

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΚΟΥΤΡΟΥΛΟΥ ΜΑΓΟΥΛΑ ΠΛΗΣΙΟΝ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ (Ν. ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ)

*Γρηγόρης Ν. Τσόκας, Γεώργιος Βαργεμέζης,
Αλέξανδρος Σταμπολίδης, Νίνα Κυπαρίσση-Αποστολικά*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία περιγράφει τον τρόπο διεξαγωγής και τα αποτελέσματα της Γεωφυσικής Διασκόπησης που πραγματοποιήθηκε στη θέση που φιλοξενεί τα ερείπια νεολιθικού οικισμού νότια από το Νέο Μοναστήρι στο Νομό Φθιώτιδας¹. Οι εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκαν τον Οκτώβριο του 2003. Στόχος της έρευνας αυτής είναι η ανίχνευση θαμμένων αρχιτεκτονικών λειψάνων στη συγκεκριμένη θέση και η κατά το δυνατόν χαρτογράφησή τους.

Περιγράφεται η μέθοδος της ηλεκτρικής χαρτογράφησης, η οποία χρησιμοποιήθηκε και γίνεται κάποια περιληπτική αναφορά στον τρόπο συλλογής, επεξεργασίας και ερμηνείας των δεδομένων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Ο χώρος έρευνας κατατμήθηκε σε τετράγωνα κελιά $20 \times 20 \text{ μ}^2$, βάσει του καννάβου που είχε υλοποιηθεί προηγούμενα στο χώρο. Τα τετράγωνα αυτά αναφέρονται με κάποιο κωδικό που σημειώνεται στα αντίστοιχα σχήματα χωροθέτησης.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Διάφορες γεωφυσικές μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή στην αρχαιολογική έρευνα. Από αυτές επιλέγονται οι καταλληλότερες ανάλογα με τον χώρο έρευνας και τα χαρακτηριστικά των στόχων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η γεωηλεκτρική χαρτογράφηση.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται επίσης και «μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης» ή «μέθοδος συνεχούς ρεύματος». Συνίσταται στην εισαγωγή ρεύματος στη Γη με τη βοήθεια δύο ηλεκτροδίων και στην μέτρηση της διαφοράς δυναμικού σε δύο άλλα. Μπορούμε έτσι

1. Κυπαρίσση-Αποστολικά 2006.

να έχουμε μια μέτρηση της αντίστασης η οποία μπορεί να αναχθεί σε τιμή ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης του χώρου που δειγματοληπτείται μέσω μιας μαθηματικής σχέσης. Η ποσότητα την οποία μετρούμε ονομάζεται φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση γιατί αλλάζει όταν αλλάζει η γεωμετρία της διάταξης μέτρησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Γη είναι ανομοιογενής και ανισότροπη.

Με πιο αυστηρό τρόπο η φαινόμενη ειδική αντίσταση ορίζεται ως εξής:

«Για συγκεκριμένη διάταξη ηλεκτροδίων, τοποθετημένη στην επιφάνεια του εδάφους, η οποία μας δίνει μέτρηση ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους R , η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ_a είναι η πραγματική ειδική αντίσταση εκείνου του ομοιόμορφου και ομογενούς ημιχώρου που θα μας έδινε την ίδια τιμή, R , χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη διάταξη ηλεκτροδίων»².

Η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους είναι κατά κάποιο τρόπο μία τεχνική έννοια που αποτελεί δείκτη των πραγματικών ειδικών αντιστάσεων των σχηματισμών και δομών που βρίσκονται στον χώρο δειγματοληψίας. Οι ειδικές αυτές αντιστάσεις εξαρτώνται άμεσα από την τιμή της υγρασίας που υπάρχει στους πόρους και τα διάκενα των σχηματισμών και των δομών. Επομένως, εξαρτώνται άμεσα από το πορώδες των υλικών αυτών, δηλαδή έμμεσα από την ποιότητά τους. Αυτό αποτελεί και την αρχή λειτουργίας της μεθόδου, εφ' όσον μπορούμε να ανιχνεύσουμε στο υπέδαφος δομές που παρουσιάζουν διαφορετικές ειδικές αντιστάσεις.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές τοποθέτησης των τεσσάρων ηλεκτροδίων στην επιφάνεια του εδάφους³. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά η διάταξη διδύμου ηλεκτροδίου (εικ. 1). Στην διάταξη αυτή χρησιμοποιούνται δύο ζεύγη ηλεκτροδίων από τα οποία το ένα είναι σταθερό σε μία συγκεκριμένη απόσταση από την κάνναβο και το άλλο ζεύγος είναι κινητό⁴. Τα δίπολα δεν απαρτίζονται από ομόλογα ηλεκτρόδια αλλά από ένα ηλεκτρόδιο ρεύματος και ένα δυναμικού όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

Είναι φανερό, ότι μετακινώντας το κινητό ζεύγος ηλεκτροδίων διαδοχικά σε νέες θέσεις, επιτυγχάνουμε την δειγματοληψία της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στις θέσεις αυτές. Μπορούμε, στη συνέχεια, να χαρτογραφήσουμε τις τιμές που έχουμε μετρήσει και να προκύψει έτσι η κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε όλο το χώρο έρευνας. Οι τεχνικές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια σε ευρεία κλίμακα για να επιλύσουν μια σειρά προβλημάτων υπεδάφιας διασκόπησης που αφορούν σε γεωλογικές, αρχαιολογικές, γεωτεχνικές και περιβαλλοντολογικές μελέτες.

ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε, ο χώρος χωρίστηκε σε μικρά κελιά (τετράγωνα) και σε κάθε τετράγωνο υλοποιήθηκε κάνναβος χωριστά. Δηλαδή, οι μετρήσεις με τη μέθοδο της ηλεκτρικής χαρτογράφησης στην περιοχή, πραγματοποιήθηκαν σε δίκτυο ισοδιάστασης 1μ., το οποίο υλοποιήθηκε στο έδαφος μέσα σε κάθε κελί. Η κατάτμηση του χώρου διευκόλυνε τα μέγιστα στην αντιμετώπιση των τοπογραφικών ανωμαλιών. Η απόσταση μεταξύ των διδύμων κι-

2. Tsokas 1980.

3. Parasnis 1997.

4. Aspinall – Lynam 1973.

νητών ηλεκτροδίων τέθηκε ίση με 0.5μ. Σε ίση απόσταση μεταξύ τους τοποθετήθηκαν τα ακίνητα ηλεκτρόδια, όμως, αρκετά μακριά (άπειρο), από τον εκάστοτε κάρναβο μετρήσεων. Χρησιμοποιήθηκαν τα όργανα RM4 και RM15 της Geoscan Research.

Στην **εικόνα 2** φαίνεται το συνεργείο κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου. Συγκεκριμένα φαίνεται η διεξαγωγή ηλεκτρικών μετρήσεων. Στην ίδια φωτογραφία φαίνονται το σύστημα των κινητών ηλεκτροδίων και το όργανο το οποίο έχει προσδεθεί στερεά στο σύστημα έτσι ώστε να μεταφέρεται εύκολα.

Τα συγκεκριμένα κελιά (τετράγωνα) διαστάσεων 20 × 20μ. που υλοποιήθηκαν στο έδαφος, και τα συμβατικά ονόματα που δώσαμε, φαίνονται στο χάρτη της **εικόνας 3**.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Τα δεδομένα αναλύθηκαν φασματικά έτσι ώστε να γίνει αναγνώριση των θορύβων στους χαμηλούς κυματάριθμους καθώς και των περιφερειακών τάσεων του πεδίου. Στη συνέχεια, υποβλήθηκαν σε φίλτρο διέλευσης ζώνης συχνοτήτων⁵ και αποκόπηκαν οι ανεπιθύμητες επιδράσεις. Στη συνέχεια χαρτογραφήθηκε η κατανομή των ειδικών αντιστάσεων του υπεδάφους και παρουσιάζεται στις επόμενες σελίδες. Επιπλέον, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και ως εικόνες τόνων του τεφρού χρώματος⁶ έτσι ώστε να δίδεται μια εικόνα η οποία προσομοιάζει την κάτοψη των δομών που προκαλούν την ανώμαλη κατανομή των αντιστάσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στις **εικόνες 4** και **5** δίδονται απεικονίσεις της κατανομής της αντίστασης στο χώρο που ερευνηθήκε. Η διαφορά τους έγκειται ως προς τη συγκεκριμένη επεξεργασία στην οποία υποβλήθηκαν τα δεδομένα. Συγκεκριμένα εκτός των διαδικασιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, ο πίνακας των δεδομένων μεγεθύνθηκε με τη μέθοδο των κυβικών σφηνών και προς τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις για να παραχθεί το σχήμα της **εικόνας 4**. Επιπλέον υπέστη συμπίεση του δυναμικού εύρους των τιμών για να παραχθεί το σχήμα της **εικόνας 5**.

Παρατηρούνται γραμμικές ανωμαλίες που αντανακλούν πιθανά την ύπαρξη οικοδομικών λειψάνων στις συγκεκριμένες θέσεις. Στο συμπέρασμα αυτό οδηγούμαστε από το γεγονός ότι οι ανωμαλίες αυτές παρουσιάζουν γεωμετρικά σχήματα.

Όλες οι υπεδάφεις δομές που εντοπίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν ευρίσκονται σε βάθος μικρότερο του 1μ. Το στοιχείο αυτό καθορίζεται από τις συγκεκριμένες παραμέτρους σχεδίασης της διασκόπησης (κυρίως από το ανάπτυγμα των κινητών ηλεκτροδίων).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνολικά εξερευνήθηκαν 16800 μ² στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Από την ανάλυση των προηγούμενων σελίδων προκύπτει, ότι η γεωφυσική διασκόπηση στο συγκεκριμέ-

5. Tsokas – Dimitropoulos 1989. Τσόκας 1990.

6. Schollar *et al.* 1986.

νο χώρο, στη θέση Κουτρουλίου Μαγούλα κοντά στο Νέο Μοναστήρι έδειξε την ύπαρξη ανωμαλιών. Οι ανωμαλίες αυτές αντανakλούν την ύπαρξη αντιστατικών δομών στο υπέδαφος. Μερικές από τις δομές αυτές, είναι πιθανά αρχιτεκτονικά λείψανα, όπως τεκμηριώνεται κυρίως από το σχήμα των ανωμαλιών που προκαλούν. Το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί ότι απεικονίζεται πλήρως στην **εικόνα 4**.

Η παρέμβαση έγινε χωρίς να επηρεαστεί το παραμικρό στον χώρο, δηλαδή με πλήρως μη καταστροφικό τρόπο. Η γενική εικόνα των αποτελεσμάτων συνοψίζεται σε οποιοδήποτε σχήμα από αυτά που παρουσιάστηκαν.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται στο κέντρο της περιοχής που ερευνήθηκε νοτιοανατολικά της υπάρχουσας ανασκαφής. Φαίνεται ιστός, όπου διακρίνονται ορθογώνιες δομές με διάταξη ΒΔ-ΝΑ. Αντίστοιχη διεύθυνση μετρήθηκε και στους τοίχους που αποκαλύφθηκαν στην ανασκαφή, γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι πρόκειται για ιστό ορθογώνιων κατασκευών.

Το συνολικό μήκος του ιστού στη ΒΔ διεύθυνση είναι περίπου 90 μέτρα ενώ στην ΝΔ διεύθυνση 35 μέτρα. Τα επιμέρους τετράγωνα δείχνουν να είναι διαστάσεων περίπου 12 × 12 μέτρων.

SUMMARY

GEOPHYSICAL SURVEY AT KOUTROULOU MAGOULA, NEAR NEO MONASTIRI (PREFECTURE OF PHTHIOTIDA)

*Grigoris N. Tsokas, Georgios Vargemezis,
Alexandros Stambolidis, Nina Kyparissi-Apostolika*

This paper describes the field work and the results of the geophysical survey that was conducted in the place that conceals the ruins of a Neolithic settlement, South of the Neo Monastiri in the Prefecture of Phthiotida. The field work was carried out in October 2003. The objective of these investigations was the detection and possible mapping of buried ruins in the particular place.

The method of electrical mapping was used and it is described briefly. Also, outlines are given concerning the collection, processing and interpretation of the data. The surveyed area was divided into 20×20 m² cells.

Totally, an area of 16800 m² was explored in the frame of the present study. The analysis of the geophysical data has clearly showed the existence of anomalies. These anomalies reflect the existence of resistive structures in the subsoil. Some of these structures are likely to reflect architectural ruins, as it is argued mainly by the shape of anomalies that they cause.

The geophysical survey in the area was done with completely non-destructive way. The general picture of results is summarised in any resulted map. Particular interest is presented in the centre of the region that was searched southeast from the existing excavation. A net of rectangular structures appears in this region, striking NW-SE. Similar azimuth was also measured in the walls that were revealed in the nearby trench.

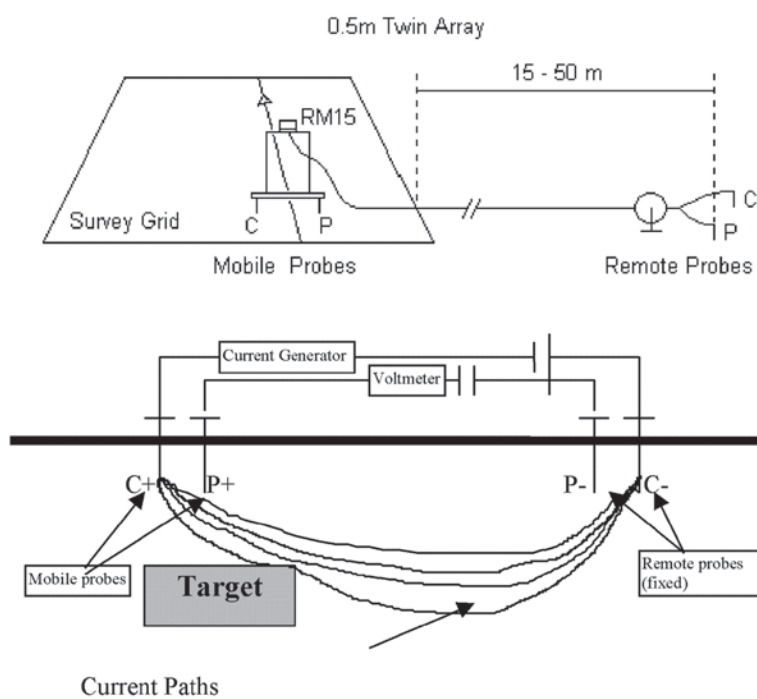
The total length of the net in the NW direction is roughly 90 metres, while in the SE direction is 35m. The individual rectangles are of the order of 12x12 m. in areal extent.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aspinall A. – Lynam J.T., 1973. An induced polarization instrument for the detection of near surface features, *ProspAQuad* 5, 67-75.
- Κυπαρίσση-Αποστολικά Ν., 2006. Κουτρούλου Μαγούλα στο Νέο Μοναστήρι (Βόρεια Φθιώτιδα): Η αποκάλυψη μιας νέας, «αστικής» αρχιτεκτονικής, νεολιθικής εγκατάστασης, *ΑΕΘΣΕ* 1, 607-617.
- Parasnis D.S., 1997. *Principles of Applied Geophysics*³, London.
- Scollar I. – Weidner B. – Segeth K., 1986. Display of archaeological magnetic data, *Geophysics* 51, 3, 623-633.
- Tsokas G.N., 1980. *A deep electrical sounding 10.5 km West of Duns in Scotland. M.*, Leeds (αδ. διδ. διατριβή).

Τσόκας Γ.Ν., 1990. *Εισαγωγή στις μεθόδους ανάλυσης και ερμηνείας γεωλογικών παρατηρήσεων*, Θεσσαλονίκη.

Tsokas G.N. – Dimitropoulos K., 1989. Can the geophysical maps over buried ancient sites reveal specific structures, if correlated to predetermined signals?, στο Vogel A. – Ofoegbu G.O. – Gorenflo R. – Ursin B. (επιμ.), *Geophysical data inversion. Methods and applications*, Vieweg, 297-313.



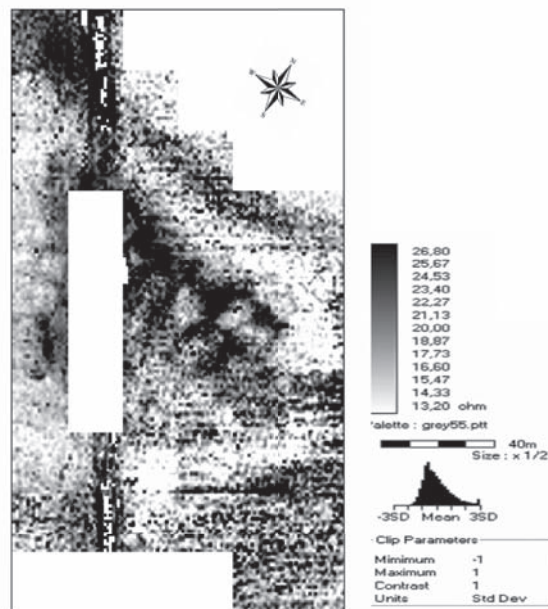
Εικ. 1. Σχηματική παράσταση της διάταξης διδύμου ηλεκτροδίου (Tsokas *et al.* 1993).



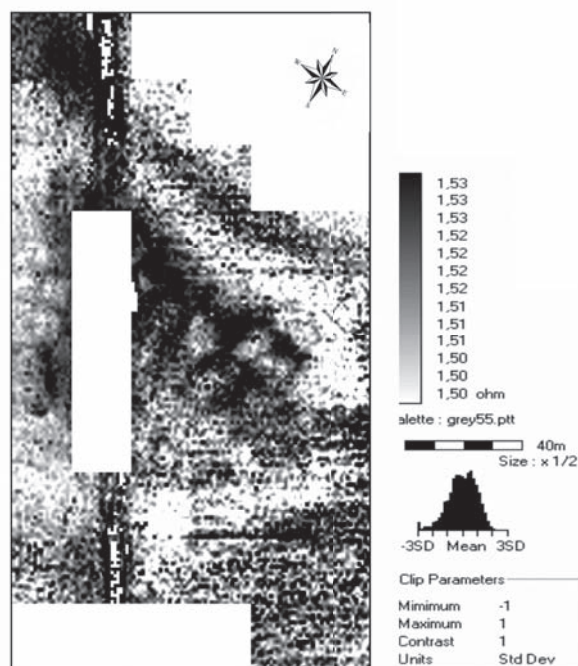
Εικ. 2. Το συνεργείο κατά τη διάρκεια μετρήσεων ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο Νέο Μοναστήρι.



Εικ. 3. Τα κελιά (τετράγωνα) διαστάσεων 20x20 m² που υλοποιήθηκαν στο χώρο έρευνας, στη θέση Κουτρολού Μαγούλα στο Νέο Μοναστήρι.



Εικ. 4. Παρουσίαση της κατανομής της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους στο χώρο έρευνας. Η εικόνα παρουσιάζεται έτσι ώστε οι υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης να εμφανίζονται με σκοτεινούς τόνους του γκρι χρώματος. Ο πίνακας των δεδομένων υπέστη μεγέθυνση.



Εικ. 5. Παρουσίαση της κατανομής της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους στο χώρο έρευνας. Τα δεδομένα υπέστησαν επιπλέον συμπίεση του δυναμικού εύρους.