

Research at South Abusir in 2001-2002 – methods and results

Průzkum jižního Abúsíru v letech 2001-2002 – metody a výsledky

Miroslav Bárta – Vladimír Brůna – Roman Křivánek

Předloženo redakci dne 4. 4. 2003

In the last few years modern non-destructive prospection methods have been applied to the site of Abusir – satellite photography, geophysical examination and 3D surface modelling of the cemetery and individual archaeological features. In this article we discuss the benefit of employing these methods in tandem with current archaeological field excavations. The analysis and synthesis of the obtained results have mainly enabled us to observe the evolution of the burial-ground of South Abusir throughout time, then to further study the structure of the cemetery in connection with the social status of the individual tomb owners and also to more closely specify the significance of the burial-ground in South Abusir for an understanding of the whole Abusir-Saqqara burial area. Amongst the main results that have as yet been produced are georeferenced photogrammes of the main investigated features, a complete 3D map of the area with all of the features visible on the surface (by means of Arcview 8.3), a geophysical map and satellite photograph including not only the area of Abusir, but also the sun sanctuaries in Abu Ghurab and the pyramid fields in Saqqara and Dahshur. Mutual comparison and interpretation of the obtained data shows, that the individually used methods are complementary and consequently irreplaceable. A satellite photograph in the appendix is also part of the article as is a series of detailed sections in the text.

Old Kingdom - pyramid fields - Abusir - geophysical prospection - satellite imaging

V několika posledních letech se na lokalitě Abúsír aplikují moderní nedestruktivní prospekční metody – satelitní snímkování, geofyzikální průzkum a 3D modelování terénu pohřebiště i jednotlivých archeologických objektů. V příspěvku diskutujeme o přínosu nasazení těchto metod v návaznosti na probíhající terénní archeologické výzkumy. Analýza a syntéza získaných výsledků umožnila především sledovat vývoj pohřebiště jižní Abúsír v čase, dále studovat jeho strukturu v závislosti na sociálním postavení majitelů jednotlivých hrodek a také blíže specifikovat význam pohřebiště v jižním Abúsíru pro poznání celého abúsírsko-sakkárského pohřebního areálu. K hlavním dosavadním výsledkům patří georeferencované fotogrammy hlavních zkoumaných objektů, kompletní 3D mapa oblasti se všemi na povrchu viditelnými objekty (prostředí Arcview 8.3), geofyzikální mapa a satelitní snímek zahrnující nejen oblast Abúsíru, ale i slunečních svatyní v Abu Ghurábu a pyramidových polí v Sakkáře a Dahšúru. Vzájemné srovnání a interpretace získaných dat ukazuje, že jednotlivé použité metody jsou komplementární a tedy nenahraditelné. Součástí článku je i satelitní snímek v příloze a řada detailních výřezů v textu.

Stará říše - pyramidová pole - Abúsír - geofyzikální prospekce - satelitní snímkování

1. Introduction

The presented study is the first officially available general outline of the basic methods and results of the surface, geophysical and long-distance survey that was carried out in 2001 and 2002. We are dealing here with activity which took place at the Czech Archaeological concession in Abusir, approximately 30 km south of Cairo. Abusir is a site situated on the west bank of the Nile, at the transition of the Western Desert plateau into the fertile Nile valley. Four pyramid complexes were built here for the Fifth Dynasty kings. Subsequently, extensive necropolis of the members of their families and officials of the Ancient Egyptian State of the time gradually grew up around it (see generally Bárta - Krejčí eds. 2001; Verner 2002).

The southern part of the concession was selected in order to test the methods in question. This area is currently one of the principal centres of activity of the

Czech Institute of Egyptology and the Czech National Egyptological Centre of the Faculty of Arts, Charles University, Prague. An extensive necropolis which grew up over a period of several centuries is situated here. It contains non-royal tombs with sources, which have a fundamental significance for our understanding of the third millennium B.C. period. These sources are relevant both for an understanding of the evolution and structure of the early Egyptian state, and for the end of the of the Old Kingdom period. Apart from members of the Czech Institute of Egyptology and the Czech National Centre for Egyptology specialists from the Archaeological Institute of the Czech Academy of Science in Prague, the University of John Evangelist Purkyně in Ústí nad Labem (Laboratory of Geoinformatics in the Faculty of the Environment) and the Institute for Archaeological Monuments Care in Most continue to participate in this project.



Plate 1. The area of Abusir South looking north from the pyramid of Djoser (M. Bárta) – **Tab. 1.** Oblast jižního Abúsíru při pohledu na sever z vrcholu Džoserovy pyramidy (M. Bárta).

The area of South Abusir represents an integral part of what we call today the Abusir – Saqqara cemetery complex (Bárta - Krejčí eds. 2001; Coppens ed. 2002). Topographically it can be delimited as follows: in the south and east it is separated from Saqqara by *Wadi Abusiri* whose northeastern end lies by the village of Abusir, in the north by a plain, on which the Abusir pyramids of the rulers of the Fifth Dynasty are built and in the west by the inselberg (the so-called Lion's Hill).¹ Geologically Abusir is an integral part of Saqqara, the so-called West Saqqara geological formation. Here Upper Eocene sediments dominate, mainly hard, brownish, dolomited and silificied limestone (locally termed *tafl*), which alternates with layers of clay. This formation is called *Maadi*. On it lies the pliocene formation *Kom el-Shelul*. The present-day surface of the desert is formed by thick layers of gravel and sand (Youssef – Cherif – Boukhary - Mohamed 1984, 127 - Fig. 2 and 136 - Figs. 4-5; Said 1962, 98-99; 1975: 12-13; Klemm - Klemm 1993, 72-73; Svoboda 1993, 167). Over the past several millenia the surface of the desert has often been exposed to flash floods, rainwater, which gathered on upland plateaus of the desert and drained away through *wadis* to the Nile Valley; this is confirmed both by objects destroyed by water erosion

¹ In the coordinates of the maps of the area drawn up by the Ministère de l'Habitat et de la reconstruction, Le Caire H 21 and H 22 this area is delimited in the south by the following system of coordinates UTM - 3 306 800 m and on the north 3 308 400 m.

situated on the slopes of these wadis, and by the results of geological surveys carried out in the area of Western Saqqara (Plate 1).

Until recently South Abusir played only a marginal role in our archaeological understanding of the sites forming the so-called pyramid fields of Ancient Egypt. If we disregard the uncovering and documentation of the pillared court of the tomb of the mortuary priest Fetekty from the end of the Fifth Dynasty which was discovered in the mid 19th century by the Lepsius expedition (1842-1845), we can envisage this area as being without a past. This fact is also reflected in the contemporary literature of the 19th and beginning of the 20th century. On the map published by K. R. Lepsius in his monumental work *Denkmäler aus Aegypten und Aethiopien (1849-1858)* it is possible distinctly distinguish the Abusir pyramids in the north and in the south, deep in the desert, under number 1, only a place indicating the position of the Fetekty's tomb (Fig. 1; Lepsius 1849-1858, vol. I, pl. 32). The large-scale excavations of A. Mariette in Saqqara in the second half of the 19th century did not impinge on the area of South Abusir in any way; Mariette's excavations stopped close by its southern edge as is also distinctly shown by a map of the excavated area published in 1889 (Fig. 2; Mariette 1889, pl. II). Maps of the whole Memphite necropolis which were published in 1897 by the French scholar de Morgan also did not change this situation (de Morgan 1897, pl. 10). In 1936 G. A. Reisner

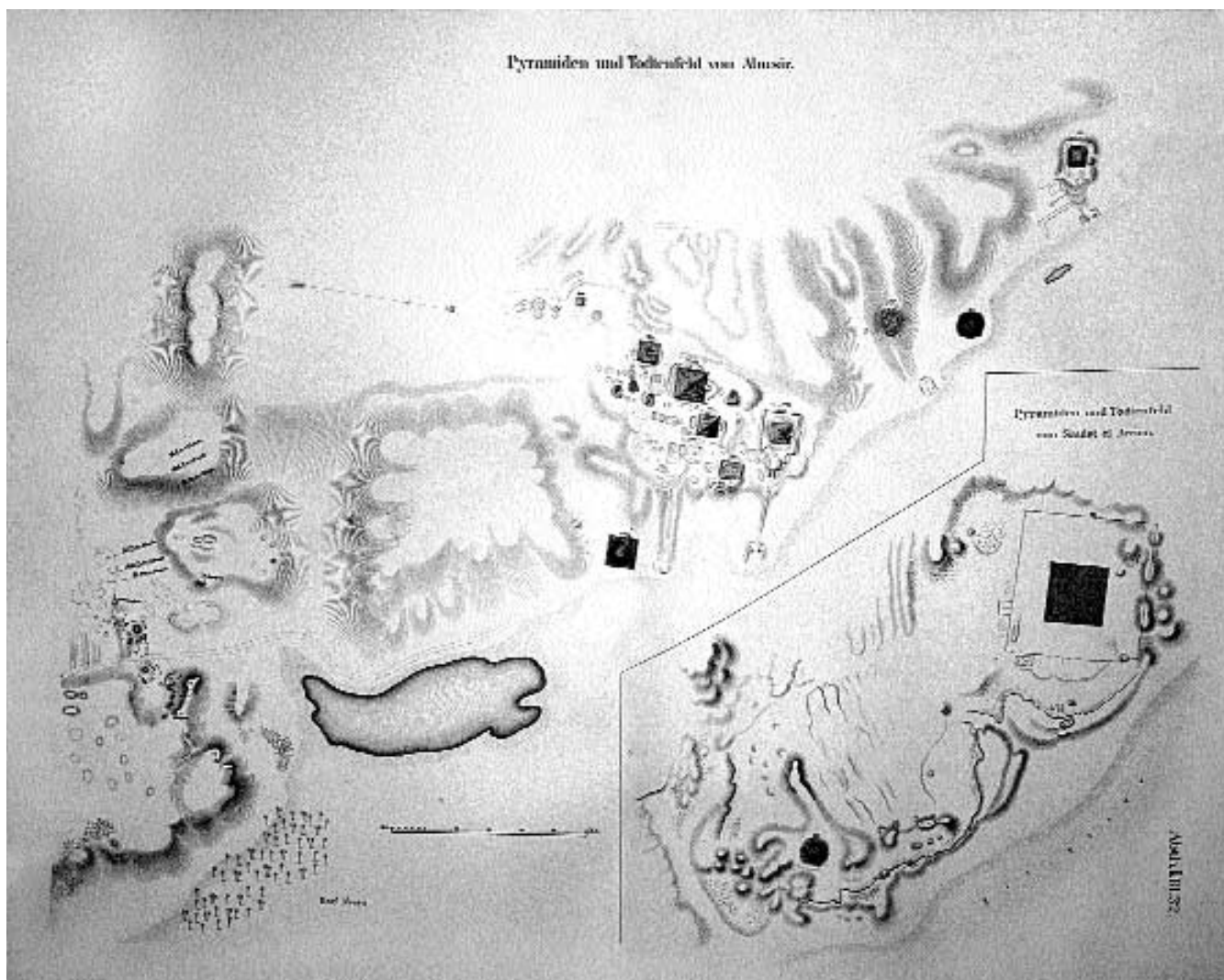


Fig. 1. Map of the Abusir cemetery published by K. R. Lepsius (Lepsius 1849-1858, *Denkmaeler I*, pl. 32) – **Obr. 1.** Mapa pohřebiště v Abúsíru publikovaná K. R. Lepsiem (Lepsius 1849-1858, *Denkmaeler I*, pl. 32).

published the work *The development of the Egyptian tomb down to the accession of Cheops*, which also contained Appendix C from W. M. Stevenson Smith devoted to the topography of the Saqqara burial ground. This work presented an attempt at the relocation of tombs which had already all been investigated in the 19th century. Some of them were also placed within the area of present day South Abusir (Smith 1936, Appendix C, 390-411 and a map of the Saqqara cemetery). A. J. Spencer resumed Stevenson Smith's work in 1974 attempting to bring into agreement hitherto attempts to map and locate the individual tombs which had all been found in the immediate surroundings of the area of South Abusir (Spencer 1974, 1-11 and tab. I).

In 1991, with the significant support of the Egyptian authorities, the Czech Institute of Egyptology started a systematic survey of the site. The area had namely recently been threatened by illegal activity. During the following twelve years it was possible to document and in the majority of cases also restore tombs of several high officials of the state. Prominent amongst these were particularly the tombs of the Commander of the Army, Kaaper, the mortuary priest Fetekty, the overseer

of the granaries of the Residence Ity, the property custodian of the king Hetepi and the burial complex of vizier Qar and his sons (Plate 2; Fig. 3; summary see Bárta 2001; Bárta - Voděra 2002; Bárta 2002a; Verner 2002, 206-223). At the present time it is being revealed that South Abusir played a significant role in its time: its location at the transition between the burial ground in Abusir and Saqqara predestined it for the gradual building of tombs throughout the greater part of the period of use of both the Abusir and Saqqara necropolises during the third millennium B.C. A further significant factor was that this part of the burial ground has never been officially excavated in modern times. Bearing in mind the historic significance of the area in question to our understanding of the history of the Ancient Egyptian state during the third millennium B.C. and the exposed location of the monuments it was necessary to conceive a long-term plan in 2000 for an approach to their study as a whole. This plan was intended to make it possible to document the main surface features of the site in advance of intrusive archaeological activity. A further imminent requirement was collecting data of such a nature that would

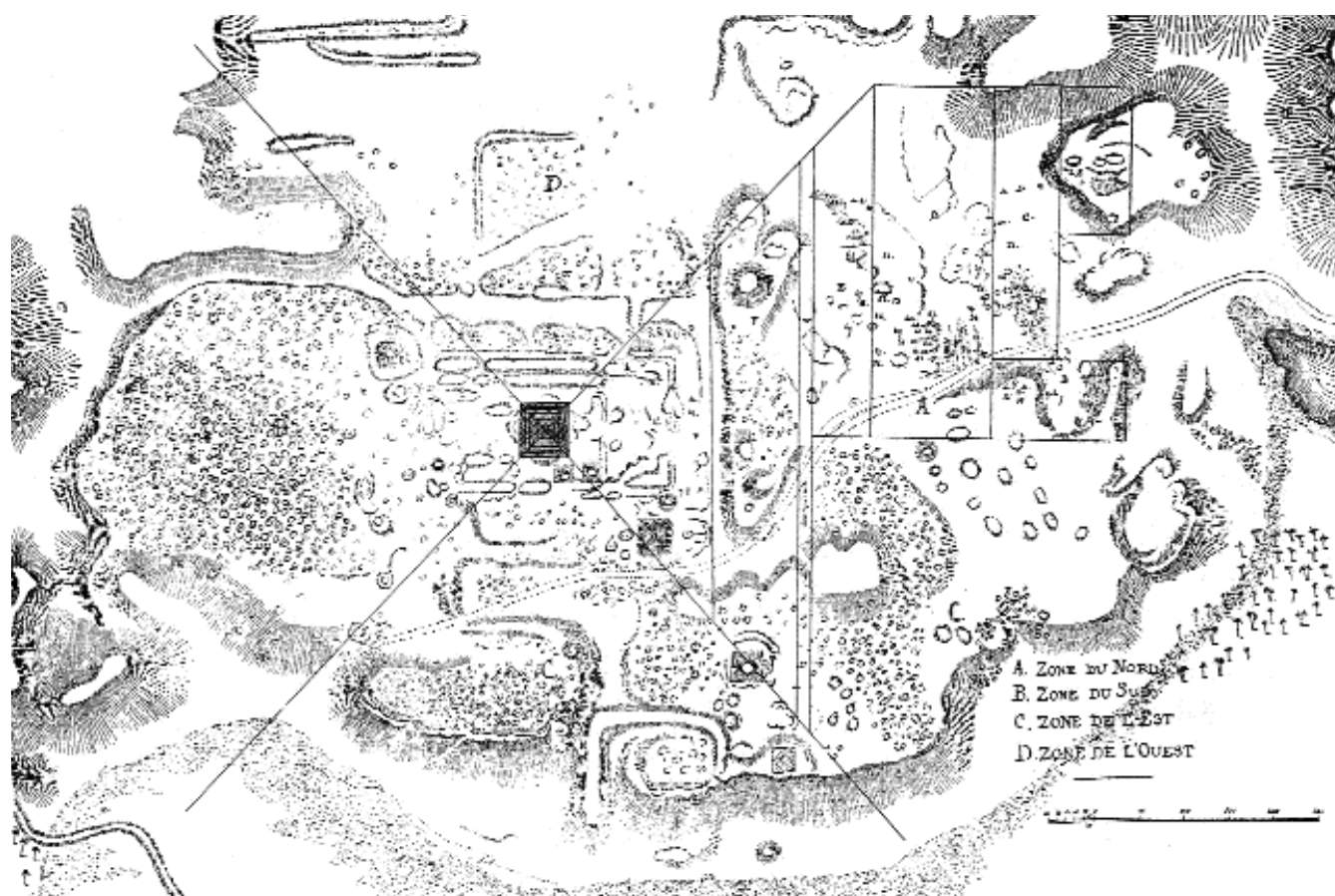


Fig. 2. Map of Central and North Saqqara published by A. Mariette (Mariette 1889, *Mastabas*, pl. II) – **Obr. 2.** Mapa Centrální a Severní Sakkáry publikovaná A. Mariettem (Mariette 1889, *Mastabas*, pl. II).

facilitate the most effective archaeological excavations in the future.

Gradually a two-year harmonogram of surface investigation of the site was drawn up. It included a detailed geodetic survey, the creation of a detailed topographic plan, the production of photograms (photographic documentation of the individual archaeological features with the aid of a so-called *Swedish Tower*), geophysical survey, a method of long-distance survey of the Earth (photographing the site from an observation balloon by remote control with picture control on the ground and satellite photographing of the site with a high degree of distinction in several multispectral bands). All this took place in combination with continuing archaeological work.

These methods were not chosen by chance, in each case it was a matter of their ability to contribute to the analysis of the questions, which were set as the long-term aims of the project. Of these we can name in this context:

1. how did the burial ground develop through time;
2. what were the spatial divisions of the burial ground dependant on time and the social status of the Ancient Egyptian dignitaries buried here;
3. how is the burial ground in South Abusir connected with analogous burial grounds in Abusir and Saqqara (both with regard to development through time, and space);

4. was there a relationship between the burial ground in South Abusir and the Old Kingdom settlement? If so, how did it manifest itself?

At present, that is at the beginning of 2003 we find ourselves in the situation where we can examine the site and the features that have been investigated so far as part of a more significant whole from two viewpoints: in 2001 a surface survey and identification of archeological features was undertaken with the participation of M. Bárta, V. Brůna and P. Čech within the framework of a detailed topographic survey. A year later, a month of the autumn season in South Abusir was dedicated to a geophysical survey, which was carried out in cooperation with the Archeological Institute of the Czech Academy of Science in Prague, as represented by R. Křivánek and M. Tomášek. The results obtained during these two past seasons have fundamental significance not only for the understanding of the site as such, but also for the optimal orientation and selection of research strategies in the future.

2. The task of geoinformatics in Abusir archaeological excavations

Geoinformatics is orientated towards the development and application of methods for the solving of specific problems in the geosciences with special emphasis on



Plate 2. The Central Mound of Abusir South with the tombs of Kaaper, Hetepi and Mastaba MM (M. Bárta) – **Tab. 2.** Centrální pahorek v jižním Abúsíru s hrobkami Kaopera, Hetepiho a Mastabou MM (M. Bárta).

the geographical position of the features. The basic element is the so-called geofeature that is a feature related to a part of an area on the surface of the earth. It can be differentiated from other features with the help of:

- a) geometry = spatial position;
- b) topology = spatial relationships;
- c) thematics (attributes);
- d) dynamics = time changes.

During the archaeological excavation in Abusir methods and techniques from the field of geoinformatics have been applied, which in the last ten years have encroached on the otherwise all in all traditional and conservative discipline of archaeology. New approaches like geographical information systems (GIS), 3D-computer-modelling, methods of long-distance survey of the earth (Remote Sensing, RS), digital cartography and the use of satellite receivers Global Position System (GPS) to determine the position of the observer on the surface of the earth together with tried and tested classical geodetic methods have been employed (Brůna 2002; Jeffreys - Tavares 2000; Mathieson 2000).

It is necessary to emphasize, that geoinformatics, or if you like geoinformatic technologies, are the only aid to support the solving of the determined aims and hypotheses of the research. These methods which bring new perspectives to old questions, provide non-traditional processes and skills to enable the docu-

mentation and interpretation of the individual steps of the research and the carrying out of the analyses and syntheses.

Geodetical work - past and present

The cooperation between geodesists and Egyptologists already has a more than forty-year-old tradition. It began in 1962 during rescue excavations in Nubia (Tlustý - Vosika 1963) and later continued in the area of the Czechoslovak (today Czech) concession in Abusir. A brief account about the application of geodesy in archaeological excavations in Egypt is given by B. Vachala and M. Procházka (2003).

Up to the year 2001 geodetical work was always carried out at regular intervals of several years. This primarily consisted of the building-up and maintenance of a point field in the local system of coordinates, the planimetric surveying of uncovered archaeological features and structures, including the gradual planimetric and hypsographical surveying of the Abusir area (for more about the building-up of a geodetical net, its precision and the methods of measuring see B. Vachala and M. Procházka 2003). The result is a hypsographical map on a scale of 1 : 2 000 with a basic contour line interval of 1 metre (Švec - Vosika - Procházka - Vomelová Praha 1995). An integral part of the geodetical work was also the method of surface photo-

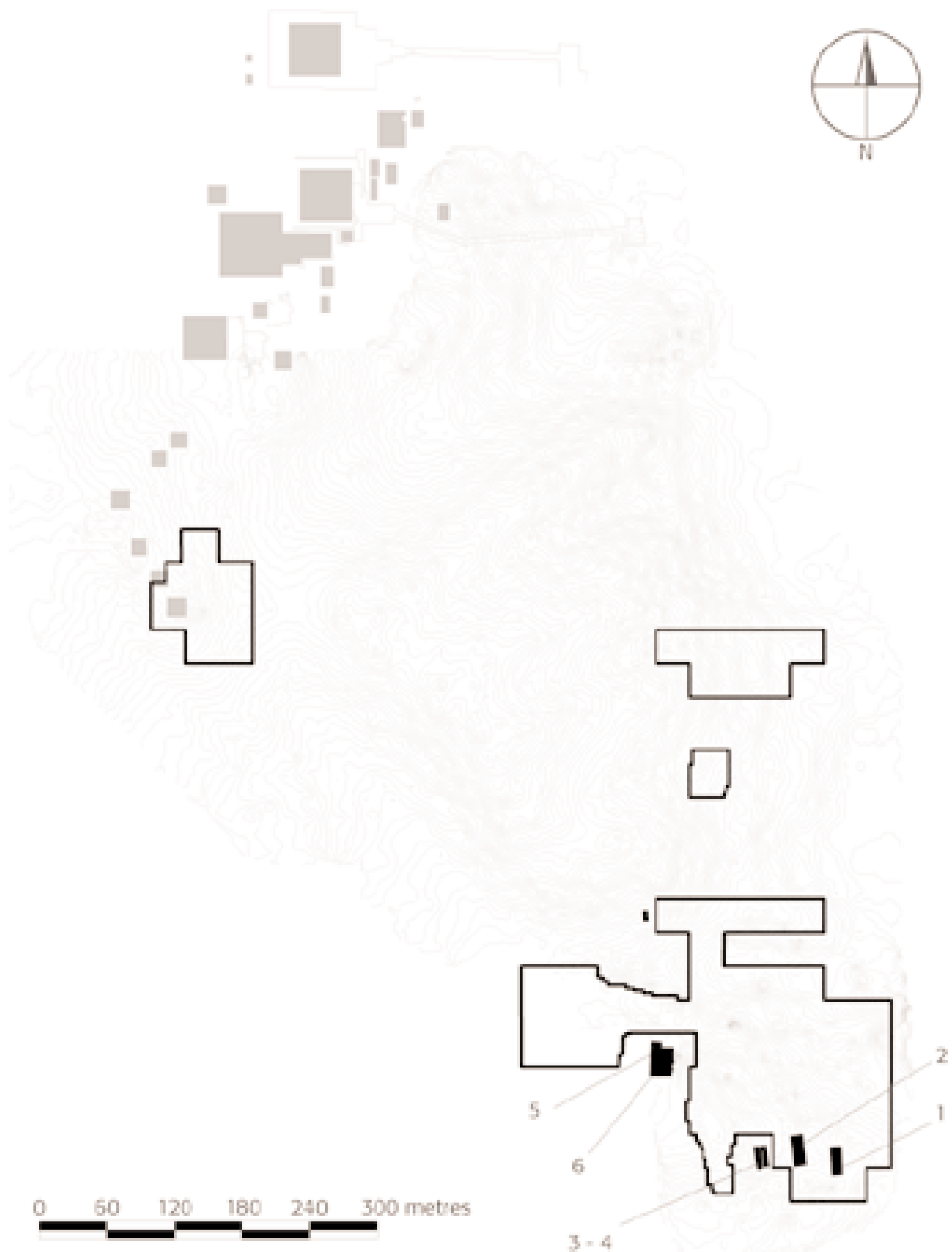


Fig. 3. Map of Abusir: 1 - Mastaba MM, 2 - tomb of Hetepi, 3 - tomb of Ity, 4 - tomb of Kaaper, 5 - burial complex of Qar and Inty, 6 - Mastaba KK (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, V. Brůna) – **Obr. 3.** Mapa Abúsíru: 1 - Mastaba MM, 2 - Hetepiho hrobka, 3 - Itejova hrobka, 4 - Kaaperova hrobka, 5 - pohřební komplex Kara a Intiho, 6 - Mastaba KK (Archiv Českého národního egyptologického centra, V. Brůna).

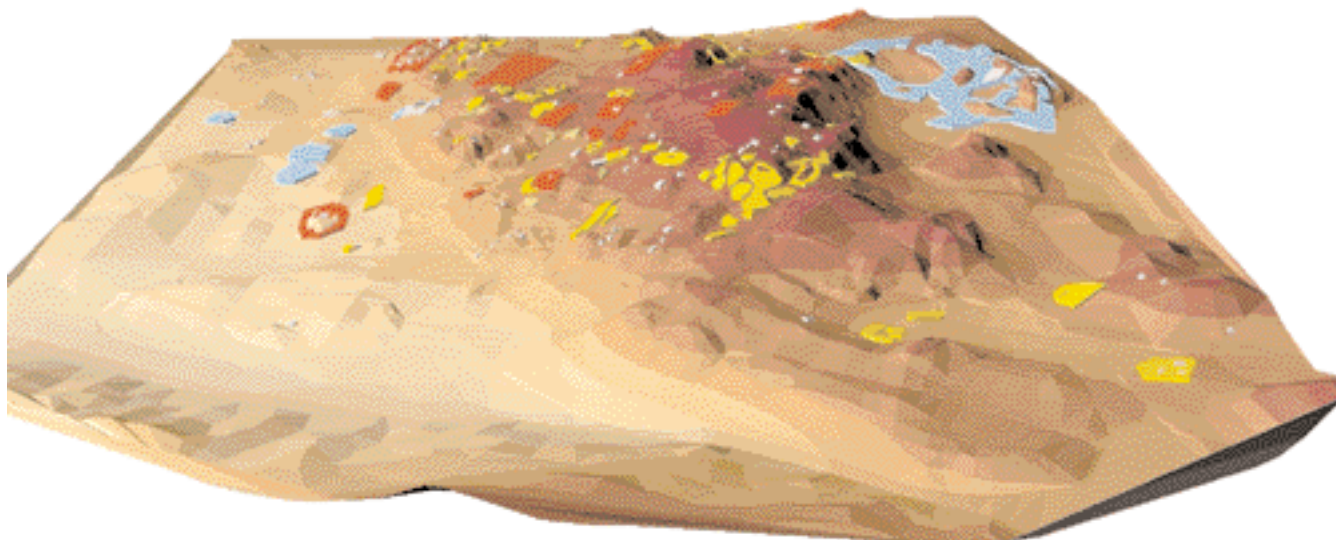


Fig. 4. 3D model of Abusir South with surface features noted during the survey in 2001 (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, V. Brůna)
 – **Obr. 4.** 3D model jižního Abúsíru s objekty zachycenými během povrchového průzkumu v r. 2001 (Archiv Českého národního egyptologického centra, V. Brůna).

grammetry which was applied at the excavation in Nubia (*Tlustý - Vosika 1963*) and during the survey of the mastaba complex of Ptahshepses (*Martinák 1976*).

From the autumn expedition in 2001 geodetical activity significantly expanded and was made more effective by using new instruments and methods. The results of the geodetical work are the basic database for other fields of geoinformatics - GIS, RS, cartography, 3D modelling and spatial visualisation. A set-up was devised for geodetical work which was composed of an electronic laser distance meter (total station) LEICA TCR 307 and accessory equipment. It consisted of a 7" distance meter, which allows measuring up to a distance of 80 m without the use of a reflecting prism. This attribute was mainly used when surveying inaccessible places and when working in the interior of tombs and underground. The total station has basic geodetical software in its equipment, which immediately determines the spatial coordinates of the measured points, including the defined attributes in question, during classical geodetical processes (tacheometric measuring, zoning, and so on). The database of coordinates is then imported into the GIS software (see below). The accuracy of the station is sufficient for the creation of archaeological maps and plans.

The following tasks were dealt with:

1. detailed planimetric and hypsographical survey of the South Abusir area;
 2. spatial survey of the surface and underground components of archaeological features, which had already been uncovered and examined;
 3. determination of the spatial position of the archaeological features and structures that were subjectively interpreted in the South Abusir area.
- ad 1)** a detailed field survey was carried out in the current local point field, which consisted of more than 6 000 spatial points in an area measuring around 600 x 400 m. The database of points was

imported into the GIS software, where it was further processed (see below);

- ad 2)** using classical geodetical methodology - the measuring of points - the surface features, ground plans and base lines were gradually surveyed. For underground measuring, it was a matter of shaft tombs, the mining survey method was used whereby two points determined in the coordinates were transferred in a shaft from ground level to the bottom and one of these subsequently formed the starting point when surveying the underground space. This measuring was undertaken without the use of a reflecting prism. The results of the measurements - a database of spatial coordinates, including an outline, are being gradually worked on in the CAD and GIS media and the result will be 3D spatial models of the underground structures;
- ad 3)** archaeological structures have been identified by subjective field interpretation in the South Abusir area and their geodetical survey has been carried out. The results have been imported into the GIS software where they have been further analysed.

Geodetical work is not a separate part, but constitutes the basic groundwork for the creation of spatial data for further application in the GIS software, furthermore for the analysis of RS data and last but not least they serve as the foundation data for cartographic output.

The Geographic information system forms the basic applied method and takes in two different concepts. In the first we see GIS as a technology, that is as the hardware and software equipment necessary for the creation and conducting of the second application. We understand GIS as an application and information system based on geodata, which serves as the groundwork in the decision-making process of the organisational entities. Geodata are spatial figures in digital form, which are made up from graphic attributes, non-graphic (text) attributes and related data (*Tuček 1998*).

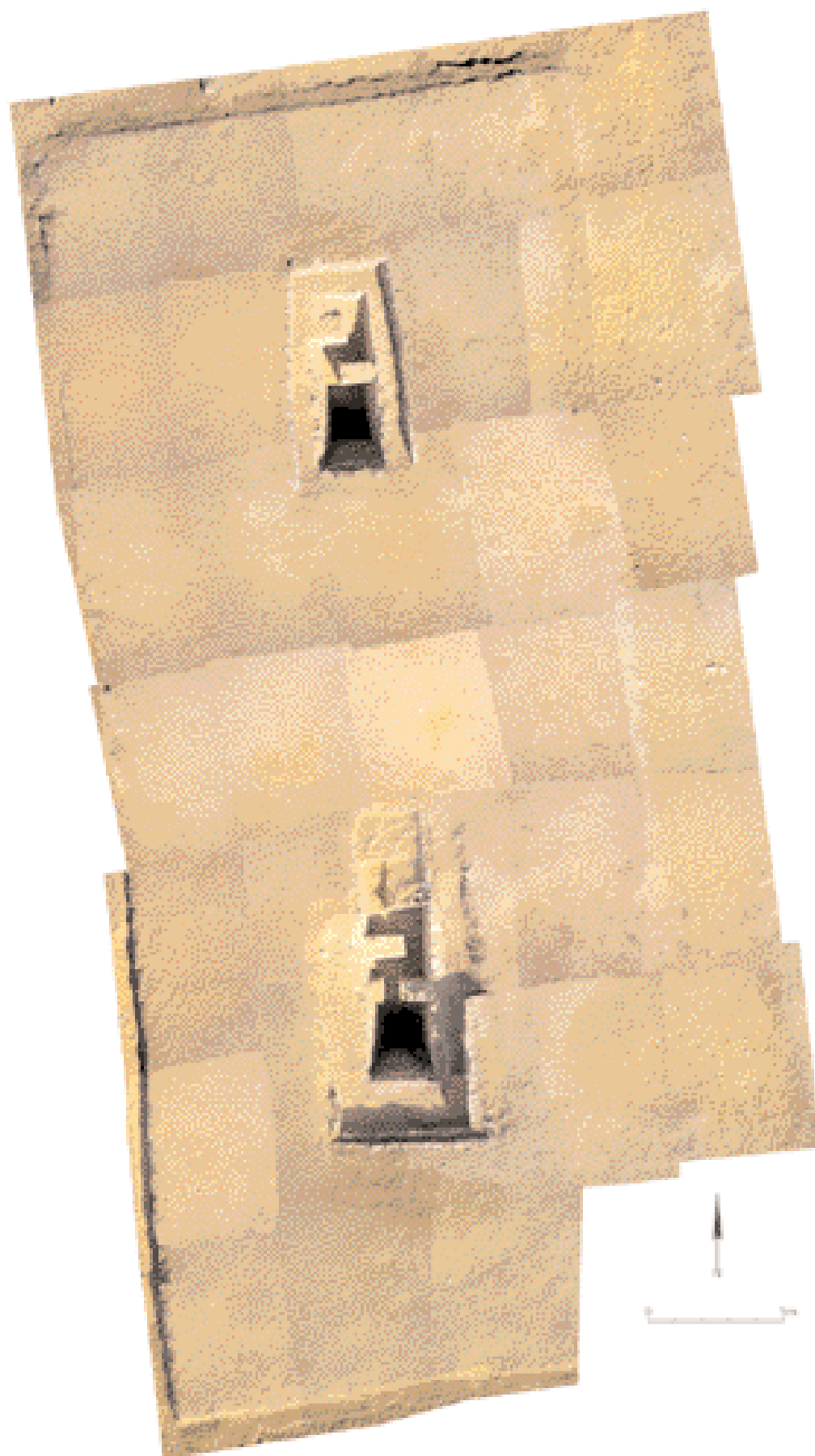


Plate 3. Photogram of the tomb of Hetepi (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, P. Čech) – **Tab. 3.** Fotogram Hetepiho hrobky (Archiv Českého národního egyptologického centra, P. Čech).

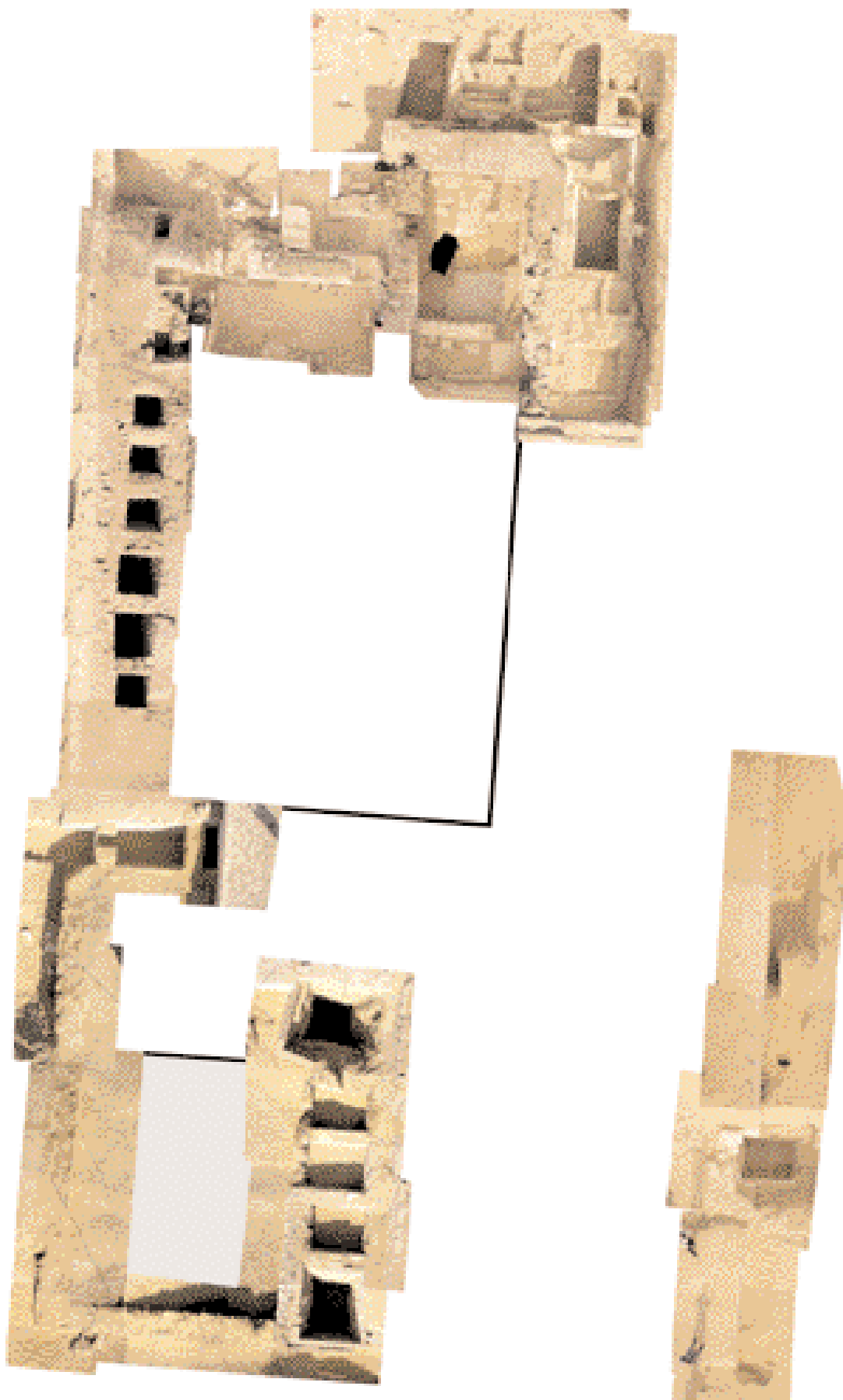


Plate 4. Photogram of the burial complex of Vizier Qar and his family (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, P. Čech) – **Tab. 4.** Fotogram pohřebního komplexu vezíra Kara a jeho rodiny (Archiv Českého národního egyptologického centra, P. Čech).

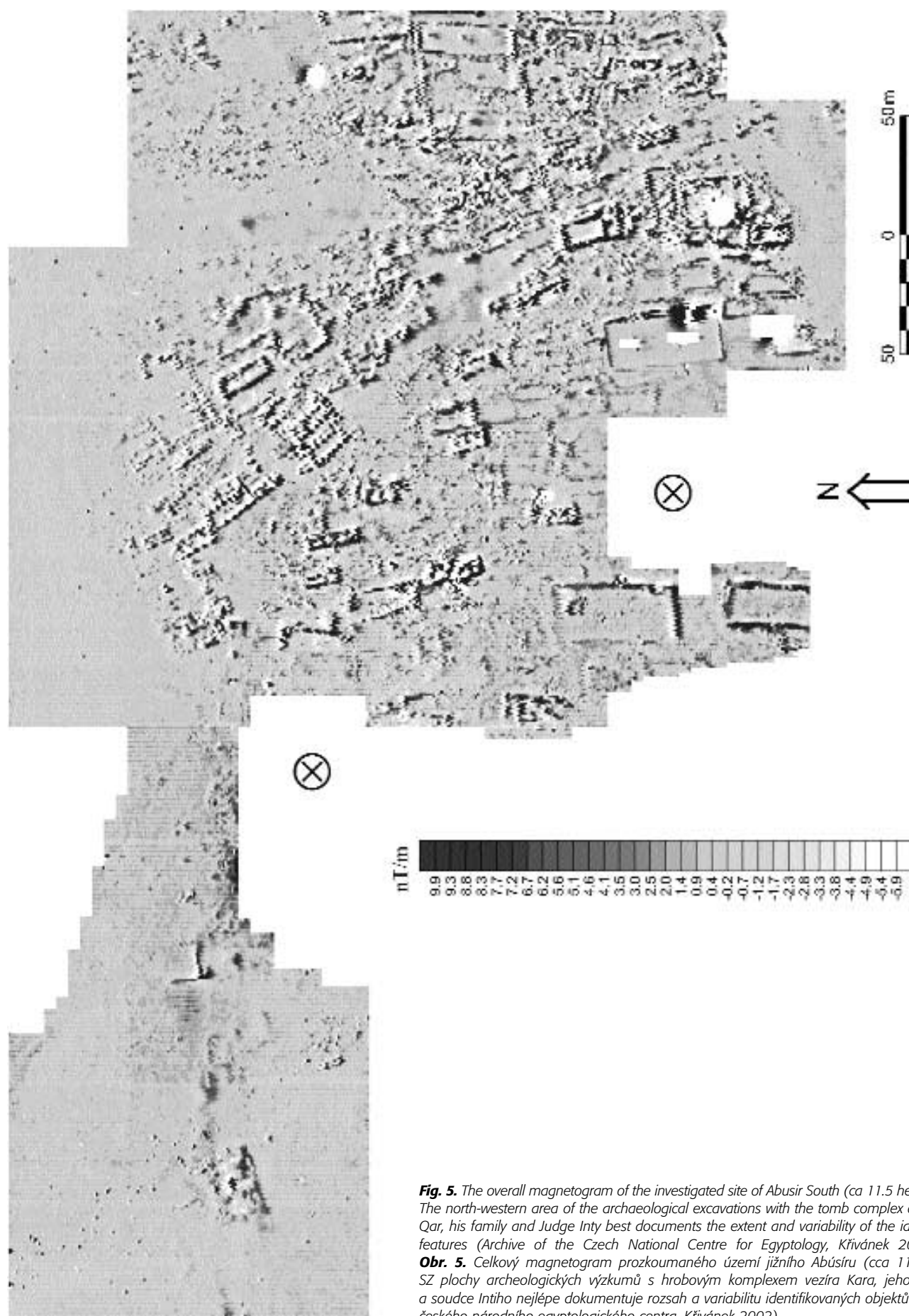


Fig. 5. The overall magnetogram of the investigated site of Abusir South (ca 11.5 hectares). The north-western area of the archaeological excavations with the tomb complex of Vizier Qar, his family and Judge Inty best documents the extent and variability of the identified features (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, Křivánek 2002) –
Obr. 5. Celkový magnetogram prozkoumaného území jižního Abúsíru (cca 11,5 ha). SZ plochy archeologických výzkumů s hrobovým komplexem vezíra Kara, jeho rodiny a soudce Intiho nejlépe dokumentuje rozsah a variabilitu identifikovaných objektů (Archiv českého národního egyptologického centra, Křivánek 2002).

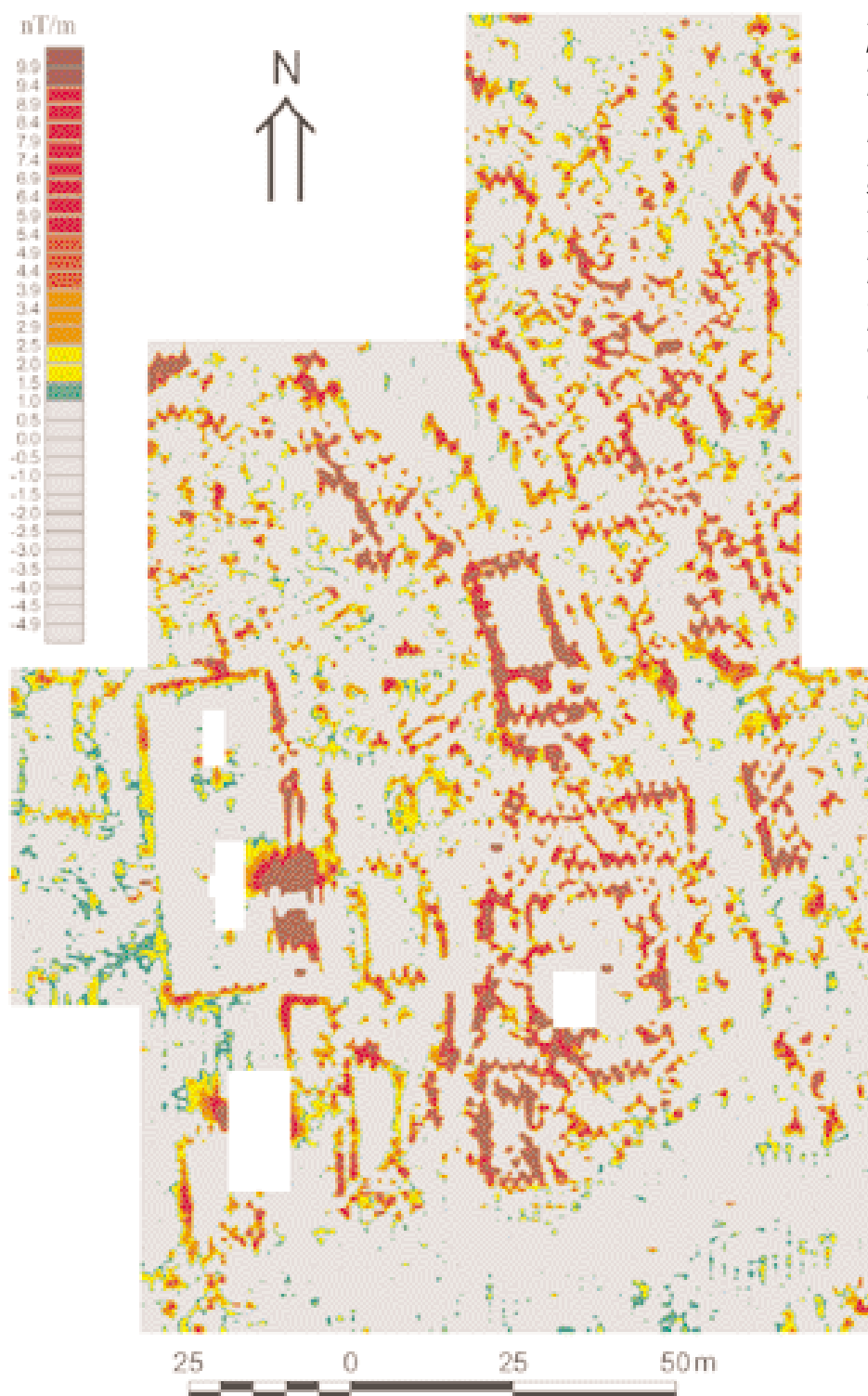


Fig 6. Various types of tombs of different shapes, dimensions, orientation and amplitudes of magnetic abnormalities were distinguished, the illustrated south-eastern part of the area (ca 1.7 hectares) in this extract from the magnetometric surface survey includes the tomb of Hetepi, which was archaeologically investigated at an earlier date (Archive of the Czech National Centre for Egyptology, Křivánek 2002) – **Obr. 6.** Různými tvary, rozměry, orientací i amplitudami magnetických anomálií bylo rozlišeno více typů hrobek, zobrazená JV část území (cca 1,7 ha) ve výřezu plošného magnetometrického průzkumu zahrnuje i dříve archeologicky zkoumanou Hetepiho hrobku (Archiv českého národního egyptologického centra, Křivánek 2002).

Generally speaking, GIS allows the mutual connection of graphic and tabular data. Any kind of archaeological feature, which can be expressed in vectorial form as a point, line or polygon, carries further attributive information and metadata with it. We can mutually analyse, connect and integrate these features according to their attributes and create variant solutions in the GIS software. The feature can also be represented by a raster record, which can be analysed separately, in a group or combined with other forms of records.

The Abusir GIS Project has been implemented in the software of the Arc View 3.2 and Arc GIS 8.3 program by the ESRI, Corp. company. It is a user-friendly program, which also contains basic extensions - Arc View Spatial Analyst, Arc View 3D Analyst and Arc View Image Analysis. Data from the geodetical measurements are imported into this software and are further processed.

The basic task was the creation of a contour plan of the South Abusir area. The database of coordinates of detailed points was imported into the GIS software, in

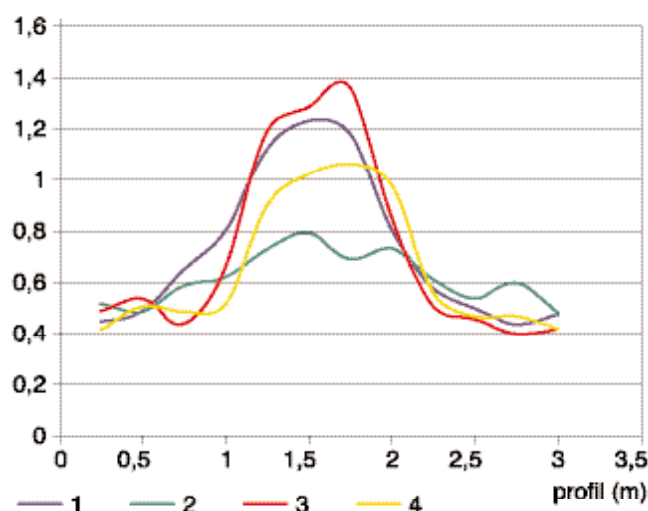


Fig. 7. Significant differences in the magnetic properties of individual features of the same constructional material were recorded using profile measurements of apparent magnetic susceptibility using a kappameter in situ above the remains of various types of masonry made from unfired bricks that were visible on the surface: **1** - circumferential masonry of the earlier investigated tomb, **2** - masonry from features that were distinguished during the surface survey, **3** - circumferential masonry from the Vizier Qar tomb complex, **4** - internal masonry from the Vizier Qar tomb complex – **Obr. 7.** Profilovými měřeními zdánlivé magnetické susceptibilitě kappametrem in situ nad povrchově patrnými pozůstatky různých zdív z nepálených cihel byly zaznamenány velké odlišnosti v magnetických vlastnostech stejného stavebního materiálu u jednotlivých objektů: **1** - obvodové zdívó dřívě prozkoumané hrobky, **2** - zdívó objektů rozlišitelných při povrchových průzkumech, **3** - obvodové zdívó hrobového komplexu vezíra Kara, **4** - vnitřní zdívó hrobového komplexu vezíra Kara.

which the processing of data was undertaken in combination with the existent small-scale planimetric and hypsographical plan. With the help of the Arc View Spatial Analyst extension the database of points was transferred to the TIN² format and in a further step contour lines with an interval of 20 cm were generated. This was made possible by the high density of the measured points. Amongst other things a spatial model of the site (3D model) was created with the help of the TIN model. It makes up one of the basic thematic layers in the data structure of the Abusir GIS Project.

Another task was the creation of a GIS database of identified archaeological structures - features. The surface survey itself was carried out through the gradual subjective reconnaissance of the area, during which the identification and interpretation of the archaeological structures - features was carried out. Every identified feature and structure was geodetically located, in either point, line or planispheric - polygon form. Apart from the geodetical survey, the photographic documentation of features and registration of other characteristic information was undertaken. This data thereafter became part of the GIS database.

² TIN - Triangulated Irregular Network - also implies a specific storage structure of surface data. TIN partitions a surface into a set of contiguous, non-overlapping, triangles. A height value is recorded for each triangle node. Heights between nodes can be interpolated thus allowing for the definition of a continuous surface. TINs can accommodate irregularly distributed as well as selective data sets. This makes it possible to represent a complex and irregular surface with a small data set.

Further processing took place in the GIS software consisting of:

- a) the creation of individual graphic thematic layers - points, lines and polygons;
- b) the creation of a database for the individual records, the assignment of matching attributes and their connection to the digital photographic database;
- c) the creation of legends and basic graphic readouts.

During the surface survey a whole range of archaeological information and features were identified and recorded. It was not only a matter of ground plans and tomb masonry (made of limestone and bricks of Nile mud or *tafl*), but also dumps, concentrations of pottery, human and animal bones, pockets of wind-blown sand and isolated artefacts (i.e. a concentration of stone vessels fragments). It was thus possible to document more than 150 features of different values and interpretative potential.

For example, the ground plans of tombs with chapels and the estimated size of the built-up ground plan, in combination with the already uncovered features, enable the making of a prediction of the cemetery development through time. This is mainly achieved on the basis of typological changes in the tomb architecture during the Third - Sixth Dynasties (around 2700-2200 B.C.), their decoration, inscriptions and spatial distribution. Dumps and accumulations of sherds indicate places where intensive robbery clearly took place. In many cases we have documented dumps, but the archaeological features themselves are not distinct, so the dump becomes an indirect indication and sometimes the only indication of a feature that is unmarked on the surface. The resulting configuration of the thematic layers of the archaeological features has been imported into the GIS database part of whose output is the location of the archaeological features on a 3D model of the terrain (*Fig. 4*).

The long-distance earth survey method is another component from the field of geoinformatics that has been applied during the excavations at Abusir. It is a matter of getting information about features and phenomena from a distance - without direct contact with them:

- a person, either alone or with the help of a device, is able to gain qualitative and quantitative information about the phenomena and features surrounding him;
- every such phenomenon or feature influences its surroundings in some characteristic way.

The RS system creates:

- a subsystem for the collection and transference of data - the technical side of the procedure;
- a subsystem for its analysis and interpretation - a method for processing spatial information.

Analogue and digital records comprise spatial information in a similar way to a topographic or thematic map. The records contain two kinds of information:

1. information about the position of the displayed feature, their shape, size, distance from other features and so on;



Plate 5. The Lake of Abusir area with unexcavated tombs 24 hours after the rain (M. Bárta) – **Tab. 5.** Oblast Abúsírského rybníka s doposud neprozkoumanými hrobkami 24 hodin po dešti (M. Bárta).

2. thematic information – the kind of vegetation on the site in question, nature of surface and so on.

RS together with geophysical methods helped with the development of so-called non-destructive archaeology. The records show the mutual relationships and connections between present-day and archaeological features. They contribute to the prediction of the extent of rescue excavations, their topographic location and the structure of the area with the archaeological features.

In the Abusir area the RS method is gradually being applied at three different levels. The basic one is photographic recording from the so-called *Swedish tower*. From this analogue and digital photographic records are gathered from a height of about 7-8 m above ground level (Plate 3 and 4; Čech 2002). The use of a kite balloon with a telecontrolled photographic device is in the test stage. This system allows photography from a height of around 5-60 m above the ground.

The last level is the use of satellite records. The aim was to gather high resolution data and therefore we ordered a set of aerial views provided by QUICK BIRD system of the Digital Globe Corp. company (www.digitalglobe.com). The satellite was pre-set on the basis of parameters supplied by us to record the area of interest from north to south and including the pyramid fields of

Abusir, Saqqara and Dahshur. The record was taken at 8.45 a. m. on 23. 2. 2003 in high quality, the resolution in the panchromatic zone is 0.64 m and 2.56 m in the multi-spectral zone (Catalogue ID1010010001A99901, Image location - vertex, latitude, longitude: 1. southwest 29.7732, 31.1555; 2. northwest 29.933, 31.1554; 3. northeast: 29.9298, 31.3393; 4. southeast 29.769, 31.3378; 5. center 29.8512, 31.247; cloud cover 8 %, quality 50 - fair, off-nadir 13 degrees). The area is 65 km² in size (Plate 6).

The results of all the types of recording are analysed in the PCI program for the digital image processing or with the help of the AV Image Analysis extension in the ArcView 3.2 (most recently 8.3) program. After the basic editing of the data it is imported into the GIS software, where analytical and synthetic tasks are carried out together with further topographic and thematic themes.

Global Position System

The Global Position Systems (GPS) allows us to determine the coordinates of the observer on the surface of the earth on the basis of the reception of

a signal from satellites. The Laboratory of Geoinformatics of John Evangelist Purkyně University owns a Trimble GeoExplorer 3 receiver which is used at archaeological excavations in places where geodetical precision is not required. That is in the case of the alignment of photogrammetric points for the satellite picture georeference, in the case of the need to quickly determine feature positions and one of the most recent tasks was using GPS when aligning topographical and thematical features in the region of Bahariya Oasis in spring 2003. The receiver allows the surveying of points, lines or polygons, including the definition of the attributes of the individual features. The measured data are preprocessed in the GPS Pathfinder Office 2.7 program, differential correction is subsequently carried out with the help of the Trimble GPS Pathfinder Express service (<http://www.gpspathfinderexpress.com>) and the corrected data are exported into the Arc View GIS shape file program format.

The future of the application of geoinformatical technologies

The first results demonstrate an unambiguous benefit for the work of archaeologists, who effectively obtain overall results in tabular or graphic form. Several methods and procedures have been applied over a very short period of time (the majority of them for the first time in Abusir). Their results form an inseparable part of the archaeo-logical documentation.

A large amount of data has been assembled in digital or analogue form within the framework of both expeditions and now the data are being gradually sorted and analysed and cartographic output is being created. The first analyses and the evaluation of the component parts of the GT application project are being prepared.

3. Geophysical survey in 2002

After the first early applications of geophysical methods for use in Egyptian archaeology by Albert Hess in Mirgissa and generally by Lambert Dolphin in 1974 and 1977 (for a summary see *Mathieson 2000*, 33ff.) the Czech (then Czechoslovak) Institute of Egyptology was one of the first to specifically apply it during the survey of the Abusir pyramid field and the shaft tombs of the Late Period in the south-western part of the concession. The geophysical surveys led by V. Hašek had been undertaken in 1979-1980 and 1981-1982 (*Hašek - Verner 1981; Verner - Hašek 1981; Hašek - Verner - Obr 1983; Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986; Hašek - Obr - Verner 1988*). The majority of these geophysical results has been checked by archaeological excavations so that the region of the Abusir pyramid field can be considered as the most surveyed part of the Czech concession.

The aim of the geophysical survey carried out in October and November 2002 was to create geophysical maps of the features - mainly tombs - in the South Abusir area and their entering onto the archaeological

map of the Abusir site. The appendant geodetical work during the geophysical research included a gradual setting-out of a square grid of 50 x 50 m, placed into the existing local co-ordinate system (see above). The results of the geophysical survey were imported into the GIS database, in screen form they together with other thematical data form the individual topographical and thematical features of the archaeological site map.

One of the analyses was also the comparison of the results of the geophysical measurements with the results of the surface survey and the map of the features created on their basis. The analysis was carried out in the GIS software and a high concordance between the subjectively identified features during the 2001 survey and the results of the geophysical prospection was revealed.

The aims and methods of geophysical survey

As well as the choice of sites for the geophysical survey also the beforehand undefinable aims of the individual surveys were initiated by the requests and needs of the Egyptologists. These included:

1. the precise spatial identification of the subsurface preserved features and other ascertained situations;
2. proving of the continuation of the features and monitoring their dimensions, form and orientation in the landscape;
3. determination of the extent of anthropogenic activity, as the case may be cemeteries, in the surroundings of archaeological excavation places - determination of archaeologically prospective zones;
4. differentiation and determination of negative areas or areas without distinguishable anthropogenic activities.

On the basis of the existing evidence the archaeological aims could then be enlarged by some methodical questions concerning the possibilities and ways of exploring features in an arid environment. A basic aim apart from the general identification of underground relics of archaeological situations was therefore also:

5. finding the optimal way to explore the features present (tombs, as the case may be other mudbrick buildings composed of different materials) in the given desert conditions and;
6. assessment of the possibilities and limitations of geophysical research methods when monitoring other areas within the limits of the Czech concession in Abusir.

Apart from the experiences in Abusir it was, however, also possible to use results attained by some other archaeological expeditions carrying off geophysical field surveys in Egypt or on the broader territory of the Near East and published mainly in the last few years (*Křivánek 1997; Becker - Fassbinder 1999b; Schmidt-Colinet - Plattner 2001*). Qualitatively new possibilities for the large area use of modern geophysical devices in arid regions, their high profitability and new perspectives



Plate 6. Satellite Image of Abusir, Saqqara and Dahshur (see Appendix and Plates 7-13) – **Tab. 6.** Satelitní snímek Abúsíru, Sakkáry a Dahšúru (viz příloha a tab. 7-13).

Plate 7. Close - up of the satellite image – the area of Abu Ghurab and the pyramids of Abusir: **1** - Sun Temple of Neuserre, **2** - Sun Temple of Userkaf, **3** - Pyramid of Sahure, **4** - Pyramid of Neferirkare, **5** - Pyramid of Raneferef, **6** - Pyramid of Neuserre, **7** - Mastaba of Ptahshepses, **8** - Late Period shaft tombs – **Tab. 7.** Detail satelitního snímku – oblast Abú Ghurábu a pyramid v Abúsíru: **1** - Niuserreův sluneční chrám, **2** - Userkafov sluneční chrám, **3** - Sahureova pyramida, **4** - Neferirkareova pyramida, **5** - Ranefereova pyramida, **6** - Niuserreova pyramida, **7** - Ptahšepesova mastaba, **8** - šachtové hrobky z Pozdní doby.

Plate 8. Close - up of the satellite image; the area of Abusir South and North and Central Saqqara: **1** - Mastaba MM, **2** - tomb of Hetepi, **3** - tomb of Kaaper, **4** - tomb complex of Vizier Qar and his sons, **5** - tomb of Ti, **6** - Ptahhotep's mastaba, **7** - Pyramid of Userkaf, **8** - tomb of Hesyra – **Tab. 8.** Detail satelitního snímku, oblast jižního Abúsíru a severní a centrální Sakkáry: **1** - mastaba MM, **2** - Hetepiho hrobka, **3** - Kaaperova hrobka, **4** - hrobkový komplex vezíra Kara a jeho synů, **5** - Cujova hrobka, **6** - Ptahhotepova mastaba, **7** - Userkafova pyramida, **8** - Hesireova hrobka.

Plate 9. Close - up of the satellite image; the area of Djoser's complex: **1** - Qisr el-Mudir, **2** - enclosing wall from the 2nd-3rd Dynasty, **3** - Djoser's complex, **4** - Sekhemkhet's complex, **5** - Pyramid of Unas, **6** - New Kingdom necropolis – **Tab. 9.** Detail satelitního snímku – oblast Džoserova komplexu: **1** - Qisr el-Mudir, **2** - ohradní zeď z období 2. až 3. dynastie, **3** - Džoserův komplex, **4** - Sechemchetův komplex, **5** - Unisova pyramida, **6** - nekropole z doby Nové říše.

Plate 10. Close - up of the satellite image - South Saqqara: **1** - Pyramid of Pepy I, **2** - Pyramid of Djedkare Asosi, **3** - Pyramid of Merenre – **Tab. 10.** Detail satelitního snímku - jižní Sakkára: **1** - pyramida Pepiho I., **2** - pyramida Džedkareova Isešio, **3** - Merenreova pyramida.

Plate 11. Close - up of the satellite image - South Saqqara: **1** - Pyramid of Pepi II, **2** - mastaba of Shepseskaf, **3** - Pyramid of Iby, **4** - Pyramid of Khendjer, **5** - Pyramid of Sesostris II – **Tab. 11.** Detail satelitního snímku - jižní Sakkára: **1** - pyramida Pepiho II., **2** - Šepseskafova mastaba, **3** - Ibiho pyramida, **4** - Chendžerova pyramida, **5** - pyramida Senusreta II.

Plate 12. Close - up of the satellite image - Dahshur: **1** - Red Pyramid of Snofru, **2** - a field of mastabas from the 4th Dynasty, **3** - Pyramid of Amenemhet II – **Tab. 12.** Detail satelitního snímku - Dahšúr: **1** - Snofruova Červená pyramida, **2** - pole mastab z doby 4. dynastie, **3** - pyramida Amenemheta II.

Plate 13. Close - up of the satellite image - Dahshur: **1** - Bent Pyramid of Snofru, **2** - Black Pyramid of Amenemhet III, **3** - Old Kingdom period cemetery with the Mastaba of Lynefer – **Tab. 13.** Detail satelitního snímku - Dahšúr: **1** - Snofruova Lomená pyramida, **2** - Černá pyramida Amenemheta III., **3** - pohřebiště z doby Staré říše s mastabou Lynefera.

for the computer processing and the presentation of the measured data have been repeatedly established by new surveys in Egypt (*Becker - Fassbinder 1999a; Becker - Fassbinder et al. 1999; Fassbinder - Becker - Herbich 1999; Kamei - Atya - Abdallatif - Mori - Hemt-havy 2001; Mousa - Abdallatif - Hussain - El Bassiony 2001; Herbich 2002; Pavlish - D'Andrea - Weeks 2002*). The absolutely first-rate and convincing results of modern geophysical surveys, in several cases also supported by the positive results of the archaeological test excavations, have also become a valuable guideline when choosing a method for field measuring.

The following geophysical instruments of the Archaeological Institute, Prague, were selected for the geophysical surveys in the southern part of the Czech concession in Abusir in 2002:

1. A pair of Smartmag SM-4g, Scintrex, Canada cesium magnetometers. This modern device constructed for a gradient method of coherent magnetometric measuring allowed a fast, sufficiently detailed and large-scale, wide-ranged survey of the selected areas in South Abusir. Similar devices had already been used successfully on other geophysical surveys in Egypt (*Becker - Fassbinder 1999a; Becker - Fassbinder et al. 1999*). The principle of the method was the same (as with the proton magnetometers used earlier at the site), established by observing local changes in the intensity of a magnetic field or its gradient. Bearing in mind previously documented dissimilarities in the magnetic attributes of some building materials in contrast to the surrounding environment (*Hašek - Verner 1981; Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986*) by using this method it was possible to assume the successful detection of all underground relics of mudbricks or, as the case may be, of granite or volcanic minerals. A standard magnetometer survey was undertaken in a grid of about 1 x 0.25 m, a detailed survey then also in a net of about 0.5 x 0.2 m, so that during one single day there about ten thousand measured points were accumulated and an area of up to 1 ha was explored.
2. An EM-38B, Geonics, Canada device for the contactless electromagnetic measuring of the apparent specific conductivity (as the case may be also magn. susceptibility). A DEMP device without the necessity of contact electric measuring and stronger sources (with a restricted maximum effective depth below floor of 1 m) was used to verify the possibility for detection and differentiation of lowly/highly conductive or highly/lowly resistive materials. On chosen smaller areas with a presupposition of several kinds of building materials the possibility of differentiation of stone, most often limestone or dried unburnt bricks and the sandy environment was tested. A supplementary electromagnetic survey was carried out in a grid of 1 x 1 m, as were other partial test profile measurements at random intervals or in more detail.
3. A kappameter for measuring the magnetic susceptibility in situ KT-5c, Geophysics Brno, Czech Republic. A simple device for the detailed contact measurements of changes in the apparent magnetic suscep-

tibility in uncovered archaeological situations in particular (surface measuring with a very restricted maximum effective depth below floor of 10 cms) was tested in different conditions of field use. Like with earlier successful measurements with the kappameter in Abusir (*Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986; Hašek - Obr - Verner 1988*) similar measurements were used for the differentiation of different magnetic materials within the framework of the uncovered situations and the obtaining of a conception about the perspectives of a planned magnetometer area survey. In addition, the kappameter was used to observe changes of magnetic attributes in the brickwork of unburnt bricks from several excavated tombs, for the vertical measurement of sections in uncovered situations and for detailed surface surveys of selected parts of the tombs. A supplementary detailed series of measurements with the kappameter was undertaken in a grid of 0.2 x 0.2 m to 0.5 x 0.5 m consisting of profile- and test measuring at random intervals.

Results

The geophysical survey in South Abusir took place from October 30th till November 30th, 2002. For the first non-destructive survey, five areas were selected in the southern, southeastern and central parts of the Czech concession mainly in the close vicinity of earlier identified and archeologically investigated tombs. In order to link current and future field data, a newly generated vector basis was used, utilizing the integrated orientation of the coordinates facing the cardinal points and a functional division of the area into 50 x 50 m working squares (*Fig. 5*). Over the course of 23 days of field measurements (alternating with days of data processing on a computer), we were able to explore an area of ca 17.5 hectares (745 961 face measured points).

A major part of the area of the Central mound in South Abusir, where most of the so-far investigated archaeological features are concentrated, was surveyed with field magnetometry. Here, under very variable and formidable field conditions (several places bordered on the limits of the useful application of the equipment), an extensive area of ca 11.5 hectares was investigated. We did not utilize field magnetometry survey on areas that had evidently been shaped in modern times (areas of archaeological excavations, mounds, dumps or *gaffeer* houses) and places near to recent metals that strongly interfere with the magnetism (fencing of the excavation sites or tombs, a lighting mast, concentrations of metal waste, etc.). In spite of the local ruggedness and variability of the hilly slopes of the terrain, most of the relief changes are not differentiated because of a relatively homogenous sandy and slightly magnetic environment; this did not affect identification of the archaeological situations. On the other hand, in the results of the surface magnetometry measurements, we have been able to distinguish many linear and, as regards shape, typical magnetic abnormalities. These marked and at the same time very extensive con-

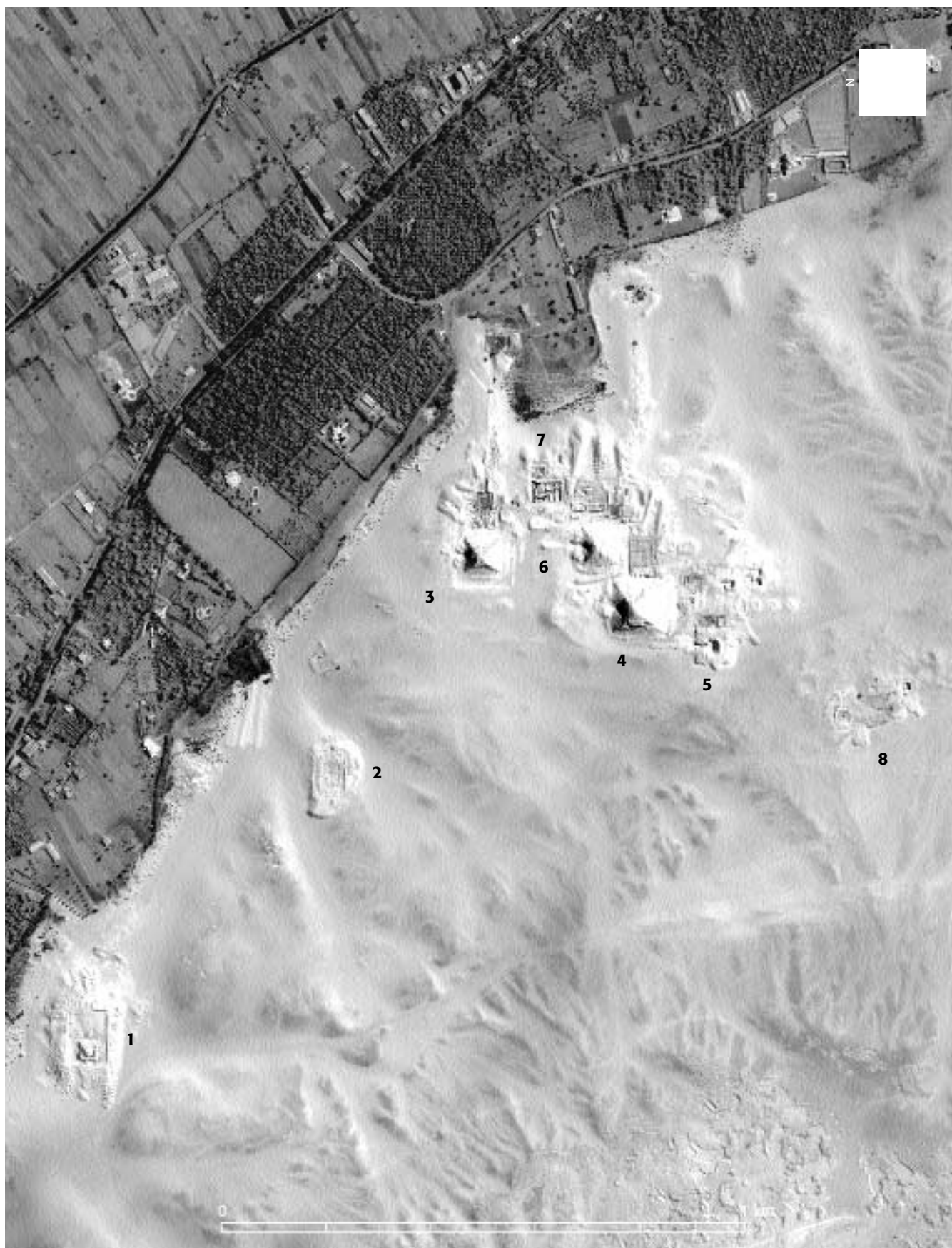


Plate 7. Close - up of the satellite image – the area of Abu Ghurab and the pyramids of Abusir: **1** - Sun Temple of Neuserre, **2** - Sun Temple of Userkaf, **3** - Pyramid of Sahure, **4** - Pyramid of Neferirkare, **5** - Pyramid of Raneferef, **6** - Pyramid of Neuserre, **7** - Mastaba of Ptahshepses, **8** - Late Period shaft tombs – **Tab. 7.** Detail satelitního snímku – oblast Abú Ghurábu a pyramid v Abúsíru: **1** - Niuserreův sluneční chrám, **2** - Userkafův sluneční chrám, **3** - Sahureova pyramida, **4** - Neferirkareova pyramida, **5** - Ranefereova pyramida, **6** - Niuserreova pyramida, **7** - Ptahšepesova mastaba, **8** - šachtové hrobky z Pozdní doby.



Plate 8. Close - up of the satellite image; the area of Abusir South and North and Central Saqqara: **1** - Mastaba MM, **2** - tomb of Hetepi, **3** - tomb of Kaaper, **4** - tomb complex of Vizier Qar and his sons, **5** - tomb of Ti, **6** - Ptahhotep's mastaba, **7** - Pyramid of Userkaf, **8** - tomb of Hesyra – **Tab. 8.** Detail satellite snímku, oblast jižního Abúsíru a severní a centrální Sakkáry: **1** - mastaba MM, **2** - Hetepiho hrobka, **3** - Kaaperova hrobka, **4** - hrobový komplex vezíra Kara a jeho synů, **5** - Cujova hrobka, **6** - Ptahhotepova mastaba, **7** - Userkafova pyramida, **8** - Hesireova hrobka.



Plate 9. Close - up of the satellite image; the area of Djoser's complex: **1** - Qisr el-Mudir, **2** - enclosing wall from the 2nd-3rd Dynasty, **3** - Djoser's complex, **4** - Sekhemkhet's complex, **5** - Pyramid of Unas, **6** - New Kingdom necropolis – **Tab. 9.** Detail satelitního snímku – oblast Džoserova komplexu: **1** - Qisr el-Mudir, **2** - ohradní zeď z období 2. až 3. dynastie, **3** - Džoserův komplex, **4** - Sechemchetův komplex, **5** - Unisova pyramida, **6** - nekropole z doby Nové říše.

centrations are proof of intensive anthropogenic activity and exploitation of the elevated and rugged plain east of Qar's tomb complex as well as in the lower eastern part of South Abusir (Fig. 6). The results of the geophysical survey have undoubtedly proved the concentrated occurrence of relics close to the surface and the continuation of a necropolis over the next 7-8 hectares. It can be presumed that the majority of the identified positive linear magnetic abnormalities have their source above all in the brickwork made of Nile silt, and this fact is obvious at first sight when looking at the results which show the strikingly unequal distribution of the squarer magnetic abnormalities, which vary in dimensions, shapes, amplitudes, and different orientation. Preliminarily, it can be presumed that: several different types of tombs from various periods of the Old Kingdom are concentrated here; the tombs vary in the quality of their preservation; the distribution of individual types of tombs is probably not a coincidence; and the repeated use or modifications of some areas cannot be ruled out.

The biggest north-south extended rectangular magnetic abnormalities without obvious internal segmentation of the area are concentrated in the highest parts of the terrain in the western and eastern surroundings of the archaeologically investigated tombs of Kaaper, Ity, and Hetepi. Only the filled in parts of Hetepi's tomb (except for two shaft openings) were included in the comparative area within the surface survey. On the basis of the merely thin line of circumferential mudbrick walling that has been distinguished, we may presume that the similar narrow magnetic lines on four sides of the larger and smaller rectangular features (i. e. mainly tombs) will simply constitute mudbrick walling made of Nile silt while the homogenous internal parts of the objects will probably show proof of the presence of non-magnetic materials (limestone chips, *tafl*). The area above the identified large rectangular tomb in the southwestern end of the area of the westward-elevated tomb of Kaaper was investigated by means of electro-magnetic exploration as well.

The results of this survey provided evidence of a dissimilar fill at two points on the inside of the tomb and verified one of the possible methods of geophysical analysis of the non-conducting (stone) structures within the tombs as well. Another type of large, slightly rectangular and internally structured magnetic abnormality or tomb will probably be the feature to the east of Hetepi's tomb (Fig. 7). However, a better, full-area magnetometer survey of the feature was not possible in this place due to a stationary iron lighting mast. The subsequent uncovering of the ground plan of the feature confirmed that during the process of construction of this mudbrick tomb, the same material was also used for the multiple segmentation of the internal area of the tomb. Prior to covering the area, detailed test surface measurements were taken on smaller parts of the large-scale feature using an *in situ* kappamer.

The results of these measurements above the present mudbrick and limestone parts of the tomb east of Hetepi helped us to assess the extent of the diversity of

the magnetic and non-magnetic materials from the surrounding area and the potential for surface magnetometry measurements. Over the whole area of this atypical tomb we can distinguish a third type of smaller, extended and internally structured rectangular magnetic abnormality. Only some of the smaller tombs, which have apparently been better preserved and consist of strongly magnetic brickwork on all four sides, are well definable. Other tombs have only slightly magnetic to almost undistinguishable lines of rectangular brickwork, and they are only identifiable in fragments (this characteristic is diagnostic for *tafl* brickwork). Another probable type of large north-south oriented rectangular to trapezoidal magnetic abnormality with identified magnetic (Nile mudbricks) materials inside the tombs was distinguished next to the eastern border of the investigated area. The features are already situated outside the terrace-like raised zone on more slightly inclined terrain which slopes down to the north towards the supposed edge of the extinct Abusir Lake, where no further indications of rectangular buildings or line shapes are apparent.

Furthermore, we can identify other very narrow and extended rectangular magnetic abnormalities which concentrated along the elevated border east of Vizier Qar's tomb complex and north of Kaaper's and Ity's tombs. These tombs have strong magnetic and almost disconnected circumferential brickwork with a different orientation than the northwest-southeast features. The last distinguished type of rectangular feature is represented by the separate internally structured rectangular magnetic abnormalities dispersed over the middle part of the hilly area. The rectangular features or tombs are oriented northnorthwest-southsoutheast and they are characterized by strongly magnetic circumferential brickwork. More indefinable linear objects – magnetic parts of other possible features – occur in the elevated broken terrain and also under the terraces on the inclined slopes.

If we take into account that it was common to use various types of construction material (Nile silt mudbricks, limestone, *tafl* brickwork) for the construction of the tombs over the whole area of South Abusir, then the great concentration of various features displayed in the results of the survey of the vast area only represents part of the features that are in fact hidden below the surface of the terrain. Significantly less magnetic abnormalities or underground remains of archaeological objects were identified in the middle of the open plain under the knolls on the lower terraced level of the northwestern area of the current excavations. It appears that the rectangular and internally multiply divided magnetic abnormalities only define the magnetic parts of the features that were undoubtedly constructed from more types of construction material, which is apparent both from surface survey and from the results of the complementary electromagnetic measurements. Furthermore, the lowest valley area of the east-west running *wadi*, which extends from the presumed edge of the extinct Abusir Lake northeast of Vizier Qar's tomb complex, can be regarded as an area without clearly recognizable remains of buildings or further anthropogenic activities.



Plate 10. Close - up of the satellite image - South Saqqara: **1** - Pyramid of Pepy I, **2** - Pyramid of Djedkare Asosi, **3** - Pyramid of Merenre – **Tab. 10.** Detail satelitního snímku - jižní Sakkára: **1** - pyramida Pepiho I, **2** - pyramida Džedkarea Isešiho, **3** - Merenreova pyramida.

4. Conclusions

Surface, geophysical and long-distance exploration of the site enables us, even in this phase of analysis of the cemetery, to try to preliminarily formulate the answers to some questions that were set out in the preface of the study.

The cemetery in South Abusir continuously developed from the end of the Third Dynasty (2 650-2 575 B. C.) at the latest, when the first tombs of distinguished dignitaries (Hetepi, Ity) were built. Later on, at the beginning of the Fifth Dynasty (± 2 465 B. C.), the tomb of Kaaper followed. In the middle of the Sixth Dynasty (2 250-2150 B. C.), the tomb complex of Vizier Qar and the adjacent tombs of his sons (Inti, Qar Junior and Senedjemib) were constructed. These tombs gradually occupied dominant topographic locations from the south-east to north-west, which undoubtedly made these buildings very impressive structures at that time. Simply put, these structures constitute a certain southeast-northwest axis, which respects both the natural topography of the mound and possibly even the proximity of the Abusir Lake, which could have formed the main access route to the area during the Old Kingdom period.

Meanwhile, a hiatus clearly arises between the beginning of the Fifth Dynasty and the middle of the Sixth Dynasty among the tombs of the Central mound, which was, based on the evidence, reserved only for highly distinguished dignitaries. However, the spatial disposition of the tombs indicates that it is possible to find the missing chronological horizon in the area northwest of Kaaper's tomb and southeast of Vizier Qar's tomb. This area undoubtedly contains an extensive tomb with a small chapel in the southeastern corner with a *serdab* west of it, which, however, according to the drift sand fill, had been robbed. With regard to its size and location, it may be presumed that it belonged to a distinguished dignitary, and it appears on the basis of the chapel's disposition (it is likely that the chapel has an L-shaped ground plan) that, chronologically, we are dealing with more or less the same period as in the case of Kaaper's tomb. Tombs with this type of chapel are a sporadic occurrence in the Abusir and Saqqara area, and at the same time they form a very specific group of tombs (Bárta 2002b).

Significantly smaller tombs were built on the fringes of these main tombs. They were not built from limestone, as were the main monuments, but from Nile silt or *tafl* bricks. These tombs have so far been archaeo-logically documented close to the northeastern corner of Kaaper's tomb, east and south of Hetepi's tomb and finally also to the north and north-east of the Qar's complex. In addition to this direct evidence, some indirect evidence for lesser tombs may be added. It comes from the fill of the burial shafts of the Qar's family members. Numerous blocks were found in these shafts with inscriptions and/or reliefs, which must, because of their occurrence, have originated in the surrounding smaller tombs. On the basis of this indirect evidence, it may be considered

that these tombs belonged to dignitaries of a lower social status and that the given blocks were used secondarily as the fill of the shafts at the time, when these tombs had already been robbed or even dismantled, perhaps still during the fall of the Old Kingdom. Also, it cannot be excluded that in some cases we are dealing with decorative elements which originated in the rock-cut tombs.

A cemetery for the lesser officials was founded at the end of the Fifth Dynasty north of Qar's tomb, on the opposite side of the east-west running *wadi*. These officials, mainly priests, were taking part in the mortuary cult of the Fifth Dynasty kings in the Abusir pyramid temples (Fetekti and Hetepi) and in Menkauhor's complex (which indirectly indicates that this complex would have been located in the area of present-day Saqqara).

The tombs of the dignitaries Hetepi and Ity from the end of the Third or beginning of the Fourth Dynasty unambiguously prove that at that time the burial-ground of the high officials of non-royal origins from the northern part of Saqqara (Quibell and Firth Cemetery) was transferred to Abusir South. Here we are dealing with tombs of the so-called 'transitional type', which combine two different philosophies for the creation of the access routes to the underground burial chambers – staircase and shaft. The beginning of the Fifth Dynasty in Abusir corresponds with the development in Saqqara, because restoration of the building works in the cemetery occurs mainly in the area north of Djoser's tomb complex. The construction and exis-tence of Kaaper's tomb is completely consistent with this development. Currently, we have no evidence that would cover the remaining period of the Fifth Dynasty in Abusir South. It is highly probable that most of the non-royal tombs of the time were constructed on the pyramid field in Abusir and its close vicinity. For the period of the Sixth Dynasty it is premature to consider defining the nature of the links to the main cemetery in Saqqara. However, at a given point it seems that dignitaries in the positions of court judges, etc. were buried in South Abusir.

A significant contribution of the detailed contour plan and 3D model of the cemetery is that it enables to detect several access routes which led to the cemetery from the Abusir Lake, e.g., from the north-eastern part (for more details see Bárta 1999, 107-116) of the area. These routes can be defined as follows:

- they lead to the main, dominant tombs of the cemetery;
- they are located so as to guarantee access into the main parts of the cemetery and also to their less frequented parts;
- the course of these routes differentiates them from natural *wadis*, which were created as a consequence of the natural formation of the geomorphology of this area: they have different slopes and courses; the surrounding human made features/tombs respect these routes;
- features occur alongside some of them. They can be associated with cultic cemetery activities: it is a matter



Plate 11. Close - up of the satellite image - South Saqqara: **1** - Pyramid of Pepi II, **2** - mastaba of Shepseskaf, **3** - Pyramid of Iby, **4** - Pyramid of Khendjer, **5** - Pyramid of Sesostris II – **Tab. 11.** Detail satelitního snímku - jižní Sakkára: **1** - pyramid Pepiho II, **2** - Šepseskafova mastaba, **3** - Ibiho pyramid, **4** - Chendžerova pyramid, **5** - pyramid Senusreta II.



Plate 12. Close - up of the satellite image - Dahshur: **1** - Red Pyramid of Snofru, **2** - a field of mastabas from the 4th Dynasty, **3** - Pyramid of Amenemhet II – **Tab. 12.** Detail satelitního snímku - Dahšúr: **1** - Snofruova Červená pyramida, **2** - pole mastab z doby 4. dynastie, **3** - pyramida Amenemheta II.

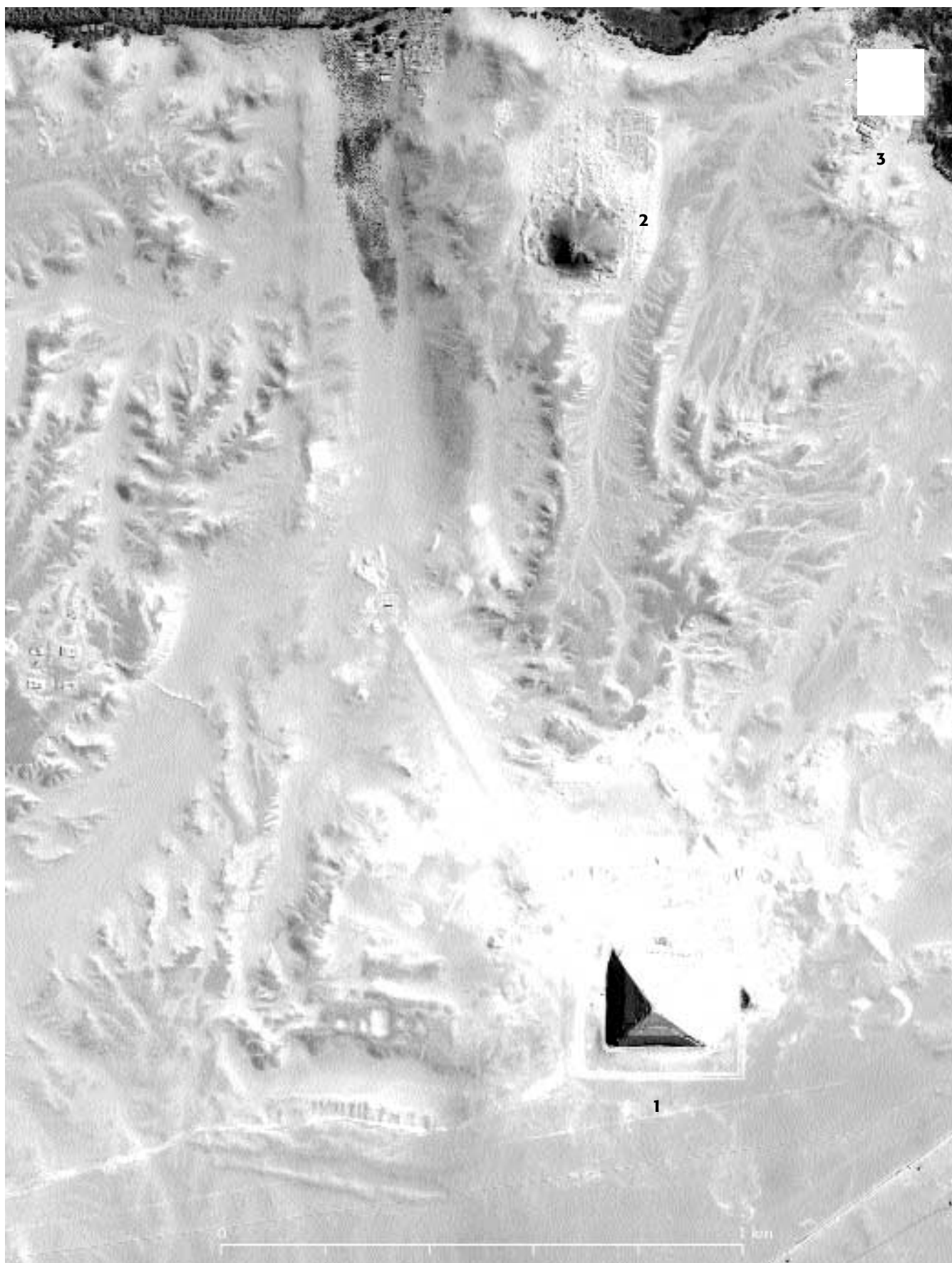


Plate 13. Close - up of the satellite image - Dahshur: **1** - Bent Pyramid of Snofru, **2** - Black Pyramid of Amenemhet III, **3** - Old Kingdom period cemetery with the Mastaba of Lynefer – **Tab. 13.** Detail satelitního snímku - Dahšúr: **1** - Snofruova Lomená pyramida, **2** - Černá pyramida Amenemheta III., **3** - pohřebiště z doby Staré říše s mastabou Lynefera.

of smaller deposits of pottery fragments or a offering basin (in one case).

In several cases, it is apparent that some main access routes branch out in places where there is convenient access to the different parts of the cemetery, which are always dominated by one of the principal tombs (Mastaba MM, Hetepi, Ity, Mastaba KK, Kaaper, Qar). These routes are always laid out so as to come from the southwestern side of the Abusir Lake towards the cemetery, i.e. towards the southwest. There are also other archaeological indications that suggest that this water surface was used for the entrance to the cemetery in Abusir South and Saqqara in the area north of Djoser during the Old Kingdom period.

A significant number of tombs, which were identified in the northeastern part of the explored area and which are axially oriented in a northwest-southeast direction, remain unknown. No doubt they belong to the main chronological horizon of the cemetery existence. At the same time, it seems to be apparent that, similarly to the tombs in some other areas of this part of the Abusir-Saqqara complex, they respect the location of the Abusir Lake, which could have represented one of the main access gates to the cemetery.

The mutual comparison of the surface survey, geophysical measurement and satellite imaging provides interesting indications, which are relevant for the complete evaluation of the results. The results, which were obtained through surface survey, show that its significance consists especially in the interpretation of the bigger features (tombs), in the identification of specific structures-shapes of the cult chapels, and in the plotting of the individual major burial shafts or concentrations of bone fragments, pottery, etc. This is caused by the fact that the tombs are usually made of Nile silt mud-bricks or limestone blocks. In both cases their eroded crowns leave clearly coloured traces on the surface of the desert. In the case of rains, signs of overgrowth and the differentiated absorbability of the terrain help to identify these features (Plate 5). Complications occur in the case that the brickwork is built from *tafl* bricks, which is not markedly apparent on the surface and which is difficult to identify through geophysical exploration as well. As for the tomb chapels and shafts, as a rule they were indiscriminately robbed and are filled (as a direct consequence) with yellow drift-sand, which is a very obvious desert phenomenon. In these cases, their wall crowns form slightly elevated mounds, whose internal surfaces have the shape of a shallow concentric depression.

A significant weakness of the surface survey became evident on the slopes, where the features are less apparent owing to geomorphological processes, especially washing and erosion. The survey is also subjectively affected by the optical properties of light, the season and time of day. The disadvantage of the slopes, light and time of day significantly hinders geophysical measurement and satellite monitoring, too. Finally, another disadvantage consists in the particularization of the results: on the surface, many features were recorded by means of shorter lines; the other two methods are much more effective in creating polygons (totally closed structures, e.g., the ground plans of the tombs).

In the case of geophysical measurement, its significance consists not only in the fact that it facilitates the verification of the results of the surface survey but primarily in its ability to detect an array of smaller features. It is also very effective in the identification of possible internal structures of the individual features. The only weakness of magnetometric measurement consists in the mapping of the *tafl* structures, which was not very successful because these are physically almost identical with the properties of the *tafl* subsoil of South Abusir. Geophysics was unexpectedly very successful even on the slopes, and so it has significantly contributed to the completion of the archaeological plan of the site. A smaller-scale comparison of the achieved results immediately to the southeast and east of Hetepi's tomb also provides interesting results. Whereas in the south-east, two smaller, tightly fitting tombs with a brick coat and internal sand and limestone waste fill were detected through geophysical survey, they were not detected at all during the surface survey, probably because of the very undulating terrain at this part of the site. On the contrary, it appears that the surface survey was more successful on the relatively flat surface east of Hetepi's tomb. This could have been caused by the fact that the tombs here are built partly of *tafl* brickwork, but especially because there are many relics from robberies, which help to identify the main spatial features of the tombs (excavation dumps, shafts and pottery concentrations).

The satellite photography has several comparative advantages: a) the whole explored site was recorded at one moment in time, b) it is not dependent on the subjective human factor, and c) it captures the entire area. Through this means it is possible to identify and verify the existence of not just the bigger dominant structures (the tombs MM, Hetepi, Ity, Kaaper and the complex of Vizier Qar and his sons stand out in the picture), but so do smaller structures. However, the picture has its greatest significance for the analysis of the overall properties of the explored site, e.g. basic components of the site, their spatial distribution, the geomorphology of the terrain and its interaction with human activity, and last but not least even for the analysis of the communication system. In this case, the previous conclusion is clearly confirmed: that the cemetery in Abusir South was accessible from the north-east through several routes, which led to the major groups of tombs in the burial zone.

A satellite picture does not detect all components and sometimes not even those that are detected through geophysical and/or surface survey. Therefore we can allow ourselves to state that its overall value is realized only when all three methods are linked.

The collection of data that has taken place over the last 2–3 years, will require just as much time for evaluation and interpretation. However, it is already evident, as this review shows, that with the aid of these methods it will be possible to significantly improve the quality and effectiveness of further archaeological activities so that they will be able to help us in particular to provide answers to the lesser known aspects of Egyptian archaeology in this area.

Souhrn

1. Úvod

Předkládaná studie je prvním oficiálně přístupným obecným přehledem o základních metodách a výsledcích povrchového, geofyzikálního a dálkového průzkumu země uskutečněného v letech 2001 a 2002 na české archeologické koncesi v Abúsíru, přibližně 30 km jižně od Káhiry. Abúsír je lokalita situovaná na západním břehu Nilu, v místě přechodu plata Západní pouště do úrodné nilské nivy. Zde byla vybudována místa posledního odpočinku - rozsáhlé pyramidové komplexy - nejméně čtyř panovníků 5. dynastie (2510-2370 př. n. l.). Kolem nich postupně vznikaly rozlehlé nekropole členů jejich rodin a úředníků tehdejšího staroegyptského státu (obecně viz Bárta - Krejčí eds. 2001; Verner 2002).

Pro testování prospekčních metod byla vybrána jižní část koncese, kde dnes probíhají jedny z hlavních aktivit Českého egyptologického ústavu (dále ČEÚ) a Českého národního egyptologického centra (dále ČNEC) Filozofické fakulty Univerzity Karlovy (dále FF UK) v Praze. Nachází se zde rozsáhlá nekropole, která se vyvíjela po dobu několika století. V hrobkách na nekropoli se nacházejí prameny, které mají zásadní význam pro poznání doby 3. tis. př. n. l. Jsou významné jak pro poznání vzniku a postupné struktury raného staroegyptského státu, tak i pro zánik jeho prvního vrcholného období, doby Staré říše. Kromě členů ČEÚ a ČNEC FF UK v Praze se projektu účastnili odborníci z Archeologického ústavu Akademie věd České republiky v Praze (dále ARÚ), Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem (Laboratoř geoinformatiky Fakulty životního prostředí, dále UJEP) a Ústavu archeologické památkové péče v Mostě.

Oblast zvaná jižní Abúsír představuje integrální součást toho co dnes nazýváme abusírsko-sakkárský pohřební komplex (Bárta - Krejčí eds. 2001; Coppens ed. 2002). Topograficky může být vymezen takto: na jihu a východě jej od Sakkáry odděluje tzv. Abúsírské údolí, jehož severovýchodní konec je ukončen vesnicí Abúsír, na severu náhorní plošinou, na které jsou postaveny abusírské pyramidy panovníků 5. dynastie a na západě horou (tzv. Lví hora).³ Geologicky je Abúsír součástí oblasti Západní Sakkáry. Dominují zde usazeniny z mladšího eocénu, kde převládá tvrdý, nahnědlý, dolomitizovaný a silifikovaný vápenc (místně nazývaný *tafla*), který se střídá s vrstvami jílu. Tato formace se nazývá *Maádí*. Na ní navazuje pliocenní formace *Kóm el-Selúl*. Dnešní povrch pouště tvoří velké vrstvy štěrku a písku (Youssef - Cherif - Boukhary - Mohamed 1984, 127 - Fig. 2, 136 - Figs. 4-5; Said 1962, 98-99; 1975, 12-13; Klemm - Klemm 1993, 72-73; Svoboda 1993, 167). V uplynulých několika tisíciletích byl povrch pouště často vystaven tzv. bleskovým záplavám, dešťové vodě, která se nahromadila na náhorních planinách pouště a odtékala údolními do nilského údolí; to potvrzují jak objekty poničené vodní erozí situované na svazích těchto *wádí*, tak i výsledky geologických průzkumů prováděných v oblasti západní Sakkáry (tab. 1).

Jižní Abúsír hrál donedávna v archeologickém poznání lokalit tvořících tzv. pyramidové pole starověkého Egypta pouze okrajovou roli. Odhlédneme-li od odkryvu a dokumentace pilířové sítě hrobky Fetektiho, zádušního kněze panovníka Neferirkarea z konce 5. dynastie objevené v polovině 19. století Lepsiusovou expedicí (1842-1845), představovala tato oblast území „bez minulosti“. Tato skutečnost se odrážela i v soudobé literatuře 19. a počátku 20. stol. Na mapě publikované K. R. Lepsiem v jeho monumentálním díle *Denkmaeler aus Aegypten und Aethiopen (1849-1858)* je možno na severu zřetelně rozeznat pyramidy v Abúsíru a na jihu, hluboko v poušti (pod č. 1) pouze místo označující polohu hrobky Fetektiho (obr. 1; Lepsius 1849-1858, vol. I, pl. 32). Rozsáhlé výzkumy A. Marietta v Sakkáře v 2. pol. 19. stol. se rovněž oblasti jižního Abúsíru nijak nedotkly; jeho výzkumy se zastavily těsně u jižního okraje, to zřetelně ukazuje i mapa zkoumané oblasti

³ V koordinátech mapy oblasti vypracované Ministère de l'Habitat et de la reconstruction, Le Caire H 21 and H 22 je toto území na jihu vymezeno souřadnicemi v systému UTM - 3 306 800 m a na severu 3 308 400 m.

publikovaná v roce 1889 (obr. 2; Mariette 1889, pl. II). Ani mapy celé memfidské nekropole zveřejněné v roce 1897 francouzským badatelem de Morganem tuto situaci nezměnily (de Morgan 1897, pl. 10). V roce 1936 publikoval G. A. Reisner dílo *The development of the Egyptian tomb down to the accession of Cheops*, které obsahovalo i Appendix C od W. M. Stevensona Smithe věnovaný topografií sakkárského pohřebiště. Tato práce představovala pokus o relokaci hrobek zkoumaných vesměs již v 19. století. Několik z nich bylo umístěno i do oblasti dnešního jižního Abúsíru (Smith 1936, Appendix C, 390-411 a mapa sakkárského pohřebiště). Na práci Stevensona Smithe navázal v r. 1974 A. J. Spencer, který se pokusil o konkordanci dosavadních pokusů o mapu a lokaci jednotlivých hrobek, které se vesměs nacházely v bezprostřední blízkosti oblasti jižního Abúsíru (Spencer 1974, 1-11 a tab. I).

V roce 1991 začal se soustavným průzkumem lokality ČEÚ, a to za výrazné podpory egyptských úřadů. Jednalo se totiž o oblast ohroženou recentními ilegálními aktivitami. Během následujících 12 let tak mohly být zdokumentovány a ve většině případů i restaurovány hrobky velmožů, z nichž vynikají zejména hrobky velitele armády Kaopera, zádušního kněze Fetektiho, správce rezidenčních sýpek Iteje, správce královských věcí Hetepiho a hrobový komplex vezíra Kara a jeho synů (tab. 2; obr. 3; přehled viz Bárta 2001; Bárta - Voděra 2002; Bárta 2002a; Verner 2002, 206-223). V současné době se tak ukazuje, že jižní Abúsír hrál ve své době významnou roli. Jeho poloha na přechodu mezi pohřebišti v Abúsíru a Sakkáře ho předurčovala k tomu, že zde byly postupně budovány hrobky po většinu doby trvání jak abusírské tak sakkárské nekropole během 3. tis. př. n. l. Dalším významným faktorem bylo, že tato část pohřebiště nebyla v moderní době nikdy oficiálně zkoumána. Vzhledem k historickému významu dané oblasti pro poznání dějin staroegyptského státu v době 3. tisíciletí před Kristem a exponované poloze památek bylo v roce 2000 nutné vypracovat plán, jakým způsobem přistoupit ke zkoumání území jako celku tak, aby bylo možno zdokumentovat hlavní povrchové rysy lokality dříve než zaniknou vlivem archeologické činnosti. Další imanentní potřebou byl sběr dat takové povahy, která by umožnila ekonomické a maximálně efektivní zaměření archeologických výzkumů v budoucnosti.

Postupně byl vypracován dvouletý harmonogram povrchového průzkumu lokality včetně podrobného geodetického zaměření, tvorby detailního vrstevnicového plánu, zhotovení fotogramů (fotografické dokumentování jednotlivých archeologických objektů pomocí tzv. *švédské věže*), geofyzikálního průzkumu, metod dálkového průzkumu Země (fotografování lokality z upoutaného balónu dálkově ovládanou aparaturou s kontrolou obrazu na zemi a družicového nasnímaní lokality ve vysokém stupni rozlišení v několika multispektrálních pásmech). To vše v kombinaci s probíhajícími archeologickými pracemi.

Tyto metody nebyly vybírány náhodně. Pokaždé šlo o to, aby byly schopny přispívat k analýze otázek, které byly stanoveny jako dlouhodobé cíle projektu. Z nich lze v tomto kontextu jmenovat následující:

1. jakým způsobem se pohřebiště vyvíjelo v čase;
2. jaké bylo prostorové členění pohřebiště v závislosti na čase a sociálním postavení zde pohřbených staroegyptských hodnostářů;
3. jak souvisí pohřebiště v jižním Abúsíru s obdobnými pohřebišti v Abúsíru a Sakkáře (pokud jde o vývoj v čase a zejména v prostoru);
4. existoval vztah mezi pohřebišti v jižním Abúsíru a osídlením z doby Staré říše? Pokud ano, jakým se projevoval způsobem?

V současné době (tj. na počátku roku 2003) jsme v situaci, kdy můžeme na lokalitu a doposud zkoumané objekty nahlížet jako na součást většího významového celku ze dvou pohledů: v roce 2001 proběhl v rámci detailního geodetického měření povrchový průzkum a identifikace archeologických objektů, jehož se účastnili M. Bárta, V. Brůna a P. Čech. O rok později byl měsíc podzimní sezóny v jižním Abúsíru věnován geofyzikálnímu průzkumu, který byl prováděn ve spolupráci s ARÚ AV ČR (R. Křivánek a M. Tomášek). Výsledky získané v rámci těchto dvou uplynulých sezón mají zásadní význam nejen pro poznání lokality jako takové, ale i pro optimální zaměření a výběr výzkumných strategií do budoucna.

2. Úloha geoinformatiky při archeologickém výzkumu

Geoinformatika se zaměřuje na vývoj a aplikaci metod pro řešení specifických problémů v geovědách se speciálním důrazem na geografickou polohu objektů. Základním prvkem je tzv. geoobjekt, tj. objekt vztahující se k části prostoru na povrchu Země. Od ostatních objektů jej lze odlišit pomocí:

- a) geometrie = prostorové polohy;
- b) topologie = prostorových vztahů;
- c) tematiky (atributů);
- d) dynamiky = časových změn.

Při archeologickém výzkumu v Abúsíru byly aplikovány metody a postupy z oblasti geoinformatiky, která vstupuje v posledním desetiletí i do jinak celkem tradiční a konzervativní archeologie. Spolu s osvědčenými a klasickými geodetickými metodami jsou využívány nové přístupy jako jsou geografické informační systémy (GIS), počítačové 3D modelování, metody dálkového průzkumu Země (Remote Sensing, RS), digitální kartografie a použití satelitních přijímačů Global Position System (GPS) k určení polohy pozorovatele na zemském povrchu (Brůna 2002; Jeffreys - Tavares 2000; Mathieson 2000).

Je třeba zdůraznit, že geoinformatika, resp. geoinformační technologie jsou pouze prostředkem pro podporu řešení stanovených cílů a hypotéz výzkumu. Prostředkem, který přináší nově úhly pohledu na řešený problém, poskytuje netradiční postupy a dovednosti jak jednotlivé kroky řešení dokumentovat, interpretovat, provádět analýzy a syntézy.

Historie a současnost geodetických prací

Spolupráce geodetů a egyptologů má již více než čtyřicetiletou tradici. Začala v roce 1962 při záchranných výzkumech v Núbii (Tlustý - Vosíka 1963) a poté pokračovala v oblasti československé (dnes české) koncese v Abúsíru. Stručnou informací o aplikaci geodézie při archeologickém výzkumu v Egyptě přináší B. Vachala a M. Procházka (2003).

Geodetické práce probíhaly do roku 2001 vždy v pravidelných několikaletých intervalech. Zahrnovaly zejména budování a údržbu bodového pole v místním souřadnicovém systému, polohopisné zaměřování odkrytých archeologických objektů a struktur, včetně postupného polohopisného a výškopisného zaměření území Abúsíru (blíže o budování geodetické sítě, její přesnosti a metodách měření viz B. Vachala a M. Procházka (2003). Výsledkem je výškopisný plán v měřítku 1 : 2 000 se základním intervalem vrstevnic 1 metr (Švec - Vosíka - Procházka - Vomelová, Praha 1995). Součástí geodetických prací byla i metoda pozemní fotogrammetrie aplikovaná při výzkumu v Núbii (Tlustý - Vosíka 1963) a při zaměřování komplexu mastaby Ptahšepse (Martinák 1976).

Od podzimní expedice roku 2001 se geodetická činnost výrazně rozšířila a zefektivnila využitím nových přístrojů a postupů. Výsledky geodetických prací jsou základní datovou bází pro další oblasti geoinformatiky - GIS, RS, kartografii, 3D modelování a prostorové vizualizace. Pro geodetické práce byla pořízena sestava, složená z laserového elektronického dálkoměru (total station) LEICA TCR 307 a příslušenství. Jedná se o 7" dálkoměr, který umožňuje do vzdálenosti 80 m měření bez použití odrazného hranolu. Tato vlastnost byla využita především při zaměřování nepřístupných míst a při pracích v interiérech hrobek a v podzemí. Totální stanice má ve svém vybavení základní geodetický software, který při klasických geodetických postupech (tachymetrická měření, rajon atd.) okamžitě určuje prostorové souřadnice měřených bodů, včetně příslušných definovaných atributů. Databáze souřadnic je poté importována do prostředí GIS (viz níže). Pro tvorbu archeologických map a plánů je přesnost stanice dostačující.

Byly řešeny následující úlohy:

1. detailní polohopisné a výškopisné zaměření oblasti jižního Abúsíru;
2. prostorové zaměření nadzemních a podzemních komponent archeologických objektů, které již byly odhaleny a prozkoumány;
3. určení prostorové polohy archeologických objektů a struktur subjektivně interpretovaných v oblasti jižního Abúsíru.

ad 1) ve stávajícím lokálním bodovém poli bylo provedeno podrobné terénní měření, které na ploše cca 600 x 400 m reprezentovalo přes 6 000 podrobných prostorových bodů. Databáze bodů byla importována do prostředí GIS, kde byla dále zpracovávána (viz níže);

ad 2) klasickou geodetickou metodou měření podrobných bodů byly postupně zaměřeny nadzemní objekty, půdorysy a základní linie. Pro měření v podzemí, v šachtových hrobech byla využita metoda *mining survey*, kdy byly ve svislé šachtě přeneseny z úrovně terénu na dno dva body určené v souřadnicích a z nich se následně vycházelo při zaměřování podzemních prostor. V tomto případě bylo využito měření bez použití odrazného hranolu. Jeho výsledky (databáze prostorových souřadnic), včetně nártu, jsou postupně zpracovávány v prostředí CAD a GIS a výsledkem budou 3D prostorové modely hrobek;

ad 3) na území jižního Abúsíru byly subjektivní interpretací terénu identifikovány archeologické struktury a proběhlo jejich geodetické zaměření. Výsledky byly importovány do prostředí GIS a zde dále zpracovávány.

Geodetické práce nejsou samostatnou částí, ale tvoří základní bázi tvorby prostorových dat pro jejich další aplikace v prostředí GIS, dále pro analýzu dat RS a v neposlední řadě slouží jako podkladová data pro kartografické výstupy.

Geografický informační systém tvoří základní aplikovanou metodu a zahrnuje dva různé pojmy. V prvním z nich vidíme GIS jako technologii, tj. hardwarové a softwarové vybavení nutné pro vytvoření a provozování druhého - aplikace. GISem jako aplikací rozumíme informační systém založený na geodatech, který slouží jako podklad v rozhodovacím procesu organizačních jednotek. Geodata jsou prostorové údaje v digitální formě, které se skládají z grafických atributů, negrafických (textových) atributů a relačních údajů (Tuček 1998).

Obecně řečeno, GIS umožňuje vzájemné propojení grafických a tabelárních dat. Jakýkoliv archeologický objekt, který může být vyjádřen ve vektorovém tvaru ve formě bodu, linie či polygonu, s sebou nese další atributové informace a metadata. V prostředí GIS lze tyto objekty dle atributů vzájemně analyzovat, propojovat, integrovat a vytvářet variantní řešení. Objekt může být reprezentován i rastrovým záznamem, který lze analyzovat samostatně, ve skupině nebo ve spojení s jinými formami záznamů.

Projekt geografického informačního systému Abúsír (Abusir GIS Project) je realizován v prostředí programu Arc View 3.2 a Arc GIS 8.3 firmy ESRI, Corp. Jedná se o uživatelsky jednoduchý program, který obsahuje i základní extenze - Arc View Spatial Analyst, Arc View 3D Analyst a Arc View Image Analysis. Do prostředí tohoto programu se importují data z geodetického měření, která se zde dále zpracovávají.

Základní úlohou byla tvorba vrstevnicového plánu oblasti jižního Abúsíru. Databáze souřadnic podrobných bodů byla importována do prostředí GIS, ve kterém proběhla úprava dat ve spojení s existujícím polohopisným a výškopisným plánem malého měřítko. Pomocí extenze Arc View Spatial Analyst se databáze bodů převedla do formátu TIN⁴ a v dalším kroku byly generovány vrstevnice o intervalu od 20 cm, což umožnila vysoká hustota naměřených podrobných bodů. Pomocí TIN modelu byl vytvořen mimo jiné i prostorový model lokality (3D model), který tvoří jednu ze základních tematických vrstev v datové struktuře Abusir GIS Project.

Další úlohou bylo vytvoření GIS databáze identifikovaných archeologických struktur - objektů. Samotný povrchový průzkum byl prováděn postupnou subjektivní rekognoskací terénu, při které probíhala interpretace - identifikace archeologických struktur - objektů. Každý identifikovaný objekt, struktura byl geodeticky zaměřen a to buď ve formě bodové, liniové nebo plošné - polygonové. Vedle geodetického zaměření proběhla fotografická dokumentace objektu a zápis dalších charakteristických informací, které se staly součástí databáze v GIS.

⁴ TIN - Triangulated Irregular Network - nepravidelná triangulační síť.

V prostředí GIS probíhalo další zpracování sestávající z:

- a) tvorby jednotlivých grafických tematických vrstev - bod, linie, polygon;
- b) tvorby databáze k jednotlivým záznamům, přiřazení odpovídajících atributů a propojení na digitální fotografickou databázi;
- c) tvorba legend a základních grafických výstupů.

Během povrchového průzkumu byla identifikována a zaznamenána celá řada archeologických informací a objektů (tab. 5). Jednalo se nejen o půdorysy a zdiva hrodek (z vápence, cihel z nilského bahna a nebo z *tafly*), ale i o výsypky, koncentrace keramiky, lidských a zvířecích kostí, čocky váteho písku a izolované artefakty (např. koncentrace zlomků kamenných nádob). Celkem tak bylo možno zdokumentovat na 150 objektů s různou výpovědní hodnotou. Tak například půdorysy hrodek s liniemi kaplí a odhadovanou velikostí zastavěného půdorysu umožňují v kombinaci s již odkrytými objekty modelovat a analyzovat vývoj pohřebiště v čase, a to zejména na základě typologických změn v architektuře hrodek během 3.-6. dynastie (ca 2 700-2 200 př. n. l.). Výsypky a akumulace keramiky zase označují místa, kde zřejmě probíhala intenzivní zlodějská činnost. V některých případech máme doloženy výsypky, ale samotné archeologické objekty nejsou zřetelné, výsypka se tak stává nepřímým dokladem existence objektu, který nevykazuje žádné povrchové příznaky. Výsledná sestava tematických vrstev archeologických objektů byla importována do GIS databáze a jedním z výstupů je i lokalizace archeologických objektů na 3D modelu terénu (obr. 4).

Další oblastí geoinformatiky, aplikovanou při výzkumu Abúsíru, je metoda dálkového průzkumu Země. Jedná se o získávání informací o objektech a jevech na dálku - bez přímého kontaktu s těmito objekty a jevy, na základě využití dvou poznatků:

- člověk sám či s přístroji je schopen získávat kvalitativní i kvantitativní informace o jevech a objektech, které ho obklopují;
- každý tento jev nebo objekt nějakým charakteristickým způsobem ovlivňuje své okolí.

Systém RS tvoří:

- subsystém sběru a přenosu dat - technická stránka věci;
- subsystém jejich analýzy a interpretace - metoda zpracování prostorové informace.

Analogové a digitální záznamy zaznamenávají prostorovou informaci podobně jako topografická nebo tematická mapa. Záznamy obsahují dva druhy informací:

1. informace o poloze zobrazených objektů, jejich tvaru, velikosti, vzdálenosti od jiných objektů, apod.
2. informace tematická - druh vegetace na dané ploše, povrch komunikace, apod.

RS pomohl spolu s geofyzikálními metodami rozvoji tzv. nedestruktivní archeologie. Záznamy ukazují vzájemné vztahy a souvislosti mezi současnými a archeologickými objekty, jsou přínosem pro predikci objemu záchranných výzkumů, jejich topografické lokalizace a struktury území s archeologickými objekty.

Na území Abúsíru je postupně metoda RS aplikována ve třech měřítkových úrovních. Tou základní je fotografické snímkování z tzv. *švédské věže*. Z ní jsou pořizovány analogové a digitální fotografické záznamy z výšky cca 7-8 m nad úrovní terénu (tab. 3-4; Čech 2002).

Ve stádiu zkoušek je využití upoutaného balonu s fotografickou aparaturou řízenou na dálku. Tento systém umožňuje fotografování z výšky kolem 5-60 metrů nad terénem.

Poslední úroveň je využití satelitních záznamů. Cílem bylo pořízení dat s vysokou rozlišovací schopností a proto byl objednan záznam ze systému QUICK BIRD, společnosti Digital Globe Corporation (viz jeho náhled na www.digitalglobe.com). Družice byla naprogramována na základě námi dodaných parametrů na snímání území od severu k jihu - Abúsír, Sakkára a Dahšúr. Záznam byl pořízen v 8.45 ráno dne 23. 2. 2003 ve vysoké kvalitě, rozlišovací schopnost v panchromatickém pásmu je 0,64 m a 2,56 m v multispektrálním pásmu (Catalog ID 1010010001A99901, Image location - vertex, latitude, longitude: 1. southwest 29.7732,

31.1555; 2. northwest 29.933, 31.1554; 3. northeast: 29.9298, 31.3393; 4. southeast 29.769, 31.3378; 5. center 29.8512, 31.247; cloud cover 8 %, quality 50 - fair, off-nadir 13 degrees). Území má rozlohu 65 km² (tab. 6 a detaily tab. 7-13).

Výsledky všech typů snímkování jsou analyzovány v programu pro digitální zpracování obrazu PCI a nebo pomocí extenze AV Image Analysis v programu ArcView 3.2. Po základní úpravě dat je proveden import do prostředí GIS, kde jsou ve spojení s dalšími topografickými a předmětovými tématy prováděny analytické a syntetické úlohy.

Global Position System (GPS)

Globální poziční systémy (GPS) umožňují na základě příjmu signálu s družic určit souřadnice pozorovatele na zemském povrchu. Laboratoř geoinformatiky UJEP vlastní přijímač firmy Trimble, GeoExplorer 3, který je při archeologickém výzkumu využíván tam, kde není požadována geodetická přesnost. Je to v případě zaměření vlíčovacích bodů pro georeferenci satelitních snímků, při potřebě rychlého určení polohy objektů a jednou z posledních úloh bylo využití GPS při zaměřování topografických a tematických objektů v oblasti oázy Baharja na jaře 2003.⁵ Přijímač umožňuje zaměřování bodů, linií nebo polygonů, včetně definice atributů k jednotlivým objektům. Naměřená data se předzpracovávají v programu GPS Pathfinder Office 2.7, následně se provádí differential correction pomocí služby Trimble GPS Pathfinder Express (<http://www.gpspathfinderexpress.com>) a korigovaná data jsou exportována do formátu shape file programu Arc View GIS.

Budoucnost aplikace geoinformačních technologií

První výsledky ukazují jednoznačný přínos pro práci archeologů, kteří efektivně získávají souhrnné výsledky, ať už ve formě tabulární nebo grafické. Ve velmi krátkém časovém období bylo aplikováno několik metod a postupů (většina poprvé v českém egyptologickém výzkumu), jejichž výsledky a výstupy jsou již neoddelitelnou součástí archeologické dokumentace.

V rámci obou expedic bylo shromážděno velké množství dat v digitálním či analogovém tvaru a nyní se data postupně třídí a analyzují, vytváří se mapové výstupy, v prostředí GIS se provádí první analýzy a připravují se hodnocení dílčích částí projektu aplikace GT.

3. Geofyzikální průzkum v roce 2002

Po prvních raných aplikacích geofyzikálních metod pro využití v egyptské archeologii Albertem Hessem v Mirgisse a obecně Lambertem Dolphinem v letech 1974 a 1977 (souhrn viz *Mathieson 2000*, 33 ff.) byl Český (tehdy Československý) egyptologický ústav jedním z prvních při jejich konkrétní aplikaci při průzkumu abúsírského pyramidového pole a šachtových hrodek z tzv. Pozdní doby (711-333 př. n. l.) v jihozápadní části koncese. Geofyzikální průzkumy byly pod vedením V. Haška realizovány v letech 1979-1980 a 1981-1982 (*Hašek - Verner 1981; Verner - Hašek 1981; Hašek - Verner - Obr 1983; Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986; Hašek - Obr - Verner 1988*). V současné době je většina těchto geofyzikálních výsledků ověřena archeologickými výzkumy. Oblast pyramidového pole v Abúsíru můžeme dnes pokládat za oblast nejvíce prozkoumanou z celé české koncese a archeologické výzkumy zde budou probíhat i v nejbližších letech.

Cílem geofyzikálního průzkumu prováděného v říjnu a listopadu r. 2002 bylo vytvoření geofyzikální mapy objektů - hrodek v oblasti jižního Abúsíru a jejich zanesení do archeologické mapy abúsírské lokality. Doprovodné geodetické práce při geofyzikálním výzkumu zahrnovaly zejména postupné vytváření čtvercové sítě 50 x 50 m, umístěné do stávajícího lokálního souřadnicového systému (viz výše). Výsledky geofyzikálního průzkumu byly importovány v rastrové formě do prostředí GIS, kde spolu s dalšími tematickými daty tvoří jednotlivé topografické a tematické součásti archeologické mapy lokality.

⁵ Jednalo se o činnost během průzkumu oblasti El-Hayez v jižní části oázy Baharja, kdy byly mapovány všechny dostupné archeologické památky, a to ve spojení s vytvářením základní topografické mapy oblasti.

Jednou z analýz bylo i porovnání výsledků geofyzikálního měření s výsledky povrchového průzkumu a na jeho základě vytvořené mapy objektů. Analýza proběhla v prostředí GIS a ukázala vysokou shodu mezi subjektivně identifikovanými objekty a výsledky geofyzikální prospekce.

Cíle a metody geofyzikálního průzkumu

Volba ploch pro geofyzikální průzkum i předem vytčené cíle jednotlivých průzkumů byly iniciovány požadavky a potřebami egyptologů. Mezi hlavní patřily:

1. přesná prostorová identifikace podpovrchové dochovaných objektů a dalších zjištěných situací;
2. prokázání pokračování objektů, případně sledování jejich rozměrů, tvaru a orientace v terénu;
3. vymezení rozsahu antropogenních aktivit (popřípadě přímo pohřebišť) v okolí míst archeologických výzkumů – vymezení archeologicky perspektivních ploch, respektive
4. identifikace a vymezení ploch negativních či ploch bez rozlišitelných antropogenních aktivit.

Na základě dosavadních poznatků o dílčích územích pak mohly být tyto konkrétní archeologické cíle rozšířeny o několik metodických otázek týkajících se možnosti a způsobu průzkumu objektů v aridním prostředí. Vedle obecné identifikace podpovrchových pozůstatků archeologických situací bylo proto základním cílem také:

5. nalezení optimálního způsobu průzkumu přítomného typu objektů (hrobek, popř. dalších zděných staveb složených z více stavebních materiálů) v daných pouštních podmínkách a
6. posouzení možností a omezení metod geofyzikálního průzkumu při sledování dalších terénů v rámci české koncese v Abúsíru.

Kromě zkušeností v Abúsíru však bylo možné využít i dalších poznatků získaných především v posledních letech při terénních geofyzikálních průzkumech v rámci zahraničních archeologických expedic působících v Egyptě anebo i na širším území Blízkého Východu (Křivánek 1997, Becker - Fassbinder 1999b, Schmidt-Colinet - Plattner 2001). Posledními průzkumy v Egyptě byly opakovaně prokázány kvalitativně nové možnosti velkoplošného využití moderních geofyzikálních aparatur v aridních (pouštních) oblastech, jejich vysoká rentabilita i nové perspektivy počítačového zpracování a prezentace naměřených dat (Becker - Fassbinder 1999a; Becker - Fassbinder et al. 1999; Fassbinder - Becker - Herbich 1999; Kamei - Atya - Abdallatif - Mori - Hemthavy 2001; Mousa - Abdallatif - Hussain - El Bassiony 2001; Herbich 2002; Pavlish - D'Andrea - Weeks 2002). Velice kvalitní a přesvědčivé výsledky novodobých geofyzikálních průzkumů podpořené ve více případech i pozitivními výsledky ověřovacích archeologických výzkumů se staly cenným vodítkem i při volbě metodiky terénního měření.

Pro geofyzikální průzkumy v jižní části české koncese v Abúsíru v roce 2002 byly vybrány tyto geofyzikální přístroje ARÚ Praha:

1. Dvojice cesiových magnetometrů Smartmag SM-4g, Scintrex, Kanada. Tato moderní aparatura sestavená pro gradientový způsob spojitého magnetometrického měření umožnila rychlý, dostatečně podrobný a plošně rozsáhlý průzkum vybraných území v jižním Abúsíru. Podobné typy aparatur byly již úspěšně využity i při dalších geofyzikálních průzkumech v Egyptě (Becker - Fassbinder 1999a; Becker - Fassbinder et al. 1999). Princip metody je založen, stejně jako u dříve na lokalitě používaných protonových magnetometrů, na sledování lokálních změn intenzity magnetického pole resp. jeho gradientu. Vzhledem k již dříve prokázaným odlišnostem magnetických vlastností některých přítomných stavebních materiálů oproti okolnímu prostředí (Hašek - Verner 1981; Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986) bylo možné předpokládat při použití této metody úspěšnou detekci všech podpovrchových pozůstatků sušených nepálených cihel z nílského bahna, popř. také žul či vulkanických hornin. Běžný magnetometrický průzkum byl realizován v síti cca 1 x 0,25 m, podrobný průzkum pak také v síti až cca 0,5 x 0,2 m. Během jediného dne tak bylo nashromážděno několik desítek tisíc měřených bodů a prozkoumána plocha až 1 ha.

2. Přístroj pro bezkontaktní elektromagnetické měření zdánlivé měrné vodivosti (popř. také magn. susceptibility) EM-38B, Geonics, Kanada. Aparatury DEMP bez nutnosti kontaktního elektrického měření a silnějších zdrojů (s omezeným hloubkovým dosahem max. 1 m) bylo využito pro prověření možnosti detekce a rozlišení málo/velmi vodivých resp. vysoce/nízko odporových materiálů. Na vybraných menších plochách s předpokládaným výskytem více druhů stavebních materiálů byla testována možnost rozlišení kamenného nejčastěji vápencového zdiva či kamenných bloků od sušených nepálených cihel a písčitého prostředí. Doplnkový elektromagnetický průzkum byl realizován v síti 1 x 1 m, další dílčí testovací profilová měření pak také s nepravidelným krokem i podrobněji.
3. Kappametr pro měření magnetické susceptibility *in situ* KT-5c, Geofyzika Brno, ČR. Jednoduchý přístroj pro kontaktní podrobné měření změn zdánlivé magn. susceptibility zejména v odkrytých archeologických situacích (měření povrchu s velice omezeným hloubkovým dosahem max. 10 cm) byl testován v různých podmínkách terénního využití. Stejně jako již při dřívějších úspěšných měřeních kappametrem v Abúsíru (Hašek - Obr - Přichystal - Verner 1986; Hašek - Obr - Verner 1988) bylo podrobných měření využito pro rozlišení různě magnetických materiálů v rámci odkrytých situací a získání představy o perspektivách plánovaného plošného magnetometrického průzkumu. Dále bylo kappametru využito také pro sledování změn magn. vlastností u zdiva z nepálených cihel více odkrytých hrobek, vertikální měření na řezech v odkrytých situacích a podrobné plošné povrchové průzkumy nad vybranými částmi hrobek. Doplnková detailní plošná měření kappametrem byla realizována v síti 0,2 x 0,2 m až 0,5 x 0,5 m, profilová a testovací měření pak s krokem nepravidelným.

Výsledky geofyzikálního průzkumu

Geofyzikální průzkumy v jižní části Abúsíru proběhly ve dnech 30. 10. až 30. 11. 2002. Pro první nedestruktivní průzkum bylo vybráno 5 ploch v jižní, jihovýchodní a také střední části české koncese především v bezprostředním okolí dříve již identifikovaných a archeologicky zkoumaných hrobek. Pro současnou i budoucí možnou provázanost více druhů terénních dat bylo při geofyzikálních průzkumech všech území využito nově vytvořeného souřadnicového systému s jednoduchou orientací souřadnic ve směru světových stran a s praktickým rozčleněním plochy na pracovní čtverce 50 x 50 m (obr. 5). V průběhu 23 dní terénních měření (střídáných se dny průběžného zpracování dat na počítači) se podařilo prozkoumat plochu cca 17,5 ha (745 961 plošné měřených bodů).

Plošným magnetometrickým průzkumem byla prozkoumána převážná část plochy tzv. Centrálního kopce (*Central mound*) v jižním Abúsíru, kde se koncentruje i většina dosud zkoumaných archeologických objektů. Zde byla ve velice variabilních a nelehkých terénních podmínkách (v několika místech téměř až na hranici rentabilní aplikace aparatury) prozkoumána rozsáhlá plocha cca 11,5 ha. Z plošného magnetometrického průzkumu byly vynechány pouze plochy s evidentními novodobými úpravami terénu (plochy archeologických výzkumů, haldy, výsypky nebo stavba tzv. *gafirny* – domku hlídačů) a místa v nejbližším okolí silně magneticky rušivých recentních kovů (oplocení výzkumů nebo hrobek, stožár osvětlení, kovový odpad aj.). Přes lokální členitost a proměnlivost sklonů kopcovitého terénu není ve výsledcích díky poměrně homogennímu písčitému, pouze slabě magnetickému prostředí většina změn reliéfu rozlišitelná a neovlivnila identifikaci archeologických situací. Ve výsledcích plošného magnetometrického měření naopak můžeme rozlišit velký počet lineárních i tvarově charakteristických magnetických anomálií, jejichž výrazné a přitom plošně rozsáhlé koncentrace svědčí o intenzivní antropogenní činnosti a využití vyvýšené členité planiny východně od Karova hrobového komplexu, ale i východnější části jižního Abúsíru (obr. 6). Výsledky geofyzikálního průzkumu nepochybně prokázaly koncentrovaný výskyt mělce podpovrchových pozůstatků objektů, resp. pokračování pohřebišť na dalších 7-8 ha. Protože lze u většiny identifikovaných kladných lineárních magnetických anomálií předpokládat, že

jejich zdrojem bude především zdivo ze sušených nepálených cihel, ve výsledcích je na první pohled nápadné nerovnoměrné rozložení více pravouhlých magn. anomálií, které se liší nejen rozměry, tvary a amplitudami ale i nestejnou orientací. Předběžně se můžeme domnívat, že na prozkoumaném území je soustředěno několik odlišných typů hrobek z různých období Staré říše. Tyto hrobky nejsou pod povrchem stejně dobře dochovány. Také rozložení jednotlivých typů hrobek patrně není náhodné a bylo podmíněno nejen dobovými trendy, ale i sociálním postavením majitelů. Vyloučit nemůžeme ani opakované využívání či úpravy některých ploch a objektů/hrobek.

Největší S-J protažené obdélné magnetické anomálie bez patrného vnitřního členění plochy jsou soustředěny v nejvyšší části terénu v západním i východním okolí archeologicky zkoumaných hrobek velitele armády Kaopera, správce sýpek Iteje a kněze Hetepiho. Pouze zasypané části hrobky kněze Hetepiho (mimo 2 vnitřní otevřené vstupy) byly zahrnuty jako srovnávací plocha do plošného průzkumu. Podle rozlišené pouze tenké linie obvodového zdíva z nepálených cihel můžeme předpokládat, že podobné úzké magnetické linie po obvodu velkých i menších obdélných objektů budou představovat pouze zdíva ze sušených cihel z nilského bahna, homogenní vnitřní části objektů pak budou pravděpodobně svědčit o přítomnosti nemagnetických materiálů (vápenců, *tafly*). Plocha nad identifikovanou velkou obdélnou hrobkou v JZ cípu plochy západně od vyvýšené hrobky velitele armády a úředníka Kaopera proto byla podrobena rovněž elektromagnetickému průzkumu.

Jeho výsledky prokázaly nestejnou výplň ve dvou místech ve vnitřní části hrobky a prověřily jeden ze způsobů možného geofyzikálního dohledání i nevodivých (kamenných) struktur v rámci hrobek. Jiným typem velké mírně obdélné a vnitřně členěné magnetické anomálie, resp. hrobky, bude pravděpodobně objekt východně od hrobky Hetepiho (*obr. 7*). Lepší celoplošný magnetometrický průzkum objektu však v této poloze nebyl možný díky pevně instalovanému železnému stožáru osvětlení. Následně odkrytý půdorys objektu potvrdilo, že při výstavbě této hrobky s obvodovým cihlovým zdívem bylo stejného materiálu využíváno také pro vícenásobné rozčlenění její vnitřní plochy. Před skrytím plochy bylo na menší části rozsáhlého objektu také realizováno testovací podrobné plošné měření kappametrem *in situ*.

Výsledky měření nad přítomnými cihlovými i vápencovými částmi objektu pomohly posoudit míru odlišnosti magnetických i nemagnetických materiálů od okolního prostředí a možnosti plošného magnetometrického měření. V okolí této na celé ploše průzkumu atypické hrobky pak můžeme rozlišit třetí typ menších protažených a vnitřně členěných obdélných magnetických anomálií. Dobře vymezených je pouze několik menších hrobek, které jsou patrně lépe zachovalé a jsou po obvodu tvořeny velice magnetickým cihlovým zdívem. Další hrobky pak mají linie obvodového zdíva jen slabě magnetické až nerozlišitelné a jsou identifikovatelné pouze torzovitě. Při východním okraji zkoumané plochy byl rozlišen pravděpodobně další typ velkých protažených S-J orientovaných obdélných až lichoběžníkovitých magnetických anomálií s identifikovanými magnetickými (cihlovými) materiály uvnitř hrobek. Objekty se již nacházejí mimo terasovitě vyvýšené území na mírněji skloněném terénu svažujícím se severním směrem ku předpokládanému okraji zaniklého abúsírského rybníka, kde již nejsou patrné další náznaky obdélných či liniových staveb.

Jiné velice úzké a velmi protažené obdélné magnetické anomálie můžeme identifikovat koncentrované podél okraje zvýšeného území východně od hrobového komplexu vezíra Kara a severně od hrobek Kaopera či Iteje. Tyto objekty (hrobky) mají silně magnetické až nespojitě obvodové zdívo s odlišnou orientací objektů SZ-JV. Posledním rozlišitelným typem obdélných objektů jsou jednotlivé nejmenší vnitřně členěné obdélné magnetické anomálie rozptýlené ve střední části kopcovité plochy. Obdélné objekty, resp. hrobky, jsou orientovány SSZ-JJV a vyznačují se silně magnetickým obvodovým cihlovým zdívem. Ve vyvýšeném členitém terénu i pod terasami na ukloněných svazích se dále vyskytuje větší počet blíže již nevymezených lineárních útvarů - magnetických částí dalších možných objektů.

Připustíme-li, že na celém území jižního Abúsíru bylo běžné používat při stavbě hrobek více stavebních materiálů (sušené nepálené cihly, vápenec, *tafly*), pak velká koncentrace různých objektů ve výsledcích magnetometrického průzkumu rozsáhlé plochy reprezentuje pouze část objektů ve skutečnosti skrytých pod povrchem terénu. Podstatně méně magnetických anomálií, resp. podpovrchových pozůstatků archeologických situací, bylo identifikováno uprostřed otevřené planiny pod pahorky na nižším terasovitěm stupni SZ ploch dnešních výzkumů. Obdélná a vnitřně vícenásobně členěná magnetická anomálie nejspíše vymezuje pouze magnetické části objektu zbudovaného nesporně z více stavebních materiálů, což je patrné jak z povrchového průzkumu tak z výsledků doplňkového elektromagnetického měření. Za oblast bez zcela patrných relikvů staveb či další antropogenní činnosti můžeme pak považovat nejnižší údolní oblast V-Z protaženého *wadí* (údolí) vycházejícího od předpokládaného okraje zaniklého abúsírského rybníka SV od hrobového komplexu vezíra Kara.

4. Závěry

Povrchový, geofyzikální a dálkový průzkum lokality umožňují pokusit se již v této fázi analýzy pohřebiště předběžně formulovat odpovědi na některé z otázek stanovených v úvodu studie

Pohřebiště v jižním Abúsíru se vyvíjelo nepřetržitě nejspíše od konce 3. dynastie (2 650-2 575 př. n. l.), kdy vznikají první hrobky vysoce postavených hodnostářů (Hetepi, Itej). Později, na počátku 5. dynastie (± 2 465 př. n. l.), byla postavena hrobka velitele armády Kaopera a v 2. polovině 6. dynastie vznikl hrobkový komplex vezíra Kara a přilehlé hrobky jeho synů (Inti, Kar Junior a Senedžemib, 2 250-2 150 př. n. l.). Tyto hrobky obsazovaly postupně od jihovýchodu k severozápadu výrazné topografické polohy, které z těchto staveb ve své době nepochybně učinily velmi působivé dominanty. Zjednodušeně lze říci, že vytvářejí určitou osu ve směru od jihovýchodu k severozápadu, která respektovala jak přirozenou topografii Centrálního pahorku, tak snad i blízkost Abúsírského rybníka, který mohl ve Staré říši tvořit hlavní přístupovou komunikaci do pohřebiště (*tab. 8*).

Mezi hrobkami na Centrálním kopci, který byl podle doložených titulů vyhrazen pouze vysoce postaveným hodnostářům, zatím zřetelně vyvstává hiát - mezera ve využívání lokality mezi počátkem 5. dynastie a pol. 6. dynastie. Prostorové rozmístění hrobek ale naznačuje, že chybějící časový horizont je možno hledat v oblasti severozápadně od hrobky Kaopera a jihovýchodně od hrobky vezíra Kara. Zde je nepochybně rozměrná hrobka s malou kaplí v jihovýchodním rohu a *serdabem*⁶ západně od ní. Soudě podle výplně vátým pískem byly však již vykradeny. Vzhledem k velikosti a poloze hrobky lze předpokládat, že patřila vysoce postavenému úředníkovi. Na základě dispozice kaple (kaple má pravděpodobně půdorys písmene „L“) se zdá, že by mohlo jít o časově víceméně stejné období jako v případě Kaoperovy hrobky. Hrobky s tímto typem kaple jsou v oblasti Abúsíru a Sakkáry ojedinělé a zároveň tvoří velmi specifickou skupinu hrobek (*Bárta 2002b*).

Na periferiích těchto hlavních hrobek vznikaly stavby podstatně menší. Nestavěly se z vápence, jako hrobky hlavní, ale z nepálených cihel vyrobených z nilského bahna nebo jílu - *tafly*. Ty jsou zatím archeologicky doloženy u severovýchodního rohu Kaoperovy hrobky, na východ a jih od Hetepiho hrobky a konečně i v prostoru na sever a severovýchod od Karova komplexu. K přímým důkazům lze přidat některé nepřímé, které pocházejí z výplní pohřebních šachet členů Karovy rodiny. V šachtách byly totiž nalezeny četné bloky s nápisy /nebo reliéfní výzdobou. Vzhledem k frekvenci výskytu musejí tyto bloky pocházet z okolních menších hrobek. Na základě nepřímých dokladů je možno uvažovat o tom, že tyto hrobky patřily hodnostářům v nižším sociálním postavení a že dané bloky byly použity sekundárně jako výplň šachet v době, kdy byly vykrádány - snad již na sklonku Staré říše. Nelze vyloučit ani to, že se v některých případech jednalo o výzdobné elementy pocházející ze skalních hrobek.

⁶ Původně arabský termín používaný pro označení zazděné, nepřístupné místnosti poblíž kaple hrobky, sloužící pro umístění sochy nebo soch zemřelého a příp. i členů jeho rodiny.

Severně od Karovy hrobky, na opačné straně východozápadním směrem ubíhajícího *wádí*, bylo koncem 5. dynastie založeno pohřebiště kněží, vykonávajících zádušní kult v abúsírských pyramidových chrámech (Feteki a Hetepi) a v Menkauhorově zádušním komplexu. To také nepřímou naznačuje, že by tento komplex mohl být umístěn v oblasti dnešní Sakkáry.

Hrobky hodnostářů Hetepiho a Iteje z konce 3. a nebo počátku 4. dynastie jednoznačně dokazují, že v této době se do jižního Abúsíru přemístilo pohřebiště vysokých hodnostářů nekrálovského původu z oblasti severní Sakkáry (Quibelovo a Firthovo pohřebiště). Jednalo se o hrobky tzv. přechodného typu kombinující dvě různé koncepce při tvorbě přístupových cest do pohřebních komor, a to schodiště a šachtu. Doba počátku 5. dynastie (ca 2 500 př. n. l.) je na pohřebišti v Abúsíru opět zcela v souladu s vývojem v Sakkáře - po intermezzu v Gíze dochází k obnovení stavebních aktivit na pohřebišti zejména v oblasti na sever od Džoserova komplexu. S tím je zcela v souladu i stavba a existence Kaaperovy hrobky. Pro zbývající dobu vlády panovníků 5. dynastie zatím v jižním Abúsíru neexistují archeologické doklady a je velmi dobře možné, že většina nekrálovských hrobek v této době vznikala na pyramidovém poli v Abúsíru a v jeho bezprostředním okolí. Pro dobu 6. dynastie je zatím předčasně uvažovat o definici a povaze vzech k hlavnímu pohřebišti v Sakkáře. Dnes se ale zdá, že v jižním Abúsíru byli pohřbíváni úředníci v postavení soudců u královského dvora a dalších funkcích obdobného významu.

Významným přínosem vypracování detailního vrstevnicového plánu a 3D modelu území je skutečnost, že je možno detekovat několik přístupových cest, které vedly do pohřebiště od Abúsírského rybníka, tj. od severovýchodu (k tomuto problému viz *Bárta 1999*, 107-116). Předpokládané cesty lze definovat následujícím způsobem:

- vedou k hlavním, dominantním hrobkám v pohřebišti;
- jsou položeny tak, že zaručují přístup do hlavních i do méně frekventovaných částí pohřebiště;
- svým průběhem se odlišují od *údolí*, která vznikla v důsledku přirozeného utváření geomorfologie lokality - mají odlišný sklon i průběh;
- tyto cesty jsou okolními hrobkami respektovány;
- podél některých z nich se vyskytují doklady lidské činnosti, které je možno spojit s kultovními aktivitami na pohřebišti - jde o menší depoty fragmentů keramiky nebo (v jednom případě) o obětní bazének.

V několika případech se hlavní přístupové cesty větví v místech, odkud je výhodný přístup do různých částí pohřebiště, kterým dominuje vždy jedna z hlavních hrobek (Mastaba MM, Hetepi, Itej, Mastaba KK, Kaaper, Kar). Ve všech případech jsou tyto cesty založeny tak, že vycházejí od jihozápadního okraje Abúsírského rybníka směrem k pohřebišti, tj. směrem k jihozápadu. Archeologicky jsme tak získali další indicii naznačující, že v období Staré říše se tato vodní plocha používala pro vstup do pohřebiště v jižním Abúsíru a v Sakkáře, v oblasti severně od Džoserova hrobkového komplexu.

Neznámou zatím zůstává značný počet hrobek identifikovaných v severovýchodní části zkoumané plochy. Tyto hrobky jsou svými hlavními osami orientovány ve směru severozápad-jihovýchod a nepochybně patří k hlavnímu časovému horizontu trvání pohřebiště. Zároveň se zdá být zřejmé, že podobně jako hrobky v některých dalších oblastech této části abúsírsko-sakkárského komplexu respektují polohu Abúsírského rybníka, který mohl ve 3. tis. př. Kr. tvořit jednu z hlavních přístupových bran do pohřebiště.

Zajímavé indicie důležité pro komplexní analýzu výsledků povrchového průzkumu, geofyzikálních měření a satelitního snímku poskytuje jejich vzájemné srovnání. Výsledky dosažené povrchovým průzkumem ukazují, že jeho význam spočívá zejména v interpretaci větších objektů - hrobek, identifikaci specifických struktur - tvarů kultovních kaplí, a mapování jednotlivých větších pohřebních šachet nebo koncentrací fragmentů kostí, keramiky aj. Je tomu tak proto, že hrobky jsou budovány obvykle z nepálených cihel vyráběných z nilského bahna nebo

z vápence. V obou případech zanechávají jejich erodované koruny na povrchu pouště jasně zbarvené stopy. Během dešťů napomáhají navíc k jejich identifikaci porostové příznaky způsobené rozdílnou nasákavostí terénu (*tab. 5*). Komplikace nastávají v případě zdiva postaveného z taflových cihel, které není na povrchu výrazně znatelné a rovněž geofyzikálním průzkumem je obtížně identifikovatelné. Pokud jde o hrobkové kaple a šachty, pak platí téměř bez rozdílu pravidlo, že byly vykradené a jsou tedy vyplněné navátým žlutým pískem, který je v terénu pouště velmi nápadným jevem. Koruny jejich zdí vytvářejí v takových případech mírně vyvýšené valy, jejichž vnitřní plochy mají tvar koncentrických prohlubní. Výrazná slabina povrchového průzkumu se projevuje na svazích, kde jsou objekty vlivem geomorfologických procesů (zejména splachů a eroze) hůře znatelné. Průzkum je také subjektivně ovlivňován optickými vlastnostmi světla, ročním obdobím a denní dobou. Tyto negativní vlivy do značné míry odpadají u geofyzikálního měření a satelitního snímku. Poslední dílčí nevýhoda povrchového průzkumu spočívá v určité partikularizaci výsledků: na povrchu bylo identifikováno množství kratších linií, ve vytváření polygonů (tedy celkových uzavřených struktur jako jsou např. půdorysy hrobek) jsou geofyzikální prospekce a dálkový průzkum země mnohem efektivnější.

Význam geofyzikálního měření tkví nejen v tom, že umožňuje ověřit větší výsledky povrchového průzkumu, ale zejména v tom, že dokáže zachytit řadu menších objektů. Velmi efektivní je i při identifikaci případných vnitřních struktur jednotlivých staveb. Slabina magnetometrického měření spočívala pouze v menší úspěšnosti při identifikaci taflových struktur, jejichž fyzikální vlastnosti jsou téměř totožné s vlastnostmi taflového podloží jižního Abúsíru. Geofyzika byla oproti očekávání velmi úspěšná i na svazích a výrazně tak přispěla k doplnění archeologického plánu lokality. Zajímavé výsledky přináší komparace dosažených výsledků v prostoru ležícím v bezprostředním jihovýchodním a východním sousedství Hetepiho hrobky. Zatímco na jihovýchodě zachytil geofyzikální průzkum dvě menší, těsně k sobě přiléhající hrobky s cihlovým pláštěm a vnitřkem vyplněným pískem a vápencovým odpadem, při povrchovém průzkumu nebyly jejich konstrukce vůbec zachyceny. Důvodem snad může být i značné zvlnění terénu v této části lokality. Na relativně rovné ploše na východ od Hetepiho hrobky byl povrchový průzkum úspěšnější. Mohlo tomu být proto, že zdejší hrobky jsou postaveny částečně z taflového zdiva. Zejména se tu ale nachází mnoho relikvů zlodějské činnosti, které napomáhají k identifikaci hlavních prostorových rysů hrobek (vykopané haldy, šachty, koncentrace keramiky).

Komparativní výhoda satelitního snímku spočívá v několika faktorech: a) celé zkoumané území bylo zachyceno v jeden časový okamžik, b) není podmíněno momentální subjektivní rolí člověka a c) zachycuje území v jeho celku. Prostřednictvím snímku identifikujeme nejen větší dominantní stavby a areály (na snímku vynikají hrobky MM, Hetepiho, Iteje, Kaapera a komplex vezíra Kara a jeho synů), ale i struktury menších. Největší význam má ovšem snímek pro analýzu celkových prostorových souvislostí zkoumané oblasti: odhaluje základní komponenty lokality, jejich prostorové rozmístění, geomorfologii terénu a její prolínání s lidskými aktivitami. V neposlední řadě pak umožňuje analýzu komunikačního systému území. V tomto případě se jasně potvrzuje předchozí závěr: pohřebiště v jižním Abúsíru bylo přístupné od severovýchodu prostřednictvím několika komunikací, které vedly k hlavním skupinám hrobek v pohřebním areálu. Ani satelitní snímek nedokumentuje všechny komponenty - v některých případech nezachytil struktury detekované geofyzikálním nebo povrchovým průzkumem. Jeho celkový přínos je však zřejmý v okamžiku propojení výsledků všech použitých prospekčních metod.

Sběr dat, realizovaný během posledních 2-3 let, si vyžádá nejméně stejně dlouhou dobu potřebnou k jejich vyhodnocení a interpretaci. Již nyní je ale zřejmé, že s jejich pomocí bude možné další archeologické aktivity výrazně zkvalitnit a zefektivnit tak, aby umožňovaly odpovídat zejména na ty nejméně známé problémy egyptské archeologie v dané oblasti.

Literatura

- Bárta, M. 1999:*
The Title 'Priest of Heket' in the Egyptian Old Kingdom, *Journal of Near Eastern Studies* 58/2, 107-116. Chicago.
- Bárta, M. - Krejčí, J. (eds.) 2001:*
Abusir and Saqqara in the Year 2000. Prague.
- Bárta, M. 2001:*
Abusir V. The Cemeteries at Abusir South I. Prague.
- Bárta, M. - Voděra, K. 2002:*
Memories of 4500 Years Ago. Brandýs n. Labem.
- Bárta, M. 2002a:*
ČNEC – Projekt jižní Abusir (2000-2001), PES – Pražské egyptologické studie I/2002, 33-42.
- Bárta, M. 2002b:*
The L-shaped chapels discovered by A. Mariette at Saqqara, a case for innovation? In: Eldamaty, M. – Trad, M. (eds.): *Egyptian Museum Collections around the World, Vol. I*, 87-98. Cairo.
- Becker, H. – Fassbinder, J. 1999a:*
In Search for Piramesses – the Lost Capital of Ramesse II. In the Nile delta (Egypt) by Caesium Magnetometry. In: Fassbinder, J. – Irlinger, W. (eds.): *Archaeological Prospection - Third International Conference on Archaeological Prospection Munich 9.-11. September 1999, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege*, 146-150.
- Becker, H. – Fassbinder, J. 1999b:*
Combined Caesium Magnetometry and Resistivity Survey in Palmyra (Syria) 1997 and 1998. In: Fassbinder, J. – Irlinger, W. (eds.): *Archaeological Prospection - Third International Conference on Archaeological Prospection Munich 9.-11. September 1999, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege*, 156-160.
- Becker, H. – Fassbinder, J. et al. 1999:*
Methods and Equipment used by the Department Archaeological Prospection and Aerial Archaeology at the Bavarian State Conservation Office, Munich. In: Fassbinder, J. – Irlinger, W. (eds.): *Archaeological Prospection - Third International Conference on Archaeological Prospection Munich 9.-11. September 1999, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege*, 93-105.
- Brůna, V. 2002:*
Úloha geoinformatiky při archeologickém výzkumu v Abusíru, PES - Pražské egyptologické studie I/2002, 43-47.
- Coppens, F. ed. 2002:*
Abusir and Saqqara in the Year 2001, 70/3. Prague: *Archiv Orientální*.
- Čech, P. 2002:*
Nová metoda ve starém kabátě, PES - Pražské egyptologické studie I/2002, 48-50.
- Fassbinder, J. – Becker, H. – Herbich, T. 1999:*
Magnetometry in the Desert Area West of the Zoser's Pyramid, saqqara, Egypt. In: Fassbinder, J. – Irlinger, W. (eds.): *Archaeological Prospection - Third International Conference on Archaeological Prospection Munich 9.-11. September 1999, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege*, 144-145.
- Hašek, V. – Obr, F. – Přichystal, A. – Verner, M. 1986:*
Application of Geological and Geophysical Methods in Archaeological Research at Abusir. *Sborník geologických věd, rada hydrogeologie – inženýrská geologie* 18, 149-187. Praha: NČSAV.
- Hašek, V. – Obr, F. – Verner, M. 1988:*
Application of geological and geophysical methods in archaeological investigations of ancient Egyptian remnants at Abusir, *Przegląd Archeologiczny* Vol. 35, 5-47.
- Hašek, V. – Verner, M. 1981:*
Uplatnění geofyziky při archeologickém výzkumu aridního území u Abusíru, *Archeologické rozhledy* 33, 306-316, 358-360.
- Hašek, V. – Verner, M. – Orb, F. 1983:*
II. etapa archeologických výzkumů u Abusíru. *Sborník IV. celostátního symposia Geofyzika a archeologie*, Libice, 187-199.
- Herbich, T. 2002:*
Archaeological geophysics in Egypt: recent results. In: Doneus, M. - Eder-Hinterleitner, A.-Neubauer, W. (eds): *Archaeological prospection - 4th International Conference on Archaeological Prospection, Vienna 19.-23. 9. 2001*, 112-113.
- Jeffreys, D. - Tavares, A., 2000:*
An integrated mapping project for the Saqqara plateau and escarpment. In: Bárta, M., - Krejčí, J. (eds.): *The Abusir and Saqqara in the year 2001*, 27-32. Prague: *Archiv orientální*.
- Kamei, H. - Atya, M. A. – Abdallatif, T. F. – Mori, M. – Hemthay, P. 2001:*
GPR and magnetic survey around Al-Zayaan temple, Al Wadi Al Gadeed, Egypt. In: Doneus, M. - Eder-Hinterleitner, A. - Neubauer, W. (eds): *Archaeological prospection - 4th International Conference on Archaeological Prospection, Vienna 19.-23. 9. 2001*, 119.
- Klemm, R. - Klemm, D. D. 1993:*
Steine und Steinbrüche im Alten Ägypten. Berlin - Heidelberg.
- Křivánek, R. 1997:*
Geophysical survey on archaeological sites on Sir Bani Yas island, Abú Dhabi (UAE) - Geofyzikální průzkum na archeologických lokalitách na ostrově Sir Bani Yas (Spojené Arabské Emiráty), *Památky archeologické* 88/1, 142-150.
- Lepsius, K. R. 1849-1858:*
Denkmaeler aus Aegypten und Aethiopien, 12 vols and Ergänz. vol. Berlin.
- Mariette, A. E. 1889:*
Les Mastabas de l'Ancien Empire. Paris.
- Martinák, V. 1976:*
The Survey of the Xth Expedition of the Czechoslovak Institute of Egyptology Charles University. In: Preliminary Report on Czechoslovak Excavations in the Mastaba of Ptahshepses at Abusir, 39-45. Praha: *Univerzita Karlova*.
- Mathieson, I., 2000:*
The National Museums of Scotland Saqqara Survey Project 1990-2000. In: Bárta - Krejčí 2001.
- de Morgan, J. 1897:*
Carte de la nécropole Memphite. Dahchour, Sakkarah, Abou-Sir. Cairo.
- Mousa, S. E. – Abdallatif, T. F. – Hussain, A. G. – El Bassiony, A. 2001:*
Application of geophysical tools for mapping the archaeological features at Saqqara, Giza, Egypt. In: Doneus, M. - Eder-Hinterleitner, A. - Neubauer, W. (eds): *Archaeological prospection - 4th International Conference on Archaeological Prospection, Vienna 19.-23. 9. 2001*, 149.
- Pavlish, L. A. – D@Andrea, A. C. – Weeks, K. R. 2002:*
Results of a Magnetometer Survey over the Environs of the Mortuary Temple of Amenophis I, Luxor, Egypt. In: 33rd International Symposium on Archaeometry, April 22-26, 2002 Amsterdam, Netherlands - Abstract book, 18-19. Amsterdam.
- Reisner, G. A. 1936:*
The Development of the Egyptian Tomb down to the Accession of Cheops, Cambridge, Harvard University Press.
- Said, R. 1962:*
The Geology of Egypt. Amsterdam.
- Said, R. 1975:*
Subsurface Geology of Cairo Area. Cairo.

Schmidt-Colinet, A. – Plattner, G. A. 2001:

Geophysical survey and excavation in the „Hellenistic Town“ of Palmyra. In: Doneus, M. - Eder-Hinterleitner, A.-Neubauer, W. (eds): Archaeological prospection - 4th International Conference on Archaeological Prospection, Vienna 19.-23. 9. 2001, 175-177.

Smith, W. M. 1936:

Appendix C. Topography of the Old Kingdom Cemetery at Saqqarah. In: Reisner, G. A.: 390-411.

Spencer, A. J. 1974:

Researches on the Topography of North Saqqara, *Orientalia* N. S. 43, 1-11.

Svoboda, J. 1993:

Lithic Industries from Abusir, Lower Egypt, *Origini* 17, 167-219.

Tlustý, J. – Vosíka, O. 1963:

Hledání ztraceného Jižního chrámu v Nubii geodetickými metodami. *Geodetický a kartografický obzor* 9/51, issue 7, 184-189.

Tuček, J. 1998:

Geografické informační systémy – Principy a praxe. Praha.

Vachala, B. - Procházka, M. 2003:

Surveying in the Abusir. *Geotinger Miscellen* 192, 67-82. Göttingen.

Verner, M. 2002:

Abusir. Real of Osiris. Cairo – New York.

Verner, M. – Hašek, V. 1981:

Die Anwendung geophysikalischer Methoden bei der archäologischen Forschung in Abusir, *Zeitschrift für Ägyptische Sprache* 108, 68-84. Berlin.

Youssef, M. - Cherif, O. - Boukhary, M. - Mohamed, A. 1984:

Geological Studies on the Sakkara Egypt, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläonthologie, Abhandlungen* 168/1, 125-144. Stuttgart.

Assist. Prof. Mgr. Miroslav Bárta, Dr., Czech Institute of Egyptology, Czech National Centre for Egyptology; miroslav.barta@ff.cuni.cz; <http://egyptologie.ff.cuni.cz>; <http://egypt.ff.cuni.cz/index.htm>

Eng. Vladimír Brůna, Laboratory of Geoinformatics, Ústí nad Labem; bruna@geolab.ujep.cz; <http://geolab.ujep.cz>

RNDr. Roman Křivánek, Institute of Archaeology, Prague; krivanek@arup.cas.cz; <http://www.arup.cas.cz>