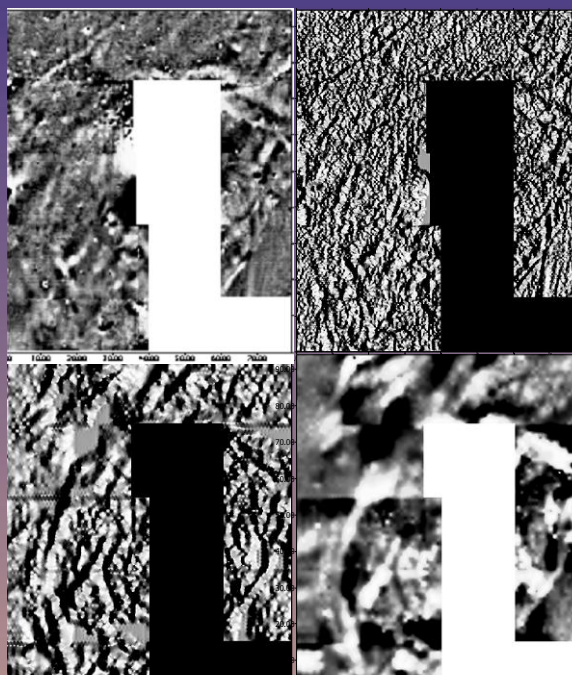
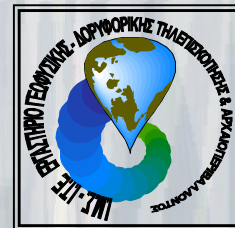




**ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**  
**του έργου των ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ**  
**ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ, ΣΕΣΚΛΟΥ**  
**(2002)**



*Dr. Απόστολος Σαρής*

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ  
&  
ΑΡΧΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ**

**Ρέθυμνο  
8 Μαΐου 2003**

**Περιεχόμενα**

#	Κεφάλαιο	σελίδα
1.	<i>Εισαγωγή</i>	2
2.	<i>Αρχές των Μαγνητικών και Ηλεκτρικών διασκοπήσεων</i>	4
	Μαγνητικές Τεχνικές	4
	Ηλεκτρικές Διασκοπήσεις	5
3.	<i>Μεθοδολογία</i>	7
	Γεωφυσικά Όργανα	7
	Μετρήσεις Υπαίθρου	7
	Διαδικασία και Στάδια Επεξεργασίας	7
4.	<i>Αποτελέσματα Γεωφυσικών Ερευνών</i>	9
5.	<i>Γενικά Συμπεράσματα</i>	19
	<i>Επιλεγμένη Βιβλιογραφία</i>	22



## 1. Εισαγωγή.

Οι γεωφυσικές έρευνες στην αρχαιολογική περιοχή Πύργου, Σέσκλου διενεργήθηκαν στον λόφο του Πύργου, που βρίσκεται βόρεια από τον λόφο «Καστράκι».

Η θέση είχε διερευνηθεί από τον Χ. Τσουντα στις αρχές του αιώνα, ενώ ανασκαφές έχουν διενεργηθεί από την Γ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασσικών Αρχαιοτήτων Βόλου σε διάφορα τμήματα του αρχαιολογικού χώρου από το 1979. Οι ανασκαφές της Γ' Ε.Π.Κ.Α. έχουν αποκαλύψει λείψανα της Νεότερης Νεολιθικής περιόδου (ημιυπαίθριο χώρο Νεολιθικής οικίας, τοιχοδομές, λιθοσωρούς, ταφές, κινητά ευρήματα, κ.α.), καθώς και αρχιτεκτονικά λείψανα του 5<sup>ου</sup> ή 4<sup>ου</sup> αι. π.Χ.

Η περιοχή γύρω από την αρχαιολογική θέση παρουσιάζει έντονα φαινόμενα κατολισθήσεων και ρηγμάτων που έχουν προκληθεί από το λατομείο εξόρυξης αργίλου της Α.Γ.Ε.Τ. ΗΡΑΚΛΗΣ. Η τελευταία έχει εκπονήσει μελέτη για την αποκατάσταση της περιοχής, με στόχο να μὴν θιγούν τα αρχαιολογικά στρώματα του χώρου. Σκοπός των γεωφυσικών ερευνών ήταν η χαρτογράφηση των υπεδάφειων στόχων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και η οριοθέτηση της έκτασης των υπεδάφειων αρχιτεκτονικών λειψάνων.

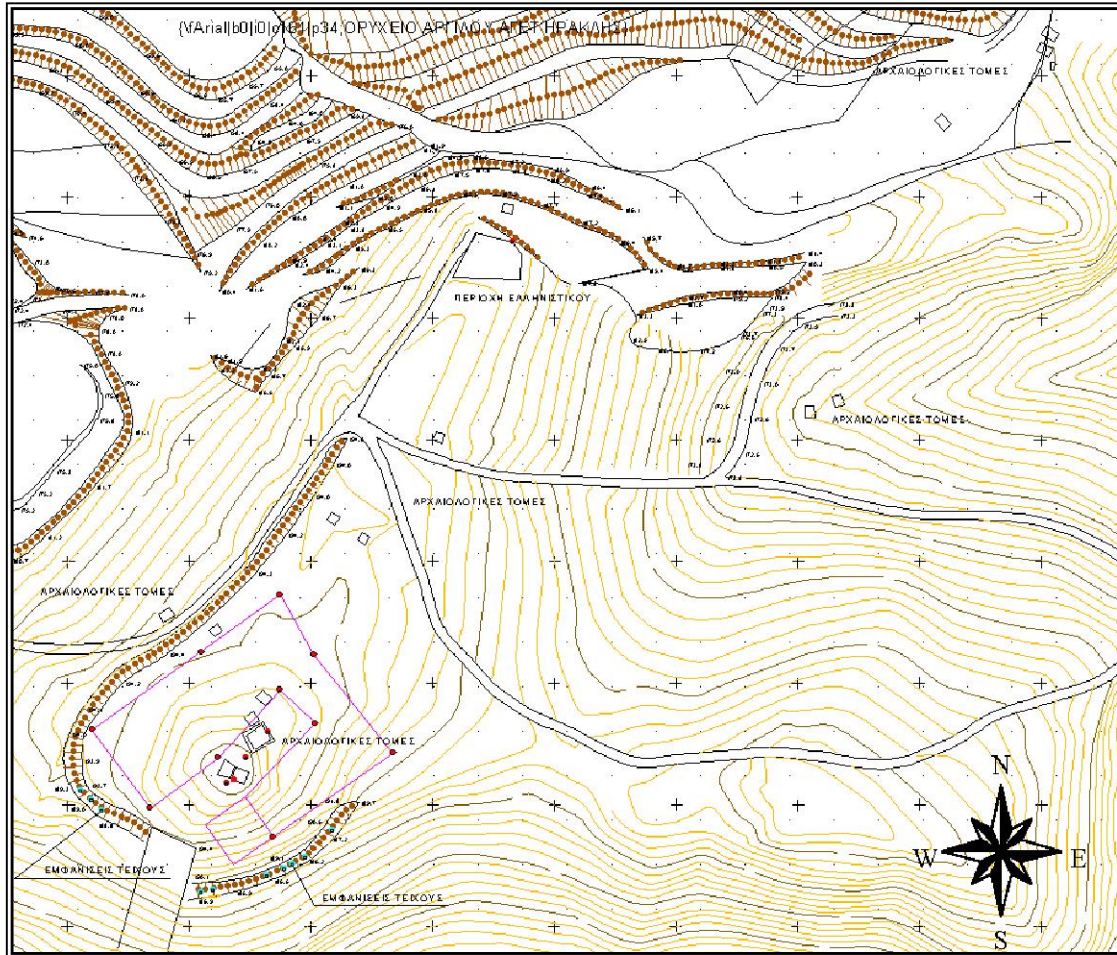
Η γεωφυσική χαρτογράφηση του αρχαιολογικού χώρου πραγματοποιήθηκε την περίοδο 13-17 Απριλίου 2003 από το Εργαστήριο Γεωφυσικής – Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος του Ινστιτούτου Μεσογειακών Σπουδών (Ίδρυμα Τεχνολογίας & Έρευνας) σε συνεργασία με την Γ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασσικών Αρχαιοτήτων (Ε.Π.Κ.Α.) Βόλου.

Ο Δρ. Α. Σαρρής ανέλαβε το συντονισμό των εργασιών υπαίθρου, σε συνεργασία και με τις υποδείξεις της κας Ευαγγελίας Σταμέλου, αρχαιολόγου της Γ' Ε.Π.Κ.Α., καθώς και του κ. Μάκη Χριστοφορίδη, μεταλλειολόγου της Α.Γ.Ε.Τ. ΗΡΑΚΛΗΣ.

Στις γεωφυσικές έρευνες συμμετείχαν επίσης οι παρακάτω ερευνητές:

1.	<i>Σοφία Τοπούζη</i>	MS, Πανεπιστήμιο Κρήτης Υποψήφια Διδάκτωρ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
2.	<i>Ελένη Μαύσση</i>	MS, University of Bradford
3.	<i>Νίκος Παπαδόπουλος</i>	Μεταπτυχιακός φοιτητής του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης

Οι γεωφυσικοί κάνναβοι τοποθετήθηκαν σε μία διάταξη η οποία εξυπηρετούσε τους σκοπούς της έρευνας (δηλ. την χαρτογράφηση του μεγαλύτερου τμήματος της περιοχής), ενώ συμμορφώνονταν πλήρως με τις απαιτήσεις της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε (π.χ. ικανοποιητική απόσταση από τα συρματοπλέγματα και νεώτερα κτίσματα, κ.α.). Ο κ. Γιώργος Κρητικός, τοπογράφος της Α.Γ.Ε.Τ. ΗΡΑΚΛΗΣ, συνείσφερε ουσιαστικά στην υλοποίηση των γεωφυσικών καννάβων και την ένταξη αυτών στο τοπογραφικό υπόβαθρο της περιοχής (Εικόνα 1.1.)



*Εικόνα 1.1.*

## 2. ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

Κατά την διάρκεια των γεωφυσικών ερευνών στον αρχαιολογικό χώρο του Πύργου, Σέσκλου, πραγματοποιήθηκαν μαγνητικές και ηλεκτρικές διασκοπήσεις. Οι γεωφυσικές αυτές τεχνικές επιλέχθηκαν ως τις πλέον κατάλληλες για το συγκεκριμένο πρόγραμμα, τις ανάγκες και τους στόχους της έρευνας, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της αρχαιολογικής θέσης και τα χαρακτηριστικά των αρχαιολογικών στόχων όσον αφορά τον εντοπισμό και την χαρτογράφηση αυτών. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι λόγω της φύσης και της έκτασης του αρχαιολογικού χώρου δόθηκε έμφαση στην λεπτομερή κάλυψη της περιοχής (high-resolution coverage) με βήμα δειγματοληψίας της τάξεως του 0,5 μέτρων για τις μαγνητικές διασκοπήσεις και 1 μέτρου για τις ηλεκτρικές διασκοπήσεις. Μία σύντομη ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων της κάθε μιας τεχνικής δίνεται στις επόμενες παραγράφους.

### **Μαγνητικές Τεχνικές**

Οι μαγνητικές διασκοπήσεις αποβλέπουν στην ανίχνευση των μαγνητικών ιδιοτήτων συγκεκριμένων στόχων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, μέσω της μέτρησης του τοπικού μαγνητικού πεδίου της γης σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους. Με την μέθοδο αυτή μπορεί να ανιχνευθεί η παρουσία μεταλλικών αντικειμένων καθώς και περιοχές με αυξημένη μαγνητική επιδεκτικότητα.

Υπεδάφειοι στόχοι με μαγνητικές ιδιότητες διαφορετικές από αυτές του περιβάλλοντος εδάφους αλλάζουν κατά μεγάλο ή μικρό βαθμό το τοπικό μαγνητικό πεδίο. Αυτή η μικρή παραμόρφωση του μαγνητικού πεδίου παρατηρείται σαν μία “ανωμαλία” στις μετρήσεις. Γενικά, η μεταβολή του τοπικού μαγνητικού πεδίου λόγω της ύπαρξης υπεδάφειων αρχαιολογικών υπολειμμάτων είναι σχετικά μικρή, λόγω της ασθενούς έντασης της παραμένουσας μαγνήτισης. Η μεταβολή αυτή αυξάνεται με την αύξηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας των αρχαιολογικών στόχων (φαινόμενα καύσης, σιδηρούχα συστατικά, κ.α.). Περιοχές με αυξημένη μαγνητική επιδεκτικότητα (σε σύγκριση με αυτή του περιβάλλοντος εδάφους) παρουσιάζονται σαν θετικές ανωμαλίες, ενώ περιοχές με μειωμένη μαγνητική επιδεκτικότητα παρουσιάζονται σαν αρνητικές ανωμαλίες. Και τα δύο είδη μαγνητικών ανωμαλιών είναι ενδιαφέροντα στην διαδικασία ερμηνείας των μαγνητικών δεδομένων. Τάφροι, εστίες καύσης, αρχιτεκτονικές δομές ή συγκεντρώσεις οργανικού υλικού μπορούν να δημιουργήσουν ισχυρές (θετικές ή αρνητικές) μαγνητικές ανωμαλίες.

Τα όργανα τα οποία απαιτούνται για τον εντοπισμό των αρχαιολογικών ερειπίων απαιτούν υψηλή ακρίβεια, μεγάλη ευαισθησία και αξιοπιστία των μετρήσεων. Για την μέτρηση του μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούνται συνήθως μαγνητόμετρα μέτρησης της ολικής έντασης του μαγνητικού πεδίου, ή διαφορικά μαγνητόμετρα για την μέτρηση της κατακόρυφης βαθμίδας του μαγνητικού πεδίου. Τα όργανα αυτά έχουν ακρίβεια της τάξεως 1-0.1 nT. Οι μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου πραγματοποιούνται με την τοποθέτηση του αισθητήρα σε μία σταθερή απόσταση από την επιφάνεια της γης. Οι μετρήσεις λαμβάνονται σε σταθερά διαστήματα (δηλ. με σταθερό βήμα δειγματοληψίας) σε ορθογώνιους καννάβους, σχετικά μικρών διαστάσεων (10x10m ή 20x20m).

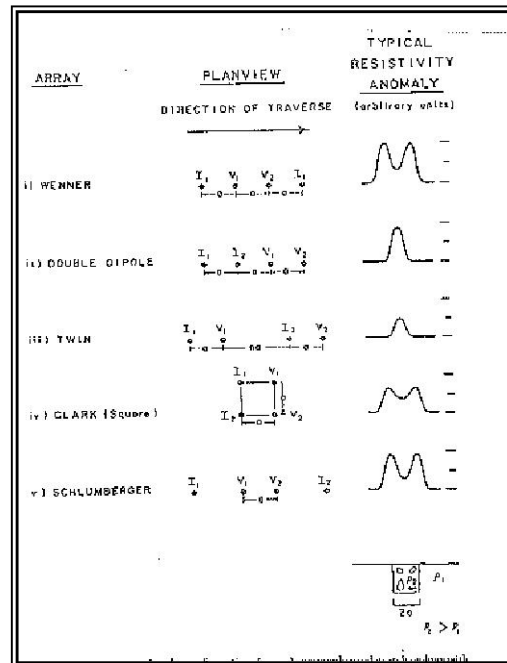


**EΙΚΟΝΑ 2.1.:** Το όργανο Geoscan Research FM36 που χρησιμοποιήθηκε κατά τις μαγνητικές διασκοπήσεις.

Στις γεωφυσικές έρευνες έγινε συστηματική χρήση μαγνητομέτρου ροής (Geoscan FM36 - Fluxgate Gradiometer) το οποίο μετρούσε την διαφορά της έντασης της κατακόρυφης συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικά επίπεδα (ύψη) από την επιφάνεια του εδάφους. Με την μέθοδο αυτή έγινε εφικτή η εξομάλυνση των γεωλογικών τάσεων, η άμβλυνση των εξωτερικών παρεμβολών λόγω της εγγύτητας της περιοχής σε συρματοπλέγματα και άλλους εξωγενείς παράγοντες θορύβου και η αποφυγή διορθώσεων λόγω της ημερήσιας μεταβολής της έντασης του ολικού μαγνητικού πεδίου. Η ακρίβεια των μαγνητικών μετρήσεων ήταν της τάξης των 0,1 nT/m. Η δειγματοληψία έγινε βαδίζοντας κατά 0,5m σε παράλληλες γραμμές που είχαν προσανατολισμό Νότο προς Βορρά (περίπου) και απέιχαν 0,5m μεταξύ τους ( $\Delta x=0,5m$ ,  $\Delta y=0,5m$ ). Το συγκεκριμένο βήμα δειγματοληψίας στις μαγνητικές διασκοπήσεις θεωρήθηκε αναγκαίο για την λεπτομερέστερη κάλυψη της περιοχής.

**Ηλεκτρικές Διασκοπήσεις.**

Οι ηλεκτρικές διασκοπήσεις χρησιμοποιούνται με σκοπό το διαχωρισμό στόχων με διαφορετική ηλεκτρική αντίσταση και ηλεκτροχημικές ιδιότητες. Οι γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις χρησιμοποιούν δύο ηλεκτρόδια ρεύματος για την διοχέτευση ρεύματος στο έδαφος και δύο ηλεκτρόδια για την μέτρηση της διαφοράς δυναμικού. Διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων έχουν χρησιμοποιηθεί στις ηλεκτρικές διασκοπήσεις (EIK. 2.2.). Στις αρχαιολογικές διασκοπήσεις χρησιμοποιούμε συνήθως την μέθοδο της Διπλής Διάταξης (Twin probe array), λόγω της εύκολης ερμηνείας των δεδομένων, της ταχύτητας κάλυψης του χώρου και της σχετικά καλής χωρικής διακριτικότητας της μεθόδου. Η μέθοδος της διπλής διάταξης χρησιμοποιεί δύο ακίνητα απομακρυσμένα ηλεκτρόδια (ένα για το ηλεκτρικό ρεύμα και ένα για το δυναμικό) σε απόσταση >15m (για άνοιγμα 1m των κινητών ηλεκτροδίων) από την εκάστοτε περιοχή έρευνας και δύο κινητά ηλεκτρόδια (ένα για το ηλεκτρικό ρεύμα και ένα για το δυναμικό) τα οποία κινούνται ταυτόχρονα και με σταθερό βήμα δειγματοληψίας εντός της υπό εξέταση περιοχής [Clark, 1990, Sarris, 1992].



**EIKONA 2.2.:** Τυπικές διατάξεις ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές διασκοπήσεις.

Η χωρική διακριτικότητα της διπλής διάταξης είναι της τάξεως του 1,0α, ενώ το βάθος ανίχνευσης δύναται να φθάσει το 1,0-2,0α, όπου α είναι το άνοιγμα των κινητών ηλεκτροδίων (στην περίπτωση της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε άνοιγμα κινητών ηλεκτροδίων α=1m. Στις γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις με την μέθοδο της διπλής διάταξης χρησιμοποιείται ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1mA σε συχνότητα 137,5Hz, προκειμένου να αποφευχθούν παρεμβολές από διάφορες αρμονικές συχνότητες που προέρχονται από γραμμές ηλεκτροδότησης. Η ακρίβεια των μετρήσεων ήταν της τάξεως των 0.1 Ω.

Στις ηλεκτρικές διασκοπήσεις, οι “ανωμαλίες” ορίζονται σαν μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου ή της πυκνότητας του ρεύματος οι οποίες οφείλονται σε διαταραχές εξαιτίας στόχων με διαφορετική αντίσταση (ή αγωγιμότητα) από το περιβάλλον έδαφος. Αρχιτεκτονικές δομές, κενά, κτιριακά λείψανα και πετρώδη εδάφη παρουσιάζουν ισχυρό σήμα και εγγράφονται σαν ισχυρές αντιστάσεις. Τάφροι, συσσώρευση οργανικού υλικού

και αγωγή εδάφη και στόχοι παρουσιάζουν ασθενές σήμα και εγγράφονται σαν ασθενείς αντιστάσεις.

Η χαρτογράφηση των μαγνητικών και ηλεκτρικών δεδομένων επιτρέπει την μελέτη ανωμαλιών οι οποίες μπορούν να δικαιολογηθούν από την παρουσία αρχαιολογικών στόχων μικρού βάθους. Το βάθος των διασκοπήσεων εξαρτάται από το αντίστοιχο ύψος του αισθητήρα (για τις μαγνητικές μετρήσεις), το άνοιγμα των κινητών ηλεκτροδίων (για τις ηλεκτρικές διασκοπήσεις) και την απόσταση των πηνίων (για τις ηλεκτρομαγνητικές διασκοπήσεις).

*Η ερμηνεία των γεωφυσικών ανωμαλιών εξαρτάται από εμπειρικές γνώσεις και θεωρητικές υποθέσεις (μοντέλα). Τα αποτελέσματα της ερμηνείας δεν μπορούν να θεωρηθούν πάντα αδιάψευστα. Οι γεωφυσικές ανωμαλίες μπορούν να σχετίζονται με γεωλογικά ή επιφανειακά φαινόμενα και άλλες εξωγενείς παραμέτρους. Μία μεθοδικότερη και αποτελεσματικότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων των γεωφυσικών διασκοπήσεων μπορεί να επιτευχθεί με την στενότερη συνεργασία γεωφυσικών και αρχαιολόγων, καθώς επίσης και με την δειγματοληπτική επιβεβαίωση ή απόρριψη συγκεκριμένων γεωφυσικών ανωμαλιών [Aitken, 1974, Weymouth, 1986, Sarris, 1994b, Sarris & Jones, 2000]. Για την αποδοτικότερη αξιοποίηση των αποτελεσμάτων θα πρέπει να υπάρχει συνεχής επικοινωνία μεταξύ της ομάδας των αρχαιολόγων και της αντίστοιχης των γεωφυσικών έτσι ώστε η εξέταση των γεωφυσικών μετρήσεων να γίνεται υπό το φως των αρχαιολογικών δεδομένων.*



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### *Γεωφυσικά όργανα*

Στις γεωφυσικές έρευνες χρησιμοποιήθηκαν ένα όργανο μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους (Geoscan RM15, Resistance Meter) σε διπλή διαξή (Twin Probe Array) και ένα διαφορικό μαγνητόμετρο ροής για την μέτρηση της κάθετης συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου της γής (Geoscan FM36 - Fluxgate Gradiometer). Με αυτόν τον τρόπο μετρήθηκαν η ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους και το τοπικό μαγνητικό πεδίο σε βάθη μέχρι 1-2 m από την επιφάνεια του εδάφους. Σκοπός των γεωφυσικών μελετών ήταν η διερεύνηση του ενδεχομένου παρουσίας αρχαιολογικών μνημείων κάτω από το έδαφος μέσω της καταγραφής γεωφυσικών ανωμαλιών μικρού βάθους, καθώς και η αποτύπωση των τελευταίων στο γεωφυσικό χάρτη.

#### *Μετρήσεις Υπαίθρου*

Οι γεωφυσικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν με συστηματικό τρόπο. Μετρήσεις ελήφθησαν με βήμα δειγματοληψίας 0,5m για τις μαγνητικές τεχνικές και 1m για τις ηλεκτρικές τεχνικές. Το συγκεκριμένο βήμα δειγματοληψίας στις μαγνητικές διασκοπήσεις θεωρήθηκε αναγκαίο για την ταχεία και ευρύτερη κάλυψη της περιοχής και την όσο το δυνατόν πιο λεπτομερή αποτύπωση των αρχαιολογικών λειψάνων.

Κατά την διάρκεια της μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η διπλή διάταξη ηλεκτροδίων με σκοπό να αυξηθεί η κινητικότητα της ομάδας που συμμετείχε στις έρευνες και να γίνει εφικτή η μεγαλύτερη κάλυψη του χώρου. Η απόσταση των κινητών ηλεκτροδίων ήταν 0.5m, ενώ η απόσταση μεταξύ των σταθερών απομακρυσμένων ηλεκτροδίων ήταν περίπου 1-1,5m. Οι αποστάσεις αυτές διευκολύνουν τον διαχωρισμό των γεωφυσικών ανωμαλιών και των εντοπισμό “στόχων” έως ένα βάθος 1,0 - 1,5 m. Η ακρίβεια μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης του εδάφους ήταν της τάξεως του 0,1 Ohm.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ολόκληρη η περιοχή ενδιαφέροντος καλύφθηκε και με τις δύο τεχνικές. Η αναγκαιότητα της κάλυψης του χώρου με περισσότερες από μία τεχνικές που μετρούν διαφορετικές ιδιότητες του εδάφους είναι εμφανής, αφού συμβάλλουν στην αύξηση των πληροφοριών και στη διευκόλυνση της ερμηνείας των γεωφυσικών χαρτών. Η εφαρμογή διαφορετικών τεχνικών σε αρχαιολογικές θέσεις όπου υπάρχουν διαβρωμένα ή κατεστραμμένα αρχιτεκτονικά λείψανα είναι απαραίτητη λόγω της δυσκολίας που υπάρχει στην χαρτογράφηση των υπεδάφειων ερειπίων.

#### *Διαδικασία και Στάδια Επεξεργασίας*

Η επεξεργασία των γεωφυσικών μετρήσεων άρχισε από τις πρώτες ημέρες του προγράμματος. Μετά από τις εργασίες υπαίθρου, γινόταν καταχώρηση των μετρήσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, επαλήθευση αυτών και μία αρχική επεξεργασία έτσι ώστε να γίνεται παρακολούθηση της πορείας των γεωφυσικών διασκοπήσεων και αποτελεσμάτων.

Οι μαγνητικές μετρήσεις δεν χρειάστηκαν διόρθωση για την ημερήσια μεταβολή του μαγνητικού πεδίου (λόγω της χρήσης του συγκεκριμένου οργάνου). Τα πρωταρχικά δεδομένα (μαγνητικά και ηλεκτρικά) καταχωρήθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ενώ η ονομασία των φακέλων έγινε με βάση την κωδικοποίηση των γεωφυσικών καννάβων. Διάφορα λογισμικά επέτρεψαν την μετατροπή των πρωταρχικών δεδομένων με την μορφή συντεταγμένων (x,y,z - .xyz). Η μετατροπή αυτή ήταν αναγκαία για την μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων. Η αλλαγή των συντεταγμένων ήταν επιβεβλημένη για την σύνθεση των γεωφυσικών δεδομένων σε ένα “μωσαϊκό” με συντεταγμένες παρόμοιες με αυτές του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής. Η καλύτερη σύνδεση μεταξύ των γεωφυσικών



καννάβων επιτεύχθηκε με την στατιστική ανάλυση των κοινών γραμμών αλληπάλληλων καννάβων ή τον μέσο όρο των τιμών των γειτονικών καννάβων. Ένας διορθωτικός συντελεστής εφαρμόστηκε σε όλα τα δεδομένα, διαφορετικός παράγοντας ανα κάρναβο και ανα μέθοδο, με σκοπό να ομαλοποιήσει τον μέσο όρο των δεδομένων και να φέρει αυτά σε ένα κοινό επίπεδο αναφοράς, έτσι ώστε να μην εμφανίζονται ασυνέχειες στις ενώσεις των γεωφυσικών καννάβων. Επίσης, σε ορισμένα τμήματα της περιοχής που διερευνήθηκε, έγινε αναγωγή όλων των μετρήσεων ανά γραμμή σε ένα κοινό επίπεδο αναφοράς, έτσι ώστε να εξομαλυνθούν περιοχές με έντονες επιφανειακές ανωμαλίες.

Τα περισσότερα δεδομένα επεξεργάστηκαν με μία συγκεκριμένη μεθοδολογία. Η χαρτογράφηση των δεδομένων έγινε με την χρήση αλγόριθμων παρεμβολής (cubic spline interpolation). Σε συγκεκριμένα δεδομένα (ιδιαίτερα μαγνητικά δεδομένα) έγινε επιλεκτική αποβολή του θορύβου, ο οποίος οφείλεται στην παρουσία μεταλλικών αντικειμένων. Η απομάκρυνση μιας πρωτοβάθμιας επιφάνειας των γεωλογικών τάσεων (μαγνητικών και ηλεκτρικών αντιστοίχως) (removal of trend) με παρεμβολή των ελαχίστων τετραγώνων βοήθησε στην εξομάλυνση των γεωλογικών τάσεων και έδωσε έμφαση στις επιφανειακές ανωμαλίες. Η εφαρμογή φίλτρου ενίσχυσης των υψηλών συχνοτήτων (residuals ή gradient), παρόμοια με τον υπολογισμό της δεύτερης παραγώγου του μαγνητικού δυναμικού πεδίου (για τα μαγνητικά δεδομένα) βελτίωσε τις λεπτομέρειες των πιο σημαντικών ανωμαλιών και τόνισε το περίγραμμά τους. Το ίδιο αποτέλεσμα επιτεύχθηκε μέσω της συμπίεσης του δυναμικού εύρους τιμών των μετρήσεων.

**Συνοπτικά, η διαδικασία της επεξεργασίας των μετρήσεων συμπεριέλαβε τα ακόλουθα βήματα:**

Μετατροπή των πρωταρχικών δεδομένων με την μορφή συντεταγμένων (x,y,z).  
Αλλαγή συντεταγμένων σε τοπικό σύστημα αναφοράς για την δημιουργία του μωσαϊκού των γεωφυσικών καννάβων  
Στατιστική ανάλυση των μετρήσεων σε κάθε κάρναβο και αναγωγή όλων των μετρήσεων σε κοινό επίπεδο αναφοράς (0-level)  
Σύνθεση των γεωφυσικών καννάβων μέσω της εφαρμογής διορθωτικού παράγοντα για την ομαλοποίηση ασυνεχειών στις συνδέσεις μεταξύ των καννάβων  
Despiking – εξάλειψη ακραίων τιμών που οφείλονται σε εξωγενείς πηγές ή θόρυβο.  
Συμπίεση του δυναμικού εύρους των μετρήσεων για τον τονισμό των ασθενών ανωμαλιών  
Εξομάλυνση μετρήσεων κατά μήκος των γραμμών των καννάβων σε περιοχές με έντονο θόρυβο  
Δημιουργία έγχρωμων και ασπρόμαυρων χαρτών μέσω αλγόριθμων παρεμβολής

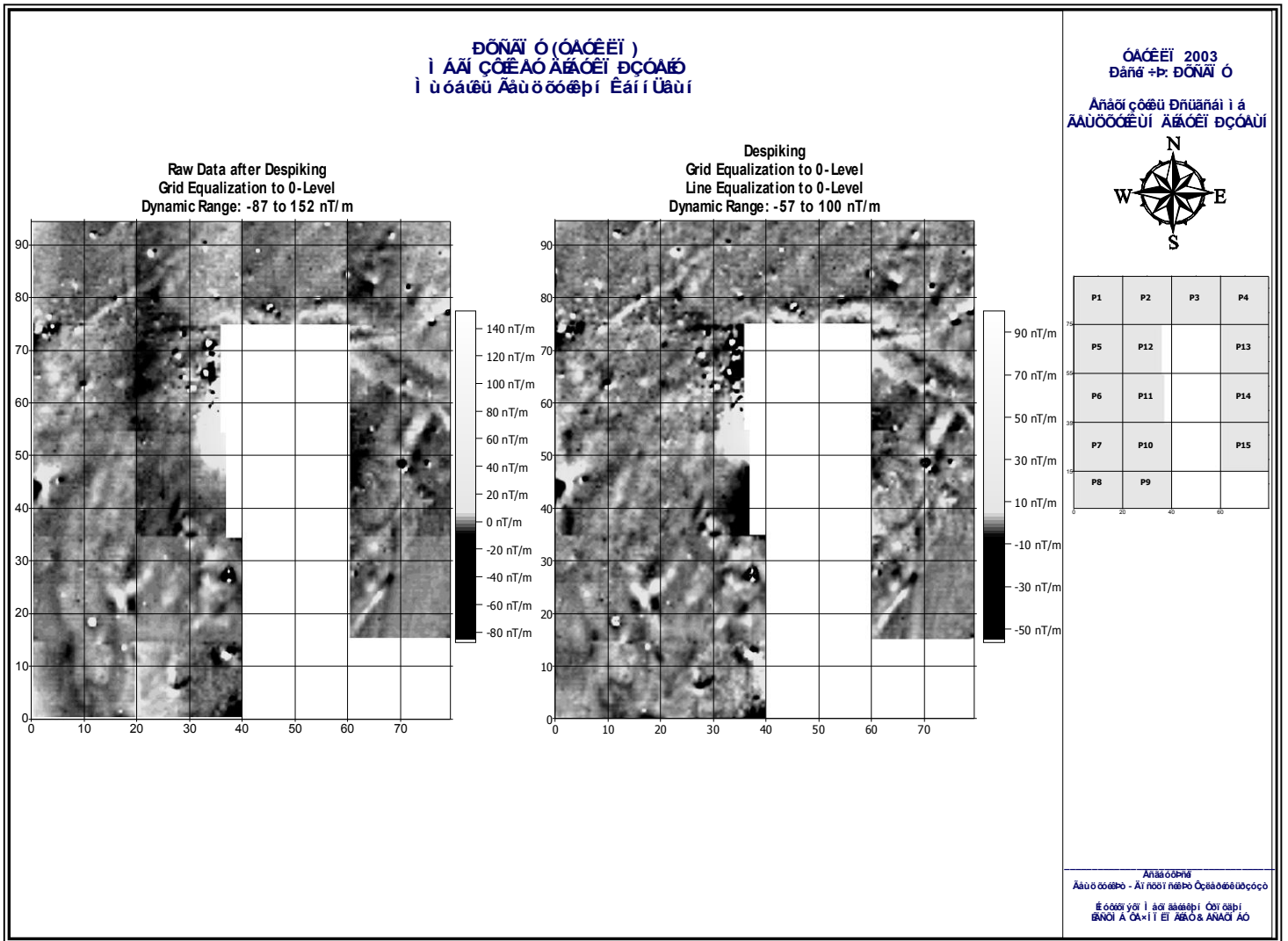
#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Τα αποτελέσματα των γεωφυσικών ερευνών είναι ιδιαίτερα επιτυχή σε σχέση με την αποτύπωση των υπεδάφειων χαρακτηριστικών του λόφου του Πύργου και την απεικόνιση των αρχιτεκτονικών λειψάνων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Τα αποτελέσματα των γεωφυσικών διασκοπήσεων στην ευρύτερη περιοχή συνοψίζονται στις Εικόνες 4.1-4.9, όπου έχει γίνει η χαρτογράφηση των μετρήσεων των ηλεκτρικών και μαγνητικών μετρήσεων (μετά από επεξεργασία αυτών).

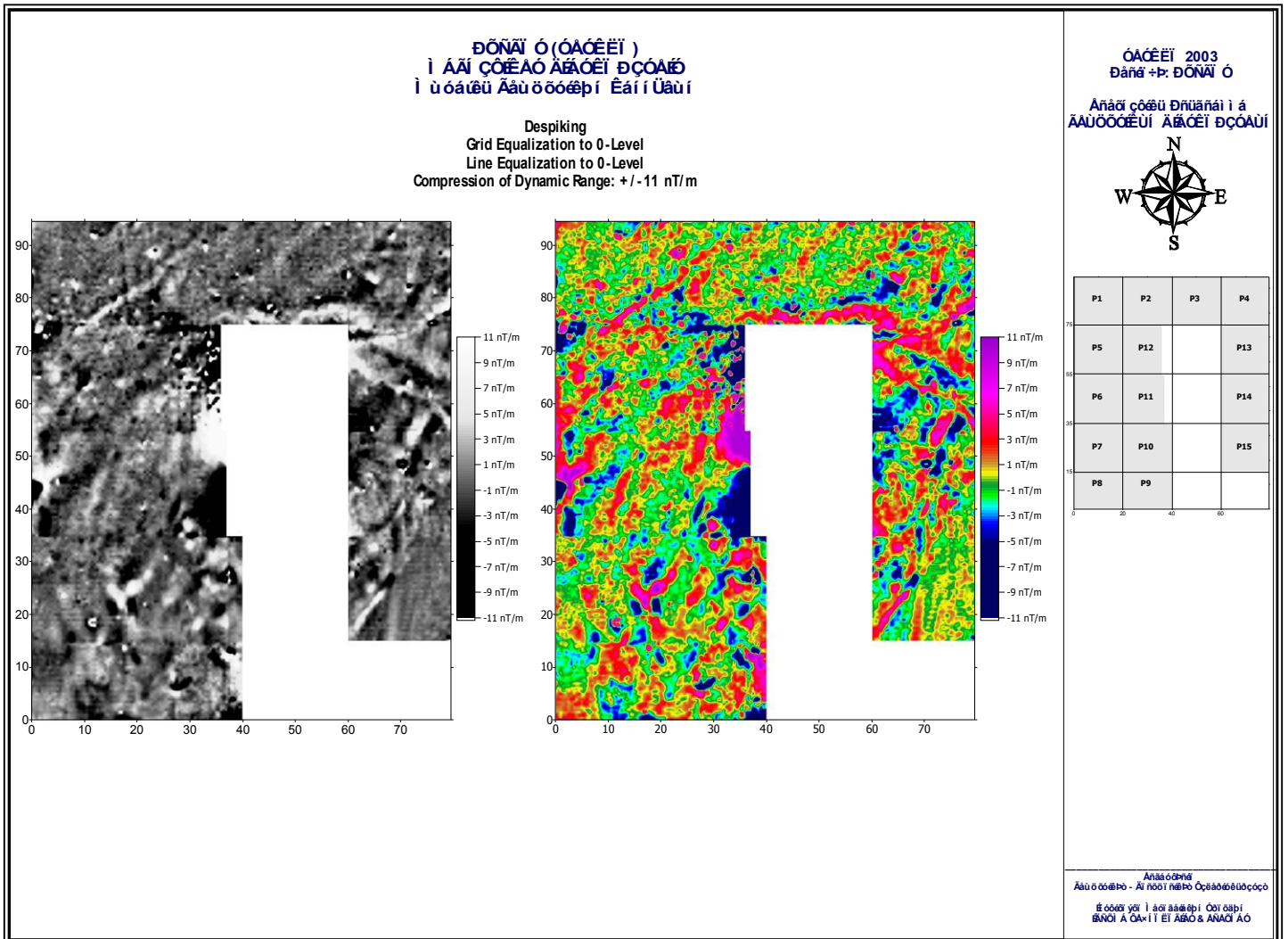
Από τους χάρτες αυτούς διαπιστώνουμε την ύπαρξη αρχιτεκτονικών λειψάνων που εκτείνονται στο κεντρικό τμήμα των χαρτών και γύρω από την κορυφή του λόφου. Πιο συγκεκριμένα, οι μαγνητικές μετρήσεις, μετά από την αναγωγή όλων των μετρήσεων των καννάβων σε κοινό επίπεδο αναφοράς (0-level) και την δημιουργία του μωσαϊκού των καννάβων (Εικόνα 4.1), παρουσιάζουν ένα σύνολο γραμμικών ανωμαλιών υψηλής έντασης της κατακόρυφης μαγνητικής βαθμίδας, οι οποίες φαίνεται να διατρέχουν περιμετρικά γύρω από την κορυφή του λόφου. Οι ανωμαλίες αυτές εμφανίζονται πιο έντονες στους χάρτες της Εικόνας 4.2., μετά από την συμπίεση του δυναμικού εύρους των τιμών από [-57, 100 nT/m] σε [-11, 11 nT/m]. Τα γραμμικά χαρακτηριστικά των μαγνητικών μετρήσεων είναι ακόμα πιο ευδιάκριτα μετά από την εφαρμογή φίλτρων διευθύνσεων (Εικόνα 4.3.). Στους χάρτες της Εικόνας 4.4. παρουσιάζεται η χαρτογράφηση των ακραίων (μέγιστα και ελάχιστα) τιμών των μαγνητικών μετρήσεων και μία διαγραμματική απεικόνιση των μαγνητικών ανωμαλιών.

Τα περισσότερα από τα αρχιτεκτονικά λείψανα του χώρου δεν είναι ιδιαίτερα ευδιάκριτα, γεγονός το οποίο υποδεικνύει την κακή κατάσταση διατήρησης αυτών. Από την άλλη πλευρά, η ελλειψοειδής μορφή των υψηλών μαγνητικών μετρήσεων που φαίνεται να περικλείει την κορυφή του λόφου είναι ιδιαίτερα εμφανής, ενώ υποδηλώνεται με παρόμοιο τρόπο και στους χάρτες των μετρήσεων της ηλεκτρικής αντίστασης (Εικόνα 4.5). Είναι πιθανόν, η εκτεταμένη αυτή ανωμαλία (που αποτελείται από τα τμήματα A4, A5, A6 & A7) να οφείλεται σε κάποιο περίβολο οικισμού. Η διακύμανση του πλάτους της ανωμαλίας αυτής (2-5m) υποδηλώνει ότι δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση διατήρησης. Η ένδειξη του περιβάλλοντος ενισχύεται από την παρουσία ορθογώνιων χαρακτηριστικών εντός αυτού, όπως οι A1, A2 και A3, οι οποίες είναι πιθανόν να προέρχονται από λείψανα αρχιτεκτονικών δομών. Αντιθέτως, οι ισχυρές ανωμαλίες που φαίνονται στα όρια των καννάβων P11 & P12 (δηλαδή στην περιοχή  $x=32-37E$ ,  $y=35-60N$ ) οφείλονται στην εγγύτητα των καννάβων προς την αρχαιολογική τομή που καλύπτεται από μεταλλική στέγη. Καλύτερα αποτελέσματα υπάρχουν στην περιοχή των νεότερων ανασκαφικών τομών (δηλαδή στην περιοχή  $x=32-37E$ ,  $y=65-75N$ ), όπου άν και είναι εμφανής ο θόρυβος που οφείλεται σε μεμονωμένα μεταλλικά αντικείμενα πλησίον των τομών, υπάρχουν ενδείξεις της προέκτασης του υποψήφιου περιβάλλοντος (ανωμαλία A5). Τέλος, διάφορες άλλες γραμμικές ανωμαλίες εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της ερευνημένης περιοχής, οι περισσότερες εκ των οποίων έχουν μία διεύθυνση BA-NA.

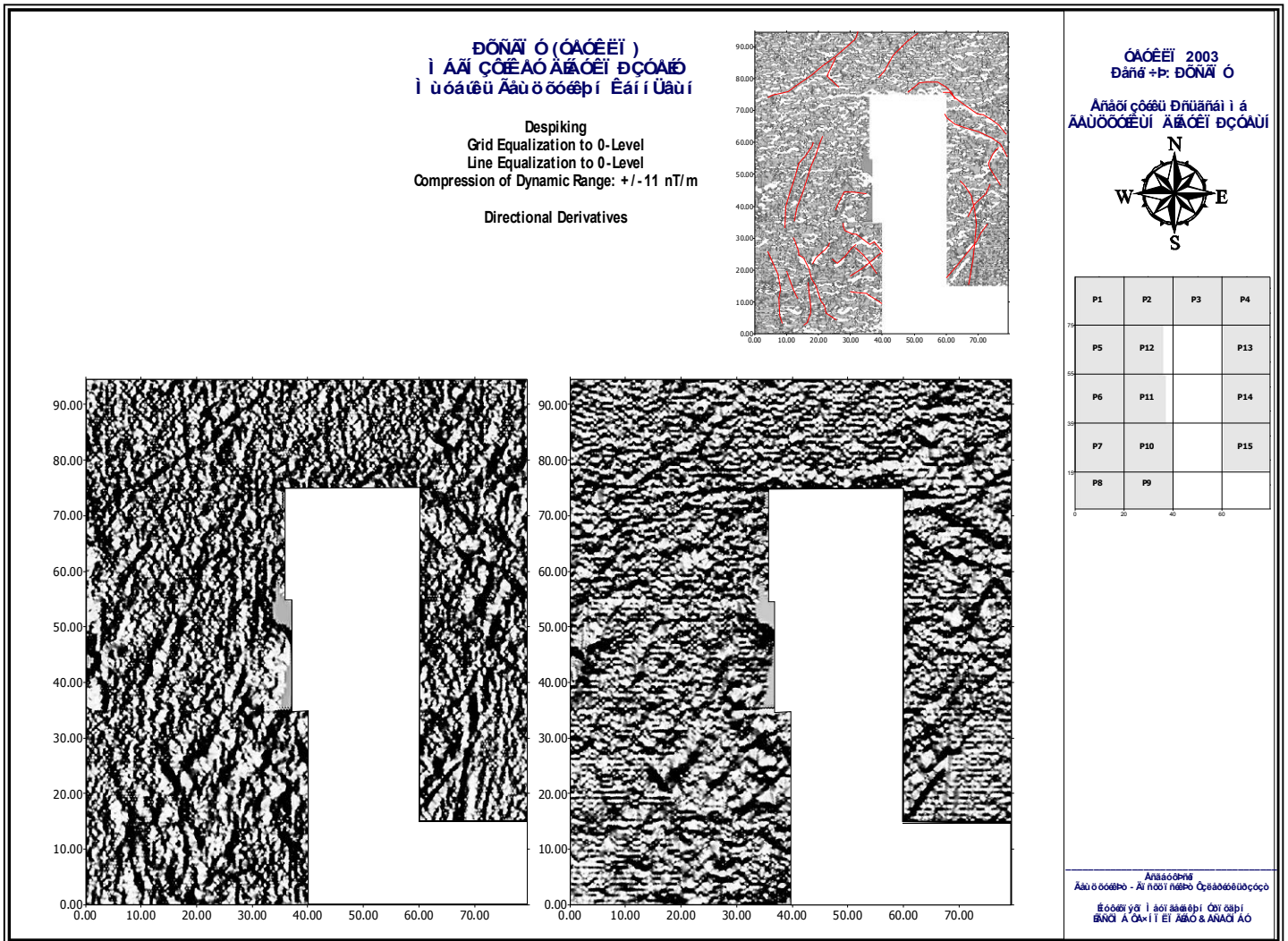
Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης των ηλεκτρικών μετρήσεων παρουσιάζουν μεγάλη συμφωνία με τα αντίστοιχα των μαγνητικών δεδομένων. Ο υποψήφιος περίβολος εμφανίζεται ως ανωμαλία υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης, όπως ήταν αναμενόμενο. Το ελλειψοειδές σχήμα αυτού είναι διακριτό στο μωσαϊκό των καννάβων (Εικόνα 4.6) καθώς και στα αποτελέσματα της εφαρμογής φίλτρων διεύθυνσης (Εικόνα 4.7). Οι παραπάνω χάρτες υποδηλώνουν επίσης την πιθανή παρουσία εσωτερικών περιβόλων στην περιοχή ( $x=25-35E$ ,  $y=25-45N$ ). Στους χάρτες της Εικόνας 4.8. παρουσιάζεται η χαρτογράφηση των ακραίων (μέγιστα και ελάχιστα) τιμών των ηλεκτρικών μετρήσεων και μία διαγραμματική απεικόνιση των ηλεκτρικών ανωμαλιών. Ιδιαίτερα εμφανής είναι επίσης μία αρχιτεκτονική κατασκευή, η οποία συμπίπτει σχεδόν απόλυτα με την μαγνητική ανωμαλία A2. Η συμφωνία των χαρακτηριστικών των μαγνητικών μετρήσεων με τις αντίστοιχες της ηλεκτρικής αντίστασης φαίνεται στην Εικόνα 4.9.



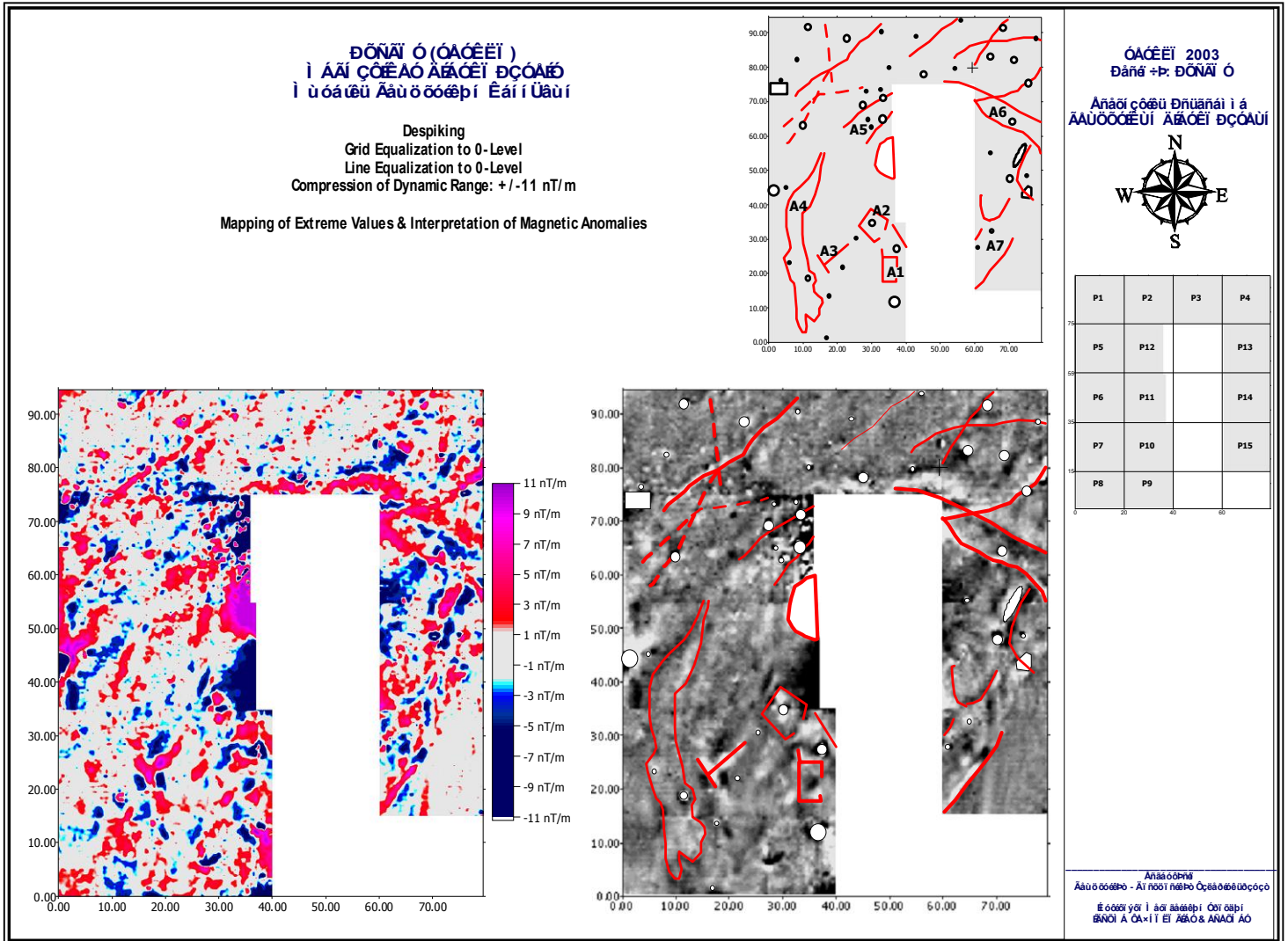
**Εικόνα 4.1.**



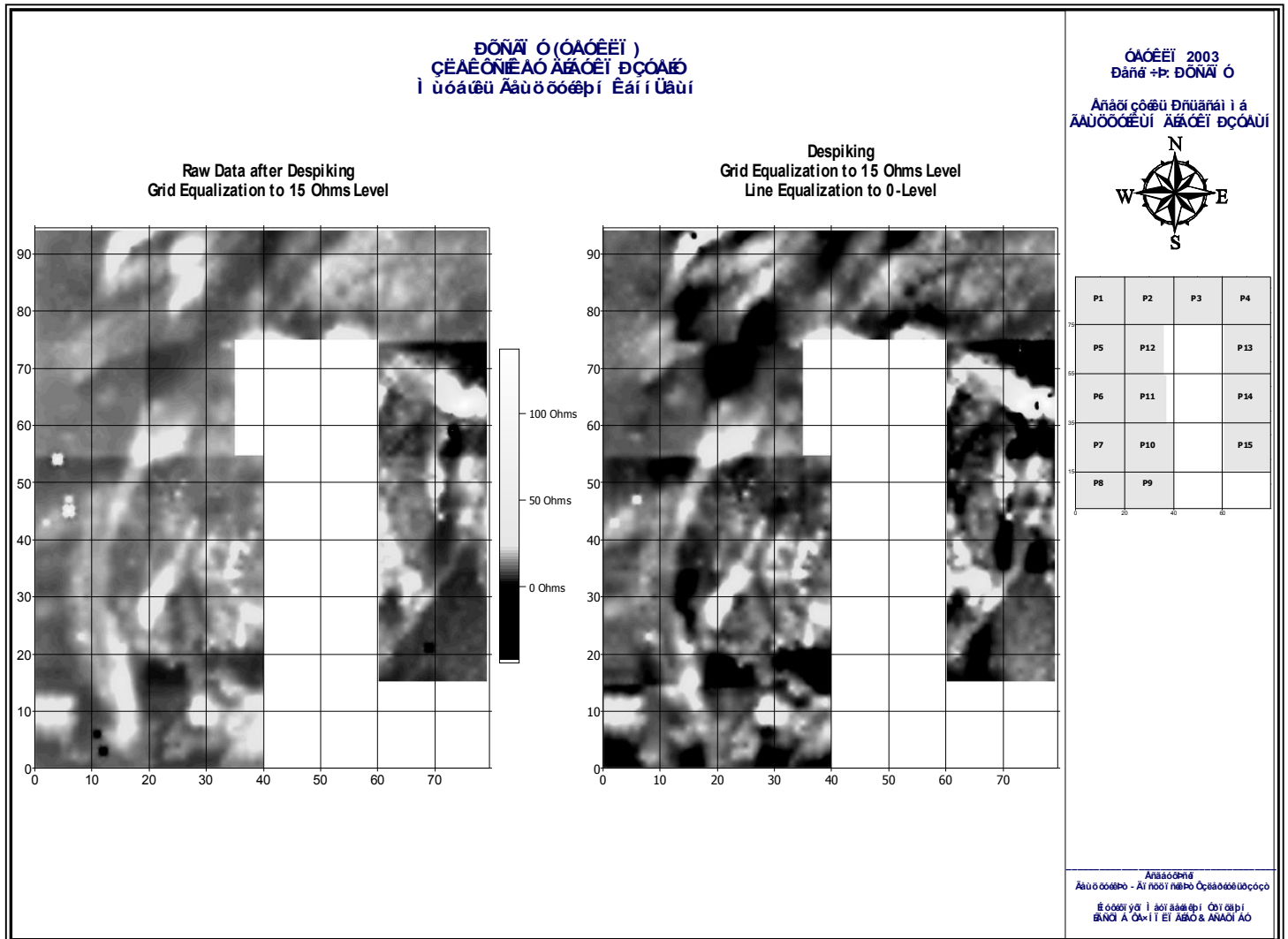
Εικόνα 4.2.



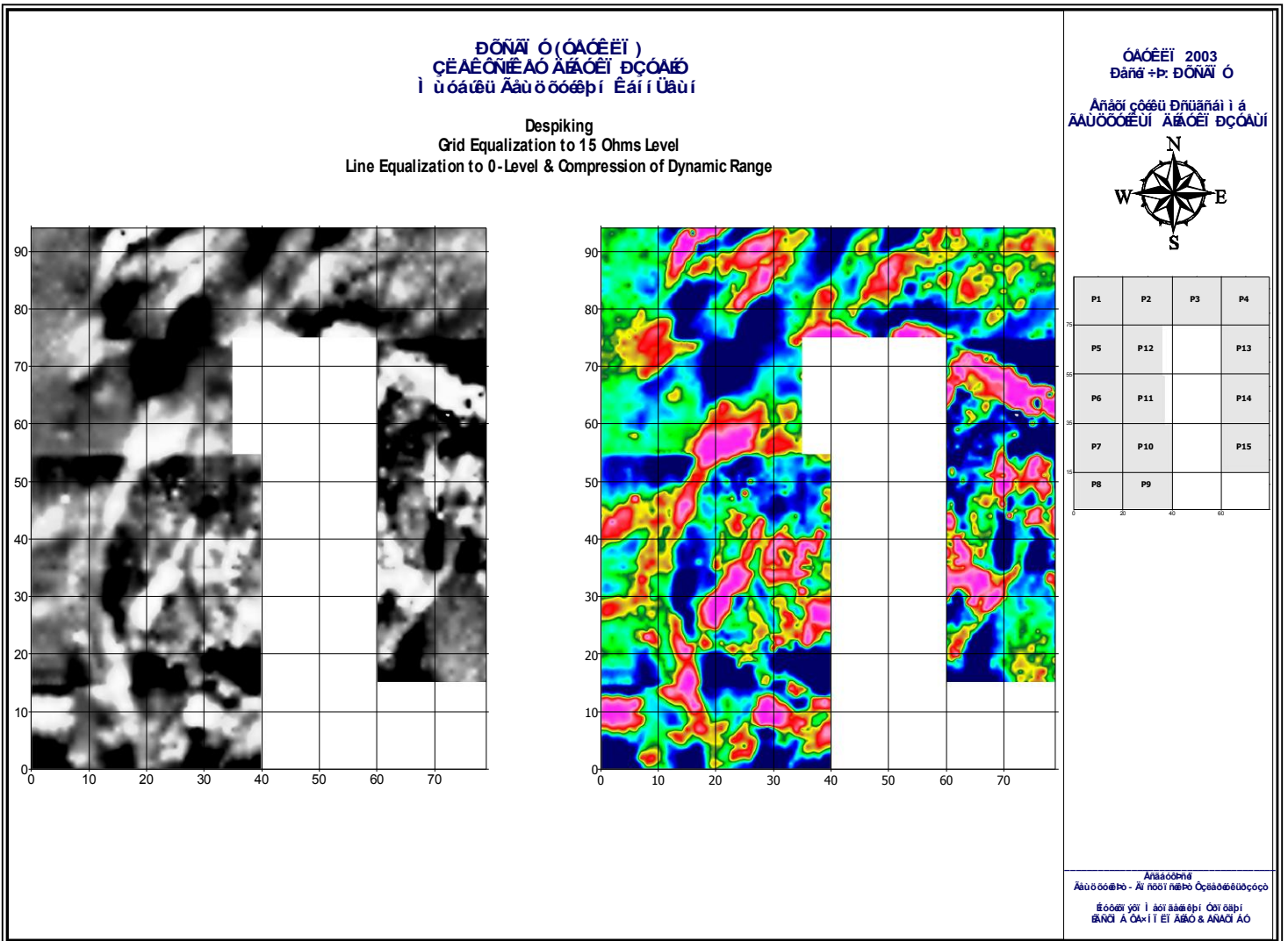
Εικόνα 4.3.



**Εικόνα 4.4.**

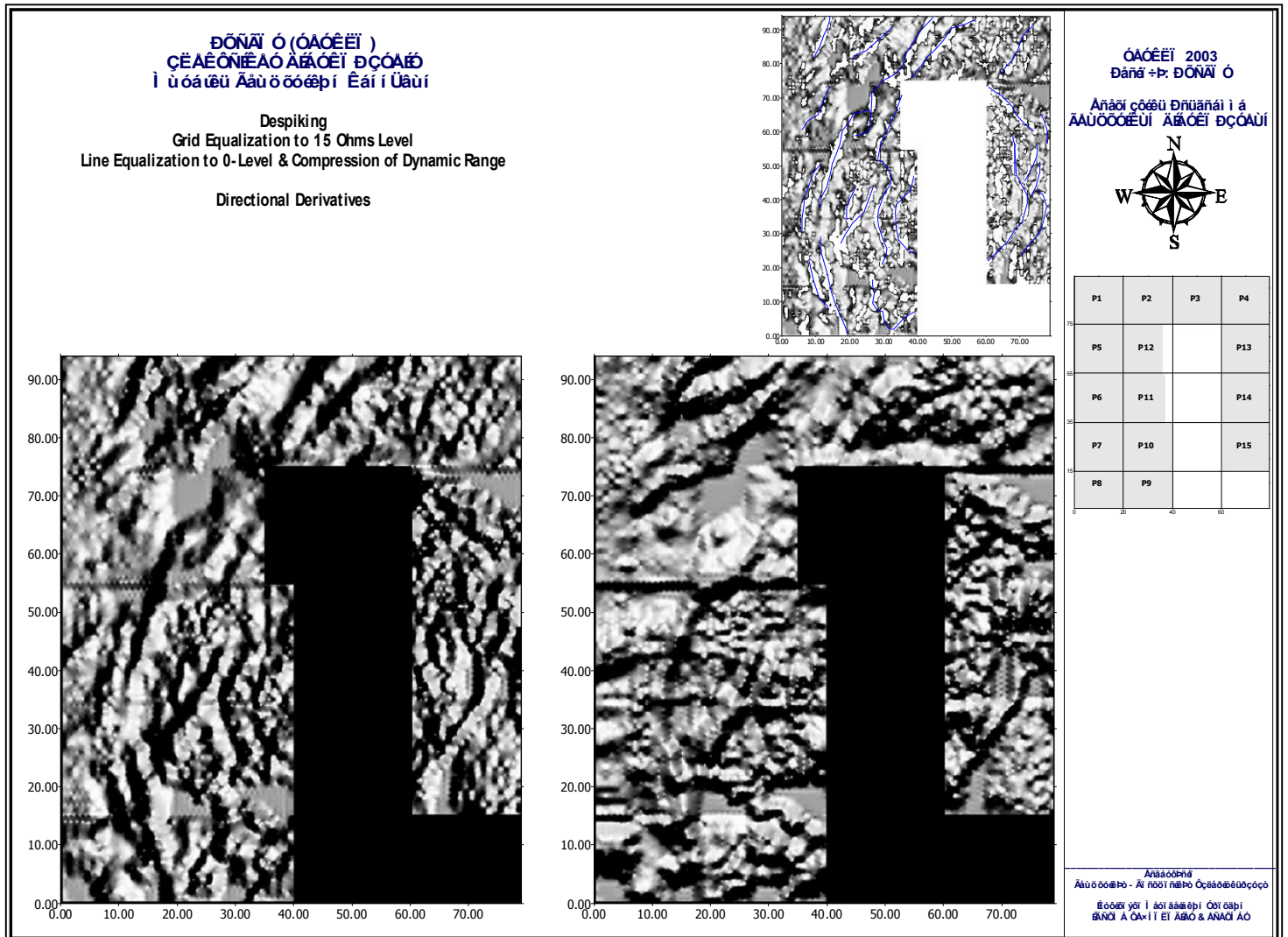


**Εικόνα 4.5.**

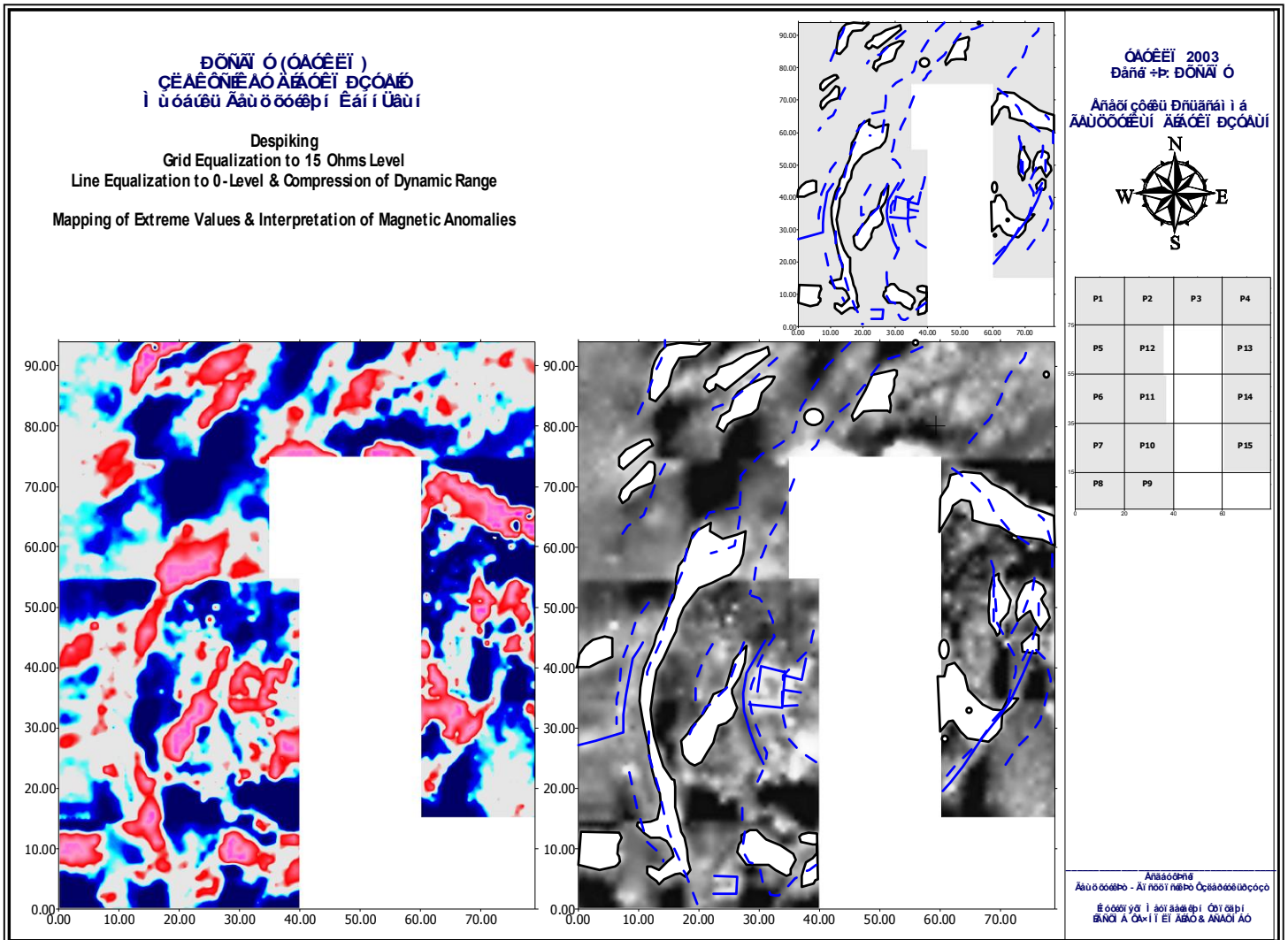


**Εικόνα 4.6.**

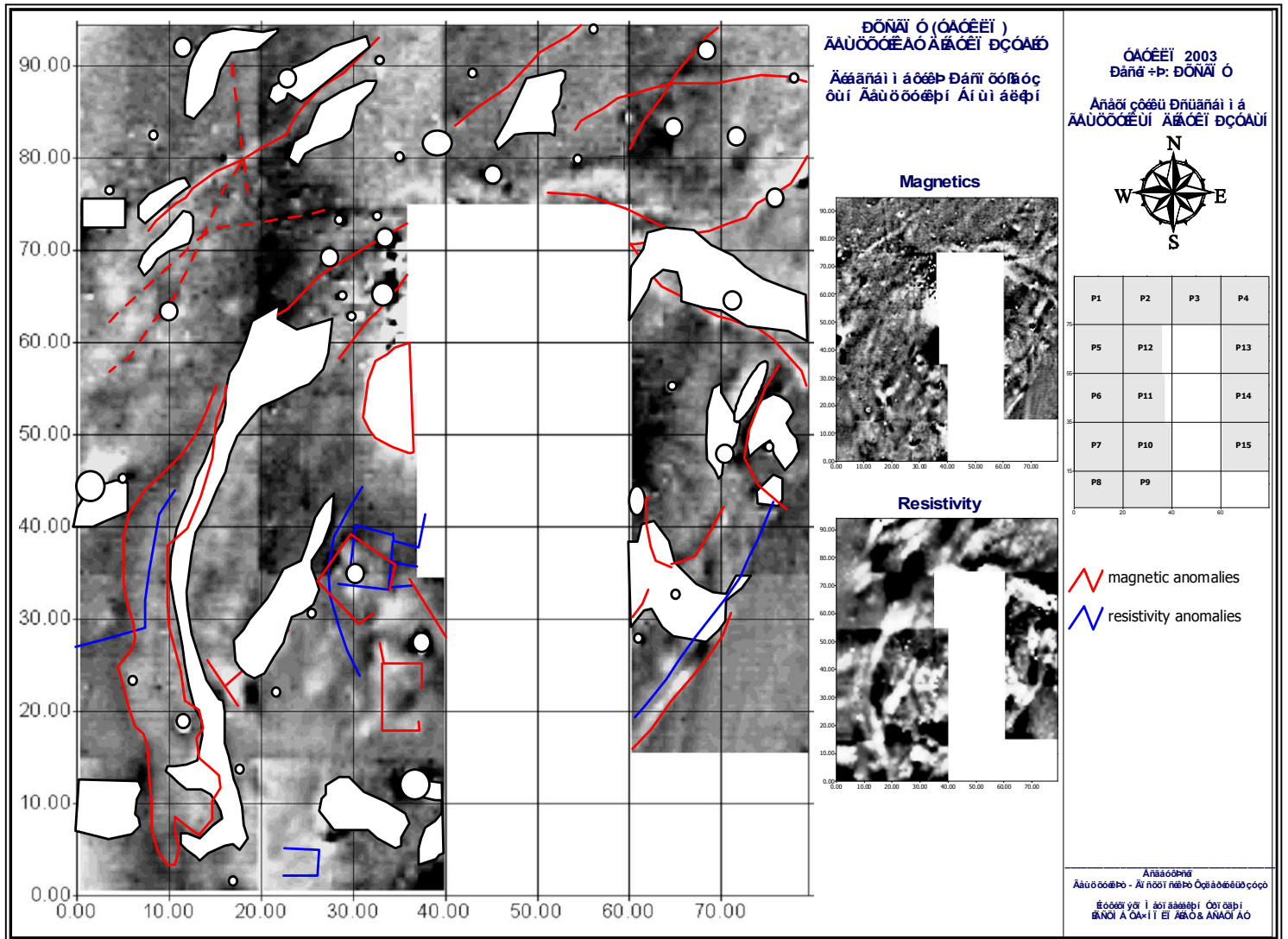




Εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.8.



Εικόνα 4.9.

## 5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωφυσική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο του Πύργου, Σέσκλου, είχε ως αποτέλεσμα τη χαρτογράφηση των υπεδάφειων μνημείων του χώρου και έδωσε μία εκτίμηση της έκτασης που καταλαμβάνουν αυτά.

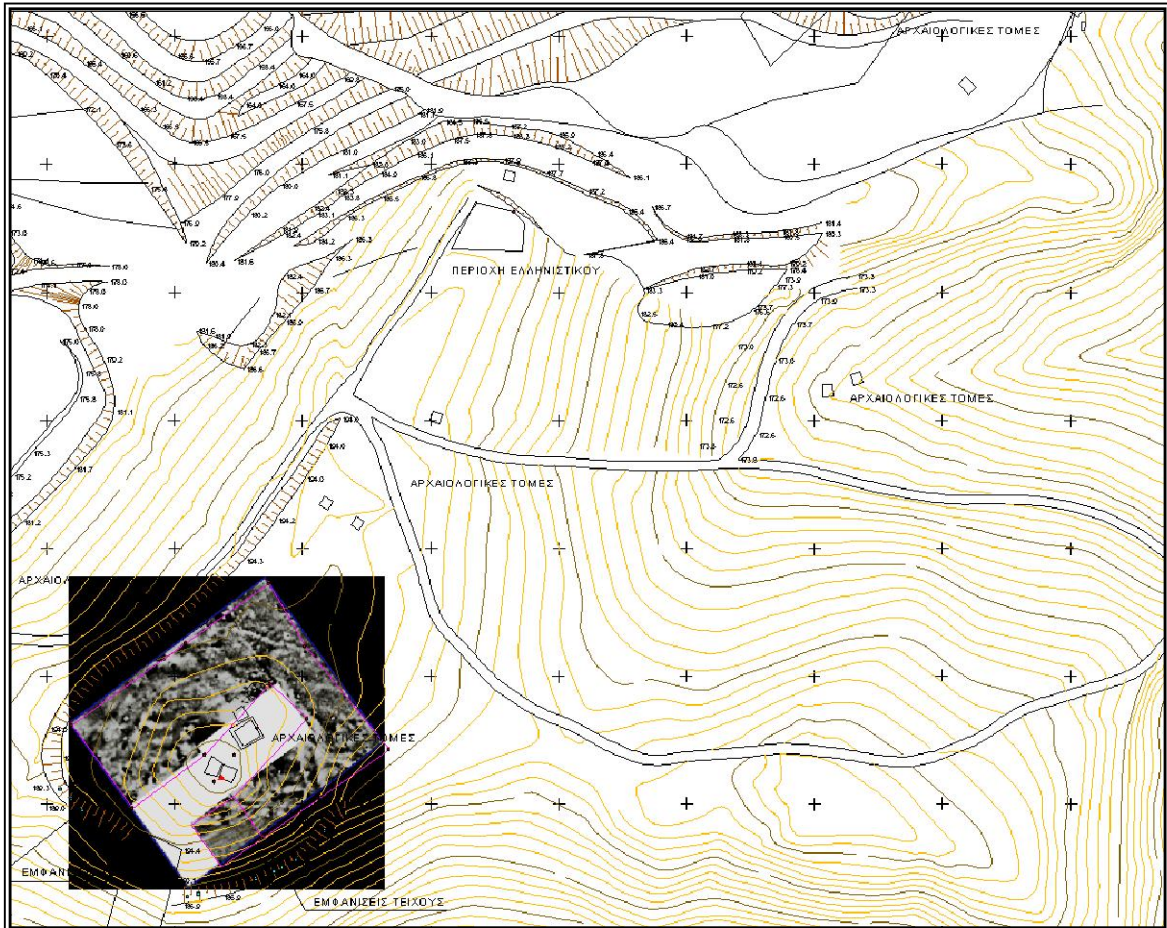
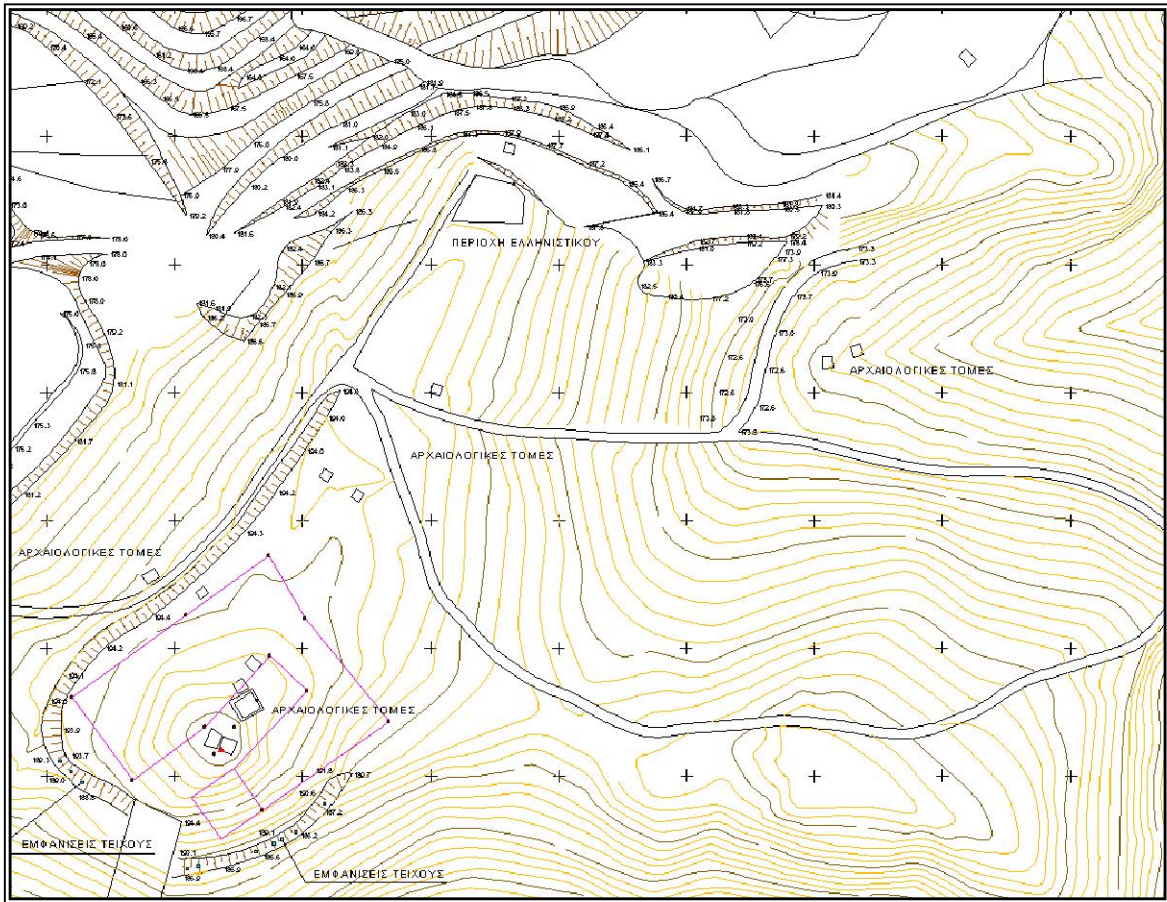
Οι γεωφυσικές τεχνικές, που έκαναν χρήση μαγνητικών και ηλεκτρικών μετρήσεων του υπεδάφους, κάλυψαν ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής μελέτης που ανέρχεται πλέον των 5.500 στρεμμάτων, αποκαλύπτοντας ένα μεγάλο αριθμό υποψήφιων στόχων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και συνεισφέροντας στην αποτύπωση μιας γενικής εικόνας των αρχαίων υπεδάφειων λειψάνων.

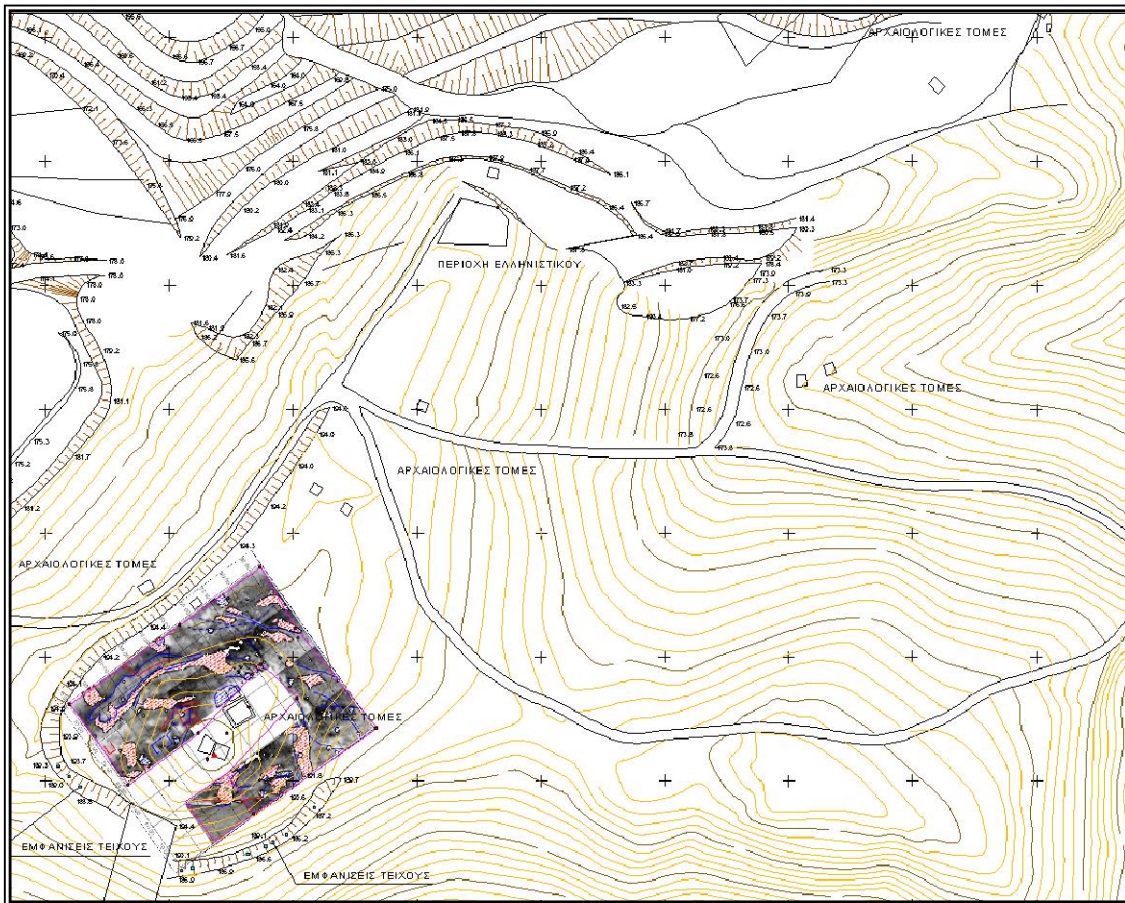
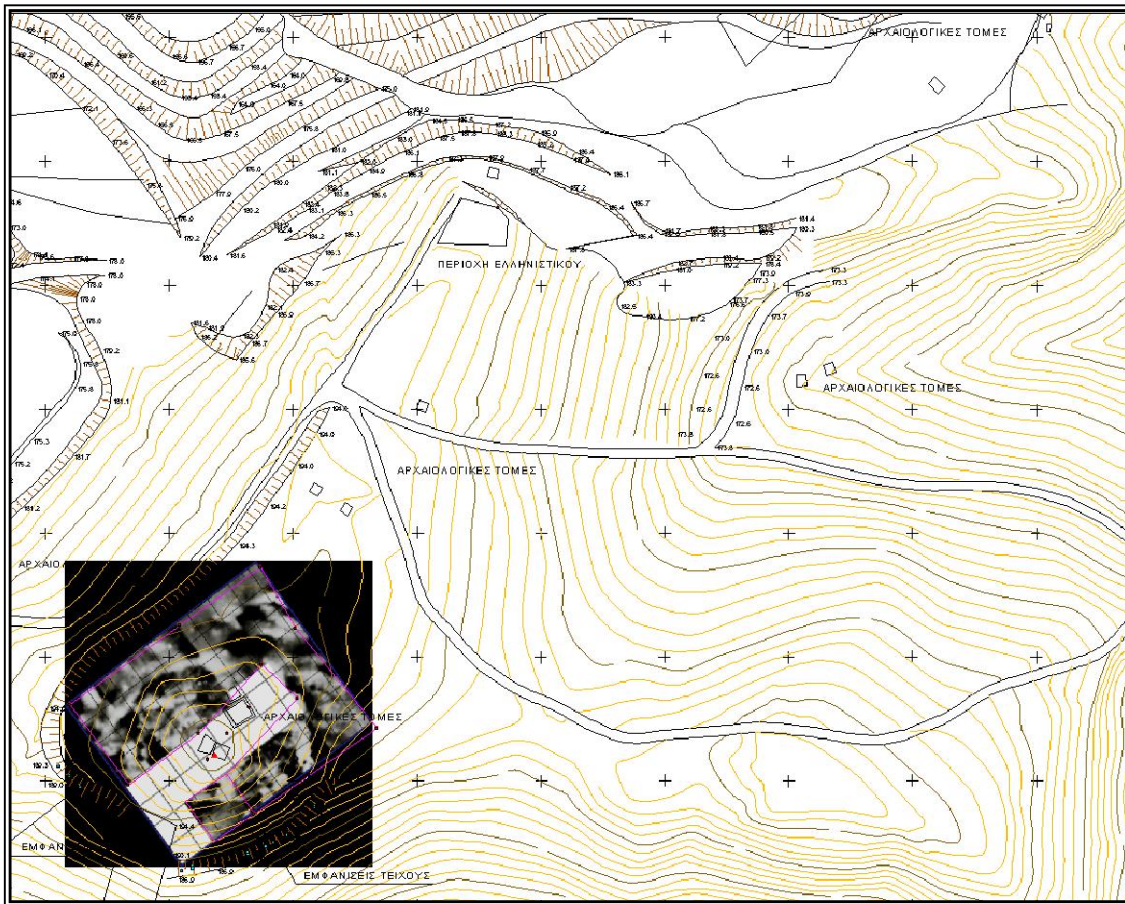
Οι ενδείξεις που έχουμε από τις γεωφυσικές έρευνες προτείνουν την ύπαρξη ενός εκτεταμένου οικισμού, ο οποίος περιβάλλεται από έναν ελλειψοειδές περίβολο διαστάσεων περίπου 80x60m. Εντός του περιβόλου, προς το νοτιο-δυτικό τμήμα της ερευνημένης περιοχής, διακρίνονται λείψανα από ορθογώνιες κατασκευές. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις για την παρουσία εσωτερικών περιβόλων. Τέλος, γενική εκτίμηση είναι ότι τα αρχιτεκτονικά λείψανα δεν βρίσκονται σε καλή κατάσταση διατήρησης.

Πολλά από τα χαρακτηριστικά που προτείνονται από τα αποτελέσματα των γεωφυσικών ερευνών θα μπορούσαν να διερευνηθούν στο μέλλον μέσω ανασκαφικών μεθόδων.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι οι γεωφυσικές έρευνες μπορούν να συνεισφέρουν ουσιαστικά στην αρχαιολογική έρευνα του χώρου, την καθοδήγηση των ανασκαφών, την προστασία και αξιοποίηση καθώς και την προβολή της περιοχής. Οι γεωφυσικές έρευνες αποδείχτηκαν αποτελεσματικές στην χαρτογράφηση των υπεδάφειων χαρακτηριστικών και στην υπόδειξη υποψήφιων στόχων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, ενώ θα μπορούσαν να αναπτυχθούν και σε άλλα τμήματα της περιοχής.

Στους χάρτες που ακολουθούν παρουσιάζονται τμήματα του τοπογραφικού πλαισίου της περιοχής, καθώς και η υπέρθεση των αποτελεσμάτων των μαγνητικών και ηλεκτρικών διασκοπήσεων και της διαγραμματικής ερμηνείας των γεωφυσικών ανωμαλιών στο τοπογραφικό χάρτη της περιοχής.





**Επιλεγμένη Βιβλιογραφία**

- Aitken, M., "Physics and Archaeology", 2nd ed., Oxford, 1974.
- Clark, A., "Seeing Beneath the Soil", England, 1990.
- Gavanagh, W., Jones, R. & Sarris, A., "The Phosphate and Geophysical Surveys", in *The Laconia Survey*, ed. by W. G. Gavanagh & J. Crouwel, Great Britain, 1996.
- Le Borgne, E., "Susceptibilite Magnetique Anormale du Sol Superficiel", *Annales de Geophysique*, # 11, pp. 399-419, 1955.
- Le Borgne, E., "Influence du Feu Sur Les Proprietes Magnetiques du Sol et Sur Celles du Schist et du Granite", *Annales de Geophysique*, #16, pp.159-96, 1960.
- Maher, B.A., "Characterization of Soils By Mineral magnetic Measurements", in the *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 42, pp.76-92, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1986.
- Mullins, C. E., "Magnetic Susceptibility of Soil and its Significance in Soil Science - A Review", *J. Soil Science*, #28, pp.223-246, 1977.
- Neel, L., "Some Theoretical Aspects of Rock Magnetism", *Advances in Physics*, #4, pp.191-243, 1955.
- Sarris, A., "Discovering Without Excavation: Geophysical Prospection in Ancient Mantinea, Greece". Paper presented in the *112th Annual Meeting of the Nebraska Academy of Sciences, Inc., Anthropological Section, Proceedings*, p.5, Wesleyan University, Lincoln, Nebraska, 1992.
- Sarris, A., "Magnetic Susceptibility Surveying in Ancient Mantinea, Greece", *59th Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, Anaheim, CA, 18-24/4/1994a.
- Sarris, A., "Geophysical Surveying in Greek Archaeological Research: Retrospect & Future, Plans", *Πρακτικά του Διεθνούς Συμποσίου με θέμα "Science and Archaeology: A Multidisciplinary Approach to Studying the Past"*, Harvard University, Boston, U.S.A., 14-16 Οκτωβρίου 1994b.
- Sarris, A. & Jones, R., "Geophysical and Related Techniques Applied to Archaeological Survey in the Mediterranean: A Review", *Journal of Mediterranean Archaeology (JMA)*, v.13, no.1, pp. 3-75, June 2000.
- Scollar, I., "A Contribution to Magnetic Prospecting in Archaeology". *ArchaeoPhysika*, Band 15, Beihefte der Bonner Jahrbucher, Bohlau Verlag Koln Graz, pp.21-93, 1965.
- Scollar, I., Tabbagh, A., Hesse, A., and Herzog, I., *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- Σταμέλου, Ε., «Ανασκαφική Έκθεση: ΘΕΣΗ ΠΥΡΓΟΣ. Κοινοτικό Κτήμα. 1<sup>η</sup> Ανασκαφική Περίοδος», 6-9-2000 έως 4-1-2001.
- Σταμέλου, Ε., «Ανασκαφική Έκθεση: ΘΕΣΗ ΠΥΡΓΟΣ. Κοινοτικό Κτήμα. 2<sup>η</sup> Ανασκαφική Περίοδος», 1-3-2001 έως 2-7-2001.
- Σταμέλου, Ε., «Ανασκαφική Έκθεση: ΘΕΣΗ ΠΥΡΓΟΣ. Κτήμα Μπάρδα Γ. – Κτήμα Βασιλείου. 3<sup>η</sup> Ανασκαφική Περίοδος», 3-12-2001 έως 31-5-2002.
- Thompson R. & Oldfield F., *Environmental Magnetism*, Allen and Unwin Ltd, London, 1986.
- Tite, M. S. and Mullins, C., "Enhancement of the Magnetic Susceptibility of Soils on Archaeological Sites", *Archaeometry*, #14, part 2, pp.229-236, 1971.
- Tucker, P. H., "High Magnetic Effect of Lateritic Soil in Cuba", *Geophysics*, 17, pp.753-5, 1952.
- Weymouth, J., "Geophysical Methods of Archaeological Site Surveying", in *Advances in Archaeological Method & Theory*, v. 9, ed. by M. B. Schiffer, Academic Press, 1986.