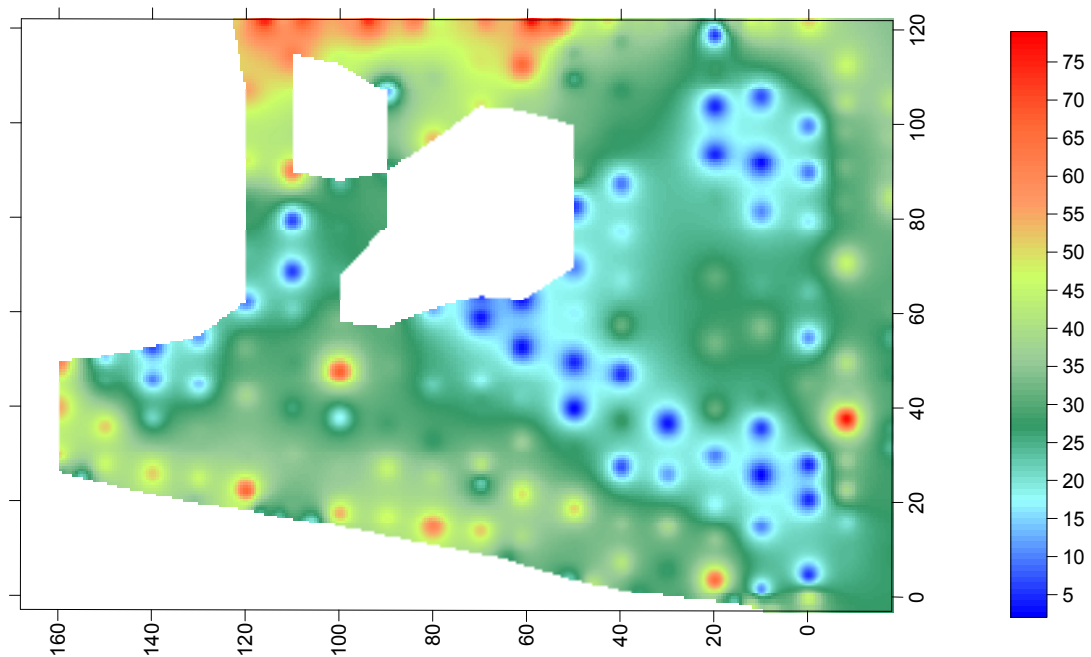




Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ



***ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ
ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ***



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εγγλέζου Μαρία Ελώνα

ΜΑΡΤΙΟΣ 2008



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



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ
ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εγγλέζου Μαρία Ελώνα

Επιβλέπων :

Δρ. Κόκκινου Ελένη
Επίκουρος Καθηγήτρια

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Δρ. Ελένη Κόκκινου
Δρ. Βασίλης Σάλτας
Δρ. Νικόλαος Λυδάκης

Ημερομηνία Παρουσίασης : 16/04/2008

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

Ευχαριστίες

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που συνέβαλλαν να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη προσπάθεια.

Θερμές ευχαριστίες οφείλουμε στο προσωπικό του εργαστηρίου Γεωφυσικής, και Σεισμολογίας του ΤΕΙ Κρήτης, για την υποστήριξη που μας προσέφερε στη διάρκεια της προσπάθειας μας και ιδιαίτερα κατά την φάση των αναλύσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας, καθώς και στους εργαζόμενους του Δημοτικού κήπου της πόλης των Χανίων, που με την πολυτιμη βοήθεια τους πραγματοποιήσαμε τις ζητούμενες μετρήσεις.

Ολοκληρώνοντας ευχαριστούμε την εξεταστική επιτροπή για τον χρόνο που μας διέθεσε.

Περίληψη

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να εξετάσει την εφαρμογή της μαγνητικής επιδεκτικότητας ως μεθοδολογία για τον εντοπισμό θέσεων με υψηλή συγκέντρωση βαρέων μετάλλων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εφαρμόστηκε στο δημοτικό πάρκο Χανίων, το έτος 2007. Η χαρτογράφηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας *in situ* με τους αισθητήρες MS2D και MS2F. Επίσης έγιναν ενδεικτικά και κάποιες δειγματοληψίες εδαφικού υλικού για να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά της χαρτογράφησης του 2006. Επίσης έγιναν και κάποιες πυρηνοληψίες. Στην συνέχεια ακολούθησε επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Εντοπίστηκαν υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας περιμετρικά του δημοτικού πάρκου, στην επαφή του με το οδικό δίκτυο και σε μια μικρή περιοχή εντός του πάρκου.

Abstract

Main purpose of the present study is to investigate the suitability of magnetic susceptibility measurements as a pollution monitoring tool around the park in the centre of Chania city. Mapping of the soil magnetic susceptibility has been done in 2007 using MS2D and MS2F sensors. Surface soil samples have been also collected in order to compare the results with that of 2006 mapping. Additionally core samples have been collected. High values of magnetic susceptibility are indicated around the park near to the roads and in a small area inside the park.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>1</i>	<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	<i>7</i>
1.1	Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	7
1.2	Μεθοδολογία εκπόνησης	7
1.3	Γεωγραφική θέση και περιγραφή της ευρύτερης περιοχής	7
1.4	Γενικά στοιχεία για το κλίμα της Κρήτης	10
<i>2</i>	<i>ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</i>	<i>11</i>
2.1	Γεωμορφολογικά και Στρωματογραφικά στοιχεία	11
2.2	Μεταλλική τεκτονική	11
<i>3</i>	<i>ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ</i>	<i>14</i>
3.1	Εισαγωγή	14
3.2	Βασικές μαγνητικές ιδιότητες	15
3.3	Μαγνητική υστέρηση	15
3.4	Μαγνητική επιδεκτικότητα	18
3.5	Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την θερμοκρασία	19
3.6	Σχέση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την συχνότητα	20
3.7	Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας	21
3.8	Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το MS2 της Bartington	22
3.9	Σχέση μαγνητικών ορυκτών και βαρέων μετάλλων	28
3.10	Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στα φυτά	29
3.11	Ο ρόλος και η επίδραση των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο	32
<i>4</i>	<i>ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΚΗΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</i>	<i>34</i>
4.1	Περιγραφή της μεθοδολογίας εκπόνησης της παρούσας εργασίας	34
4.2	Περιγραφή του προγράμματος επεξεργασίας των δεδομένων	34

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

4.3 Παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων	38
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	47
5.1 Εισαγωγή	47
5.2 Συμπεράσματα και αξιολόγηση της μεθοδολογίας	47
5.3 Προτάσεις	47
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	51

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή της μεθόδου της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαρτογράφηση μικρής κλίμακας εντός αστικής περιοχής, με στόχο των εντοπισμό ζωνών ρύπανσης από βαρέα μέταλλα. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η συγκεκριμένη μεθοδολογία έχει αρχίσει να εφαρμόζεται στο εξωτερικό, με αρκετές επιτυχημένες έρευνες, για την παρακολούθηση της επέκτασης της ρύπανσης σε περιοχές που λειτουργούν βαριές βιομηχανίες, Χ.Υ.ΤΑ, αεροδρόμια κ.λ.π.

Αντικείμενο της εργασίας είναι:

- **Η λεπτομερής γεωφυσική χαρτογράφηση του πάρκου των Χανίων με την μέθοδο της μαγνητικής επιδεκτικότητας.**
- **Ο εντοπισμός ζωνών ρύπανσης και ο συσχετισμός με τα αίτια που την προκαλούν.**

1.2 Μεθοδολογία εκπόνησης

Η μεθοδολογία εκπόνησης της παρούσας 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 έρευνα πεδίου και γεωφυσική χαρτογράφηση της εξεταζόμενης περιοχής με την μέθοδο της μαγνητικής επιδεκτικότητας.
- Την επεξεργασία και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων ανάλογα με τη συμβολή τους στους άμεσους στόχους της μελέτης και αναγωγή τους στην κλίμακα σχεδιασμού.
- Σύνταξη της παρούσας εργασίας.

1.3 Γεωγραφική θέση και περιγραφή της ευρύτερης περιοχής

Ο νομός Χανίων καλύπτει το δυτικό τμήμα της Κρήτης κι έχει έκταση 2376 Km² και πληθυσμό 140000 κατοίκους (απογραφή 1991). Ο νομός υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες με

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

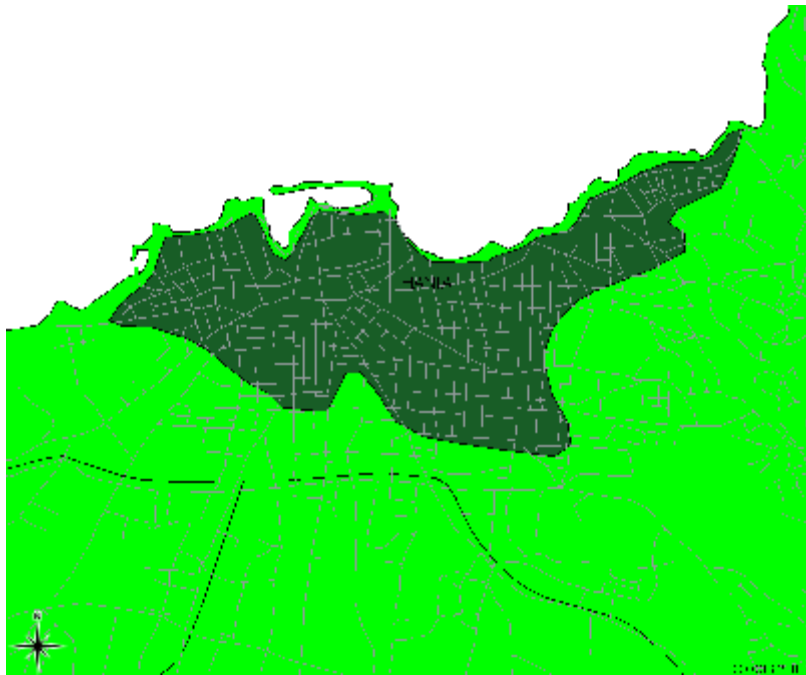
πρωτεύουσα την πόλη των Χανίων (52000 κατ). Από το 1999 ο νομός χωρίζεται σε 23 Δήμους (Καποδιστριακούς) και 2 κοινότητες. Η βόρεια περιοχή του Νομού με πολύ φιλόξενες θάλασσες καταλήγει σε τρεις χερσονήσους. Όσον αφορά τη νότια πλευρά του νησιού προς την πλευρά του Λιβυκού πελάγους παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη. Βόρεια, δυτικά και νότια ο νομός περιβάλλεται από θάλασσα.

Το έδαφος του Ν. Χανίων είναι στη μεγαλύτερή του έκταση ορεινό και ημιορεινό. Εξαιρέση αποτελεί η πεδιάδα των Χανίων. Αναλυτικά η κατανομή του εδάφους σε κατηγορίες έχει ως εξής : 18% πεδινό, 19% ημιορεινό και 63% ορεινό.

Στα Χανιά βρίσκεται μία από τις ψηλότερες οροσειρές της χώρας : τα Λευκά Όρη ή Μαδάρες. Ψηλότερη κορυφή τους είναι οι Πάχνες (2.452 μ.). Βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα του νομού και εκτείνεται μέχρι τα παράλια. Σχηματίζει πολλές κορυφές και οροπέδια. Η μοναδική μεγάλη πεδιάδα του νομού είναι αυτή των Χανίων, που καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του. Μικρές πεδιάδες σχηματίζονται και στα νότια της επαρχίας Αποκορώνου. Στο νομό σχηματίζονται επίσης και οροπέδια. Τα σημαντικότερα είναι : του Ομαλού, της Ανωπόλεως, του Ασκύφου και της Ίμπρου. Ο Ν. Χανίων έχει μόνο μικρούς ποταμούς ή χειμάρρους. Οι σπουδαιότεροι είναι: Τυφλός, Κολένης, Ταυρονίτης, Καλαμονίτης, Κερίτης, Θερισανός, Κοιλιάρης, Ευδές, Βρυσσιανός και Κακοδικιανός. Οι ακτές των Χανίων είναι πολυσχιδείς. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι : οι κόλποι Κισσάμου και Χανίων, οι όρμοι Σούδας, Αλμυρού, Σούγιας και Αγίας Ρουμέλης και τα ακρωτήρια Βούξα, Σπάντα και Δράπανο. Τα Λευκά Όρη, στις νότιες κυρίως πλαγιές τους, καλύπτονται από πεύκα. μικρά δάση από καστανιές συναντώνται στο δυτικό τμήμα του νομού.

Τα Χανιά είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Κρήτης με 52000 κατοίκους και αναμφισβήτητα η πόλη που διατήρησε τον «παλιό» χαρακτήρα της περισσότερο από τις άλλες. Γύρω από το Καστέλλι και το λιμάνι, στη λεγόμενη «παλιά πόλη», πολλά κτίρια ή ακόμη και ολόκληρες συνοικίες έχουν διατηρηθεί σε πολύ καλή κατάσταση από την εποχή των Βενετών και των Τούρκων. Η καινούρια πόλη έχει χτιστεί σύμφωνα με ένα μοντέρνο σχέδιο με μεγάλους δρόμους, πάρκα και όμορφα κτίρια (Σχήμα 1.1). Το δημοτικό πάρκο Χανίων (Σχήμα 1.2) βρίσκεται στο κέντρο περίπου της πόλης και περικλείεται από τις οδούς Παπανδρέου, Τζανακάκη και Βαλαωρίτου. Η συνολική έκταση του είναι περίπου 19 στρέμματα.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Σχήμα 1.1 Χάρτης με τη θέση της περιοχής



Σχήμα 1.2 Χάρτης με το όριο της περιοχής μελέτης.

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

Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στην πεδιάδα των Χανίων και για την ακρίβεια κοντά στο ενετικό λιμάνι. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ομαλό και δεν εντοπίζεται κοντά κάποιος κλάδος υδρογραφικού δικτύου (Σχήμα 2.1). Η στρωματογραφία της περιοχής αποτελείται κυρίως από Πλειοκαινικές αποθέσεις αποτελούμενες από μαργαϊκούς ψαμμίτες, μάργες, μαργαϊκούς ασβεστολίθους, κροκαλοπαγή και παρεμβολές γύψων (g). Κατά θέσεις παρατηρείται επικράτηση των μαργών (m), των μαργαϊκών ασβεστολίθων (k) και των κροκαλοπαγών.

2.2 Μεταλλική 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 ευρύτερη νεοτεκτονική λεκάνη του Ηρακλείου οριοθετείται από ρηξιγενείς ζώνες προσανατολισμένες περί τις γενικές διευθύνσεις Β - Ν και Α - Δ, τα δε επιμέρους ρηξιγενή τεμάχια παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό και φορά ανύψωσης μεταξύ του βόρειου τμήματος τους σε σχέση με το νότιο, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση της εξεταζόμενης περιοχής, έχει μεγαλύτερη τιμή. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι ο άξονας περιστροφής είναι προσανατολισμένος στη διεύθυνση Α - Δ και ότι η βύθιση έχει γίνει προς τα βόρεια.

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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

νοτιοδυτικά. Τρεις μεγάλες ομάδες ρηγμάτων προέκυψαν από τις εφελκυστικές φάσεις που έπληξαν την Κρήτη από το Μειόκαινο έως σήμερα.

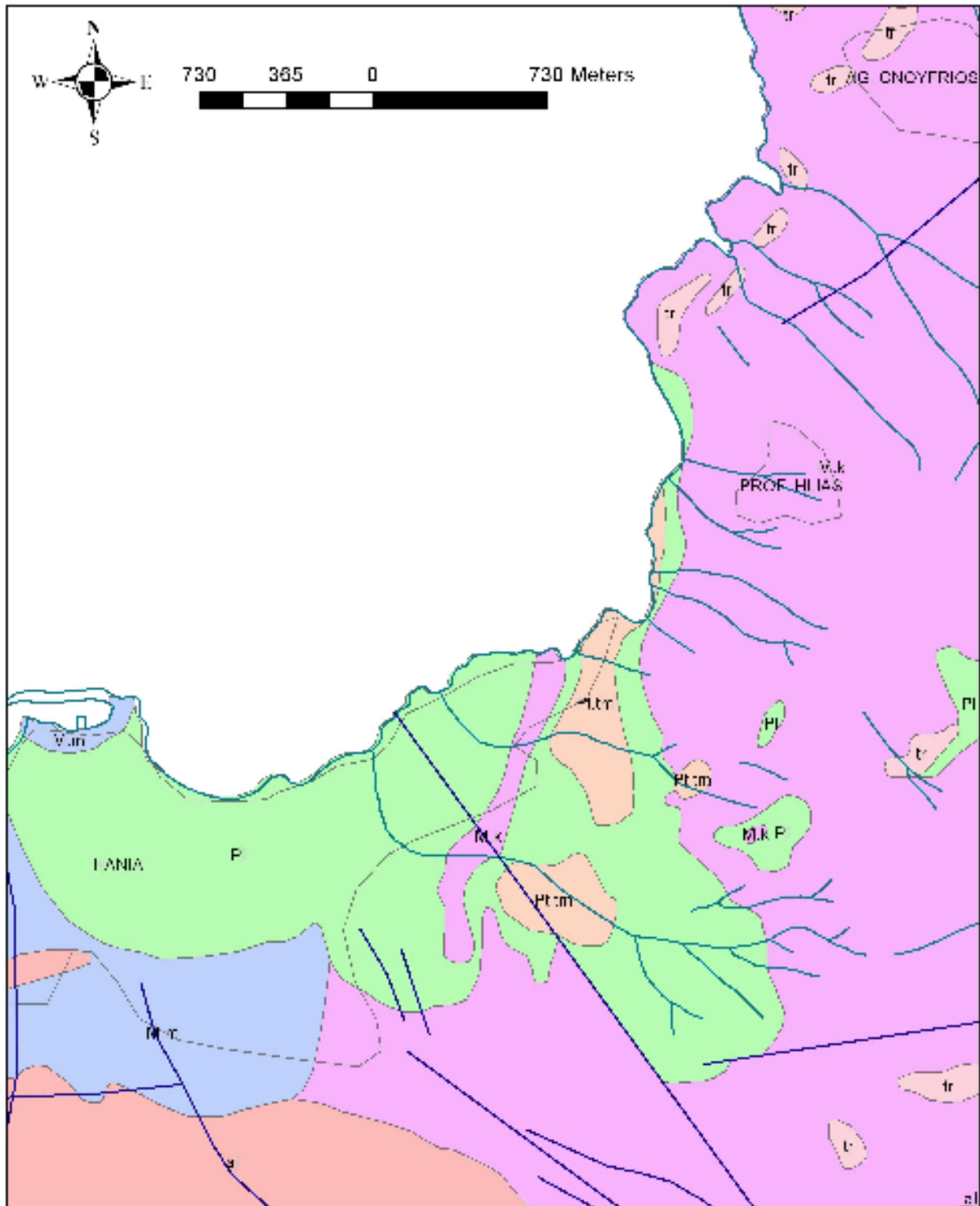
Η πρώτη και παλαιότερη ομάδα αποτελείται από ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ με ηλικία Μέσο/Άνω Μειόκαινο με αρχές Μεσσηνίου. Οι λεκάνες που είναι προσανατολισμένες στην διεύθυνση Α-Δ είναι αποτέλεσμα αυτών των ρηγμάτων.

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.

Τα πιο αξιόλογα τεκτονικά στοιχεία στην ευρύτερη περιοχή (Σχήμα 2.1) είναι η παρουσία ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι δεν εντοπίζεται η παρουσία κάποιου ρήγματος στην εξεταζόμενη περιοχή.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Σχήμα 2.1 Γεωλογικός χάρτης της πόλης των Χανίων όπου παρουσιάζονται οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί, τα ρήγματα και το υδρογραφικό δίκτυο. Επεξήγηση συμβόλων: al-Αλλουβιακές αποθέσεις, tr-αποθέσεις ερυθρογής, κυρίως εντός καρστικών εγκοίλων, Pt.m-Μάργες, άμμοι, κροκαλοπαγή, Pl-Πλειοκαινικές αποθέσεις, M.m and M.k-, Μειοκαινικές αποθέσεις.

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, σιδηρομαγνητικών 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 μαγνήτισης 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 μετριέται 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. 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. 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.

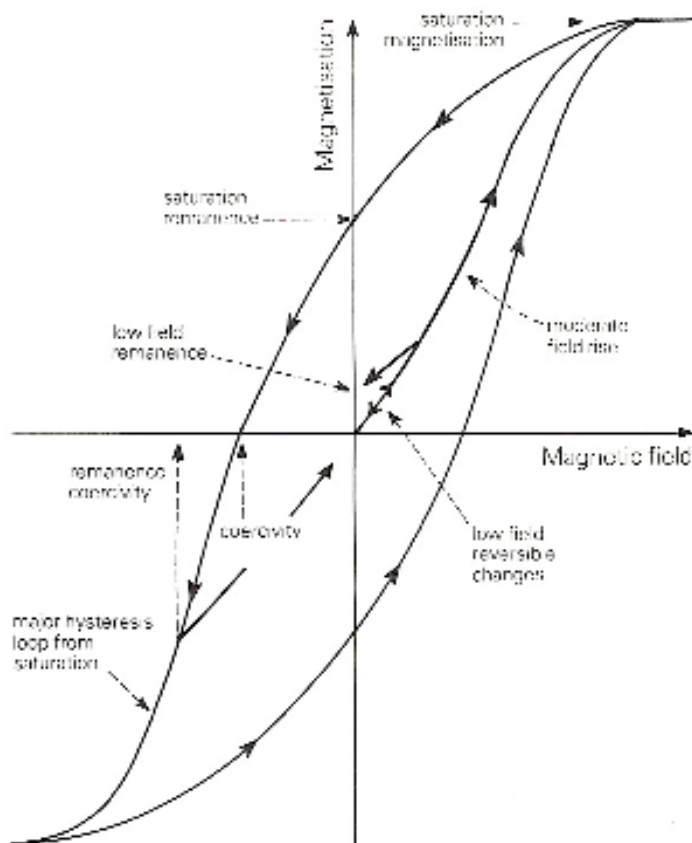
Παραμένουσα μαγνήτιση είναι η ιδιότητα των σιδηρομαγνητικών υλικών να διατηρούν τις μαγνητικές ιδιότητες τους ακόμη και κατά την απουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου.

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.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



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

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.

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 είναι:

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.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

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 HC και συμβολίζεται με (Bo)c.

Το ακόμη ισχυρότερο πεδίο που απαιτείται για να μηδενιστεί η παραμένουσα μαγνήτιση ονομάζεται συνεκτικό πεδίο παραμένουσας μαγνήτισης (Bo)CR.

Η κλίση της καμπύλης μαγνήτισης ονομάζεται αρχική μαγνητική επιδεκτικότητα κ (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).

Table 4.1 Units in magnetism and their relationships.

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 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 H m^{-1} equivalent to $10^9/4\pi \text{ G Oe}^{-1}$
induction in free space (field)	$B_0 = \mu_0 H$	$B = H$	1 T equivalent to 10^4 G
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 A m ⁻¹	I G	$1 \text{ A m}^{-1} = 10^3 \text{ G}$
magnetisation per unit mass	$\sigma = M/\rho$ A m ² kg ⁻¹	$\sigma = I/\rho$ G cm ³ 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	$\chi = \kappa/\rho$ m ³ kg ⁻¹	$\chi = \kappa/\rho$ G Oe ⁻¹ cm ³ 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 (A m ² kg ⁻¹)
magnetite	Fe ₃ O ₄	585	93
uvaspindl	Fe ₂ TiO ₄	-153	—
haematite	α -Fe ₂ O ₃	675	0.5
ilmenite	FeTiO ₃	218	—
maghaemite	γ -Fe ₂ O ₃	-740	85
pyrrhotite	α -Fe ₇ S ₈	-300	-20
iron	α -Fe	780	200
goethite	α -FeO.OH	120	-1
lepidocrocite	γ -FeO.OH	-136	—
magnesioferrite	MgFe ₂ O ₄	440	21
jacobinite	MnFe ₂ O ₄	310	//

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 κ , όταν εφαρμοστεί πεδίο έντασης H . Οι μονάδες στα συστήματα SI και CGS δίνονται στον πίνακα (3.1).

Η ειδική επιδεκτικότητα, χ , ορίζεται από την σχέση: $\chi = \kappa/\rho$, όπου ρ η πυκνότητα οι μονάδες δίνονται 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 κ 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. Στον πίνακα (3.3) παρουσιάζονται οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας για μαγνητικά και μη υλικά.

Πίνακας (3.3) των τιμών της μαγνητικής επιδεκτικότητας για διάφορα υλικά (Thompson and Oldfield 1986)

Remanence-carrying minerals ($10^{-8} m^3 kg^{-1}$)		Other iron-bearing minerals ($10^{-8} m^3 kg^{-1}$)		Other minerals and materials ($10^{-8} m^3 kg^{-1}$)	
iron (∞Fe)	2×10^7	olivines (Mg, Fe) $_2SiO_4$	1→130	water (H $_2$ O)	-0.9
magnetite (Fe $_3O_4$)	5×10^4	amphiboles (Mg, Fe, Al silicates)	16→100	halite (NaCl)	-0.9
maghaemite (Fe $_2O_3$)	4×10^4	siderite (FeCO $_3$)	~100	quartz (SiO $_2$)	-0.6
pyrrhotite (Fe $_7S_8$)	$\sim 5 \times 10^3$	pyroxenes (Mg, Fe) $_2Si_2O_6$	5→100	calcite (CaCO $_3$)	-0.5
ilmenite (FeTiO $_3$)*	~200	biotites (Mg, Fe, Al silicates)	5→ 95	feldspar (Ca, Na, K, Al silicate)	-0.5
lepidocrocite (FeOOH)*	70	nontronite (Fe-rich clay)	~ 90	kaolinite (clay mineral)	-2
goethite ($\infty FeOOH$)	70	chamosite (Oxidised chlorite)	~ 90	montmorillonite (clay)	~5
haematite (Fe $_2O_3$)	60	epidote (Ca, Fe, Al silicate)	~ 30	illite (clay mineral)	~15
		pyrite (FeS $_2$)	~ 30	plastic (e.g. perspex, PVC)	~-0.5
		chalcopyrite (CuFeS $_2$)	~ 3		

* Only remanence carrying at temperatures well below room temperature.

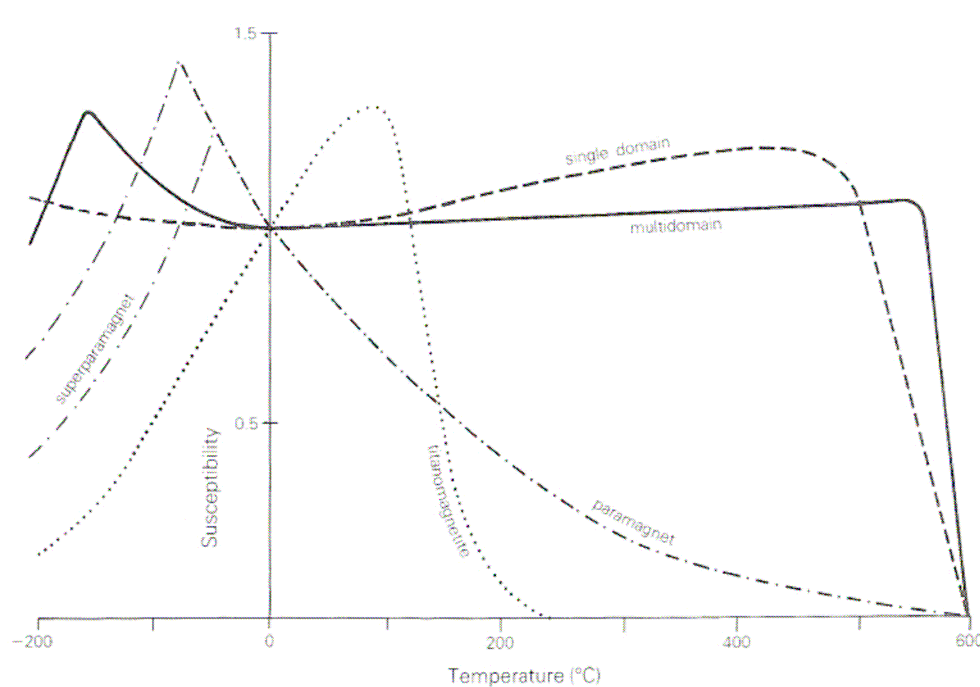
Ακολουθούν οι ορισμοί κάποιων επιμέρους μεγεθών που σχετίζονται με την μαγνητική επιδεκτικότητα:

- 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 σ_{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 σ_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. Anhysteretic 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, k , 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°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 μαγνήτισης δημιουργεί εξάρτηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας (χ_{fd}) από την συχνότητα. Η μεταβολή αυτή είναι γνωστή με τον όρο φάσμα της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Στις υψηλές συχνότητες (relaxation phenomena) προκαλούν ελάττωση της μαγνητικής επιδεκτικότητας και απώλειες ενέργειας με την μορφή θερμότητας.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα μετριέται συνήθως με την μέθοδο a.c, έχει δύο συνιστώσες, την σε φάση (in phase) και την φανταστική (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 relaxation 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 φανταστική 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 στα 1 και 10KHz και σε μια μέγιστη ένταση εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου 3×10^{-4} Tα (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 (χ_{fd}). Συνήθως το εύρος των τιμών για την εξαρτώμενη από την συχνότητα μαγνητική επιδεκτικότητα εκφράζεται ως ποσοστό επί της ολικής επιδεκτικότητας (χ_{fd}/χ) 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 (1Oe) 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.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

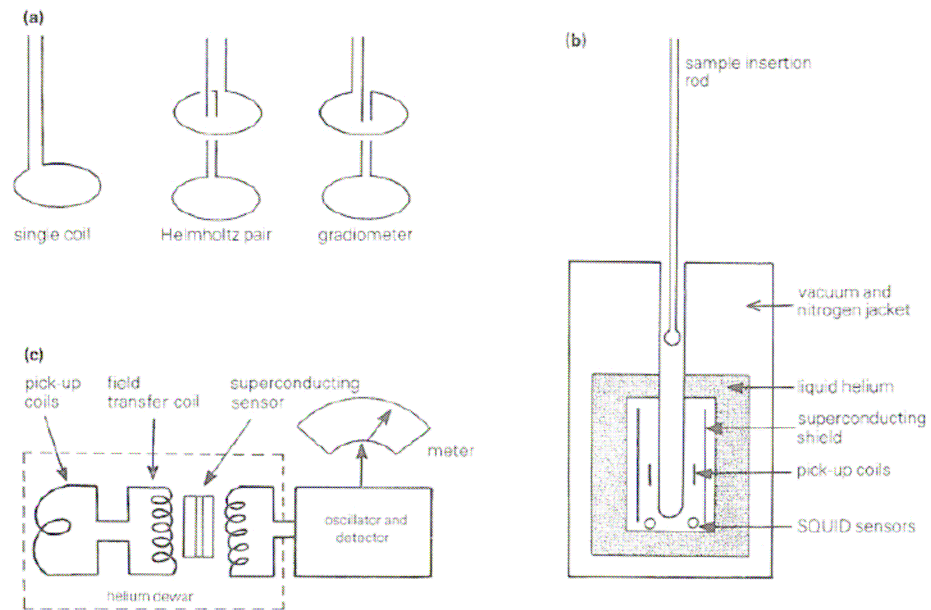


Figure 6.4 Superconducting magnetometer: (a) pick-up coil configurations; (b) general layout of vertical access magnetometer; (c) the heart of the magnetometer lies in its SQUID sensors which detect the d.c. current produced by the insertion of a sample into the pick-up coils.

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

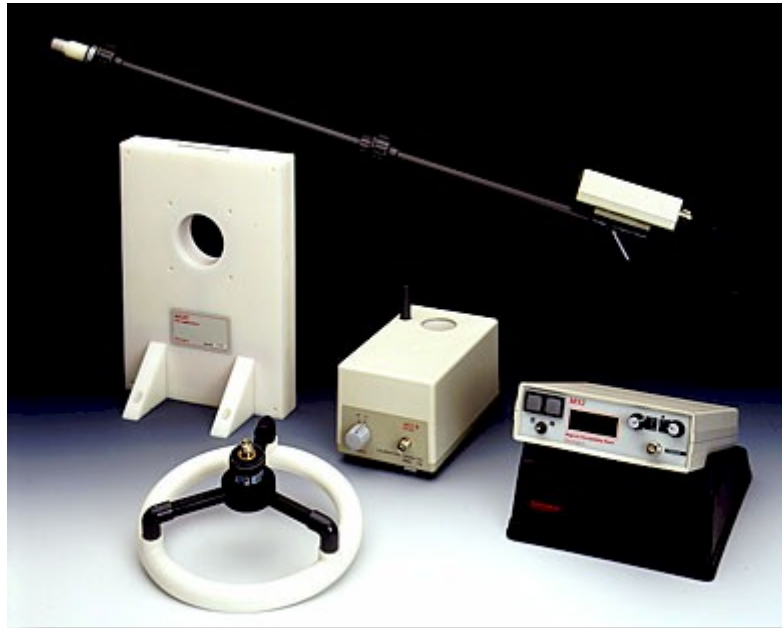
3.8 Μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το MS2 της Bartington

Το σύστημα MS2 Bartington (σχ. 3.4) χρησιμοποιείται για την μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας πυριγενών, μεταμορφωμένων και ιζηματογενών πετρωμάτων στο πεδίο και στο εργαστήριο με ανάλυση 2×10^{-6} SI units. Εφαρμόζεται σε γεωλογικές, παλαιομαγνητικές, αρχαιολογικές, παλαιοκλιματολογικές, υδρολογικές, ιζηματολογικές, έρευνες και σε πυρηνοληψίες.

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 και του αισθητήρα.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Σχήμα 3.4 Το σύστημα MS2 Bartington μέτρησης της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

Specification - MS2 Meter

Measuring range - volume specific	$1-9999 \times 10^{-5}$ SI ($\times 10^{-6}$ CGS)
- mass specific	$1-9999 \times 10^{-8}$ SI ($\times 10^{-6}$ CGS)
Resolution - volume specific	2×10^{-6} SI (2×10^{-7} 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



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

Specification - MS2B Sensor

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



Specification - MS2C Sensor

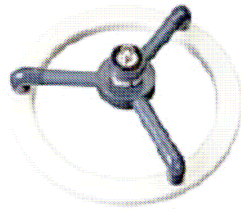
Loop internal diameter	36, 40, 45, 60, 72, 80, 90, 100, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 160 or 162mm standard <i>Intermediate sizes can be provided at an additional charge</i>
Calibration accuracy	5% (calibration sample provided)
Measurement period - x 1 range - x 0.1range	0.9 seconds 9 seconds
Operating frequency	0.565kHz
Drift at room temperature	<2 x 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



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



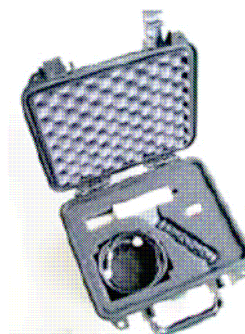
Specification - MS2G Sensor

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



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

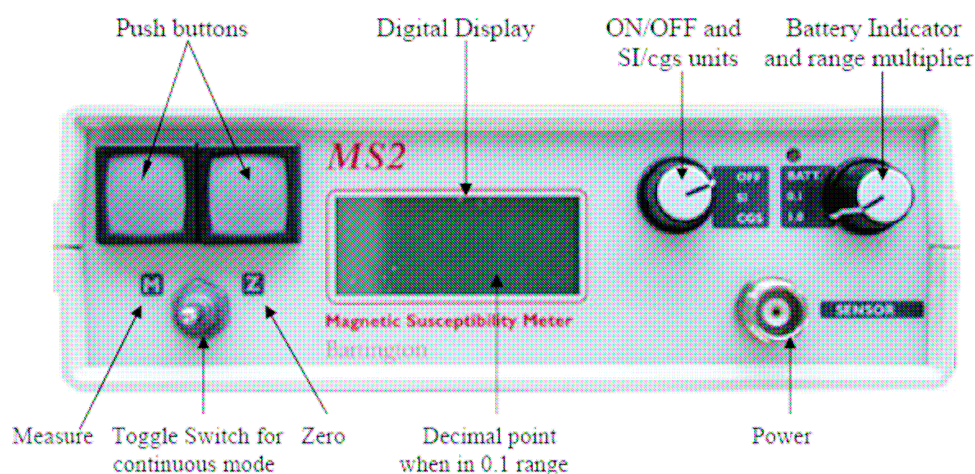
Specification - MS2 Probe Handle

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



Διαδικασία μέτρησης μαγνητικής επιδεκτικότητας δειγμάτων

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 καλό είναι να κοσκινιστούν πριν την μέτρηση έτσι ώστε να απομακρυνθούν τυχόν μικρά μεταλλικά αντικείμενα, αλλά και να είναι ομογενές.
3. Το σύστημα μέτρησης να μην 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 είναι στο εύρος X1.0.
6. Πιέζεται το κουμπί που γράφει zero, χωρίς δείγμα μέσα στην συσκευή. Στην συνέχεια επιλέγεται continuous measurements. Επίσης αν μεταβάλλεται η τιμή που δείχνει το όργανο κατά +/-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 και σημειώνεται την μέτρηση.



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, χρωμίου, 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 από 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 CO_2 και 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 Fe 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 Fe είναι το κύριο στοιχείο στο μεταβολισμό και σε πολλές κυτταρικές διεργασίες. Επίσης, τα αρχικά στάδια της σύνθεσης πυρολίου απαιτούν 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 (Θεριός, 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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

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 – Pendas, *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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

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 $\mu M Ni(NO_3)_2$ και 3 mM $Ca(NO_3)_2$, 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 $\mu M Cu$, 20 και 50 $\mu M Cd$, and 1 000 $\mu M Pb$ μειώνουν τη ξηρή ουσία σε φυτά κολοκυθιού 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 $\mu M Cu$ 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 Μελλομένη, 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 Μελλομένη, 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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

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 HO^\cdot , O_2^\cdot και H_2O_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 NiCl_2 και 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. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΚΗΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

4.1 Περιγραφή της μεθοδολογίας εκπόνησης της παρούσας εργασίας

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στις εξής φάσεις που περιγράφονται παρακάτω:

1. Αναζήτηση βιβλιογραφίας που να σχετίζεται με χαρτογράφηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας.
2. Επιλογή της περιοχής έρευνας (στην παρούσα περίπτωση είναι ο δημοτικός κήπος του Δήμου Χανίων, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης των Χανίων και η συλλογή οτιδήποτε πληροφοριών αφορούν την περιοχή).
3. Χαρτογράφηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με χρήση των αισθητήρων MS2D και MS2F. Επίσης συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους και έγιναν πυρηνοληψίες χωρίς την χρήση μεταλλικών αντικειμένων.
4. Μεταφορά στο εργαστήριο όπου ξεκινάμε την διαδικασία της ταξινόμησης κατά αύξοντα αριθμό δείγματός 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. Πραγματοποιείται η δημιουργία plot στο Surfer 8 και η ανάλυση της διαδικασίας περιγράφεται παρακάτω.

4.2 Περιγραφή του προγράμματος επεξεργασίας των δεδομένων

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. 4.1).
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. 4.2).

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

3. Επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή της διαδικασίας της παρεμβολή με στόχο να προκύψει το αρχείο (.grid) κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (σχ. 4.3). Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για την διαδικασία της παρεμβολής απεικονίζονται παρακάτω:

Gridding Method : Kriging

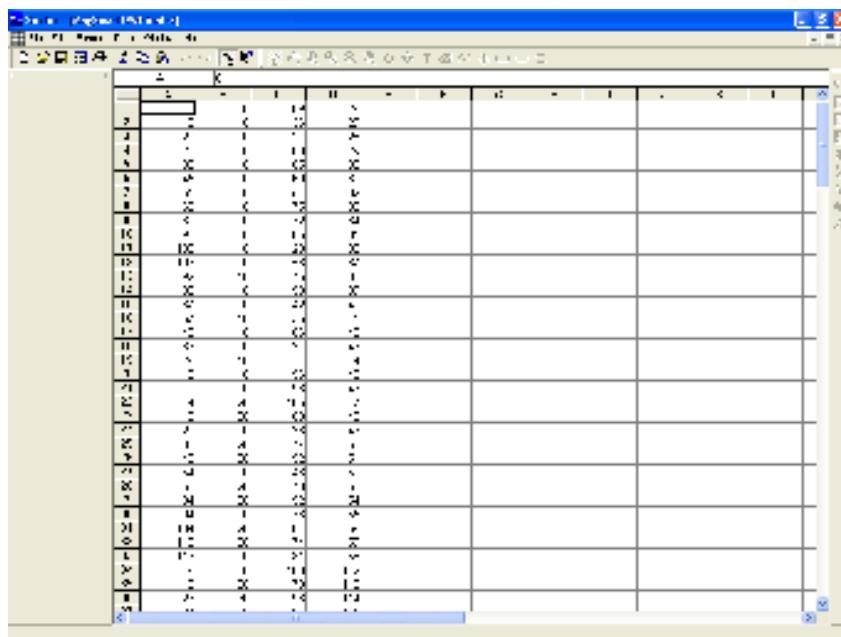
Spacing for X Direction : 0.1

Spacing for Y Direction : 0.1 .

4. Με τα προηγούμενα βήματα έχουμε δημιουργήσει ένα χάρτη ο οποίος παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (σχ. 4.4).

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.

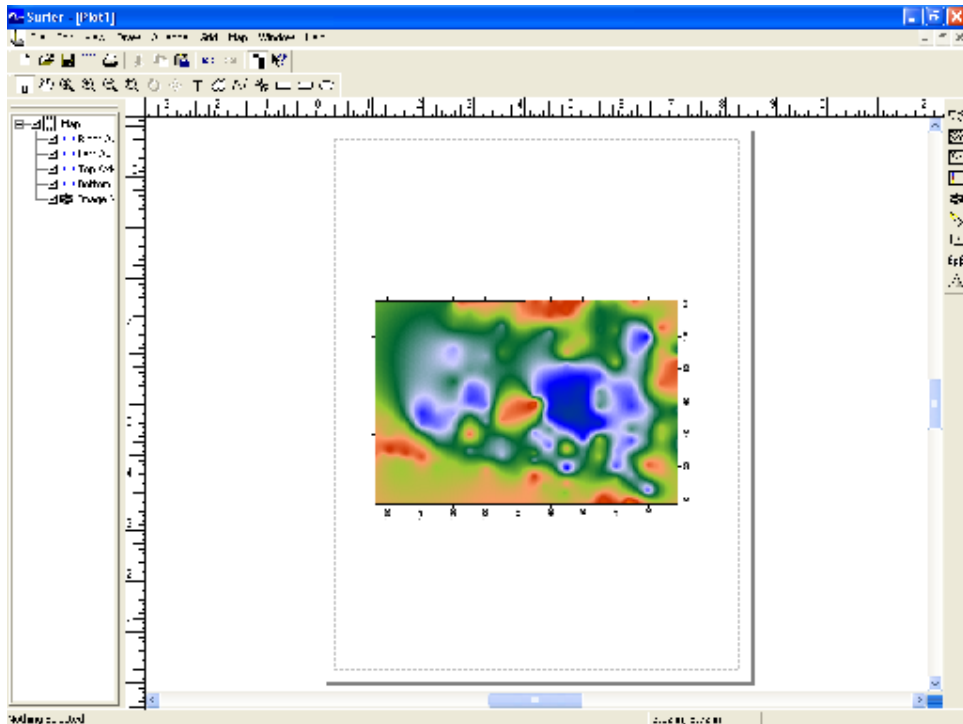
6. Πλέον έχουμε φτάσει στο τελικό βήμα και είμαστε έτοιμοι να παρουσιάσουμε τον χάρτη με όλες τις παραμέτρους και τις προϋποθέσεις. Το σχήμα 4.5 παρουσιάζει την τελική μορφή του χάρτη.



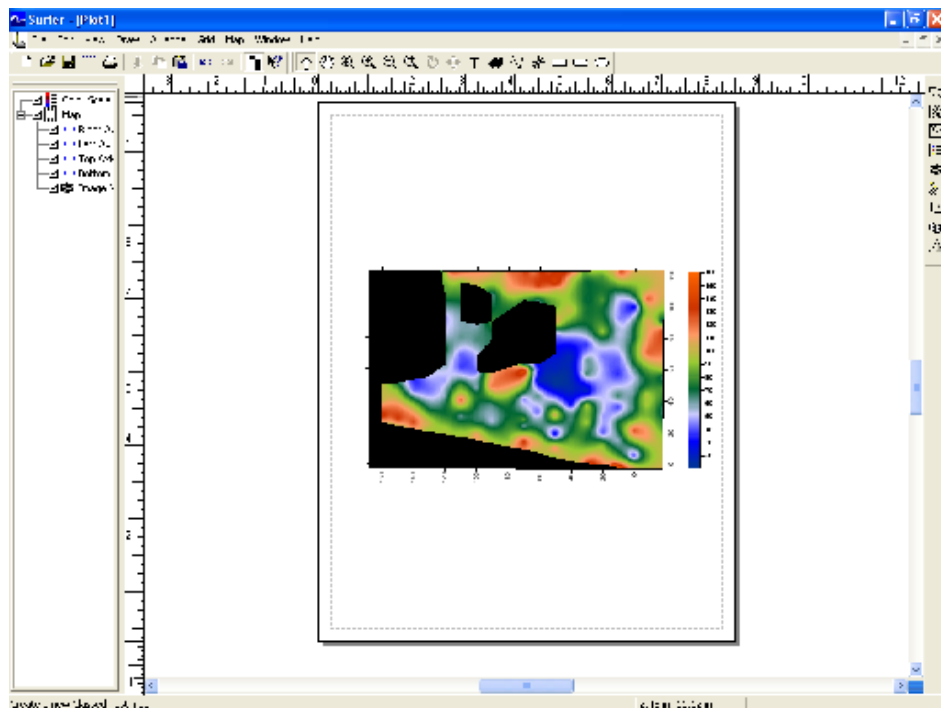
The image shows a screenshot of a spreadsheet application window. The spreadsheet contains a grid of data points. The columns are labeled with Greek letters: Δ, Κ, Ι, Π, Ρ, Σ, Τ, Υ, Φ, Χ, Ψ, Ω. The rows are numbered from 1 to 24. The data points are represented by small symbols (dots or crosses) in the cells, indicating the locations of measurements or data points. The spreadsheet is displayed in a window with a standard toolbar and menu bar.

Σχήμα 4.1 Το αρχείο δεδομένων.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Σχήμα 4.4 Ο χάρτης κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας στο δημοτικό πάρκο Χανίων πριν την αποκοπή των θέσεων που δεν έγινε λήψη.



Σχήμα 4.5 Ο χάρτης κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας στο δημοτικό πάρκο Χανίων μετά την αποκοπή των θέσεων που δεν έγινε λήψη.

4.3 Παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Για την παρουσίαση των χαρτών της παρούσας εργασίας έγιναν αρχικά δοκιμές με όλες τις μεθόδους της παρεμβολής. Δύο μέθοδοι (Kriging και Inverse to a power) απεικονίζουν καλύτερα την κατανομή της επιδεκτικότητας. Η πρώτη (σχ. 4.6) μέθοδος χρησιμοποιεί τον «κλασσικό» πλέον τρόπο απεικόνισης των ισότιμων καμπύλων. Η δεύτερη (σχ. 4.7) δίνει έμφαση στην μετρήση του κάθε σημείου.

Παρατηρώντας τους χάρτες κατανομής της επιδεκτικότητας στο δημοτικό πάρκο Χανίων για τις χαρτογραφήσεις που έγιναν τα έτη 2007 (σχ. 4.7) και 2006 (σχ. 4.8), προκύπτει σχεδόν ίδια χωρική κατανομή υψηλών και χαμηλών τιμών μαγνητικής επιδεκτικότητας για τα έτη 2006 και 2007, γεγονός που παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι το αίτιο που προκαλεί τις υψηλές τιμές της επιδεκτικότητας και κατά συνέπεια την αναμενόμενη ρύπανση από βαρέα μέταλλα δεν έχει μεταβληθεί. Η διαφορά στο εύρος των τιμών οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο με τον οποίο έγινε η χαρτογράφηση τις δύο χρονιές. Δηλαδή το 2006 εφαρμόστηκε η μεθοδολογία της δειγματοληψίας και ανάλυσης των δειγμάτων στο εργαστήριο, ενώ το 2007 έγινε in situ χαρτογράφηση με τους αισθητήρες MS2D και MS2F. Γενικά παρουσιάζονται υψηλές τιμές περιμετρικά του πάρκου και για την ακρίβεια στην γειτονία του με το οδικό δίκτυο. Εντός του πάρκου εντοπίζονται υψηλές τιμές περίπου στο κέντρο του, όπου βρίσκεται ένα καφενείο. Μπροστά στο καφενείο βρίσκεται ένας δρόμος, όπου πολλές φορές σταματούν αυτοκίνητα για τον ανεφοδιασμό του. Πιθανότατα λοιπόν οι υψηλές τιμές της επιδεκτικότητας να σχετίζονται με αυτό το γεγονός.

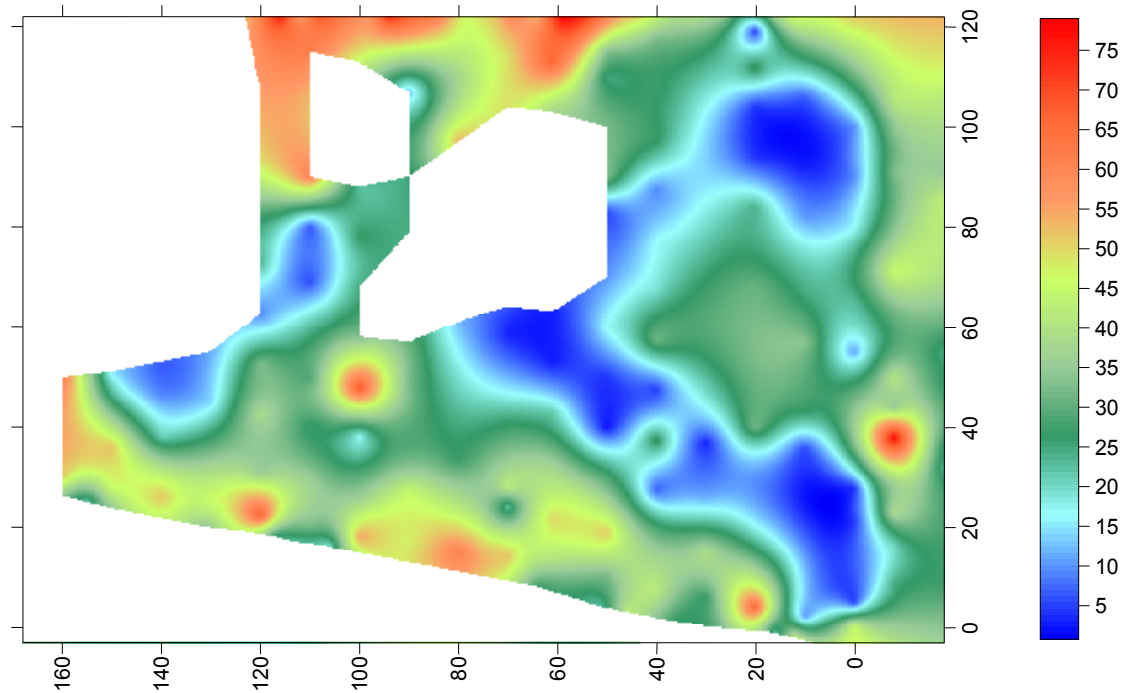
Με στόχο να ελεγχθεί η μεταβολή των τιμών της επιδεκτικότητας από το ένα έτος στο άλλο, το 2007 έγιναν δειγματοληψίες εδαφικού υλικού και ανάλυσή τους στο εργαστήριο για το προσδιορισμό της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε χαμηλή και υψηλή συχνότητα. Τα αποτελέσματα και η σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές του 2006 παρουσιάζονται στα σχήματα 4.9 και 4.10. Ακολουθείται η ίδια σχεδόν κατανομή με εξαίρεση δύο τιμές του 2006 που είναι σαφώς μικρότερες σε σχέση με το 2007.

Στα σχήματα 4.11-4.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το βάθος για 4 πυρηνοληψίες (Πιν. 4.1). Γενικά εμφανίζεται μια αυξητική τάση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το βάθος. Πιθανολογείται ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων αυξάνονται με το βάθος.

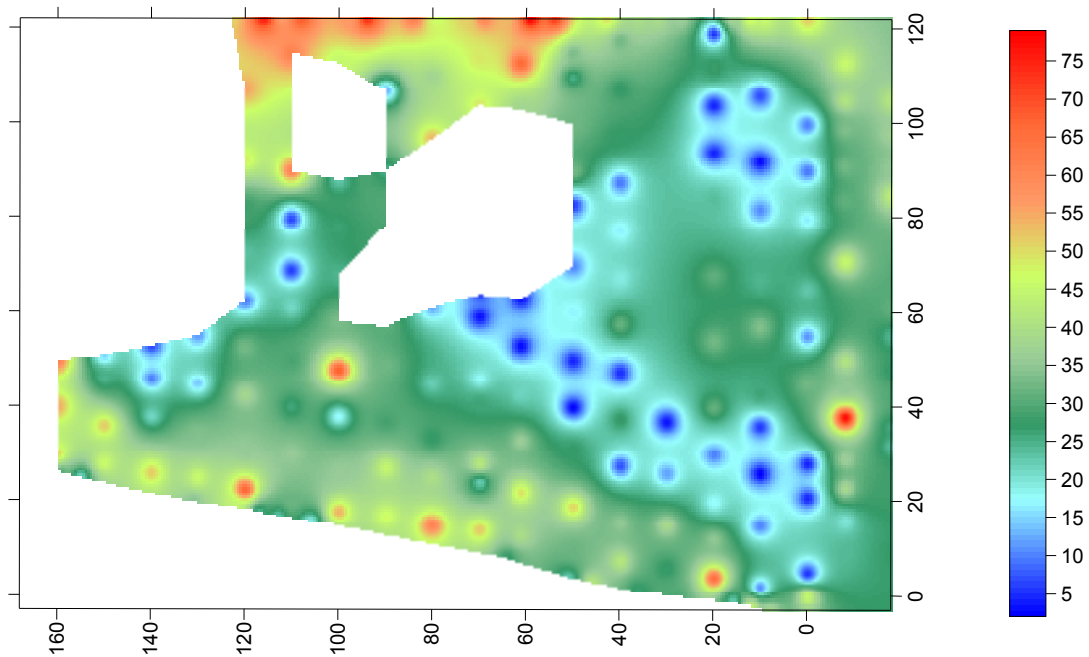
Τέλος στο σχήμα 4.15 παρουσιάζονται οι τιμές των μετρήσεων της μαγνητικής επιδεκτικότητας με τους αισθητήρες **MS2F** και **MS2D**. Δύο μετρήσεις παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση, γεγονός που σχετίζεται με την παρουσία μεταλλικών αντικειμένων κοντά στον αισθητήρα MS2D που αντιστοιχεί στην μεγάλη διάμετρο. Αν εξαιρεθούν οι δύο αυτές

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

μετρήσεις, παράγοντας συσχετισμού είναι 0.96. Για άλλη μια φορά επιβεβαιώνεται η καταστροφική επίδραση που έχουν τα μεταλλικά αντικείμενα κατά την διάρκεια των μαγνητικών μετρήσεων.

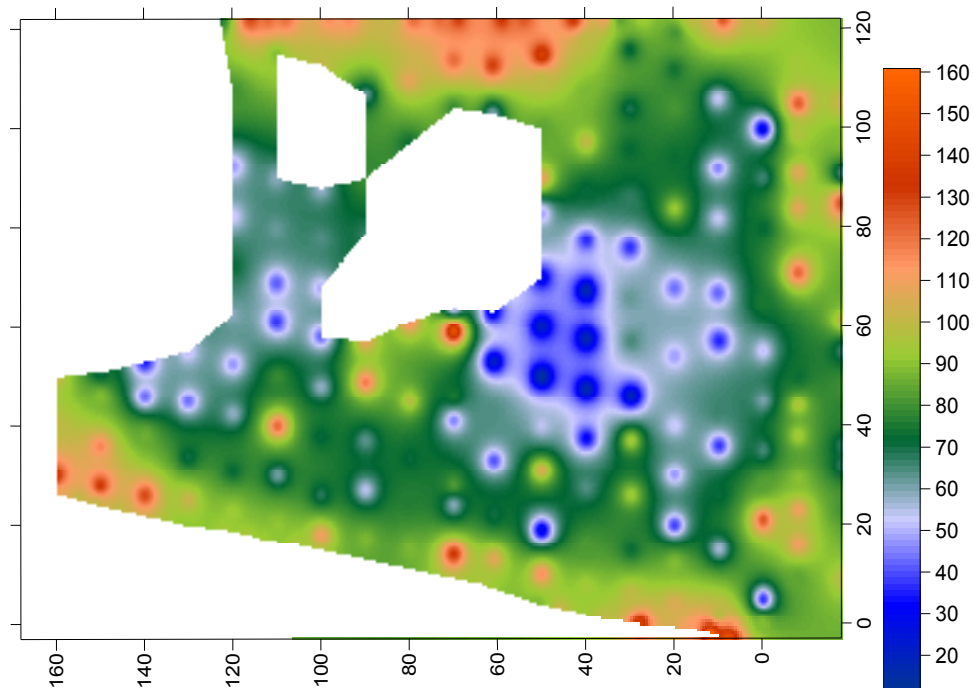


Σχήμα 4.6 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας 2007 ($m^3 Kg^{-1}$) σε χαμηλή συχνότητα με την μέθοδο παρεμβολής Kriging.

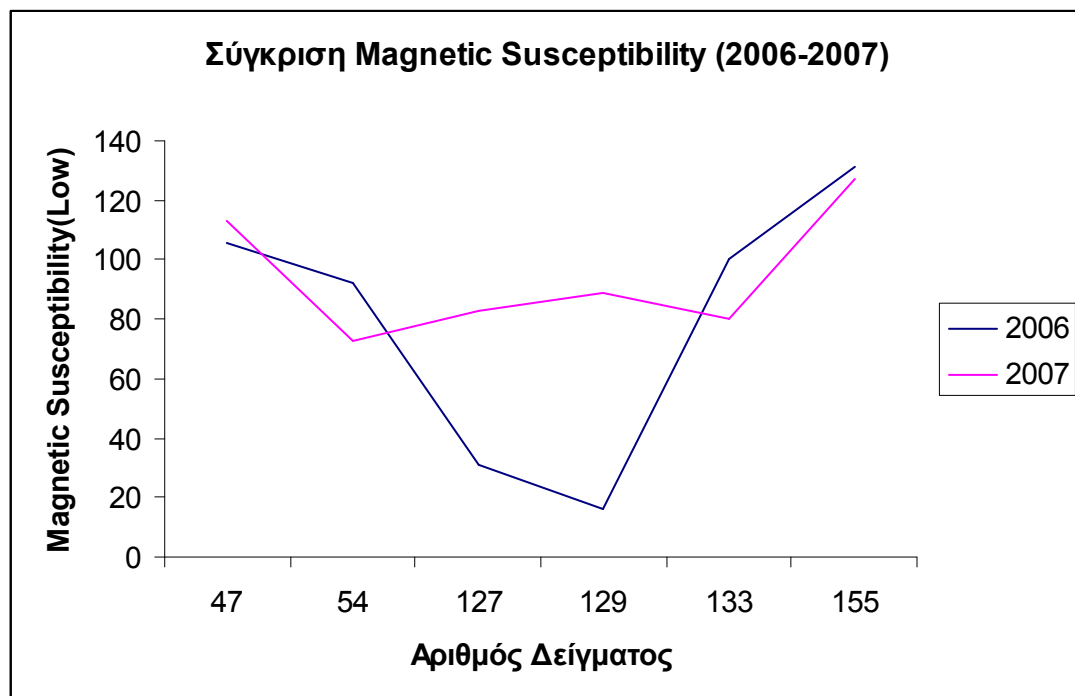


Σχήμα 4.7 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας 2007 ($m^3 Kg^{-1}$) σε χαμηλή συχνότητα με την μέθοδο παρεμβολής Inverse to a power.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

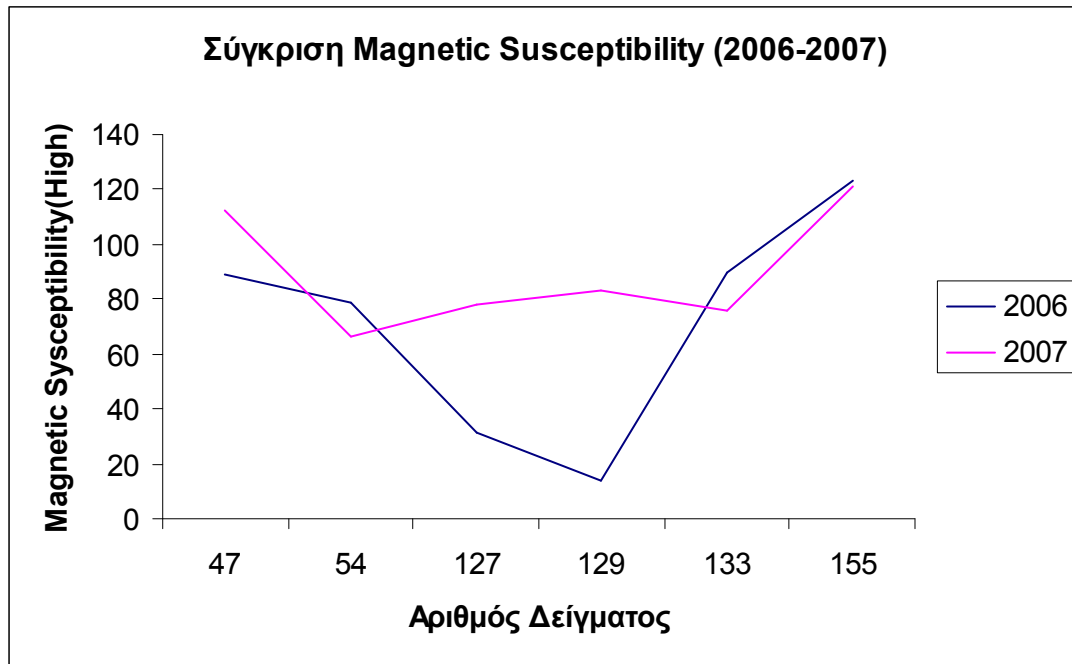


Σχήμα 4.8 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας 2006 ($m^3 Kg^{-1}$) σε χαμηλή συχνότητα με την μέθοδο παρεμβολής *Inverse to a power*.



Σχήμα 4.9 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας ($m^3 Kg^{-1}$) για τα έτη 2006 και 2007 σε χαμηλή συχνότητα.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



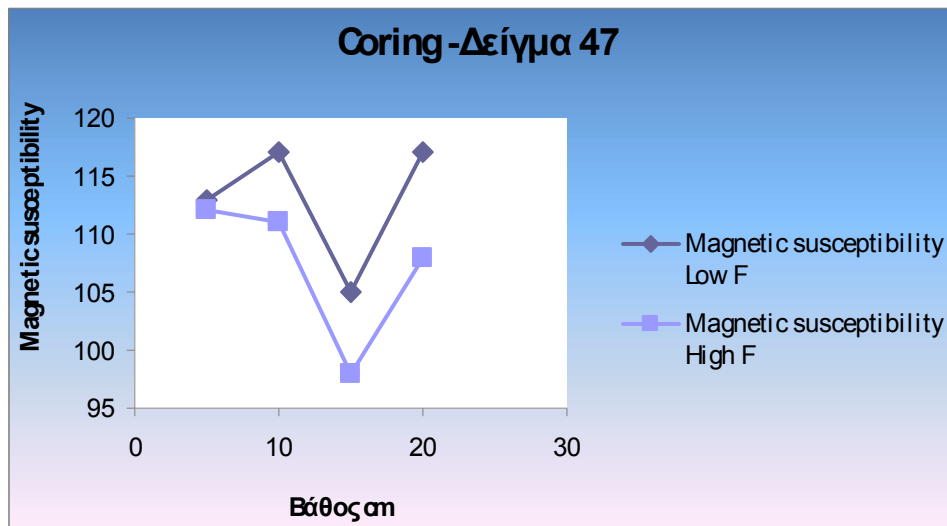
Σχήμα 4.10 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (m^3Kg^{-1}) για τα έτη 2006 και 2007 σε υψηλή συχνότητα .

Πίνακας 4.1 Αποτελέσματα κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το βάθος για τα δείγματα από πυρηνοληψία.

Magnetic susceptibility Low F				
Coring				
Βάθος cm	Δείγματα			
	47	54	127	129'
5	113	73	83	89
10	117	84	85	110
15	105	81	86	110
20	117	95	90	125

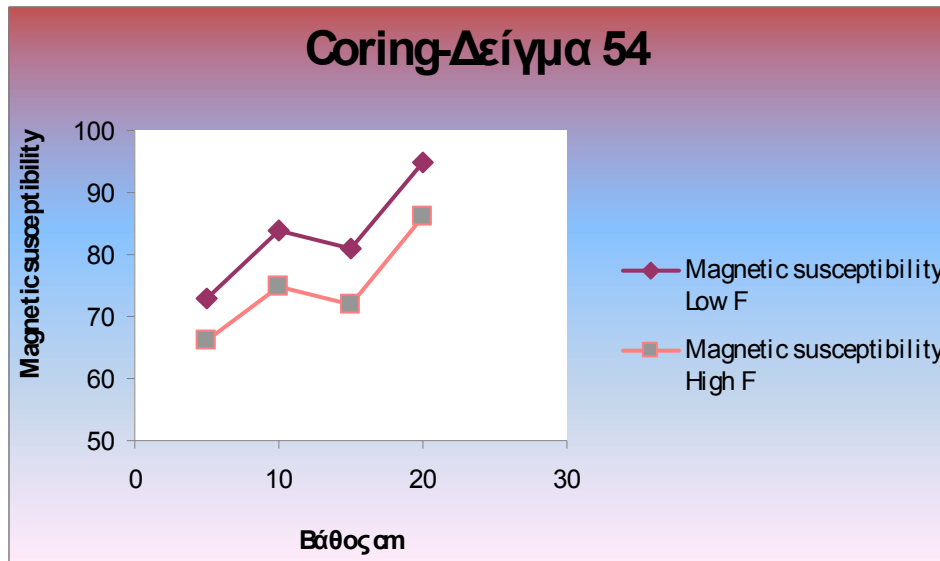
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

Magnetic susceptibility High F				
Coring				
Βάθος cm	Δείγματα			
	47	54	127	129'
5	112	66	78	83
10	111	75	82	105
15	98	72	85	108
20	108	86	86	118

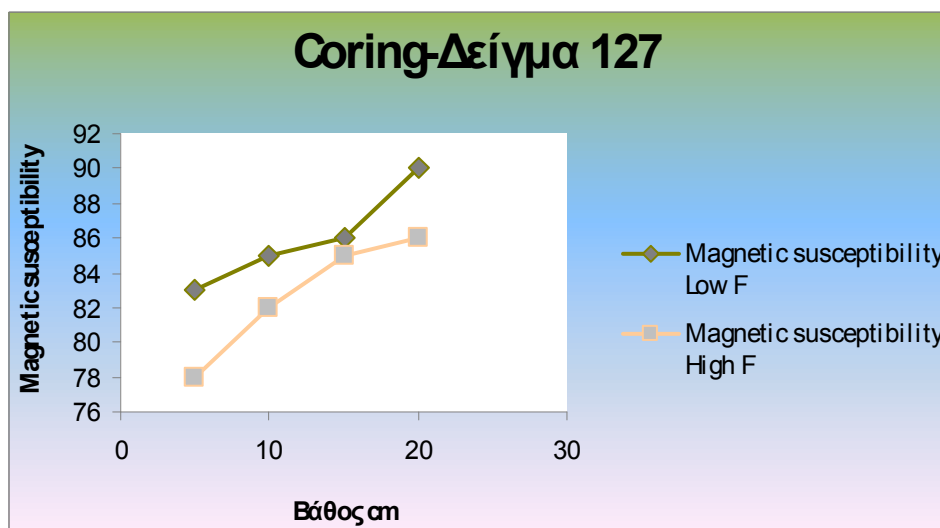


Σχήμα 4.11 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (m^3Kg^{-1}) με το βάθος για το δείγμα 47.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

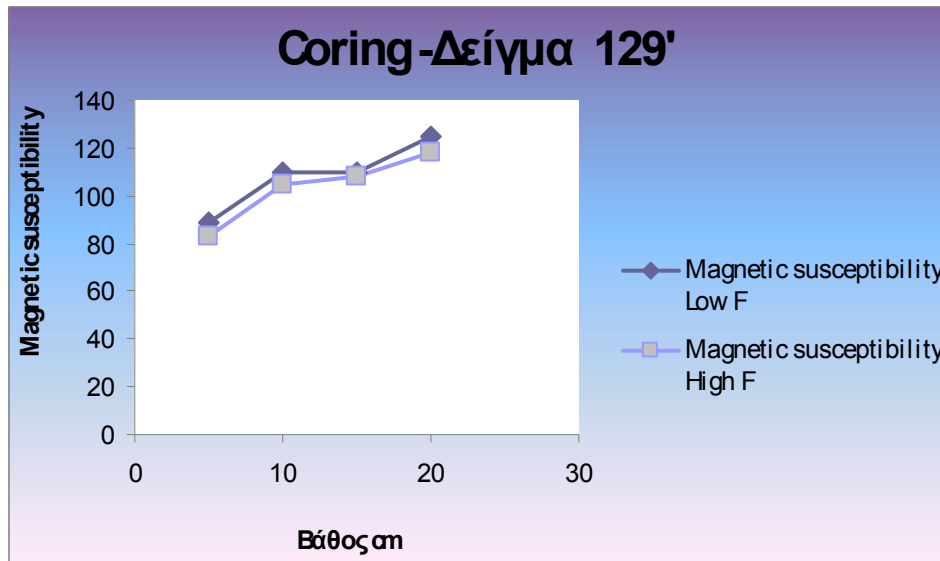


Σχήμα 4.12 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (m^3Kg^{-1}) με το βάθος για το δείγμα 54.



Σχήμα 4.13 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (m^3Kg^{-1}) με το βάθος για το δείγμα 127.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



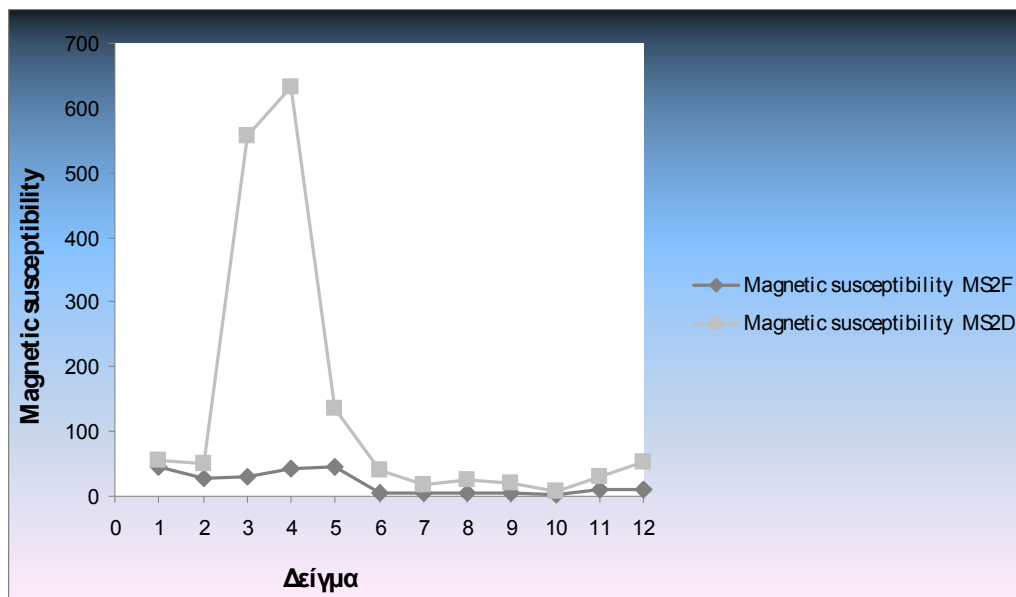
Σχήμα 4.14 Απεικόνιση της κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας (m^3Kg^{-1}) με το βάθος για το δείγμα 129.

Πίνακας 4.2 Μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας με τους αισθητήρες MS2F και MS2D.

Magnetic susceptibility MS2F					
Μέτρηση (S.I)					
Δείγμα					M.O. Μέτρησης
1	44	46	47		46
2	25	20	36		27
3	29	27	37		31
4	40	45	40		42
5	35	41	59		45
6	7	4	4		5
7	8	4	1		4
8	6	3	3		4
9	10	5	1		5
10	1	2	3		2
11	13	6	11		10
12	9	7	15		10

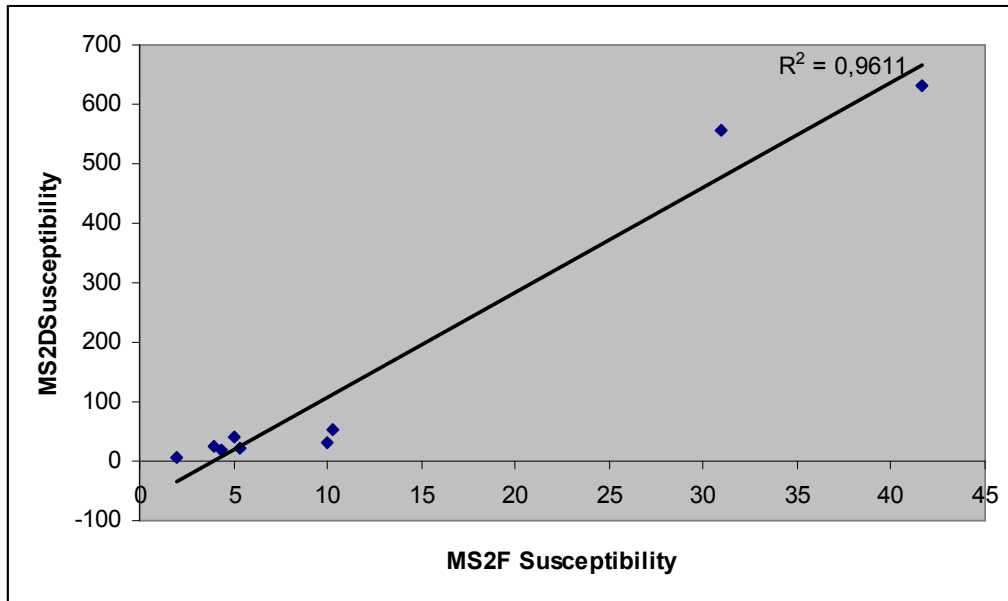
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

Magnetic susceptibility MS2D				
Μέτρηση (S.I.)				
				Μ.Ο. Μέτρησης
39	76	48		54
51	58	44		51
198	227	1745	54	556
461	1153	281		632
113	77	219		136
34	36	48		39
14	18	21		18
23	28	24		25
19	22	20		20
9	13	1		8
30	28	36		31
55	42	61		53



Σχήμα 4.15 Κατανομή των μετρήσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας με τους με τους αισθητήρες MS2F και MS2D.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Σχήμα 4.16 Σύγκριση των μετρήσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας με τους αισθητήρες **MS2F** και **MS2D**.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας σε εδαφικά δείγματα από επιλεγμένη περιοχή των Χανίων προκειμένου να καταγραφεί η χωρική και χρονική κατανομή που συσχετίζεται με τα επίπεδα ρύπανσης από βαρέα μέταλλα της υπό μελέτη περιοχής. Πρέπει να αναφερθεί στο σημείο αυτό ότι για πρώτη φορά επιχειρείται χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας με τόσο μικρό βήμα δειγματοληψίας.

5.2 Συμπεράσματα και αξιολόγηση της μεθοδολογίας

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

- Από την σύγκριση των χαρτογραφήσεων του 2006 και 2007, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα κατανέμεται με τον ίδιο τρόπο, γεγονός που παραπέμπει ότι το αίτιο που προκαλεί πιθανότατα την ρύπανση από βαρέα μέταλλα είναι το ίδιο.
- Η μαγνητική επιδεκτικότητα αναμένεται να αυξάνεται με το βάθος για τις περιοχές που έχουν ρυπανθεί.
- Από την σύγκριση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τους δύο αισθητήρες, προκύπτει ότι οι μετρήσεις με τον αισθητήρα μεγάλης διαμέτρου είναι πιο ευαίσθητες στην παρουσία μεταλλικών αντικειμένων.

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:

- Γεωχημικές αναλύσεις των δειγμάτων για τον εντοπισμό υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και ιδιαίτερα Pb.
- Αναλύσεις των δειγμάτων για την παραμένουσα μαγνήτιση και την θερμομαγνήτιση.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

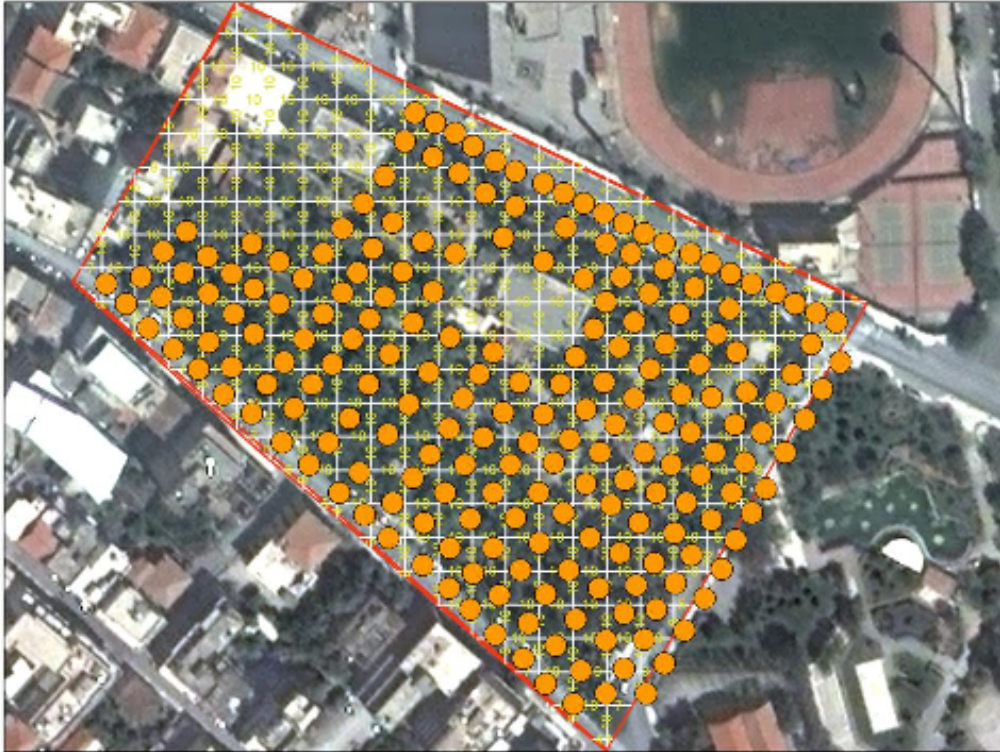
1. Θεριός, Ι., 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις Δεδούση, ISBN 960-7411-01-3.
2. Καράταγλης, Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text, ISBN 960-312-009-X.
3. Παπαγεωργίου, Μελπομένη, 1998. "Πέντε ιχνοστοιχεία που έχουμε ανάγκη", Περιοδικό Vita, τεύχος 10, σελ. 48.
4. 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).
5. Ρουμπελάκη – Αγγελάκη, Καλλιόπη, 2003. Φυσιολογία Φυτών – από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, ISBN 960-524-168-4.
6. Τσικαλάς, Π., 2003. Θρέψη φυτών – Γονιμότητα εδαφών. ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.
7. 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.
8. Alloway, B.J. (ed), 1990. Heavy metals in soils, Glasgow, *Blackie*, 1-339.
9. Bhathal, R.S. and Stacey F.D., 1969, Frequency independence of low field susceptibility of rocks, *J. Geophys. Res.* 74, 2025-7.
10. 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.
11. Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. *The Nature and Properties of Soils*. 12th Edition, Prentice Hall, ISBN 0-13-852444-0.
12. 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.
13. 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.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

14. 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).
15. Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements: Chemistry, environmental impact and health effects. Pergammon Press. ISBN 8-08-040275-5.
16. 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.
17. 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.
18. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 1999. Soil Fertility and Fertilizers – An Introduction to Nutrient Management. 6th edition. Prentice Hall, New Jersey. ISBN 0-13-626806-4.
19. 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.
20. 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.
21. Kambata-Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace elements in soils and plants, *Boca Raton, FL*, CRC Press, 1-380.
22. Lars, J., 2003. Hazards of heavy metal contamination . *British Medical Bulletin*, vol. 68, no. 1, pp. 167-182(16), Oxford University Press.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. Snoek, J.L., 1948, Dispersion and absorption in magnetic ferrites at frequencies above one megacycle, *Physica* 14, 207-17.
32. 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.
33. Thompson, R. and Oldfield, F., 1986, *Environmental Magnetism*, Allen &Unwin Ltd.
34. 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.
35. 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.
36. <http://eed.stef.teicrete.gr/labs/eps1/lignitis.htm>

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Φώτο. 1 Θέσεις δειγματοληψίας.



Φώτο. 2 Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας με τον αισθητήρα MS2D.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ



Φώτο. 3 Ο αισθητήρας MS2D.



Φώτο. 4 Η διαδικασία των μετρήσεων.