological and environmental prediction aspects.

1630

6. Conclusion

In all phases of the regional evaluation studies, computer techniques provide a more useful help mainly in storing and manipulating large amounts of data by means of computerized databanks, as well as in evaluating information and processing data into suitable forms of outputs (mainly in the form of various analytical and synthetic maps).

Rational use and the high efficiency of the computer techniques, however, is conditioned not only by the development of modern technical methods and equipment, or only by developint new generations of computers, but also much more by perfecting the accuracy of engineering geological terms and terminology, and by increasing the level of quantitative classification of individual attributes, as well as the whole system studied.

A realistic change from predominant geological description and statements to engineering solutions in the field of regional engineering geology is based on a wider application of various quantitative methods aiming to increase the precision of our interpretations, the reliability of predictions, and the effectiveness of our recommendations.

References:

1. MATULA M. (1976): Principles and types of engineering geological zoning. Mem. Soc. Geol. Italiana, 14. Rome, p. 327-336.

2. MATULA M. (1978): Engineering geological evaluation for regional and urban development. Proceed. 3rd Int. Congress IAEG, Madrid.

3. UNESCO - IAEG (1976): Engineering geological maps. A Guide to their preparation. UNESCO Publish. House, Paris, 79 pp.

1630

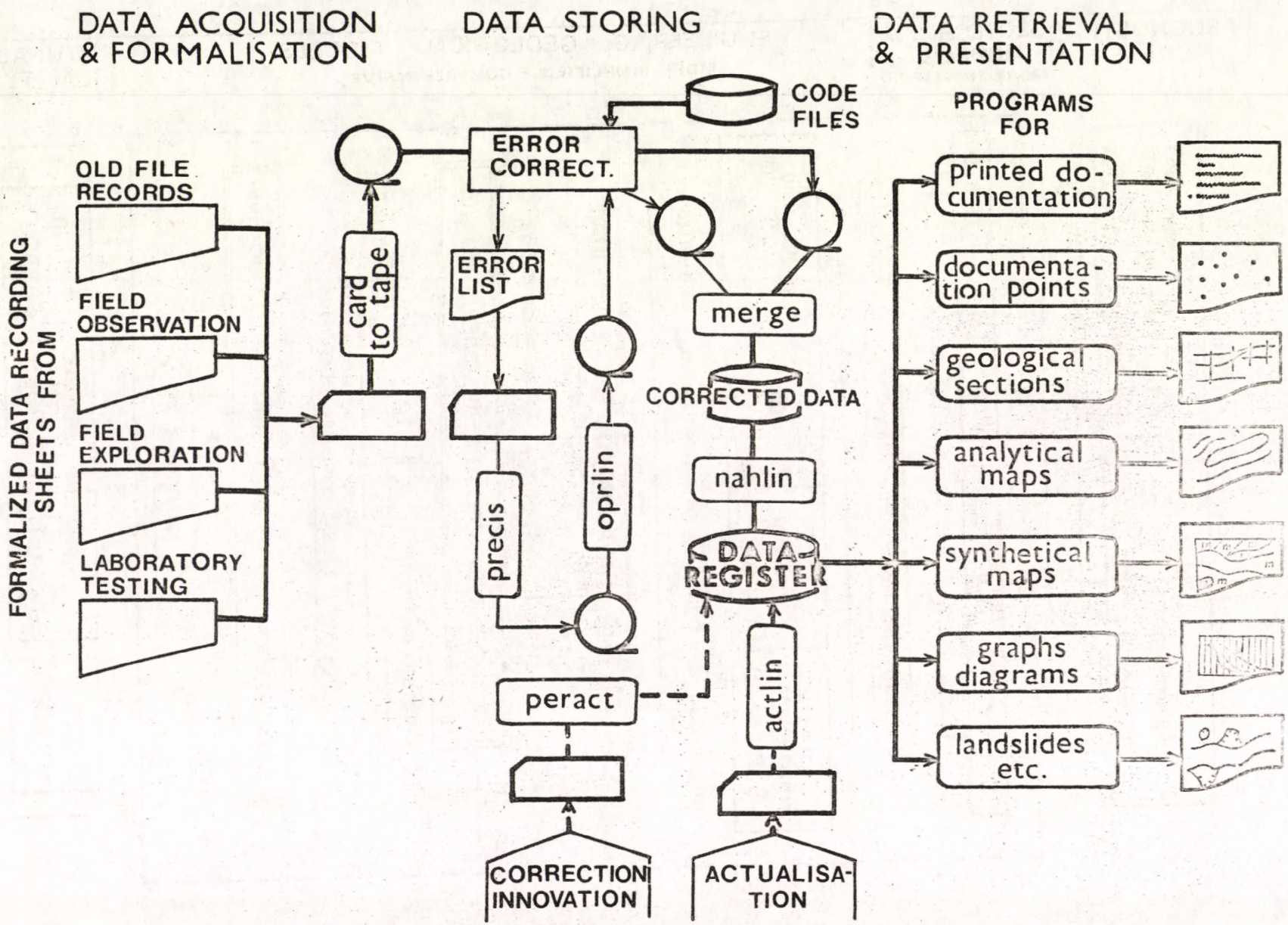

DATA ACQUISITION & FORMALISATION
DATA STORING
DATA RETRIEVAL & PRESENTATION
FORMALIZED DATA RECORDING SHEETS FROM
OLD FILE RECORDS
FIELD OBSERVATION
FIELD EXPLORATION
LABORATORY TESTING
card to tape
ERROR CORRECT.
CODE FILES
ERROR LIST
precis
oprlin
merge
CORRECTED DATA
nahlin
DATA-REGISTER
peract
actlin
CORRECTION INNOVATION
ACTUALISA-TION
PROGRAMS FOR
printed do-cumentation
documenta-tion points
geological sections
analytical maps
synthetical maps
graphs diagrams
landslides etc.

Fig. 1.

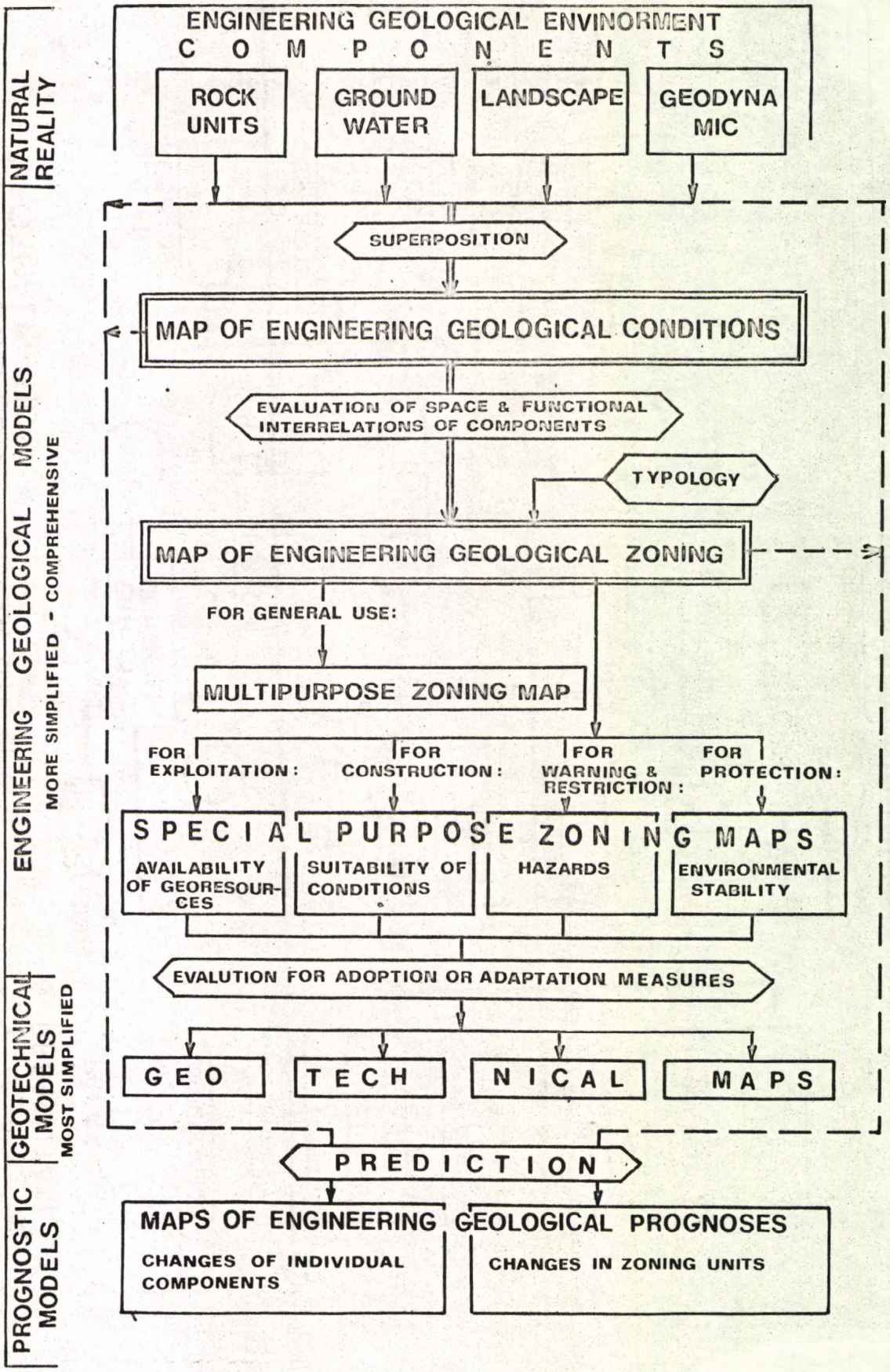

NATURAL REALITY
ENGINEERING GEOLOGICAL ENVINORMENT
C O M P O N E N T S
ROCK UNITS
GROUND WATER
LANDSCAPE
GEODYNA MIC
ENGINEERING GEOLOGICAL MODELS
MORE SIMPLIFIED - COMPREHENSIVE
SUPERPOSITION
MAP OF ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS
EVALUATION OF SPACE & FUNCTIONAL INTERRELATIONS OF COMPONENTS
TYPOLOGY
MAP OF ENGINEERING GEOLOGICAL ZONING
FOR GENERAL USE:
MULTIPURPOSE ZONING MAP
FOR EXPLOITATION:
FOR CONSTRUCTION:
FOR WARNING & RESTRICTION:
FOR PROTECTION:
SPECIAL PURPOSE ZONING MAPS
AVAILABILITY OF GORESOUR-CES
SUITABILITY OF CONDITIONS
HAZARDS
ENVIRONMENTAL STABILITY
GEOTECHNICAL MODELS
MOST SIMPLIFIED
EVALUTION FOR ADOPTION OR ADAPTATION MEASURES
GEO
TECH
NICAL
MAPS
PREDICTION
PROGNOSTIC MODELS
MAPS OF ENGINEERING GEOLOGICAL PROGNOSES
CHANGES OF INDIVIDUAL COMPONENTS
CHANGES IN ZONING UNITS

Fig. 2.

1630

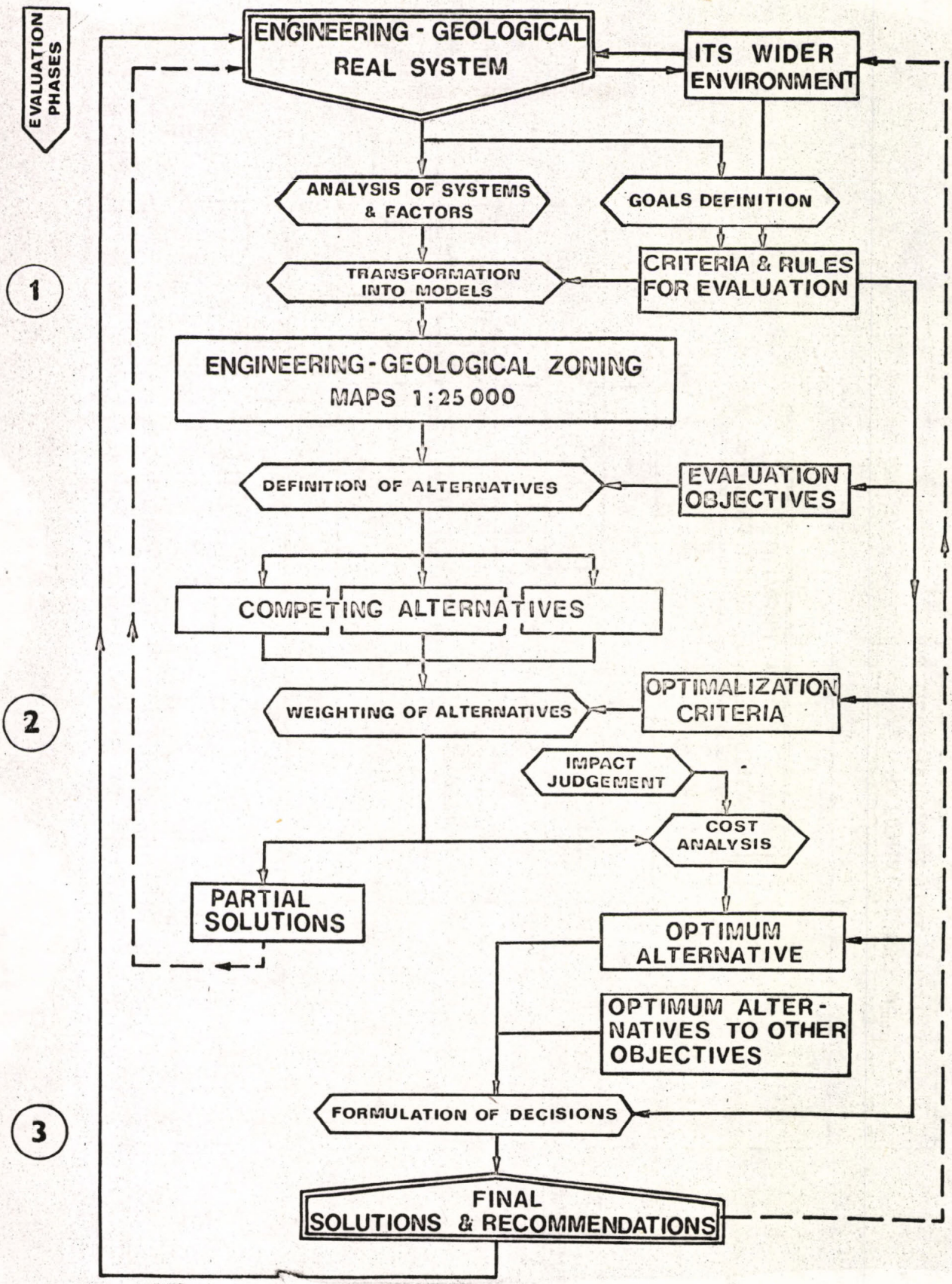

EVALUATION PHASES
ENGINEERING - GEOLOGICAL REAL SYSTEM
ITS WIDER ENVIRONMENT
ANALYSIS OF SYSTEMS & FACTORS
GOALS DEFINITION
1
TRANSFORMATION INTO MODELS
CRITERIA & RULES FOR EVALUATION
ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING MAPS 1:25 000
DEFINITION OF ALTERNATIVES
EVALUATION OBJECTIVES
COMPETING ALTERNATIVES
2
WEIGHTING OF ALTERNATIVES
OPTIMALIZATION CRITERIA
IMPACT JUDGEMENT
COST ANALYSIS
PARTIAL SOLUTIONS
OPTIMUM ALTERNATIVE
OPTIMUM ALTER-NATIVES TO OTHER OBJECTIVES
3
FORMULATION OF DECISIONS
FINAL SOLUTIONS & RECOMMENDATIONS

Fig. 3.

1630

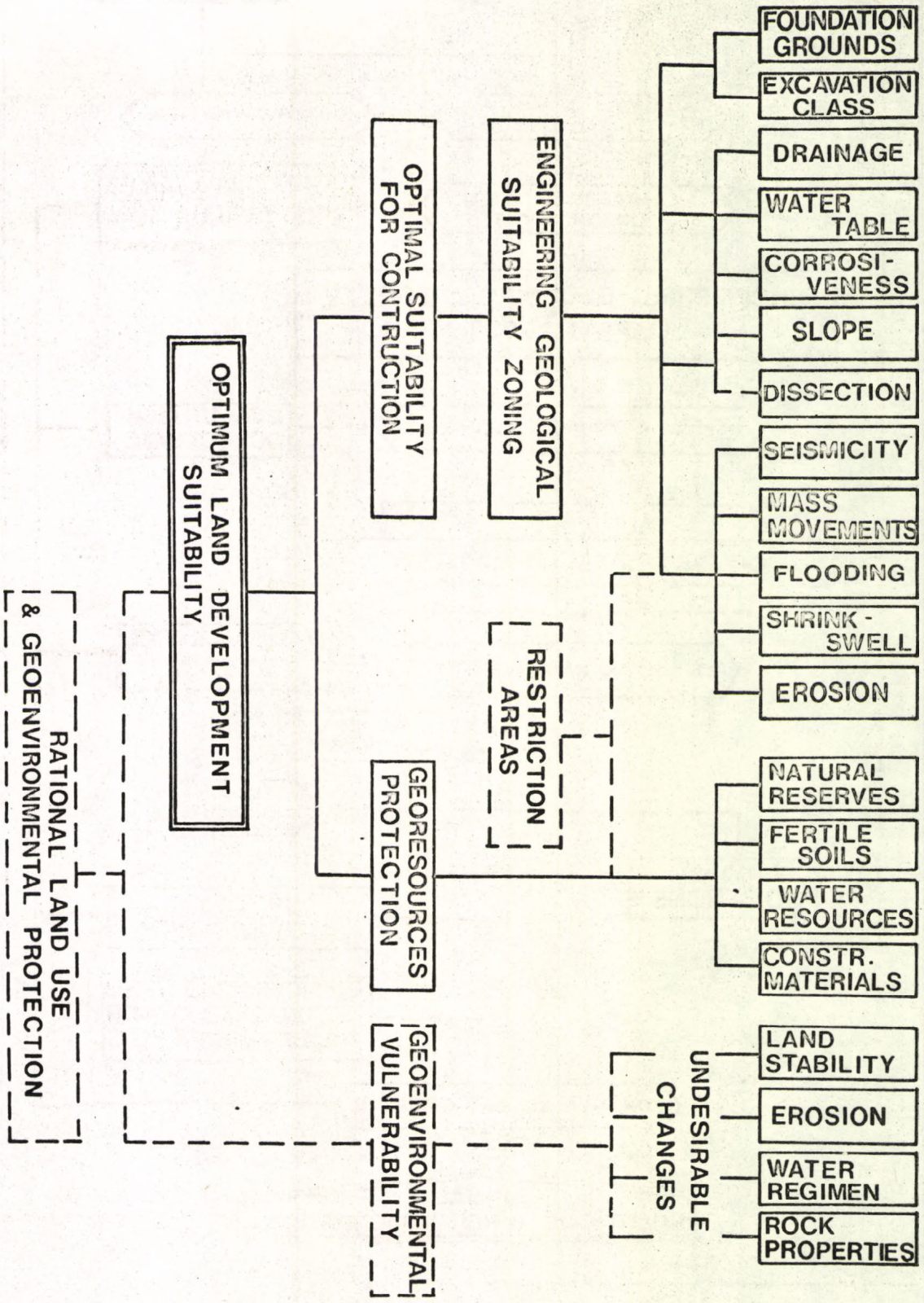

OPTIMUM LAND DEVELOPMENT SUITABILITY
OPTIMAL SUITABILITY FOR CONTRUCTION
ENGINEERING GEOLOGICAL SUITABILITY ZONING
FOUNDATION GROUNDS
EXCAVATION CLASS
DRAINAGE
WATER TABLE
CORROSI-VENESS
SLOPE
DISSECTION
SEISMICITY
MASS MOVEMENTS
FLOODING
SHRINK-SWELL
EROSION
RESTRICTION AREAS
GEORESOURCES PROTECTION
NATURAL RESERVES
FERTILE SOILS
WATER RESOURCES
CONSTR. MATERIALS
GEOENVIRONMENTAL VULNERABILITY
UNDESIRABLE CHANGES
LAND STABILITY
EROSION
WATER REGIMEN
ROCK PROPERTIES
RATIONAL LAND USE & GEOENVIRONMENTAL PROTECTION

Fig. 4.

1630

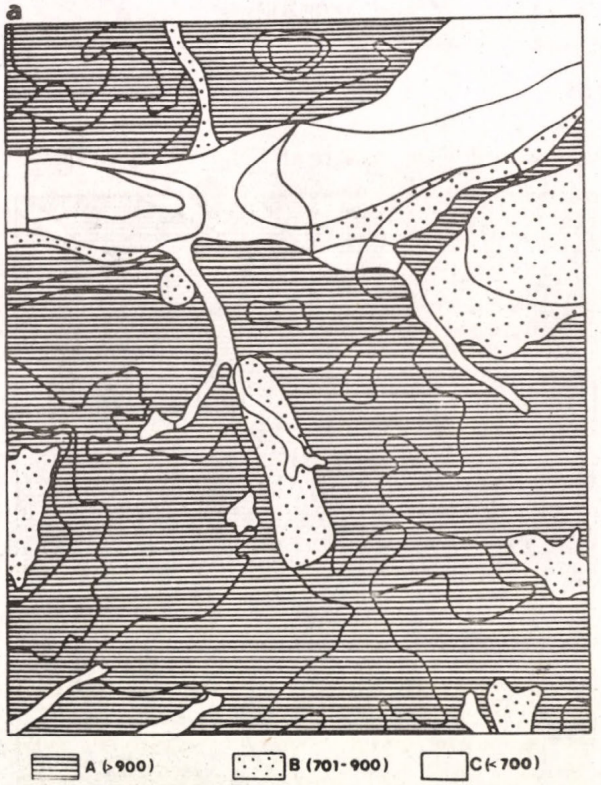


Fig. 5/a.

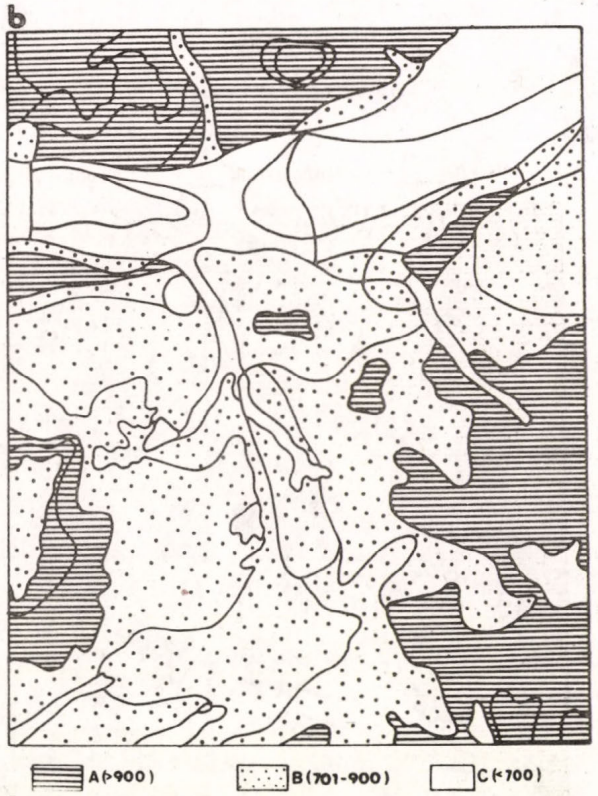


Fig. 5/b.

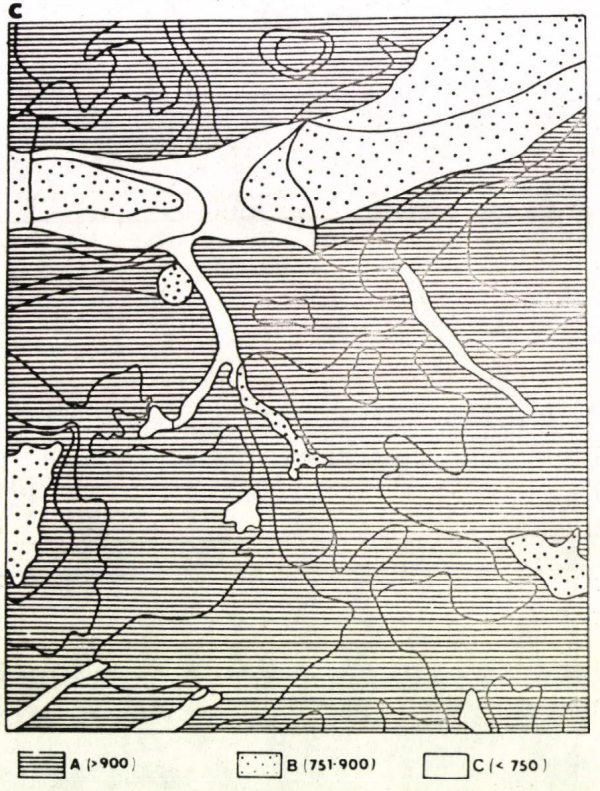


Fig. 5/c.

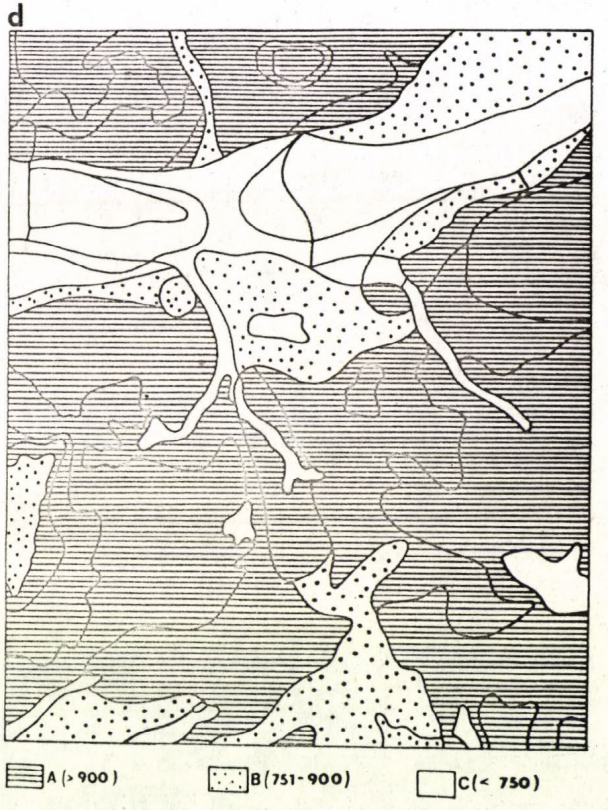


Fig. 5/d.

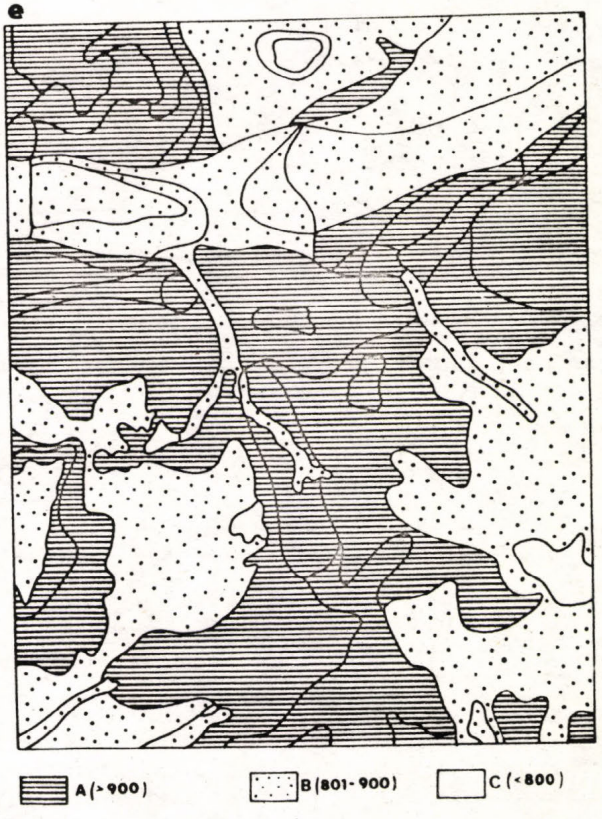


Fig. 5/e.

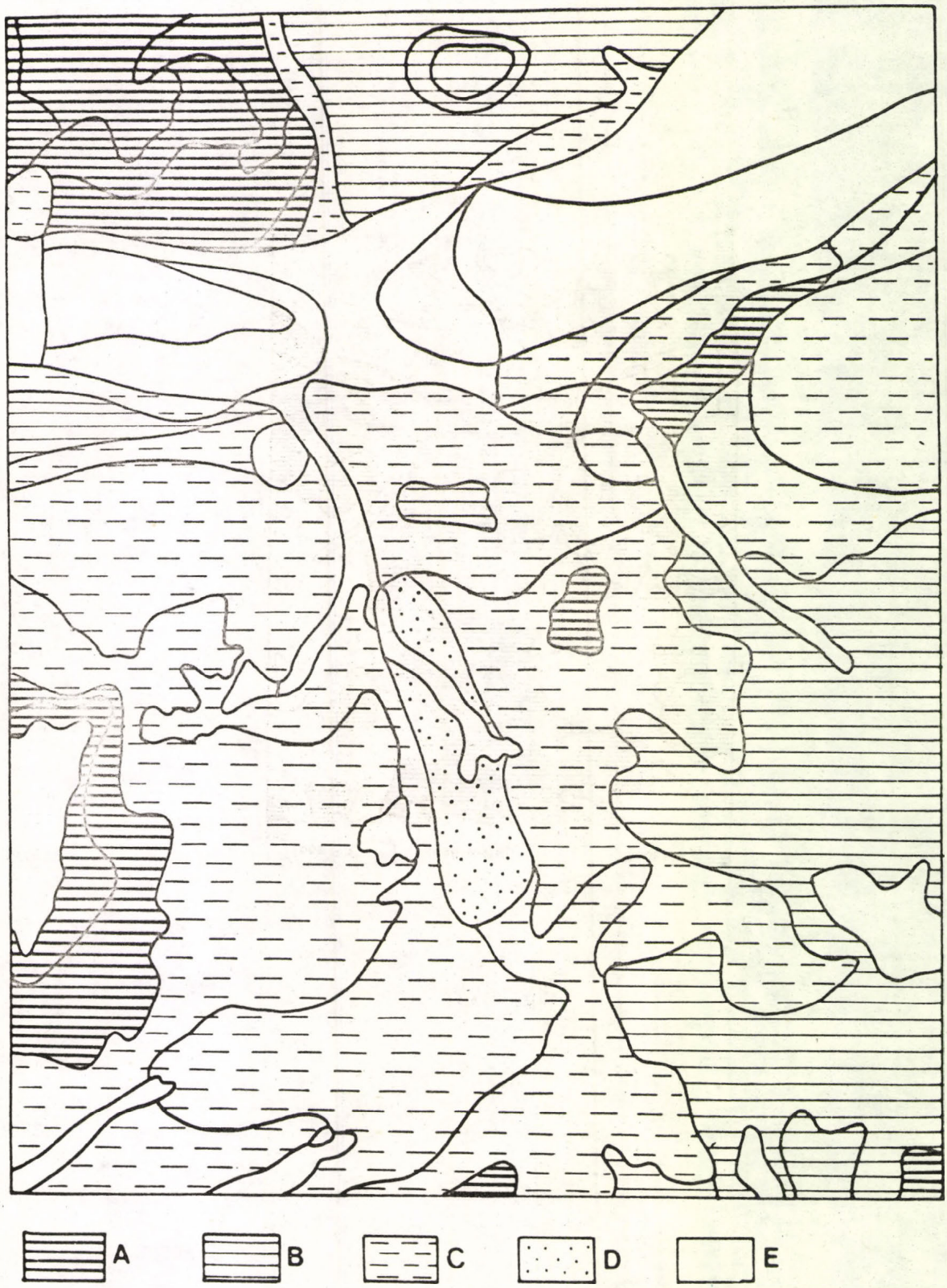


Fig. 6.

1630

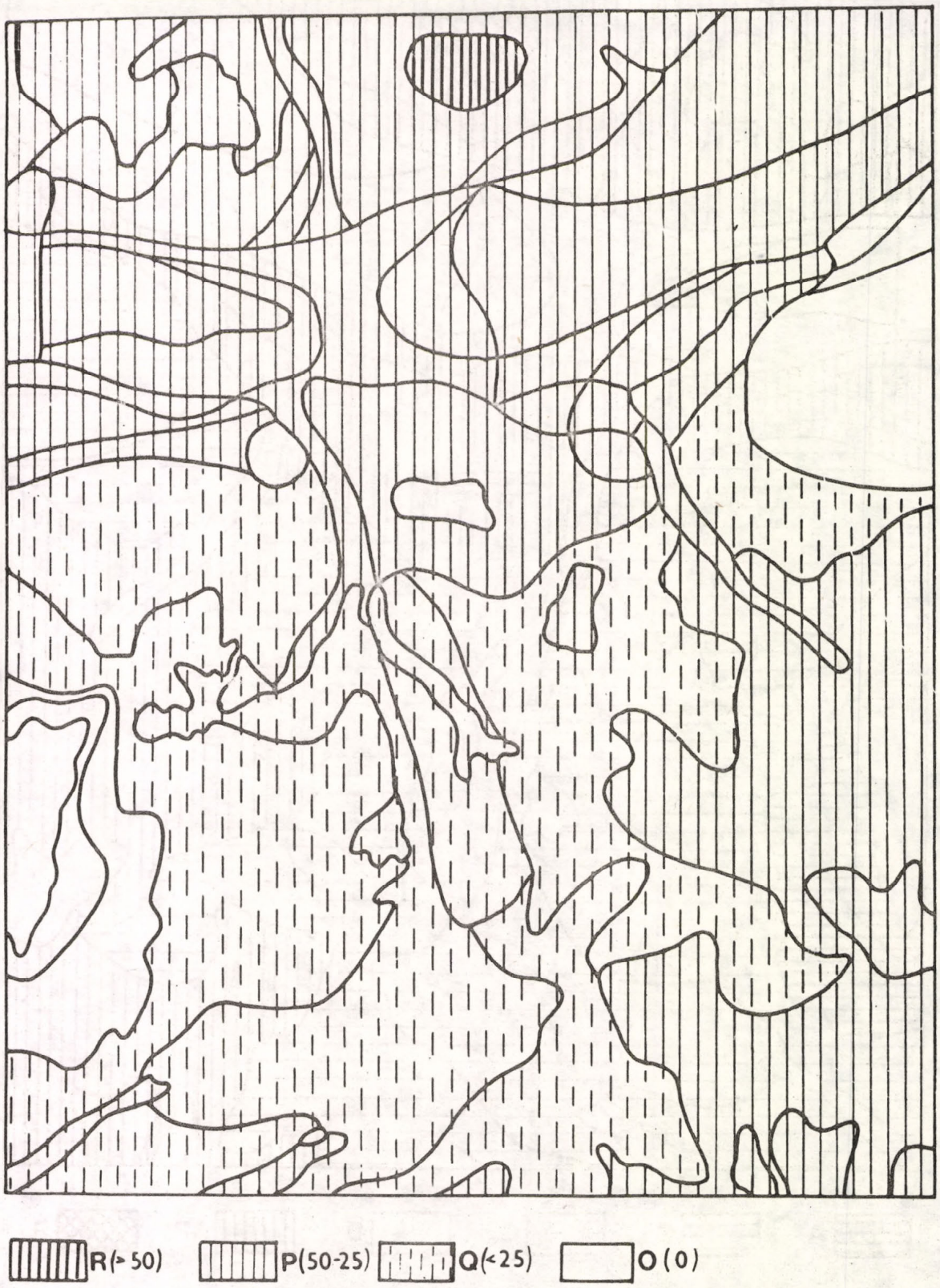


Fig. 7.

1630

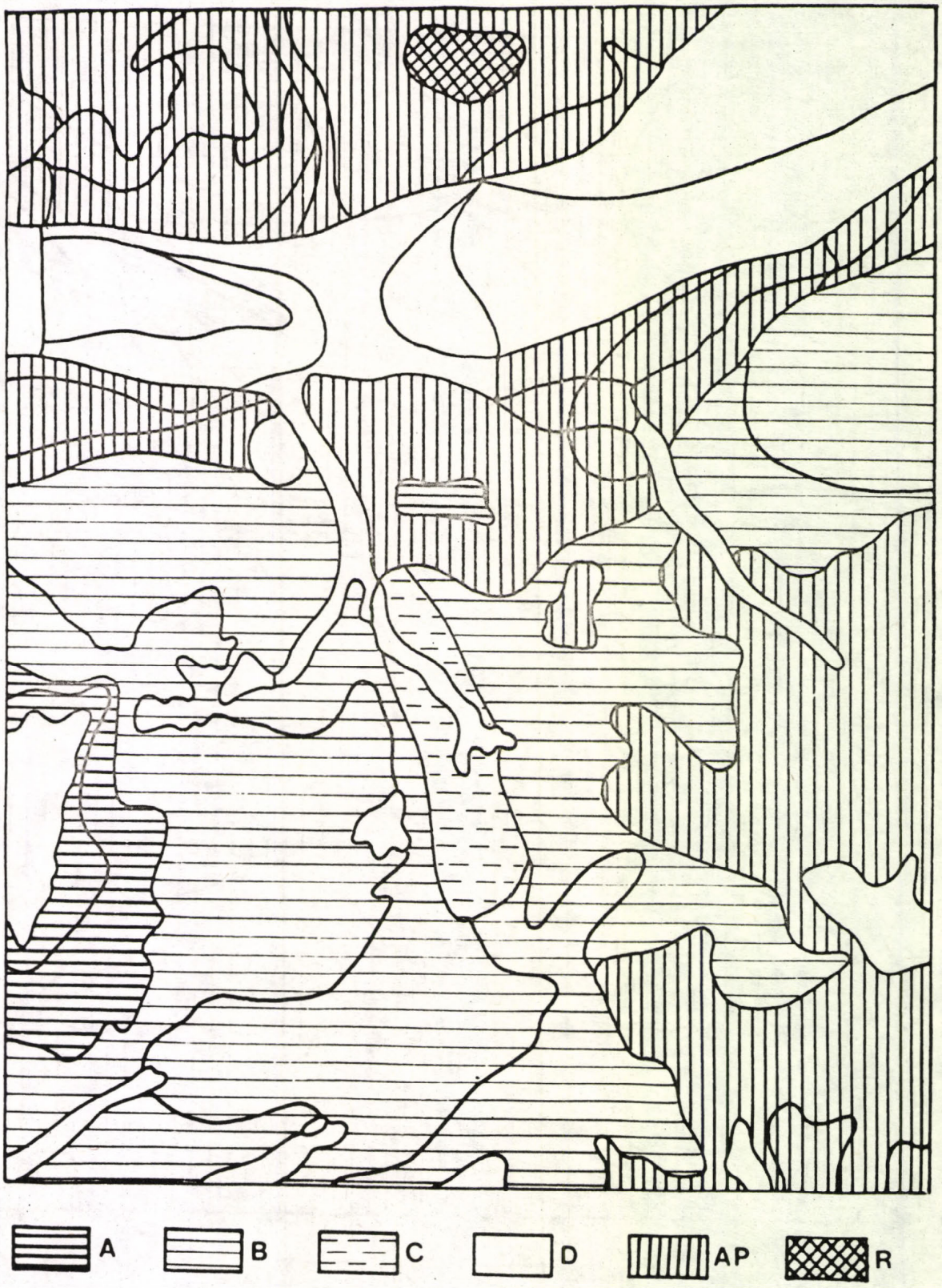


Fig. 8.

1630

Captions to figures

Fig. 1 Unified system of acquisition, storage and retrieval of engineering geological data in Czechoslovakia

Fig. 2 Gradual transformation of more generalized multipurpose models of engineering geological environment into highly specialized ones (special purpose zoning, geotechnical and prognostic maps)

Fig. 3 Flow chart of decision analysis aiming at selecting the optimum alternative in regional engineering geology

Fig. 4 Flow chart of the optimization analysis for selecting the most suitable sites in the area to be developed

Fig. 5 Zoning for engineering geological suitability for various kinds of construction:

(a) for residential buildings without basement, less than 5 floors

(b) for extensive residential buildings, with basement and more than 4 floors

(c) for extensive and heavy industrial structures

(d) for road excavations (deeper than 5 m)

(e) for embankments and fills (higher than 5 m)

Suitability values of individual subzones are calculated for each map separately and aggregated units are specified as; A - very suitable; B - moderately suitable; C - unsuitable

Fig. 6 Optimum suitability of engineering geological conditions for construction and development. Aggregated units are specified as: A - most suitable subzones for all construction and development uses; B - most suitable subzones for extensive residential and

industrial construction (with the exception of high embankments); C - most suitable subzones for industrial development (as well as for all smaller construction uses (a, d, or e); E - subzones with moderately suitable or unsuitable engineering geological conditions

Fig. 7 Zoning for protection of natural resources

R - subzones equiring the highest degree of protection; P - subzones with a high degree of protection in which construction works may be allowed only after overall weighting of all necessary conservation and/or exploitation aspects; Q - subzones requiring certain protection of geological resources, but construction works allowed; O - subzones without protected georesources. (Numbers in brackets are the limits of value ratings.)

Fig. 8 Optimum land development suitability

Aggregated units are specified as: A - most suitable conditions for both extensive and current smaller construction uses; no, or only a low degree of, protection; B - most suitable conditions for industrial construction; no, or only a low degree of, protection; C - most suitable conditions only for smaller kinds of construction; no, or only a low degree of, protection; D - moderately suitable and unsuitable conditions for construction; AP - most suitable conditions for extensive construction uses, with a high degree of protection; R - subzones requiring the highest degree of protection (against construction works)

1630

Table 1

QUATERNARY SOILS		PRE-QUATERNARY ROCKS AND SOILS	
g	gravelly soil	S	solid (hard) rocks
p	sandy soils	B	semisolid (weak) rocks
n	alternation of gravelly and sandy soils	F	alternation of hard an weak rocks (flyschoid)
h	cohesive soils	Z	highly weathered rocks
k	combination of cohesive and non-cohesive soils	G	gravelly soils
		P	sandy soils
s	loess soils	N	alternation of gravels and sands
o	organic soils		
b	bouldery soils	I	cohesive soils
		G	combinations of cohesive and non-cohesive soils

STRATA THICKNESS INDEX		DEPTH TO PRE-QUATERNARY SURFACE INDEX	
1	2 m	1	5 m
2	2 - 5 m	2	5 - 10 m
3	5 m	3	10 m

Table 1 Classification of rock and soil types, their thickness and depth to bedrock conditions in model-section for subzones.

1630

A REGIONÁLIS MÉRNÖKGEOLÓGIAI KUTATÁS PONTOSSÁGÁNAK FOKOZÁSA

MATULA, M.[x)]

Bevezetés

A mérnökgeológia fejlődésének jelenlegi irányait vizsgálva azt látjuk, hogy a mérnökgeológiai kutatás vizsgálati köre a "helyi" mérnökgeológiai viszonyok feltárása helyett az utóbbi időben egyre nagyobb mértékben a "regionális" kutatás felé fordult és környezetvédelmi problémák megoldását célozó tanulmányokká változott. A tervezés egyre növekvő igényeinek ösztönző hatására a regionális mérnökgeológia módszerei - elsősorban a kvantitativ értékelő módszerek, valamint a várható mérnökgeológiai változások minőségi előrejelzésének módszerei - ugrásszerü fejlődésnek indultak. Napjainkban egyre inkább nyilvánvalóvá válik, hogy a mérnökgeológia a földtani viszonyok tényszerü közlésén tul arra is képes, hogy ezeket a tényeket reálisan értelmezve megadja a lehetőséget arra, hogy a nagyméretü infrastrukturális beruházások a regionálisan adott környezeti viszonyokkal tökéletesen összhangban valósulhassanak meg.

Tekintettel arra, kétségkivül a legfontosabb feladatok közé tartozik a regionális adatfeldolgozás minden egyes fázisában a mérnökgeológiai információ pontos és kvantitativ értékelésének szintjét emelni, előadásomban ennek néhány részletével kivánok behatóbban foglalkozni. Négy kérdéscsoportot fogunk érinteni, ezek sorrendben a következők: (1) elsődleges adatgyüjtés, adattárolás és adat-visszanyerés; (2) a mérnökgeológiai térképeken ábrázolt jelenségek kvantitativ osztályozása; (3) mérnökgeológiai és geotechnikai térképek transzformálása; (4). Az optimációs elemzés szerepe a regionális rendszerek (egysé-

x) Pozsony Comenius Egyetem

gek) értékelésében. Az idő rövidsége miatt mind a négy kérdéscsoportot csupán néhány Csehszlovákia-i példával fogom illusztrálni.

(1) Elsődleges mérnökgeológiai adatok gyüjtése, tárolása és visszanyerése

A földtani és geofizikai kutatásban az utóbbi években bevezetett merőben ujszerü vizsgálati módszereket ("remote sensing"); számitógépes adatfeldolgozás, stb.) a mérnökgeológia csak akkor tudja saját céljaira is hatékonyan felhasználni, ha ezekkel párhuzamosan a saját adatok értelmező, értékelő és felhasználó módszereit is kellő mértékben tökéletesiti, fejleszteni tudja. Más szavakkal ez voltaképp azt jelenti, hogy napjainkban azzal a már-már sürgetővé váló problémával kell megküzdenünk, hogy kialakitsuk a magunk exakt kritérium-rendszerét és osztályozását, mert csak ezzel, valamint a megfelelően kvantitativvá tehető mérnökgeológiai terminológiával leszünk képesek kihasználni azokat a lehetőségeket, amelyeket az észlelési és feltárási módszerek gyors fejlődése tárt elénk.

Bármilyen elméleti és gyakorlati kérdés megoldásának alapja és kiinduló pontja az elsődleges információk és adatok összegyüjtése. Az elsődleges információ pontosságának a jövőben szükséges fejlődés szempontjából kulcsfontosságu növelése az alábbi két főirányban képzelhető el:

(a) pontos, tudományos definiciókon alapuló terminológia kidolgozása; valamint a mérnökgeológiai térképeken ábrázolt jelenségek szabatos értékelési módszereinek kifejlesztése.

(b) Olyan nemzetközileg elfogadott rendszer megalkotása, amely az észlelt és mért jelenségek legfontosabb jellemzőinek kvantitativ és félkvantitativ osztályozását teszi lehetővé, ezzel ugyanis térképeink szubjektivitását a lehetséges minimumra tudjuk csökkenteni.

1630

A terminológia egységesitésének szükségességéről már sokszor és sokat beszéltünk, de most is szeretném hangsulyozni, hogy ennek a feladatnak a megoldása mind nemzeti, mind nemzetközi szinten legfontosabb kötelességeink közé tartozik. Nagyon időszerü, hogy ez a kérdés IAEG (Nemzetközi Mérnökgeológiai Egyesülés) szinten is komolyan napirendre kerüljön.

A regionális mérnökgeológia sok és sokféle adattal dolgozik. Ezért van az, hogy itt az adatok pontos értékelése és osztályozása bonyolultabb, de egyben sokkal inkább égető szükségszerüség is, mint a lokális problémákkal foglalkozó helyi kutatások esetében. A nagymennyiségü adat tárolásában és kezelésében (visszanyerésében) hathatós segitséget nyujtanak a különféle számitógépes adatbankrendszerek. Ezek mindegyikénél azonban alapvető követelmény az elsődleges adatok megfelelő alakba öntése, ami pedig csak akkor oldható meg kellő hatékonysággal, ha ki vannak dolgozva azok az elemzésmennyiségi módszerei, pontos szabályok és szabványok, amelyekre az adatok átalakitásában támaszkodhatunk.

Ezzel kapcsolatban általában már az elsődleges adatok gyüjtésének és alakba öntésének szakaszában felmerül egy sor probléma. Ezek abból erednek, hogy az elsődleges adatfelvételi kartotékolási rendszerek rendkivül különbözőek, ugyancsak különböznek a más-más forrásból származó adatok felvételi rendszerei; szerzőnként, ill. intézményenként eltér az adatok pontossága, ill. az adatfelvétel hiányosságának foka, s ugyanez igaz a különböző időpontokban gyüjtött adatok vonatkozásában is. Az adatok kritikai ujraértékelése, kiválogatása, elvi alapokon történő ujra-osztályozása az esetek többségében majdnemhogy nagyobb gondot okoz, mint az egységesitett-standardizált uj észlelési, feltárási és anyagvizsgálati módszerek segitségével történő uj adatgyüjtés. Mivel azonban az uj adatok modern módszerekkel történő beszerzése általában költséges, nyilvánvaló, hogy mindenképp meg kell próbálni a régi, hozzáférhető adatokból minél többet felhasználni, még akkor is ha a régi adatok felhasználásakor minden esetben szembekerülünk a fent körvonalazott problémával.

1630

Az észlelés és mérés utján nyert elsődleges mérnökgeológiai adatok (jellemzők) rendszeres és exakt begyüjtésének és dokumentálásának legegyszerübb és legjobb módja - még archiv anyagok esetében is - az egységesitett és megfelelő alaku felvételi lapok alkalmazása. Csehszlovákiában pl. a mérnökgeológia általában az Állami Geofond adatbank szabványait használja mind a furási adatok elsődleges rögzitésére, mind pedig az egyes konkrét helyekre vonatkozó földtani viszonyokkal, ill. folyamatokkal kapcsolatos megfigyelések, ill. vizföldtani adatok rögzitésére, stb. Az adatrögzités minden esetben részletes, kézikönyvszerüen kiadott utasitások alapján történik. Az utasitásokra és kódolási rendszerek, amelyek az Egységesitett Mérnökgeológiai Adatbankban tárolt jellemzőkre vonatkoznak.

Az egységesitett adatbankok hatékonysága a regionális munka szintjén csak akkor mutatkozik meg, ha az adatbank nagy területre vonatkozó nagy mennyiségü adatot tárol és a mérnökgeológiai információ minden felhasználója egyformán használja, ill. szabályait egyformán betartja.
Csehszlovákiában pl. az Állami Geofond Adatbank szabályainak betartására a törvény kötelez minden olyan szerzőt, aki az 1:25 000 méretarányu többcélu mérnökgeológiai térkép szerkesztésében részt vesz. A térképet egyébként az ország minden fontos területére laponként, egységesitett hivatalos kiadvány formájában elkészitik (1. ábra). A Geofond adatbázisában a régi kartotékrendszerek adatain kivül szerepel minden uj térképezési, feltárási és anyagvizsgálati eredmény is. Ezek az adatok itt bárki számára hozzáférhetőek és nemcsak az emlitett középméretarányu térképlapok szerkesztésére használhatók fel, hanem pl. meg lehet szerkeszteni belőlük az ország egész területét magában foglaló 1:200 000 méretarányu áttekintő mérnökgeológiai lapokat is. Ily módon lehetővé válik az adatok, vizsgálati eredmények többcélu felhasználása és elkerülhetők az uj létesitményekkel kapcsolatos esetleges felesleges ujabb feltáró munkák is.

1630

Különböző speciális programok segitségével lehetőség van arra is, hogy az adatbankban tárolt mérnökgeológiai információval különféle müveleteket hajtsunk végre. A kijövő adatokat megjelenithetjük szöveges vagy táblázatos formában; lehetőség nyilik a kivánt adatok és paraméterek listaszerü felsorolására; földtani szelvények szerkesztésére; a dokumentációs pontok térképszerü megjelenitésére; valamint különféle elemző összintetizáló térképek szerkesztésére és több hasonlóra is.

A számitógépes adatbankok növekvő fontosságát a madridi III. Nemzetközi Mérnökgeológiai Kongresszus is messzemenőleg elismerte, s egyben az IAEG Térképezési Bizottságán belül külön ezzel a problémakörrel foglalkozó munkacsoportot is létrehivott, amelynek első feladata az e tárgykörben eddig elért eredmények áttekintése és kritikai összefoglalása lesz.

(2) A mérnökgeológiai térképeken ábrázolt adatok kvantitativ osztályozása

Fentiekből egyenesen következik, hogy a regionális mérnökgeológiai vizsgálatok és a térképezés pontosságának növeléséhez elsősorban a térképezett jelenségek kvantitativ osztályozási rendszerének kidolgozására van szükség. Ennek az osztályozási rendszernek ki kell terjednie e jelenségek általánosan elfogadott jellemzőire és vonatkoznia kell mindenfajta méretaranyra. Ez a kérdés bonyolultságát tekintve messze tulszárnyalja még az egységesitett terminológia problémakörét is és megoldása kizárólag nemzetközi összefogással képzelhető el. Az IAEG Térképezési Bizottsága ennek teljes tudatában van, s jelenleg épp a mérnökgeológia számára fontos, kőzet és talajféleségek kvantitativ osztályozásával kapcsolatos irányelveket késziti elő a közzéadásra.

(3) Többcélu mérnökgeológiai térképek, s azok speciális célorientált transzformációja

Regionális tanulmányok kapcsán - minden müszaki, mind gazdasági megfontolásokból célszerü (1) minél átfogóbb mérnökgeológiai adattömeghez hozzájutni; (2) rendszeresen, minél nagyobb területeket feltérképezni és (3) az átfogó

információt speciális adatbankokból beszerezni. Ezáltal lehetőségünk nyilik arra, hogy a szóban forgó terület különböző részeire megszerkeszthessük a szintézis jellegü, valamint a nagyon részletes, többcélu mérnökgeológiai térképeket. Az UNESCO és az IAEG által 1976-ban kiadott "A mérnökgeológiai térképek szerkesztésének irányelvei" c. összeállitásában foglaltak szerint - mint a természeti viszonyok alapvető modelljeinek - a többcélu térképek közül legnagyobb fontossága (A) a mérnökgeológiai viszonyok térképének, valamint (B) a mérnökgeológiai körzetbeosztás (rayon) előzőből levezetett változatainak (B) van. (2. ábra).

Egy nagy mennyiségü és jól szervezett adatot tartalmazó adatbázis, valamint a fentiekben ismertetett többcélu térképek felhasználásával később mér minimális - csupán az elengedhetetlen kiegészitő terepmunka miatt szükséges többlet pénz- és időráforditással - bármilyen speciális jelentés vagy bármilyen speciális célu mérnökgeológiai vagy müszaki földtani térkép egyszerü transzformáció utján előállitható.

Legyen szabad a következőkben néhány a csehszlovákiai gyakorlatunkból vett példával illusztrálnom az elmondottakat, mégpedig annak hangsulyozásával, hogy hogyan is növelhető a különböző mérnökgeológiai térképeknél a kvantitativ értékelés pontossága.

A mérnökgeológiai viszonyokat ábrázoló térképek

Ezekre a térképekre a térkép egész területére vonatkozó különböző - megfelelően osztályozott - kőzet ill. talaj-egységeket, a talajviztipusokat, a domborzati elemeket, geodinamikai jelenségeket, ezek eloszlását és változékonyságát, valamint különféle tulajdonságaikat hordjuk fel. A felhasználónak, amennyiben az ilyenfajta térképek olvasásában némi gyakorlattal rendelkezik, e térképek alapján lehetősége nyilik betekinteni az ábrázolt terület fejlődéstörténetébe, és dinamikájába, sőt a jövőben várható fejlődésének elemeibe is.

1630

A korábbiakban már rámutattam arra, hogy az ilyenfajta térképek pontosságát, az észlelés, mérés, valamint a térképezési folyamat pontosságától függetlenül, olymódon növelhetjük, hogy a térképezett jelenségek mindegyikének jellemzésére kvantitativ osztályozási rendszert alkalmazunk.

Mérnökgeológiai rayon - térképek

Az alapvető földtani-környezeti elemek (kőzetek, viz, térszinformák és geodinamikai jelenségek) térbeli és funkcionális összefüggéseit elemezve egy adott területen belül különböző térszini egységeket lehet elkülöniteni. Ezekkel az előzőekben emlitett 1976-os UNESCO utmutató részleteiben is foglalkozik. A körzet-beosztás egységei alapjában véve olyan háromdimenziós modellek, amelyek a mérnökgeológiai viszonyok tekintetében közel egységesek. A többcélu rayon-térképeken általában területegységeket, alegységeket, valamint mérnökgeológiai területszakaszokat különböztethetünk meg. A nagyobb területegységen belül bizonyos egymással genetikai kapcsolatban lévő litológiai tipusok térbeli eloszlásának egységességét követeljük meg; a kisebb területegységek elkülönitésének kritériuma az olyan alapvető jelenségek tekintetében tapasztalható egységesség mint a térbeli szerkezet, vertikális egymásra-következés, és a különböző mérnökgeológiailag elkülönithető kőzet és talajtipusok egymáshoz viszonyitott aránya. A mérnökgeológiai körzetek kijelölése a kőzet és talajtipusok térbeli elrendeződése, továbbá a vizföldtani és geodinamikai viszonyok egységessége alapján történik.

Tipológikus rayon-térképek

A rayonok elkülönitésének exaktsága a tipológia alapjainak bevezetésével érhető el. Az előzőekben már emlitett 1:25 000, többcélu rayon- térképek hivatalos Csehszlovákiai kiadásában pl. 40 jól definiált területegység- tipus ábrázolására van lehetőség. Ezekben minden egyes térszini egységet egyértelmüen be kell sorolni és kódolni a 40 egység tipus valamelyikébe. A beosztást

az 1. sz. táblázat szemlélteti. Az alegységek jelölésére olyan szimbólumokat alkalmazunk, amelyeket a megfelelő mérnökgeológiai kőzet, ill. talajtipusok jeléből és vastagságértékeiből (esetleg a mérnökgeológiai tipus jelét és a negyedkornál idősebb aljzat mélységét kifejező adatokból) állithatunk össze, mégpedig a rétegek egymásrakövetkezésének sorrendjében. A hlg2Sl szimbólum példányok okáért egy olyan jól kvantitativvá tett alapmodellt jelképez, amelyben a felszint 2 m vastagságban kohéziós talajok épitik fel, ezalatt 2-5 m vastagságban kavics, 5 m-nél mélyebben pedig a negyedkornál idősebb aljzat kemény, kompakt kőzetei találhatóak.

Az ilyen fajta tipológiai körzetbeosztás szolgálja leginkább a szisztematikus regionális tanulmányok céljait, ez teszi lehetővé a mérnökgeológiai környezetre vonatkozó adatoknak és azok bizonyos elemeinek osztályozását. Ez szolgál az általánositás szükséges modell-bázisául és analógiák alkalmazásával ez teszi lehetővé, hogy az egymáshoz hasonló rayon-egységek kőzeteinek viselkedésére vonatkozó ismereteinket, valamint az azok vizsgálatát célzó leghatékonyabb módszereket ábrázolhassuk. Ez adja a legjobb kiindulópontot az alapozási viszonyok, számitások és tényleges alapozási munkálatok egységesitéshez szabványositásához és tipizálásához is.

A speciális céltérképek fajtái

A mérnökgeológiai viszonyokat és a rayon-beosztást ábrázoló, fentiekben ismertetett többcélu térképek adják a legjobb alapot a különböző terület-értékelések és speciális céltérképek elkészitéséhez is. Az ilyen céltérképek voltaképpen a meglehetősen általános, a mérnökgeológiai szituációt modellszerü - en ábrázoló, többcélu térképekből kiválasztott jellemzők, fokozatos transzformálásával előállitható, nagymértékben specializált térképeként foghatók fel. (2. ábra).

1630

A kvantitativ osztályozásnak nemcsak a kőzetek, viztipusok, és geodinamikai jelenségek bizonyos jellemzőire kell kiterjednie. Kvantitativ kritériumrendszert kell kidolgozni az alapvető földtani- környezeti elemek, valamint azok térbeli, időbeli és funkcionális összefüggéseivel, és az egyes zónációs alapegységekkel jellemezhető egységek értékelésére is. (A speciális céltérképek esetében a kvantitativ kritériumok - a térkép céljától függően - néha egészen különlegesek is lehetnek). A különböző környezetfejlesztési és épitkezési munkálatokkal kapcsolatban felmerülő speciális problémák megoldása gyakran azt eredményezi, hogy a földtani-környezeti viszonyok egyébként merőben speciálisnak mondható jellemzői kerülnek az érdeklődés homlokterébe; Az ilyen jellemzők azután alapkritériumként szerepelnek a különféle speciális célértékelések, ill. rayon térképek elkészitésében. Ennek során napjainkban a legfontosabb követelmény a lehetőségekhez képest minél több kvantitativ kritérium használata.

A különböző méretarányu speciális céltérképeknek alapvetően négy tipusa létezik:

(a) a földtani erőforrások védelmét és racionális kihasználását célzó térképek ideértve a vizre vonatkozókat is.

(b) a regionális tervezés, tájfejlesztés és épités céljait szolgáló térképek,

(c) veszélyeztetett területek kijelölését, veszélytjelző rendszerek kiépitését és az aktiv vagy potenciális módon veszélyt jelentő földtani jelenségek ellen irányuló intézkedések megszervezését szolgáló térképek,

(d) a fejlesztés hatására nem kivánatos változásokra hajlamos földtani környezetek védelmét szolgáló térképek.

1630

A geotechnikai térképek

A földtani információ tervezési-építési célokat szolgáló transzformációjának a következő lépése a különböző speciális geotechnikai térképek megszerkesztése. Ezeket olyan céllal szerkesztjük, hogy feleletet adjunk arra, miként lehet bizonyos mérnökgeológiailag definiált körzeteket mérnökgeológiai megoldásokkal a különféle müszaki igényeknek megfelelővé tenni. Ezek az igények kapcsolódhatnak az erőforrások kiaknázásához, fejlesztéséhez, valamint az ember által létrehozott mütárgyaknak, ill. esetenként emberéleteknek a többi természetes, vagy antropogén folyamattal, behatással szembeni védelméhez. A geotechnikai rayon-beosztás csak akkor lehet sikeres, ha pontos és megbizható, ellenőrzött mérnökgeológiai térképek alapján történik. A mérnökgeológiai viszonyok modelljének a többcélu térképektől a speciális majd a geotechnikai térképek felé irányuló többszörös egyszerüsitett transzformációja során csak igy kerülhető el, a földtani és fizikai valóság meghamisitása.

(4) Optimáció, szelekció és döntés

Napjainkban a tervezés és tájfejlesztés szakemberei egyre kevésbé elégednek meg a mérnökgeológiai viszonyok bizonyos egyedi elemeinek (igy a kőzet, talajviz és domborzati viszonyoknak) kvantitativ értékelésével, sőt gyakran már az egyes területegységek jellemzésének kvantitativvá tétele sem elégiti ki őket. Az igények egyre inkább a regionális rendszerek értékelésének exaktabb alapokra való helyezése felé mutatnak, s szükségessé válik az optimális terület-kihasználás alternativáinak kidolgozása is.

Három olyan fő területet lehet kijelölni, ahol a kvantitativ értékelésnek és az optimális analizisnek regionális és lokális müszaki földtani vonatkozásban szerepe lehet. Ezek az alábbiak (Matula, 1978):

(1) az optimális terület-kihasználás lehetőségeinek vizsgálata adott térképlap különböző rayon-egységeiben,

1630

(2) Adott térképlap területén egy bizonyos területkihasználási cél szempontjából (pl. lakóhelyi vagy ipari körzetek létesitése, szilárd állapotu meddőanyagok tárolási lehetőségeinek megteremtése, üdülőkörzetek létrehozása) optimálisnak itélhető helyek kiválasztása,

(3) egy adott hely optimális felhasználásál; a fejlesztés v. épités módszereivel kapcsolatos döntések hozatala.

Az optimális alternativa kiválasztását célzó döntéselőkészitő elemzés voltaképp három, egyformán fontos lépésben történik. A lépéseket a 3. ábrán mutatjuk be. A mérlegelendő alternativák modelljeit ebben a példában a következőket szem előtt tartva kell kidolgozni: (1) Melyek a környezet ökológiájának megfelelő kezelését-védelmét biztositó módszerek; (2) hogyan lehet biztositani az optimális terület-kihasználást; (3) hogyan oldható meg az ásványi kincsek és vizkészletek ésszerü kitermelése, ill. védelme; hogyan lehet kiválasztani az épitési munkálatok, ill. vonalas létesitmények optimális helyét, stb.

A döntéselőkészitő elemzés bemutatott három fázisa közül most a másodikra - magára az optimációs müveletre - fogjuk összpontositani a figyelmet. Ez a müvelet hat egymást követő <u>értékelő lépésből</u> áll. Ezeket a müveleti lépéseket célszerüen egy fejlesztés alatt álló területünk optimációs tanulmányán és az ehhez készitett 1:25 000-es méretarányu térképeken keresztül fogom bemutatni.

<u>1. lépés:</u> Kiválasztjuk és definiáljuk a legfontosabb földtani-környezeti elemek releváns tényezőit. (Ezek az elemek az alábbiak: épitésföldtani célokra való alkalmasság; veszélyt jelentő földtani jelenségek korlátozó hatása; a földtani erőforrások védelmének szükségessége; a földtani környezet emberi beavatkozás folyán való "károsodásának lehetősége").

Az ezeknek megfelelő releváns tényezők közül csak példaként emlitenék néhányat:

1630

Ezek a kőzet- és talajminőség; a talajvizszint felszintől számitott mélysége; lejtő-kategóriák; áradások lehetősége; termékeny talajok jelenléte; könnyen hozzáférhető épitőanyagok jelenléte; a felszin stabilitásának lehetséges változásai; vizrendszerek, stb.). Az egyes tényezők legreleváns-sabb jellemzőinek kvantitativ osztályozását a vizsgálat célját szem előtt tartó kritérium-rendszer alapján kell megoldani.

Az egyes tényezők pozitiv vagy negativ voltának eldöntésében, ill. a rangsorolásban az érvényben lévő Építési Standardokat vettük figyelembe.

2. lépés: Minden faktor minden egyes osztályozási kategóriájához 0-tól 9-ig terjedő normalizált számértéket rendelünk hozzá, s ennek alapján rangsoroljuk a faktorokat. A mérnökgeológiai alkalmasságot (és/vagy "sebezhetőséget") a megfelelő térképi egységekkel összhangban számitjuk ki. (A térképi egységeket itt már a többcélu 1:25 000-es mérnökgeológiai térképről átvett szerkezetileg és litológiailag egységes területi alegységek képviselik).

Példánkban az épitésföldtani alkalmasság vizsgálatát különböző speciális célra végeztük el. Ezek az alábbiak voltak: (a) alap-nélküli, és ötemeletnél alacsonyabb lakóházak épitése; (b) alappal rendelkező és négy emeletnél magasabb épületekből álló nagyarányu lakóház- épitkezés (c) nagyméretü nehéz ipari szerkezetek létesitése; (d) 5 méternél mélyebb utbevágások létesitése; (e) 5 méternél magasabb töltések épitése.

3. lépés: A relevánsnak itélt tényezőket relativ fontosságuk szerint rangsoroljuk. A rangsorolásnál az előző pontban felsorolt öt különböző célt (a - e) tartottuk szemelőtt, s magát a rangsorolást a binér döntés-elemzés módszerével végeztük el. Figyelembe vettük különböző tervezési-épitési munkálatok alapján szakértők által becsült technológiai és gazdaságossági követeleményeket is. (5. ábra)

1630

4. lépés: A fent felsorolt öt alapmunkálatra, ill. a földt. erőforrások megkövetelt mértékü védelmére vonatkozó mérnökgeológiai alkalmassági értékeket alegységként, a faktorok normalizált értékeinek és a megfelelő sulyozó értékeknek a szorzatát összeadva számitottuk. Hogy az igy kapott értékek skáláját egyszerüsitsük, magukat az értékeket öt, ill. három (ABC ill DE) osztályba soroltuk, s ezek az osztályok szolgáltak aztán az uj összevont térképezési egységek elkülönitésének alapjául. Ezen egységek mindegyike az alkalmasság, ill. védendőség más és más fokozatával volt jellemezhető. Példánkban összesen öt mérnökgeológiai alkalmassági rayon-térképet és egy a földtani erőforrások védelmére vonatkozó rayon-térképet állitottunk össze (7. ábra).

5. lépés: További átrajzolási, ujra-definiálási és összevonási müveletekkel elkészitettük az optimális mérnökgeológiai alkalmasságot szemléltető összefoglaló térképet, amely a különböző tipusu épitési és fejlesztési munkálatok céljára legalkalmasabb területeket mutatja be. (6. ábra)

6. lépés: Az optimális mérnökgeológiai alkalmasságot szemléltető összefoglaló térkép és a földtani erőforrások védelmét szolgáló térkép kombinációjával (6., ill. 7. ábra) ujabb összetett térkép állitható elő, amely az optimális területfejlesztési alkalmassági térkép cimet viselheti. Ez a térkép szolgálja az épitési és földtani- környezetvédelmi törekvésekkel összhangban lévő racionális területkihasználást. (8. ábra)

A 4. ábrából nyilvánvaló, hogy a regionális értékeléssel kapcsolatban számos egyéb kombinációs térkép szerkesztésére is meg van a lehetőség. Igy pl. a fent leirtakhoz hasonló módon előállitható a földtani környezet "sebezhetőségének" térképe; az épitési célokra nem alkalmas területek térképe (ez utóbbit a veszélyt jelentő földtani jelenségek és a földtani-környezeti erőforrások térképeinek kombinációjából állitjuk elő), vagy pl. szerkeszthető olyan Racionális terület-kihasználási és földtani-környezetvédelmi térkép is, amelynek ugyancsak vannak földtani és környezetvédelmi előrejelzési elemei.

1630

Összefoglalás

A mérnökgeológiai adatok exakt értelmezése, a mérnökgeológiai jelenségek előrejelzése és a szakvéleményezések iránt támasztott követelmények növekedése folytán a kvantitativ értékelési módszerek a regionális mérnökgeológián belül is gyors fejlődésnek indultak.

Előadásomban arról ejtek néhány szót, miként fokozható a pontosság a regionális földtani információ feldolgozásának fő szakaszaiban, nevezetesen az adatgyüjtés- tárolás - adatkinyerés folyamatában; a térképeken ábrázolt jelenségek legfontosabb jellemzőinek osztályozásában; a mérnökgeológiai és geotechnikai térképek speciális célorientált transzformációjában és a regionális egységek értékelését szolgáló optimációs elemzésekben.

1630

THE RESEARCHES OF THE ROCKS PROPERTIES BY THE LABORATORY ACOUSTIC TESTING

JOANNA PININSKA *

(A kőzettulajdonságok kutatása laboratóriumi akusztikus módszerrel)

The estimation of the mechanical properties of the rocks in laboratory could be done in two ways:

1th - the static method - this involves recording changes of diameters of the rocks sample caused by strain applied.

2end - the dynamic method - this involves the measuring the elastic reaction of the material for dynamic loading factors.

The estimation of the mechanical rocks properties executed in laboratory conditions by using the static method is time-consuming and troublesome - - since a large monolithic sample and subsequent its cutting and polishing is reguired. It is also very often impossible to take a large samples in hardly accesible places or bore wholes. A long procedure of preparation of the samples introduces additional errors to the results, or change the properties of the material. Also the sample can be used only one time for a testing and than is disturbed. So at last time is more satisfactory to use, as much as possible a non-destructive methods for researches the properties of the solid materials. Among of them the great role play the geophysics method and in laboratory conditions the acoustic testing.

---

* Poland, Warsaw University

1630

This last method involves the monitoring of the acoustic waves velocity in rocks, under known conditions. It is based on the assumption that the elastic medium reaction is characterised by specific velocity of the acoustic wave propagation - so this velocity depens on the properties of the material.

Main rules of the acoustic method s.c. "going through", lay on measurements of the time necessary for overpassing across the sample the sound impulse, generated from one side and analysed from the other. Such testing is well provide if the dimension of the sample - the way of the wave crossing - is longer than the length of the generated wave. So in laboratory, where the miniaturisation of the sample is very important, the researches are caried with the use of the high-frequency waves: ultrasounds - which make possible a far going reduction of sample size, or directly testing the bore cores.

The acoustic-ultrasound method makes also possible unlimited repeating of the measurements and therefore signicant and rapid increase in their accuracy and further use of non disturbed rock material to the another examinations. So it not suprising that the progress in measurements of geotechnical properties of rocks could be expected with the development of this non-destructive method.

Dynamic-acoustic method make possible to directly measure such elastic properties of the material as an elasticity modulus (E_d) - and Poisson coefficient (ν) from dependences:

$$E_D = \frac{C_1^2 \, \gamma_d \, /1+ \, / \, /1-2\nu \, /}{1-\nu}$$

$$\nu = \frac{0,5 - /\frac{C_T}{C_L}/^2}{1 - /\frac{C_T}{C_L}/^2}$$

1630

where C_L - longitudinal wave velocity, C_T - transversal waves velocity, and later to determined the other material constances. The above is valid under assumption that the rocks medium is homogenous, infinite, elastic and isotropic.

In geotechnical studies is as well necessary to know the compression and tension strenght, porosity and volume density of a rock material. The latter should be calculated on the empirical way from the correlation between other parameters - especialy often to the longitudinal waves velocity.

But at the case of unhomogenous, mulitcomponent rocks material the velocity of the waves propagation depens also on its properties like: mineral composition structure, texture, fracturing, temperature and state of stress.

Waves propagation is quicker in fine grained than in coars grained material and all the planes of foliation, bedding and discontinuity, muffle the waves velocity; and also the differences in values of velocity measured in different directions may be expected. But it means that if the structure and texture are typed very carrefully and is konwn, the various data of rocks properties can be find by the experimental way.

After estimate material constants: E_d i ν , can be fine the coefficient of anisotropy Can as:

$$\frac{\frac{C_x + C_y}{2}}{C_z} \quad \text{or if it is necessary as} \quad \frac{C_x}{C_z} \quad \text{or} \quad \frac{C_y}{C_z} \quad \text{or}$$

in every other programmed directions. During the laboratory acoustic testing of the rocks is very popular looking for the following main relation:

1630

1th the fractures orientation (α) - longitudinal wave velocity (C_L)

2^{end} porosity (p) - longitudinal wave velocity (C_L)

3th compresion strength (R_c) - longitudinal wave velocity (C_L)

For the such studies the samples have to be choosed very carrefully, due to the interesing programme. As an example of the such research may be presented the practical examination have on Oligocene flysch sandstones forming a series very popular in Northern Coupatiens (Fig.1). The flysch series of sediments are originated in geosynclinal area and are an example of episodic sedimentation. They display repeated sequence from conglomerates through sandstones and siltstones to clays (Fig.2).

Testing sandstones generally represent upper links of the flysch sequence and macroscopically they are mainly characterized by finaly - layered, random and convoluted textures.

Finely - layered texture is characterized by pararell arromgment of components and a trend of desintegration into thin plates (Fig. 3,4.)

Random texture is characterised by disorderly arrangment of components, without any privileged direction of grains orientation (Fig.5,6).

Convoluted texture is unhomogenous, parallel in some places and with noumerous small foults elsewhere. It is found in corrugated sandstones macroscopically visible numerous forms of current bedding, complex disturbances and several density accented by accumulation of dark minerals, sofor sometimes deposit is built of several forms lens-liker (Fig.7,8). From petrography point view all types of sandstones are mostly light-grey sandstones consist of 42% - quartz, 15% - mica, 10% muskovit, 5% - biotyt, 7% feldspar, 5% - plagioclases and the rock's matrix (carbonaceus 25%).

1630

The acoustic testings could be provided at the any shape of the sample: cylindrical or cubic form, but to know all sedimental form and disturbances on it, before testing is abligatory (Fig. 9).

The measurements have to be made in three directions, perpendicular one to the another (x, y, z) where the "z" axis is for example perpendicular to the bedding and x, y - parallel to it.

At the presented case, before acoustic testings were executed to the measurements of volume density, unit density, effective porosity of the rocks material. After simply acoustic testing in natural conditions the samples were placed under increasing load for testing the compressions strength and at this time were examinated simultaneus the linear deformations of the samples in all sides and the changes of the waves velocity propagation due to stress increasing. The ultrasound waves velocity of the flyshys sandstones (tab. 1) equals 1275 - 6250 m/s for longitudinal waves (C_L) and 1680 - 3390 m/s for transversal (C_T). The lower volue of the transversal wave were strongly muffled. The relation between C_L and porosity (n) is shown on Fig. 10. As is clear, waves velocity desreases with the increase of a porosity volue. It may be noted that the highest volues of wave velocity are related to the convoluted sandstones.

Volume density (γ_d) - (C_L) relation as is presented on the Fig. 11 is not linear in all directions of the measurements (x, y, z). Due to the computer plotting this relation could be defined as a parabola were $C_L = A\gamma_d^n$ where exg. for the flysches sandstones at the "z" direction, the vqule A = 13, volue n = 6.

The anisotropy is the most visible in the case of thin sandstones - C_{an} rangin from 0,37 - 0,63. It means that the velocity of the wave propagation could be two or more times higher in direction parallel to the bedding than in perpendicular to it. In a case of thick bedded sandstones, in results of their random textures the C_{an} is close to the vqlue 1.

The value of coeficient anisotropy of the corrugated sandstones is varieus - C_{an} rangin from 0,35 - 1,99. So it is evidently resulted by the changeable orientation of the convolute form due to the waves routes (Fig.12). The relation C_{an} to the angle of the inclination of the sedimental layers, is shown at Fig.13.

For practical using is very important to know the relation between compression strength (R_c) and the wave velocity (C_L). Such connection, executed by experimental way, is usualy parabola type as $R_c = a \cdot C_L^n$. General calculation shows that for the flysches sandstones volues a=0,45 and n = 2,9 when the waves velocity is given in km/s (Fig.14). The monitoring the waves velocity under loading is very suitable for observation of the samples destruction.

One may say that the waves are noticing by the wave muffling the broken material at early stage destruction (Fig.15). Therefore, this critical stress value at the visible destruction moment which we are used call as a compression strength, is connected with the disturbed material.

From the other side, at the first stage of the loading it is noticed the hardening process of the material observed as an erising of the waves velocity. All such observations make clear that for particular sandstones is possible to evaluate the critical velocity value below which material is fractured. It is very interesting also to research the dependences between static and dynamic parrameters - especialy for elasticity modulus. As is know dynamic elasticity modulus volue (E_d) is usually ten times higher than static elasticity modulus (E_{st}). It is specialy observed for the weak rock becouse they are surly fractured or with easy deformable skeleton. It could be clear up also that, in the static testing at the first loading step take place the closing of the fractures and overpacking of the rocks skeleton. It results the characteristic dege nerated two - steps course of the stress -

strain curve (Fig. 16), and two values of the static elasticity modulus (E_{st1} and E_{st2}). The static modulus obtained at the second phase of the loading ($E_{st\,2}$) is similar to the value obtained by the dynamic method:

Practically, many times the measurements of the transversal waves velocity are creating some problems. At one cases the trans versal waves are strongly muffled, at the other their values are very high.

At the first case is very popular to use the simplified formula where

$$C_L = \sqrt{\frac{E}{\gamma d}}$$

which gives only the approximation to the real modulus value. At the second case, pecular researches are shown that the difficulties at the obtaining the proper values of the transversal waves may combine with the anisotropy of the material.

As is shown at Fig. 17. at the special form of anisotropy, the velocity of analysed, first the quickest transversal wave ($C_{T\ one}$) has to high value, becouse its to short way of propagation, not perpendicular to the way of measurement the longitudinal wave. If $C_{T\ one}$ is to high so

$$\frac{0,5 - \left(\frac{C_{T\ one}}{C_L}\right)^2}{1 - \left(\frac{C_{T\ one}}{C_L}\right)^2} < 0$$

and is impossible to ennumarate the Poisson coefficient (Fig. 18).

1630

It such cases it should be considered whether not to applay the velocity value $C_{T\ two} < C_{T\ one}$ which is propagated in horizontal laminated medium at realy perpendicular direction but. It is strongly muffled by the mica laminas, as is shown in an example Fig. 17, 19.

The difference between E_d value estimated with use constant value of the Poisson coefficient (ν) and the ν value being the results of the testing and using $C_{T\ two}$ are not very high. The greatest divergences at C_L and E_d values have been noticed where the laminas were inclinated from horizontal position to $50\text{-}60^{o}$ (Fig. 20 and 21).

All presented studies have been shown that the ultrasonic method of the researches mechanical peoperties of the rocks gives many interesting results.

The interpretation of this results requres carreful analysis which would take into account structural and textural features of the rocks.

Following the conducted tests on the flysches sandstones, it could became clear, the nature of errors and discrepances which take place during determination of parameters of the rocks. If inter-correlation between the survay measurements directions and anisotropy, is not well defined is possible to obtain the data not applicatable from geological point of view. Therefore the acoustic, ultrasound non-destructive methods are very satisfactory and very precise were are analysed with the consideration the specific nature of sedimentary rocks.

1630

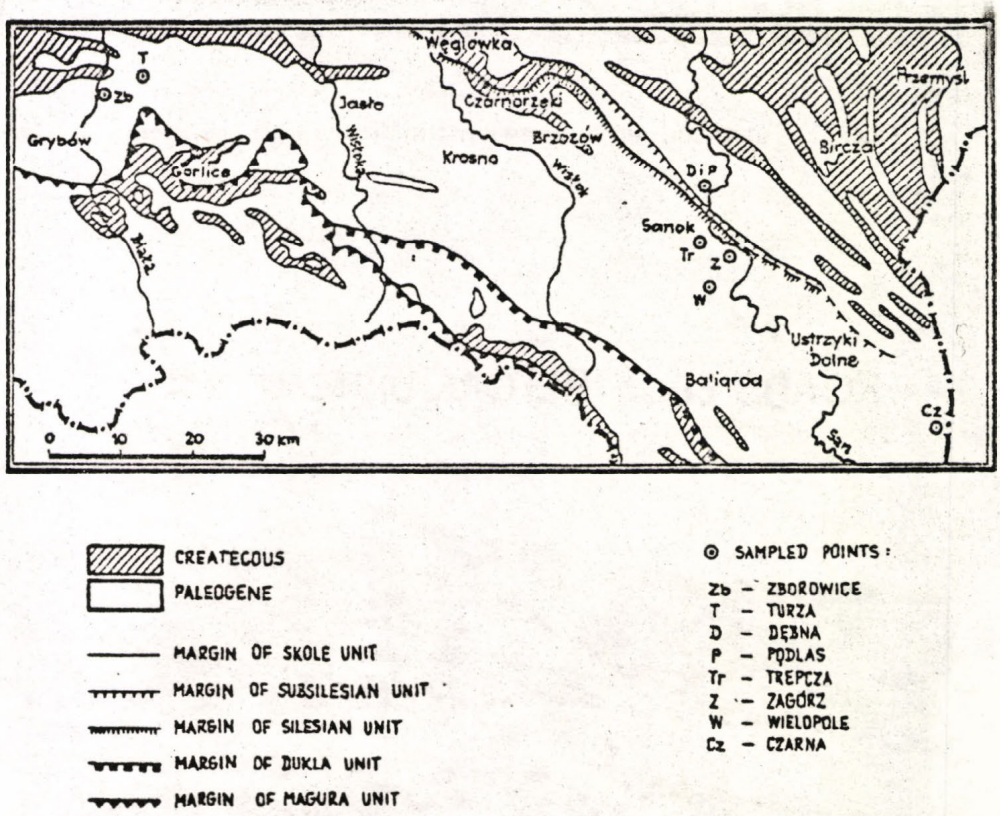


Fig. 1. Location map of studied area

1630

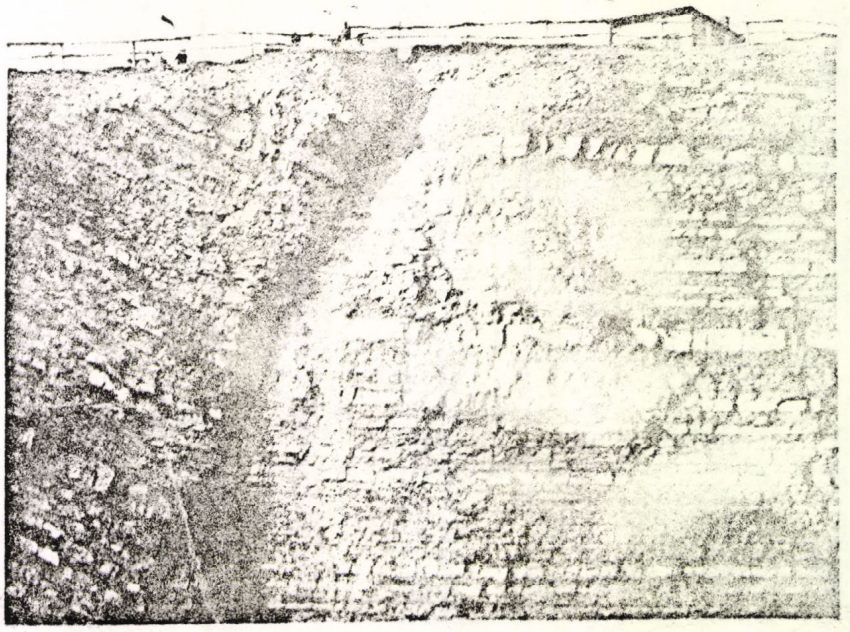


Fig. 2. Repeated sequences on the flysches sediments

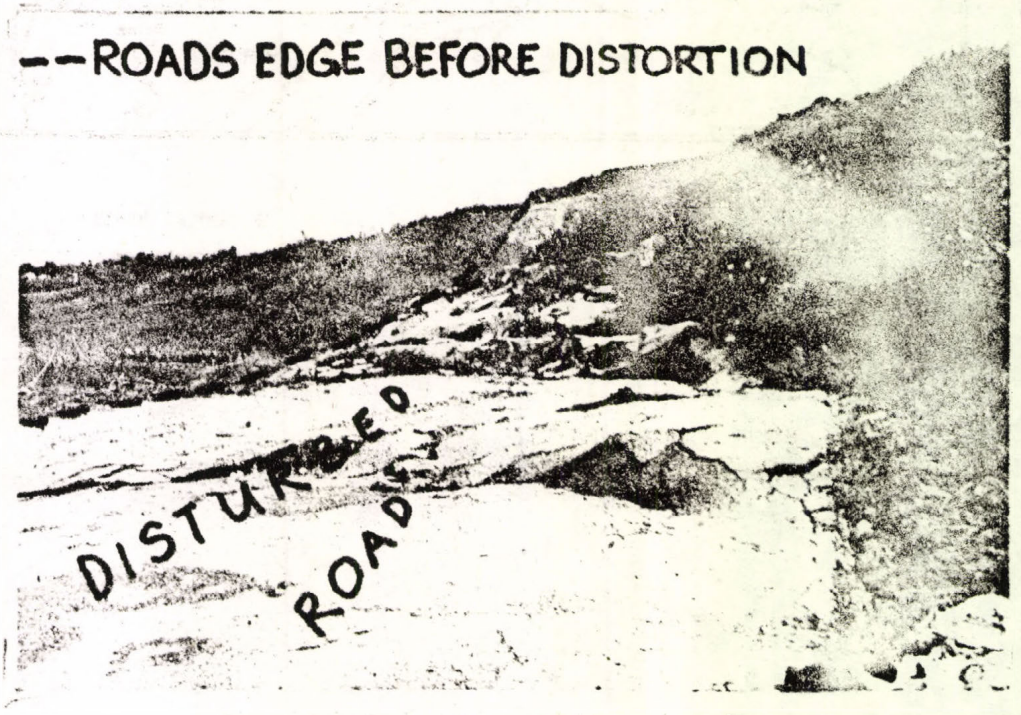


Fig. 2/a. Disturbed road near dumps forehead

1630

Fig. 3. Macroscopic picture of finely layered textures

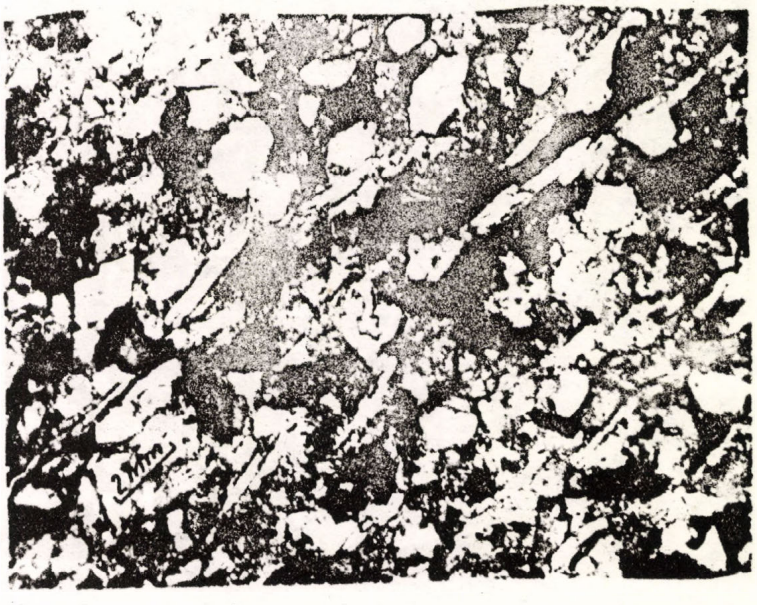


Fig. 4. Microscopic picture of finely layered textures

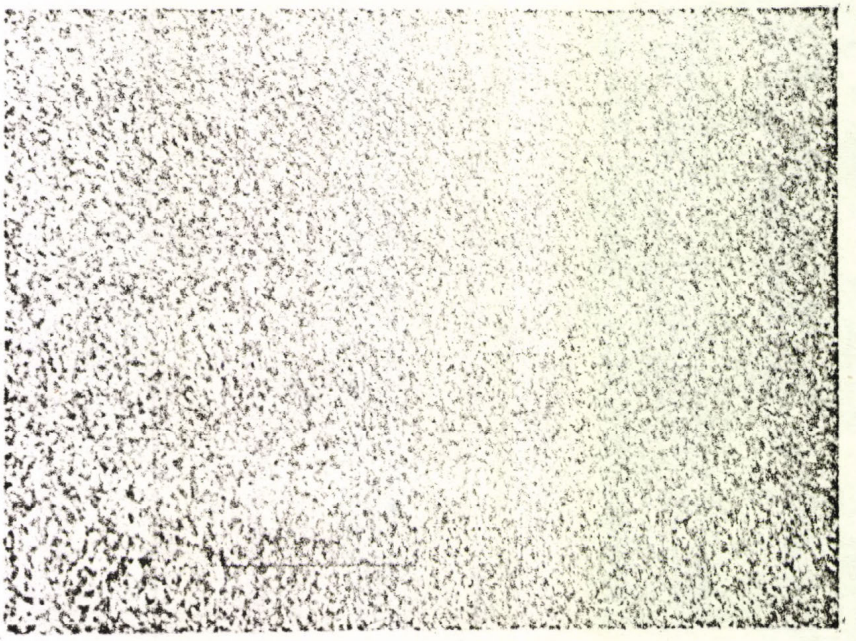


Fig. 5. Macroscopic picture of random texture

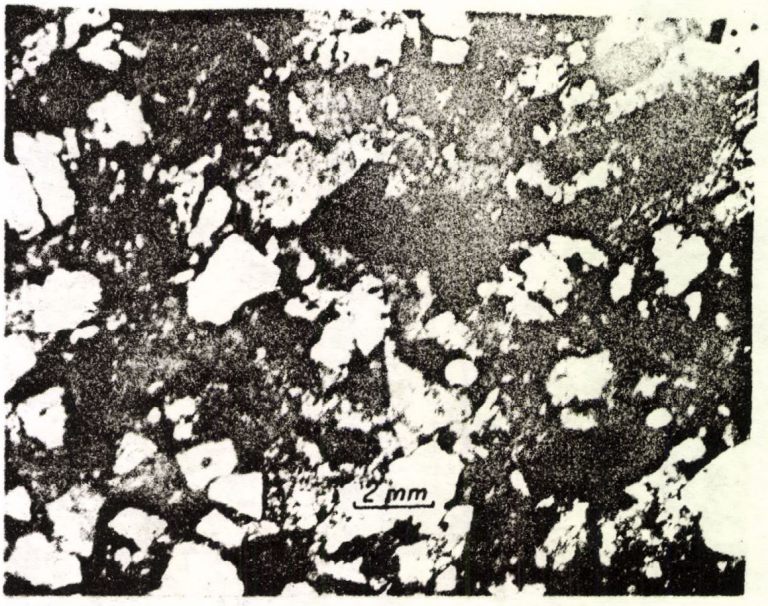


Fig. 6. Microscopic picture of random textures

1630

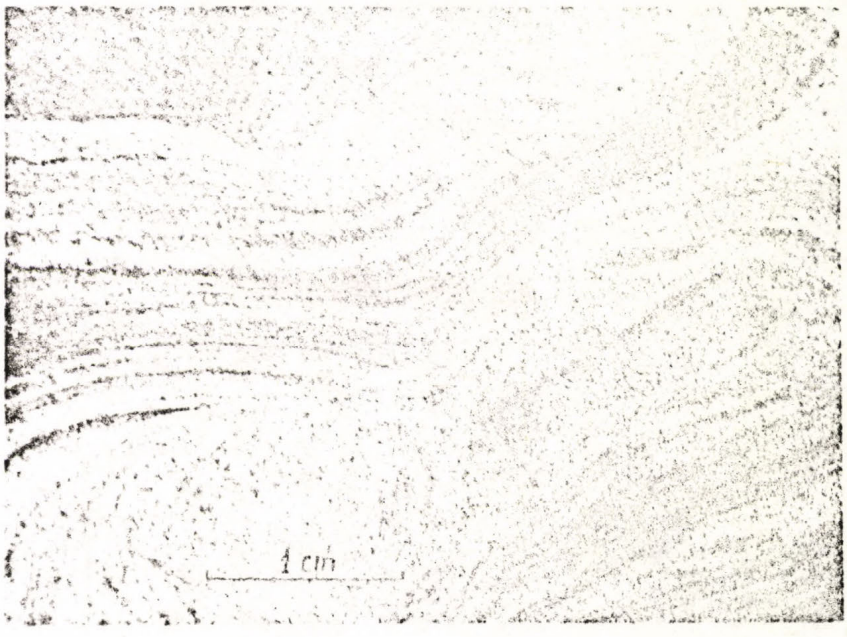


Fig. 7. Macroscopic picture of convaluted texture

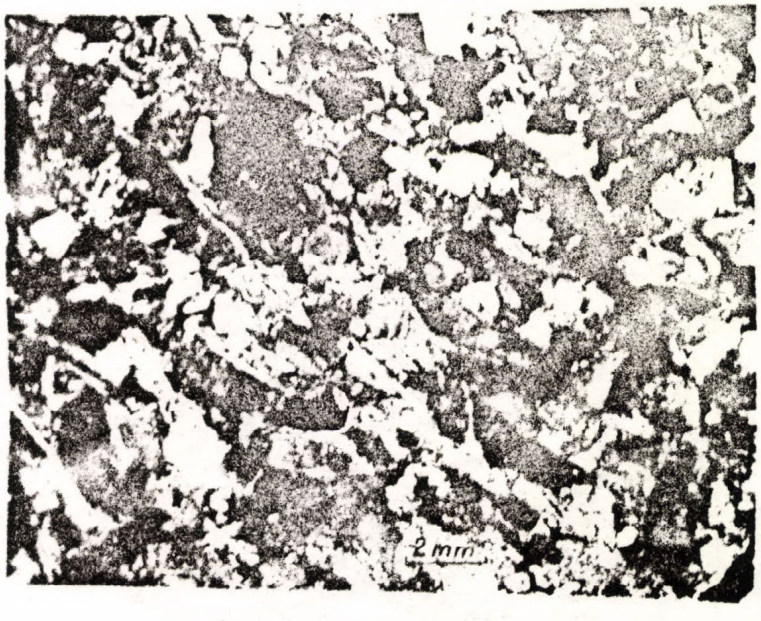


Fig. 8. Microscopic picture of convaluted texture

1630

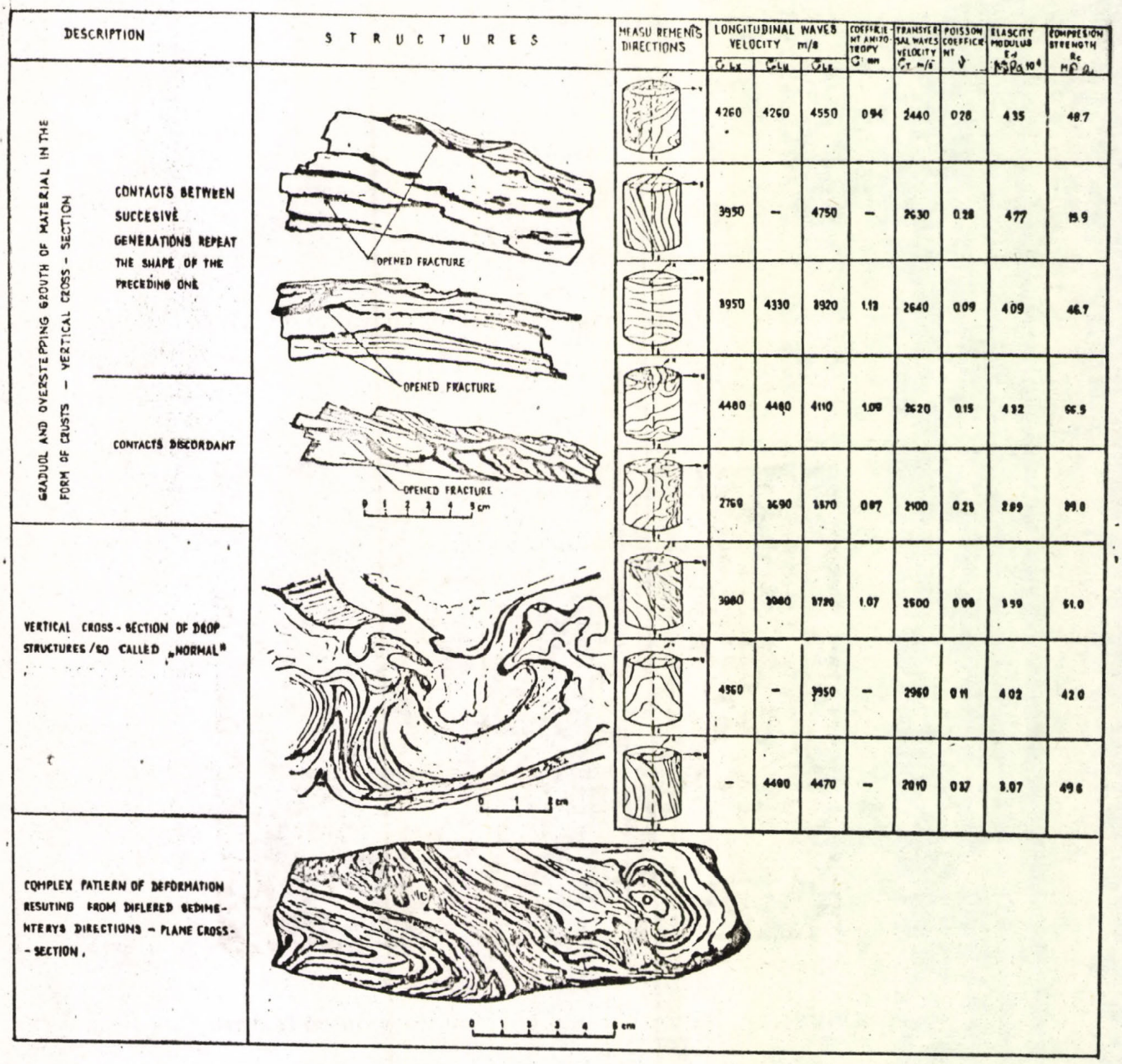


Fig. 9. Examples of structures from corrugated sandstones

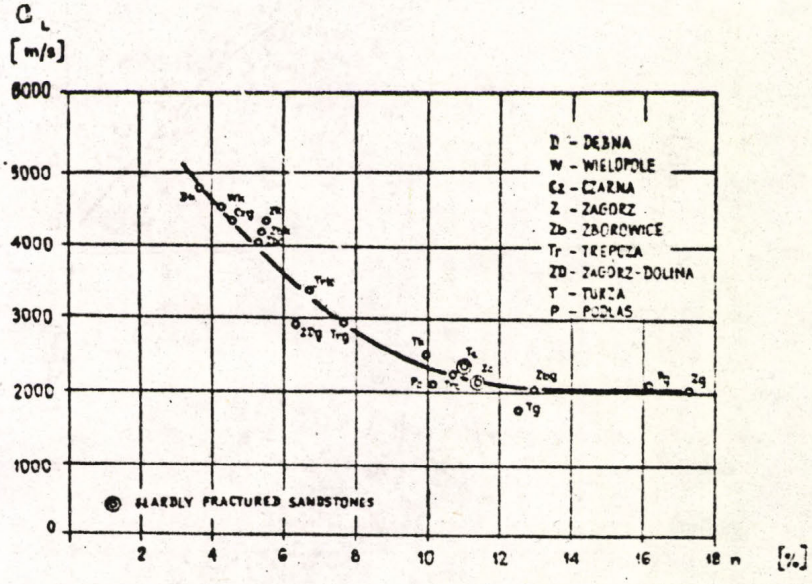


FIG. 10. Dependance of velocity of propagation of longitudinal wave (C_L) on porosity (n)

g	-	thick - bedded sandstones
c	-	thin - bedded sandstones
k	-	corrugated sandstones

1630

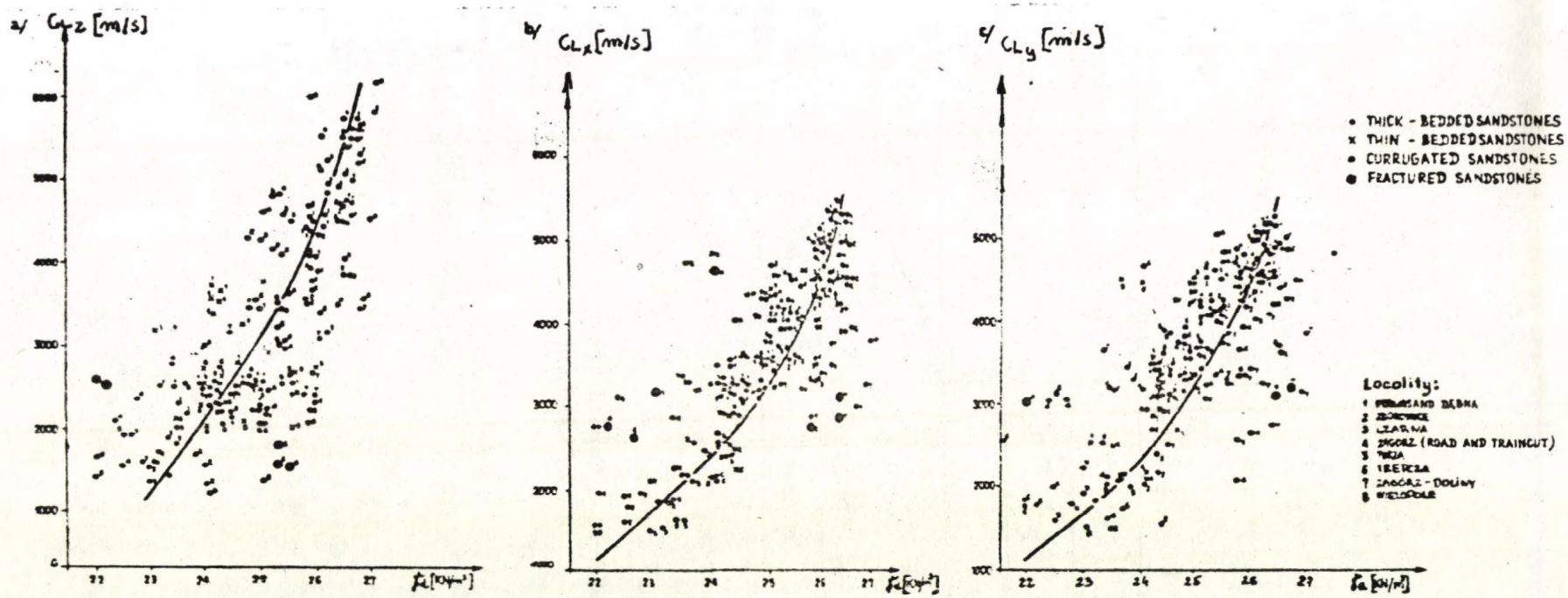


FIG. 11. Dependance of longitudinal waves yelocity (C_L) on volume density (γ_d) in three directions perpendicular (x, y, z)

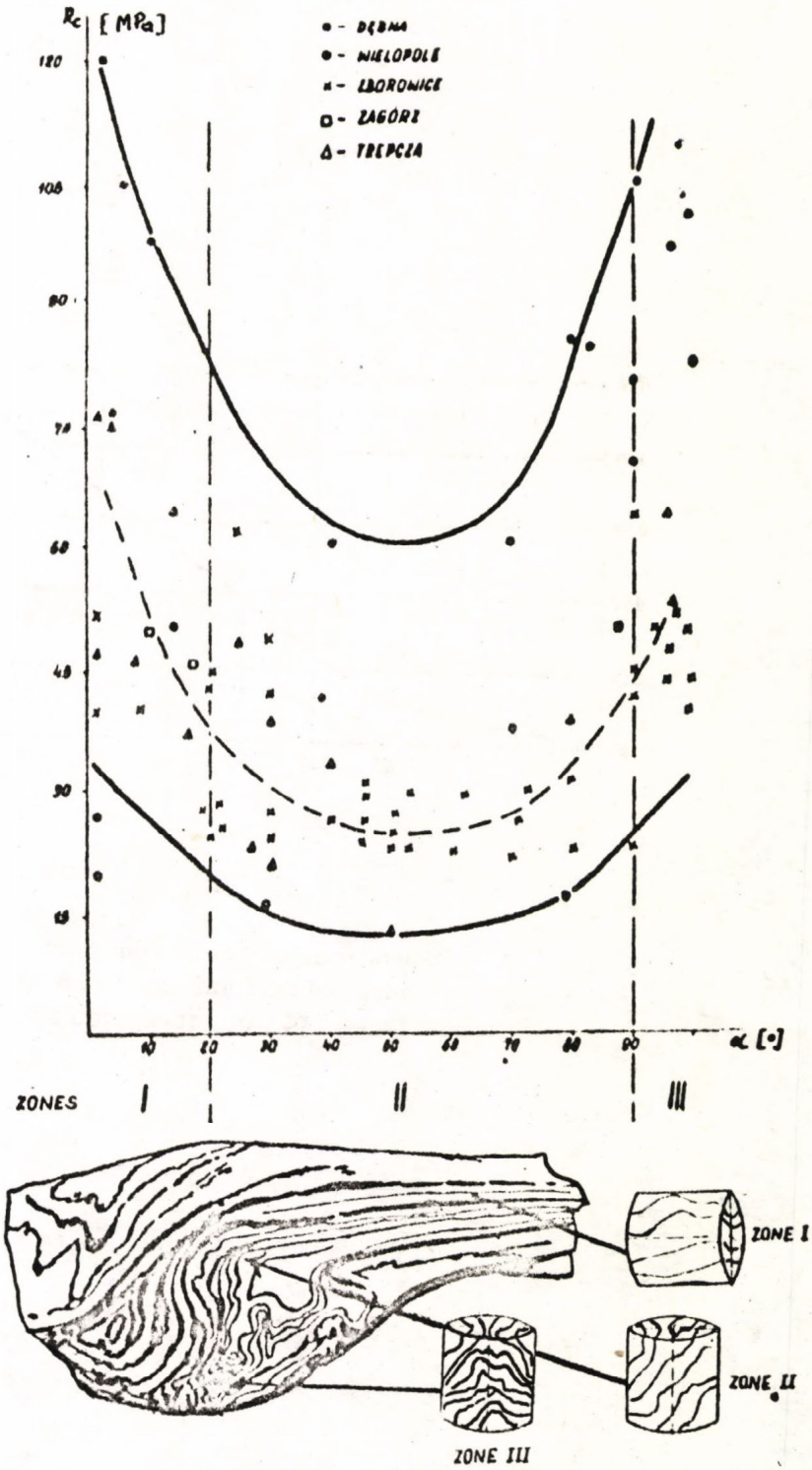


FIG. 12. dependance of sandstones properties on angle of inclination of sedimentary surfaces (α) in corrugated sandstones

1630

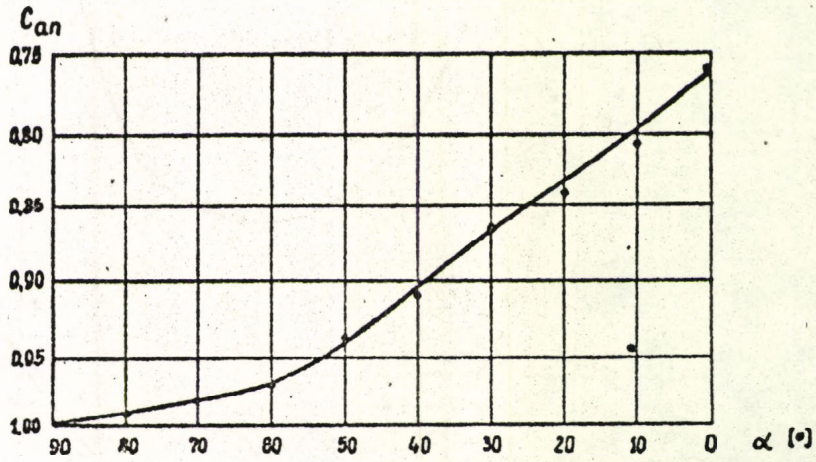


FIG. 13. Dependance of coefficient anisotropy C_{an} on angle of inclination of sedimentary surfaces (α) in corrugated sandstones

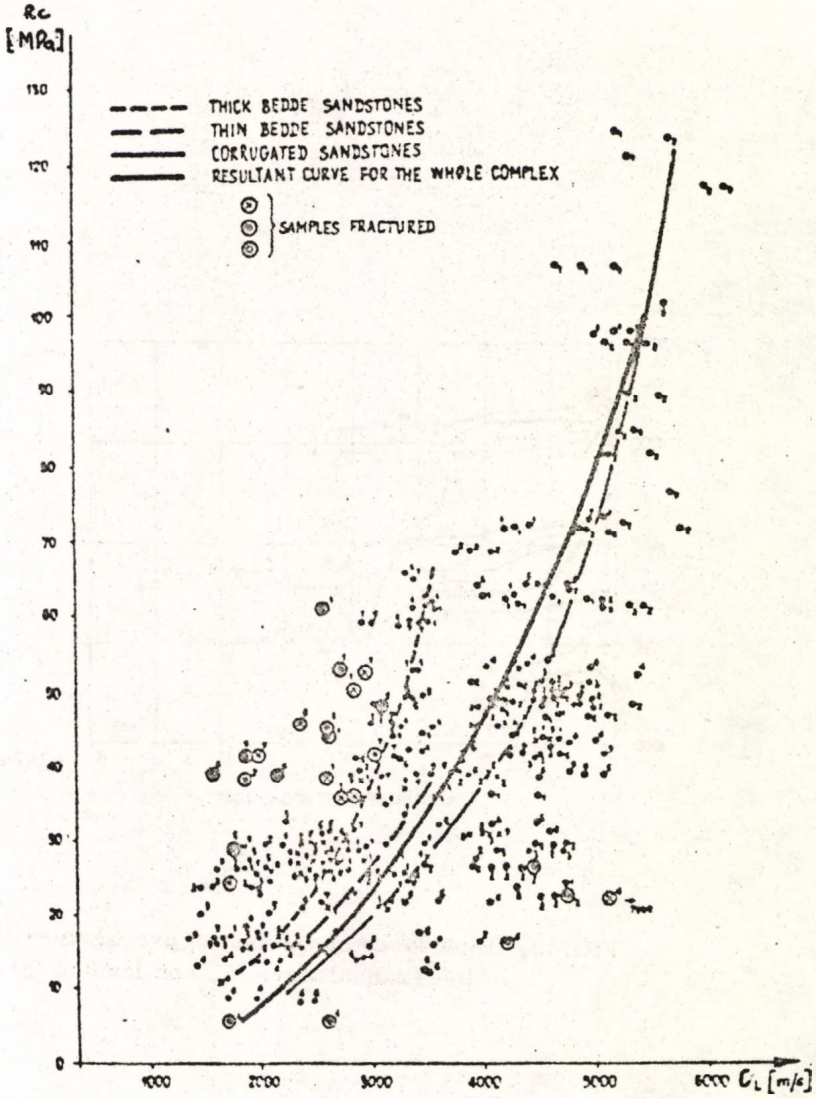


FIG. 14. Dependance of strength to compression (R_c) on velocity of propagation of longitudinal wave (C_L).

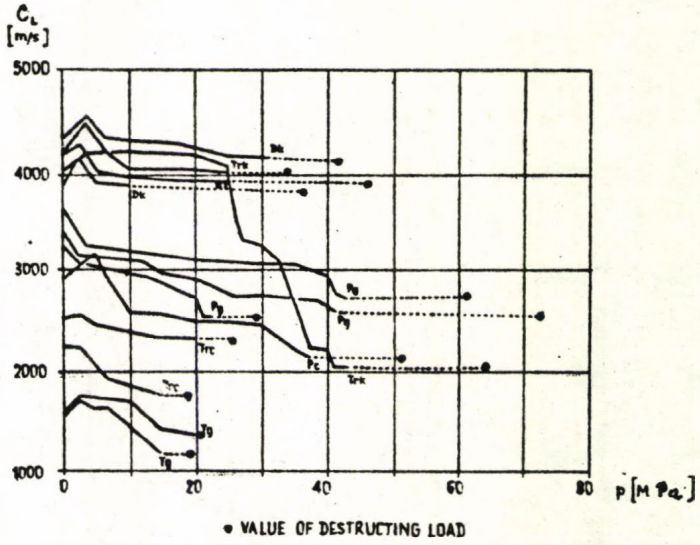


FIG. 15. Dependance of velocity of propagation of longitudinal wave (C_L) on loading (p)

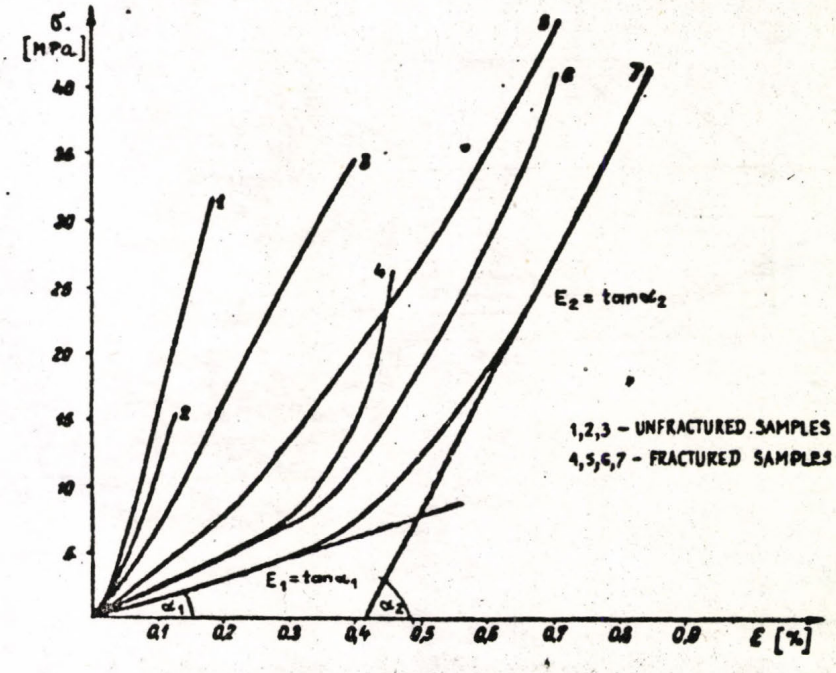


FIG. 16. Examples of relation stress (σ) - strains (ε)

(Static testing)

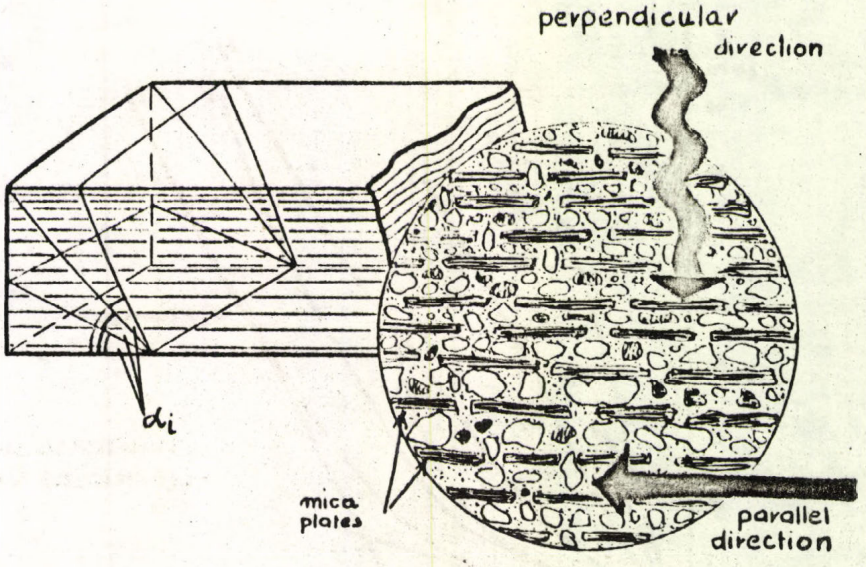


FIG. 17. Dependance of waves velocity of the forme of anisotropy (α_i)

1630

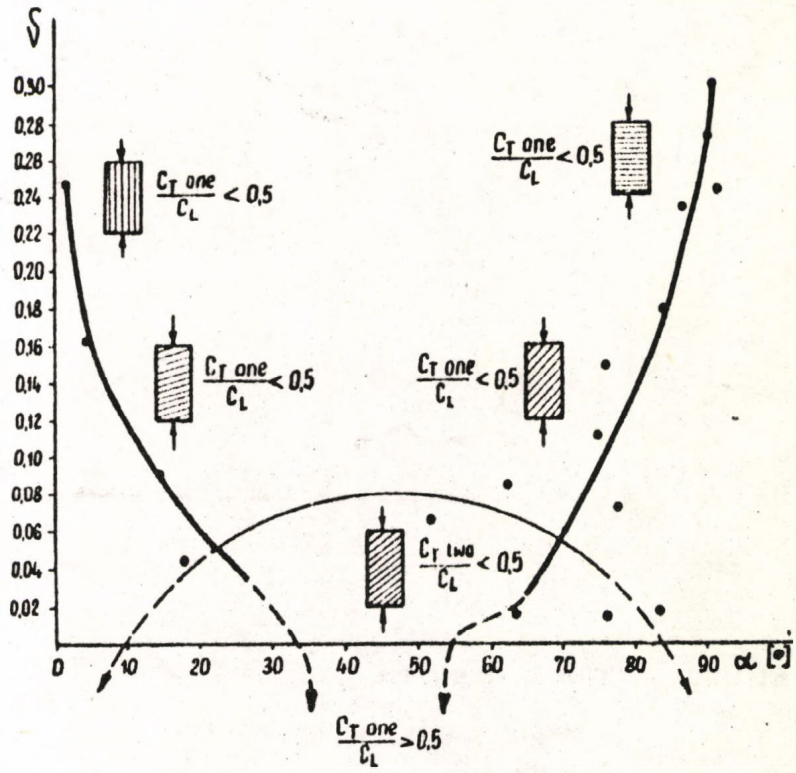


FIG. 18. Dependance of poisson coefficient (ν) to the C_T two and C_{tone} waves velocity and angle of inclination [α].

1630

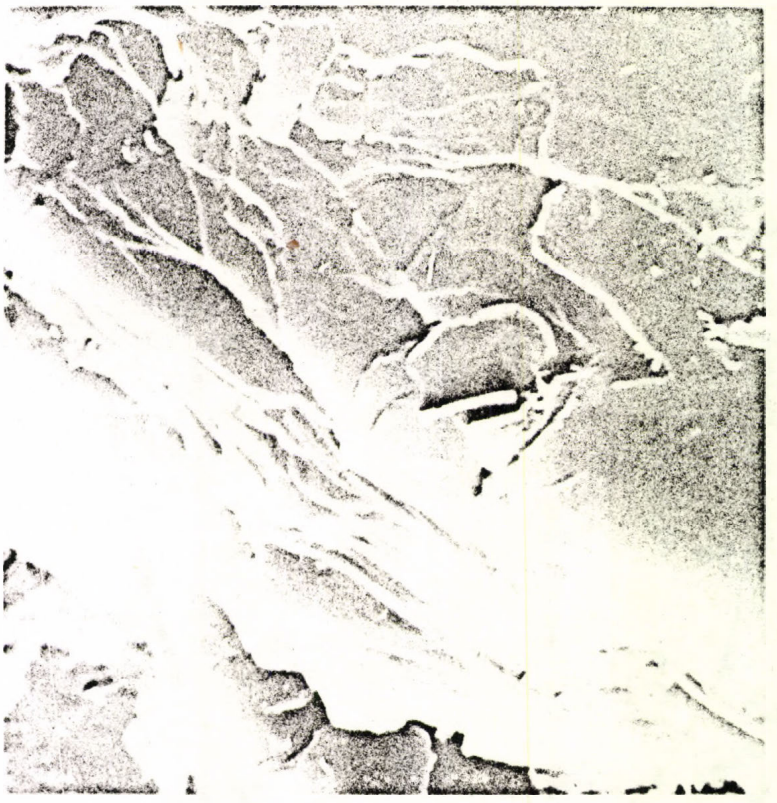


FIG. 19. The mica plates

- Scoming microscop picture.
1:3 000

1630

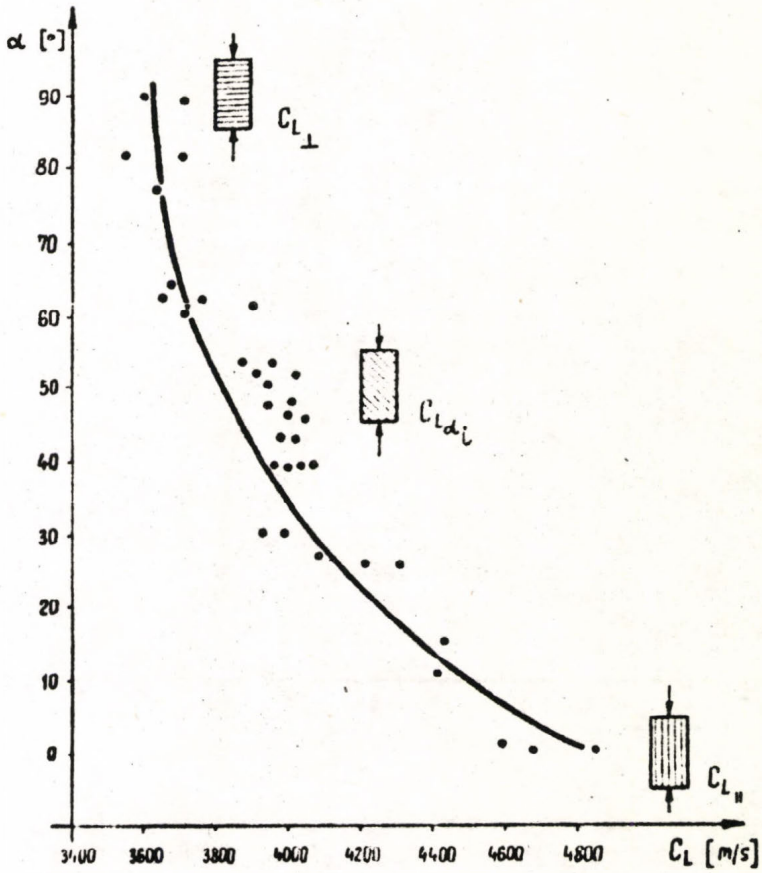


FIG. 20. Depandance of C_L velocity due to the angle of inclination (α)

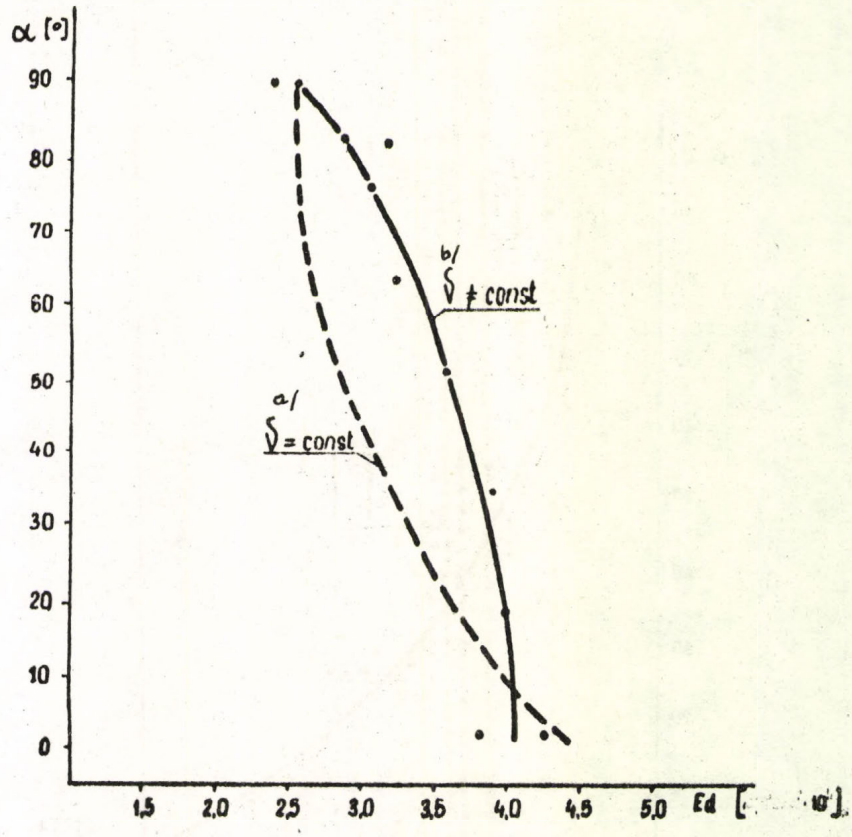


FIG. 21. Relation between angle of inclination (α) and dynamic modulus value (E_d)

a) ν - value given constance = 0, 25

b) ν - value given from real measurements for every angle

1630

TABLE 1. TESTING RESULTS

SERIES	LOCALITY		DYNAMIC TESTING								STATIC			
			LONGITUDINAL WAVE C_L [m/s]			ACOUSTIC ANISOTROPY COEFFICIENT C_{an}	TRANSWERSAL WAVE C_T [m/s]	ELASTICITY MODULUS $E_d \cdot 10^4$ (MEDIUM) [MPa]	POISSON COEFFICIENT ν	C_L (MEDIUM) [m/s]	COMPRESION STRENGTH (MEDIUM) [MPa]	ELASTICITY MODULUS $E_{st} \cdot 10^4$ [MPa] (MEDIUM)		POISSON COEFFICIENT ν
			z	x	y							E_1	E_2	
MIDDLE BEDS	PODLAS	g	2240 - 2670 2590	3160 - 3510 3285	3130 - 3680 3330	0.73 - 1.20 0.99	2510 - 2720	3.1	0.02	3205	42.9	0.25	1.43	0.27
		c	2680 - 3570 3081	2890 - 3510 3221	2250 - 3610 3070	0.76 - 1.02 0.98	—	—	—	3124	40.0	0.40	1.10	—
	DĘBNA	s	3850 - 5840 4928	3700 - 5390 4800	4330 - 5240 4727	0.56 - 1.11 0.68	2010 - 3230	4.50	0.07 - 0.30	4831	65.1	4.20	4.20	0.33
	CZARNA	g	3500 - 4910 4507	3330 - 4880 4257	4090 - 5560 4604	0.92 - 1.26 1.04	2100 - 3100	5.35	0.13 - 0.18	4435	58.4	0.44	4.60	0.08
LOWER BEDS	WIELDPOLE	s	4300 - 6250 4608	—	—	—	2030 - 3200	5.30	0.13	—	80.8	0.50	6.20	—
	ZAGÓRZ (train cut)	s	2000 - 5170 4086	4310 - 5170 4702	2680 - 5340 4336	0.39 - 1.12 0.92	2820 - 3390	1.35	0.14	4375	48.7	0.46	0.56	0.12
	ZAGÓRZ	g	1250 - 2830 2105	1000 - 3110 2306	755 - 3080 2191	0.57 - 1.74 1.03	—	—	—	2201	11.8	0.11	0.29	—
		c	7980	2130	2070	0.92 - 0.97 0.94	—	—	—	2060	41.3	—	—	—
	TREPCZA	g	2550 - 2760 2655	2580 - 3260 2515	3290	0.83 - 0.98 0.88	1680 - 2320	0.79	0.02	2886	38.7	0.25	0.73	0.18
		c	2060 - 2320 2287	2120 - 2520 2330	2140 - 2520 2360	0.89 - 0.98 0.97	—	—	—	2316	25.3	0.12	0.58	—
		s	1470 - 4550 2720	2780 - 5000 2520	2080 - 5100 3821	0.35 - 1.99 0.70	2240 - 2980	0.9	0.12 - 0.25	3454	36.1	0.32	1.00	0.05
	TURZA	g	1453 - 2080 1711	2470 - 2600 1734	1745	0.73 - 1.38 0.99	—	—	—	1777	24.4	0.10	0.60	—
		c	1783 - 2910 2428	4100 - 4760 4472	3900 - 4890 4469	0.37 - 0.68 0.55	2520 - 2760	0.63	0.26	3789	26.4	0.11	0.50	—
		s	2200 - 2700 2460	2470 - 2600 2586	2390 - 2930 2586	0.85 - 1.13 1.00	—	—	—	2592	37.8	—	—	—
	ZAGÓRZ - DOLINY	g	1400 - 3370 2515	2100 - 4100 2568	2250 - 3750 3042	0.71 - 0.72 0.72	—	—	—	2987	46.5	0.40	0.66	0.14
	ZBOROWICE	g	1275 - 1750 1657	1810 - 2630 2258	2000 - 2700 2095	0.65 - 1.63 0.88	—	—	—	2003	32.9	0.75	1.50	0.29
		c	4000	4030	4100	0.98 - 0.99 0.98	2320	3.4	0.24	4043	36.0	0.90	2.40	0.20
		s	2670 - 5280 4250	2950 - 5290 4196	2220 - 5030 3726	0.87 - 1.13 0.89	2100 - 2640	3.7	0.09 - 0.29	4184	42.3	0.12	2.20	0.06

g–thick-bedoe sandstones, c–thin-bedoe sandstones, c–corrugated sandstones

143

1630

Kivonat a "KŐZETTULAJDONSÁGOK KUTATÁSA LABORATÓRIUMI AKUSZTIKUS MÓDSZEREKKEL" c. előadásból

Joanna Pininska

A kőzet mechanikai tulajdonságai sztatikus és dinamikus módszerekkel egyaránt vizsgálhatók, de a roncsolásmentes dinamikus vizsgálatoknak - mint például az akusztikus módszereknek - sok az előnyük.

Az akusztikus sajátságok fontos tulajdonsága, hogy a jól mérhető terjedési sebesség hü anyagjellemző: ha a longitudinális és transzverzális hullámok sebességét (c_l, c_{tr}) egyaránt megmérjük, akkor számitható a rugalmassági modulus és a Poisson tényező is, feltételezve, hogy a kőzet homogén, rugalmas, izotróp és végtelen.

A hullámterjedés azonban az e feltételeknek meg nem felelő kőzetekben is jellemző, de függ a kőzet sajátságaitól (pl. ásványos összetétel, szövet, tagoltság, hőmérséklet és feszültségi állapot). A terjedés sebesebb a finomszemü, mint a durvább szemü kőzetekben, és jelentősen befolyásolják értékét a rétegződési, palássági vagy tagoltsági felületek. Igy a sebesség irányfüggő is lehet és igy az anizotrópiai tényezőt is meg lehet határozni.

A dolgozat egy kárpáti flis homokkő-területen végzett vizsgálatok eredményét mutatja be. A homokkövet először általánosan ismerteti, majd közli az anizotrópiai és összefüggés-vizsgálatok módszereit, három egymásra merőleges irányban végzett sebességmérés alapján. A 10. ábrán a porozitás - longitudinális sebesség összefüggéseit figyelhetjük meg, a testsürüség - longitudinális sebesség összefüggései a három térirányban különbözők. A nyomószilárdság és az ultrahang-sebesség parabolikus összefüggéseinek be-

1630

mutatása után (14. ábra) a terhelés nagyságának hatását vizsgálja a sebességekre (15. ábra).

A dolgozat foglalkozik még a transzverzális hullámok mérési problémáival, ismertetve a második beérkezéshez tartozó sebesség-értékek alkalmazását is.

1630

GEOLOGICAL - ENGINEERING MAPPING PROBLEMS IN REGIONS OF INFLUENCE OF VEIN ORE MINING ON THE SURFACE CONFIGURATION

A mérnökgeológiai térképezés problémái teléres telepek fejtésekor fellépő felszini hatások között

JOANNA PININSKA*

An engineering-geological map should present in a conventional way the geotechnical conditions to enable the engineering decisions to be taken up in the every-day use. In the countries grouped in the Council for Mutual Economic Assistance the principles for preparation of geological-engineering maps are rather uniform and collected in the Instruction dealing with the scales from 1 : 300 000 to 1 : 5 000. In the Instruction the general principles discussing the purpose, content and way of preparation do not fulfil the requiries of the whole problem. As it is well known the maps for specific purposes can be prepared in another scales or else, in different phases of an investment realization the knowledge of the area and destination of the maps may change. Precision of the geological survey depends on the map scale but it is not quite clear what a precision, needed for the given scale of the map, means. In Poland a criterion of a number of documenting sites per a square kilometre of the studied area is quite generally used for standardization of the problem. According to the principles of J. Bazyński (1969) [3] taking simple and complex conditions into account, the following rules are used: ex. for scale 1 : 100 000 the number of documenting sites per 1 km^2 should be from 1 - 3 and for 1 : 2 000 from 160 - 930 1 : 1 000 range 400 - 2 500. The term "the documenting sites" means generally the natural and artificial exposures, drills, pits, etc.

---

* Poland, Warsaw University

But these are known to be only the general principles as in many cases an increase of a number of observations is purpose-less as they do not introduce already any new elements and at the same time a failure of the engineering decision may depend on a single extra factor that cannot be found even in the mostly densified system of observation posts. Among these new elements that have been only slightly expressed on the engineering-geological maps up to nowadays there are the problems connected with changes of a geological environment, influence of other engineering objects on processes in the surrounding areas, changes of a hydrogeological regime, stress state, etc. Usually the existing state is recorded. Such a static approach had been less important until a development of building did not introducted to considerations over the interreaction of the object with the soil bedrock as large engineering objects as over 300 m deep open mines, outer dumps up to 100 m high and did not cause a necessity of localization of more and more complex constructions in the areas previously found to be unfavourable for founding. It should be remembered that during the last years a need of construction of high - several dozen floor buildings in great urban agglomerations has started to be quite popular. Such buildings penetrate deeply the soils and they are usually constructed amidst highly urbanizes area, less deeply founded buildings, narrow streets, complex of underground installations, etc. (Fig. 1).

Therefore, it is quite obvious that the depth of survey of the geological--engineering maps is quite relative and in many cases it is useless if it is not prepared taking the prognosis of the extent of the zone of the object active reaction and in connection with the model of geological structure, hydrogeological conditions, evolution - activation or stabilization of geodynamic processes etc. At the same time it is known that the intensive development of building occurs in the areas that the areas that are subjected to industralization and these are the areas where the greatest changes are observed. In Poland, the open mines of brown coal at Bełchatów are a good example to analyze the changes of bedrock capacity: consolidation of some parts of the area by its drying and at the same

1630

time, with a several metres subsidence of the area due to deep draining [6]. All preparation of a geological-engineering map without any consideration of changes of rock properties would be purpose-less as the objects in this founding area are to be constructed in completely changed geotechnical conditions.

As an example of lack of prognosis the instability of the dump slopes and subgrade in the vicinity of the open mine at Machów can be presented (Fig.2). The subgrade deformation zone of that area comprised a wide belt of a dump forefield extending to 200 - 500 m and with a depth of 15-20 m, leading to "smearing out" of the dump. As a result, its height decreased more than twice, the area affected by degradation increased more than twice and the structures located in this area were destroyed. These results have been never expected at the designing time. Such situation seems to have been caused by the changes of properties of the dump subgrade due to an incommensurably high dumping speed in relation to consolidation of subgrade soils. As it is well known in such cases the pore pressure increases and the soil load bearing capacity is considerably lowered. With the dump growth the displacement front is successfully shifted (Z. Glazer, J. Pinińska 1979) [1].

The mentioned example suggests that in spite of a detailed survey of engineering--geological conditions, an emission of a consideration of a connection of a consolidation coefficient in a horizontally laminated soil and the growing up of the pore pressure occurs in the dump forefield, leading to an expansion of the wide deformation zone in its subgrade where the effective shear strength value of soils (τ) is strongly reduced and the shear stresses in the forefield of the dump face reach their critical value; so, the region becomes dangerous for urbanization.

More and more complex needs result in practice that it is really difficult to present the whole problem on a single map. So, a combination of several maps

that analyze the successive problems is generally used. But it is really necessary to prepare these maps for concrete needs as it is difficult to meet the complex needs of modern building of any type. The maps should also enable to use in the best possible manner the capacity of the subgrade, suggest its reserves or insufficiencies that are hidden by a general symbol of changes of geological-engineering conditions due to man activity. The methods in that sphere are practically completely unknown. The right demands in the matter can be found in the paper of H. Łozińska-Stępień (1979) [2] who suggests a necessity of organizing the measuring net of observation post at every documentation phase - in the designing, realization and also, exploitation phases. If the observations are related to a concrete model of a geological structure so, in similar conditions they can protect from wrong decisions. But the engineering-geological mapping does not include only a separation of areas with different lithology, properties, etc, but also it is a modern synthesis resulting in exposition of these factors that play the most important part in the case in question and in masking of the ones that are not important. Frequently, although the latter seem to be more visible, they should be treated as the secondary ones.

In the described example from the area of the Machów mine e.g. the consolidation coefficient was the most decisive factor for finding the usefulness of the subgrade. For the urban areas occurring in the mine zones, the deformations of the surface over the mine should be considered and the other factors are of secondary importance. For the areas connected with black coal mining in Poland these problems are broadly known. The brown coal beds occuppy usually vast areas so the principles of changes of the surface are more easy to be found according to our present knowledge [5]. But for the irregular ore deposits of a vein type these rules are less known and dependencies on local conditions are more complex. Therefore, there are special problems of engineering-geological mapping that are to be described, taking the area of exploitation of vein barite deposits into account. It occurs in a tectonic and a metalogenic unit of the Western Sudetes - in the Kaczawa Mts.

In their geological structure may be distinquished the basement sedimentary and volcanic complexes of eocembrian to midlle devonian age. The platform cover consists mainly of carboniferous to cainosoic sedimentary rocks. The tectonic structures run in W - E to NW - SE directions. The rocks of lower structural stage are mineralized by Au, Ag, Cu, Pb, Fe - U ores. The barite constitules an uniform formation with sulphides, quartz, haematite and siderite. The barite veins occur in various rocks of the lower structural stage, locally cutting the upper carboniferous subvolcanites ore are disrupted by permian and tertiary rocks. The analysed barite vein cuts the porphyzes possibly beyont to the permian or carboniferous eruptions. The strike of the barite vein is in agreament with the tectonical directions. At the contact with the porphyse massiff there are breccias of the enclosing rocks transformed by metamorphosis. According to the concept of A. Paulo (1973) [4] the barite was formed as a hydrotermal deposit in an open fissure of a gravitational and it is transformed by post - mineralization foults into a more complex one, so the shape of the vein is very complex and created by many secondary structures.

Engineering-geological evaluation of geotechnical conditions in these areas is then quite a complex problem. But surface mapping to a definite depth it needs to know a deep geological structure, listing of gallery fractures, orientation in old workings, measurements of fissures, properties and deformations of underground zones, geodetic measurements on the land surface. The basal material comes from surface complex engineering-geological sarvey of a given area in the scale of 1 : 2000. It allowes to find a changeability and properties of indirect building subgrade and is prepared on the ground of cartographic works based on observation posts, penetrative drills, research pits and analyse of natural as well as artificial exposures. During mapping all sings of surface deformations should be recorded. Considering the fact that the mining areas are usually the drained areas and surface depressed, for a principal criterion of subdivision of the soils for

engineering-geological symbols, the lithological symbols based on physico--mechanical features should be used and especially, a oedometric coefficient of compressibility is important and also - cohesion, angle of internal friction, moisture.

In the discused area a principal significance should be described to finding the tills, westes, their thickness and bedrock that is covered by them as well as to barite outcrops, localization of dumps and embankments, anthropogenic soils, old workings and existing depressions. For a complex evaluation of engineering-geological conditions these surface data are encomplete and need to be supplemented by information of the underlying bedrock and technical data dealing with exploitation.

The vein barite ores under exploitation are included into the third group i.e. into a group of very changeable thickness and complex geological structure.

An inclination of the veins is 70 - 90° to south-east. The veins are usually 1 - 2 m thick. The rocks sorrounding the deposit compose of porphyric breccia that gradually passes into porphyry (Fig. 4). The mining works allowed to describe the occurence of three veins A, B and C. Among them, A. and C have common roots whereas B is highly changeable and frequently, discontinous. The barite veins under exploitation are over 0,4 m thick. They are usually accesible by a shaft and galleries drilled along a vein at about 20 m of vertical distances. The exploitation is generally carried through from the top to the bottom. A system with a dry fulling up is used. The empty zones are filled up by bare rock coming from the upper horizon.

The porphyry is strongly cracked, especially close to the deposit what influenes the overlying sediments, particularly in the circumstances of changed (due to exploitation) stress.

1630

The map Fig. 5. is a synthesis of observations collected at the walls of transport and exploitation galleries of the mine, of physico-mechanical properties of waste that fills the cracks, of rocks that occur in gallery walls and also, of underground and surface geodetic measurements. Main cracking directions of porphyry are also presented.

As the faults running from NNW to SSE are recorded and found to be approximate to ones of the mach cracking directions, ways of water migration among the horizons are commpon. Thus, the waste zones within the open fissures are expanded and the existing waste transformed plastically. Such zones form the sliding surfaces along which, fragments of the massif may be displaced to mining pits. Due to that no depression is created close to the mine in result of subsidence and bending of the top but local depressions with faults at their bordes can be formed. This process is facilitated by contact cracks, agreeable with directions of galleries.

The analysis of these phenomena is presented on the map of land deformations (Fig. 6). As it can be noticed, the areas with unfavourable engineering-geological conditions occuppy a larger area than it can be expected from the surface analysis only. But some areas are dangerous from the point of view of unfavourable parametres of the subgrade as well as of influence of underground exploitation. Thus, they need an especially deep analysis at object localization and also, at evaluation of mining demage in the existing urban areas.

The engineering-geological map should be (from its assumption) the prognostic map and cannot be only a record of the existing state. A wery important task of it is to expose not only the elements of geological environment transformation that have a negative influence on geotechnical conditions but also, to expose the ones that result in their improvement. It decides about the economy of the investment.

References

1. Glazer Z. Pinińska J. 1979- Field and laboratory observations of the pore pressure rise in unhomogenous soil under the opencast dump.- procc. of the VII - Europ. Conf. on Soil Mechanics and Found. Engineering. Brighton, England

2. Łozińska - Stepień H. 1979 - Odwzorowanie oraz modelowanie zmian środowiska geologicznego pod wpływem działalności człowieka. Warszawa.

3. Bażyński J. 1969 - Dokładność map geologiczno inżynierskich w zależności od skali i ilości punktów dekumentacyjnych. Przeglad Geologiczny nr. 9. Warszawa.

4. Paulo A. 1973 - Złoże barytu w Stanisławowie na tle metalogenii Gór Kaczawskich - Zeszyty PAN - prace geologiczne 76. wydawnictw Geologiczne Warszawa.

5. Metoda prognozowania wartości całokształtu szkód górniczych na terenach objętych wpływani podziemnej eksploatacji złóż. 1972- praca zbiorowa - Panstwowa Rada Górnictwa z. 61 seria OP (6) Wydawnictwa Geologiczne - Warszawa.

6. Glazer Z, Kaczyński h. 1979. Osiadanie powierzchni terenu wskutek głębokiego osiadania. Mat. Symp. IAEG. Zmiany środowiska Geologicznego pod wpływem działalności człowieka. Warszawa.

1630

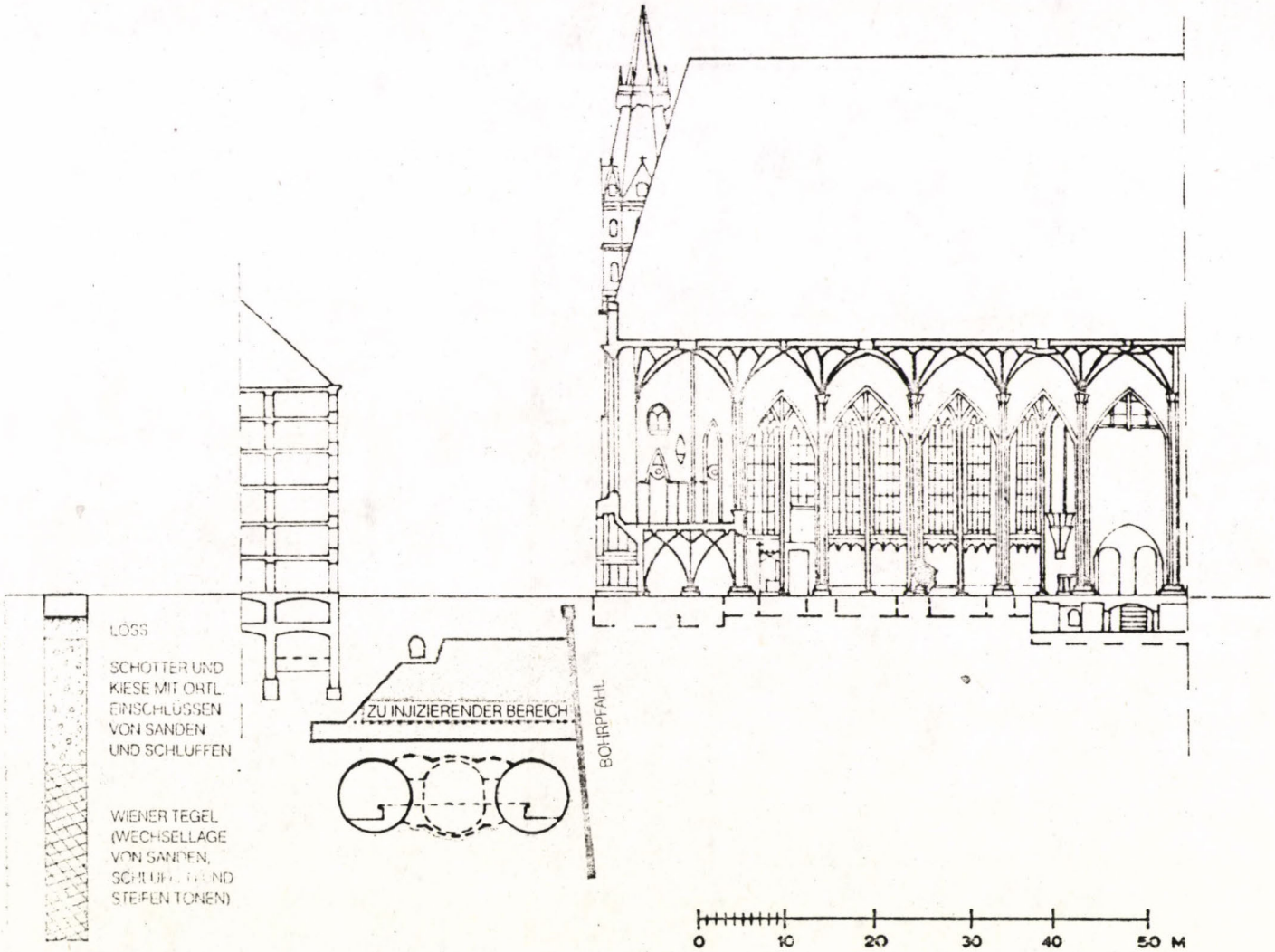


Fig. 1. Deep excavation (Vienna matro)

fot. R. Kaczyński

Fig. 2. The subgrade instability of the open-cast dump.

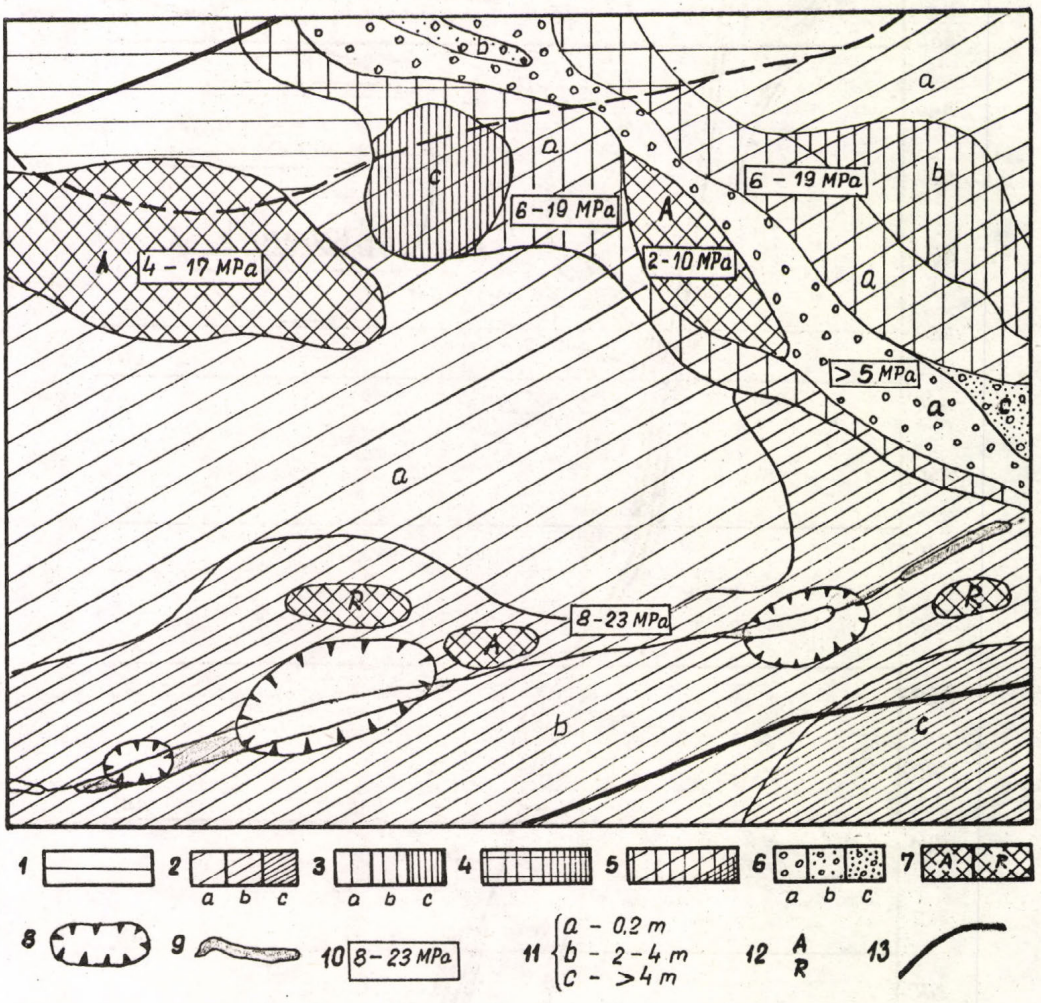


FIG. 3. A fragment of a surface geotechnical map- ideal sketch. 1- sandstone waste (carboniferous) 2- por phyry waste (permian), 3- deluvium (sandy loams, loams) 4- deluvium on the sandstone waste, 5- deluvium on the porphyry waste, 6- aluvium, 7- til 7- tills, 8- depressions, 9- barite aurcrops, 10- soils parameters, 11- thickness, 12- A-antropogenic soils, R-rock ruble, 13- zone of interest.

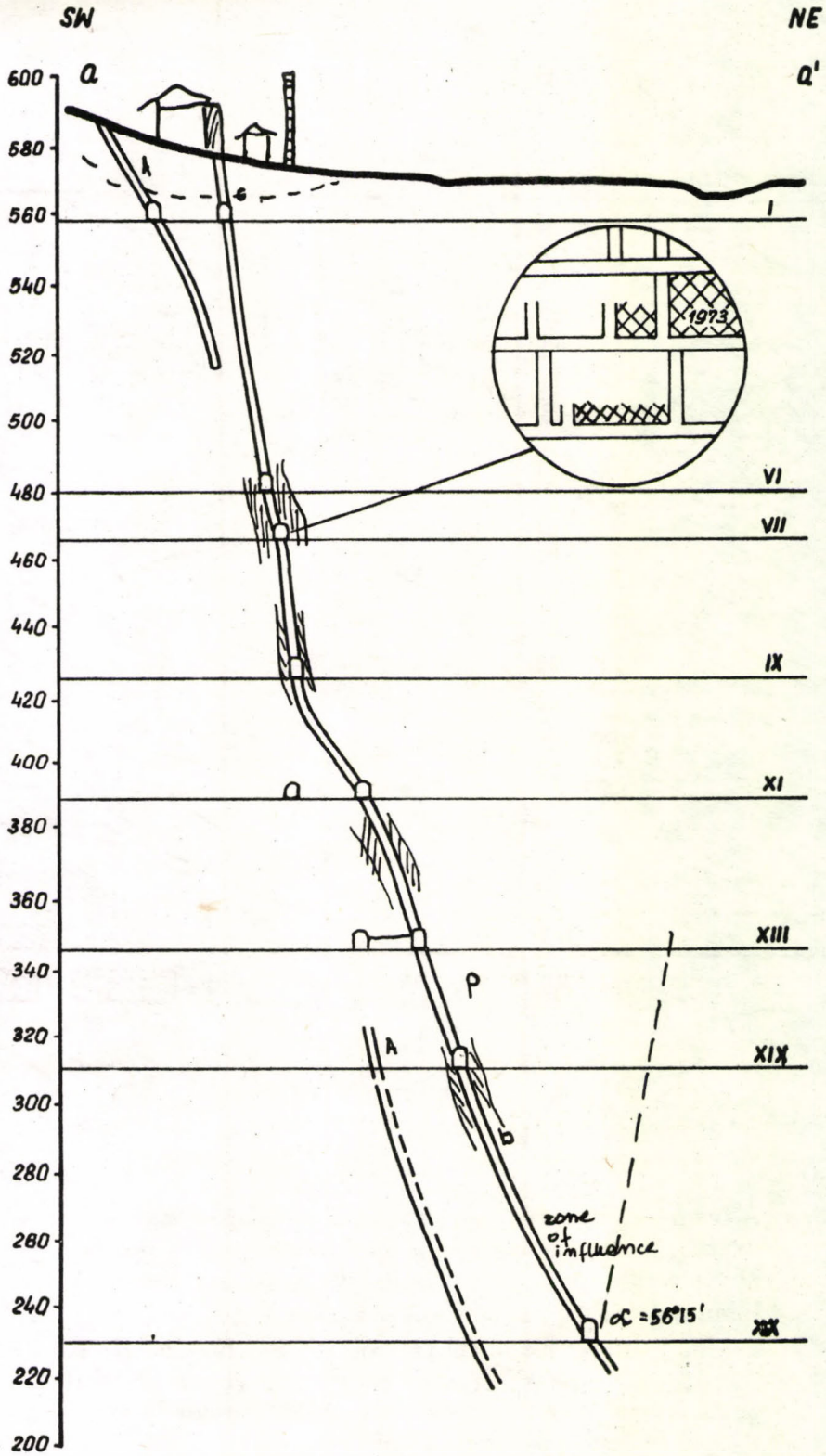


FIG. 4. Vein ore cross-section.
b- breciated contact zone, p- porphyr.

1630

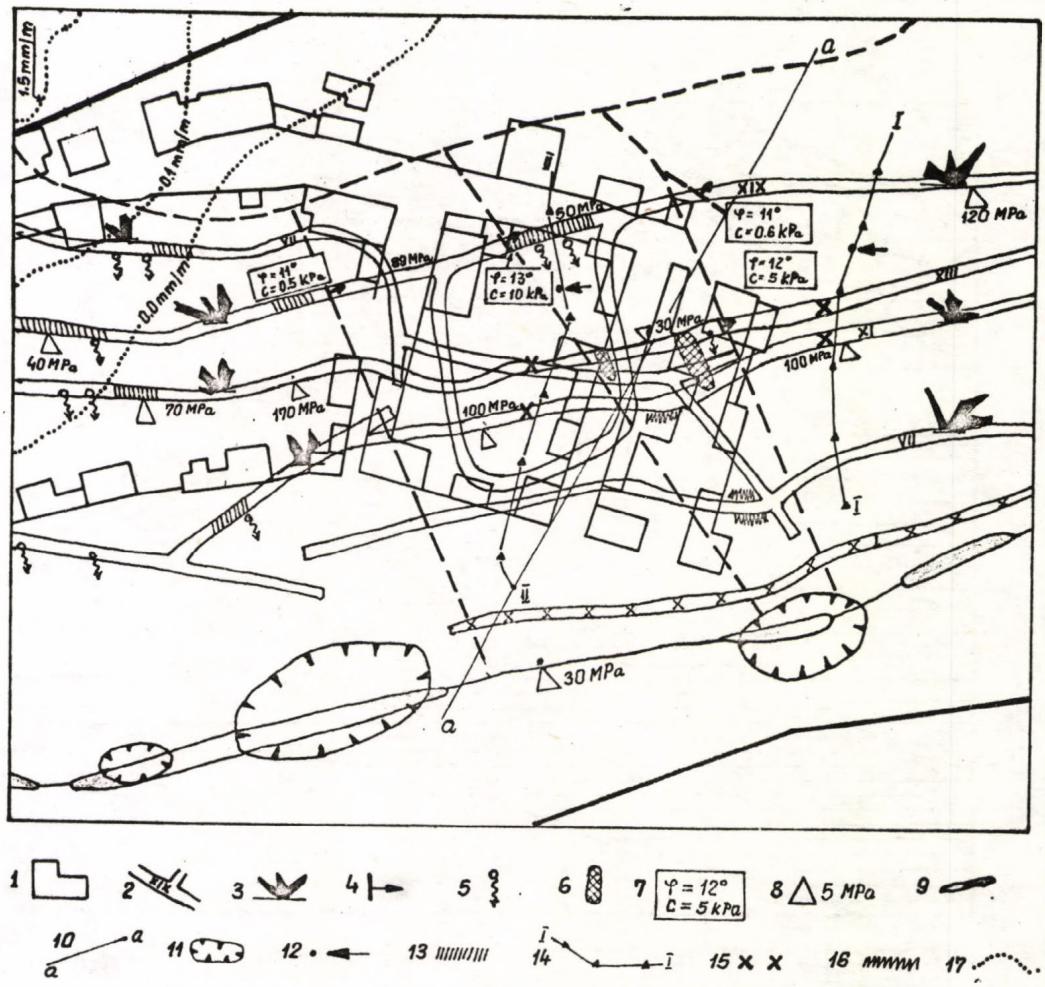


FIG. 5. Fragment of on uderground process mapping - projection on the land surface- ideal sketch. 1. sketch of urban area with main objects, 2. projection of main galleries of eksploitation- b- nonaccessible, 3-main cracking directions diagram, 4-inclinaton angle, 5-water springs, 6-slide zones between horizons, 7-waste parameters. 8. rocks parameters, 9-ore autcrops, 10-cross section, 11-depressions, 12-deformationed places, 13-strongly cracked zones, 14-line of surface geodeti observations, 15-underground geodetic observations, 16-zones of the barite-porphyry contact breccia, 17-zones of influence coals mining.

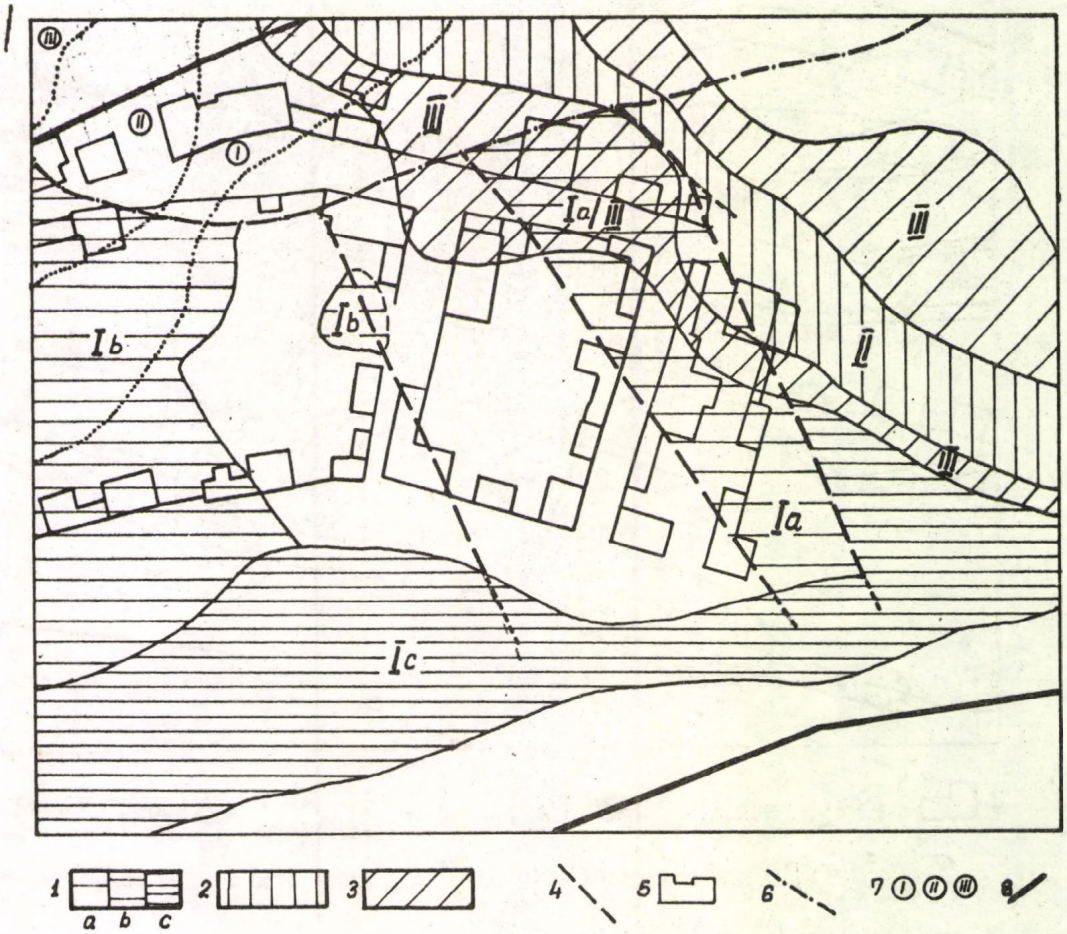


FIG. 6. Prognosis of influences state. Fragment of the syntetic map. 1. I- regions dangerous due to the vein ore eksploitation : a- zone of highly possible underground deformations, b- zone of possible underground deformation, c- zone of developing surface deformations, depressions. 2. II- regions of possible subsidence due to weak soils, 3. III- regions dangerous due to development of geodynamic processes, 4-faults lines, 5-main surface object areas, 6-carboniferous contact, 7-coals mining influence categories, 8-zone of interest.

A mérnökgeológiai térképezés problémái teléres telepek fejtésekor fellépő felszini hatások között

JOANNA PININSKA

Lengyelországban a mérnökgeológiai térképezéshez szükséges dokumentációs pontok száma és a feltárási mélység előirásokban rögzitett; habár bizonyos esetekben már eddig is bebizonyosodott, hogy az igy nyert információk nem kielégitőek (pl. külfejtések rézsüinél vagy toronyházak telepitése során). A Machów-i külfejtés példája bizonyitja, hogy a lejtőmozgásokban a felszin alatt 15-20 m mélyen fekvő képződményeknek is van szerepük; egy ilyen területen a mérnökgeológiai viszonyok ábrázolása is bonyolult, egy térképlapon általában már nem is lehetséges.

Még sokkal nehezebb problémát jelentenek a teléres telepek fejtése során előálló felszini változások, mint például a nyugati Szudétákhoz tartozó Kaczawa hegység barit-előfordulásainál. A feküt itt a kambriumtól a középső devonig terjedő időszak üledékes és vulkáni kőzetei alkotják, mig a fedő jobbára a karbontól az ujkorig terjedő időben keletkezett üledékes kőzetekből áll. A barit szulfidokkal, kvarccal, hematittal és sziderittel alkotja a teléres formációt, helyenként harántolva a felső karbon szubvulkánitokat. A barittelérek alakja igen bonyolult, ezért a terület mérnökgeológiai térképezése is igen sok nehézséget rejt magában. Ebben az esetben a felszini térképezéshez feltétlenül szükséges a mélyebb szintek földtani szerkezetének ismerete, mivel a felszinen észlelhető deformációk csak igy értelmezhetők.

Általában a térképezés igen fontos feladata minden olyan adat rögzitése, amely a régi bányászatra vonatkozik (pl. bányatérségek, omlások, kibuvások). A telérek vastagsága és szerkezete igen változó, ezért a dokumentációs pontok süritése szükséges.

A dolgozat bemutatja a terület kőzeteit és térképen ábrázolja az észlelt adatokat (5. ábra), valamint a terület állapottérképét, különválasztva a különböző okokból veszélyesnek itélt területeket (I. veszélyesség a teléres bányamüvelés miatt, II. talajsüllyedésre veszélyes területek, III. dinamikai folyamatoktól veszélyeztetett területek, 6. ábra).

1630

SLOPE MOVEMENTS IN THE WEST CARPATHIAN GEOLOGICAL-TECTONICAL UNITS

MAHR T.,*

Lejtőmozgások a Nyugati-Kárpátok geológiai-tektonikai egységeiben

Introduction

In the West carpathians there exist in general favourable geological, hydrogeological, morphological and climatic conditions for the occurrence of slope movements. Only in the territory of Slovakia there were registered and mapped by systematic engineering geological investigation approximately 5.800 slope deformations which cover an area of 850 km^2. Many of them cause destruction of or threaten the roads, railways, houses and other engineering structures. From all present geodynamic phenomena in the Czechoslovak West Carpathians part, the slope movements affect very seriously the environment and landscape. The demages caused by slope deformations are a serious problem mainly in the territory of Slovakia. It is why a great attention is devoted to the study of slope movements.

The impulse to start the engineering geological investigation of slope movements was the landslide which in December 1960 destroyed part of the mining town of Handlová (Záruba-Mencl, 1969). In the years of 1962-63 a systematic registration of landslide areas in Czechoslovakia was carried out (Matula-Nemčok, 1966). The registration was followed by a coordinated investigation of the conditions of occurrence and development of landslides and of other slope movements, which was realized mainly by the Geological Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences in Prague and by the Department of Geotechniques of the Faculty of Engineering, Slovak Technical

*Slovak Technical University, Bratislava, Czechoslovakia
Katedra geotechniky SvT SVŠT, Radlinského 11, 884 20 Bratislava.

University in Bratislava. The growing number of data on the slope movements enabled the transition from the analysis of phenomena to a certain synthesis. A systematic study of slope movements produced documents for stating more generally valid conclusions on the studied geodynamic phenomenon.

As one of the results of systematic study of landslides and of other slope movements was their classification (Nemčok-Pašek-Rybář, 1972). Based on the mechanism and velocity of movement the slope movements are divided into 4 fundamental groupe (creep, sliding, flow and fall).

Creep. The term creep is used by the authors in the general rheologic definition to indicate a slow flow of substance. From the geological view point it is a long-term, mostly not accelerating movement of rock masses. The limit against the solid underlier is not clear in most cases. When the movement accelerates and reaches a critical velocity, it passes into sliding, flow or fall. In such a case creep is a preparatory phase of sliding, flow or fall.

Sliding, is relatively a fast, short-term movement of rock masses on the slope along one or more shearing planes.

Flow is a fast short-term movement of rock masses in viscous state. The mass in the separation area flows out and is displacing along the surface to a great distance. In some cases even water transport takes place of rock particles (but the water part does not exceed the part of the rock masses.

Fall is a sudden short-term movement of rock masses on steep slopes. The affected rocks are loosened and lose contact for a short time with the underlier. The movement takes place in a free fall.

The slope movement is separated in the classification (for ex., sliding) which is a phenomenom from slope deformation, which is the resulting form of this phenomenon (for ex., landslide). Types of slope deformations are schematically drawn within the frame of each fundamental group.

The slope deformations present their specific character in individual geological-tectonical units of the West Carpathians. Based on the homogeneity of the geotectonical development and structure of the individual West Carpathian parts Matula (1969) delineated the following 4 engineering geological regions:

A - Region of core mountains
B - Region of the Carpathian flysch
C - Region of the Neogene volcanites
D - Region of the Neogene depressions.

Slope deformations in core mountains

In the areas of high core mountains and core mountains rise the oldest (and in substance also the strongest mechanically) rock complexes, from the Proterozoic to the Mesozoic. The mountain cores are built by the Precambrian and Paleozoic metamorphosed rock complexes and the Varissian granitoids, which are covered by the mantle of younger surficial and Secondary sedimentary rocks in stratigraphic and tectonic superposition.

The slope movements are rare in the crystalline cores of the middle--mountains. In the high core mountains (Tatras, Low Tatras, Little Fatra, and the Chočské mountain ridge) are built steep slopes with differences of level 500 to 900 m. As the regional investigation of these mountains has shown (Mahr-Baliak, 1973), even in the crystalline cores of high mountains of the West Carpathians there is a surprisingly high number of slope deformations, in spite of the great mechanical strength of the rocks, building the cores. There are here types of slope deformations belonging to all the fundamental groups according to the above mentioned classification.

Many slopes in the high crystalline mountains of the West Carpathians are dislocated by estensive deep-seated creep deformations. Of the areas built

by metamorphosed rocks and granittoids, they are found mainly in the Tatry Mts. where we registered 77 deformations (deformations on the Polish side of the Tatry Mts. not included) and 54 deformations in the Nízke Tatry Mts. Only 7 deformations were detected in the Malá Fatra Mts. No deformations have yet formed in the Velká Fatra Mts.

According to Ter-Stepanians (1966) division they belong to the rotational depth creep deformations of slopes. They were studied in more detail in connection with some of the bigger engineering constructions in the Alps (Zischinsky, 1966). Of the engineering geologists Nemčok and Pašek (1969) were the first to describe them in the Carpathians.

The morphological forms of these deformations in the Carpathians are expressive mainly in the crest part. The exposures of shear planes on the surface are manifest as rock steps and furrows running parallel with the crest. Small lakes and double crests form on the ridges. The furrows are detectable on the deformations in granitoids of the central part (exposures of the shear planes inclined towards the slope). In more plastically deforming metamorphosed rocks the deformation in the central parts of slopes is expressed by the rippling of the slope, as well as enormous scattering of measured strikes and dips of foliation planes. At the foot of the slope the rocks are thrust out into the valley and transported rapidly by strongly eroding streams, or covered by accumulation forms of slope modeling.

Creep deformations of slopes in metamorphosed rocks show a form of gravitational folding and in more isotropic, more brittle and more solid granitoids a character of fan-like disintegration of mountain slopes (Nemčok, 1972-a). In both cases, however, a similar mechanism of movement can be assumed.

1630

As an example of deformation in metamorphites we give the creep deformation on th SE slope of the Ráztoka ridge built mainly by biotitic and two-mica paragneisses and siliceous gneisses (proterozoic). Deep-seated creep deformations in the crest are manifest by a set of rock steps. The biggest of them attains more than 40 m in height. The total width of the deformed slope is 690 m. The relative height above the Žiarska valley is H = 812 m. The length of deformation is 1,660 m and the average slope angle is 26°. The area of deformation covers 2.38 km^2. The sume of heights of rock steps is Δ H = 54 m. Fig. 1 shows as chematic cross-section under the condition of a contract - and dilatation behaviour of the rocks in the slope. In the upper and lower parts of the slope where there is a smaller normal stress the rocks behaves dilatantly and it is why its deformation occurs along sharply delineated shear planes (Mencl, 1968). Foliation planes are interrupted. In the central part of the slope high pressures are the cause of the contractant behaviour of the rock masses. A thick deformation zone takes place in which the foliation planes show a characteristic form of the letter S.

Among creep deformations in granitoid rocks the deformation in the eastern slope of the Polská Tomanowá ridge attains the biggest height (H = 854 m). The lower part of the slope is built up of twomica granodiorites (Carboniferous) and the upper part of pegmatite-aplitoid granites of the upper marginal zone with relics of the mantle. The length of deformation is 1,925 m, the width 1,600 m and the area covers 2.52 km^2. The slope angle is 24°. In the crest part the exposures of the shear planes are manifest as a set of rock steps of the height between 1.5 to 7.0 m. The sum of heights of the exposures of the shear planes is Δ H = 11.0 m. Four parallel furrows can be observed in the central part of the slope. The height of the outer walls of these furrows is 0.5 to 4.0 m. They are the exposures of the planes on which the rock blocks subsided antithetically owing to compression and crushing of a contractant zone. In the schematic profile (Fig.2), it is indicated by a

denser jointing. The course of shear planes inclined towards the slope in its central part can be well observed (and outlined relatively well in the profile) on the walls of the glacial cirque which formed in the N part of the deformation. Morphological forms found on the creep deformation in the terrain correspond well to the theoretical considerations based on the assumption of contractant dilatation behaviour of the rock in deformation. Feda (1973) dealt with the development of the deformation under this assumption.

Based on the regional study it was found that the creep deformations are not proportionally distributed in the individual high mountain ranges of Slovakia. We explain it by an unequal situation within the geomorphological development cycle. On the other hand a number of deformations occur to a corresponding degree in areas built up of metamorphites and granitoids. On the whole we found 137 deformations covering an area of 65.3 km^2. The average height is 351 m (max. 914 m), the average length 690 m (max. 1925 m), the average width 675 m (max. 3030 m), the average area 0.473 km^2 (max. 3.29 km^2) and the average angle of the deformed slopes 28° $30'$ (max. 49°).

The tectonic deformation of rocks creates suitable predispositions for the occurrence of deep-seating gravitational deformations. Interesting results in this sense were provided by the measurement of strikes of movement of deep-reaching deformations. (77 records) in the Tatras (Fig.3). An expressive maximum shows the SE strike. The main strike of joints and deformation zones in the Tatras is NE-SW with a SE dip. The graph in Fig.3 proves the assumption that deep-seating deformations take advantage of the tectonic predispositions and of tectonically weakened zones.

Dips of slopes disturbed by deepseating gravitational deformations are usually given within the range of 18° - 50°.

1630

Zischinski (1969) gives dips in disturbed metamorphosed rocks within the range of 18° - 24°. According to Radbruch-Hall et al. (1976) the angle of dip of the deformed slope of Contact Mountain, Montane, is approximately 31°.

From a regional study in the high mountain ranges of the West Carpathians it results that the dips of deformed slopes range from 18° to 49°, with arithmetical mean of 28° $30'$ (137 records). In granitoids deformed by the Alpine tectonics the dips of slopes range between 18° - 49° (92 records) and in less strongly metamorphosed rocks within the range of 18° - 37° (45 records). In Fig. 4 the heights of deformed slopes H are correlated with their lengths L in granitoid rocks. The curves of maximum and minimum angle of deformed slopes are to be included within the ranges of deformed zones (Mahr, 1977). The relationship between the sum of heights of the exposures of shear planes Δ H and the total heights of slope H is labelled ϵ_{H}. It is to be considered as a certain indicator of stability of the deformed slope, (Mahr - Nemčok, 1977).

The surficial creep in areas built up of metamorphosed rocks and granitoids is manifest in the form of debris and rock glacier slide. Nemčok and Mahr (1974) registered in the Tatry Mts. and the Low Tatry Mts. 49 moraines after rock glaciers.

Slope movements of the sliding group are rare in the crystalline core mountains. There were found only 21 localities of rockslides which relate mostly to metamorphites (Príslop, Malá kopa, Holý vrch).

The rockfalls are the typical slope deformation for the dexcribed area. Meanwhile the major part of rockslides is related to metamorphites, the rockfalls develop above all in more brittle granitoid rocks. In the crystalline rocks of the high core mountains of Slovakia 76 rockfalls were registered (Mahr, 1976).

From the flow group in the crystalline high core mountains there are above all hundreds of rock streams (mury).

Mury are a serious threat to the environment mainly in the Alpine valleys and in the Caucasus. In the high mountains of Slovakia there are known only two cases when the rock streams damaged the structures. In 1970 the rock stream destroyed a chalet in the recreation centre of Zverovka in the West Tatry Mts. (Ingr-Šarík, 1970) and a catastrophic rock stream which destroyed a part of the Štefanová village and in which 14 persons perished.

In the sedimentary series of the mantle core mountains from among the slope movements of deep-seated creep the block deformations are developed (Nemčok - Pašek - Rybář, 1977).

Coarse-sheeted and mass rock complexes (mainly limestones and dolomites) of the middle- and upper Trias, Dogger-Malmian, etc., lie on the Alpine folded semi-rock basement which is represented by the shale complexes (mostly clayey shales and marls) of the Keuper, Verfenian and Neocomian. These properties of the Mesozoic series applied well in the differentiation of rock masses. The gravitational slope movements made it either more pronounced or in many cases destroyed it. A morphological manifestation of this deformation development are the broken blocks of rigid complexes along predisposed, mainly tectonic planes which sink and rotate (block rifts) and later slide along the basement in the form of isolated blocks (block fields) into the valleys. The blocks are subjected to weathering, disintegrate and the creep movement passes into fall, sliding or flow.

The most attractive deformation of this type is represented by the deformation of the Sivý vrch crest and of the Radové skaly rocks in the Tatras (Fig. 5). Deformation in the crest part attains the width of 1.100 m (E-W), max. deformation length in the NW-SE strike is also 1.100 m, the average angle

1630

of the deformed slope is 20°, the relative height of deformation of the slope is 396 m.

As it is seen from the profile the dolomitic-limestone crest represents the denudation outlier of the Choč mantle which lies on the anticlinally arching and tectonically reduced strata of the Neokomian, Jurassic and Trias of the Krížna mantle and cover series. The axis of the antlicline is in substance corresponding with the crest strike (Nemčok-Baliak, 1977).

In the sedimentary series of the high core mountains of the West Carpathians Baliak registered (1978) 119 slope deformations of the block type, 111 landslides and 180 rock falls. The average length of deformations of the block type is 1,025 m, the width 764 m and the height of deformed slope 963 m. As to surface these deformations cover bigger areas than in the crystalline rocks.

Slope deformation in flysch highlands and hilly lands.

The region of the Carpathian flysch form a coherent stripe near the outher margin of the West Carpathians. Into this region in engineering geological zoning Matula (1969) incorporates also the Klippen belt.

According to the lithological view point the character of the region is simpler and more monotonous than the region of core mountains. The basement here is built up of rock complexes of flysch formation with the predominance of rhythmic sandstone-clayey alternation of strata.

The alternation of permeable rocks of higher mechanical strength (sandstones, conglomerates, etc) with impermeable, less solid, plastically transforming rocks (claystones, siltstones, marly shales), forms one of the geologic-tectonic structures suitable for the occurrence of slope movements (Nemčok, 1630

1977). Apart from the geologic and hydrogeologic conditions (formation of lifting horizons), there are in the region of the Carpathian flysch also suitable climatic conditions for the occurrence of slope deformations, because mainly in the western part of the region there are high totals of precipitations attaining 1.600 mm/year. In the region of the Carpathian flysch there were registered more than a half of the total slope deformations in the Czechoslovak part of the West Carpathians. More than 3000 slope deformations - mostly landslides, were mapped in this region.

In the regional investigation of the Czechoslovak sector of the Carpathian flysch it appeared that the slope movements present a different character in the flysch highlands than in the flysch hilly lands.

Flysch highlands are the most uplifted parts of the flysch zone. They are built up of tectonically uplifted arcs, meanwhile the flysch hilly lands spreading between them are relatively less uplifted tectonic depressions. To the flysch highlands belong, for ex., the White Carpathians, the Moravo--Silesian Beskydes, the Spišská Magura, etc.

These mountains are characterized by a monotonous geologic-tectonic structure. Geologically predominate the sandstones over the plastic members of the strata-series of the Paleogene and the Cretaceous. The strata-series is folded into lengthwise anticlinal synclinal zones in the Carpathian arc strike. The relief is relatively articulated with relative differences of level 200-600 m.

In flysch highlands there occur less-slope deformations than in the hilly lands. There predominate creep deformations. of the block type mainly along the predisposed planes. Huge sheets of sandstones move along a thin stratum of claystones or marls, dipped correspondingly with the slope. The movement starts usually when the erosion affects the continuity of the upper sandstone complex.

One of the slope deformations of this type developed on the north-eastern slope of the Bukovina near Jezersko in the Spišská Magura (Fig. 6). The layers present a corresponding strike with the main crest and dip under an angle of 15 - 20° to the NE. By a creep movement the upper part of the sandstone- series disintegrated into blocks which by a slow creeping movement displace into the valley. On the NE slope of the Bukovina a block field occurred with mutually displaced and inclined blocks. The blocks in two places dammed the Jezerský potok brook and formed two smaller lakes. The total slope deformation area measures 7 ha (Nemčok, 1972-b).

A further type of creep deformations in the flysch highlands are the block rifts and block fields which form on thick strataseries of predominantly pelitic rocks. Of similar character are, for ex., the creep deformations on the creep deformations on the crest of the Kubínska hoľa in the Oravská Magura and partially also the slope deformation on the crest of Lukšince in the Moravosilesian Beskydes (Fig. 7). In this locality the mutual movement of two blocks was measured for 4 years. According to the measuring results Novosad (1966) estimates the absolute velocity of the block movement on the northeastern slope of Lukšinec to 1 cm/year.

The landslides are a less frequent form of slope deformations in the flysch highlands. The sliding takes place above all along the predisposed, planer shear planes dipped conformably with the slope.

Flysch hilly lands are a less uplifted part of the flysch zone. To them belong, for ex., the Kysucké mountains, the Šariská hilly land, the Vízovická hilly land, etc. They present a monotonous geological structure in a typical development of rhythmic flysch with equilibrium of psammites and pelites, or with the predominance of claystones, marlstones and siltstones in the strata-series. The relief of flysch hilly lands is characteristic by relatively low flat crests, extending in the direction of the Carpathian arc

1630

with relative differences of level 30-300 m. While denudation and transport of material predominate in the highlands, accumulation predominates in many places of the hilly lands giving rise to the formation of mantle rocks 15-20 m thick mainly in the lengthwise depressions. The occurrence of thick mantle covers are frequently related to slopes which cut the fronts or sides of monoclinally deposited layers. The slopes modelled parallely with the dip of layers are covered with a lesser quantity of mantle formations.

For flysch hilly lands typical slope deformations are sliding, flow and surficial creep of cover loamy-stony and loamy formations.

In the flysch hilly lands there is concentrated the greatest number of landslides, which had been known for a long time in this area. The form of their shear planes is planar, but most frequently combined, rotational-planar. The basal shear plane lies usually on the limit between the basement and the cover formations where the ground water outflows from the more permeable basement horizons are usually concentrated.

In the places of concentrated ground and surface water outflows, with regard to a predominant part of easily slaking of illitic minerals in pelitic fraction, there frequently take place dangerous earthflows. The best known one had destroyed in 1962 the locality of Liesková which was situated in its separation area and parts of two other localities in the valley of the Prečnica brook, into which the earthflow had flown, damming the brook. The earthflow was brought about after an abundant rainfall when the 15 m thich slaked loamy-stony debris went into motion. They were of slurry consistence, so that the surface of the earthflow was absolutely inaccessible during the first days. The length of the earthflow was 950 m and its cubage was estimated to 900.000 m^3. The greatest measured velocity of movement was 25 m/hour. (Repka, 1963).

1630

The slope deformations in the Carpathian flysch region use to be of serious economic consequences and in many cases they required expensive corrective measures. What regards railways, for ex., they were the landslides near Podbiel, Nižná, Zariečí, Pužbachy and elsewhere. As for roads they were the landslides near Mestečko, Harvelka, Oravský Podzámok, Soboš, Holčíkovce, etc. Deformed and destroyed were several houses, as well as the mentioned locality of Lieskové, or part of the Krivé village.

Problems caused by landslides arose also in the construction of hydraulic works in the Carpathian flysch. As examples we give the securing of the Hričov-Mikšová differentiation channel, corrective measures of the Domaša and Orava reservoir banks amd stability problems in the construction of the Zermanice, Šance and Moravka dams. It is why a great attention is devoted to slope stability in designing hydraulic works in this region. In designing the Nová Bystrica hydraulic work in the Kysuscká hilly land a study on the slope stability of the adjoining area of the future water reservoir was prepared (Mahr - Malgot - Baliak, 1977). Forming part of the report was also the map of slope deformations as illustrated in Fig. 8. The landslides in the map are drawn according to the form and activity. Such a study gives the designer a possibility to chose more safely the dam profile, to suggest lines of replacement communications on the bank of the future reservoir and a certain possibility to predict the future transformation of the reservoir bank.

Slope deformations in the region of volcanizes

In the central part of the neovolcanite mountains slope deformations are rare. Quite isolated they are also on the boundaries, if lava and pyroclastics lie directly on rock Mesozoic and older formations.

The most extensive slope deformations in the West Carpathians, however, are found there where rigid rocks of the Neogene volcanic complex (andesites,

rhyolites and their tuffs) lie on soft plastic sedimentary or sedimentary-volcanogeneous rocks (Paleogene claystones and clayey shales, Neogene clays, claystones, marls and clayey tuffites). Therefore there occurs one of the typical geological tectonical structure, suitable to cause slope deformations (Nemčok, 1977). The displacement of the plastic underlier by the weight of the overlying strata is described by Hollingworth et al. (1944) under the name of bulging and cambering. Ter-Stepanjan (1974) classifies this process into the compensating depth creep of slopes. Tensile stresses occur in the overlying rigid rocks as a result of the plastic underlier displacement (bulging). Brittle rigid rocks break off from the rocks mass, using the planes of mechanical discontinuity (Malgot-Mahr, 1978) and in the form of gigantic blocks sink into the underlier, or slide on it. So far as the blocks only move round or sink in place, they form block rifts with the characteristic relief gradients (Fig. 9.).

The underlying rocks of relatively lesser strength are exposed to long lasting considerable stresses. Even if these stresses do not reach the strength limits deformation takes place in time, corresponding to rheologic properties of the underlying rocks. Creep deformations in the underlier occur in a big zone. The depth and intensity of this process depends on the overlier weight and on the properties of the plastic underlier. The process is accompanied by a gradual degradation of the properties of the underlying clayey rocks.

Blocks in the block rifts part and slide down the slopes. Their more expressive individualization takes place. Single blocks form elevations morphologically apparent. They are frequently of up-slope inclination proving thus a deep deformation of their underlier. A set of such blocks forms ablock field (Fig. 9).

All this process starts when lateral or deep erosion reaches the contact between the overlying and underlying complex of rocks. It advances relatively

fast till the final disintegration of the rigid complex (Rybář, Nemčok, 1968). It is bound above all to elevation tectonic structures (Malgot, 1977). The speed of disintegration depends also on hydrogeological and climatic conditions, as well as on rock properties. This is why slope deformations in varied stages of development are found on the boundaries of the volcanic mountain ranges of Slovakia.

The activity of slope movements is of primary importance from the safety view point of the engineering works. There are several geologic and geodetic evidences of present creep movement activities of block types on the boundaries of volcanic mountain ranges in Slovakia.

In the Hnadlová basin area, as wellas on the eastern boundaries of the Kremnické pohorie mountain range between andesite blocks there are fresh cracks not filled with debris reaching to depth of several tens of meters. This proves the present activity of movements, otherwise the cracks would have already been filled up and buried under.

The detection of absolute magnitudes of very slow creep movements of block type is difficult. The current geodetic methods would require measurements carried out for long time periods of several decades. It is more suitable to use measuring devices capable of measuring very small movements.

Points of a triangular network were measured in the Handlová basin in 1907 and in 1930. Some of them were placed on blocks of the block fields and block rifts. Repeated measurements at the points of the triangular network, based on moving blocks of volcanic rocks give undisputed evidence of the activity of block movements (Malgot, Pašek, Stella, 1974).

Two points placed on block rifts show an average movement of 1.1 mm/year and 4.0 mm/year. The average movement of blocks in the block field is 10 to 15 mm/year and individualized blocks influenced by landslides show 30 to 45 mm/year.

On the eastern boundary of the Kremnické mountain range 10 dilatometers type TM-71 (Košťák, 1969) were placed on the slope above the Veľká studňa ore deposit. The devices are placed on cracks 60 to 300 cm wide, between blocks of agglomeratic andesite tuffs. They can measure the mutual movement of two blocks in three space directions with a sensitivity of ± 0.03 mm. We have at our disposal at present 7 measurements carried out within the period of 25 months. Based on these measurements we can find out that the movement of blocks relative to each other takes place continuously with a speed of 0.5 to 0.6 mm/year.

The movement of blocks in the Handlová basin detected by longterm observation are relatively big. This may be caused for instance by non uniform movements. The values of long-term observations may contain quicker short-term displacements.

The difference of block movement speed in the Handlová basin as against the area on the eastern boundaries of the Kremnické mountainrange can be explained also by the variety of geotechnical properties of the underlying plastic complex (Mahr, Malgot, 1977).

The presence of block deformations may be of serious economic consequences. West of Banská Bystrica, in the Veľká Studňa locality there is a promising deposit of Hg-ores. The Hg mineralization (vermillion) forms impregnations or veins in crumbly sandstones of basal Paleogene.

The top parts of the steep slope above the Hg-ore deposit are disturbed by large-scale block rifts and themiddle parts by typical strongly dissected block fields (Fig.10). Morphologically wellmarked blocks of agglomeratic tuffs attain a size of up to 50 x 100 m. The layer of blocks is 45 to 100 m thick, as was determined by boring. The blocks move on plastic Miocene clays, which above the deposit are 20 - 50 m thick. As it has already been mentioned

1630

the activity of movement was detected by the TM-71 type dilatometers. Lithologically, they are marly tuffaceous claystones with interlayers of sandy claystone containing coal lenses and interseams of tuffaceous sandstone. The creep zone beneath the blocks consists of soft claystones, strongly disturbed by nemerous differential slickensided shear surfaces of irregular course. At a greater depth the claystones are solid.

Deep depressions between the blocks of agglomeratic tuff recall karst sinkholes. The slope is step-like, inclined at 20 - 40°. The higher lying blocks are tilted into the slope, those at a lower elevation are inclined downslope. Frequent wide open fissures reach from the slope surface to underermined depths. The width of fissures is 0.3 to 4 m. Below the accumulated blocks extensive planar landslides showing signs of activity disturb the lower parts of slopes. Numerous springs with a discharge of up to 10 l/s issue in the head scarp. The thickness of the slid mass evidenced by boring reaches 10 - 20 m (Malgot - Mahr, 1977).

In the lower parts of the slope, the mineralized layer is near the surface (Fig. 10), under a civer of 10 - 20 m of colluvial loam or slipped material, but it descends westwards along the faults to a great depth. The Hg deposit is of medium to large size and with regard to the thickness of overburden the working of the ore in an opencast seems to be most economical. With the overburden ratio of 1 : 5, the slope will be undercut to a height of 40 m after the deposit is exhausted. This will doubtless activate the movements in the upper parts of the slopes.

An engineering geological investigation is taking place at present which will determine the definitive method of technology of exploitation and corrective measures.

1630

Deep disintegration of clays and claystones of the underlying complex helps to create an unusual earth crust weathering. The final result of the degradation of rock properties is a state in which even slight action of any one factor brings about the loss of slope stability. Sliding movements are remarkably brought about also by ground water, emerging in the form of barrier springs at the foot of blocks. On the periphery of block fields a continuous ring of landslides takes place in this manner. By their movements landslides carry sometimes even individual blocks, of lesser dimensions.

According to form planar and flow landslides predominate here. Landslides of considerable dimensions occur here. Shear planes occur in depths 25 to 40 m. The shape of shearing planes is mostly combined or gravitational.

On the periphery of volcanic mountain ranges there occurred slides which were of the most serious economic consequences in the territory of Czechoslovakia. Thus in 1960 the well-known Handlová landslide destroyed part of Handlová town (Záruba, Mencl, 1969). The cubage of sliding masses was about 20 million m^3. The total length of landslide 1.8 km.

In 1977 a wide landslide flow was triggered on the northern boundary of Poľana and destroyed part of Ľubietová village. The length of landslide is 1.2 km, its width 450 - 500 m and depth 15 - 35 m.

In 1978 on the western slope of the Vtáčnik volcanic mountain range, under the influence of coal exploitation, a landslide was activized which damaged or destroyed 110 houses in the village of Podhradie. The length of landslide is 1.5 km, the average width 500 m and the cubage of sliding masses is estimated to 21,1 million m^3 (Malgot-Mahr, 1979).

1630

The process of sliding overtakes usually only part of the slope. Territories of landslides, bordering the block deformations are therefore formed by sets of landlidesof varied types and stages of development. There are found here active, potential and also quietened landslides.

The activity of landslides depends on the geological-tectonical development of any area, on the progress of development of the geomorphological cycle, on the hydrogeological conditions, but mainly on the rock properties from which the landslide takes its origin.

It was detected in the Handlová basin that landslides in places where the underlier complex is built of Neogene clays are more active than in places where the plastic underlier complex is built of Paleogene claystones (Mahr, Malgot, 1977). The Paleogene claystones present a higher degree of lithification than the Neogene clays. Meanwhile in the Paleogene claystones the predominant clayey mineral is illite, in the Neogene clays the Montmorillonite predominates. The properties of the matrix rocks are reflected also in their deluviae. The material of landslides, originating from the Paleogene claystones presents a higher average porosity ($\bar{n}$ = 43.9 %) a lower index of plasticity ($\bar{I}_p$ = 30.8 %) a higher parameter of residual shearing strength ($\bar{\varphi}_r$ = 15°24' ; $\bar{c}_r$ = 0.0 kPa) than material originating from the Neogene clays ($\bar{n}$ = 48.8 %; $\bar{I}_p$ = 34.5 %; $\bar{\varphi}_r$ = 12°20' ; $\bar{c}_r$ = 0.0 kPa).

Landslides in places where the underlying complex is built by the Paleogene claystones are of smaller dimensions than landslides on the Neogene clays. The average dip of these landslides is 7° to 9° and they are of lesser activity. Landlides on the Neogene clays have dimensions of the order of kilometers. The average dip of landslides is about 6°. The landslides here form the sliding areas and are more active.

1630

Therefore it can be concluded that for engineering works from the view point of slope stability the most favourable conditions are there where the underlying complex is built of the Neogene sediments.

The magnitudes of movements of a sliding character are sufficient to depreciate practically all types of engineering works. In the central part of the landslide near Ľubietová speed of 2.0 to 2.5 m/day (Ingr, Bohynik, 1978) were measured at the time of the highest activity.

On the flow slide in Handlová which in 1960 destroyed more than 150 houses, a total movement of 16 to 165 m for the first 150 days was measured in the parting area, 95 to 240 m in the central/transporting) area and 5 to 30 m in the accumulation part. The maximum speed of movement was in the central part of the landslide amounting to 6.3 m/day. A substantial slow down of movements of the order of cm/day took place in the central part of the landslide only after five months. 8 years after the landslide values of 1,0 to 1,7 cm/year were measured in the scar area.

Another type of slope deformation occurring in the sliding areas on the boundaries of volcanic mountain ranges of Slovakia are earthflows. They occur usually in the lateral valleys and depressions of the slope in places of concentrated surface and ground water flow. Sliding movements cause deformation of the soil structure and possibility is given to slaking. Under favourable conditions the slaked soil starts moving which presents the character of flow.

After the earth flow has stopped the soils of the sliding masses begin to consolidate gradually. The water is squeezed out of the pores and formation of bonds between the particles of these clayey soils takes place. Shapes of earthflows consolidated in this way are distinguished with difficulty from the flow slides. Earth flows frequently far onto foreign underlier, on which they

could not take place as this does not constitute sufficient material for their occurrence.

In areas on the boundaries of the volcanic mountain ranges of Slovakia there often occur almost vertical high rockwalls. They are formed as a result of differential tectonic processes, by selective weatheringin the volcanic-sedimentary complex, but mainly as a result of block movements. Engineering works would be endangered below these rock walls by falling fragments and by rock falls.

On the boundaries of the volcanic mountain ranges of Slovakia where the rigid rocks 200 to 500 m thick lie on the plastic underlier there are usually found block rifts. Below them on the lower parts of the slopes there are block fields. Block deformations result in rock falls. Block deformations are bordered by landslide selvages (Fig. 11). Earthflows take place in landslide areas. The scar edges of block deformations in some places reach the line of divide. This process leads gradually to total destruction of the volcanic complex. On some slopes there are found only earthflows and landslides with fragments of volcanites in the material of sliding masses.

Slope deformations in the region of Neogene tectonic depressions

In the area of the inner Carpathian low country where a planar and rolling relief predominates slope movements occur rarely. The occurrence of slope deformations in this area is almost exclusively related to lateral erosion of rivers. The slope deformations present a character of frontal landslides.

In spite of the fact that landslides in this area are rare a relatively wide sliding area formed in the north-eastern part of the Danubian plain. Between the

Hlohovec and Sereď towns flows the Váh river along the western boundary of the Nitra rolling lands. The relative height of the left bank of the Váh alluvium attains near Hlovec at present 90 m and towards Sereď it decreases gradually to 23 m. The river bluff is formed by a strata-series of sands and clays (in the proportion of 1 : 1) with horizons of slightly consolidated sandstones (Pontian).

The lateral erosion of the Váh caused the formation of practically a continuous 18 km long stripe of landslides between Hlohovec and Sereď. In this area the Čepeň hydraulic work is to be constructed on the Váh. The landslides on the left bank of the Váh signify the most serious problem in the design of this hydraulic work. It is why an intense engineering geological investigation of these landslides is taking place at present.

Inner Carpathian basins are irregularly distributed between the mountain range zones. The basins are filled with Paleogene strata-series of flysch formation (Žilinská, Liptovská, Popradská and Hornádská basins). In the remaining 15 basins Neogene clayey-sandy strata-series, gravels or tuffites lie on the flysch filling. A relief of the rolling country type with a relative difference of level of 30 - 200 m modelled on these soft rocks.

In the inner Carpathian basins the slope deformations are not such a frequent phenomenom than in the flysch hilly lands and they do not attain so big magnitudes than slope deformations on the boundary of neovolcanites. Somewhat more than 1.000 slope deformations of a total area of 75 km^2 were registered so far in the basins.

They are therefore relatively small slope deformations with a small thickness of deformation 5 - 10 m. Bigger slope deformations occur only individually (usually of the stream-like type).

1630

In spite of small magnitudes the slope deformations in the inner Carpathian basins are a serious problem in the national economy, because the basins are the most densely populated areas of Slovakia. Even nowadays the substantial part of house building and a considerable part of industrial structures, hydraulic works and transport communications are concentrated in this area.

From the group of creep movements there are in the inner Carpathian basins slow creep movements of the cover formations and singly also block deformations of travertine margins on the plastic filling of basins.

In the Hornád basin several travertine heaps formed from the springs of mineral waters emerging along the faults. The most marking deformations of the block type formed on the Dreveník travertine heap. The travertine 30 - 80 m thick lies here on the layers of the Central Carpathian flysch (Paleogene) with the predominance of clayey shales. On the margins of the travertine body blocks break off which sink into the plastic underlier, displace on it, tilt and form block fields (Nemčok - Svatoš, 1974).

The Spiš castle was built on the neighbouring travertine heap. Its peripheral walls are disturbed in several places and together with the blocks of travertine, on which they lie, are torn off and deflected from one part of the walls founded on a stable underlier.

A predominant type of slope deformations in the inner Carpathian basins are areal and frontal landslides on the banks of water courses. Stream-like landslides and earthflows occur less frequently.

Landslides are usually related to geological-tectonical structure, whose lower part is built by the Tertiary flysch, clayeysandy-gravelly or tuffitic fillings of alluvial cones and river terraces, or with glaciofluvial material (A. Nemčok, 1966).

The greatest number of landslides with serious consequences occurred in the Liptovská basin. The landslide near Okoličné has been threatening for already several decades and disturbs the Žilina-Košice railway and the corrective measures taken so far have been without success. In building the first class Liptovský Mikuláš - Ivachnové road corrective measures had to be taken on several landslides (near Lipt. Michale, Lipt. Kríž and others).

The greatest problems, however, were caused by landslides near the right bank anchorage of the Liptovská Mara dam. The dam body itself was successfully founded on an undisturbed flysch underlier between two big landslides. A danger threatening the hydraulic work is mainly the landslide tending into the reservoir space, closely behind the dam. It is a stream-like landslide 900 m long and 500 m wide in average. Its thickness attains 40 m in the accumulation part. The landslide was stabilized by gravel fill (about 700.000 m^3) in the accumulation part, by 27 horizontal boreholes terminating above the level of the maximum water in the reservoir and by a set of collecting ditches.

The landslides in all the inner Carpathian basins cause serious problems in the construction of hydraulic works (Starovec, Klačany,) transport structures (Slatina, Potok, Priekopa, Bojnice) and houses (Košice, Handlová, Prievidza, Zvolen).

In the Zvolen basin on the western slope of the Sarvaška hill a landslide took place in Autumn of 1974 after long lasting rains which endangered the hospital polyclinical pavillion under construction in Zvolen (Fig. 12). Its width in the scar was 40 m, 70 - 90 m in the accumulation part, 100 m long and about 7 m deep. The digging of the underpassage in the northern part of the pavillion activized a part of an older landslide. Observation points were placed on the surface of the landslide which during the first 24 hours have shown a movement of 3-5 cm. It was constantly raining and the movement was

accelerating (attaining 12.5 cm/day). The head of the landslide was already 1,5 m from the wall of the object under construction. It was feared that the landslide will damage not only the object under construction, but it will widen and damage other of the 14 hospital pavillions situated below down the slope. Corrective measures were quickly suggested and immediatly realized. These consisted of building up a stabilizing fill, tightening of cracks and fissures on the landslide body, digging of a peripheral ditch and pumping from large diameter boreholes was suggested.

After finishing these corrective measures on October 30, 1974 (the sixth day) the movement began to slow down (Fig. 13) and in the third day after finishing the works the landslide was practically stopped (Mahr-Kuchár, 1979).

Definitive corrective measures were suggested after finishing the engineering geological investigation of the sliding slope. The underlier is built by alternating horizons of sandstone and conglomerate tuffites with tuffitic clays. The sliding deluvial clayey loams had a plasticity index I_p = 24 - 43 %, liquid limit w_c = 48 - 75 % and residual angle of shear resistance φ_r = 13°. In the central part of the slope there are loam-coated sandy gravels of one of the Hron terrace. The landslide was completely corrected by drainage gravel walls (Fig. 14) and by 6 horizontal boreholes. The connection with the road was realized by 1 floor higher.

Conclusion

Slope deformations in the West Carpathians are a geodynamic phenomenon which causes serious national economic losses. The present regional investigation has shown that slope movements of various kind and varied activity in Slovakia threaten about 200 km of roads, 27 km of railways,

hundreds of masts of transmission lines, many hydraulic and industrial structures and parts of 203 villages and towns.

The engineering geological investigation is gradually clarifying the conditions of occurrence and development of slope movements and registering the movements of slopes threatening engineering structures.

From the registered slope movements and deformations typified out are those which could be of the most serious consequences to the national economy. An engineering geological investigation is carried out of these selected slope deformations and corrective measures suggested on its basis, i.e. the protection of an engineering structure threatened by the deformation.

For designing new engineering structures there are maps in which are drown the slope deformations which are of good help. The maps are stored in the Bratislava Geofond and accessible to every engineering geologist or geotechnician. It will then be a matter of economic analysis whether an engineering structure will be constructed in the chosen site and correction measures will be taken on the landslide (always more frequent method with regard to the protection of the soil fund), or the line will be changed and another site selected.

In some areas of Slovakia the slope deformations cover 25-35 % of the surface. In similar sliding areas an engineering geological map prepared on the basis of slope stability is unavoidable for the general urban development of the region. From these maps, which a civil engineer can understand with difficulty, zoning maps are derived (Mahr-Malgot, 1978). The zoning maps in the landslide areas then serve for suggesting any kind of structure in the area and for the coordination of the environmental development.

1630

References

BALIAK F. (1978): Svahové poruchy v mezozoiku vysokých pohorí Slovenských Karpát (in Slovak). Manuscript, Geofond Bratislava, p.127.

FEDA J. (1973): Stability of natural slopes. 8 th Int. Conf. Soil. Mech. Found. Eng. Oral discussion. Session 6. Moskva.

HOLLINGWORTH S.E. et al (1944): Large-scale superficial structures in the Northampton ironstone fields, Quart. J. Geol. Soc., London. Vol. 100, p. 1-44.

INGR M., BOHYNÍK J. (1978): Prúdový zosun v Ľubietovej (in Slovak). Geologický průskum. Praha. Vol. 20, p. 76-78.

INGR M., ŠARÍK I. (1970): St'ový prúd v Roháčoch (in Slovak). Mineralia Slovaca. Spišská Nová Ves, p. 31-45.

KOŠŤÁK B. (1969): A new device for in-situ movement detection and measurement. Experim. Mechanies. Easton. Vol. 9, p. 374-379.

MAHR T. (1976): Svahové poruchy v kryštaliniku vysokých pohorí Slovenských Karpát (in Slovak). Manuscript, Geofond Bratislava, 152 p.

MAHR T. (1977): Deep-reaching gravitational deformations of high mountain slopes. Panel contribution. Proc. of the symposium "Landslides and other Mass Movements". Prague, p. 121-127.

MAHR T., BALIAK F. (1973): Regional investigation of slope deformations in the high mountain areas of the West Carpatians. Proc. 10 th Congress of the Carpathian-Balkan Geol. Assoc. Sec. 5, p. 169-178.

MAHR T., KUCHÁŘ Š. (1979): Sanácia zosunu v areáli nemocnice vo Zvolene (in Slovak). Acta polytechnica. Praha. Vol. 2, No. 2, p. 73-83.

1630

MAHR T., MALGOT J. (1977): Influence of soil physio-mechanical properties on the landslides development. Proc. 5 th Danube European Conf. on Soil Mech. and Foundation. Bratislava. Vol.III., p. 211-224.

MAHR T., MALGOT J. (1978): Zoning maps for regional and urban development based on slope stability. Proc. 3rd.Int. Congress I.A.E.G. Madrid. Sec. I, Vol. 1, p. 124-137.

MAHR T., MALGOT J., BALIAK F. (1977): Štúdia o stabilite svahov okolia vodného diela Nová Bystrica (in Slovak). Manuscript, Geofond Bratislava, 12 p.

MAHR T., NEMČOK A. (1977): Deep-seated creep deformations in the Tatras crystalline cores. Bull.I.A.E.G. Krefeld No, 16, p. 104-106.

MALGOT J. (1974): Gravitačné deformácie svahov na okrajoch vulkanických pohorí Slovenska (in Slovak). Geogr.čas.Slov. Akad.Vied.Bratislava. Vol.27, p. 216-226.

MALGOT J. (1977): Deep-seated gravitational slope deformations in neovulcanic mountain ranges of Slovakia. Bull.I.A.E.G. Krefeld, No.16, p. 106-109.

MALGOT J., MAHR T. (1977): Sliding area Veľká Studňa. Guide to excursion. Symposium "Landslides and other Mass Movements", Prague, p. 42-44.

MALGOT J., MAHR T. (1978): Influence of discontinuities on the gravitational disintegration of rock masses. Proc. 3rd. Int. Congress I.A.E.G. Madrid, Sec.II, vol.2, p.35-50.

MALGOT J., MAHR T. (1979): Správa o inžinierskogeologickom mapovaní svahových porúch v okolí obce Podhradie okr. Prievidza (in Slovak). Manuscript, Geofond Bratislava, 16 p.

1630

MALGOT J., PAŠEK J., STELLA R. (1973): The activity of the block type slope movements in the Handlová basin. Proc. 10th Congress of the Carpathian-Balkan Geol.Assoc.Bratislava, Sec.5, p. 179-187.

MATULA M. (1969): Regional engineering geology of Czechoslovak Carpatians, Publishing house of SAV, Bratislava, 225 p.

MATULA M., NEMČOK A. (1965): Verbreitung und Charakter der Rutschungen in Westkarpaten. Proc. 7th Congress of Carpathian--Balkan Geol.Assoc.Sofia. Sec. 5, p. 103-110.

MENCL V. (1968): Plastizitätslehre und das wirkliche Verhalten von Gebirgsmassen. Felsmech.u.Ing.-Geol., Suppl.IV., p. 1-8.

NEMČOK A. (1966): Vývoj zosuvných území na rozhraniach geologických útvarov (in Slovak). Sbor.geol.věd.Ř.HIG. Praha, No.5, p. 87-105.

NEMČOK A.(1972 a): Gravitational slope deformations in high mountains. Proc. 25th Int.Geol.Congress. Montreal. Sec.I., p. 132-141.

NEMČOK A. (1972 b): Svahové deformácie v karpatskom flyši (in Slovak). Sbor.geol.věd.Ř. HIG. Praha, No. 11, p. 99-124.

NEMČOK A. (1977): Geological-tectonical structures-an essential condition for genesis evolution of slope movements. Panel contribution. Proc. of the symposium "Landslide and other Mass Movements". Prague, p. 127-130.

NEMČOK A., BALIAK F. (1977): Gravitational deformations in mesozoic rocks of the Carpathian mountain ranges. Bull.I.A.E.G. Krefeld, No. 16, p. 109-111.

NEMČOK A., PAŠEK J. (1969): Deformácie horských svahov (in Slovak). Geol.práce, Spr. 50, p. 5-28.

NEMČOK A., PAŠEK J., RYBÁŘ J. (1972): Classification of landslides and other mass movements. Rock Mechanics. vol.IV., p. 71-78.

1630

NEMČOK A., PAŠEK J., RYBÁŘ J. (1977): A survey of the research of slope deformations in individual regions of Czechoslovakia. Bull. I.A.E.G. No. 15, Krefeld, p. 59-62.

NEMČOK A., SVATOŠ A. (1974): Gravitačný rozpad Dreveníka. Geogr. Čas. Slov. Akad. Vied, Bratislava, Vol. 26, p. 258-266.

NOVOSAD S. (1966): Porušení svahů v godulských vrstvách Moravsko-slezských Beskyd (in Czech). Sbor. geol. věd. Ř. HIG. Praha, No. 5, p. 71-86.

RANDBRUCH-HALL D.H., VARNES D.J., SAVAGE W.Z. (1976): Gravitational spreading of steep-sided ridges ("Sackung") in western United States. Bull. I.A.E.G. Krefeld, No. 14, p. 205-216.

ŘEPKA L. (1963): Proudový sesuv u Riečnice (in Czech). Geologický průzkum. Praha. Vol. 5, p. 8-10.

TER-STEPANJAN G. (1966): Types of depth creep of slopes in rock masses. Proc. 1st. Congress of Int. Soc. Rock Mechanics. Lisabon. Vol. 2, p. 157-160.

TER-STEPANJAN G. (1974): Depth creep of slopes. Bull. I.A.E.G. Krefeld, No. 9, p. 97-102.

ZÁRUBA Q., MENCL V. (1969): Landslides and their Control. Elsevier-Academia, Amsterdam - Prague, 205 p.

ZÁRUBA Q., MENCL V. (1976): Engineering geology. Elsevier-Academia, Amsterdam - Prague, 508 p.

ZISCHINSKY U. (1966): On the deformation of high slopes. 1st. Congress of Int. Soc. Rock Mech. Proc. Lisabon. Vol. 2, p. 179-185.

ZISCHINSKY U. (1969): Über Sackungen. Rock Mechanics, Vol. 1, p. 30-52.

1630

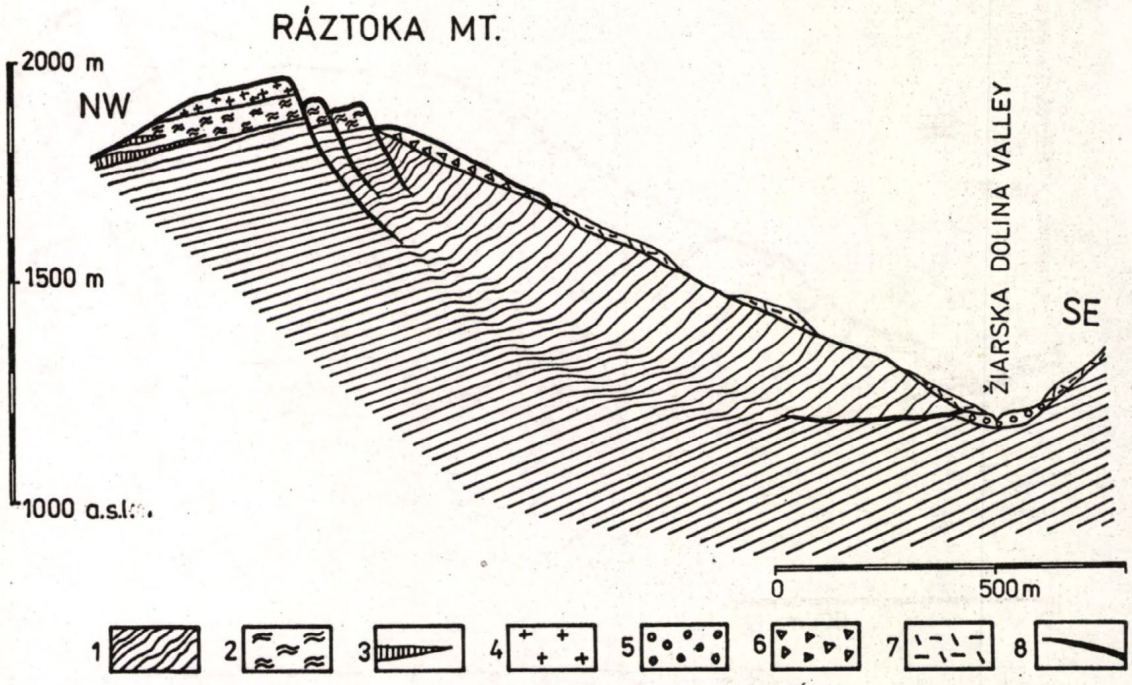

RÁZTOKA MT.
2000 m
NW
1500 m
1000 a.s.l.
ŽIARSKA DOLINA VALLEY
SE
0
500 m
1
2
3
4
5
6
7
8

Fig. 1.

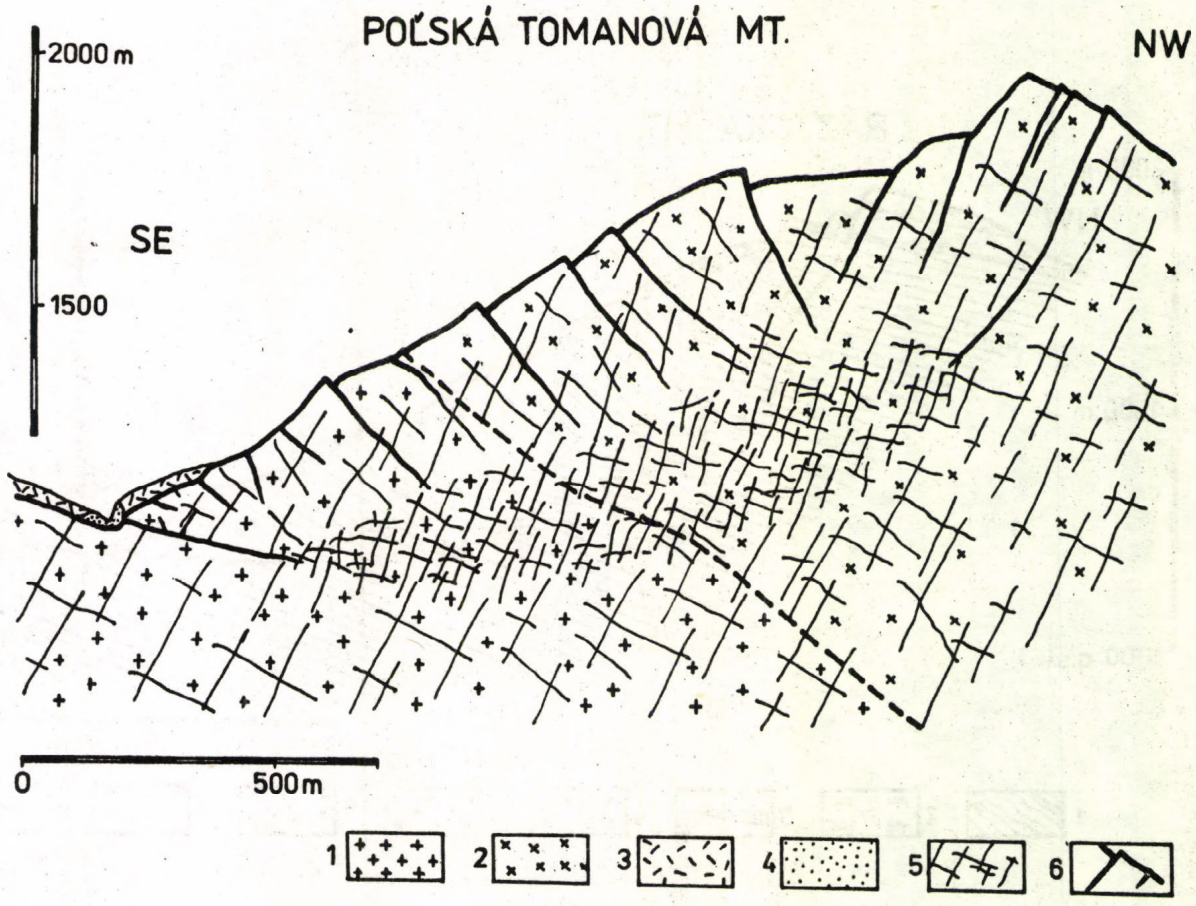


Fig. 2.

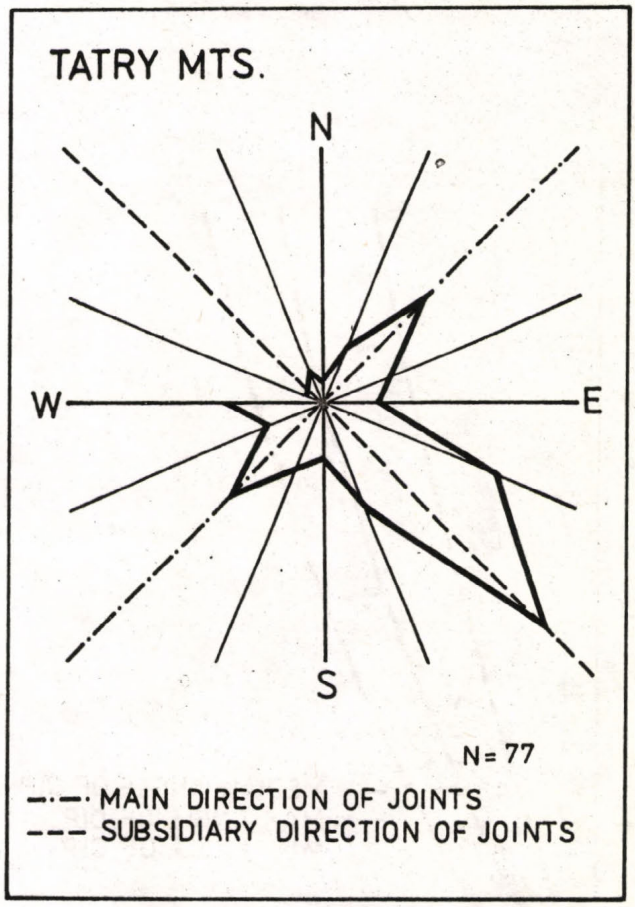

TATRY MTS.
N
W
E
S
N= 77
MAIN DIRECTION OF JOINTS
SUBSIDIARY DIRECTION OF JOINTS

Fig. 3.

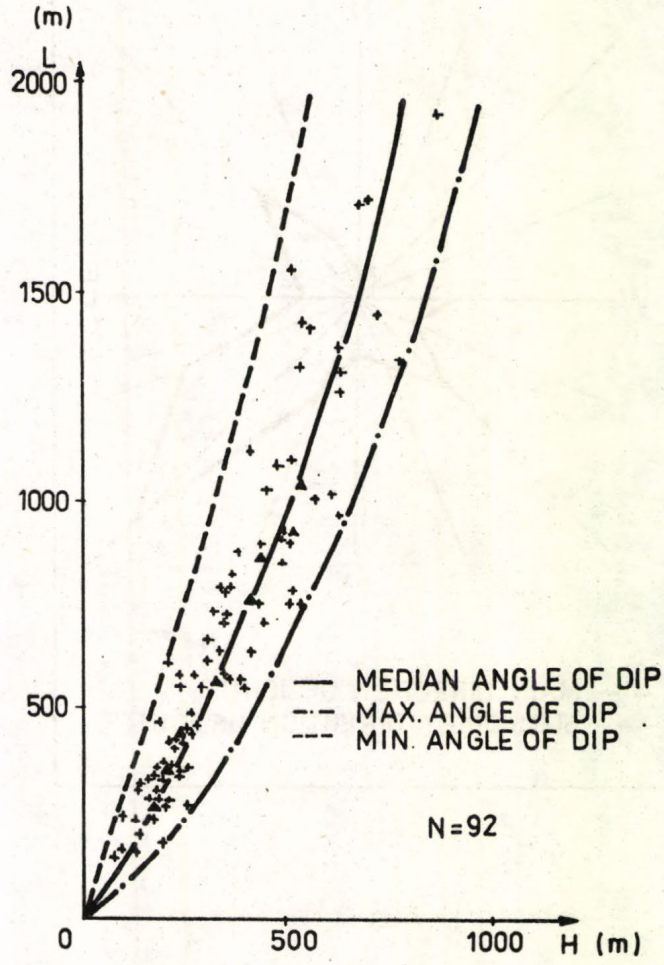

(m)
L
2000
1500
1000
500
0
500
1000
H (m)
MEDIAN ANGLE OF DIP
MAX. ANGLE OF DIP
MIN. ANGLE OF DIP
N=92

Fig. 4.

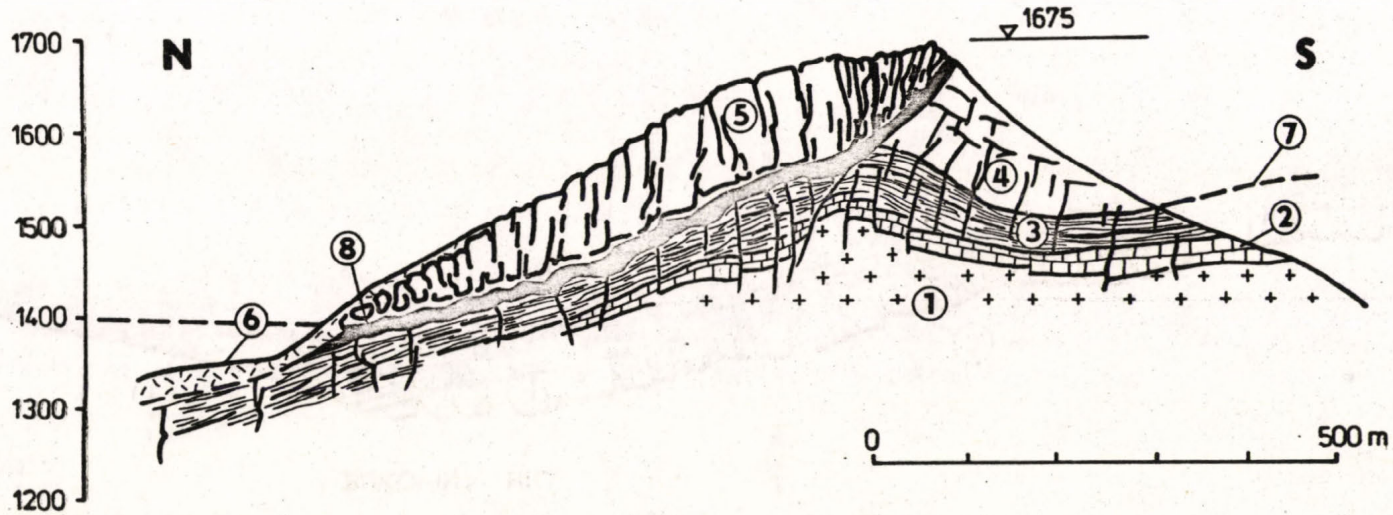


Fig. 5.

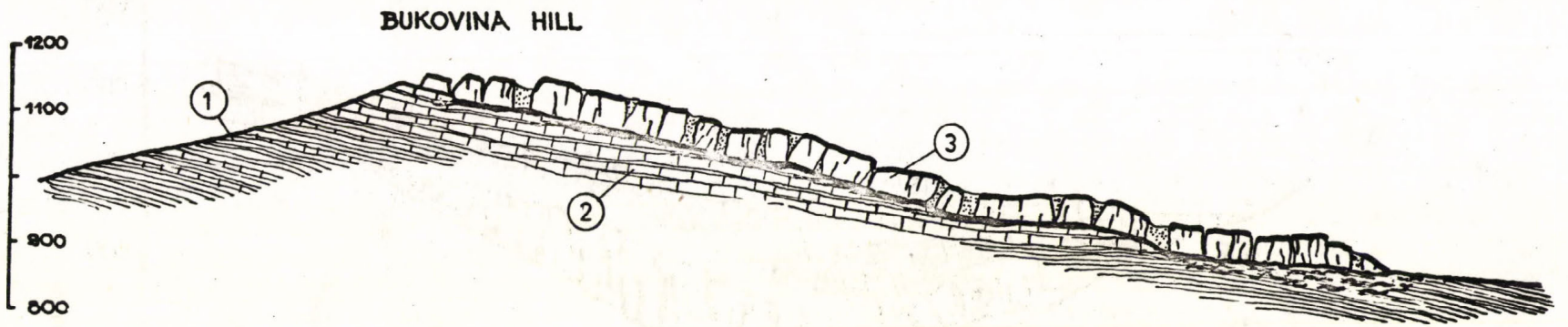


Fig. 6.

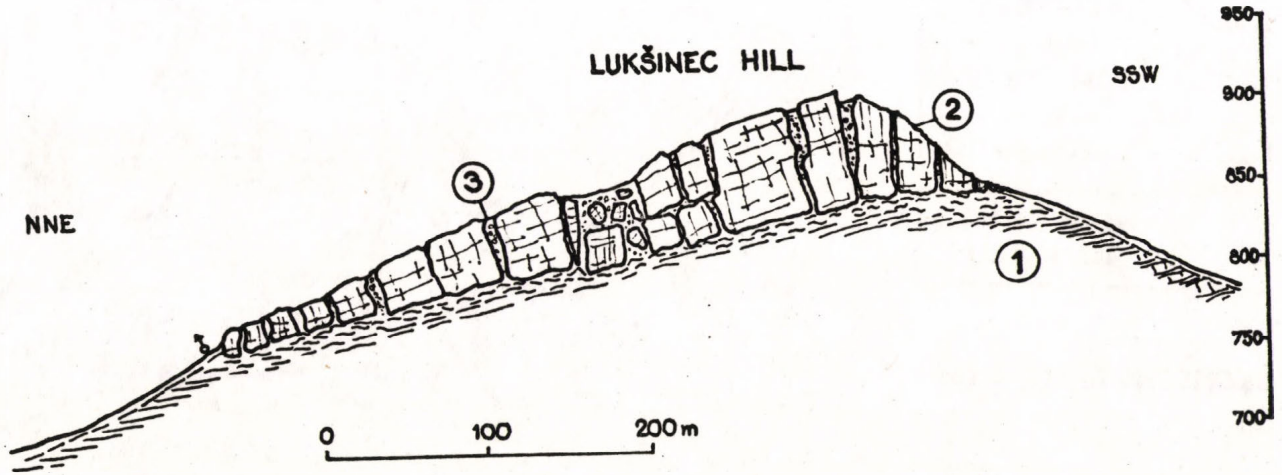


Fig. 7.

EXPLANATIONS

1. GEOL. AND HYDROGEOL. CONDITIONS

- CLAYSTONES AND SANDSTONES
- ALLUVIONS
- ALUV. CONES
- 70° DIP AND STRIKE OF STRATA
- SPRINGS
- VET AREAS
- BROOKS
- BOUNDARY OF RESERVOIR

2. TYPES OF LANDSLIDES

FORM OF LANDSLIDE	ACTIVITY DEGREE		
	ACTIVE	DORMANT	STABILIZED
AREAL			
STREAMLIKE			
FRONTAL			

3. TYPES OF EARTHFLOWS

- DORMANT
- STABILIZED

FIG. 8.

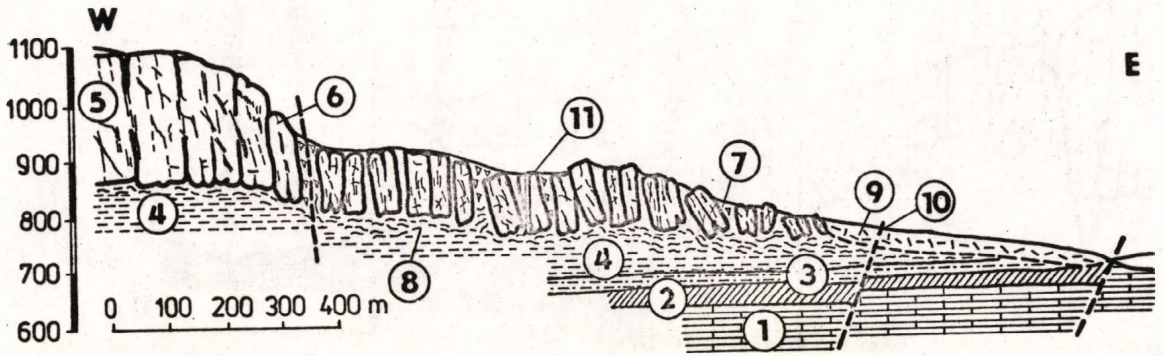

W
E
1100
1000
900
800
700
600
0 100 200 300 400 m
1
2
3
4
4
5
6
7
8
9
10
11

Fig. 9.

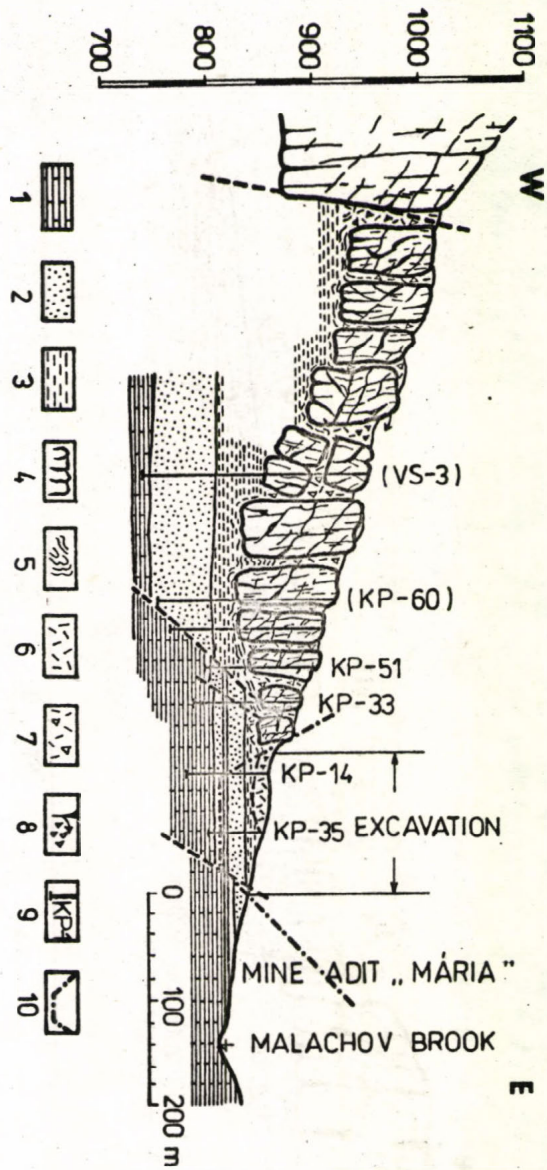

1100
1000
900
800
700
W
E
(VS-3)
(KP-60)
KP-51
KP-33
KP-14
KP-35
EXCAVATION
MINE ADIT „MÁRIA"
MALACHOV BROOK
0
100
200 m
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Fig. 10.

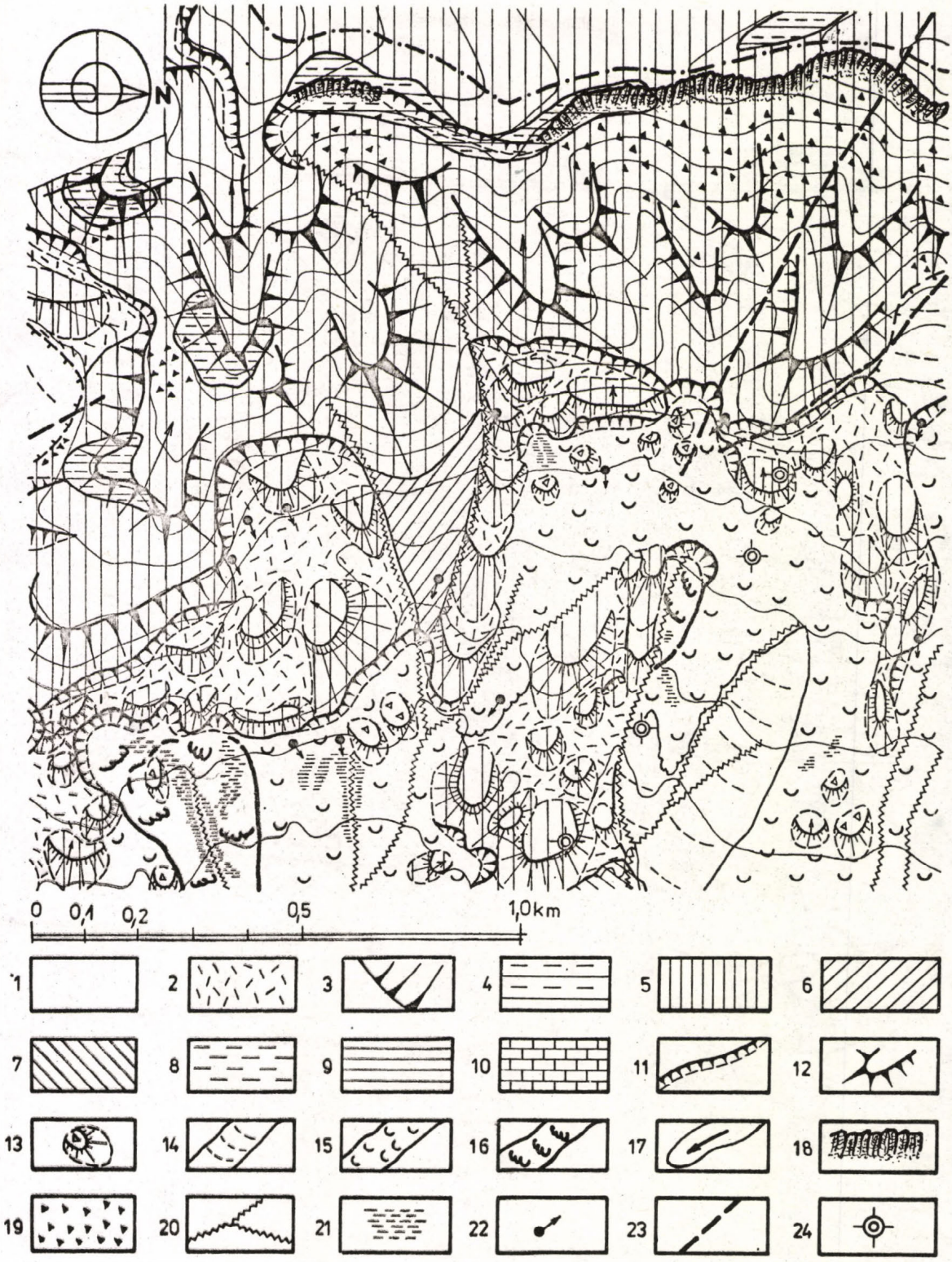

N
0
0,1
0,2
0,5
1,0km
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

Fig. 11.

1630

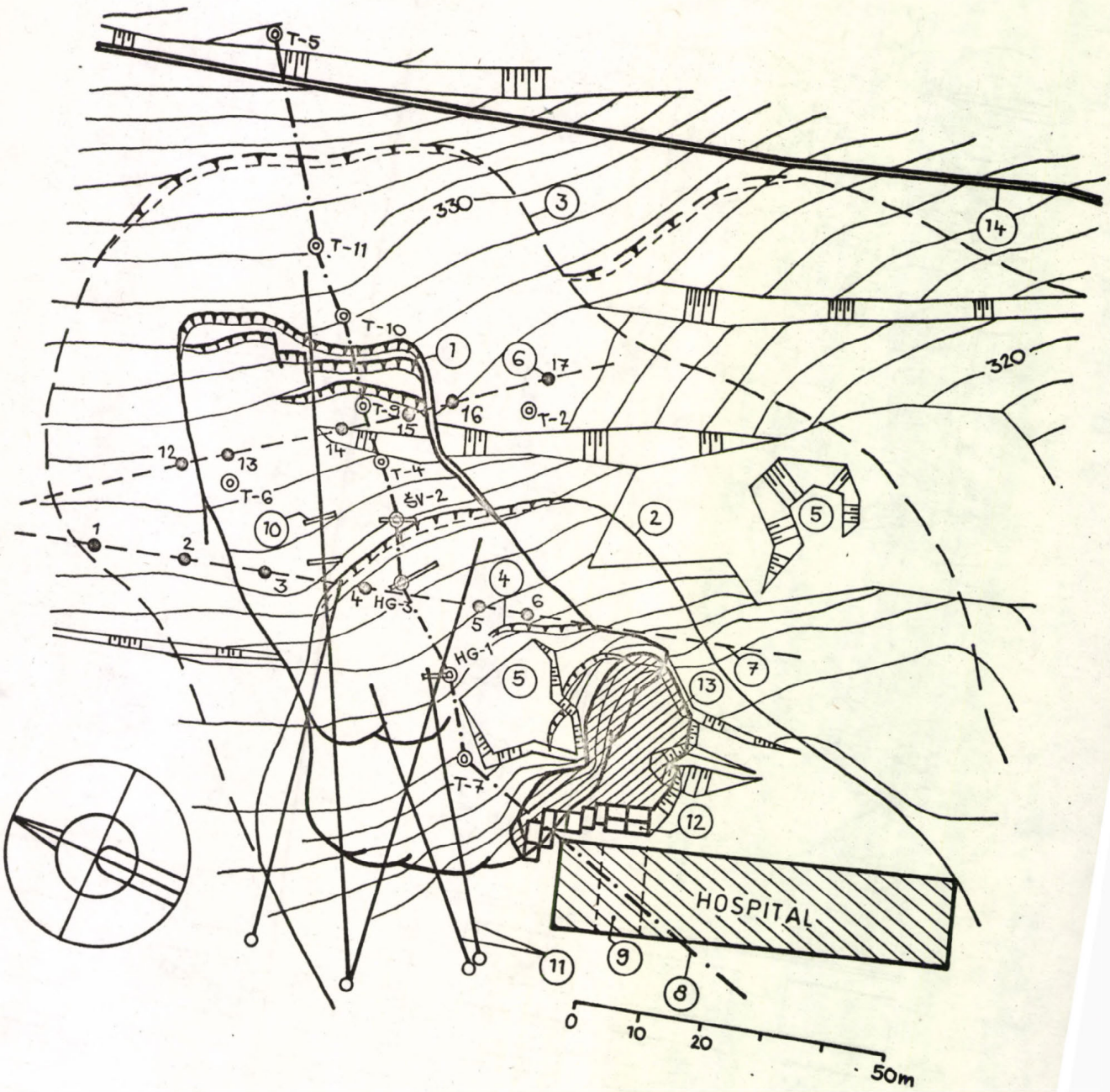

T-5
330
3
14
T-11
T-10
1
6
17
320
T-9
16
T-2
15
14
12
13
T-4
T-6
SV-2
10
2
5
1
2
3
4
HG-3
4
6
5
HG-1
5
13
7
T-7
12
N
HOSPITAL
11
9
8
0
10
20
50m

Fig. 12.

1630

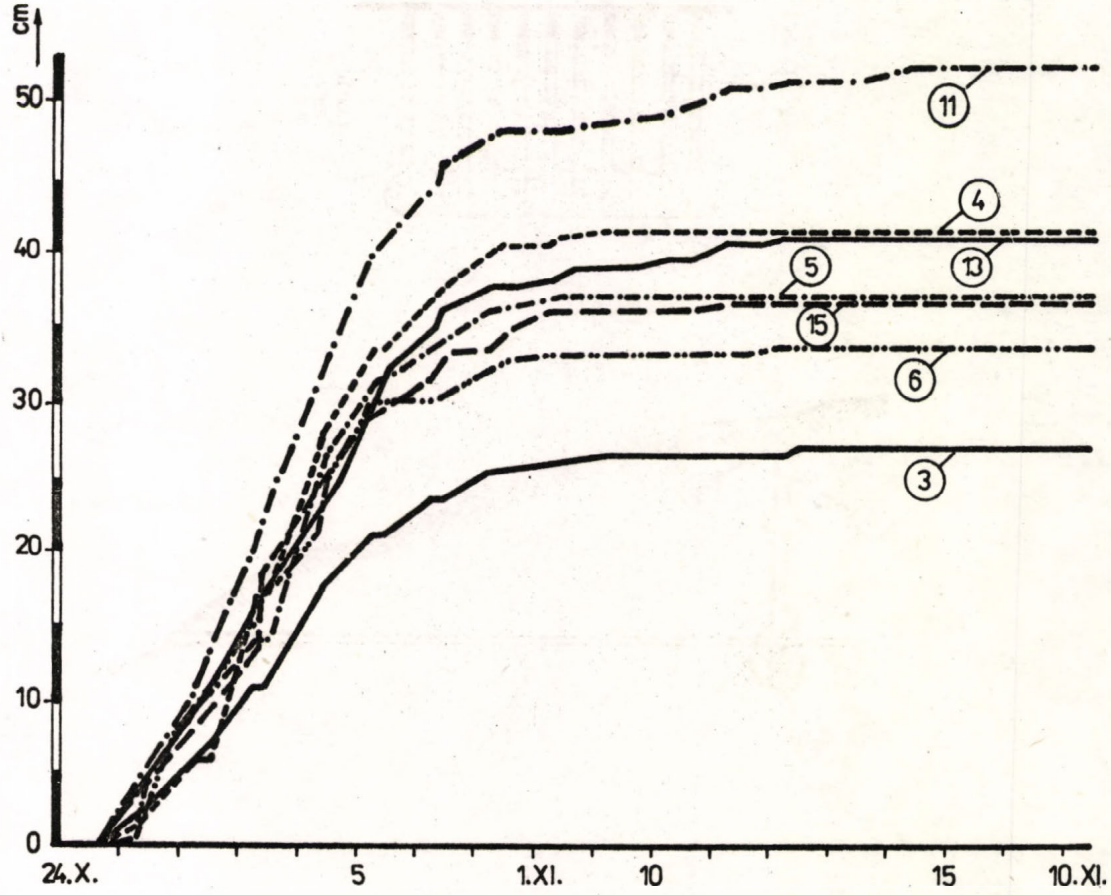


Fig. 13.

1630

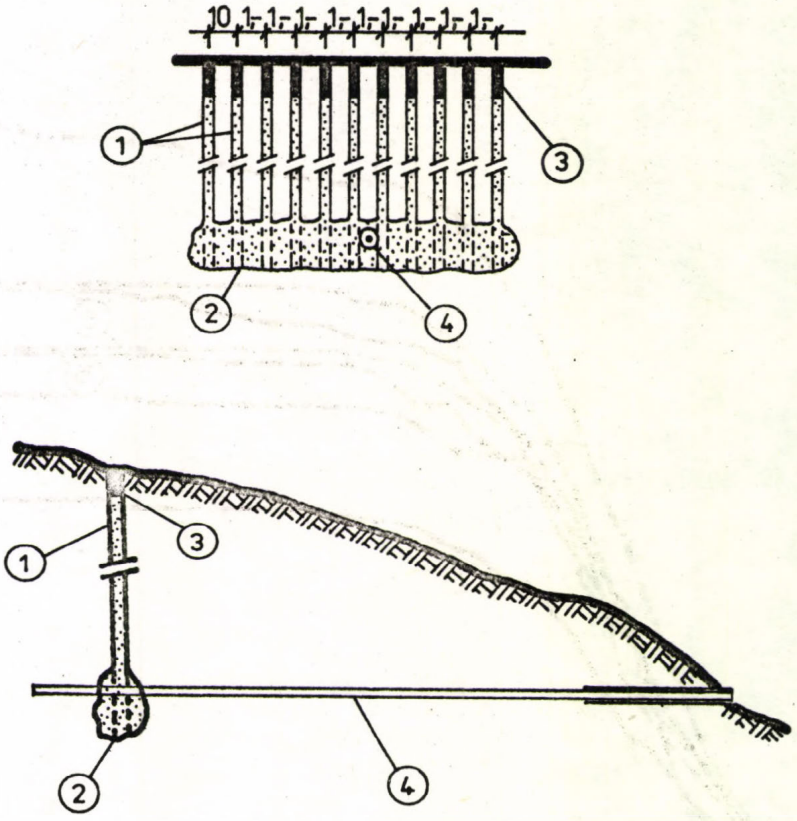


Fig. 14.

1630

Explanation of figures

Fig. 1: Cross-section of a creep deformation in the SE of the Ráztoka ridge slope. 1 - paragneisses and siliceous gneisses with distine foliations, 2 - migmatites, 3 - amphibolites, 4 - hybrid granites, 5 - blocks and gravels of moraine deposits, 6 - dumps of rock falls, 7 - slope debris, 8 - indication of dilatation shear planes.

Fig. 2: Cross-section of the Poľská Tomanová ridge castern slope. 1 - two-mica granodiorites, 2 - pegmatite-aplitoid granites (1-2 Paleozoic), 3 - slope debris, 4 - gravels and sands of fluvial deposits (3-4 Quaternary), 5 - indication of jointing, 6 - indication of dilatant shear planes.

Fig. 3: Frequency of vector directions of deepreaching gravitational deformations in the Tatras.

Fig. 4: Dependence of relative height H on the lenght of failed slope L in the Carpathian granitoids.

Fig. 5: Cross-section through the ridge of Sivý vrch (Nemčok - Baliak, 1977). 1 - biotitic quartz diorites and granodiorites (Paleozoic), 2 - limestones, dolomites, coloured shales, dolomite intercalations and quartzites of the Carpathian Keuperian (Triassic), 3 - shales and sandstones, marly limistones and shales (Jurassic - Neocomian), (2-3 High Tatra envelope series and Krížna nappe), 4 - dolomites and limestones (Triassic Choč nappe), 5 - block in the Triassic limestones and dolomites, 6 - trenches, step-like scarps (5-6 Quaternary), 7 - thrust faults, 8-shear zone.

Fig. 6: Cross-section of the Bukovina hill near Jezersko (Nemčok, 1974). 1 - marly schistose claystones with sandstones, 2 - sandstones with marly shales (1-2 Paleogene), 3 - block field.

1630

Fig. 7: Cross-section through the Lukšinec hill (Novosad, 1966). 1 - flysh claystone with sandstones, 2 - sandstones (1-2 Cretaceous), 3 - debris.

Fig. 8: -

Fig. 9: Cross-section through east margin of Kremnické hory mountains (Malgot, 1975). 1 - limestones and dolomites (Triassic), 2 - conglomerates (Paleogene), 3 - clayey shales, 4 - claystones, 5 - andesites and agglomerates (4-5 Neogene), 6 - block rifts, 7 - block fields, 8 - creeping zone, 9 - landslides, 10 - faults, 11 - boreholes.

Fig. 10: Geological cross-section through slope deformation on Veľká Studňa (Malgot - Mahr, 1978). 1 - limestones, dolomites (Triassic), 2 - sandstones, limestones (Lower Palaeogene) 3 - clays, claystones (Upper Palaeogene), 4 - blocks of agglomerate tuffs (Neogene), 5 - creeping zones, 6 - landslide body, 7 - stony debris, 8 - rock-falls, 9 - boreholes, 10 - projected excavation.

Fig. 11: An example of the map of engineering geological conditions on the boundaries of volcanic mountain range (Malgot - Baliak - Mahr, 1976). 1 - alluvium, 2 - stone-loamy material of the block fields, 3 - alluvial cones (1-3 Quaternary), 4 - andesites, 5 - agglomeratic tuffs, 6 - tuffitic clays (Neogene), 7 - claystone with sandstone intercalations, 8 - conglomerates, sandstones (7-8 Palaeogene), 9 - limestones, 10 - dolomites (9-10 Mesozoic), 11 - scar walls, 12 - block in the rift field, 13 - blocks in the block fields, 14 - stabilised landslides, 15 - dormant landslides, 16 - active landslides, 17 - earthflows, 18 - scar wals of rock falls, 19 - talus, 20 - brooks, 21 - wet areas, 22 - springs, 23 - tectonic lines, 24 - boreholes.

1630

Fig. 12: Schematic map of landslide. 1 - head scar of active landslide, 2 - dormant landslide, 3 - stabilised landslide of older generation, 4 - secondary scars, 5 - dump, 6 - observation geodetic points, 7 - geodetic line, 8 - profile lines, 9 - subway, 10 - drainage gravel walls, 11 - horizontal boreholes, 12 - concrete blocks, 13 - rockfill, 14 - ditch.

Fig. 13: Displacement of observed geodetic points.

Fig. 14: Scheme of drainage gravel wall. 1 - boreholes fill up by gravel, 2 - cavity forming out blasting, 3 - clay, 4 - horizontal borehole.

1630

Kivonat a "LEJTŐMOZGÁSOK A NYUGATI-KÁRPÁTOK GEOLÓGIAI-TEKTONIKAI EGYSÉGEIBEN" c. előadásból

Mahr T.

Szlovákia területén 5.800 lejtő deformációt térképeztek 850 km^2 területen. Az inditékot a térképezésre az 1960. évi Handlova-i nagy földcsuszamlás adta. A lejtőmozgásokat négy csoportba osztották: vonszolódás, csuszás, folyás, omlás. Földtani tájak szerint a csoportositás a következő volt: a maghegységek területe; a kárpáti fliss-terület; a neogén vulkánok területe; a neogén medencék.

A kristályos kőzetekben ritka a lejtőmozgás, itt a tektonikus igénybevétel késziti elő a talajt a gravitációs mozgásra. Metamorf kőzeteknél 18-47 fokos lejtőkön találtak deformációkat.

A fliss területeken a lejtőmozgásokat a kemény permeábilis kőzeteknek puha vizzáró rétegekkel való váltakozása segiti elő. A fliss magas hegységekben gyakori a tömbökre darabolódás, aránylag kevés a csuszás; viszont a fliss dombvidékeken legtöbb a csuszás és a földfolyás.

Vulkáni kőzetekben ritka a lejtőmozgás, kivéve ahol a neogén vulkanitok plasztikus üledékes kőzeteken feküsznek. Gyakoribbak a kőtengerek és földfolyások. A neogén medencékben a lejtőmozgásokat főképpen az erózió okozza. Mozgás figyelhető meg a travertino képződményekben ott, ahol azok paleogén fliss kőzeten vagy agyagpalán települnek. Gyakoriak a mozgások a liptói és zólyomi medencékben.

1630

A helyi vizsgálatok Szlovákiában azt mutatták, hogy 200 km utvonalat, 27 km vasutvonalat, többszáz vezeték oszlopot, sok vizmüvet és ipari üzemet és 203 falut és várost fenyeget a lejtőmozgás veszélye. A pozsonyi Geofondban mérnökgeológiai térképeket tárolnak a mozgás veszélyes területekről. Szlovákia egyes részein a lejtőmozgás a terület 25-35 %-át veszélyezteti. Ilyen helyeken nélkülözhetetlen a mérnökgeológiai térkép.

1. ábra: Keresztszelvény a Ráztoka hegy DK-i lejtésének vonszolódó deformációjáról.

1. paragneisz és kifejezetten leveles kovagneisz, 2. migmatit, 3. amfibolit, 4. hibrid granit, 5. tömbök és moréna kavics, 6. tömbök, sziklaomlás, 7. lejtőtörmelék, 8. nyirólapok jelzése.

2. ábra: Keresztszelvény a Polska Tomanova hegy keleti lejtőjén:

1. Csillámos granodiorit, 2. pegmatit-aplitoid-granit (Paleozóos), 3. lejtő törmelék, 4. folyóvizi kavics és homok (Quarter), 5. kőzetrepedés jelzés, 6. dilatációs nyirólap

3. ábra: A tátrai gravitációs deformációk gyakorisági irányvektora.

4. ábra: Összefüggés a relativ magasság (H) és a mozgó lejtő hosszusága között (L) a Kárpát granitoidokban.

5. ábra: Keresztszelvény a Sivy vrch hegyen, 1. biotit kvarc diorit és granodiorit (Paleozóos), 2. mészkő, dolomit, szines pala, dolomit interkalációk és a Kárpátok Keuper kvarcitjai (Triász), 3. palák és homokkövek, márga mészkő és pala (Jura) (Magas Tátra takaró és Krizna takaró), 4. dolomit és mészkő (Triász Choc takaró, 5. triász mészkő és dolomit tömbök, 6. árok, lépcsős mart., 7. kompressziós vető, 8. nyirás-zóna.

6. ábra: Keresztszelvény a Bukovina dombon, 1. márgás, palás agyag homokkővel, 2. homokkő márgás palás (Paleogén), 3. kőtenger, blokk-mező

1630

7. ábra: Kereszt-szelvény a Luksinec dombon, 1. fliss agyag és homokkő, 2. homokkő, 3. törmelék

9. ábra: Kereszt-szelvény a Kremnické hory keleti szélén, 1. mészkő és dolomit, 2. konglomerát (Paleogén), 3. agyagpala, 4. agyag, 5. andezit és agglomerát, 6. tömb hasadékok, 7. kőtenger, 8. vonszolt zóna, 9. csuszás, 10. vetők, 11. furások

10. ábra: Geológiai deformációk a Velka Studnán 1. mészkő, dolomit (Triász), 2. homokkő, mészkő (Felső Paleogén, 3. agyagok, agyagkő, 4. agglomerát tufa tömbök, 5. vonszolt zóna, 6. csuszó test, 7. köves tömbök, 8. kőomlás, 9. furás, 10. tervezett kifejtés

11. ábra: Példa a mérnökgeológiai viszonyok térképezése vulkáni hegységek határán, 1. alluvium, 2. a kőtengerek köves-agyagos anyaga, 3. alluvialis törmelékkup, 4. andezit, 5. tufa agglomerát, 6. tuffitos agyag, 7. Agyag, homokkő és mészkő betelepülésekkel, 8. konglomerát, homokkő, 9. mészkő, 10. dolomit, 11. szikla fal, 12. Kőtenger, 13. tömbök a kőtengerben, 14. megkötött csuszás, 15. szunnyadó csuszás, 16. élő csuszás, 17. földfolyás, 18. kőomlás fala, 19. völgyfenék, 20. patakok, 21. nedves hely, 22. forrás, 23. tektonikai vonalak, 24. furások

12. ábra: A földcsuszamlás vázlatos térképe, 1. élő csuszás homlokvonala, 2. szunnyadó csuszás, 3. megkötött régi csuszás, 4. másodlagos csuszás front, 5. törmelék mező, 6. geodéta megfigyelő pont, 7. geodéta vonal, 8. szelvény vonalak, 9. földalatti vasut, 10. lecsapoló kavics fal, 11. vizszintes furások, 12. cement blokkok, 13. kitöltés, 14. árok

13. ábra: Geodéta megfigyelő pontok elmozdulása

14. ábra: A lecsapoló kavicsfal vázlata, 1. Kaviccsal töltött furólyuk, 2. robbantással képzett üreg, 3. agyag, 4. vizszintes furólyuk

A MÉRNÖKGEOLÓGIAI TÉRKÉPEZÉS ÁLTALÁNOS KÉRDÉSEI

Juhász József*)

A mérnökgeológus számára általában két szakmai kifejezés mód kinálkozik: a mérnökgeológiai szakvélemény és a mérnökgeológiai atlasz. A kettő között a különbség az, hogy a mérnökgeológiai szakvélemény esetén a szükséges ismeretek a folyamatos szöveges részben vannak leirva és ebben a teljesértékü anyagban hivatkoznak a mellékelt térképekre, földtani szelvényekre, általában az ábrákra. A mérnökgeológiai atlasznál viszont az ábraanyag dominál, az teljes értékü és csak annak kiegészitéséül, magyarázatául szolgál a szöveges, ábrás magyarázó. E két kifejezésmód tehát egymáshoz illeszkedik és hogy melyiket választjuk az azon mulik, hogy melyik módon tudjuk a kivánt célra feldolgozott anyagot a felhasználó számára célszerübben, könynyebben, jobban hasznositható módon megadni. Ugyis mondhatnánk tehát, hogy a mérnökgeológiai atlasz a szakvéleményezésnek egy speciális formája. Jelentősége ezen a tudományágon belül abban van, hogy pontos, egyértelmü és kvantitativ eredményeket ad, amiket sokoldaluan mutat be és értékel az egyes atlaszlapokon. Ez adja egyben legnagyobb nehézségét is.

A mérnökgeológiai atlaszhoz a mérnökgeológiai térképezésen keresztül jutunk el. A mérnökgeológiai térképezés célja, valamely müszaki létesitmény földtani környezetének meghatározása és ábrázolása olyan pontosságig, hogy abból a tervező, kivitelező, üzemeltető a létesitmény, létesitménycsoport tervezéséhez, kivitelezéséhez, üzemeltetéséhez és felhagyásához szükséges minden müszaki-földtani kerületi feltételt le tudjon olvasni, de legalább meg tudjon határozni, amelyre az adott stádiumban szükség van.

---

*) NME Földtan-Teleptan Tansz.

1630

A térképezés céljából következik, hogy a térképezés eredményét bemutató mérnökgeológiai atlasz feladata a vizsgált terület morfológiai, földtani - ezen belül sztratigráfiai, tektonikai, petrográfiai - vizföldtani, fizikai földtani, kőzetfizikai és hasznos nyersanyag előfordulási (pl. helyi építőanyag) viszonyainak egységes rendszerben történő célirányos térbeli bemutatása a létesitmény, létesitmény csoport által megkivánt, a felhasználás számára közvetlen leolvasásra alkalmas cél összeállitásokkal együtt a szükséges mélységig és terjedelemben. Ujabban a térbeliség mellé az időbeliség ábrázolását is egyre inkább követelménynek tekintik.

A mérnökgeológiai atlasz feladatát akkor tudja maradéktalanul megoldani, ha az emlitett témaköröket a létesitmény számára szükséges részletességgel és alapossággal térben és időben feltárja. Ebből következik, hogy ugyanazon területen más mérnökgeológiai jellemzőket kiván meg egy utépités, egy alagutépités, egy völgyzárógátas viztározó, lakótelep, vagy külfejtés. Nyilvánvaló tehát, hogy a mérnökgeológiai térképezés minden esetben valamely előre meghatározott létesitmény (-csoport) számára készülő céltérképezés kell legyen. Ezért gondolni sem lehet arra, hogy például egy országra kiterjedő minden müszaki tervezés számára megfelelő mérnökgeológiai térképezést végezzünk. Az ilyen kezdemények megmaradnak az általános kőzetfizikai paraméterek vagy a meglévő dinamikai-geológiai folyamatok bemutatásánál. Ez pedig minden fontossága mellett sem ad egy tervező számára elegendő információt és főképpen elegendő szakmai segitséget a földtani szempontból is kellően mérlegelendő döntéshez.

A mérnökgeológiai térképezés méretaránya a tervezési munka méretarányához igazodik. A mérnökgeológiai atlasz akkor látja el feladatát, ha a természeti környezet mennyiségi jellemzőiről kellő részletességgel tájékoztatja az érdekelteket. A mai tervezési, beruházási rendben a többlépcsős tervezés a szokásos. Ezért helyes, ha a mérnökgeológiai atlasz méretaránya is alkalmazkodik az egyes tervezési fázisokhoz.

1630

A gazdaságosság és nem utolsó sorban a rendelkezésre álló idő kimélése érdekében a szükségesnél nagyobb méretarányt nem szabad használni, mert ez hatványozottan nagyobb térképezési munkát kiván fajlagosan. Ugyanakkor törekedni kell arra, hogy a mérnökgeológiai atlasz méretaránya megegyezzék a tervezési munka alkalmazott méretarányával, hogy a tervezőnek átszámitás nélkül közvetlenül álljanak az ismeretek rendelkezésre, s igy a hiba lehetőségét minél inkább kiküszöböljük.

A mérnökgeológiai atlasz lapjairól a tervező közvetlenül mér és a feltüntetett adatokból számol. Ennek megfelelően a mérnökgeológiai térképlapokon szélső rajzi pontossággal kell az ismereteket feltüntetni. Ezeket a térképlapokat a tervező a gyakorlatban ugyanolyan alapadatként kezeli, mint mondjuk a geodéziai felvétel alapján készült domborzati térképet. Ez a térképanyag tehát szerkesztőjétől különlegesen nagy gondosságot igényel.

A hazai viszonyoknak megfelelően - figyelembe véve a külföldi gyakorlatot is - az alábbi mérnökgeológiai atlasztipusok készülnek:

a.) áttekintő mérnökgeológiai atlasz. Méretaránya 1:50 000 - 1:25 000. Elsősorban regionális tervezés, nagy területre kiterjedő rendszerek, pl. öntözőrendszerek tervezésének alapja.

b.) Vázlatos mérnökgeológiai atlasz. Méretaránya: 1:10 000 - 1:5 000, (esetenként 1:4 000). Vonalas létesitmények vázlatterveihez, településrendezéshez, bányanyitáshoz, völgyzárógát tározótavához készülő változat. A hazai gyakorlatban ez a leginkább használatos méretarány tartomány.

c.) Részletes mérnökgeológiai atlasz. Méretaránya 1:5 000-1:1 000. Ezt használjuk gyártelep, lakótelep, vonalas létesitmény, kisebb bánya, stb. mérnökgeológiai viszonyainak bemutatására.

d.) Épitési kőzetatlasz. Méretaránya 1:1 000-nél nagyobb. Egy kis kiterjedésü létesitmény helyének és közvetlen környezetének mérnökgeoló-

giai viszonyait tünteti fel igen részletesen. Csak akkor alkalmazzuk, ha a szokásos talajmechanikai szakvélemény valamely bonyolult vagy kényes földtani helyzetnél fogva nem elegendő a biztonságos épitéshez.

A mérnökgeológiai atlaszok meghatározott célt szolgálnak. Ezért a méretarány önmagában nem határozza meg sem a rendeltetését, sem pedig azt, hogy a tervezés melyik lépcsőjében használjuk.

A mérnökgeológiai atlasz tartalma a gyakorlatban kikristályosodott módon két nagy csoportra bontható: az alaptudományi térképlapokra és a mérnökgeológiai változatokra. Felmerült olyan gondolat is, hogy az alaptudományi lapokat, amikre ráépül a mérnökgeológiai lapok csoportja, az atlaszból hagyjuk el. A gyakorlat bebizonyitotta, hogy nem szabad ezeket a lapokat elhagyni még akkor sem, ha a felhasználóról feltételezzük, nem szakember voltát. Inkább, ugy kell az alaptudományi lapokat is megfogalmazni, hogy azok számukra is minél érthetőbbek legyenek.

Elvileg az alaptudományi térképlapokat átvehetnénk az alaptudományi térképezés során már kidolgozott formákban. A tapasztalat egyértelmüen arra mutat azonban, hogy a sajátos követelmények miatt a meglevő alaptudományi anyagot lényegesen át kell dolgozni, gyakorlatilag a mérnökgeológiai térképezés során ezeket ujra el kell készíteni a méretarány, a pontosság igénye és a célszerüség miatt. Még a legjobban "feltérképezett" országokban sincs pl. bárhol 1:10 000 méretarányu geomorfológiai térképsorozat. Ugyanakkor olyan térbeli ábrázolási, pontossági igények jelentkeznek a mérnökgeológiai térképezésnél, amit az azonos méretarányban meglévő anyagok, pl. a földtani térképek nem tudnak kielégiteni. Felszini létesitmények esetén - pl. épitésföldtani atlasznál - az egyes térképeknek a felszintől 10-20 méterig terjedő epidermiszen belül kell igen részletes és azonos pontosságu anyagot szolgáltatniok. A földtani térképek szerkesztésnél, még azonos méretarány

1630

esetén is kevésbé érezzük szükségét annak, hogy a "felszini" térkép valóban a felszint mutassa és helyenként ne menjen néhány métert az alá. A földtani szelvények pedig a felső 10-20 méteres réteganyag térbeli helyzetének skrupulozusan pontos bemutatására törekedjenek, ne pedig az általános földtani és tektonikai viszonyokról tájékoztassanak. A földtani térképezésnél hazai viszonyaink között még egy nehézség az, hogy az alkalmazott kőzet nevezéktan nem mindig azonos a mérnökgeológiában alkalmazottal. Különösen a fiatal üledékeknél szokott számunkra meg nem engedhető elnagyolás jelentkezni.

A fentieknek megfelelően a gyakorlatban az alaptérképeket is együtt készitjük a mérnökgeológiai változatokkal. Igy a mérnökgeológiai térképezést az alábbi szakaszokra bonthatjuk:

1. A helyszin előzetes bejárása
2. A meglévő adatok begyüjtése
3. A mérnökgeológiai atlasz alaptérképeinek előzetes összeállitása
4. Az előző pontban készitett anyag alapján a feltárások megtervezése, kivitelezése és feldolgozása
5. A terepi munkák elvégzése
6. A mérnökgeológiai atlasz összeállitása.

A mérnökgeológiai térképezés megkezdése előtt tisztázni kell a térképezés célját, léptékét, valamint a vizsgálandó terület határait. Minden mérnökgeológiai térképezés előtt részleteiben is tisztázni kell a kőzetek egységes megnevezését, amelynek mindenütt az érvényben lévő szabványokhoz kell simulnia, a mellett a mérnökgeológiai térképezési munka céljainak megfelelő terminológiának kell lennie.

A térképezési munka során kiemelkedően fontosnak találom a 3. pontban emlitett előzetes mérnökgeológiai atlasz összeállitását a helyszini bejá-

1630

rásra és az összegyüjtött meglévő adatokra támaszkodva. Ez az a lépés, amikor jól fel lehet mérni a teendőket, a leggazdaságosabban lehet a még szükséges feltárásokat megtervezni ahhoz, hogy az atlasz minden részletében "egyenszilárdságu" legyen, azaz minden lap és a lapok minden részlete azonos pontosságu, azonos megbizhatóságu legyen. Az előzetes atlasz összeállitása nélkül tervezett feltárások könnyen feleslegesen sok, vagy a szükségesnél kevesebb ismeretet adnak egyes területeken.

A hazai egyakorlatban kialakult, hogy a mérnökgeológiai feltárásokat - az egyéb alkalmazott földtani feltárások háromlépcsős kivitele helyett - egy, esetleg két lépcsőben végezzük. A második lépcső már a hiányok pótlására, vagy olyan nem várt földtani bonyodalom megismerésére szolgál, ami a teljes vizsgált területnek már csak kis hányadára terjed ki. Ez az egylépcsős feltárás nagy időmegtakaritást eredményez, ami a tervezés-épités számára sokszor döntő jelentőségü. Megbizható egylépcsős feltárás azonban csak az előzetes atlasz összeállitása révén tervezhető és végezhető.

Ugyancsak az idővel való versenyfutás eredményezi azt, hogy a felszinen, vagy közelében elhelyezkedő objektumok mérnökgeológiai térképezésénél az összes feltárásokat egyszerre tüzzük ki, s igy nagyon alapos ismeretekre kell támaszkodnunk. A geológus mérnök szivesen venné, különösen bonyolultabb területen az analitikus feltárási rendszer alkalmazását. Ezt azonban egyes, különlegesen nagyértékü létesitmény pl. völgyzáró gát, vizlépcső közvetlen környezetén kivül a gyakorlatban reálisan nem lehet megvalósitani.

A feltárás és a térképezési munka egésze sok esetben teljesen szabályozott. Vannak országok, ahol ezek a szabályozások már sok évtizedes multtal rendelkeznek. A mérnökgeológiai és általában minden természettudományos kutatási jellegü munkában ezeknek kettős hatása van. Egyrészt "ipari" jellegüvé teszi a munkát, s igy semmi fontos probléma nem kerülheti el a geoló-

1630

gus mérnök figyelmét. Nem követhet el jelentősebb hibát, igy a térképezési munka, bennük a feltárások és a belőlük készülő mérnökgeológiai atlasz megbizhatósága statisztikusan megfelelő lesz. A másik hatás, ugyancsak a kutatás jellegü munka "ipari" jellegéből következően az, hogy kiöli az egyéni kezdeményezést, a mindig egyedi földtani helyzet megismeréséhez vezető optimális megoldás keresését, az egyéni ötletek és a rátermettség érvényesülését. Kétségtelen az, hogy az egyéni ut keresése esetenként bizonyos veszélyt rejt magában, mert nem hozza meg a várt eredményt. Mégis ugy gondolom, hogy a szabályozások miatti rendszeres tulkutatás, tulbiztositás végeredményben népgazdasági szinten nagyobb kiadást okoz, mint a szabályozás nélküli esetben jólképzett szakemberek mellett ritkán előfordulható alulkutatás utólagos kiegészitése. Véleményem szerint ezen a téren itthon a mérnökgeológiai munkák kötelező elvégeztetésére szabályozására van szükség, benne irányelvként megszabva a létesitmény beruházási összegének hányadában a kutatásra forditandó pénz határait; javaslat (irányelv) kellene az egyes mérnökgeológiai munkák elvégzéséhez, amit - ha akar - a szakember mankónak használható. Végül fel kellene állitani olyan bizottságokat, amelyek a kész kutatást ellenőrzik és elfogadják. Ez a hármas rendszer adhatná az optimumot a kutató és a népgazdaság számára egyaránt. El kellene érni továbbá, hogy csak a mérnökgeológiában jól képzett szakemberek végezhessenek ilyen munkát.

A feltárások befejeztével készül a mérnökgeológiai atlasz. Külszini létesitmények számára készülő atlasz esetén a tapasztalat szerint az alaptérkép sorozatokban adni kell geomorfológiai térképeket, amelyeken a felszinformák számunkra fontos komponensei, s a dinamikai geológiai folyamatok részletes és sokoldalu feldolgozása, a felszin alak és a felszin hajlás kell, hogy megjelenjen. A természeti jelenségeken kivül döntő fontosságu az emberi beavatkozások ábrázolása is, mint az alábányászottság, a pincék, a tereprendezés, a külszini bányák, vagy a dinamikai geológiai jelenségek megakadályozására végzett beavatkozások (pl. rézsü védelem, erózió véde-

1630

lem). A dinamikai geológiai folyamatokból azokat kell feltüntetni, amelyek a létesitmény várható élettartama alatt azt befolyásolhatják (pl. erózió, abszorpció, lejtőmozgások, neotektonikai mozgások, földrengés) és az emberi beavatkozás dinamikai geológiai következményeit (pl. felszinsüllyedés.

Az alaptérkép sorozat második csoportját alkotják a földtani térképlapok. A gyakorlat szerint lényegesen el kell térnünk itt a szokásos fedett, vagy fedetlen földtani térképek szerkesztési elveitől. Tudomásul kell vennünk, hogy az anyagot a felhasználó szemével kell összeállitani. A felhasználó pedig nem a brilliáns, ötletes feldolgozást, hanem a minóciózusan pontos, gondos, részletes és világos, mérhetően követhető feldolgozást igényli.

Ennek megfelelően a földtani észlelési térképen pl. csak azt szabad pontosan körülhatárolni, ahol valóban észleltünk egy földtani képződményt és ezen a gondosan bejelölt folton belül pontosan meg kell jelölni azt a helyet (pontot) - néha helyeket - ahol a dokumentáció számára leirtuk a képződményt.

A felszini földtani térkép csak akkor teljesiti hivatását, ha az valóban "felszini", tehát a humusztakaró alatti kőzetet mutatja be gyakorlatilag a 0-0,8 m között mélységközben. Nem szabad tehát a felszini térképről hiányozni már az egy méter vastagság körüli takarórétegeknek sem. Be kell vallanom, hogy ez a földtani feldolgozási munkát nagyon munka és pontosság igényessé, a vas következetesség miatt pedig fárasztóvá, ugyanakkor viszont kétségtelenül mérhetővé teszi.

A külszini létesitmények mérnökgeológiai atlaszának mélyföldtani térkép-anyaga a létesitmény igényeihez igazodik. Épitésföldtani, ut-, vasutépitési, közmüépitési, kéregvasut épitési célu feldolgozásnál a gyakori alapozási sikoknak megfelelően legtöbbször a -1,5, -3,5, -5,5 -10,0 -20,0 m-es

1630

mélységekben vesszük fel a "mélytérképek" felületét. Ezek a mélységközök ugyanis nemcsak a gyakori alapozási sikokkal egyeznek meg, hanem a nálunk gyakori fiatal völgyek földtani képződményeinek általános jellemzésére is jók. A -1,5 m-es felület a fedő, a -3,5 m-es felület a fedő és az átmeneti réteg mélységében, a -5,5 m-es szint - ahol van - a pleisztocén terasz rétegben a -10,0 (nagyobb völgyekben, a -20,0) méteres felület pedig a terasz feküjében huzódik.

Külfejtések esetén a mélytérképek felszinalatti elhelyezkedését a meddő letakarási szeletvastagságok határozzák meg ugy, hogy minden szelet középvonalában, vagy határán, egyszerü földtani felépités esetén minden második szelet határán menjen keresztül egy-egy mélytérkép. Ezen kivül a termelendő nyersanyag feküjében legyen egy mélytérkép a talp teherbirásának meghatározása érdekében.

A földalatti vasut mélyvezetésü szakaszán négy mélytérkép készitése mutatkozik szükségesnek. Egyik az alagut teteje és a felszin között a jellemző szintben, ilyen hiján a félmagasságban. A következő három az alagut tető-, közép- és talpmagasságában.

A vizépitési munkák közül az öntözőrendszerek esetén, valamint völgyzáró gátak és duzzasztómüvek tározó terében -1,5 és -3,5 m-en célszerü mélytérképet szerkeszteni. Mély talajvizü területen az elszivárgás vizsgálatára -5,5 m-en is szükséges lehet mélytérkép készitése. Völgyzárógát és duzzasztómü alatt az alapozási sikokban, a felszin és e sikok felezőjében, valamint az alapozási sik alatt két egyedileg kiválasztott mélységben kell mélytérképeket szerkeszteni. Injektálás esetén a mélytérképek mélységét növelni lehet.

Eredményes kisérletek történtek arra, hogy két-két szomszédos mélytérképet összerajzolva a két kitüntetett terület közötti egész "szeletet" térben

1630

bemutathassuk, azaz a két felületen belüli változást is ábrázolhassuk. Ugy vélem, hogy ez az ábrázolási mód még nem áttekinthetetlen, ugyanakkor a külön-külön ábrázolásnál lényegesen több konkrét, mérhető információt tartalmaz. Elengedhetetlen kiegészitői a jellemző helyeken felvett földtani szelvények.

A földtani tipusu térképek egy fontos csoportja a petrográfiai lap csoport. Véleményünk szerint egy adott cél számára szükséges petrográfiai ismeret az esetek jelentős hányadában részben a földtani, részben a kőzetfizikai lapokra rávihető, s igy legtöbbször nincsen szükség önálló petrográfiai változatokra. Bonyolult és sok földtani emeletet átölelő felépitésü területen azonban a földtani térképsorozat áttekinthetőségének megőrzése érdekében a petrográfiai ismereteket külön kell választani. Ebben az esetben azonban vigyázni kell arra, hogy a földtani -, a petrográfiai- és a kőzetfizikai térképen ne legyenek ismétlődések, vagy azok a szükséges minimumot ne haladják meg. Az alaptérkép sorozatnak ez egy kényes szakasza az átfedések mellett a terminológia és az egymásra épülés szempontjából egyaránt. Hazai viszonyaink között a földtani terminológia különösen a laza üledékek vonatkozásában nem egységes és főleg nem egyezik az ezekre a kőzetekre vonatkozóan meglévő egyetlen szabvány terminológiájával a talajmechanikaiéval. Ezért a földtani térképezésnél is -éppen az atlasz céljának szem előtt tartása miatt - a löszön kivül a laza üledékekre ma a talajmechanikai szabvány nomenklaturáját kell alkalmazni egységesen. Ez a követelmény önmagában is sok nehézséget okoz a földtani, de főleg a petrográfiai térképanyag megszerkesztésénél.

A petrográfiai és a kőzetfizikai térképsorozatot természetesen a földtani mélytérképek felületének megfelelő mélységben szerkesztjük meg. Ezek a lapok olyan mennyiségü információt tartalmaznak, hogy csak felületenként külön-külön ábrázolhatók, a földtanihoz hasonló "szelet" formában nem.

1630

Az emlitett három térképsorozat tipusnak az egymásra épülése is problematikus sokszor. A képződmények terén a nagyból a kicsi felé haladás a földtan - petrográfia - kőzetfizika sorrendben van. Ezek a térképek e sorrendben csak tovább oszthatják az előző anyag egy-egy részterületét, a határaik azokon át nem nyulhatnak. Ha pl. egy miocén homokréteg melletti pleisztocén homokréteg azonos kőzetfizikai jellemzőkkel birna is, a földtani kor miatti elkülönülési határon akkor is meg kell osztani. Amennyiben a nagyból a kicsi felé haladásnak ezt a nagyon szigoru elvét figyelmen kivül hagyjuk - akár csak esetenként is - az atlasz elveszti világos egyértelmü felépitését.

A kőzetfizikai lapokat egyes szakemberek már a mérnökgeológiai változatok közé soroják. Ez azonban nem helyes, hiszen a kőzetek természetes állapotában mért bizonyos minőségi, mennyiségi jellemzők még alapanyagok. A sokrétü fizikai jellemző áttekintő ábrázolása gondos előtervezést és nem egyszer nagy rutint kiván.

A mérnökgeológiai atlaszok alapanyagának fontos része a hidrogeológiai viszonyokat bemutató anyagrész. Itt a különböző vizszintek (maximális, átlagos, minimális talajviz, karsztviz szint) és a vizminőség ábrázolási módja meglehetősen kiforrott és probléma mentes. Ha az adott épitési cél szempontjából lényeges és főleg a megengedett határérték közelében mozgó képmiai összetevő van a vizben (pl. szulfát, széndioxid) akkor célszerü azt izovonalasan is ábrázolni a közvetlen leolvasás biztositására. A viz jellegét megadó minőségi jellemzőket elegendő pontszerüen ábrázolni. Fontos azoknak a sekélymélységü rétegvizeknek a nyugalmi nyomását is megadni, amik az alap-, munka-, vagy bányagödrök kiásása során talajtöréssel fenyegethetnek.

Az alaptérképekre épülve készülnek az atlasz mérnökgeológiai lapjai. Ezek a legheterogénebb anyagok. Nézzük sorba, hogy ezeken a lapokon mit kell ábrázolni az előadás elején mondott deffinició alapján.

1630

A mérnökgeológiai lapok tartalma változik leginkább a térképezés célja szerint. Minden épitmény, vagy épitmény csoport fajta más és más mérnökgeológiai lapokat kiván. Röviden összefoglalom, hogy egy-egy célanyagban milyen kérdésekre kell megtalálni a választ a különböző létesitmények számára.

Kezdjük talán az itt példaként bemutatott épitésföldtani atlaszokkal. Mindenek előtt tájékoztatást kell kapnia az épitésznek, hogy földtani szempontból az egyes területek beépithetősége milyen mértékben kedvező. Különösen fontos a beépitésre nem javasolt területek lehatárolása az indokolással együtt. Tájékoztatást kell kapnia a tervezőnek az egyes területrészeken optimálisnak nevezhető alapozási szintekről az ott megengedhető alapfeszültségekkel együtt. Ezek az adatok épitmény tipusok szerinti bontásban kell, hogy készüljenek. A lapokon tájékoztatni kell a felhasználót arról is, hogy a javasolt alapozási sik alatti rétegek mennyire nyomhatók össze. Erre a célra egy meghatározott fajlagos terhelésü standard alaptest süllyedését lehet ábrázolni, pl. sik alapnál 1,0 m széles alaptestnek a megengedett terheléssel való megnyomását vehetjük standardnak. Célszerü a térképezés céljának megfelelően választani a standardeket. A tervező számára végül meg kell adni a javasolt alapozási sik feletti - kiemelkedő - kőzetanyag épitési osztályát a kiemelés müszaki és gazdasági megtervezése érdekében. Végül a részletes alapozási, rézsüállékonysági stb. számitások elvégezhetősége érdekében minden egyes területrészre megadjuk a bennünket érdeklő mélységig a rétegsort és azok fizikai jellemzőit. Az adatbőség nem engedi meg, hogy a tervező számára talán legideálisabb módon, egyetlen lapra süritve adhassuk meg az összes adatokat. Ezért a gyakorlatban a mérnökgeológiai változatok előbbi tartalmát analitikus és szintetikus térképsorozaton szoktuk megadni. Az épitésföldtani atlaszoknál a különböző jellegü alapozási módok adattömegét egy-egy analitikus lapon adjuk meg, a beépitési kategóriák és a területen földtani, kőzetfizikai adatait pedig a szintetikus (-rayon) térképen és a magyarázóban.

1630

A közmüatlaszok esetén a különböző közmüfektetési mélységig kiemelendő kőzetek épitési osztályát, a közmüárok biztositása módját, illetve a megtámasztandó földnyomás értékét adjuk meg. A rézsüs közmüárok rézsühajlását, az esetleg talajvizszint alá kerülő szakaszokat, s az ott adódó jellemző vizoszlop magasságokat is ábrázoljuk. Magas talajvizü területeken a közmüárok viztelenitési javaslata is helyet kap a lapokon. Mindezket összefoglalja a rayon térkép, amelyen a különböző közmüvek, s azok különböző mélységben való fektetésének kedvező, vagy nem kedvező volta szerint osztályozzuk a területeket.

Kéregvasut részére készülő mérnökgeológiai atlasz analitikus és szintetikus mérnökgeológiai lapjai a kéregvasut vonalvezetésének ismeretében az adott földtani viszonyok mellett előnyös munkagödör határolásra vonatkozó javaslatok, a hatóerőkkel, a végleges szerkezetre ható földnyomás értékek, a talajviz alatti szakaszokon a viztelenités előnyös módja, a kőzetek statikus és dinamikus teherbirása és a kiemelkedő földtömeg épitési osztálya a legfontosabb megadandó jellemzők.

Az ut- és vasutépités számára készülő atlaszokban az előzőek értelemszerü megjelenitése mellett uj szempont a helyi épitőanyagok feltárása, az épitőanyag bányák müveléséhez szükséges müszaki-földtani keret megadása (müvelési szeletek, keverhető anyagok stb), valamint a fagykérdések (felfagyások, rézsükifagyását) és a lineáris létesitményekkel levágott öblözetek viselkedése pl. erózió szempontjából.

A nagy területü vizi munkák - pl. öntözés, belviz rendezés esetenként az ár-, illetve a vizmentesitett öblözetek munkái, viztározók tározótavai - az előbbiekben emlitetteken kivül a szivárgási problémák gondos feltárását megfelelően pontos és szükségesen sokrétü bemutatását is megköveteli. Szükség van a partok, ill. völgyoldalak hajlásának átalakulás vizsgálatára és a várhatóan végleges partok alakjának bemutatására, a hordlékhozam és a lerakodá-

1630

si helyek meghatározására, az esetleg szükséges hordalékfogó gátak helyének és magasságának megadására. Ezek a nagy területre kiterjedő munkák általában kisebb léptékü mérnökgeológiai atlaszt kivánnak pl. 1 : 25 000), igy a földmunkában helyenként megjelenő mütárgyak vizsgálatát nem lehet ezen belül elvégezni. Arra külön talajmechanikai szakvélemények készülnek.

A nagy vizépitési - sok esetben általában mélyépitési - mütárgyak mérnökgeológiai atlaszaiban az eddigiekben ismertetett összes kérdés felmerül, igy ezek kivánják tulajdonképpen a legsokrétübb feldolgozást. Ujabb problémaként merül fel a munkagödör falainak állékonysága kitakart állapotban, a mütárgyak alatti szivárgás gátlás és a kőzetszilárditás célszerü módjának és anyagainak megadása. Ezekhez természetesen helyszini mérnökgeológiai elővizsgálatokat kell végezni. Ez is egyik oka annak, hogy az ilyen nagy és bonyolult mütárgyak mérnökgeológiai vizsgálata mindig több fokozatban, sokszor még háromnál is több fokozatban készül.

A bányagödrös külfejtések mérnökgeológiai térképezésének a haszonanyag feletti meddők kitermelési lehetőségeivel, az álló és a mozgó rézsük kialakitásával, a meddő szállitásával, elhelyezési módjával és a meddő anyagnál kiképzendő rézsükkel kapcsolatos kérdésekkel kell foglalkozni. A szükséges vizelenités módjáról és rendszeréről - ha nem viz alól történik a termelés - külön vizvédelmi szakvéleményben szokás anyagot adni.

Bányafalas külfejtéseknél a nyersanyag és a meddő, a réteghatárok és tektonika térbeli helyzetéről, a haszon és meddő kőzet szilárdságáról, a bányafal magasságáról és generálhajlásáról, a meddő számára alkalmas területről és a meddő elhelyezés kérdéséről kell a mérnökgeológiai atlaszoknak megfelelő anyagot tartalmazniok.

A mélymüvelésü bányák és az alagutak mérnökgeológiai atlaszába a fentieken kivül a kőzetnyomás, a kőzetek alakváltozása, a minőségileg is szétválasztott

1630

gázbeáramlási szakaszok, nagyobb mélységben a hőmérsékleti viszonyok, - alagutnál a vizre vonatkozó adatok is - kvantitativ bemutatásával kell az atlasz mérnökgeológiai lapjait kialakitani.

Az ismertetett kivánságok a mérnökgeológiai atlaszokban hazánkban ma még csak többé-kevésbé elégittetnek ki. Ennek objektiv, szubjektiv és történelmi okai egyaránt vannak. A legfontosabbak közül emlitenék csak néhányat. Az objektiv nehézségekből csak az ábrázolási problémát. Minél alaposabb, sokrétübb egy vizsgálat, annál gondosabban kell az eredményeknek az atlaszban való megjelenitését megtervezni. Az összetartozó, egyszerre értékelendő anyagot lehetőleg egy-egy lapra kell rávinni. Ugyanakkor a lapok áttekinthetőségét meg kell tartani. Nem könnyü feladat. Egyik segitség ad, ha valóban csak a szükséges adatokat ábrázoljuk és minden tetszetős, de nem feltétlenül szükséges adatot elhagyunk. Nincsen jelentősége pl. külszini létesitmények esetén a különböző koru rétegösszletek izzóvastagsági térképének, vagy terasznál a kavics vastagság térképnek. Még kevésbé kell az alaphegység térképet a réteg- és karsztviz térképeket közölni. Az ezekben megtalálható adatok a tervező számára az adott esetben feleslegesek.

Az információ bőség még a fentieket elhagyó, tehát megfelelő megtartóztatás mellett is nagy. Ezért sokan, hogy az együttnézést minél jobban kielégitsék, igyekeztek igen sok szinnel, kombinált jelrendszerrel vinni rá minél több adatot egy-egy lapra. Sajnos ez a mód az olvashatóságot rohamosan csökkenti. Lényegesen ötletesebb volt az az NSZK-beli kezdeményezés, amikor a lapok egy részét átlátszó filmre nyomtatva lehetővé tette tetszőleges sorrendben akár három lap egymásra tételét és együtt szemlélését is. Ez valóban igen ügyes, de rendkivül drága és sajnos nagyon könnyen megsérül, vagy elvész egy-egy lap. Érdemes volna a legeredményesebb ábrázolási ügyeskedéseket összegyüjtve célratörően továbbfejleszteni azokat.

1630

A hazai épitési előirások az épitési munkák előmunkálataiként ma még egyedül a talajmechanikai munkákat irják elő. Ennek köztudottan a hazai történelmi fejlődés az oka, hiszen a mérnökgeológiát itthon alig 30 éve kezdték néhányan müvelni. A nagymultu és szinvonalas talajmechanikai oktatással szemben nem volt oktatási bázisa. Husz éve kerül mindössze évente 6-8 főnyi geológus mérnök képzettségü szakember az iparba és a kutatásba. Ez a rendkivül kevés szakember máig sem tudott elegendő eredményt elérni a beidegzettség, az ujat ellenző vezetés és a fennálló rendelkezések ellenében. Az elért kis eredmények mégis egyre divatosabbá teszik ezt a szakmát. A kevés szakember és főleg a szinte teljesen hiányzó ipari szakmai vezetők mellett a legkülönbözőbb szakmából igen eltérő gondolkodásu emberek végeztek és végeznek ilyen témáju munkát. Az eredmény a kaleidoszkóp-szerü heterogenitás mellett sokszor igen mérsékelt minőségü szakmai anyag, ami nem előnyös a mérnökgeológiai munkák értékének megitélésében.

Az előzőhöz hasonló sulyu probléma az, hogy a beruházók sem ismerik e szakmai munka értelmét, használhatóságát, belső törvényeit, időigényét. Még a kérdést jobban ismerők sem tudják a mérnökgeológitá az általános és regionális földtan, a vizföldtan, a kőzetmechanika és a talajmechanika között elhelyezni. Legtöbb esetben az adott méretarányu térképezéshez szükséges igényeket sem tudják megadni, vagy a térképezés célját kitüzni.

Ha arra gondolunk, hogy a szakmailag sokkal egységesebb, céljait tekintve sokkal egyszerübb vizkutatási és vizbeszerzési munkáknál csak több évtized alatt, nagyon nehéz indulás után tudott fokozatosan meghonosodni a lyuggeofizikai vizsgálat, holott ennek is már évtizedes külföldi és hazai olajbányászati gyakorlatát mindenki ismerte, akkor azt kell mondanunk, hogy a fokozatosan egyre nagyobb szakmai tapasztalattal rendelkező, esetenként már középvezetői szinten müködő geológus mérnökök a következő évtizedben helyet fognak szoritani a népgazdasági kutatásban a mérnökgeoló-

1630

giának is bizonyitva azt, hogy ennek használata az egyre nagyobb mértékü, egyre kényesebb és egyre nagyobb fajlagos értékü beruházásoknál elengedhetetlen és gazdaságilag is hasznos munka.

1630

VIZFÖLDTANI ELŐMUNKÁLATOK AZ ÉPITÉSFÖLDTANI TÉRKÉPEZÉSNÉL*

Karácsonyi Sándor

Mindazon területeken, ahol a talajviz jelenlétével, mozgásával, változásával számolni kell, a terület mérnökgeológiai problémáinál a viznek is szerep jut, nem egyszer meghatározó jellegü.

Igy egy adott település épitésföldtani általános értékelésénél is kiemelten kell foglalkozni a talajviz helyzetével, esetenként a természetes vizjárást befolyásoló egyéb körülményekkel. A talajvizjárás törvényszerüségének vizsgálata köztudottan összetett, időigényes feladat, hisz a helyes következtetések levonásához kiterjedt megfigyelés, helyszini vizsgálat adataira kell tá - maszkodni. E vizsgálatok elvégzésére kifejezetten kedvező és alkalmas a térképező munka, mivel a megfigyelés elkerülhetetlen időszükséglete itt általában biztositható és a település egész területére kiterjedő vizsgálat körülmények egyidejüleg is megteremthetők.

A hazai térképezéseknél a vizföldtani térképváltozatok igen lényegesek és nem egyszer részletesebbek és megbizhatóbbak az egyéb térképváltozatokénál. Ennek egyben természetese előfeltétele, hogy a szükséges megfigyelések a térképezésnél elvégezhetők legyenek. Éppen a térképező munka vezetett oda, hogy az épitésföldtan keretében külön szakágazatként alakult ki az épitési hidrológia, amely a talaj- és egyéb vizféleségek mozgástörvényeinek vizsgálatát elméletileg is megalapozottan rendszerezetten, önálló fel-

---

* F.T.V.

1630

adatként és nagy megbizhatósággal biztositja. A különböző időtartamra kiterjedő és sürüségü észlelési adatsorok alapján szerkesztett eloszlás függvényekből értékelt az épitmények élettartama és funkciója szerint, általában mértékadó 50 éves gyakoriságu és egy hónapnál nem hosszabb tartósságu vizállások arányos megbizhatósággal meghatározhatók.

Az épitéshidrológiai tapasztalatok alapján nemcsak a szabatos értékelés módszere alakult ki, de módszer áll rendelkezésre az előkészités és a megfigyelés legcélszerübb rendszerének kialakitására, amely a legmegbizhatóbb eredményeket a feltétlen szükséges ráforditás mellett biztositja.

A térképek hasznosságát a gyakorlatot segitő tulajdonsága határozza meg. Eddigi tapasztalatunk szerint éppen a vizföldtani térképváltozatok - megfelelő előkészités esetén - leginkább segitik a gyakorlatot, márcsak azért is, mivel egy részterületre kiterjedő és időkorlátokkal végzendő célvizsgálat alig ad lehetőséget a vizjárás szélsőségeinek megbizható értékelésére. Ennek lehetősége a vizföldtani térképezés és az etalon értékü megfigyelőkutak fenntartása és folyamatos észlelése mellett fokozottan biztositott, melyek eredményei kifejezetten alkalmasak a gépi nyilvántartásra. Az adott célvizsgálathoz szükséges kiegészités ilyen feltételekkel minimális idő- és költségigényes.

Egy településen belül az épitési hidrológiai adottságok rendszerint természetes és mesterséges hatások alatt állnak. Az ezekben bekövetkező változások vezetnek a zavart okozó anomáliákra, amelyek kiszürése csak a bázist képező épitéshidrológiai alapvizsgálatok birtokában történhet. Az alapvizsgálatok birtokában derithetők fel aránylag gyorsan a zavart okozó változások, és a kedvezőtlenül megváltozott körülmények elháritásának lehetőségei. A Főváros területén az elmult 10 évben 52 területen történt jelentős esetenként katasztrófákat eredményező vizszint változás, amelyek gyors és

1630

biztonságos felderitése alapvizsgálatok nélkül alig képzelhető el. Éppen ezen felismerés alapján történt olyan kezdeményezés, hogy a mérnökgeológiai-építésföldtani térképezésre előirányzott településeknél az építéshidrológiai elővizsgálatok korábban beindithatók legyenek a megfigyelés időtartamával arányos megbizhatóságu eredmények biztositása céljából.

1630

Felkért hozzászóló: Bognár Ernő *

Tisztelt Szeminárium, Kedves Vendégeink !

Az előzőekben három magas szintü előadást hallottunk a nagylétesitmények mérnökgeológiai kérdéseiről. Néhány elhangzott gondolatot kiragadva, gyakorlati példákkal szeretném bemutatni a nagy vizügyi létesitmények feltárási problémáit.

A Gabcikovo-Nagymaros Vizlépcső rendszer két területén végzünk jelenleg feltárásokat.
A Dunakiliti duzzasztó és tározó a Felső-Duna szakaszán található, ahol a folyó a Dévényi-kaput elhagyva akkumulációs szakaszán süllyedő medencében rakja le hordalékát. Az általános rétegződési kép a következő: Kb. 2-5 m vastag iszapos-homoklisztes fedőréteg alatt e térségben 180-200 m vastagságban homokos durvakavics összlet települ, feküje pleisztocén agyagos-iszapos rétegsor.

A duzzasztómü fölött szerkezetes, agyagmagos tározótöltés épül a viz tározása céljából. A töltés mentén nagyméretü szivárgócsatorna hivatott az átszivárgó vizek összegyüjtésére és levezetésére. A töltés a szivárgócsatornából kiemelésre kerülő anyagokból épül; kavics támasztótestből és iszapos közel-vizzáró magból áll.

Az előzetes tervekhez a feltárás a fedőréteget harántoló kézi kisátmérőjü furásokkal, helyenként a kavicsösszletbe is lehatoló nagyátmérőjü gépi furásokkal történt. Az adatok alapján a fedőréteg alatt közel homogén homo-

---

*VIZITERV, Előmunkálati Osztály

1630

kos kavicsréteget tételeztünk fel. A kiviteli tervezéshez részben a topográfiai térképek, légifényképek vizsgálata alapján jutottunk arra a gondolatra, hogy a furással feltárt kavicsos összlet nem lehet homogén, hiszen a felsőpleisztocénben is a durvakavicsos fácies mellett lerakódhatott a mellékágakban homok, homokliszt; sőt az elzáródott, lefüződött morotvákban akár iszap, agyag és tőzeg is. Részletesebb feltárásokat igényeltek az ujabb tervezési elképzelések is. Igy került sor a töltés, valamint a szivárgó-csatorna mérnökgeofizikai feltárására.

A geofizikai mérések közül a horizontális elektromos szondázások tisztázták a fedőréteg vastagsági viszonyait - s már itt elmondanám, hogy az igy kialakitott részletes kép sokkal változatosabb, mint azt a csak furásos feltárások alapján megrajzoltuk.

A vertikális elektromos szondázások nem tudták a kavicsösszletet érdemben tovább bontani, az ellenállás-értékek nagyon szórtak.

A felső 15 m-es zóna feltárása végülis az u.n. mérnökgeofizikai szondázásokkal sikerült. A módszer lényege: 150-180 atmoszféra nyomással lejuttatnak egy csucsban végződő szondát és közben mérik a penetrációs ellenállást. Ezután izotóp szondával 10 cm-es közönként észlelik az agyagásvány-tartalmat, a sürüséget és a viztartalmat, amely utóbbi a kavicsréteg esetében arányos a hézagtérfogattal. Ilymódon a fedőréteg alatti kavicsos összletképét tovább bontottuk, finomitottuk. Kiderült az értékelés során az, hogy az összlet nem egységes, benne homokos lencsék, sőt iszapos-homoklisztes kitöltésü régi medrek találhatók. Mivel ezek szivárgási tényezője nagyságrenddel kisebb és kavicsrétegénél, a szivárgócsatorna egyes szakaszain nem volna hatékony, nem tudná feladatát betölteni. A megoldás az esetenkénti tulkotrás, illetve a mélyebbre lenyuló medrek helyén kavicskutak épitése révén lehetséges.

1630

A mérnökgeológiai modell tehát a folyó szelektiv akkumulációja miatt bonyolult, megrajzolásához komplex feltárások szükségesek.

A másik feltárási terület a Nagymarosi Vizlépcső. Itt a Duna epigenetikus völgyével töri át az oligocén tengeri rétegeken települő vulkáni eredetü andezitkőzeteket. A hegység a pleisztocén során erőteljesen kiemelkedett, a folyó pedig bevágódott.

A vizlépcső helyén többféle kőzet is előfordul: kemény piroxén-andezit, állottabb amfiból-andezit, valamint andezittufa és agglomerátum. A kőzetet posztvulkáni és tektonikus hatások érték, ezért repedezett, a repedések mentén helyenként állott. A vulkáni kőzetek mellett az oligocén agyagos-márgás rétegek is megjelennek a felszinen.

A feltárás először gépi furásokkal indult. Csakhamar kiderült, hogy csak furásokkal nem lehet a repedezett, szubvulkáni testek, telérek miatt bonyolult mérnökgeológiai képet megismerni. Szükségesnek látszott korszerü kőzetmechanikai és geofizikai vizsgálatok bevezetése. Ezek közül a szilárdsági és rugalmassági laboratóriumi méréseket a furási magmintákon végzik, a furólyukakban viznyeletés, lyukgeofizikai vizsgálatok készülnek.

Bevezettük a dinamikus-akusztikus vizsgálatokat, mind magmintákon, mind a furólyuk környezetét alkotó kőzettömbökön. A repedezettség fokának, a állottság mértékének meghatározása felszini geoelektromos mérésekkel történt, a vetők nyomozása céljából sekély-szeizmikus vizsgálatok készülnek. A további furásokat már a vetőzónák felderitésére telepitjük, a maghiányos szakaszokat áramlásméréssel és száloptikai vizsgálatokkal próbáljuk vizsgálni. A legfontosabbnak azonban az insitu vizsgálatokat tartjuk: a kimért legkedvezőtlenebb tulajdonságu kőzettömeg helyén aknát készitünk, az összes módszerrel megvizsgáljuk és próbainjektálással kiséreljük meghatározni a majdani munkagödör viztelenitésének lehetőségét. Vizsgálataink vég-

1630

zéséhez, értékeléséhez nagy segitséget nyujtottak a Szeminárium keretében elhangzott előadások, ujszerü gondolatok.

Köszönöm figyelmüket !

1630

Tasnádi Tamás *

Az előttem szóló illusztriv előadók témáihoz kivánok néhány hozzáfüzést tenni, elsősorban a bányászat területén tapasztalt problémákról.

Hozzászólásomat vázlatosan a következők szerint kivánom felépiteni.

1.) A mélyépitési és a bányászati üregnyitások közötti különbségek.

2.) A kőzetmozgások és bányakárok kialakulása a bányamüvelés hatására.

3.) A régi müveletek üregkutatásai.

4.) Biztositó szerkezetek és az üregkialakitásoknál várható kőzetmechanikai problémák.

5.) Diaképek bemutatása.

A bányászat a természet rendjébe történő bonyolult beavatkozásnak fogható fel. Függetlenül attól, hogy az ásványi nyersanyagok szilárdak vagy fluidumok, azaz folyadékok, ill. gázok. A fejlődés azt követeli, hogy a társadalom szükségleteinek kielégitésére egyre nagyobb tömegben álljanak rendelkezésre az energiahordozók, az ércek, az ásványok, beleértve a vizet is. Az elmult 15 év alatt a világ bányászatának volumene meghétszereződött, de pl. kálisóból és foszfátból 300-400 %-os a növekedés. Az energiahordozókkal és nyersanyagokkal való ellátás közismerten az emberiség legégetőbb problémái közé tartozik, egyenranguan és összefüggéssel a demográfiai fejlődéssel a fehérjetermeléssel, a környezet, elsősorban a viz, a levegő szennyeződések problémakörével stb.

---

* Központi Bányászati Fejlesztési Intézet

A bányászat mindig azzal jár, hogy a föld kérgében üregeket, üregek valamilyen rendszerét alakitja ki, amelyeket azután rövidebb-hosszabb idő elteltével általában felhagy vagy meg is szüntet. A bányászatban a munka tárgya helyhezkötött, a munkahely az üreg, vándorol. Ez ellentétben van az ipari termelés általános folyamatával. Ezzel meg is adtuk annak az alapvető különbségnek a magyarázatát, amely a bányászat és általánosságban a mélyépitési gyakorlat üregkialakitó, mütárgy létrehozó tevékenysége között van.

Áttérve a kőzetmozgások, a bányakárok problematikájára.

A földalatti üregek: vágatok, fejtések vagy akár a furólyukak is, de emlithetők a helyszini fejtések gödrei is a kőzetkörnyezetben különböző fizikai állapotváltozások és mozgások összetett kölcsönhatásokban érvényesülő folyamatát inditja el. A földalatti üregmegszüntetésből adódó változások megjelenési formája a mechanikai mozgás, az elmozdulás.

Lehetne sorolni a példák sokaságát, amikor a külszin a természetes változásainak hatására okoz az emberi létesitményekben különféle károkat. Ezekben az esetekben fogalmazhatunk ugy, hogy a károk kialakulásához a bányászatnak semmi köze nem volt.

Bányakárnak csak azokat a jelenségeket nevezzük, amelyeknek oka a bányászat okozta, pedig valamilyen, az ember számára használati értékkel biró létesitmény, épület, berendezés stb. állagában keletkezett rongálódás. Mértéke a kisebb értékcsökkenéstől az objektum teljes megsemmisitéséig terjedhet.

A bányászati müveletek hatása szerint a bányakárok két csoportja különböztethető meg.

1630

Ezek:

a.) Közvetlen vagy primer bányakárok, amelyek egyenes következményei a földalatti üregek kialakitásának, illetve a hasznositható anyag és a meddő kitermelések, majd az üregek felhagyásának. (pl. omlasztásnak).

b.) Közvetett vagy szekunder bányakárok, amelyek az üregnyitással befolyásolt folyadék vagy gázáramlás távhatásának (pl. viznivó süllyedés, talajvizszintváltozás stb.) következményei olyan objektumokban, amelyek egyébként akár a veszélytelen mélység, akár a hatástávolság mértéke miatt, az üregek által kiváltott kőzetmozgás közvetlen környezetétől távolabb esnek.

Ismeretes, hogy a bányamüvelés hatására a mozgás térbel i. Az egymás közelében lévő területrészek süllyedés- és vizszintes elmozdulás - különbségei miatt a külszin különböző irányokban lenyulik, megnyilik, összetorlódik stb. vagyis olyan alakváltozásokat szenved, amelyek a talajhoz kötött, abba szerkezetileg beágyazott (alapozott) épitményeket is hasonló igénybevételnek teszik ki. A károk akkor jelennek meg, amikor az érintett épitmények e többlet igénybevételeket már nem tudják elviselni és rajtuk repedések, törések, elmozdulások jelennek meg.

Nem nagy mélységben fekvő vastag telepek esetében, vagy több telep fejtésekor a külszin elmozdulása több méter is lehet.

Itt Veszprém megyében két helyen, Padragkuton és Dudaron történtek a községek aláfejtései.

Dudar - Zirctől 9-10 km-re fekszik - a falu alatti pillér lefejtésekor a külszinen - hangsulyozom beépitett lakott belsőségi területen 3,5 m-es süllyedések alakultak ki.

1630

Megjegyzem, hogy Dudar község pillérében a lefoglalt szénvagyon 3 millió tonna volt. Az aláfejtés preventiv védelmi munkái során mintegy 130 lakóépület megerősitésére, illetve 50 rossz állagu épület szanálására volt szükség. Az épület erősitések dia bemutatását a hozzászólás végén szeretném megtenni. A munkák során 20 db un. készenléti lakást kellett létesiteni, amelyek bizonyos biztonsági célzattal előre nem várható kényszer kiköltöztetések lehetővé tételére készültek. Felkészülve a várható vizelvonásra, az ivóviz vezetéket is ki kellett épiteni a községben. Jelenthetem, hogy a falupillér lefejtése megtörtént. Az aláfejtésből adódó többletköltségek a szén tonnánkénti árát 16-17 Ft-tal növelték.

Hasonló problémák adódtak a Középdunántuli Szénbányák padragi üzeménél is. A padragi területen a szénelőfordulás korát illetően kréta koru, fedőben 100-300 m vastag eocén koru un. nummulikás mészkő található. A vastagpados mészkő tartóként való müködése miatt a külszini mozgások a szokványostól eltérően alakultak. A padragi általános iskola védelmi szerkezetéről néhány diaképet hoztam.

Általánosságban megállapitható, hogy a bányamüvelés hatására kialakuló károk nagysága elsősorban nem az elmozdulás mennyiségétől, hanem annak térbeni és időbeni fajlagos változásaitól függ.

A szilárd ásványelőfordulások kitermelése következtében kialakuló kőzetmozgás természetéről, jellemző sajátosságairól, következményeiről hazai vonatkozásban is sok tapasztalat gyült már össze, sok mérés, megfigyelés adatai állnak rendelkezésre. Kevésbé ismertek a kőolaj- és földgázbányászat hasonló jelenségei. Ugyanis ott a kitermelendő anyag a tároló kőzet repedésrendszerében, pórustérfogatában van, s az onnan még a korszerü másodlagos termelési technológiákkal is csak kis hatásfokkal hozható ki. Irodalomból a kőolajtermelés következtében regisztrált jelentős mértékü felszini mozgásokról is tudunk. Egy kaliforniai olajmezőn közel 9 m nagyságu süly-

1630

lyedést és több mint 3 m értékü vizszintes elmozdulást mértek. A Szovjetunióban és Japánban is végeztek hasonló megfigyeléseket. Hollandiában és a Pó völgyében a földgáztermeléssel összefüggő talajsüllyedéseket regisztrálták. Nálunk az Alföld egyes körzeteiben érdemes és szükséges erre figyelemmel lenni.

Kicsit visszatérve a bányakárok minősitéséhez.

A közvetlen primer károknak minősül a bányászat termelő és előkészitő, nemesitő üzemeinek a környezetre, a vizre, levegőre gyakorolt hatása is.

A másodlagos károk okozati összefüggései már sokkal bonyolultabbak. Ebben a kategóriában gyakori eset a mozgások hatástávolságán tul terjedő vizszintsüllyesztés, amely önmaga is okoz talajsüllyedéseket. Ilyeneket észleltünk már több helyen is, pl. Debrecenben, illetve Gyöngyös-Visonta környékén. A rétegviztermelés, illetve a külfejtés előzetes viztelenitése jól mérhető kőzetmozgásokat okoz.

Lehetne a bányakárjelenségeket még sokféleképpen csoportositani, osztályozni, tipusok szerint rendszerezni. A gyakorlatban, - amint általában mindig - összetett, vagy átmeneti formákkal találkozunk és a tényleges károk okai több tényező együttes hatására vezethetők vissza.

Tehát összefoglalva a kár bányakárnak csak akkor minősithető, ha a bekövetkezése:

a.) bányászati tevékenység folytán történik,

b.) ezzel a tevékenységgel okozati összefüggésben áll,

c.) ha az ingatlan tulajdonosa vagy egyéb jogosult vagyoni státuszában értékcsökkenés következik be.

1630

A következőkben néhány szóban szeretnék említést tenni a régi müveletek üregkutatásairól. Gyakorlatilag az ilyen munkákra abban az esetben kerül sor, amikor a régi térképek megbizhatóságával szemben kétségek merültek fel. Ilyen feladatot kellett megoldanunk Diósgyőrben a Berekaljai lakótelep tervezéséhez. A háboru előtt, illetve az alatt a jelenlegi tervezési terület környezetében, a Márton szénbánya termelt. A háborus időszak, illetve egy olyan jelzés, hogy még az 50-es évek elején is szervezetten szénrablások folytak, kétségessé tették a térképezés helytállóságát. Tisztázni kellett, hogy a régi müveletek nem nyulnak-e a tervezési terület alá. A mélység mindössze 15-30 m volt, ahol tapasztalatok szerint régi üregek még állva maradhattak.

Üregkutatás céljából mélyfurásokat mélyitettünk, figyelve nem következik-e be szerszámesés, ill. az öblitőviz nem vész-e el.

A bemélyitett 7 furás közül egyik sem talált üreget, ill. üreg létezésére utaló körülményt. Biztositásul, hogy a furások esetleg benthagyott szénpillérbe jutottak, a kutatást geofizikai vizsgálatokkal is kibővitettük.

A mérések K-500 elektronikus karotázs müszerrel készültek. Az elvégzett mérések csak felsorolva:

term. gamma
kompenzált gamma
neutron-neutron.

Az alkalmazott izotópok a kompenzált gammánál cézium-137(Cs), kobalt 60(660). Neutron forrásként Californium-252 (Cf) és plutonium-berillium lettek felhasználva.

1630

Megjegyzem, hogy magukat a geofizikai méréseket az Országos Földtani Kutató és Furó Vállalat Északmagyarországi Üzemvezetősége végezte.

A régi archiv térképanyag, a mélyfurásos üregkutatás és a geofizikai mérések alapján végsősoron teljes biztonsággal ki tudtuk mondani, hogy a tervezési területen alábányászottsági problémák nincsenek.

Végezetül - nagyon röviden - kivánok beszélni azokról a kőzettechnikai vizsgálatokról, amelyek a recski mélyszinti ércesedett Zóna müvelésére vonatkoznak.

Tisztázandó az, hogy az alulról felfelé haladó müvelés esetén az 550-700 m. un. porfiros zóna tömedékelés nélküli kamrapillér fejtéssel megengedhető-e ill. a 900-1100 m közötti szkarnos érczóna kikamrázása esetén a felette lévő tömbnél milyen elmozdulás várható.

Mellőzve a részleteket a vizsgálat eredményei - kőzetmechanikai laboratóriumi mérések alapján - megállapitást nyert, hogy négyszögalapon, pillérkiképzéssel, tömedékelés nélkül megvalósitható az alulról felfelé haladó müvelés anélkül, hogy pillértönkremenetellel, omlást előidéző mozgásokkal bárhol is számolni kellene. A várható lefejtési arány a legmélyebb szinten (az 1100 m terepszint alatti mélységben) is 25-44 % között mozog.

Az alkalmazott számitási módszerek megvalósitásánál figyelembe kellett venni, hogy a hazai gyakorlatban az ércbányászati viszonyokra nem alakult még ki általános érvényü kőzetmechanikai és méretezési elv. Megjegyezve, hogy a szénbányászat terén az ilyen természetü feladatok már szokványosabbak.

Néhány szóban, hogy mi is jelenti a különbséget a szénbányászati és az ércbányászati mechanikai problémáknál.

1630

Ércbányászatnál nem üledékes települési viszonyokkal állunk szemben, hanem egy igen nagy kiterjedésü vulkáni, illetve kontakt metamorfikus eredetü ércesedett törzzsel, amelyben a kőzetanyag nyomószilárdsága és rugalmassági modulusa igen nagy, tehát viselkedését tekintve rideg anyag.

Az üledékes (általánosságban plasztikus-elasztikus) kőzetekről eltérő viselkedése (még nagy szilárdságu üledékek esetén is) legegyértelmübben a reológiai viselkedésben nyilvánul meg, ezen belül is a kuszási folyamat lejátszódásában.

Konkrét összehasonlitásul szolgálhat az a tény, hogy például egy hasonló szilárdságu homokkőben furt robbantó lyuk pár nap eltelte után már oly mértékben deformálódik, hogy nem lehet betölteni, mig a szóbanforgó szubvulkáni andezitben vagy szkarnban ugyanezt a furólyukat hónapok mulva is eredeti állapotában találjuk. A tönkremenetel nem a deformációk növekedésével jelentkező időben lassan lejátszódó folyamat, hanem hirtelen és robbanásszerüen bekövetkező jelenség. Tehát a méretezésnek olyan eljáráson kell alapulni, amely természetes állapotában repedezett, rugalmas, nagyszilárdságu (klasztikus-elasztikus) kőzetekre alkalmazható.

A biztositó szerkezetek méretezésénél általánosságban elmondható, hogy általában nem a szerkezet méretezésével van gond, hanem a terhelések megállapitásával. A terhelések helyes megállapitása után a biztositószerkezetek kellő teherbirással, gazdaságosan kivitelezését illetően termelékenyen megvalósithatók.

1630

Mérnökgeológiai szeminárium 1979. VI. 28-i tanulmányut

Összeállitotta: Pálfy József *

VESZPRÉM története

Közel ötezer éve lakott hely. Bronzkori leletei "veszprémi kultura" néven vonultak be a szakirodalomba. Illirek és kelták után a rómaiak Augusztus császár korában jelennek meg. A Veszprémfajsz határában, Baláca pusztán feltárt római villa mozaikjai a Budapesti Nemzeti Muzeum előcsarnokát és a veszprémi Bakonyi Muzeumot diszitik.

Az avarok és szlávok után a honfoglaló magyarok közül Árpád fejedelem törzsének egy csoportja telepszik le a területen. A vár I. István korában 1000 körül kezd beépülni. Ekkor lesz Veszprém a királyné székhelye.

A XV. században már virágzó gazdasági és kulturális központ. A török időben és a kuruc szabadságharc idején pusztul a város. Jelentős épitkezések folynak a XVIII. és XIX. században (vár épületei).

A szabadságharc (1848-49) után az akkori vezető rétegek ellentétei miatt a város kimarad az ipari fejlődésből.

A második világháboruban az épületek 70 %-a károsodott. A legjelentősebb fejlődés a felszabadulás után következett be, a város ma fontos ipari (Bakony müvek: Zsiguli és Polski Fiat kooperáció, VÁÉV: házgyár, ÉPGÉP, stb.) és kulturális (Veszprémi Akadémiai Bizottság, Vegyipari Egyetem, Országos Oktatástechnikai Központ, stb.) központ, 58.000-es népességgel.

* Magyar Állami Földtani Intézet

1630

Földtana

A város részletes földtani feldolgozását LACZKÓ DEZSŐ piarista tanár, a muzeum igazgatója végzi a század elején az MTA megbizásából. Ő irja le a Jeruzsálemhegyi márgafejtőkből a Placochelys placodontá-t JAEK, a veszprémi álteknőst. A legutóbbi időkig az őt térképét használtuk a város környékéről.

A Földtani Szolgálat 1974. évi részletes mérnökgeológiai helyzetképe alapján 1975-ben indult és 1979-ben fejeződött be a város 120 km^2-nyi területének épitésföldtani térképezése a város és a Központi Földtani Hivatal közös finanszirozásában. A munkát a Miskolci Nehézipari Müszaki Egyetem Földtan-Teleptan Tanszéke végezte JUHÁSZ J. egyetemi tanár vezetésével. A külterületről 5 db 10.000-es, a belterületről 4 db 4.000-es atlasz készült magyarázókötetekkel.

A városterületet felépitő kőzetek döntő többsége a felsőtriász karni márgacsoport és a nóri fődolomit. Az északi és keleti külterületen miocén kavicsok Kádártánál pliocén édesvizi mészkő, délen pleisztocén lösz borit nagy területeket.

Megállóhelyek:

1. Benedek-hegy

Alul tömeges, felül réteges pados dolomit épiti fel.

2. Volán-pályaudvar

Tömeges fődolomit.

1630

3. Uttörőház

Alapkőzet karni márgacsoport. Az épület körüli burkolat- és keritéskárosodás oka a visszatöltött föld tömöritésének elmaradása és a csapadékvizelvezetés megoldatlansága.

4. Aranyosvölgyi-kőfejtő

Réteges, pados fődolomit számos Megalodus-fajjal:

M. cf. triqueter WULF
" " " mut.nov. dolomitica FRECH
" " " " " pannonica "
" Gümbeli STOPP-
" Lóczyi R. HOERN.
" Laczkói R. "
" Hoernesi FRECH
" complanatus GÜMB.
" Böckhi R. HOERN.
" " var. aequivalvis FRECH.

5. Seredombi murvabánya

A fődolomit murvásodott részét fejtették betonárugyártáshoz. Innét az állatkertig a fődolomit karsztos térszinén haladnak.

6. ZOO

Karni márgacsoport a Séd déli partján.

Veszprémtől Szentbékálláig Nagyvázsony, Mencshely, Köveskálon keresztül haladnak.

Nemesvámosi betyárcsárdával szemben felhagyott dolomitfejtőbe szakositott sertéstelep higtrágyáját engedték be, ez megfertőzte (coli faecalis) a 6 km-re levő veszprémi kutakat. A telepet baromfitenyésztésre állitották át.

1630

Nagyvázsonyig lösszel fedett triász térszin, majd pliocén édesvizi mészkő. A TV-torony jobbra a KAB-hegy 599 m-es bazaltcsucsán.

Mencshelytől Köveskálig nóri fődolomittól az alsó triász szeizi rétegekig tartó rétegsort keresztezünk. Monoszlói Hegyestü félig lefejtett oszlopos bazaltja az ut jobboldalán.

Köveskáltól-Kővágóörsig Káli medence.

Borkóstoló Szentbékállán bazalttufába vájt pincében, a Kővágóörsi Béke TSz szivességéből.

Mindszentkálla után elhaladnak a Kékkut-4. furás mellett. 200 m vörös-homokkő után 800 m-t furt, kvarcporfir láva, tufa és agglomerátumos összletben és fekete, kvarcos agyagpalában fejezett be, melyből száraz CO_2-betörést kapott (Szénsavas vizek CO_2-jére magyarázat).

Ebéd a Kővágóörsi Tepécshegyen permi vöröshomokkőterületen. Panoráma a déli partra. Szemben velünk a boglári és fonyódi várhegy, mindkettő pannon és bazalttufából (felszinmozgások).

Tihany

Bazalttufával és gejzirittel fedett felsőpannon összlet, számos felszinmozgás szintere.
Vaskori földvár, alatta omladozó barátlakások bazalttufában.

Apátságát I. Endre alapitja 1055-ben, alapitólevelében a magyar nyelv első irott emlékei.

A Balatonkörnyék épitésföldtani térképezés Tihanyi atlaszát FODOR TAMÁSNÉ ismerteti.

1630

Balatonfüred

A Földtani Intézet épitésföldtani laboratóriumában a Balaton-környéki épitésföldtani térképezés bemutatója.

Csopak-Nádaskut

Perm-triász határ, a balatoni vöröshomokkő- és a nádaskuti dolomit formáció tipuslelőhelye.

Lovasi utbevágás

Szilur agyagpala, kvarcerekkel és kvarcporfirtufával. A lovasi agyagpala formáció tipuselőfordulása.

Alsóörs

Kvarcporfiroid-feltárás.

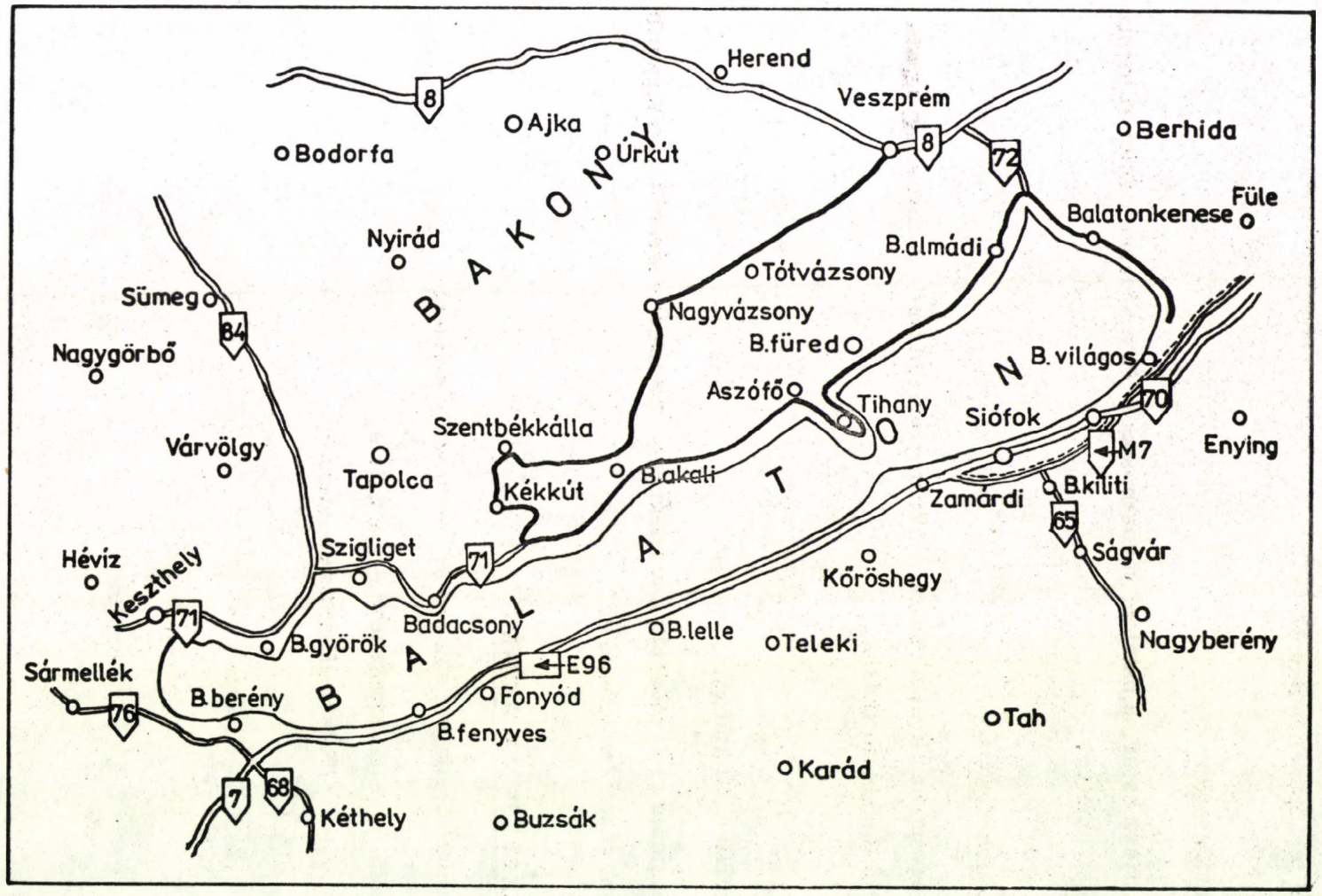
Balatonalmádi előtt elhaladunk a felsőpermi homokkő-aleurolitos rétegsorát bemutató védett feltárás előtt.

ÉSZAKKELETI MAGASPART

Balatonfüzfőtől Aligáig számos felszinmozgás szintere.

Megállás: - Balatonkenese - Partalja u.
- Balatonakarattya - Aligai ut.

1630



A mérnökgeológiai szeminárium tanulmányutjának utvonala.

Sajtóvisszhang az 1979. VI. 28-i mérnökgeológiai szemináriumról

Világ proletárjai, egyesüljetek!

NAPLÓ

AZ MSZMP VESZPRÉM MEGYEI BIZOTTSÁGA ÉS A MEGYEI TANÁCS LAPJA

1979. június 27. szerda. ÁRA: 1,20 FORINT XXXV. évfolyam 148. szám

A környezetvédelem és a gazdaságosság jegyében

Mérnökgeológiai szeminárium Veszprémben

Háromnapos tudományos szeminárium kezdődött tegnap Veszprémben, az akadémiai bizottság székházában. A Magyarhoni Földtani Társulat mérnökgeológiai szakosztálya és a VEAB rendezvényére 75 hazai, valamint csehszlovák, jugoszláv, lengyel és szovjet szakember érkezett, hogy a különféle mérnökgeológiai munkák során szerzett tapasztalatait kicserélje.

A résztvevőket *dr. Nemecz Ernő* akadémikus, a VEAB elnöke köszöntötte. Szólt e tudományterület építésföldtani és környezetvédelmi jelentőségéről, majd kifejtette, hogy Veszprém megye szinte klasszikus területe a mérnökgeológiai kutatásoknak. Egyebekben a balatonakarattyai, kenesei partszakaszra utalt, ahol a századelőn több alkalommal is tragikus kimenetelű földrogyások következtek be. Napjainkról szólva elismerően értékelte az Országos Földtani Intézet Közép-dunántúli Területi Szolgálatának tevékenységét. Folyamatosan vizsgálják és véleményezik a kenesei-fűzfői part mozgáshelyeit, szakvéleményekkel alapozzák meg a különféle környezetvédelmi döntéseket. Kezdeményezésükre a Miskolci Műszaki Egyetem munkatársai építésföldtani térképet készítettek Veszprémről, amelynek atlaszait a közeli napokban adják át.

A továbbiakban *dr. Dank Viktor*, az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt főgeológusa, a földtani társulat elnöke érzékeltette a mérnökgeológiai munka fontosságát. Hangsúlyozta, hogy ennek igénybevétele ma már elengedhetetlen a környezetvédelem számára, vizsgálatainak eredményeként óriási megtakarítások érhetők el, gazdaságosabban valósíthatók meg a beruházások.

Ma három szekcióban előadások hangzanak el a mérnökgeológusképzés tapasztalatairól, a mérnökgeológiai térképezésről, valamint a különféle nagy létesítmények — völgyzáró gátak, földalatti vasutak építéséről.

1630

MTESZ - egyesületi használatra !

Kiadja: Magyarhoni Földtani Társulat
Készült: 400 példányban
81/1630/MTESZ Házinyomda, Budapest.

Felelős vezető: Deli Sándor