

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ  
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ  
ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΔΑΜΙΑΝΟΒΙΤΣ ΟΥΡΑΝΙΑ  
ΔΡΟΥΛΙΑ ΚΑΣΣΙΑΝΗ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**



Υπεύθυνη Πτυχιακής Εργασίας  
Δρ. ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΕΛΕΝΗ

XANIA 2007

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ  
ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ  
ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΔΑΜΙΑΝΟΒΙΤΣ ΟΥΡΑΝΙΑ  
ΔΡΟΥΛΙΑ ΚΑΣΣΙΑΝΗ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

**Υπεύθυνη Πτυχιακής Εργασίας  
Δρ. ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΕΛΕΝΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**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, Διορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος και ιδιαίτερα στον Δρ. Σαρρή Α., για την υποστήριξη που μας προσέφερε στη διάρκεια της προσπάθειας μας και ιδιαίτερα κατά την φάση των αναλύσεων μαγνητικής επιδεκτικότητας. Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Δρ. Κούλη Μ. για την βοήθεια που μας έδωσε σε θέματα σχετικά με GIS. Οι αναλύσεις βαρέων μετάλλων έγιναν στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών και Υγρών Αποβλήτων του τμήματος Φυτικής παραγωγής του ΤΕΙ Κρήτης με την βοήθεια του Δρ. Μανιού Θρασύβουλου, το οποίο ευχαριστούμε ιδιαίτερα.

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

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**Περίληψη**

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη των περιβαλλοντικών συνθηκών στην λεκάνη της Μεγαλόπολης, όπου βρίσκεται ένα από τα μεγαλύτερα λιγνιτικά πεδία της Ελλάδας. Στα πλαίσια αυτά έγιναν δειγματοληψίες τον Νοέμβριο 2005 από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους και στην συνέχεια αναλύσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας και προσδιορισμός βαρέων μετάλλων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων απεικονίστηκαν με την βοήθεια του GIS.

Μερικά ενδιαφέροντα αποτέλεσματα εξάγονται για την σχέση βαρέων μετάλλων και μαγνητικής επιδεκτικότητας και για την κατανομή τους στην λεκάνη της Μεγαλόπολης.

**Abstract**

Main purpose of the present study is to investigate the suitability of magnetic susceptibility measurements as a pollution monitoring tool and indicating heavy metal transmission factors in an area around a major local source – lignite burning power plant. Surface soil samples have been collected in the wide area of the power plant in Megalopoli (Peloponnesos, Greece). The magnetic susceptibility of the surface soils was first estimated and mapped. High values of magnetic susceptibility in specific direction of the study area gave rise to further analyze the soil samples for heavy metal concentrations. GIS techniques were used for mapping the magnetic susceptibility measurements and Zn-Cu distribution.

Finally the relation between the topographic relief-drainage network and the high concentrations of heavy metals was examined and some interested conclusions are outlined.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....</b>	<b>7</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	7
1.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	9
1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	13
1.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	13
1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....</b>	<b>19</b>
2.1 Η ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	19
2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	21
2.3 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ .....	22
2.5 ΤΟ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	26
2.6 Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΟ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ, ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ .....</b>	<b>35</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	35
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΛΙΟΤΗΤΕΣ .....	36
3.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ (MAGNETIC HYSTERESIS) .....	36
3.4 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (MAGNETIC SUSCEPTIBILITY) .....	39
3.5 ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	41
3.6 ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	41
3.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ .....	43
3.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΟ MS2 ΤΗΣ BARTINGTON.....	44
3.9 ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ .....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....</b>	<b>48</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	48
4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΑΝ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	48
4.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ .....	49
4.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ .....</b>	<b>55</b>
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	55
5.2 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ .....	Error! Bookmark not defined.
5.3 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ .....	Error! Bookmark not defined.
5.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ GIS .....	56

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

<i>4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ .....</i>	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>70</b>
<i>6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</i>	70
<i>6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ .....</i>	70
<i>6.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</i>	71
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</i>	72
<i>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ .....</i>	76
<i>ΧΑΡΤΕΣ .....</i>	80

# **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

### **1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά γεωγραφικά, γεωμορφολογικά, κλιματολογικά, περιβαλλοντικά και ιστορικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης. Στόχος είναι να προκύψει μια συνοπτική αλλά ολοκληρωμένη εικόνα για την εξεταζόμενη περιοχή.

### **1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου και συγκεκριμένα στο νοτιοδυτικό άκρο του Νομού Αρκαδίας. Περιορίζεται από τα βουνά Μαίναλο, Λύκαιο και Ταΰγετο και περικλείεται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες ( $37^{\circ}29' - 37^{\circ} 18'$ ) βόρειο πλάτος και ( $22^{\circ}03' - 22^{\circ}12'$ ) ανατολικό μήκος από Greenwich. Ο μεγαλύτερος άξονας της λεκάνης έχει προσανατολισμό BBA-NNA με μήκος 18km και ο μικρότερος, ABA-ΔΝΔ και μήκος περίπου 10km. Η συνολική επιφάνεια της λεκάνης είναι μεγαλύτερη από 180Km<sup>2</sup>. Το μέσο υψόμετρο του εσωτερικού της βρίσκεται στα +410m α.σ.θ., και η διαφορά ως προς τα γύρω υψώματα είναι 200-400m. Τα λιγνιτικά πεδία καταλαμβάνουν σημαντική έκταση, της τάξης των 40.000 στρεμμάτων.

Η Μεγαλόπολη απέχει 200Km από την Αθήνα και 35 Km από την Τρίπολη, πάνω στο νέο αυτοκινητόδρομο προς Καλαμάτα. Η επαρχία περιλαμβάνει 2 Δήμους και 43 Κοινότητες. Πρωτεύουσα και κέντρο της Επαρχίας είναι η ομώνυμη πόλη της Μεγαλόπολης. Ο Δήμος Μεγαλόπολης έχει σήμερα 8657 εγγεγραμμένους κατοίκους και προήλθε από την συνένωση 30 κοινοτήτων και 9 οικισμών.

Δημοτικά Διαμερίσματα & Πληθυσμός

(με την απογραφή 2001)

1. Δ.Δ. Ανθοχωρίου ..... 78
2. Δ.Δ. Άνω Καρυών ..... 106
3. Δ.Δ. Βάγγου ..... 106
4. Δ.Δ. Βάστα ..... 147
5. Δ.Δ. Γέφυρας ..... 49
6. Δ.Δ. Θωκνίας ..... 49

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

7. Δ.Δ. Ίσαρη .....	263
8. Δ.Δ. Ισώματος Καρυών .....	115
9. Δ.Δ. Καράτουλα .....	.82
10. Δ.Δ. Καστανοχωρίου .....	99
11. Δ.Δ. Κάτω Καρυών .....	51
12. Δ.Δ. Λυκαίου .....	100
13. Δ.Δ. Λυκόσουρας .....	94
14. Δ.Δ. Λυκοχίων .....	146
15. Δ.Δ. Μακρυσίου .....	172
16. Δ.Δ. Μαλλωτών .....	73
17. Δ.Δ. Μαραθούσα .....	56
18. Δ.Δ. Μεγαλόπολης .....	5135
19. Δ.Δ. Νέας Εκκλησιούλας .....	73
20. Δ.Δ. Νεοχωρίου Λυκόσουρας ..	80
21. Δ.Δ. Παραδείσιων .....	339
22. Δ.Δ. Περιβολιών .....	128
23. Δ.Δ. Πλάκας .....	.47
24. Δ.Δ. Ραψωμμάτη .....	.97
25. Δ.Δ. Σουλίου .....	115
26. Δ.Δ. Σουύλου .....	.32
27. Δ.Δ. Τριλόφου .....	.71
28. Δ.Δ. Τριποτάμου .....	85
29. Δ.Δ. Χιράδων .....	186
30. Δ.Δ. Χράνων .....	.331
31. Δ.Δ. Χωρέμη .....	.152

**ΟΙΚΙΣΜΟΙ**

1. Απιδίτσα
2. Βρυσούλες
3. Δερβένι
4. Ορέστειο
5. Παλαιομοίρι
6. Πετροβούνι
7. Φαναΐτη

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

### **8. Χρούσα**

#### **ΣΥΝΟΛΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ 8657**

#### **1.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η Μεγαλόπολη είναι κτισμένη σε υψόμετρο 428m στη θέση του παλιού χωριού Σινάνου και αποτελεί κέντρο ευρείας αγροτικής περιφέρειας πεδινής και ορεινής. Απέχει 1,5km νότια από τα ερείπια της ιστορικής Μεγαλόπολης (222 π.χ.) όπου και τα λείψανα του μεγαλύτερου θεάτρου της αρχαιότητας. Συγκοινωνιακά εξυπηρετείται από την Εθνικό οδό Αθήνας-Καλαμάτας και σιδηροδρομική γραμμή. Απέχει οδικά 231 km από Αθήνα και 74 km από Καλαμάτα, αποτελεί επίσης συγκοινωνιακό κόμβο των νομών Αρκαδίας, Ηλείας, Μεσσηνίας και Λακωνίας.

Μορφολογικά η περιοχή (σχ 1.1) παρουσιάζει εικόνα κλειστής λεκάνης που περιβάλλεται από ορεινούς όγκους. Η μοναδική έξοδος βρίσκεται κοντά στα στενά Καρύταινας, που αποτελούν και το χαμηλότερο τμήμα της λεκάνης.

Στο εσωτερικό της λεκάνης δεν συγκεντρώνονται στάσιμα νερά. Ο ποταμός Αλφειός με τους παραποτάμους του αποστραγγίζει φυσικά τη λεκάνη, δια μέσου του στενού ασβεστολιθικού φαραγγιού στη ΒΔ γωνία της λεκάνης, κοντά στην Καρύταινα.

Η θέση του Αλφειού στη λεκάνη είναι ασύμμετρη ως προς τις πλευρές της, επειδή καθώς ο ποταμός ρέει προς βορρά, απέχει περίπου 2km από τη δυτική παρυφή και 8km από την ανατολική παρυφή της λεκάνης. Το τμήμα του Αλφειού εντός της λεκάνης αποτελεί τον άνω ρουν του ποταμού, που ρέει όλο το χρόνο χειμαρρωδώς. Οι μεγαλύτεροι παραπόταμοι του Αλφειού μέσα στη λεκάνη είναι ο Ξερίλας, ο Γουδάνης και ο Ελυσσώνας. Η αρχή του Αλφειού στη ΝΑ γωνία της λεκάνης, ανατολικά του υψώματος Λεονταρίου (Ρέμα Κουτηφάραινας) βρίσκεται σε υψόμετρο 383 m, ενώ η έξοδος του κοντά στην Καρύταινα στα 322m.

Το ύψωμα που κλείνει τη λεκάνη στην παραπάνω ΝΑ γωνία της αποτελεί και το υδροδιαχωριστικό όριο δύο αντιθέτων ροής ποταμών, του Αλφειού και του Ευρώτα, φθάνει δε αυτό στο χαμηλό υψόμετρο των 483m και έτσι είναι λίγο ψηλότερα από τα εσωτερικά υψώματα της λεκάνης.

Το εσωτερικό της λεκάνης αποτελείται από χαλαρά γενικά πετρώματα του Πλειστόκαινου περισσότερο και μερικώς και του Πλειόκαινου, με προέλευση λιμναία

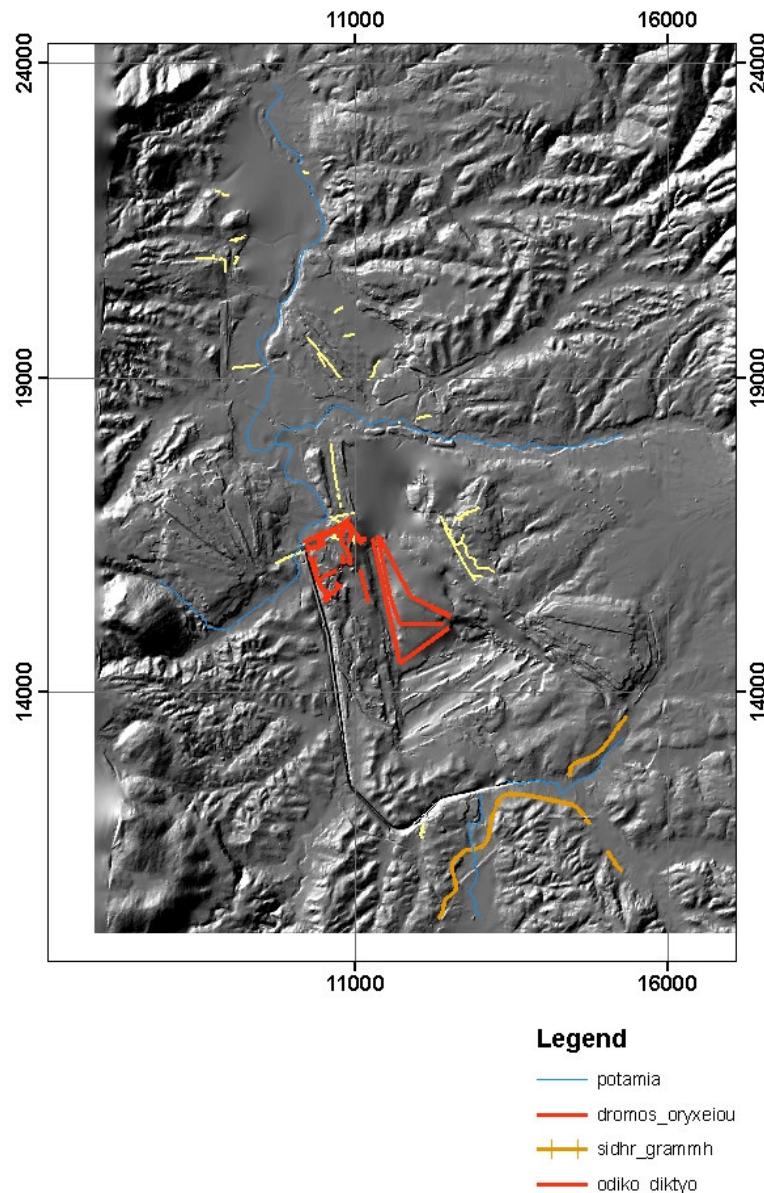
## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

έως ηπειρωτική. Η μαλακότητα και οριζοντιότητα των στρωμάτων συντελούν βασικά στη διαμόρφωση χαμηλής μορφολογίας (σχ. 1.2) από στρογγυλούς λοφίσκους σε επιμήκεις τραπεζοειδείς λοφοσειρές, που χωρίζονται μεταξύ τους με στενά ρέματα, ξηρά το καλοκαίρι. Στις πλευρές της λεκάνης τα ρέματα συνήθως (που καταλήγουν τελικά στον Αλφειό) ανοίγουν βαθιές χαραδρώσεις με όρθια τοιχώματα - τύπου canyon- μέσα στα Καινοζωικά στρώματα, με βάθος μερικές φορές αρκετές δεκάδες μέτρα.

Η ομαλότερη έκταση είναι η κοιλάδα του Αλφειού στη δυτική πλευρά της λεκάνης, πλάτους περίπου 1km. Σε αυτή βρίσκονται οι περισσότερο γόνιμες ποτιστικές αγροτικές εκτάσεις. Το υπόλοιπο έδαφος της λεκάνης είναι μετριότατης, γονιμότητας, ξηρό το καλοκαίρι, σε πολλά δε σημεία παραμένει ακαλλιέργητο που καλύπτεται από χαμηλή βλάστηση δρυός. Στις πλευρές της λεκάνης τα ψηλότερα αργιλικά νεότερα στρώματα ή ο φλύσχης του υπόβαθρου βρίσκονται σε συνεχή κατολίσθηση. Γεωμορφολογικά, διακρίνονται στην περιφέρεια της λεκάνης αναβαθμίδες διαβρώσεως ξηράς, πολύ πρόσφατες.

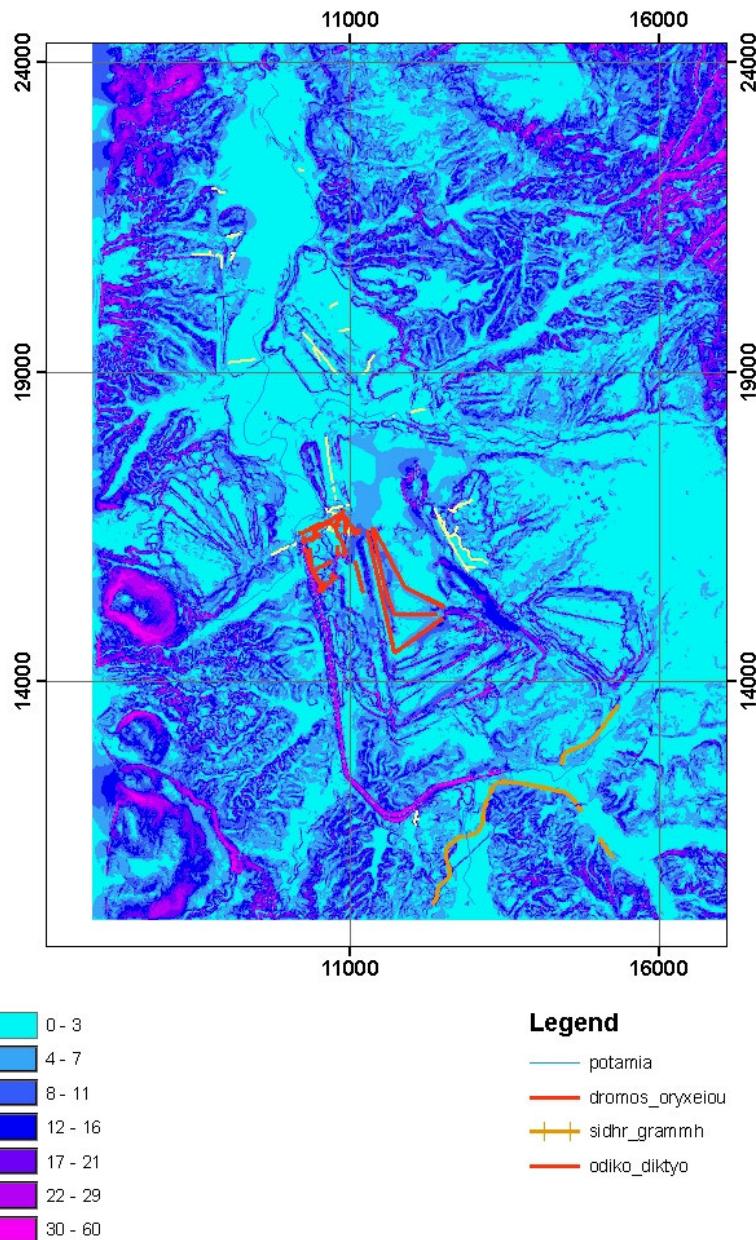
Στη δημιουργία του σημερινού πολυσχιδούς ανάγλυφου συνέβαλλαν και συμβάλλουν, αφ' ενός η κατά καιρούς αποψίλωση από τους κατοίκους του πλουσιότατου δάσους της δρυός και αφ' ετέρου οι συχνές καταπτώσεις και κατολισθήσεις.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 1.1 Μορφολογία της λεκάνης της Μεγαλόπολης.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 1.2 Χάρτης κλίσεων της λεκάνης της Μεγαλόπολης.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

### **1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η επιφανειακή εκμετάλλευση για την εξόρυξη λιγνίτη προκάλεσε και προκαλεί σημαντικές αλλαγές στη γεωμορφολογία. Μέχρι σήμερα έχουν απαλλοτριωθεί 27.000στρ. ενώ υπολογίζεται να απαλλοτριωθούν, μέχρι τέλους του έργου, αλλά 13.000στρ.

Η έκταση που θυσιάζεται για την εξόρυξη του λιγνίτη καλύπτεται κυρίως από αγρούς, βιοσκότοπους και δάση και ενώ αυτή για την εξόρυξη έχει προσωρινή χρησιμότητα, χάνεται όμως οριστικά για τους ιδιοκτήτες και την αγροτική οικονομία.

Η επιφανειακή εκμετάλλευση καταστρέφει τη φυτική γη και τη βλάστηση, αφήνοντας πίσω της μια έρημη περιοχή γεμάτη εκσκαφές, ανώμαλους λόφους και υψώματα από αποθέσεις των αγόνων, βάλτους και λίμνες. Έχουν καταστραφεί ακόμα χωριά, δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές, ηλεκτρικά δίκτυα και αρδευτικά δίκτυα.

Από τα 40.000στρ. που θα απαλλοτριωθούν συνολικά, τα 20.000στρ. περίπου καταλαμβάνουν τα λιγνιτικά πεδία και 8.500στρ. περίπου οι εξωτερικές αποθέσεις των αγόνων. Τα υπόλοιπα 11.500στρ. καταλαμβάνονται από τις αποθήκες λιγνίτη, το εσωτερικό οδικό δίκτυο, τη ζώνη εκτροπής του Αλφειού, από τάφρους, φράγματα, κτιριακές εγκαταστάσεις κ.λ.π.

Στο φωτογραφικό αρχείο που παρατείθεται στο τέλος της εργασίας παρουσιάζονται χαρακτηριστικές εικόνες από την περιοχή του λιγνιτικού κέντρου της Μεγαλόπολης.

### **1.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Το κλίμα επηρεάζει άμεσα τις χρήσεις γης μιας περιοχής, αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τους τύπους εδαφών και βλάστησης. Προσδιορίζεται δε όχι μόνο από τις μέσες τιμές αλλά και από τις ακραίες, καθώς και από τις μακροχρόνιες τάσεις μεταβολής του συνόλου των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

Η εξέταση του κλίματος της περιοχής στηρίχθηκε στις κλιματικές μεταβλητές της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης, της σχετικής υγρασίας και των ανέμων. Τα δεδομένα αφορούσαν τους σταθμούς Μεγαλόπολης, Τρίπολης, Καρύταινας και Χράνων. Πιο συγκεκριμένα:

Σταθμοί Μεγαλόπολης : Δ.Ε.Η.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

- Σταθμός Α.Η.Σ.

Χρόνος λειτουργίας 1967 έως σήμερα. Δεδομένα: θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, άνεμοι.

- Σταθμός λιγνιτωρυχείου "Θωκνία".

Χρόνος λειτουργίας 1971 έως σήμερα . Δεδομένα: θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία .

- Υ.Δ.Ε.

Χρόνος λειτουργίας 1953 έως σήμερα. Δεδομένα: βροχόπτωση, άνεμοι.

- Σταθμός Καρύταινας Υ.Δ.Ε.

Χρόνος λειτουργίας 1953 έως σήμερα. Δεδομένα: βροχόπτωση , άνεμοι .

- Σταθμός Χράνοι Υ.Δ.Ε.

Χρόνος λειτουργίας 1953 έως σήμερα. Δεδομένα: βροχόπτωση, άνεμοι.

- Σταθμός Τρίπολης Ε.Μ.Υ.

Το κλίμα της Μεγαλόπολης είναι ένας μεταβατικός τύπος του μεσογειακού προς το ηπειρωτικό. Σύμφωνα με την κατάταξη σε κλιματικές ζώνες κατά Koppen η περιοχή κατατάσσεται στην κατηγορία "Csa" δηλ. εύκρατο με ξηρό θέρος και μέση θερμοκρασία αέρος θερμότερου μήνα μεγαλύτερη από  $22^{\circ}\text{C}$ .

Χαρακτηρίζεται από μεγάλες σχετικά εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και υψηλή υγρασία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ο κύριος όγκος των βροχοπτώσεων περιορίζεται στο εξάμηνο Οκτωβρίου-Μαρτίου με σχεδόν παντελή ανομβρία τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο- Αύγουστο.

Πιο αναλυτικά η περιγραφή του κλίματος έχει ως εξής: Ο χειμώνας εμφανίζεται σχετικά τραχύς ενώ στην θερμή περίοδο του έτους η θερμοκρασία ανεβαίνει σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Οι τιμές των ακραίων θερμοκρασιών αλλά και των μέσων τιμών δεν βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, αν και το εύρος των ακραίων τιμών είναι αρκετά μεγάλο.

Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με θερμοκρασίες από  $-8,5^{\circ}\text{C}$  έως  $21^{\circ}\text{C}$  ενώ η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε για το διάστημα 1977 -1997 από  $-8,5^{\circ}\text{C}$  (1993) έως  $-1^{\circ}\text{C}$  (1984).

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται τον Ιούλιο που είναι και ο θερμότερος μήνας με θερμοκρασίες από  $43^{\circ}\text{C}$  έως  $7^{\circ}\text{C}$ . Η απόλυτα μέγιστη

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Θερμοκρασία για την τελευταία εικοσαετία κυμάνθηκε από 43°C (1993) έως 32°C (1986). Η μέση απόλυτα μέγιστη είναι 27,3°C και η μέση απόλυτα ελάχιστη είναι 10,7°C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι για το ίδιο διάστημα 14°C.

Για τα έτη 1977-1997 οι φθινοπωρινοί μήνες παρουσιάζονται θερμότεροι από τους εαρινούς, ενώ ο Μάρτιος παρουσιάζει θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά χειμερινών μηνών. Η θερμή περίοδος αρχίζει τον Ιούνιο και τελειώνει τον Σεπτέμβριο. Απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας παρουσιάζονται κυρίως τους εαρινούς μήνες.

Εξετάζοντας τις τιμές της θερμοκρασίας στην περιοχή, σε συσχετισμό με τις αντίστοιχες τιμές για την Πελοπόννησο, είναι φανερό ότι είναι οι χαμηλότερες μετά την Τρίπολη, τόσο όσο αφορά την μέση ελαχίστη ετήσια και την μέση μεγίστη ετήσια, όσο και την μέση ετήσια. Σε συσχετισμό με τις αντές τιμές της χώρας, η τιμή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας βρίσκεται μάλλον σε χαμηλά επίπεδα.

Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή είναι πολλές, με αποτέλεσμα ετήσιο ύψος βροχής από 1.467mm (1980) έως 558mm (1987). Από το 1970 η Δ.Ε.Η. έχει εγκαταστήσει μετεωρολογικό σταθμό κοντά στο Π.Ε.Τ. του πεδίου “Θωκνία”. Σύμφωνα με τα στοιχεία του σταθμού για την βροχόπτωση, το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για το διάστημα 1970-1987 ήταν 825,95mm, ενώ οι ακραίες τιμές του ήταν, η μεγίστη 1.052,4 mm κατά το υδρολογικό έτος 1983-1984 και η ελάχιστη 663,7 mm κατά το υδρολογικό έτος 1974-1975.

### **1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

#### **Τοποθεσία**

Η αρχαία Μεγαλόπολη βρισκόταν στα βορειοδυτικά προάστια της σημερινής Μεγαλόπολης, 35Km δυτικά της Τρίπολης, στο κέντρο του λεκανοπεδίου της. Ήταν χτισμένη στις όχθες του ποταμού Ελισσώνα, στα δυτικά της γέφυρας του ποταμού, στο σημερινό δημόσιο δρόμο Μεγαλόπολης - Καρύταινας. Χτίστηκε το 370 π.Χ. με διαταγή του Θηβαίου Στρατηγού Επαμεινώνδα μετά τη νίκη των Θηβαίων στα Λεύκτρα.

#### **Ονομασία**

Ονομαζόταν Μεγάλη Πόλις ή Μεγάλα Πόλις στη δωρική διάλεκτο. Μεταγενέστερη υπήρξε η ονομασία Μεγαλόπολις.

#### **Ιστορία**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

<b>371</b> <b>π.Χ.</b>	Μετά την ήττα της Σπάρτης στα Λεύκτρα δημιουργήθηκε το Αρκαδικό κοινό με πρωτεύουσα τη "Μεγάλη Πόλη" η ανοικοδόμηση και ο καλλωπισμός της οποίας κράτησε δέκα (10) χρόνια.
<b>364</b> <b>π.Χ.</b>	Εκστρατεία του Αρχίδαμου εναντίον της Μεγαλόπολης και ήττα του στον Κρώμνο.
<b>362</b> <b>π.Χ.</b>	Διάσπαση του κοινού των Αρκάδων - μάχη της Μαντίνειας.
<b>353-</b> <b>352</b> <b>π.Χ.</b>	Συμμετοχή της Μεγαλόπολης στη συμμαχία κατά του Φιλίππου Β' της Μακεδονίας.
<b>338</b> <b>π.Χ.</b>	Μάχη της Χαιρώνειας. Ο Φίλιππος επιστρέφει τη Βελμινάτιδα στη Μεγάλη Πόλη. Οι Μεγαλοπολίτες χτίζουν προς τιμήν του τη Φιλίππειο στοά.
<b>332-</b> <b>331 π.Χ</b>	Η Μεγάλη Πόλη πολιορκείται από τον Άγη της Σπάρτης.
<b>266-</b> <b>255 π.Χ.</b>	Τυραννία του Αριστόδαμου.
<b>250-</b> <b>235 π.Χ.</b>	Τυραννία του Λυδιάδα.
<b>223</b> <b>π.Χ.</b>	Ο Σπαρτιάτης Βασιλιάς Κλεομένης κατέλαβε κι έκαψε την πόλη. Οι κάτοικοι της πρόλαβαν να πάνε με τον Φιλοποίμενα στη Μεσσηνία.

Κατά τη Ρωμαιοκρατία ακολούθησε τις τύχες του υπόλοιπου Ελλαδικού χώρου. Σήμερα είναι κωμόπολη της Αρκαδίας, έδρα δήμου και πρωτεύουσα της επαρχίας Μεγαλόπολης.

### **Αρχαιολογικά ευρήματα**

#### **Αγορά**

Στο βόρειο τμήμα της Μεγαλόπολης, πάνω από τη δεξιά όχθη του ποταμού Ελισσώνα υπήρχε η αγορά της Μεγαλόπολης, με λιθόκτιστο περίβολο χαμηλού ύψουν. Στη μέση της αγοράς βρίσκονταν το ιερό του Λύκαιου Δία, βωμοί του Δία, δύο αετοί - συμβολικά πουλιά του Δία, μαρμάρινο άγαλμα του Πάνα, χάλκινο άγαλμα

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

του Απόλλωνα, ύψους 12 ποδών από τη Φιγαλία, καθώς και άγαλμα της μητέρας των θεών. Επίσης η αγορά περιελάμβανε κατεστραμμένο ναό του Κακήσιου Ερμή, ναό της Τύχης με μαρμάρινο άγαλμα, ανάγλυφη παράσταση του Πολύβιου και ιερό του Δία Σωτήρα.

Οι ανασκαφές των Άγγλων αρχαιολόγων έφεραν στο φως στα βόρεια της αγοράς τη Φιλίππειο στοά, μήκους 155,60m. και πλάτους 20m. Στην πρόσοψη είχε δωρική κιονοστοιχία και δύο Ιωνικές στο εσωτερικό της. Τα κομμάτια των κιόνων που βρέθηκαν συνδέουν το οικοδόμημα με την εποχή του Φιλίππου του Ε' (183 π.Χ.) Η στοά, που κλείνει το χώρο της αγοράς από τα ανατολικά, ήρθε στο φως με τις ανασκαφές του 1890. Είχε μήκος 91,50m και κατεύθυνση από νότο προς βορρά (Πανσ.VIII, 30,6-8). Η στοά που έκλεινε την αγορά από το νότο χτίστηκε από το Μεγαλοπολίτη Αρίστανδρο και παρασύρθηκε από το ρέμα του ποταμού Ελισσώνα.

### **Γυμνάσιον**

Στα δυτικά της αγοράς βρισκόταν το γυμναστήριο (γυμνάσιον) της αρχαίας Μεγαλόπολης. Σήμερα έχουν σωθεί λείψανα στοών και άλλων οικοδομημάτων του γυμνασίου.

### **Αρχαίο Θέατρο**

Στην αριστερή όχθη του ποταμού Ελισσώνα και στο νότιο μέρος του υπήρχε το αρχαίο θέατρο της Μεγαλόπολης. Βρισκόταν ακριβώς απέναντι από την αγορά και συνδεόταν με γέφυρα μαζί της. Το θέατρο χρησιμοποιούνταν για θεατρικές παραστάσεις και άλλες συγκεντρώσεις. Είχε ξύλινη κινητή σκηνή που συρόταν με τροχούς σε σκηνοθήκη και είχε μήκος 35,36m και πλάτος 8,23m (Πανσ.VIII 32,1). Στο κοίλο υπήρχαν δύο (2) διαζώματα, είκοσι (20) σειρές εδωλίων στα δυο κατώτερα μέρη και δεκαεπτά (17) σειρές στο ανώτατο μέρος του κοίλου. Η διάμετρος του κοίλου υπολογίζεται σε 145m περίπου.

Το αρχαίο θέατρο χωρούσε 18.000-20.000 θεατές και φημιζόταν για την ακουστική του. Η ορχήστρα, το προσκήνιο και τα διατηρούμενα εδώλια αποκαλύφτηκαν από τις ανασκαφές του Βρετανικού Ινστιτούτου στα 1890.

### **Θερσίλιο - Βουλευτήριο**

Κοντά στο αρχαίο θέατρο σώζονται θεμέλια του Βουλευτηρίου, που είχε γίνει για τους "Μύριους" Αρκάδες και ονομάστηκε από τον ιδρυτή του Θερσίλιο. Ήταν ένα ευρύχωρο ορθογώνιο οικοδόμημα, με πέντε (5) εσωτερικές κιονοστοιχίες σε καθεμιά από τις πλευρές του. Τέσσερις κεντρικοί κίονες σχημάτιζαν τετράγωνο και στήριζαν

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

την ξύλινη στέγη και τις ξύλινες σειρές των εδωλίων, διατεταγμένες βαθμιδωτά έως 2,50m ύψος.

Το βήμα ήταν χαμηλά στη νότια πλευρά του Θερσιλίου. Εκεί συνεδρίαζαν οι πληρεξούσιοι της αρκαδικής Ομοσπονδίας που λέγονταν "μύριοι" και έπαιρναν αποφάσεις για πόλεμο και ειρήνη ή συμμαχίες. Σήμερα σώζεται το προστώο του Θερσιλίου στη νότια πλευρά του.

### **Τείχη**

Γύρω από την αρχαία Μεγαλόπολη ήταν χτισμένα τείχη, πλίνθινα με λίθινο υπόβαθρο, 8,5Km περίπου περίμετρο, τα οποία δε σώζονται εξαιτίας της πρόχειρης κατασκευής τους.

[www.wikipaidia.gr](http://www.wikipaidia.gr)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

### **2.1 Η ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης αποτελεί τεκτονική τάφρο, που δημιουργήθηκε κατά την τελευταία φάση της πτύχωσης μεταξύ Ολιγόκαινου και Ανώτερου Πλειόκαινου.

Η πλήρωση της τάφρου έγινε αρχικά από λίμναια ιζήματα κυρίως και ακολούθως από λίμναια, ποτάμια και χερσαία με εναλλαγές. Τα πρώτα από τα παραπάνω ιζήματα είναι Πλειοκαινικής ηλικίας, ενώ τα δεύτερα ανάγονται στην Πλειοπλειστόκαινο εποχή.

Τα πετρώματα που περιβάλλουν την λεκάνη αποτελούνται από συμπαγείς Ιουρασικούς σκουρόχρωμους ασβεστόλιθους σε παχιά στρώματα, κρυσταλλικούς σχιστόλιθους με κερατόλιθους, όπως και από πλακώδεις ανοιχτόχρωμους ασβεστόλιθους. Ιδιαίτερα στο φλύσχη συνυπάρχουν κανονικοί φακοί από ασβεστόλιθους και καμιά φορά ηφαιστείτες με κερατόλιθους.

Όσο αφορά την στρωματογραφία των νεωτέρων λιμναίων ιζημάτων, που πληρούν την λεκάνη στη φάση των γλυκών υδάτων, έχει ως εξής:

#### **Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο**

- Κροκαλοπαγή Βρυσών. Θεωρούνται ότι είναι οι παλαιότερες μεταλπικές αποθέσεις της λεκάνης, συνίστανται δε από συνεκτικά κροκαλοπαγή και συνεκτικούς ψαμμίτες.
- Κροκαλοπαγή Περιστεράς. Εμφανίζονται κατά μήκος του ποταμού Περιστερά και αποτελούνται από πολύμικτα, άστρωτα, συνεκτικά κροκαλοπαγή.
- Αργιλοι Ραγών. Αποτελούνται από αργίλους, ψαμμίτες και χαλαρά κροκαλοπαγή. Οι κατώτεροι ορίζοντες των αργίλων θεωρούνται ανωμειοκαινικής και οι ανώτεροι Ανωμειοκαινικής - Κατωπλειοκαινικής ηλικίας. Ο προσδιορισμός έγινε με απολιθώματα (τρημματοφόρα).

#### **Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο**

- Κροκαλοπαγή Μύρου. Αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που έχουν αποτεθεί ασύμφωνα πάνω στις

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

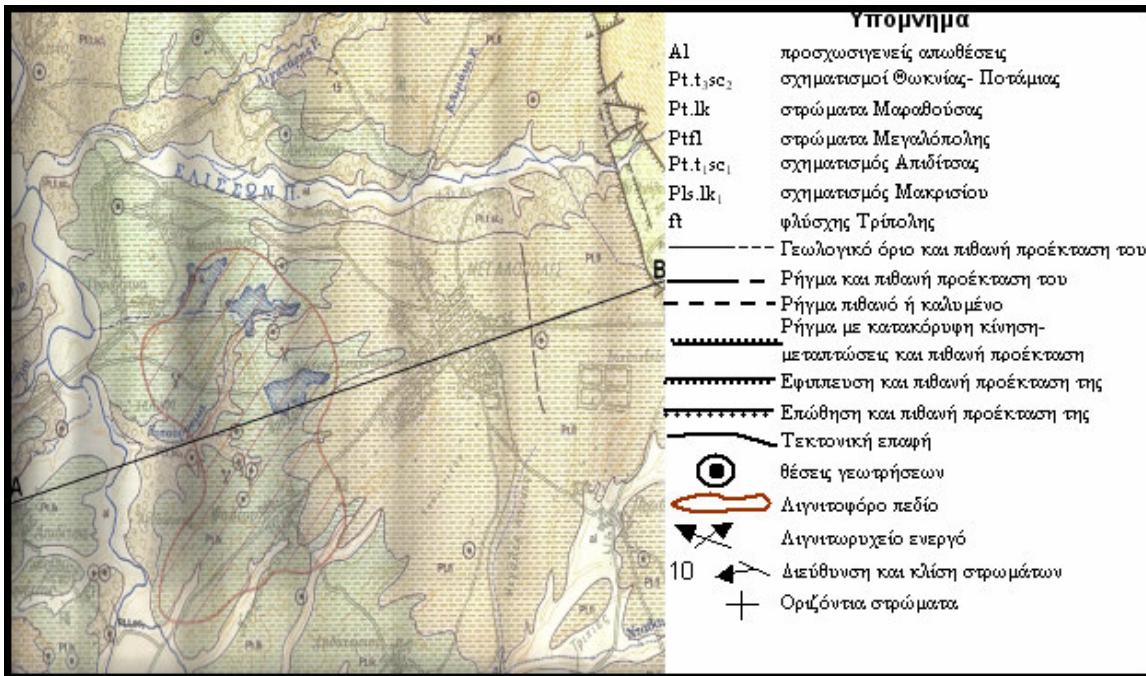
"Αργίλους των Ραχών". Τα εν λόγω κροκαλοπαγή εντάσσονται στο σχηματισμό Βούναργου.

### **Πλειστόκαινο**

- **Κροκαλοπαγή Χελιδονίου.** Πρόκειται για χερσαία κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και ερυθρωπού χρώματος.

Στο γεωλογικό χάρτη Μεγαλόπολης (σχήμα 2.1) διακρίνονται στην περιοχή γύρω από την Μεγαλόπολη εναλλαγές μάργων, αργίλων, άμμων και ελαφρά συνεκτικών κροκαλοπαγών ποτάμιας φάσης. Αποτελούν την περιθωριακή βάση και πλευρική μετάβαση των στρωμάτων Μαραθούσας. Βόρεια και νότια της Μεγαλόπολης συναντώνται προσχωσιγενείς αποθέσεις από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά, χαλίκια και κροκάλες στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και μικρές αναβαθμίδες ενώ έχουμε και τους σχηματισμούς Θωκνίας-Ποτάμιας όπου έχουμε σύστημα αναβαθμίδων αδιαίρετο, ιλύς, άργιλοι, άμμοι, χαλαρά κροκαλοπαγή και πλευρικά κορήματα. Νοτιοδυτικά συναντώνται ο σχηματισμός Απιδίτσας με εναλλαγές ερυθρών αργιλο-αμμούχων στρωμάτων με ελαφρά συνεκτικά κροκαλοπαγή και πλευρικά κορήματα με ερυθρές αργίλους. Στα ανατολικά εμφανίζεται ο σχηματισμός Μακρυσίου όπου υπάρχουν άργιλοι, μάργες λιμναίας φάσης, με εναλλαγές κυρίως λιγνιτικών ενστρώσεων πάχους λίγων mm και κροκαλοπαγή. Τοπικά παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα πάχους 0.20 έως 1m όπως στην περιοχή Μακρυσίου. Τέλος το λιγνιτοφόρο πεδίο δυτικά της Μεγαλόπολης στην περιοχή της Μαραθούσας και οι περιοχές Χωρέμι, Ψαθί αποτελούνται από εναλλαγές μάργων, αργίλων, χουμωδών αργίλων και λιγνιτικών στρωμάτων με παρεμβολές λεπτομερών άμμων και φακοειδών διαστρώσεων χαλαρών κροκαλοπαγών λιμναίας φάσης. Τα λιγνιτοφόρα στρώματα αποσφηνώνονται προς τα περιθώρια της λεκάνης όπου επικρατούν ποτάμιες αποθέσεις. Η οροθέτηση της λιμναίας-ποτάμιας φάσης τόσο στην οριζόντια όσο και στην κάθετη εξέλιξη των σχηματισμών δεν είναι σταθερή.

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ



Σχήμα 2.4: Γεωλογικός χάρτης Μεγαλόπολης (ΠΓΜΕ, )

### 2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το τεκτονικό βύθισμα της Μεγαλόπολης βρίσκεται περίπου στο κέντρο της Πελοποννήσου και στα ανατολικά της περιοχής μελέτης. Το περίγραμμα της λεκάνης έχει ελλειπτική μορφή, της οποίας ο μεγάλος άξονας έχει διεύθυνση NNW-SSE και μήκος 18 km, ο δε μικρός άξονας έχει διεύθυνση ENE-WSW και μήκος 10 km περίπου.

Οριοθετείται, δυτικά από το τεκτονικό κέρας του Λύκαιου και ανατολικά από τα βουνά που παρεμβάλλονται μεταξύ της Μεγαλόπολης και της λεκάνης της Ασσέας από ρηξιγενείς ζώνες που έχουν διεύθυνση NNW-SSE, δηλαδή παράλληλη με τη διεύθυνση του μεγάλου άξονα ανάπτυξης της λεκάνης (Σχήμα 2.2). Νότια, το τεκτονικό κέρας του Ταύγετου, σταδιακά "θάβεται" κάτω από τις μεταλπικές αποθέσεις της λεκάνης. Στη περιοχή βόρεια του Λεονταρίου διέρχεται μία ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης περίπου E-W, η οποία έχει καλυφθεί από τις νεότερες μεταλπικές αποθέσεις της λεκάνης και που αποτελεί την προς τα ανατολικά προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης Κυπαρισσίας - Αετού (Φουντούλης, 2000).

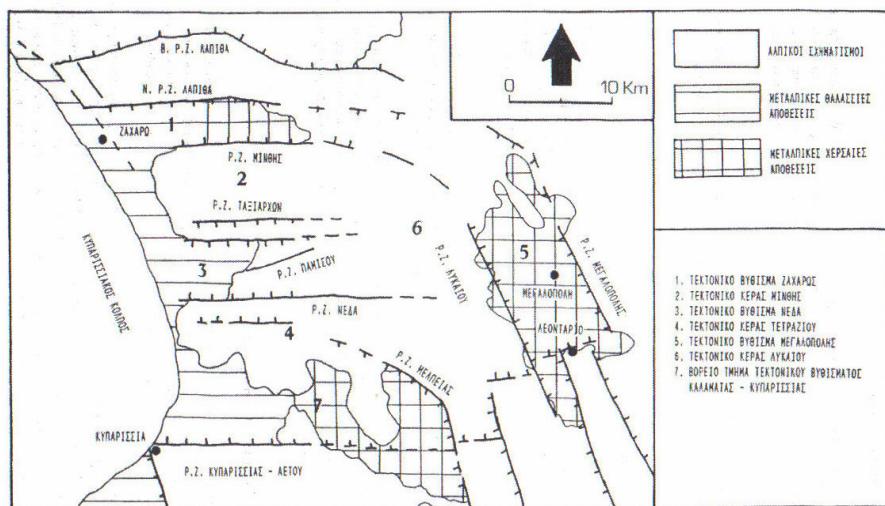
Η λεκάνη δημιουργήθηκε μετά το τέλος των εφαπτομενικών κινήσεων, κάπου μεταξύ Άνω Μειόκαινου και Κάτω Πλειόκαινου, αφού τα αρχαιότερα ιζήματα είναι

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

άνω πλειοκανικής ηλικίας. Η λεκάνη πληρώθηκε κατά το Πλειστόκαινο με λιμναίας φάσης κυρίως αποθέσεις. Το συνολικό πάχος των μεταλπικών αποθέσεων σε ορισμένες θέσεις ξεπερνάει τα 450 m., αφού το αλπικό υπόβαθρο των μεταλπικών αποθέσεων της λεκάνης σε ορισμένες θέσεις βρίσκεται σήμερα σε βάθη μεγαλύτερα των 150m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας (Παπαδόπουλος, 1985).

Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός, που υπήρξε και ο κύριος παράγων δημιουργίας και εξέλιξης της λεκάνης, δεν σταμάτησε κατά το Κατώτερο Πλειόκαινο, αλλά είναι ενεργός ακόμη και σήμερα, καθώς πολλά από τα ρήγματα που έχουν τις ίδιες διευθύνσεις με τις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες (NNW-SSE, E-W) έχουν κόψει τα μεταλπικά ιζήματα (Φουντούλης, 2000).

Η θέση του Αλφειού (άνω ρους) ποταμού μέσα στη λεκάνη, που την αποστραγγίζει, είναι ασύμμετρη ως προς τα περιθώρια της. Πράγματι, ο Αλφειός ρέοντας από τα SSE προς τα NNW, απέχει περίπου 2 km από το δυτικό περιθώριο και 8 km από το ανατολικό.



Σχήμα 2.2: Οι 2ης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές στο σύνθετο τεκτονικό βύθισμα ΜΕΛΥΜΙΤΕ (Φουντούλης, 2000).

### 2.3 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Ο σεισμός είναι ένα καθαρά γεωλογικό φαινόμενο με το οποίο συνδέεται η "στιγμιαία" εκτόνωση των τάσεων με θραύση τμημάτων της λιθόσφαιρας. Η γνώση του σεισμικού καθεστώτος μιας περιοχής σε συνδυασμό με την τεκτονική εξέλιξη της, συμβάλλει αποτελεσματικά στην κατανόηση της θραυσιγενούς τύπου

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

παραμόρφωσης της λιθόσφαιρας που επικρατεί στην εν λόγω περιοχή. Το μεγαλύτερο ποσοστό της σεισμικής δραστηριότητας στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο εκλύεται στον Ελληνικό χώρο και οφείλεται κύρια στη σύγκρουση της Ευρωπαϊκής με την Αφρικανική πλάκα. Ο ευρύτερος χώρος της Δυτικής Πελοποννήσου παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα, αφού απέχει μερικές δεκάδες χιλιόμετρα από τη τάφρο του Ιονίου. Στο χώρο της Δυτικής Πελοποννήσου η σεισμική επικινδυνότητα (υψηλές σεισμικές επιταχύνσεις) της περιοχής οφείλεται τόσο στο μικρό εστιακό βάθος των σεισμών όσο και στο αναμενόμενο μέγεθος αυτών (Φουντούλης Ι., 2000).

Η περιοχή της Δυτικής Πελοποννήσου παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα από αρχαιοτάτων χρόνων. Κάποιοι από τους πιο καταστροφικούς σεισμούς γύρω από την περιοχή της Μεγαλόπολης είναι (Κίσκυρας, 1962; Γαλανόπουλος, 1981; Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1989):

- 1783 Σοβαρός σεισμός στη Γορτυνία.
- 1820 Δυνατός σεισμός με μεγάλες διαταράξεις στην Ηλεία και Αρκαδία.
- 1846 Καταστρεπτικός σεισμός στη Μεσσηνία.
- 1885 Καταστρεπτικός σεισμός στη Μεσσηνία.
- 1898 (9 Νοεμβρίου) Ισχυρός σεισμός στην Κυπαρισσία.
- 1899 (22 Ιανουαρίου) Σφοδρός σεισμός στην Κυπαρισσία.
- 1925 Ισχυρός σεισμός στην Κυπαρισσία.
- 1965 (5 Απριλίου) Σεισμός μεγέθους 6.1 και εστιακού βάθους 34km, έπληξε τον ευρύτερο χώρο της Μεγαλόπολης. Η μέγιστη σεισμική ένταση X βαθμών κατάστρεψε τα χωριά Απιδίτσα, Χωρέμι, Κυπαρίσσια και καλύβια Καρυών Αρκαδίας. Σεισμική ένταση IX βαθμών προκάλεσε βλάβες στα χωριά Θωκνία και Μαραθούσα Αρκαδίας. Επίσης βλάβες παρουσιάστηκαν στα χωριά του νομού Ηλείας που βρίσκονται κοντά στη σημερινή κοίτη του Αλφειού ποταμού όπως στους Κρουνούς(X) και τα Μακρίσια (IX). Πρέπει να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκαν διαρρήξεις μήκους 30-500m και πλάτους 3-5cm στα χωριά Κρουνοί και Καλλιθέα του νομού Ηλείας. Ακόμα και σήμερα είναι εμφανής η κατολίσθηση που έγινε κατά τον εν λόγω σεισμό πολύ κοντά στο χωριό Λύκαιο.
- 1966 (1 Σεπτεμβρίου) Σεισμός μεγέθους 5.4 και εστιακού βάθους 15km έπληξε το χώρο του τεκτονικού βυθίσματος Μεγαλόπολης, το

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

επίκεντρο του σεισμού εντοπίστηκε στο ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος. Ζημιές προξένησε εκτός από τη Μεγαλόπολη (VII) κυρίως στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης στα χωριά Τρίλοφο (VII+), Εκκλησούλα, Ραψωμμάτι, Μαλωτά Σούλο και Μαραθούσα (VII).

Οι κύριες τεκτονικές γραμμές και τη διασπορά των σεισμικών επικέντρων των σεισμών μεγέθους μικρότερου από 4.0 που καταγράφτηκαν από μικροσεισμικό δίκτυο κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουαρίου - Αυγούστου 1980 στο τεκτονικό βύθισμα της Μεγαλόπολης (Παπαδόπολος 1985), φαίνονται στο σχήμα 2.3.

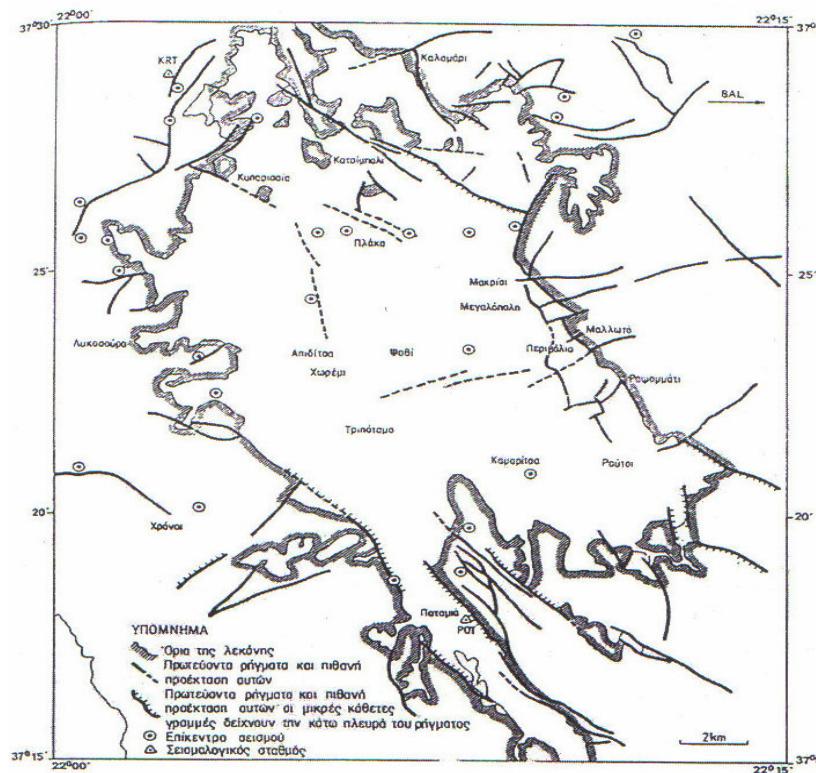
Παρατηρείται ότι:

- Η σεισμική δραστηριότητα εκδηλώθηκε κύρια στα περιθώρια του, τα οποία καθορίζονται από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες (Ελληνίτσας - Χρούσας, Ραψωμμάτι -

Μακρισίου) και πολύ λιγότερο στο εσωτερικό του.

- Κατά το προαναφερθέν χρονικό διάστημα Φεβρουαρίου - Αυγούστου 1980 ενεργοποιήθηκε περισσότερο, όπως φαίνεται και από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σεισμικών επικέντρων, το NW τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος.
- Η σεισμική ενέργεια εκλύεται και από τα δύο συστήματα ρηξιγενών ζωνών και ρηγμάτων (NNW-SSE και E-W), τα δε βάθη των υποκέντρων των σεισμών κυμαίνονται στη μεγάλη τους πλειοψηφία μεταξύ 0 και 12 km.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 2.3: Χάρτης των κύριων ρηγμάτων και των επικέντρων των σεισμών Φεβρουαρίου-Αυγούστου 1980 (Παπαδόπουλος, 1985).

Οι μεγάλοι και καταστρεπτικοί σεισμοί έχουν πλήξει τις περιοχές που περιβάλουν την περιοχή της κεντροδυτικής Πελοποννήσου και κυρίως τη Μεσσηνία που βρίσκεται νότια και την Ηλεία που βρίσκεται βόρεια. Οι μόνοι σεισμοί μεγαλύτεροι από 5.0 που έχουν καταγραφεί και έχουν σχέση με κάποια ρηξιγενή ζώνη είναι οι σεισμοί της Μεγαλόπολης που προαναφέρθηκαν. Οι ρηξιγενείς ζώνες και τα ρήγματα που επικρατούν στην Κεντροδυτική Πελοπόννησο κατά τη νεοτεκτονική περίοδο, είναι πλαγιοκανονικά, ενώ είναι πολύ λίγα τα ανάστροφα. Επιπλέον έντονη είναι η παρουσία νεοτεκτονικών πτυχών σε διάφορες κλίμακες παρατήρησης, των οποίων οι άξονες στη μεγάλη πλειοψηφία τους έχουν διεύθυνση WSW-ENE. Ο συνδυασμός όλων αυτών των στοιχείων δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στην ερμηνεία του τύπου του εντατικού πεδίου που προκαλεί τη παραμόρφωση. Οι τύποι των εντατικών πεδίων (συμπίεση σε διεύθυνση NE-SW ή E-W, εφελκυσμός σε διεύθυνση N-S, ή διάτμηση μεταξύ των περιοχών συμπίεσης και εφελκυσμού), που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την Πελοπόννησο, για να ερμηνευθεί το εντατικό πεδίο παραμόρφωσης του ευρύτερου χώρου της

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Κεντροδυτικής Πελοποννήσου πρέπει να εκφράζουν το τοπικό εντατικό πεδίο και όχι του ευρύτερου χώρου, δεδομένου ότι τα συμπεράσματα που προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον θραυσιγενούς τύπου ενεργό τεκτονισμό, αγνοώντας τελείως την πλαστικού χαρακτήρα παραμόρφωση. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αμφισβητούνται τα επιμέρους αποτελέσματα, τα οποία κατά τη γνώμη μας πρέπει να εκφράζουν, όπως προαναφέρθηκε, τις τοπικές συνθήκες παραμόρφωσης κατά την εκδήλωση του σεισμικού γεγονότος και όχι του ευρύτερου χώρου (Φουντούλης Ι., 2000).

### **2.5 ΤΟ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η λεκάνη της Μεγαλόπολης ήταν παλιότερα μια τεράστια λίμνη με μήκος 22Km και πλάτος 10Km. Στη λίμνη αυτή υπήρχαν υδρόβια φυτά και γύρω της πανύψηλα δέντρα, από τα οποία τρέφονταν διάφορα σπονδυλωτά ζώα. Μετά από μεγάλες εδαφικές μεταβολές, τα νερά της λίμνης ωθήθηκαν προς το άνοιγμα της Καρύταινας και δημιούργησαν την κοίτη του ποταμού Αλφειού. Στη συνέχεια χύθηκαν στο Ιόνιο πέλαγος. Στη διάρκεια των χιλιάδων χρόνων, που μεσολάβησαν, στο πυθμένα της λίμνης θάφτηκαν μεγάλοι όγκοι οργανικής ύλης από φυτά δέντρα και ζώα, τα οποία με τον καιρό απολιθώθηκαν και σχημάτισαν το στρώμα του λιγνίτη, που αποτελεί την πρώτη ύλη για το λιγνιτικό εργοστάσιο της Μεγαλόπολης. Η ανεύρεση κατά καιρούς στην περιοχή απολιθωμένων οστών δημιούργησε το μύθο, ότι οι Αρκάδες ήταν απόγονοι γιγάντων και στην περιοχή γίνονταν γιγαντομαχίες.

Σήμερα, η πεδιάδα της Μεγαλόπολης καλύπτεται από εκτεταμένα και πυκνά δάση δρυών όπως και καλλιέργειες. Μεγάλες εκτάσεις όμως έχουν δεσμευθεί και έχουν ανασκαφεί για την εξόρυξη λιγνίτη. Το λεκανοπέδιο πάντως εξακολουθεί να προσφέρει ενδιαφέρουσες και σε μεγάλο βαθμό άγνωστες διαδρομές ανάμεσα στα πυκνά δάση και την πλούσια βλάστηση.

Σήμερα λειτουργούν τα πιο κάτω Ορυχεία (ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ):

#### **Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου**

Ορυχεία	Αποθέματα	Ετήσια Παραγωγή
Ορυχείο Κυρίου Πεδίου	60 εκ. τόνοι	8 εκ. τόνοι

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Ορυχείο Καρδιάς	Πεδίου	200 εκ. τόνοι	8,5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Πεδίου	Νοτίου	1.000 εκ. τόνοι	18 εκ. τόνοι
Ορυχείο Αμυνταίου		200 εκ. τόνοι	8 εκ. τόνοι

**Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης**

Ορυχεία	Αποθέματα	Ετήσια Παραγωγή
Ορυχείο Χωρεμίου	220 εκ. τόνοι	5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Κυπαρισσιών	60 εκ. τόνοι	5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Μαραθούνσας	30 εκ. τόνοι	2 εκ. τόνοι

Στο στάδιο της μελέτης εκμετάλλευσης βρίσκονται τα κοιτάσματα λιγνίτη:

Φλώρινας (αποθέματα 130 εκ. τόνοι)

Κομνηνών (αποθέματα 100 εκ. τόνοι)

Δράμας (αποθέματα 970 εκ. τόνοι)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εξόρυξη του λιγνίτη γίνεται μόνον επιφανειακά.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι ηλεκτροκίνητοι εκσκαφείς, ταινιόδρομοι και αποθέτες.

Σήμερα υπάρχουν σε λειτουργία:

52 Κλαδοφόροι Εκσκαφείς

22 Αποθέτες και

267 KM Ταινιόδρομοι

Για την υποστήριξη του ηλεκτροκίνητου εξοπλισμού και για τη λειτουργία των βοηθητικών εργοταξίων χρησιμοποιούνται περίπου 1300 ντιζελοκίνητα μηχανήματα και οχήματα (προωθητές, φορτωτές, υδραυλικοί εκσκαφείς, ισοπεδωτές, φορτηγά, οχήματα για διάφορες χρήσεις κλπ.)

Κατά την εκσκαφή, τα υπερκείμενα του λιγνιτικού κοιτάσματος (άγονα υλικά) και το κοίτασμα (λιγνίτης και ενδιάμεσα) χωρίζονται σε βαθμίδες ύψους 10-30m, ανάλογα με το μέγεθος του καδοφόρου εκσκαφέα. Το μέτωπο εκσκάπτεται κατά

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

στρώσεις και τα μεν άγονα υλικά (υπερκείμενα και ενδιάμεσα) μεταφέρονται στους αποθέτες, ενώ ο λιγνίτης οδεύει στους παρακείμενους Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς (ΑΗΣ).

Η αποθήκευση των αγόνων υλικών γίνεται σε ειδικά επιλεγμένες περιοχές, όπου μεταφέρεται και η τέφρα, το υπόλειμμα της καύσης του λιγνίτη στους ΑΗΣ.

Οι αποθέσεις διακρίνονται σε εξωτερικές και εσωτερικές. Οι εξωτερικές γίνονται σε παρακείμενες περιοχές που δεν περικλείονται εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα και δημιουργούνται στην αρχική φάση εκμετάλλευσης των Ορυχείων. Οι εσωτερικές δημιουργούνται στις περιοχές που έχει προηγηθεί εξόρυξη, ώστε μετά το τέλος της εκμετάλλευσης να είναι η ελάχιστη δυνατή.

### ***Σταθμός Δ.Ε.Η. Μεγαλόπολης - Μονάδες I & II***

Οι Μονάδες I και II του ΑΗΣ Μεγαλόπολης (σχ. 2.4) που τέθηκαν σε λειτουργία το 1970 είναι όμοιες (125MW η καθεμιά). Οι λέβητες των μονάδων I και II είναι κατασκευής VKW, φυσικής κυκλοφορίας, διπλής διαδρομής καυσαερίων, με αναθέρμανση του ατμού που εξέρχεται από το στρόβιλο της Υ.Π.. Κάθε λέβητας των I-II Μονάδων περιλαμβάνει έξι μύλους λιγνίτη τύπου DGS BABCOCK, ικανότητας ο καθένας 69 ton/h. Η κονιοποίηση και ξήρανση του λιγνίτη γίνεται με θερμά καυσαέρια που απορροφά ο κάθε μύλος από το άνω μέρος της εστίας του λέβητα.

Στην έξοδο κάθε μύλου το μείγμα καυσίμου-καυσαερίων-υδρατμών διαχωρίζεται φυγοκεντρικά και ένα μέρος αυτού (65% του καυσίμου και 45% των υδρατμών) πηγαίνει κατευθείαν στους αντίστοιχους καυστήρες λιγνίτη, ενώ το υπόλοιπο μέρος οδηγείται μέσω κυκλώνων στα ηλεκτροστατικά φίλτρα (Η/Φ) λιγνίτη στη οροφή του λεβητοστασίου. Στα Η/Φ διαχωρίζεται το καύσιμο από τους υδρατμούς και τα καυσαέρια και τα μεν τελευταία πηγαίνουν ελεύθερα προς την ατμόσφαιρα, ενώ ο λιγνίτης πηγαίνει στον αντίστοιχο καυστήρα υποβοηθώντας έτσι την καύση. Έτσι ενώ η τυπική σύσταση του ακατέργαστου λιγνίτη είναι: H<sub>2</sub>O=59,9% τέφρα=16,7% καύσιμο=23% με H<sub>u</sub>=960Kcal/kg μετά την ξήρανση το καύσιμο μείγμα προ καυστήρα έχει: H<sub>u</sub>=1550 Kcal/kg και H<sub>2</sub>O=20% Για την επίτευξη πλήρους φορτίου της κάθε Μονάδας και συμβατική ποιότητα λιγνίτη, απαιτείται η λειτουργία πέντε μύλων από τους έξη εγκαταστημένων, ενώ ο έκτος είναι εφεδρικός.

Για εκκινήσεις, κρατήσεις ή υποστήριξη της καύσης έχουν εγκατασταθεί επί πλέον τέσσερις καυστήρες πετρελαίου σε κάθε λέβητα. Οι στρόβιλοι των Μονάδων I και II είναι κατασκευής AEG και αποτελούνται από τρία τμήματα (υψηλής, μέσης και

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

χαμηλής πίεσης). Το τμήμα της υψηλής πίεσης, απλής ροής αποτελείται από 11 βαθμίδες και από την έξοδο του τροφοδοτεί ένα προθερμαντή υψηλής πίεσης. Το τμήμα μέσης πίεσης, απλής ροής και αυτό, αποτελείται από 12 βαθμίδες και τροφοδοτεί μια απομάστευση υψηλής πίεσης, τον απαερωτή και μια απομάστευση υψηλής πίεσης. Το τμήμα χαμηλής πίεσης του στροβίλου είναι διπλής ροής με 2X5 βαθμίδες και τροφοδοτεί δυο απαμαστεύσεις χαμηλής πίεσης.



Σχήμα 2.4 Σταθμός Δ.Ε.Η. Μεγαλόπολης - Μονάδα III.

Η Μονάδα III του ΑΗΣ Μεγαλόπολης που τέθηκε σε λειτουργία το 1975 είναι εγκατεστημένης ισχύος 300MW. Ο λέβητας της Μονάδας είναι κατασκευής VKW, φυσικής κυκλοφορίας, διπλής διαδρομής καυσαερίων, με αναθέρμανση του ατμού που εξέρχεται πό το στρόβιλο της υψηλής πίεσης. Ο Λέβητας αυτός είναι όμοιος με τους αντίστοιχους των δυο άλλων μονάδων, με μόνη τη διαφορά ότι δεν έχει κυκλώνες. Έχει έξη μύλους λιγνίτη τύπου DGS BABCOCK με ικανότητα ο καθένας 180ton/h. Για την επίτευξη πλήρους φορτίου με τις συμβατικές τιμές λιγνίτη, απαιτείται η λειτουργία πέντε μύλων ενώ ο έκτος είναι εφεδρικός. Ο τρόπος ξήρανσης του λιγνίτη είναι ο ίδιος ακριβώς με τον αντίστοιχο των μονάδων I και II. Για την εκκίνηση, κράτηση και στήριξη της καύσης, όταν ο λέβητας είναι χαμηλής

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

θερμογόνου δύναμης, ο λέβητας είναι εφοδιασμένος με έξι καυστήρες πετρελαίου DIESEL. Ο στρόβιλος της Μονάδας III είναι κατασκευής KWU και αποτελείται από τρία τμήματα(υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης). Το τμήμα της υψηλής πίεσης, χωρίς οριζόντια φλάντζα στο κέλυφος, είναι απλής ροής και τροφοδοτεί ένα διπλό προθερμαντή υψηλής πίεσης. Το τμήμα της μέσης πίεσης είναι απλής ροής και τροφοδοτεί με δυο απομαστεύσεις ένα προθερμαντή (διπλό) υψηλής πίεσης και τον απαερωτή. Το τμήμα της χαμηλής πίεσης του στροβίλου είναι και αυτό διπλής ροής με τρεις απομαστεύσεις που τροφοδοτούν ισάριθμους προθερμαντές χαμηλής πίεσης.

### **2.6 Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΟ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ, ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις λιγνίτη, λόγω των τεράστιων εκσκαφών και των εκτεταμένων αποθέσεων που προκύπτουν αναγκαστικά, προκαλούν σοβαρές αλλοιώσεις της γεωμορφολογίας του εδάφους και της αισθητικής του φυσικού τοπίου, διαταραχές στην πανίδα και χλωρίδα και ανατροπή της ισορροπίας των επιφανειακών και υπόγειων νερών (Σταυρόπουλος Αλ., 1990).

Η υπαίθρια εκμετάλλευση καταλαμβάνει το έδαφος μόνο προσωρινά. Η Δ.Ε.Η. αναγνωρίζοντας ότι η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα Λιγνιτωρυχεία αποτελεί θέμα μεγάλης οικολογικής, κοινωνικής και οικονομικής σημασίας, ακολουθεί κατάλληλο πρόγραμμα με στόχο την ανάπλαση των εδαφών και την αναβάθμιση του περιβάλλοντος της περιοχής, έτσι ώστε οι τελικές επιφάνειες να είναι κατάλληλες για διάφορες χρήσεις (γεωργικές, δασικές, τουριστικές, κ.λ.π) και να συνδέονται αισθητικά με το υπόλοιπο τοπίο.

Μέχρι το 1994 είχαν απαλλοτριωθεί 150000 στρέμματα, ενώ έχουν διαμορφωθεί και αποκατασταθεί 18000 στρέμματα τελικής επιφάνειας.

Στις τελικές επιφάνειες φυτεύονται διάφορα είδη φυτών (θάμνοι, καρποφόρα και κυρίως δασικά δέντρα), παράλληλα όμως αναπτύσσονται και πειραματικές καλλιέργειες (σχ 2.5), κυρίως δημητριακών και λιγότερο κηπευτικών, σε συνεργασία με τους Κρατικούς Σταθμούς Γεωργικής Έρευνας Πτολεμαΐδας και Τρίπολης.

Στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης, κατά την περίοδο 1970-1993 φυτεύτηκαν περίπου 4500000 δέντρα, κυρίως ακακίες, λεύκες και πεύκα. Για τις

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

ανάγκες των Ορυχείων στις περιοχές Πτολεμαΐδας Αμυνταίου, Μεγαλόπολης και Αλιβερίου, μέχρι σήμερα, έχουν απαλλοτριωθεί περίπου 170000 στρέμματα. και προγραμματίζεται να απαλλοτριωθούν στο μέλλον άλλα 70000 στρέμματα.



Σχήμα 2.5 Περιοχή που έχει αποκατασταθεί.

Κατά την ανάπτυξη των Ορυχείων καθίσταται απαραίτητη η μετεγκατάσταση οικισμών που επηρεάζονται άμεσα από τη δραστηριότητα αυτή. Μέχρι σήμερα, έχει πραγματοποιηθεί η μετεγκατάσταση των οικισμών Καρδιά, Χαρανγή και Εξοχή στην Πτολεμαΐδα, Ψαθί, Μαραθούσα και Γεφυράκι στη Μεγαλόπολη, ενώ έχει αρχίσει η διαδικασία, μετεγκατάστασης των Κοινοτήτων Κομάνου και Κλείτου στην Πτολεμαΐδα.

Ο λιγνίτης προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος που δημιουργείται τόσο από τα υπολείμματα τέφρας όσο και από τα δηλητηριώδη αέρια που δημιουργούνται κατά την καύση (διοξείδιο του άνθρακα, οξείδιο του αζώτου).

Τα κυριότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν με σύντομη έρευνα είναι ο χημικός καθαρισμός πριν την καύση, η αποθήκευση, η τελειοποίηση των καυστήρων ρευστοποίησης στοιβάδας και γενικά ο περιορισμός της ρυπάνσεως. Τα προβλήματα αυτά μεγιστοποιούνται στις περιπτώσεις πτωχών ανθράκων όπως ο λιγνίτης.

Η εξόρυξη του λιγνίτη στα ορυχεία ανοικτής τάφρου μολύνει το περιβάλλον από διοξείδιο του θείου και νιτρώδης ατμούς όπου η μόλυνση είναι πολύ σοβαρότερη από αυτή που προκαλείται από την καύση υδρογονανθράκων. Αυξάνεται η ποσότητα

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και αυξάνεται το ποσοστό καρκινογόνων ουσιών.

Αυξημένη ποσότητα διοξειδίου σημαίνει αλλαγή κλίματος και των μικροκλιμάτων της γης διότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία που κανονικά ανακλάται από την επιφάνεια της γης με αποτέλεσμα την βαθμιαία άνοδο της θερμοκρασίας.

Επίσης υπάρχουν επιπτώσεις στο έδαφος από τα λιγνιτωρυχεία. Το είδος των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τη λειτουργία των λιγνιτωρυχείων εξαρτάται από τη μέθοδο εξόρυξης. Οι περισσότεροι λιγνίτες βρίσκονται σε μικρό βάθος με συνέπεια η εξόρυξή τους να είναι επιφανειακή σε υπαίθρια ορυχεία.

Αυτό απαιτεί αρχικά την αναγκαστική απαλλοτρίωση σημαντικών εκτάσεων καλλιεργήσιμης γης και δασών, αλλά και την αχρήστευση χωριών, δρόμων, σιδηροδρομικών δικτύων, δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, ύδρευσης κλπ. Οι εκτάσεις αυτές είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη των λιγνιτικών πεδίων, των εξωτερικών αποθέσεων και την κατασκευή των διαφόρων εγκαταστάσεων και βοηθητικών έργων.

Η επιφανειακή εξόρυξη του λιγνίτη που ακολουθεί επιφέρει τεράστιες αλλαγές στη μορφολογία της περιοχής, καθώς καταστρέφει τη φυσική γη και τη βλάστηση και εγκαταλείπει μετά το τέλος της εκμετάλλευσης μια περιοχή γεμάτη εκτεταμένες εκσκαφές, ανώμαλους λόφους από τις αποθέσεις των αγόνων, βάλτους και λίμνες.

Και εδώ η έκταση που θυσιάζεται για την εξόρυξη λιγνίτη, θα χρησιμοποιηθεί για περιορισμένο χρόνο(τα λιγνιτικά αποθέματα δεν είναι ανεξάντλητα), ενώ οι βλάβες που προξενούνται στο περιβάλλον θα είναι μόνιμες, αν δεν παρθούν μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

Η ρύπανση των εδαφών και κατά συνέπεια και η μόλυνση (μικροβιολογική, χημική και ραδιενεργός), που οφείλεται στη λειτουργία κυρίως του ΑΗΣ, αλλά και των λιγνιτωρυχείων, μπορεί να διαπιστωθεί μόνο μετά από συστηματική ανάλυση δειγμάτων εδάφους της περιοχής γύρω από τον ΑΗΣ αλλά και από τα λιγνιτωρυχεία, όπου τα εδάφη υφίστανται την μεγαλύτερη καταστροφή λόγω της εκσκαφής για την αποκάλυψη των λιγνιτικών στρωμάτων και της απόθεσή τους σε εξωτερικές ή εσωτερικές αποθέσεις.

Όταν ο λιγνίτης βρίσκεται σε μικρό βάθος, ώστε να εξορύσσεται επιφανειακά, συνήθως τα εδάφη που τον καλύπτουν είναι μέτριας ή χαμηλής απόδοσης, ή είναι

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

εδάφη ικανά για ανάπτυξη δασών. Η επιφανειακή εκμετάλλευση του λιγνίτη καταστρέφει τη βλάστηση και τη μορφολογία του εδάφους.

Οι αποθέσεις που δημιουργούνται μετά την εξόρυξη δεν μοιάζουν με κανένα τύπο εδάφους από τον ήδη γνωστούς. Αυτό συμβαίνει, διότι ενώ στις αδιατάρακτες περιοχές το έδαφος αποτελείται από διαφορετικούς ορίζοντες και ο καθένας έχει διαφορετική χαρακτηριστική σύσταση, το εδαφικό υλικό στις αποθέσεις διαφέρει από ορίζοντα σε ορίζοντα, αλλά και μέσα στον ίδιο ορίζοντα. Το υλικό αυτό αποτελείται από ένα μεγάλο πλήθος υλικών από διάφορα μητρικά πετρώματα.

Η καταστροφή των εδαφών λόγω της απόθεσης αγόνων οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα επίπεδα των πετρωμάτων από την περιοχή συσσωρεύονται για να σχηματίσουν μια ανομοιόμορφη μάζα χωρίς στρωματικές διευθετήσεις. Αντίθετα με το αρχικό και φυσικά ανεπτυγμένο έδαφος, το αποτιθέμενο μηχανικά αυτό έδαφος έχει μειωμένο βιολογικό δυναμικό γιατί κατά τη διάρκεια της απόθεσης δημιουργούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Έλλειψη στρωματογραφίας, καταστροφή του προφίλ.
- Ανακατάταξη των μεγεθών των κόκκων, αποθέματα με ίση

διάσταση κόκκων.

- Φτωχή σύνθεση εδάφους όσο αφορά τα μέταλλα.
- Μειωμένη περιεκτικότητα θρεπτικών συστατικών.
- Ανεπιθύμητη μεταβολή του pH.
- Ανομοιογενή χαρακτηριστικά σε εκτεταμένες περιοχές.

Χωρίς την προστασία της φυτικής κάλυψης τα αποτιθέμενα στείρα υλικά είναι εκτεθειμένα στις οποιεσδήποτε επιδράσεις του περιβάλλοντος:

- Μεγάλο εύρος ακτινοβολίας θερμοκρασίας και υγρασίας
  - Ισχυρή έμμεση επίδραση κατακρημνίσεων
  - Ισχυρή αποστράγγιση των κατακρημνισμάτων και ταυτόχρονα χαμηλά απορρόφηση υδάτων.
- Ισχυρή έμμεση επίδραση, υψηλός βαθμός εξάτμισης.

Άρα με βάση τα παραπάνω φαινόμενα, οι επιδράσεις τους πάνω στην ποιότητα του εδάφους και το δυναμικό του μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Κακή, ακανόνιστη αποστράγγιση υδάτων και απορρόφηση.
- Ξηρασία λόγω υψηλής εξάτμισης.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

- Απώλεια εδαφών λόγω υδατικής και αιολικής διάβρωσης, απώλεια θρεπτικών συστατικών των εδαφών.
- Συμπίεση εδαφών σε μεγάλα βάθη, κακός αερισμός και διήθηση
- Αυτόματη ανάφλεξη
- Διαφοροποίηση του μικροκλίματος της περιοχής
- Μόλυνση της ευρύτερης περιοχής από την σκόνη και τη λάσπη.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ**

### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

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

Ως σιδηρομαγνητικά χαρακτηρίζονται τα υλικά, τα οποία όταν εκτεθούν στην δράση μαγνητικού πεδίου, διατηρούν τιμήμα 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 παρατείθενται και παραδείγματα από

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

περιπτώσεις περιοχών με περιβαλλοντικά προβλήματα, όπου χρησιμοποιήθηκε η μαγνητική επιδεκτικότητα ως δείκτης για τον εντοπισμό τους.

### **3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

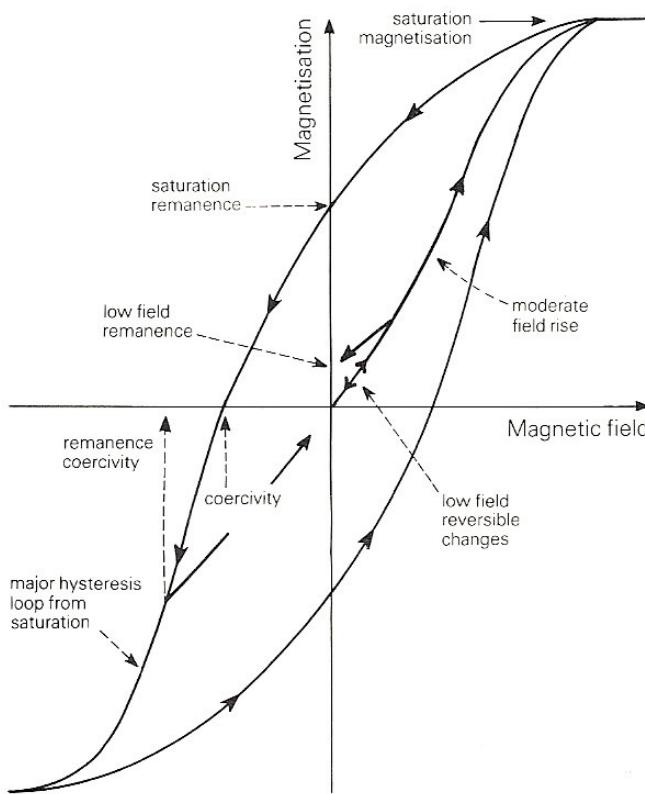
1. **Διαμαγνητισμός** (Diamagnetism). Πρόκειται για μια ασθενή αρνητική μαγνήτιση (magnetization) που προκύπτει κατά την αλληλεπίδραση ενός εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου με το πεδίο που προκύπτει κατά την τροχιακή (orbital) κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Ο διαμαγνητισμός είναι ανεξάρτητος της θερμοκρασίας και χαρακτηρίζει υλικά όπως ο χαλαζίας, ο ασβεστίτης, ο μαρμαρυγίας και το νερό.
2. **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 πάνει η δράση του μαγνητικού πεδίου, η μαγνήτιση του παραμαγνητικού υλικού χάνεται.
3. **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 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ (MAGNETIC HYSTERESIS)**

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.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



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 () φαίνεται ότι η μαγνήτιση αυξάνει αργά. Όταν πάνει 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:

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

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

2. Κατά την απομάκρυνση τέτοιων πεδίων η μαγνήτιση δεν μηδενίζεται και ονομάζεται παραμένουσα μαγνήτιση κορεσμού (saturation remanent magnetization)  $M_{RS}$ .
3. 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  $(Bo)c$ .
4. Το ακόμη ισχυρότερο πεδίο που απαιτείται για να μηδενιστεί η παραμένουσα μαγνήτιση ονομάζεται συνεκτικό πεδίο παραμένουσας μαγνήτισης  $(Bo)_{CR}$ .
5. Η κλίση της καμπύλης μαγνήτισης ονομάζεται αρχική μαγνητική επιδεκτικότητα  $\kappa$  (initial magnetic susceptibility).

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

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

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

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	$Fe_3O_4$	585	93
ulvöspinel	$Fe_2TiO_4$	-153	—
haematite	$\alpha Fe_2O_3$	675	0.5
ilmenite	$FeTiO_3$	-218	—
maghaemite	$\gamma Fe_2O_3$	~740	85
pyrrhotite	$\sim Fe_7S_8$	~300	~20
iron	$\alpha Fe$	780	200
goethite	$\alpha FeO.OH$	120	~1
lepidocrocite	$\gamma FeO.OH$	-196	—
magnesioferrite	$MgFe_2O_4$	440	21
jacobsite	$MnFe_2O_4$	310	77

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

### 3.4 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (MAGNETIC SUSCEPTIBILITY)

Η μαγνητική επιδεκτικότητα είναι ένα μέτρο της ευκολίας με την οποία μαγνητίζεται ένα υλικό.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα κατ' όγκο ορίζεται από την σχέση:  $\kappa = M/H$ , όπου  $M$  η κατ' όγκο μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό επιδεκτικότητας  $\kappa$ , όταν εφαρμοστεί πεδίο έντασης  $H$ . Οι μονάδες στα συστήματα SI και CGS δίνονται στον πίνακα () .

Η ειδική επιδεκτικότητα,  $\chi$ , ορίζεται από την σχέση:  $\chi = \kappa/\rho$  , όπου  $\rho$  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  $\kappa$  είναι κατά προσέγγιση ίσο με  $1/N$ . Εφόσον το  $N$  είναι γνωστό, η σχέση μεταξύ της μετρούμενης επιδεκτικότητας και της συγκέντρωσης των σιδηρομαγνητικών κόκκων είναι απλή. Στην πράξη έχει βρεθεί ότι για φυσικά δείγματα το  $N$  έχει μια τιμή περίπου 1/3. 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 ( $\approx Fe$ )	$2 \times 10^7$	olivines $(Mg, Fe)_2SiO_4$	1→130 water ( $H_2O$ )	-0.9
magnetite ( $Fe_3O_4$ )	$5 \times 10^4$	amphiboles ( $Mg, Fe, Al$ silicates)	16→100 halite ( $NaCl$ )	-0.9
maghaemite ( $Fe_2O_3$ )	$4 \times 10^4$	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	nonttronite (Fe-rich clay)	~ 90 kaolinite (clay mineral)	-2
goethite ( $\approx FeOOH$ )	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.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

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

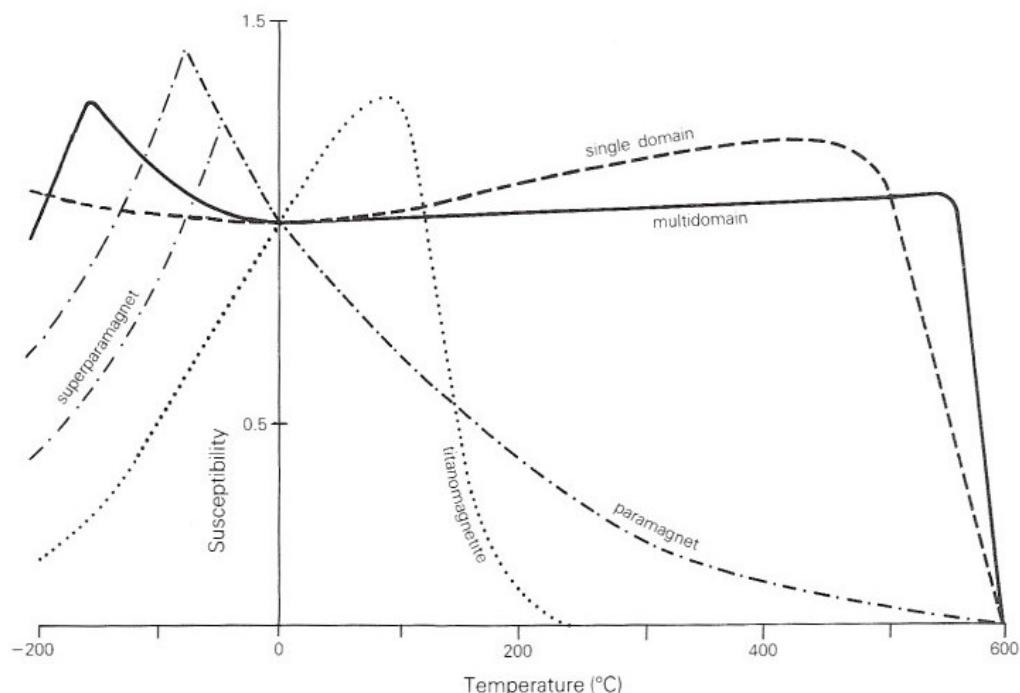
1. **Παραμένουσα μαγνήτιση εναπόθεσης (Detrital or depositional remanent magnetization, DRM)** – αφορά την παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτούν τα ιζήματα κατά την απόθεση τους.
2. **Μέγιστη παραμένουσα μαγνήτιση (Saturation isothermal remanent magnetization, SIRM or  $M_{RS}$  or  $\sigma_R S$ )**. Είναι η μέγιστη παραμένουσα μαγνήτιση που μπορεί να παρατηρηθεί και αποκτάται κατά την εφαρμογή και απομάκρυνση ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου.
3. **Μέγιστη μαγνήτιση (saturation magnetization  $M_S$  or  $\sigma_S$ )**. Είναι η μέγιστη μαγνήτιση που μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα δείγμα κατά την εφαρμογή ισχυρού μαγνητικού πεδίου.
4. **Θερμοπαραμένουσα μαγνήτιση (Thermoremanent magnetization, TRM)**. Αφορά την παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό καθώς παγώνει κάτω από την θερμοκρασία Curie.
5. **Η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου με το χρόνο (Viscosity)**.
6. **Χρονικά εξαρτώμενη παραμένουσα μαγνήτιση (viscous remanent magnetization VRM)**. Η παραμένουσα μαγνήτιση που αποκτά ένα υλικό, όταν εφαρμόζεται ασθενές μαγνητικό πεδίο για μεγάλο χρονικό διάστημα.
7. **Ανισοτροπία της μαγνητικής επιδεκτικότητας (anisotropy of magn. susceptibility)**. Η μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την διεύθυνση.
8. **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.

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

### 3.5 ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

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

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



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

### 3.6 ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Γενικά η χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εφαρμογής ενός μαγνητικού πεδίου και της απόκρισης μαγνήτισης δημιουργεί εξάρτηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας ( $\chi_{\text{fd}}$ ) από την συχνότητα. Η μεταβολή αυτή είναι γνωστή με τον

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

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.

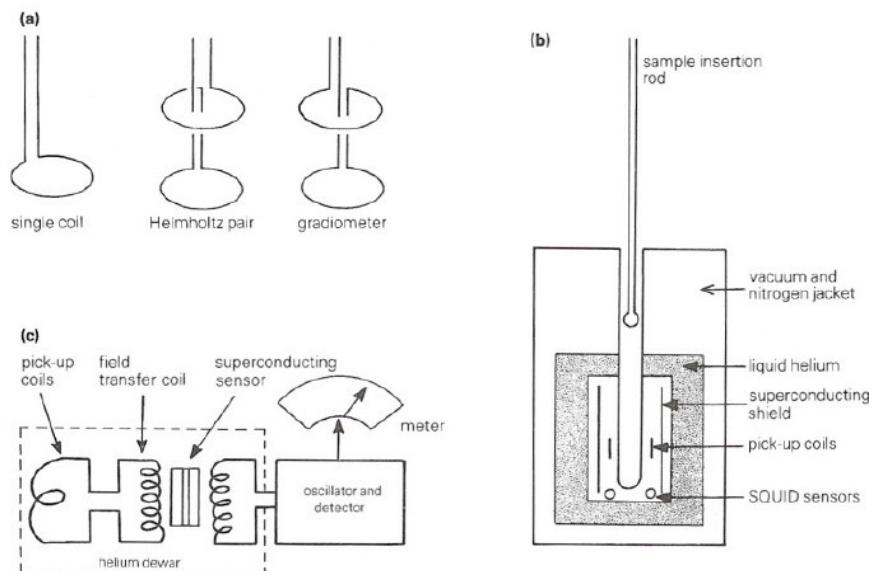
Με προσεκτική επιλογή της συχνότητας είναι δυνατόν να διερευνηθεί το φάσμα της επιδεκτικότητας, κάνοντας απλά και μόνο δύο μετρήσεις. Το όργανο της Bartington, που χρησιμοποιήθηκε και στην συγκεκριμένη περίπτωση μετράει στα 1 και 10KHz και σε μια μέγιστη ένταση εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου  $3 \times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

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

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

### 3.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

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  $0.1\text{mT}$  ( $1\text{Oe}$ ) σε συχνότητες μεταξύ  $1\text{-}10\text{KHz}$ . 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.



**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).

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**3.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ  
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  $2 \times 10^{-6}$  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.



Σχήμα 3.4 Το σύστημα MS2 Bartington μέτρησης της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

**Specification - MS2 Meter**

Measuring range - volume specific

- mass specific

$1-9999 \times 10^{-5}$  SI ( $\times 10^{-6}$  CGS)

$1-9999 \times 10^{-8}$  SI ( $\times 10^{-6}$  CGS)

Resolution - volume specific  $2 \times 10^{-6}$  SI ( $2 \times 10^{-7}$  CGS) on  $\times 0.1$  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  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $40^{\circ}\text{C}$

Weight 1.3kg

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Dimensions 255 x 158 x 50mm  
Sensor cable 50 ohm TNC to TNC, 1m length (alternative lengths to 100m on request)  
Battery charger inlet 2.1mm socket, 6-14Vd.c., 100mA maximum, polarity protected  
RS232 interface 1200/9600 baud selected on rear panel  
Interface connector 4-way rear panel Fischer socket.

### **Specification - MS2B Sensor**

Calibration accuracy 1% (10ml calibration sample provided)

Measurement period: x 1 range CGS (SI)

x 0.1range CGS (SI)

1.2 seconds (1.5s)

12 seconds (15s)

Operating frequencies: LF

HF

0.465kHz ±1%

4.65kHz ±1%

Amplitude of applied field 250µT peak ±10% (LF & HF)

Maximum resolution 2 x 10<sup>-7</sup> CGS (LF & HF)

HF/LF Cross calibration 0.1% worst case

Temperature induced drift:

Sample to Sensor Differential

Calibration sample

±0.05 x 10<sup>-6</sup> CGS/°C/minute

+0.006/°C

Enclosure material high impact ABS

Weight 0.8kg

Dimensions 200 x 145 x 110mm

### **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, επαναλάμβανεται 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.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

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 ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

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 οξειδία του σιδήρου, μαγγανίου και αργιλίου. Ο χαλκός, το χρώμιο, το αρσενικό και ο ψευδάργυρος, στις περισσότερες περιπτώσεις σχετίζονται με την παρουσία οξειδίων του σιδήρου. Επίσης το κάδμιο, και το νικέλιο σχετίζονται 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 απαιτούνται 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 καινα παρακολουθήσουν την μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το βάθος.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Οι Boyko et al. (2004) προσπάθησαν να παρακολουθήσουν την χρονική μεταβολή της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε ένα κάνναβο 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.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ**

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Βαρέα μέταλλα χαρακτηρίζονται εκείνα που έχουν πυκνότητα (d) μεγαλύτερη από  $5 \text{ g/cm}^3$ . Από πλευράς ρόλου διακρίνονται στα ζωτικά ιχνοστοιχεία όπως Cu, Fe, Zn και Mn που είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες αλλά τοξικά σε μεγάλες και τα μη ζωτικά στοιχεία, όπως Cd, Cr και Pb τα οποία δεν έχουν καμία γνωστή μεταβολική δράση. Κάποια στοιχεία, παρ' όλο που δεν είναι βαρέα μέταλλα, όπως το As και το B, συμπεριλαμβάνονται σε αναφορές για αυτά. Ο λόγος είναι η ύπαρξη κάποιων κοινών χαρακτηριστικών τους με τα βαρέα μέταλλα, όπως οι τοξικές επιδράσεις τους στους ζωντανούς οργανισμούς (Παπαδάκη Αναστασία, 2003). Τα στοιχεία που παρατείθενται στην συνέχεια έχουν ληφθεί από την πτυχιακή εργασία της Φουκαράκη Σοφίας (2005).

### **4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΑΝ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

**Κάδμιο (Cd):** Το Cd στο έδαφος βρίσκεται με τις μορφές  $\text{CdO}$ ,  $\text{CdCO}_3$  και  $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ . Σε χαμηλό pH το κάδμιο βρίσκεται με τη μορφή  $\text{Cd}^{2+}$ . Το pH είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας, όσον αφορά την δημιουργία και την κινητικότητα (διαθεσιμότητα) του καδμίου στο έδαφος. Σε όξινα εδάφη, η διαλυτότητα και η διαθεσιμότητα του καδμίου ελέγχεται από την οργανική ουσία και τα υδροξείδια Al, Fe και Mn που υπάρχουν στο έδαφος. Σε αλκαλικά εδάφη (κυρίως σε ασβεστούχα ή σε εδάφη που επεξεργάζονται με ασβέστη), η καθίζηση των μιγμάτων καδμίου π.χ.  $\text{CdCO}_3$ , είναι ο παράγοντας που ελέγχει την αύξηση της διαλυτότητας του μίγματος που παράγεται. Σε εδάφη με υψηλά επίπεδα χλωρίου, ενδέχεται να υπάρχουν μίγματα χλωρίου-καδμίου, τα οποία μπορεί να αυξήσουν την κινητικότητα του καδμίου στο έδαφος. Τα επίπεδα καδμίου στο έδαφος κυμαίνονται από  $0,1\text{-}1\mu\text{g/g}$  (Fergusson, 1990).

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**Μόλυβδος (Pb):** Η συγκέντρωση του Pb στα εδάφη διαφέρει σημαντικά. Σε έρευνα, στην οποία πραγματοποιήθηκε ανάλυση 4970 εδαφών παγκοσμίως, ο Pb εμφανίζεται με συγκέντρωση κατά μέσο όρο 29,2 $\mu\text{g/g}$ . Τα οργανικά εδάφη τείνουν να εμφανίζουν μεγαλύτερα επίπεδα μόλυβδου, σε σχέση με τα ανόργανα εδάφη (Fergusson, 1990).

**Νικέλιο (Ni):** Το Ni απορροφάται εύκολα από όλα σχεδόν τα είδη φυτών σαν  $\text{Ni}^{2+}$ . Η περιεκτικότητά του στα συγκομιζόμενα φυτικά είδη κυμαίνεται από 0,1 έως 1 ppm ξηρού βάρους (Havlin, *et al.*, 1999).

**Χαλκός (Cu):** Ο Cu προσλαμβάνεται από τα φυτά σαν  $\text{Cu}^{2+}$  που υπάρχει στο εδαφικό διάλυμα σε πολύ μικρές ποσότητες. Αντίθετα ο Cu στο έδαφος υπάρχει με τη μορφή ενώσεων με το οργανικό υλικό με πολύ μικρό μοριακό βάρος, όπως είναι τα φουλβικά και χουμικά οξέα (Τσικαλάς, 2003). Η συγκέντρωσή του στο φυτικό ιστό κυμαίνεται από 5 έως 20 ppm και συνθήκες έλλειψης παρατηρούνται όταν τα επίπεδα χαλκού στα φυτά επί ξηρής ουσίας πέφτουν κάτω από 4 ppm.

**Ψευδάργυρος (Zn):** Ο Zn απορροφάται από τις ρίζες των φυτών σαν  $\text{Zn}^{2+}$  και σαν συστατικό σύνθετων και φυσικών οργανικών ουσιών. Η συγκέντρωση του Zn στο έδαφος κυμαίνεται από 10 έως 300 ppm, ενώ στο εδαφικό διάλυμα από 2 έως 70 ppb (Havlin, *et al.*, 1999).

### **4.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ**

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

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

**Νικέλιο (Ni):** Το Ni αποτελεί απαραίτητο συστατικό της ουρεάσης, του ενζύμου που υδρολύει την ουρία σε  $\text{CO}_2^{4+}$  και  $\text{NH}_3^+$ . Η ουρία σχηματίζεται από την αποδόμηση των ουρεϊδίων, αζωτούχων ενώσεων που είναι προϊόντα της

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

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 πρωτεΐνων 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 σχηματισμό των νουκλεϊνικών οξέων και στο μεταβολισμό των γλυκιδίων, των πρωτεΐνων και των λιπιδίων (Τσικαλάς, 2003).

**Ψευδάργυρος (Zn):** Οι βασικές λειτουργίες του Zn σχετίζονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεΐνων, 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.

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

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

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

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

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

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

**Κάδμιο (Cd):** Το κάδμιο εμποδίζει την διείσδυση του νηματώδη *Meloidogyne incognita* σε φυτά τομάτας, ενώ παράλληλα επηρεάζει την ανάπτυξη των φυματίων στη ρίζα της τομάτας. Το κάδμιο είναι επιβλαβές για τα φυτά τομάτας σε συγκεντρώσεις 7,5, 15, 30 και 60 ppm. Η ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών, καθώς και σε άλλες παραμέτρους (φρέσκο και ξηρό βάρος του φυτού, περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, ικανότητα απορρόφησης νερού των ριζών), ανξάνεται 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<sup>2+</sup> στην ανάπτυξη, την παραγωγή βιομάζας, τα θρεπτικά

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

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 μM Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> και 3 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 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 μM Cu, 20 και 50 μM Cd, and 1 000 μM 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 μM 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.

### **4.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ**

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

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

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 B' 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 Μελπομένη, 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 Μελπομένη, 1998).

Τοξικά βαρέα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg) και το αρσενικό (As) υπάρχουν παντού στο περιβάλλον. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε αυτά τα μέταλλα από διάφορες πηγές, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται ο αέρας, το νερό, το έδαφος και η τροφή. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι τα μεταβατικά στοιχεία δρουν καταλυτικά στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις των βιολογικών μακρομορίων, συνεπώς οι τοξικότητες που συνδέονται με αυτά τα μέταλλα ίσως να προέρχονται από οξειδωτική καταστροφή των ανθρώπινων ιστών. Τα οξειδοαναγωγικά μέταλλα, όπως ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu) και το χρώμιο (Cr) υφίστανται οξειδοαναγωγή, επειδή τα μη οξειδοαναγωγικά μέταλλα όπως ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg) κ.α., μειώνουν τη δράση των

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στα κύτταρα, καθώς επίσης και των ενζύμων. Τα κύτταρα υπό την επίδραση οξειδωτικού στρες εμφανίζουν διάφορες δυσλειτουργίες, λόγω κακώσεων που οφείλονται στην επίδραση των χημικών ενώσεων  $\text{HO}^-$ ,  $\text{O}_2^-$  και  $\text{H}_2\text{O}_2$  στα λιπίδια, στις πρωτεΐνες και στο DNA. Συνεπώς, το οξειδωτικό στρες που λαμβάνει χώρα στα κύτταρα και σχετίζεται με τα βαρέα μέταλλα, μπορεί να είναι υπεύθυνο για τα φαινόμενα τοξικότητας των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο (Ercal, *et al*, 2001).

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

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

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

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

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ  
ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ  
ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ  
ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε σε φάσεις που περιγράφονται παρακάτω:

1. Αναζήτηση βιβλιογραφίας που να σχετίζεται με χαρτογράφηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε περιοχές υψηλής ρύπανσης δηλ. κοντά σε αυτοκινητόδρομους, αεροδρόμια, βαριές βιομηχανίες, ορυχεία κ.λ.π.
2. Επιλογή της περιοχής έρευνας (στην παρούσα περίπτωση είναι η λεκάνη της Μεγαλόπολης, όπου λειτουργούν ορυχεία εξόρυξης λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) και συλλογή οτιδήποτε πληροφοριών αφορούν την περιοχή. Δηλαδή, τοπογραφικός χάρτης, γεωλογικός χάρτης αεροφωτογραφίες, παλαιότερες εργασίες.
3. Με βάση τον τοπογραφικό χάρτη ορίστηκαν σημεία δειγματοληψίας. Έγινε προσπάθεια η δειγματοληψία να έχει κατά το δυνατόν μια ομοιόμορφη κατανομή, με βήμα 500m. Κατά την επιτόπου όμως επίσκεψη, προέκυψαν δυσκολίες, που αφορούσαν τόσο την τοπογραφική ανωμαλία (μερικές περιοχές ήταν εξαιρετικά δύσβατες, όσο και προβλήματα άδειας εισόδου στα ορυχεία και τους χώρους επεξεργασίας του λιγνίτη).
4. Η λήψη των δειγμάτων εδάφους έγινε από βάθος περίπου 10cm χωρίς να χρησιμοποιηθούν μεταλλικά αντικείμενα. Αποθηκεύτηκαν σε πλαστικές σακούλες και στην συνέχεια σε χάρτινο κιβώτιο. Επίσης οι συντεταγμένες κάθε σημείου δειγματοληψίας λαμβάνοντας με GPS χειρός σε σύστημα WGS84.
5. Η διαδικασίας προσδιορισμού της μαγνητικής επιδεκτικότητας έχει ήδη περιγραφεί στο κεφάλαιο 3.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

6. Στην συνέχεια τα δείγματα στάλθηκαν για προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα. Οι αναλύσεις βαρέων μετάλλων έγιναν στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών και Υγρών Αποβλήτων του τμήματος Φυτικής παραγωγής του ΤΕΙ Κρήτης με την βοήθεια του Δρ. Μανιού Θρασύβουλου. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ατομικής απορρόφησης.
7. Ακολούθησε χαρτογράφηση των αποτελεσμάτων σε GIS και ερμηνεία.

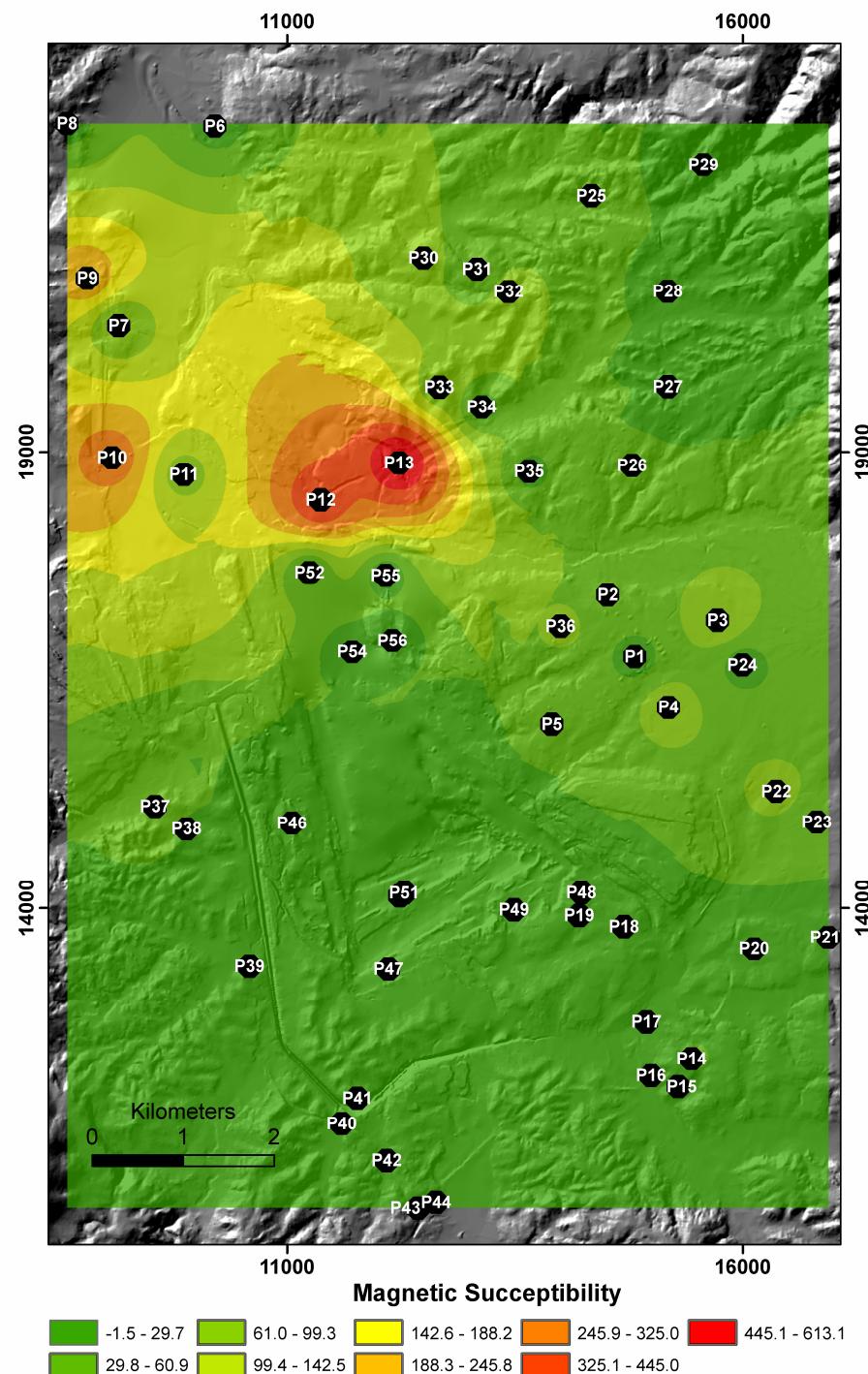
### **5.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ GIS**

Οι χάρτες που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια προέκυψαν από επεξεργασία των δεδομένων με την βοήθεια του GIS (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών).

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός χάρτης του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ. Ακολούθησε μετατροπή των συντεταγμένων, που ελήφθησαν κατά την δειγματοληψία των εδαφικών δειγμάτων, από WGS84 σε ΕΓΣΑ. Στην συνέχεια έγινε η παρεμβολή στα δεδομένα με την μέθοδο (inverse to a power). Τέλος έγινε υπέρθεση των χαρτών (σχ. 5.1 – 5.6) που προέκυψαν πάνω στο τοπογραφικό υπόβαθρο. Στο υπόμνημα κάθε χάρτη παρουσιάζεται η χρωματική κλίμακα με το αντίστοιχο για κάθε χρώμα εύρος μετρήσεων.

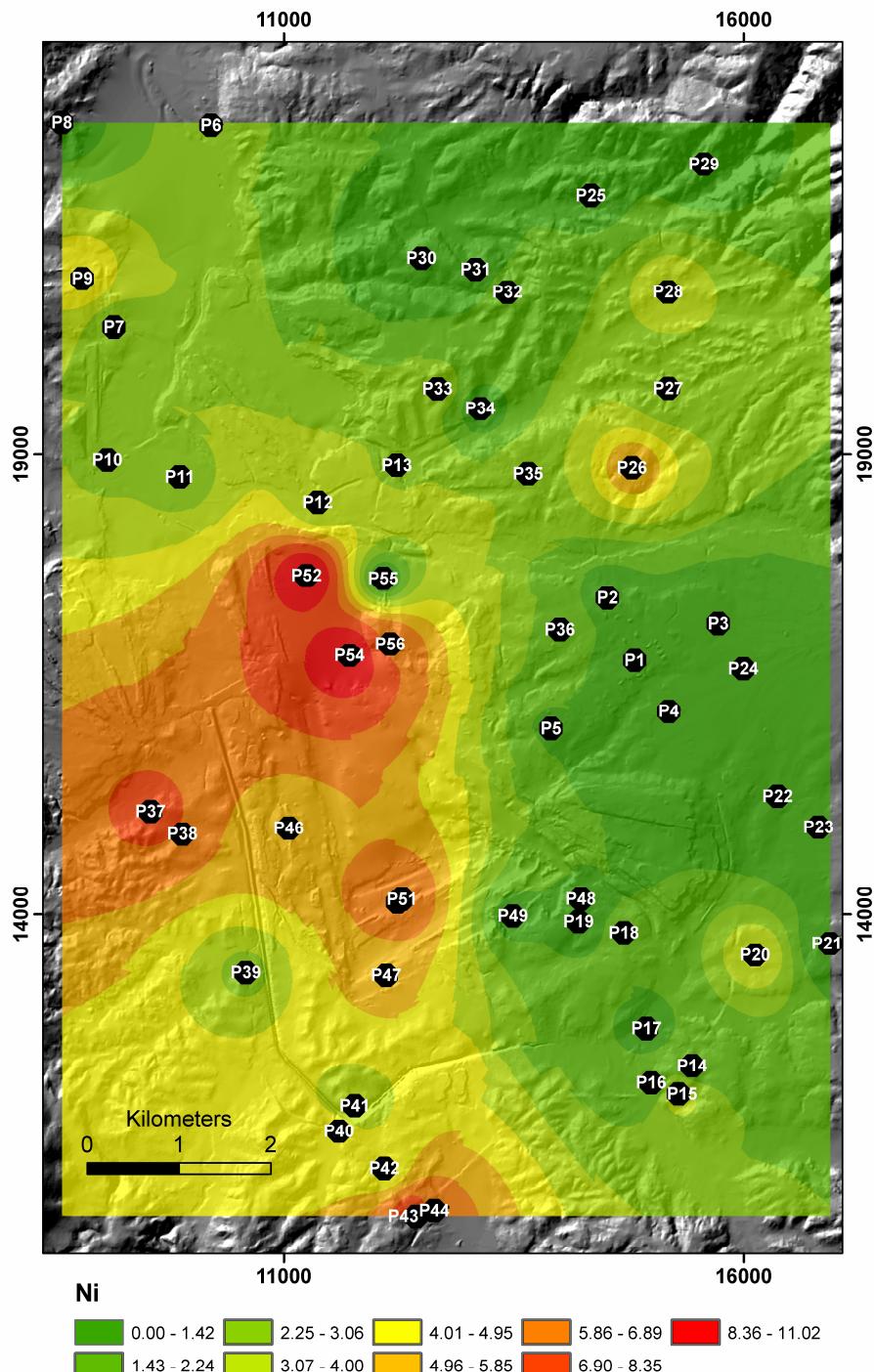
Στο σχήμα 5.1 εμφανίζεται η κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας (in-phase). Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στο ΒΔ τμήμα του χάρτη, ενώ παράλληλα εντοπίζεται μια μετατόπιση των τιμών αυτών σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Η κατανομή του νικελίου παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται γενικά προς τα δυτικά, ενώ κάποια τοπικά μέγιστα εμφανίζονται και σε βορειοαανατολική διεύθυνση. Στο επόμενο σχήμα (5.3) παρουσιάζεται η κατανομή του μόλυβδου με τις μέγιστες τιμές να συγκεντρώνονται στο ανατολικό τμήμα του χάρτη, αντίθετα σχεδόν με αυτές του νικελίου. Η κατανομή των τιμών του χαλκού (σχ. 5.40 παρουσιάζει σχετική ομοιότητα με αυτή της μαγνητικής επιδεκτικότητας, ως προς την διεύθυνση που εκτείνονται τα μέγιστα. Εντυπωσιακό είναι το τοπικό μέγιστο που παρουσιάζει το κάδμιο στο μέσο του ανατολικού τμήματος του χάρτη (σ. 5.5), ενώ η κατανομή του ψευδάργυρου παρουσιάζει γενικά αυξημένες τιμές σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



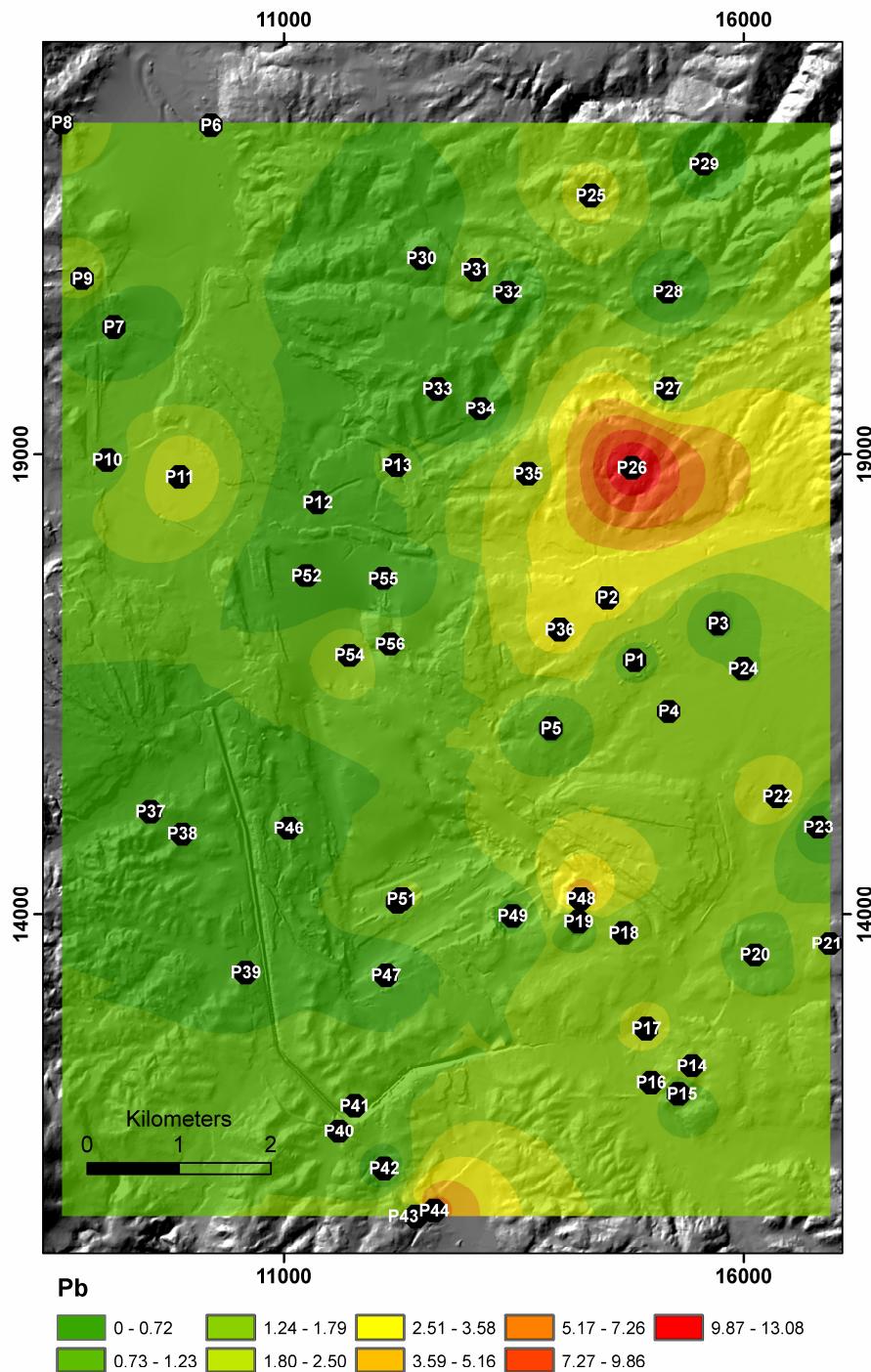
Σχήμα 5.1 Χάρτης κατανομής της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



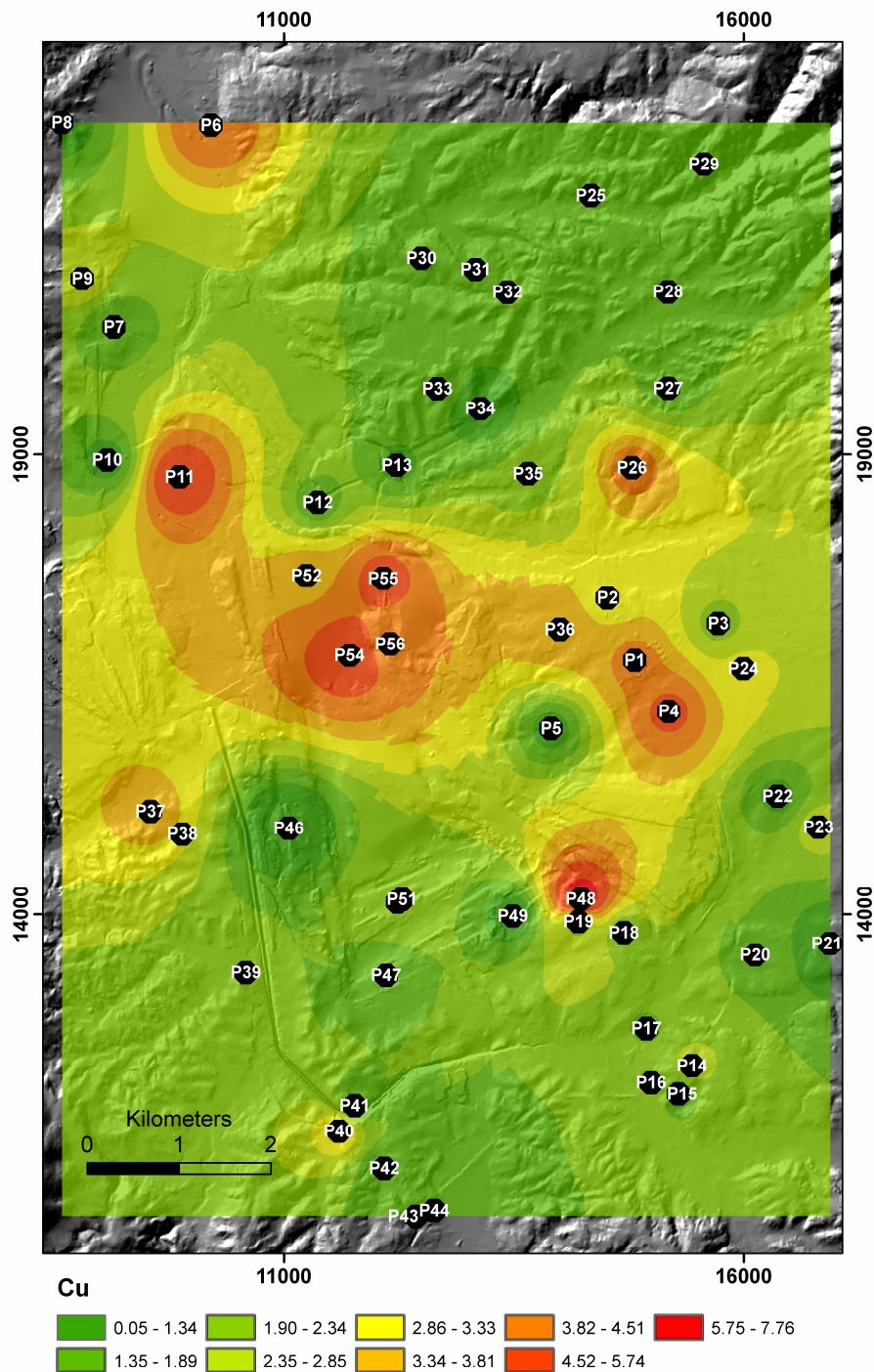
Σχήμα 5.2 Χάρτης κατανομής του νικελίου.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



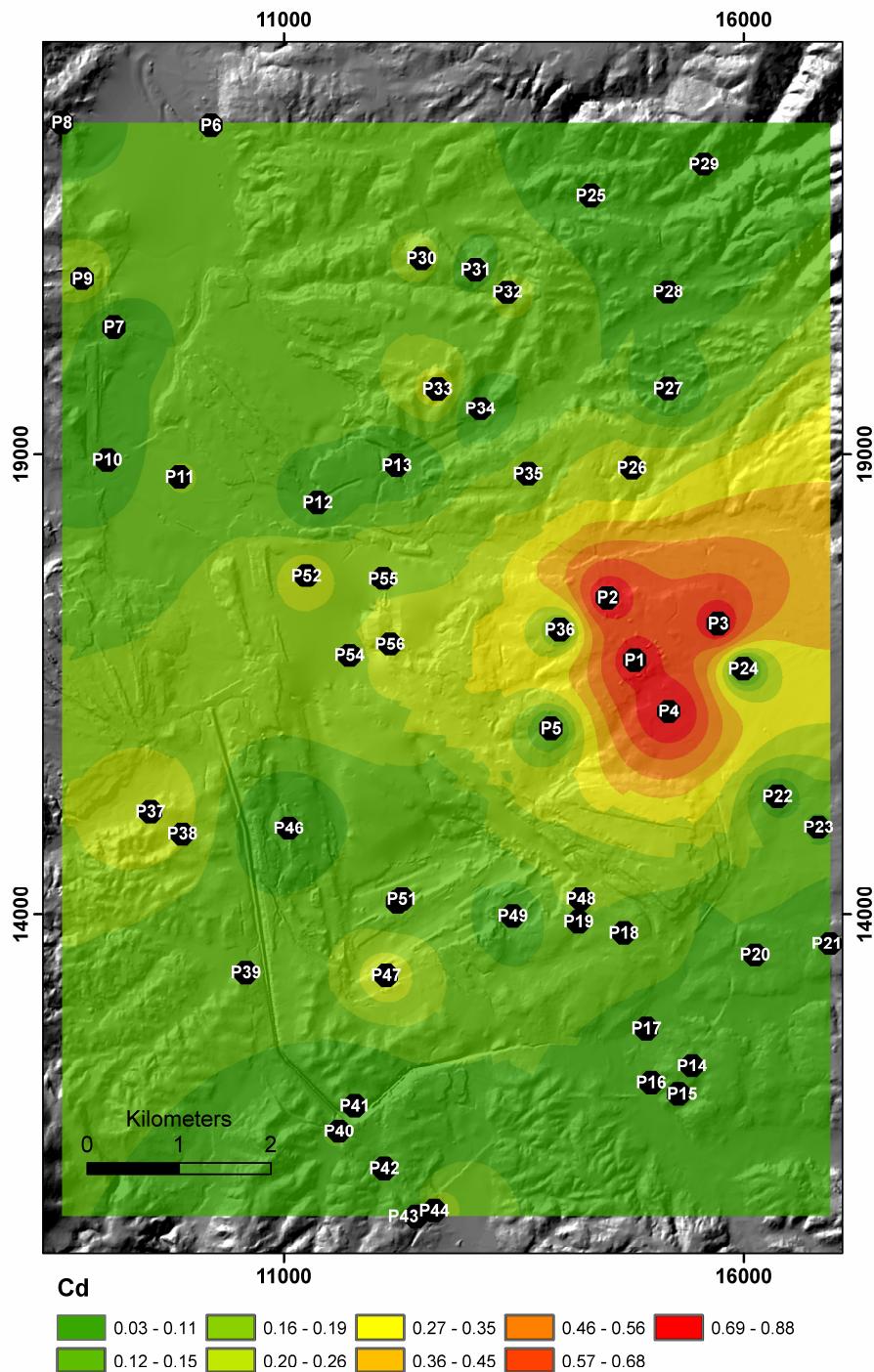
Σχήμα 5.3 Χάρτης κατανομής του μόλυβδου.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



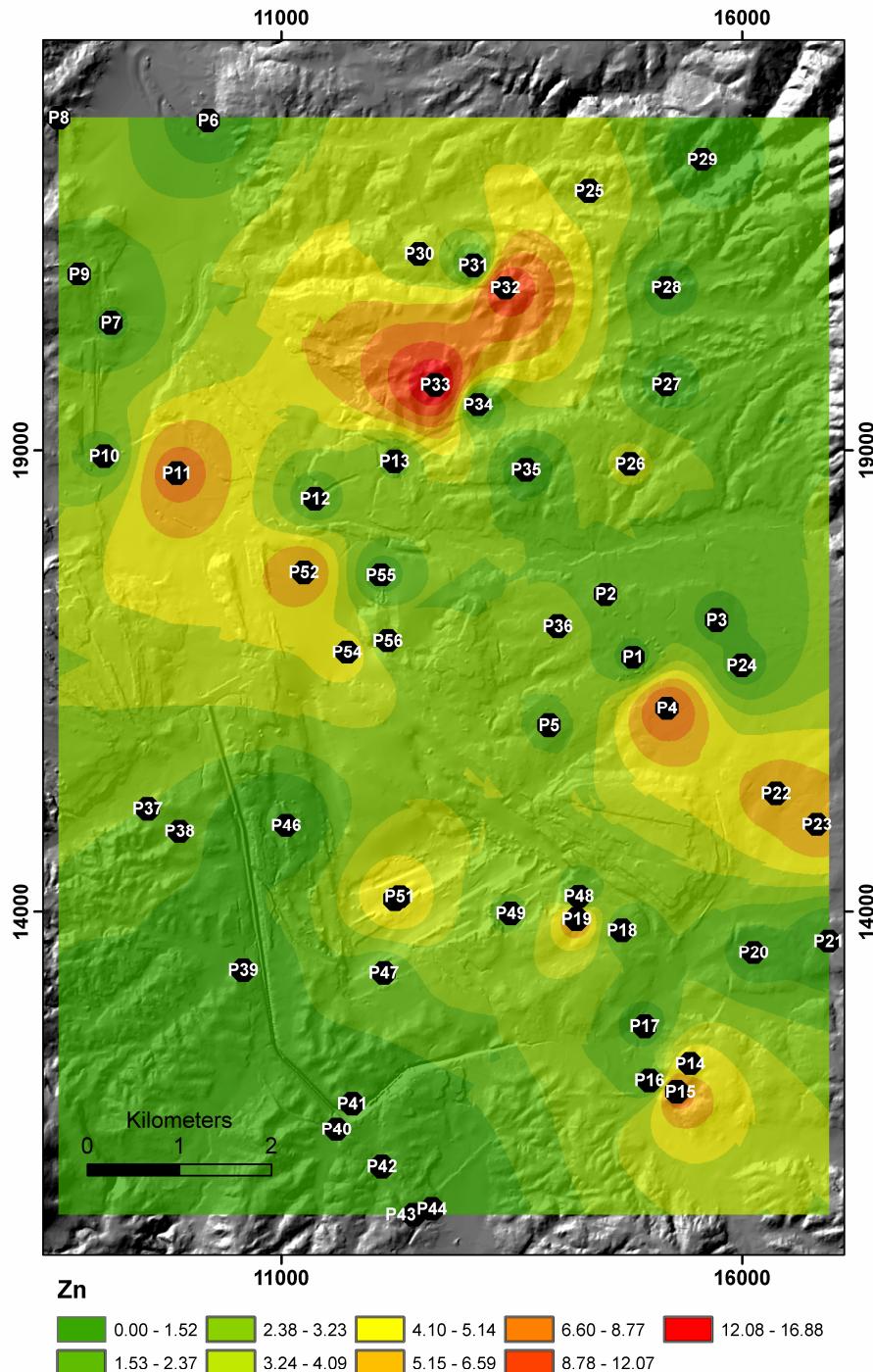
Σχήμα 5.4 Χάρτης κατανομής του χαλκού.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 5.5 Χάρτης κατανομής του κάδμιου.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 5.6 Χάρτης κατανομής του ψευδάργυρου.

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

### **4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ**

Με στόχο να συσχετιστούν οι μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή των βαρέων μετάλλων αλλά και να ερμηνευτούν τα αποτελέσματα κατασκευάστηκε αρχικά ο χάρτης του σχήματος 5.7, ο οποίος παρουσιάζει το τοπογραφικό υπόβαθρο με υπέρθεση της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Παρουσιάζονται όλα τα πεδία (ενεργά και μη) εξόρυξης λιγνίτη (Κυπαρισσίων, Θωκνίας, Μαραθούσας και Χωρέμη) καθώς και η θέση της πόλεως Μεγαλόπολη. Επίσης παρουσιάζονται οι δύο μεγάλοι ποταμοί που διαρρέουν την περιοχή (Αλφειός και Ελισσώνας). Οι μέγιστες τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας εντοπίζονται κατά την διεύθυνση των ορυχείων Κυπαρισσίων και Θωκνίας και φαίνονται να επεκτείνονται κατά την διεύθυνση ροής των ποταμών δηλαδή προς τα ΒΔ που είναι η διεύθυνση κατά την οποία ρέει ο Αλφειός και από δυτικά προς ανατολικά που είναι η διεύθυνση ροής του Ελισσώνα. Στο σχήμα 5.8 παρουσιάζονται οι κατανομές χαμηλής και υψηλής επιδεκτικότητας, καθώς και ο συντελεστής εξάρτησης της επιδεκτικότητας από την συχνότητα, οι οποίες γενικά μοιάζουν. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζεται και η συσχέτιση χαμηλής και υψηλής επιδεκτικότητας, η οποία παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση ( $>0.75$ ) στο σύνολο του χάρτη, εκτός από την περιοχή της Μεγαλόπολης (?).

Με στόχο να εκτιμηθεί η σχέση των κατανομών μαγνητικής επιδεκτικότητας και βαρέων μετάλλων έγινε προσπάθεια να εφαρμοστεί συσχέτιση και στην συνέχεια απεικόνιση των αποτελεσμάτων της. Για την συσχέτιση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ORIGIN PRO και για την απεικόνιση το Sufer. Οι χάρτες παρουσιάζονται στα σχήματα 5.9 – 5.13. Η συσχέτιση της πραγματικής επιδεκτικότητας με το κάδμιο (σχ. 5.9) παρουσιάζει υψηλές τιμές ( $>0.75$ ) σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και χαμηλές τιμές στο υπόλοιπο του χάρτη. Οι συσχετίσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας με τον χαλκό (σχ. 5.10) και το νικέλιο (σχ. 5.11) μοιάζουν εξαιρετικά. Είναι υψηλές ( $>0.75$ ) σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και παρουσιάζουν μέση τιμή 0.5-0.6 στο υπόλοιπο τμήμα του χάρτη. Τέλος οι συσχετίσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο μοιάζουν επίσης πολύ μεταξύ τους. Επίσης παρουσιάζουν υψηλές τιμές σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέση τιμή στο υπόλοιπο της περιοχής.

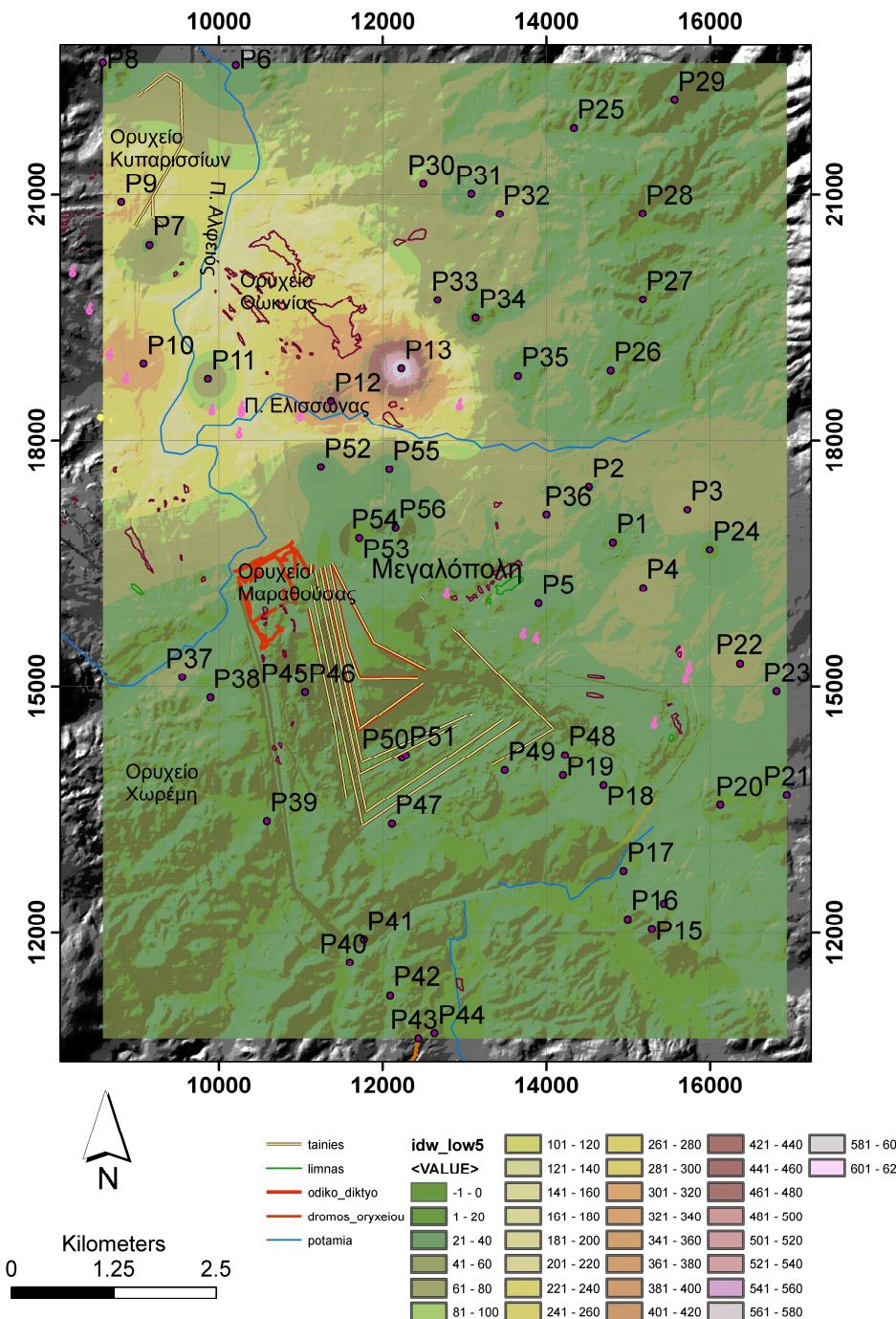
## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Προκειμένου να σχηματίσουμε μια συνολική εικόνα για την σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας – βαρέων μετάλλων και των φυσικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα παρακάτω:

- Η Νεογενής λεκάνη της Μεγαλόπολης χαρακτηρίζεται γενικά από οιμαλή τοπογραφία και στο εσωτερικό της δεν συγκεντρώνονται στάσιμα νερά. Περιβάλλεται γενικά από ορεινούς όγκους.
- Ο κυριότερος κλάδος του υδρογραφικού δικτύου είναι ο Αλφειός ποταμός, με αμέσως μεγαλύτερο παραπόταμο τον Ελισσώνα. Ο Αλφειός παρουσιάζει διεύθυνση ροής από ΝΝΑ-ΒΒΔ. Το γεγονός αυτό μπορεί πιθανότατα να σχετιστεί με την κατανομή των τιμών της μαγνητικής επιδεκτικότητας, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλές τιμές στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης, εκεί δηλαδή που συναντά ο Ελισσώνας τον Αλφειό αλλά και εξέρχεται επίσης ο Αλφειός από την λεκάνη.
- Η λεκάνη της Μεγαλόπολης οριοθετείται κυρίως από ρήγματα γενικής διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ αλλά και Α-Δ (σχ. 5.14). Η κατανομή των υψηλών τιμών της μαγνητικής επιδεκτικότητας, του χαλκού και του ψευδάργυρου δείχνουν ομοιότητα με την γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ των ρηγμάτων.

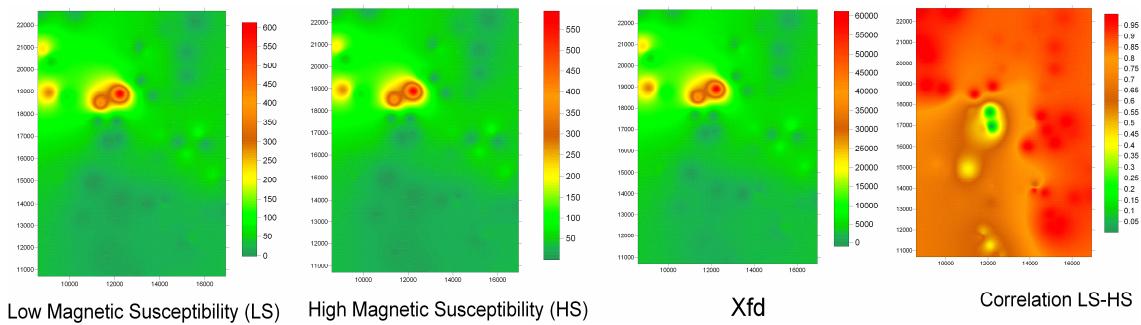
Δεν θα μπορούσαμε να ολοκληρώσουμε την ενότητα της παρουσίασης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων χωρίς μια γενική εκτίμηση για το επίπεδο των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στην περιοχή της παρούσας εργασίας. Σε αυτή την εκτίμηση μεγάλη βοήθεια δίνουν οι πίνακες 5.1, 5.2 και 5.3 που παρουσιάζουν τα φυσιολογικά αλλά και επικίνδυνα επίπεδα συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων. Από την μελέτη των πινάκων και με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων συμπεραίνεται ότι ο μόλυβδος και το νικέλιο παρουσιάζουν τοπικά αυξημένες συγκεντρώσεις πάνω από τα φυσιολογικά επίπεδα, ενώ η συγκέντρωση του καδμίου παρουσιάζει τις υψηλές τιμές της στην αστική περιοχή της, οι οποίες είναι οριακές σε σχέση με τα φυσιολογικά επίπεδα.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

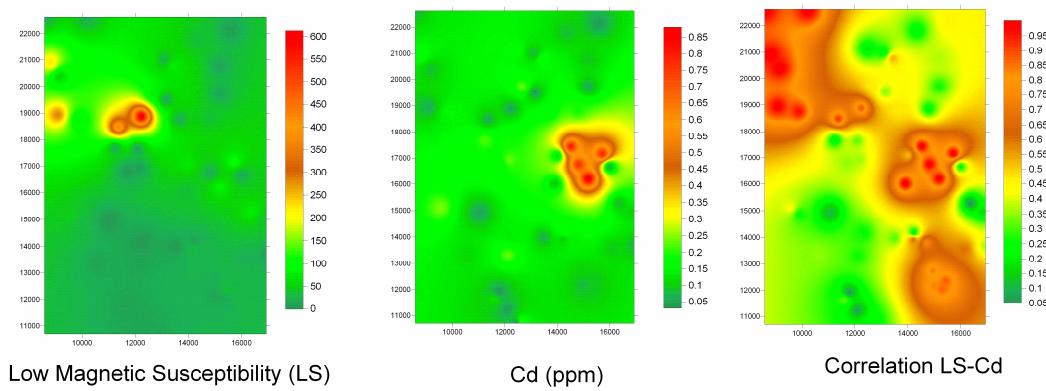


Σχήμα 5.7 Χάρτης της μαγνητικής επιδεκτικότητας, όπου παρουσιάζονται οι θέσεις των ενεργών ορυχείων λιγνίτη.

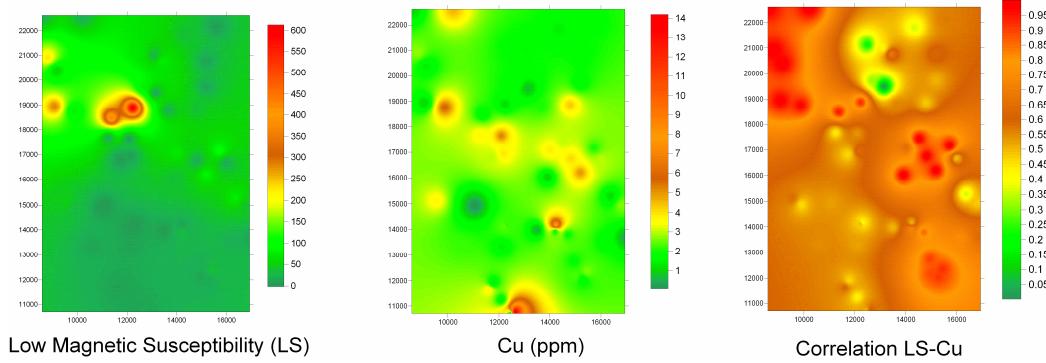
## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΔΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ



Σχήμα 5.8 Χάρτης επιδεκτικότητας χαμηλής και υψηλής συχνότητας, ο συντελεστής εξάρτησης της επιδεκτικότητας από την συχνότητα και η συσχέτιση χαμηλής και υψηλής συχνότητας.

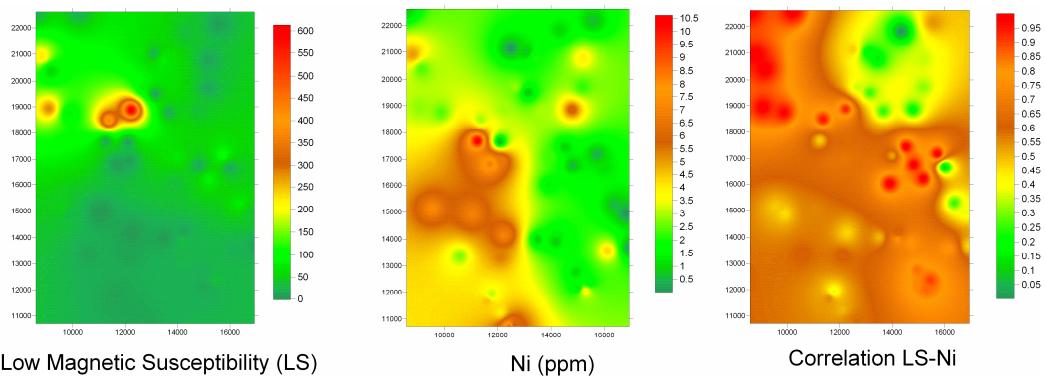


Σχήμα 5.9 Η συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή του καδμίου.

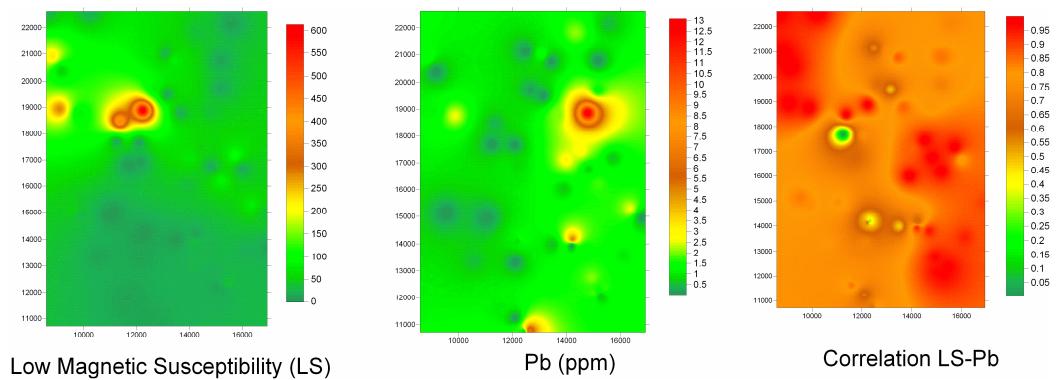


Σχήμα 5.10 Η συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή του χαλκού.

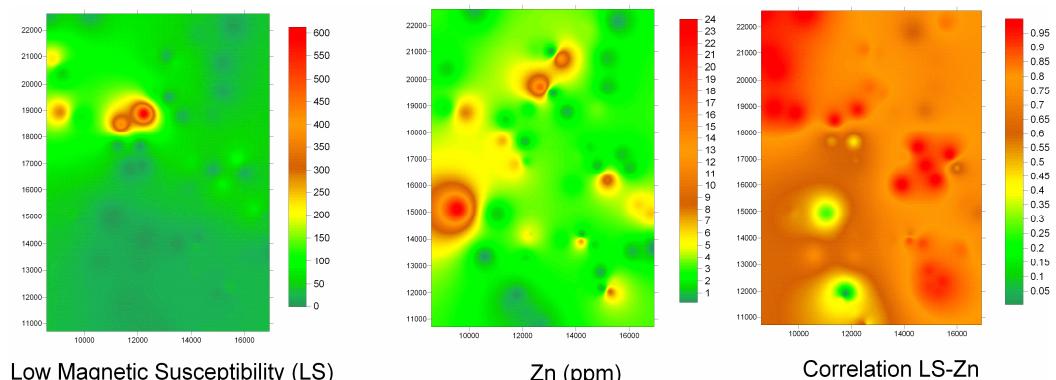
**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΔΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 5.11 Η συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή του νικελίου.

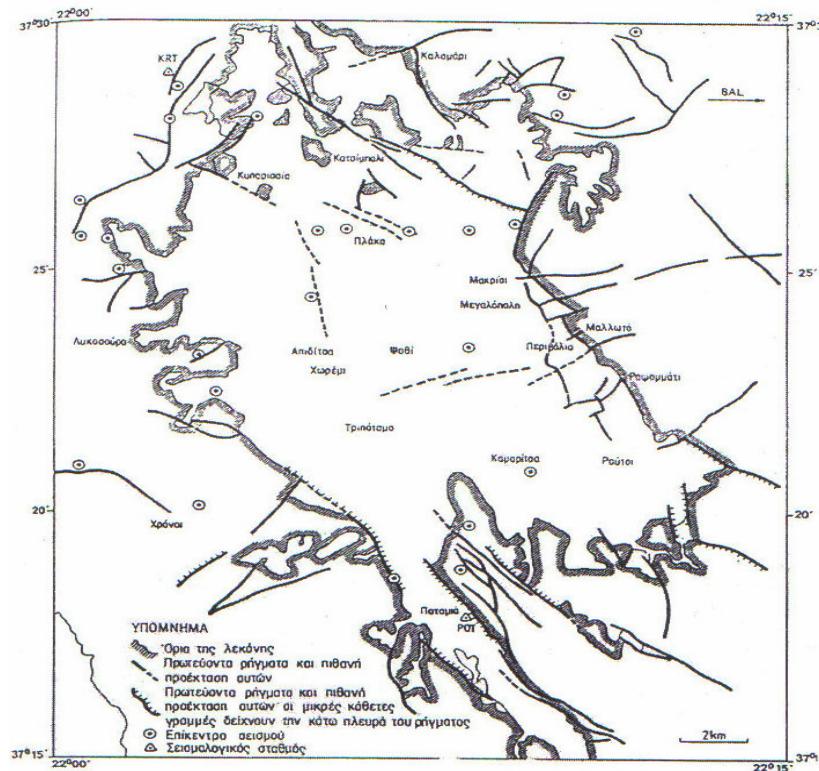


Σχήμα 5.12 Η συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή του μόλυβδου.



Σχήμα 5.13 Η συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με την κατανομή του ψευδάργυρου.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Σχήμα 5.14: Χάρτης των κύριων ρηγμάτων και των επικέντρων των σεισμών Φεβρουαρίου-Αυγούστου 1980 (Παπαδόπουλος, 1985).

Πίνακας 5.1 Όρια χαρακτηρισμού εδάφους για τοποθέτηση του σε χώρους υγειονομικής ταφής. (από Μανιό Θ.)

Μέταλλα (mg/kg) ή ppm	Αδρανή	Μη Επικίνδυνα	Επικίνδυνα
<b>Cd</b>	0,04	1	5
<b>Cu</b>	2	50	100
<b>Ni</b>	0,4	10	40
<b>Pb</b>	0,5	10	50
<b>Zn</b>	4	50	200

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

Πίνακας 5.2 Οι προτεινόμενες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων από την Ευρωπαϊκή Ένωση ανάλογα με το PH του εδάφους (Gawlik and Bidoblio, 2006).

*Table 4 –Proposal for threshold values in function of soil pH.*

Concentrations are expressed in mg/kg d.m.

Element	Directive 86/278/EEC	$5 \leq pH < 6$	$6 \leq pH < 7$	$pH \geq 7$
	$(6 < pH < 7)$			
Cd	1 – 3	0.5	1	1.5
Cr	*/*	50	75	100
Cu	50 - 140	40	50	100
Hg	1 – 1.5	0.2	0.5	1.0
Ni	30 – 75	30	50	70
Pb	50 – 300	50	70	100
Zn	150 – 300	100	150	200

Πίνακας 5.3

ΟΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ (USEPA, 1989)

Κατά τη δοκιμή TCLP		Κατά τη δοκιμή ΕΡ	
Ουσία	Μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση (mg/l)	Ουσία	Μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση (mg/l)
Βενζόλιο	0.5	Αρσενικό	5
Τετραχλωράνθραξ	0.5	Βάριο	100
Χλωριδάνιο	0.03	Κάδμιο	1
Χλωροβενζόλιο	100	Χρώμιο	5
Χλωροφόρμιο	6	Μόλυβδος	5
Κρεζόλιο	200	Υδράργυρος	0.2
1,4-Διχλωροβενζόλιο	7.5	Σελήνιο	1
1,2-Διχλωροαιθάνιο	0.5	Άργυρος	5
1,1-Διχλωροαιθυλένιο	0.7	Ενδρίνη	0.02
2,4-Δινιτροτολουόλιο	0.13	Λινδάνιο	0.4
Επταχλώριο	0.008	Μεθοξυχλώριο	10
Εξαχλωροβουταδιένιο	0.5	Τοξαφαίνιο	0.5
Εξαχλωροβενζόλιο	0.13	2,4 D	10
Εξαχλωροαιθάνιο	3.0	2,4,5 T-Silvex	1
Μεθυλ-αιθυλ-κετόνη	200		
Νιτροβενζόλιο	2		
Πενταχλωροφαινόλη	100		
Πυριδίνη	5		
Τετραχλωροαιθυλένιο	0.7		
Τριχλωροαιθυλένιο	0.5		
2,4,5-Τριχλωροφαινόλη	400		
2,4,6-Τριχλωροφαινόλη	2		
Χλωριούχο βινύλιο	0.2		

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας εφαρμόστηκαν η μέθοδος της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε συνδυασμό με προσδιορισμούς βαρέων μετάλλων, με στόχο να διερευνηθούν οι διευθύνσεις μεταφοράς των ρύπων, εν μέρει οι παράγοντες που υποβοηθούν στην διάδοση και το σημαντικότερο η κατανομή των βαρέων μετάλλων σε σχέση με την μαγνητική επιδεκτικότητα. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης έρευνας ξεκίνησε με την συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων σχετικά με την περιοχή της παρούσας έρευνας. Ακολούθησε επί τόπου επίσκεψη και δειγματοληψία από επιλεγμένες αλλά και προσβάσιμες περιοχές. Στην συνέχεια αφού έγινε προετοιμασία των δειγμάτων (ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου και καθαρισμός) προσδιορίστηκε η μαγνητικής επιδεκτικότητα κατά μάζα (in phase και quadrature) και τα δείγματα αναλύθηκαν για να προσδιοριστούν οι περιεκτικότητες, καδμίου, νικελίου, χαλκού, μόλυβδου και ψευδάργυρου. Τέλος τα αποτελέσματα χαρτογραφήθηκαν και απεικονίστηκαν σε GIS. Επιπλέον έγινε συσχέτιση της μαγνητικής επιδεκτικότητας με κάθε μετάλλο.

### **6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ**

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

- Οι κατανομές της μαγνητικής επιδεκτικότητας, του χαλκού και του ψευδάργυρου φαίνονται να σχετίζονται με την παρουσία του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή, υποβοηθούμενες από το τεκτονικό δίκτυο διεύθυνσης κυρίως ΒΔ-ΝΑ.
- Οι κατανομές του νικελίου, μόλυβδου και καδμίου εμφανίζονται σε διαφορετικές διευθύνσεις, αλλά και πάλι οι υψηλές τιμές τους εντοπίζονται στα όρια της λεκάνης.
- Η συσχέτιση των βαρέων μετάλλων με την μαγνητική επιδεκτικότητα είναι ικανοποιητική.
- Οι αναλύσεις των βαρέων μετάλλων και η σύγκριση τους με τις διεθνείς προδιαγραφές δείχνουν ελαφρά αυξημένες τιμές για το

## **ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

μόλυβδο και το νικέλιο, ενώ τάση αύξησης παρουσιάζει το κάδμιο στην αστική περιοχή της Μεγαλόπολης.

- Τα αποτελέσματα της συσχέτισης των βαρέων μετάλλων με την μαγνητική επιδεκτικότητα δείχνουν ότι η μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί για την ανίχνευση και παρακολούθηση της ρύπανσης του εδάφους από βαρέα μέταλλα.

### **6.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

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

- Το ενδιαφέρον να επικεντρωθεί στο ΒΔ και ΝΑ τμήμα της λεκάνης της Μεγαλόπολης, με έμφαση στην αστική περιοχή.
- Πυκνότερο δίκτυο δειγματοληψίας και από διαφορετικά βάθη του επιφανειακού εδαφικού ορίζοντα.
- Περεταίρω μαγνητικές αναλύσεις.
- Πιθανότατα να πρέπει να ληφθούν και υγρά δείγματα.
- Να ερευνηθεί η σχέση των συγκεντρώσεων χαλκού-νικελίου και μόλυβδου-ψευδάργυρου.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**BΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Γαλανόπουλος Α., 1981, Οι βλαβεροί σεισμοί και το δυναμικό της Ελλάδος, *Annales Geologiques Des Pays Helleniques*, Αθήνα.
2. Ενημερωτικό Φυλλάδιο για τη Δ.Ε.Η. «Διεύθυνση Εκπαίδευσεως», 1995.
3. Θεριός, I., 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις Δεδούση, ISBN 960-7411-01-3.
4. Καράταγλης, Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text, ISBN 960-312-009-X.
5. Παπαδόπουλος Τ., 1985, Γεωφυσικές έρευνες στην περιοχή της λεκάνης Μεγαλόπολης, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
6. Παπαζάχος Β. & Παπαζάχου Κ., 1989, Οι σεισμοί της Ελλάδος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
7. Παπαγεωργίου, Μελπομένη, 1998. "Πέντε ιχνοστοιχεία που έχουμε ανάγκη", Περιοδικό Vita, τεύχος 10, σελ. 48.
8. 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).
9. Ρουμπελάκη – Αγγελάκη, Καλλιόπη, 2003. Φυσιολογία Φυτών – από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης , ISBN 960-524-168-4.
10. Τσικαλάς, Π., 2003. Θρέψη φυτών – Γονιμότητα εδαφών. ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.
11. Φουκαράκη, Σοφία 2005. Διακύμανση της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων σε οργανικά υλικά ανάλογα με την τοποθέτηση τους στο έδαφος. Πτυχιακή διατριβή, ΣΤΕΓ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.
12. Φουντούλης I., 2000, Νεοτεκτονική εξέλιξη της κεντροδυντικής Πελοποννήσου, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
13. Alloway, B.J. (ed), 1990. Heavy metals in soils, Glasgow, *Blackie*, 1-339.
14. Bhathal, R.S. and Stacey F.D., 1969, Frequency independence of low field susceptibility of rocks, *J. Geophys. Res.* 74, 2025-7.
15. Boyko, T., Scholger, R., Stanjek, H., MAGPROX Team, 2004, Topsoil magnetic susceptibility mapping as a tool for pollution monitoring

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΝΙΔΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

- repeatability of in situ measurements, *Journal of Applied Geophysics* 55, 249-259.
16. Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. *The Nature and Properties of Soils*. 12<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, ISBN 0-13-852444-0.
17. 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.
18. 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.
19. 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).
20. Fergusson, J.E., 1990. *The Heavy Elements: Chemistry, environmental impact and health effects*. Pergamon Press. ISBN 8-08-040275-5.
21. 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.
22. 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.
23. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., 1999. *Soil Fertility and Fertilizers – An Introduction to Nutrient Management*. 6<sup>th</sup> edition. Prentice Hall, New Jersey. ISBN 0-13-626806-4.
24. 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.
25. 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.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

26. Kambata-Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace elements in soils and plants, *Boca Raton*, FL, CRC Press, 1-380.
27. Lars, J., 2003. Hazards of heavy metal contamination . *British Medical Bulletin*, vol. 68, no. 1, pp. 167-182(16), Oxford University Press.
28. Linton, R.W., Natusch, D.F.S., Solomon, 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.
29. 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.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

36. Snoek, J.L., 1948, Dispersion and absorption in magnetic ferrites at frequencies above one megacycle, *Physica* 14, 207-17.
37. 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.
38. Thompson, R. and Oldfield, F., 1986, Environmental Magnetism, Allen &Unwin Ltd.
39. 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.
40. 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.
41. www.Dei.gr
42. [www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm)
43. [www.arkadia.gr](http://www.arkadia.gr)
44. <http://eed.stef.teicrete.gr/labs/epsl/lignitis.htm>
45. www.rae.gr/SUB3/3B/3b3.htm

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ**



Φωτογραφία 1



Φωτογραφία 2



Φωτογραφία 3

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Φωτογραφία 4



Φωτογραφία 5



Φωτογραφία 6

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Φωτογραφία 7



Φωτογραφία 8



Φωτογραφία 9

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**



Φωτογραφία 10



Φωτογραφία 11



Φωτογραφία 12

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ**

**ΧΑΡΤΕΣ**

