



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΓΕΩΡΓΙΟΣ Μ. ΦΩΤΙΑΔΗΣ

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΘΕΣΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΛΛΑΖΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟ
ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2021



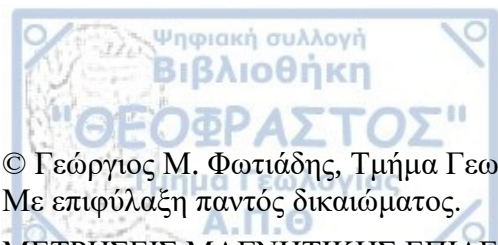


ΓΕΩΡΓΙΟΣ Μ. ΦΩΤΙΑΔΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5489

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΘΕΣΗ
ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΛΛΑΖΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωφυσικής,
Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής

Επιβλέποντες Καθηγητές
Επ. Καθηγήτρια: Αηδονά Ελένη
Αν. Καθηγητής: Βαργεμέζης Γιώργος



© Γεώργιος Μ. Φωτιάδης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωφυσικής, 2021
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΘΕΣΗ
ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΛΛΑΖΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ – *Διπλωματική
Εργασία*

© George M. Fotiadis, School of Geology, Dept. of Geophysics, 2021
All rights reserved.

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY MEASUREMENTS AND ELECTRICAL TOMOGRAPHY IN A
POSSIBLE LEAKAGE OF A WASTE DISPOSAL AREA – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Πίνακας Περιεχομένων

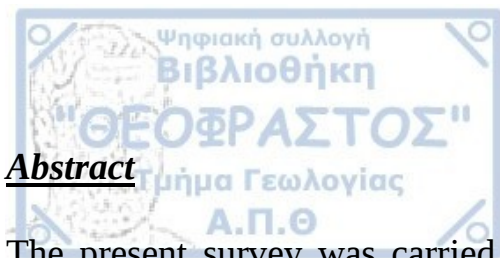
Περίληψη	6
Abstract	7
1. Πρόλογος-Αντικείμενο Εργασίας.....	8
2. Εισαγωγή	9
2.1 Γενικά Στοιχεία Μαγνητικών-Ηλεκτρικών Μετρήσεων	9
2.2 Γενικά Στοιχεία ΧΤΑ Ταγαράδων-Θέρμης	14
2.3 Γεωλογικά-Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης Ανθεμούντα.....	16
3. Εργασίες Που Πραγματοποιήθηκαν.....	19
3.1 Εργασίες Υπαίθρου	19
3.2 Εργασίες Εργαστηρίου	24
3.3 Όργανα Που Χρησιμοποιήθηκαν.....	26
4. Αποτελέσματα-Ερμηνεία Μετρήσεων.....	30
5. Συμπεράσματα-Αύσεις.....	36
6.Βιβλιογραφία.....	38

Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε στο περιβαλλοντικό πάρκο στην περιοχή της Θέρμης, στον χώρο όπου παλιότερα λειτουργούσε χώρος ταφής απορριμμάτων (ΧΤΑ) για τη μελέτη υγρών αποβλήτων. Οι σχηματισμοί που συναντούμε στο εσωτερικό του πάρκου είναι οι ερυθρές άργιλοι και επιχώσεις που τοποθετήθηκαν στα πλαίσια της ανάπλασης μετά τον τερματισμό της λειτουργίας του ΧΤΑ.

Στα πλαίσια της εργασίας εφαρμόστηκαν μαγνητικές μετρήσεις και ηλεκτρικές διασκοπήσεις. Τα μετρούμενα μεγέθη είναι η μαγνητική επιδεκτικότητα και η ηλεκτρική αντίσταση αντίστοιχα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος της εισόδου του χώρου συγκέντρωσης διασταλλαζόντων του ΧΤΑ από όπου αντλούνται και μεταφέρονται για βιολογικό καθαρισμό. Παράλληλα συλλέχθηκαν εδαφικά δείγματα κατά μήκος της εισόδου, καθώς και εντός του χώρου, ανάντη του χώρου συγκέντρωσης διασταλλαζόντων. Επίσης πραγματοποιήθηκε και συλλογή δειγμάτων του μητρικού εδάφους της περιοχής. Ο σκοπός της συλλογής των δειγμάτων είναι η εργαστηριακή μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας και η εύρεση πιθανής ανωμαλίας η οποία θα συσχετίζεται με την επιμόλυνση του εδάφους. Η ηλεκτρική τομογραφία πραγματοποιήθηκε σε μήκος 23 μέτρων και σκοπό έχει την διερεύνηση του υπεδάφους για πιθανή επιμόλυνση και των επιφανειακών στρωμάτων, μέχρι το βάθος των 7 μέτρων περίπου.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται σε πίνακες και σε διαγράμματα όπου είναι διακριτές οι ανωμαλίες, βάσει των οποίων συζητούνται οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και στον άνθρωπο και προτείνονται λύσεις στα προβλήματα αυτά.



Abstract

The present survey was carried out in the Environmental Park of Thermi, in the area where it used to be a landfill, in order to study a possible leakage of leachate in the wider area. Since several years, the landfill has been rehabilitated and waste has been covered by red clay.

As part of the work, magnetic and electrical measurements scans were applied. The measured quantities are magnetic susceptibility and electrical resistivity, respectively. Measurements were made along the entrance of the area where the leachate is pumped in order to be transferred for organic cleaning. At the same time soil samples were collected along the entrance, inside the leachate area.

Sampling of the top soil of the wider area was also carried out. The purpose of collecting the samples is the laboratory measurement of the magnetic susceptibility in order to find a possible anomaly which would be correlated with soil contamination. The electrical tomography was conducted alongside of the entrance (23m) and aims to display the profile of the subsoil for possible contamination of the lower horizons.

The results of the measurements are presented in tables and diagrams where the anomalies are discernible. Based on these anomalies, the possible effects on the environment and on humans are discussed and solutions to these problems are proposed.

1.Πρόλογος-Αντικείμενο Εργασίας

Ο χώρος όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας, η ηλεκτρική τομογραφία καθώς και η συλλογή των δειγμάτων είναι το Περιβαλλοντικό Πάρκο στην περιοχή της Θέρμης. Ο δήμος της Θέρμης βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία, στον νομό Θεσσαλονίκης και νοτιοανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης και εκτείνεται από τις νοτιοανατολικές ακτές του Θερμαϊκού μέχρι τον Χορτιάτη και τον Χολομώντα καταλαμβάνοντας ένα πολύ μεγάλο μέρος της Λεκάνης του Ανθεμούντα. Το εν λόγω πάρκο πρόκειται για έναν παλιό χώρο διάθεσης απορριμμάτων που μετατράπηκε σε χώρο αναψυχής και άθλησης. Το μητρικό πέτρωμα της περιοχής είναι η ερυθρή άργιλος μικρής συνεκτικότητας, ενώ, λόγω της κάλυψης των απορριμμάτων με σκοπό τη δημιουργία του πάρκου, κυριαρχούν οι επιχώσεις.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της μαγνητικής επιδεκτικότητας του εδάφους, για τον εντοπισμό του βαθμού κορεσμού του από τα βαρέα μέταλλα των λυμάτων των απορριμμάτων.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό:

- ❖ Τον εντοπισμό του βαθμού της επιβάρυνσης του εδάφους από τα λύματα.
- ❖ Την οριοθέτηση της επιβαρυσμένης περιοχής.
- ❖ Την ανάδειξη των πιθανών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν από την εν λόγω μόλυνση και πρόταση πιθανών λύσεων.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην περάτωση της παρούσας εργασίας.

Την επιβλέπουσα καθηγήτρια του τομέα Γεωφυσικής, κ. Ελένη Αηδονά ευχαριστώ θερμά για την ανάθεση του θέματος, το αμείωτο ενδιαφέρον και τις χρήσιμες συμβουλές της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον δεύτερο επιβλέποντα της εργασίας κ. Γιώργο Βαργεμέζη για την πολύτιμη συμβολή του όσον αφορά τις ηλεκτρικές μετρήσεις καθώς και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές του τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ για τη συνεχή καθοδήγηση καθώς και όλους τους συναδέλφους μου για την ανταλλαγή απόψεων κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

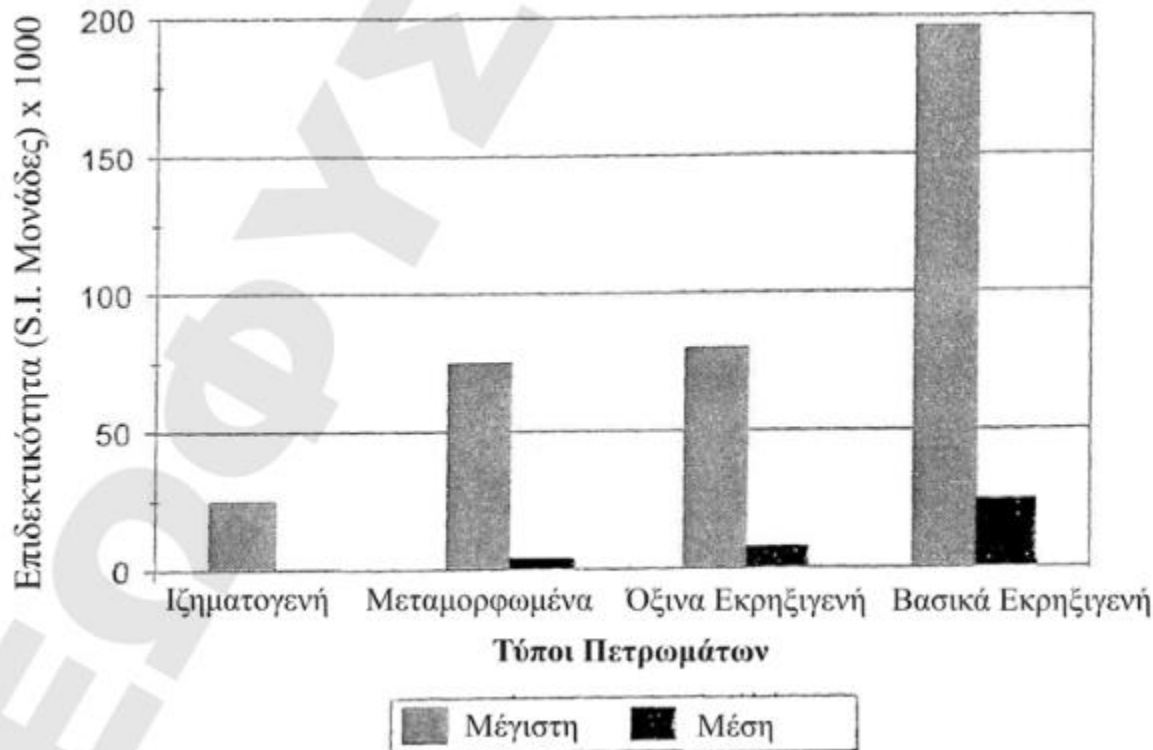
Τέλος ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στον Τομέα Γεωφυσικής.

2.1 Γενικά Στοιχεία Μαγνητικών-Ηλεκτρικών Μετρήσεων (Μετρούμενα Μεγέθη)

- Η μαγνητική επιδεκτικότητα (k) είναι μια αδιάστατη σταθερά που δείχνει τον βαθμό μαγνήτισης ενός υλικού σε ένα εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο και εξαρτάται από τη φύση του υλικού. Η επιδεκτικότητα ενός πετρώματος είναι γενικά ισοδύναμη με την επιδεκτικότητα του μαγνητικού υλικού που υπάρχει στο πέτρωμα. Μερικές τυπικές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας φαίνονται στα Σχήματα 1 και 2.

<u>Υλικό</u>	<u>Μαγνητική Επιδεκτικότητα, k</u>
Μαγνητίτης	10000×10^{-5}
Περιδοτίτης	500×10^{-5}
Βασάλτης/Γάββρος	200×10^{-5}
Διορίτης	20×10^{-5}
Ψαμμίτης	10×10^{-5}
Γρανίτης	1×10^{-5}
Άλας	-1×10^{-5}

Σχήμα 1: Τυπικές μαγνητικές επιδεκτικότητες υλικών (από Αλεξόπουλο et al.,2007)



Σχήμα 2: Τιμές Μαγνητικές Επιδεκτικότητας των κυριότερων τύπων των πετρωμάτων (από Αλεξόπουλο et al., 2007)

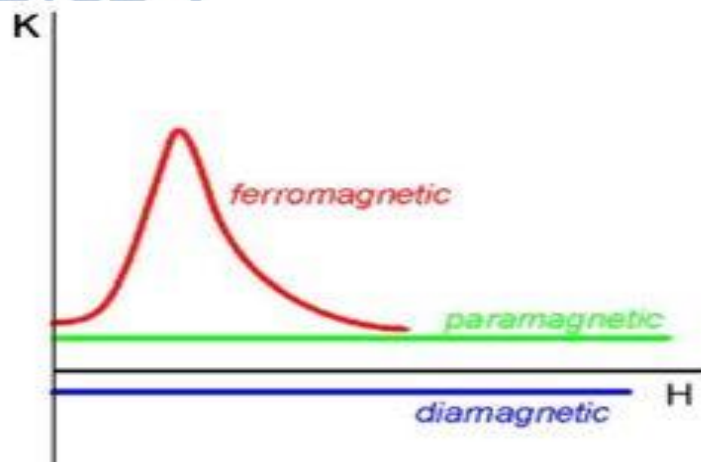
Τα υλικά, με βάση τη μαγνητική τους επιδεκτικότητα, διακρίνονται σε α) διαμαγνητικά, β) παραμαγνητικά και γ) σιδηρομαγνητικά. Η μαγνητική επιδεκτικότητα των διαμαγνητικών έχει μικρή αρνητική τιμή, των παραμαγνητικών σχετικά μεγάλη, ενώ τα σιδηρομαγνητικά είναι σχεδόν αποκλειστικά υπεύθυνα για την μαγνήτιση των πετρωμάτων που προκαλεί τις μαγνητικές ανωμαλίες. Στο Σχήμα 3 φαίνεται η μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας των υλικών σε σχέση με την ένταση του μαγνητικού πεδίου.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα δίνεται από την σχέση:

$$J = \kappa H$$

Όπου J, η μαγνήτιση του σώματος

Όπου H, η ένταση του μαγνητικού πεδίου



Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση των υλικών με βάση την μαγνητική τους επιδεκτικότητα. Ο κατακόρυφος άξονας συμβολίζει την μαγνητική επιδεκτικότητα και ο οριζόντιος την ένταση του μαγνητικού πεδίου. (Hrouda et al.,2009)

Κάποιοι από του λόγους για τους οποίους προτιμάται η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι οι ακόλουθοι (Hrouda et al., 2009):

- I. Οι μετρήσεις διαρκούν λίγα δευτερόλεπτα και μπορεί κανείς να εκτελέσει πολυάριθμες λεπτομερείς μετρήσεις σε εύλογο χρονικό διάστημα.
- II. Μπορούμε να εντοπίσουμε αλλαγές στην σύσταση του εδάφους, οι οποίες πολλές φορές δεν είναι ορατές με μακροσκοπική παρατήρηση.
- III. Οι τιμές των μετρήσεων της επιδεκτικότητας επιτρέπουν την κατάλληλη επιλογή των δειγμάτων για εργαστηριακή μελέτη.
- IV. Η μαγνητική επιδεκτικότητα εξαρτάται από την γεωχημική και ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων π.χ. αλλοιώσεις, μεταμορφικές διαδικασίες. Η μαγνητική επιδεκτικότητα μας παρέχει πολύ σημαντικές πληροφορίες για τις διαδικασίες αυτές.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα μπορεί μεταξύ άλλων να χρησιμοποιηθεί :

1. Για την πρόβλεψη των πετροχημικών ιδιοτήτων όπως η περιεκτικότητα σε πηλό και η διαπερατότητα (Potter et al.,2004, Algadafi,2012)
2. Για την έρευνα για μόλυνση υπόγειων οριζόντων από διασταλλάζοντα ύδατα (Prezzi et al.,2005)

3. Για τον εντοπισμό σιδηρούχων μεταλλευμάτων (Dobrin et al.,1976)
 4. Για τον εντοπισμό πετρελαιοφόρων πηγών ή γεωθερμικών πεδίων που σχετίζονται με την ύπαρξη μαγνητικών ανωμαλιών. (Παπαζάχος,1985)
 5. Ως εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει στην ταξινόμηση του εδάφους. (Kusza et al.,2018)
 6. Ως ένα πρώτο δείκτη για την πιθανή ρύπανση μιας περιοχής από βαρέα μέταλλα (Thompson and Oldfield,1986).
- Με τις ηλεκτρικές μεθόδους επιδιώκεται ο καθορισμός των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης(Παπαζάχος,1985). Η ποσότητα που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και της οποίας επιδιώκεται ο καθορισμός της και η μελέτη της κατανομής των τιμών της μέσα στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της Γης είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση (ρ). Η μέθοδος της ηλεκτρικής αντίστασης εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα για τη λύση τεκτονικών, υδρογεωλογικών, κοιτασματολογικών, γεωθερμικών και αρχαιολογικών προβλημάτων.

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από την σχέση:

$$\rho = RS/l$$

Όπου R η ηλεκτρική αντίσταση τεμάχους πετρώματος κυλινδρικού σχήματος

S η διατομή πετρώματος και

l το μήκος του κυλίνδρου

Μονάδα μέτρησης της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι το $1\Omega m$

Ο τρόπος που διατάσσονται τα ηλεκτρόδια στο χώρο ονομάζεται **διάταξη ηλεκτροδίων** και μπορεί να πραγματοποιηθούν πλήθος συνδυασμών αποστάσεων μεταξύ τους και θέσεων. Στην πράξη έχουν επικρατήσει οι διατάξεις στις οποίες όλα τα ηλεκτρόδια βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία, ενώ συχνή εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση της τετραγωνικής διάταξης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες διατάξεις φαίνονται στο Σχήμα 4 και είναι οι εξής (Φίκος,2010):

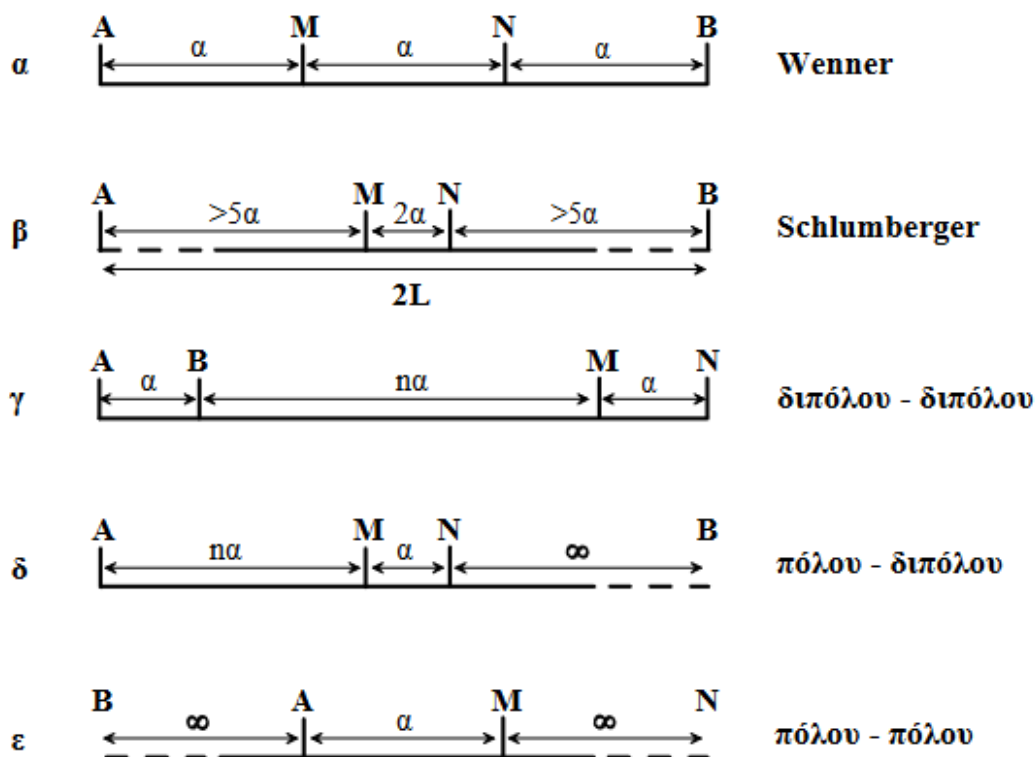
Διάταξη Wenner. Κατά τη διάταξη αυτή τα ηλεκτρόδια δυναμικού M,N τοποθετούνται μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού A, B. Οι αποστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι ίσες με a .

Διάταξη Schlumberger. Η διάταξη αυτή είναι παρόμοια με τη διάταξη Wenner, αλλά τα ηλεκτρόδια ρεύματος είναι τοποθετημένα σε απόσταση πολύ μεγαλύτερη από την απόσταση των ηλεκτροδίων δυναμικού.

Διάταξη δίπολου-δίπολου. Στη διάταξη αυτή τα ηλεκτρόδια ρεύματος είναι απομακρυσμένα από τα ηλεκτρόδια δυναμικού. Τα δύο δίπολα έχουν ίδια απόσταση, ίση με a , ενώ η απόσταση μεταξύ τους είναι na .

Διάταξη πόλου-δίπολου. Τα ηλεκτρόδια δυναμικού βρίσκονται μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος, αλλά ένα από τα ηλεκτρόδια ρεύματος είναι τοποθετημένο σε απόσταση πολύ μεγαλύτερη από τα υπόλοιπα τρία ηλεκτρόδια.

Διάταξη πόλου-πόλου. Η διάταξη αυτή αποτελεί μια επιπλέον διαφοροποίηση της διάταξης πόλου-δίπολου, καθώς λαμβάνεται με μετακίνηση και ενός εκ των ηλεκτροδίων δυναμικού, σε άπειρη απόσταση από τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια.



Σχήμα 4: Βασικότερες Διατάξεις Ηλεκτροδίων

Οι διάφορες διατάξεις ποικίλουν όσον αφορά την ποιότητα και ακρίβεια της πληροφορίας που μπορούν να μας δώσουν και η επιλογή της πιο κατάλληλης κάθε φορά εξαρτάται από το πρόβλημα το οποίο καλείται η μέθοδος να επιλύσει. Έτσι διαφορετικές διατάξεις μπορούν να διακρίνουν διαφορετικούς στόχους, παρουσιάζουν διαφορετικό βάθος διασκόπησης, επιδεικνύουν διαφορετική ευαισθησία σε κατακόρυφες ή οριζόντιες μεταβολές, έχουν διαφορετικό λόγο σήματος προς θόρυβο κ.ο.κ.

2.2 Γενικά Στοιχεία ΧΤΑ Ταγαράδων-Θέρμης

Ως Χώρο Ταφής Απορριμμάτων(ΧΤΑ) ορίζουμε μία περιοχή, στην οποία αρχικά ρίχνονται και αποθηκεύονται απορρίμματα και στην συνέχεια καλύπτονται με χώμα, δέντρα κλπ. Η έκταση που αναπλάστηκε εκτείνεται σε 450 στρέμματα. Το Σχήμα 5 απεικονίζει ένα κομμάτι από την περιοχή, η οποία αναπλάστηκε. Τα έργα υποδομής αποκατέστησαν την χωματερή των Ταγαράδων που επί 27 χρόνια δεχόταν τα απορρίμματα του Νομού της Θεσσαλονίκης. Η χωματερή σταμάτησε τη λειτουργία της από το 2008, μετά από πολλές πιέσεις της αυτοδιοίκησης και των κατοίκων της περιοχής.



Σχήμα 5: Διαδικασίες αποκατάστασης της περιοχής που λειτουργούσε η χωματερή(Πηγή Υδροφίλη Α.Ε.)

Σύμφωνα με το επίσημο site της Κεντρικής Ένωσης Δήμων Ελλάδας (ΚΕΔΕ), η ανάπλαση της παραπάνω χωματερής χωρίζεται σε 3 φάσεις. Στην πρώτη φάση

αποκαταστάθηκαν 100 στρέμματα, στην δεύτερη 190 και στην τρίτη τα υπόλοιπα 160 στρέμματα. Η ευρύτερη περιοχή δέχθηκε μεγάλη περιβαλλοντική υποβάθμιση καθώς κάλυπτε τις ανάγκες του πολεοδομικού συγκροτήματος για σαράντα χρόνια. Η Τρίτη φάση ανάπλασης της περιοχής μεταξύ άλλων περιλάμβανε:

1. Χωματουργικές εργασίες και στεγάνωση.
2. Φύτευση 610 δέντρων και 270 στρεμμάτων χλοοτάπητα.
3. Περίφραξη 3650 μέτρων.
4. Σύστημα επεξεργασίας στραγγισμάτων καθώς και αποκατάσταση.
5. Χωματουργικές εργασίες για τη διαμόρφωση του απορριμματικού ανάγλυφου και τη στεγανοποίηση του χώρου.

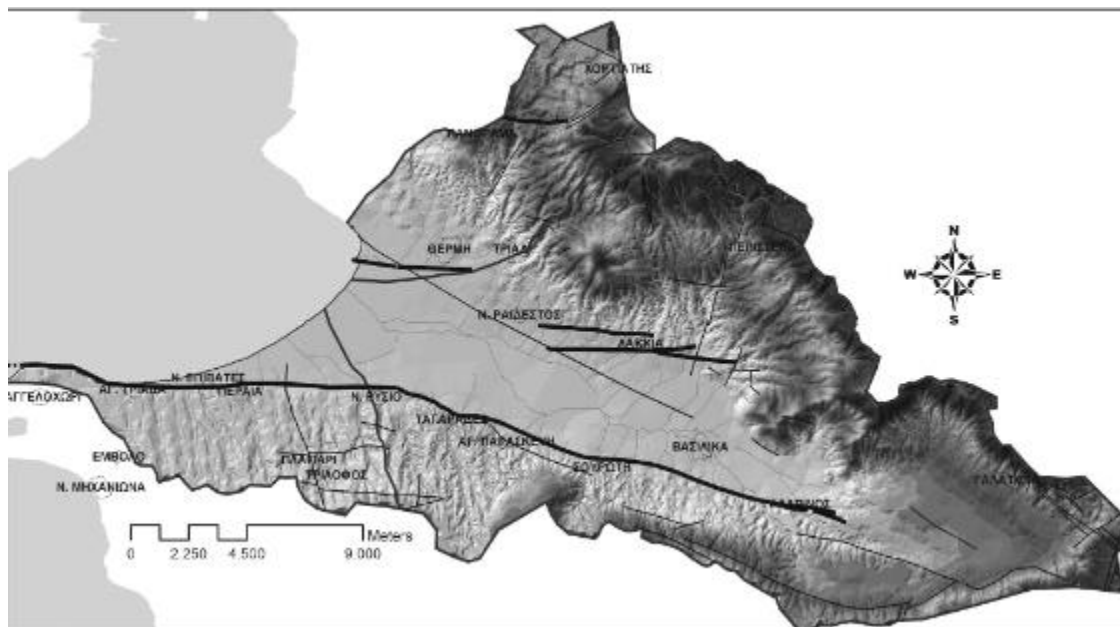


Σχήμα 6: Περιβαλλοντικό Πάρκο Θέρμης μετά τα έργα ανάπλασης(Πηγή Υδροφίλη Α.Ε.)

2.3 Γεωλογικά-Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης Ανθεμούντα

Η περιοχή, στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι το Περιβαλλοντικό Πάρκο Θέρμης, το οποίο ανήκει στον Δήμο Θέρμης και αυτός με τη σειρά του ανήκει στη λεκάνη του Ανθεμούντα (Σχήμα 7). Η λεκάνη του Ανθεμούντα βρίσκεται στη βόρεια Ελλάδα, στην περιφέρεια κεντρικής Μακεδονίας σε απόσταση 15 χιλιομέτρων νότιοανατολικά από το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης της Θεσσαλονίκης. Αυτή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τα χωριά Γαλάτιστα, Βασιλικά, Σουρωτή, Θέρμη, Αγία Τριάδα και Περαιά. Η λεκάνη του Ανθεμούντα ανήκει γεωτεκτονικά στο μεγαλύτερο μέρος της στην Περιοδοπική ζώνη και την υποζώνη Παιονίας των εσωτερικών ελληνίδων ζωνών, ενώ ένα μικρό μέρος της στα ΒΑ ανήκει στην Σερβομακεδονική μάζα, η οποία τοποθετείται στην ελληνική ενδοχώρα .

Η λεκάνη του Ανθεμούντα καλύπτεται από εμφανίσεις Νεογενών σχηματισμών σημαντικού πάχους και έκτασης οι οποίοι καταλαμβάνουν το πεδινό – λοφώδες κομμάτι της λεκάνης και φανερώνουν το παλαιοπεριβάλλον και την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής (Συρίδης,1990).



Σχήμα 7: Η λεκάνη του Ανθεμούντα (Ζερβοπούλου και Παυλίδης, 2005)

Στο πεδινό και στο παράκτιο μέρος της λεκάνης του Ανθεμούντα έχουν αποθεθεί ιζήματα πλειστοκαινικής και ολοκαινικής ηλικίας τα οποία αποτελούνται από τις εξής ομάδες (Συρίδης,1990):

- Ριπίδια προσχώσεων.



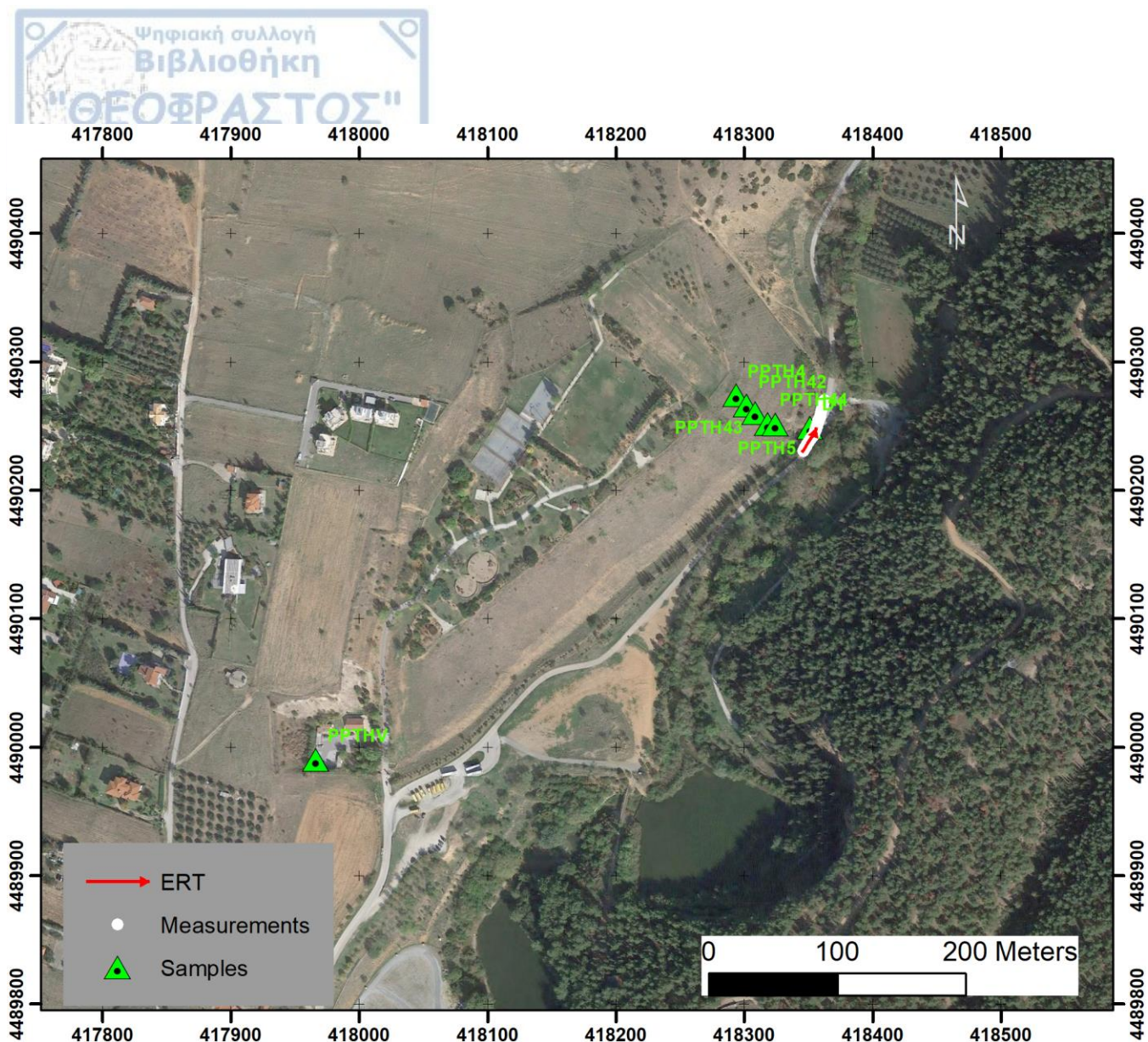
- Ποτάμιες αναβαθμίδες οι οποίες περιέχουν αδρομερή υλικά (κροκάλες, ψηφίδες).
- Τραβερτίνης. Είναι μικρής έκτασης, η απόθεσή του προήλθε από τη δράση των θερμών πηγών στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής και Σουρωτής.
- Πλευρικά κορήματα που περιέχουν υλικά των πετρωμάτων του υποβάθρου
- Παράκτιες αποθέσεις από τη δράση της θαλάσσιας διάβρωσης καθώς και θίνες.
- Προσχώσεις κοιλάδων οι οποίες απαντώνται στο κεντρικό κομμάτι της λεκάνης.

Αλλουβιακές αποθέσεις μικρής έκτασης αποτελούμενες από άμμους, κροκάλες, ψηφίδες.

3. Εργασίες Που Πραγματοποιήθηκαν

3.1 Εργασίες Υπαίθρου

Όσον αφορά τις εργασίες υπαίθρου οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν η ηλεκτρική τομογραφία με την εφαρμογή 2 διατάξεων, δίπολου δίπολου και πολλαπλής βαθμίδας. Η τομογραφία είχε συνολικό μήκος 23 μέτρα κατά μήκος της περιφράξης όπου υπάρχουν τα διασταλλάζοντα. Ακόμα πραγματοποιήθηκαν in situ μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας ,με τη χρήση ειδικού οργάνου Bartington , κατά μήκος της περιφράξης ανά 1 μέτρο. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε η περιοχή ακριβώς μπροστά στην είσοδο καθώς και τα 23 μέτρα νότια της εισόδου, αλλά και τα 21 μέτρα βόρεια αυτής. Τέλος συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους από την περιοχή με σκοπό την μελέτη τους στο εργαστήριο. Αναλυτικότερα τα δείγματα αυτά ήταν:



Σχήμα 8: Θέσεις δειγματοληψίας-μετρήσεων και κατεύθυνση της τομογραφίας

- **PPTHn** → Μητρικό πέτρωμα (κόκκινη άργιλος)
- **Τομή PPTH1**(PPTH 1.0 - PPTH 1.15) → Δείγματα εδάφους κατά μήκος της περίφραξης ανά 1 μέτρο. (Το PPTH 1.0 βρίσκεται ακριβώς έξω από την είσοδο και το PPTH 1.15 βρίσκεται 15 μέτρα ΝΔ κατά μήκος της περίφραξης.)
- **Τομή PPTH2** (PPTH 2.1 – PPTH 2.4) → Δείγματα εκτός περίφραξης , ανά 5 μέτρα , κατά μήκος της περίφραξης , αρχή: 5 μέτρα ΒΑ της εισόδου , τέλος: 20 μέτρα ΒΔ εισόδου.



Σχήμα 9: Περίφραξη πάρκου κατά μήκος της οποίας πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και λήφθηκαν τα δείγματα. Εντός της περίφραξης βρίσκονται τα διασταλλάζοντα.

- **Τομή PPT_h3** (PPT_h 3.1 – PPT_h 3.4) → Δείγματα εκτός εισόδου, ανά 5 μέτρα, κατά μήκος της περίφραξης, αρχή: 5 μέτρα ΝΑ από το PPT_h 1.15, τέλος: 20 μέτρα από το PPT_h 1.15.
- **Τομή PPT_h4** (PPT_h 4.1 – PPT_h 4.4) → Δείγματα ανά 10 μέτρα ανάντη των λυμάτων εντός της περίφραξης.
- **No1 – No4** → Δείγματα εντός της περίφραξης τα οποία έρχονται σε επαφή με τα λύματα



Σχήμα 10: In situ μετρήσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας.



Σχήμα 11: Λήψη εδαφικών δειγμάτων εντός της λεκάνης στην επαφή με τα διασταλλάζοντα. (Δείγματα Νο1-Νο4)



Σχήμα 12: Μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

[21]

3.2 Εργασίες Εργαστηρίου

Οι *in situ* μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας του εδάφους μπορούν να δώσουν ενδείξεις για την ύπαρξη ανωμαλιών, όμως οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι πολυσήμαντες, γι' αυτό η εργαστηριακή μέτρηση των δειγμάτων είναι απαραίτητη καθώς οι μετρήσεις αυτές είναι λιγότερο πιθανό να επηρεαστούν από παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων π.χ. στις *in situ* μετρήσεις είναι πολύ πιθανό με το όργανο κανείς να περάσει πάνω από κάποιο σημείο όπου θα υπάρχει θαμμένο κάποιο μεταλλικό αντικείμενο. Σαν αποτέλεσμα θα έχουμε μία αρκετά αυξημένη τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας, η οποία μπορεί να μας οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Επομένως πραγματοποιείται και η εργαστηριακή μέθοδος, ώστε να διασταυρωθούν τα αποτελέσματα των 2 μεθόδων. Στο εργαστήριο μεταφέρθηκαν τα δείγματα όπου παρέμειναν ανοιχτά για να ξηρανθούν, ώστε να μην έχουμε αλλοίωση των μετρήσεων. Στην συνέχεια διαχωρίστηκαν τα λεπτομερή από τα αδρομερή. Έπειτα, με τα λεπτομερή γεμίσαμε πλαστικά δοχεία διαστάσεων 2.5x2.5 cm με τα δείγματα.

3.3 Όργανα Που Χρησιμοποιήθηκαν

- Για την μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας **στην ύπαιθρο** χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας Bartington MS2D (Σχήμα 16), οποίος για την σωστή λειτουργία του συνδυάζεται με μια λαβή και έναν φορητό μετρητή. Ο ανιχνευτής MS2D είναι σχεδιασμένος για ταχεία εκτίμηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας του εδάφους στα πρώτα 100mm. Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό κλίσης καθώς και σε αρχαιολογικές μελέτες. Ζυγίζει περίπου 0,5 κιλό και οι συχνότητες στις οποίες λειτουργεί είναι τα 950Hz.



Σχήμα 13: Αισθητήρας Bartington MS2D

Ο αισθητήρας (Σχήμα 13) λειτουργεί μόνο σε συνδυασμό με την λαβή (Σχήμα 14), στην οποία βρίσκονται ενσωματωμένα τα ηλεκτρονικά του στοιχεία.



Σχήμα 14: Λαβή στην άκρη της οποίας τοποθετείται ο αισθητήρας

Ο φορητός μετρητής (Σχήμα 15) είναι απαραίτητος διότι στην τετραψήφια οθόνη αναγράφονται οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Τα κουμπιά ή ένας διακόπτης εναλλαγής χρησιμοποιούνται για μηδενισμό ή λήψη μετρήσεων.



Σχήμα 15: Μετρητής Bartington



Σχήμα 16: Ο αισθητήρας στο σύνολό του

- Για τις εργαστηριακές μετρήσεις χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα MS2B (Σχήμα 17). Αυτός ο αισθητήρας χρησιμοποιείται κυρίως για τη μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας του εδάφους και αναγνωρίζεται ως το τυπικό όργανο για τον χαρακτηρισμό των μαγνητικών ιδιοτήτων του εδάφους. Ο αισθητήρας δέχεται κυλινδρικές φιάλες των 10ml. Ο χώρος διπλής συχνότητας επιτρέπει την ταυτοποίηση υπερπαραμαγνητικών κόκκων, γεγονός που βοηθά στον χαρακτηρισμό των διαδικασιών που επηρεάζουν το δείγμα.



Σχήμα 17: Αισθητήρας MS2B

4.Αποτελέσματα-Ερμηνεία Μετρήσεων

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) εμφανίζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων της μαγνητικής επιδεκτικότητας των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από την ύπαιθρο. Η μαγνητική επιδεκτικότητα μετρήθηκε σε 2 συχνότητες, χαμηλή (0.47kHz) και υψηλή (4.7 kHz). Το κάθε δείγμα μετρήθηκε τουλάχιστον 3 φορές σε κάθε συχνότητα, και ο μέσος όρος όλων των μετρήσεων θεωρήθηκε η τελική τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας του δείγματος, διασφαλίζοντας έτσι την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Sample	Weight	LF Sus	HF Sus	Freq.Dep.%
No1	12,26	95,1	94,6	0,53
No2	11,08	294	292,9	0,37
No3	12,32	114,3	112,6	1,49
No4	11,99	104,6	102,3	2,2
PPTH1.0	11,62	85,4	84	1,64
PPTH1.1	9,81	79,5	78,7	1,01
PPTH1.2	8,92	73,4	72,5	1,23
PPTH1.3	8,2	70	69,4	0,86
PPTH1.4	8,26	59,6	58,9	1,17
PPTH1.5	10,08	81,3	80,2	1,35
PPTH1.6	9,31	77,6	77,2	0,52
PPTH1.7	10,11	84,2	82,4	2,14
PPTH1.8	9,57	79,3	79	0,38
PPTH1.9	8,85	79,4	78	1,76
PPTH1.10	9,88	83,2	83,2	0
PPTH1.11	10,2	85,5	82,7	3,27
PPTH1.12	10,65	86	84,6	1,63
PPTH1.13	10,84	83,2	80,7	3
PPTH1.14	10,2	83,5	82,9	0,72
PPTH1.15	11,07	84,8	83,3	1,77
PPTH2.1	10,78	84,6	84	0,71
PPTH2.2	10,8	88,5	87,5	1,13
PPTH2.3	10,82	87,3	85,6	1,95
PPTH2.4	11,43	92,7	89,7	3,24
PPTH3.1	11,19	89,3	87,3	2,24
PPTH3.2	9,73	89,1	88,2	1,01
PPTH3.3	10,4	107	106,7	0,28
PPTH3.4	9,95	88,8	87,1	1,91
PPTH4.1	11,01	67,8	62,2	8,26
PPTH4.2	10,89	89,8	87,5	2,56
PPTH4.3	11,68	95,4	92,1	3,46
PPTH4.4	11,04	92,2	90,9	1,41
PPTH4.5	10,18	78,9	78,8	0,13
PPTHV	13,09	66,4	62,4	6,02

Πίνακας 1: Αποτελέσματα Εργαστηριακών Μετρήσεων



Παρατηρούμε στον Πίνακα 1 πως οι μεγαλύτερες τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας εμφανίζονται στα δείγματα Νο1, Νο2, Νο3 και Νο4. Οι θέσεις των δειγμάτων αυτών ήταν στο εσωτερικό της περίφραξης όπου ήταν σε επαφή με τα διασταλλάζοντα, γεγονός που δικαιολογεί την πολύ αυξημένη τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Το δείγμα μητρικού εδάφους (PPTHV) εμφανίζει μία σχετικά μέση τιμή μαγνητικής επιδεκτικότητας, η οποία είναι χαμηλότερη από τα σημεία εκείνα στα οποία υπάρχει η υποψία της επιμόλυνσης του εδάφους. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας στην ύπαιθρο, μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ανά 1 μέτρο με το σημείο 0 να αντιστοιχεί στο βορειοανατολικότερο σημείο κατά μήκος της περίφραξης και το σημείο 41 να αντιστοιχεί στο νοτιοδυτικότερο σημείο κατά μήκος της περίφραξης. Για κάθε μέτρο πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις, επομένως στον πίνακα καταγράφεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων αυτών.



Απόσταση

0m

1m

2m

3m

4m

5m

6m

7m

8m

9m

10m

11m

12m

13m

14m

15m

16m

17m

18m

19m

20m

21m

22m

23m

24m

25m

26m

27m

28m

29m

30m

31m

32m

33m

34m

35m

36m

37m

38m

39m

40m

41m

Μαγνητική Επιδεκτικότητα in situ Μετρήσεων

56,6

59,25

56,5

50

48,5

55,6

57,6

52,6

51,3

49

48,5

35,4

38,6

30,5

17,8

22

9,25

24,6

27,5

21

34,3

67,7

35,3

33,5

30,5

31,8

41

45,5

43,7

48,8

45,5

42,8

49

40

41,2

35

43,7

48,8

43,5

41,7

47

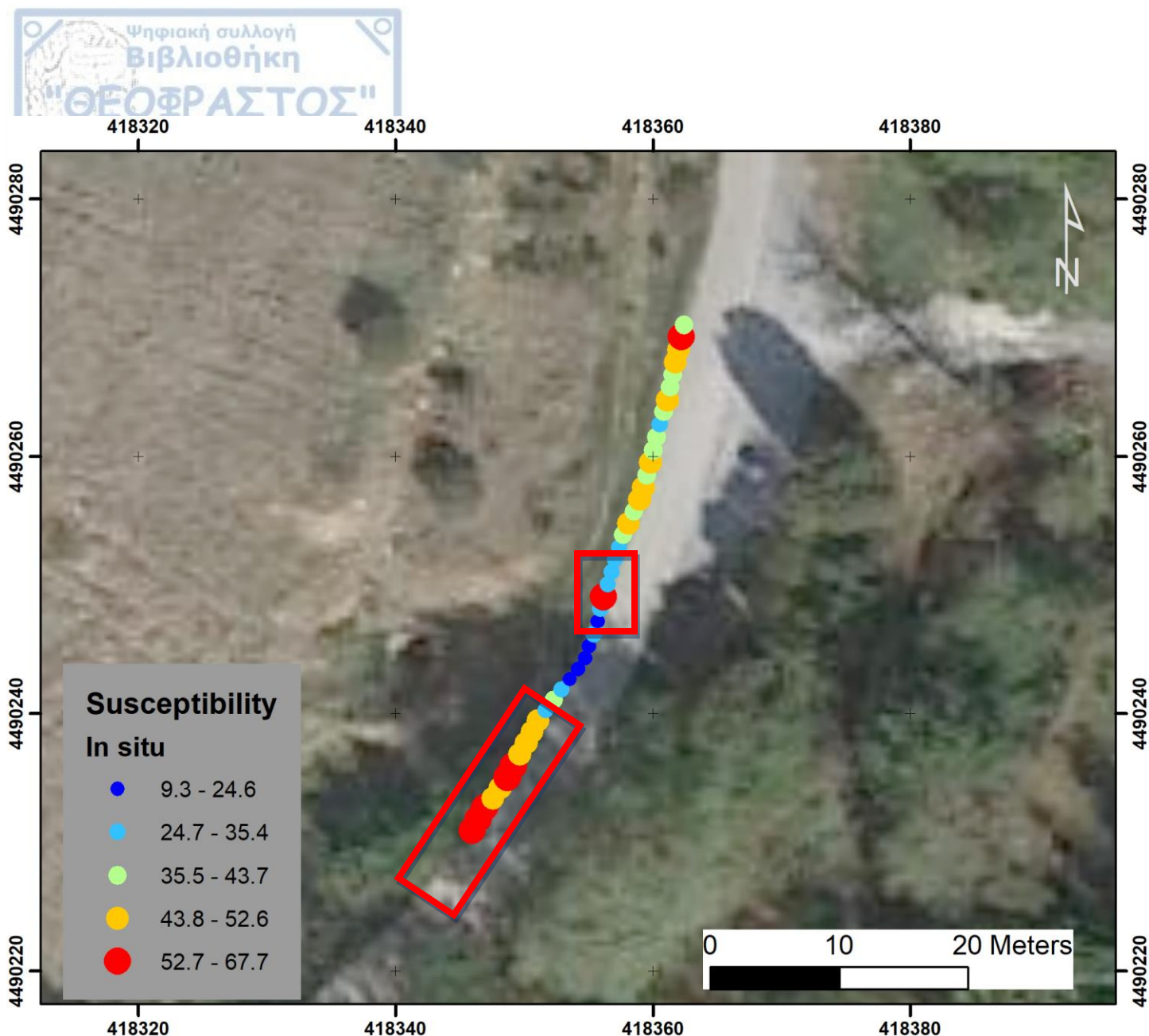
46,7

Πίνακας 2: Μ.Ο. μαγνητικής επιδεκτικότητας in situ μετρήσεων ανά μέτρο κατά μήκος της περίφραξης.



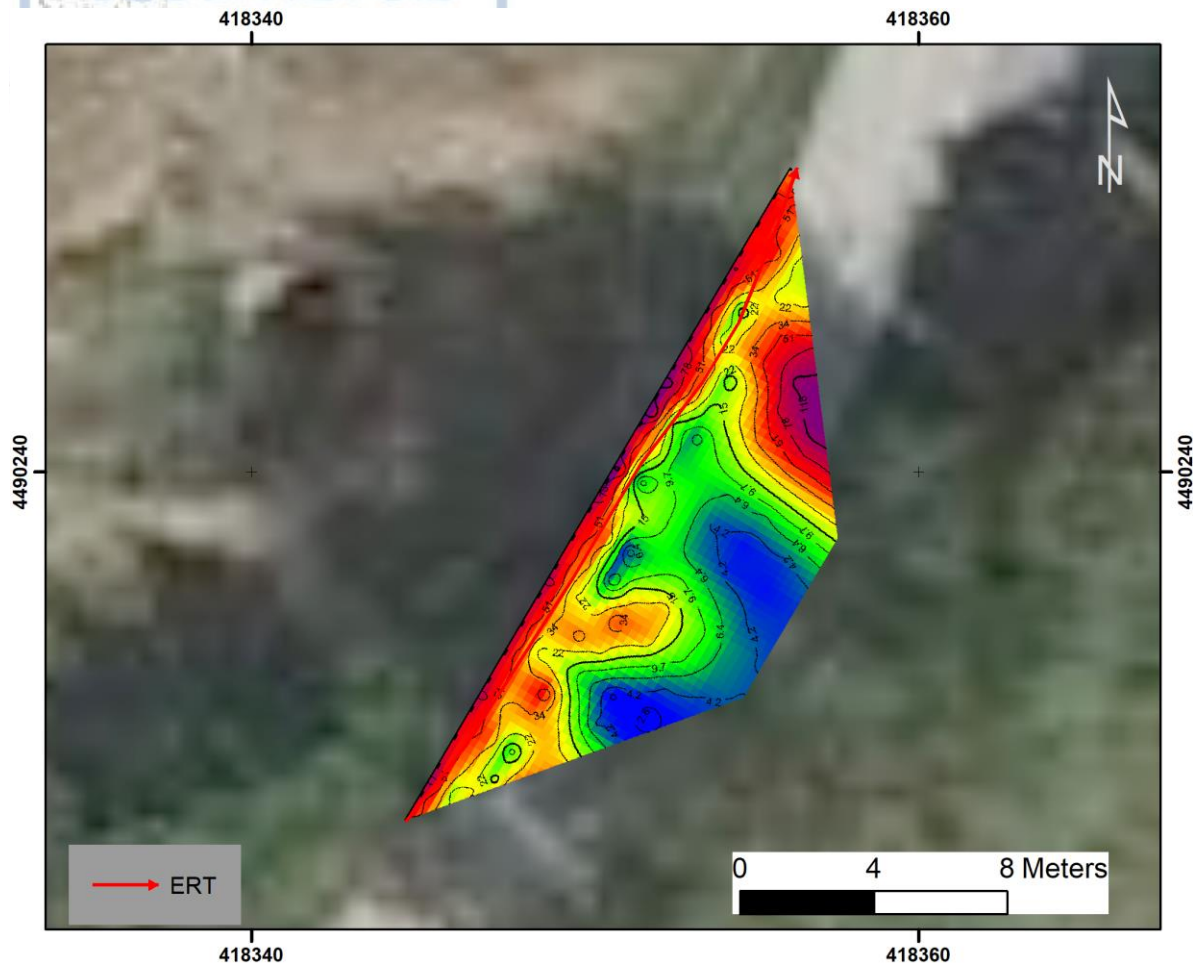
Σχήμα 18: Σχεδιάγραμμα με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 2.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα και όπως αυτά απεικονίζονται στο Σχήμα 18, παρατηρούμε ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα της περιοχής παρουσιάζει απότομη αύξηση στην περιοχή από τα 19m έως τα 22m (κόκκινο πλαίσιο στο Σχήμα 18). Οι τιμές αυτές ,στον χάρτη ,αντιστοιχούν στην περιοχή ακριβώς μπροστά από την είσοδο της περίφραξης όπου υπάρχει η συγκέντρωση των λυμάτων. Οι μετρήσεις αυτές αποτελούν μία πρώτη προσέγγιση για το πόσο έχει επιμολυνθεί η περιοχή από τα λύματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανωμαλία τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων από τα διασταλλάζοντα υγρά των απορριμμάτων της περιοχής.



Σχήμα 19: Αποτελέσματα in situ μετρήσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας σε σχέση με την περιοχή μελέτης.

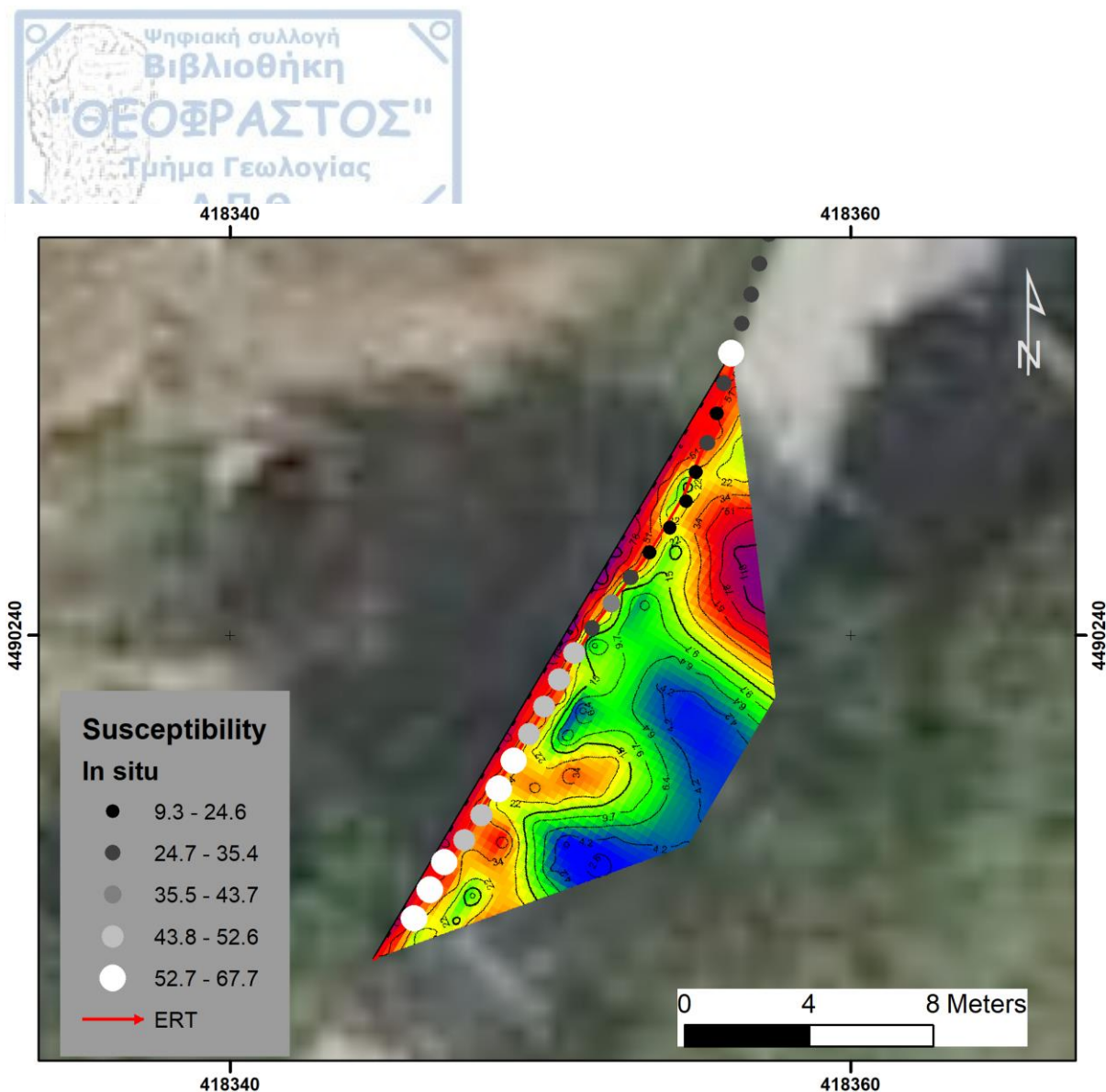
Όπως παρατηρούμε και στο Σχήμα 19, οι μέγιστες τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας εμφανίζονται ακριβώς μπροστά από την είσοδο της περίφραξης όπου βρίσκονται τα διασταλλάζοντα υγρά, καθώς και στο μέτωπο της περίφραξης ακριβώς μπροστά από τα λιμνάζοντα υγρά (κόκκινα πλαίσια Σχήματος 19). Αυτό μας οδήγησε στην πραγματοποίηση ERT μετρήσεων (Electrical Resistivity Tomography), ώστε να δούμε αν συσχετίζονται τα αποτελέσματα των ηλεκτρικών μετρήσεων με τις μαγνητικές και αν τυχόν μπορεί να βγει κάποιο συμπέρασμα για την περιοχή. Τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής τομογραφίας δίνονται στο παρακάτω Σχήμα (Σχήμα 20).



Σχήμα 20: Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας

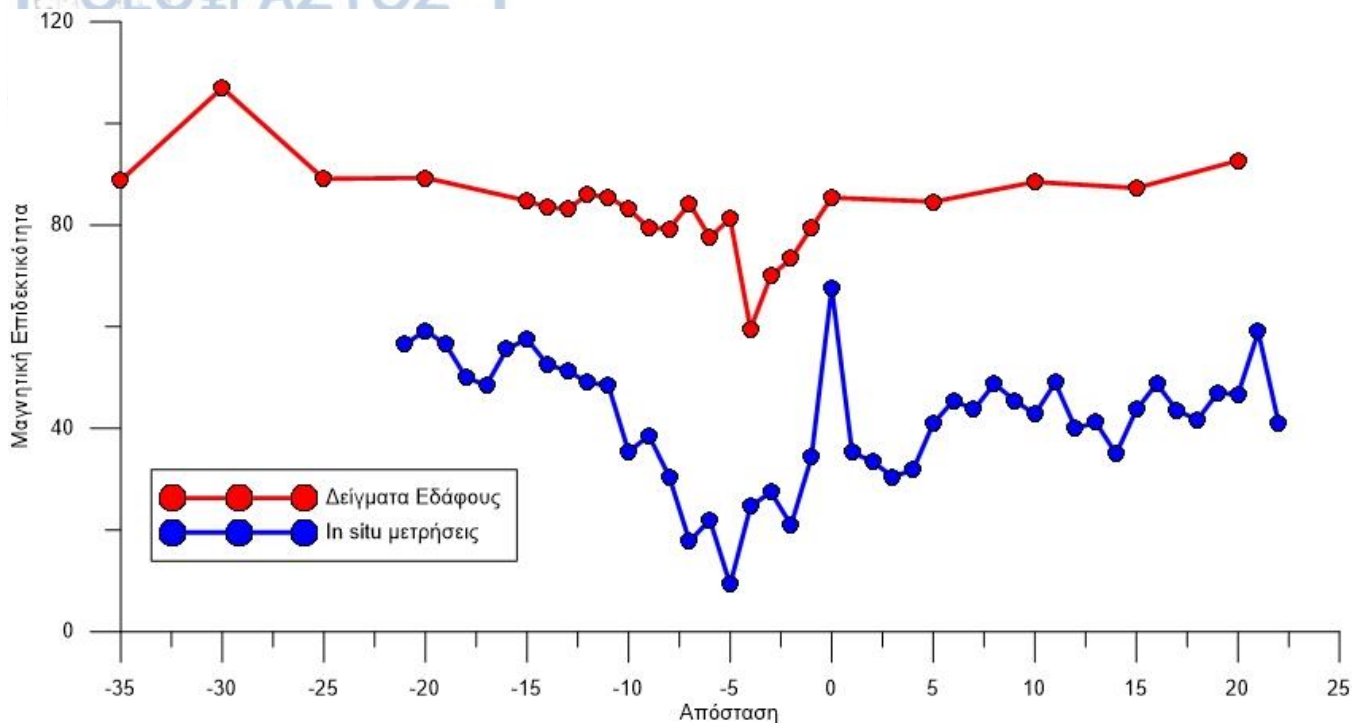
Τα θερμά χρώματα αντιπροσωπεύουν υψηλές τιμές αντίστασης, ενώ τα ψυχρά χαμηλές.

Το βορειότερο σημείο της τομογραφίας βρίσκεται μπροστά στην είσοδο της περίφραξης, ενώ το νοτιότερο βρίσκεται 23 μέτρα νοτιοδυτικά κατά μήκος της περίφραξης. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε είναι η λογαριθμική, ώστε να διακρίνονται καθαρά οι διακυμάνσεις της ηλεκτρικής αντίστασης που παρουσιάζουν τα πετρώματα. Το βάθος της τομογραφίας φτάνει τα 7 μέτρα περίπου. Παρατηρούμε ότι στα ΒΑ υπάρχουν μεγάλες αντιστάσεις, οι οποίες είναι πολύ πιθανό να οφείλονται σε κροκάλες, ενώ όσο προχωράμε ΝΑ παρατηρούμε πως κάτω από το επιφανειακό στρώμα όπου έχουμε μεγάλες τιμές αντίστασης, οι αντιστάσεις μειώνονται και στο βάθος των 3 μέτρων και βαθύτερα έχουμε πολύ πιο μικρές τιμές, οι οποίες οφείλονται στον εμποτισμό αυτών των πετρωμάτων με διασταλλάζοντα, τα οποία έχουν διαφύγει με την υπόγεια κίνηση του νερού.



Σχήμα 21: Συσχετισμός μαγνητικών-ηλεκτρικών μετρήσεων.

Στο Σχήμα 21 έχουν χαρτογραφηθεί μαζί τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής τομογραφίας με τις in situ μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Παρατηρούμε λοιπόν πως υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των μετρήσεων ηλεκτρικής αντίστασης και μαγνητικής επιδεκτικότητας καθώς τα σημεία που παρουσιάζουν μικρές τιμές αντίστασης εμφανίζουν μεγάλες τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την διαφυγή νερού στα βαθύτερα στρώματα το οποίο είναι πιθανά εμπλουτισμένο με βαρέα μέταλλα, τα οποία προέρχονται από τα καλυμμένα απορρίμματα της περιοχής και, είναι υπεύθυνα για την αύξηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

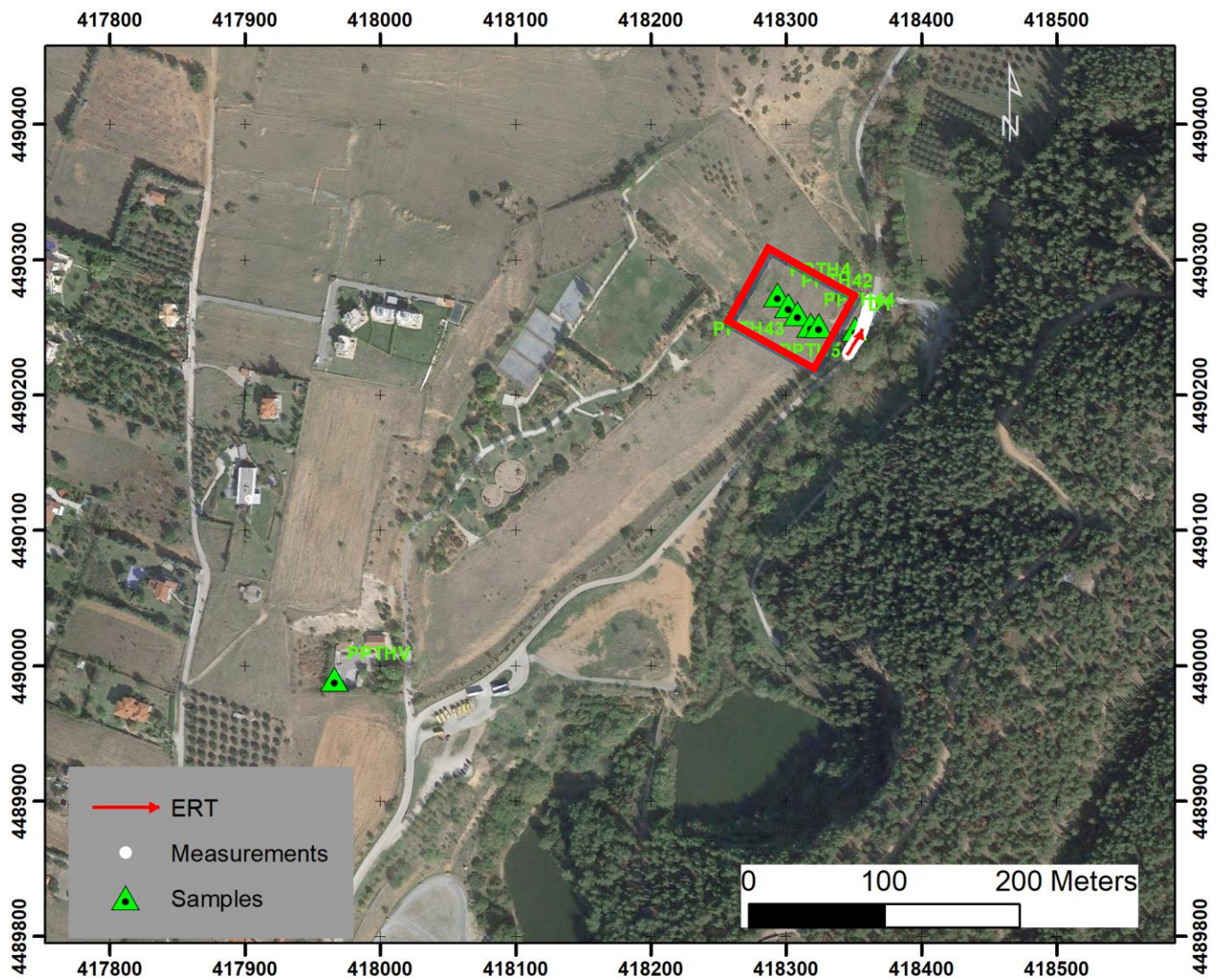


Σχήμα 22: Εργαστηριακή ανάλυση μαγνητικής επιδεκτικότητας δειγμάτων (Κόκκινη γραμμή)-Διάγραμμα in situ μετρήσεων (Μπλε γραμμή)

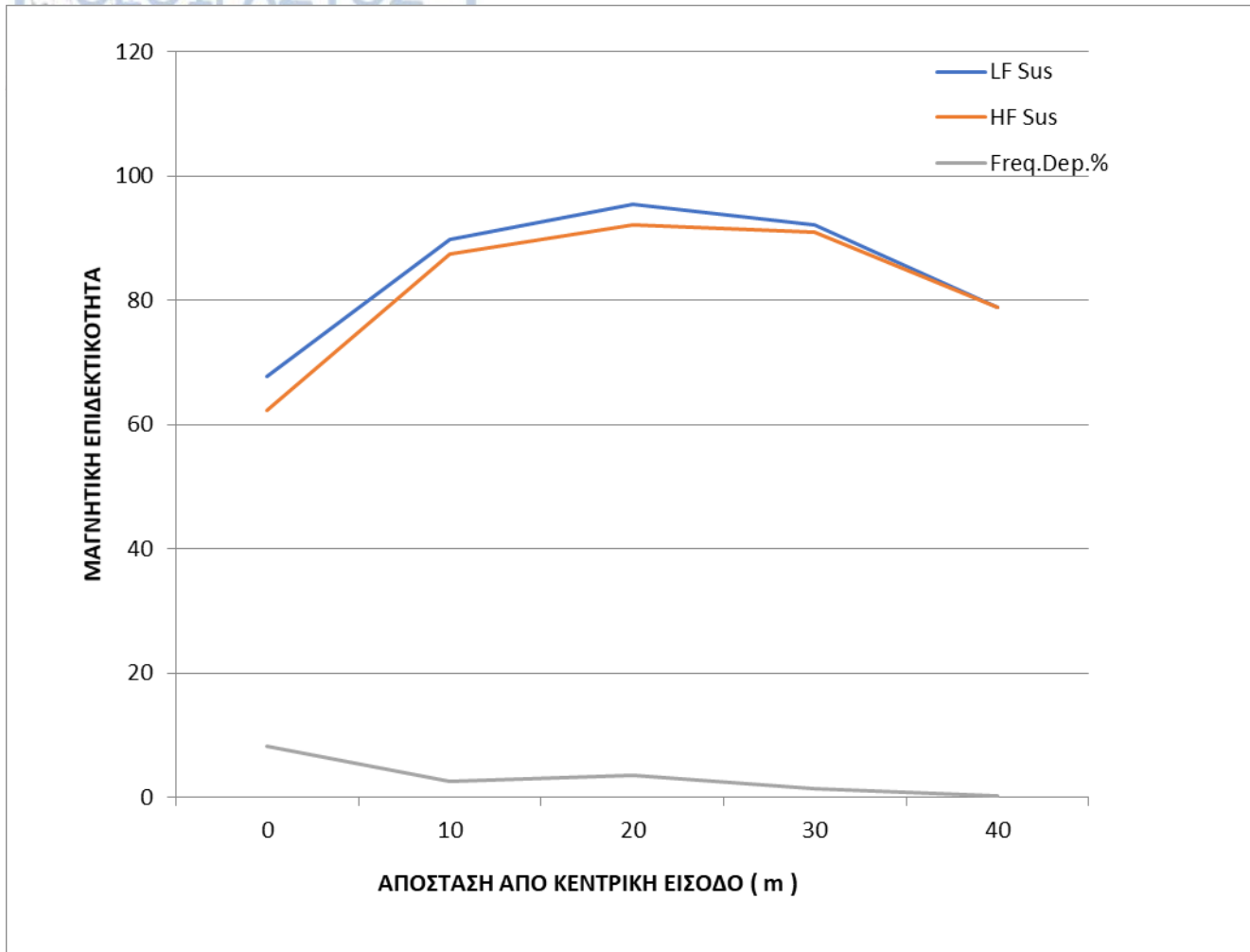
Στο Σχήμα 22 ορίστηκε ως σημείο 0 η είσοδος της περίφραξης. Οι αρνητικές τιμές της απόστασης αντιστοιχούν σε σημεία ΝΔ κατά μήκος της περίφραξης, ενώ οι θετικές σε σημεία ΒΑ. Οι θέσεις δειγματοληψίας και in situ μετρήσεων επικαλύπτονται, επομένως προτιμήθηκε να γίνει η αντιπαραβολή των 2 διαγραμμάτων, ώστε να δούμε αν υπάρχει συμφωνία μεταξύ των τιμών που μετρήθηκαν.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από την εργαστηριακή ανάλυση της επιδεκτικότητας των δειγμάτων (Σχήμα 22-Κόκκινη Γραμμή), αυτή αρχίζει να αυξάνεται μετά το 4^ο μέτρο της εισόδου με κατεύθυνση προς τα ΝΔ, όπως ακριβώς θα έπρεπε να συμβαίνει σύμφωνα και με την τομογραφία. Επομένως, οι εργαστηριακές μετρήσεις της επιδεκτικότητας (Κόκκινη Γραμμή), επαληθεύουν την αρχική υπόθεση ότι τα βαθύτερα στρώματα έχουν επιμολυνθεί. Επίσης αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε από το Σχήμα 22, είναι πως υπάρχει μία σχετική συμφωνία μεταξύ των 2 διαγραμμάτων, δηλαδή μερικά μέτρα πριν την είσοδο, στις αρνητικές τιμές της απόστασης, έχουμε μία πτώση της μαγνητικής επιδεκτικότητας και στα 2 διαγράμματα, ενώ μετά την είσοδο (θετικές τιμές της απόστασης) υπάρχει μία σχετική άνοδος των τιμών.

Ακόμα έγινε η μέτρηση των δειγμάτων ανάντη της περίφραξης (Τομή PPT_h 4, κόκκινο πλαίσιο του Σχήματος 23) και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων φαίνονται στο Σχήμα 24. Παρατηρούμε ότι το πιο απομακρυσμένο δείγμα ανάντη της περιοχής των διασταλλαζόντων παρουσιάζει την μικρότερη τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας ($\sim 67 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$) αντίστοιχο με την τιμή του μητρικού εδάφους. Αντίθετα τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας, γεγονός που υποδηλώνει πως και ο εδαφικός ορίζοντας ανάντη της περιοχής όπου εκρέουν τα διασταλλάζοντα (εντός της περίφραξης) έχει εμποτιστεί.



Σχήμα 13: Θέσεις δειγμάτων τομής PPT_h4



Σχήμα 24: Μαγνητική επιδεκτικότητα ανάντη της περίφραξης (Τομή PPT_h4). Η πρώτη μέτρηση βρίσκεται στο σημείο PPT_h4, 40 μέτρα ανάντη του δρόμου, και η τελευταία ακριβώς πάνω από τα λύματα.

5.Συμπεράσματα-Αύσεις

Το συμπέρασμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι πως τα απορρίμματα από τον χώρο της μελέτης επηρεάζουν τα επιφανειακά στρώματα εδάφους μέσω της άμεσης επαφής των διασταλλαζόντων υγρών με αυτά, αλλά επηρεάζουν και τα κατώτερα στρώματα μέσω της κατείσδυσης των υγρών αυτών, σύμφωνα με τις αυξημένες τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας και του προφίλ της ηλεκτρικής τομογραφίας. Ακόμα επηρεάζεται ο υδροφόρος ορίζοντας λόγω της εκφόρτισης των υγρών αυτών. Επομένως

κρίνεται απαραίτητη η χημική ανάλυση του νερού, ώστε να εξακριβωθεί ο βαθμός επιμόλυνσης του. Γενικά οι λύσεις οι οποίες προτείνονται είναι (Bausback,2016):

- Βιολογική επεξεργασία. Αυτό είναι συνήθως το πρώτο βήμα για την επεξεργασία των αποβλήτων υγειονομικής ταφής. Περιλαμβάνει τη χρήση πολλών διαφορετικών φίλτρων για την απομάκρυνση αζώτου και άλλων βιολογικών ενώσεων από τα λύματα.
- Χημικές-Φυσικές διεργασίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες υγρής οξείδωσης εάν είναι δυνατόν να οξειδωθούν οργανικές ενώσεις. Αυτό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, διαδικασίες προσρόφησης ενεργού άνθρακα, καθίζηση, κροκίδωση και ανταλλαγή ιόντων.
- Περεταίρω διερεύνηση της συνέχειας του επιφανειακού υδροφόρου και η πιθανή σχέση του με το παρακείμενο ρέμα που καταλήγει στη λίμνη, η οποία βρίσκεται σε μικρή σχετικά απόσταση



6.Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος Ι., *Γεωφυσική*, Ανακτήθηκε στις 7/10/2021 από

<http://users.uoa.gr/~jalexopoulos/geomagnetismos.pdf?fbclid=IwAR00BnFGsN8upxSTPFGYj1>

Δήμος Θέρμης, 2021. Ανακτήθηκε στις 2/09/2021 από

https://perithessalonikis.com/el/portfolio/%CF%86%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1-%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B7%CF%82/EK6s1r8D0feNffYvhriGpfJk7q_PG7rDjoqYo

Ζερβοπούλου Α., Συρίδης Σ., 2005. *Μορφοτεκτονική Μελέτη της Ευρύτερης Περιοχής Θεσ/νίκης για την Χαρτογράφηση Νεοτεκτονικών Ρηγμάτων*. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVIII.

ΚΕΔΕ, 2013. Ανακτήθηκε στις 14/10/2021 από

<https://kede.gr/thermi-stin-teliki-eftheia-to-ergo-apokatastasis-tis-chomateris-ton-tagaradon/>

Παπαζάχος Β., 1985. *Εισαγωγή στην εφαρμοσμένη Γεωφυσική*, Εκδόσεις Ζήτη, σελ. 208-209, 229-231

Συρίδης Γ., 1990 *Λιθοστρωματογραφική, Βιοστρωματογραφική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Υδροφίλη Α.Ε. Ανακτήθηκε στις 14/10/2021 από

<https://www.ydrofili.gr/1554E7A3.el.aspx>

Φίκος Η., 2010. *Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στην λεκάνη Ανθεμούντα*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

Bartington Instruments Manual, MS2/MS3 Magnetic Susceptibility System.

Brian Bausback., 2016. *The 3 Most Common Landfill Problems and Solutions*. Retrieved from https://www.hcr-llc.com/blog/the-3-most-common-landfill-problems-solutions?fbclid=IwAR3e_5MArq2ogJqx1HEtVP5TZG_951FT8IWtBBEfrMP_M6ILoS_QDfAIWdf0

C. Prezzi, Maria Julia Orgeira, Hector Ostera, Carlos Alberto Vasquez., 2005. *Ground magnetic survey of a municipal solid waste landfill: Pilot study in Argentina*. DOI: [10.1007/s00254-004-1198-6](https://doi.org/10.1007/s00254-004-1198-6)

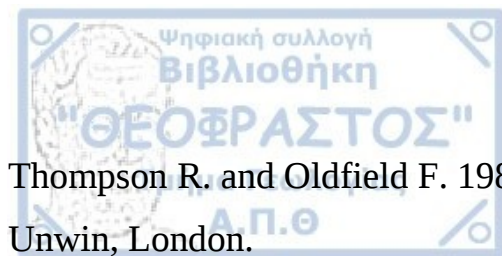
Dobrin M., 1976. *Introduction to Geophysical Prospecting*, New York, McGraw Hill Book Comp. Inc.

Hrouda F., Chlupacova M., Chadima M., 2009. *The Use of Magnetic Susceptibility of Rocks in Geological Exploration*. Retrieved from <https://www.geomatrix.co.uk/cms/resources/downloads/the-use-of-magnetic-susceptibility-of-rocks-in-geological-exploration-v1-1.pdf?fbclid=IwAR3S5sYvJsbaJoXrTL8mh-iSOIW7w5OR5VZZV1DI8oVX-VWLL8jOD80xBBA>

Kusza G., Hulisz P., Łęczyński L., Michalski A., Dąbrowski M., Kłostowska Z., 2018. *Application of Magnetic Susceptibility Measurements for Identification of Technogenic Horizons in Soil Profiles on the Example of the Vistula River Cross-Cut Area*. DOI: [10.1007/978-3-319-60213-4_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60213-4_5)

Potter, D. K., 2004. *Magnetic susceptibility as a rapid petrophysical tool for a permeability prediction*. EAGE 66th Conference and Technical Exhibition, Paris, 7-10 June 2004.

Salim Algadafi Ali Imhmed., 2012. *APPLICATION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY MEASUREMENTS TO OILFIELD SCALE MANAGEMENT*. Doctor of Philosophy Thesis in petroleum engineering, Herriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, UK.



Thompson R. and Oldfield F. 1986. *ENVIRONMENTAL MAGNETISM*, Allen and Unwin, London.