

## Geological-tectonic documentation in the Bábaapáti (Üveghuta) Site

LÁSZLÓ GYALOG<sup>1</sup>, GERGELY HAVAS<sup>1</sup>, VERA MAIGUT<sup>1</sup>, GYULA MAROS<sup>1</sup> and GÉZA SZEBÉNYI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geological Institute of Hungary, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Kömlödi Korrekt Ltd., H-2853 Kömlöd, Perczel Mór utca 26.

**Key words:** boreholes, cores, exploration, granites, Hungary, loess, Mórág Block, photographs, South-eastern Transdanubia, video methods

### Abstract

During the geological investigations conducted in 2002–2003 new methods in geological documentation were introduced. These were primarily the geological-tectonic logging of drill cores and dug wells and the mapping of trenches. Combined with digital data input these new methods facilitated the digital display and systematisation of the large volume of geological-tectonic data from the research area as well as their organisation into a database. Using specific applications elaborated for pocket PCs the gathering of the geological-tectonic information of the borehole and dug well data into a database was organised or it was loaded directly into a PC database. The application of pocket PCs supports direct input into a database in the field. By building uniform queries and stores of information a uniform database suitable for the solution of some subsequent database-supported tasks was created. Geological-tectonic logging is a multiphase process. With regard to basement rocks it comprises the following steps: preliminary geological logging → sample selection → photo documentation → tectonic logging → core scanning → detailed geological logging → taking samples. For overlying beds tectonic logging and core scanning are omitted but the other steps are implemented.

New display techniques in trench mapping were elaborated by introducing photo-based documentation including the demonstration of geological features fitted to the true-to-scale absolute relief contour lines as well as the tectonic interpretation of the top view map of the trenches. Mapping by drawing on detailed, 1:50-scale field photos was considerably more convenient than on a sheet of millimetre drawing-paper. Later the drawing was processed by GIS-based computer-assisted methods.

### Introduction

During the geological investigations conducted in 2002–2003 there was an opportunity to introduce a number of new methods in geological-tectonic documentation concerning first of all data processing of boreholes, dug wells and trenches. These methods embrace the fields of digital data input, structuring data into a database, and PC-based graphic display. In this period some 23 boreholes were completed amounting to 3298.72 running metres. 2892.65 running metres yielded an undisturbed core of which 287.00 m and 2605.65 m were described as overlying beds and basement rocks (*i.e.* Mórág Granite, Cretaceous volcanic dykes), respectively. Furthermore, 3 dug wells were penetrated to a total length of 73.3 m (71.0 m overlying beds, 2.3 m basement rocks, respectively). Another 2 trenches were dug with a mapped length of 1506.91 m. Mapping of them

was carried out mainly by personnel of the Geological Institute of Hungary (MÁFI). The Mecsekérc Co. performed the geological-tectonic logging of Borehole Group Üh-32 and a quarter of the two trenches, whereas technical pre-processing and video recording of trench mapping were executed by Kömlödi Korrekt Ltd.

### Geological-tectonic and geological logging of drill cores and dug wells

Instead of the generally accepted method of drill core logging under open air this task was performed in a Geological-tectonic Field Laboratory established for this special purpose. The personnel was thus engaged in a thorough work process undisturbed by adverse weather conditions. In fact, dug wells were logged in the field. Owing to the similar

system of logging the latter is reported together with the core logging.

Geological logging concerned the mineralogical composition, texture, structure and alteration of drill cores facilitating primary lithological qualification. Subsequently the results were corrected after microscopic laboratory analyses. These basic geological data were then used in geological, tectonic, hydrogeological and geophysical interpretations and, at the end, in the final report (BALLA et al. 2003) of the ground-based exploration.

The logging varied depending on whether it concerned overlying beds or basement sections.

In the *overlying beds* and the uppermost, strongly disintegrated part of the granitic body (as well as in dug wells) only geological logging was carried out. Tectonic logging was omitted due to the lack of observed tectonic phenomena. In the related borehole sections separate beds were indicated in the traditional way — *i.e.* intervals of tripping-out specified by technical supervision during the drilling process were considered. The accuracy of layer boundary definition and interpretation in this section was enhanced by well logging.

In the *basement* section core logging was divided into the following phases:

- preliminary geological description (separation and enumeration of geological layers),
- fixing the spots of regularly designated samples in the drilling core,
- photo-documentation of core boxes,
- tectonic logging,
- core scanning,
- geological logging,
- core sampling.

Only the unbroken sections were scanned. Acoustic borehole televiewer measurements concerned occasionally broken sections as well but they did not deal with the crashed intervals. Instead of measuring layer boundaries in basement rocks of the surface (based upon the value of tripping-out intervals) they were specified in accordance with their distance from the subsequent upward tripping-out section. If core recovery was below 100% and some smaller or larger core sections were jammed and recovered only in the next tripping, this facilitated a more accurate definition of the depth. Using this method all geological and tectonic elements (*e.g.* layer top: 231.25+1.25 m, layer bottom: 233.12+0.21m) were fixed. True depth values were defined following the correlation of this data with core scanning and borehole televiewer measurements. The same method was used to define the depth and indicate the spot of samples taken for laboratory tests. Consequently, the described procedure meant that specific layer boundaries, the position of tectonic objects and the depth of the bottom of tripping-out intervals could not be defined accurately before the final documentation had been prepared. The resulting equal depth values ensured the compatible correlation of geological and tectonic descriptions as well as the scanning and borehole televiewer measurements.

In the following passage the following themes are described in more detail: geological and tectonic core logging, core scanning, and data input into a database.

### Geological core logging

Instead of insisting on traditional core logging in a field journal pocket PCs were deployed, the related data were subsequently loaded into a PC in the Laboratory.

During planning different data sheets for basement rocks and loose sediments were set up. First as a test and later in a final version, the respective structures of these sheets were universally implemented on pocket PCs (HP Jornada pocket PC) together with a specific software application. It allowed some elements of the description to be loaded directly at the core box. On the other hand, pre-processed stores of information were set up for the different properties, which simply involved selecting the appropriate expression. While loading into a PC, the core logging data of each layer were put into a single file of XML format. Consequently, the number of files assigned to a drilling was equal with the number of the layers described by the geologist. Using SQL commands these files were converted into an optional database with a standard database connection (ODBC). To ensure easy handling MS Access was selected for transitional processing with the application of Excel tables. Subsequently, basic filtering and grouping procedures allowed overview of the database — *i.e.* the comparison of expressions used by different persons for the single elements of the core logging to become easy, thus paving the way for posterior standardisation.

Uniform pictures of each core box were taken using digital cameras; the resulting photoset is part of the borehole database. Specific phenomena revealed were documented by acquiring detailed images.

To denote layers a continuous numbering sequence was applied from the top downwards. In the case of the posterior division of a layer a supplementary number “.1” was given (the layer 11.1. can thus be found between the layers 11 and 12). Assuming that a sub-layer is distinguished within a layer (*e.g.* an inclusion in granite) it got an additional “.01” sign (*e.g.* the sub-layer 11.01 is within the layer 11). Table 1 gives an overview of the geological database of boreholes and dug wells, classifying them on the basis of the layers of the overlying beds and the basement.

#### *Logging and sampling of overlying beds*

In the following passage the logging procedure of the core of the *boreholes* from overlying beds is covered in detail.

During the first phase there was a thorough look at the complete core material. The geologist responsible for logging specified layer boundaries and denoted the single layers by numbers on the edge of boxes. He defined the spots of regular samples and indicated them on the dividing slat of the core box as well, in the same system as layer enumera-

Table 1. Overview of the geological database of boreholes and dug wells

Borehole/ dug well	Logging of the core from overlying beds					Logging of the core from basement					Full geological core logging				
	uppermost		lowermost		length	uppermost		lowermost		length	uppermost		lowermost		length
	layer	metre	layer	metre	metre	layer	metre	layer	metre	metre	layer	metre	layer	metre	metre
Üh 25						1	87.25	93	300.70	213.40	1	87.25	93	300.65	213.40
Üh 25A	1	0.00	33	54.64	54.64	34	54.64	35	72.29	17.65	1	0.00	35	72.29	72.29
Üh-26	1	36.00	8	49.00	13.00	9	49.00	218	400.60	351.60	1	36.00	218	400.60	364.60
Üh-26A	1	0.00	32	49.33	49.33	–	–	–	–	–	1	0.00	32	49.33	49.33
Üh-27	–	–	–	–	–	1	75.38	315	411.11	335.73	1	75.38	315	411.11	335.73
Üh 28	1	39.80	6	44.80	5.00	7	44.80	170	300.60	255.80	1	39.80	170	300.60	260.80
Üh 28A	1	0.00	48	43.77	43.77	49	43.77	50	45.91	2.14	1	0.00	50	45.91	45.91
Üh-29	1	0.00	4	4.20	4.20	5	4.20	148	300.40	296.18	1	0.00	148	300.40	300.38
Üh-30	1	0.00	3	1.40	1.40	4	1.40	135	300.30	298.93	1	0.00	135	300.33	300.33
Üh 31A	1	0.00	6	7.70	7.70	7	7.70	27	36.60	28.90	1	0.00	27	36.60	36.60
Üh 31B	1	0.00	9	6.95	6.95	10	6.95	20	40.00	33.05	1	0.00	20	40.00	40.00
Üh-31C	1	0.00	7	6.60	6.60	8	6.60	21	33.40	26.80	1	0.00	21	33.40	33.40
Üh-32A	1	0.00	4	5.25	5.25	5	5.25	19	50.04	44.79	1	0.00	19	50.04	50.04
Üh 32B	1	0.00	9	4.60	4.60	10	4.60	18	30.00	25.40	1	0.00	18	30.00	30.00
Üh 32C	1	0.00	3	2.60	2.60	4	2.60	11	32.55	29.95	1	0.00	11	32.55	32.55
Üh-32D	1	0.00	11.2	5.10	5.10	12	5.10	33	40.00	34.90	1	0.00	33	40.00	40.00
Üh-36	–	–	–	–	–	1	29.06	111.1	255.34	226.28	1	29.06	111.1	255.34	226.28
Üh 37	1	0.00	11	55.90	55.90	12	55.90	128	300.34	244.44	1	0.00	128	300.34	300.34
Mó 7A	1	0.00	4	5.00	5.00	5	5.00	24	50.04	45.04	1	0.00	24	50.04	50.04
Mó-7B	1	0.00	6	5.20	5.20	7	5.20	21	42.57	37.37	1	0.00	21	42.57	42.57
Mó-7C	1	0.00	5	5.77	5.77	6	5.77	17	34.01	28.24	1	0.00	17	34.01	34.01
Mó 7D	1	0.00	7	4.99	4.99	8	4.99	15	34.05	29.06	1	0.00	15	34.05	34.05
<b>Total</b>					<b>287.00</b>					<b>2,605.65</b>					<b>2,892.65</b>
K2	1	0.0	32	35.0	35.0	–	–	–	–	–	1	0.0	32	35.0	35.0
K3	1	0.0	21	18.5	18.5						1	0.0	21	18.5	18.5
K4	1	0.0	17	17.5	17.5	18	17.5	18	19.8	2.3	1	0.0	18	19.8	19.8
<b>Total</b>					<b>71.0</b>					<b>2.3</b>					<b>73.3</b>
<b>Grand Total</b>					<b>358.00</b>					<b>2,607.95</b>					<b>2,965.95</b>

Overlying beds = Quaternary sediments, basement = basement rocks.

tion. He then took the picture of the core box (with a borehole number and a core box number within the borehole) and marked the depth of the top and the bottom of the core in the core box on the basis of tripping-out tags. He acquired some close-up, digital pictures of significant phenomena and occasionally of some spots of samples. He also filled in a sampling sheet of the data of designated samples (*i.e.* sampling spot, aim of analysis, and type of analysis).

This procedure was followed by detailed geological logging comprising data input into the database through the PC-based data input interface. In between, some other samples could be designated with the filling in of sampling sheets.

Owing to the conditions of the logging and the nature of the investigated matter the logging of *dug wells* was slightly different.

Dug wells were logged on the basis of the material brought to the surface and stored separately at approximately 20 cm depth intervals. At the same time, the features of the geological profile were loaded into the database structure established for the borehole database using pocket PCs in the field, or they were put directly into the PC database in the Laboratory. The photoset of the sidewall was taken during descents in the hole.

Samples were taken partially from the dug well bottom (for hydrogeological, pF and K-factor tests) and partially from the material brought to the surface (for all other tests). (Perched ground water was observed in well K3, here a sample was taken.) Logging and laboratory analysis of dug wells was closed by a report including the geological description of penetrated rocks, pictures of the sidewalls of the wells, drawing documentation and summarising tables of the results of laboratory analyses (GYALOG et al. 2003d).

#### *Logging and sampling of basement rocks*

Geological–petrographical logging of basement rocks also started with the overall inspection of the entire core. Layer boundaries were specified and single layers were enumerated on the edge of the boxes and primary sampling spots were designated for analyses already deemed necessary at this early phase. These spots were indicated in the core and on the dividing slat of the core box as well (in compliance with the enumeration system of layers) in order to fix these data during core scanning. Digital images of every single box were acquired and then the number of the core box and the identifier of the borehole were indicated as well. As

**Figure 1.** Types of petrographical logs

a) – overlying beds of a borehole on hilltop and dug well (Üh-25A), b) – overlying beds of a borehole in valley (Üh-31C), c) – basement rocks of deep wells (Üh-29), 1 – monzogranite of porphyritic texture; 2 – monzogranite of rare porphyritic texture; 3 – small-grained – aphyric melanocratic diorite; 4 – fine-grained – small-porphyritic melanocratic diorite; 5 – tectonic breccia; 6 – absent (N), weak-absent, weak (Gy), intermediate-weak, intermediate (K), strong-intermediate, strong (E); 7 – dip direction (degree) / dip angle (degree), HPF inflow (l/min); 8 – repeated sections in subsequent pages (overlap)

#### 1. ábra. Rétegsorszelvény-típusok

a) – dombtetői fúrás és ásott kút fedőüledéke (Üh-25A), b) – völgyi fúrás fedőüledéke (Üh-31C), c) – mélyfúrások alaphegységi kőzete (Üh-29) 1 – porfirós szövetű monzogranit; 2 – ritkaporfirós szövetű monzogranit; 3 – aprószemcsés-afiros melanokrata diorit; 4 – finomszemcsés-aprópofiros melanokrata diorit; 5 – tektonikus breccsa; 6 – nincs (N), gyenge-nincs, gyenge (Gy), közepes-gyenge, közepes (K), erős-közepes, erős (E); 7 – dőlésirány (fok) / dőlésszög (fok), HPF beáramlás (l/min); 8 – egymás utáni A4-es oldalakon ismétlődő szakaszok (átfedés)

far as possible some close-up pictures of sampling spots were also taken. A sampling sheet was filled in giving details about the designated samples.

Geological description — *i.e.* the geological logging — took place after tectonic core logging and scanning. The content of logging was defined on data sheets. If needed, some textual supplements were added to the data sheets. Some 15 geologists took part in the geological logging. The overlying beds, as well as the strongly disintegrated part and the hard granite bedrock were interpreted by different authors. Consequently, almost all borehole profiles have been logged by several geologists.

In the meantime further samples were designated (by indicating their spot on the core box). Provided that the state of the core allowed it to be possible, some additional tectonic observations were performed as well. During the drilling campaign, description invariably kept pace with drilling progress.

The layer number served as a connection to the tectonic database. A database was built of the data files including some 1789 records corresponding to the number of layers.

Separate geological reports were compiled using a standard system on each borehole and each pair of boreholes (*e.g.* Üh-27 – GYALOG, ZSÁMBOK 2003, Üh-25 and Üh-25A – GYALOG et al. 2003a), as well as borehole groups (*e.g.* Üh-31 – GYALOG et al. 2003c). After the general information the following were included in these reports: the detailed geological core logging with proper depth values; attached pictures of the drill cores as photosets of core boxes together with colour drawings of the boreholes' detailed geological sections to a 1:100 scale; and finally an overview was given on the laboratory analyses with the results summarised in tables.

#### *Generation of the petrographical logs of the database*

The principal geological data of boreholes and dug wells completed within the framework of the research are demonstrated on 1:100-scale profiles. They appear as long bands when displayed true-to-scale and therefore it was decided to publish them on A4 sheets with overlapping boundaries. Concerning the displayed themes, some three different figures can be distinguished as follows (Figure 1):

- dug wells,
- overlying beds of boreholes,

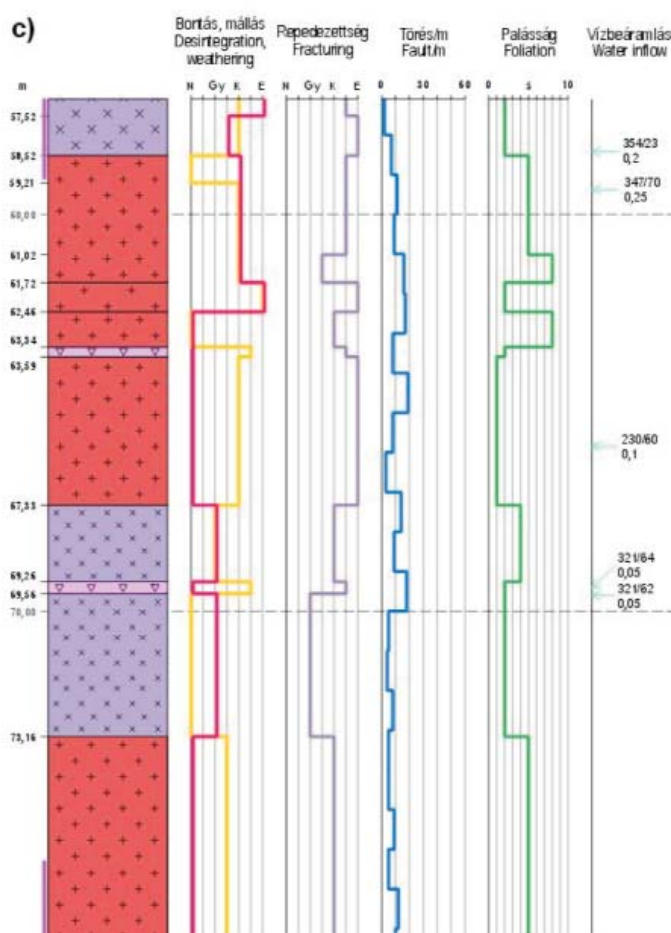
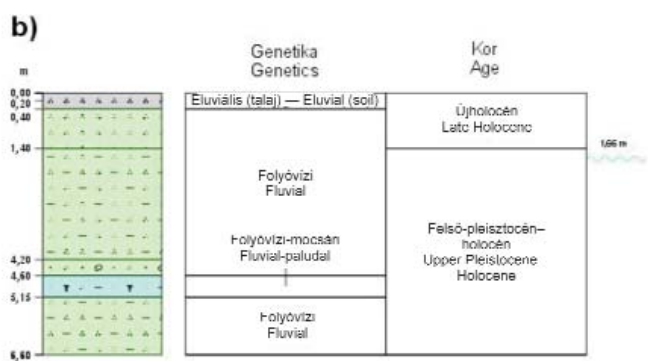
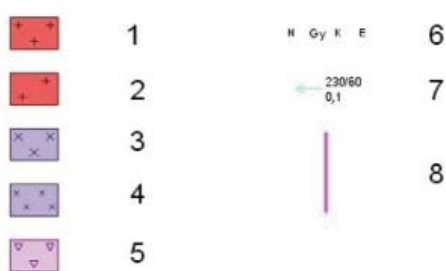
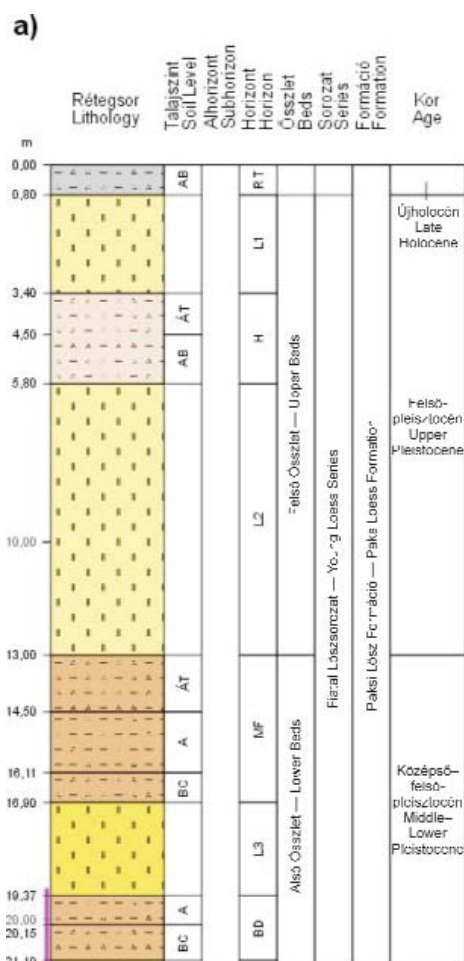
— basement rocks of boreholes.

Detailed borehole data are stored in a database. A large volume of data was selected and processed for display. With regard to the three figure types a lot of similar data had to be displayed in a similar way and this provided an excellent chance to develop special software applications. As a result, instead of manually displaying the geological sequence and supplementary data they were generated from the database by a Visual basic application developed for this special purpose.

The software processes are shown in two relational tables. One includes geological data selected from the detailed geological database, and the other graphic information typical of the related type of figure. Though the graphic structure of the three figure types — *e.g.* sizing, typography, rotation angle of texts and the colour of the formations — have been predefined, they can optionally and easily be modified as required. Graphic display of the figure can thus be governed from the database. Single formations are identified by both colour and lithological symbol. A standard system was set up which allowed the symbol of any formations combining the standard ones to be created. The relation of the petrographical name and its symbol is unambiguous. Due to their structure petrographical symbols make up an open system that can optionally be extended.

The prerequisite of automatic processing is the standard organisation of thematic data. Data check and debugging were resolved after simple examinations. Following eventual manual correction, the software reads thematic data from the geological database and through the appropriate relation it attaches different pieces of graphic information. It executes certain comparisons and calculations — *e.g.* if the geological features of two or more superimposed layers are identical they are integrated; or it determines the position of the figure's text elements — *e.g.* the position of the soil horizon and the age characteristics of the dug wells. In another instance it generates a band diagram for representing disintegration-weathering, jointing, fracture/m, and foliation in the sections made up of basement rocks.

Running of the software brings about a command file that can be read by MicroStation and incorporates graphic information needed for generating the figure. As a result of loading the command file into MicroStation the ready-made figure is got in the predefined structure. Apart from some checking, only some minor cartographic routines are need-



ed — like adding standard elements (title, ruler). Pre-processing for printing — *i.e.* the makeup of figures to A4 pages — breaks the lithological log only visually. In other words, although A4 figures are printed the log is preserved as one unit in the background.

Automatic processing ensures the standard appearance of figures and reduces errors. Its substantial advantage is that, despite the handling of large volumes of data, figures are generated simply and quickly and data of subsequently processed boreholes can later also be loaded in the system.

### Tectonic logging

Tectonic logging took place in close association with core scanning. The latter needs intact cores in their original orientation. Therefore tectonic logging always slightly preceded the scanning procedure since the first one provided some preliminary documentation for scanning and both of them needed intact, undisturbed cores. Geological logging having its greatest affect on the cores followed only afterwards.

During tectonic description cores were prepared for scanning, provided that the state (jointing) of the core allowed it. There were attempts to assemble core fragments that had disintegrated along fractures which were already in

the core boxes (they were fixed to one another by rubber rings when needed), and it was checked if the respective positions of the cores were correct. The first decision to be taken during core logging concerned the suitability of the given core section for scanning. Subsequent data input was different, depending on the properties of the cores.

Scanning was omitted for core sections that had been: disintegrated into small pieces which could not be reassembled into a cylindrical core; had been subjected to mechanical abrasion during drilling at such a rate that some of their parts were completely destroyed; or had forms which prevented scanning. In this scenario logging became poorer but the data content was identical with that of the scanned sections and it was loaded in the same database. Obviously, these data could not be provided with orientation afterwards and therefore they were considered in frequency analyses of different phenomena. In this case the depth of single objects from the tags was also measured. Jointing, the average filling material, and the type of fracture stress were characterised. Description of the so-called fracture zones also followed essentially in this passage. In these boreholes they can be described as certain zones affected by strong fracture stress, made up of genetically and obviously coherent planes and fractured segments. Characterisation of these zones is a complex geological-geophysical process and this is why their properties were recorded in some fields of the tectonic logging or described with simple text. Reports of tectonic logging were compiled by boreholes (*e.g.* Üh-25 – MAROS et al. 2003a) or borehole groups (*e.g.* Borehole Group Üh-31 – MAROS et al. 2003b).

### Core scanning

In the basement section of boreholes completed in the frame of the exploration in 2002–2003 some 80% of the cores were suitable for scanning.

For this purpose an ImaGeo core scanner was used. This personally-developed application (MAROS, PÁSZTOR 2001) supports the optical imaging of the superficies of cylindrical cores made up of joinable pieces with nearly 400 DPI resolution. In the resulting image mineral grains as small as 0.07 mm can still clearly be distinguished. The file name of the scanned image was the depth of the related section defined upon the tags. In the image file some identifiers determining the depth of the core top were fixed; the “north” axis of the superficies of the coordinate system defined the core and the borehole identifiers. An extremely detailed interpretation of the resulting raster images was performed using some other personally-developed software (MAROS, PALOTÁS 2000). Interpretation was substantially facilitated by the fact that the entire core section could be inspected simultaneously since the core scanner displays the image of its unfolded superficies.

These observations were not affected by adverse weather and the personell did not suffer physical stress either. The information content of the documentation thus became homo-

geneous. Interpretation proceeded in the computer beside the core boxes; the main software module used was CoreDump. It allowed vector objects to be interpreted on raster images. These vector objects were vectors with two endpoints, planes defined by three points; and polygons or zones bordered by planes. These objects were structured into a flexible database tailored for the needs of the “user” — *i.e.* the rock — describing the objects basically by two features: a primary feature (answering the question “what is it”, *e.g.* joined fracture) and some secondary features (answering the question “what is it like”, *e.g.* the filling, thickness and form of the fracture, its geometric relationship with other objects, reliability of the observation, *etc.*). Since the recorded properties can be extended optionally and the number of secondary features describing the objects is not restricted, these two levels are sufficient for the detailed description of geological objects. During the interpretation some traditional methods and tools of examination (*e.g.* touching, acidisation, and lens) were also applied. It made possible to register some properties in the input fields that could not be observed on the superficies image (*e.g.* striae on the fracture surface, roughness of the surface of open fractures, and the intrusion of drilling mud on the fracture surface). Depending on the time available for documentation the detail of the interpretation was enhanced in several steps. Documentation performed in the field laboratory was supplemented with even more detailed documentation in the office. In this frame not only the position and primary features of the objects were recorded but also their secondary properties and the relationships of several objects to one another (*e.g.* fracture pair, parallel, bound and terminating fractures).

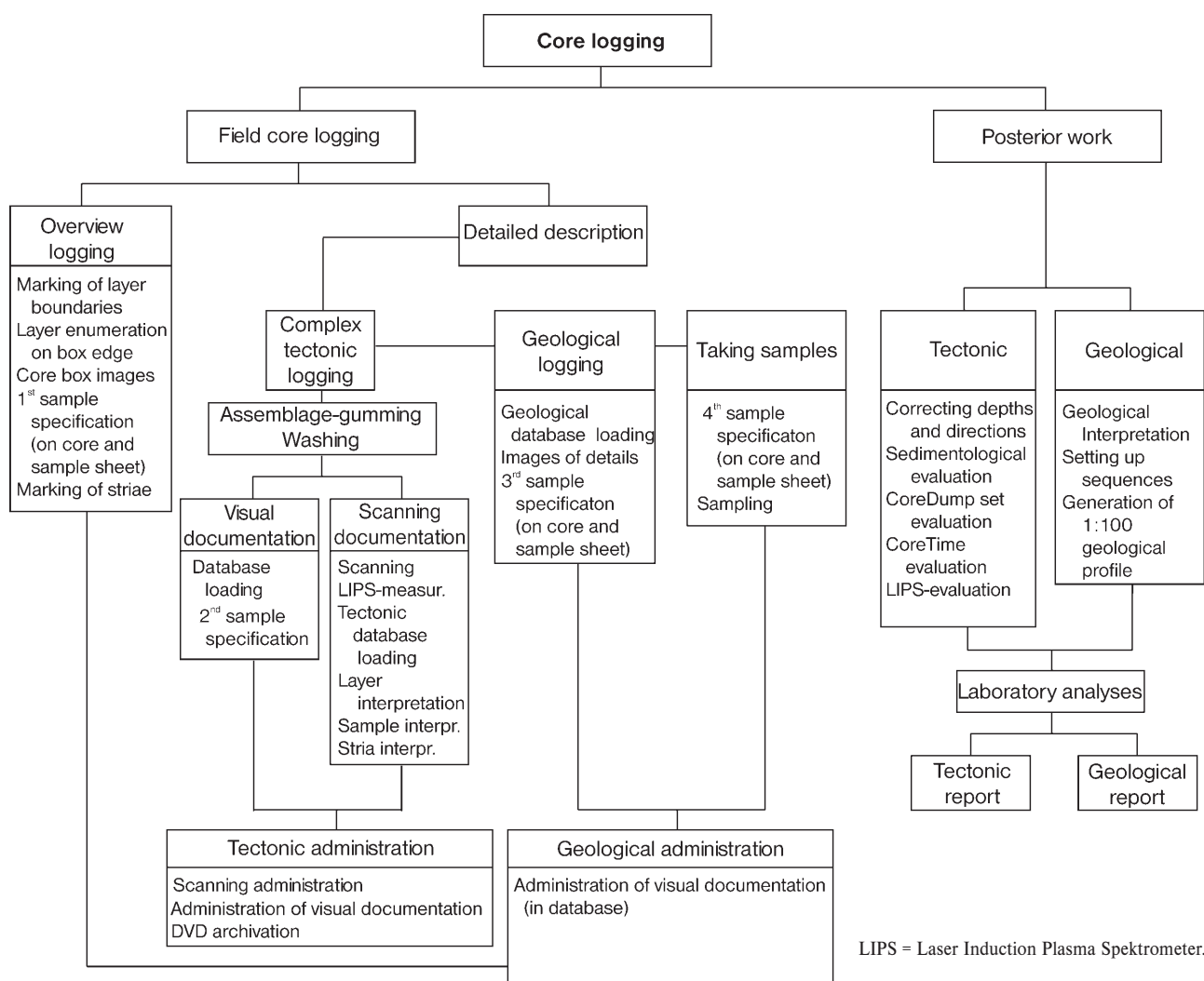
Interpreted elements of the vector database were compared with the oriented, image-based dataset of the acoustic borehole televiewer recorded in the borehole (SZONGOTH et al. 2003). The objects of the scanned images were rotated to overlap with the borehole televiewer image. The whole scanned dataset thus regained its original position as well as its real orientation; this provided another opportunity for evaluation based upon borehole data. The related data and scanned images were put in an archive when the storage capacity of the computers had been depleted; whatever the case the data were stored at least every second day. The documentation process of sections suitable for scanning is demonstrated in Table 2.

### Loading borehole and tectonic data into the database

Within the framework of the Bátaapáti (Üveghuta) research, geological and tectonic descriptions of drill cores were executed using HP Jornada pocket PCs. Their use was aimed at building immediately digital datasets with mobile tools that:

- can quickly and easily be loaded into a database,
- include items in predefined lists (as far as possible and avoiding typing errors),

Table 2. The process of borehole documentation (in those cases of sections suitable for scanning)



— have the same structure.

The personal application developed by a contracted firm was made up of two modules:

- the data-loading module running on Jornada,
- a data-loading and -editing module implemented on a high-performance PC.

The software is based on the use of an XML file format (see [www.xmlinfo.hu](http://www.xmlinfo.hu)):

“XML is the abbreviation of the expression «eXtensible Markup Language». It is the XML 1.0 recommendation of the World Wide Web Consortium offering a special syntax. If this syntax is observed it provides an opportunity to set up different markup languages with defined command sets. It is the reason why it is widely regarded as meta-language or “language-describing” language. An XML document is made up of items whose name (*vocabulary*), relationship and content can be fixed by rules (*grammar*). The XML specification defines a syntax for both the XML documents — *i.e.* the markup of elements — and the description of rules. If complying with the syntactic rules anybody can prepare a proper language (*document type*) that can be checked and processed by any XML-compatible tools. Definition of

grammar and vocabulary is not indispensable. As a result, the document:

- is *eXtensible* since personal elements can be declared;
- is *Markup* since the items can be distinguished by markup in a given way;
- is *Language* since vocabulary and rules can be fixed.”

The contracted software developers set up a personal file whose structure complies with the XML file format. It could be adjusted to the needs of the research in a flexible way even if changes occurred during the research process.

The key feature of the system is the template file set up by an information expert and which meets the requirements of the given task. Concerning its function, this empty XML file can be regarded as a blank worksheet that has to be filled in by the geologist. Due to its nature the format of different data types (character, number, date, *etc.*) and the methods of data input (continuous text, filling cells, title, list, check stroke, *etc.*) are embedded in the worksheet.

Since the data to be loaded were on different levels of hierarchy, in the programme the so-called “tree structure”

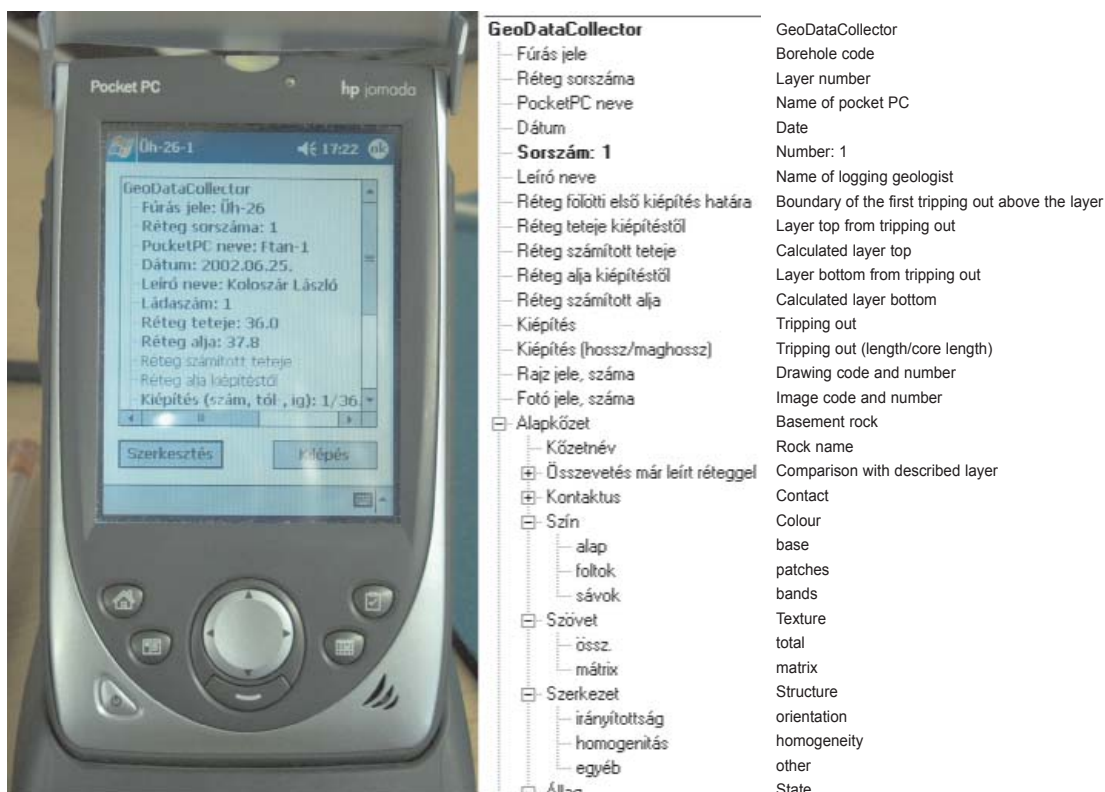


Figure 2. Detail of the HP Jornada pocket PC used for geological and tectonic logging of boreholes and of the "tree-structure" input field of geological logging

2. ábra. A fúrások földtani és tektonikai dokumentálásához használt HP Jornada kézisámítógép és a földtani dokumentálás „fa struktúrá” beviteli mezőjének részlete

input method was applied (Figure 2). Consequently, two data types can be distinguished with regard to display:

- *tree*: the pull-down part (like directories in Windows),
- *leaf*: the data items themselves (like files in Windows).

*Leaves* can be of different types which correspond to the types occurring in the database. Input methods are different as a function of types:

- number: only numbers can be entered,
- text: text can be entered freely,
- date: only date can be entered,
- counter: automatic counter (*e.g.* the layer which is in a continuous sequence),
- enum: selection from list (that can be extended).

Table 3 and Figure 3 give the explanations for adjustable parameters pertaining to different data types.

The process of data generation and its input in the database can be described as follows:

- the information expert creates the blank template file (worksheet; concerning its content, the file should meet the needs of geologists and its structure should enable subsequent information processing),
- the geologist describes the drill core layer by layer using the software of the Jornada pocket PC,
- the information expert loads the files of the pocket PC into the database using the software of the high-performance PC,
- the geologist checks the items of the database.

Table 3. Explanation of adjustable parameters pertaining to tree and leaf data types

Parameter	Data type	Explanation
name	<i>tree, leaf</i>	denomination of the given value (data) in the program
tblname	<i>tree</i>	Knowing the given tree, what table of the destination database should the programme put content "under"?
allowed	<i>tree</i>	yes/no switch, allowing selection of the needed one from the trees on the same level of hierarchy
dbname	<i>leaf</i>	What field of the table in the destination database should the programme put the data into?
e1, e2, e3, ..., ex	<i>leaf (enum)</i>	items of the list-type leaf
filename	<i>leaf</i>	The name of the XML file is composed automatically of the data in which the <b>filename</b> parameter is present (in our documentation system it is composed of the given value of the "Borehole number" and the "Layer number" leaves).
minvalue, maxvalue	<i>leaf (number)</i>	In the case of number types the minimum and maximum values that can be typed in
value	<i>leaf</i>	The data written by the geologists and loaded into the database

```

<?xml version="1.0" ?>
_ <tree name="GeoDataCollector" tblname="tblHeader">
_ <leaf type="text" name="Fúrás jele" dbname="FURAS_JELE" filename="" />
_ <leaf type="number" name="Réteg sorszáma" dbname="RETEG_SORSZAMA" minvalue="1" maxvalue="9" filename="" />
_ <leaf type="text" name="PocketPC neve" dbname="PPCNAME" />
_ <leaf type="date" name="Dátum" dbname="DATUM" />
_ <leaf type="counter" name="Sorszám" dbname="SORSZ" />
_ <leaf type="enum" name="Leíró neve" dbname="LEIRO_NEVE" e1="Chikán Géza" e2="Kókai András" e3="Marsi István"
e4="Don György" e5="Zsámbok István" e6="Peregi Zsolt" e7="Koroknai Balázs" e8="Király Edit" />
_ <leaf type="text" name="Réteg fölötti első kiépítés határa" dbname="RETEG_FOLOTTI" />
_ <leaf type="text" name="Réteg teteje kiépítéstől" dbname="RETEG_TETEJE" />
_ <leaf type="text" name="Réteg számított teteje" dbname="RETEG_SZAMITOTT_T" />
_ <leaf type="text" name="Réteg alja kiépítéstől" dbname="RETEG_ALJA" />
_ <leaf type="text" name="Réteg számított alja" dbname="RETEG_SZAMITOTT_A" />
_ <leaf type="text" name="Kiépítés" dbname="KIEPITES" />
_ <leaf type="text" name="Kiépítés (hossz/maghossz)" dbname="Kiepites_MH" />
_ <leaf type="text" name="Rajz jele, száma" dbname="RAJZ_JELE" />
_ <leaf type="text" name="Fotó jele, száma" dbname="FOTO_JELE" />
_ <tree name="Alapkőzet" tblname="tblAlap">
_ <leaf type="enum" name="Kőzetnév" dbname="KOZETNEV" e1="monzogranit" e2="monzonit" e3="granodiorit" />
_ <tree name="Összevetés már leírt réteggel">
_ <leaf type="text" name="a réteg melyik szakasza" dbname="RETEG_SZAKASZA" />
_ <leaf type="text" name="mihez hasonló (korábbi réteg)" dbname="MIHEZ_HASONLO" />
_ <leaf type="text" name="mi közt átmenet (korábbi rétegek)" dbname="KOZT_ATMENET" />
_ <leaf type="text" name="miben hasonló" e1="szín" e2="szerkezet" e3="szövet" dbname="MIBEN_HASONLO" />
_ <leaf type="text" name="miben tér el" dbname="MIBEN_TER_EL" />
_ </tree>
_ <tree name="Kontaktus">
_ <tree name="felső">
_ <leaf type="enum" name="jelleg" dbname="FELSO_JELLEG" e1="éles" e2="elmosódott" e3="átmeneti" />
_ <leaf type="text" name="település" dbname="FELSO_TELEPULES" />
_ <leaf type="text" name="kísérőjelenség (belső/kívüli)" dbname="FELSO_KISEROJELENSEG" />
_ <leaf type="text" name="elvetés (vetősík, anyag, mélység azonosító, bezárt szög, elmozdulás, jelleg)"
dbname="FELSO_ELVETES" />
_ </tree>
_ <tree name="alsó">
_ <leaf type="enum" name="jelleg" dbname="ALSO_JELLEG" e1="éles" e2="elmosódott" e3="átmeneti" />
_ <leaf type="text" name="település" dbname="ALSO_TELEPULES" />
_ <leaf type="text" name="kísérőjelenség (belső/kívüli)" dbname="ALSO_KISEROJELENSEG" />
_ <leaf type="text" name="elvetés (vetősík, anyag, mélység azonosító, bezárt szög, elmozdulás, jelleg)"
dbname="ALSO_ELVETES" />
_ </tree>
_ </tree>
_ <tree name="Szín">
_ <leaf type="enum" name="alap" dbname="ALAP" e1="Fekete" />
_ <leaf type="enum" name="foltok" dbname="FOLTOK" e1="Fekete" />
_ <leaf type="enum" name="sávok" dbname="SAVOK" e1="Fekete" />
_ </tree>
_ <tree name="Szövet">
_ <leaf type="enum" name="össz." dbname="OSSZ" e1="nagyporfiros" e2="középporfiros" e3="apróporfiros" />
_ <leaf type="enum" name="mátrix" dbname="MATRIX" e1="durvaszemcsés" e2="középszemcsés" e3="finomszemcsés" />
_ </tree>

```

Figure 3. Internal structure of the "tree-structure" XML file on the HP Jornada pocket PC at geological logging of boreholes

Explanation of specific parameters and data types can be found in the text and in Table 3

3. ábra. A fúrások földtani dokumentálása során a HP Jornada kézziszámítógépen „fa struktúrában” megjelenő XML-fájl belső szerkezete. Az egyes paramétereknek és adattípusoknak a magyarázata a szövegben és a 3. táblázatban

## Mapping of trenches

During 2002 two trenches were excavated in Bábaapáti: Trench A1 and Trench A2 in the Éva Valley and Mészkemence Valley, respectively. They can be described essentially as the manual stripping of 1.5–2 m high trench sides on the floor of steep valleys and to a lesser extent — in the case of the presence of thicker Quaternary cover — 80–100 cm wide trenches, which are a maximum 2 m deep in their hillside wing.

Mapping was affected by the regulation of expert authorities thus allowing a total length of only 100 m to be opened at the same time and the extracted material had to be stored,

albeit just temporarily, separate from the surface (on foil, Figure 4). This made impossible carrying out correlations of more distant phenomena if the earlier observation had already been buried by the time the subsequent observation took place.

Requirements of digital mapping were conceived during the mapping process. The first action in the field system set up for the digital documentation of trenches was the layout of marker points and the placement of the level marker line; this ensured the georeferencing of the geological mapping. Instead of drawing trench features on a sheet of millimetre paper, this system allowed — in most cases — the 1:50 (occasionally 1:25)-scale colour photomon-



**Figure 4.** Temporary storage of the material extracted from the trench  
4. ábra. Az árokba kitermelt kőzetanyag ideiglenes tárolása

tage of digital, nearly true to scale images to be used as the virtual basis of documentation. (Millimetre paper was used for mapping only when the trench was too narrow for taking appropriate images.) The digital interpretations (video pictures and photosets, maps and profiles, *etc.*) resulting from the executed preliminary, field and office work were visualised using a standard, interactive multimedia system on CD.

### *Field-work*

*Preliminary activities of the field mapping* included the layout of marker points, their preliminary and instrumental calibration as well as acquiring digital and video images (Table 4). The key to success of the trench mapping was the accurate georeferencing of its image. It was facilitated by the so-called marker points laid out in the trench wall 2-3 m from one another. Using a Silverline libel laser level kit a reference level was set up in the trench by means of horizontally laid out marker points. This made certain the accurate positioning of fractures and geological information and made possible applying the photomontage as the reference system for mapping.

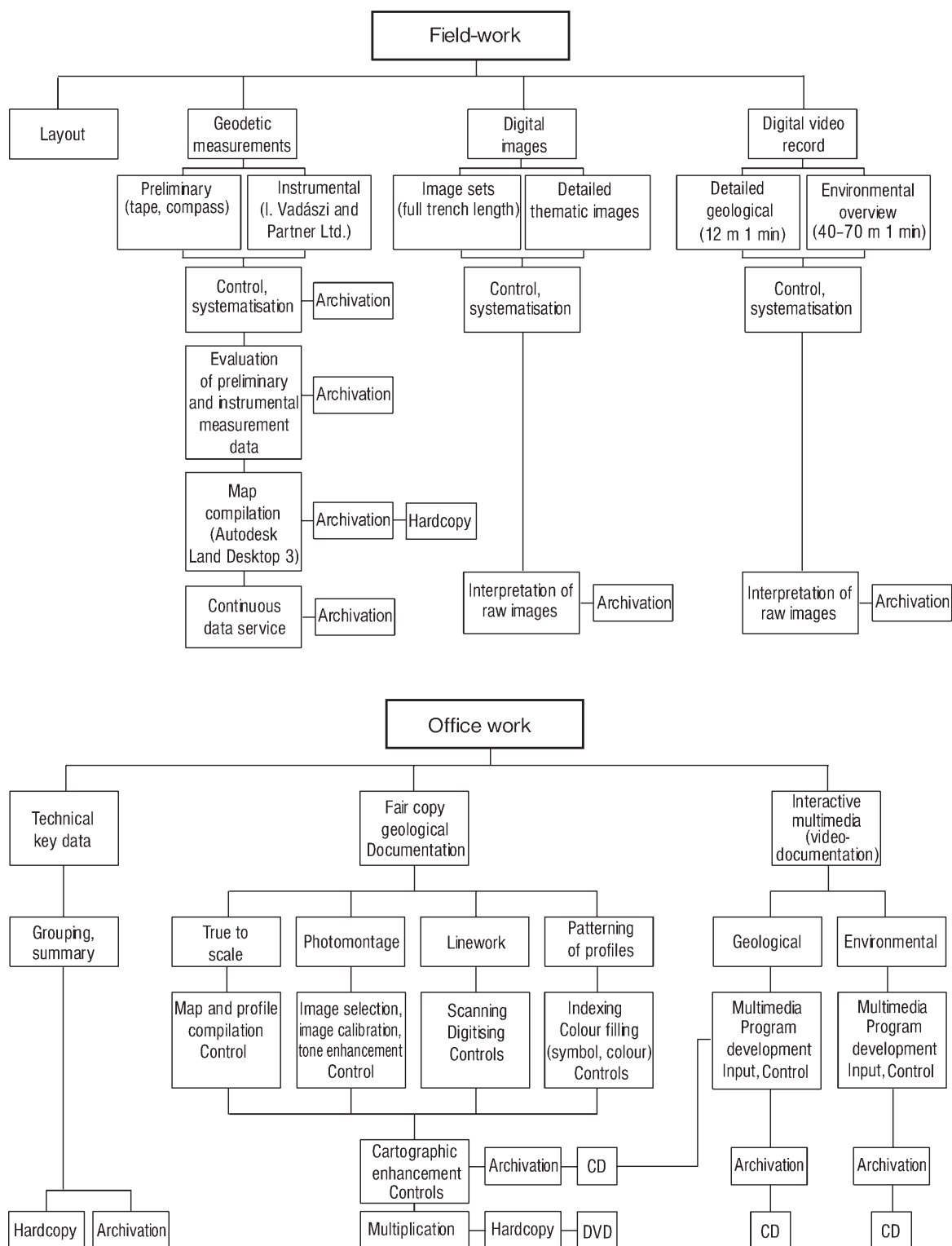
Marker points were fixed by means of spikes or by hilti concrete nails beaten into hard rocks. Wooden wall-plugs were used in soils or in soft rocks. Thorough the work with the Silverline level kit made it possible to stay under 1 cm of error. Between the points a white, thin plastic bale ligament wire was used. To start with aluminium plates were applied to mark marker points. Though weatherproof, they had some disadvantages because they were too small and too shiny. They mirrored the images but even if they did not, it was still impossible to read them. Therefore, from the last section of Trench A1 (marker 152) onwards a change to larger (10×10 cm), white plastic tag tables was made. There were certain problems with fitting wide-angle images if the distance between marker points exceeded 2 metres. Therefore attempts were made to take images of longer sections from farther on with middle-angle adjustment (provided there was enough space). These images yielded materials of least distortion.

Simultaneously with the layout the following were recorded: the distance between marker points by tape-measure; the orientation of the section between them by Freiberg compass; and the dip and height of the wall at every point by both tools. Data were registered in tabular format.

Imre Vadászi and Partner Ltd. executed the geodetic survey of the marker points section by section in three cases: (i) after finishing a 100 m section, (ii) if there was some reason to check records and (iii) if additional measurements were needed. During geodetic work it was suggested that the last one or two marker points of buried sections were left in place so as to facilitate any other subsequent check measurements.

During *video-recording* detailed images were taken every 3 metres, whereas more distant images allowed 30-50 m sections to be presented as a function of relief characteris-

Table 4. Field-work performed during trench mapping



tics. Recording for the archives was executed by continuous scanning. There also was the task of taking time series of images (e.g. before extraction, in-between and after). Apart from high-resolution pictures some overview images were also acquired during each specific period. The precise technology of the work was elaborated following the definition of the technical content. A Panasonic NV-DA1 mini DC

camera was used. Extreme changes in humidity as well as the hardly recognisable but important fluctuation of low illumination generated problems in the work.

During the taking of the digital pictures the following possibilities of errors were faced:

— Blurred picture (reason: the automatic system had a too long exposition time so that “hand trembling” becomes

discernible or illumination is so low that automatic system cannot cope with it). To eliminate this, a pedestal stand was used for taking pictures.

— Light infiltrations. In this case the photographer is almost helpless. Random light infiltration subdues considerably the quality of the pictures making them useless, even if there is only slight infiltration. Changes in contrast resulting from different illumination often significantly exceeded the differences due to geological variability. In this case the photos were repeated during better light conditions.

Pictures of each trench section were acquired at least once. The pictures had an overlap of at least 50%. It had great significance when compiling a fair copy of the documentation, since in several cases continuous photomontages of the sections imaged by the mapping geologist could be assembled by using reserve pictures. Due to applied cameras (NikonCOOLPix995, HP735) and local relief characteristics the distance between marker points could not exceed 2–2.5 m. If it was larger the multiple of time was needed to fit pictures. Apart from the afore-mentioned picture set some specific thematic pictures were also taken for trench reports.

*Field geological-tectonic mapping* proceeded in the pre-fabricated photomontage or, if it could not be assembled, on millimetre paper. The printed photomontages – only approximately true to scale and created by 12 m sections using a CorelDraw9 package – was compiled essentially by mapping geologists and to a lesser extent by the experts of the Kömlódi Korrekt Ltd.

During mapping clearly visible fractures were marked. There was no need to measure their position and orientation on the photomontage, only to search for, and mark them on the picture. Strike and dip values were recorded next to or under the marked fracture. Special emphasis was put on observing striae and registering their values. Firstly, different rock types were provided with temporary and — following unification — with standard symbols. The dip and strike of inferior fractures and joints were measured section by section but were not marked on the drawing documents, they were simply used for statistic analyses. Simplified characterisation of the formations was presented under the photomontages and they were used to distinguish rock types and to elaborate individual legend units.

Preparation of the *top view tectonic map series* followed after the termination of sidewall mapping, partly using some of its results. Horizontal mapping was based on the 1:50-scale top view map of geodetically measured marker points. It served as the basis on which the top view of tectonic elements was marked and could thus be displayed on map. It gave help for better understanding of certain fractures and to unite them into groups and zones.

Tectonic mapping proceeded within the framework of two themes. On the one hand mapping geologists measured significant tectonic elements, faults, fracture zones, foliation, striae and joints on the mapped sections in a pre-defined system, and put them in tables. In order to reveal changes in fracture density they took fracture samples from sections of different jointing. In other words, they

measured every single joint occurring in a 10 m long section. The other major task was the preparation of a 1:50-scale tectonic map. Apart from the main structures this map was conceived essentially for representing combinable structural elements. Mylonitic sections, foliation (and its intensity), fracture zones at variance with each other, striae and single fractures were also measured. Single elements were displayed by projecting them vertically on the plane of the marker line. Following the visualisation of measurements the coherent, traceable elements were joined and the phenomena were typified. The 1:50-scale map, demonstrating tectonic phenomena by different colours, was supplemented with the figures of the stereogram-based distribution of observed joints in the related sections for both principal and aggregate joints. Stria data were involved in the interpretation of palaeo-stress fields; mylonite and foliation records were used for designating foliation belts, whereas fracture zones provided help in preparing the Site's fracture model, compiled on the basis of borehole and trench data.

*Preliminary data processing* included continuous checking and systematisation of the collected data, compilation of profiles and maps, a continuous data service and coordination of the work. Field measurements were invariably compared with geodetic data, in uncertain cases even with digital images. Unchecked data were not registered. By means of field notes and photos geodetic survey data were checked during the compilation of trench sections and maps. The length of trenches was also checked virtually continuously for each geodetic measurement; this resulted in the slight modification of the field register based on field measurements.

Simultaneously with field-work every piece of information (*i.e.* field and geodetic measurements, digital images) was put in a digital dataset after systematisation. Digital images were stored in JPG — *i.e.* compressed — format while other data were placed in Excel files. Final marker point distances and section orientations read from trench maps and based on geodetic measurements were also loaded in Excel tables.

A multistage control system was adopted which marks each step with a different version number. Each stage of revision could thus be re-established. At each step the related dataset was placed on CD and on the hard disk of several PCs by means of portable hard discs (RACK) which were used extensively in the project.

Deploying an Autodesk Land Desktop 3 application, spatial maps were almost immediately generated from the geodetic data and these maps were then processed in DWG format.

Within two days of finishing the geodetic measurements coordinate lists were processed. Almost on the same day the map and the precise data relating to the coordinates also became available. Coordinates of the marker points, the respective lengths of the trenches based on geodetic measurements, and the results of the field survey were continuously updated. It gave the opportunity to provide an updated data service at any time for each piece of information concerning the trench map-

ping (*i.e.* layout position, emerging problems, field survey data, distance between marker points, trench length, extraction register, and coordinates of marker points).

### Office work

Office work involved the compilation of the necessary technical documentation and the fair copying of geological profiles. Finally, the integrated evaluation was prepared using interactive multimedia applications and it was saved on CD (Table 4).

### Basic technical data

As soon as the field period was over the following technical documentation was compiled:

- coordinate list of the marker points of Trenches A1 and A2 in the Uniform National Projection System;
- 3D map of Trenches A1 and A2 (in a computer) using Autodesk Land Desktop software and in a DWG format;
- register of the final (geodetically measured) distance and orientation data (as well as DZ) between the marker points of Trenches A1 and A2, by trenches, sections and in total;
- table of the length of Trenches A1 and A2 (divided between the geologists doing the mapping), and also a daily and monthly summary.

### Fair copy of the geological-tectonic profiles

Compilation of the fair copy geological profiles was a multistage interactive process; it was the result of labour-intensive, creative cooperation between geologists involved in field documentation and experts of the Kömlődi Korrekt Ltd. It can be divided into the following stages:

- compilation of a true-to-scale base map,
- assemblage of a true-to-scale photomontage,
- setting up the legend,
- compilation of final linework, free of distortion,
- preparation of the colour geological documentation,
- cartographic procedures,
- multiplication.

Digital processing of the detailed fair copy geological profiles took virtually 5 months. The true-to-scale base map — using the technical documentation — was compiled with an Autodesk Land Desktop3 application. This is the true-to-scale basis of the vertical profile of the trenches divided upon the continuously extracted sections on the same side — in other words, the scheme of the profile. The same picture is displayed in the fair copy profiles to show it as it is in reality.

The profile base satisfied some predefined, fundamental cartographic (display) criteria, the most important of which are as follows:

- the profiles should be bordered by linear scales with vertical coordinates marked at each metre of each linear scale;
- all marker points should be compiled true-to-scale, their sign and the distance from the beginning of the trench

should be marked above the trench by a vertical added line; the distance as well as the orientation of sections between marker points should be also recorded.

Digital images were fitted on the true-to-scale profile base using an Autodesk Raster Design3 application. If needed, single pictures were subjected to some distortion by Helmert transformation (*i.e.* shift, rotation, zoom-in, and zoom-out). Some of their parts were cut off and their tones were occasionally modified. Some 3000 items of digital images were thus processed. It was attempted to use raw pictures taken by the mapping geologists since in this way the assembled fair copy geological picture overlapped better with the profile base. Of the sections prepared with the afore-mentioned method a 1:50-scale print on paper was made for geological profiles.

Every expert concerned — *i.e.* 9 staff members — participated in the elaboration of the integrated geological knowledge-base — the legend. The legend that can be regarded as the fundamental professional aspect of the compilation of the trench profile.

Geologists involved in the preparation of the geological key profile drew together the field geological survey data divided by 12 m sections on the delivered photomontage (*i.e.* on the superimposed size-proof foil). The resulting linework was scanned, then vectorised and some cartographic enhancement was applied according to the required display format. In this phase the artificial 12 m division was eliminated and instead a division was applied upon trench sections viewed in one piece under natural conditions. The documentation drawn on millimetre paper was scanned immediately and it was fitted to the marker points by Helmert transformation before vectorisation.

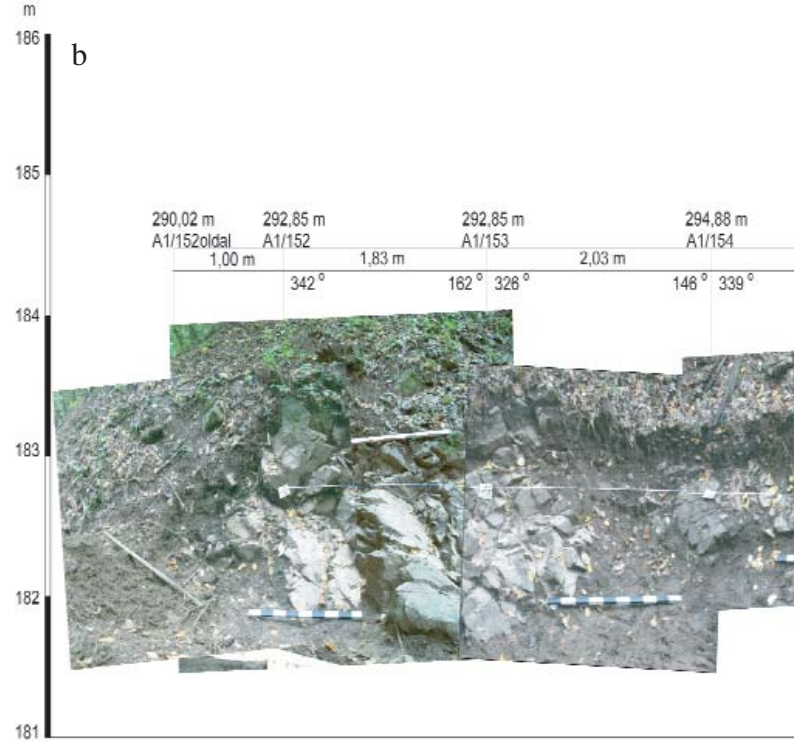
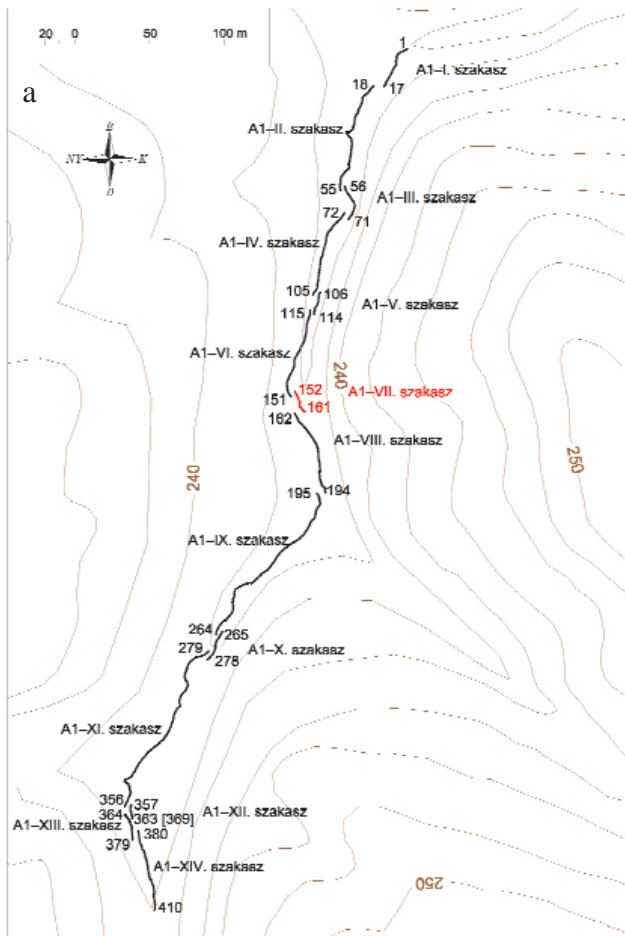
The resulting linework was thoroughly checked by the processing and surveying geologist and corrected several times. Formation of the final linework of the geological profile was followed by the determination of the colour and pattern symbols and these were checked at least once.

“Cartographic enhancement” means the creation of the final display. Its main feature is that the final geological profile displays two types of interpretation. On the top part of the profile only the photomontage is displayed (and on which the linework was drawn), whereas the bottom part can be regarded as the “classical” geological profile with colour and symbols, but without images.

Instead of completing everything in one step, cartographic enhancement was applied in each work phase as a result of checking and unification. Prior to multiplication one set of the fair copy series was printed for the so-called “fair copy” check. Obviously, this check also resulted in fairly significant cartographic modifications.

The volume of technical-geological and digital photo documentation amounted to 6.5 GB. The final fair copy documentation is represented in Figure 5, having been processed through the reduction of the original 1:50-scale documentation.

In the full documentation of the trenches (GYALOG et al. 2003b), alongside general data the geological description of

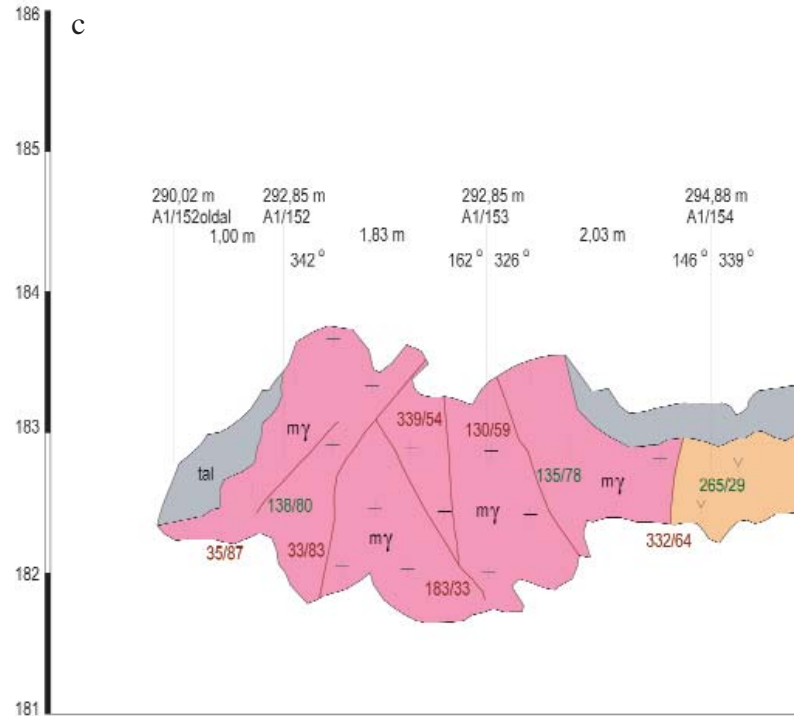


**Figure 5.** Detail of the final fair copy documentation of Trench A1 in Éva Valley (section VII, between 290–308 m)

a – map of the trench with the number of sections (the displayed section is red) and with the number of the first and last marker points, b – horizontal projection of the photomontage of trench section A1-VII with geological linework. c – geological profile of trench section A1-VII. *Quaternary*: tal = soil; g<sup>l</sup> = slope loess; g<sup>s</sup> = slope clay; g<sup>my</sup> = clayey rubble; *Paleozoic, Mórággy Granite Formation*: mγ = rare porphyritic monzogranite; mž = rare porphyritic monzosyenite; γ<sup>lc</sup> = small-grained, leucocratic granite. *Other*: a = fault clay; triangles (+ lithological symbol) = crushed zone; X = rubble of trench digging; Q (blue) = spring

**5. ábra.** Az Éva-völgyi A1 árok földtani tisztázati dokumentációjának részlete (VII. szakasz, 290–308 m között)

a – az árok térképe a szakaszok számával (piros a megjelenített szakasz), valamint a szakaszok kezdő és végső markerpontszámával, b – az A1-VII árokszakasz fotómontázsa a földtan vonalművével, vízszintesbe transzformálva, c – az A1-VII árokszakasz földtani szelvénye. *Negyedidőszak*: tal = talaj; g<sup>l</sup> = lejtőlöss; g<sup>s</sup> = lejtőagyag; g<sup>my</sup> = agyagos-murvás közettörmelék; *Paleozoikum, Mórággyi Gránit Formáció*: mγ = ritkaporfirós monzogranit; mž = ritkaporfirós monzoszenit; γ<sup>lc</sup> = aprószemcsés, leukokrata gránit. *Egyéb*: va = vetőagyag; háromszögek (+ közetjel) = zúzott, morzsolt öv; X = árokásás törmelék; Q (kék) = forrás

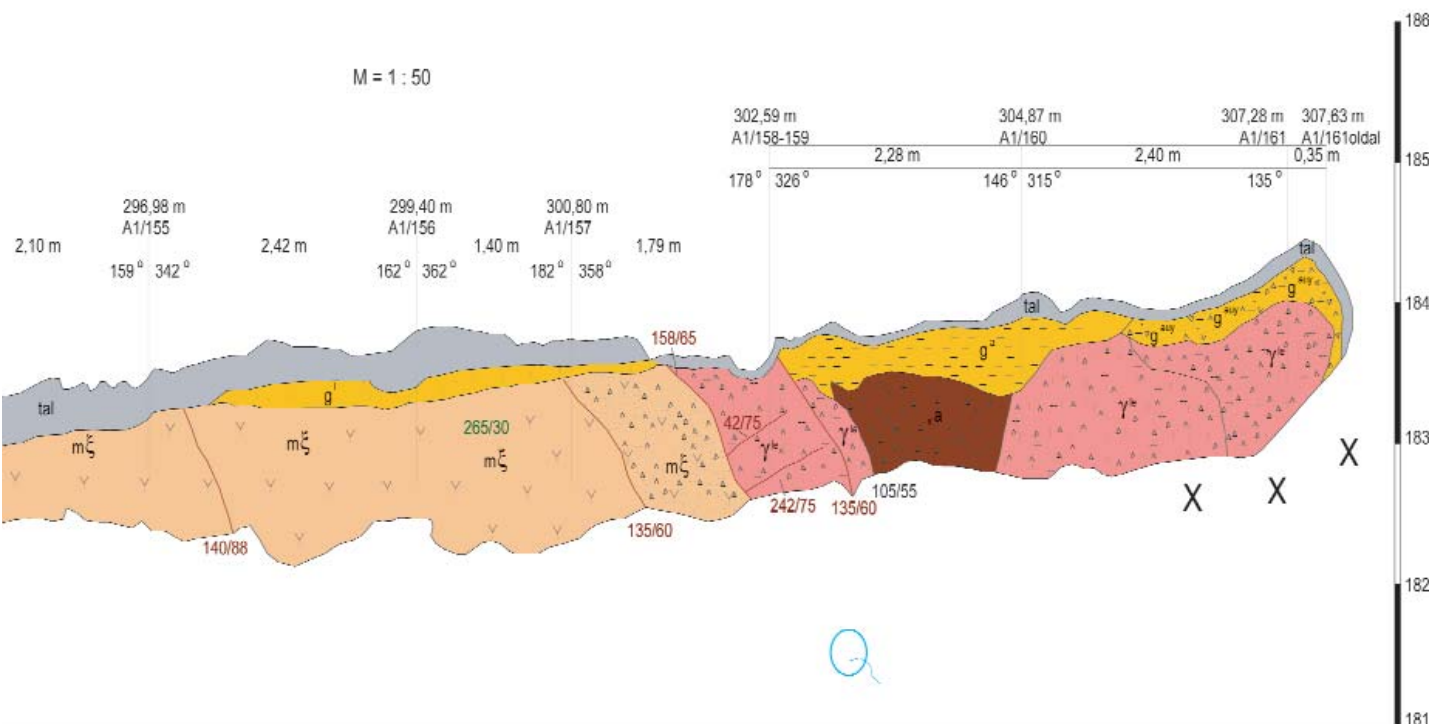
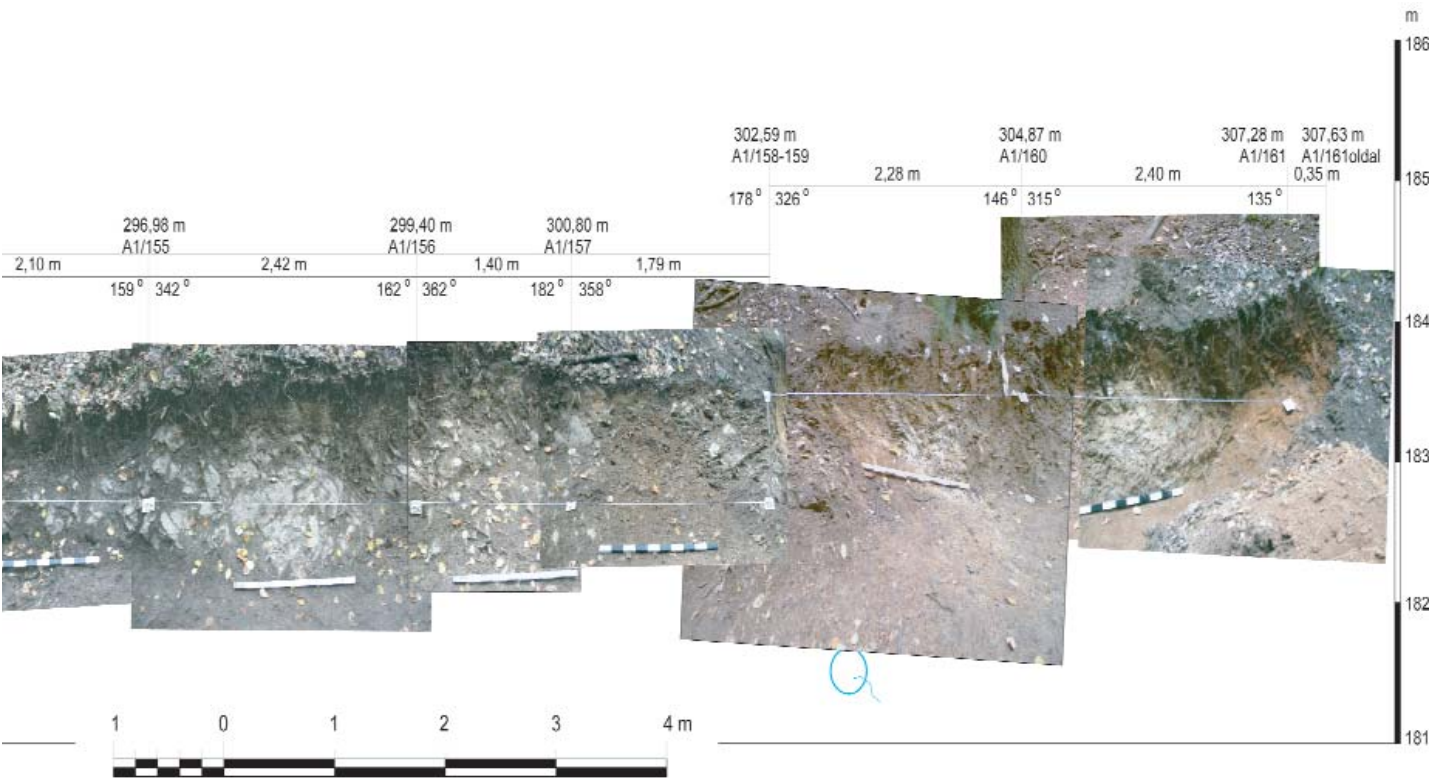


the formations and the laboratory analysis of the samples were covered in detail. In the annexes of the documentation there were presented: the petrographical profile in the bottom of the trenches marked in m; the coordinates of the marker points; the geological profile of the hillside wing of the trenches on the original photoset (together with the top view map of the trenches displaying the tectonic features in a separate continuous colour figure); and the results of laboratory analyses.

**Interactive multimedia processing (video record)**

Separate fair copy digital films of the field video images (edited, clipped, ordered, entitled) were processed using the Pinnacle DVPlus software.

The interactive video record aimed at displaying the geological and environmental setting was processed during multimedia programming (with the assistance of a multime-



dia expert) making use of the edited video raw pictures, technical key documentation (maps) and digital datasets of the fair copy geological profiles. Several types of software were used, including Adobe Illustrator 9, Autodesk AutoCAD2000, Asymetrix ToolBook 6.0, and Macromedia Flash 6.0. Multimedia CDs comprised the integrated processing of 13 GB electronic data volume by set.

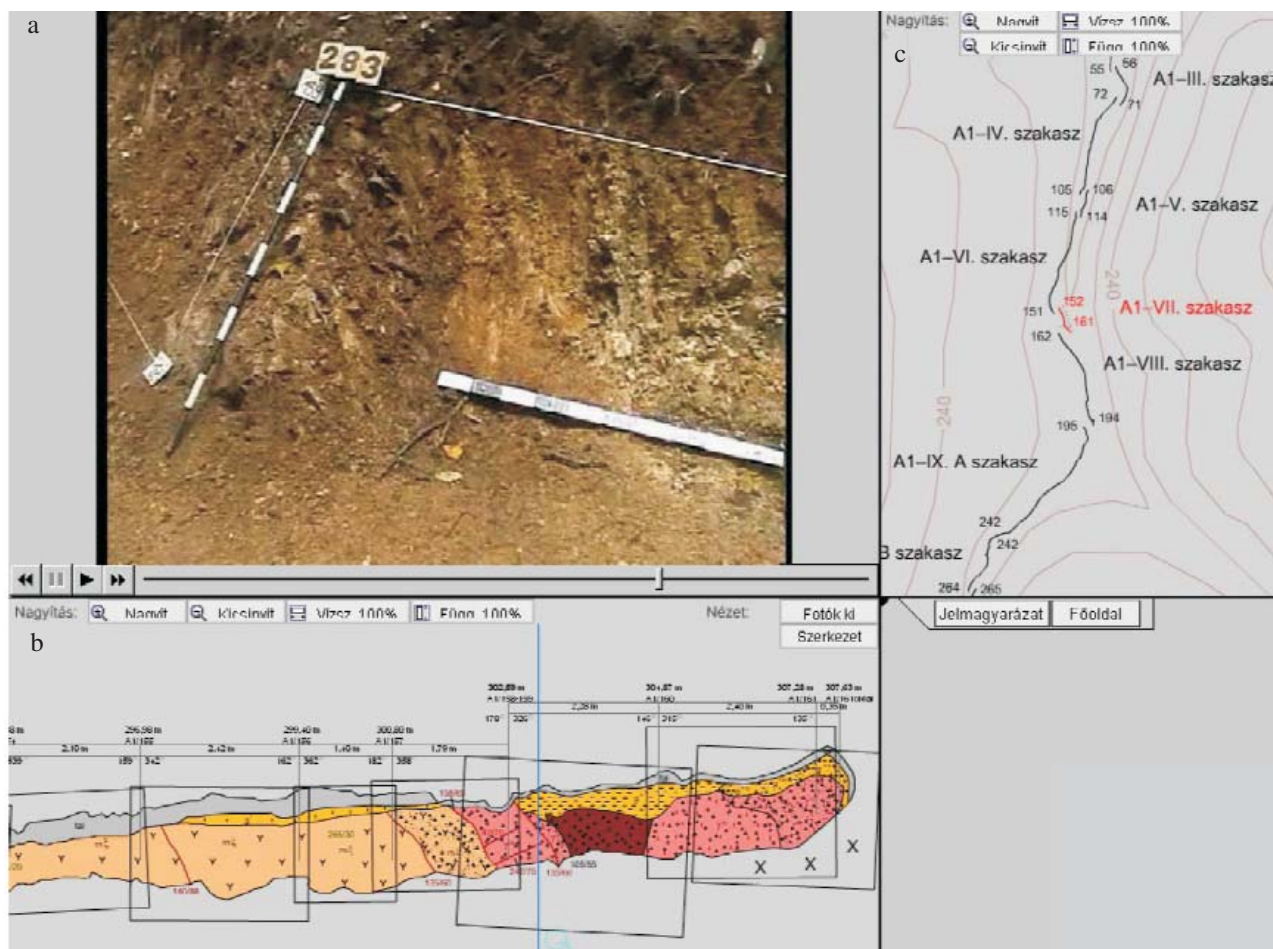
Figure 6 presents the integrated interpretation using an interactive application in a CD set demonstrating the geo-

logical video record. The figure displays the screen of the multimedia system.

The main features of the display interface are as follows:

- By clicking on the 1:10,000-scale overview map a selection among the trenches can be made.

- By clicking on the appropriate section name the section for display can be selected (the name of the selected trench section becomes red below the mouse arrow).



**Figure 6.** Presentation of the screen of the multimedia system (Section VII of trench A1 between 290–308 m)

a – video record of the profile site marked with blue line on the profile b, b – geological profile of the related section (its legend see on Figure 5), c – presentation of the trench section (corresponds to a of Figure 5)

**6. ábra.** A multimédiás rendszer képernyőjének bemutatása (A1 árok 297–308 m közötti szakasza)

a – a b szelvényrajzon kék vonallal jelölt szelvényhely videóképe, b – a szakasz földtani szelvénye (jelkulcsát lásd az 5. ábrán), c – az árokszakasz bemutatása (mint az 5. ábra a pontjának megfelelője)

— A horizontal and vertical line divides the monitor into four compartments and their sizes can be adjusted. A video can be played in the upper left window, the upper right window presents the top view map of the trench, and the lower left compartment demonstrates the fair copy profile (on which particular photos can optionally be switched on one by one and observed at any zoom). The legend and the quit button were placed in the lower right rectangle.

— By clicking on any point of the map or profile of the opened section (indicated by the first finger) the video film shifts to the selected point from which it can be restarted.

— The video play takes 1 minute and displays a 12 m length of trench profile.

— The geological profile and the top view map can be zoomed in and out optionally within their respective windows.

— Graphic windows are harmonised with one another — *i.e.* the actual position of the video display is indicated by a blue point and a blue line on the top view map and on the

profile, respectively. This shifts in coherence with the displayed picture.

— The geological interactive CD set provides an integrated display and it supports an optional thematic interpretation. It is an easy and efficient tool for browsing and examining the related information.

#### Environmental video record

Like the geological one, the environmental video record is also demonstrated on a coherent interactive CD set. The main features of the display interface are as follows:

— By clicking on the 1:10,000-scale overview map selection among the trenches can be made.

— By clicking on the appropriate section name the approximately 40–60 m long section can be selected for display.

— The video film presenting the state of the selected section portion before extraction, in between and after is displayed for about one minute.

## Summary

During the geological exploration conducted in 2002–2003 new methods in geological documentation were introduced, especially in the geological-tectonic logging of boreholes and dug wells and mapping trenches. Combined with digital data input these new methods facilitated the digital display and systematisation of the large volume of geological-tectonic data from the research area as well as their organisation into a database. Using specific applications

elaborated for pocket PCs the geological-tectonic information was organised into a database or loaded directly into a PC database. By building uniform queries and stores of information a uniform database was created. It was suitable for the solution of some subsequent database supported tasks. New display techniques with respect to trench mapping were elaborated by introducing photo-based mapping. This included the demonstration of geological features as fitted to the true-to-scale absolute relief contour lines as well as the tectonic interpretation of the top view map of the trenches.

## References — Irodalom

- BALLA Z., ALBERT G., CHIKÁN G., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., FÖLDVÁRI M., GYALOG L., HAVAS G., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., KOVÁCS-PÁLFFY P., MAROS GY., MARS I., PALOTÁS K., PEREGI ZS., RÁLISCH L.-NÉ, ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZÓCS T., TÓTH GY., TURCZI G., PRÓNAY ZS., VÉRTESY L., ZILAHÍ-SEBESS L., GALSÁ A., SZONGOTH G., MEZŐ GY., MOLNÁR P., SZÉKELY F., HÁMOS G., SZÜCS I., TURGER Z., BALOGH J., JAKAB G., SZALAI Z. 2003: Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program. A felszíni földtani kutatás zárójelentése, Bábaapáti (Üveghuta), 2002–2003 [in Hungarian: Programme for final disposal of nuclear power plant low- and intermediate-level radioactive waste. Final report on the geological exploration from the ground surface, Bábaapáti (Üveghuta), 2002–2003]. — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG L., ZSÁMBOK I. 2003: Az Üveghuta Üh-27 fúrás földtani leírása (in Hungarian: Geological mapping of Borehole Üveghuta Üh-27). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG L., CHIKÁN G., KOLOSZÁR L., GULÁCSI Z., MARS I. 2003a: Az Üveghuta Üh-25 és Üh-25A fúrás földtani leírása (in Hungarian: Geological mapping of Boreholes Üveghuta Üh-25 and Üh-25A). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG L., JÁMBOR Á., KÓKAI A., MAROS GY., PEREGI ZS., KONRÁD GY., MÁTHÉ Z., SZEBÉNYI G. 2003b: A bábaapáti A1 és A2 árok földtani leírása (in Hungarian: Geological description of Trenches A1 and A2). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG L., KOROKNAI B., GULÁCSI Z., MARS I., KOLOSZÁR L. 2003c: A Mórág Üh-31 fúrás csoport (Üh-31A, Üh-31B, Üh-31C fúrás) földtani leírása (in Hungarian: Geological mapping of Borehole Group Mórág Üh-31 (Üh-31A, Üh-31B, Üh-31C)). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG L., MARS I., DON GY. 2003d: A bábaapáti K2, K3 és K4 ásott kút földtani leírása (in Hungarian: Geological description of Dug Wells K2, K3 and K4 at Bábaapáti). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- MAROS GY., PALOTÁS K. 2000: Evaluation of planar features in Boreholes Üveghuta Üh-22 and Üh-23 with CoreDump software (Az üveghutai Üh-22 és Üh-23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel). — *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 1999*, pp. 315–340.
- MAROS GY., PÁSZTOR, SZ. 2001: New and oriented core evaluation method IMAGEO. — *European Geologist* 12, pp. 40–43.
- MAROS GY., BALLÁNÉ DUDKO A., FORIÁN-SZABÓ M., KOROKNAI B., PALOTÁS K. 2003a: Az Üveghuta Üh-25 fúrás tektonikai dokumentációja (in Hungarian: Tectonic log of Borehole Üveghuta Üh-25). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- MAROS GY., BALLÁNÉ DUDKO A., FORIÁN-SZABÓ M., KOROKNAI B., PALOTÁS K. 2003b: Az Üveghuta Üh-31 fúrás csoport tektonikai dokumentációja (in Hungarian: Tectonic logs Borehole Group Üveghuta Üh-31). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- SZONGOTH G., ZILAHÍ-SEBESS L., BANNÉ GYÓRY E., TÓTH I., KASZA Z., TONKA P. 2003: Üh-25, Üh-26, Üh-27, Üh-28, Üh-28A, Üh-29, Üh-30, Üh-36A, Üh-36, Üh-37 fúrások mélyfúrás-geofizikai, közetfizikai, BHTV méréseinek kiértékelése (in Hungarian: Interpretation of well-logging, petrophysical, BHTV data from Boreholes Üh-25, Üh-26, Üh-27, Üh-28, Üh-28A, Üh-29, Üh-30, Üh-36A, Üh-36, Üh-37). — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.



## Földtani-tektonikai dokumentálási rendszerek a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen

GYALOG LÁSZLÓ<sup>1</sup>, HAVAS GERGELY<sup>1</sup>, MAIGUT VERA<sup>1</sup>, MAROS GYULA<sup>1</sup>, SZEBÉNYI GÉZA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Kömlödi Korrekt Kft., 2853 Kömlőd, Perczel Mór utca 26.

**Tárgyszavak:** árkolás, Délkelet-Dunántúl, fényképek, fúrások, fúrómagok, gránitok, kutak, kutatás, lösz, Magyarország, Mórággyi-rög, videomódszerek

### Összefoglalás

A 2002–2003-ban végzett földtani kutatás során a földtani dokumentálásban, ezen belül a fúrások és az ásott kutak, valamint a kutatóárkok földtani-tektonikai dokumentálásában alkalmazott új módszereink digitális adatrögzítés alkalmazásával lehetővé tették a kutatási területről származó hatalmas mennyiségű földtani-tektonikai adat digitális megjelenítését, rendszerezését, adatbázisba szervezését. A fúrások és az ásott kutak esetén kézisámítógépekre kidolgozott külön programokkal oldottuk meg a földtani és tektonikai információ adatbázisba vitelét, illetve közvetlenül a számítógépes adatbázisba töltését. (Ez a megoldás a terepen is lehetővé teszi az azonnali adatbázisba vitelt.) Ezután az adatbázist szűrésekkel, szövegtáblák készítésével és egységesítésével tettük homogénné, adatbázisra épülő későbbi feladatok megoldására alkalmassá. A földtani-tektonikai dokumentálás többlépcsős folyamat, amely alaphegységi kőzetek esetén az átnézetes földtani dokumentálás → mintakijelölés → fényképek elkészítése → tektonikai dokumentálás → magszkennelés → részletes földtani dokumentálás → mintavétel lépésekből áll. A fedőüledékek esetén ebből a sorból a tektonikai dokumentálás és magszkennelés lépései maradnak ki, a többi változatlanul elvégezzük.

Az árkok dokumentációjánál a fénykép alapú dokumentálás bevezetésével és a földtani tartalomnak a mérethelyes, abszolút magasságvonalakra illesztett megjelenítésével, akárcsak az árkok felülnézeti térképének tektonikai értelmezésével, új megjelenítési formákat hoztunk létre. Már a terepi részletes, 1:50 méretarányú fényképekre történő rajzos dokumentálás is jelentősen könnyebb volt, mint a milliméterpapírra történő. A későbbiekben ennek GIS alapú számítógépes feldolgozása történt meg.

### Bevezetés

A 2002–2003-ban végzett földtani kutatás során a földtani-tektonikai dokumentálásban, ezen belül a fúrások és az ásott kutak, valamint a kutatóárkok földtani-tektonikai dokumentálásában számos új módszer alkalmazására nyílt lehetőségünk. Ezek a módszerek a digitális adatrögzítés, az adatok adatbázisba szervezése, a számítógépes megjelenítés témakörét ölelik fel. Ebben az időszakban 23 fúrás mélyült 3298,72 folyóméter összhosszban, 2892,65 m hosszan maggal, amelyből a dokumentálás során 287,00 m fedőüledéket és 2605,65 m alaphegységi képződményt (Mórággyi Gránit, kréta vulkáni telérek) írtunk le. Ezen kívül 3 ásott kút mélyült, 73,3 m összhosszban (71,0 m fedő, 2,3 m alaphegység), továbbá 2 árkot létesítettünk, 1506,91 m dokumentált hosszúságban. A dokumentálás legnagyobb részét a MÁFI szakemberei végezték, a fúrásoknál az Üh-32 fúrás csoportnak és a két árok egynegye-

dének földtani-tektonikai dokumentálását a Mecsekérc, az árokdokumentálás technikai előkészítését és végső összeállítását, valamint a videodokumentálást a Kömlödi Korrekt Kft. végezte.

### Fúrómagok földtani-tektonikai és ásott kutak földtani dokumentálása

A kutatás során a fúrómagok dokumentálását nem az általában megszokott módon, a fúrás mellett, a szabad ég alatt, hanem a külön erre a célra létrehozott Földtani-tektonikai Terepi Laboratóriumban végeztük, ahol az időjárási körülményektől független és ezáltal alapos munkavégzésre nyílt lehetőség. Az ásott kutak dokumentálása természetesen a helyszínen történt, de a dokumentálás rendszerének hasonlósága miatt ezt is a fúrásdokumentálással együtt ismertetjük.

A földtani dokumentálás során a fúrómagok ásványos összetételét, szövetét, szerkezetét és elváltozásait vizsgáltuk, ezek alapján végeztük el az előzetes közettani minősítést, amelyet (elsősorban mikroszkópos) vizsgálatok elvégzése után pontosítottunk. Ezeket a földtani alapadatokat a későbbiekben a földtani, tektonikai, vízföldtani, geofizikai értékelések, végül a felszíni kutatás zárójelentése (BALLA et al. 2003) használták fel.

A dokumentálás rendje eltérő volt a fedőösszletben és a legfelső, murvásodott gránitban, valamint az alaphegységi szakaszokon.

A *fedőösszletben* és a gránittest legfelső, erősen murvásodott részén (akárcsak az ásott kutakban) csak földtani dokumentálást végeztünk, tektonikai dokumentálást nem, mivel tektonikai jelenségeket nem észleltünk. Ezekben a szakaszokon a fúrásokban a rétegeket a hagyományos módon jelöltük, vagyis a fúrás mélyítése során a műszaki ellenőrzés által megadott kiépítmélységeket vettük figyelembe. Itt a komplex mélyfúrás-geofizikai mérések is segítettek a réteghatárok pontosítását és az értelmezést.

Az *alaphegységi szakaszokon* a dokumentálási folyamatok sorrendje a következő volt:

— átnézetes földtani leírás (a rétegek kijelölése és beszámozása),

— a rendszeresen kijelölhető minták helyének rögzítése a fúrómagon,

— a magládák lefényképezése,

— tektonikai leírás,

— magszkennelés,

— földtani leírás,

— magmintázás.

Csak a nem széttört szakaszokon készült szkennelés, akusztikus lyukfal-televíziós mérés részben a tört szakaszokról is készült, de a zúzott zónákról már az sem. Az alaphegységi kőzetekben a réteghatárokat nem a felszíntől mértük (a fúrási kiépítés értéke alapján) —, hogy a nem 100%-os magkihozatal vagy a bennmaradt és későbbi kiépítéskor felszínre került kisebb-nagyobb magszakaszok esetén pontosabban állapíthatjuk meg a réteg valódi mélységét —, hanem a felfelé következő kiépítéstől való távolságát adtuk meg. Így rögzítettük az összes földtani és tektonikai elemet (pl. réteg felső határa: 231,25+1,25 m, réteg alsó határa: 233,12+0,21 m). Ezeket valódi mélységre a magok szkennelése és a lyukfal-televíziós mérésekkel való összevetése után számítottuk át. Ugyanígy adtuk meg a vizsgálatra kivett minták mélységét is, és jelöltük meg a fúrómagon is. A fenti módszer természetesen azt jelenti, hogy az egyes réteghatárokat, a tektonikai objektumok helyét, valamint a kiépítéskori magszakaszok aljának valódi mélységét csak a végleges dokumentáció elkészítésekor tudtuk pontosan megadni. Ez az egységes érték biztosította a földtani és a tektonikai leírás, továbbá a szkennelés és az akusztikus lyukfal-televíziós mérések egybevetését.

Az alábbiakban a földtani és tektonikai dokumentálást, a magszkennelést és az adatbázisba vitel módszereit ismertetjük.

## Földtani dokumentálás

A dokumentálást a korábbi gyakorlattól eltérően nem folyamatos szövegben, hanem kéziszámitógépekkel végeztük, majd a Laboratóriumban számítógépes adatbázisba töltöttük.

A tervekészítés során az alaphegységi képződményekre és a laza üledékekre külön adatlapokat dolgoztunk ki. Ezeknek az adatlapoknak a szerkezetét a munka során elsőként kísérleti jelleggel, majd általánosan bevezetve kéziszámitógépekre (Pocket-PC, HP Jornada típusú kéziszámitógép) vittük, amihez külön programot fejlesztettünk. Ezáltal már a magláda mellett gépre lehetett vinni a leírás egyes elemeit, illetve az egyes jellemzők esetén előre gyártott szólistákat tudtunk készíteni, ezekből kellett kiválasztani a megfelelőt. A dokumentálási adatok a PC-re való letöltéskor rétegenként külön XML formátumú fájlba kerültek, vagyis egy fúrás annyi fájlból állt, ahány réteget a dokumentáló geológus leírt. A fájlokat SQL-parancsok segítségével tetszőleges standard adatbázis-kapcsolattal (ODBC) rendelkező adatbázisba konvertáltuk. Az egyszerű kezelhetőség érdekében a közbülső feldolgozás MS Access adatbázisban történt, amelyből Excel táblázatokat készítettünk. Így lehetővé vált alapvető szűréssel, csoportosítással az áttekintés, vagyis a különböző leírók által a leírások egyes elemeire használt elnevezések könnyen összehasonlíthatóvá váltak, ami megteremtette a későbbi egységesítés lehetőségét.

A magládákat egységesen lefényképeztük digitális kamerával, az így kapott képsorozat része a fúrási adatbázisnak. Az egyes megfigyelhető jelenségekről részletes fényképeket készítettünk.

A dokumentálás során felülről lefelé folyamatosan adtunk a rétegeknek sorszámot. Amennyiben utólag egy réteget több részre kellett bontani, kiegészítő rétegszámot „.1” kiegészítéssel adtunk (a 11.1. réteg a 11. és 12. réteg közé került), ha rétegen belül alrétetet különítettünk el (pl. zárvány a gránitban), ezt „.01” jellel írtuk le (a 11.01 alrétet a 11. rétegen belül van). A fúrások és ásott kutak földtani adatbázisának áttekintését a fekü és az alaphegységi rétegek szerinti bontásával az 1. táblázat mutatja be.

### *Fedőüledékek dokumentálása és mintázása*

A *magfúrások* fedőüledékeinek dokumentálási menetét alább ismertetjük.

Az első fázis a beszállított maganyag áttekintése volt. A dokumentáló geológus kijelölte a réteghatárokat, és a magláda szélén számozással látta el az egyes rétegeket. Kijelölte a rendszeres minták helyét, amelyet a magláda elválasztó léccére is rárajzolt, ráírt a rétegszámozáshoz hasonló rend szerint. Ezután elkészítette a magláda fényképét (a fúrás jelével és a magláda fúráson belüli sorszámával), amihez megadta a láda tetejének és aljának mélységét a magok kiépítéseinek tiktettái alapján. Közeli, digitális felvételt készített a fontosnak minősített részjelenségekről, esetenként a mintavételi helyekről is. A kijelölt minták adatairól (min-

1. táblázat. A fúrások és ásott kutak földtani adatbázisának áttekintése

Fúrás / ásott kút	Fedő dokumentálása					Fekü dokumentálása					Teljes földtani dokumentálás				
	kezdő		befejező		hossz	kezdő		befejező		hossz	kezdő		befejező		hossz
	réteg	méter	réteg	méter	méter	réteg	méter	réteg	méter	méter	réteg	méter	réteg	méter	méter
Üh 25						1	87,25	93	300,70	213,40	1	87,25	93	300,65	213,40
Üh 25A	1	0,00	33	54,64	54,64	34	54,64	35	72,29	17,65	1	0,00	35	72,29	72,29
Üh-26	1	36,00	8	49,00	13,00	9	49,00	218	400,60	351,60	1	36,00	218	400,60	364,60
Üh-26A	1	0,00	32	49,33	49,33	—	—	—	—	—	1	0,00	32	49,33	49,33
Üh 27						1	75,38	315	411,11	335,73	1	75,38	315	411,11	335,73
Üh-28	1	39,80	6	44,80	5,00	7	44,80	170	300,60	255,80	1	39,80	170	300,60	260,80
Üh-28A	1	0,00	48	43,77	43,77	49	43,77	50	45,91	2,14	1	0,00	50	45,91	45,91
Üh-29	1	0,00	4	4,20	4,20	5	4,20	148	300,40	296,18	1	0,00	148	300,40	300,38
Üh 30	1	0,00	3	1,40	1,40	4	1,40	135	300,30	298,93	1	0,00	135	300,33	300,33
Üh-31A	1	0,00	6	7,70	7,70	7	7,70	27	36,60	28,90	1	0,00	27	36,60	36,60
Üh-31B	1	0,00	9	6,95	6,95	10	6,95	20	40,00	33,05	1	0,00	20	40,00	40,00
Üh 31C	1	0,00	7	6,60	6,60	8	6,60	21	33,40	26,80	1	0,00	21	33,40	33,40
Üh 32A	1	0,00	4	5,25	5,25	5	5,25	19	50,04	44,79	1	0,00	19	50,04	50,04
Üh-32B	1	0,00	9	4,60	4,60	10	4,60	18	30,00	25,40	1	0,00	18	30,00	30,00
Üh-32C	1	0,00	3	2,60	2,60	4	2,60	11	32,55	29,95	1	0,00	11	32,55	32,55
Üh 32D	1	0,00	11,2	5,10	5,10	12	5,10	33	40,00	34,90	1	0,00	33	40,00	40,00
Üh 36						1	29,06	111,1	255,34	226,28	1	29,06	111,1	255,34	226,28
Üh-37	1	0,00	11	55,90	55,90	12	55,90	128	300,34	244,44	1	0,00	128	300,34	300,34
Mó-7A	1	0,00	4	5,00	5,00	5	5,00	24	50,04	45,04	1	0,00	24	50,04	50,04
Mó 7B	1	0,00	6	5,20	5,20	7	5,20	21	42,57	37,37	1	0,00	21	42,57	42,57
Mó 7C	1	0,00	5	5,77	5,77	6	5,77	17	34,01	28,24	1	0,00	17	34,01	34,01
Mó-7D	1	0,00	7	4,99	4,99	8	4,99	15	34,05	29,06	1	0,00	15	34,05	34,05
<b>Összesen</b>					<b>287,00</b>					<b>2 605,65</b>					<b>2 892,65</b>
K2	1	0,0	32	35,0	35,00	—	—	—	—	—	1	0,0	32	35,0	35,00
K3	1	0,0	21	18,5	18,50	—	—	—	—	—	1	0,0	21	18,5	18,50
K4	1	0,0	17	17,5	17,50	18	17,5	18	19,8	2,30	1	0,0	18	19,8	19,80
<b>Összesen</b>					<b>71,00</b>					<b>2,30</b>					<b>73,30</b>
<b>Mindösszesen</b>					<b>358,00</b>					<b>2 607,95</b>					<b>2 965,95</b>

Fedő = negyedidőszaki üledékek, fekü = alaphegységi képződmények.

tavétel helye, vizsgálat célja, vizsgálat típusa) mintavételi lapot vett fel.

Ezt követte a részletes földtani dokumentáció, ami a földtani adatbázis kitöltését jelentette PC-s adatbázis-beviteli felületen. Eközben további minták kijelölésére kerülhetett sor (mintavételi lapok kitöltésével).

Az ásott kutak dokumentálása ettől a dokumentálás helye és a vizsgálati anyag formája miatt részben eltért.

Az ásott kutak vizsgálatokor a dokumentálás a kútásás során a felszínre hozott és mélységzakaszonként (kb. 20 cm-enként) külön tárolt anyag alapján történt. A rétegsor viszont ugyanúgy a fúrásokhoz kidolgozott adatbázis-szerkezetbe vagy a mélyítés helyszínén kéziszámitógépekbe, vagy a Laboratóriumban közvetlenül a PC-adatbázisba került. A lyukfal fényképsorozata a lyukba való leereszkedések folyamán készült.

A mintavétel részben lent az ásott kút talpán (hidrogeológiai pF- és K-tényező-vizsgálatokra), részben a felszínre hozott anyagból (az összes többi vizsgálatra) történt (a K3 kútban függő talajvizet észleltünk, itt vízmintát is vettünk). A kutak dokumentációjáról és anyagvizsgálatáról jelentés készült, amely a harántolt képződmények földtani leírását, a rétegenkénti dokumentációt, a kútfalak fényképeit, a rajzos dokumentációt és az anyagvizsgálati eredmények összefoglaló táblázatait tartalmazza (GYALOG et al. 2003d).

### Alaphegységi képződmények dokumentálása és mintázása

Az alaphegységi képződmények földtani-kőzettani dokumentálása is a fúrómag átnézésével kezdődött. Ennek során kijelöltük a réteghatárokat, és a magláda szélén számozással láttuk el az egyes rétegeket, majd elsődleges mintavételi helyeket jelöltünk ki a már ekkor szükségesnek tartott vizsgálatokra. Ezeket a fúrómagon és a magláda elválasztó léccén jelöltük meg (a rétegszámozáshoz hasonló rend szerint), hogy ezeket az adatokat a mag szkennelése során rögzítsük. Ezután elkészítettük minden magláda digitális fényképét, amelyen magláda sorszáma és a fúrás jele is szerepelt. Lehetőség szerint külön részletes felvételt készítettünk a mintázási helyekről is. A kijelölt mintákról mintavételi lapot vettünk fel.

A földtani leírás — a tulajdonképpeni földtani dokumentálás — a tektonikai leírás és a magszkennelés után következett. A leírás tartalmát az adatlapok határozták meg, szükség esetén az adatlapokhoz szöveges kiegészítést fűztünk. A földtani leírásban 15 geológus vett részt, a fedő üledéket, az erősen murvásodott és a kemény gránittestet más-más leíró dolgozta fel, így szinte mindegyik fúrási rétegsor több leíró munkája.

Eközben további mintákat jelöltünk ki (helyüket szintén megjelöltük a magládán). Amennyiben a maganyag állapota

lehetővé tette, kiegészítő tektonikai megfigyelésekre is sor került. A leírás a fúrási tevékenység során mindvégig lépést tartott a fúrások előrehaladásával.

A kapcsolatot a tektonikai adatbázissal a rétegsorszám szolgálja. Az adatfájlokból adatbázist építettünk fel. Az adatbázis rekordjainak száma 1789 db, megegyezik a rétegek számával.

Valamennyi fúrásról és fúrás párról (pl. Üh-27 — GYALOG, ZSÁMBOK 2003, Üh-25 és Üh-25A — GYALOG et al. 2003a), illetve fúrás csoportról (pl. Üh-31 — GYALOG et al. 2003c) önálló földtani jelentés készült, azonos szerkezetben. Ezekben az általános adatok után megadtuk a fúrás részletes földtani leírását, valódi mélységgel, mellékeljük a fúrómagok fényképeit a magládákról készült fényképsorozatként, a fúrás részletes rajzos földtani rétegsorát 1:100 méretarányban, végezetül összefoglalást adtunk az anyagvizsgálatokról, az elkészült anyagvizsgálati eredményeket táblázatokban összesítettük.

### *Rétegsorszervény generálása adatbázisból*

A kutatás során lemélyített fúrások és ásott kutak legfontosabb földtani adatait 1:100 méretarányú rétegsorszervények ábrázolják. A méretarány miatt hosszú csíkként megjelenő ábrákat a nyomtatásban A/4-es oldalakra tördeltük, és az egyes lapok között átfedési sávot alakítottunk ki. A megjelenített tematikák szerint három különböző felépítésű ábra készült (1. ábra):

- az ásott kutakról,
- a fúrások fedőüledékeiről,
- a fúrások alaphegységi kőzeteiről.

A részletes fúrási adatokat adatbázis tartalmazza. Az ábrázoláshoz nagy mennyiségű adatot válogattunk le és dolgoztunk fel. A három ábratípusnál sok hasonló adatot kellett hasonló módon ábrázolnunk, ami kiváló lehetőséget teremtett automatizmusok felépítésére. Ennek megfelelően a rétegsort és a kiegészítő adatokat nem manuálisan jelenítettük meg, hanem az ábraanyagot az adatbázisból generáltuk. Ehhez a feladatra szabott célszoftvert készítettünk Visual Basic felületen.

A szoftver két relációs táblát kezel. Az egyik a részletes földtani adatbázisból leválogatott földtani, a másik pedig az ábratípusra jellemző grafikus információt tartalmazza. A három ábratípus grafikai felépítését — például a méretezést, tipográfiát, a szöveg elforgatásának szögét vagy a képződmények színét — természetesen előre rögzítettük, de ezek a tulajdonságok szükség esetén tetszőlegesen és egyszerűen változtathatók, így az ábra grafikus megjelenése az adatbázisból vezérelhető. Az egyes képződményeket a szín- és kőzetjel együttese azonosítja. A kőzetjelek esetében olyan standard rendszert alakítottunk ki, amelyben az alapjelek kombinációjával bármely képződmény jele létrehozható. A kőzetnév és a jel viszonya kölcsönösen egyértelmű. A kőzetjelek rendszere a felépítéséből adódóan nyitott, tetszőlegesen bővíthető.

Az automatikus feldolgozás előfeltétele a tematikus adatok egységessége. Az adatellenőrzést és a hibák feltárását

egyszerű szűréssel oldottuk meg. Az esetleges manuális javítás után a szoftver a földtani adatbázisból kiolvassa a tematikus adatot, majd a megfelelő reláció alkalmazásával hozzárendeli a különböző grafikus információkat. Elvégez bizonyos összehasonlításokat és számításokat: ha például az egymást követő rétegek adott földtani tulajdonsága azonos, akkor összevonja azokat, vagy meghatározza az ábrára kerülő szöveges információ pozícióját — ásott kutak esetén pl. a talajszintet és a kort; az alaphegységi kőzeteket bemutató szakaszokon pedig a bontás-mállás, a repedezettség, a törés/m és a palásság bemutatására szalagdiagramot generál.

A szoftver futtatásával egy olyan parancsfájl keletkezik, amely tartalmazza az adott ábra generálásához szükséges grafikus információt, és a MicroStation számára értelmezhető. A parancsfájlt a MicroStationbe beolvasva egy megfelelően strukturált állományban megkapjuk a kész ábrát. Ezután az ellenőrzésen kívül csak kisebb mértékű kartografálási munka — az állandó elemek (fejléc, vonalzó) beépítése — szükséges. A nyomtatásra való előkészítés, vagyis az ábrák A/4-es oldalakra tördelése csak látszólagosan szabdalja fel a rétegsort, vagyis, noha A4 méretű ábrákat nyomtatunk, a háttérben a rétegsor egy egységként marad meg.

Az automatizmus biztosítja az ábrák egységességét, és csökkenti a hibalehetőséget. A feldolgozási módszer előnye, hogy a nagymennyiségű adat ellenére az ábrák egyszerűen és gyorsan generálhatók, és a rendszerbe a később feldolgozott fúrások adatai is beépíthetők.

### **Tektonikai dokumentálás**

A tektonikai dokumentálás szoros kapcsolatban van a fúrómagok szkennelésével. A szkenneléshez ép, lehetőleg eredeti helyzetükbe összerakott magok szükségesek. Ezért a tektonikai dokumentálás mindig kissé megelőzte a szkennelést, mivel azt részben elő is készítette, és mindkettőhöz még ép, bolygatatlan maganyag szükséges. A földtani dokumentálás, amely részben a maganyag roncsolásával is jár, csak ez után következett.

A tektonikai leírás során összeállítottuk szkenneléshez a maganyagot, ahol a mag állapota (töredezettsége) ezt lehetővé tette. A törések mentén szétesett magdarabokat már a magládában megpróbáltuk összeállítani (szükség esetén gumigyűrűvel rögzítettük egymáshoz őket), egyúttal ellenőriztük a magok helyzetének helyességét. A dokumentáció első döntése, hogy az adott magszakasz szkennelhető-e vagy sem. Az ezt követő adatrögzítés módja eltérő.

Nem szkennelhetők azok a magszakaszok, amelyek vagy olyan apróra összetörtek, hogy nem lehet őket hengeres maggá összeállítani, vagy a fúrás következtében olyan mérvű mechanikai koptatódást szenvedtek, amelynek következtében jelentős részük hiányzik, vagy az alakjuk nem teszi lehetővé a szkennelést. Ebben az esetben a dokumentáció szegényesebb lett, de adattartalma megegyezett a szkennelt szakaszokéval, és ugyanabba az adatbázisba

került. Természetesen ezek az adatok a későbbiek során sem váltak orientált adatokká, ezért ezeket elsősorban a különböző jelenségek gyakorisági vizsgálatánál használtuk fel. Az egyes objektumok mélységét ebben az esetben is a tikettáktól mér-tük. Jellemeztük az összetörtség mértékét, a szakasz átlagos kitöltésanyagát, a szerkezeti igénybevétel fajtáját. A legtöbb esetben ehhez kapcsolódott az úgynevezett töréses övek jellemzése is. Ezek a fúrásokban egyfajta zónaként értelmezhetők, amelyben a töréses igénybevétel nagymértékű, és ahol sok, genetikailag nyilvánvalóan összetartozó síkokra, összetört szakaszokra bomló törészónával van dolgunk. Az ilyen zónák jellemzése komplex geológiai–geofizikai folyamat, ezért e zónákat egyrészt a tektonikai dokumentáció egyes mezőivel, másrészt szövegesen jellemeztük. A tektonikai dokumentációról fúrásonként (pl. Üh–25 — MAROS et al. 2003a), illetve fúráscsoportonként (pl. Üh–31 fúráscsoport — MAROS et al. 2003b) készítettünk jelentést.

### Magszkennelés

A kutatás keretében a 2002–2003. évi fúrások alaphegységi szakaszain a magmintáknak mintegy 80%-a volt szkennelhető.

A magszkennelést az ImaGeo magszkennelvel végeztük. Ezzel a saját fejlesztésű eszközzel (MAROS, PÁSZTOR 2001) összeállítható darabokból álló, hengeres fúrómagok palástját lehet optikailag rögzíteni, közel 400 DPI felbontással, amely a 0,07 mm nagyságú ásványszemcséket is jól elkülöníthetővé teszi. A szkennelt kép fájlneve a szkennelt szakasznak a tiketták alapján megadott mélysége volt. A képfájlból azonosítókat is rögzítettünk, amelyek meghatározzák a mag tetejének mélységét, a maghoz rögzített koordináta-rendszer „észak” palástalkotóját, a fúrás azonosítóit. Az elkészült raszteres információt tartalmazó képeken nagyrésztességű kiértékelést végeztünk a szintén saját fejlesztésű szoftverek segítségével (MAROS, PALOTÁS 2000). Az értékelést megkönnyítette, hogy az adott fúrómagszakaszt teljes terjedelmében, egy időben láthatjuk, mivel a magszkennel annak kiterített palástképét jeleníti meg.

Megfigyeléseinket az időjárás hatásai nem befolyásolták, és a fizikai megterhelés által okozott dekoncentráció is elkerülhető volt. Ezért a dokumentáció információ-tartalma homogén. Az értékelés számítógépen történt, amelyet a magládák mellett helyeztünk el, fő szoftvermodulja a CoreDump szoftver. Ennek segítségével a raszteres képeken vektoros objektumokat értelmeztünk, amelyek két ponttal definiált vektorok, három ponttal meghatározott síkok, sok pont által leírt sokszögek vagy síkok által közrezárt zónák lehetnek. Ezeket az objektumokat testre — kőzetre — szabható, rugalmas adatbázisba szerveztük, amely alapvetően két tulajdonságszinttel jellemzi az objektumokat: egy elsődleges tulajdonsággal (amely a „mi ez” kérdésre felel, pl. összeforrt törés) és másodlagos tulajdonságokkal (amely a „milyen ez a valami” kérdésre felel, pl. az adott repedéskitöltés anyaga, vastagsága, alakja, egyéb objektumokhoz

való geometriai viszonya, az észlelés megbízhatósága stb.). Mivel a tulajdonságok korlátlanul bővíthetők, és egyazon objektumhoz korlátlan számú másodlagos tulajdonság rendelhető, ezért a két szint elegendő a geológiai objektumok részletes jellemzésére. Az értékelés közben természetesen a kőzetet hagyományosan (tapintással, savazással, lupéval) is vizsgáltuk. Ezáltal a beviteli mezőkben olyan tulajdonságokat is meg tudunk adni, amelyek a palástképről nem ismerhetők meg (pl. vetőkarc a törés felületén, nyílt törések felületének érdessége, fúróiszap behatolása a törésfelületre stb.). Az értékelés részletességét a rendelkezésre álló dokumentációs idő függvényében több lépcsőre bontottuk, a terepi (a terepi laboratóriumban történő) dokumentációt még részletesebb irodai kiegészítés tette teljesebbé. Ennek keretében nemcsak az objektumok helyét és elsődleges tulajdonságait rögzítettük, hanem másodlagos tulajdonságaikat és több objektum egymáshoz való viszonyát is (töréspár, párhuzamos, fonódó, megálló törések stb.).

A vektoros adatbázis értékelt elemeit a fúrólyukban mért akusztikus lyukfal-televízió orientált, képként megjelenített adattömegével (SZONGOTH et al. 2003) vetettük össze, és az egyező törések alapján a szkennelt képek objektumait a lyukfal-televíziós képpel fedésbe forgattuk. Így az egész szkennelt adattömeg visszanyerte eredeti pozícióját, és orientációja a valóságnak megfelelő lett, ami a fúrások alapján történő értelmezés új lehetőségeit teremtette meg. Amennyiben a számítógépek tároló-kapacitása megtelt, de legalább kétnaponta, az adatokat és a szkennelt képeket archiváltuk. A szkennelésre alkalmas szakaszok dokumentálásának menetét a 2. táblázat mutatja be.

### A fúrási és tektonikai adatok adatbázisba vitele

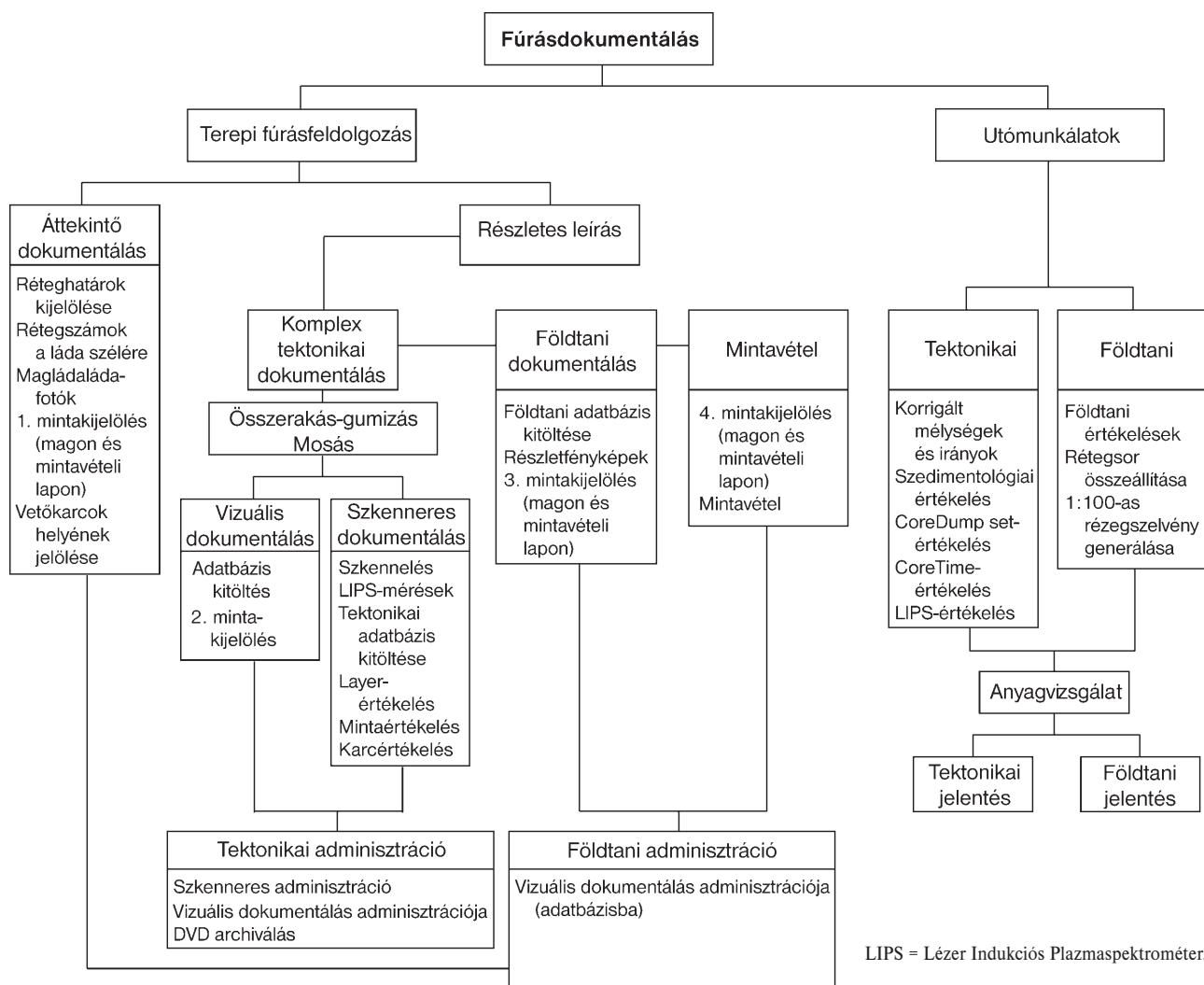
A bátaapáti (üveghutai) kutatás keretében a fúrómagok földtani, valamint a tektonikai leírását HP Jornada kézisámítógépek segítségével végeztük. A cél az volt, hogy mobil eszközökkel rögtön olyan digitális állományok keletkezzenek, amelyek:

- gyorsan és egyszerűen adatbázisba tölthetők,
  - lehetőleg előre rögzített listákon alapuló elemeket tartalmaznak (gépelési hibák kiszűrése),
  - azonos szerkezetűek.
- A külső cég által fejlesztett célszoftver két modulból áll:
- a Jornadán futó adatbetöltő modul,
  - egy nagy teljesítményű PC-n (munkaállomáson) működő adatfeltöltő-szerkesztő modul.

A szoftver alapját az XML fájlformátum képezi (l. [www.xmlinfo.hu](http://www.xmlinfo.hu)):

„Az XML, vagyis eXtensible Markup Language: bővíthető jelölő nyelv. Ez a World Wide Web Consortium XML 1.0 ajánlása, amely egy olyan szintakszist ad meg, amelyet betartva különböző (definiált parancskészletű) jelölő nyelvek hozhatóak létre. Éppen ezért szokták meta-nyelvnek, nyelvleíró nyelvnek is nevezni. Egy XML-dokumentum elemekből áll, amelyek neve (*szókincs*), egymáshoz való kapcsolata és

2. táblázat. A fúrások dokumentálásának menete (szkennelésre alkalmas szakaszok esetén)



tartalma szabályokkal rögzíthető (*nyelvtan*). Az XML-specifikáció megad egy szintakszist mind az XML-dokumentumokra — vagyis az elemek jelölésére —, mind a szabályok leírására. A megadott szintaktikai szabályok betartásával bárki saját nyelvet (*dokumentum-típust*) készíthet, s azt a megfelelő XML-konform eszközzel ellenőrizheti, feldolgozhatja. A nyelvten és a szókincs megadása nem kötelező. A dokumentum a fentiek alapján:

— bővíthető (*eXtensible*), mert saját elemeket lehet deklarálni;

— jelölő (*Markup*), mert az elemek — egy megadott módon — jelöléssel különböztethetők meg egymástól;

— nyelv (*Language*), mert rögzíthető a szókincs és a szabály.”

Szoftverfejlesztőink egy olyan egyedi, az XML fájlformátumnak megfelelő szerkezetű fájl típust hoztak létre, amely rugalmasan igazítható volt a kutatás — esetleg menet közben változó — igényeihez.

A rendszer alapja a template fájl, amelyet az adott feladat szükségéi szerint informatikus szakember állított elő. Ez az üres XML fájl funkcióját tekintve leginkább egy kitöltetlen

űrlaphoz hasonlítható, amelyet a geológusnak ki kellett tölteni. Az űrlap természeténél fogva magában hordozza a különböző adattípusok formátumát (szöveg, szám, dátum stb.), valamint a bevétel módját (folyószóveg, cella kitöltése, fejléc, lista, pipajel stb.).

Mivel a betöltendő adatok a hierarchia különböző fokán álltak, ezért a programban ún. „fa struktúrák” bevételi mezőt alkalmaztunk (2. ábra). Ennek megfelelően a megjelenítés szempontjából kétféle adattípus létezhet:

— *tree* (fa): a lenyitható rész (mint a Windowsban a könyvtárak),

— *leaf* (levél): maga az érték hordozó (mint a Windowsban a fájlok).

A *leaf*ek különböző típusúak lehetnek, amelyek az adatbázisban előforduló típusoknak felelnek meg. Az adatbeviteli módja típusonként különbözik:

— *number* (szám): csak számot lehet begépelni,

— *text* (szöveg): szabadon lehet szöveget begépelni,

— *date* (dátum): csak dátumot lehet bevinni,

— *counter* (számláló): automatikus számláló (pl. folyamatos rétegleírásnál hányadik réteg),

— enum (lista): listából lehet választani (amely bővíthető).

A 3. táblázat és a 3. ábra a *tree* és *leaf* adattípusokhoz tartozó különböző állítható paraméterek magyarázatát tartalmazza.

3. táblázat. A *tree* és *leaf* adattípusokhoz tartozó, állítható paraméterek magyarázata

Paraméter	Adattípus	Magyarázat
name	<i>tree, leaf</i>	a kérdéses érték (adat) elnevezése a programban
tblname	<i>tree</i>	az adott fá „alatti” tartalmat a céladatbázisban melyik táblába töltse a program
allowed	<i>tree</i>	igen/nem kapcsoló, mellyel több, azonos szinten álló fá közül lehet a szükségést kiválasztani
dbname	<i>leaf</i>	a céladatbázis táblájában melyik mezőbe töltse az adatot a program
e1, e2, e3, ..., ex	<i>leaf (enum)</i>	a lista típusú levél elemei
filename	<i>leaf</i>	az xml fájl neve automatikusan rakódik össze azokból az adatokból, ahol szerepel a <i>filename</i> paraméter (dokumentálási rendszerünkben a „Fúrás jele” és a „Réteg sorszama” levelek adott értékei adják).
minvalue, maxvalue	<i>leaf (number)</i>	számítás esetében a megadható minimum- és maximumérték
value	<i>leaf</i>	a geológus által beírt a céladatbázisba betöltött – adat

Az adatok előállításának és adatbázisba töltésének menete az alábbi:

— az informatikus előállítja az üres template (űrlap) fájlt (a fájl tartalmilag megfelel a geológusok elvárásainak, szerkezetileg pedig alkalmas a későbbi informatikai feldolgozásra),

— a geológus rétegenként leírja a fúrómagot a Jornada kézisámítógépen futó szoftverbe,

— a kézisámítógépen keletkezett fájlokat a munkaállomáson levő szoftverrel az informatikus az adatbázisba tölti,

— a geológus ellenőrzi az adatbázis adatait.

### Kutatóárkok dokumentálása

Bátaapátiban 2002-ben két kutatóárcot hajtottunk ki, az A1 árcot az Éva-völgyében és az A2 árcot a Mészkemence-völgyben. Ezek nagyjából a meredek völgy talpán, kézi módszerrel végzett, 1,5-2 m magas árokoldal-letakarítások, kisebbrészt — vastagabb negyedidőszaki fedő esetén — 80–100 cm széles, hegyfelőli oldalainak max. 2 m magas árcok voltak.

A dokumentálást megnehezítette az a szakhatósági előírás, amely szerint egyidejűleg maximum 100 m árok lehet nyitva, és az árokból kitermelt kőzetanyagot ideiglenesen is csak a felszíntől elkülönítve (fóliára rakva) lehet tárol-

ni (4. ábra). Így nem volt lehetséges az egymástól távolabbi jelenségek összehasonlítása, amennyiben a későbbi észleléskor a korábbi észlelés már be volt temetve.

A digitális dokumentáció követelményei a dokumentálás során alakultak ki. A kutatóárkok digitális dokumentációjához kialakított terepi rendszerünkben a dokumentálás első elemeként a jelölő (marker) pontok kitűzése, a szintjelző zsinór elhelyezése biztosította a földtani alapküldetés helyhez köthetőségét. A rendszer lehetővé tette, hogy milliméterpapírra készíthető árokdokumentáció helyett a legtöbb esetben a dokumentálás tényleges alapja digitális fényképek közel mérethelyes, 1:50 (egyes esetekben 1:25) méretarányú színes fotómontázs lett (csak amikor egyes árkok keskeny volta miatt nem volt hely megfelelő fényképek elkészítésére, végeztünk milliméterpapír alapú dokumentálást). Az elvégzett előkészítő, terepi és kamerális munka eredményeként a digitálisan előkészített kiértékelést (video- és fényképfelvételek, térképek, szelvények stb.) egységesen kezelő, interaktív multimédiás rendszerben (CD lemezek) tettük megjeleníthetővé.

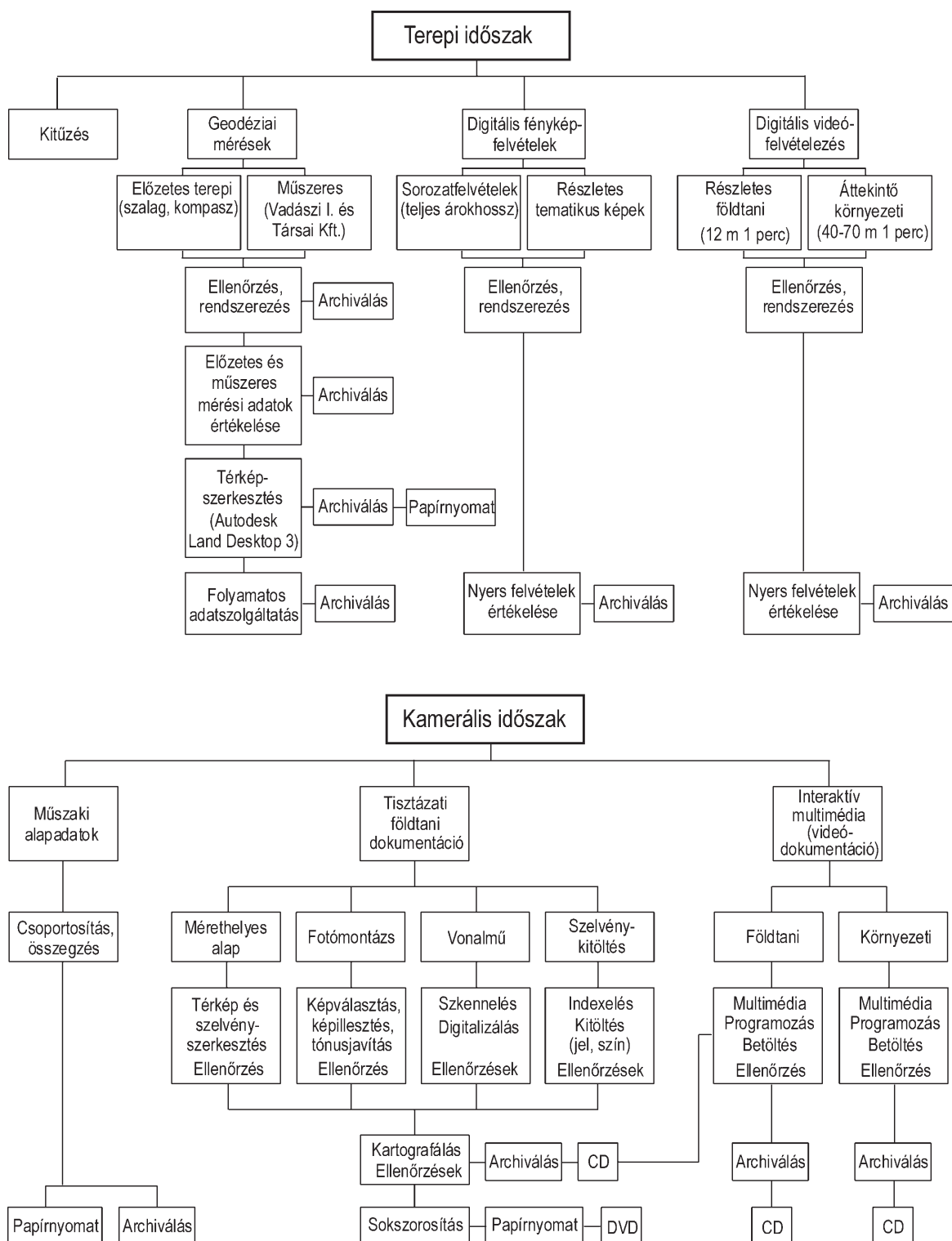
### A terepi időszak munkái

A terepi dokumentálás előkészítése a markerpontok kitűzését, előzetes és műszeres bemérését, a digitális fénykép- és videofelvételek elkészítését foglalta magában (4. táblázat). Az árokdokumentáció alapja a feltárás képének pontos helyhez kötése. Ezt az árkok falában egymástól max. 2-3 m távolságra elhelyezett, ún. markerpontok szolgálták. A Silverline típusú libellás lézerszintezővel vízszintesen elhelyezett markerpontok segítségével egyben olyan viszonyító szintet is telepítettünk az árkokban, amely a törések és a földtani információ helyhez köthetőségét is megoldotta, valamint lehetővé tette a fotómontázs dokumentációs alapként való alkalmazását.

A markerpontok rögzítéséhez kampószögeket, illetve — kemény kőzetekben — beverhető hilti betonszögeket használtunk. Talajban, illetve puha kőzetekben fatipliket alkalmaztunk a jelzőpontok telepítésére. A Silverline lézerszintezővel egyszerűen, figyelmes munkavégzés esetén 1 centiméteren belüli eltérésekkel lehetett dolgozni. A pontok között fehér színű, vékony műanyag bálakötöző zsinórt alkalmaztunk. A markerpontok jelölésére először vékony alumíniumlemezt használtunk, amely időjárásállósága ellenére több hátránnyal járt. Túl kicsi és túlságosan fényes volt. A felvételeken betükröződött, de ha nem, akkor sem lehetett elolvasni a jelölést. Ezért az A1 jelű árok utolsó szakaszától (a 152 jelű markertől) kezdve nagy (10×10 cm-es), fehér műanyag etikett-táblákat használtunk. A markerpontok közötti 2 méternél nagyobb távolság a nagylátószögű készített fényképek illesztésekor nehézséget okozott, ezért igyekeztünk az esetleges hosszabb szakaszokat közepes gyújtótávolságú állásban, távolabbról fényképezni, amennyiben a terepi helyigény ezt lehetővé tette. Az ilyen felvételek adták a legkevésbé deformált alpanyagot.

A kitűzéssel egyidejűleg mérőszalaggal lemértük a markerpontok közötti távolságot, Freibergi-kompasszal a pon-

4. táblázat. Az árokdokumentálás terepi és kamerális időszakának munkái



tok közötti szakaszok irányát, továbbá minden pontnál a fal dőlését és magasságát. Az adatokat táblázatos formában rögzítettük.

Valamennyi elhelyezett markerpontot a kivitelezéstől függően, szakaszonként a Vadászi Imre és Társa Kft. geodéziailag bemérte, ha egy-egy százméteres kihajtás kitzűzése elkészült, illetve ha valamilyen okból ellenőrző mérések

vagy pluszmérések kellettek. A geodéziai munkák során is felmerült, hogy hasznos, ha a betemetett szakasz utolsó 1-2 markerpontját nem szedik ki, mert ellenőrző visszaméréseket lehet rájuk végezni.

A *videó-felvételvezés* során a részletes képeket 3 méterenként vettük fel, a távolabbi felvételek a terepviszonyoktól függően 30-50 m bemutatását teszik lehetővé. Az archi-

válási célzatú felvételezést folyamatos pásztázással végeztünk. Feladatunk volt az idősoros (kihajtás előtti, közbeni és utáni) felvételek elkészítése. A részletes felvételeken kívül, minden egyes említett időszakaszban áttekintő videofelvételek is készültek. A munka pontos technológiája a műszaki tartalom rögzítése után alakult ki. Műszakilag a kivitelezés Panasonic NV-DA1 mini DV kamerával történt. Nehezítő körülmény volt a páratartalom extrém ingadozása, illetve az általában csekély megvilágítás nehezen észlelhető, de igen jelentős fluktuációja.

A digitális fényképek készítése során az alábbi hibalehetőségek adódtak:

— Életlen kép (keletkezése: az automatika olyan hosszú expozíciós időt állít be, hogy a kézremegés észlelhető, vagy oly csekély a megvilágítás, hogy azt az automatika nem tudja kiegyensúlyozni). Ezt kiküszöbölendő, egyaránt állványról fényképeztünk.

— Fénybeszűrődések. Ezzel szemben a fotós szinte tehetetlen. A teljesen rapszodikus fénybeszűrődések már viszonylag kis előfordulásuk esetén is élvezhetetlenné vagy használhatatlanná tették a felvételt. Ilyenkor a megvilágítási eltérések miatti kontrasztkülönbség sokszor lényegesen meghaladta a feltárás földtani változékonyságából fakadó eltéréseket. Ilyen esetekben a megoldás a fényképezés megismétlése volt kedvezőbb fényviszonyok között.

Minden egyes árokszaksaszt legalább egyszer lefényképeztünk, a felvételek legalább 50%-os átfedésekkel készültek. A tisztázati dokumentáció elkészítése során ennek rendkívüli jelentősége lett, mert több ízben még a dokumentáló geológus által fényképezett szakaszokon is csak a tartalékban meglévő fényképekből tudtunk folyamatos fotómontázst készíteni. A markerpontok közötti távolság az alkalmazott fényképezőgépek (Nikon COOLPix995, HP735), illetve a helyi terepviszonyok esetében nem lehetett több 2-2,5 méternél, nagyobb távolságoknál a képillesztésekhez sokszoros időre volt szükség. A fentiekben ismertetett sorozatfelvételeken kívül az árokjelentésekhez tematikus részletfényképek is készültek.

A terepi földtani-tektonikai dokumentálás az előkészített fotómontázson, illetve ha ezt nem lehetett megfelelő módon elkészíteni, milliméterpapíron történt. A kinyomtatott — CorelDraw9 programcsomaggal 12 méteres szakaszokra előállított, csak megközelítőleg mérethelyes — fotómontázsokat nagyobb részben a dokumentáló geológusok, kisebb részben a Kömlői Korrekt Kft. szakemberei szerkesztették.

A dokumentálás során bejelöltük a jól látható töréseket, ezek helyét és irányát a fotómontázsokon nem kellett bemérni, csak meg kellett rajtuk keresni és bejelölni. A csapás- és dőlésértékeket a törés bejelölése mellé vagy alá írtuk. Külön figyelmet fordítottunk a vetőkarcok megfigyelésére és értékük rögzítésére. A közzétípusokat először ideiglenes, majd — egyeztetések után — egységesített szimbólumokkal jelöltük. Az alacsonyabb rendű törések és litoklázisok dőlését és csapását szakaszonként mértük végig, de nem ábrázoltuk a rajzos anyagon, csak statisztikai kiértékeléshez használtuk fel. A képződmények egyszerűsített jellemzését

a fotómontázsok alá írtuk, ezeket a közzétípusok elkülönítéséhez, az önálló jelkulcsi egységek kialakításához használtuk fel.

A tektonikai térképsorozat felvétele a faldokumentáció elkészülte után, részben annak felhasználásával történt. A dokumentáció alapja a geodéziailag bemért markerpontok felülnézeti térképe volt, 1:50 méretarányban. Erre került a fő tektonikai elemek felülnézeti képe, amely ezeknek térképi ábrázolását tette lehetővé. Így érthetőbbé váltak az egyes törések, és azokat csoportokba, zónákba tudtuk gyűjteni.

A tektonikai dokumentálást két fő téma keretében végeztük. Egyrészt a geológusok a dokumentált szakaszokon táblázatos formában, előre definiált rend szerint mérték a jelentősebbnek ítélt tektonikai elemeket, vetőket, töréses öveket, palásságot, vetőkarcot, litoklázisokat, valamint a töréssűrűség változásait követve törésmintákat vettek a különböző töredezettségű szakaszokból. Ez azt jelentette, hogy az adott, kb. 10 méteres szakaszon minden litoklázist lemérték. A másik fő feladat egy 1:50 méretarányú tektonikai térkép elkészítése volt. Ez a térkép a jelentősebb és főképp az összeköthető szerkezeti elemek ábrázolását tűzte ki célul. Mértük a milonitos szakaszokat, a palásságot, a palásság intenzitását, a különböző típusú töréses öveket, a vetőkarcokat és az egyedi töréseket. Az egyes elemeket a markervonal síkjába függőlegesen vetítve ábrázoltuk. A mérések felszerkesztése után az összetartozó, követhető elemeket összekötöttük, a jelenségeket tipizáltuk. A tektonikai jelenségek 1:50 méretarányú, különböző színekkel megjelenített térképét kiegészítettük az adott szakaszokon észlelt litoklázisok sztereogram alapú eloszlásaival mind a főbb, mind az összes litoklázis alapján. A vetőkarcadatokat bevontuk a paleo-feszültségterek értékelésébe, a milonit- és palássági adatokat a palássági pászták kijelölésébe, a töréses öveket a fúrások és árok alapján szerkesztett telephelyi törésmodell készítésébe. A térképhez szerkezetföldtani magyarázó készült, amely beépült az árok földtani dokumentációjába.

Az előzetes adatfeldolgozás a gyűjtött adatok folyamatos ellenőrzését-rendszerezését, szelvény-, illetve térkép-szerkesztést, folyamatos adatszolgáltatást és a munka koordinációját foglalta magában. A terepi mérési adatokat minden esetben összevetettük a geodéziai adatokkal, kétséges esetekben a digitális fényképekkel is. Ellenőrizetlen adat nem került a nyilvántartásba. Terepi jegyzeteink és fényképeink segítségével a geodéziai mérési adatokat árok-szelvény és térképszerkesztés közben is ellenőriztük. Gyakorlatilag folyamatos ellenőrzés folyt az árokhosszat illetően is, mivel a terepi mérésekre alapuló terepi nyilvántartás minden geodéziai mérés után valamelyest módosult.

A terepi munkavégzéssel egyidejűleg minden adatot (terepi mérések, geodéziai mérések, digitális fényképek) rendszerezve, elektronikus formában, digitális állományokban rögzítettünk. A digitális fényképek JPG, tehát tömörített formátumban készültek, a többi adatot általában Excel állományokban tároltuk. Az ároktérképekről leolvasott — geodéziai méréseken alapuló — végleges markerpont-távolságokat és szakaszirányokat is Excel táblázatokba vittük be.

Többlépcsős ellenőrzést (lépcsőnként külön verziószámokkal) végeztünk, így a javítások minden lépcsője visszakereshető volt. Munkaközi archiválási célból rendszeresen CD-re írtuk az elkészült adatállományokat, illetve több számítógép merevlemezére átmásoltuk a munkavégzéshez alapvetően alkalmazott RACK-ról (hordozható merevlemezről).

Autodesk Land Desktop 3 program segítségével a geodéziai mérések adataiból gyakorlatilag azonnal térbeli térképet szerkesztettünk, amelyet DWG állományokban kezeltünk.

A geodéziai mérések után két napon belül elkészültek a koordináták listái. Szinte még aznap a térkép és a koordinátákból leolvasható pontos adatok is rendelkezésre álltak. Naprakészen rögzítettük a markerpontok koordinátáit, az árok geodéziai méréseken alapuló hosszát, valamint a terepi mérések eredményeit is. Így bármikor lehetséges volt a naprakész adatszolgáltatás valamennyi, az árokdokumentálást érintő adatról (kitűzés helyzete, előforduló problémák, terepi mérési adatok, markerpontok közötti távolságok, árokhossz, kihajtási nyilvántartás, markerpontok koordinátái).

#### *A kamerális időszak munkái*

A kamerális időszakban előállítottuk a szükséges műszaki dokumentációt, elkészítettük a tisztázati földtani dokumentációt és interaktív multimédia adathordozókon az integrált értékelést (4. táblázat).

#### Műszaki alapadatok

A terepi időszakot követően az alábbi műszaki dokumentációt állítottuk össze:

- az A1 és A2 árok markerpontjainak koordinátajegyzéke Egységes Országos Vetületi rendszerben;

- az A1 és A2 árok háromdimenziós térképe (számítógépes állományban) Autodesk Land Desktop3 szoftverrel, .dwg kiterjesztésű állományban;

- az A1 és A2 árok markerpontjai közötti végleges (geodéziai adatok alapján mért) távolságok és irányok (valamint  $\Delta Z$ ) jegyzéke áronként, kihajtási szakaszonként és összesítve;

- az A1 és A2 árok hosszának táblázata dokumentáló geológusok szerinti felbontásban napi és havi összesítéssel.

#### Tisztázati földtani-tektonikai dokumentáció

A tisztázati földtani dokumentáció elkészítése soklépcsős, interaktív munka, a terepi dokumentációt készítő geológusok és a Kömlödi Korrekt Kft. közötti munkaidényes, közös alkotó tevékenység volt. A következő fő szakaszokra bontható:

- mérethelyes alap megszerkesztése,
- mérethelyes fotómontázs elkészítése,
- jelmagyarázat összeállítása,
- végleges, deformációmentes vonalmű elkészítése,
- színezett, kitöltött földtani dokumentáció kialakítása,

- kartografálás,

- sokszorosítás.

A részletes tisztázati földtani dokumentáció digitális elkészítése gyakorlatilag 5 hónapig tartott. A mérethelyes alapot — a műszaki dokumentációt felhasználva — Autodesk Land Desktop3 program segítségével készítettük el. Ez a kutatóárkoknak az azonos árokoldalon folyamatosan kihajtott szakaszok szerint tagolt, mérethelyesen megszerkesztett, függőleges szelvényalapja, a szelvény váza. A tisztázati dokumentációban azt látjuk egyben, amit a természetben is.

A szelvényváz kielégített bizonyos előre egyeztetett alapvető kartografálási (megjelenítési) kritériumokat, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

- vonalas méretarány zárja a szelvényeket, amelyeken a vertikális koordinátákat méterenként feliratoztuk;

- minden egyes markerpontot koordinátahelyesen szerkesztettünk meg, jelét és az árokkezdetétől mért távolságot az árok felett — egy függőleges irányvonallal felvezetve — tüntettük fel, és ugyancsak a szelvényalapon rögzítettük a pontok közötti szakaszok hosszát, valamint irányát.

A mérethelyes szelvényalapra illesztettük Autodesk Raster Design3 programmal a digitális fényképeket. A fotómontázst szükség szerint Helmert-transzformációval (eltolás, elforgatás, kicsinyítés-nagyítás lépésekkel) torzítva, egy-egy részt vágva, színeken, tónusokon módosítva raktuk össze. Mintegy 3000 db digitális fényképet dolgoztunk össze. Törekedtünk a dokumentáló geológus által készített nyers fényképek felhasználására, mivel a tisztázati földtani kép összerakása így a felvételi alappal jobban egyezett. A földtani dokumentáció elkészítéséhez a fenti módon elkészített szakaszokból 1:50 méretarányban papírra kinyomtattunk 1-1 példányt.

Az árokdokumentáció összeállításában a legalapvetőbb szakmai feladat a többszörös egyeztetésen kialakított integrált földtani ismerethordozó, a jelmagyarázat kialakítása, amelyben minden érintett szakember, tehát 9 fő vett részt.

A földtani alapidokumentációt készítő geológusok a megkapott fotómontázsra (illetve ráfektetett mérettartó fóliára) rajzolták össze a 12 méterenként tagolt terepi földtani felvételi anyagokat. Az így megrajzolt vonalművet beszkenneltük, majd vektorizáltuk, és a kívánt megjelenítési módnak megfelelően kartografáltuk. Ekkor szüntettük meg a mesterséges 12 méteres szakaszolást, helyette a tagolás alapja a természetes körülmények között egyben látható nyitott árokszakasza lett. A milliméterpapírra rajzolt dokumentációt egyből szkenneltük, és vektorizálás előtt Helmert-transzformációval illesztettük a markerpontokhoz.

A fenti módon, számítógépen elkészített vonalművet a szerkesztő és felvételező geológus több lépcsőben egyeztetette, ellenőrizte, javította, módosította. A földtani szelvény vonalművének véglegesítése után a szín- és jelkulcsi kitöltések következtek, természetesen legalább egy ellenőrzéssel.

Kartografálásban a végleges megjelenítés kialakítását értjük. Ennek legfontosabb jellemzője, hogy a végleges földtani szelvény kétfajta értékelést jelenít meg. A felső szelvénycsíkon a fotómontázs látszik, amelyre csak a vonal-

művet rajzoltuk rá, az alsó szelvénycsík — fényképek nélkül — a szín- és jelkitöltött „klasszikus” földtani szelvény.

A kartografálás nem egyszeri munka volt, hanem minden egyes munkaszakasz során lefolytatott egyeztetés, ellenőrzés közben alakult ki. A sokszorosítást megelőzően kinyomtattunk egy tisztázati sorozatot az ún. tisztázati ellenőrzés érdekében. Természetesen ezt az ellenőrzést is elég jelentős kartografálási változtatások követték.

A műszaki-földtani és digitális fotódokumentáció volumene 6,5 GB volt. A végleges tisztázati dokumentációt az eredeti 1:50 méretarányú dokumentum kicsinyítésével előállított 5. ábra szemlélteti.

Az árkok teljes dokumentációjában (GYALOG et al. 2003b) ismertettük az általános adatokon túl a képződmények földtani leírását, a minták anyagvizsgálatát. A dokumentáció függelékeiben megadtuk az árkok rétegsorrendjét az árok alján m-ben megadva a markerpontok koordinátáit, az árkok hegyfelőli oldalainak földtani szelvényét az eredeti fényképsorozaton, illetve külön színes folyamatos ábrán, az árkok felülnézeti térképét a tektonikai elemek térképi megjelenítésével, valamint az anyagvizsgálati eredményeket.

#### Interaktív multimédia (video-dokumentáció) készítése

A terepi videofelvételekről külön (szerkesztett, vágott, sorba rendezett, feliratozott) tisztázati digitális filmanyagot is készítettünk Pinneacle DVPlus szoftverrel.

A multimédiás programozás során a szerkesztett videonyersanyagból, a műszaki alapidokumentációból (térképek) és a tisztázati földtani dokumentáció digitális állományaiból alkottuk meg (multimédiás szakember segítségével) az interaktív földtani és környezeti állapotot rögzítő videodokumentációt. Ehhez több szoftvert (Adobe Illustrator 9, Autodesk AutoCAD200, Asymetrix ToolBook 6.0, Macromedia Flash 6.0) alkalmaztunk. A multimédiás CD-lemezek sorozatonként 13 GB nagyságú elektronikus adatállomány integrált feldolgozását tartalmazzák.

A földtani videodokumentációt bemutató interaktív CD-sorozatban létrehozott integrált értékelést a multimédiás rendszer képernyőjének bemutatásaként előállított 6. ábra szemlélteti.

A lejátszási környezet főbb jellemzői:

— A kutatóárok között kattintással az 1:10 000 méretarányú áttekintő térképen választhatunk.

— Ezután az adott árkon belül a szakasznévre kattintva választjuk ki a megtekinteni kívánt szakaszt (az éppen kiválasztott árokrész neve az egérnyíl alatt piros színűvé válik).

— A képernyőt egy függőleges és egy vízszintes vonallal 4 külön-külön változtatható méretű részre osztottuk. A bal felső ablakban játszható le a videó, a jobb felső ablakban látható az árok felülnézeti térképe, a bal alsó részben látható a tisztázati szelvény (amelyen opcionálisan bekapcsolhatók és egyenként tetszőlegesen nagyítással megtekinthetők a rész-

letfényképek). A jobb alsó rész téglalapjára a jelmagyarázat és a kilépés lehetősége került.

— A megnyitott szakasz térképén vagy szelvényén bármely pontra kattintva (mutatóujj megjelenése jelzi) a videofilm a kiválasztott pontra áll, és onnan tovább indítható.

— A videofilm lejátszása 1 perc alatt általában 12 m árokhosszat mutat be.

— A földtani szelvény és a felülnézeti térkép az ablakon belül is több módon nagyítható-kicsinyíthető.

— A grafikus ablakok kölcsönösen összehangoltak, nevezetesen a videolejátszás aktuális helyét a felülnézeti térképen kék pont, a szelvényen vékony kék vonal jelöli, ezek együtt mozognak a lejátszón bemutatott képpel.

— A földtani interaktív multimédiás CD-sorozat integrált megjelenítést ad, tetszőleges tematikus kiértékelést tesz lehetővé. Könnyed és hatékony lehetőséget teremt mintegy az információk közötti tallózásra, az információ tanulmányozására.

#### Környezeti video-dokumentáció

A környezeti videodokumentációt, a földtani videodokumentációhoz hasonlóan összefüggő interaktív CD-sorozatban mutattuk be. A lejátszási környezet főbb jellemzői:

— A kutatóárok közül kattintással az 1:10 000 méretarányú áttekintő térképen választhatunk.

— Az adott árkon belül a szakasznévre kattintva választjuk ki a megtekinteni kívánt kb. 40-60 méteres szakaszt.

— A kiválasztott szakaszrész kihajtás előtti, közbeni és utáni állapotát bemutató videofelvétel feliratokkal elkülönítve folyamatosan (nagyjából 1 perc időtartamban) lejátszódik.

#### Összefoglalás

A 2002–2003-ban végzett földtani kutatás során a földtani dokumentálásban, ezen belül a fúrások és az ásott kutak, valamint a kutatóárok földtani-tektonikai dokumentálásában alkalmazott új módszereink digitális adatrögzítés alkalmazásával lehetővé tették a kutatás területéről származó hatalmas mennyiségű földtani-tektonikai adat digitális megjelenítését, rendszerezését, adatbázisba szervezését. Ezen belül kézisámítógépekre kidolgozott külön programokkal megoldottuk a fúrási és tektonikai információ adatbázisba vitelét, illetve közvetlenül a számítógépes adatbázisba töltését. Ezután az adatbázist szűrésekkel, szölisták készítésével és egységesítésével tettük homogénné, adatbázisra épülő későbbi feladatok megoldására alkalmassá. Az árkok dokumentációjánál a fénykép alapú dokumentálás bevezetésével és a földtani tartalomnak a mérethelyes, abszolút magasságvonalakra illesztett megjelenítésével, akár csak az árkok felülnézeti térképének tektonikai értelmezésével, új megjelenítési formákat hoztunk létre.