

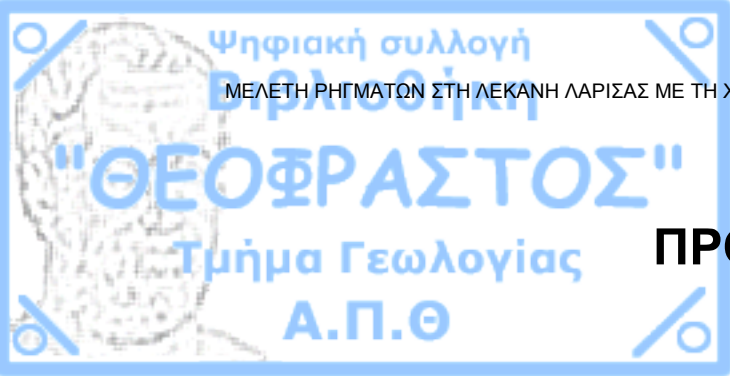
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



«ΜΕΛΕΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΑΣ ΑΜ 3660
ΦΟΙΤΗΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΕΠΙ ΠΤΥΧΙΟ
ΔΙΠΛ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Π.Π.



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που αποτελεί την τελική εργασία για την απόκτηση του πτυχίου Γεωλόγου από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σκοπό έχει να συμβάλει κατά ένα ποσοστό στη διερεύνηση του φαινομένου των εμφανίσεων εδαφικών ρωγμών στην ανατολική Θεσσαλία, με την εφαρμογή των γεωηλεκτρικών μεθόδων στην περιοχή για να αποκαλυφθεί το γεωλογικό υπόβαθρο των εδαφικών ρωγμών.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν επί τόπου επισκέψεις στην περιοχή αυτή διερευνώντας την έκταση του φαινομένου φωτογραφίζοντας και μετρώντας επί τόπου τις εκάστοτε εμφανίσεις των ρηγμάτων. Για την ολοκληρωμένη εικόνα των γεωμορφολογικών – υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής, συνοψίζονται και στοιχεία που αφορούν την στρωματογραφική και γεωλογική σύσταση της περιοχής καθώς και τα ιδιαίτερα υδρογεωλογικά στοιχεία που εμφανίζονται.

Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. και ιδιαίτερα τους κ. Π. Τσούρλο Λέκτορα και κ. Σπ. Παυλίδη Καθηγητή για τη βοήθεια που μου πρόσφεραν.

ΜΕ ΕΚΤΙΜΗΣΗ
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΑΣ

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Τμήμα Γεωλογίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΑΡΑΓΡ.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΕΛΙΔΑ
	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ΟΝ} ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ		
1.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1.	ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ΟΝ} ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ		
2.1.	ΓΕΝΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	10
2.2.	ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	10
2.3.	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	13
2.3.1.	ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	13
2.3.2.	ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ	14
2.3.3.	ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	15
2.4.	ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	15
2.4.1.	ΜΟΛΑΣΣΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	16
2.4.2.	ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	16
2.4.2.	ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	16
2.4.3.	ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	17
2.4.3.	ΟΛΟΚΑΙΝΟ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ΟΝ} ΥΔΑΤΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ		
3.1.	ΓΕΝΙΚΑ	20
3.2.	ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΗΣ	21
3.3.	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	22
3.3.1.	ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΕΚΤΑΣΗ	22
3.3.2.	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ	22
3.4.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	22
3.5.	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	23
3.6.	ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	24

3.6.1.	ΟΡΙΑ	24
3.6.2.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ	24
3.6.3.	ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ	24
3.6.4.	ΥΔΑΤΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	24
3.6.5.	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ	24
3.6.6.	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ	24
3.6.7.	ΥΔΑΤΙΝΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	25
3.6.8.	ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ	25
3.6.9.	ΥΔΑΤΙΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	25
3.6.10.	ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	26
3.7.	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	26
3.7.1.	ΟΡΙΑ	26
3.7.2.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ	27
3.7.3.	ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ	27
3.7.4.	ΥΔΑΤΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	27
3.7.5.	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ	27
3.7.6.	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ	27
3.7.7.	ΥΔΑΤΙΝΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	27
3.7.8.	ΥΔΑΤΙΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	27
3.7.9.	ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	27
3.8.	ΝΟΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ Η ΠΕΔΙΑΔΑ ΚΑΡΛΑΣ	28
3.8.1.	ΟΡΙΑ	28
3.8.2.	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ	28
3.8.2.	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ	29
3.8.3.	ΥΔΑΤΙΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	30
3.8.4.	ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ΟΝ} ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ		
4.1.	ΜΕΓΑΛΕΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ	33
4.2.	ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΝΕΡΓΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΛΑΡΙΣΗΣ	34

4.2.1.	ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΡΟΔΙΑΣ	34
4.2.2.	ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ	34
4.2.3.	ΕΝΕΡΓΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	35
4.2.4.	ΕΝΕΡΓΟΣ ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΖΩΝΗ ΝΟΤΙΑΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	35
4.3.	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	36
4.4.	ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	37
4.5.	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	38
4.6.	ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	43
4.6.1.	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΠΟΔΟΘΗΚΑΝ ΣΕ ΥΠΕΡΑΝΛΗΣΗ	43
4.6.2.	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΑΙΤΙΑ	44
4.6.3.	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΥΣ	44
4.6.4.	ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	45
4.7.	ΡΥΘΜΟΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ΟΝ} ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ		
5.1.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	52
5.2.	ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	53
5.3.	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕ ΨΕΥΔΟΤΟΜΗ	54
5.4.	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ	55
5.5.	ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	57
5.6.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	59
5.7.	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	60
5.8.	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ΟΝ} ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ		
6.1.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΗΞΕΩΝ	65
6.2.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ΟΝ}

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ΟΝ}

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία 15 χρόνια και συγκεκριμένα από το 1990 και μετά παρουσιάστηκαν εκτεταμένες εδαφικές ρωγμώσεις στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Λάρισας και ειδικότερα στην υπολεκάνη της Κάρλας.

Αυτές οι ρωγμές σήμερα εντοπίζονται στην περιοχή μεταξύ Λαρίσης και Βόλου και ειδικότερα στην ευρύτερη έκταση της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας και κυρίως στην περιοχή των οικισμών της Νίκαιας, Χάλκης, Αναγέννησης Μελίας, Μέλισσας, Νίκης, Κιλελέρ, Ριζομύλος, Στεφανοβίκειο.

Οι εδαφικές ρωγμώσεις υπάρχουν τόσο μέσα στους οικισμούς όσο και στην ευρύτερη περιοχή γύρω αλλά και ανάμεσα στους αναφερθέντες οικισμούς. Σε πολλές περιπτώσεις θέτουν σε άμεσο κίνδυνο την δομική ακεραιότητα των κατασκευών και συνεπώς την ασφάλεια των ενοίκων. Η ρηγμάτωση του εδάφους σήμερα συνεχίζεται με έντονο ρυθμό σε αρκετές περιοχές προξενώντας βλάβη στον φέρων οργανισμό των κτιρίων δημιουργώντας έτσι ανησυχία στους κατοίκους των παραπάνω περιοχών, ενώ επηρεάζεται επίσης η λειτουργία σημαντικών οδικών δικτύων. Εκφράζεται από ορισμένους επιστήμονες η άποψη να επηρεασθούν μελλοντικά περιοχές του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Λάρισας.

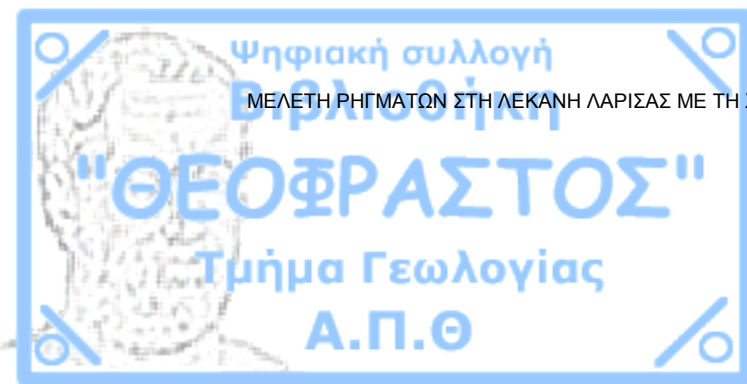
1.2. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Το φαινόμενο αυτό παρουσιάστηκε αρχικά σε περιορισμένη έκταση το 1990. Με τα χρόνια που ακολούθησαν οι εδαφικές ρωγμώσεις άρχιζαν να πολλαπλασιάζονται και να πρωτοεμφανίζονται και σε άλλες περιοχές κυρίως κατά την άνοιξη του 1993 αρχικά στους οικισμούς της Μελίας, Νίκης, του Νομού Λαρίσης και στους οικισμούς Στεφανοβίκειο και Ριζόμυλος του Νομού Μαγνησίας.

Από την πρώτη εμφάνιση αρχίζει συστηματική παρατήρησή του για χρονική περίοδο 24 μηνών με συνεχείς ανά μήνα παρατηρήσεις και μετρήσεις στις θέσεις εκδήλωσης των εδαφικών ρωγμώσεων που περιελάμβανε ολόκληρη

την Ανατολική Θεσσαλία.

Η έκταση και η συστηματικότητα εμφάνισης του φαινομένου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά και οι σημαντικές επιπτώσεις που προκαλεί στις κατασκευές και στα έργα υποδομής επέβαλε τη συστηματικότερη διερεύνηση του με στόχο την εξακρίβωση του γενεσιουργού αιτίου που προκαλεί την εκδήλωση του και ενδεχομένως συνδέεται με συμπίεση του εδάφους λόγω πτώσης του υδροφόρου ορίζοντα με σεισμικό ερπυσμό κατά μήκος ενεργών ρηγμάτων, χωρίς να αποκλείεται και η περίπτωση πρόδρομου φαινομένου ενός σεισμού, δεδομένης της ενεργού τεκτονικής κατάστασης της ευρύτερης περιοχής.



ΜΕΛΕΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ΟΝ}

ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ΟΝ}

ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Οι Ελληνίδες οροσειρές είναι τμήμα μιας μεγαλύτερης αλυσίδας βουνών και συμπεριλαμβάνονται στην Αλπική αλυσίδα βουνών. Η οροσειρά αυτή προήλθε από την σύγκρουση δύο ηπείρων, της Απουλίας και της Ευρασιατικής.

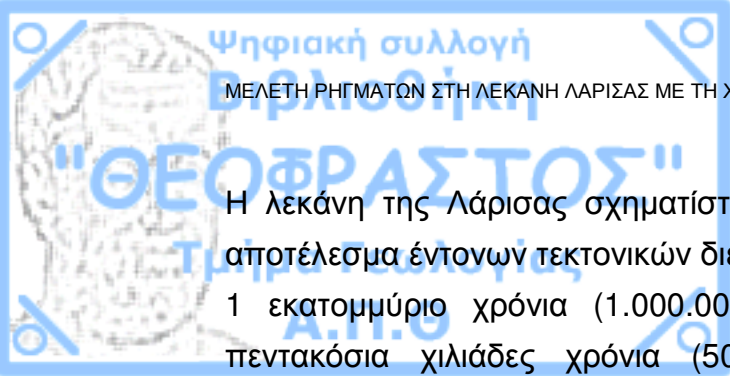
Οι Ελληνίδες οροσειρές και κατά συνέπεια η Ελληνική χερσόνησος δημιουργήθηκε από ένα τμήμα το οποίο ανήκε στην μία ήπειρο, μέρος της οποίας είναι οι εξωτερικές Ελληνίδες και ανήκουν στην Απουλία πλάκα, και οι εσωτερικές Ελληνίδες οι οποίες ανήκουν στην Ευρασιατική πλάκα. Οι Ελληνίδες οροσειρές στο σύνολό τους έχουν μία γενική διάταξη ΒΒΔ – ΝΝΑ και αποτελούνται από ζώνες με όμοια χαρακτηριστικά, οι οποίες αποκαλούνται και ισοπικές ζώνες.

Στην περιοχή αναπτύσσονται Μεταλτικοί και Αλπικοί σχηματισμοί δηλαδή:

- Τεταρτογενείς Μεταλτικοί σχηματισμοί,
- Νεογενείς Μεταλτικοί σχηματισμοί,
- Προαλπικοί σχηματισμοί, οι οποίοι ανήκουν στην Πελαγονική Ενότητα

2.2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Η περιοχή ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας και στο νομό Λάρισας, βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα και το νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης Ανατολικής Θεσσαλίας. Η λεκάνη της Λάρισας είναι ένα μεγάλο τεκτονικό βύθισμα με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ που αποτελεί το ανατολικό τμήμα της ευρύτερης λεκάνης της Θεσσαλίας και καλύπτεται από νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα.



Η λεκάνη της Λάρισας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου ως αποτέλεσμα έντονων τεκτονικών διεργασιών και διατηρήθηκε μέχρι πριν από 1 εκατομμύριο χρόνια (1.000.000) ως μια εκτεταμένη λίμνη. Πριν από πεντακόσια χιλιάδες χρόνια (500.000) χρόνια η λεκάνη της Λάρισας διαφοροποιήθηκε σημαντικά λόγω νέων τεκτονικών ανακατατάξεων και κλιματικών μεταβολών.

Στην περιοχή αναπτύσσονται διαφορετικές ενότητες γεωλογικών σχηματισμών.

- Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από τους αλπικής ηλικίας σχηματισμούς των ζωνών Πελαγονικής και Υποπελαγονικής (Μουντράκης, 1985) που εμφανίζονται στα περιθώρια της λεκάνης.

Ειδικότερα παρατηρούνται:

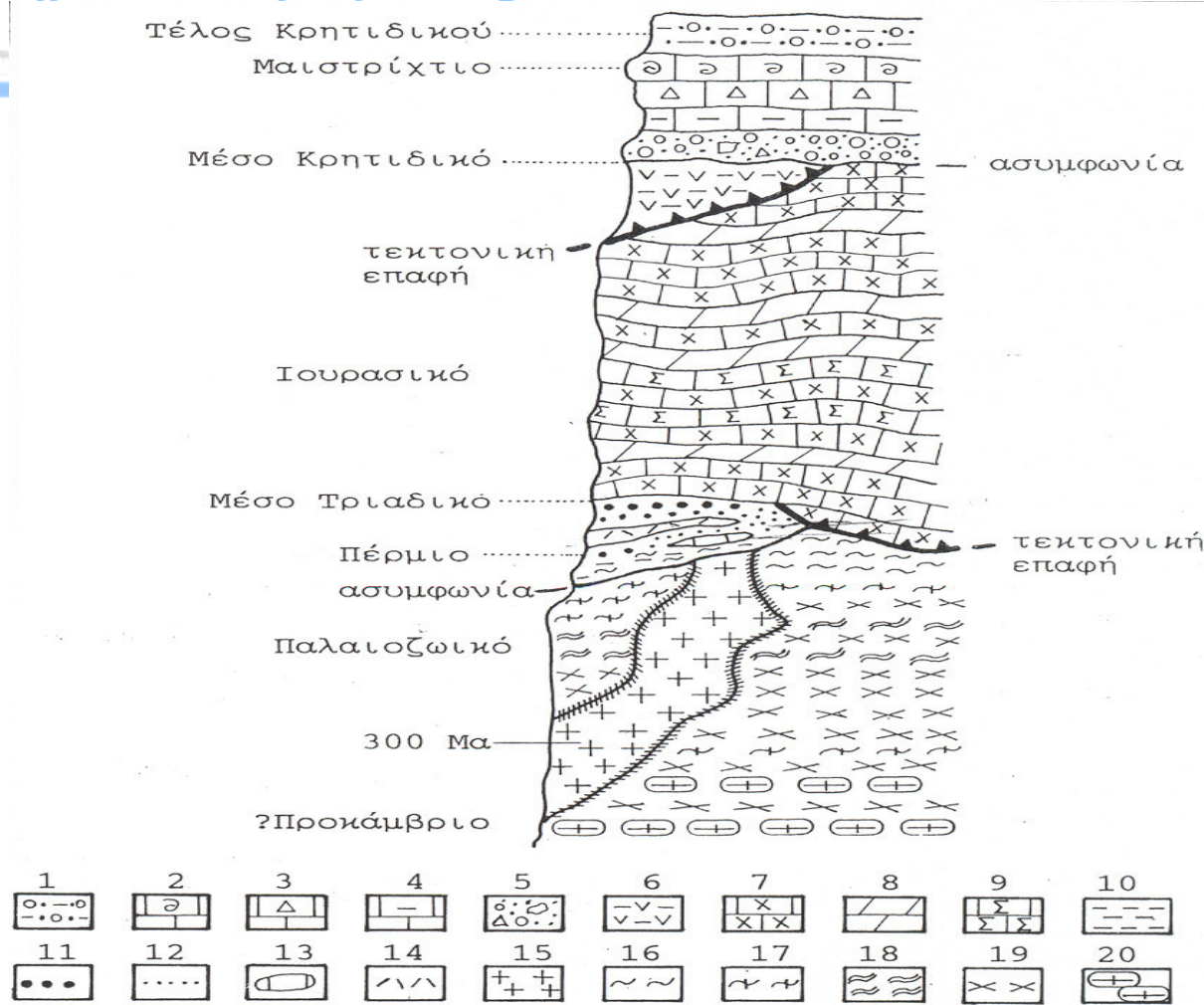
- Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, που αποτελείται από παλαιοζωϊκής ηλικίας γνεύσιους, αμφιβολίτες και αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, παρεμβολές απλιτογνευσίων και γρανιτικές διεισδύσεις.
- Το ανθρακικό κάλυμμα Τριαδικού - Ιουρασικού που αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες και δολομίτες. Οι οφειόλιθοι και τα συνοδά τους ιζήματα συναντώνται με τη μορφή μικρών τεκτονικών καλυμμάτων στα νότια περιθώριά της.
- Ανω κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης ηλικίας Αν. Κρητιδικού - Ηωκαίνου.

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Τμήμα Γεωλογίας

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ



ΕΠΙΚΛΥΣΙΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ ΜΕΣΟΥ – ΑΝΩ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟΥ

- | | |
|----|--|
| 1: | ΦΛΥΣΧΗΣ. ΑΝΩ ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟΥ – ΚΑΤΩ ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟΥ. |
| 2: | ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟΥ. |
| 3: | ΜΙΚΡΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ. |
| 4: | ΜΑΡΓΑΪΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ. |
| 5: | ΚΡΟΚΑΛΟ – ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ. |
| 6: | ΟΦΕΙΟΛΙΘΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΟΔΑ ΠΕΛΑΓΙΚΑ ΠΕΛΑΓΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ. |

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΚΑΛΥΜΜΑΤΩΝ ΤΡΙΑΔΙΚΟΥ - ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΥ

- | | |
|----|---|
| 7: | ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ ΚΑΙ ΜΑΡΜΑΡΑ . |
| 8: | ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ. |
| 9: | ΣΙΠΟΛΙΝΕΣ. |

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΛΑΣΤΙΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΡΜΙΟΥ – ΚΑΤΩ ΤΡΙΑΔΙΚΟΥ

- | | |
|-----|--------------------------------|
| 10: | ΜΕΤΑ – ΠΕΛΙΤΕΣ ΦΥΛΛΙΤΕΣ. |
| 11: | ΧΑΛΑΖΙΑΚΑ, ΜΕΤΑ – ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ. |

12:	ΜΕΤΑ – ΨΑΜΜΙΤΕΣ, ΜΕΤΑ – ΑΡΚΟΖΕΣ.
13:	ΦΑΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ.
14:	ΜΕΤΑ – ΡΥΟΛΙΘΟΙ, ΜΕΤΑ – ΤΟΦΟΙ.
15:	ΓΝΕΥΣΙΩΜΕΝΟΙ ΓΡΑΝΙΤΕΣ ΑΝΩ ΛΙΘΑΝΘΡΑΚΟΦΟΡΟΥ.
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣΧΙΣΤΩΔΟΥΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΠΑΛΑΙΟΖΩΪΚΗΣ Η ΚΑΙ ΠΡΟ – ΚΑΜΒΡΙΑΣ ΗΛΙΚΙΑΣ.	
16:	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ (ΧΛΩΡΙΤΙΚΟΙ, ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟΙ , ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΙΚΟΙ, ΕΠΙΔΟΤΙΤΙΚΟΙ)
17:	ΔΙΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟΙ – ΓΡΑΝΑΤΟΥΧΟΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ
18:	ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΕΣ
19:	ΓΝΕΥΣΙΟΙ
20:	ΟΦΘΑΛΜΟΓΝΕΥΣΙΟΙ

Το κεντρικό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από Νεογενή, Τεταρτογενή και Ολοκαινικά ιζήματα. Ειδικότερα συναντώνται:

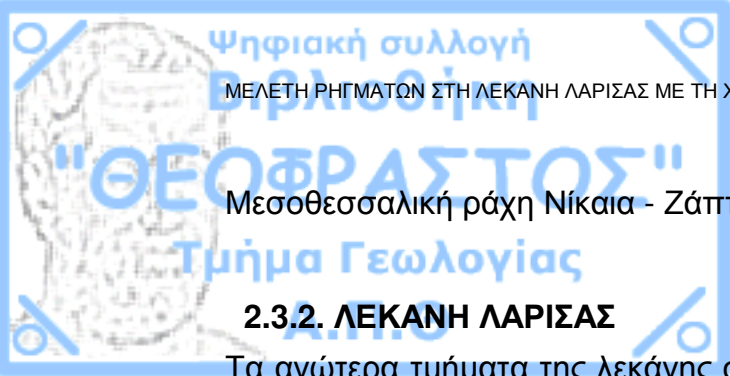
- Λιμναία ιζήματα ηλικίας Μειοκαίνου που περιλαμβάνουν μάργες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.
- Ποταμολιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις ηλικίας Πλειοκαίνου Πλειστοκαίνου.
- Ολοκαινικές αποθέσεις που περιλαμβάνουν κυρίως αλουβιακά ιζήματα και κώνους κορριμάτων με πάχος που κυμαίνεται από 20-30 m στα περιθώρια και φτάνει τα 200-3.000 m στο κέντρο της λεκάνης.

2.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

2.3.1. ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί του Ελλαδικού χώρου περιλαμβάνουν στρώματα που είναι ασύμφωνα πάνω στην αλπική δομή, ανήκουν στην οπισθοχώρα του σημερινού Ελληνικού τόξου και έχουν αποτεθεί κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές. Πρόκειται για ιζήματα ως επί το πλείστον χερσαία (ποτάμια, λιμναία) και μερικές φορές θαλάσσια (κυρίως παράκτια), που έχουν αποτεθεί σε νεοτεκτονικές τάφρους. Στην περιοχή απαντώνται

Πλειοπλειστοκαινικοί σχηματισμοί και Τεταρτογενείς σχηματισμοί στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης (Λάρισας) και στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης Ανατολικής Θεσσαλίας. Τα νεογενή υπόκεινται των τεταρτογενών ιζημάτων και αναπτύσσονται δυτικότερα της Εθνική Οδού Λάρισας Αθήνα στην



Μεσοθεςσαλική ράχη Νίκαια - Ζάππειο - Ν. Μοναστήρι Κρανώνας - Χαλκιάδες.

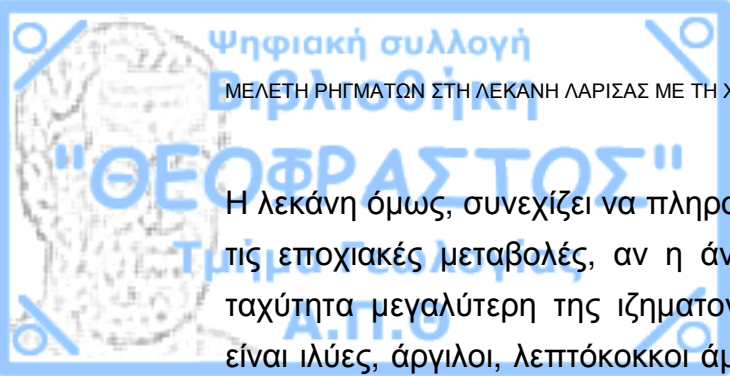
2.3.2. ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ

Τα ανώτερα τμήματα της λεκάνης συνίστανται από αργίλους κόκκινους-καφέ ή σκούρου καφέ χρώματος. Υποκείμενα αυτών των ιζημάτων και μέχρι τα 200 M κατά την ανόρυξη υδρογεωτρήσεων συναντώνται εναλλαγές ποταμολιμναίων αργίλων χρώματος ανοικτού καφέ χρώματος ή φαιοπράσινου – γκρισκούρου με λιμναία απολιθώματα και με ενστρώσεις μεσόκκοκων άμμων. Σε βάθη μεγαλύτερα των 200 M αναπτύσσεται μια ακολουθία ποτάμιων ιζημάτων που αποτελούνται από άμμους, κροκαλοπαγή και κόκκινους αργίλους. Σε μεγαλύτερα βάθη υπερισχύουν οι μάργες. Τα προαναφερθέντα πάχη έχουν μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τη θέση της γεώτρησης.

Οι σχηματισμοί αυτοί αποτέθηκαν σε διάφορους παλαιογεωγραφικούς χώρους ως εξής:

Αφού είχαμε την δράση της Αλπικής ορογένεσης και με την επίδραση εφαπτομενικών δυνάμεων τοποθετήθηκαν οι εσωτερικές Ελληνίδες στις εξωτερικές. Στη δυτική Θεσσαλία είχαμε την Μεσοελληνική αύλακα, με την απόθεση των μολασσικών σχηματισμών (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο) και στην Ανατολική Θεσσαλία είχαμε ενιαία χέρσο. Κατά το Βουρδιγάλιο (κάτω Μειόκαινο) με την δράση της νεοτεκτονικής μεγάλα τεμάχια παθαίνουν ταλάντωση με αποτέλεσμα ακόμη η Αν. Θεσσαλία να είναι ενιαία χέρσος, όπως και μέρος της Δυτικής Θεσσαλίας (Αν. τμήμα).

Κατά το Αν. Μειόκαινο με την δράση της νεοτεκτονικής η Ανατολική Θεσσαλία αρχίζει να βυθίζεται και έχουμε την απόθεση πάνω στην παλαιοδιαβρωμένη επιφάνεια της Αν. Θεσσαλίας την απόθεση κλαστικών ιζημάτων (κροκαλοπαγή) και μικρολατυτοπαγών ασβεστόλιθων. Η τεκτονική συνεχίζει να δρα υπό μορφή κανονικών ρηγμάτων και κατά το Πόντιο – Κατ. Πλειόκαινο έχουμε τον πλήρη σχηματισμό της λεκάνης Αν. Θεσσαλίας (Λάρισας). Εδώ έχουμε να κάνουμε με μία μεγάλη λίμνη ή σύστημα λιμνών όπου αποτίθενται κλαστικά ιζήματα. Επειδή όμως η περιοχή μας βρίσκεται από το κέντρο περίπου αυτή της λίμνης προς τα περιθώρια έχουμε να κάνουμε με λεπτόκοκκα υλικά μάργες, μαργαίκοι ψαμμίτες – κροκαλολατυτοπαγή (μίκρο και μέγρο) – λεπτόκοκκοι άμμοι.



Η λεκάνη όμως, συνεχίζει να πληρούται με κλαστικά ιζήματα, όπου ανάλογα με τις εποχιακές μεταβολές, αν η άνοδος στάθμης ύδατος ελάμβανε χώρα με ταχύτητα μεγαλύτερη της ιζηματογένεσης, το επικρατούν υλικό εντός αυτής είναι ιλύες, άργιλοι, λεπτόκοκκοι άμμοι, ενώ όταν συνέβαινε το αντίθετο είχαμε απόθεση χονδρόκοκκων υλικών (αμμοχάλικα - άργιλοι).

Κατά το Πλειστόκαινο αλλάζουν οι υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης με τον σχηματισμό υδρογραφικού δικτύου με αποτέλεσμα να έχουμε την απόθεση αδρομερών σχηματισμών από Πηνειό - Τιταρήσιο στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης και αδρόκοκκα υλικά στο κέντρο της λεκάνης (αμμοιλύς – άργιλοι – λεπτόκοκκοι άμμοι – σαπροπηλοί κλπ). Προς τα περιθώρια έχουμε κώνους κορημάτων με αδρομερή υλικά. Στο ολόκαινο έχουμε ιζήματα των πλημμυρικών αποθέσεων του Πηνειού ποταμού και των κλάδων του.

2.3.3. ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

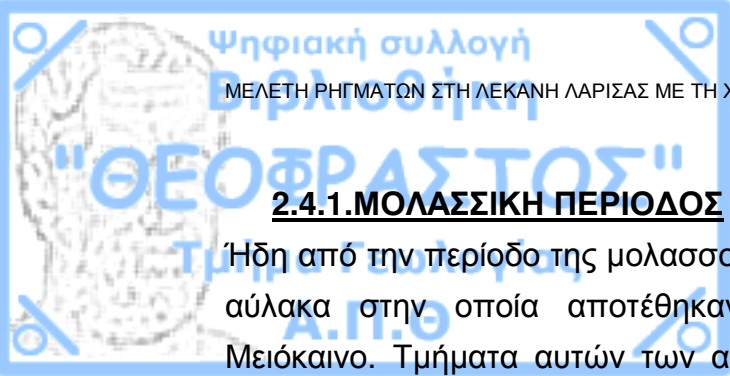
Η ενότητα Ανατολικής Ελλάδας αποτελεί έναν χώρο εσωτερικότερο από τη Δυτική Θεσσαλία, ο οποίος συντίθεται από ένα πλήθος παλαιοτεκτονισμένων, μεταμορφωμένων ή μη ενοτήτων που ομογενοποιήθηκαν από την Άνω Κρητιδική επίκλυση. Τα πετρώματα της ενότητας αυτής απαντώνται στα βόρεια και ανατολικά περιθώρια της πεδιάδας και σε κάποιες υπολειμματικές εμφανίσεις μέσα στο πεδινό τμήμα (Καλαμάκι - Σωτήριο). Αποτελούν το υπόβαθρο των προσχώσεων στο μεγαλύτερο τμήμα της πεδιάδας (βόρεια και ανατολικά).

Πιο συγκεκριμένα εμφανίζονται τα ακόλουθα πετρώματα:

Μάρμαρα: Μεσοστρωματώδη και παχυστρωματώδη λευκά και γκρίζα, δολομιτικά μάρμαρα ή κρυσταλλικοί δολομίτες, ηλικίας Μέσου Τριαδικού - Κατώτερου Λιασίου. Εμφανίζονται κυρίως στις μορφολογικές εξάρσεις της λεκάνης και στα Ανατολικά και Βόρεια περιθώρια της λεκάνης.

Σχιστόλιθοι: Διμαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, γνευσιοσχιστόλιθοι, αμφιβολίτες και φακοί μαρμάρων, ηλικίας Μέσου Τριαδικού. Εμφανίζονται στις μορφολογικές εξάρσεις του Μαυροβουνίου - Όσσας και κάτω Ολύμπου.

2.4. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



2.4.1. ΜΟΛΑΣΣΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Ήδη από την περίοδο της μολασσογένεσης είχε δημιουργηθεί η μέσο Ελληνική αύλακα στην οποία αποτέθηκαν θαλάσσια ιζήματα μέχρι το Ανώτερο Μειόκαινο. Τμήματα αυτών των αποθέσεων απαντώνται σήμερα στα δυτικά περιθώρια της Θεσσαλικής λεκάνης (περιοχή Φαναρίου Καναλιών Καρδίτσας) αλλά και εν μέρει στη νότια περιοχή Λεονταρίου.

2.4.2. ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

Κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου ο προηγούμενος παλαιογεωγραφικός χώρος δεν λειτουργεί ενιαία αλλά τεμαχίζεται. Έτσι, η λεκάνη της Θεσσαλίας που είναι ενιαία πληρώνεται με λιμναίες ή ποταμοχειμάρειες αποθέσεις. Ο κύριος χώρος προσφοράς υλικού είναι τα ανατολικά κράσπεδα της ενιαίας λεκάνης (SCHNEIDER, 1972). Τούτο σημαίνει ότι ο χώρος ανατολικά της λεκάνης πρέπει να ήταν τεκτονικά πιο ενεργός από εκείνο στα δυτικά, δηλαδή η ανύψωση της Πίνδου δεν πρέπει να ήταν έντονη ώστε να δημιουργεί ανάγλυφο και να προσφέρει υλικό. Το αντίθετο φαίνεται να συνέβαινε στα ανατολικά περιοχή Όσσας - Πηλίου. Επομένως κατά την περίοδο του Πλειοκαίνου οι ρηξιγενείς ζώνες που πρέπει να δραστηριοποιήθηκαν είναι αυτές που διαμόρφωσαν το ανατολικό περιθώριο της λεκάνης της Λάρισας.

2.4.2. ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Κατά τη διάρκεια του κατώτερου πλειστοκαίνου ένα πρώιμο υδρογραφικό δίκτυο του Πηνειού απέθεσε τις κροκάλες και τις άμμους που προέρχονταν από την Πίνδο και την Όθρυς πάνω σε παλαιότερες αποθέσεις νεογενούς ηλικίας η απ' ευθείας πάνω στο παλαιοανάγλυφο των αλπικών σχηματισμών. Αυτή η διαδικασία διήρκεσε μέχρι το τέλος του κατώτερου πλειστοκαίνου (περιλαμβανομένης και της Cromer Interglacial περιόδου). Στις κροκάλες που απαντούν χαρακτηριστική είναι η παρουσία αυτών που προέρχονται από τους κόκκινους ραδιολαρίτες. (SCHNEIDER, 1972)

Όλα τα προηγούμενα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά το κάτω Πλειστόκαινο οι ανοδικές κινήσεις στην Πίνδο και την Όθρυς είναι πολύ πιο έντονες από την προηγούμενη περίοδο με αποτέλεσμα τη δημιουργία αναγλύφου και την προσφορά υλικού το οποίο μεταφέρει το υδρογραφικό δίκτυο και αποθέτει στην ενιαία ακόμη Θεσσαλική λεκάνη. Οι έντονες ανοδικές

κινήσεις της Πίνδου και της Όθρυος συνδέονται με την δραστηριοποίηση των περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών της λεκάνης.

2.4.3. ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Κατά το Μέσο Πλειστόκαινο που άρχισε περίπου πριν από 800.000 χρόνια, περίοδος που γενικεύονται οι ανοδικές κινήσεις στον ελληνικό χώρο. Η Θεσσαλική λεκάνη παύει να είναι ενιαία, τεμαχίζεται και δημιουργούνται τα δύο τεκτονικά βυθίσματα, της Λάρισας ανατολικά και των Τρικάλων – Καρδίτσας στα δυτικά και μεταξύ των δύο παρεμβάλλεται το τεκτονικό κέρας της Μεσοθεσσαλικής ράχης. Τα βυθίσματα πληρώθηκαν με κλαστικά ποτάμια ιζήματα ξανά των οποίων η προέλευση ήταν από τα πετρώματα της Ανατολικής Ελλάδας και από το γωνιώδες υλικό των αλλουβιακών ριπιδίων κατά μήκος των προπόδων των ορέων.

Κατά το Μέσο Πλειστόκαινο εγκαθίσταται ένα νέο τεκτονικό καθεστώς, που πέραν των άλλων θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό το σημερινό γεωλογικό καθεστώς στην περιοχή της Θεσσαλίας

Η κινηματική των δημιουργηθέντων ρηξιτεμαχών, από αυτή την περίοδο και μετά, είναι αυτή που σε σημαντικό βαθμό θα καθορίσει τις υδραυλικές κλίσεις των υπόγειων υδροφορέων και ως εκ τούτου τα σημεία εκφόρτισης (γεωγραφική κατανομή μεγάλων καρστικών πηγών όπως πηγές Εκκάρας, πηγές Βελεσσιωτών, πηγές Βρυσιών, πηγές Φαρσάλων, πηγές Μικρού Βουνού (Φυλληίο), αλλά και του Τίτανου και της Κάρλας).

Η κινηματική των ρηξιτεμαχών είναι αυτή που θα καθορίσει και τον ρου του Ενιπέα, δηλαδή κατά την συγκεκριμένη περίοδο πρέπει να αποκόπτεται η απορροή του Ενιπέα προς τα ανατολικά και να στρέφεται προς τα δυτικά προς την περιοχή των Φαρσάλων. Σε τούτο πρέπει να συνέβαλε σημαντικά και η δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης Χαλκηδονίου - Φυλληίου, η οποία ανύψωσε τις νεογενείς και κατωπλειστοκαινικές αποθέσεις.

Ο Πηνειός ποταμός δημιούργησε το σημερινό του υδρογραφικό δίκτυο διασχίζοντας τεκτονικά κέρατα που δομούνται από αλπικούς σχηματισμούς (μάρμαρα, γνεύσιοι κλπ) δημιουργώντας στενά περάσματα (Καλαμάκι – Αμυγδαλιά, Μουσαλάρ – Ροδιά, Τέμπη), τα οποία οπωσδήποτε επηρεάστηκαν αν δεν δημιουργήθηκαν εξολοκλήρου από την μετά το Μέσο Πλειστόκαινο παραμόρφωση.

Στην ανατολική λεκάνη, η πλήρωση με κλαστικό υλικό έφθασε το επίπεδο μιας «Κατώτερης αναβαθμίδας» ανωπλειστοκαινικής ηλικίας. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής αργότερα διαβρώθηκε ξανά από τους μαιανδρισμούς του Πηνειού.

2.4.3. ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Κατά το Ολόκαινο, και συγκεκριμένα κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια, το υδρογραφικό δίκτυο δημιούργησε τη δικιά του πεδιάδα κατάκλισης. Τα αλλουβιακά ριπίδια που είναι διάσπαρτα στις δύο λεκάνες, θεωρούνται ότι δημιουργήθηκαν κυρίως κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο, όταν υπήρχε περισσότερο νερό στους ποταμούς για τη μεταφορά των αποσαθρωμένων υλικών. Αργότερα, σε ιστορικές περιόδους, λιγότερο και πιο λεπτόκοκκο υλικό διάβρωσης κάλυψε σαν λεπτός υμένας τα κατώτερα τμήματα και συμπαγοποιημένα ριπίδιων. Επίσης κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου, φάσεις διάβρωσης σε παλαιότερα ριπίδια οδήγησαν στο σχηματισμό νεότερων αλλουβιακών ριπιδίων, τα οποία αναμείχθηκαν με τα ποτάμια αλλούβια των πεδιάδων. Στη δυτική λεκάνη η διάκριση της πεδιάδας κατάκλισης και της Κατώτερης αναβαθμίδας δεν είναι δυνατή, γιατί η πλήρωση με διαδοχικές κατακλίσεις από το υδρογραφικό δίκτυο ήταν συνεχής μέχρι σήμερα. Η τεκτονική παραμόρφωση συνεχίστηκε στον Ανώτερου Πλειστόκαινο και κατά τη διάρκεια και του Ολοκαίνου. Έτσι ρήγματα, που εν μέρει είναι σήμερα ενεργά, κόβουν τις πλειστοκαινικές αποθέσεις.

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Τμήμα Γεωλογίας

Α.Π.Θ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ΟΝ}

ΥΔΑΤΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ΟΝ}

ΥΔΑΤΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

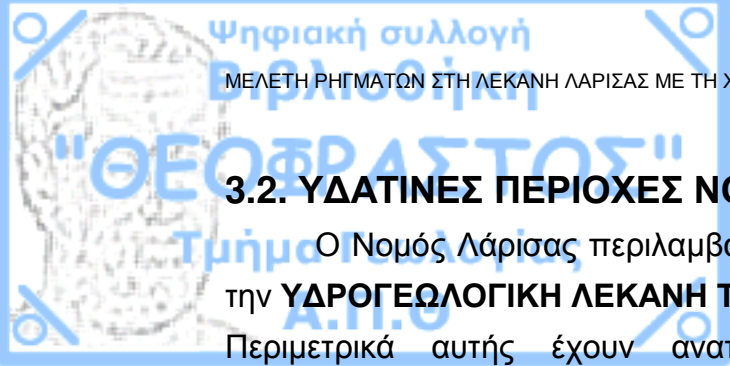
Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τα απαραίτητα υδρογεωλογικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για μία πλήρη εικόνα της περιοχής της Ανατολικής Θεσσαλίας. Από το 1985 και στα επόμενα χρόνια που ακολούθησαν, με βάση τα νέα δεδομένα που δημιουργήθηκαν στη περιοχή της Ανατολικής Θεσσαλίας η ανάγκη για αρδευτικό νερό υπήρξε τεράστια. Οι κυριότεροι παράγοντες που διαμόρφωσαν σε αυτήν την αυξανόμενη ζήτηση είναι:

- Αλματώδης εκμηχάνιση της γεωργίας
- Οικονομικές ενισχύσεις υπό μορφή επιδοτήσεων στις υδροβόρες καλλιέργειες (βαμβάκι, καλαμπόκι, ντομάτα, τεύτλα, σπωροφόρα κτλ)
- Επιχορηγήσεις στα πλαίσια σχεδίων βελτίωσης (ανόρυξη γεωτρήσεων, γεωργικών μηχανημάτων, αρδευτικών δικτύων κτλ).

Η ζήτηση αυτή στράφηκε στο κυρίως στο υπόγειο υδάτινο δυναμικό για δύο (2) κυρίως λόγους:

- Η γεώτρηση αποτελεί λύση άμεσης απόδοσης αρδευτικού νερού και αποτελεί μία σχετικά οικονομική και γρήγορη λύση εύρεσης των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού.
- Η γεώτρηση ήταν η μοναδική λύση στην αναζήτηση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού αφού δεν υπήρχε άλλη εναλλακτική λύση από επιφανειακά νερά στις περισσότερες υδατικές περιοχές του Νομού Λάρισας.

Συνέπεια των παραπάνω και με σύμμαχο την κατατεμαχισμένη και κατακερματισμένη διαχείριση του νερού που συνεχίζεται μέχρι σήμερα, είχε σαν αποτέλεσμα να κατασκευασθεί ένας μεγάλος αριθμός συλλογικών και ιδιωτικών γεωτρήσεων παράνομων και νόμιμων σε περιοχές κυρίως εκτός δικαιοδοσίας των Τοπικών Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) αλλά και μέσα στις περιμέτρους δικαιοδοσίας των ΤΟΕΒ ολιγότερο δηλαδή σε όλη την επικράτεια του Νομού. Έτσι, ο βαθμός εκμετάλλευσης του υπόγειου υδάτινου δυναμικού στις περισσότερες υδατικές περιοχές του Νομού Λάρισας υπήρξε εξαντλητικός.



3.2. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ

Ο Νομός Λάρισας περιλαμβάνει πολλές υδάτινες περιοχές με κυριότερη την **ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**.

Περιμετρικά αυτής έχουν αναπτυχθεί 10 περιφερειακές υπολεκάνες, προσχωματικές και 9 καρστικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι).

Αναλυτικότερα ο Νομός Λαρίσης αποτελείται:

- **ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ** (ΠΕΔΙΑΔΑ ΛΑΡΙΣΑΣ)
- **ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΔΥΤΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ** (Το ΝΑ τμήμα ή πεδιάδα Φαρσάλων)
- **ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ (ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ)**

Υπολεκάνη Αγιάς.

Υπολεκάνη Συκουρίου – Μακρυχωρίου – Γόννων.

Υπολεκάνη Δέλτα Πηνειού.

Υπολεκάνη Ποταμιάς Ελασσόνας.

Υπολεκάνη Τσαριτσάνης – Ελασσόνας.

Υπολεκάνη Δολίχης – Πυθείου – Σαραντάπορου.

Υπολεκάνη Ταουσάνης – Ζαπείου – Αγίας Τριάδος.

Υπολεκάνη Μάνδρας – Κουτσοχείρου.

Υπολεκάνη Καλλιπεύκης.

Υπολεκάνη Καρυάς Ολύμπου.

- **ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Ημικρυσταλλομένοι ασβεστόλιθοι Κουτσοχείρου – Μάτι Τυρνάβου.

Ημικρυσταλλομένοι ασβεστόλιθοι Κρανέας – Κεφαλοβρύσου.

Ασβεστόλιθοι Μυρών Καλού Νερού.

Ασβεστόλιθοι Καραντάου.

Ασβεστόλιθοι Χαλκηδονίου (Βελεστίνο).

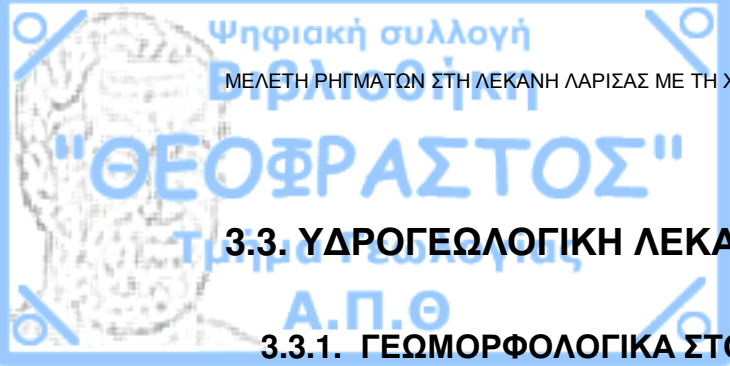
Ασβεστόλιθοι Βρυσιών.

Ασβεστόλιθοι Οχτουρίου.

Ασβεστόλιθοι Υπέρειας – Ορφανών.

Ασβεστόλιθοι Λουτρού-Κεραμιδίου.

Οι υδάτινες περιοχές καθώς και η λεκάνη ανατολικής Θεσσαλίας είναι στα παράρτημα <<Α>> της παρούσας μελέτης και συγκεκριμένα στα σχήματα 2 και 3 αντίστοιχα.



3.3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

3.3.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΕΚΤΑΣΗ

Η Λεκάνη της Λάρισας σχηματίζει ένα παράλληλο-επίπεδο με διεύθυνση του κατά μήκους άξονα ΝΑ – ΒΔ, είναι επίπεδη με τοπογραφική κλίση Βόρειο – Δυτικά προς Νότιο – Ανατολικά και από Νότια προς Βόρεια (Χάρτης 2).

Έχει έκταση 1.100 Km^2 και μαζί με την λεκάνη της Δυτικής Θεσσαλίας ή πεδιάδα Τρικάλων – Καρδίτσας – Φαρσάλων με έκταση 2.370 Km^2 αποτελούν τις δύο κύριες υδρογεωλογικές λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας.

3.3.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η κύρια αιτία της δημιουργίας της λεκάνης ήταν η δράση των ρηγμάτων. Αποτέλεσμα της δράσης αυτής υπήρξε η εμφάνιση τεκτονικού βυθίσματος που δημιουργήθηκε σε δύο φάσεις και πληρώθηκε με φερτά υλικά, αρχικά από τον Τιταρρήσιο και στη συνέχεια από τον Πηνειό ποταμό καθώς και από άλλα μικρότερα υδατορεύματα που εκβάλουν στην πεδιάδα.

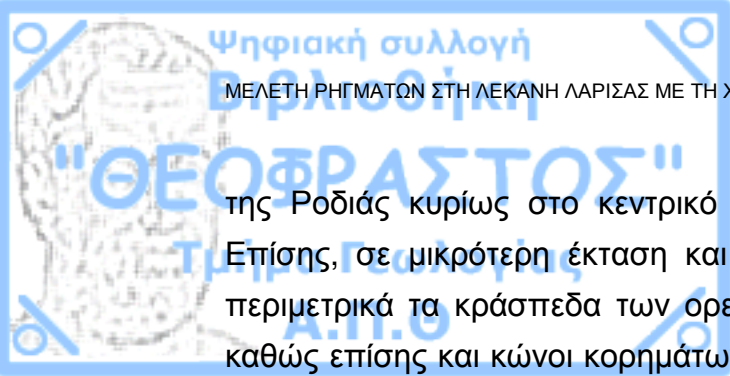
3.4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Η στρωματογραφία της πεδιάδας είναι προϊόν:

Επίχωσης – απόθεσης – καθίζησης, των φερτών υλικών του υδρογραφικού δικτύου της Θεσσαλίας υπό συνεχή ή κατά διαστήματα υποχώρηση του υπόβαθρου από το βάρος των αποτεθεμένων υλικών.

Αρχικά, ο Τιταρρήσιος με μικρή διαδρομή και χωρίς να συναντήσει επίπεδες ζώνες κατά τη διαδρομή του, απέθεσε φορτία αδρομερών υλικών (κροκάλλες, αμμοχάλικες) με συνέπεια τη δημιουργία ενός τεράστιου κώνου στο ΒΔ τμήμα (περιοχή Τυρνάβου – Αμπελώνος) φθάνοντας με γλωσσοειδείς απολήψεις έως το Ομορφοχώρι – Πλατύκαμπο σε μεγάλα βάθη καλυπτόμενα από τα λεπτόκοκκα υλικά του Πηνειού.

Αντίθετα ο Πηνειός με μεγαλύτερη διαδρομή απέθεσε τα λεπτόκοκκα υλικά σε ποταμολιμνιάια φάση, ειδικότερα πριν εγκαταλείψει την λεκάνη δια των στενών



της Ροδιάς κυρίως στο κεντρικό τμήμα και έως την περιοχή της Κάρλας. Επίσης, σε μικρότερη έκταση και κυρίως με πλευρικά κορήματα δομούνται περιμετρικά τα κράσπεδα των ορεινών όγκων που εφάπτονται με τη λεκάνη καθώς επίσης και κώνοι κορημάτων μικρότερης έκτασης με σημαντικότερο της ΧΑΛΚΗΣ δημιούργημα του «Κουσμπασανιώτη» παραπόταμο του Πηνειού ποταμού.

3.5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η ανάπτυξη της υπόγειας υδροφορίας στους γεωλογικούς σχηματισμούς αποδίδεται στην ιδιότητά τους να επιτρέπουν την αποθήκευση νερού στα πρωτογενή και δευτερογενή διάκενά τους.

Στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικοί τύποι υπόγειων υδροφόρων:

- Οι καρστικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στα ανθρακικά πετρώματα.
- Οι προσχωματικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης Ανατολικής Θεσσαλίας (Λεκάνη Λάρισας) και στο Νότιο – Ανατολικό τμήμα της λεκάνης Ανατολικής Θεσσαλίας.

Η τεκτονική εξέλιξη, ο τρόπος ανάπτυξης της στρωματογραφίας, η κατανομή του υδρογραφικού δικτύου ως αποτέλεσμα τεκτονικής εξέλιξης είχε σαν συνέπεια τη διαφοροποίηση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς της λεκάνης χωρίς όμως να μεταβληθεί η υδραυλική της αυτοτέλεια.

Η υδρογεωλογική διαφοροποίηση εστιάζεται κυρίως στην συμπεριφορά των υδροφόρων σχηματισμών και κυρίως:

- τη λιθολογική δομή
- την υδατοπερατότητα (οριζόντια και κάθετα)
- την υδατοαγωγιμότητα
- τον συντελεστή αποθήκευσης
- την πιεζομετρία.

Και γενικά την υδατοδυναμικότητα των υδροφορέων και τον τρόπο της τροφοδοσίας των.

Με βάση τα αναφερθέντα χαρακτηριστικά και την κατανομή του υδρογραφικού δικτύου, η λεκάνη της Ανατολικής Θεσσαλίας διαχωρίζεται σε τρεις υδατικές

περιοχές ή τμήματα (υπολεκάνες). Πρόκειται για τα τρία τμήματα υδροφορίας (Χάρτης 4 στο παράρτημα <<A>>):

1. ΤΟ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

2. ΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

3. ΤΟ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Στη συνέχεια αναφέρονται στοιχεία για τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε ξεχωριστή υπολεκάνη υδροφορίας.

3.6. ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

3.6.1. ΟΡΙΑ:

Για την υπολεκάνη αυτή τα όρια φαίνονται στον Χάρτη 4 στο παράρτημα <<A>>.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

3.6.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ:

Ενστρώσεις αργίλων σε εναλλαγές ενστρώσεων αμμοχάλικων ή κοκκομετρία των οποίων βαίνει μειωμένη από ΒΔ (περιοχή Τυρνάβου) προς ΝΑ περιοχή Φαλάνης – Αμπελώνος (Γεωλογικές τομές 2 και 3 παράρτημα <>).

3.6.3. ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ:

Περιοχή Τυρνάβου ελεύθερη έως ημιελεύθερη υδροφορία. Περιοχή Φαλάνης – Αμπελώνος υπό πίεση

3.6.4. ΥΔΑΤΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ:

Της τάξης 10^{-2} έως 10^{-3} και 10^{-4} m²/sec

3.6.5. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ:

- α) Πλευρική από Τιταρήσιο, 1 m³/sec (SOGREAH 1974)
- β) Πλευρική από το καρστικό σύστημα Κουτσόχειρου – Μάτι Τυρνάβου (αμφίδρομος τροφοδοσία)
- γ) Κατακόρυφη από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (το 10% του αρδευτικού νερού επανέρχεται στα υπόγεια νερά (SOGREAH 1974))

3.6.6. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ:

Από τα στοιχεία για την συγκεκριμένη περιοχή παρατηρούμε:

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

- α) από 1980-1985 κανονική επαναπλήρωση.
- β) από 1985-1990 πτωτική τάση.
- γ) από 1990-1999 μία ισοροπία.
- δ) από 1999-2002 πτωτική τάση.
- ε) από 2002-2003 άνοδο στα επίπεδα του 1990.
- στ) ΓΕΝΙΚΗ ΠΤΩΣΗ 10-15m από 1974-2003.

3.6.7. ΥΔΑΤΙΝΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ:

Αρκετά πλούσιο με ικανοποιητική αιφορική δυναμική των υδροφορέων

3.6.8. ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ:

- α) Από συλλογικές γεωτρήσεις ΤΟΕΒ Πηνειού 34.597 στρ.
 - β) Από επιφανειακά νερά 5.000 στρ.
 - γ) Από ιδιωτικές γεωτρήσεις 46.903 στρ.
- Σύνολο 86.500 στρέμματα.**

3.6.9. ΥΔΑΤΙΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ:

Απολήψιμες παροχές νερού από το υπόγειο δυναμικό:

I) Αρδευση 81.000 στρ, $X 500m^3/στρ = 40.500.000 m^3$

II) Για ύδρευση τοπικών δήμων και δήμου Λάρισας που αντιστοιχεί σε 15.000 στρ άρδευσης (Μελέτη Υπουργείου Γεωργίας 1983: Αναρρύθμιση μοντέλων υπογείων υδροφορέων Θεσσαλίας).

Που αντιστοιχεί σε $15.000στρ. X 500m^3/στρ. = 7.500.000 m^3$

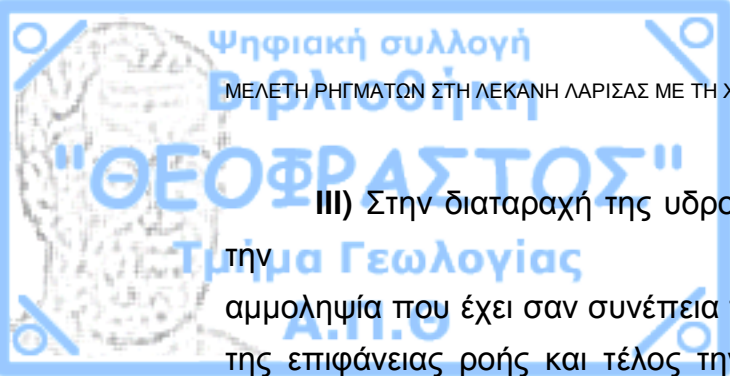
ΣΥΝΟΛΟ: $48 X 10^6 m^3$

Τα σενάρια εκμετάλλευσης, τα οποία προέκυψαν από την αναρρύθμιση των μαθηματικών μοντέλων συμπεριφοράς των υπογείων υδροφορέων που εκπονήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος ανάπτυξης υπόγειων υδάτων Θεσσαλίας (ΠΑΥΥΘ) ΠΡΟΕΒΛΕΠΑΝ: ότι με το καθεστώς αρδεύσιμης έκτασης του 1983 επαυξημένο κατά 20% με χρονική περίοδο πρόβλεψης 12 ετών (1996) θα είχαμε πτώση στάθμης 5-6m για να έχουμε κανονικό ισοζύγιο.

Σήμερα η πτώση στάθμης είναι περί τα 12-15m και επαγωγικά προκύπτει ότι το ισοζύγιο είναι οριακό έως ελαφρώς ελλειμματικό.

Η πτώση αυτή οφείλεται:

- I) Στην αύξηση της αρδεύσιμης έκτασης πέραν του 20% του 1983
- II) Οι μειωμένες βροχοπτώσεις της 20ετίας 1980-2001 έως και 30%



III) Στην διαταραχή της υδρολογικής συμπεριφοράς του Τιταρρήσιου με την αμμοληψία που έχει σαν συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας ροής, την μείωση της επιφανείας ροής και τέλος την αφαίρεση του επιφανειακού μανδύα των αμμοχάλικων που αποτελούσε τον προθάλαμο της παραπέρα διήθηση του νερού.

Έτσι ώστε να υποβαθμιστεί ο ρόλος της πλευρικής τροφοδοσίας από τον Τιταρρήσιο ο οποίος είναι ο κύριος φορέας τροφοδοσίας του ΒΔ τμήματος και μερικώς του κεντρικού τμήματος.

3.6.10. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ:

α) Από ενδογενείς παράγοντες:

- στους υδροφορείς του Τιταρρήσιου πολύ καλή ποιότητα νερού, ολίγο μαγνησιούχα (κατηγορία για άρδευση ClSz)
- στους υδροφορείς του Νεογενούς μεγάλη αγωγιμότητα και θειικά (ακατάλληλο για ύδρευση και επικίνδυνο για άρδευση, CZ-3S3-S). Σημειακά ανάντη της Γιάννουλης με χλώριονατριούχα ιόντα (κηλίδα λιμνοθαλάσσιας φάσης).

β) Από εξωγενείς παράγοντες: (λιπάνσεις-φυτοφάρμακα κτλ)

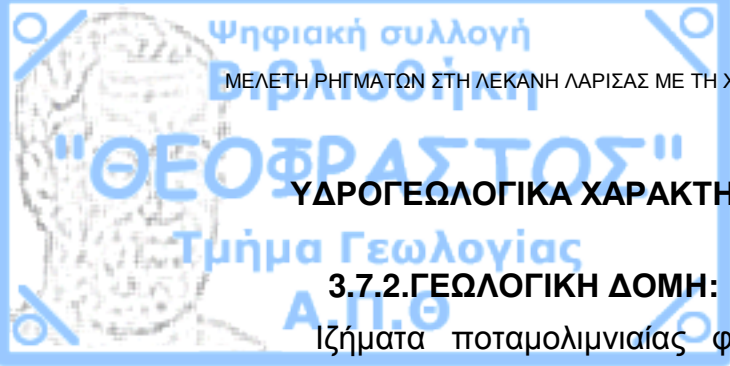
Αυξητικές τάσεις στην παρουσία νιτρικών ιόντων παρατηρείται στη ΒΔ περιφέρεια με ελεύθερη έως ημιελεύθερη υδροφορία (περιοχή Δένδρων – Τυρνάβου – Αργυροπουλίου με συγκεντρώσεις 10-30mg/L και σημειακά πάνω από 50mg/L).

Στο κέντρο με υπό πίεση υδροφορία οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι μικρές από 510mg/L, περιοχή Φαλάνης – Αμπελώνος.

3.7. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

3.7.1.ΟΡΙΑ:

Για την υπολεκάνη αυτή τα όρια φαίνονται στον Χάρτη 4 στο παράρτημα <<A>>.



ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

3.7.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ:

Ιζήματα ποταμολιμνιάιας φάσης από ενστρώσεις αργιλλοιλύων σε εναλλαγές από ενστρώσεις ψιλόκοκκων έως χονδρόκοκκων άμμων με απολιθώματα από μαλάκια τύρφη και μεθάνιο. Πάχος 200 – 300 m. Σε μεγάλα βάθη μεγαλύτερο των 200 m αμμοχάλικες κατά θέσεις του Τιταρρήσιου.

3.7.3. ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ:

Υπό πίεση και με αρτεσιανισμό.

3.7.4. ΥΔΑΤΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ:

Μέσης τάξης 10^{-3} - 10^{-4} και 10^{-5} m²/sec.

3.7.5. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ:

Κυρίως πλευρική από τα κράσπεδα της Χασαμπάλης (υπολεκάνη Συκουρίου) και από τον Τιταρρήσιο δια μέσου των γλωσσοειδών απολήξεων. Και από τον Πηνειό κυρίως στον φρεάτιο ορίζοντα.

3.7.6. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ:

Από το 1985 παρατηρείται πτωτική τάση με μικρές ανακάμψεις. Γενική πτώση της στάθμης 20-30m.

3.7.7. ΥΔΑΤΙΝΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ:

Χαρακτηρίζεται από μέση υδροφορία

Αρδευτικό καθεστώς

- Από συλλογικές γεωτρήσεις ΤΟΕΒ Πηνειού: 10.000 στρ
- Από ιδιωτικές και επιφανειακά νερά: 75.000 στρ

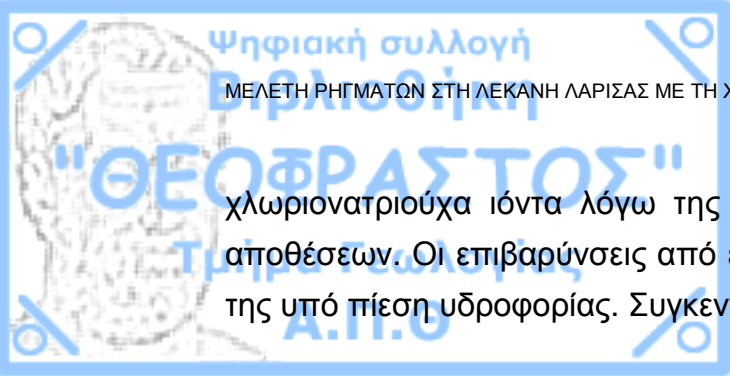
ΣΥΝΟΛΟ: 85.000 στρ

3.7.8. ΥΔΑΤΙΝΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ:

Οι πτωτικές τάσεις της πιεζομετρίας μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το υδατικό ισοζύγιο είναι αρνητικό

3.7.9. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ:

Σε μεγάλα βάθη το νερό των υδροφορέων είναι επιβαρημένο από



χλωριονατριούχα ιόντα λόγω της μη καλής έκπλυσης των λιμνοθαλασσίων αποθέσεων. Οι επιβαρύνσεις από εξωγενείς παράγοντες είναι αμελητέες λόγω της υπό πίεση υδροφορίας. Συγκεντρώσεις νιτρικών από 0 – 5 mg/L.

3.8. ΝΟΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ Η΄ ΠΕΔΙΑΔΑ ΚΑΡΛΑΣ

3.8.1.ΟΡΙΑ:

Για την υπολεκάνη αυτή τα όρια φαίνονται στον Χάρτη 4 στο παράρτημα <<Α>>.

3.8.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ:

Η υδρογεωλογική κατάσταση του ΝΑ τμήματος είναι διαφοροποιημένη σε ζώνες υδροφορίας με διαφορετικά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά. Γενικά πρόκειται για ζώνες υδροφορίας που έχουν αναπτυχθεί περιμετρικά της λεκάνης με επικρατέστερες περιοχές:

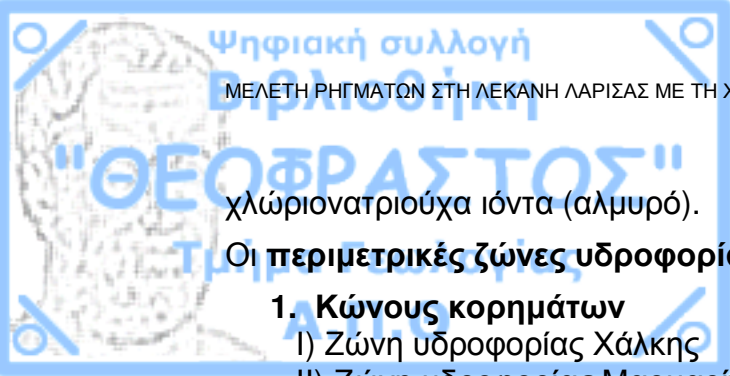
1. Στην ΝΑ περιοχή της πεδιάδας Κάρλας με τις ζώνες υδροφορίας
 - α) Χάλκης,
 - β) Κιλελέρ
 - γ) Ριζόμυλου-Στεφανοβίκειου.

2. Στην ΒΑ περιοχή με τις ζώνες υδροφορίας

Κώνος κορημάτων Μαρμαρινής και τα πλευρικά κορήματα Πλασιάς – Καστρί – Καλαμάκι – Καναλίων.

3. Στην κεντρική περιοχή (ο κορμός της πεδιάδας Κάρλας από Πλατύκαμπο έως Ριζόμυλο που είναι η περιοχή όπου έχουν εμφανιστεί οι εδαφικές ρωγμώσεις) η προσχωματική πεδινή έκταση, δομείται σε βάθος, από λιμναία ιζήματα κυρίως από αργίλλους, αμμοαργιλλοίλεις, μάργες σε μεγάλο πάχος 200 – 500 m οι οποίοι είναι αδιαπέραστοι στεγανοί σχηματισμοί που εξασφάλιζαν τη στεγανότητα της πρώην λίμνης Κάρλας. Η υδροφορία στους σχηματισμούς αυτούς είναι πτωχή έως ανύπαρκτη.

Τα λιμναία αυτά ιζήματα επικάθονται στο παλαιογεωγραφικό ανάγλυφο από σχιστόλιθους με πακέτα ενστρώσεων μαρμάρων (πελαγωνική) όπου στις ζώνες τεκτονισμού και στα Καρστ των μαρμάρων παρουσιάζεται υδροφορία με αποθεματικό και προνομιακό χαρακτήρα και με νερά αρκετά επιβαρημένα από



χλώριονατρίουχα ιόντα (αλμυρό).

Οι **περιμετρικές ζώνες υδροφορίας** πρόκειται για:

1. Κώνους κορημάτων

- I) Ζώνη υδροφορίας Χάλκης
- II) Ζώνη υδροφορίας Μαρμαρίνης

2. Πλευρικά κορήματα:

- I) Ζώνη υδροφορίας Καλαμάκι-Καναλίων

3. Πλευρικά κορήματα και λιμναίες αποθέσεις:

- I) Ζώνη υδροφορίαςΚιλελέρ
- II)Ζώνη υδροφορίας Ριζόμυλου Στεφανοβίκειου.

Η αειφορική δυναμική των υδροφορέων έχει άμεση σχέση κυρίως από τις **πλευρικές τροφοδοσίες** όπως:

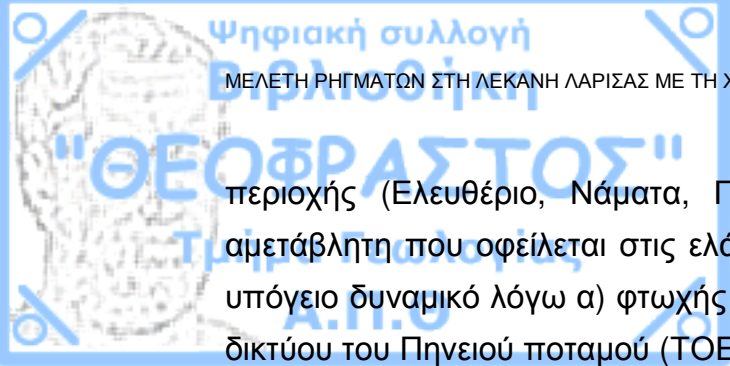
- α) Στη ζώνη Χάλκης από το υδατόρευμα Κουσμπασανιώτη.
- β) Στη ζώνη Μαρμαρίνης από το υδατόρευμα Μαρμαρίνη.
- γ) Στη ζώνη Καλαμάκι – Καναλίων από τις υδατοπαροχές των ρεμάτων του Μαυροβουνίου.
- δ) Στη ζώνη Κιλελέρ από τις πλευρικές διαφυγές του Καρστ των ασβεστόλιθων του Καραντάου.
- ε) Στην ζώνη Ριζόμυλου – Στεφανοβίκειο από τις πλευρικές διαφυγές του Καρστ των ασβεστόλιθων Βελεστίνου – Χαλκηδονίου και των ασβεστόλιθων Αγίου Γεωργίου.

3.8.2. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ

Επίσης, και η πιεζομετρία στο ΝΑ τμήμα της Ανατολικής Θεσσαλίας εμφανίζεται διαφοροποιούμενη με δύο κυρίως συμπεριφορές

A) Στην ΝΔ περιοχή (Χάλκη, Κιλελέρ, Ριζόμυλος, Νίκη κτλ από το 1980 μέχρι και σήμερα έχουμε συνεχή πτώση της στάθμης χωρίς καμία ανάκαμψη στα βροχερά έτη (περιοχή Χάλκης, Κιλελέρ) με πτώση της στάθμης 50-60m. Ενώ στο Στεφανοβίκειο, Ριζόμυλο, Νίκη εμφανίζονται μερικές ανακάμψεις με γενική πτώση 20 – 30 m.

B) Στη ΒΑ περιοχή παρατηρείται (πλευρικά κορήματα Καλαμάκι, Καστρί, Κανάλια) καλή συμπεριφορά της πιεζομετρίας με απότομες ανακάμψεις στο επίπεδο σχεδόν της κορεσμένης κατάστασης. Ενώ, στο πεδινό τμήμα της ΒΑ



περιοχής (Ελευθέριο, Νάματα, Πλασιά) η πιεζομετρία παραμένει σχεδόν αμετάβλητη που οφείλεται στις ελάχιστες απολήψιμες παροχές νερού από το υπόγειο δυναμικό λόγω α) φτωχής υδροφορίας και β) της ύπαρξης αρδευτικού δικτύου του Πηνειού ποταμού (ΤΟΕΒ Πηνειού)

3.8.3. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

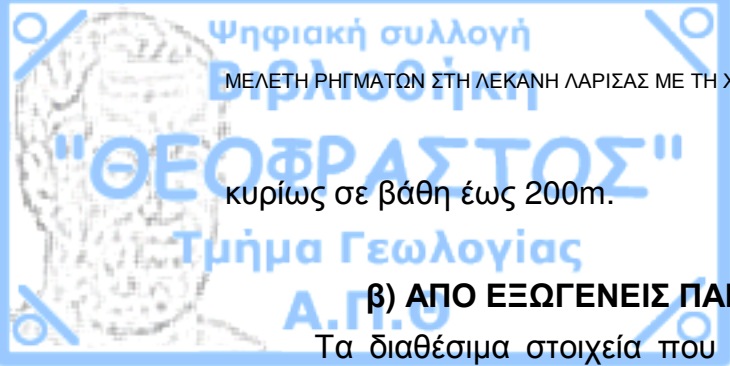
Από τις συμπεριφορές της πιεζομετρίας προκύπτει ότι, έχουμε υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού στην ΝΔ περιοχή (Χάλκη, Κιλελέρ, Νίκη, Ριζόμυλος), ενώ στο ΒΑ τμήμα μπορούμε να βλέπουμε ότι υπάρχει μία αειφορία στην εκμετάλλευση περισσότερο στα πλευρικά κορήματα Μαρμαρινής, Καλαμάκι και λιγότερο στα Κανάλια.

3.8.4. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Α) ΑΠΟ ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ:

Στις πεδινές περιοχές οι οποίες εφάπτονται με τα καρστικά συστήματα ασβεστόλιθων Αγίου Γεωργίου (Ριζόμυλο, Στεφανοβίκειο) και των Καναλίων οι επιβαρύνσεις του υπόγειου νερού από ιόντα χλωρίου και νατρίου είναι αρκετά μεγάλες και οι οποίες οφείλονται στη διείσδυση θαλασσινού νερού από τον Παγασητικό και το Αιγαίο Πέλαγος δια μέσου των Καρστ των ασβεστόλιθων και στη συνέχεια στους κοκκώδεις σχηματισμούς της πεδινής έκτασης. Ο βαθμός της συγκέντρωσης των παραπάνω ιόντων αλλά και της εξάπλωσής των στα ενδότερα της πεδιάδας βρίσκεται σε γραμμική σχέση με το βαθμό εκμετάλλευσης του υπόγειου δυναμικού και κατ' επέκταση της πτώσης της στάθμης.

Γενικότερα στους βαθείς υδροφορείς όλης της πεδιάδος Κάρλας χωρίς να αποκλείονται μερικοί ενδιάμεσοι κοκκώδεις υδροφορείς, μικρότερου βάθους, παρατηρούνται επιβαρύνσεις από ιόντα χλωρίου και νατρίου σε μικρότερες όμως συγκεντρώσεις οι οποίες οφείλονται κυρίως στις λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις. Υπό αυτή τη μορφή της επιβάρυνσης έχουν ανευρεθεί αλμυρά νερά σε γεωτρήσεις βάθους 200m στο Ελευθέριο, Μέλισσα, Αχίλλειον και αλλού. Στις περιμετρικές υδροφορίες Χάλκης, Κιλελέρ, Μαρμαρινής και Καλαμακίου τα νερά των γεωτρήσεων είναι απαλλαγμένα από ιόντα χλωρίου και νατρίου



κυρίως σε βάθη έως 200m.

Τμήμα Γεωλογίας

Α.Π.Θ.

β) ΑΠΟ ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ:

Τα διαθέσιμα στοιχεία που υπάρχουν στην επιβάρυνση του υπόγειου νερού είναι στην παρουσία νιτρικών ιόντων λόγω των αζωτούχων λιπάνσεων. Έτσι έχουμε:

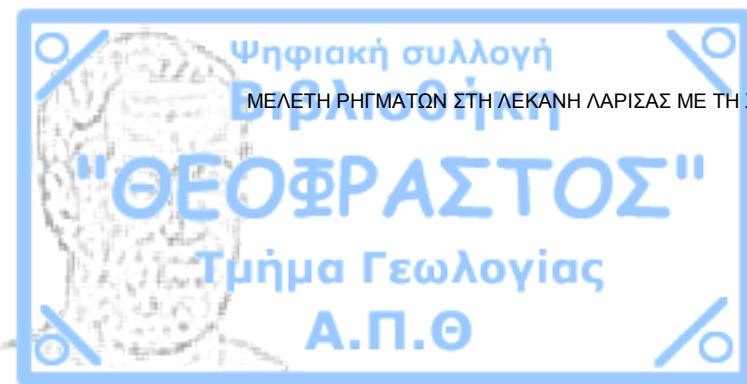
1. Στη ζώνη Χάλκης παρατηρούνται συγκεντρώσεις νιτρικών από 10 – 35 mg/L οι οποίες θεωρούνται ανεβασμένες και οφείλονται στην:

- έντονη καλλιεργητική δραστηριότητα (35.000στρ κυρίως με βαμβάκι) ημιελεύθερη υδροφορία
- στα επιβαρημένα νερά του υδατορεύματος Κουσμπασανιώτη από νιτρικά καθ' όσον η λεκάνη απορροής είναι λοφώδης με καλλιεργήσιμη σχεδόν όλη την έκταση και με αδιαπέραστους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τούτο συνεπάγεται μεγάλη αποστράγγιση και με επιβάρυνση του νερού των πλημμυρικών περιοχών από μεγάλο φορτίο γεωργικών ρύπων.

2. Στη ζώνη Κιλελέρ οι συγκεντρώσεις νιτρικών είναι μεσαίες 530 mg/L με μία τάση μείωσης των συγκεντρώσεων από την αρχή της καλλιεργητικής περιόδου προς το τέλος.

3. Στην ζώνη Μαρμαρινής, Δήμητρας, Καλαμακίου οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλές από 0 – 20 mg/L οι οποίες οφείλονται στο θετικό υδάτινο ισοζύγιο που έχουμε στη ζώνη αυτή και στην καθαρότητα του νερού που τροφοδοτεί τους υδροφορείς αφού η προέλευσή του είναι από τους χείμαρρους του ορεινού συμπλέγματος Κισσάβου – Μαυροβουνίου (δασώδεις περιοχές).

4. Στη ζώνη Ριζόμυλου – Στεφανοβίκειου οι συγκεντρώσεις των νιτρικών θεωρούνται χαμηλές λόγω της υπό πίεση υδροφορίας με τάση ανόδου στην περιοχή Βελεστίνου.



ΜΕΛΕΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ΟΝ}

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ΟΝ}

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

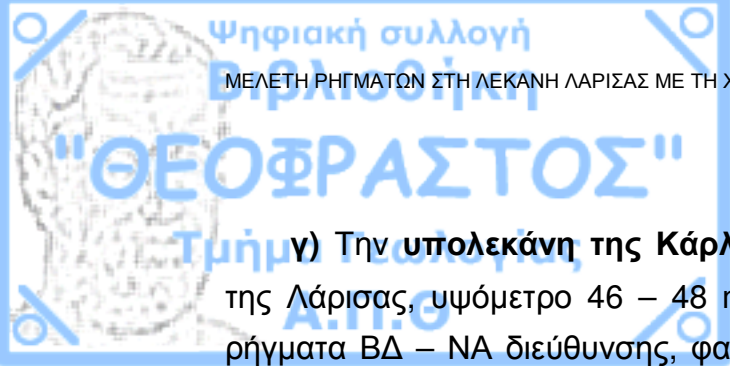
4.1. ΜΕΓΑΛΕΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Όπως προκύπτει από γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία η λεκάνη της Λάρισας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου ως αποτέλεσμα της έντονης εφελκυστικής παραμόρφωσης που έλαβε χώρα την περίοδο αυτή με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ. Η πλειοκαινική λεκάνη διατηρήθηκε ενιαία μέχρι πριν από 1 εκατομμύριο χρόνια (1.000.000) ως εκτεταμένη λίμνη. Πριν από 500.000 χρόνια η λεκάνη της Λάρισας διαφοροποιήθηκε σημαντικά λόγω νέων τεκτονικών ανακατατάξεων και κλιματικών μεταβολών που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της νεότερης εφελκυστικής παραμόρφωσης με διεύθυνση Β-Ν. Κατά το Πλειστόκαινο διαφοροποιείται η ενιαία πλειοκαινική λεκάνη σε τρεις επιμέρους "υπολεκάνες" οι οποίες οριοθετούνται από ρήγματα με διεύθυνση Α – Δ.

Ειδικότερα, η λεκάνη της Λάρισας όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 διακρίνεται από τα βόρεια προς τα νότια στις παρακάτω υπολεκάνες:

α) Την **υπολεκάνη του Τυρνάβου** που καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα της λεκάνης Λάρισας οριοθετείται από τα νέα ρήγματα της Ροδιάς και του Τυρνάβου και μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει επιμηκυσμένο σχήμα κατά την Α – Δ διεύθυνση.

β) Την **υπολεκάνη της Λάρισας** που αντιστοιχεί στο κεντρικό τμήμα της πλειοκαινικής ενιαίας λεκάνης της Λάρισας και περιλαμβάνει την περιοχή της πόλης της Λάρισας, το αεροδρόμιο και επεκτείνεται μέχρι το χωρίο Καστρί. Αυτή βρίσκεται τοπογραφικά υψηλότερα από το βύθισμα του Τυρνάβου και ελέγχεται από μία σειρά κανονικών ενεργών ρηγμάτων (Λάρισας, Καστρίου, Ασμακίου, Δήμητρας) τα οποία διευθύνονται Α – Δ και κλίνουν προς βορά. Τα ρήγματα αυτά απομονώνουν υδρογραφικά το βύθισμα Τυρνάβου – Πηνειού από το νοτιότερο τμήμα της πρώην λίμνης Κάρλας.



γ) Την **υπολεκάνη της Κάρλας** (35 km ΒΒΔ-ΝΝΑ τμήμα της πεδιάδας της Λάρισας, υψόμετρο 46 – 48 m), η οποία αν και οριοθετείται από παλιά ρήγματα ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης, φαίνεται ότι επηρεάζεται από νέα ρήγματα με διεύθυνση Α – Δ τα οποία παρουσιάζουν πιθανή ενεργό δράση, όπως τα ρήγματα του Βελεστίνου, που ανήκουν στη μεγάλη ενεργό ρηξιγενή ζώνη της Νότιας Θεσσαλίας (Mountrakis et al., 1993).

4.2. ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΝΕΡΓΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΛΑΡΙΣΗΣ

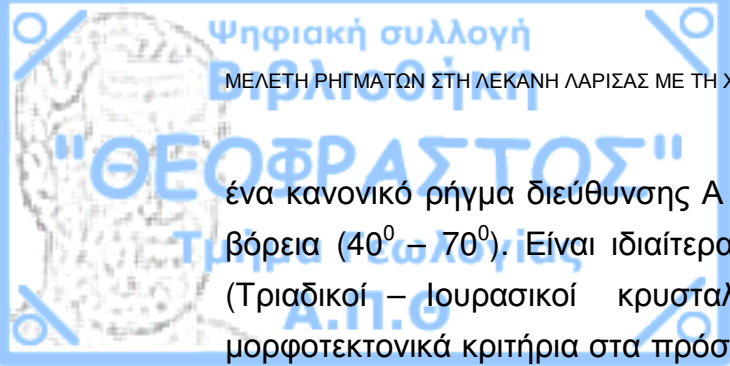
Τα σημαντικότερα και κυριότερα μεγάλα ενεργά ρήγματα της πεδιάδας της Λάρισας είναι:

4.2.1. ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΡΟΔΙΑΣ

Είναι ένα σύστημα μικρών κυρίως ρηγμάτων με μια κύρια γραμμή 10 – 15 km που οριοθετεί το βόρειο τμήμα της λεκάνης της Λάρισας, (υπολεκάνη Τυρνάβου). Βρίσκεται βόρεια του χωριού Ροδιά και της πόλης του Τυρνάβου και παρουσιάζει Α – Δ έως ΒΔ – ΝΑ διεύθυνση. Εμφανίζει τυπικά γεωλογικά – γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά ενεργού ρήγματος. Το τεκτονικό πρυνές που σχηματίζεται λόγω του ρήγματος έχει κατακόρυφο άλμα 0.5 έως 2 m. Το ρήγμα της Ροδιάς παρουσιάζει υψηλό βαθμό ολίσθησης αλλά δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι συνδέεται με κάποιο ισχυρό σεισμό της περιοχής. Παρόλα αυτά αναφέρονται δύο ισχυροί σεισμοί με μέγεθος $M_s=6.3$ R στην ευρύτερη περιοχή, το 1766 και το 1781 μ.Χ. (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989) που πιθανώς συνδέονται με τη δράση αυτών των ρηγμάτων. Άλλωστε η σεισμική-δυναμικότητα αυτού του ρήγματος, όπως και των υπολοίπων της λεκάνης της Λάρισας είναι αυτής της τάξης μεγέθους σεισμού (6.0 έως 6.5 R).

4.2.2. ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ

Το ρήγμα του Τυρνάβου βρίσκεται 10 km ΒΒΔ της πόλης της Λάρισας και 2 – 3 km νότια του Τυρνάβου. Χαρτογραφήθηκε και μελετήθηκε για πρώτη φορά από το Εργαστήριο Γεωλογίας – Παλαιοντολογίας του Α.Π.Θ. στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του R. Caputo (1990) και αναφέρεται επίσης στη διδακτορική διατριβή της Demitrack (1986) από το Παν/μιο του Stanford. Είναι



ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης Α – Δ μέχρι ΔΒΔ – ΝΝΑ, που κλίνει προς τα βόρεια (40° – 70°). Είναι ιδιαίτερα εμφανές στα πετρώματα του υποβάθρου (Τριαδικοί – Ιουρασικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι) και διαπιστώνεται με μορφοτεκτονικά κριτήρια στα πρόσφατα Πλειοκαινικά και Τεταρτογενή ιζήματα. Από γεωλογικά, στρωματογραφικά – ιζηματολογικά, μορφοτεκτονικά κριτήρια και ιδιαίτερα από τις πολύ πρόσφατες λειασμένες επιφάνειες (10 cm κατακόρυφης μετατόπισης για μήκος περίπου 5 χιλιομέτρων) το ρήγμα χαρακτηρίζεται γεωλογικά και ενεργό. Πιθανόν μάλιστα να συνδέεται με κάποιον από τους ιστορικούς σεισμούς της περιοχής (1731, 1766 ή 1781 μ.Χ.).

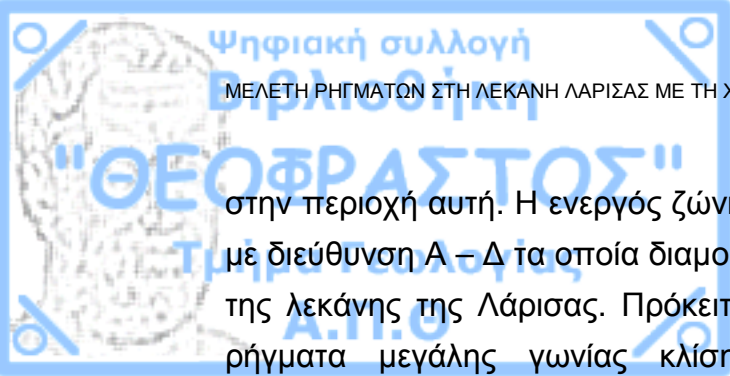
4.2.3. ΕΝΕΡΓΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

Το ρήγμα Γυρτώνης είναι ένα σημαντικό ενεργό ρήγμα Α – Δ διεύθυνσης που βρίσκεται κοντά στην πόλη της Λάρισας. Ξεκινά από το χωριό Γυρτώνη και εκτείνεται προς τα ανατολικά με συνολικό μήκος 12 – 13 km. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα με άλμα (κατακόρυφη μετάπτωση) 2 – 8 m όπως προκύπτει από παρατηρήσεις πρανών. Το ρήγμα αυτό συνδέεται με γεωλογικά φαινόμενα που το χαρακτηρίζουν ως ενεργό ρήγμα (ρυθμός ολίσθησης 0.1 mm/yr).

Μια σειρά τεσσάρων τουλάχιστον παράλληλων ρηγμάτων στην πεδιάδα της Λάρισας και ανατολικά της πόλης με διεύθυνση Α – Δ, ανιχνεύθηκαν με υπαίθριες παρατηρήσεις. Πρόκειται για κανονικά ρήγματα με κλίση προς βορά. Τα ρήγματα αυτά έπαιξαν σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια των ιστορικών χρόνων, αφού διαμόρφωσαν την περιοχή κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην συνεχίζεται η ροή κλάδου του Πηνειού ποταμού προς τη λίμνη Κάρλα. Επίσης, στην ίδια περιοχή τοποθετείται το επίκεντρο του σεισμού του 1941 ($M_s=6.3$) για τον οποίο αναφέρονται επιφανειακές διαρρήξεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, αλλά πιστεύεται ότι η ομάδα των ρηγμάτων της περιοχής της πόλης της Λάρισας συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τον παραπάνω σεισμό. Ο ρυθμός ολίσθησης (0.1 mm/yr) τα κατατάσσει σε μέτριας κατηγορίας ενεργά ρήγματα, αλλά φαίνεται ότι αποτελούν μια ευρύτερη ζώνη παράλληλων και υποπαράλληλων μικρότερων – ρηγμάτων.

4.2.4. ΕΝΕΡΓΟΣ ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΖΩΝΗ ΝΟΤΙΑΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Η παρουσία της μεγάλης ενεργού ρηξιγενούς ζώνης στη Νότια Θεσσαλία τεκμηριώνεται από τη γένεση πολλών ισχυρών σεισμών τον παρόντα αιώνα

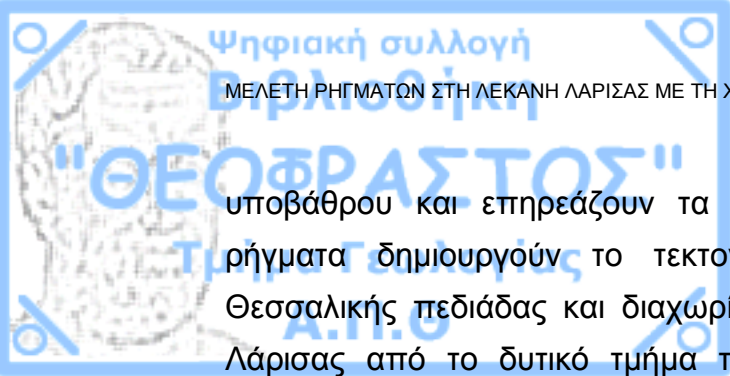


στην περιοχή αυτή. Η ενεργός ζώνη συνίσταται από πολλά μικρότερα ρήγματα με διεύθυνση $A - \Delta$ τα οποία διαμορφώνουν και οριοθετούν το νότιο περιθώριο της λεκάνης της Λάρισας. Πρόκειται για παράλληλα συνθετικά και αντιθετικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης τα οποία οριοθετούν νεογενείς και τεταρτογενείς λεκάνες. Μια παλιά δεξιόστροφη κίνηση οριζόντιας μετατόπισης στη ζώνη ρηγμάτων κατά τη διάρκεια του Μειοκαίνου ακολουθήθηκε από δύο διαδοχικές επαναδραστηριοποιήσεις με κανονικές κινήσεις. Η πρώτη επηρέασε ιζήματα Πλειοκαίνου – Μέσου Πλειστοκαίνου και είναι το αποτέλεσμα του εφελκυσμού διεύθυνσης $BA - N\Delta$ ενώ η δεύτερη είναι πρόσφατη επαναδραστηριοποίηση της ζώνης οφειλόμενη στον $B - N$ εφελκυσμό που επικρατεί στην περιοχή από το Μέσο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα. Η τελευταία αυτή κίνηση είναι συμβατή με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών. Στη ρηξιγενή ζώνη της Νότιας Θεσσαλίας ανήκουν τα ενεργά ρήγματα της περιοχής Βελεστίνου που συνδέονται με το σεισμό του Βελεστίνου (1957 Μαρτ.8, $M_s=6.8$) του οποίου το επίκεντρο τοποθετείται στο χωριό Ριζόμυλος.

4.3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι τεκτονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί κατά το παρελθόν από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης σε θέσεις με αντιπροσωπευτική κατανομή ώστε να καλύπτουν ολόκληρη την ευρύτερη περιοχή. Από την επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων προέκυψαν διαδοχικά τεκτονικά γεγονότα που προκάλεσαν τη δημιουργία των τεκτονικών δομών που παρατηρούνται στη λεκάνη της Λάρισας και διαμόρφωσαν τη γεωλογική δομή της. Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν και τις γενικότερες γνώσεις για τη γεωλογία της Θεσσαλίας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μετά τα αλπικά συμπίεστικά γεγονότα ακολούθησε εφελκυστική παραμόρφωση στην οποία οφείλεται η διαμόρφωση της λεκάνης της Λάρισας.

Όπως διαπιστώθηκε, δύο μεγάλες ομάδες κανονικών ρηγμάτων επικρατούν στην περιοχή. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μεγάλα κανονικά ρήγματα $B\Delta - NNA$ έως $B\Delta - NA$ διεύθυνσης και δημιουργήθηκαν από τη δράση ενός εφελκυστικού πεδίου τάσης με $BA - N\Delta$ διεύθυνση της ελάχιστης συνιστώσας τάσης σ_3 . Τα ρήγματα αυτά παρατηρούνται στους σχηματισμούς του

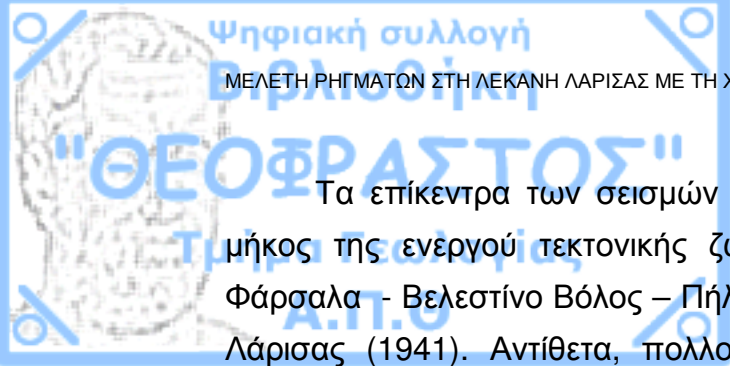


υποβάθρου και επηρεάζουν τα πλειοκαινικά ποταμοχερσαία ιζήματα. Τα ρήγματα δημιουργούν το τεκτονικό κέρασ των κεντρικών λόφων της Θεσσαλικής πεδιάδας και διαχωρίζουν έτσι για πρώτη φορά τη λεκάνη της Λάρισας από το δυτικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τη λεκάνη της Καρδίτσας.

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει νεότερα ρήγματα με διεύθυνση A – Δ έως BA – NΔ. Οι δομές αυτές που αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες τεκτονικές δομές της περιοχής, επηρεάζουν και διακόπτουν τις προγενέστερες εφελκυστικές δομές και επηρεάζουν το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Αυτές οι νεότερες ρηξιγενείς δομές δημιουργήθηκαν από τη δράση ενός εφελκυστικού πεδίου τάσης με διεύθυνση της ελάχιστης συνιστώσας τάσης σ₃ B – N. Οι διευθύνσεις του εφελκυσμού που υπολογίστηκαν από την τεκτονική ανάλυση συμπίπτουν με τις δύο φάσεις εφελκυσμού που έχουν διαπιστωθεί στον εσωτερικό χώρο του Αιγαίου από το Ανώτερο Μειόκαινο έως σήμερα και ειδικότερα για το χώρο της Ηπειρωτικής Ελλάδας (Παυλίδης, 1985). Η πρώτη με BA – NΔ διεύθυνση εφελκυσμού κατά τη διάρκεια Πλειοκαίνου και η δεύτερη κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς.

4.4. ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Από σεισμολογικής άποψης η ευρύτερη περιοχή μελέτης θεωρείται υψηλής σεισμικότητας (Ζώνη III) όσον αφορά τους καταγραφμένους με σεισμολογικά όργανα σεισμούς, καθώς επίσης και τις ιστορικές μαρτυρίες (Papazachos et al., 1983, Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989, Ambraseys and Jackson, 1990, Caputo and Pavlides, 1993, Caputo, 1995). Από τα διαθέσιμα δεδομένα για τους σεισμούς αυτούς είναι εμφανές ότι η σεισμικότητα της περιοχής οφείλεται σε ένα εφελκυστικό πεδίο με διεύθυνση B – N. Η πλειονότητα των ενεργών ρηγμάτων της Θεσσαλίας φαίνεται ότι συνδέονται με την επαναδραστηριοποίηση ρηγμάτων με διεύθυνση A – Δ. Ωστόσο, είναι σκόπιμο να επισημανθεί στο σημείο αυτό ότι είναι πολύ πιθανό σε περιπτώσεις σεισμών να ενεργοποιούνται και ρήγματα με διαφορετικό προσανατολισμό, όπως συνέβη στην περίπτωση του σεισμού των Σοφάδων, οπότε ενεργοποιήθηκε στην περιοχή της Εκκάρας ρήγμα ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης.



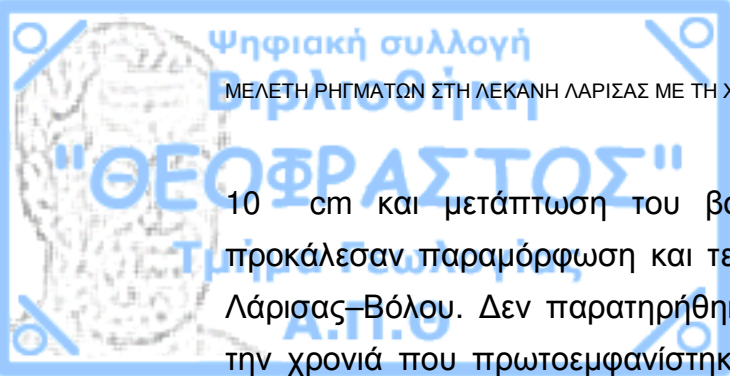
Τα επίκεντρα των σεισμών του 20^{ου} αιώνα κατανέμονται κυρίως κατά μήκος της ενεργού τεκτονικής ζώνης της Νότιας Θεσσαλίας (Σοφάδες – Φάρσαλα - Βελεστίνο Βόλος – Πήλιο) με εξαίρεση ίσως τον ισχυρό σεισμό της Λάρισας (1941). Αντίθετα, πολλοί από τους ισχυρούς σεισμούς των δύο προηγούμενων αιώνων κατανέμονται στη Βόρεια Θεσσαλία. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή σεισμικότητα της Θεσσαλίας και κυρίως τον εντοπισμό σημαντικών ενεργών ρηγμάτων στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας, καθιστά απαραίτητη μια λεπτομερέστερη σεισμοτεκτονική μελέτη για την περιοχή και αντιμετώπιση του φαινομένου των επιφανειακών ρωγμώνσεων με ιδιαίτερη προσοχή.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του σεισμικού κινδύνου στη Θεσσαλία οι αναμενόμενες Μέγιστη Σεισμική Επιτάχυνση (ΡΟΑ), Μέγιστη Εδαφική Ταχύτητα (ΡΟΥ) και Μέγιστη Αναμενόμενη Ένταση (ΙΜΜ) για χρονικές περιόδους 50 χρόνων και 475 χρόνων (Χρόνος ζωής μεγάλων τεχνικών έργων) αντίστοιχα παίρνουν τις ακόλουθες τιμές (Parazachos et al., 1993):

ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (ΧΡΟΝΙΑ)	Μέγιστη Σεισμική Επιτάχυνση (ΡΟΑ)	Μέγιστη Εδαφική Ταχύτητα (ΡΟΥ)	Μέγιστη Αναμενόμενη Ένταση (ΙΜΜ)
50	15.8% g,	8.1 cm/sec	7.0
475	28.8% g,	22.8 cm/sec	8.0

4.5. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

Επιφανειακές διαρρήξεις αρχικά εμφανίσθηκαν τον Αύγουστο του 1990 στην περιοχή της Κοινότητας Καστρί Λάρισας με συνολικό μήκος 400 m και άνοιγμα 2 cm περίπου. Οι διαρρήξεις αυτές εμφανίσθηκαν στην προέκταση του ενεργού ρήγματος Καστρίου. Τον Ιούλιο του 1993 πρωτοεμφανίστηκε στην περιοχή του δυτικού περιθωρίου της πρώην λίμνης Κάρλας σημαντικός αριθμός εδαφικών ρωγμώνσεων. Αρχικά οι διαρρήξεις αυτές παρουσιάσθηκαν στις κοινότητες Μελίας και Νίκης του Νομού Λαρίσης και Ριζομύλου του Νομού Μαγνησίας. Στην Κοινότητα Μελίας οι διαρρήξεις αυτές είχαν ορατό μήκος μεγαλύτερο από 1 km, σταθερή διεύθυνση Α – Δ έως ΑΝΑ – ΔΒΔ, άνοιγμα 5–

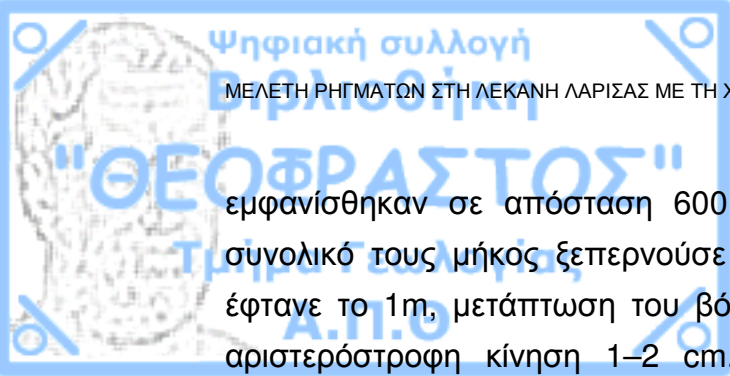


10 cm και μετάπτωση του βόρειου τεμάχους 2–5 cm. Οι διαρρήξεις προκάλεσαν παραμόρφωση και τελικά θραύση της σιδηροδρομικής γραμμής Λάρισας–Βόλου. Δεν παρατηρήθηκαν βλάβες σε σπίτια του οικισμού αρχικά την χρονιά που πρωτοεμφανίστηκαν καθώς οι ρωγμές εμφανίστηκαν σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 μέτρων από αυτόν. Στην κοινότητα Νίκης οι επιφανειακές

ρωγμές παρουσιάζονται από την πρώτη εμφάνιση τους μέσα στον οικισμό προκαλώντας σημαντικές ζημιές σε ορισμένες οικοδομές. Πρόκειται αρχικά για δύο περίπου παράλληλες ζώνες ρωγμών. Και στην περίπτωση αυτή οι διαρρήξεις είχαν σταθερή διεύθυνση Α – Δ έως ΑΝΑ – ΔΝΔ, άνοιγμα 2–4 cm και μετάπτωση του βόρειου τεμάχους 1–2 cm. Εμφανίζονται σε ομάδες παράλληλων διαρρήξεων και συνολικά το ορατό μήκος τους είναι μεγαλύτερο από 600 m. Δύο ομάδες παράλληλων διαρρήξεων πρωτοεμφανίστηκαν επίσης στην περιοχή της κοινότητας Ριζόμυλου του Νομού Μαγνησίας, διασχίζουν τον οικισμό και προκάλεσαν μεγάλες βλάβες σε περισσότερα από 100 κτίρια. Οι διαρρήξεις είχαν συνολικό μήκος περίπου 1.5 km με σταθερή διεύθυνση Α-Δ (100^0 - 110^0), άνοιγμα 2–25 cm, μετάπτωση του βόρειου τεμάχους κατά 5–10 cm και ελαφρά αριστερόστροφη κίνηση 1–2 cm. Το Σεπτέμβριο του 1993 εμφανίστηκαν επιφανειακές ρωγμές στην περιοχή του αεροδρομίου Λάρισας. Οι διαρρήξεις είχαν ορατό μήκος περίπου 1 km, σταθερή διεύθυνση Α–Δ (100^0 - 110^0), άνοιγμα 2–5 cm, μετάπτωση του βόρειου τεμάχους κατά 13 cm και ελαφρά αριστερόστροφη κίνηση 1–2 cm. Οι διαρρήξεις προκάλεσαν παραμόρφωση του εδάφους και του ασφαλτοτάπητα στο χώρο του αεροδρομίου. Οι διαρρήξεις αυτές φαίνεται ότι σχετίζονται με τα ενεργά ρήγματα της Λάρισας και πιθανώς το σεισμικό ρήγμα του σεισμού της Λάρισας του 1941 ($M_s=6.3$).

Το Νοέμβριο του 1993 εμφανίστηκαν ρωγμές που διέσχιζαν το κατάστρωμα της Εθνικής οδού Λαμίας – Λάρισας στο ύψος της διασταύρωσης προς το χωριό Αερινό. Οι διαρρήξεις αυτές με διεύθυνση Α – Δ, εντοπίστηκαν στην προέκταση του γεωλογικού ρήγματος που οριοθετεί τη νότια πλευρά της λεκάνης της Λάρισας.

Το Νοέμβριο του 1994 νέες διαρρήξεις εμφανίστηκαν στην περιοχή του Στεφανοβικείου Μαγνησίας με διεύθυνση Α – Δ (100^0 – 110^0). Οι διαρρήξεις



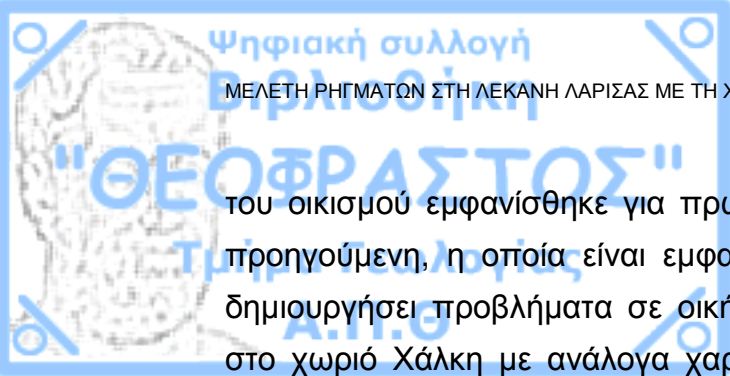
εμφανίσθηκαν σε απόσταση 600 περίπου μέτρων νότια του οικισμού, το συνολικό τους μήκος ξεπερνούσε τα 3 km, είχαν άνοιγμα που κατά θέσεις έφτανε το 1m, μετάπτωση του βόρειου τεμάχους κατά 5–10 cm και ελαφρά αριστερόστροφη κίνηση 1–2 cm. Οι διαρρήξεις προκάλεσαν εκτεταμένες καθιζήσεις του εδάφους και διάρρηξη του ασφαλτοτάπητα της παλιάς Εθνικής οδού Λάρισας – Βόλου. Μια δεύτερη ομάδα διαρρήξεων με μήκος 300 m περίπου εμφανίσθηκε βόρεια της πρώτης. Ανάλογες διαρρήξεις είχαν εμφανισθεί στην περιοχή Στεφανοβικείου και στην ίδια θέση το Σεπτέμβριο του 1989. Το φαινόμενο συνεχίσθηκε και κατά τη διάρκεια του 1995.

Την ίδια περίοδο, Νοέμβριος 1994, εμφανίσθηκαν ρωγμές μήκους 200–300 m με διεύθυνση A – Δ (B 120°), στο ανατολικό περιθώριο της λίμνης Κάρλας και συγκεκριμένα στους πρόποδες του υψώματος Πύργος, στο μέσον της απόστασης μεταξύ των χωριών Καλαμάκι και Κανάλια. Σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων τις πρώτες μέρες μετά την εμφάνιση των διαρρήξεων παρατηρήθηκε έκλυση εύφλεκτου αερίου, πιθανόν μεθανίου.

Τον Οκτώβριο 1996 στην περιοχή Στεφανοβικείου του Νομού Μαγνησίας παρουσιάστηκαν και πάλι εδαφικές διαρρήξεις στην ίδια θέση με μήκος που υπερέβαινε τα 400 m και εντυπωσιακό άνοιγμα που ξεπερνούσε το 1,5 m. Την ίδια περίοδο εδαφικές ρωγμώσεις εμφανίσθηκαν και στο χωριό Πλατύκαμπος.

Την άνοιξη του 1997 νέες διαρρήξεις εμφανίσθηκαν στο χωριό Νίκη. Ειδικότερα παρουσιάστηκαν δύο παράλληλες εδαφικές ρωγμώσεις που διασχίζουν το κέντρο του οικισμού με διεύθυνση A – Δ έως ANA – ΔNΔ, οι οποίες προκάλεσαν σημαντικές βλάβες σε οικήματα.

Τον Οκτώβριο του 1997 παρουσιάστηκε νέα επαναδραστηριοποίηση των εδαφικών ρωγμώσεων στα χωριά Νίκη, Μελία και Χάλκη. Στη Νίκη πρόκειται ουσιαστικά για ενεργοποίηση δύο παράλληλων εδαφικών ρωγμώσεων, οι οποίες είχαν εμφανισθεί τα προηγούμενα χρόνια. Η νέα ενεργοποίηση διατηρεί σταθερή τη διεύθυνση των ρωγμώσεων αλλά εμφανίζονται σε μεγαλύτερο μήκος και με σημαντική καθίζηση που φτάνει ακόμη και τα 20 cm, με αποτέλεσμα σε οικίες να προκληθούν εκτεταμένες ζημιές. Στο σιδηροδρομικό σταθμό Μελίας η εδαφική ρωγμωση παρουσίασε σταθερή διεύθυνση A – Δ έως ANA – ΔNΔ, μεγαλύτερο εύρος και μετάπτωση του βόρειου τεμάχους με αποτέλεσμα τη σημαντική παραμόρφωση της σιδηροδρομικής γραμμής. Εντός



του οικισμού εμφανίσθηκε για πρώτη φορά νέα διάρρηξη παράλληλη με την προηγούμενη, η οποία είναι εμφανής και επηρεάζει την οδοποιία χωρίς να δημιουργήσει προβλήματα σε οικήματα. Εδαφική ρώγμωση εμφανίσθηκε και στο χωριό Χάλκη με ανάλογα χαρακτηριστικά και αποτέλεσμα την καθίζηση του εδάφους.

Το Δεκέμβριο του 1998 παρατηρήθηκε επαναδραστηριοποίηση των εδαφικών ρωγμών στο Ριζόμυλο Μαγνησίας που είχαν ως αποτέλεσμα τη θραύση του

οδοστρώματος στο 350 km της παλιάς Εθνικής Οδού Λάρισας-Βόλου. Το ορατό μήκος των ρωγμών ξεπέρασε τα 200 m, ενώ το πλάτος σε ορισμένα σημεία ξεπέρασε τα 23 m. Την ίδια περίοδο παρουσιάστηκαν νέες εδαφικές ρωγμές στα χωριά Πλατύκαμπος, Κάμπος, Κεντρί, και Σταυρός Λάρισας.

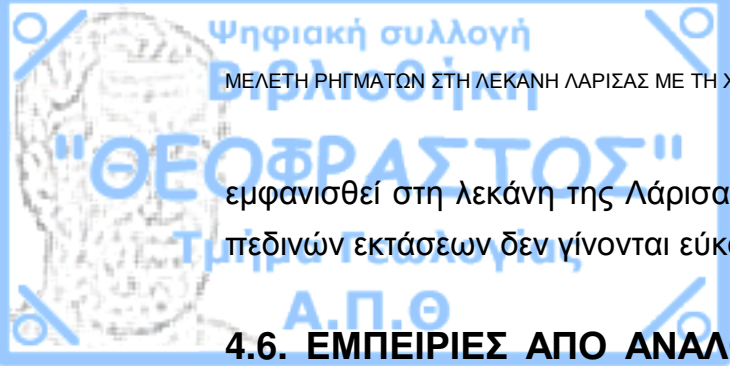
Το Δεκέμβριο του 2003 ανάλογες εδαφικές ρωγμές εμφανίσθηκαν στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Φαρσάλων.

Η σημερινή κατάσταση κατά το έτος 2005 δεν φαίνεται πολύ διαφορετική από το παρελθόν. Σε ορισμένες περιοχές η δραστηριότητα συνεχίζεται κανονικά όπως στους οικισμούς Νίκαιας – Χάλκης – Μελίας – Μελισσας – Νίκης. Στις περιοχές αυτές η συνεχιζόμενη δραστηριότητα είχε σαν αποτέλεσμα να διέλθει από ορισμένες κατοικίες που είχαν την ατυχία να είναι θεμελιωμένες επάνω από το σημείο που διέρχονται οι επιφανειακές ρωγμές κάνοντας τις οικίες επικίνδυνες για τους ενοίκους τους. Η μεγαλύτερη καταστροφή από τους ανωτέρω αναφερθέντες οικισμούς έχει παρατηρηθεί στην Νίκη. Από την κοινότητα αυτή διέρχονται 3 ρήγματα παράλληλα μεταξύ τους με φορά Α – Δ έως ΑΝΑ – ΔΒΔ καλύπτοντας έτσι όλη την κοινότητα. Στον οικισμό της Νίκης στις περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα από τα ρήγματα παρατηρείται ομοιόμορφη καθίζηση όλης της περιοχής χωρίς να παρουσιαστούν εμφανείς βλάβες στις κατασκευές όπως παρουσιάζονται σε κτίρια που βρίσκονται στα σημεία που διέρχονται τα ρήγματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του γεγονότος είναι και η εκκλησία της Νίκης η οποία είναι ανάμεσα σε δυο διερχόμενα ρήγματα όπως φαίνεται και στα σχέδια που υπάρχουν στο παράρτημα <<Α>>. Σύμφωνα με τους κατοίκους της περιοχής η όλη περιοχή της εκκλησίας με τον αντίστοιχο προαύλιο χώρο της πριν την εμφάνιση του φαινομένου ήταν κατά ένα σκαλοπάτι δηλαδή περίπου 20 cm

ψηλότερη από τον κεντρικό δρόμο. Σήμερα παρατηρείται η όλη περιοχή να βρίσκεται κατά μισό μέτρο (50cm) χαμηλότερα από την ίδια στάθμη του κεντρικού δρόμου, δηλαδή στην όλη περιοχή υπήρξε μια ομοιόμορφη καθίζηση περίπου 60cm κατά την οποία όμως δεν παρατηρούνται βλάβες στο οικοδόμημα της εκκλησίας. Ενώ σε άλλες περιοχές του οικισμού Νίκης που διέρχονται τα ρήγματα παρατηρούνται σοβαρές καταστροφές στις οικίες που βρίσκονται στα σημεία αυτά. Σε άλλες περιοχές η δραστηριότητα φαίνεται να είναι στάσιμη χωρίς την διεύρυνση των ρωγμών που είχαν εμφανιστεί όπως στους οικισμούς Στεφανίβκειου και Ριζόμυλου. Ενώ υπάρχουν και περιοχές που εμφανίστηκαν νέες επιφανειακές ρωγμές όπως είναι στον οικισμό της Αναγέννησης που βρίσκεται πλησίον της Μελίας όπου εμφανίστηκαν τρεις νέες επιφανειακές ρωγμές σε χωματόδρομο έξω από τον οικισμό προς τις γραμμές του τραίνου με διεύθυνση Α – Δ. Επίσης νέες εμφανίσεις υπάρχουν και στον δρόμο που οδηγεί προς τον οικισμό της Κυψέλης πριν τις γραμμές του τραίνου. Στην θέση αυτή οι ρωγμές αυτές δύσκολα γίνονται αντιληπτές διότι στον δρόμο αυτός συχνά γίνεται στρώση νέου ασφαλτοτάπητα λόγω του ετήσιου εορτασμού του Κιλερέρ. (Στην πρώτη μου επίσκεψη στην περιοχή Αύγουστος 05 οι ρωγμές υπήρχαν και φωτογράφηκαν, ενώ σε επόμενη επίσκεψη τον Σεπτέμβριο 05 υπήρχε νέος ασφαλτοτάπητας στον δρόμο που εξαφάνισε κάθε ίχνος από τις ρωγμές. Υπάρχουν όμως οι φωτογραφίες που απεικονίζονται).

Από τη γεωγραφική κατανομή των επιφανειακών ρωγμών που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Λάρισας, αλλά και τις εμφανίσεις των προηγούμενων ετών, προκύπτει ότι το φαινόμενο δεν είναι τοπικό αλλά εξαπλώνεται σε όλη την έκταση της λεκάνης της Λάρισας και όχι μόνο στην υπολεκάνη της Κάρλας, παρά το γεγονός ότι υδρογεωλογικά διακρίνεται το βόρειο από το νότιο τμήμα της λεκάνης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εμφανίσεις των επιφανειακών ρωγμών που αναφέρθηκαν δεν περιλαμβάνουν όλες τις ρωγμές που δημιουργήθηκαν αλλά μόνο αυτές που έγιναν αντιληπτές είτε γιατί εμφανίζονται μέσα σε οικισμούς, είτε γιατί διακόπτουν το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο. Όμως, από την κατανομή των ρωγμών θεωρείται βέβαιο ότι πολλές ακόμη ρωγμές έχουν



εμφανισθεί στη λεκάνη της Λάρισας, αλλά λόγω της έντονης καλλιέργειας των πεδινών εκτάσεων δεν γίνονται εύκολα αντιληπτές.

4.6. ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Έχει αποδειχθεί σε άλλες χώρες (Κίνα, Νεβάδα ΗΠΑ) ότι παρόμοιες επιφανειακές ρωγμώσεις συνδέονται με επιφανειακές εκδηλώσεις ήδη υπαρχόντων γεωλογικών ρηγμάτων και επηρεάζονται από την πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων. Πρόκειται για ένα πολύπλοκο γεωτεκτονικό – υδρογεωλογικό φαινόμενο και είναι πολύ πιθανό να σχετίζεται με τη γένεση μεγάλων σεισμών.

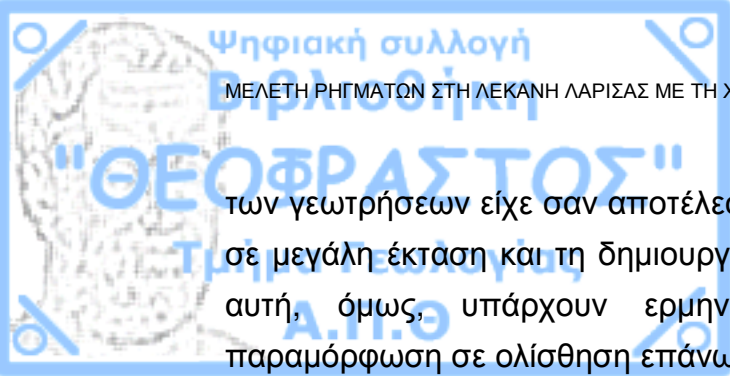
4.6.1.ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΠΟΔΟΘΗΚΑΝ ΣΕ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗ

Φαινόμενα εμφάνισης εδαφικών ρωγμώσεων που αποδόθηκαν σε υπεράντληση των υπογείων υδάτων έχουν περιγραφεί σε αρκετές περιοχές, όπως στην Πολιτεία της Αριζόνα των ΗΠΑ (Holzer et al., 1979) καθώς και στην περιοχή των Δυτικών Πολιτειών του Τέξας, της Νεβάδα και της Καλιφόρνιας (Holzer, 1981, 1984, Holzer and Gabrysch, 1987).

Στις ΗΠΑ οι περιοχές που πλήττονται από το φαινόμενο των εδαφικών ρωγμώσεων έχουν συνολικό εμβαδό περισσότερο από 22.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα και αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα, στην κατεύθυνση της μελέτης και αντιμετώπισης του οποίου εργάζονται αρκετοί ερευνητές διαφόρων ειδικοτήτων.

Συνδυασμένη δράση τεκτονικών (προϋπάρχοντα ρήγματα) και υδρολογικών (υπεράντληση) αιτίων έχει διαπιστωθεί σε αρκετές περιπτώσεις. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του ρήγματος Garlock, όπου οι διαρρήξεις αυτές άρχισαν να δημιουργούνται τη δεκαετία του '60 επάνω σε προϋπάρχοντα τεκτονικά πρηνή Ολοκαινικής ηλικίας (Pampreyan et al., 1988).

Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, η δημιουργία παρόμοιων φαινομένων αποδόθηκε σε τοπικές καθιζήσεις που προκλήθηκαν από διαφορική πάκτωση των υδροφορέων (μη τεκτονική παραμόρφωση - Holzer and Pampreyan, 1981). Στην Ελλάδα μεταξύ άλλων τέτοια φαινόμενα έχουν παρουσιαστεί και στην περιοχή του Καλοχωρίου Θεσσαλονίκης, όπου πιστεύεται ότι η υπεράντληση



των γεωτρήσεων είχε σαν αποτέλεσμα την πτώση της επιφάνειας του εδάφους σε μεγάλη έκταση και τη δημιουργία παρόμοιων δομών. Και στην περίπτωση αυτή, όμως, υπάρχουν ερμηνείες που αποδίδουν την επιφανειακή παραμόρφωση σε ολίσθηση επάνω σε προϋπάρχοντα ρήγματα.

4.6.2.ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΑΙΤΙΑ

Η ολίσθηση πάνω σε επιφάνειες ρηγμάτων χωρίς σεισμική δράση ονομάζεται ερπυσμός (creep). Το φαινόμενο του ασεισμικού ερπυσμού που οφείλεται σε τεκτονικά αίτια είναι εξαιρετικά διαδεδομένο στη φύση και μελετημένο σε πάρα πολλές περιπτώσεις. Φαινόμενα εμφάνισης εδαφικών ρωγμών έχουν παρατηρηθεί κατά μήκος του πολύ γνωστού ενεργού ρήγματος του Αγίου Ανδρέα (Καλιφόρνια. ΗΠΑ). Οι ρωγμώσεις αυτές συνδέονται με την ασεισμική κίνηση κατά μήκος του ρήγματος. Στην περίπτωση αυτή έχει μελετηθεί πολύ καλά ο ρυθμός ολίσθησης (ερπυσμός) με τη χρησιμοποίηση γεωδαιτικών μεθόδων (π.χ. Goultly and Gilman, 1978, Burford and Harsh, 1980). Ο ρυθμός τεκτονικής ολίσθησης έχει υπολογιστεί για όλους τους κλάδους του ρήγματος αυτού χρησιμοποιώντας και γεωλογικές εκτός από γεωδαιτικές μεθόδους (π.χ. Rymer et al., 1984). Η γνώση αυτού του μεγέθους έχει πολύ μεγάλη σημασία στην εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας μίας περιοχής και αποτελεί δείκτη για την ταξινόμηση των ενεργών ρηγμάτων σε κατηγορίες.

4.6.3.ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΡΩΓΜΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΥΣ

Εδαφικές ρωγμώσεις που σχετίζονται με σεισμούς έχουν περιγραφεί σε πολλές περιπτώσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην Κίνα παρόμοιες περιπτώσεις θεωρούνται από ορισμένους ερευνητές ως πρόδρομα φαινόμενα σεισμών. Πολλές φορές παρατηρούνται αλλαγές στα φαινόμενα αυτά κατά τη διάρκεια μετασεισμικών περιόδων (π.χ. Muir-Wood and King, 1993).

Έχει επίσης διαπιστωθεί ότι η δράση των ενεργών ρηγμάτων σχετίζεται άμεσα με αλλαγές στην υδρογεωλογική κατάσταση μιας περιοχής (Muir-Wood, 1993), δύο συνιστώσες που είναι αλληλένδετες.

Έχει παρατηρηθεί σχέση μεταξύ της αλλαγής της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και δημιουργίας σεισμών (π.χ. Knoch et al., 1975). Ωστόσο μερικές

φορές έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα που συνήθως σχετίζονται με σεισμική δράση (φαινόμενα ρευστοποίησης του εδάφους) χωρίς να έχουν παρατηρηθεί σεισμοί πιο πριν (Holzer and clark, 1993). Όλα αυτά δείχνουν ότι η σχέση μεταξύ παρόμοιων φαινομένων και ενεργής τεκτονικής δράσης είναι δεδομένη αν και τις περισσότερες φορές είναι πολύ δύσκολο να εξακριβωθεί.

4.6.4.ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Αντίστοιχα φαινόμενα έχουν καταγραφεί διεθνώς σε πολλές περιοχές όπου γίνεται άντληση υπογείων υδάτων ή υδρογονανθράκων και προκαλείται σημαντική πτώση του υδροφόρου ορίζοντα.

Αναφέρονται τα εξής ιστορικά περιστατικά:

- **ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΜΕΞΙΚΟΥ.**

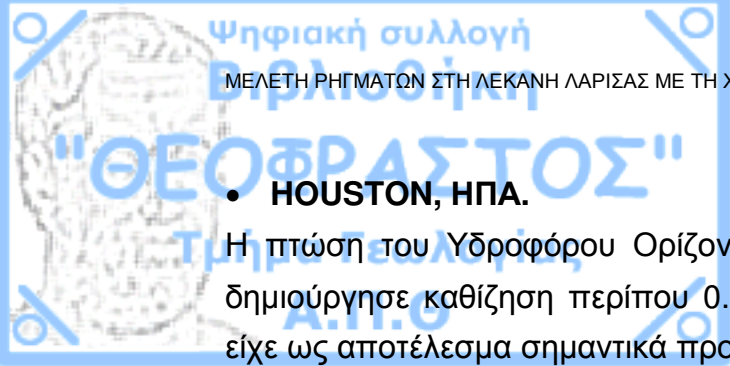
Το υπέδαφος αποτελείται από στρώματα μαλακής αργίλου, ιλύος και οργανικών εδαφών. Μεταξύ του 1900 και 1960 η στάθμη του Υδροφόρου Ορίζοντα έπεσε σημαντικά λόγω αντλήσεων με αποτέλεσμα να σημειωθούν καθιζήσεις πάνω από 8 m σε μία ευρεία περιοχή. (Tezaghi, Peck and Mesri 1995)

- **SANTA CIARA, CALIFORNIA.**

Η χρήση 2000 γεωτρήσεων για άρδευση δημιούργησε μία διαδικασία στερεοποίησης με αποτέλεσμα καθιζήσεις. Το υπέδαφος αποτελείται από στρώματα μαλακής αργίλου, με στρώσεις άμμου και χαλίκων συνολικού πάχους 30 m ως 60 m. Η πτώση του Υδροφόρου Ορίζοντα από το 1918 ως το 1956 οδήγησε σε καθιζήσεις της τάξης των 2.5 m. (Poland 1958).

- **RAVENNA, ΙΤΑΛΙΑ.**

Η πόλη της Ravenna κτισμένη σε βαθύ αλλουβιακό στρώμα υπέστη καθίζηση περίπου 0.84 m ως αποτέλεσμα της άντλησης νερού, αλλά και της λήψης φυσικού αερίου (Carbonin et al. 1978).



- **HOUSTON, ΗΠΑ.**

Η πτώση του Υδροφόρου Ορίζοντα κατά 75 m από το 1905 ως το 1951 δημιούργησε καθίζηση περίπου 0.6m που συνδέθηκε με τοπικά ρήγματα και είχε ως αποτέλεσμα σημαντικά προβλήματα σε κατασκευές (Lockwood 1954).

- **ΛΟΝΔΙΝΟ, U.K.**

Η πτώση του Υδροφόρου Ορίζοντα κατά 60 m από το 1865 ως το 1931 δημιούργησε καθίζηση περίπου 0.2 m (Wilson and Grace 1942).

- **ΤΑΙΠΕΙ, TAIWAN.**

Στην Taiwan η πτώση του Υδροφόρου Ορίζοντα από 15m ως 25m δημιούργησε καθιζήσεις ως 2.90m. Το έδαφος αποτελείται από παχιές αποθέσεις από άργιλο, ίλη, άμμο και χαλίκια. Η άμμος και τα χαλίκια ευρίσκονται γενικά σε μορφή ξεχωριστών φακοειδών στρώσεων. Στο κατώτερο όμως τμήμα των αποθέσεων οι στρώσεις άμμου και χαλίκιων συνδέονται σχηματίζοντας μία ευρεία διαπερατή ζώνη (Kuo-Líang Pan 1997).

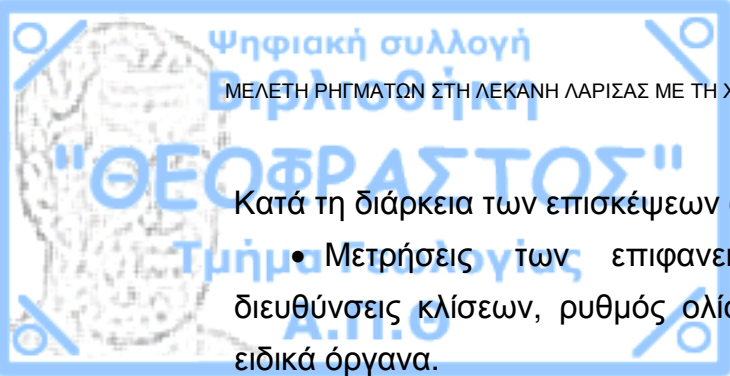
- **ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΑΝΤΛΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

Παρόμοια φαινόμενα με σημαντικές καθιζήσεις έχουν καταγραφεί σε περιοχές αντλήσεως πετρελαίου όπως π.χ. στην California, όπου καταγράφηκαν καθιζήσεις 9 m.

Επίσης σημαντικές Καθιζήσεις από άντληση πετρελαίου καταγράφηκαν επίσης και σε μία έκταση μήκους 48 km στα παράλια της Maracabo Lake, Venezuela, όπου η ξηρά βυθίστηκε κάτω από το επίπεδο της θάλασσας με αποτέλεσμα να χρειασθεί η κατασκευή ενός προστατευτικού φράγματος μήκους 48 km (Collins JJ 1935).

4.7. ΡΥΘΜΟΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ

Από την αρχή της εμφάνισης του φαινομένου κλιμάκιο ειδικών επιστημόνων του Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης με επικεφαλής τους καθηγητές κ. Α. Κίλια και Σ. Παυλίδη του τομέα Γεωλογίας ερεύνησε το φαινόμενο με επί τόπου με συνεχείς επισκέψεις πραγματοποιώντας μετρήσεις και εγκαθιστώντας όργανα στις θέσεις εμφάνισης των ρωγμών για διερεύνηση του φαινομένου.



Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων αυτών έγιναν οι παρακάτω εργασίες.

- Μετρήσεις των επιφανειών διαρρήξεων (διευθύνσεις, κλίσεις, διευθύνσεις κλίσεων, ρυθμός ολίσθησης, κατεύθυνση διάρρηξης κ.λ.π.), με ειδικά όργανα.

- Εγκατάσταση εικοσιπέντε (25) πρόχειρων σταθμών ελέγχου.
- Λεπτομερής γεωλογική έρευνα της ευρύτερης περιοχής της πρώην λίμνης Κάρλας (γεωλογική χαρτογράφηση, τεκτονική και σεισμοτεκτονική).
- Στο χώρο του αεροδρομίου Λάρισας έγινε εκσκαφή παλαιοσεισμολογικής τομής για την εξέταση της πορείας των ρωγμών στο βάθος.
- Εγκατάσταση σημεία μέτρησης του ραδιενεργού ραδονίου (η τυχόν έκλυση του οποίου είναι γνωστό ότι συνδέεται με την παρουσία ενεργών ρηγμάτων).

Ειδικότερα για τη μέτρηση του ρυθμού ολίσθησης των επιφανειακών διαρρήξεων χρησιμοποιήθηκαν επιμηκυνσιόμετρα (strain meters) υψηλής ακρίβειας (ακρίβεια + 0,1 mm). Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν επιμηκυνσιόμετρα δύο τύπων (σταθερής βάσης και invar).

Οι σταθμοί μέτρησης τοποθετήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να περιέχουν τις επιφανειακές ρωγμές και η εκτίμηση των μετατοπίσεων βασίστηκε στην περιοδική μέτρηση της απόστασης μεταξύ των διαφόρων σταθερών σημείων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια δύο ετών στο χρονικό διάστημα 9/93-9/95. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκαν συνολικά 11 σταθμοί μέτρησης στο Ριζόμυλο Μαγνησίας, 4 στη Νίκη Λάρισας και 1 στο αεροδρόμιο της Λάρισας.

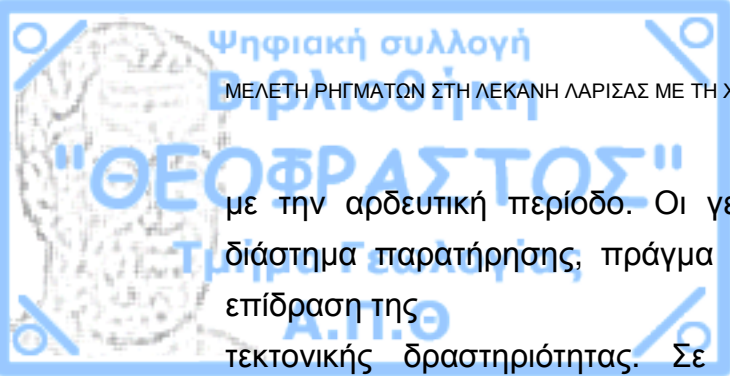
Ειδικότερα οι σταθμοί αυτοί εγκαταστάθηκαν στα εξής σημεία:

Στο αεροδρόμιο της Λάρισας, στον βοηθητικό αεροδιάδρομο, όπου και παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μετατόπιση.

Στη Νίκη, σε σημεία κατά μήκος της κύριας διάρρηξης.

Στο Ριζόμυλο, σε σημεία κατά μήκος των κυριότερων διαρρήξεων.

Σε όλες τις θέσεις παρατήρησης παρατηρήθηκαν εποχιακές αυξομειώσεις του ποσού ολίσθησης, οι οποίες δείχνουν μία σχέση της εξέλιξης του φαινομένου



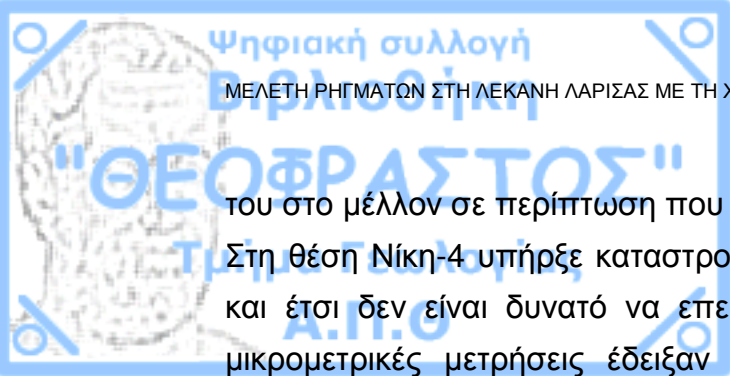
με την αρδευτική περίοδο. Οι γενικές τάσεις είναι ωστόσο αυξητικές στο διάστημα παρατήρησης, πράγμα που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας. Σε περιόδους υψηλής άντλησης από τον υδροφόρο (θερινή περίοδος), η μεταβολή στην ολίσθηση οξύνεται, ειδικά στο τέλος αυτών των περιόδων. Η πρωταρχική αιτία όμως, δημιουργίας αυτών των ρωγμών παραμένει η τεκτονική δραστηριότητα κατά μήκος ορισμένων "τυφλών" ρηγμάτων.

Αεροδρόμιο Λάρισας

Στην περιοχή του αεροδρομίου Λάρισας, όπως ήδη αναφέρθηκε, παρατηρήθηκε η μέγιστη μετατόπιση. Κατά την αρχική περίοδο παρακολούθησης υπήρξε μια μείωση του ανοίγματος της επιφανειακής διάρρηξης. Στη συνέχεια ωστόσο, μετά το καλοκαίρι του 1994, οπότε και ήταν το μέγιστο της άντλησης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα, παρατηρήθηκε μία εκ νέου αύξηση της μετατόπισης, φτάνοντας μάλιστα σε μεγαλύτερο εύρος από την αρχική. Με τα μέχρι τώρα στοιχεία δεν προκύπτουν ενδείξεις για σταθεροποίηση ή μείωση του ρυθμού ολίσθησης και το φαινόμενο θα πρέπει να θεωρείται υπό εξέλιξη.

Οικισμός Νίκης

Στην περιοχή του οικισμού Νίκης, παρατηρήθηκαν οι εξής μεταβολές: Στη θέση Νίκη-1 παρατηρήθηκε μία γενική αύξηση του ποσού ολίσθησης, αλλά χωρίς να είναι δυνατό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα λόγω του σχετικά μικρού χρονικού διαστήματος στο οποίο έγιναν οι παρατηρήσεις, αλλά και της ασυμφωνίας που παρατηρήθηκε με τις παρατηρήσεις στη διπλανή θέση ΝΙΚ-2. Στη θέση Νίκη-2 παρατηρήθηκε μια ανώμαλη συμπεριφορά της μετατόπισης του ρήγματος, χωρίς και πάλι να είναι δυνατό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Στη θέση Νίκη-3 παρατηρήθηκε μια ομοιόμορφη συμπεριφορά της μεταβολής της μετατόπισης, η οποία μετά από μια δεξιόστροφη έξαρση, στη συνέχεια μειώθηκε σε ποσά μικρότερα από τα αρχικά. Σε αυτή τη θέση φαίνεται ότι το φαινόμενο έχει σταθεροποιηθεί, χωρίς όμως να αποκλείεται περαιτέρω εξέλιξη



του στο μέλλον σε περίπτωση που αλλάξουν οι παρούσες συνθήκες.

Στη θέση Νίκη-4 υπήρξε καταστροφή των πείρων αναφοράς από πολύ νωρίς και έτσι δεν είναι δυνατό να επεξεργασθούν τα δεδομένα. Μεταγενέστερες μικρομετρικές μετρήσεις έδειξαν μέγιστη μετατόπιση της τάξης των 165. χιλιοστών σε μια περίοδο 23 ημερών.

Οικισμός Ριζομούλου

Στην περιοχή του οικισμού Ριζομούλου του Νομού Μαγνησίας παρατηρήθηκαν οι παρακάτω ενδιαφέρουσες μεταβολές στο ρυθμό ολίσθησης των ρωγμών στην προαναφερθείσα περιοχή. Στο Ριζόμυλο παρατηρήθηκε μία συστηματική μετατόπιση στις ρωγμές. Φαίνεται ότι για το διάστημα που ακολούθησε αμέσως μετά την παροξυσμική φάση των ρωγμών υπήρξε στη θέση RIZ-1 μία μετατόπιση της τάξης των περίπου 8 mm κατά μέσο όρο σε διάστημα ενός μηνός. Η τιμή αυτή θεωρείται ιδιαίτερα μεγάλη και οφείλεται, κυρίως, στη δευτερογενή αναδιάταξη των ιζημάτων μετά την αρχική ολίσθηση επάνω στις επιφάνειες των ρηγμάτων.

Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνεται και από ένα δεύτερο σταθμό μέτρησης στην ίδια περιοχή (RIZ-2). Φαίνεται ότι για το διάστημα που ακολούθησε αμέσως μετά την παροξυσμική φάση των ρωγμών υπήρξε στη θέση RIZ-2, μέγιστη μετατόπιση περί τα 5 mm.

Το πιο ενδιαφέρον ωστόσο στοιχείο από τη θέση αυτή (RIZ-2), ο σταθμός μέτρησης της οποίας διατηρήθηκε και για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, είναι ότι εκτός από την αρχική αυτή παροξυσμική φάση, παρουσιάστηκαν άλλες δύο φάσεις μετακίνησης, και οι δύο κατά το τέλος της περιόδου των αντλήσεων υπόγειου νερού. Η πρώτη και σημαντικότερη φάση παρατηρήθηκε το φθινόπωρο του 1994, οπότε και η μετατόπιση άγγιξε τα 20 mm.

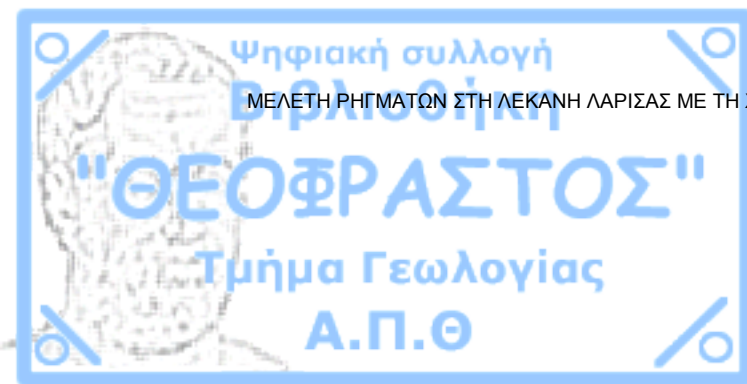
Η δεύτερη, η οποία δεν ήταν τόσο φανερή, παρατηρήθηκε το φθινόπωρο του 1995 με μέγιστη μετατόπιση περίπου τα 5 mm.

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Για τη μελέτη της συνέχειας των επιφανειακών εδαφικών ρωγμών στο βάθος και της συσχέτισής τους με πιθανά γεωλογικά ρήγματα του υποβάθρου προγραμματίστηκε και εκτελέστηκε γεωφυσική έρευνα με την εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικής διασκόπησης. Στις περιοχές έρευνας προγραμματίστηκαν

τομές κάθετες προς τη διεύθυνση της επιφανειακής διάρρηξης, όπως αυτή είχε καθοριστεί.

Στην περιοχή του αεροδρομίου Λάρισας παρατηρήθηκαν εδαφικές ρωγμώσεις μήκους μερικών εκατοντάδων μέτρων που .διατάσσονται σε δύο τουλάχιστον παράλληλες διευθύνσεις. Η κύρια ρωγμωση αποτέλεσε το αντικείμενο της έρευνας. Η έρευνα διαπίστωσε την ύπαρξη αγώγιμης ζώνης στο υπέδαφος, σχεδόν κατακόρυφης και με μικρή κλίση προς το βορά. Η ζώνη που ταυτίζεται με τις θέσεις των επιφανειακών ρωγμώσεων αντιστοιχεί σε ρηξιγενή ζώνη στο υπέδαφος, η οποία διακρίνεται σε όλες τις θέσεις που ερευνήθηκαν με τα ίδια πάντοτε χαρακτηριστικά.



ΜΕΛΕΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ΟΝ}

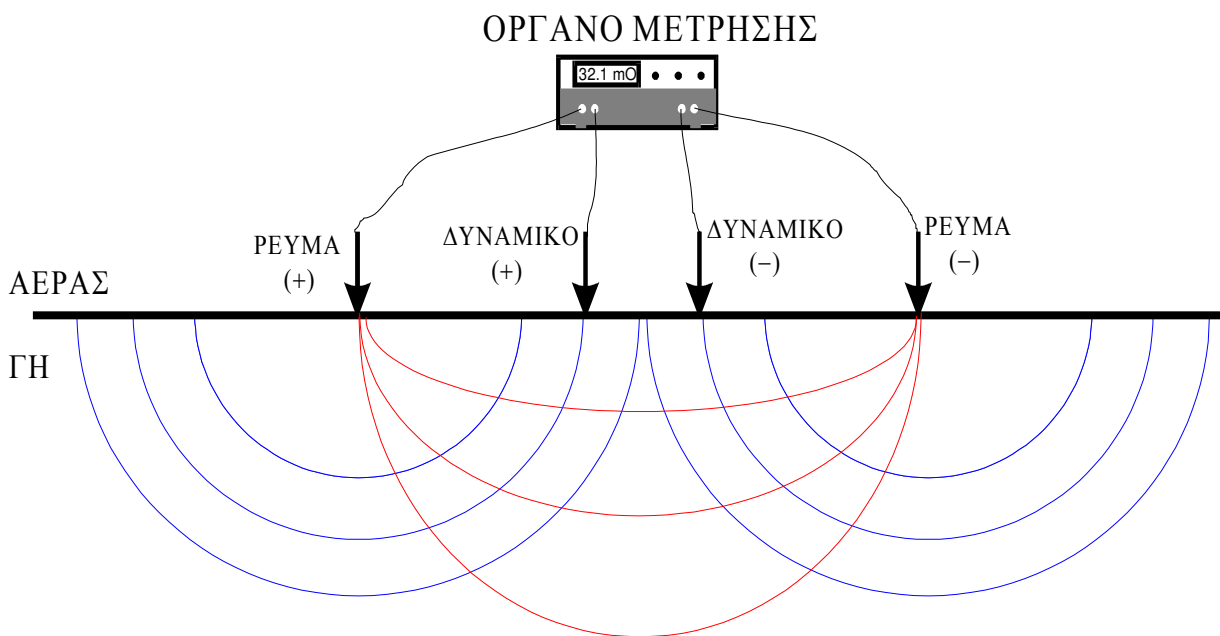
ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ΟΝ} ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

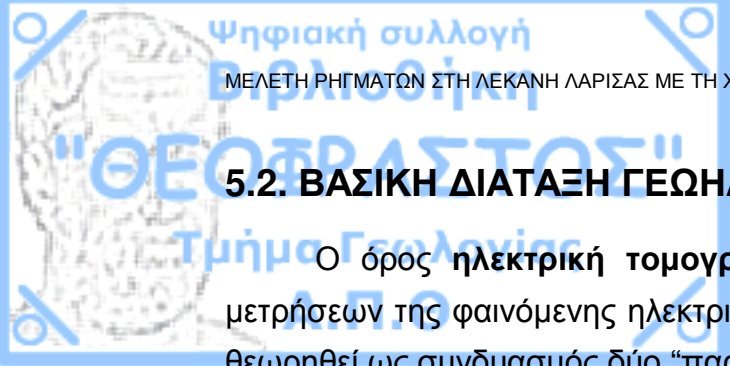
5.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

Με την εφαρμογή ηλεκτρικών μεθόδων επιδιώκεται ο καθορισμός της κατανομής των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται ανήκουν στην κατηγορία του τεχνητά παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο διαβιβάζεται στο έδαφος δια μέσου ενός ζεύγους ηλεκτροδίων (Σχήμα 5.1.). Σε ένα δεύτερο ζεύγος ηλεκτροδίων μετράται η πτώση τάσης που προκαλείται. Η ωμική αντίσταση που υπολογίζεται σαν το πηλίκο των δύο αυτών μεγεθών χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης η οποία με τη σειρά της μας επιτρέπει τον υπολογισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Στην παρούσα έρευνα αξιοποιούνται οι διατάξεις τομογραφίας που μας επιτρέπουν τη μελέτη της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε δύο διαστάσεις (οριζόντια



και κατακόρυφη).

Σχήμα 5.1. Η βασική διάταξη γεωηλεκτρικών μετρήσεων.



5.2. ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.

Ο όρος **ηλεκτρική τομογραφία** (HT) περιγράφει γενικά έναν τύπο μετρήσεων της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός δύο “παραδοσιακών” τεχνικών μέτρησης:

- της όδευσης και της
- βυθοσκοπησης.

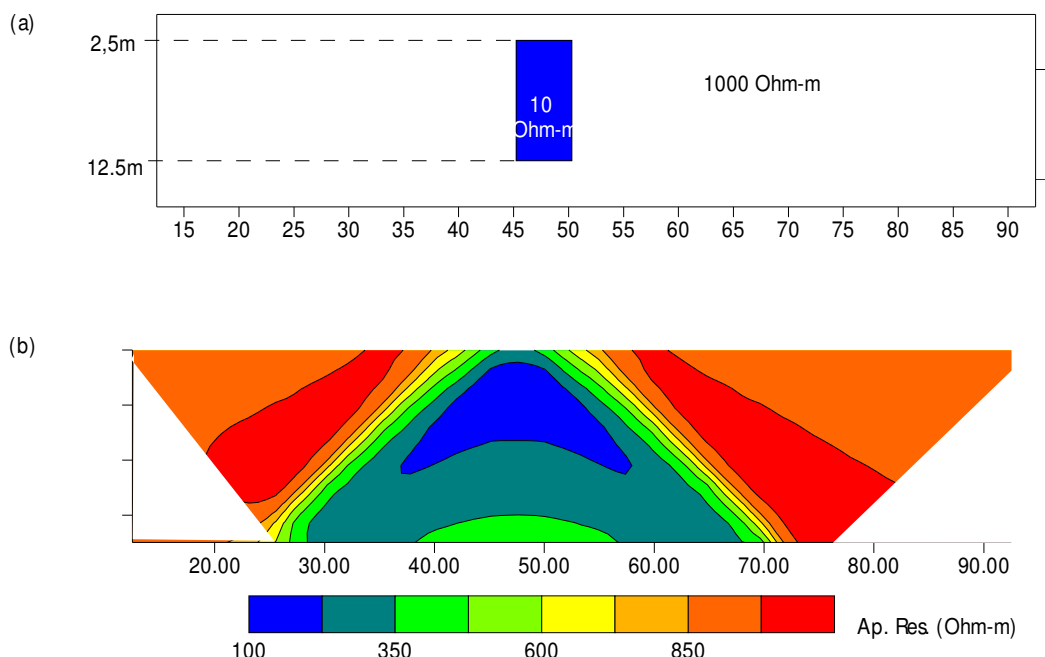
Ειδικότερα, η ηλεκτρική τομογραφία μπορεί να περιγραφεί ως μία σειρά από συνεχόμενες ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις κατά μήκος της γραμμής έρευνας ή ως μία σειρά από οδεύσεις πάνω από την ίδια περιοχή με διαδοχικά αυξανόμενες αποστάσεις ηλεκτροδίων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λήψη πληροφορίας τόσο για την κατακόρυφη όσο και για την οριζόντια μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στην περιοχή μελέτης και έτσι λαμβάνεται μία πληρέστερη “εικόνα” του υπεδάφους.

Πρόδρομος της HT είναι η μέθοδος της “ψευδοτομής” που έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην χαρτογράφηση μεταλλευμάτων (Edwards 1977) αλλά και σε διάφορες άλλες εφαρμογές (π.χ. υδρογεωλογικές, Griffiths et al. 1990). Στην διαδικασία της “ψευδοτομής” μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων (διπόλου-διπόλου, Wenner, πόλου-διπόλου). Η HT όμως είναι πιο γενικευμένος όρος που περιλαμβάνει και μετρήσεις με μη συμβατικές διατάξεις καθώς επίσης και μετρήσεις που λαμβάνονται με ηλεκτρόδια σε γεωτρήσεις (π.χ. Shima 1992).

Ενα από τα κύρια χαρακτηριστικά της HT είναι ότι σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές λαμβάνεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων (άρα και χρήσιμης πληροφορίας). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα και ανάλυση της γεωηλεκτρικής μεθόδου. Παράλληλα όμως, λόγω του μεγάλου αριθμού τους, οι μετρήσεις είναι δύσκολο να ληφθούν με χειροκίνητη αλλαγή των ηλεκτροδίων, και γι’ αυτό χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών. Πολλά τέτοια εμπορικά συστήματα (τουλάχιστον έξι) έχουν αναπτυχθεί και κυκλοφορούν στην αγορά από το 1990 και μετά, γεγονός ενδεικτικό της ανάπτυξης της HT. Βέβαια πρέπει να τονιστεί ότι χρήση αυτών των οργάνων αυξάνει αναπόφευκτα το κόστος εφαρμογής της μεθόδου.

5.3. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕ ΨΕΥΔΟΤΟΜΗ

Η ερμηνεία των μετρήσεων σε πρώτο στάδιο γίνεται με τη μέθοδο της ψευδοτομής. Αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ των διπλών ρεύματος και δυναμικού, η τιμή της διαφοράς δυναμικού που μετράται επηρεάζεται από βαθύτερα στρώματα. Έτσι, στην περίπτωση της διάταξης διπλού-διπλού (η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη) κάθε μέτρηση της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης αποδίδεται, κατά προσέγγιση, στο σημείο τομής των δύο ευθειών που ξεκινάνε με γωνία 45° από το μέσο της απόστασης AB και το μέσο της απόστασης MN. Η ερμηνεία όμως με τη μέθοδο της ψευδοτομής είναι ιδιαίτερα δύσκολη και επισφαλής γιατί η εικόνα της κατανομής της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι μια παραμορφωμένη εικόνα της πραγματικής κατανομής της ηλεκτρικής αντίστασης στην περιοχή έρευνας. Ένα παράδειγμα της πολυπλοκότητας της εικόνας που προκύπτει με τη μέθοδο της ψευδοτομής παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.



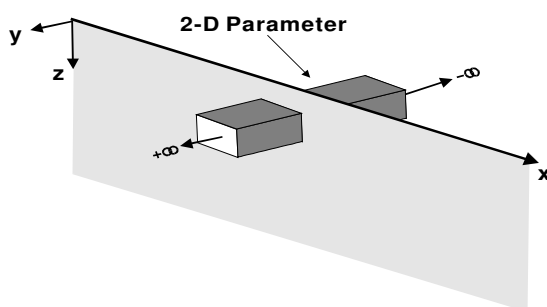
Σχήμα 5.2. (α) Αρχικό μοντέλο αντίστασης,

(β) εικόνα ψευδοτομής δεδομένων δισδιάστατης διασκόπησης που προέκυψαν από το μοντέλο του σχήματος (α).

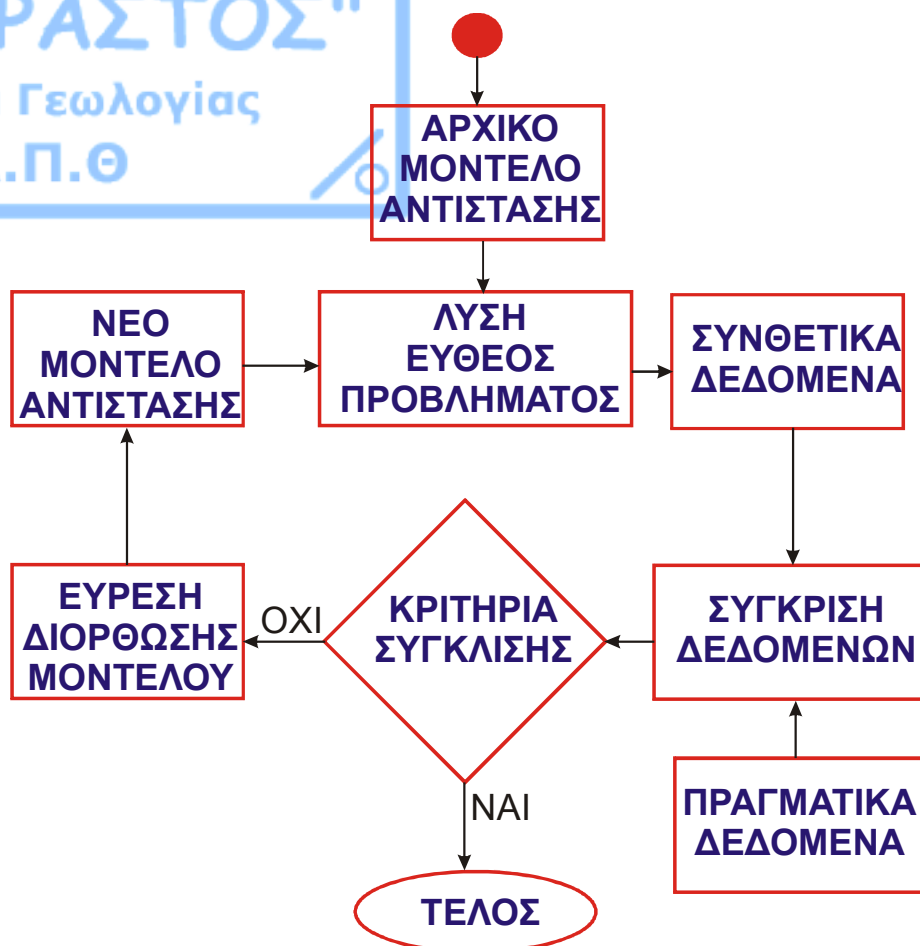
5.4. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ

Για αυτόν τον λόγο νέες τεχνικές ερμηνείας και επεξεργασίας έχουν προταθεί. Οι τεχνικές αυτές επιδιώκουν την επίλυση του αντίστροφου γεωηλεκτρικού προβλήματος είτε με χρήση προσεγγιστικών μεθόδων, π.χ. μέθοδος Zhody-Barker, (Barker 1992), μέθοδος οπισθοπροβολής (Tsourlos et al. 1993), είτε με τη χρήση υπαρχόντων μη γραμμικών τεχνικών αντιστροφής (π.χ. Tripp et al. 1984) που προσαρμόζονται στο πρόβλημα της HT (Shima 1990, Tsourlos et al. 1995).

Η πλέον δημοφιλής τεχνική για την αποκατάσταση της πραγματικής εικόνας της γεωηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους είναι αυτή της αντιστροφής. Σκοπός της αντιστροφής είναι να βρεθεί ένα μοντέλο αντίστασης που να δίνει μετρήσεις που είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στις πραγματικές. Προϋπόθεση η ύπαρξη μεθόδου επίλυσης του ευθέως προβλήματος, δηλαδή, να βρεθούν οι μετρήσεις δοθείσης της κατανομής της αντίστασης. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, στην παρούσα μελέτη, είναι ένας αλγόριθμος πεπερασμένων στοιχείων ο οποίος λύνει τις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ανομοιογενή γη. Η αντιστροφή μπορεί να γίνει σε δυο (διδιάστατη) ή τρεις (τρισδιάστατη) διαστάσεις (Σχήμα 5.3.)



Σχήμα 5.3. Γεωηλεκτρική παράμετρος δυο διαστάσεων



Σχήμα 5.4. Σχηματοποιημένη διαδικασία μη γραμμικής αντιστροφής

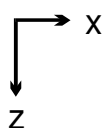
Στην γεωηλεκτρική μέθοδο λόγω της μη-γραμμικής φύσης του αντιστρόφου προβλήματος, οι αλγόριθμοι αντιστροφής είναι μια αυτοματοποιημένη επαναληπτική διαδικασία (Σχήμα 5.4.). Αρχικά, η περιοχή ενδιαφέροντος διακριτοποιείται σε ένα δίκτυο από παραμέτρους στις οποίες και αποδίδεται μια αρχική τιμή ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

Βάσει αυτού του μοντέλου υπολογίζονται τα αντίστοιχα συνθετικά δεδομένα, τα οποία και συγκρίνονται με τα πραγματικά δεδομένα. Λαμβάνεται έτσι μια εκτίμηση του λάθους $\Delta y = (\text{πραγματικά δεδομένα} - \text{συνθετικά δεδομένα})$. Στη συνέχεια με μια διαδικασία αντιστροφής πινάκων γίνεται διόρθωση του αρχικού μοντέλου αντίστασης και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου το λάθος Δy μεταξύ των πραγματικών και συνθετικών δεδομένων ελαχιστοποιηθεί. Το τελικό μοντέλο αντίστασης θεωρείται ότι προσεγγίζει ικανοποιητικά την

Η αντιστροφή είναι ένα δύσκολο μη γραμμικό πρόβλημα. Χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές για την αποφυγή ασταθών λύσεων. Μια από τις πιο σύγχρονες τεχνικές είναι η εξομαλυσμένη αντιστροφή (Occam's). Ορίζεται πίνακας εξομάλυνσης **C** μεταξύ των παραμέτρων (Σχήμα 5.5.) και ζητείται η ελαχιστοποίηση του λάθους **dy** σε συνδυασμό με μέγιστη εξομάλυνση:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗΣ

1	4	7
2	5	8
3	6	9



$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & . & . & . & . & . & . & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -4 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & . & . & . & . & . & . & . & 0 \end{bmatrix} \leftarrow \text{ГРАММИН } 5$$

Σχήμα 5.5. Σχηματισμός του πίνακα εξομάλυνσης

Το μοντέλο αντίστασης $\mathbf{x}^{k+1}$ στην επανάληψη $k+1$ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{x}^k + d\mathbf{x}^k = \mathbf{x}^k + (\mathbf{J}_k^T \mathbf{J}_k + \mu \mathbf{C}^T \mathbf{C}) \mathbf{J}_k^T d\mathbf{y}^k$$

dx= η διόρθωση της αντίστασης .

C= ο πίνακας εξομάλυνσης.

J= ο Ιακωβιανός πίνακας των πρώτων παραγώγων .

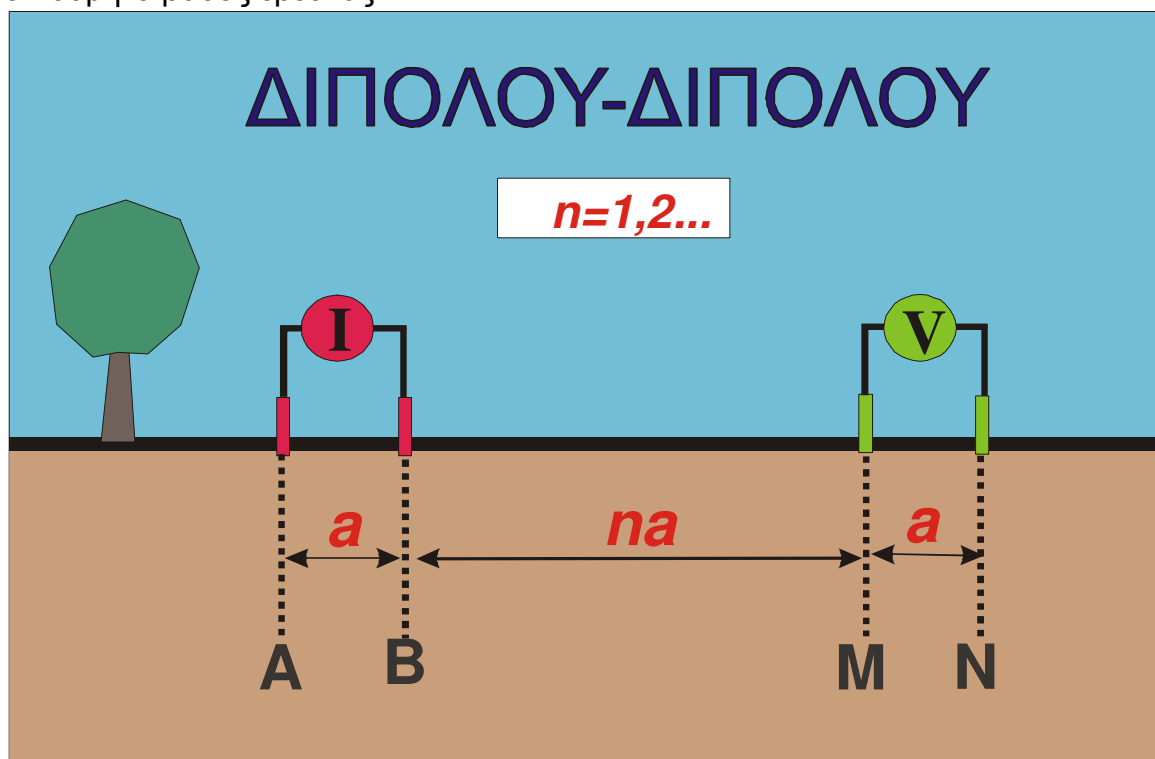
μ = πολλαπλασιαστής Lagrange (υπολογίζεται εμπειρικά)

5.5. ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Για να εξασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή ποιότητα στις μετρήσεις επιλέχθηκε η διάταξη μέτρησης διπλόου-διπλόου (Σχήμα 5.6.), η οποία χαρακτηρίζεται από μέτρια σχέση σήματος / θορύβου αλλά πολλή καλή

διακριτική ικανότητα τόσο στις πλευρικές όσο και στις κατακόρυφες μεταβολές της υπεδάφειας αντίστασης. Το μειονέκτημα της διάταξης, που είναι ο θόρυβος των μετρήσεων δεν αποτέλεσε πρόβλημα στις παρούσες μετρήσεις καθώς το σφάλμα της μέτρησης ήταν μικρότερο από 1%.

Κατά την λήψη των μετρήσεων η απόσταση, a , μεταξύ του διπόλου δυναμικού MN παραμένει σταθερή και η ίδια όδευση επαναλαμβάνεται αυξάνοντας κάθε φορά την απόσταση $n \cdot a$ μεταξύ του διπόλου ρεύματος AB (ο n είναι ακέραιος) και του διπόλου δυναμικού. Η μέγιστη απόσταση $n_{\max} \cdot a$ εξαρτάται από τη μέγιστη ένταση που μπορεί να δώσει η πηγή μας και από τη γεωλογία (γεωηλεκτρικές αντιστάσεις) της περιοχής σε συνάρτηση με το επιθυμητό βάθος έρευνας.



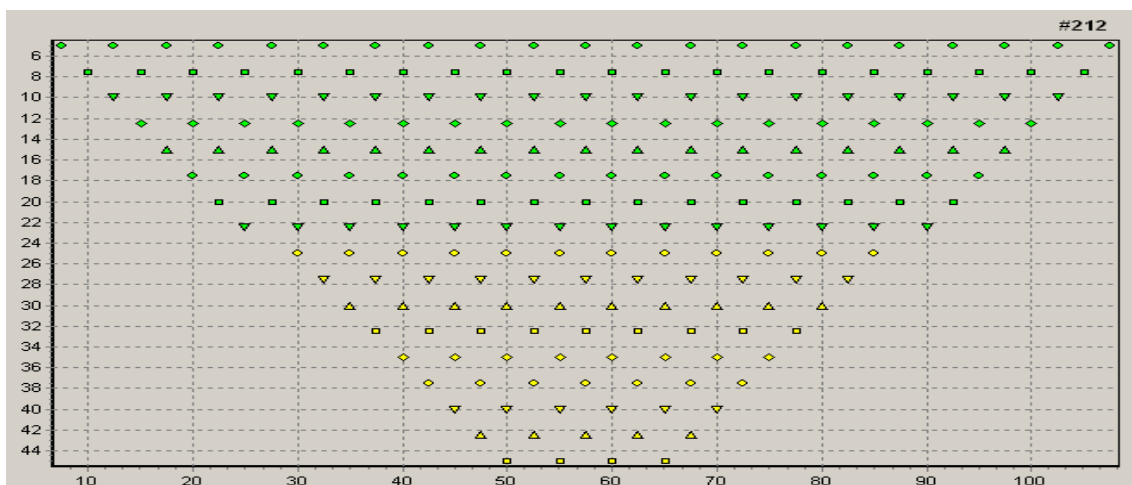
Σχήμα 5.6. Η διάταξη μέτρησης πόλου διπόλου

5.6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι παράμετροι σχεδιασμού της γεωηλεκτρικής τομογραφίας καθορίστηκαν με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πιθανού ρήγματος και βάθους έρευνας. Βάσει του αρχικού σχεδιασμού (επιθυμητό βάθος έρευνας, διακριτική ικανότητα, κλπ.) οι παράμετροι μέτρησης που επιλέχθηκαν είναι:

- **Απόσταση ηλεκτροδίων (a) 5 μέτρα** που αντιστοιχεί περίπου και στην ελάχιστη διάσταση πλάτους του αναμενόμενου στόχου.
- **Απόσταση διπόλου ρεύματος – δίπολου μέτρησης δυναμικού ($n \cdot a$) με μέγιστο n ίσο με 8** που αντιστοιχεί σε βάθος έρευνας περίπου 25 μέτρων.
- **Χρήση αποστάσεων $2 \cdot a$ με ίδιο n ($=8$) για επίτευξη βάθους έρευνας περίπου 40-45 μέτρων.**

Στο σχήμα 5.7. φαίνεται η πυκνότητα των μετρήσεων η οποία επιτεύχθηκε στην παρούσα μελέτη, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν καταγραφές σε 24 κανάλια (ηλεκτρόδια), επιτυγχάνοντας ένα μήκος κάλυψης περίπου 115 μέτρα στην επιφάνεια και περίπου 45 μέτρα στο μέγιστο βάθος.

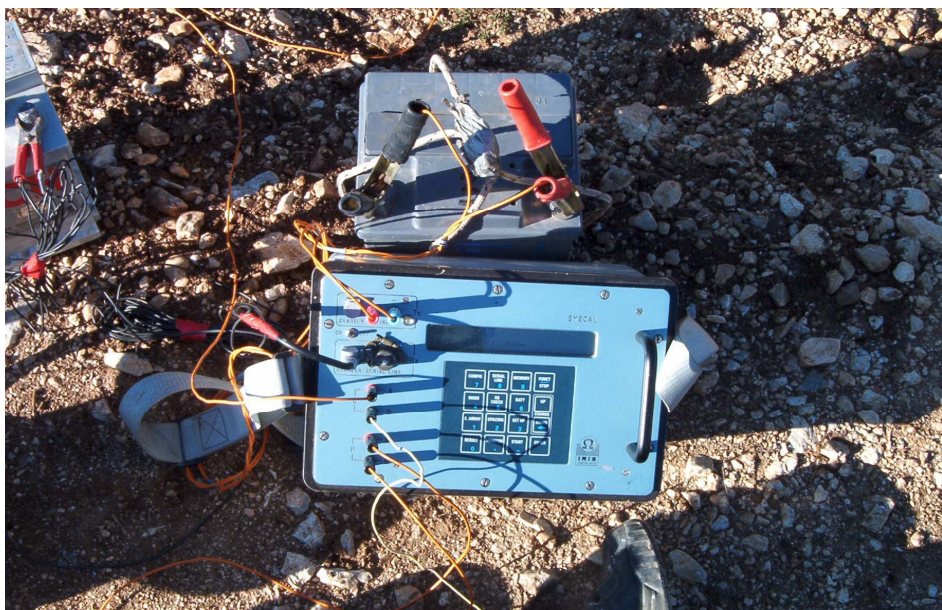


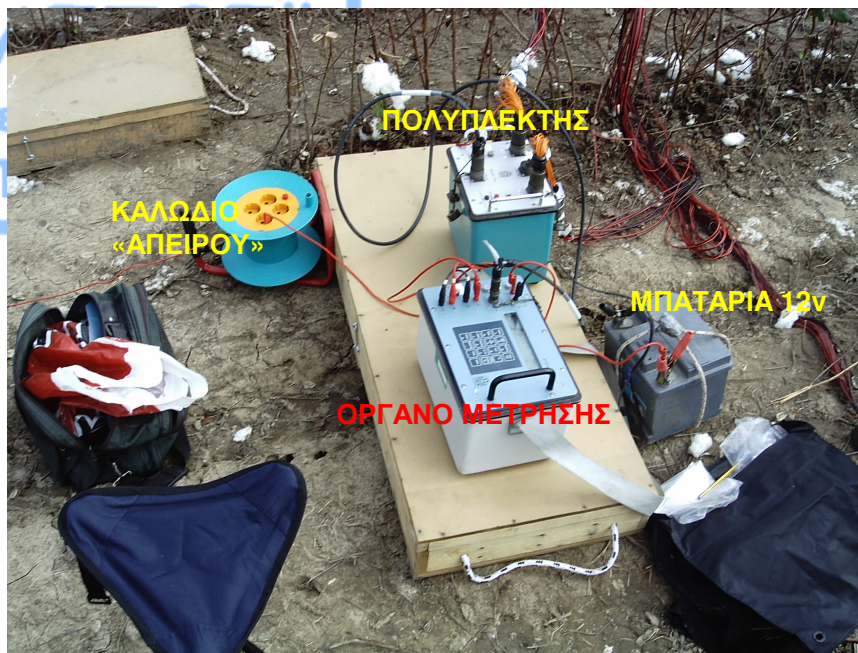
Σχήμα 5.7. Ιδεατά βάθη έρευνας του συνόλου των μετρήσεων κάθε τομογραφίας που εκτελέστηκε στην περιοχή μελέτης και αντιστοιχούν σε μετρήσεις δυναμικού με διάστημα a (πράσινα σύμβολα), $2a$ (κίτρινα σύμβολα) . Το ελάχιστο βάθος έρευνας είναι 45 μέτρα για τις τομές μας, η καθεμία εκ των οποίων περιλαμβάνει περίπου 210 μετρήσεις

Το πρόγραμμα εκτέλεσης γεωηλεκτρικών τομογραφιών προέβλεπε την κάλυψη της έκτασης με τομογραφίες έτσι ώστε να καλυφθεί η περιοχή έρευνας στο χώρο.

5.7. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Για την εκτέλεση των γεωφυσικών μετρήσεων υπαίθρου χρησιμοποιήθηκε το όργανο SYSCAL (V11.4++) της εταιρείας IRIS INSTRUMENTS. Πρόκειται για πλήρως αυτοματοποιημένο όργανο μέτρησης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σχεδιασμένο για έρευνα με μεθόδους συνεχούς ρεύματος. Ο αυτοματοποιημένος έλεγχος της αντιστάθμισης του φυσικού δυναμικού, η ψηφιακή υπέρθεση για την ενίσχυση του σήματος και η προβολή του σφάλματος κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων που προσφέρονται από το συγκεκριμένο όργανο που εξασφαλίζουν μετρήσεις υψηλής ακρίβειας. Το συγκεκριμένο όργανο έχει μέγιστη ισχύ εξόδου 100 VA και επιτυγχάνει τη δημιουργία ρεύματος με ένταση που τυπικά φτάνει τα 500 mA, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις επιτρέπει και σημαντικά μεγαλύτερες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος (έως 1200mA). Το όργανο μέτρησης χρησιμοποιεί τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές μπαταρίες και παρουσιάζεται στο σχήμα (5.8.). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.





Σχήμα 5.8.. Όργανο λήψης ηλεκτρικών μετρήσεων SYSCAL (V11.4++) της εταιρείας IRIS INSTRUMENTS (επάνω). Ο εξοπλισμός με τη συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης (κάτω).

Τεχνικά χαρακτηριστικά οργάνου SYSCAL (V11.4++) της εταιρείας IRIS INSTRUMENTS

ΠΟΜΠΟΣ	
Maximum output voltage	400 V
Maximum output current	1200mA
Maximum output power	100W
Current waveform (Rho mode)	ON+, ON-
Current Resolution	10 μ A
Current Accuracy	0.3% typical 1% maximum over the whole operating temperature range
ΔΕΚΤΗΣ	
Input impedance	10Mohm
Input voltage range	-5V to +5V
Rejection filter 50Hz and 60Hz	
Voltage	
Resolution during the measurement after stacking	10 μ V 1 μ V
Accuracy	0.3% Typical 1% max

Για τη λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα πολυκαναλικά καλώδια 24 θέσεων τα οποία κατασκευάστηκαν από χαλκό, καθώς και ειδικά ηλεκτρόδια χαλκού-ατσαλιού (υψηλής μηχανικής αντοχής και υψηλής αγωγιμότητας), ενώ για τις μετρήσεις τομογραφίας χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος αυτόματος πολυπλέκτης 24 θέσεων, που επέτρεψε τη λήψη του σημαντικού αριθμού μετρήσεων σε κάθε τομογραφία.

5.8. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.

Για την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Αρχικά έγινε η χαρτογράφηση των μετρήσεων υπαίθρου με τη μορφή ψευδοτομής.
- Ελέγχθηκε η ποιότητα των μετρήσεων και απορρίφθηκαν μετρήσεις με μεγάλα σφάλματα. Οι μετρήσεις με τη μορφή ψευδοτομών για τις τομές GRT 01-05 παρουσιάζονται στο σχήμα 26. Οι μετρήσεις που απουσιάζουν είναι εκείνες οι οποίες έχουν απορριφθεί ως αναξιόπιστες.

Γενικά η ποιότητα των μετρήσεων κρίνεται ικανοποιητική.

Τα δεδομένα, στη συνέχεια, υποβλήθηκαν σε διδιάστατη αντιστροφή. Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 2DINVS (Tsourlos et al., 1998; Tsourlos and Ogilvy, 1999). Πρόκειται για αλγόριθμο που συνδυάζει την τεχνική quasi-Newton όπως αυτή τροποποιήθηκε από τον Broyden (Broyden, 1965) με την μέθοδο αντιστροφής του Occam (Constable, 1987) για την 2-διαστάσεων αντιστροφή γεωηλεκτρικών δεδομένων. Ο αλγόριθμος είναι επαναληπτικός και σε κάθε επανάληψη χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων για να επιλύσει το ευθύ πρόβλημα.

Τα αποτελέσματα της αντιστροφής για τις τομές χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα αξιόπιστα καθώς το % λάθος (RMS) για κάθε αντιστροφή κυμάνθηκε μεταξύ 2-6%, ενδεικτικό επίσης και της καλής ποιότητας των πρωτογενών δεδομένων.

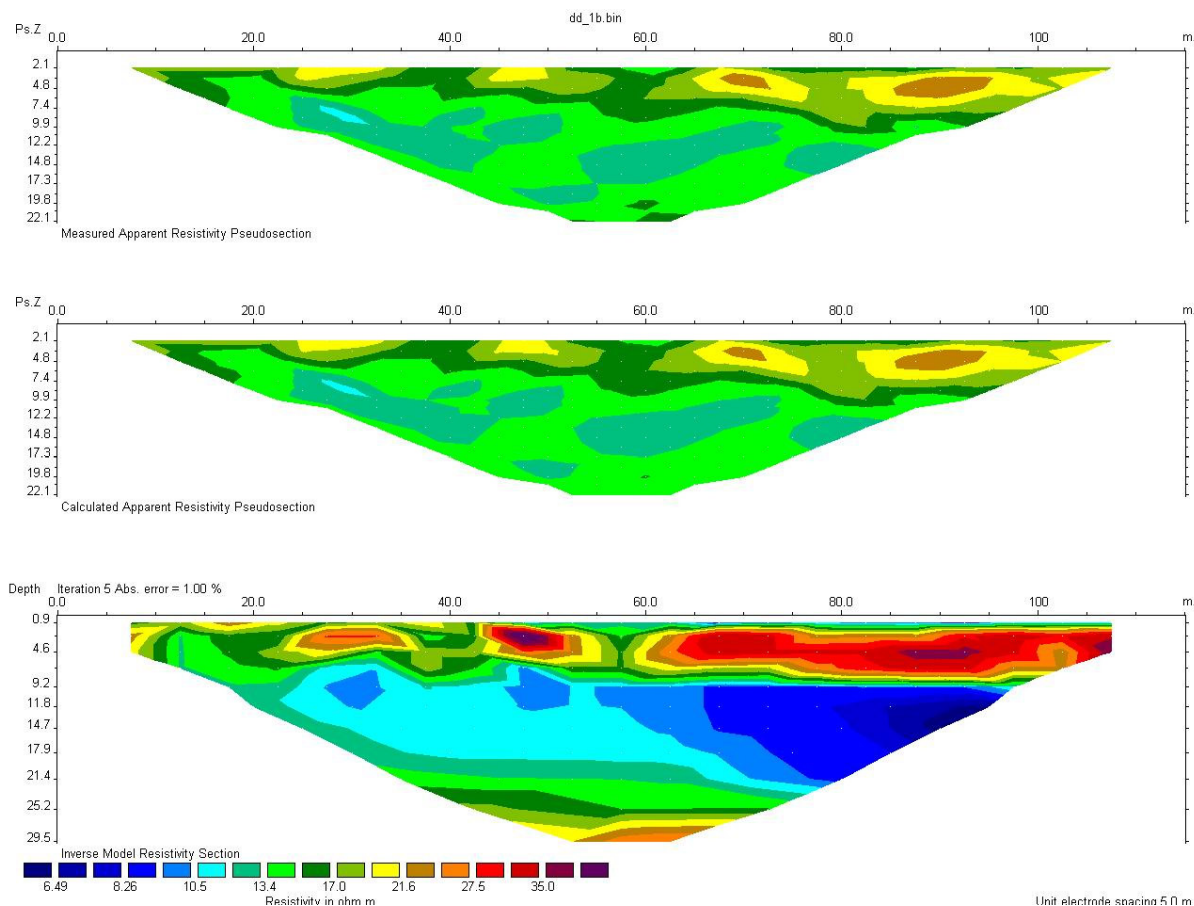
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Τμήμα Γεωλογίας

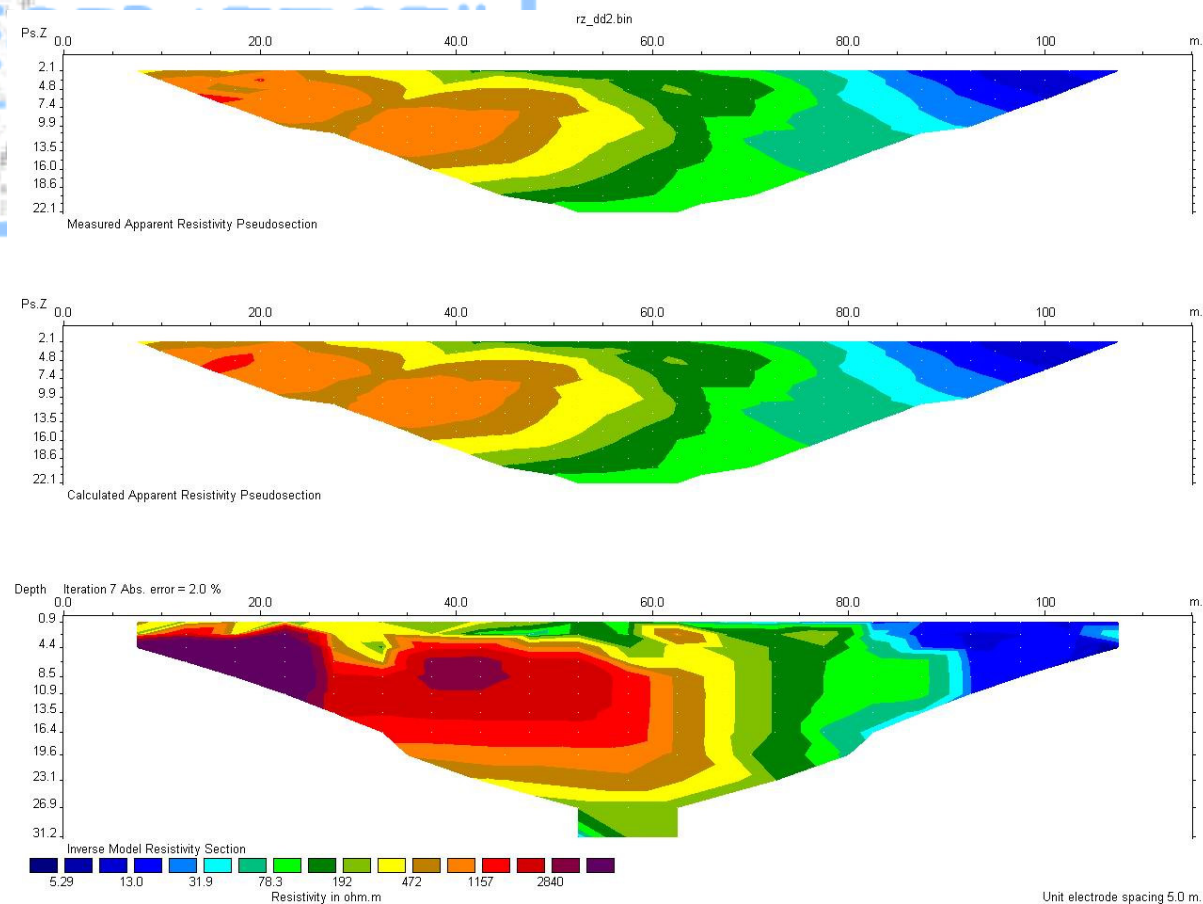
Α.Π.Θ.

5.9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.

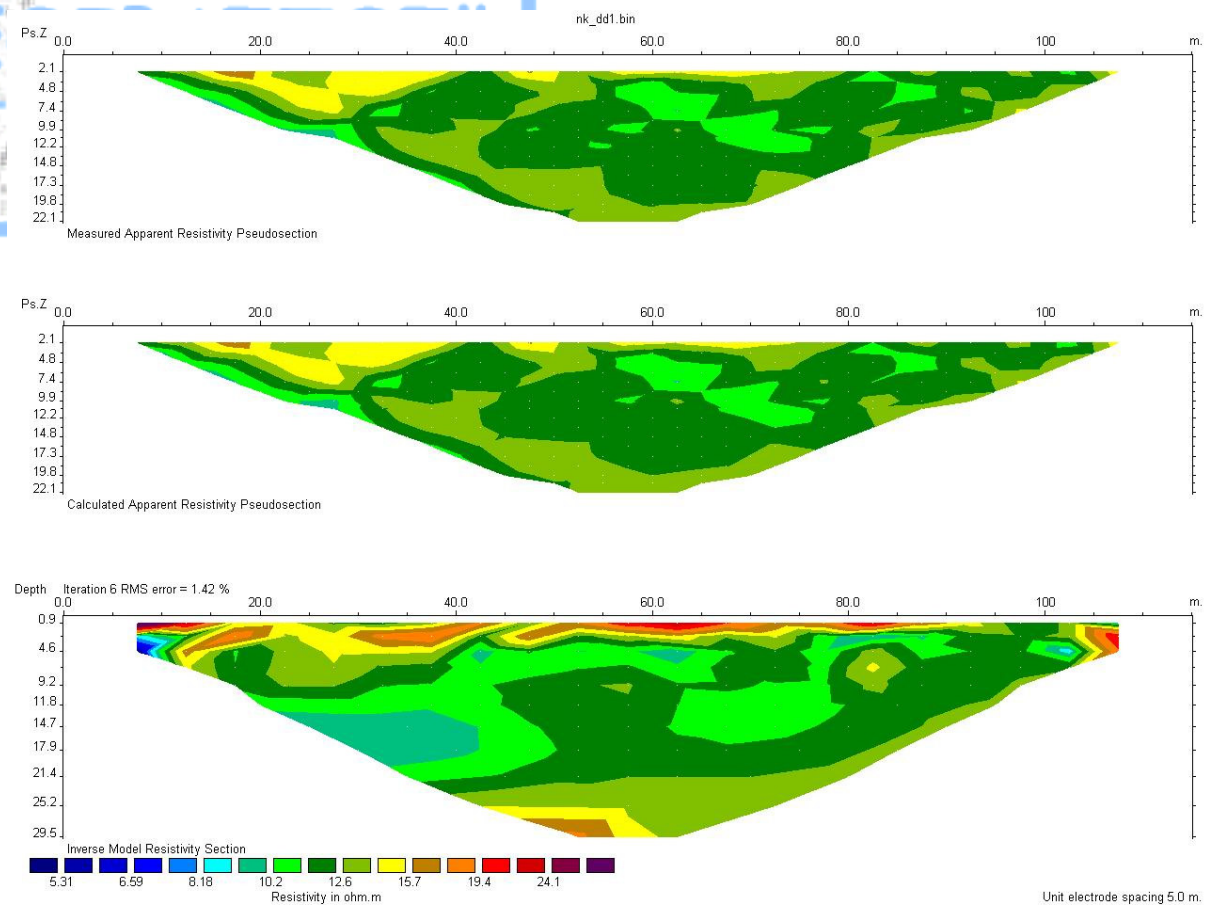
Συνολικά εκτελέστηκαν 3 γεωηλεκτρικές τομογραφίες. Δυο στο Ριζόμυλο και μια στη Νίκη. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στα σχήματα 5.9-5.11



Σχήμα 5.9. Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας στην τομή ΡΙΖΟΜΥΛΟΣ 1.



Σχήμα 5.10. Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας στην τομή ΡΙΖΟΜΥΛΟΣ 2.



Σχήμα 5.11. Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας στην τομή ΝΙΚΗ 1.

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Τμήμα Γεωλογίας

Α.Π.Θ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ΟΝ}

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΗΞΕΩΝ

Από τις παρατηρήσεις και μετρήσεις υπαίθρου που πραγματοποιήθηκαν στις περιοχές εμφάνισης των επιφανειακών ρωγμών στην πεδιάδα της Λάρισας, τις παλαιοσεισμολογικές τομές, τη γεωφυσική έρευνα και τις αντίστοιχες γεωλογικές - τεκτονικές παρατηρήσεις που έγιναν στην περιοχή της Λάρισας καθώς επίσης και από τις γενικότερες επιστημονικές γνώσεις για τη γεωλογία της περιοχής από παλαιότερες έρευνες της Ερευνητικής ομάδος, προκύπτει ότι:

6.1.1. Η ευρύτερη περιοχή της Λάρισας αλλά και γενικότερα της Ανατολικής Θεσσαλίας διασχίζεται από μεγάλα γεωλογικά ρήγματα, τα οποία παρουσιάζουν πολύπλοκη δομή και έχουν ως επικρατέστερες διευθύνσεις την ΒΔ – ΝΑ και την Α – Δ. Τα περισσότερα από τα ρήγματα αυτά δεν είναι ορατά στο πεδινό τμήμα, γιατί καλύπτονται από τους πρόσφατους αλλουβιακούς σχηματισμούς αλλά παρατηρούνται στους σχηματισμούς του υποβάθρου στην άμεση γειτονία με την πεδιάδα

6.1.2. Μερικά από τα παραπάνω γεωλογικά ρήγματα έχουν χαρακτηριστεί ως ενεργά ενώ άλλα παρουσιάζονται αδρανή (ανενεργά ή ασεισμικά). Τα ενεργά ρήγματα στην περιοχή της Θεσσαλίας είναι αυτά με επικρατέστερη διεύθυνση περίπου Ανατολής – Δύσης ($B100^0 - B110^0$) και συνδέονται με τη γένεση πρόσφατων μεγάλων σεισμών, όπως οι σεισμοί με επίκεντρα τη Λάρισα 1941 ($M_s=6,3R$), τους Σοφάδες 1954 ($M_s=7R$), το Βελεστίνο 1957 ($M_s=6,8R$), τη Νέα Αγχίαλο 1980 ($M_s=6,5R$), αλλά και ιστορικών σεισμών που έλαβαν χώρα παλαιότερα στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας κατά τα έτη 1668 ($M_s=6,2R$), 1731 ($M_s=6,0R$), 1766 ($M_s=6,3R$), 1773 ($M_s=6,6R$), και 1781 ($M_s=6,3R$).

6.1.3. Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Λάρισας βρίσκεται σήμερα υπό ισχυρή εντατική κατάσταση τάσεων των πετρωμάτων του υποβάθρου που είναι δυνατόν να προκαλέσει και νέα ρήγματα στην παραπάνω διεύθυνση Α – Δ ή να επαναδραστηριοποιήσει παλαιότερα ρήγματα.

6.1.4. Οι επιφανειακές διαρρήξεις που εμφανίσθηκαν στην πεδιάδα της Λάρισας έχουν σαφή και καθορισμένη διεύθυνση κυρίως Α – Δ, όπως και τα αντίστοιχα ενεργά γεωλογικά ρήγματα. Οι διαρρήξεις αυτές εμφανίζονται κατά μήκος προϋπαρχόντων γεωλογικών ρηγμάτων με διεύθυνση Α – Δ παράλληλα σε αυτά ή στην προέκτασή τους.

6.1.5. Οι διαρρήξεις με την πάροδο του χρόνου δεν φαίνεται να κλείνουν και να εξαφανίζονται, παρά το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις, όπως στον οικισμό Μελίας, εμφανίζονται σε πολύ χαλαρές αποθέσεις και σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Αντίθετα, παρατηρήθηκε συνέχιση της διάρρηξης των προϋπαρχόντων σε ορισμένες θέσεις αλλά επίσης παρατηρήθηκε διάνοιξη νέων ρωγμών σε άλλες θέσεις συστηματικά παράλληλες με τις προηγούμενες.

6.1.6. Παρατηρήθηκαν κινήσεις οριζόντιας μετατόπισης (0.5 mm / μήνα) που αποτελούν σοβαρή ένδειξη γεωτεκτονικού φαινομένου, κλίσεις των βυθιζόμενων τεμαχίων προς τα ΒΒΑ.

6.1.7. Το φαινόμενο της εδαφικής διάρρηξης συνεχίσθηκε με ρυθμούς της τάξης 7-9 mm ολίσθηση στη διάρκεια των πρώτων μηνών. Στην περιοχή της Λάρισας στη συνέχεια παρατηρήθηκε αντιστροφή του φαινομένου και κλείσιμο των ρωγμών με ολίσθηση της τάξης των 2 mm κατά τη διάρκεια 5 μηνών (Νοέμβριος 93 - Απρίλιος 94 – Νοέμβριος 94) παρατηρήθηκε νέα απότομη μεταβολή με συνολικό άνοιγμα των ρωγμών της τάξης των 3 mm. Κατά τη διάρκεια των επόμενων έξι μηνών (Νοέμβριος 94 - Απρίλιος 95) παρατηρήθηκε επιβράδυνση του ρυθμού ολίσθησης με κλείσιμο των ρωγμών της τάξης των 0,5 mm. Ο ρυθμός ολίσθησης των ρωγμών στην περιοχή της λεκάνης της Λάρισας αν αναχθεί σε

ετήσια βάση είναι 1.2 mm/yr. Ο ρυθμός αυτός αν αναχθεί σε ετήσια βάση θεωρείται από τους υψηλούς παγκοσμίως για μεμονωμένα ρήγματα.

6.1.8. Στις παλαιοσεισμολογικές τομές που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Λάρισας διαπιστώθηκε ότι οι πρόσφατες επιφανειακές ρωγμώσεις συνεχίζονται στο βάθος και υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι και στο παρελθόν στις ίδιες θέσεις είχαν δημιουργηθεί ανάλογα φαινόμενα.

6.1.9. Από τη γεωφυσική έρευνα επιβεβαιώθηκε ότι οι επιφανειακές ρωγμώσεις συνεχίζονται στο βάθος και αποτελούν την επιφανειακή εκδήλωση ρηξιγενούς ζώνης με διεύθυνση Α – Δ, κλίση προς βορά και πλάτος 20 μέτρα.

6.1.10. Η επανεμφάνιση εδαφικών ρωγμώσεων κατά την περίοδο 1996 –1998 διατήρησε τα χαρακτηριστικά της περιόδου 1993–1995 και παρουσιάζουν σαφή και καθορισμένη διεύθυνση (Α–Δ), όπως και τα αντίστοιχα ενεργά γεωλογικά ρήγματα.

6.1.11. Κατά την τελευταία περίοδο (1998–2005) συνεχίστηκε η επιφανειακή δραστηριοποίηση των εδαφικών ρωγμώσεων διατηρώντας τα ίδια χαρακτηριστικά με την μέχρι τώρα δραστηριότητα παρουσιάζοντας την ίδια σαφή και καθορισμένη διεύθυνση (Α–Δ), όπως και τα αντίστοιχα ενεργά γεωλογικά ρήγματα. Η δραστηριότητα αυτή εντοπίζεται σήμερα σε ορισμένες εμφανίσεις (Νίκαια – Χάλκη – Μελία – Μέλισα – Νίκη) ενώ σε άλλες περιοχές η δραστηριότητα αυτή υπήρξε στάσιμη (Στεφανοφίκειο – Ριζόμυλος). Υπήρξαν όμως και περιπτώσεις εμφάνισης νέων επιφανειακών ρωγμώσεων όπως είναι στον οικισμό της Αναγέννηση που βρίσκεται πλησίον του Οικισμού Μελίας καθώς και στην Κυψέλη που βρίσκεται πλησίον του οικισμού την Νίκης. Αυτές οι νέες εμφανίσεις δεν είχαν εμφανιστεί κατά το παρελθόν είναι σχετικά πρόσφατες οι οποίες συνδέονται με την ευρύτερη γεωτεκτονική κατάσταση της περιοχής. Οι νέες αυτές εδαφικές ρωγμώσεις πολύ πιθανόν να είναι και άλλη μια νέα εμφάνιση των υπαρχόντων ενεργών γεωλογικών ρηγμάτων.

6.1.12. Με βάση τις παρατηρήσεις που προαναφέρθηκαν, καθώς και με απευθείας μετρήσεις των επιφανειών των ρωγμών, οι οποίες έδωσαν παρόμοια στοιχεία, γίνεται φανερό ότι η κίνηση των ρωγμών έγινε επάνω σε προϋπάρχουσες επιφάνειες, οι οποίες κατά πάσα πιθανότητα ακολουθούν τις τεκτονικές γραμμές του υποβάθρου. Πρόκειται δηλαδή στην ουσία για τη δραστηριοποίηση των ρηγμάτων του υποβάθρου με δράση που παραμόρφωσε και τα υπερκείμενα ιζήματα της λεκάνης.

6.1.13. Είναι φανερό ακόμη από τις μετρήσεις των επιμηκυνσιομέτρων ότι οι μέγιστες μετατοπίσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου για τρία συνεχόμενα έτη (1993–1995). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εποχή αυτή συνδέεται με εξάντληση του υδροφόρου ορίζοντα, λόγω της υπεράντλησης, για να ικανοποιηθούν οι αρδευτικές ανάγκες, καθώς επίσης και με το τέλος της εποχής της ξηρασίας, φαίνεται ότι η γενεσιουργός αιτία για τη δημιουργία των ρωγμών είναι η συμπαγοποίηση των ιζημάτων λόγω απώλειας νερού.

Από τις παρατηρήσεις αυτές καταλήγουμε στην εκτίμηση ότι οι επιφανειακές διαρρήξεις στην πεδιάδα της Λάρισας συνδέονται με την παρουσία ενεργών ρηγμάτων στην περιοχή, επομένως η δημιουργία τους είναι αποτέλεσμα γεωτεκτονικών διεργασιών.

6.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι γνωστό από τη διεθνή εμπειρία ότι δεν είναι αναγκαίο όλη η ενέργεια που συσσωρεύεται στα πετρώματα του φλοιού της γης να απελευθερώνεται με την μορφή σεισμών. Σε πολλές περιπτώσεις ένα μεγάλο μέρος της παραμόρφωσης γίνεται με τη λεγόμενη ασεισμική ολίσθηση. Αυτό σημαίνει ότι τα ρήγματα μπορεί να ολισθαίνουν αργά χωρίς τη δημιουργία σεισμών, αλλά η παραμόρφωση να είναι σημαντική. Η παραμόρφωση αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη στις περιπτώσεις όπου κοντά στα ρήγματα υπάρχουν οικοδομήματα ή άλλα τεχνικά

έργα.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι από την εμπειρία των μεγάλων σεισμών στη χώρα μας κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Θεσσαλονίκη 1978, Βόλος – Νέα Αγχίαλος 1980, Αθήνα – Αλκυονίδες 1982, Καλαμάτα 1986, Κοζάνη – Γρεβενά 1995) οι μεγαλύτερες ζημιές και καταστροφές δεν προκαλούνται από τους ίδιους τους σεισμούς αλλά οφείλονται στη δημιουργία των επιφανειακών διαρρήξεων που προκαλούν οι σεισμοί και βρίσκονται εντοπισμένες κατά μήκος τους.

Στην περιοχή εκδήλωσης των επιφανειακών ρωγμών στην πεδιάδα της Λάρισας εντοπίσθηκε σημαντικός αριθμός ενεργών ρηγμάτων. Η σημασία των ρηγμάτων αυτών είναι ιδιαίτερα μεγάλη αν ληφθεί υπόψη ότι αυτά εντοπίζονται κοντά σε οικισμούς (συμπεριλαμβανομένης και της πόλης της Λάρισας) καθώς και άλλες σημαντικές εγκαταστάσεις.

Από τη διερεύνηση των αιτίων δημιουργίας των ρωγμών που εμφανίσθηκαν στη λεκάνη της Λάρισας προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις γεωτεκτονικού φαινομένου (συστηματικότητα στη διεύθυνση των διαρρήξεων, παραλληλότητα και γειτονία με ενεργά γεωλογικά ρήγματα, κινήσεις οριζόντιας μετατόπισης, ρυθμός ολίσθησης κ.λπ.). Ουσιαστικά πρόκειται για ασεισμική ολίσθηση (ερπυσμός) προϋπαρχόντων γεωλογικών ρηγμάτων.

Η διακύμανση της στάθμης των υπογείων υδάτων που παρατηρείται στην περιοχή της λεκάνης της Λάρισας και η συνεχής μεταβολή των υδρογεωλογικών παραμέτρων παίζει ασφαλώς σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση αυτής της κίνησης ή και στην αύξηση του ρυθμού ολίσθησης.

Δεν μπορεί επίσης να αποκλεισθεί η υπόνοια ότι η διάρρηξη των εδαφικών ρωγμών πιθανόν να αποτελεί πρόδρομο φαινόμενο γένεσης σεισμών.

Συμπερασματικά, λοιπόν, οι αυξημένες ανάγκες για άρδευση προκάλεσαν την καταρχήν συμπαγοποίηση των σχηματισμών, ωστόσο η δημιουργία των ρωγμών συνδέεται με την ύπαρξη ασυνεχειών στο υπόβαθρο και την ανάπτυξή τους μέσα στα ιζήματα, όπως είναι προφανές από την παράταξη των ρωγμών. Το γεγονός ότι η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα προκάλεσε την ενεργοποίηση των προϋπαρχόντων ρηγμάτων του υποβάθρου και τη δημιουργία της προς τα άνω συνέχειάς τους μέσα στα ιζήματα, θεωρείται ως επιβαρυντικός παράγοντας για τη σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής σε περίπτωση ενδεχόμενου σεισμού. Τα

ρήγματα αυτά λόγω τις μικρής τους επιφανειακής εμφάνισης δεν εντοπίζονται από δορυφορικές φωτογραφίες αλλά ούτε και από αεροφωτογραφίες της περιοχής. Εντοπίζονται κυρίως στα επιφανειακά τμήματα των οδοστρωμάτων του επαρχιακού οδικού δικτύου αλλά και σε περιοχές μέσα σε οικισμούς. Στις υπόλοιπες περιοχές του κάμπου λόγω της εντατικής και συχνής καλλιέργειας τα ίχνη αυτά πολλές φορές σβήνονται από τις γεωργικές εργασίες, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να δούμε την πραγματική τους έκταση παρά μόνο να κάνουμε εικασίες από μερικές και κατά τόπους εμφανίσεις τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ. (1985) ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ UNIVERSITY STUDIO PRESS ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ. (1988) ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΥΡΥΤΕΡΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
- Ν. ΖΟΥΡΟΣ, Α. ΧΑΤΖΗΠΕΤΡΟΣ, ΣΠ. ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ) 3^ο ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΛΑΡΙΣΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2003.
- ΕΥΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, 3^ο ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΛΑΡΙΣΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2003.
- Π. ΝΤΑΚΟΥΛΑΣ, Γ. ΘΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α. ΜΠΕΛΕΣΗΣ, Σ. ΛΑΖΑΡΟΠΟΥΛΟΣ, ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΘΕΝΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ ΤΜΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2004.
- RICCARDO CAPUTO GEOLOGICAL AND STRUCTURAL STUDY OF THE RECENT AND ACTIVE BRITTLE DEFORMATION OF THE NEOGENE-QUATERNARY BASINS OF THESSALY (CENTRAL GREECE) ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (1990)