



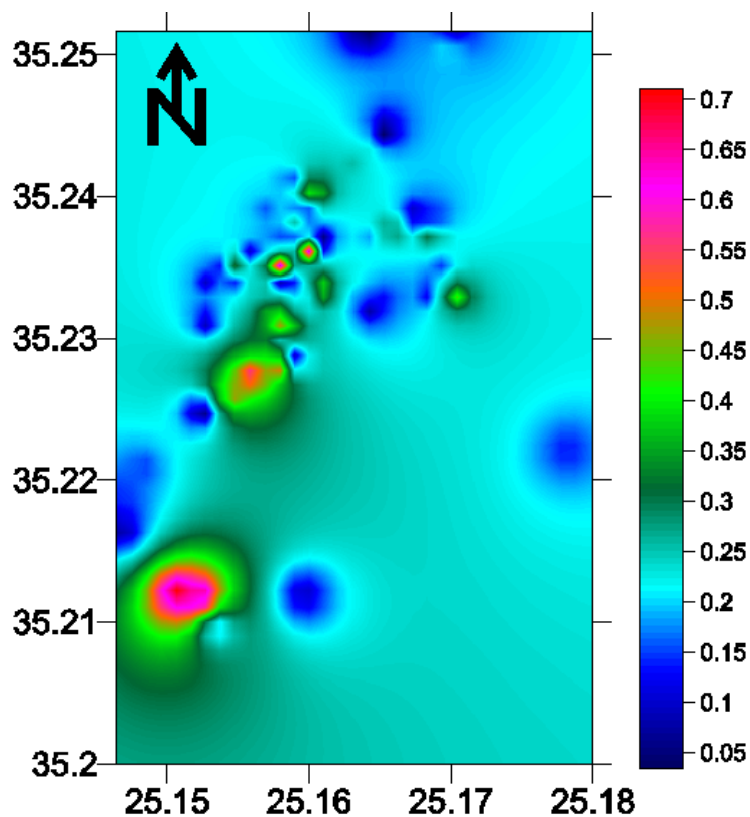
Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ



**ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ  
ΤΩΝ ΑΡΧΑΝΩΝ (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΡΗΤΗ)**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Καζαντζάκη Α. - Παναγή Μ.*



ΜΑΙΟΣ 2013



**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ**



***ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ***  
***ΤΩΝ ΑΡΧΑΝΩΝ (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΡΗΤΗ)***

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***Καζαντζάκη Αναστασία – Παναγή Μαρία***

**Επιβλέπων :** *Δρ. Κόκκινου Ελένη*  
*Επίκουρη Καθηγήτρια*

**Επιτροπή Αξιολόγησης :** *Δρ. Ελένη Κόκκινου*  
: *Δρ. Σάλτας Βασίλειος*  
: *Δρ. Σουπιός Παντελής*

**Ημερομηνία Παρουσίασης :**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :**

## Ευχαριστίες

*Μέσα από αυτό το σημείωμα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την καθηγήτριά μας, κυρία Ελένη Κόκκινου, για όλη την βοήθεια που μου προσέφερε στο διάστημα της επιμέλειας της πτυχιακής μας εργασίας. Χωρίς όμως την υπομονή, την κατανόηση, την διάθεσή της να μοιράζεται τις γνώσεις και την ικανότητά της να εξηγεί τους πιο σύνθετους όρους με τις πιο απλές λέξεις, δεν θα μπορούσαμε να καταφέρουμε τίποτα. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν, όπως και για πολλούς άλλους, θέλουμε να της εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας και να της πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ.*

*Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την αγάπη τους, για το ενδιαφέρον και για ότι μας έχουν χαρίσει όλα αυτά τα χρόνια και που για μας ήταν πολύτιμο.*

### **Περίληψη**

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να εξετάσει την κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας στην περιοχή των Αρχανών, νότια της πόλης του Ηρακλείου. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εφαρμόστηκε στην περιοχή μελέτης το έτος 2009. Έγιναν αρχικά δειγματοληψίες εδαφικού υλικού στην πόλη των Αρχανών και στην περιαστική περιοχή. Μετέπειτα προσδιορίστηκε η τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή και υψηλή συχνότητα. Διερευνήθηκε η σχέση των γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής με τις διάφορες παραμέτρους της μαγνητικής επιδεκτικότητας αλλά και η πιθανή παρουσία ρύπανσης από βαρέα μέταλλα, που σχετίζεται με τις υψηλές τιμές επιδεκτικότητας.

### **Abstract**

Main purpose of the present study is to investigate the distribution of the magnetic susceptibility in the town of Archanes, located south of Heraklion city. Surface soil samples have been collected in 2009 using small sampling interval and the magnetic susceptibility in low and high frequencies was first estimated and mapped. The relation of the magnetic susceptibility and the geological structure of the area is mainly investigated in the present work, as well as the possible presence of pollution due to high concentrations of heavy metals.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b><i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i></b>	<b>- 5 -</b>
	1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	- 5 -
	1.2 Μεθοδολογία εκπόνησης	- 5 -
	1.3 Γεωγραφική θέση και περιγραφή της ευρύτερης περιοχής	- 6 -
	1.4 Γενικά στοιχεία για το κλίμα της Κρήτης	- 20 -
<b>2</b>	<b><i>ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</i></b>	<b>- 22 -</b>
	2.1 Γεωμορφολογικά και Στρωματογραφικά στοιχεία	- 22 -
	2.2 Μεταλλική τεκτονική	- 22 -
<b>3.</b>	<b><i>ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ</i></b>	<b>- 25 -</b>
	3.1 Εισαγωγή	- 25 -
	3.2 Βασικές μαγνητικές ιδιότητες	- 26 -
	3.3 Μαγνητική υστέρηση	- 26 -
	3.4 Μαγνητική επιδεκτικότητα	- 30 -
	3.5 Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την θερμοκρασία	- 32 -
	3.6 Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την συχνότητα	- 33 -
	3.7 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας	- 34 -
	3.8 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το MS2 της Bartington	- 35 -
	3.9 Σχέση μαγνητικών ορυκτών και βαρέων μετάλλων	- 41 -
	3.10 Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στα φυτά	- 42 -
	3.11 Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο	- 45 -
<b>4.</b>	<b><i>ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΝΙΔΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</i></b>	<b>- 47 -</b>
	4.1 Περιγραφή της μεθοδολογίας εκπόνησης της παρούσας εργασίας	- 47 -
	4.2 Περιγραφή του προγράμματος επεξεργασίας των δεδομένων	- 48 -
	4.3 Παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων	- 52 -
<b>5.</b>	<b><i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</i></b>	<b>- 59 -</b>
	5.1 Εισαγωγή	- 59 -
	5.2 Συμπεράσματα και αξιολόγηση της μεθοδολογίας	- 59 -

<b>5.3 Προτάσεις</b>	<b>- 59 -</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>- 61 -</b>
<b>7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ –ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ</b>	<b>- 65 -</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή της μεθόδου της μαγνητικής επιδεκτικότητας για να διερευνηθεί η σχέση της με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της υπό έρευνα περιοχής αλλά και να ανιχνευθεί πιθανή ρύπανση από βαρέα μέταλλα. Είναι γνωστό εδώ και αρκετά χρόνια ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα μπορεί να αποτελέσει δείκτη υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η συγκεκριμένη μεθοδολογία εφαρμόζεται επιτυχώς για την παρακολούθηση της εξάπλωσης της ρύπανσης σε περιοχές που λειτουργούν βαριές βιομηχανίες, χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.ΤΑ), αεροδρόμια κ.λ.π.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι:

- **Να ερευνηθεί αν υπάρχει σχέση με κάποιο ή κάποια από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της υπό έρευνα περιοχής.**
- **Ο εντοπισμός πιθανών τμημάτων που είναι ρυπασμένα.**

## 1.2 Μεθοδολογία εκπόνησης

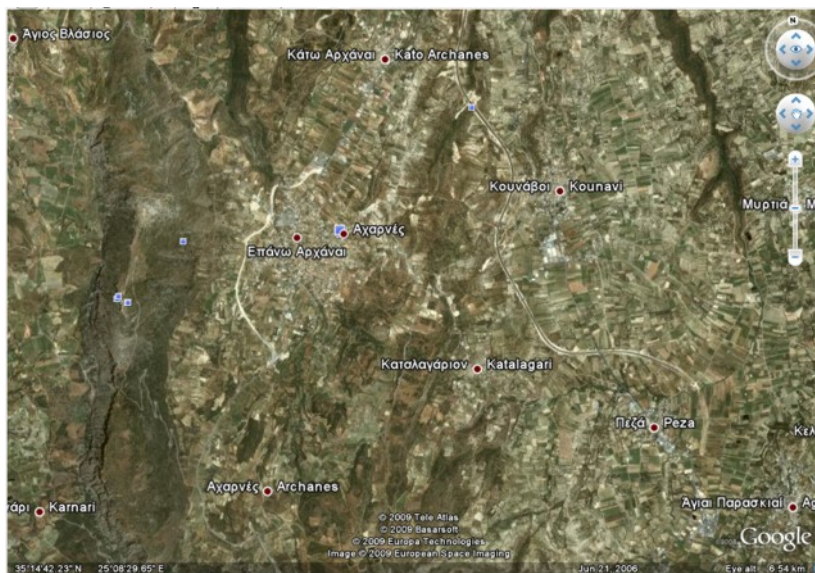
Η μεθοδολογία εκπόνησης της εργασίας περιλαμβάνει:

- Την συγκέντρωση των διαθέσιμων πληροφοριών και στοιχείων που αφορούν την περιοχή μελέτης και την ευρύτερη περιοχή από κάθε είδους γεωλογικές, υδρογεωλογικές, εδαφοτεχνικές μελέτες και έρευνες που έχουν εκπονηθεί από διάφορους ιδιωτικούς ή δημόσιους φορείς και επιστημονικές δημοσιεύσεις από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και ερμηνεία αεροφωτογραφιών για τις περιοχές ενδιαφέροντος και την ευρύτερη περιοχή.
- Την γεωλογική έρευνα πεδίου και γεωφυσική χαρτογράφηση της εξεταζόμενης περιοχής με την μέθοδο της μαγνητικής επιδεκτικότητας.
- Την επεξεργασία και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων χρησιμοποιώντας σύγχρονο λογισμικό.
- Σύνταξη της παρούσας εργασίας.

### 1.3 Γεωγραφική θέση και περιγραφή της ευρύτερης περιοχής

#### Θέση

Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται εικόνα της ευρύτερης περιοχής των Αρχανών. Οι πληροφορίες που ακολουθούν στην συνέχεια προέρχονται από τον ιστότοπο <http://www.archanes.gr>.



Σχήμα 1.1 Εικόνα της περιοχή μελέτης (<http://earth.google.com/>)

Ο Δήμος Αρχανών είναι ένας ημιορεινός δήμος, ο οποίος βρίσκεται νότια του Δήμου Ηρακλείου, και έχει έκταση 31.855 στρ και πληθυσμό 4.548 κατοίκους. Αποτελείται από δύο δημοτικά διαμερίσματα:

1. **Δημοτικό Διαμέρισμα Αρχανών**, που περιλαμβάνει την κωμόπολη των Αρχανών, η οποία αποτελεί και την έδρα του Δήμου, καθώς και δύο μικρούς οικισμούς το Βαθύπετρο και το Καρνάρι.

2. **Τοπικό Διαμέρισμα Κάτω Αρχανών**, που περιλαμβάνει τους οικισμούς Κάτω Αρχάνες, Πατσίδες καθώς και δύο μη οριοθετημένους οικισμούς, ο οποίοι εμφανίζονται μετά το 1981, τον Αμπελά και την Κερά Ελαιούσα.

Η συνολική έκταση του Δήμου Αρχανών κατηγοριοποιείται ως εξής:

- τα 2.298 στρ. είναι δομημένος χώρος
- τα 21.533 στρ. αγροτικός χώρος



- τα 8.024 στρ. φυσικός - ημιφυσικός χώρος

### **Πληθυσμός**

Ο πληθυσμός του Δήμου Αρχανών, σύμφωνα με τα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε. από τελευταία απογραφή του 2001, είναι 4548 και αναλύεται ανά τοπικό διαμέρισμα και οικισμό ως εξής:

<b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΟΙΚΩΝ Δ. ΑΡΧΑΝΩΝ</b>	
	<b>.548</b>
<b>Δ.Δ. Κάτω Αρχανών</b>	
	<b>38</b>
Κάτω Αρχάνες	98
Αμπελάς	8
Ελαιούσα	2
Πατσίδες	60
<b>Δ.Δ. Αρχανών</b>	
	<b>910</b>
Αρχάνες	860
Βαθύπετρο	4
Καρνάρι	6

### **Κλίμα**

Το κλίμα στις Αρχάνες είναι τυπικό μεσογειακό εύκρατο με ήπιους χειμώνες και γλυκά καλοκαίρια. Κατά τις νυχτερινές ώρες της καλοκαιρινής περιόδου υπάρχει αυξημένη

υγρασία λόγω της θέσης του οικισμού. Οι βροχοπτώσεις είναι μέτριες εκτός εξαιρέσεων και χρονικά εντοπισμένες μεταξύ Νοέμβρη και Μαρτίου ενώ οι χιονοπτώσεις είναι σχετικά περιορισμένες ακόμα και στο βουνό «Γιούχτας».

Το όνομα των Αρχανών απαντάται στην αρχαιότητα μόνο μία φορά σε επιγραφή του 5ου π.Χ. αι. που βρέθηκε στο πελοποννησιακό Άργος και αναφέρεται σε συνθήκη μεταξύ Κνωσίων και Τυλισσίων. Στην επιγραφή αναφέρεται λατρεία του Αρχού: ΤΟΝ ΑΡΧΟΝ ΤΟ ΤΕΜΕΝΟΣ ΕΧΕΝ ΤΟΝ ΑΧΑΡΝΑ. Το όνομα δηλαδή εμφανίζεται στον ενικό αριθμό, η Αχάρνα. Η ρίζα αρχ-, αχ- του ονόματος, έχει σχέση με το νερό. Πολλά ονόματα ποταμών και λιμνών (Ιναχος, Αχελώος, Αχερουσία κλπ.) έχουν αυτή τη ρίζα. Πραγματικά οι Αρχάνες έχουν άφθονο νερό και αυτό βεβαιώνεται και για την αρχαιότητα.

Τον 14ο αι. οι περιηγητές αναφέρουν τις Αρχάνες σε σχέση με τον τάφο του Δία, που εντοπίζεται στο Monte Jove, δηλαδή τον Γιούχτα. Βέβαιο είναι ότι μεταξύ του 5ου π.Χ. και του 13ου μ.Χ. αι. το όνομα των Αρχανών αντικαταστάθηκε από αυτό της Κνωσού, της οποίας θα αποτελούσε κόμη, τόσο στα ελληνικά όσο και στα ρωμαϊκά χρόνια.

Το όνομα χάνεται μέχρι και το 1271 μ.Χ., οπότε ξαναπαρουσιάζεται σε συμβόλαιο στο Χάντακα, ως CATO ARCHANO. Σε άλλο συμβόλαιο του 1280 αναφέρεται μονολεκτικά APANO ARHANO. Το 1577 αναφέρεται ARCHANES PETREA με 151 κατοίκους και ARCHANES ABRAMOCORI με 361 κατ. Άρα στην περίοδο της Ενετοκρατίας οι Αρχάνες ήσαν δύο ξεχωριστοί οικισμοί. Στην Αιγυπτιακή απογραφή του 1834 αναφέρεται ARCHANES με 160 χριστιανικές, και 6 τούρκικες οικογένειες. Το 1881 οι Αρχάνες φέρονται ως ξεχωριστός Δήμος, με έδρα τις Αρχάνες.

### Φυσικό περιβάλλον

Το ανάγλυφο της περιοχής του Δήμου Αρχανών είναι ποικίλο, έντονο και ευαίσθητο και χαρακτηρίζεται σ' όλη του την έκταση από βουνά και λοφώδεις εξάρσεις, χείμαρρους, φαράγγια και χαράδρες και εγκλιβωτισμένες μικρές ή μεγάλες πεδιάδες ή κοιλάδες.

Αυτά όμως που χαρακτηρίζουν την περιοχή των Αρχανών είναι το όρος Γιούχτα με το Κνωσανό φαράγγι τα οποία, εκτός από την ομορφιά του φυσικού τοπίου τους και την αρχαιολογική τους αξία, διαθέτουν σπάνια χλωρίδα, ενώ η οικολογική τους αξία σε ότι

αφορά στην πανίδα, έγκειται στο γεγονός ότι αποτελούν το μοναδικό φυσικό οικοσύστημα στην ευρύτερη περιοχή.

Αντίστοιχα, στην ευρύτερη περιοχή των Κάτω Αρχανών δεσπόζει ο λόφος του «Τζε» και η «Κεφάλα» που αποτελεί αναδασωτέα έκταση και το μοναδικό δασικό πάρκο της περιοχής που γειτνιάζει με το αστικό κέντρο του Ηρακλείου.

Συνθέτοντας όλα τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι ο Δήμος Αρχανών διαθέτει ποικιλότητα τοπίου, με αρκετές εναλλαγές και πολλές θέσεις με πανοραμική θέα.

### **Προστατευόμενες περιοχές**

Το όρος Γιούχτας και το φαράγγι της Αγίας Ειρήνης (Κνωσανό) αποτελούν ένα σύμπλεγμα με υψηλή βιολογική, οικολογική, αρχαιολογική και ιστορική αξία, η λειτουργία του οποίου όμως, απειλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή. Η προστασία του οικοσυστήματος αυτού, η ορθή διαχείριση των πόρων του και η ανάδειξη των πολύτιμων αξιών του, κρίθηκε επιτακτική ώστε να διατηρηθεί αυτή η κληρονομιά, διασφαλίζοντας παράλληλα την παρουσία και την δραστηριότητα των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής.

Έτσι τα τελευταία χρόνια, η αναγνωρισμένη ανάγκη για την σύμπλευση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων με την προστασία του περιβάλλοντος, πήρε την μορφή κανόνων και νόμων που δημιουργούν ένα συγκεκριμένο θεσμικό πλαίσιο προστασίας.

### **Το όρος Γιούχτας**

Το κατ' εξοχήν χαρακτηριστικό «τοπίο» της περιοχής που λειτουργεί ως ορόσημο είναι το όρος Γιούχτα. Εξαιτίας του ανθρωπόμορφου ανάγλυφού του, θεωρείται από τους αρχαίους συγγραφείς ως ο τάφος του Δία (του Ζία το μνήμα). Το όρος Γιούχτα είναι ορατό από τα 3/4 του Ν. Ηρακλείου. Η περιμετρική οριογραμμή που διαχωρίζει το Γιούχτα από τις άλλες εκτάσεις είναι σαφής, έχει μήκος περίπου 12.300 μ. και διέρχεται από τις τοποθεσίες: βόρεια Αοράκι και Μυριστή, νότια Δίπορτο και Σπήλιο, δυτικά Ρούσος Γρεμός, Πλατεία Πεζά, Καλογράδω Κελιά, και Χαλίκια και ανατολικά Αοράκι Πλάι και Κακή Σκάλα, Μυριστής Χώνος, Πετροκέφαλο, Ανεμόσπηλιο, Μανδράκι, Ορθό Πόρο, Χωστό Νερό, Μαρή Πόρο. Η έκταση αυτή, η οποία περιλαμβάνει τον κύριο όγκο του βουνού, είναι 4000 στρ. και ανήκει εξ ολοκλήρου στο Δ. Αρχανών.

Πρόκειται για ορεινό όγκο, με πολύ απότομες πλαγιές και υψόμετρο 811 μ.. Τα πετρώματα που επικρατούν είναι ασβεστόλιθοι της σειράς Τρίπολης. Περιβάλλεται από εκτεταμένες καλλιέργειες αμπελιών και ελαιόδεντρων. Είναι μια ιδιαίτερα σημαντική αρχαιολογική περιοχή, στην οποία οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνεχίζονται ακατάπαυτα από τη Νεολιθική εποχή. Επικρατούν η μακία και η φρυγανώδης βλάστηση, υπάρχουν όμως και συστάδες από κυπαρίσσια και πεύκα που προέρχονται από δεντροφυτεύσεις. Στις δύο υψηλότερες κορυφές υπάρχουν ένας τηλεπικοινωνιακός αναμεταδότης και μια εκκλησία.

Το όρος Γιούχτας, εκτός από την μεγάλη ιστορική και αρχαιολογική αξία του, κατέχει ένα πολύ σημαντικό οικολογικό ρόλο στην ευρύτερη περιοχή. Αυτός ο ρόλος έχει να κάνει με τη ρύθμιση των υδρολογικών λειτουργιών, την προστασία των εδαφών και τη σταθεροποίηση του κλίματος. Τέλος αφορά και στη διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας, αφού το βουνό αποτελεί ένα από τα τελευταία καταφύγια για την άγρια ζωή, η οποία απειλείται άμεσα από την αύξηση των καλλιεργειών στο Νομό Ηρακλείου.

Ο Γιούχτας έχει χαρακτηριστεί ως αναδασωτέα έκταση (1969), ως Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (από το 1970) και προστατεύεται ως αρχαιολογικός χώρος (από το 1980). Επίσης έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο NATURA 2000, για την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας. Το 61% της ορνιθοπανίδας του όρους προστατεύεται από διεθνείς συμβάσεις και το 8% του συνόλου περιλαμβάνεται στο Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Σπονδυλόζωων της Ελλάδας.

Επίσης λόγω της παρουσίας σημαντικής αποικίας Γυπών, το όρος Γιούχτας έχει ανακηρυχθεί από το 1982 ως Σημαντικός Βιότοπος σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο και μεταγενέστερα αναγνωρίστηκε στον κατάλογο για τους Διεθνείς Ορνιθοβιότοπους (Grimmet & Jones 1989) και την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία (ΕΟΕ 1994). Καθότι στην περιοχή εμφανίζονται και άλλα σπάνια ή ενδημικά φυτά και άλλα είδη, η περιοχή έχει επίσης περιληφθεί στον κατάλογο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους Σημαντικούς Βιότοπους για Φυσική Διατήρηση στην Ευρώπη (κατάλογος Corine Biotopes).

## **Φαράγγια**

### **Το Κνωσανό Φαράγγι**

Το Κνωσανό Φαράγγι (ή φαράγγι της Αγ. Ειρήνης) αποτελεί φυσική συνέχεια του όρους του Γιούχτα. Εκτείνεται νότια των Αρχανών (Άγιος Μάμας), διατρέχει τον οικισμό των

Αρχανών στη θέση Κάτω Μύλος, την περιοχή Μυριστή, την Καρυδακιανή υδατογέφυρα, την υδατογέφυρα της Αγίας Ειρήνης (Σπήλια) με συνολικό μήκος διαδρομής 5,7χλμ. και συνεχίζει βόρεια περνώντας από την Κνωσό. Το διασχίζει ο χειμάρρος Καίρατος ή Κατσαμπάς, ο οποίος περνώντας από την Αγία Ειρήνη και την Κνωσό καταλήγει στη θάλασσα, στην περιοχή Κατσαμπά. Η περιοχή του φαραγγιού, η οποία ονομάζεται και Παράδεισος, έχει χαρακτηριστεί ως τόπος ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και έχει ενταχθεί στο δίκτυο Natura 2000.

### **Η γλωρίδα στο Φαράγγι**

Η ποικιλότητα των ειδών γλωρίδας στην περιοχή είναι μικρή, λόγω της ύπαρξης σκίασης από τα κυριαρχούντα είδη που είναι το πλατάνι και ο βάτος. Συνολικά στο φαράγγι εμφανίζονται μέχρι τώρα 120 είδη φυτών από τα οποία τα 40 απαντώνται στις κοίτες των ποταμών και τα υπόλοιπα στα πρηνή. Ενδημικά είδη εμφανίζονται μόνο στα πρηνή των φαραγγιών όπου υπάρχουν 11 είδη, από τα οποία τα 2 είναι σπάνια και τα 9 κοινά ενδημικά της Κρήτης. Τα σπάνια είδη είναι η καμπανούλα, *Campanula tubulosa*, που φυτρώνει στη Δυτικά Κρήτη και η Νεπέτα, *Nepeta melissifolia*, που είναι ενδημικό της Κρήτης και της Μήλου και συναντάται σε μικρούς πληθυσμούς.

Σημαντικό στοιχείο της γλωρίδας του φαραγγιού είναι η παρουσία σημαντικού πληθυσμού ενός ψυχρόβιου δένδρου Φτελιάς *Ulmus minor* ssp. *Canescens*. Το είδος αυτό απαντάται με λίγα άτομα σε περιοχή των Χανίων και θεωρείται ότι είναι εισαγόμενο. Η ύπαρξη ενός σημαντικού πληθυσμού στο Κνωσανό φαράγγι, δείχνει ότι το είδος είναι ιθαγενές της Κρήτης, υπόλειμμα μιας άλλοτε ψυχρής εποχής, όταν δηλαδή υπήρχαν παγετώνες στην ηπειρωτική Ευρώπη.

### **Η πανίδα στο Φαράγγι**

Δύο μεταναστευτικά είδη πουλιών που συναντώνται στο φαράγγι είναι οι μυγοχάφτες και οι τσαλαπετεινοί. Υπάρχουν επίσης κάργιες και ορισμένα βραχόβια είδη, όπως ο γαλαζοκότσυφας. Η πλειονότητα των υπολοίπων ειδών είναι η τυπική της θαμνώδους βλάστησης. Στα σημεία όπου υπάρχουν τέλματα γλυκού νερού και παραποτάμια δέντρα συναντάται μεγάλη ποικιλία στρουθιόμορφων, όπως σπίζες και παπαδίτσες. Επίσης, στο φαράγγι απαντάται η νεροχελώνα και τα αμφίβια πρασινόφρυνος και δεντροβάτραχος.

## **Σπήλαια**

Στο ανθρωπόμορφο ιερό βουνό του Γιούχτα που θεωρείται από τους αρχαίους συγγραφείς ως ο τάφος του Δία (του Ζια το μνήμα) υπάρχουν τέσσερα ιερά σπήλαια, ένα σε κάθε σημείο του ορίζοντα. Αποτέλεσαν κατά τη μινωική εποχή (και πιθανότατα και παλαιότερα) χώροι θυσιών (ακόμα και ανθρωποθυσιών), τελετών και αποθήκευσης - φύλαξης τροφίμων.

Μορφολογικά, το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη πολλών διαφορετικών και αλληλένδετων αιθουσών και διαδρόμων που στην περίπτωση ειδικά του Σπήλιου του Στραβομύτη θυμίζουν ελβετικό τυρί. Μορφολογία τόσο εντυπωσιακή, όσο και ενδιαφέρουσα, αφού μας πληροφορεί για τον τρόπο σχηματισμού τους: πιθανότατα ολοσχερώς μέσα στο νερό που υπομονετικά διέβρωνε επί εκατομμύρια χρόνια τα ασβεστολιθικά πετρώματα του βουνού.

### **Το σπηλαιώδες χάσμα του Ιερού του Γιούχτα**

Πρόκειται για ένα στενόμακρο χάσμα βάθους περίπου 12μ. που επικοινωνεί στο τέρμα με δευτερεύουσες σπηλαιώδεις κοιλότητες. Βρίσκεται στη θέση «Του Ζια το Μνήμα» (τάφος του Δία), στο κέντρο του μινωικού ιερού κορυφής, σε υψόμετρο 720μ. Εδώ ανακαλύφθηκαν αναρίθμητα αφιερώματα της Μέσο- και Υστερομινωικής εποχής, καθώς και εγχάρακτες αφιερώσεις της γραμμικής Α. Αυτό που εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η υπόθεση (που φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται μετά τις ανασκαφές στα Ανεμόσπηλια του Γιούχτα) ότι το υγρό που τοποθετούσαν στα κύπελλα που ανακαλύφθηκαν εδώ δεν ήταν το συνηθισμένο νερό, κρασί ή γάλα, αλλά ανθρώπινο αίμα.

### **Το Χωστό νερό**

Βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 720μ. στη νοτιότερη κορφή του ιερού βουνού. Το σπήλαιο αυτό αποτελείται από 3 αίθουσες και πολλούς διαδρόμους που τις συνδέουν όλες με την πρώτη αίθουσα μήκους 7μ. η οποία φωτίζεται επαρκώς λόγω του μεγάλου πόρου της. Φαίνεται ότι και εδώ, τα ασβεστολιθικά εξάρματα και οι ανθρωπόμορφοι σταλακτίτες και σταλαγμίτες προσέλκυσαν τους Μινωίτες για να λατρεύσουν τους θεούς. Το σπήλαιο, στο οποίο υπάρχει και η ομώνυμη πηγή, χρησιμοποιήθηκε από τα μινωικά χρόνια μέχρι τη ρωμαϊκή εποχή ως ιερό, αλλά και ως καταφύγιο σε ώρες ανάγκης. Βρέθηκαν αρκετά αναθήματα, όπως πήλινα ζώδια, θραύσματα αγγείων και μέρος ενός αγαλματιδίου με κεφαλόδεσμο, που φυλάσσεται στο Μουσείο του Ηρακλείου. «Τα αναθήματα μαρτυρούν μια λατρεία ποιμενική, λίγο - πολύ μυστική και επίπονη, χωρίς καμιά με τις επίσημες τελετές που

φιλοξενούσε το υπαίθριο ιερό, το αποκαλούμενο σήμερα "Του Ζιά το μνήμα", 900 μέτρα πιο πέρα, στη νότια κορυφή του ορεινού όγκου», παρατηρεί ο Paul Faure στα « Ιερά σπήλαια της Κρήτης».

Η φήμη που είχε (και ίσως έχει ακόμα) το σπήλαιο για τους Αρχαιολόγους διασώζεται από τον Paul Faure όταν επισκέφτηκε το σπήλαιο το 1954. Στο βιβλίο του «Τα Ιερά σπήλαια της Κρήτης» αναφέρει σχετικά: «Η σπηλιά αυτή έχει κακή φήμη σήμερα. Σύμφωνα με μια αφήγηση που άκουσα στις Αρχάνες, όποιος μπει μέσα, κινδυνεύει να καταποντιστεί στα μαύρα και βαθιά νερά της, ενώ ακριβώς δίπλα στο Χωστό Νερό, εμφανίζεται που και που, κι ύστερα χάνεται μυστηριωδώς, μια πέτρινη πλάκα με κρίκο».

### **Σπήλαιο του Στραβομούτη**

Λέγεται και "Καρνάρι" λόγω του κοντινού ομώνυμου οικισμού, ή "Σπηλιαρίδια" λόγω των πολλών ανοιγμάτων του στο πρηνές του βουνού, ή "σπήλαιο της Λυκάστου", κατά την υπόθεση ότι πλησίον του βρισκόταν η αρχαία πόλη Λύκαστος, την οποία αναφέρει ο Όμηρος. Το επικρατέστερο όνομα το φέρει λόγω ενός από τους ιδιοκτήτες του. Βρίσκεται στη βορινή πλευρά του Γιούχτα και διακρίνεται εύκολα λόγω των πολλαπλών (τουλάχιστον 5) ανοιγμάτων του κάθετου τοιχώματος του βουνού.

Μέσα στο Σπήλαιο του Στραβομούτη βρέθηκε, το 1950 από τον καθηγητή Σπύρο Μαρινάτο, ένα βάζο από πωρόλιθο (πέτρωμα που δεν απαντάται στο Γιούχτα) που ανάγεται στη Γεωμετρική εποχή (900-650 π.Χ.). Πρόκειται για βάση τράπεζας θυσιών, βαίτυλου ή θρόνου. Μεταξύ άλλων, βρέθηκαν, επίσης, γύρω στα 15 τεράστια πιθάρια αποθήκευσης τροφών, μια σιδερένια λάμα –πιθανώς εξαρτήματα βωμού- και άφθονα όστρακα της νεολιθικής, της πρωτομινωικής και της γεωμετρικής εποχής. Το σπήλαιο θεωρείται ότι υπήρξε τόπος λατρείας γυναικείας θεότητας.

Είναι το πιο χαρακτηριστικό από άποψη μορφολογίας σπήλαιο του βουνού. Διαθέτει πλήθος διακλαδούμενων αγωγών, θαλάμων, περασμάτων που αναπτύσσονται σε τουλάχιστον δύο επίπεδα και έχουν τη μορφή ...τυριού. Συνολικά, λέγεται ότι προσεγγίζει τα 400μ. διαδρομών, ωστόσο το σπήλαιο παραμένει ανεξερεύνητο.

### **Τα Ανεμόσπηλια**

Πρόκειται για ρωγμές στο συμπαγή ασβεστολιθικό βράχο σε υψόμετρο 440μ. στη Β-ΒΔ πλαγιά του Γιούχτα. Το όνομα τους το παίρνουν από τη θέση τους: βλέποντας προς το βορρά, είναι εκτεθειμένα στους ισχυρούς βορείους ανέμους που πνέουν το μεγαλύτερο διάστημα του χρόνου στη Κρήτη. Οι κύριες ρωγμές είναι τρεις και δημιουργούν κοιλάματα μέσου μήκους 1,5μ. και βάθους μερικών μόλις μέτρων. Πρόκειται για τα σπήλαια που σύμφωνα με τις ανασκαφές του ζεύγους Σακελλαράκη, (που έφεραν στην επιφάνεια θραύσματα σπονδικών αγγείων με αφιερώσεις στη Γραμμική Α), πιστοποιούν την υπόθεση ότι στη Μινωική Κρήτη λάμβανε χώρα και η πρακτική των ανθρωποθυσιών.

Τα υπόλοιπα (ανεξερεύνητα) σπήλαια είναι:

- Κρουσταλλόσπηλιος
- Δίπορτος Σπήλιος
- Μουτουπάκα
- Σπηλιάρोटρυπα
- Τα Κελιά των Καλογράδων
- Ανεραγδόσπηλιος

### Υδρογραφία

Ο Δήμος Αρχανών εμφανίζει έντονο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο διακρίνεται στις κατηγορίες των επιφανειακών, των υπόγειων νερών και των πηγών ως εξής:

### Επιφανειακά ύδατα

Δεν υπάρχουν επιφανειακοί απορροείς με μόνιμη ή ακόμα και με σημαντική εποχιακή ροή αλλά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι σχετικά πυκνό και η ανάπτυξη των κύριων κλάδων του φαίνεται να ακολουθεί τη γενική τεκτονική διεύθυνση. Το επιφανειακό υδάτινο δίκτυο αφορά ρέματα και μικρούς χείμαρρους που η ροή τους δημιουργείται κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων της χειμερινής περιόδου με κύριο ρέμα τον «Μυριστή».

### Υπόγεια ύδατα

Το όρος Γιούχτας δομείται από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους με αποτέλεσμα να κατεισδύουν σ' αυτούς σημαντικές ποσότητες νερού από τη βροχή. Η δημιουργία της



υπόγειας αυτής υδροφορίας έχει διαπιστωθεί από τις πολλαπλές γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στο σχηματισμό αυτό.

### Πηγές

Όλες οι πηγές είναι μικρής παροχής με καθαρά τοπικό χαρακτήρα και η παροχή τους καλοκαιρινούς μήνες μειώνεται σημαντικά.

### Πηγές

#### Παράδεισος (Φαράγγι)

Στο Κνωσανό φαράγγι και στη μέση περίπου του μήκους του, αριστερά όπως κατηγορίζουμε από τις Αρχάνες, υπάρχει ένα ασβεστολιθικό σπήλαιο, που έχει στη μέση του μεριά ένα σταλακτίτη, όμοιο με κολόνα, που φαίνεται να το στηρίζει. Ανάμεσα στη στήλη αυτή και στο δυτικό τοίχωμα της σπηλιάς υπάρχει ένα πολύ στενό πέρασμα. Εκεί βρίσκεται και η πηγή του Παραδείσου. Η παράδοση αναφέρει ότι όσοι μπορούν να περάσουν άνετα από το πέρασμα πηγαίνουν αμέσως στον Παράδεισο. Για το λόγο αυτό η πηγή, η σπηλιά, αλλά και ολόκληρη η περιοχή του Φαραγγιού ακόμα και σήμερα λέγεται Παράδεισος. Η πηγή Παράδεισος βρίσκεται κοντά στην πηγή Μοροζίνι και εξακολουθεί ακόμα και σήμερα να τρέχει.

#### Θρύλος: Ο Νεραϊδόσπηλιος

Ακόμα είναι ζωντανή η πίστη των ανθρώπων, ότι στο χείμαρρο, που περνά μέσα από το χωριό - στις Αρχάνες - υπάρχουν νεραϊδες. Ο τόπος εκείνος, όπως τον θυμάμαι μικρός, ήτανε τότε μια μαγευτική και δροσόλουστη ρεματιά, πλημμυρισμένη από καθαρά νερά και πυκνά πλατάνια. Ήτανε λοιπόν φυσικό, η φαντασία των ανθρώπων, να πλάσει την ύπαρξη των χαριτωμένων αυτών ξωτικών, μέσα σ' αυτή τη ρεματιά. Σήμερα όμως, που η τεχνική πρόοδος ξερίζωσε τους απλατάνους και σκέπασε το ποτάμι με τσιμέντα και σίδερα, για να το κάμει δημόσιο δρόμο, δεν απόμεινε, παρά μονάχα η σπηλιά, ρημαγμένη και αραχνιασμένη, και αυτή κρυμμένη, αφού τους ενοίκους της τους διώξαν, μ' αυτόν τον βάρβαρο τρόπο, οι αδηφάγοι άνθρωποι. Αυτές οι πανέμορφες νύμφες, με τα μακριά ξανθά μαλλιά, που χτενιζότανε με χρυσό χτένι και είχανε μάτια αμυγδαλωτά, ασπροντυμένες και μ' ένα αέρινο πέπλο στο κεφάλι, κατοικούσαν στον ανεραϊδόσπηλιο. Τα

χαριτωμένα και ωραιότατα αυτά εξωτικά γέμιζαν τη ζωή τους με χορό και παιχνίδι. Τα βράδια, ιδιαίτερα τα φεγγαρόλουστα, του καλοκαιριού οι γιαγιάδες διηγούνταν στα εγγόνια τους εντυπωσιακές ιστορίες για τις νεράϊδες του χωριού, τις οποίες πίστευαν αληθινές. Οι νεράϊδες λέει, ζουν σ' ένα σπήλαιο, από κάτω από την εκκλησία του Άι - Γιάννη, του Μαγγανίτη. Μόνο οι Σαββατογεννημένοι μπορούν να τις δούνε να χορεύουν μπροστά στα μάτια τους, στη σκίζα του μεσημεριού ή τα μαύρα μεσάνυκτα. Οι ανεράϊδες αγαπούν πολύ τις χαρές και τα γλέντια. Για αυτό αρπάζουν τους τραγουδιστάδες και τους λυράρηδες. Τους θέλουνε να τους παίζουνε και να τους τραγουδούνε τους χορούς τους. Από το βιβλίο: "Ο Νεραϊδόσπηλιος" του Νίκου Χριστινίδη, Έκδοση Μορφωτικού Συλλόγου Αρχανών, 1985

### **Βαθύπετρο**

Η πηγή αυτή πήρε τ' όνομα της απ' το χωριό Βαθύπετρο, που υπάρχει και σήμερα. Είναι ανεξάρτητη πηγή. Το ένα μέρος της πηγής είναι ιδιωτικό και ανήκει στους Μαλλιάρακηδες και το άλλο μισό της ανήκει στο Δήμο Αρχανών. Τα νερά της πηγάζουν απ' το νότιο μέρος της Μεγάλης Κεφάλας. Το 50% των νερών ρέουν στις Αρχάνες και το άλλο 50% στο Βαθύπετρο, όπου παραμένουν για εξυπηρέτηση ιδιωτικής χρήσης. Τα νερά της μπορεί να ελαττώνονται, αλλά ποτέ δεν στερεύουν. Η πηγή είναι η χαμηλότερη σε περιεκτικότητα ξένων υλών, αλλά έχει μολυνθεί από βακτήρια λόγω χρήσης φαρμάκων.

### **Πετσιλιανά**

Το όνομα της πηγής αυτής είναι μεταφορικό (πετσιά και λιανά) λόγω ανώμαλης διαμόρφωσης των χωραφιών στην περιοχή αυτή. (Πεζούλες). Υπάρχει από αμνημονεύτων χρόνων και είναι ιδιωτική. Συγκεκριμένα, ανήκει στους Ρεθεμνιωτάκηδες και στους Κρασανάκηδες. Είναι ανεξάρτητη και τα νερά της πηγάζουν απ' την Κεφαλα των Λυδάκηδων και ρέουν στον ποταμό Κατσαμπά ή Καίρατο.

### **Κουτσουνάρι**

Η πηγή Κουτσουνάρι βρίσκεται στο δυτικό μέρος του χωριού στην περιοχή «Συνοικισμός», αλλά με την πάροδο του χρόνου στερεύει επειδή οι κάτοικοι χτίζουν σπίτια στην περιοχή και δυσκολεύουν τη ροή του.

## Κουρίνα

Η πηγή ανήκε στην οικογένεια Κουρή και από εκεί πήρε το όνομα της. Τώρα ανήκει στους Αρνογιαννάκηδες. Είναι αστείρευτη και, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, η ποσότητα νερού που περιέχει λιγοστεύει ή πληθαίνει. Είναι ανεξάρτητη πηγή. Τα νερά της πηγάζουν απ' τους πρόποδες του βουνού Γιούχτα και ρέουν για ιδιωτική χρήση μόνο. Το νερό της περιέχει πολύ σίδηρο.

## Άγιος Μάμας

Η πηγή βρίσκεται δίπλα στην εκκλησία του Αγίου Μάμα , από την οποία πήρε και το όνομα. Η πηγή περιέχει σχετικά μικρή ποσότητα νερού, που αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με τις βροχοπτώσεις. Είναι δύσκολο να χρονολογηθεί, επειδή υπάρχει από πάρα πολύ παλιά.

## Χωστό Νερό

Το Χωστό Νερό βρίσκεται στο νότιο μέρος της κορυφής του Γιούχτα και για να μπορέσει να το δει κανείς πρέπει να μπει έρποντας από μία τρύπα. Στην είσοδο υπάρχουν μεγάλοι βράχοι και ακολουθούν τρεις διάδρομοι. Βαθιά στο σπήλαιο βρίσκονται μικροί σταλαγμίτες, μικρές λεκάνες νερού και όστρακα, ελληνιστικά και ρωμαϊκά, καθώς και αγαλματίδια. Απ' αυτά φαίνεται ότι ίσως υπήρξε τόπος όπου γίνονταν λατρευτικές τελετές. Απ' τους σταλαγμίτες τρέχει νερό, χειμώνα - καλοκαίρι σε μικρή ποσότητα. Η πηγή πήρε το όνομα της απ' το σπήλαιο, που ονομάστηκε έτσι επειδή δεν μπορεί κανείς να το εντοπίσει εύκολα. Το Χωστό Νερό έχει μεγάλη ιστορία: πολλές κοπέλες πήγαιναν για να φέρουν νερό και δεν επέστρεψαν. Αυτό το εξηγούσαν ως εξής: οι κοπέλες εκεί μέσα χάνονταν, γιατί ο χώρος ήταν σκοτεινός με πολλούς μικρούς διαδρόμους.

## Πηγή Ασωμάτων

Η εκκλησία του Μιχαήλ Αρχαγγέλου κτίστηκε την Βυζαντινή περίοδο. Αρχάγγελος λεγόταν ο Ασώματος, άρα η πηγή Ασωμάτων πήρε το όνομα της απ' την εκκλησία. Υπάρχει η πάνω και η κάτω πηγή Ασωμάτων. Η πάνω ήταν του Μαλλιαράκη και η κάτω ανήκε στους Ψαραδάκηδες. Αρχικά, η πάνω πηγή υπάγονταν στον Δήμο Ηρακλείου. Μάλιστα οι Αρχάνες την απέκτησαν έπειτα από ανταλλαγή πηγών, που έγινε με το Δήμο Ηρακλείου. Οι Αρχάνες έδωσαν την πηγή Μοροζίνη και πήραν τον Ασώματο.

Τα νερά της πηγής πηγάζουν στη Μεγάλη Κεφάλα και ρέουν στις Αρχάνες για ύδρευση. Τα νερά της πηγής μπορούν να ελαττωθούν λόγω μικρών βροχοπτώσεων, αλλά ποτέ δεν στερεύουν. Το νερό ερχόταν παλιά στις Αρχάνες με κουτούτο (μέσω χαντακιού δηλαδή), ενώ τώρα διοχετεύεται στην περιοχή με σωλήνες.

### **Ξερή Καρά**

Η πηγή της Ξερής Καράς βρίσκεται στα νότια των Αρχανών σε μεγάλο υψόμετρο και προκαλεί έκπληξη στους επισκέπτες το γεγονός ότι αναβλύζουν τα νερά της από τόσο ψηλά. Βρίσκεται 6 χλμ. έξω από τις Αρχάνες. Υπάρχει από την εποχή της Ενετοκρατίας και της Τουρκοκρατίας. Το νερό της είναι απαλλαγμένο από ξένες ύλες και γι' αυτό θεωρείται πλέον κατάλληλο για πόσιμο. Στον τόπο που τρέχει η πηγή υπήρχε μια καρά (καρυδιά) που ξεράθηκε και απ' αυτήν πήρε το όνομα της. Η πηγή είναι ανεξάρτητη. Τα νερά της πηγάζουν απ' τη Μεγάλη Κεφάλα και ρέουν στις Αρχάνες και ενώ ελαττώνονται λόγω μικρής βροχόπτωσης, δεν στερεύει ποτέ. Η πηγή δεν είναι ιδιωτική.

### **Μαριγώς Πηγή**

Η ιδιοκτήτρια αυτής της πηγής λεγόταν Μαριγώ και ήταν καπετάνισσα των Αρχανών και από αυτή πήρε το όνομα της. Η πηγή είναι δύσκολο να χρονολογηθεί, πάντως είναι πολύ παλιά. Τα νερά της πηγάζουν από την Μεγάλη Κεφάλα και ρέουν στις Αρχάνες. Τα νερά της ελαττώνονται, αλλά ποτέ δεν στερεύουν.

### **Άγιος Κωνσταντίνος**

Η πηγή βρίσκεται στο ιερό της εκκλησίας του Αγίου Κων/νου, στην οποία οφείλει το όνομα της. Η πηγή είναι πολύ παλιά, αλλά υπάρχει ακόμα και σήμερα. Έχει λίγο νερό το οποίο τρέχει ασταμάτητα. Πηγάζει από τη Μεγάλη Κεφάλα, ενώ τα νερά της καταλήγουν στον ποταμό. Η πηγή αξιοποιείται ποτίζοντας περιβόλια, αμπέλια κι ελιές της περιοχής. Περίπου 500 μέτρα πιο πέρα υπάρχει η πηγή Βενατάδο στην ομώνυμη περιοχή.

### **Αγία Παρασκευή**

Η πηγή είναι πάρα πολύ παλιά και υπάρχει μέχρι και σήμερα. Πήρε τ' όνομα της από την εκκλησία της Αγίας Παρασκευής. Είναι ιδιωτική και μάλιστα ανήκει σε πολλούς ιδιοκτήτες. Τα νερά της πηγάζουν από την Μεγάλη Κεφάλα και τον Άγιο Ιωάννη.

## **Πάνω Περβόλια (1,2)**

Ονομάστηκαν έτσι επειδή η περιοχή όπου βρίσκονταν είναι κοντά σε περβόλια και γι' αυτό το λόγο ανήκουν σε όσους έχουν περβόλια εκεί, άρα είναι ιδιωτικές. Οι πηγές εξακολουθούν να υπάρχουν και σήμερα. Τα νερά της μιας πηγάζουν απ' τον Ασώματο και τα Λούματα και πέφτουν στον ποταμό. Η άλλη έχει ένα ιδιαίτερα παράξενο χαρακτηριστικό που τη διαφοροποιεί απ' όλες τις άλλες: το νερό της πηγάζει και αναβλύζει απ' ευθείας μέσα από τη γη αντί να κατεβαίνει προερχόμενο από κάποια άλλη πηγή. Γι' αυτό ακριβώς μπορούμε να τη συναντήσουμε και με την ονομασία "ανεβάζουσα". Η πηγή αυτή έχει αρκετό νερό, συγκεκριμένα παράγει 8-10 κυβικά νερό ανά ώρα. Τα νερά καταλήγουν στον ποταμό των Αρχανών. Δίπλα σ' αυτήν βρίσκεται και μια άλλη ιδιωτική, της οποίας τα νερά στερεύουν το καλοκαίρι.

Ακόμα στην ευρύτερη περιοχή των δύο αυτών πηγών βρίσκονται και άλλες πηγές όπως π.χ. σε απόσταση 1 χλμ. οι πηγές Πετσιλιανά και Λούματα ή Τράπεζα, ενώ περίπου 500 μέτρα πιο πάνω υπήρχε παλιότερα άλλη μία πηγή, η οποία στέρεψε έπειτα από τη διάνοιξη μιας γεώτρησης στην περιοχή.

## **Μηνά Φλέγα**

Η πηγή είναι ιδιωτική και έχει πάρει το όνομα της απ' τον ιδιοκτήτη της. Είναι και αυτή αρκετά παλιά πηγή. Βρίσκεται σ' ένα καβούσι και έχει ελάχιστο νερό, το οποίο όμως τρέχει συνεχώς. Δεν είναι μολυσμένη πηγή. Πηγάζει από τη Μεγάλη Κεφάλα και ρέει στον κεντρικό ποταμό των Αρχανών.

## **Αγία Ειρήνη**

Η πηγή πήρε τ' όνομα της απ' την εκκλησία της Αγίας Ειρήνης. Είναι ιδιωτική και υπάρχει από πολύ παλιά. Λένε ότι το νερό της είναι το καλύτερο στην περιοχή των Αρχανών. Πηγάζει από τα υψώματα της Μεγάλης Κεφάλας και τα νερά της καταλήγουν σ' ένα ρυάκι που συνδέεται με τον κεντρικό ποταμό των Αρχανών. Δεν είναι μολυσμένη πηγή, αφού βρίσκεται σε μεγάλο σχετικά υψόμετρο, ενώ κοντά σ' αυτή δεν υπάρχουν αμπέλια για να ραντίζονται με γεωργικά φάρμακα. Η ωριαία παραγωγή της είναι μισό κυβικό.

## Καβούσι

Το Καβούσι είναι η πιο πλούσια πηγή των Αρχανών και αλλιώς λέγεται Νοθιά. Παλιότερα οι Τούρκοι είχαν φτιάξει την πηγή έτσι ώστε το νερό να αναβλύζει με πίεση και έμοιαζε σαν σιντριβάνι. Πηγάζει από το Γιούχτα και τροφοδοτείται από κάποια δεξαμενή του. Γι' αυτό ακριβώς θεωρείται ότι το νερό της πηγής δεν είναι μολυσμένο.

## Καρνάρι (Σφακόβρυση)

Για τη Σφακόβρυση ξέρουμε ότι υπήρχε πριν από το 1866. Το όνομα της το πήρε από τις πολλές σφάκες (πικροδάφνες) που υπήρχαν παλιά στην πηγή. Η πηγή διατηρείται μέχρι σήμερα, έχει δεχτεί αρκετές επιδράσεις από τους ανθρώπους. Κοντά στη Σφακόβρυση υπάρχει μια πηγή που ονομάζεται Ξερόβρυση ή Αγά Φλέγα. Ονομάστηκε έτσι διότι κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας ο Τούρκος Αγάς ήταν κυρίαρχος του Καρναριού και έπινε μόνο από αυτήν την πηγή. Πεντακόσια μέτρα από την Ξερόβρυση σε ευθεία γραμμή υπάρχει και μια άλλη πηγή, η Συκιά. Με το πέρασμα του χρόνου, ο άνθρωπος έχει επιδράσει πάνω της, φτιάχνοντας ένα πηγάδι. Η Σφακόβρυση πηγάζει από το Γιούχτα και είναι ιδιωτική. Το νερό της είναι καθαρό, επειδή έχει αποκλειστικά δική της δεξαμενή στα έγκατα του βουνού.

## Ψαρογάρου

Είναι μικρή πηγή και το νερό της προέρχεται από το Βαθύπετρο. Οι παλιοί έλεγαν: «Όποιος πιει απ' το νερό του Ψαρογάρου τσακώνεται με το γείτονα του». Αυτό το έλεγαν γιατί οι κάτοικοι εκείνης της περιοχής μάλωναν πολύ συχνά. Η υπερβολική άντληση του νερού και πολλές φορές όταν δεν έχουμε πολλές βροχοπτώσεις, προκαλεί την εξάντληση της πηγής. Η πηγή είναι ιδιωτική και ανεξάρτητη. Πηγάζει από τον Γιούχτα και τροφοδοτείται αποκλειστικά από μια υπόγεια δεξαμενή του και το νερό δεν είναι μολυσμένο.

## 1.4 Γενικά στοιχεία για το κλίμα της Κρήτης

Η Κρήτη και γενικότερα σχεδόν ολόκληρη η Μεσόγειος θάλασσα βρίσκονται βορειότερα των περιοχών υποτροπικών νηνεμιών. Σ' αυτές τις περιοχές λόγω της διανομής ατμοσφαιρικής πίεσης και της κυκλοφορίας των ανέμων, παρατηρούνται δύο κυρίως εποχές: η βροχερή και η ξηρή. Εάν σαν βάση του διαχωρισμού χρησιμοποιηθεί η θερμοκρασία του

αέρα, τότε και πάλι παρατηρούνται δύο εποχές: η ψυχρή και η θερμή. Στο μεσογειακό τύπο κλίματος, υπάρχει σαφής συσχετισμός ανάμεσα στην ψυχρή και βροχερή, καθώς και ανάμεσα στην ξηρή και θερμή εποχή.

Σαν θερμή εποχή χαρακτηρίζεται το διάστημα Ιουνίου – Σεπτεμβρίου και σαν ψυχρή εποχή το διάστημα Οκτωβρίου – Μαΐου, αν και οι μήνες Οκτώβριος και Μάιος μπορούν να θεωρηθούν μεταβατικοί μήνες.

Το κλίμα της Κρήτης είναι εύκρατο και πλησιάζει προς το θαλάσσιο. Σε υψηλά υψόμετρα, τείνει προς τον ορεινό τύπο κλίματος. Από την άποψη ηπιότητας και των μεταβολών, το κλίμα της Κρήτης θεωρείται προνομιούχο και οφείλεται στην κεντρική θέση που κατέχει το νησί στην ανατολική Μεσόγειο. Ο χειμώνας αρχίζει περίπου από τα μέσα Δεκεμβρίου και είναι ήπιος. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Ιανουάριος που διαφέρει ελάχιστα θερμομετρικά από το Φεβρουάριο. Η διαφορά τους όμως τόσο με το Δεκέμβριο όσο και με το Μάρτιο, είναι αισθητή. Γενικά τα πεδινά της Ανατολικής Κρήτης είναι από τις θερμότερες περιοχές της Ελλάδας με μακρά ηλιοφάνεια ακόμα και κατά τους μήνες Οκτώβριο μέχρι Απρίλιο. Η νέφωση είναι γενικά μικρή και μειώνεται από ανατολικά προς δυτικά. Το ανατολικό άκρο κατά τους χειμερινούς μήνες ανήκει σε περιοχή μεγίστου νεφώσεως. Οι βροχές αυξάνονται από τα ανατολικά προς δυτικά και από τα παράλια προς την ηπειρωτική χώρα.

Κύρια χαρακτηριστικά του κλίματος στο νησί είναι:

- Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων με μη κανονική κατανομή τόσο τυπικά (αυξητική κλίμακα από ανατολικά προς δυτικά και μεγάλο ημερήσιο ποσοστό βροχοπτώσεων στην Κεντρική και Δυτική Κρήτη που φτάνει το 1/3) όσο και χρονικά (την περίοδο των έντονων βροχοπτώσεων, διαδέχονται περίοδοι με μεγάλη ξηρασία).
- Έντονη ηλιοφάνεια
- Ήπιες θερμοκρασιακές αποκλίσεις.
- Δεν παρατηρείται ποτέ παγετός.
- Η θερμοκρασία σπάνια πέφτει κάτω από τους 0°C.

## 2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 2.1 Γεωμορφολογικά και Στρωματογραφικά στοιχεία

Στους χάρτες των σχημάτων 2.1 και 2.2 παρουσιάζονται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής και η γεωλογία της, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50000. Η περιοχή μελέτης παρουσιάζει γενικά ήπιο ανάγλυφο και καλύπτεται κυρίως από μειοκαινικές αποθέσεις

### 2.2 Μεταλπική τεκτονική

Από τις τεκτονικές κινήσεις, οι οποίες έδρασαν στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου στην περιοχή της Κρήτης και επηρέασαν την δομή της, ενδιαφέρον για την παρούσα μελέτη παρουσιάζει η νεοτεκτονική δράση (Kilias et al., 1993) η οποία εξακολουθεί να δρα έως και σήμερα. Οι νεοτεκτονικές κινήσεις οφείλονται σε γενικότερη περιστροφή του νησιού γύρω από οριζόντιο άξονα διεύθυνσης ΒΑ - ΝΔ (Fytrolakis, 1980). Στην κίνηση αυτή το νησί συμμετέχει σαν ένα σύστημα τεκτονικών τεμαχών διαφορετικού μεγέθους και φοράς κίνησης.

Ενδεικτικό του είδους του τεκτονισμού που έχει επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος αποτελούν οι εναλλαγές επιφανειών ισοπέδωσης και χαραδρώσεων - ενεργών κοιτών του υδρογραφικού δικτύου.

Η τεκτονική κατά την διάρκεια του Νεογενούς για την περιοχή της Κρήτης είναι κυρίως εφελκυστική με πιθανά διαλείμματα συμπιεστικών φάσεων. Από το Μειόκαινο έως σήμερα δύο μεγάλα γεωδυναμικά γεγονότα καθορίζουν την γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης: η σύγκλιση Αφρικής και Ευρασίας και της διαφυγής της μικροπλάκας της Ανατολίας προς τα νοτιοδυτικά. Τρεις μεγάλες ομάδες ρηγμάτων προέκυψαν από τις εφελκυστικές φάσεις που έπληξαν την Κρήτη από το Μειόκαινο έως σήμερα.

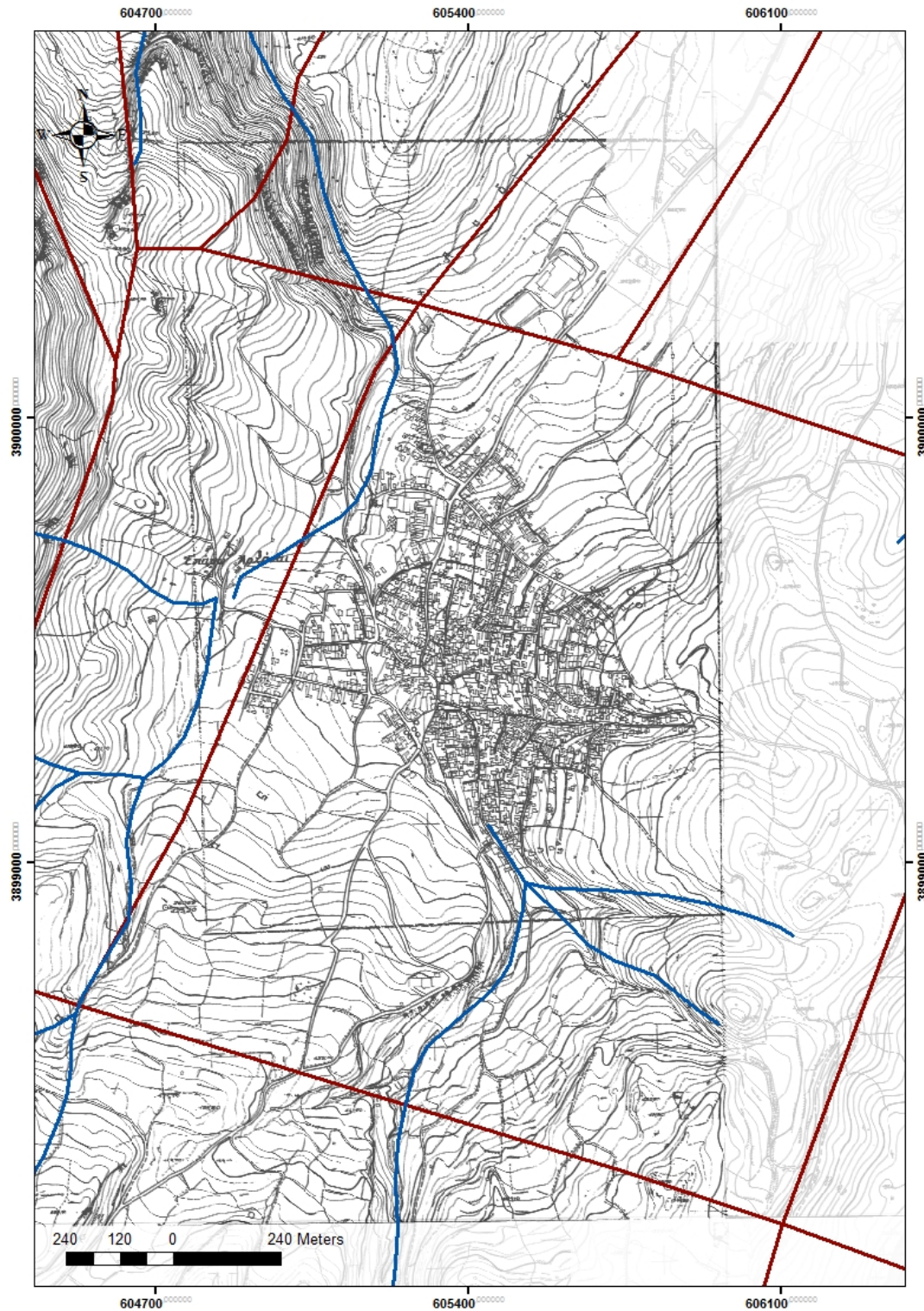
Η πρώτη και παλαιότερη ομάδα αποτελείται από ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ με ηλικία Μέσο/Άνω Μειόκαινο με αρχές Μεσσηνίου. Οι λεκάνες που είναι προσανατολισμένες στην διεύθυνση Α-Δ είναι αποτέλεσμα αυτών των ρηγμάτων.

Τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης Β-Ν και ηλικίας περίπου τέλος Μεσσηνίου με μέσο Πλειόκαινο αποτελούν την δεύτερη μεγάλη ομάδα, υπεύθυνη για την δημιουργία των λεκανών του Ηρακλείου, Ιεράπετρας και Καστελίου Χανίων.

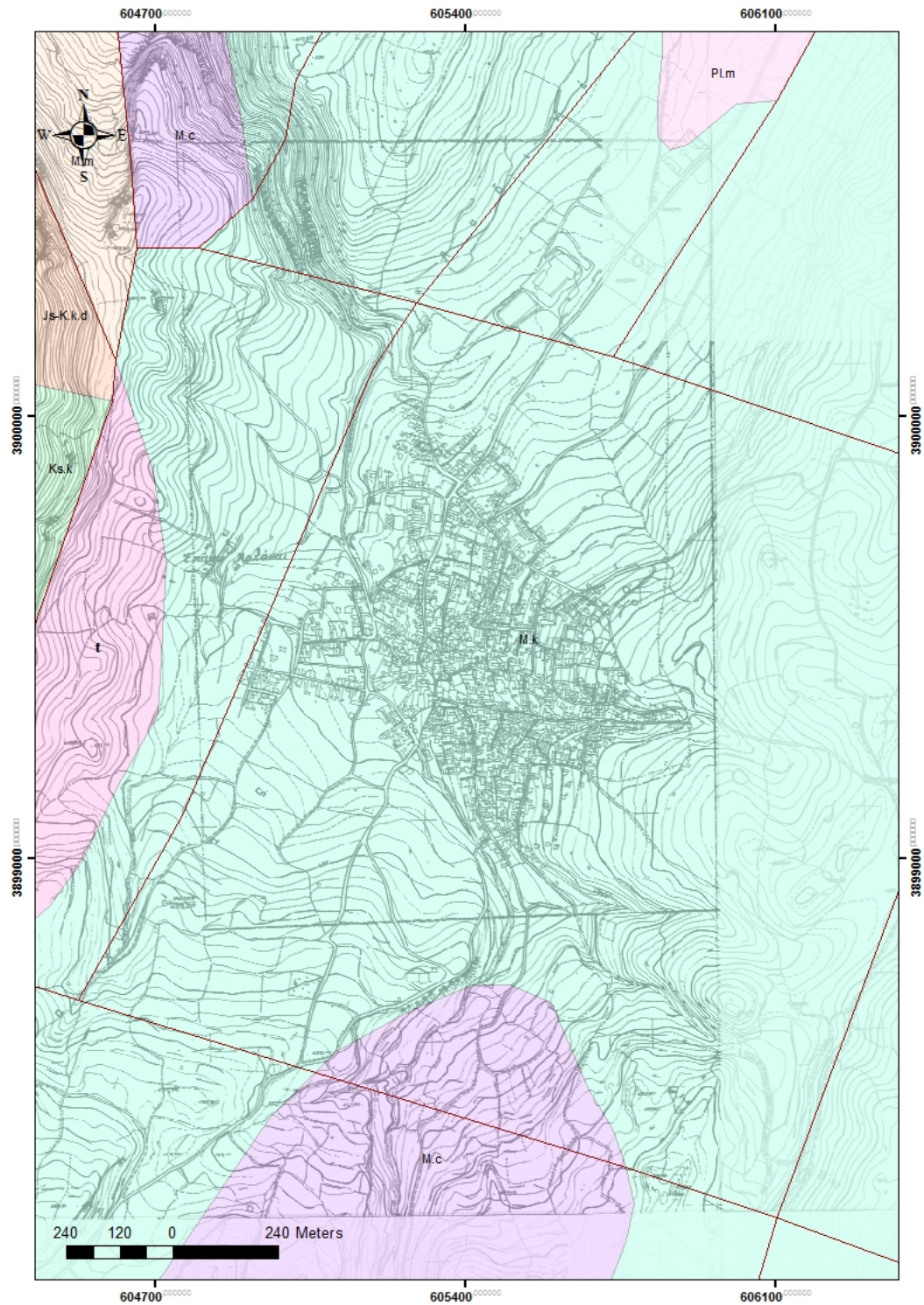


Τέλος η τρίτη και νεότερη ομάδα αποτελείται από ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ. Πολλά από αυτά τα ρήγματα είναι ακόμα ενεργά.

Στην περιοχή που ερευνήθηκε εντοπίζονται δύο κύριες ρηξιγενείς ομάδες διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και ΔΒΔ-ΑΝΑ.



Σχήμα 2.1 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης όπου παρουσιάζονται τα ρήγματα και το υδρογραφικό δίκτυο.



Σχήμα 2.2 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης όπου παρουσιάζονται οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί και τα ρήγματα.

### **3. ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Οι μαγνητικές ιδιότητες των ορυκτών έχουν μεγάλη σημασία αφενός για την μακροσκοπική τους αναγνώριση και αφετέρου για τον διαχωρισμό τους από μείγματα διαμαγνητικών, παραμαγνητικών και παραμαγνητικών ορυκτών. Ο διαχωρισμός τους γίνεται με την βοήθεια ειδικών μαγνητικών συσκευών, που ονομάζονται μαγνητικοί διαχωριστές.

Ως σιδηρομαγνητικά χαρακτηρίζονται τα υλικά, τα οποία όταν εκτεθούν στην δράση μαγνητικού πεδίου, διατηρούν τμήμα της μαγνήτισής τους ακόμα και όταν αυτό παύσει να υφίσταται. Με θέρμανση πάνω από την θερμοκρασία Curie, την κρίσιμη θερμοκρασία μετατροπής ενός σιδηρομαγνητικού υλικού σε παραμαγνητικό, τα σιδηρομαγνητικά υλικά χάνουν το μόνιμο μαγνητισμό τους και μεταπίπτουν σε παραμαγνητικά. Φυσικά σιδηρομαγνητικά ορυκτά είναι ο μαγνητίτης, ο μαγνητοπυρίτης και ο μαγκεμίτης.

Παραμαγνητικά ονομάζονται τα ορυκτά, οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν ιόντα που χαρακτηρίζονται από παράλληλη ταξινόμηση των ιδιοπεριστροφών (spins) των ηλεκτρονίων τους. Τα μαγνητικά δίπολα των ορυκτών αυτών χαρακτηρίζονται από τυχαία κατανομή, παρουσιάζουν γενικά μικρή επιδεκτικότητα και έλκονται ελαφρά από το μαγνητικό πεδίο. Γνωστά παραμαγνητικά ορυκτά είναι οι πυρόξενοι, ο ολιβίνης και ο βιοτίτης.

Διαμαγνητικά ονομάζονται τα ορυκτά οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν στοιχεία, τα ηλεκτρόνια των οποίων χαρακτηρίζονται για την περιστροφή τους γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Παρουσιάζουν μηδενική ή ελάχιστη μαγνητική επιδεκτικότητα.

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά οι βασικές έννοιες του μαγνητισμού και της μαγνητικής επιδεκτικότητας, ο τρόπος που μετράται καθώς και η χρήση της μαγνητικής επιδεκτικότητας στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Επιβάλλεται να αναφερθεί ότι η πλειονότητα των θεωρητικών στοιχείων προέρχεται από το βιβλίο των Thompson and Oldfield (1986), Environmental Magnetism. Επιπρόσθετα παρατίθενται και παραδείγματα από περιπτώσεις περιοχών με περιβαλλοντικά προβλήματα, όπου χρησιμοποιήθηκε η μαγνητική επιδεκτικότητα ως δείκτης για τον εντοπισμό τους.

### 3.2 Βασικές μαγνητικές ιδιότητες

Διαμαγνητισμός (Diamagnetism). Πρόκειται για μια ασθενή αρνητική μαγνήτιση (magnetization) που προκύπτει κατά την αλληλεπίδραση ενός εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου με το πεδίο που προκύπτει κατά την τροχιακή (orbital) κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Ο διαμαγνητισμός είναι ανεξάρτητος της θερμοκρασίας και χαρακτηρίζει υλικά όπως ο χαλαζίας, ο ασβεστίτης, ο μαρμαρυγίας και το νερό.

Παραμαγνητισμός (Paramagnetism). Γενικά παραμαγνητική συμπεριφορά παρουσιάζουν άτομα, ιόντα ή μόρια, τα οποία εμφανίζονται μόνιμα ως μαγνητικά δίπολα και τα οποία τείνουν να προσανατολιστούν παράλληλα στην διεύθυνση εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου με αποτέλεσμα να προκληθεί μια ασθενής θετική μαγνήτιση. Παρόλα αυτά, μόλις παύσει η δράση του μαγνητικού πεδίου, η μαγνήτιση του παραμαγνητικού υλικού χάνεται.

Σιδηρομαγνητισμός (Ferromagnetism). Ήδη έχει αναφερθεί ότι τα σιδηρομαγνητικά ορυκτά χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα, στην θερμοκρασία Curie να αλλάζουν δραματικά οι μαγνητικές ιδιότητες τους. Κάτω από την θερμοκρασία Curie το σιδηρομαγνητικό υλικό παρουσιάζει μια ισχυρή παραμένουσα μαγνήτιση, ενώ πάνω από την θερμοκρασία Curie συμπεριφέρεται ως παραμαγνητικό υλικό.

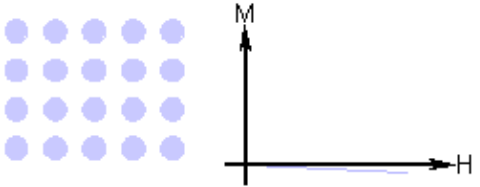
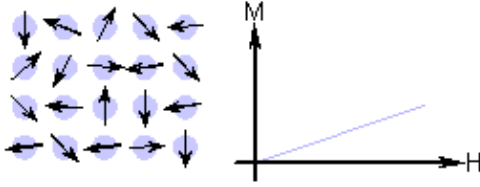
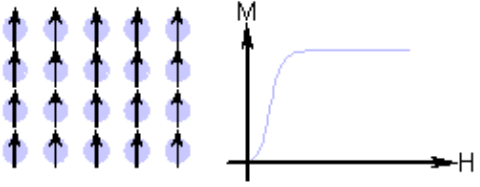
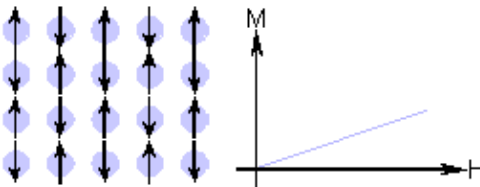
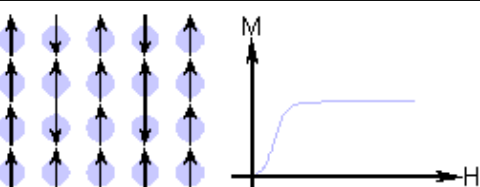
Παραμένουσα μαγνήτιση είναι η ιδιότητα των σιδηρομαγνητικών υλικών να διατηρούν τις μαγνητικές ιδιότητες τους ακόμη και κατά την απουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου.

Στον Πίνακα (3.1) δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα είδη μαγνήτισης διάφορων υλικών.

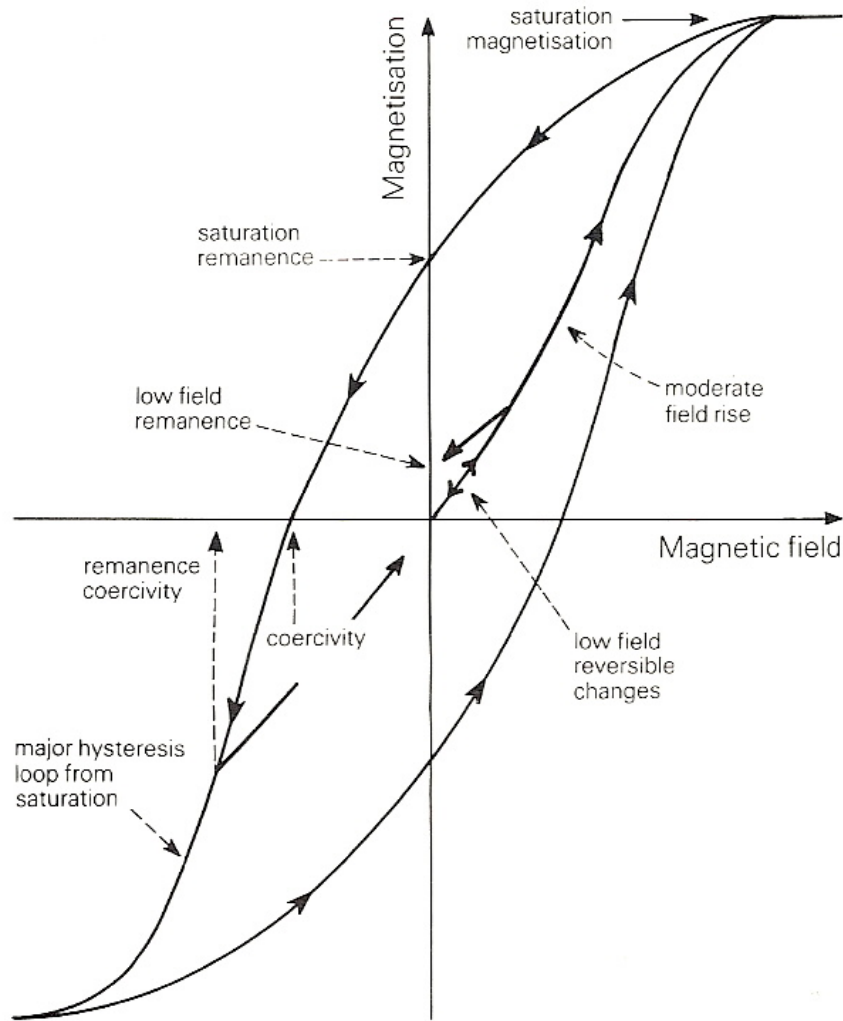
### 3.3 Μαγνητική υστέρηση

Το μαγνητικό καθεστώς μια ράβδου σιδήρου εξαρτάται από το μαγνητικό πεδίο, στο οποίο εκτίθεται και την μαγνητική ιστορία της ράβδου. Το σχήμα 3.1 παρουσιάζει την σχέση της μαγνήτισης μιας ράβδου σιδήρου με το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο.

Αν θεωρήσουμε μια μη μαγνητισμένη ράβδο, η οποία εισάγεται σε ένα ασθενές μαγνητικό πεδίο, από το σχήμα 3.1 φαίνεται ότι η μαγνήτιση αυξάνει αργά. Όταν παύσει η δράση του μαγνητικού πεδίου, η μαγνήτιση της ράβδου μηδενίζεται. Αν στην συνέχεια εφαρμοστεί ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο, η μαγνήτιση της ράβδου δεν είναι πλέον αντιστρεπτή και εμφανίζεται το φαινόμενο της υστέρησης. Εφόσον απομακρυνθεί το μαγνητικό πεδίο η ράβδος σιδήρου διατηρεί παραμένουσα μαγνήτιση.

Τύπος μαγνήτισης	Μαγνητική επιδεκτικότητα	Σχέση Μαγνήτισης – Εφαρμοζόμενου πεδίου	Παραδείγματα υλικών / επιδεκτικότητα
Διαμαγνητισμός	Μικρή και αρνητική	Τα άτομα δεν έχουν μαγνητική ροπή 	Au Cu $-2.74 \times 10^{-6}$ $-0.77 \times 10^{-6}$
Παραμαγνητισμός	Μικρή και θετική	Τυχαίος προσανατολισμός των μαγνητικών ροπών των ατόμων 	$\beta$ -Sn Pt Mn $0.19 \times 10^{-6}$ $21.04 \times 10^{-6}$ $66.10 \times 10^{-6}$
Σιδηρομαγνητισμός	Μεγάλη και θετική, συνάρτηση του εφαρμοζόμενου πεδίου, εξαρτάται από τη μικροδομή.	Τα άτομα έχουν παράλληλες μαγνητικές ροπές 	Fe $\sim 100,000$
Αντι - σιδηρομαγνητισμός	Μικρή και θετική	Ανάμειξη παράλληλων και αντιπαράλληλων μαγνητικών ροπών 	Cr $3.6 \times 10^{-6}$
Σιδηριμαγνητισμός	Μεγάλη και θετική, συνάρτηση του εφαρμοζόμενου πεδίου, εξαρτάται από τη μικροδομή	Τα άτομα έχουν αντιπαράλληλες μαγνητικές ροπές 	Ba ferrite $\sim 3$

Πίνακας 3.1. Συγκεντρωτικός πίνακας όλων των τρόπων μαγνήτισης διάφορων υλικών



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα της μαγνητικής υστέρησης και της καμπύλης της μαγνήτισης (Thompson and Oldfield, 1986).

Αν εφαρμοστεί αρκετά ισχυρό μαγνητικό πεδίο το υλικό αποκτά την μαγνήτιση κορεσμού και η καμπύλη της υστέρησης μια σταθερή τιμή.

Οι βασικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν την καμπύλη της υστέρησης συνοψίζονται ως ακολούθως:

Η κορεσμένη μαγνήτιση  $M_S$ , δηλαδή η μαγνήτιση που επάγεται από ισχυρά μαγνητικά πεδία ( $>1T$ ).

Κατά την απομάκρυνση τέτοιων πεδίων η μαγνήτιση δεν μηδενίζεται και ονομάζεται παραμένουσα μαγνήτιση κορεσμού (saturation remanent magnetization) MRS.

Εάν εφαρμοστεί νέο μαγνητικό πεδίο, αντίθετης διεύθυνσης με το πρώτο, η επαγόμενη μαγνήτιση μπορεί να μηδενιστεί. Το αντίθετης διεύθυνσης πεδίο, που μηδενίζει την μαγνήτιση, ονομάζεται *συνεκτικό πεδίο κορεσμού*  $H_C$  και συμβολίζεται με  $(B_0)_c$ .

Το ακόμη ισχυρότερο πεδίο που απαιτείται για να μηδενιστεί η παραμένουσα μαγνήτιση ονομάζεται *συνεκτικό πεδίο παραμένουσας μαγνήτισης*  $(B_0)_{CR}$ .

Η κλίση της καμπύλης μαγνήτισης ονομάζεται *αρχική μαγνητική επιδεκτικότητα*  $\kappa$  (initial magnetic susceptibility).

Στον πίνακα (3.1) παρουσιάζονται οι μονάδες που χρησιμοποιούνται στον μαγνητισμό και στον πίνακα (3.2) η μαγνήτιση κορεσμού για διάφορα φυσικά υλικά.

Πίνακας (3.1) μονάδες που χρησιμοποιούνται στον μαγνητισμό (Thompson and Oldfield 1986).

Quantity	SI	CGS (emu)	Relationship
induction in free space (field)	$B_0$ tesla (T)	$B$ gauss (G)	$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$
magnetic force (field)	$H$ $\text{A m}^{-1}$	$H$ oersted (Oe)	$1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ Oe}$
permeability of a vacuum	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$	$\mu_0 = 1$	$1 \text{ H m}^{-1}$ equivalent to $10^7/4\pi \text{ G Oe}^{-1}$
induction in free space (field)	$B_0 = \mu_0 H$	$B = H$	$1 \text{ T}$ equivalent to $10^4 \text{ Oe}$
induction in medium	$B = B_0 + \mu_0 M$	$B = H + 4\pi I$	$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$
magnetisation per unit volume	$M$ $\text{A m}^{-1}$	$I$ G	$1 \text{ A m}^{-1} = 10^{-3} \text{ G}$
magnetisation per unit mass	$\sigma = M/\rho$ $\text{A m}^2 \text{ kg}^{-1}$	$\sigma = I/\rho$ $\text{G cm}^3 \text{ g}^{-1}$	$1 \text{ A m}^2 \text{ kg}^{-1} = 1 \text{ G cm}^3 \text{ g}^{-1}$
	$\rho = \text{density}$		
susceptibility per unit volume	$\kappa = M/H$	$\kappa = I/H$	$1 \text{ (SI unit)} = 4\pi \text{ G Oe}^{-1}$
susceptibility per unit mass	$\chi = \kappa/\rho$ $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$	$\chi = \kappa/\rho$ $\text{G Oe}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$	$1 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ G Oe}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$

Πίνακας (3.2) Μαγνήτιση κορεσμού για διάφορα φυσικά υλικά (Thompson and Oldfield, 1986).

Mineral	Composition	Curie temperature (°C)	Room temperature (20°C) saturation magnetisation $M_s$ ( $\text{A m}^2 \text{ kg}^{-1}$ )
magnetite	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	585	93
ulvospinel	$\text{Fe}_2\text{TiO}_4$	-153	—
haematite	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	675	0.5
ilmenite	$\text{FeTiO}_3$	-218	—
maghaemite	$\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$	~740	85
pyrrhotite	~ $\text{Fe}_7\text{S}_8$	~300	~20
iron	$\alpha\text{Fe}$	780	200
goethite	$\alpha\text{FeO.OH}$	120	~1
lepidocrocite	$\gamma\text{FeO.OH}$	-196	—
magnesianoferrite	$\text{MgFe}_2\text{O}_4$	440	21
jacobsite	$\text{MnFe}_2\text{O}_4$	310	77

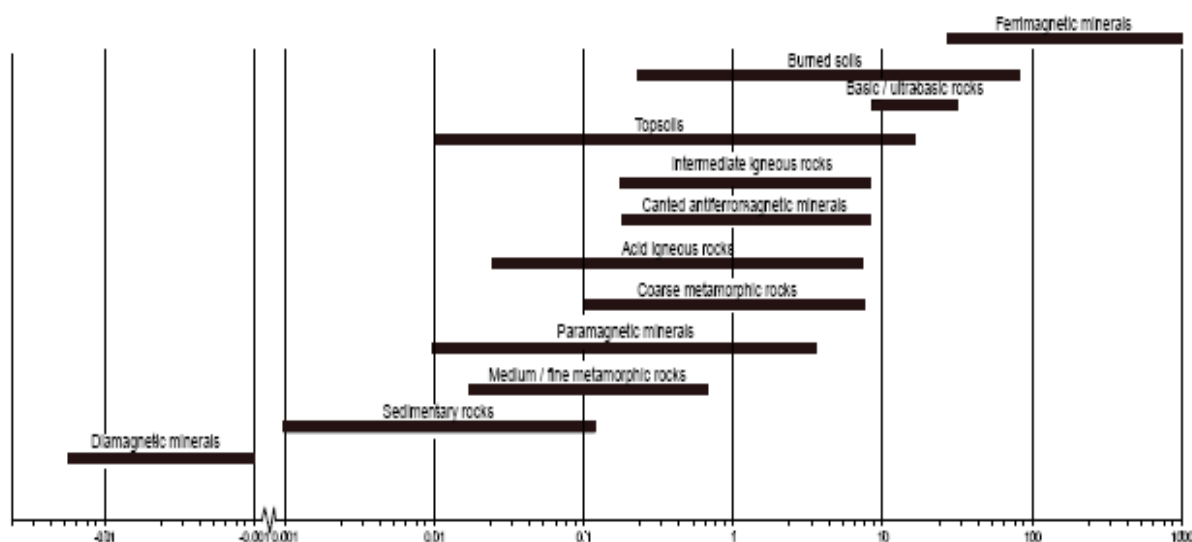
### 3.4 Μαγνητική επιδεκτικότητα

Η μαγνητική επιδεκτικότητα είναι ένα μέτρο της ευκολίας με την οποία μαγνητίζεται ένα υλικό. Η μαγνητική επιδεκτικότητα κατ' όγκο ορίζεται από την σχέση:  $\kappa = M/H$ , όπου  $M$  η κατ' όγκο μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό επιδεκτικότητας  $\kappa$ , όταν εφαρμοστεί πεδίο έντασης  $H$ . Η μαγνητική επιδεκτικότητα δηλαδή, είναι η σταθερά αναλογίας μεταξύ αποτελέσματος (μαγνήτισης) και αιτίου (πεδίου). Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας για διάφορες κατηγορίες υλικών (μαγνητικών και μη), δίνονται στους Πίνακες 3.3 και 3.4.

Η ειδική επιδεκτικότητα,  $\chi$ , ορίζεται από την σχέση:  $\chi = \kappa/\rho$ , όπου  $\rho$  η πυκνότητα και εκφράζεται σε  $m^3/Kgr$ . Η επιδεκτικότητα μετράται γενικά σε ασθενή πεδία έντασης λιγότερο από 1mT. Ο λόγος είναι ότι σε τέτοια πεδία η επιδεκτικότητα είναι γενικά ανεξάρτητη από την ένταση του εφαρμοζόμενου πεδίου.

Όταν ένα υλικό μαγνητίζεται, το εσωτερικό μαγνητικό πεδίο του είναι μικρότερο από το εξωτερικό. Η εσωτερική μαγνητική επιδεκτικότητα συμβολίζεται με  $k_i$ , ενώ η εξωτερική με  $k_e$ , την οποία και μετράμε. Η σχέση μεταξύ  $k_i$  και  $k_e$  είναι:  $k_e = k_i / (1+N \cdot k_i)$  όπου  $N$  ο παράγοντας απομαγνήτισης. Για ένα ισχυρό μαγνητικό ορυκτό (μαγνητίτης)  $N \cdot k_i > 1$ , οπότε και το  $\kappa$  είναι κατά προσέγγιση ίσο με  $1/N$ . Εφόσον το  $N$  είναι γνωστό, η σχέση μεταξύ της μετρούμενης επιδεκτικότητας και της συγκέντρωσης των σιδηρομαγνητικών κόκκων είναι απλή. Στην πράξη έχει βρεθεί ότι για φυσικά δείγματα το  $N$  έχει μια τιμή περίπου 1/3.

Πίνακας (3.3) Τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας για διάφορες κατηγορίες υλικών.





Πίνακας (3.4) Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας για διάφορα υλικά (Thompson and Oldfield 1986)

Remanence-carrying minerals ( $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )		Other iron-bearing minerals ( $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )		Other minerals and materials ( $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )	
iron ( $\infty \text{Fe}$ )	$2 \times 10^7$	olivines ( $\text{Mg, Fe}_2\text{SiO}_4$ )	1→130	water ( $\text{H}_2\text{O}$ )	-0.9
magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )	$5 \times 10^4$	amphiboles ( $\text{Mg, Fe, Al}$ silicates)	16→100	halite ( $\text{NaCl}$ )	-0.9
maghaemite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	$4 \times 10^4$	siderite ( $\text{FeCO}_3$ )	~100	quartz ( $\text{SiO}_2$ )	-0.6
pyrrhotite ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ )	$\sim 5 \times 10^3$	pyroxenes ( $\text{Mg, Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ )	5→100	calcite ( $\text{CaCO}_3$ )	-0.5
ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ )*	~200	biotites ( $\text{Mg, Fe, Al}$ silicates)	5→ 95	feldspar ( $\text{Ca, Na, K, Al}$ silicate)	-0.5
lepidocrocite ( $\text{FeOOH}$ )*	70	nontronite ( $\text{Fe-rich clay}$ )	~ 90	kaolinite (clay mineral)	-2
goethite ( $\infty \text{FeOOH}$ )	70	chamosite (Oxidised chlorite)	~ 90	montmorillonite (clay)	~5
haematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	60	epidote ( $\text{Ca, Fe, Al}$ silicate)	~ 30	illite (clay mineral)	~15
		pyrite ( $\text{FeS}_2$ )	~ 30	plastic (e.g. perspex, PVC)	~-0.5
		chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ )	~ 3		

\* Only remanence carrying at temperatures well below room temperature.

Ακολουθούν οι ορισμοί κάποιων επιμέρους μεγεθών που σχετίζονται με την μαγνητική επιδεκτικότητα:

**1. Παραμένουσα μαγνήτιση εναπόθεσης (Detrital or depositional remanent magnetization, DRM)** – αφορά την παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτούν τα ιζήματα κατά την απόθεση τους.

**2. Μέγιστη παραμένουσα μαγνήτιση (Saturation isothermal remanent magnetization, SIRM or MRS or  $\sigma_{RS}$ ).** Είναι η μέγιστη παραμένουσα μαγνήτιση που μπορεί να παρατηρηθεί και αποκτάται κατά την εφαρμογή και απομάκρυνση ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου.

**3. Μέγιστη μαγνήτιση (saturation magnetization MS or  $\sigma_S$ ).** Είναι η μέγιστη μαγνήτιση που μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα δείγμα κατά την εφαρμογή ισχυρού μαγνητικού πεδίου.

**4. Θερμοπαραμένουσα μαγνήτιση (Thermoremanent magnetization, TRM).** Αφορά την παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό καθώς παγώνει κάτω από την θερμοκρασία Curie.

**5. Η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου με το χρόνο (Viscosity).**

**6. Χρονικά εξαρτώμενη παραμένουσα μαγνήτιση (viscous remanent magnetization VRM).** Η παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό, όταν εφαρμόζεται ασθενές μαγνητικό πεδίο για μεγάλο χρονικό διάστημα.

**7. Ανισοτροπία της μαγνητικής επιδεκτικότητας (anisotropy of magn. Susceptibility).** Η μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την διεύθυνση.

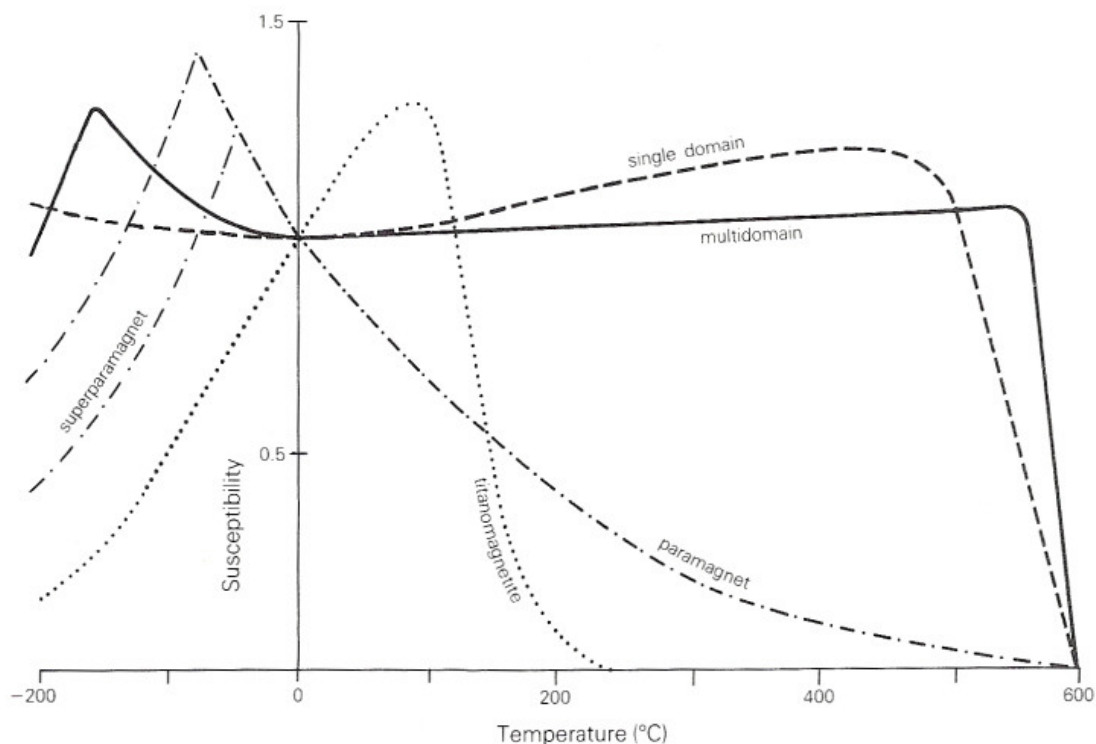
**8. Anhyseretic remanent magnetization (ARM).** Η παραμένουσα μαγνήτιση που δημιουργείται κατά την ομαλή απομείωση ενός ισχυρού εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου, παρουσία ενός ασθενούς σταθερού πεδίου.

**9. Υπερ-παραμαγνητισμός (superparamagnetism).** Είναι το φαινόμενο της ταχύτατης μείωσης της παραμένουσας μαγνήτισης των σιδηρομαγνητικών υλικών, όταν οι κόκκοι τους είναι μικρότεροι από μια κρίσιμη διάμετρο ( $10^{-8}$  m). Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας.

### 3.5 Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την θερμοκρασία

Η μαγνητική επιδεκτικότητα,  $\kappa$ , γενικά μεταβάλλεται με την θερμοκρασία λόγω των εσωτερικών τάσεων και της ανισοτροπίας των κρυστάλλων.

Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζονται τυπικές μεταβολές της μαγνητικής επιδεκτικότητας κρυστάλλων μαγνητίτη διαφόρων μεγεθών και διαφορετικής σύστασης. Όλες οι καμπύλες έχουν κανονικοποιηθεί, έτσι ώστε η τιμή της επιδεκτικότητας στους  $0^{\circ}\text{C}$  να ισούται με την μονάδα.



Σχήμα 3.2 Καμπύλες μαγνητικής επιδεκτικότητας (ασθενές εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο) σε σχέση με την θερμοκρασία για διαφορετικού μεγέθους και σύστασης κρυστάλλους μαγνητίτη: Τιτανομαγνητίτης (στικτή), μικρού μεγέθους κόκκοι  $<20\mu\text{m}$  (διακεκομμένη), μεγάλου μεγέθους κόκκοι  $>20\mu\text{m}$  (συμπαγής), υπερ-μαγνητικοί κόκκοι (διακεκομμένη με τελείες) (Thompson and Oldfield 1986).

### 3.6 Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την συχνότητα

Γενικά η χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εφαρμογής ενός μαγνητικού πεδίου και της απόκρισης της μαγνήτισης δημιουργεί εξάρτηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας ( $\chi_{fd}$ ) από την συχνότητα. Η μεταβολή αυτή είναι γνωστή με τον όρο φάσμα της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Στις υψηλές συχνότητες τα φαινόμενα αποκατάστασης (relaxation phenomena) προκαλούν ελάττωση της μαγνητικής επιδεκτικότητας και απώλειες ενέργειας με την μορφή θερμότητας.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα μετριέται συνήθως με την μέθοδο a.c και έχει δύο συνιστώσες, την σε φάση (in phase) και την φανταστική συνιστώσα (Quadrature or out of phase).

Η χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εφαρμογής ενός μαγνητικού πεδίου και της πλήρους μαγνητικής απόκρισης, ερευνάται με μέτρηση της φανταστικής συνιστώσας της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Όσο πιο έντονη είναι η μετατόπιση της μαγνητικής απόκρισης τόσο πιο σημαντική αποδεικνύεται η φανταστική συνιστώσα της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

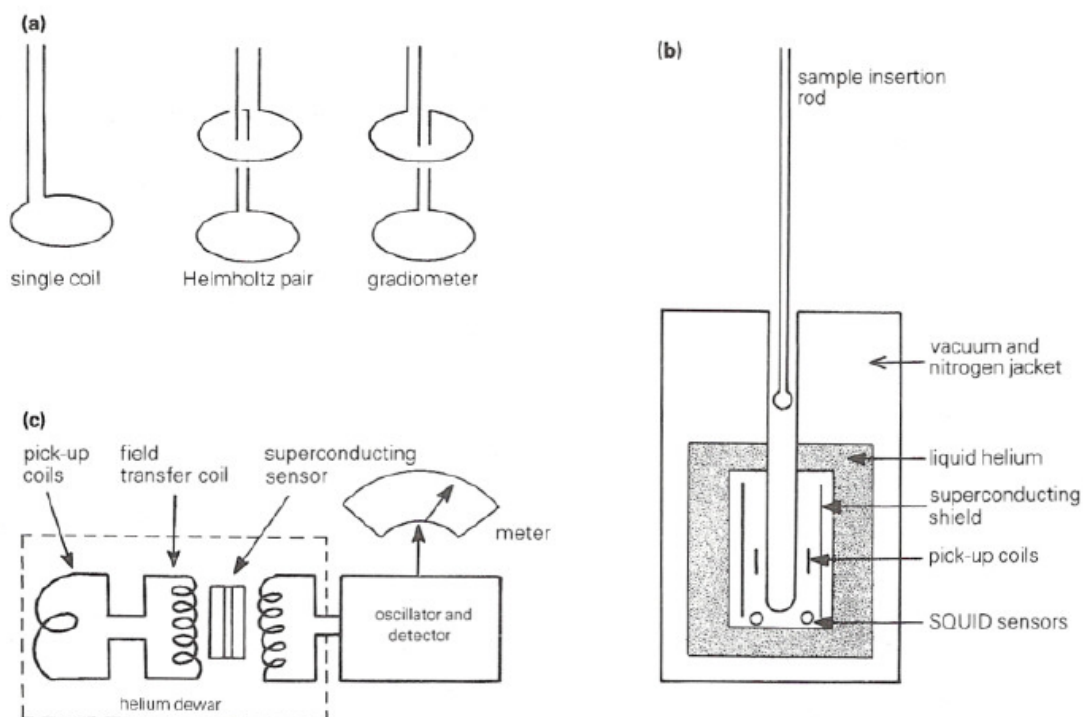
Στις χαμηλές συχνότητες η σε φάση συνιστώσα της μαγνητικής επιδεκτικότητας έχει τιμή πλησίον της πραγματικής. Καθώς όμως η συχνότητα αυξάνεται τα φαινόμενα αποκατάστασης γίνονται πιο σημαντικά και η σε φάση συνιστώσα μετά από μια μικρή αύξηση (Snoek, 1948), μειώνεται σταθερά ενώ η τιμή της φανταστικής συνιστώσας αυξάνει, φτάνει σε μία μέγιστη τιμή και στην συνέχεια μηδενίζεται. Η μέγιστη τιμή της φανταστικής συνιστώσας και η απότομη μείωση της πραγματικής θεωρητικά συμβαίνουν στην ίδια συχνότητα. Παρόλα αυτά η γενική τάση που εμφανίζεται είναι μείωση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με αύξηση της συχνότητας.

Με προσεκτική επιλογή της συχνότητας είναι δυνατόν να διερευνηθεί το φάσμα της επιδεκτικότητας, κάνοντας απλά και μόνο δύο μετρήσεις. Το όργανο της Bartington, που χρησιμοποιήθηκε και στην συγκεκριμένη περίπτωση μετράει σε συχνότητες 1 και 10 KHz και σε μια μέγιστη ένταση εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου  $3 \times 10^{-4}$  T (3Oe). Η εισαγωγή του δείγματος μέσα στο πηνίο ανίχνευσης προκαλεί μια μικρή μετατόπιση της συχνότητας. Η διαφορά στην μετατόπιση στα 1 και 10 KHz λαμβάνεται ως μέτρηση της εξαρτώμενης από την συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας, η οποία συμβολίζεται με ( $\chi_{fd}$ ). Συνήθως το εύρος των τιμών για την εξαρτώμενη από την συχνότητα μαγνητική επιδεκτικότητα εκφράζεται ως ποσοστό επί της ολικής επιδεκτικότητας ( $\chi_{fd}/\chi$ ) και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 24%.

Η μέγιστη μεταβολή της εξαρτώμενης από την συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας για αδρομερή μαγνητίτη είναι μικρότερη από 26% (Bhathal and Stacey (1969), ενώ οι υψηλότερες διαφορές βρέθηκαν σε σκόνη αιωρούμενων ιζημάτων.

### 3.7 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας

Συνήθως η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας γίνεται με την μέθοδο a.c (σχ. 3.3). Το δείγμα τοποθετείται σε ένα μαγνητικό πεδίο που παράγεται από ένα πηνίο. Ένα δεύτερο πηνίο χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της επαγόμενης μαγνήτισης, που είναι ανάλογη της επιδεκτικότητας του δείγματος. Το σήμα που λαμβάνεται, ενισχύεται και μετράται σε millivolts. Τα μοντέρνα όργανα μαγνητικής επιδεκτικότητας χρησιμοποιούν μαγνητικά πεδία της τάξης 0.1mT (10e) σε συχνότητες μεταξύ 1-10KHz. Η A.C μετρούμενη μαγνητική επιδεκτικότητα μπορεί να διακριθεί στην “in phase” και την “quadrature”. Επίσης η επιδεκτικότητα μετράται σε διάφορες συχνότητες. Η μεταβολή της επιδεκτικότητας με την συχνότητα είναι γνωστή ως φάσμα επιδεκτικότητας. Σε χαμηλές συχνότητες η μαγνήτιση του δείγματος είναι σε φάση με το εφαρμοζόμενο πεδίο, οπότε η “in phase” επιδεκτικότητα έχει μια τιμή κοντά στην απευθείας επιδεκτικότητα του δείγματος, ενώ η “quadrature” συνιστώσα πλησιάζει το μηδέν. Καθώς αυξάνει η συχνότητα η “in phase” επιδεκτικότητα μετά από μια μικρή αύξηση, ελαττώνεται σταθερά, ενώ η “quadrature” επιδεκτικότητα αυξάνει.



Σχήμα 3.3 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας (Thompson and Oldfield 1986).

### 3.8 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το MS2 της Bartington

Το σύστημα MS2 Bartington (Σχήμα 3.4) χρησιμοποιείται για την μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας πυριγενών, μεταμορφωμένων και ιζηματογενών πετρωμάτων με ανάλυση  $2 \times 10^{-6}$  SI units. Μετρήσεις μπορούν να διεξαχθούν τόσο στο εργαστήριο, όσο και σε εξωτερικούς χώρους, αφού το μετρητικό σύστημα είναι φορητό και ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να προσαρμόζεται διαφορετικός αισθητήρας. Εφαρμόζεται σε γεωλογικές, παλαιομαγνητικές, αρχαιολογικές, παλαιοκλιματολογικές, υδρολογικές, ιζηματολογικές, έρευνες και σε πυρηνοληψίες.



Σχήμα 3.4 Το μετρητικό σύστημα MS2 του οίκου Bartington με διάφορους αισθητήρες μέτρησης της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

Οι μετρήσεις είναι μη καταστροφικές και οι χαμηλές συχνότητες που χρησιμοποιούνται διασφαλίζουν το γεγονός ότι τα αποτελέσματα δεν επηρεάζονται από την αγωγιμότητα του δείγματος. Ακολουθούν οι προδιαγραφές του μετρητή MS2 καθώς και των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται ανάλογα με το είδος του δείγματος (στερεό, υγρό ή υπό μορφή κόνεως) και το είδος της μέτρησης (εργαστηριακή ή μέτρηση πεδίου).

**Specification - MS2 Meter**

Measuring range - volume specific - mass specific	1-9999 x 10 <sup>-5</sup> SI (x10 <sup>-6</sup> CGS) 1-9999 x 10 <sup>-8</sup> SI (x10 <sup>-6</sup> CGS)
Resolution - volume specific	2 x 10 <sup>-6</sup> SI (2 x 10 <sup>-7</sup> CGS) on x 0.1 range. The resolution achieved will depend on temperature drift and environmental noise.
Internal battery	0.6 Ah sealed Ni-Cad give 8 hours continuous use before recharge is required.
Enclosure material	high impact ABS
Operating temperature	-10°C to 40°C
Weight	1.3kg
Dimensions	255 x 158 x 50mm
Sensor cable	50 ohm TNC to TNC, 1m length (alternative lengths to 100m on request)
Battery charger inlet	2.1mm socket, 6-14Vd.c., 100mA maximum, polarity protected
RS232 interface	1200/9600 baud selected on rear panel
Interface connector	4-way rear panel Fischer socket

**Specification - MS2B Sensor**

Calibration accuracy	1% (10ml calibration sample provided)
Measurement period: x 1 range CGS (SI) x 0.1 range CGS (SI)	1.2 seconds (1.5s) 12 seconds (15s)
Operating frequencies: LF HF	0.465kHz ±1% 4.65kHz ±1%
Amplitude of applied field	250μT peak ±10% (LF & HF)
Maximum resolution	2 x 10 <sup>-7</sup> CGS (LF & HF)
HF/LF Cross calibration	0.1% worst case
Temperature induced drift: Sample to Sensor Differential Calibration sample	±0.05 x 10 <sup>-6</sup> CGS/°C/minute +0.006/°C
Enclosure material	high impact ABS
Weight	0.8kg
Dimensions	200 x 145 x 110mm



**Specification - MS2C Sensor**

Loop internal diameter	36, 40, 45, 60, 72, 80, 90, 100, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 160 or 162mm standard <i>Intermediate sizes can be provided at an additional charge</i>
Calibration accuracy	5% (calibration sample provided)
Measurement period - x 1 range - x 0.1range	0.9 seconds 9 seconds
Operating frequency	0.565kHz
Drift at room temperature	$<2 \times 10^{-6}$ CGS in 10 minutes after 5 minutes operation
Enclosure material	white polyacetal
Weight	2-2.65kg depending on diameter
Dimensions	290 x 200 x 144mm

**Specification - MS2D probe**

Depth of response	50% at 15mm, 10% at 60mm
Measurement period - x 1 range - x 0.1 range	0.5 seconds 5 seconds
Operating frequency	0.958kHz
Drift at room temperature	$<10 \times 10^{-6}$ CGS in 20 minutes after 20 minutes operation
Enclosure material	reinforced epoxy
Weight	0.5kg
Dimensions	mean diameter 185mm, overall height 100mm



**Specification - MS2E Sensor**

Area of response	3.8mm x 10.5mm at the end of the ceramic cylinder
Depth of response	50% at 1mm, 10% at 3.5mm
Measurement period - x 1 range - x 0.1 range	1.2 seconds 12 seconds
Operating frequency	2kHz
Drift at room temperature	$<5 \times 10^{-6}$ CGS in 5 minutes after 5 minutes operation
Enclosure material	high impact ABS and ceramic
Weight	0.22kg
Dimensions	64 x 25 x 140mm

**Specification - MS2F probe**

Area of response	end face and cylinder wall up to the shoulder
Depth of response	10% at 6mm from end face and 4.5mm from outer diameter of end cap
Measurement period - x 1 range - x 0.1 range	0.9 seconds 9 seconds
Operating frequency	0.58kHz
Drift at room temperature	$<10 \times 10^{-6}$ CGS in 20 minutes after 20 minutes operation
Enclosure material	Nylon 66
Weight	0.075kg
Dimensions - sensitive volume - overall	15mm diameter x 20mm 35mm diameter x 85mm





**Specification - MS2G Sensor**

Calibration accuracy	2% (1ml calibration check sample provided)
Measurement period - x 1 range - x 0.1 range	0.7 seconds 7 seconds
Operating frequency	1.3kHz
Drift at room temperature	$<2 \times 10^{-6}$ CGS in 5 minutes after 5 minutes operation
Enclosure	aluminium and ceramic
Sample cavity dimensions	8.5mm diameter x 28mm in height
Sensitive region	5mm height at centre of cavity
Weight	670g
Dimensions (mm)	189 x 91 x 67
Sample vial - 1ml volume	Kartell part number 730

**Specification - MS2K Probe**

Area of response	25.4mm diameter full-width-half-maximum
Depth of response	50% at 3mm, 10% at 8mm
Measurement period - x 1 range - x 0.1 range	1 second 10 seconds
Drift at room temperature	$< \pm 2 \times 10^{-6}$ CGS in 5 minutes after 5 minutes operation
Operating frequency	930Hz
Weight	270gms; 1695g (with carrying case)
Dimensions	180 x 170 x 50mm
Environmental	May be used under wet conditions – not suitable for immersion

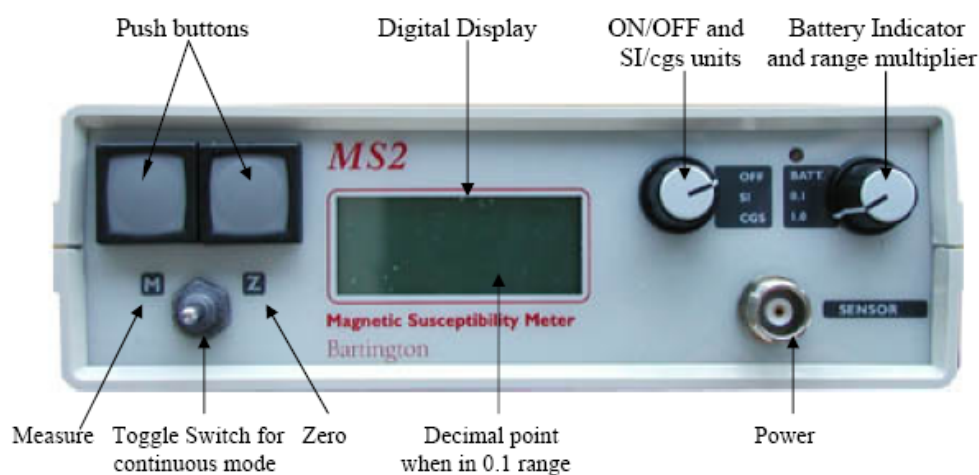
**Specification - MS2 Probe Handle**

Weight	0.65kg
Dimensions - upper section - lower section	430mm length 360mm length



Διαδικασία μέτρησης μαγνητικής επιδεκτικότητας δειγμάτων (Σχήμα 3.5)

1. Οι καλύτερες μετρήσεις γίνονται γενικά όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή και γενικά σε χαμηλά επίπεδα. Πρέπει να αποφεύγονται οι μετρήσεις όταν υπάρχει υγρασία.
2. Τα δείγματα κοσκινίζονται πριν την μέτρηση έτσι ώστε να απομακρυνθούν τυχόν μικρά μεταλλικά αντικείμενα, αλλά και να είναι ομογενή.
3. Το σύστημα μέτρησης δεν πρέπει να τοποθετείται κοντά σε μεταλλικά αντικείμενα ή σε υψηλής τάσης μηχανήματα.
4. Ρυθμίζεται η συχνότητα στο low. Αφού μετρηθούν όλα τα δείγματα, επαναλαμβάνεται με την συχνότητα στο high.
5. Η ευαισθησία ρυθμίζεται στο εύρος  $\times 1.0$ .
6. Πιέζεται το κουμπί που γράφει zero (Z), χωρίς δείγμα μέσα στην συσκευή. Στην συνέχεια επιλέγεται continuous measurements (M). Επίσης αν μεταβάλλεται η τιμή που δείχνει το όργανο κατά  $\pm 1$  σημαίνει ότι υπάρχει θόρυβος.
7. Τοποθετούνται 10gr δείγματος (μετρημένα με ζυγαριά ακριβείας) μέσα στο ειδικό δοχείο και στην συνέχεια στον αισθητήρα. Πιέζεται το κουμπί που γράφει measure (M) και σημειώνεται η μέτρηση. Υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς μέτρησης και καταγραφής - αποθήκευσης σε H/Y μέσω σειριακής θύρας, ώστε να λαμβάνεται η μέση τιμή των μετρήσεων.



Σχήμα 3.5 Πρόσωση του μετρητικού συστήματος MS2 του οίκου Bartington.

### 3.9 Σχέση μαγνητικών ορυκτών και βαρέων μετάλλων

Αν και η σχέση μαγνητικών οξειδίων και βαρέων μετάλλων στην ιπτάμενη τέφρα και τις βιομηχανικές εκπομπές αερίων έχει κατανοηθεί έως τώρα πολύ λίγο, ωστόσο αρκετές συγγραφείς επιβεβαιώνουν στις εργασίες τους τα παραπάνω.

Οι Theis and Wirth (1977) εντόπισαν σε αναλύσεις επιφανειακών δειγμάτων ιπτάμενης τέφρας από καύση γαιάνθρακα, σχέση μεταξύ του χαλκού, χρώμιου, αρσενικού και ψευδάργυρου με συγκεκριμένα οξείδια του σιδήρου, μαγγανίου και αργιλίου. Ο χαλκός, το χρώμιο, το αρσενικό και ο ψευδάργυρος, στις περισσότερες περιπτώσεις σχετίζονταν με την παρουσία οξειδίων του σιδήρου. Επίσης το κάδμιο και το νικέλιο σχετίζονταν με την παρουσία μαγγανίου και τέλος ο μόλυβδος με την παρουσία άλλων στοιχείων.

Οι Hansen et al. (1981) απέδειξαν ότι το χρώμιο, το μαγγάνιο το νικέλιο ο χαλκός ο ψευδάργυρος και το βηρύλλιο ήταν όλα εμπλουτισμένα σε μαγνητικό κλάσμα από ιπτάμενη τέφρα καύσης γαιανθράκων. Οι Olson and Skogerboe (1975) και Linton et al. (1980) εντόπισαν την σχέση μεταξύ του «μαγνητικού σιδήρου» και του μόλυβδου σε εκπομπές καυσαερίων από οχήματα.

Οι Petrovsky et al. (2001) ανέλυσαν δείγματα από αλλουβιακό έδαφος γύρω από μια περιοχή που λειτουργούσε χυτήριο μόλυβδου, για να καθορίσουν την μαγνητική επιδεκτικότητα αλλά και τις συγκεντρώσεις μόλυβδου, ψευδαργύρου και καδμίου. Κατέληξαν ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στην μαγνητική επιδεκτικότητα και τις συγκεντρώσεις των παραπάνω βαρέων μετάλλων και ότι η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον διαχωρισμό ρυπασμένων και μη περιοχών.

Οι Lecoanet et al. (2003) μελέτησαν δείγματα εδάφους από μια περιοχή της νότιας Γαλλίας η οποία περικλείει αυτοκινητόδρομο, αεροδρόμιο και βιομηχανίες σιδήρου και χάλυβα με στόχο να καθορίσουν τους συνδυασμούς των μαγνητικών παραμέτρων που απαιτούνταν για τον χαρακτηρισμό τους. Για την ακρίβεια μελέτησαν τις σχέσεις SIRM- $\chi$ , IRM\_200mT/SIRM-IRM\_20mT/SIRM και ARM\_40mT/SARM- $\chi$  και κατάφεραν να καθορίσουν τις πηγές ρύπανσης αλλά και να παρακολουθήσουν την μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το βάθος.

Οι Boyko et al. (2004) προσπάθησαν να παρακολουθήσουν την χρονική μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε ένα κάναβο 10x10 Km στην βόρεια και νότια Αυστρία. Πραγματοποίησαν δειγματοληψίες σε δύο χρονικές φάσεις (καλοκαίρι 2000 και 2001). Κατέληξαν ότι η επαναληπτικότητα των μετρήσεων επηρεάζεται από την ανομοιογένεια του

εδάφους, του σημείου μέτρησης, την ακρίβεια καθορισμού της θέσης, τον εξοπλισμό την βλάστηση και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

### 3.10 Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στα φυτά

Τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα, ανήκουν στα ιχνοστοιχεία, τα οποία αν και υπάρχουν σε μικρές συγκεντρώσεις στα φυτά, συμμετέχουν σε πολύ σημαντικές βιοχημικές διεργασίες του κυττάρου. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται απαραίτητα για τα φυτά. Βασικό κριτήριο για να θεωρηθεί ένα στοιχείο απαραίτητο είναι είτε να μην μπορεί το φυτό να ολοκληρώσει τον κύκλο της ζωής του απουσία του στοιχείου αυτού είτε το συγκεκριμένο στοιχείο να συμμετέχει σε κάποιο μόριο ή συστατικό του φυτού, που είναι απαραίτητο για την επιβίωσή του.

Στη συνέχεια αναφέρονται μερικά από τα βαρέα μέταλλα που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη βιοχημική λειτουργία των φυτών.

**Νικέλιο (Ni):** Το Ni αποτελεί απαραίτητο συστατικό της ουρεάσης, του ενζύμου που υδρολύει την ουρία σε  $\text{CO}_2$  και  $\text{NH}_4^+$ . Η ουρία σχηματίζεται από την αποδόμηση των ουρεϊδίων, αζωτούχων ενώσεων που είναι προϊόντα της ενσωμάτωσης του αζώτου στα φυμάτια των ριζών των ψυχανθών και της αποδόμησης των πουρινών. Η έλλειψη Ni προκαλεί τη συσσώρευση ουρίας, η οποία είναι τοξική για το φυτό. Επίσης, έλλειψη Ni στους σπόρους των δημητριακών μειώνει τη βιωσιμότητα και τη βλάστησή τους (Brady, *et al*, 1999).

**Σίδηρος (Fe):** Ο σίδηρος συνδέεται στενά με τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, που λαμβάνουν χώρα στους ζωντανούς οργανισμούς (Καράταγλης, 1999). Είναι απαραίτητος σε βιομόρια, όπως κυτοχρώματα και φερρεδοξίνη, που λειτουργούν ως μεταφορείς ηλεκτρονίων, συμμετέχοντας σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπως φωτοσύνθεση και αναπνοή (Ρουμπελάκη - Αγγελάκη Καλλιόπη, 2003). Ο Fe είναι απαραίτητος για την αφομοίωση του N καθώς και για την παραγωγή ενέργειας. Εμπλέκεται στη σύνθεση των πρωτεϊνών και στην ανάπτυξη του μεριστώματος στο άκρο της ρίζας των φυτών (Τσικαλάς, 2003).

Ο σίδηρος είναι το κύριο στοιχείο στο μεταβολισμό και σε πολλές κυτταρικές διεργασίες. Επίσης, τα αρχικά στάδια της σύνθεσης πυρολίου απαιτούν  $\text{Fe}^{2+}$  για την αντίδραση. Η συγκέντρωση Fe στα φύλλα είναι μεγάλη τόσο στα πράσινα, όσο και στα χλωρωτικά φύλλα. Μικρό μέρος του Fe είναι μεταβολικά ενεργό (Θερίος, 1996).

**Χαλκός (Cu):** Ο Cu αποτελεί συστατικό της πλαστοκυανίνης, μιας πρωτεΐνης που παίρνει μέρος στους χλωροπλάστες στη μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο

φωτοχημικών συστημάτων που εμπλέκονται στη φωτοσύνθεση. Επίσης, εμπλέκεται στο σχηματισμό των νουκλεϊνικών οξέων και στο μεταβολισμό των γλυκιδίων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων (Τσικαλάς, 2003).

**Ψευδάργυρος (Zn):** Οι βασικές λειτουργίες του Zn σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών, των αυξινών και του RNA. Ο Zn ενεργοποιεί το ένζυμο καρβονική ανυδράση, το οποίο εντοπίζεται στους χλωροπλάστες και το κυτόπλασμα. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό για τη σύνθεση της θρυπτοφάνης, η οποία είναι πρόδρομος μορφή του ινδολυλοξικού οξέος (IAA) (Καράταγλης, 1999).

Ένας τρόπος με τον οποίο εισέρχονται τα μέταλλα στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα, είναι μέσω των φυτών, τα οποία καταναλώνονται από τα ζώα. Παρ' όλα αυτά, η σχέση μεταξύ των συγκεντρώσεων των μετάλλων στο έδαφος και τους φυτικούς ιστούς είναι εξαιρετικά πολύπλοκη.

Έχει αποδειχθεί ότι η βιολογική διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων στο έδαφος εξαρτάται από τη χημική τους σχέση και τη διαλυτότητα συγκεκριμένων ανόργανων ουσιών που υπάρχουν (Kambata – Pendias, *et al*, 1984).

Το εδαφικό pH και η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους (soil buffering capacity) είναι σημαντικοί μηχανισμοί στη βιολογική διαθεσιμότητα των μετάλλων (Alloway, 1990 & Gee, *et al*, 2001).

Υπάρχουν εδάφη πλούσια σε βαρέα μέταλλα, π.χ. σε Pb, αλλά τα φυτά που αναπτύσσονται σε αυτό το έδαφος δεν μολύνονται λόγω χαμηλής βιολογικής διαθεσιμότητας. Σε άλλα εδάφη, όπου η ολική συγκέντρωση του μετάλλου είναι αρκετά χαμηλή, η πρόσληψη από το φυτό ίσως να είναι πολύ υψηλότερη γιατί το μέταλλο είναι βιολογικά διαθέσιμο. Παρομοίως, η βιολογική διαθεσιμότητα του Pb σε ένα έδαφος εξαρτάται από την ορυκτολογική μορφή στην οποία βρίσκεται (Schoof, *et al*, 1995). Η βιολογική διαθεσιμότητα του Pb καθώς και άλλων βαρέων μετάλλων αυξάνεται όταν: (1) το υλικό των υπολειμμάτων των καλλιεργειών μετακινείται μηχανικά και αναμιγνύεται με το έδαφος και (2) σχετικά όξινο εδαφικό νερό διαλύει τα υπολείμματα και μεταφέρει τα μέταλλα σε διάλυμα στο παρακείμενο έδαφος (Moles, *et al*, 2004).

Η μόλυνση του εδάφους από τα βαρέα μέταλλα, αποτελεί πρόβλημα παγκόσμιου ενδιαφέροντος και μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες απώλειες της παραγωγής.

Στη συνέχεια, αναφέρονται οι επιπτώσεις μερικών από τα σπουδαιότερα βαρέα μέταλλα στα φυτά.

**Κάδμιο (Cd):** Το κάδμιο εμποδίζει την διείσδυση του νηματώδη *Meloidogyne incognita* σε φυτά τομάτας, ενώ παράλληλα επηρεάζει την ανάπτυξη των φυματίων στη ρίζα

της τομάτας. Το κάδμιο είναι επιβλαβές για τα φυτά τομάτας σε συγκεντρώσεις 7,5, 15, 30 και 60 ppm. Η ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς και σε άλλες παραμέτρους (φρέσκο και ξηρό βάρος του φυτού, περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, ικανότητα απορρόφησης νερού των ριζών), αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης του καδμίου (Parveen, 2004). Το κάδμιο σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί συμπτώματα τοξικότητας στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του σιταριού, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το μήκος του ελάσματος και της ρίζας σταδιακά μειώνεται, ενώ είναι εμφανής η τοξικότητα του  $Cd^{2+}$  στην ανάπτυξη, την παραγωγή βιομάζας, τα θρεπτικά στοιχεία, τη βιοσύνθεση χλωροφύλλης, την περιεκτικότητα σε άμυλο και διαλυτά σάκχαρα (Shukla *et al*, 2003).

**Μόλυβδος (Pb):** Ο Pb και ο Zn όταν εφαρμόζονται σε φυτά τομάτας *Lycopersicon esculentum* L. cv. Miliana, σε τοξικές συγκεντρώσεις, προκαλούν μία αισθητή καθυστέρηση στην προσβολή του ιού του μωσαϊκού του καπνού TMV (Tobacco Mosaic Virus), το οποίο μπορεί να οφείλεται σε συνεργιστική συμπεριφορά μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των επιδράσεων του ιού (Shevchenko *et al*, 2004).

**Νικέλιο (Ni):** Το Ni μετακινείται εύκολα στους φυτικούς ιστούς σποροφύτων αραβοσίτου. Στα κύτταρα, ο πρωτοπλάστης εμφανίζει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Ni σε σχέση με το κυτταρικό τοίχωμα. Σε συγκεντρώσεις 15, 20, 25, and 35  $\mu\text{M Ni}(\text{NO}_3)_2$  και 3 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , το Ni προκαλεί σημαντική μείωση στη διακλάδωση των ριζών των σποροφύτων, λόγω αυξημένης συγκέντρωσής του στο περικύκλιο και την ενδοδερμίδα της ρίζας (Seregin, *et al*, 2003).

**Χαλκός (Cu):** Ο Cu σε συνδυασμό με τα βαρέα μέταλλα Cd και Pb σε συγκεντρώσεις 20  $\mu\text{M Cu}$ , 20 και 50  $\mu\text{M Cd}$ , and 1 000  $\mu\text{M Pb}$  μειώνουν τη ξηρή ουσία σε φυτά κολοκυθίου κατά 50-60 %, ενώ η εφαρμογή 50 M Cu κατά 30%. Παρ' όλα αυτά, η φωτοσυνθετική αναλογία και η αγωγιμότητα των στοματίων στα φύλλα σε 50  $\mu\text{M Cu}$  ή Cd μειώνεται επίσης κατά 50-60 %, ενώ ο Cu εμφανίζεται τοξικότερος σε σχέση με το Cd και τον Pb για τη φωτοσύνθεση στα φύλλα των φυτών κολοκυθιάς (Burzyski, *et al*, 2004).

Μελετώντας την επίδραση διαφόρων δόσεων (0,001-3 g/l) Ag, Cd, Pb, Zn, Cu, Tl, Co και Hg, στην ανάπτυξη σποροφύτων αραβοσίτου (*Zea mays* L.) που είχαν ανάπτυξη 2 ημερών, διαπιστώθηκε ότι τα βαρέα μέταλλα ασκούν μια γενική επιβράδυνση στην ανάπτυξη των φυτών. Συγκεκριμένα, η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων εξακριβώθηκε με την παρεμπόδιση της αύξησης των ριζών σε διάστημα τριών ημερών, την αλλαγή στο μήκος της

ζώνης των πλευρικών ριζών και τη διάρκεια ανάπτυξης των πλευρικών ριζών από την πρώτη διαίρεση έως το στάδιο εμφάνισης.

### 3.11 Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο

Αρκετά από τα βαρέα μέταλλα (κυρίως Fe, Zn, Mn, Cu, Mo) ανήκουν στην ομάδα των ιχνοστοιχείων που είναι τόσο απαραίτητα για τον άνθρωπο όσο και οι γνωστές θρεπτικές ουσίες, βιταμίνες και πρωτεΐνες. Τα στοιχεία λοιπόν αυτά αποτελούν βασικά συστατικά του ανθρώπινου οργανισμού και είναι απαραίτητα στη διατροφή του.

Για πολλά χρόνια ο ρόλος των ιχνοστοιχείων ήταν σαφώς παραγνωρισμένος. Πίστευαν, ότι μόνο τα στοιχεία Ca, P, K και Na, τα οποία υπήρχαν σε μεγάλες ποσότητες ήταν απαραίτητα για τη ζωή. Ο πρώτος που υποψιάστηκε και υπέδειξε τη σπουδαιότητά τους για την ισορροπία των φυτικών και ζωικών οργανισμών ήταν ο Γάλλος Gabriel Bertrand. Η εκτίμηση της συμβολής τους στην υγεία του ανθρώπου δεν άρχισε παρά μόνο τις παραμονές του Β' Παγκοσμίου Πολέμου με τις εργασίες του δόκτορος Menetrier. Ο Γάλλος αυτός ερευνητής απέδειξε ότι κάθε έλλειψη ή ανεπάρκεια ιχνοστοιχείου προκαλεί μικρά ή μεγάλα προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα ιχνοστοιχεία που χρειάζεται περισσότερο ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ο Zn, το Cr, ο Fe και το Mn (Παπαγεωργίου Μελομένη, 1998).

Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένα βαρέα μέταλλα καθώς και οι θετικές τους επιδράσεις στον ανθρώπινο και ζωικό οργανισμό.

**Ψευδάργυρος (Zn):** Συμμετέχει στην ανάπτυξη, στις ορμονικές λειτουργίες, στη διαδικασία της αναπαραγωγής και στην καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Η ανεπάρκειά του μειώνει την αντίσταση του οργανισμού στις μικροβιακές και ιογενείς λοιμώξεις. Συμπτώματα έλλειψής του μπορεί να είναι: μειωμένη όρεξη, υψηλές τιμές της ολικής και της LDL χοληστερίνης στο αίμα και χαμηλές τιμές της HDL χοληστερίνης. Για το λόγο αυτό η ανεπάρκεια ψευδαργύρου αυξάνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι επιδρά στη ρύθμιση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα, γι' αυτό και οι ομοιοπαθητικοί γιατροί το χρησιμοποιούν σε προδιαβητικές καταστάσεις (Παπαγεωργίου Μελομένη, 1998).

Τοξικά βαρέα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg) και το αρσενικό (As) υπάρχουν παντού στο περιβάλλον. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε αυτά τα μέταλλα από διάφορες πηγές, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται ο αέρας, το νερό, το έδαφος και η τροφή. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι τα μεταβατικά στοιχεία δρουν καταλυτικά στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις των βιολογικών μακρομορίων, συνεπώς οι τοξικότητες που

συνδέονται με αυτά τα μέταλλα ίσως να προέρχονται από οξειδωτική καταστροφή των ανθρώπινων ιστών. Τα οξειδοαναγωγικά μέταλλα, όπως ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu) και το χρώμιο (Cr) υφίστανται οξειδοαναγωγή, επειδή τα μη οξειδοαναγωγικά μέταλλα όπως ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg) κ.α., μειώνουν τη δράση των αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στα κύτταρα, καθώς επίσης και των ενζύμων. Τα κύτταρα υπό την επίδραση οξειδωτικού στρες εμφανίζουν διάφορες δυσλειτουργίες, λόγω κακώσεων που οφείλονται στην επίδραση των χημικών ενώσεων  $\text{HO}^\cdot$ ,  $\text{O}_2^\cdot^-$  και  $\text{H}_2\text{O}_2$  στα λιπίδια, στις πρωτεΐνες και στο DNA. Συνεπώς, το οξειδωτικό στρες που λαμβάνει χώρα στα κύτταρα και σχετίζεται με τα βαρέα μέταλλα, μπορεί να είναι υπεύθυνο για τα φαινόμενα τοξικότητας των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο (Ercal, *et al*, 2001).

**Κάδμιο (Cd):** Η έκθεση σε κάδμιο από το περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε μαλάκυνση των οστών, ασθένεια άμεσα συνδεδεμένη με τη νεφρική ανεπάρκεια. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ασθένεια 'Itai - Itai' και ήταν ενδημικό του πληθυσμού της Ιαπωνίας. Η έκθεση σε κάδμιο από το περιβάλλον συνδέεται με μια αυξημένη μείωση της πυκνότητας των οστών και στα δύο φύλα, η οποία οδηγεί σε οστεοπόρωση (κυρίως στις γυναίκες) και σε υψηλό κίνδυνο καταγμάτων κυρίως σε άτομα μεγάλης ηλικίας (Zhu, *et al*, 2004). Επίσης, η χρόνια έκθεση σε κάδμιο από το περιβάλλον, μπορεί να συσχετισθεί με βλάβες στον προστάτη των ανδρών (Zeng, *et al*, 2004).

Το κάπνισμα αποτελεί την υψηλότερη πηγή καδμίου. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, μπορεί να προκληθούν σοβαρά προβλήματα υγείας (όπως βλάβες στα νεφρά και κατάγματα στα κόκαλα), ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης καδμίου (Lars, 2003).

**Νικέλιο (Ni):** Το Ni και το Co, με τις μορφή μείγματος  $\text{NiCl}_2$  και  $\text{CoCl}_2$ , δρουν συνεργιστικά και έχουν αρνητικές επιδράσεις στην βιωσιμότητα των κυττάρων στον άνθρωπο και δημιουργούν επιπλοκές κατά την αναπνοή (Cross, *et al*, 2001).

**Μόλυβδος (Pb):** Ο Pb, μια πιθανή καρκινογόνος ουσία, βρίσκεται στο περιβάλλον και απειλεί την ανθρώπινη υγεία. Ο τοξικός μόλυβδος μπορεί να διαφοροποιήσει το ανοσοποιητικό σύστημα τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων και σε κάποιες περιπτώσεις είναι εξαιρετικά ευαίσθητο σε σχέση με άλλους τοξικούς παράγοντες (Singh, 2003).



## 4. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΡΧΑΝΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

### 4.1 Περιγραφή της μεθοδολογίας εκπόνησης της παρούσας εργασίας

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

1. Αναζήτηση βιβλιογραφίας που να σχετίζεται με την μαγνητική επιδεκτικότητα.
2. Επιλογή της περιοχής έρευνας (στην παρούσα περίπτωση είναι η περιοχή των Αρχανών νότια της πόλης του Ηρακλείου της Νίδας). Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται εικόνα της ευρύτερης περιοχής. Δειγματοληψίες έγιναν εντός της πόλης των Αρχανών και στην περιαστική περιοχή.
3. Συλλογή δειγμάτων εδάφους χωρίς την χρήση μεταλλικών αντικειμένων και αποθήκευση σε πλαστικές σακούλες.
4. Μεταφορά στο εργαστήριο όπου ξεκινάμε την διαδικασία της ταξινόμησης κατά αύξοντα αριθμό δείγματος εδάφους και στην συνέχεια κοσκινίζουμε τα δείγματα, χωρίς την παρουσία μεταλλικών αντικειμένων, έτσι ώστε τα αποτελέσματα που θα πάρουμε να είναι όσο το δυνατόν ομοιογενή στην διαδικασία της μαγνητικής επιδεκτικότητας όπως αναφέρουμε στο παραπάνω κεφάλαιο.
5. Επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού ARCGIS και με το SURFER.



Σχήμα 4.1 Εικόνα της περιοχής που μελετήθηκε

## 4.2 Περιγραφή του προγράμματος επεξεργασίας των δεδομένων

Οι χάρτες που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια έχουν προκύψει από επεξεργασία των παραπάνω χαρτών με την βοήθεια του προγράμματος GIS (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών). Αφού δημιουργήθηκαν τα αρχεία των δεδομένων εφαρμόστηκε η διαδικασία της παρεμβολής (inverse distance weighted, IDW), η οποία επιλέχθηκε μετά από αρκετές δοκιμές μεθόδων παρεμβολής. Με την συγκεκριμένη μέθοδο καθορίζεται η τιμή σε κάθε κυψέλη, από το μέσο όρο των γειτονικών σημείων. Η βαθμός βαρύτητας κάθε σημείου που συμμετέχει στον υπολογισμό της μέσης τιμής μιας κυψέλης εξαρτάται από την απόσταση του.

Το πρόγραμμα golden software surfer 8 είναι ένα απλό και εύκολο στο χειρισμό πρόγραμμα δημιουργίας ψηφιακών χαρτών και άλλων μορφοποιήσεων που θέλουμε να επεξεργαστούμε.

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε στην συγκεκριμένη εργασία έχει ως εξής:

1. Δημιουργήθηκε ένα αρχείο δεδομένων (Golden Software Data) σε μορφή (\*.dat) στην περιοχή worksheet με τον αριθμό δείγματος, τις συντεταγμένες κάθε δείγματος και με τις τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας του δείγματος (σχ. 4.2).
2. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα αρχείο δεδομένων (Golden Software Blanking) σε μορφή (\*.bln) στην περιοχή worksheet με συντεταγμένες δειγμάτων που περικλείουν μια περιοχή που δεν υπήρχαν μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας (σχ. 4.3).
3. Επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή της διαδικασίας της παρεμβολής με στόχο να προκύψει το αρχείο (.grid) κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (σχ. 4.4). Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για την διαδικασία της παρεμβολής απεικονίζονται παρακάτω:

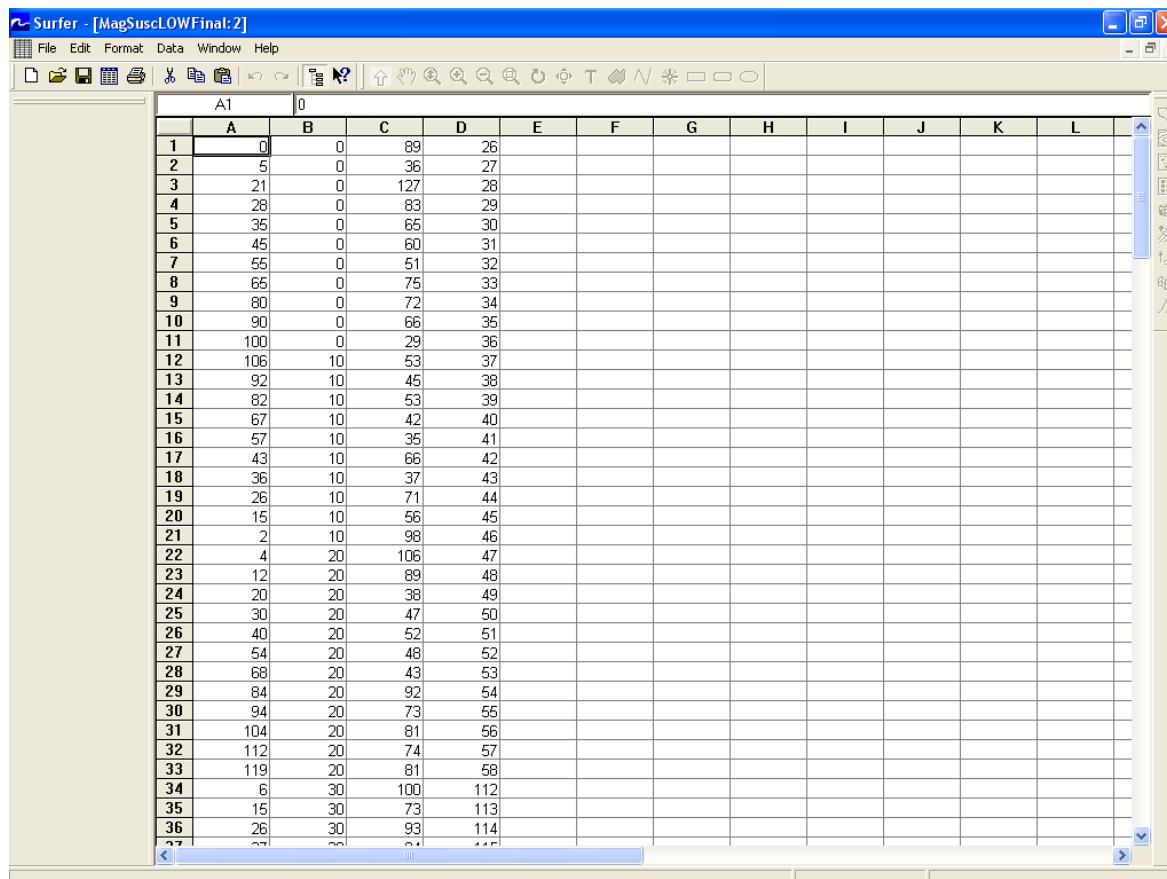
Griding Method : Kriging

Spacing for X Direction : 0.1

Spacing for Y Direction : 0.1 .

4. Με τα προηγούμενα βήματα έχουμε δημιουργήσει ένα χάρτη ο οποίος παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 4.5).
5. Για να δημιουργήσουμε τον τελικό χάρτη πρέπει να αφαιρέσουμε τις περιοχές που δεν έχουμε τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας και αυτό το επιτυγχάνουμε με τα αρχεία δεδομένων (Golden Software Blanking) που έχουμε δημιουργήσει και τα προσαρμόζουμε πάνω στον χάρτη.

6. Πλέον έχουμε φτάσει στο τελικό βήμα και είμαστε έτοιμοι να παρουσιάσουμε τον χάρτη με όλες τις παραμέτρους και τις προϋποθέσεις. Το σχήμα 4.6 παρουσιάζει την τελική μορφή του χάρτη.

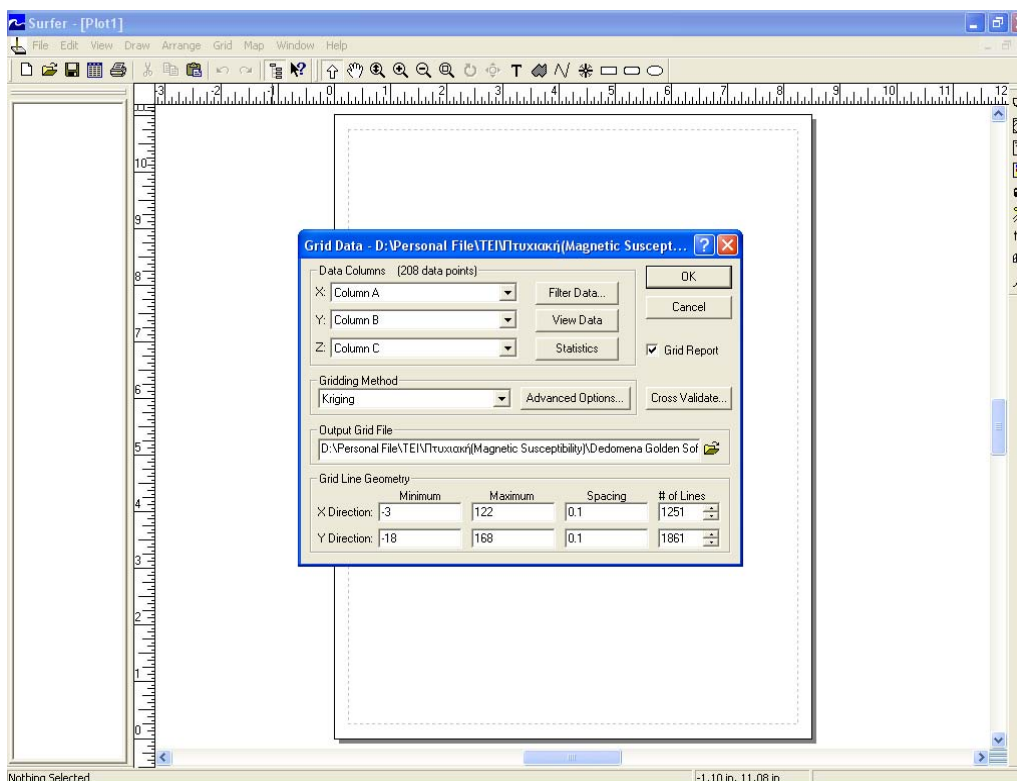


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0	0	89	26								
2	5	0	36	27								
3	21	0	127	28								
4	28	0	83	29								
5	35	0	65	30								
6	45	0	60	31								
7	55	0	51	32								
8	65	0	75	33								
9	80	0	72	34								
10	90	0	66	35								
11	100	0	29	36								
12	106	10	53	37								
13	92	10	45	38								
14	82	10	53	39								
15	67	10	42	40								
16	57	10	35	41								
17	43	10	66	42								
18	36	10	37	43								
19	26	10	71	44								
20	15	10	56	45								
21	2	10	98	46								
22	4	20	106	47								
23	12	20	89	48								
24	20	20	38	49								
25	30	20	47	50								
26	40	20	52	51								
27	54	20	48	52								
28	68	20	43	53								
29	84	20	92	54								
30	94	20	73	55								
31	104	20	81	56								
32	112	20	74	57								
33	119	20	81	58								
34	6	30	100	112								
35	15	30	73	113								
36	26	30	93	114								
37	27	20	2	115								

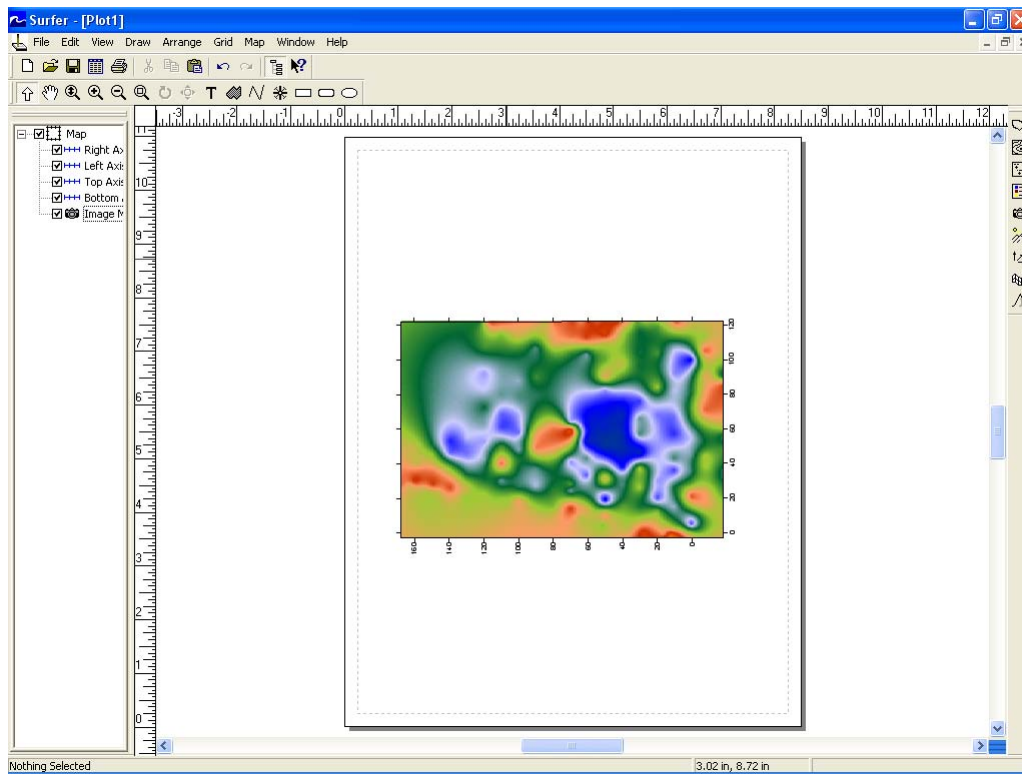
Σχήμα 4.2 Το αρχείο δεδομένων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	16		1									
2	58	100	184									
3	57	90	176									
4	61	80	169									
5	64	70	162									
6	63	61	153									
7	70	50	142									
8	83	50	143									
9	90	50	144									
10	100	50	145									
11	103	61	154									
12	104	70	163									
13	97	80	170									
14	90	90	178									
15	79	90	177									
16	88	100	185									
17	58	100										
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												

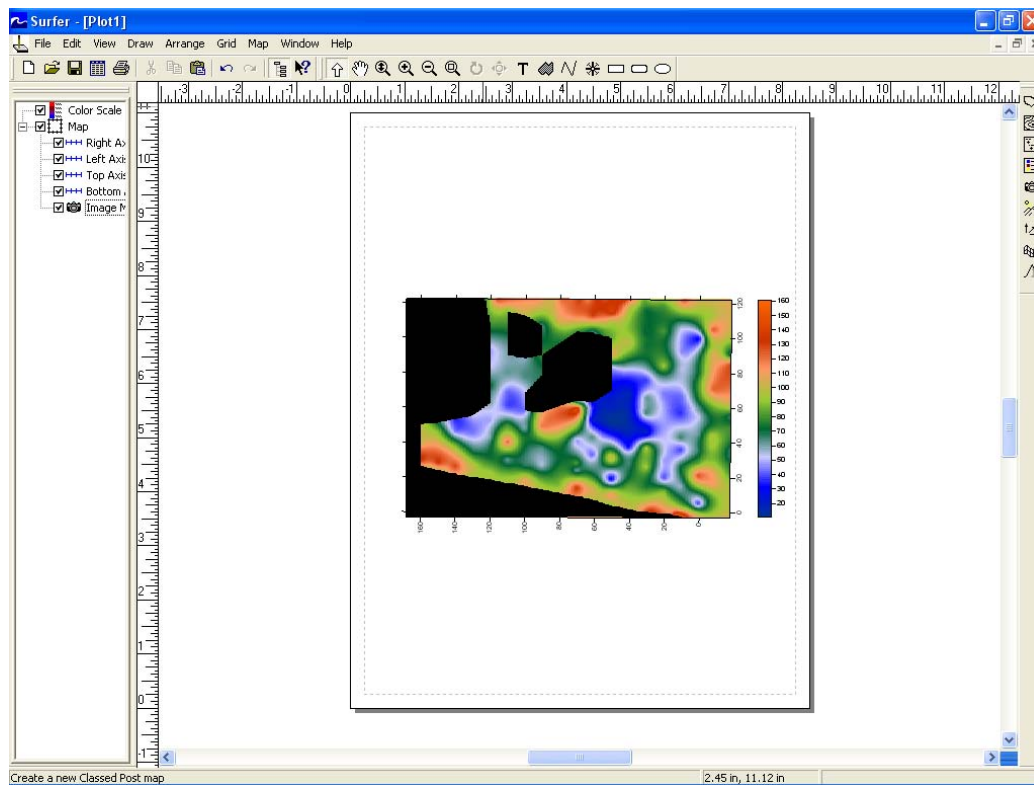
Σχήμα 4.3 Το αρχείο αποκοπής των τμημάτων της περιοχής όπου δεν ήταν δυνατή η λήψη μετρήσεων



Σχήμα 4.4 Η διαδικασία της παρεμβολής



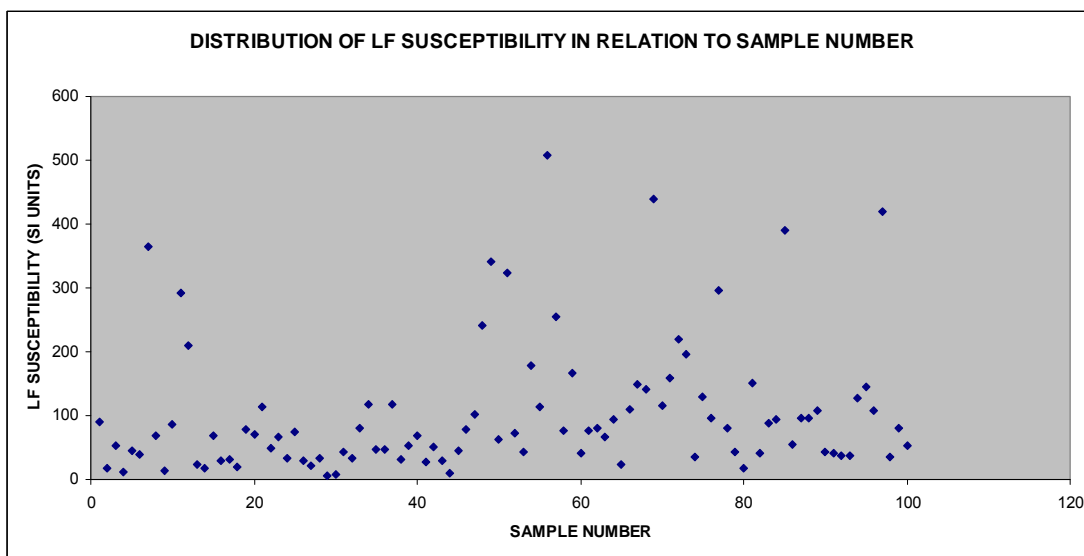
Σχήμα 4.5 Ο χάρτης κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας πριν την αποκοπή των θέσεων που δεν έγινε λήψη



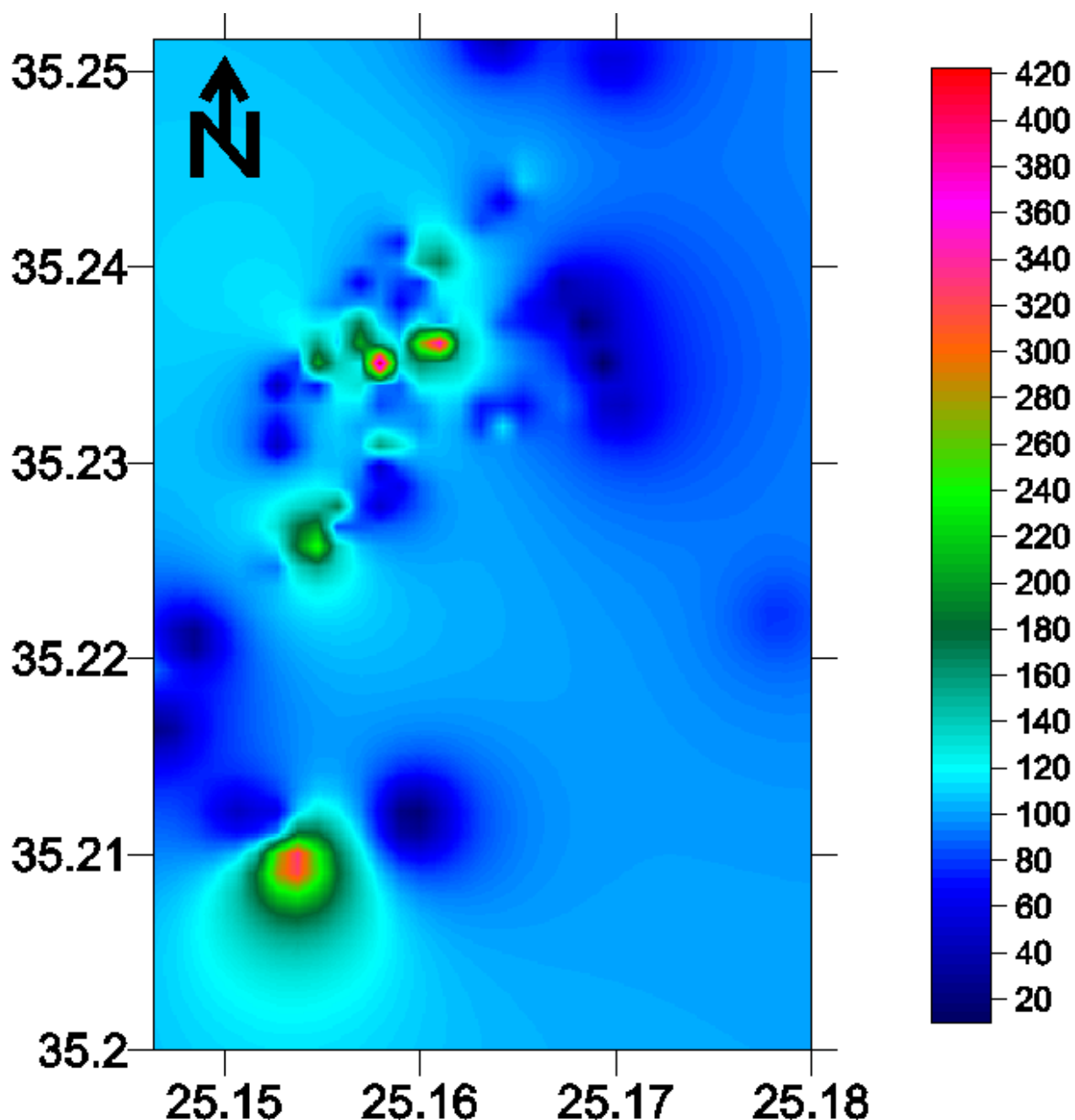
Σχήμα 4.6 Ο χάρτης κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας μετά την αποκοπή των θέσεων που δεν έγινε λήψη

### 4.3 Παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Στο σχήμα 4.7α παρουσιάζεται το διάγραμμα κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή συχνότητα σε σχέση με τον αριθμό δείγματος. Γενικά η πλειονότητα των τιμών συσσωρεύεται στο διάστημα 5-120 (SI UNITS), ενώ λίγες σχετικά τιμές εντοπίζονται στο διάστημα 120-500. Στο σχήμα 4.7β παρουσιάζεται η απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή συχνότητα, η οποία αντιπροσωπεύει την πραγματική επιδεκτικότητα. Υψηλές τιμές, που προβληματίζουν για την πιθανή παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων εμφανίζονται εντός της πόλης των Αρχανών και σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

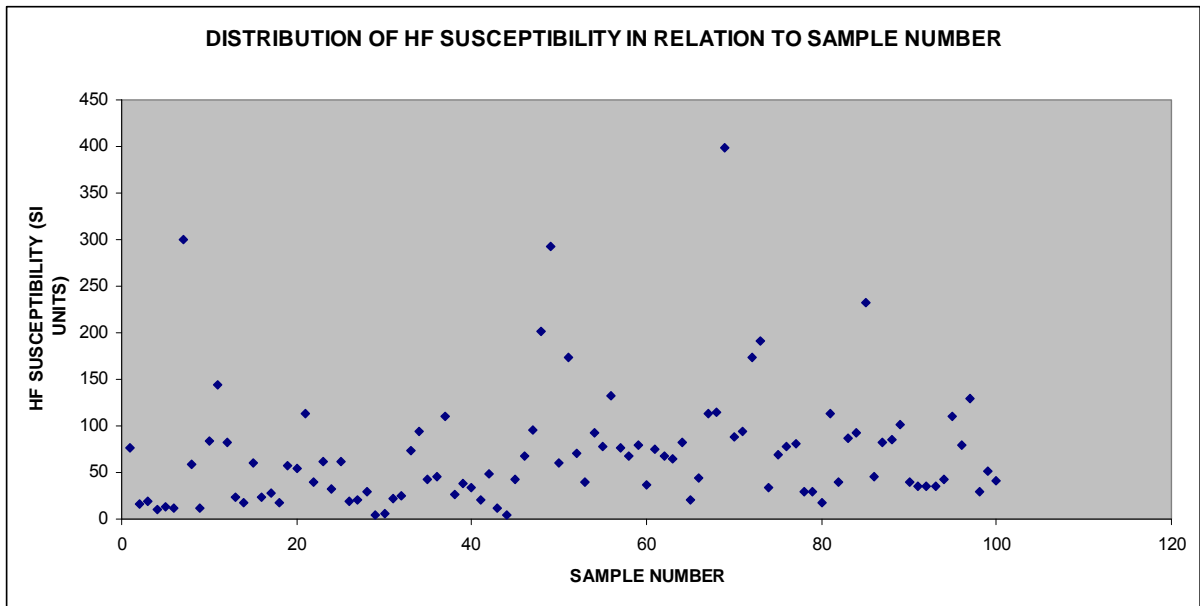


Σχήμα 4.7α Κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας (SI units) σε χαμηλή συχνότητα σε σχέση με τον αριθμό των δειγμάτων



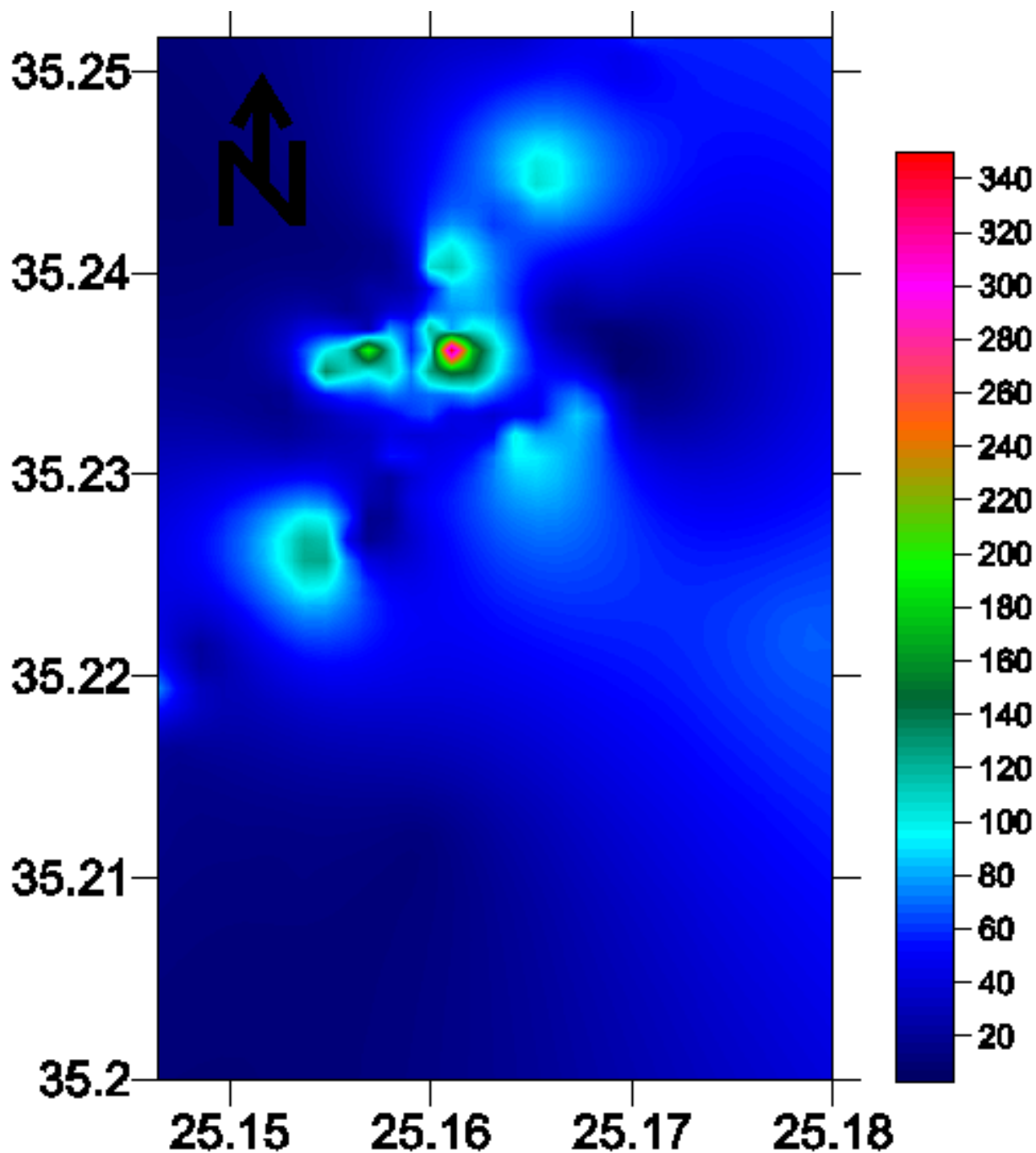
Σχήμα 4.7β Κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας (SI units) σε χαμηλή συχνότητα

Στο σχήμα 4.7γ παρουσιάζεται το διάγραμμα κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε υψηλή συχνότητα σε σχέση με τον αριθμό δείγματος. Γενικά οι τιμές της εμφανίζονται ελαφρώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή συχνότητα. Στο σχήμα 4.7δ παρουσιάζεται η απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε υψηλή συχνότητα, η οποία αντιπροσωπεύει την φανταστική συνιστώσα της επιδεκτικότητας και παρουσιάζει την ίδια κατανομή με την πραγματική επιδεκτικότητα που παρουσιάστηκε προηγουμένως.



Σχήμα 4.7γ Κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας (SI units) σε υψηλή συχνότητα σε σχέση με τον αριθμό των δειγμάτων

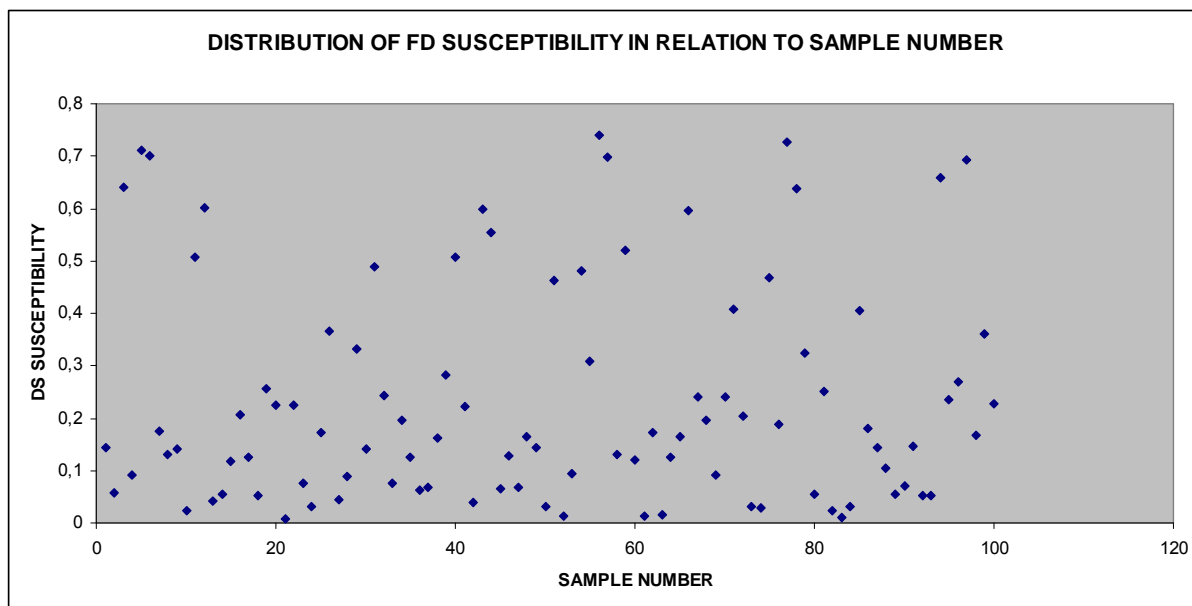




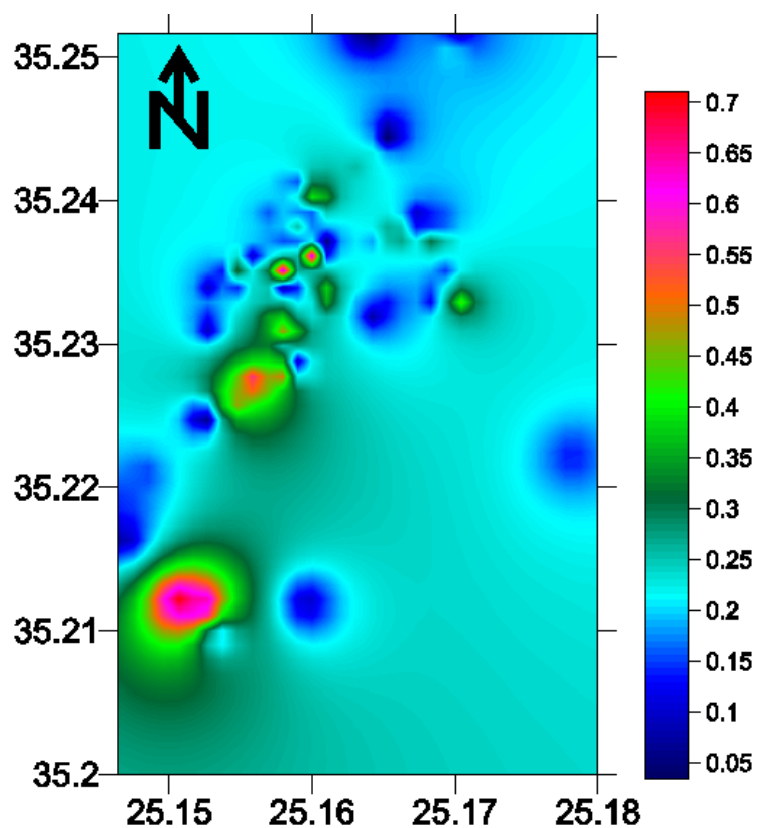
Σχήμα 4.7δ Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (SI units) σε υψηλή συχνότητα

Επίσης προσδιορίστηκε και η μαγνητική επιδεκτικότητα που εξαρτάται από την συχνότητα με βάση την σχέση  $FD \text{ susceptibility} = [MS(\text{Low}) - MS(\text{High})] / MS(\text{Low})$ . Στο σχήμα 4.8 παρουσιάζεται η κατανομή της εξαρτώμενης από την συχνότητα επιδεκτικότητας, η οποία πιθανόν να σχετίζεται με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Γενικά η συγκεκριμένη παράμετρος παρουσιάζει μεγάλη διασπορά και λαμβάνει κυρίως τιμές στο διάστημα 0.05 – 0.35, με εξαίρεση μονάχα μερικές τιμές που κυμαίνονται στο διάστημα 0.35 – 0.7. Η απεικόνιση της εξαρτώμενης από την συχνότητα επιδεκτικότητας στο χάρτη του σχήματος 4.9 παρουσιάζει παρόμοια

κατανομή με αυτή των της επιδεκτικότητας μετρημένης σε χαμηλή και υψηλή συχνότητα (4.7β και 4.7δ).

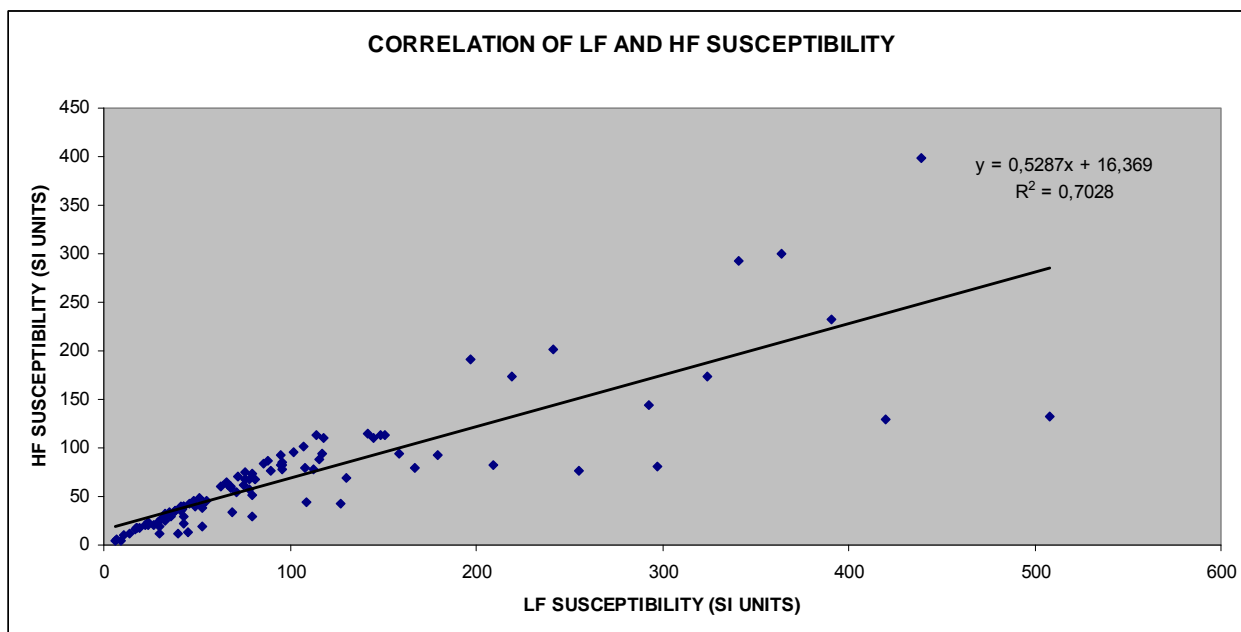


Σχήμα 4.8 Απεικόνιση της κατανομής της εξαρτώμενης από την συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας σε σχέση με τον αριθμό δείγματος



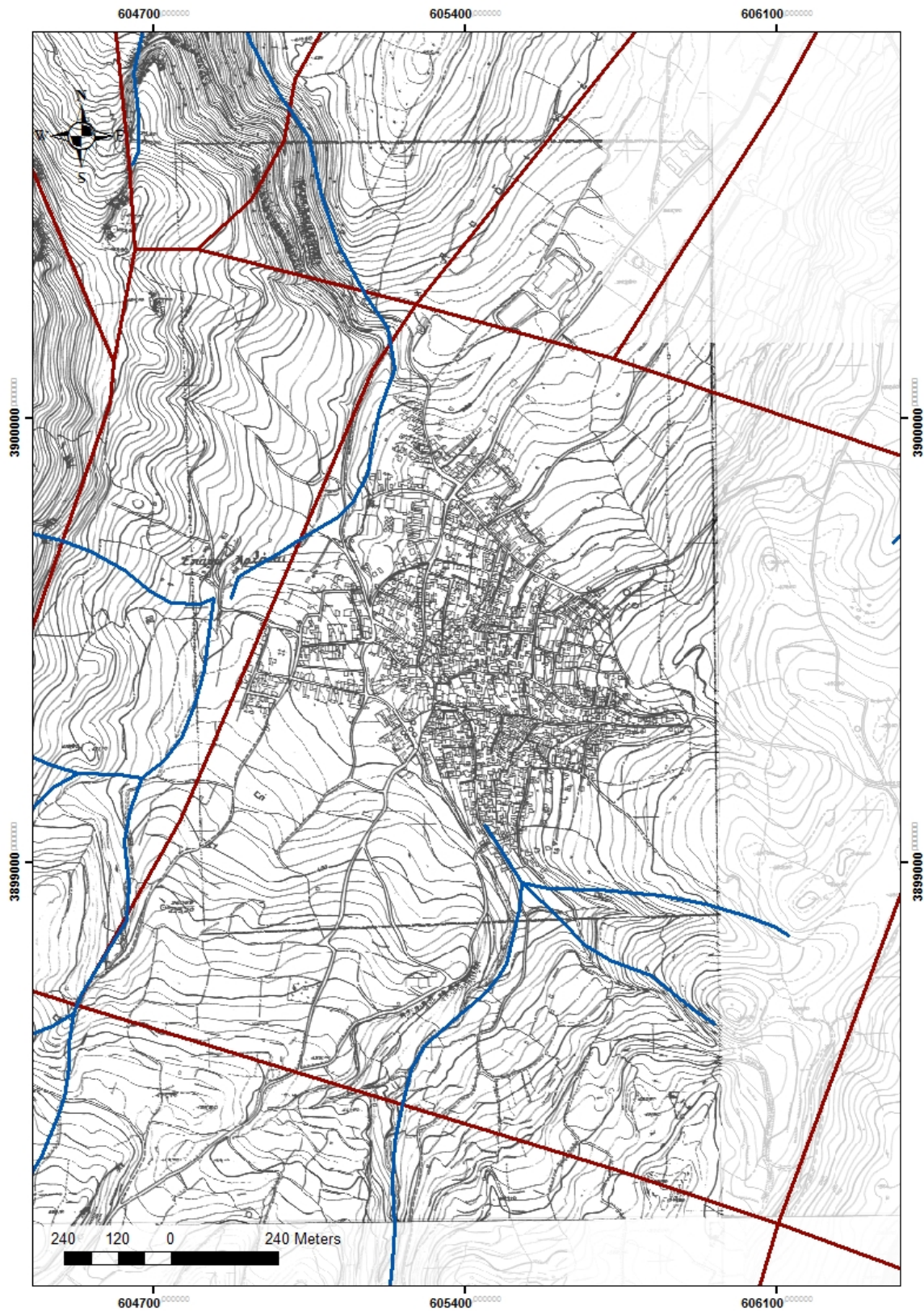
Σχήμα 4.8 Απεικόνιση της εξαρτώμενης από την συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας

Ο συσχετισμός της επιδεκτικότητας μετρημένης σε χαμηλή συχνότητα με την επιδεκτικότητα μετρημένης σε υψηλή συχνότητα παρουσιάζεται στο σχήμα 4.10 και είναι της τάξης του 0.7.



Σχήμα 4.10 Συσχετισμός της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή συχνότητα με την επιδεκτικότητα σε υψηλή συχνότητα

Παρατηρώντας το χάρτη του σχήματος 4.11, συμπεραίνεται ότι το υδρογραφικό δίκτυο της πόλης των Αρχανών ελέγχεται κυρίως από την ρηγματογενή ζώνη διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, γεγονός που εντοπίζεται και στην κατανομή των διαφόρων παραμέτρων της επιδεκτικότητας.



Σχήμα 4.11 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης όπου παρουσιάζονται τα ρήγματα και το υδρογραφικό δίκτυο.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 5.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας σε εδαφικά δείγματα από την περιοχή του Δήμου Αρχανών, νότια της πόλης του Ηρακλείου. Στόχος ήταν κατά πρώτον η διερεύνηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, αλλά και ο εντοπισμός ενδείξεων ρύπανσης από βαρέα μέταλλα.

### 5.2 Συμπεράσματα και αξιολόγηση της μεθοδολογίας

Κάνοντας μια ανασκόπηση των όσων έχουν παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάζουμε τα κυριότερα συμπεράσματα.

- Υψηλές τιμές της πραγματικής επιδεκτικότητας, που δεν δικαιολογούνται από την γεωλογική δομή της περιοχής και πιθανόν συνδέονται με ρύπανση, εντοπίζονται εντός της πόλης των Αρχανών και σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.
- Παρατηρώντας το χάρτη του σχήματος 4.11, συμπεραίνεται ότι το υδρογραφικό δίκτυο της πόλης των Αρχανών ελέγχεται κυρίως από την ρηγματογενή ζώνη διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, γεγονός που εντοπίζεται και στην κατανομή των διαφόρων παραμέτρων της επιδεκτικότητας.
- Η εξαρτώμενη από την συχνότητα επιδεκτικότητα παρουσιάζει μεγάλη διασπορά και λαμβάνει κυρίως τιμές στο διάστημα 0.05 – 0.35, με εξαίρεση μονάχα μερικές τιμές που κυμαίνονται στο διάστημα 0.35 – 0.7.
- Η απεικόνιση της εξαρτώμενης από την συχνότητα επιδεκτικότητας στο χάρτη του σχήματος 4.9 παρουσιάζει παρόμοια κατανομή με αυτή των της επιδεκτικότητας μετρημένης σε χαμηλή και υψηλή συχνότητα (4.7β και 4.7δ).

### 5.3 Προτάσεις

Με βάση την εμπειρία που συλλέχθηκε κατά την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας προτείνονται τα παρακάτω σε μία μελλοντική περιβαλλοντική επανέξεταση της περιοχής:

- Οι γεωχημικές αναλύσεις των δειγμάτων για τον εντοπισμό υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων κρίνονται απαραίτητες, προκειμένου να διαπιστωθεί ο συσχετισμός τους με τη μετρούμενη μαγνητική επιδεκτικότητα.
- Διενέργεια επί τόπου μετρήσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας με τη χρήση των αισθητήρων MS2D και MS2F του μετρητικού συστήματος MS2 της Bartington, προκειμένου να συσχετιστούν με τις εργαστηριακές μετρήσεις και να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος που απαιτείται για την χαρτογράφηση της υπό μελέτη περιοχής.
- Αναλύσεις των δειγμάτων για την παραμένουσα μαγνήτιση και την θερμομαγνήτιση προκειμένου να διερευνηθεί υπό ποια μορφή τα βαρέα μέταλλα προσροφώνται στο έδαφος.
- Θεωρείται απαραίτητο να διερευνηθεί περισσότερο η εξαρτώμενη από την συχνότητα επιδεκτικότητα.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θεριός, Ι., 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις Δεδούση, ISBN 960-7411-01-3.
2. Καράταγλης, Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text, ISBN 960-312-009-X.
3. Kiliyas, A., Fassoulas, C., Mountrakis, D., 1993, Tertiary extension of continental crust and uplift of Psiloritis metamorphic core complex at the central part of the Hellenic arc, Bull. Geol. Soc.Greece, XXVIII, 297-314.
4. Παπαγεωργίου, Μελπομένη, 1998. "Πέντε ιχνοστοιχεία που έχουμε ανάγκη", Περιοδικό Vita, τεύχος 10, σελ. 48.
5. Παπαδάκη, Αναστασία, 2003. Επίδραση εδαφοβελτιωτικών στη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στα φυτικά μέρη του ραπανιού (*Raphanus sativus*). Πτυχιακή διατριβή, ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου (αρ. πρωτ. 1492).
6. Ρουμπελάκη – Αγγελάκη, Καλλιόπη, 2003. Φυσιολογία Φυτών – από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, ISBN 960-524-168-4.
7. Τσικαλάς, Π., 2003. Θρέψη φυτών – Γονιμότητα εδαφών. ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.
8. Φουκαράκη, Σοφία 2005. Διακύμανση της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε οργανικά υλικά ανάλογα με την τοποθέτησή τους στο έδαφος. Πτυχιακή διατριβή, ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.
9. Fytrolakis, N., 1980, The geological structure of Crete: Problems, observations and conclusions, Habil. Thesis, Nat. Tech. Univ., Athens.
10. Alloway, B.J. (ed), 1990. Heavy metals in soils, Glasgow, *Blackie*, 1-339.
11. Bhathal, R.S. and Stacey F.D., 1969, Frequency independence of low field susceptibility of rocks, J. Geophys. Res. 74, 2025-7.
12. Boyko, T., Scholger, R., Stanjek, H., MAGPROX Team, 2004, Topsoil magnetic susceptibility mapping as a tool for pollution monitoring repeatability of in situ measurements, Journal of Applied Geophysics 55, 249-259.
13. Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. The Nature and Properties of Soils. 12<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, ISBN 0-13-852444-0.
14. Burzyski, M., Kobus, G., 2004. Changes of photosynthetic parameters in cucumber leaves under Cu, Cd, and Pb stress, *Photosynthetica*, vol. 42, no. 4, pp. 481-486(6) Kluwer Academic Publishers.

15. Cross, D.P., Ramachandran, G., Wattenberg, E.V., 2001. Mixtures of nickel and cobalt chlorides induce synergistic cytotoxic effects: implications for inhalation exposure modeling, *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 45, no. 5, pp. 409-418(10) Oxford University Press.
16. Ercal, N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N., 2001. Toxic metals and oxidative stress Part 1: Mechanisms involved in metal oxidative damage, *Current topics in Medicinal Chemistry*, vol. 1, no. 6, pp. 529-539(12).
17. Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements: Chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press. ISBN 8-08-040275-5.
18. Gawlik, B.M. and Bidoglio, G., 2006, Background Values in European Soils and Sewage Sledges – Results of a JRG coordinated study on background values, Part III Conclusions, Comments and Recommendations, European Commission, Directorate General, Joint Research Centre.
19. Hansen, L.D., Silberman, D. and Fischer, G.L., 1981, Crystalline components of stack-collected, size-fractionated coal fly ash, *Environ. Sci. Technol.* 15, 1057-62.
20. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 1999. Soil Fertility and Fertilizers – An Introduction to Nutrient Management. 6<sup>th</sup> edition. Prentice Hall, New Jersey. ISBN 0-13-626806-4.
21. Gee, C., Ramsey, M.H., and Thornton I., 2001. Buffering from secondary minerals as a migration limiting factor in lead polluted soils at historical smelting sites, *Appl. Geochem.*, 16, 1193-1199.
22. Lecoanet, H., Leveque, F., Ambrosi, J.-P., 2003, Combination of magnetic parameters: an efficient way to discriminate soil-contamination sources, *Environmental Pollution* 122, 229-234.
23. Kambata-Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace elements in soils and plants, *Boca Raton, FL, CRC Press*, 1-380.
24. Lars, J., 2003. Hazards of heavy metal contamination . *British Medical Bulletin*, vol. 68, no. 1, pp. 167-182(16), Oxford University Press.
25. Linton, R.W., Natusch, D.F.S., Soloman, R.L. and Evans, J., 1980, Physiochemical character of lead in urban dusts: a microanalytical approach to lead tracing, *Environ. Sci. Technol.* 14, 159-64.
26. Moles, N.R, Smyth, D., Maher, C.E., Beattie, E.H., Kelly, M., 2004. Dispersion of cerussite-rich tailings and plant uptake of heavy metals at historical lead mines near



- Newtownards, Northern Ireland, *Applied Earth Science*, vol. 113, no. 1, pp. 21-30(10), Maney Publishing.
27. Parveen, G., 2004. Influence of cadmium on penetration of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* and plant growth parameters of tomato, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, vol. 37, no. 2, pp. 103-109(7), Taylor and Francis Ltd.
28. Petrovsky, E., Kapicka, A., Jordanova, N., Borucka, L., 2001, Magnetic Properties of alluvial soils, contaminated with lead, zinc and cadmium, *Journal of Applied Geophysics* 48, 127-136.
29. Schoof, R.A., Butcher, M.K., Sellstone, C., Wayne-Ball, R., Fricke, J.R., Keller, V., *et al*, 1995. An assessment of lead absorption from soil affected by smelter emissions, *Environ. Geochem. Health*, 17, 189-199.
30. Shevchenko, A., I., Budzanivska, T., Shevchenko, V., Polischuk, D., Spaar., 2004. Plant virus infection development as affected by heavy metal stress, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, vol. 37, no. 2, pp. 139-146(8), Taylor and Francis Ltd.
31. Shukla, U.C., Singh, J., Joshi, P.C., Kakkar, P., 2003. Effect of Bioaccumulation of Cadmium on Biomass Productivity, Essential Trace Elements, Chlorophyll Biosynthesis, and Macromolecules of Wheat Seedlings, *Biological Trace Element Research*, vol. 92, no. 3, pp. 257-274(18), Humana Press.
32. Singh, Vijay K., Mishra, Kamla P., Rani, Reena, Yadav, Virendra S., Awasthi, Sudhir K., Garg, Satyendra K., 2003. Immunomodulation by Lead. *Immunologic Research*, vol. 28, no. 2, pp. 151-166(16), Humana Press.
33. Snoek, J.L., 1948, Dispersion and absorption in magnetic ferrites at frequencies above one megacycle, *Physica* 14, 207-17.
34. Theis, T.L. and Wirth, J.L., 1977, Sorptive behaviour of trace metals on fly ash in aqueous systems, *Environ. Sci. Technol.* 11, 1095-100.
35. Thompson, R. and Oldfield, F., 1986, *Environmental Magnetism*, Allen &Unwin Ltd.
36. Zeng, X., Jin, T., Jiang, X., Kong, Q., Ye, T., Nordberg, G.F., 2004. Effects on the prostate of environmental cadmium exposure – A cross-sectional population study in China, *BioMetals*, vol. 17, no. 5, pp. 559-566(8), Kluwer Academic Publishers.
37. Zhu, G., Wang, H., Shi, Y., Weng, S., Jin, T., Kong, Q., Nordberg, G.F., 2004. Environmental cadmium exposure and forearm bone density, *BioMetals*, vol. 17, no.5, pp. 499-503(5), Kluwer Academic Publishers.

38. <http://eed.stef.teicrete.gr/labs/eps1/lignitis.htm>

## 7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ –ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Φωτο. 1.



Φωτο. 2.



Φωτο. 3.



Φωτο. 4.



Φωτο. 5.



Φωτο. 6.