



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΧΑΛΚΙΔΑΣ

«ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ, ΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ &
ΣΤΗΝ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ»

Δ. Α. Λαλανίτης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ ΜΕ
ΠΕΝΤΕ ΚΩΝΟΥΣ ΓΙΑ ΓΕΩΔΕΜΕΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ»

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Γέμτος Θεοφάνης (Καθηγητής Π.Θ.)

Συμμετοχή: Δρ. Φούντας Σπύρος
Δρ. Καβαλάρης Χρήστος
Καραμούτης Χρήστος

Βόλος, Σεπτέμβριος, 2009



1



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 7913/1
Ημερ. Εισ.: 10-12-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
631.587
ΛΑΛ

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ ΜΕ ΠΕΝΤΕ ΚΩΝΟΥΣ ΓΙΑ
ΓΕΩΔΕΜΕΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ»

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ. Θεοφάνης Γέμτος, *Καθηγητής Π.Θ.*

Δρ. Κωνσταντίνος Κίττας, *Καθηγητής Π.Θ.*

Δρ. Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, *Καθηγήτρια Π.Θ.*



Αφιερώνεται στην μέλλουσα σύζυγο μου Γεωργία

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μέτρηση τη συμπίεσης του εδάφους αποτελεί μαζί με άλλες, μια επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία για τους γεωπόνους ιδιαίτερα σε σκληρά εδάφη. Είναι όμως επιβεβλημένη καθώς η γνώση της συμπίεσης ενός εδάφους μας επιτρέπει να το χειριστούμε ανάλογα και να προετοιμάσουμε κατάλληλα τον προς σπορά αγρό επιλέγοντας την ανάλογη κατεργασία για χαλάρωση του εδάφους.

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες στη κατεύθυνση αυτή, έτσι ώστε εκμεταλλευόμενοι την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των δυνατοτήτων που μας δίνει, να αναπτύξουμε μεθόδους ώστε αυτή η επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία να απλουστευτεί.

Στη κατεύθυνση αυτή κινήθηκε πρωτοποριακά το εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στις εγκαταστάσεις του οποίου μελετήθηκε και κατασκευάστηκε εξολοκλήρου μια διάταξη πέντε διεισδυσιόμετρων που κινούνται προς το έδαφος με χρήση υδραυλικής ισχύος. Σκοπός της είναι να αντιμετωπίσει τη πρόκληση της γρήγορης και αξιόπιστης καταγραφής των τιμών της συμπίεσης του εδάφους. Η διάταξη αυτή όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία ώστε να απλοποιήσει τη διαδικασία λήψης των μετρήσεων και να εκμεταλλευτεί τη δυνατότητα που υπάρχει σήμερα μέσω GPS να γίνεται και καταγραφή του στίγματος της μέτρησης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη του συστήματος του διεισδυσιόμετρου του εργαστηρίου καθώς έγινε μια εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες, που δεν είχε ξαναγίνει στο παρελθόν. Οι μετρήσεις έγιναν σε πειραματικό αγρό στον οποίο γίνονταν σύγκριση διαφόρων μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Μέσω των μετρήσεων εντοπίστηκαν σημεία τα οποία έχουν μεγαλύτερη και μικρότερη συμπίεση.

Τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, καθώς ανέδειξαν την χρησιμότητα και τη λειτουργικότητα της διάταξης, και τη περαιτέρω βελτίωση της μέσω ορισμένων παρεμβάσεων που έγιναν η θα γίνουν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Θεοφάνη Γέμτο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω τη μεταπτυχιακή διατριβή μου μαζί του. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ. Σπύρο Φούντα για την πολύτιμη βοήθεια του και το χρόνο που αφιέρωσε. Ακόμα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο Δρ. Χρήστο Καβαλάρη και στο Χρήστο Καραμούτη για την συμβολή τους στο πρακτικό κομμάτι της εργασίας, καθώς η βοήθεια τους ήταν καθοριστική.

*Δημήτριος Α. Λαλανίτης
Βόλος, 2009*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ.....	18
1.1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΈΔΑΦΟΣ	18
1.2 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	20
1.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ	21
1.2.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ	22
1.2.3 ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	24
1.3 ΤΥΠΟΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΩΝ	25
1.3.1 ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ ΚΩΝΟΥ.....	25
1.3.1.1 ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ ΚΩΝΟΥ.....	26
1.3.1.2 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ ΚΩΝΟΥ.....	27
1.3.1.3 ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ ΡΙΨΗΣ ΚΩΝΟΥ	28
1.3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ ΚΩΝΟΥ	29
1.4 ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΩΝ	30
1.5 ΕΔΑΦΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ	32
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	34
2.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	34
2.2 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	35
2.2.1 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	36
2.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	38
2.3.1 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	39
2.3.2 ΘΥΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	40
2.3.3 ΔΕΚΤΗΣ GPS	40
2.3.4 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	41
2.3.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	42
2.3.6 ΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΩΝ	42
2.3.7 ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΕΣ.....	43
2.3.8 ΔΕΔΟΜΕΝΑ	44
2.3.9 ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	45
2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ	45
2.4.1 ΟΘΟΝΗ ΈΝΑΡΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	46
2.4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΘΟΝΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	47
2.4.3 ΟΘΟΝΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	49
2.4.4 ΟΘΟΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	51
3 ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
3.1 ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	52
3.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ.....	54
3.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΓΡΟΥ	59
3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	62
4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	66
4.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	66
4.2 ΧΑΡΤΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ	75
5 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	82

5.1	ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	82
5.1.1	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	82
5.1.2	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	83
5.1.3	ΕΠΙΛΟΓΗ GPS.....	84
5.2	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	85
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΡΙΖΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.....	19
ΣΧΗΜΑ 1.2 ΚΩΝΙΚΟ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	22
ΣΧΗΜΑ 1.3 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ.....	27
ΣΧΗΜΑ 1.4 ΣΤΑΤΙΚΟ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ.....	29
ΣΧΗΜΑ 1.5 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΩΝΟΥ.....	29
ΣΧΗΜΑ 1.6 ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΡΙΨΗΣ ΚΩΝΟΥ.....	30
ΣΧΗΜΑ 2.1 ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ.....	34
ΣΧΗΜΑ 2.2 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΕΜΠΡΟΣ ΟΨΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	35
ΣΧΗΜΑ 2.3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΙΣΩ ΟΨΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	36
ΣΧΗΜΑ 2.4 ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	36
ΣΧΗΜΑ 2.5 ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΕΣ.....	37
ΣΧΗΜΑ 2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	37
ΣΧΗΜΑ 2.7 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ.....	37
ΣΧΗΜΑ 2.8 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΑΘΟΔΟΥ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	37
ΣΧΗΜΑ 2.9 ΧΟΝΔΡΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	38
ΣΧΗΜΑ 2.10 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΡΤΕΣ.....	40
ΣΧΗΜΑ 2.11 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ GPS.....	40
ΣΧΗΜΑ 2.12 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	41
ΣΧΗΜΑ 2.13 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΥΡΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	42
ΣΧΗΜΑ 2.14 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΥΡΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΩΝ.....	42
ΣΧΗΜΑ 2.15 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΥΡΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΑΣΕΩΝ ΕΞΟΔΟΥ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΩΝ.....	43
ΣΧΗΜΑ 2.16 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	44
ΣΧΗΜΑ 2.17 ΠΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΑΝΑΦΟΡΩΝ.....	45
ΣΧΗΜΑ 2.18 ΑΡΧΙΚΗ ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	46
ΣΧΗΜΑ 2.19 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	46
ΣΧΗΜΑ 2.20 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	47
ΣΧΗΜΑ 2.21. ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΕΔΙΩΝ.....	47
ΣΧΗΜΑ 2.22 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ ΚΕΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.....	48
ΣΧΗΜΑ 2.23 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΘΥΡΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	49
ΣΧΗΜΑ 2.24 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	50
ΣΧΗΜΑ 2.25 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ.....	50
ΣΧΗΜΑ 2.26 ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	51
ΣΧΗΜΑ 3.1 ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	53
ΣΧΗΜΑ 3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ.....	53
ΣΧΗΜΑ 3.3 Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ 1 ΟΠΩΣ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ.....	55
ΣΧΗΜΑ 3.4 ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ.....	56
ΣΧΗΜΑ 3.5 ΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ 1.....	56
ΣΧΗΜΑ 3.6 Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΑΓΡΟ 1.....	57
ΣΧΗΜΑ 3.7 Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΑΓΡΟ 2.....	58
ΣΧΗΜΑ 3.8 ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΣΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΑΓΡΟ 1.....	61
ΣΧΗΜΑ 4.1 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ (ΚΡΑ) ΑΝΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑ ΒΑΘΟΣ (CM).....	73
ΣΧΗΜΑ 4.2 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 5 CM.....	75
ΣΧΗΜΑ 4.3 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 10 CM.....	75
ΣΧΗΜΑ 4.4 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 15 CM.....	76
ΣΧΗΜΑ 4.5 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 20 CM.....	76
ΣΧΗΜΑ 4.6 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 25 CM.....	77

ΣΧΗΜΑ 4.7 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30 CM.....	77
ΣΧΗΜΑ 4.8 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 35 CM.....	78
ΣΧΗΜΑ 4.9 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 40 CM.....	78
ΣΧΗΜΑ 4.10 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 45 CM.....	79
ΣΧΗΜΑ 4.11 ΠΡΟΦΙΛ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 50 CM.....	79
ΣΧΗΜΑ 5.1 ΔΙΑΠΡΟΣΩΠΕΙΑ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΟΡΙΟΥ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗΣ.....	83
ΣΧΗΜΑ 5.2 ΣΗΜΕΙΟ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	84
ΣΧΗΜΑ 5.3 ΠΕΔΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΥΠΟΥ GPS.....	85
ΣΧΗΜΑ 5.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.....	86

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συμπίεση του εδάφους αποτελεί μια σημαντική παράμετρο η οποία επηρεάζει τη παραγωγικότητα των καλλιεργειών, το κόστος της παραγωγής, καθώς και τη ποιότητα των προϊόντων.

Τα αίτια που τη δημιουργούν είναι πολλά όπως οι μέθοδοι κατεργασίας, η χρήση βαρέων γεωργικών μηχανημάτων κ.α. τα οποία θα αναπτυχθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Η μέτρηση όμως από γεωργικής πλευράς είναι επίπονη χρονοβόρα και απαιτεί αρκετή δουλειά. Σήμερα όμως έχουν γίνει προσπάθειες και με τη βοήθεια της τεχνολογίας και ειδικότερα των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, η εργασία αυτή να γίνει ευκολότερη, αποδοτικότερη και να καταγράφονται πολλά δεδομένα σε λίγο χρόνο.

Στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχει κατασκευαστεί μια διάταξη δεισδυσιομέτρων η οποία έχει τη δυνατότητα να αναρτάται σε γεωργικό ελκυστήρα, να ισχυοδοτείται από το υδραυλικό σύστημα του ελκυστήρα κατά την διείσδυση και μέσω φορητού υπολογιστή να γίνεται καταγραφή μετρήσεων της αντίστασης του εδάφους, του βάθους και του γεωγραφικού στίγματος της μέτρησης. Όπως γίνεται σαφές ο σκοπός της κατασκευής είναι ακριβώς αυτός που περιγράφηκε στη προηγούμενη παράγραφο.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να δώσει απαντήσεις ως προς τη λειτουργικότητα της κατασκευής μέσω μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής σε πραγματικές συνθήκες καθώς μέχρι τώρα η κατασκευή ήταν σε πειραματικό στάδιο. Έτσι μέσω της εφαρμογής αυτής να μπορέσει να γίνει μια καλύτερη απεικόνιση της αποδοτικότητας της και αύξηση της αξιοπιστίας της μέσω παρεμβάσεων που θα κριθούν αναγκαίες. Ορισμένες ήταν γνωστές εκ των προτέρων και πραγματοποιήθηκαν πριν τη λήψη των μετρήσεων και άλλες που θα προέκυπταν από τη χρήση της συσκευής σε πραγματικές συνθήκες στο χωράφι.

Η ύλη της εργασίας κατανέμεται σε πέντε κεφάλαια ως εξής:

- Αρχικά περιγράφεται χονδρικά η επίδραση που έχει η συμπίεση του εδάφους στην απόδοση των καλλιεργειών και γίνεται αναφορά στο σκοπό και τη συμβολή της παρούσης εργασίας
- Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια βαθύτερη ανάλυση στους μηχανισμούς δημιουργίας της συμπίεσης του εδάφους και στις επιπτώσεις που έχει στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, Επίσης αναφέρονται οι τρόποι μέτρησης αναλύοντας τους τύπους των διεισδυσιμέτρων, βάση των προτύπων της Αμερικανικής Εταιρείας Γεωργικών και Βιολόγων Μηχανικών (ASABE).
- Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται εκτενής αναφορά στη κατασκευή του διεισδυσιμέτρου του εργαστηρίου και συγκεκριμένα αναλύονται πρώτον το μηχανολογικό μέρος αναφέροντας τα σημεία της κατασκευής, και κατά δεύτερον το ηλεκτρονικό μέρος δηλαδή το hardware και το software που χρησιμοποιείται ώστε να γίνει η λήψη των μετρήσεων και η καταγραφή των δεδομένων. Επίσης γίνεται αναφορά στο τρόπο λειτουργίας και στο τρόπο καταγραφής των δεδομένων.
- Το Κεφάλαιο 3 αναφέρεται στη διαδικασία λήψης των μετρήσεων στον αγρό. Συγκεκριμένα αναφέρονται τα στοιχεία και οι ιδιότητες του αγρού καθώς επρόκειτο για πειραματικό και όχι για έναν απλό αγρό, το πειραματικό σχέδιο και οι μεταχειρίσεις του πειράματος ενώ στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται παρουσίαση των δεδομένων ύστερα από τις μετατροπές καθώς οι τιμές που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 ήταν οι τιμές εξόδου των αισθητηρίων μας, δηλαδή τάση. Για να γίνει επεξεργασία των δεδομένων πρέπει να μετατραπούν σε μονάδες βάθους διείσδυσης και πίεσης. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται παρουσίαση των τιμών της αντίστασης στις διείσδυση με τη βοήθεια του Surfer™ για βάθη από 5 έως 50 εκατοστά.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται ορισμένες προτεινόμενες βελτιώσεις οι οποίες κριθήκαν αναγκαίες από τη χρήση της συσκευής σε πραγματικές συνθήκες όπως ήταν αυτές του πειράματος μας. Ορισμένες, κυρίως στο λογισμικό ήδη έγιναν και άλλες κυρίως μηχανολογικές θα πραγματοποιηθούν από το προσωπικό του εργαστηρίου.

- Τέλος γίνεται μια ανασκόπηση της εργασίας, αναφέρονται τα αποτελέσματα και αν επιτεύχθηκαν οι στόχοι που είχαμε θέσει.



1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΑ

1.1 Συμπίεση και Επίδραση της Συμβατικής Κατεργασίας στο Έδαφος

Η συμβατική κατεργασία του εδάφους ορίζεται στις περισσότερες χώρες του κόσμου από τη χρήση του αρότρου. Το άροτρο, με την αναστροφή που προκαλεί στο έδαφος, αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικό στον έλεγχο των ζιζανίων. Επιπλέον, με την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων, διευκολύνεται η εργασία των μηχανημάτων της δευτερογενούς κατεργασίας. Τα φυτικά υπολείμματα που ενσωματώνονται διεγείρουν την δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους οι οποίοι και τα αποσυνθέτουν. Με την διεργασία τους αυτή παράγουν οργανική ουσία η οποία με την περαιτέρω αποσύνθεσή της παρέχει στα φυτά πολύτιμα θρεπτικά στοιχεία. Με το όργωμα προκαλείται σημαντική χαλάρωση του εδάφους στην στοιβάδα της ριζόσφαιρας με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η ανάπτυξη της φυτείας και να πετυχαίνονται υψηλές αποδόσεις. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων αποτελούν τις βασικές αιτίες για την ευρεία αποδοχή του οργώματος. Στην συμβατική κατεργασία, η τελική προετοιμασία του εδάφους επιτυγχάνεται με τις επεμβάσεις δευτερογενούς κατεργασίας όπου χρησιμοποιούνται ελαφρύτερα εργαλεία, όπως ελαφρείς καλλιεργητές, σβάρνες και δισκοσβάρνες συνήθως σε περισσότερες από μια επεμβάσεις,[3].

Παρά τα σημαντικά οφέλη, η συμβατική κατεργασία αποτελεί ένα σύστημα εντατικής διαχείρισης του εδάφους που απαιτεί αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον με τις εντατικές επεμβάσεις επηρεάζονται πολλές πτυχές της φυσικής κατάστασης του εδάφους, όπως η γονιμότητα, η σταθερότητα της δομής και η διαβρωσιμότητα. Ορισμένα σημαντικά προβλήματα που έχουν προκύψει ως συνέπεια της συμβατικής διαχείρισης του εδάφους είναι η συμπίεση του εδάφους, η διάβρωση, ο σχηματισμός σκληρού εδαφικού ορίζοντα και η δημιουργία επιφανειακής κρούστας.



Σχήμα 1.1 Επίδραση της συμπίεσης του εδάφους σε ρίζα βαμβακιού.

Με τον όρο συμπίεση του εδάφους περιγράφεται η μείωση του εδαφικού όγκου που οφείλεται στην ελάττωση του πορώδους και η οποία προκύπτει από την εξάσκηση ισχυρών πιέσεων. Οι παράγοντες οι οποίοι ευθύνονται κατά κύριο λόγο για την συμπίεση που παρατηρείται σήμερα στα γεωργικά εδάφη είναι η συχνή κίνηση βαριών γεωργικών ελκυστήρων για την εκτέλεση των διαφόρων καλλιεργητικών φροντίδων και μηχανημάτων συγκομιδής καθώς και τα εργαλεία κατεργασίας που εργάζονται μέσα στο έδαφος. Η μεγαλύτερη συμπίεση του εδάφους στην διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου συμβαίνει κατά την διάρκεια της συγκομιδής ιδίως όταν αυτή πραγματοποιείται σε υγρές συνθήκες. Με τη κατεργασία του εδάφους γίνεται αναμόχλευση και χαλάρωση του εδάφους ώστε να μειωθεί η συμπίεση. Ο κύριος στόχος της κατεργασίας του εδάφους είναι η επάνοδος του εδάφους σε μια μη συμπιεσμένη κατάσταση. Αλλά και για την κατεργασία του εδάφους, ιδίως όταν αυτή περιλαμβάνει όργωμα σε μεγάλο βάθος, απαιτείται η χρήση ισχυρών και βαριών γεωργικών ελκυστήρων οι οποίοι καθώς μετακινούνται στην επιφάνεια του εδάφους ασκούν έντονες κατακόρυφες πιέσεις, προκαλώντας την συμπίεση του σε μεγαλύτερο βάθος.

Ένα συμπιεσμένο έδαφος εμφανίζει αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα και συνοχή και περιορισμένο πορώδες με δυσμενείς συνέπειες στη διακίνηση νερού και αέρα καθώς και την ανάπτυξη των ριζών. Η συμπίεση του εδάφους, ιδίως όταν έχει προκληθεί από μεγάλα φορτία μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα τόσο στο φύτευμα όσο και στην ανάπτυξη και τελική απόδοση μιας καλλιέργειας.

Καθώς η δομή του εδάφους υποβαθμίζεται, οι παραγωγοί καταφεύγουν στη μηχανική κατεργασία για να βελτιώσουν την φυσική κατάσταση της ριζόσφαιρας. Το

όργανο μπορεί να ανακουφίσει τις αρνητικές επιπτώσεις της συμπίεσης αυξάνοντας το πορώδες του εδάφους. Ωστόσο η βελτίωση αυτή είναι πρόσκαιρη και η συμπύκνωση του εδάφους μπορεί να αυξηθεί σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την συμπύκνωση πριν από την κατεργασία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υποβάθμιση της δομής και τη μείωση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων του εντατικά κατεργασμένου εδάφους. Επί πλέον η συνεχής αναμόχλευση και ο αερισμός του εδάφους ενισχύουν τη δράση των μικροοργανισμών του που αποσυνθέτουν έντονα την οργανική ουσία που μακροχρόνια μειώνεται και καταλήγει για τα Ελληνικά εδάφη στο 1%. Αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις σε μια σειρά χαρακτηριστικών του εδάφους όπως στη σταθερότητα των συσσωματωμάτων, στην διείσδυση του νερού, στη συγκράτηση του νερού, την αντίσταση στη συμπίεση κλπ. Το όργανο ενός συμπιεσμένου εδάφους μπορεί να επαναφέρει το εδαφικό πορώδες κοντά στα επίπεδα που ήταν πριν από την συμπίεση. Αυτό όμως που στην πραγματικότητα βελτιώνεται είναι μόνο το μακροπορώδες καθώς το μικροπορώδες χρειάζεται να περάσουν τουλάχιστον πέντε έτη μετά το συμβάν της συμπίεσης, για να βελτιωθεί μέσω των φυσικών διεργασιών από την επίδραση των κλιματολογικών παραγόντων. Ακόμη και με ετήσια οργώματα, οι υπολειμματικές επιπτώσεις της συμπίεσης σε ένα αργιλώδες έδαφος μπορούν να διατηρηθούν για πάνω από 3 έτη. Κάτω από το βάθος αρόσεως ωστόσο οι επιπτώσεις από την συμπίεση μπορούν να παραμείνουν για πολύ περισσότερο, [3].

Το κόστος που προκύπτει από τη συμπίεση του εδάφους από τα γεωργικά μηχανήματα μπορεί να είναι πολύ σημαντικό. Όταν μάλιστα η χρήση του γεωργικού εξοπλισμού γίνεται σε επίπεδα υψηλής εδαφικής υγρασίας το κόστος της συμπίεσης μπορεί να υπερβαίνει το κόστος της επένδυσης και της χρήσης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Τα συμπιεσμένα εδάφη είναι πιο ανθεκτικά και αιτούν μεγάλες δυνάμεις για την κατεργασία, απαιτούν μεγαλύτερη ελκτική δύναμη και συνεπώς κατανάλωση ενέργειας για την κατεργασία. Συνεπώς μια μελέτη για μια ορθολογική επένδυση και διαχείριση των γεωργικών μηχανημάτων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και το κόστος που προκαλεί η συμπίεση που ενδεχομένως αυτά να δημιουργούν στο έδαφος,[10].

1.2 Τρόποι Μέτρησης Συμπίεσης Εδάφους

Το διεισδυσιόμετρο κόνου του εδάφους (Σχήμα 1.2) προτείνεται ως μια συσκευή μέτρησης, η οποία μπορεί να παρέχει μια τυποποιημένη, ομοιόμορφη μέθοδο χαρακτηρισμού της αντίστασης διείσδυσης του εδάφους. Η δύναμη που απαιτείται για

να πιεστεί ο κυκλικός κώνος 30 μοιρών μέσα στο έδαφος, εκφρασμένη σε kilopascals, είναι ένας δείκτης της αντίστασης του εδάφους καλούμενος *δείκτης κώνου*. Από την Αμερικάνικη Εταιρεία Γεωργικών και Βιολογικών Μηχανικών (ASABE) έχουν καθιερωθεί ορισμένα πρότυπα σχετικά με τη μέτρηση της συμπίεσης,

Τα πρότυπα αναπτύχθηκαν για τους ακόλουθους λόγους:

- Για να παρέχουν μια κοινή μέθοδο κατασκευής μιας συσκευής ικανής να μετρά τις γενικές εδαφικές μηχανικές συνθήκες και να διευκολύνει την παρουσίαση και ερμηνεία των εδαφικών στοιχείων από διαφορετικούς ερευνητές.
- Για να βοηθηθούν όσοι εργάζονται με διαφορετικά εδάφη και εδαφικές συνθήκες, οι οποίοι χρειάζονται κάποιο μέτρο σύγκρισης των εδαφικών μηχανικών ιδιοτήτων.
- Για να παρέχουν ένα κοινό σύστημα χαρακτηρισμού των εδαφικών ιδιοτήτων από το οποίο μπορεί να είναι δυνατό να αναπτυχθούν σχέσεις απόδοση και πρόβλεψης.

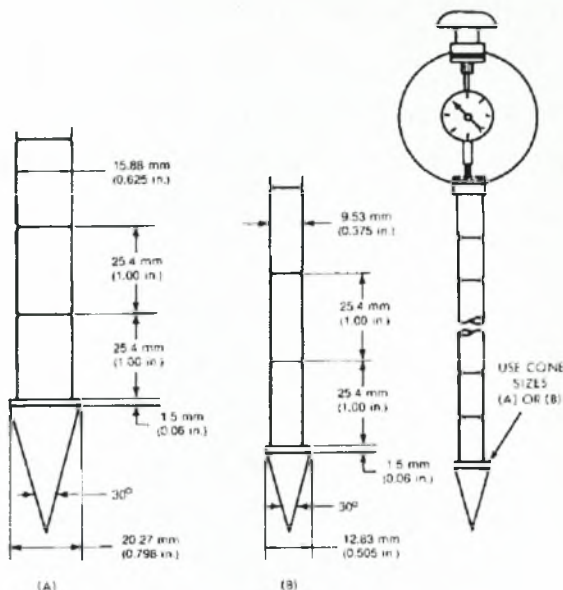
1.2.1 Ορισμοί

➤ **Διεισδυσιόμετρο κώνου:** Ένας κυκλικός κώνος ανοξείδωτου χάλυβα με κλίση κώνου 30 μοιρών, με άξονα οδήγησης όπως ορίζεται στο Σχήμα 1.2. Στην κοινή ορολογία, ο όρος διεισδυσιόμετρο κώνου χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθεί σε ολόκληρες τις συσκευές δοκιμής, συμπεριλαμβανομένων των μέσων της εφαρμογής της δύναμης και της καταγραφής των συλλεγόμενων δεδομένων. Το Σχήμα 1.2 παρουσιάζει μία απλή μορφή της διάταξης δοκιμής με μία λαβή χειροκίνητης διείσδυσης και έναν δακτύλιο παρουσίασης των μετρήσεων. Πιο περίπλοκα μέσα παροχής της δύναμης διείσδυσης και των λειτουργιών καταγραφής περιγράφονται στο πρότυπο ASABE EP542, [6].

➤ **Περιοχή βάσης:** Η διατομή στη βάση του κώνου που εκφράζεται σε mm^2 (in^2).

➤ **Δείκτης κώνου (Cone Index ή CI) :** Η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας της βάσης που απαιτείται για να ωθήσει το διεισδυσιόμετρο μέσω μιας καθορισμένης μικρής ταχύτητας διείσδυσης στο έδαφος. Ο δείκτης κώνου αρχικά καθορίστηκε για να δηλώνει τη μέση αντίσταση διείσδυσης για τα πρώτα 150 mm του εδάφους, αλλά ο όρος έχει διευρυνθεί από τότε για να περιλάβει τις τιμές αντίστασης διείσδυσης σε

οποιοδήποτε βάθος. Οι τιμές μπορούν να αναφερθούν όπως: (X MPa) δείκτης κώνου σε βάθος (Y m) (σε συντομία CIY) ή (X MPa) μέσος δείκτης κώνου σε βάθος (Y έως Z m) (σε συντομία CIY-Z). Το μέγεθος της βάσης του κώνου πρέπει να δηλωθεί.



Σχήμα 1.2 Κωνικό Διεισδυσιόμετρο εδάφους.

1.2.2 Συσκευές και Διαδικασία Δοκιμής

Το χειροκίνητο διεισδυσιόμετρο κώνου εδάφους που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2 έχει έναν κώνο και έναν κλιμακωτό άξονα οδήγησης. Από την τυποποίηση της ASABE προτείνονται δύο μεγέθη για τη βάση του κώνου: 323 mm^2 , με διάμετρο 20,27 mm. ($0,5 \text{ in}^2$, με διάμετρο 0,798 in.) με άξονα διαμέτρου 15,88 mm (0,625 in) για μαλακά εδάφη (Σχήμα 1.2A) και 130 mm^2 , με διάμετρο 12,83 mm ($0,2 \text{ in}^2$, με διάμετρο 0,505 in) με άξονα διαμέτρου 9,53 χιλ. (0,375 in) για σκληρά εδάφη (Σχήμα 1.2B). Ο κώνος με εμβαδό βάσης 129 mm^2 ($0,2 \text{ in}^2$) είναι κατάλληλος για χειροκίνητα όργανα σε σκληρό έδαφος εάν ο άξονας δεν υπερβαίνει ένα μήκος των 457 mm (18 in). Σε εξαιρετικά σκληρά εδάφη, είναι κατάλληλος ένας μηχανικά οδηγούμενος κώνος με εμβαδό βάσης 323 mm^2 ($0,5 \text{ in}^2$), λόγω του ισχυρότερου άξονα οδήγησης. Η γενική μορφή του εξοπλισμού του διεισδυσιόμετρου δεν είναι μέρος αυτού του προτύπου. Οι διαβαθμίσεις του άξονα οδήγησης είναι σε απόσταση 25,4 mm (1,0 in) η μία με την άλλη και χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν το βάθος σε χειροκίνητες συσκευές. Η συσκευή μέτρησης των χειροκίνητων μονάδων πρέπει να έχει μια ικανότητα δείκτη κώνου περίπου 2 MPa (290 psi) για διεισδυσιόμετρα με εμβαδό βάσης 320 mm^2 ($0,5$

in²) και να μην υπερβαίνει τα 5 MPa (725 psi) για διεισδυσιόμετρα με εμβαδό βάσης 129 mm² (0,2 in²) προκειμένου να είναι κατάλληλη για τις περισσότερες γεωργικές εδαφικές συνθήκες. Είναι επιθυμητή μια άμεση μέτρηση του δείκτη κώνου. Αυτό το πρότυπο καθορίζει δύο μεγέθη κώνων. Πρέπει να αναφερθούν τα μεταβλητά στοιχεία αλλά πρέπει να συνοδευθούν από μια περιγραφή του μη τυποποιημένου διεισδυσιόμετρου και της μεθόδου χρήσης το σε πολύ μαλακά εδάφη. Κατά τη λειτουργία σε μεγάλα βάθη, πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε ο άξονας να μη τρίβεται στα τοιχώματα. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητος ένας άξονας μικρότερης διαμέτρου. Οι κώνοι του διεισδυσιόμετρου πρέπει να αντικατασταθούν όταν η φθορά της διαμέτρου της βάσης υπερβαίνει το 3% και επομένως έχει επιπτώσεις στο δείκτη κώνου κατά 5%. Η καλή κρίση του χειριστή, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ώστε να αντικατασταθούν κώνοι για άλλους παράγοντες όπως η καταστροφή της ευθύτητας, ή η ανομοιόμορφη φθορά. Οι εδαφικές συνθήκες τροποποιούν γρήγορα τη μορφή και το τελείωμα του κώνου, η αλλαγή στη διάμετρο όμως προτείνεται ως ένα κριτήριο για την αντικατάσταση του κώνου.

Τα διεισδυσιόμετρα που έχουν δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων μπορούν να έχουν διαφορετικές γενικές μορφές, αλλά ο κώνος και το μέγεθος του άξονα οδήγησης πρέπει να προσαρμόζονται σε αυτό το Πρότυπο. Η ταχύτητα λειτουργίας πρέπει να προσαρμόζεται σε αυτή που συστήνεται στο Πρότυπο ASABE EP542, όπως περιγράφεται παρακάτω,[6].

Ο κώνος πρέπει να σπρωχτεί στο έδαφος με ένα ομοιόμορφο ρυθμό περίπου 30 mm/s (72 in./min). Η μέτρηση του βάθους μετρείται τη στιγμή που η βάση του κώνου είναι επίπεδη με την εδαφική επιφάνεια. Οι επόμενες μετρήσεις πρέπει να γίνονται συνεχώς, ή όσο το δυνατόν συχνότερα διατηρώντας ένα ρυθμό διείσδυσης 30 mm/s (72 in./min). Εάν δεν είναι δυνατή η αυτόματη καταγραφή του CI, οι χειροκίνητες αναγνώσεις πρέπει να γίνουν από ένα δεύτερο πρόσωπο σε κάθε αύξηση βάθους 50 mm (2 in.) ή λιγότερο. Αυτά τα βάθη υποδεικνύονται από τα σημάδια στον άξονα του διεισδυσιόμετρου. Εάν είναι απαραίτητο να σταματήσει η μέτρηση ή η διείσδυση σε κάποιο βάθος (όπως θα συνέβαινε εάν μόνο ένα άτομο εκτελούσε τη δοκιμή), η διείσδυση και οι μετρήσεις μπορούν να συνεχιστούν χωρίς την εισαγωγή υπερβολικών σφαλμάτων. Σε πολύ σκληρά εδάφη, μπορεί να μην είναι δυνατό να επιτευχθεί ένας ρυθμός τόσο υψηλό της τάξεως των 30 mm/s (72 in./min), αλλά οι κάπως πιο αργοί ρυθμοί δεν θα οδηγήσουν σε σημαντικά λάθη. Σε υγρά εδάφη, ο κώνος και ο άξονας πρέπει να πλυθούν σχολαστικά και να σκουπίζονται μεταξύ κάθε διείσδυσης,[6].

1.2.3 Οδηγίες Δειγματοληψίας Συμπίεσης

Οι ακόλουθες οδηγίες παρέχονται ώστε να βοηθήσουν στην ανάπτυξη των πρωτοκόλλων δειγματοληψίας συμπίεσης και να βελτιστοποιήσουν την χρησιμότητα της ανάλυσης των δεδομένων,[4]:

➤ Ανάπτυξη των γραπτών στόχων δειγματοληψίας ώστε να καθοδηγήσετε τη συλλογή δεδομένων και αξιολογήσετε την επιτυχία των προσπαθειών ελέγχου και διαχείρισης. Συμπεριλάβετε συγκεκριμένες ιδιότητες όπως η πυκνότητα, το βάθος, η έκταση, κ.λπ. Παραδείγματος χάριν, "υπολογίστε τη μέση αντίσταση του διεισδυσιόμετρου για βάθη εδάφους 0-10cm, 10-20cm, και 20-30cm με 90% βεβαιότητα ότι η εκτίμηση είναι μέσα στο 10% του μέσου όρου. Αυτές οι αξιολογήσεις θα εκτελεστούν κάθε δύο έτη στις περιοχές υψηλής χρήσης όπου η εδαφική συμπίεση χρίζει διαχειριστικής ανάλυσης".

➤ Ανάπτυξη ενός τυποποιημένου σχεδίου δειγματοληψίας και μιας μεθοδολογίας για χρήση σε περιοχές ενδιαφέροντος.

➤ Επειδή η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση επηρεάζεται ιδιαίτερα από την εδαφική υγρασία, η δειγματοληψία μιας περιοχής πρέπει να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια μιας μικρής χρονικής περιόδου ώστε να ελαχιστοποιήσει τις πιθανές συνέπειες της μεταβαλλόμενης εδαφικής υγρασίας. Εάν επιδιώκεται η σύγκριση διαφορετικών περιοχών ή ανάλυση κατά τη διάρκεια του χρόνου, συστήνεται δειγματοληψία όταν τα εδάφη είναι κοντά στην υδατοϊκανότητα τους.

➤ Λήψη μετρήσεων από γειτονικές περιοχές «ελέγχου» ή περιοχές αναφοράς ώστε να παρέχεται μια συγκριτική μέτρηση επιδόσεων με συμπιεσμένες περιοχές. Οι περιοχές αναφοράς πρέπει να είναι σχετικά κοντά σε ζημιωμένες περιοχές και να έχουν παρόμοιο εδαφικό τύπο.

➤ Λόγω των συνεπειών της εδαφικής υγρασίας στην αντίσταση διείσδυσης, οι μετρήσεις πρέπει να αναλυθούν ως σχετικές τιμές σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο. Οι διαφορές στην σύσταση του εδάφους, τις βροχοπτώσεις και την έκθεση στο φως του ήλιου μπορούν να έχουν επιπτώσεις και να προκαλούν διαφορές στην εδαφική υγρασία κατά μήκος του αγρού.

➤ Το πλήθος δειγμάτων που είναι απαραίτητο για να επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια πρέπει να καθοριστεί χρησιμοποιώντας πειραματική

δειγματοληψία. Περίπου 15-25 δείγματα είναι συχνά επαρκή αλλά τα αποτελέσματα θα εξαρτηθούν από την ετερογένεια της περιοχής.

➤ Τα πλάνα δειγματοληψίας πρέπει να στρωματοποιηθούν εάν κριθεί απαραίτητο. Η προκατάληψη στην επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας πρέπει να ελαχιστοποιηθεί μέσω της εκ των προτέρων επιλογής των θέσεων ή της χρήσης πρόσθετων εμπειροτεχνικών μεθόδων δειγματοληψίας. Η καθοδήγηση σε τυχαία ή συστηματικά σημεία πλέγματος (με ένα σημείο τυχαίας έναρξης) ή η καθοδήγηση με τη χρησιμοποίηση πυξίδας (η GPS σε νεώτερες εφαρμογές όπως στη παρούσα εργασία) είναι και οι δύο αποδεκτές προσεγγίσεις ώστε να ελαχιστοποιηθεί η υποκειμενικότητα.

➤ Η ταξινόμηση της περιεκτικότητας σε εδαφική υγρασία και η εδαφική σύσταση θα μπορούσε να συλλεχθεί και να καταγραφεί σε συνδυασμό με τη συμπίεση.

➤ Οι επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μπορεί να είναι απαραίτητες όπου συναντώνται πέτρες, ο χειριστής θα μπορούσε να ειδοποιείται από έναν ευδιάκριτο ήχο ή και τη δόνηση του διεισδυσιόμετρου. Σε πετρώδη χώματα, η αντίσταση του διεισδυσιόμετρου μπορεί να μη συσχετίζεται με το φαινόμενο ειδικό βάρος .

➤ Η πρόσθετη βλάστηση, η διαταραχή του εδάφους, η εδαφική κάλυψη/βιολογική κρούστα, η διάβρωση ή άλλα στοιχεία μπορούν να συλλεχθούν και να καταγραφούν στα σημεία δειγματοληψίας και τα στοιχεία μπορούν να αναλυθούν για να εξαχθούν συμπεράσματα για τις αιτίες της συμπίεσης, της επίδρασής της στους φυσικούς πόρους και της αποτελεσματικότητας των προσπαθειών μετριασμού της συμπίεσης.

1.3 Τύποι Δεισδυσιομετρών

1.3.1 Χειροκίνητα Δεισδυσιομετρα Κώνου

Τα χειροκίνητα διεισδυσιόμετρα κώνου ωθούνται μέσα στο έδαφος από ένα άτομο που σπρώχνει τις λαβές που συνδέονται με τη ράβδο και τον κώνο. Υπάρχουν ουσιαστικά δύο κατηγορίες αυτών των οργάνων. Η πρώτη κατηγορία είναι ένας δακτύλιος ενδείξεων ή όργανο μέτρησης πίεσης που απαιτεί κάποιον να κρατά σημειώσεις και να καταγράφει τη δύναμη και το βάθος, καθώς ο χειριστής ωθεί τον κώνο μέσα στο έδαφος. Αυτά τα διεισδυσιόμετρα απαιτούν σημαντικό χρόνο για τη συλλογή δεδομένων. Η δεύτερη κατηγορία διεισδυσιόμετρων κώνου χειροκίνητης ώθησης, αποτελείται από τη μονάδα χειροκίνητης ώθησης και μία μονάδα καταγραφής της δύναμης και του βάθους. Τα διεισδυσιόμετρα κώνου χειροκίνητης ώθησης υπόκεινται σε ουσιαστική μεταβλητότητα των δεδομένων λόγω ενός ευμετάβλητου

ρυθμού διείδυσης που προκαλείται από την μεταβαλλόμενη εδαφική σκληρότητα, έχουν όμως το πλεονέκτημα να μην υπόκεινται σε περιορισμούς λόγω του ύψους των καλλιεργειών. Παρακάτω θα αναλυθούν ορισμένοι τύποι χειροκίνητων διειδυσιόμετρων.

1.3.1.1 Στατικά Διειδυσιόμετρα Κώνου

Τα στατικά διειδυσιόμετρα κώνου μετρούν τη δύναμη που απαιτείται για να σπρωχθεί ένας μεταλλικός κώνος μέσα στο έδαφος με σταθερή ταχύτητα (Σχήμα 1.4). Η δύναμη μετριέται συνήθως με μία δυναμοκυψέλη ή ένα μετρητή πίεσης (π.χ., δακτύλιος εμφάνισης ενδείξεων) που συνδέεται με έναν αναλογικό μετρητή ή ένα μετατροπέα πίεσης για λόγους ανάγνωσης, [7]. Η πίεση εκφράζεται συνήθως σε kilopascals (kPa), έναν δείκτη της εδαφικής δύναμης καλούμενο ως δείκτης κώνου όπως αναφέρθηκε πριν ή Kg/cm^2 ή psi. Καθώς ο χειριστής ωθεί προς τα κάτω το διειδυσιόμετρο, αυτός που κρατά σημειώσεις καταγράφει τις τιμές του δείκτη κώνου για κάθε αύξηση βάρους έτσι ώστε να αξιολογήσει το βαθμό, το βάθος και το πάχος των συμπιεσμένων στρωμάτων. Οι δείκτες κώνου εξαρτώνται από τις ιδιότητες του κώνου (γωνία και μέγεθος) και τις εδαφικές ιδιότητες (π.χ., φαινόμενο ειδικό βάρος, σύσταση, και εδαφική υγρασία),[6],[7]. Όπως αναφέρθηκε πριν από την αμερικανική εταιρεία των γεωργικών και βιολογικών μηχανικών (ASABE) έχει προταθεί ένα στατικό διειδυσιόμετρο κώνου με έναν κώνο 30° ως μία τυποποιημένη συσκευή μέτρησης της αντίστασης διείδυσης των εδαφών, [5].

Αν και οι μέθοδοι για τη λειτουργία στατικών διειδυσιόμετρων κώνου έχουν τυποποιηθεί, υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί που μπορούν να περιορίσουν τη χρήση τους. Τα στατικά διειδυσιόμετρα μπορούν να είναι σχετικά ακριβά (>\$600), ιδιαίτερα τα μοντέλα με την ικανότητα ψηφιακής καταγραφής. Το πιο σημαντικό, δεδομένου ότι τα στατικά διειδυσιόμετρα πρέπει να κινηθούν μέσα στο έδαφος με μια σταθερή ταχύτητα (δηλ., πίεση), οι διαφορετικοί ρυθμοί διείδυσης από διαφορετικούς παρατηρητές μπορούν να παραγάγουν μεταβλητά αποτελέσματα και να έχουν επιπτώσεις στην επαναληψιμότητα,[7]. Ακόμη και η πίεση που ασκείται από έναν μοναδικό χειριστή μπορεί να είναι δύσκολο να εφαρμοστεί με έναν σταθερό και επαναλαμβανόμενο ρυθμό. Η δύναμη του χειριστή μπορεί επίσης να περιορίσει τη χρήση των στατικών διειδυσιόμετρων σε ξηρά εδάφη. Συστήνεται η επαναδιακρίβωση του οργάνου για τον συγκεκριμένο χειριστή ώστε να βελτιστοποιηθεί η επαναληψιμότητα. Η επαναληψιμότητα και οι δυσκολίες των μετρήσεων σε σκληρά ή

ξηρά εδάφη είναι τα βασικά μειονεκτήματα αυτού του τύπου διεισδυσιόμετρων. Τα πλεονεκτήματα των στατικών διεισδυσιόμετρων κώνου σε σχέση με τα δυναμικά διεισδυσιόμετρα κώνου περιλαμβάνουν τις καλά τεκμηριωμένες και τυποποιημένες μεθόδους και την ευκολία της χρήσης

1.3.1.2 Δυναμικά Δεισδυσιόμετρα Κώνου

Τα δυναμικά διεισδυσιόμετρα κώνου (DCPs) εφαρμόζουν ένα γνωστό ποσό κινητικής ενέργειας στον κώνο, ο οποίος αναγκάζει το διεισδυσιόμετρο να κινηθεί σε μια απόσταση μέσα στο έδαφος,[7]. Τα δυναμικά διεισδυσιόμετρα δεν στηρίζονται στη σταθερή ταχύτητα διείσδυσης, δεδομένου ότι τα περισσότερα δυναμικά διεισδυσιόμετρα χρησιμοποιούν ένα σφυρί ολίσθησης, σταθερής μάζας και πτώσης από σταθερό ύψος για να εφαρμόσουν τη συγκεκριμένη ενέργεια με κάθε χτύπημα (Σχήμα 1.5). Μετρίεται είτε ο αριθμός χτυπημάτων που απαιτούνται για να διαπεραστεί ένα καθορισμένο βάθος, είτε το βάθος της διείσδυσης ανά χτύπημα και τα αποτελέσματα μπορούν να υπολογιστούν ως δείκτης κώνου που περιγράφεται παραπάνω. Το βάρος του σφυριού, η απόσταση ολίσθησης και η γωνία του κώνου επηρεάζουν την ενέργεια και μπορούν να προσαρμοστούν στις τοπικές συνθήκες (π.χ. μαλακά εναντίον σκληρών εδαφών).



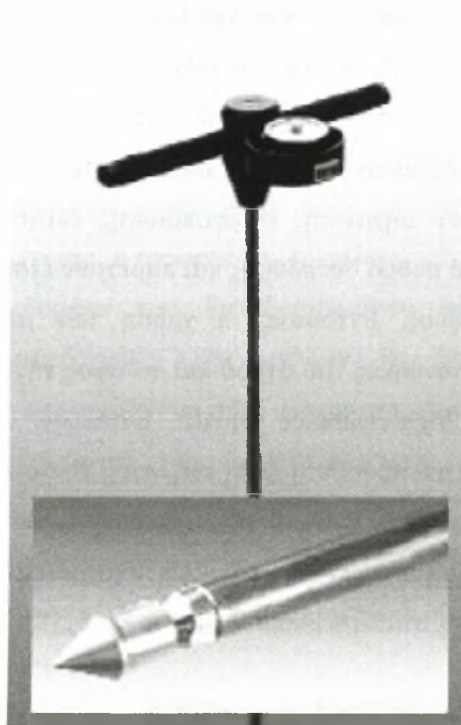
Σχήμα 1.3 Δυναμικό μηχανικό διεισδυσιόμετρο κώνου

Οι μετρήσεις λαμβάνονται με την τοποθέτηση του κώνου στην εδαφική επιφάνεια με τον άξονα κατακόρυφο. Για να ελαχιστοποιηθεί η μεταβλητότητα στο αρχικό βάθος, ο κώνος πιέζεται στο χώμα έως ότου το χώμα είναι επίπεδο με τη βάση του κώνου. Το σφυρί ολίσθησης σηκώνεται έως ότου αγγίζει το περιλαίμιο και στη συνέχεια απελευθερώνεται. Καταγράφεται το βάθος της διείσδυσης για κάθε χτύπημα έως ότου επιτευχθεί ένα μέγιστο ή επιθυμητό βάθος. Τα διεισδυσιόμετρα που οδηγούνται σε βάθη μεγαλύτερα από περίπου 30 cm μπορεί να είναι δύσκολο να

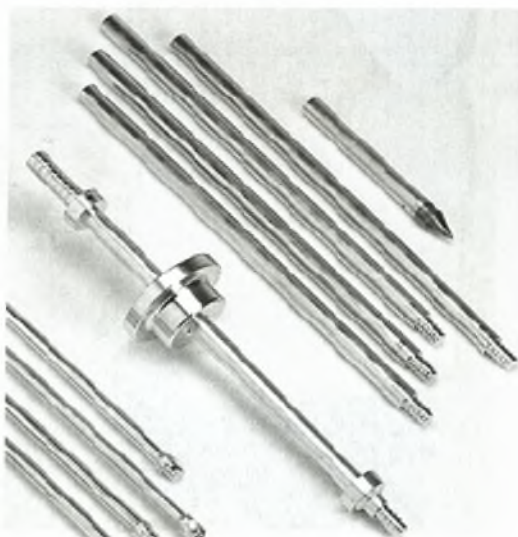
αφαιρεθούν από το έδαφος, [7]. Η εδαφική αντίσταση για κάθε διάστημα εδαφικού βάθους υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τυποποιημένες εξισώσεις που αναλογούν σε διαφορές στην απόσταση πτώσης του σφυριού, το βάρος και το μέγεθος του κώνου. Τα DCPs τείνουν να παραγάγουν συνεπέστερα αποτελέσματα και να έχουν ένα μεγαλύτερο εύρος επαναληψιμότητας επειδή δεν υπόκεινται σε μεταβλητότητα των χειριστών. Τα δυναμικά διεισδυσιόμετρα έχουν λιγότερους περιορισμούς σε ξηρά εδάφη και τείνουν να είναι λιγότερο ακριβά από τα στατικά διεισδυσιόμετρα .

1.3.1.3 Διεισδυσιόμετρα Ρίψης Κώνου

Το διεισδυσιόμετρο πτώσης κώνου χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την αντίσταση του εδάφους της επιφάνειας (Σχήμα 1.6). Έχει χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει τα αποτελέσματα συμπίεσης που συνδέονται με τη βοσκή βοοειδών και τα στρατιωτικά οχήματα.. Η τεχνική πτώσης κώνου είναι γρήγορη και ακριβής, επιτρέποντας τη λήψη πολλών δειγμάτων σε μικρό χρονικό διάστημα. Η συσκευή αποτελείται από έναν μεταλλικό κώνο 30 μοιρών και μια ανυψωτική ράβδο με συνδυασμένο βάρος 2,0 kg, ενός PVC ή ακρυλικού σωλήνα οδήγησης μήκους 1 m και ενός αλουμινένιου χάρακα χιλιοστών που ενσωματώνεται στη ράβδο (Σχήμα 1.6). Ο κώνος συνδυάζεται με ένα περιλαίμιο ώστε να εξασφαλιστεί η κάθετη πτώση μέσω του σωλήνα οδήγησης. Για να πάρουμε μια μέτρηση, η βάση του σωλήνα οδηγών τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους και ο κώνος ανυψώνεται έως ότου η κορυφή του είναι επίπεδη με την κορυφή του σωλήνα. Ο κώνος απελευθερώνεται και διαπερνά το έδαφος. Το βάθος διείσδυσης καταγράφεται στην κορυφή του σωλήνα οδήγησης με την ανάγνωση του χάρακα που ενσωματώνεται στη ράβδο.



Σχήμα 1.4 Στατικό διεισδυσιόμετρο κώνου



Σχήμα 1.5 Δυναμικό διεισδυσιόμετρο κώνου

1.3.2 Μηχανικά Διεισδυσιόμετρα Κώνου

Τα μηχανικά διεισδυσιόμετρα κώνου τοποθετούνται συνήθως σε έναν γεωργικό ελκυστήρα, ένα φορτηγό, ή ένα ρυμουλκό. Χρησιμοποιούν τη μηχανική, υδραυλική ή ηλεκτρική ενέργεια να ωθήσουν τον κώνο στο έδαφος (Σχήμα 1.3), ενώ το CI (Cone

Index) και το βάθος καταγράφονται χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό σύστημα ανάκτησης δεδομένων. Επειδή τα υδραυλικά συστήματα μπορούν να μην έχουν απαραίτητα σταθερό ρυθμό διείδυσης, τα αποτελέσματα από αυτές τις μηχανές έχουν βρεθεί να είναι παρόμοια με τα χειροκίνητα διειδυσιόμετρα κώνου. Τα διειδυσιόμετρα κώνου μηχανικής ενεργοποίησης επιτρέπουν τη γρήγορη συλλογή δεδομένων με σταθερό ρυθμό διείδυσης και παρέχουν έτσι πιο αξιόπιστα δεδομένα για το προφίλ του εδάφους. Εντούτοις, η χρήση των μηχανικών διειδυσιόμετρων περιορίζεται από τις συνθήκες του αγρού και το ύψος της καλλιέργειας εκτός αν είναι τοποθετημένο σε ένα high-clearance vehicle. Επιπλέον, είναι σχετικά ακριβά και πιο σύνθετα και απαιτούν μια πρόσθετη πηγή ενέργειας σε σύγκριση με τα διειδυσιόμετρα κώνου χειροκίνητης ώθησης. Ένας τύπος μηχανικού διειδυσιόμετρου κώνου που είναι ιδιαίτερα φορητό, χρησιμοποιεί έναν χειροκίνητο μηχανισμό στροφάλων και εργαλείων ώστε να διατηρήσει ένα σταθερό ρυθμό διείδυσης,[2],[8].



Σχήμα 1.6 Διειδυσιόμετρο ρίψης κώνου

1.4 Εφαρμοζόμενη Τεχνολογία Διειδυσιόμετρων

Η πρόσφατη πρόοδος των υπολογιστών και της ψηφιακής τεχνολογίας έχουν βελτιώσει εντυπωσιακά τη δυνατότητα του επιστήμονα και του επαγγελματία να συλλέγει, να επεξεργάζεται και να αναλύει τα δεδομένα του διειδυσιόμετρου. Οι

καταγραφείς ψηφιακών δεδομένων και οι συσκευές μέτρησης βάθους έχουν επιτρέψει την συσχέτιση σε πραγματικό χρόνο των ακατέργαστων δεδομένων με το βάθος διεύθυνσης και των παραγόντων βαθμονόμησης. Το αποτέλεσμα είναι ότι μπορούν να αξιολογηθούν οι εδαφικές ιδιότητες λαμβάνοντας υπόψη ένα γνωστό σφάλμα και στη συνέχεια να αναπαρασταθούν στον αγρό. Είναι τώρα δυνατό να αξιολογηθεί το φαινόμενο ειδικό βάρος, η σύσταση, η υγρασία και το χρώμα, στον αγρό χωρίς τη λήψη δείγματος. Φυσικά, τα δεδομένα του διευσθυσιόμετρου δεν προορίζονται να αντικαταστήσουν τη δειγματοληψία, αλλά μάλλον να βελτιστοποιήσουν την χωροθέτηση και το βάθος της ανάλυσης των δειγμάτων που λαμβάνονται. Στην πραγματικότητα, όλα τα δεδομένα του διευσθυσιόμετρου μπορούν να γίνουν ακριβέστερα κατά τη διάρκεια της μεταεπεξεργασίας εάν αναλυθούν δείγματα από μερικές θέσεις «κλειδί» και χρησιμοποιηθούν για να εκτελέσουν μία μεταβαθμολογία των δεδομένων για την συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό μπορεί να είναι ή να μην είναι απαραίτητο ανάλογα με την εφαρμογή.

Μπορούν να παραχθούν εκατοντάδες προφίλ μέσα σε μία ημέρα, βελτιώνοντας εντυπωσιακά την ποσότητα των διαθέσιμων εδαφικών δεδομένων για τη χαρτογράφηση των εδαφικών επιπέδων. Επιπλέον, η στατιστική ανάλυση γίνεται ευκολότερη και σημαντικότερη λόγω της ψηφιακής τυποποίησης και του μεγάλου όγκου των δεδομένων. Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού με ένα ψηφιακό διευσθυσιόμετρο ώστε να βοηθήσει την μετατροπή των δεδομένων του διευσθυσιόμετρου σε μία τυποποίηση αναγνωρίσιμη από τα περισσότερα λογισμικά χαρτογράφησης.

Ένα διευσθυσιόμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει γρήγορα το βάθος των εδαφικών στρωμάτων και να βοηθήσει στον καθορισμό των τοποθεσιών του αγρού όπου μπορεί να προσκρούσουν η διαπερατότητα των ριζών ή η στράγγιση. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν τη θέση και ή να βοηθήσουν να καθοριστεί το εάν απλά σπάζοντας ένα λεπτό συμπιεσμένο στρώμα εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό, της αυξανόμενης αποστράγγισης ή της διαπερατότητας των ριζών. Εάν δημιουργηθεί ένας χάρτης παραγωγής για την ίδια περιοχή, μπορεί να αναπτυχθεί ένας συσχετισμός μεταξύ της κατανομής της αντίστασης διεύθυνσης (θέση, βάθος, πάχος) και της παραγωγής,[12].

1.5 Εδαφική Χαρτογράφηση με Διεισδυσιόμετρο

Απαιτείται μια αποτελεσματικότερη και οικονομικώς αποδοτική μέθοδος για να καθοριστεί η παραλλαγή των στοιχείων των εδαφικών φυσικών ιδιοτήτων σύμφωνα με το βάθος, σε χωροταξική κλίμακα. Αυτή η μέθοδος πρέπει να δημιουργήσει μια ισχυρότερη σύνδεση μεταξύ των μετρήσεων στον αγρό και των επιθυμητών εδαφικών ιδιοτήτων, ελαχιστοποιώντας, κατά συνέπεια, την ανάγκη για εργαστηριακές δοκιμές κατά τη διάρκεια έρευνας περιοχών χωροταξικής κλίμακας. Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα χρησιμοποίησης της τεχνολογίας των διεισδυσιομέτρων εν αντιθέσει με τις συμβατικές μεθόδους για τον καθορισμό των προφίλ βάθους των εδαφικών ιδιοτήτων. Κατ' αρχάς, τα δεδομένα συλλέγονται σχεδόν συνεχώς για ολόκληρο το βάθος της διεϊσδυσης και οι πληροφορίες λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο σχετικά γρήγορα. Αυτό, στη συνέχεια, επιτρέπει στο χρήστη να λάβει αποφάσεις στον αγρό ώστε να καθορίσει μελλοντικές θέσεις δοκιμών και τον βοηθά να αποβάλει περιττό εργαστηριακό χρόνο και δαπάνες που συνδέονται με δείγματα που λαμβάνονται σε λανθασμένες θέσεις. Τα δεδομένα καθώς συλλέγονται από το διεισδυσιόμετρο μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή από το σύστημα ανάκτησης δεδομένων, ελαχιστοποιώντας τις πιθανές πηγές λάθους που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια των διαδικασιών χειρισμού των δεδομένων και των εργαστηριακών δοκιμών. Οι ψηφιοποιημένες πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν εύκολα σε υπάρχουσες βάσεις δεδομένων και να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα ή στατιστικές αναλύσεις.

Τα ψηφιακά στοιχεία που λαμβάνονται με ένα διεισδυσιόμετρο μπορούν να συσχετιστούν με ένα GPS ώστε να συνδυαστούν οι πληροφορίες των φυσικών εδαφικών ιδιοτήτων με τη θέση και το υψόμετρο. Τα δεδομένα του διεισδυσιομέτρου και του GPS μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) καθώς επίσης και σε στατιστικές ρουτίνες δειγματοληψίας ώστε να διευκολύνουν την αποδοτική και διαδραστική άμεση χαρτογράφηση των εδαφικών ιδιοτήτων. Αυτό οδηγεί σε μια "έξυπνη" προσέγγιση δειγματοληψίας και χαρτογράφησης δεδομένου ότι η βέλτιστη θέση για τη συλλογή δειγμάτων μπορεί να καθοριστεί στον αγρό.

Όταν συνδυάζεται με τη θέση, η έξοδος το διεισδυσιομέτρου μπορεί να συνδεθεί με άλλες χωρικά σημαντικές πληροφορίες όπως πχ οι χάρτες παραγωγής. Η δυνατότητα να απεικονιστεί αμέσως η έξοδος του διεισδυσιομέτρου και να συνδεθεί με τα υπάρχοντα δεδομένα εδάφους και τοποθεσίας, αυξάνει τη λειτουργία και τη χρησιμότητα του εργαλείου. Δεδομένου ότι συνεχίζουν να γίνονται πρόοδοι στη σχεδίαση αισθητήρων και στην ανάκτηση και ανάλυση δεδομένων, το διεισδυσιόμετρο

θα γίνει κάτι περισσότερο από ένα πολύ καλό εργαλείο για τη μέτρηση της συμπίεσης,[12].

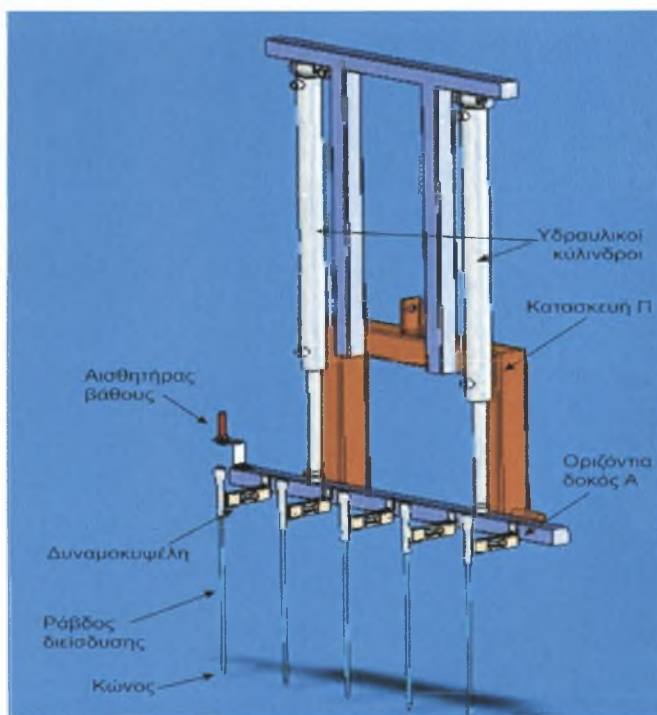
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφεί ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία, πρόκειται για μια πρωτοποριακή κατασκευή για τα δεδομένα εργαστηρίου το οποίο μπορεί να δώσει λύσεις όσο αναφορά στη διευκόλυνση των μετρήσεων της συμπίεσης του εδάφους

2.1 Εξοπλισμός Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας

Η εργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση του εξοπλισμού (διδυμομετρου) του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,[2],[11].

Μια γενική μορφή της κατασκευής απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1.



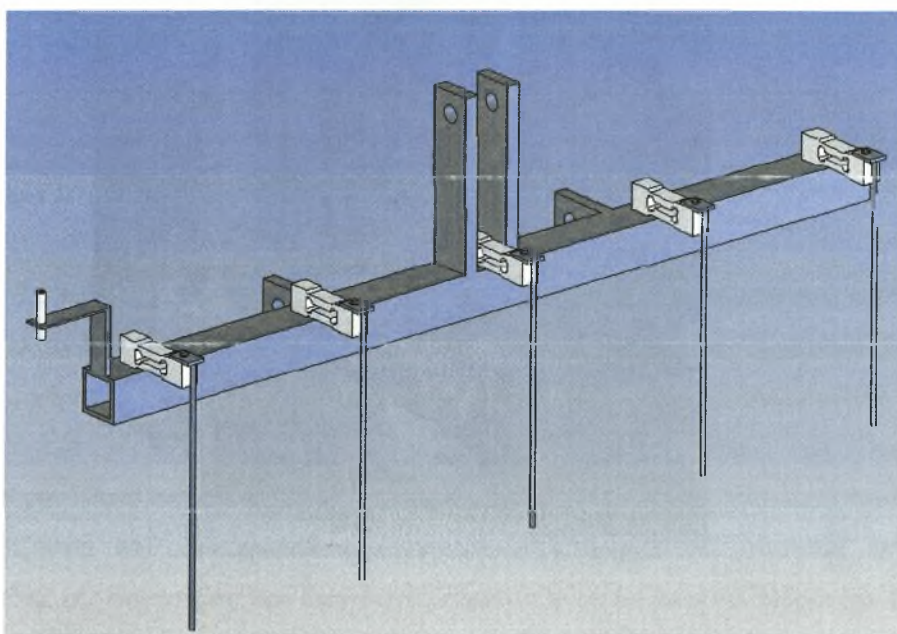
Σχήμα 2.1 Διδυμομετρου εργαστηρίου.

2.2 Μηχανολογικό Μέρος

Το μηχάνημα αποτελείται από ένα πλαίσιο που είναι αναρτημένο στο σύστημα υδραυλική ανάρτησης του γεωργικού ελκυστήρα. Μια δεύτερη κατασκευή είναι συνδεδεμένη με το πλαίσιο με δύο γλίσσιες που της εξασφαλίζουν τη δυνατότητα κίνησης παράλληλα με το πλαίσιο προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Στις δύο πλευρές μεταξύ των δύο πλαισίων τοποθετούνται δύο υδραυλικοί κύλινδροι που ισχυοδοτούνται από το υδραυλικό σύστημα του γ.ε και μπορούν να κινούν το πλαίσιο προς τα κάτω (για μετρήσεις) και επάνω (για απόσυρση). Στο κάτω μέρος του κινητού πλαισίου τοποθετούνται τα πέντε διεισδυσιόμετρα με τις δυναμοκυψέλες τους και τα συστήματα ασφαλείας. Στο ένα άκρο του κινητού πλαισίου της διάταξης, πακτώνεται ένας αισθητήρας υπερήχων (Σχήμα 2.6) με σκοπό να μετράει την απόσταση από το έδαφος. Ουσιαστικά μετρά το μήκος το οποίο έχει κατέβει η διάταξη και έτσι να παίρνουμε μία μέτρηση του βάθους διείσδυσης στο οποίο ασκείται η δύναμη στις δυναμοκυψέλες.

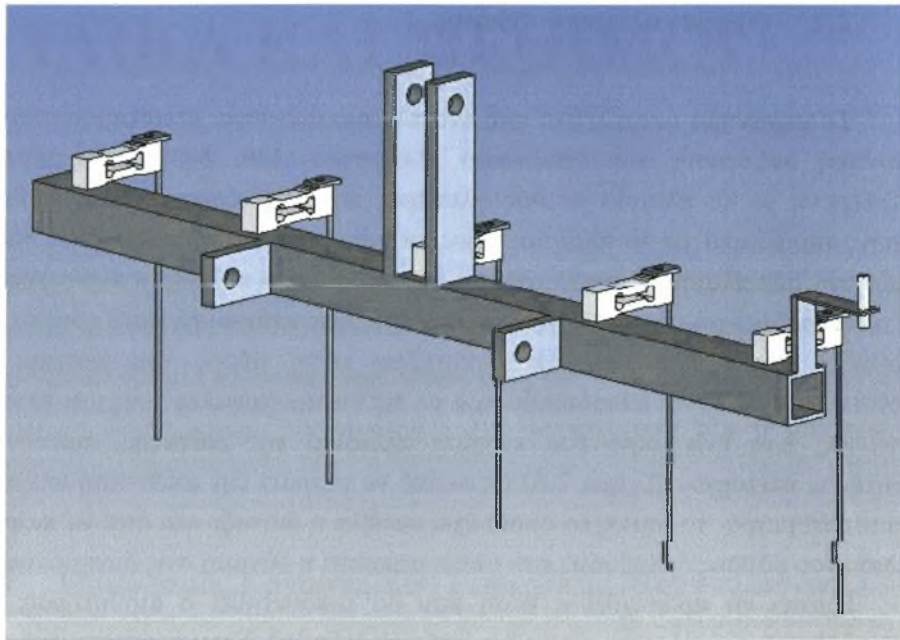
Πρέπει να προσεχθεί η θέση που θα τοποθετηθεί ο αισθητήρας, λόγω της νεκρής ζώνης (περιοχή στην οποία δεν υπάρχει ένδειξη). Στον συγκεκριμένο αισθητήρα αυτή η περιοχή είναι 15 cm. Ένας άλλος παράγοντας είναι ο «κόνος» εκπομπής του αισθητήρα, δηλαδή η περιοχή γύρω από τον αισθητήρα στην οποία δεν πρέπει να υπάρχουν αντικείμενα. Στον συγκεκριμένο αισθητήρα είναι μία κυκλική περιοχή ακτίνας 24 cm.

Στο Σχήμα 2.2 και στο Σχήμα 2.3 εμφανίζεται μία ενδεικτική διάταξη της διεργασίας,[2].



Σχήμα 2.2 Ενδεικτική εμπρός όψη της κατασκευής.





Σχήμα 2.3 Ενδεικτική πίσω όψη της κατασκευής.

2.2.1 Πραγματική μορφή της κατασκευής

Στην πραγματική της μορφή η κατασκευή απεικονίζεται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4 Γενική μορφή της κατασκευής.



Σχήμα 2.5 Δυναμοκυψέλες.



Σχήμα 2.6 Αισθητήρας υπερήχων.

Η κάθοδος της κατασκευής προς το έδαφος έπρεπε να γίνεται με σταθερή ταχύτητα. Για να το επιτύχουμε αυτό χρησιμοποιήθηκαν δυο υδραυλικοί κύλινδροι (μπουκάλες) στις δύο πλευρές της κατασκευής με τροφοδοσία λαδιού από την παροχή του ελκυστήρα. Για τη ρύθμιση της παροχής του λαδιού και κατά συνέπεια της ταχύτητας καθόδου της κατασκευής παρεμβλήθηκε στο υδραυλικό κύκλωμα ένας ρυθμιστής ροής του υδραυλικού υγρού. Τέλος, η διάταξη που φαίνεται στο Σχήμα 2.8 χρησιμοποιήθηκε για την έναρξη καθόδου της διάταξης. Η διάταξη χρησιμοποιεί υδραυλική βαλβίδα ελέγχου ροής που ρυθμίζεται από εξωτερικό χειρομοχλό.



Σχήμα 2.7 Υδραυλικός κύλινδρος.



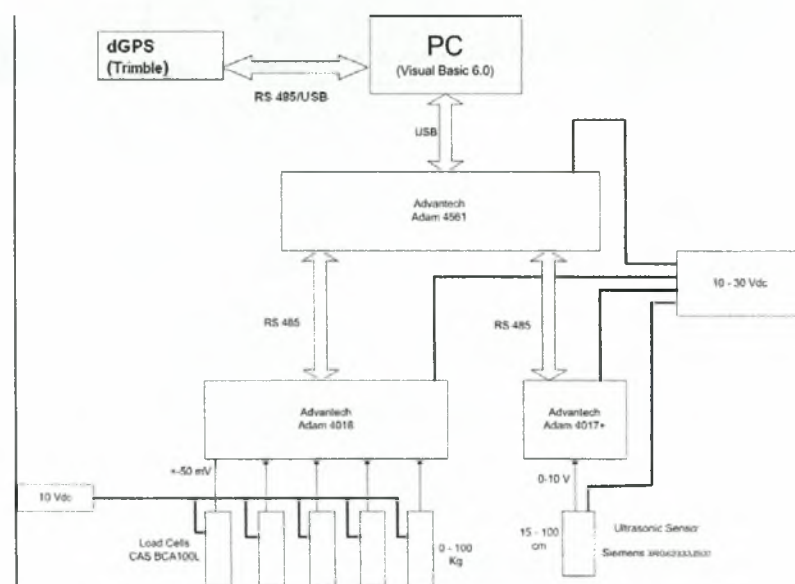
Σχήμα 2.8 Υδραυλική βαλβίδα καθόδου της κατασκευής.

Το πλαίσιο της συσκευής κατασκευάστηκε να προσαρμόζεται στο υδραυλικό σύστημα ανάρτησης τριών σημείων του γεωργικού ελκυστήρα. Η βασική διάταξη (βλέπε Σχήμα 2.1) περιλαμβάνει μια κατασκευή σχήματος Π από κοιλοδοκούς 10×10 cm η οποία φέρει τα τρία σημεία σύνδεσης με το υδραυλικό του γεωργικού ελκυστήρα. Πάνω σε αυτή τη κατασκευή συνδέεται μέσω δυο υδραυλικών κυλίνδρων μια οριζόντια κοιλοδοκός 8×8 cm μήκους 1,30 m η οποία αποτελεί τη βάση ανάρτησης της συστοιχίας των διεισδυσιμέτρων. Οι υδραυλικοί κύλινδροι (με έμβολο Φ35) ισχυοδοτούνται από το υδραυλικό σύστημα του γεωργικού ελκυστήρα και δίνουν

την δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης στην οριζόντια δοκό για ένα μήκος διαδρομής 90 cm. Ο έλεγχος της διαδρομής (άνοδος ή κάθοδος) καθώς και της ταχύτητας κίνησης των κυλίνδρων μπορεί να γίνει από ένα υδραυλικό χειριστήριο που παρεμβάλλεται στο υδραυλικό κύκλωμα και προσαρμόζεται επάνω στο κυρίως πλαίσιο της συσκευής παρέχοντας τη δυνατότητα σε ένα χειριστή που βρίσκεται δίπλα στη συσκευή να ελέγχει άμεσα την λειτουργία (Σχήμα 2.8). Η επιλογή της χρήσης δύο υδραυλικών κυλίνδρων αντί ενός, για την κατακόρυφη κίνηση της κοιλοδοκού έγινε με στόχο την αύξηση της ακαμψίας του συνόλου και την εξασφάλιση της οριζοντίωσης της δοκού,[11].

Κάθετα στην οριζόντια δοκό και σε κανονικές αποστάσεις 20 cm μεταξύ τους προσαρμόζονται πέντε χαλύβδινα στελέχη (κατακόρυφα) διαμέτρου 15 mm και μήκους 68 cm. Τα στελέχη φέρουν στο κατώτερο τους άκρο μεταλλικούς κώνους με διάμετρο βάσης 12,83 mm και γωνία 30⁰ σύμφωνα με την τυποποίηση ASABE ,[5] Η προσαρμογή των στελεχών στη δοκό γίνεται μέσω πέντε αντίστοιχων ηλεκτρονικών δυναμοκυψελών (Σχήμα 2.5) οι οποίες παρεμβάλλονται μεταξύ του στελέχους και της δοκού έχοντας την δυνατότητα να μετρούν την τάση που αναπτύσσεται σε κάθε στέλεχος καθώς ο αντίστοιχος κώνος πιέζεται να εισέλθει στο έδαφος. Επιπλέον, στη θέση που συνδέονται τα στελέχη με τις δυναμοκυψέλες παρεμβάλλονται πύροι ασφαλείας οι οποίοι υπόκειται σε διάτμηση όταν η αντίσταση στην διείσδυση του στελέχους υπερβεί τα 1500 N.

2.3 Ηλεκτρονικό Μέρος



Σχήμα 2.9 Χονδρικό διάγραμμα επικοινωνίας και τροφοδοσίας της διάταξης.

Στο Σχήμα 2.9 παρατίθεται η διεργασία σε μπλοκ διάγραμμα όπου εμφανίζεται ο τρόπος επικοινωνίας των επί μέρους συσκευών καθώς και η τροφοδοσία τους. Οι δυναμοκυψέλες τροφοδοτούνται με σταθερή τάση 12 Vdc. Χρησιμοποιείται η τροφοδοσία από τον γεωργικό ελκυστήρα (~12 Vdc) και με έναν σταθεροποιητή τάσης μπορούμε να επιτύχουμε την επιθυμητή τροφοδοσία. Τα υπόλοιπα εξαρτήματα δεν έχουν κανένα πρόβλημα να τροφοδοτηθούν απ' ευθείας από την τάση της μπαταρίας του γεωργικού ελκυστήρα επειδή η τάση λειτουργίας τους είναι 10 ~ 30 Vdc. Το εξάρτημα Adam 4018 έχει οκτώ αναλογικά κανάλια εισόδου τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν να δέχονται ± 50 mV, τάση την οποία έχουν σαν σήμα εξόδου οι δυναμοκυψέλες. Στην συνέχεια μετατρέπουν αυτό το σήμα σε πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας RS 485.

Το εξάρτημα Adam 4561 είναι ένας μετατροπέας δικτύου συσκευών που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RS 485 (μέχρι 256 συσκευές) σε επικοινωνία με πρωτόκολλο USB έτσι ώστε να συνδεθεί πολύ εύκολα με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου οι σύνδεση συσκευών μέσω USB είναι ευρέως διαδεδομένη. Τέλος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή υλοποιείται ένα λογισμικό σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0 με σκοπό την συλλογή και την διαχείριση των δεδομένων της διεργασίας.

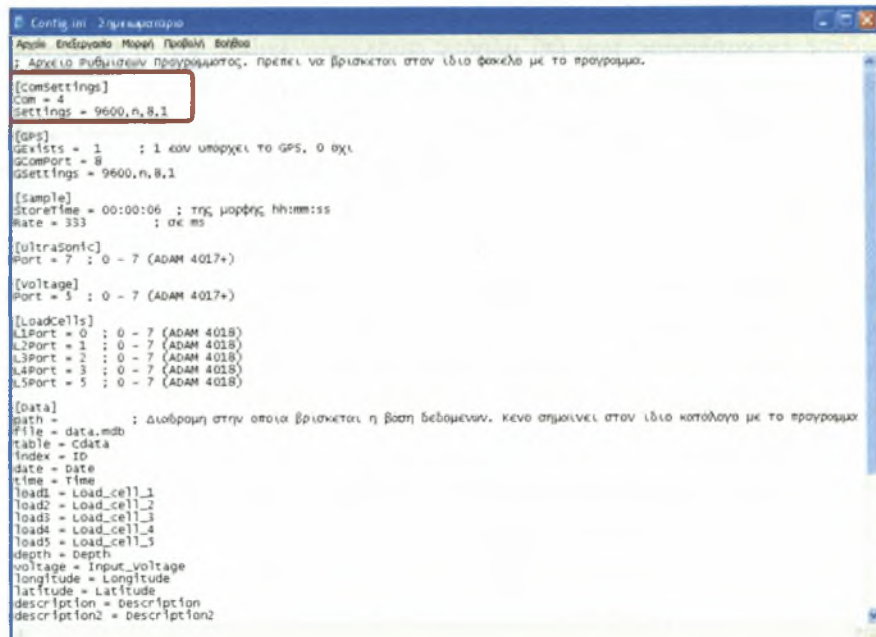
Στην εφαρμογή χρησιμοποιείται ένα dGPS της Trimble (AgGPS 106 ή 252) [13],[14], ώστε σε κάθε καταχώρηση να έχουμε και το αντίστοιχο γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Συνδέεται σε μία ξεχωριστή σειριακή θύρα ώστε να μην έχουμε σύγκρουση των δεδομένων των δυναμοκυψελών και του αισθητήρα υπερήχων με αυτά του GPS. Τροφοδοτείται με 12 Vdc ενώ εκπέμπει συνεχώς μία συμβολοσειρά δεδομένων με πρωτόκολλο επικοινωνίας RS 232 που αποτελείται από το γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, αριθμό συνδεδεμένων δορυφόρων και ύψος.

Η μονάδα Adam 4017+ έχει επίσης οκτώ αναλογικά κανάλια εισόδου (το εύρος των οποίων μπορεί να ρυθμιστεί ξεχωριστά για κάθε κανάλι δεν μπορεί όμως να υλοποιησει το εύρος τάσης εξόδου των δυναμοκυψελών, ± 50 mV). Έτσι στο ένα από αυτά εφαρμόζεται το σήμα εξόδου του αισθητήρα υπερήχων (0 – 10 V). Τα υπόλοιπα κανάλια εισόδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντική χρήση εάν παραστεί η ανάγκη εισαγωγής και νέων αισθητήρων. Όπως και πριν το σήμα μετατρέπεται σε σήμα με πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας RS 485,[2].

2.3.1 Ρυθμίσεις του Προγράμματος

Όλες οι ρυθμίσεις του προγράμματος βρίσκονται στο αρχείο Config.ini μέσα στο φάκελο όπου έχει εγκατασταθεί η εφαρμογή. Στην συνέχεια θα εξηγηθούν οι ρυθμίσεις κάθε κατηγορίας ξεχωριστά, ξεκινώντας με τις ρυθμίσεις της σειριακής θύρας επικοινωνίας του H/Y,[2].

2.3.2 Θύρα Σύνδεσης



```
Config.ini Σημειώσεις
Άρνηση Επείγματος Μικρή Προβλή Βοήθεια
; Αρχείο ρυθμίσεων προγράμματος. Πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το πρόγραμμα.

[ComSettings]
Com = 4
Settings = 9600,n,8,1

[GPS]
GEXists = 1 ; 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι
GComPort = 8
GSettings = 9600,n,8,1

[Sample]
StoreTime = 00:00:06 ; της μορφής hh:mm:ss
Rate = 333 ; σε ms

[ultrasonic]
Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Voltage]
Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Loadcells]
L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4018)

[data]
path = ; Διεύθυνση στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. κενά σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα
file = data.mdb
table = cdata
index = ID
date = date
time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
description = Description
description2 = Description2
```

Σχήμα 2.10 Πεδίο ρύθμισης σειριακής επικοινωνίας με τις κάρτες

- **Com = 4**

Ορίζουμε σε ποια σειριακή θύρα του υπολογιστή συνδέουμε τις δύο κάρτες ανάκτησης δεδομένων.

- **Settings = 9600,n,8,1**

Ορίζουμε τις παραμέτρους της σειριακής θύρας σύνδεσης, συγκεκριμένα τη baud rate, το parity bit, τα data bits και το stop bit αντίστοιχα.

2.3.3 Δέκτης GPS



```
Config.ini Σημειώσεις
Άρνηση Επείγματος Μικρή Προβλή Βοήθεια
; Αρχείο ρυθμίσεων προγράμματος. Πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το πρόγραμμα.

[ComSettings]
Com = 4
Settings = 9600,n,8,1

[GPS]
GEXists = 1 ; 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι
GComPort = 8
GSettings = 9600,n,8,1

[Sample]
StoreTime = 00:00:06 ; της μορφής hh:mm:ss
Rate = 333 ; σε ms

[ultrasonic]
Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Voltage]
Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Loadcells]
L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4018)

[data]
path = ; Διεύθυνση στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. κενά σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα
file = data.mdb
table = cdata
index = ID
date = date
time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
description = Description
description2 = Description2
```

Σχήμα 2.11 Πεδίο ρυθμίσεων GPS

- **GExists**
- **= 1 ; 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι**
Ορίζουμε την ύπαρξη ή όχι του GPS.
- **GComPort = 8**
Ορίζουμε σε ποια θύρα του υπολογιστή είναι συνδεδεμένο το GPS.
- **GSettings = 9600,n,8,1**
Ορίζουμε τις παραμέτρους της θύρας σύνδεσης του GPS.

2.3.4 Δειγματοληψία

```

[ComSettings]
Com = 4
Settings = 9600,n,8,1

[GPS]
GExists = 1 ; 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι
GType = 1 ; 1 για AgPS 106 , 2 για AgPS 252
GComPort = 8
GSettings = 9600,n,8,1

[Sample]
storeTime = 00:00:15 ; της μορφής hh:mm:ss
rate = 250 ; σε ms

[Ultrasonic]
Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Voltage]
Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[LoadCells]
L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
warning = 70 ; τιμή που σε περίπτωση εμφάνισης μηνύμα σε κόκκινο πλαίσιο

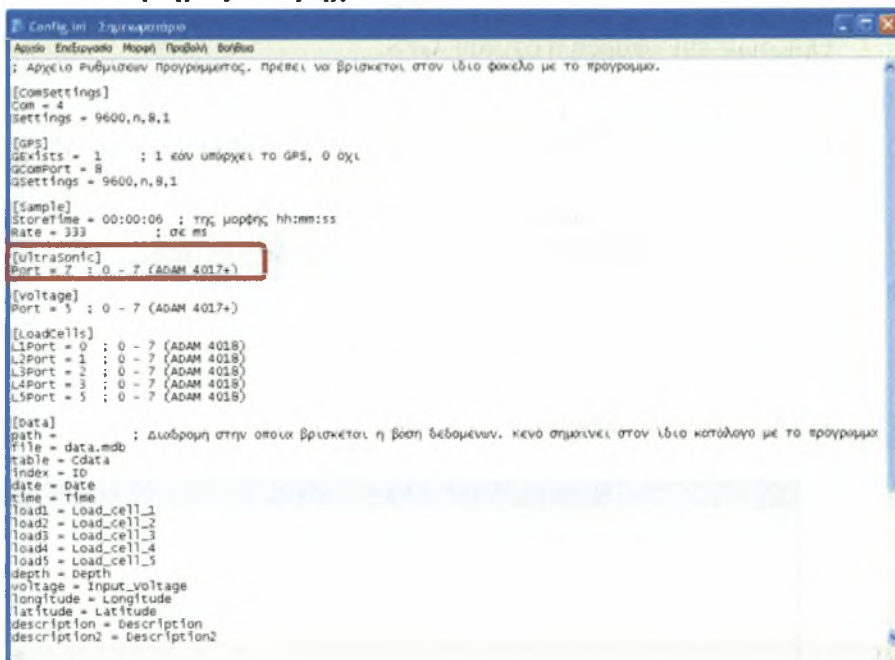
[Data]
path = ; Διεύθυνση στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. Κενό σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα
file = data.mdb
table = cdata
index = ID
date = Date
time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = Depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
altitude = Altitude
satnum = SatNum
description = Description

```

Σχήμα 2.12 Πεδίο ρύθμισης δειγματοληψίας

- **StoreTime = 00:00:15 ; της μορφής hh:mm:ss**
Ορίζουμε το χρονικό διάστημα λήψης δειγμάτων.
- **Rate = 250 ; σε ms**
Ορίζουμε το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στα δείγματα.

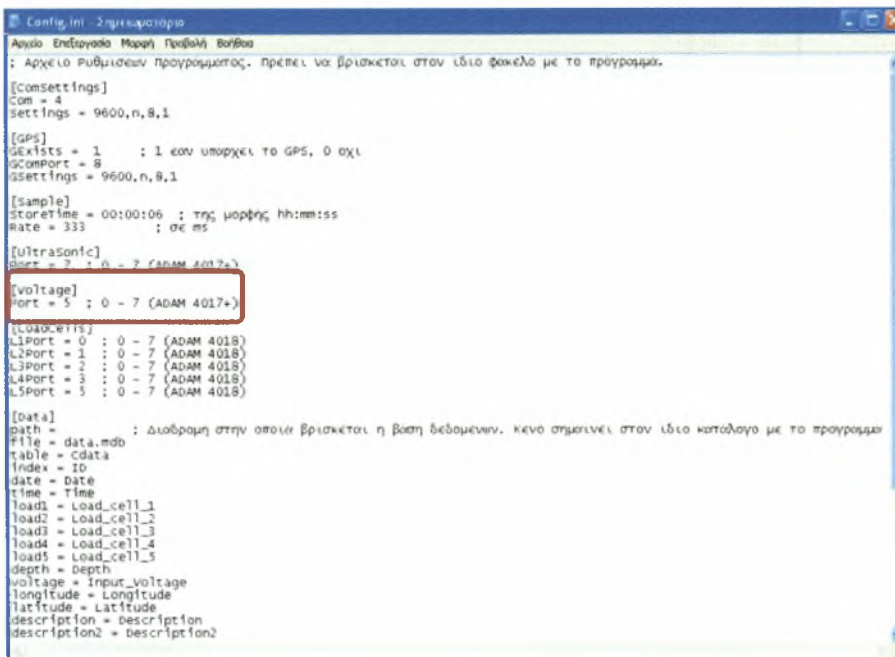
2.3.5 Αισθητήρας Υπερήχων



Σχήμα 2.13 Πεδίο ρύθμισης θύρας αισθητήρα υπερήχων.

- **Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)**
Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4017 είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας υπερήχων για την μέτρηση του ύψους.

2.3.6 Τάση Τροφοδοσίας Δυναμοκυβελών



Σχήμα 2.14 Πεδίο ρύθμισης θύρας καταγραφής τάσης τροφοδοσίας των δυναμοκυβελών.

- **Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4017 είναι συνδεδεμένη η τροφοδοσία των δυναμοκυψέλων.

2.3.7 Δυναμοκυψέλες

```

Config.ini - Ήμερομηνία
Αρχείο Επιλογών Μερών Προβόλ. Βοήθεια
: Αρχείο ρυθμίσεων προγράμματος. Πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το πρόγραμμα.

[ComSettings]
Com = 4
Settings = 9600,n,8,1

[GPS]
GExists = 1 : 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι
GComPort = 8
GSettings = 9600,n,8,1

[Sample]
Storetime = 00:00:06 : της μορφής hh:mm:ss
Rate = 333 : σε ms

[Ultrasonic]
Port = 7 : 0 - 7 (ADAM 4017+)

[voltage]
Port = 5 : 0 - 7 (ADAM 4017+)

[LoadCells]
L1Port = 0 : 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 : 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 : 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 : 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 5 : 0 - 7 (ADAM 4018)

[Log]
path = : Διοδότηση στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. κενό σημειώνει στον ίδιο υπολογιστή με το πρόγραμμα
file = data.mdb
table = cdata
index = ID
date = date
time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = Depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
description = Description
description2 = Description2

```

Σχήμα 2.15 Πεδίο ρύθμισης θυρών καταγραφής τάσεων εξόδου δυναμοκυψέλων.

- **L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4018 είναι συνδεδεμένη η πρώτη δυναμοκυψέλη.

- **L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4018 είναι συνδεδεμένη η δεύτερη δυναμοκυψέλη.

- **L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4018 είναι συνδεδεμένη η τρίτη δυναμοκυψέλη.

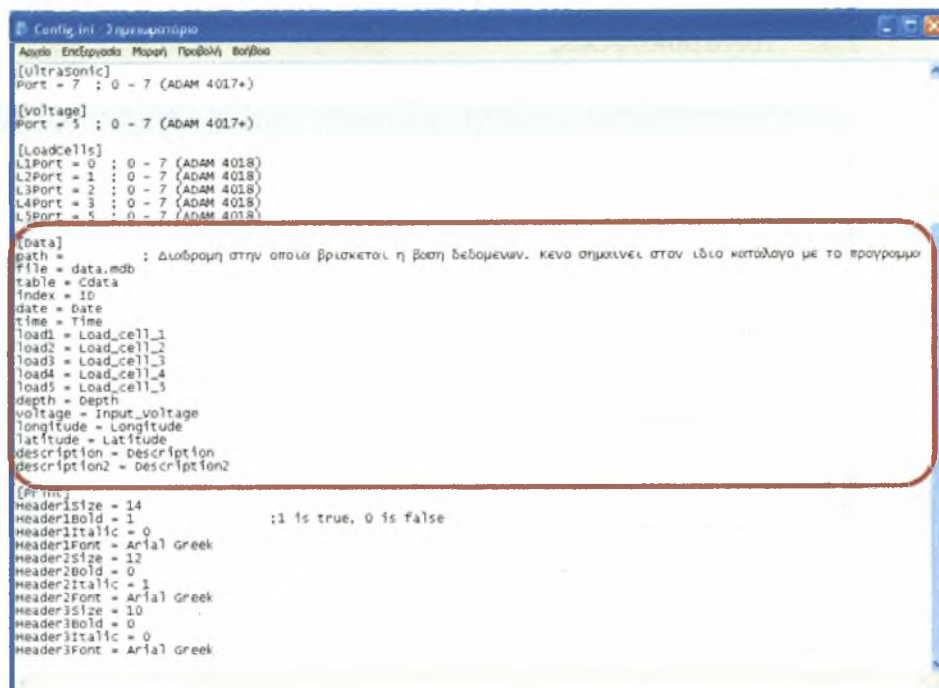
- **L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4018 είναι συνδεδεμένη η τέταρτη δυναμοκυψέλη.

- **L5Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4018)**

Ορίζουμε σε ποια θύρα της κάρτας 4018 είναι συνδεδεμένη η πέμπτη δυναμοκυψέλη.

2.3.8 Δεδομένα



```
Config.ini Παραμετρούρια
Αυτό το Επίπεδο Μπορεί Προβλή Βοήθεια
[ultraSonic]
Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[voltage]
Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[LoadCells]
L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 4 ; 0 - 7 (ADAM 4018)

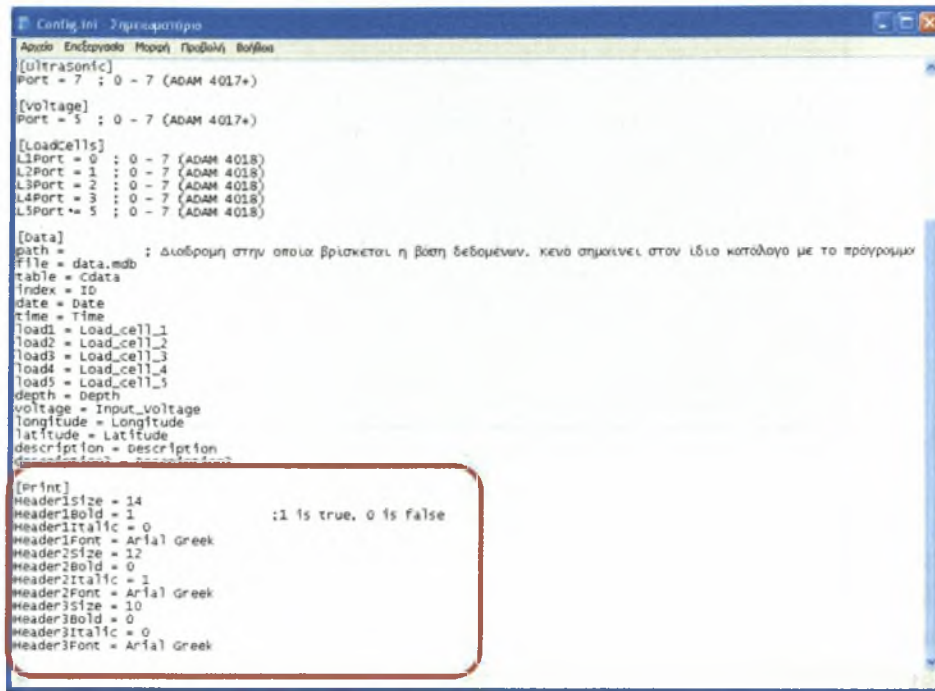
[Data]
path = ; Διαδρομή στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. κενό σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα
file = data.mdb
table = Cdata
index = ID
date = Date
time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = Depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
description = Description
description2 = Description2

[Print]
header1size = 14
header1bold = 1 ; 1 is true, 0 is false
header1italic = 0
header1font = Arial Greek
header2size = 12
header2bold = 0
header2italic = 1
header2font = Arial Greek
header3size = 10
header3bold = 0
header3italic = 0
header3font = Arial Greek
```

Σχήμα 2.16 Πεδίο ρυθμίσεων της βάσης δεδομένων

- **path =** ;
Διαδρομή στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων, κενό σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα.
- **file = data.mdb**
Όνομα βάσης δεδομένων.
- **table = Cdata**
Ορίζουμε σε ποιο πίνακα της βάσης δεδομένων αποθηκεύονται οι μετρήσεις.
- **index = ID, date = Date, time = Time, load1 = Load_cell_1, load2 = Load_cell_2, load3 = Load_cell_3, load4 = Load_cell_4, load5 = Load_cell_5, depth = Depth, voltage = Input_Voltage, longitude = Longitude, latitude = Latitude, description = Description, description2 = Description2**
Ορίζουμε σε ποιες στήλες του πίνακα θα καταχωρηθούν οι τιμές των μεταβλητών του προγράμματος.

2.3.9 Εκτύπωση Αναφοράς

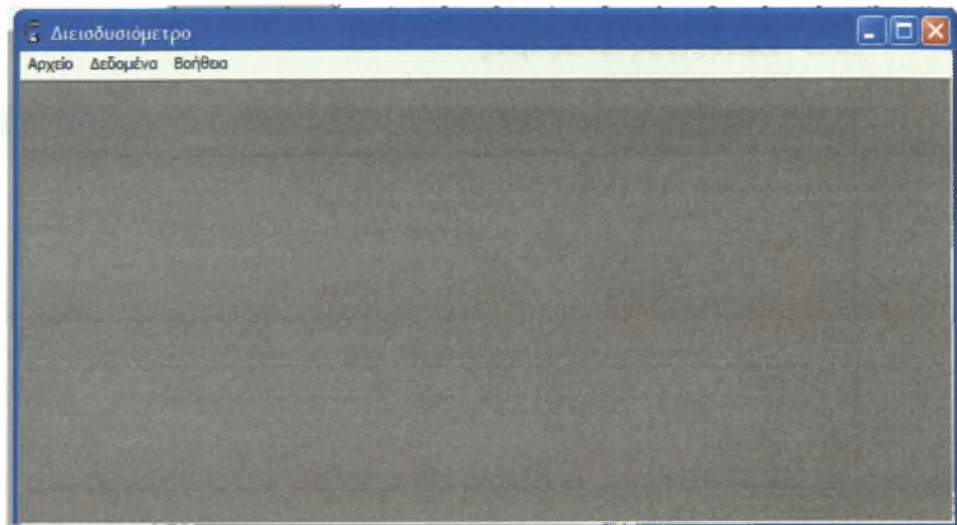


Σχήμα 2.17 Πεδίο ρυθμίσεων εκτύπωσης αναφορών

- **Header1Size = 14, Header1Bold = 1, Header1Italic = 0, Header1Font = Arial Greek**
Ορίζουμε τη γραμματοσειρά, το μέγεθος και το στυλ της, με την οποία θα τυπωθούνε η ημερομηνία και η ώρα
- **Header2Size = 12, Header2Bold = 0, Header2Italic = 1, Header2Font = Arial Greek**
Ορίζουμε τη γραμματοσειρά, το μέγεθος και το στυλ της, με την οποία θα τυπωθούνε οι επικεφαλίδες των στηλών του πίνακα.
- **Header3Size = 10, Header3Bold = 0, Header3Italic = 0, Header3Font = Arial Greek**
Ορίζουμε τη γραμματοσειρά, το μέγεθος και το στυλ της, με την οποία θα τυπωθούνε τα περιεχόμενα του πίνακα.

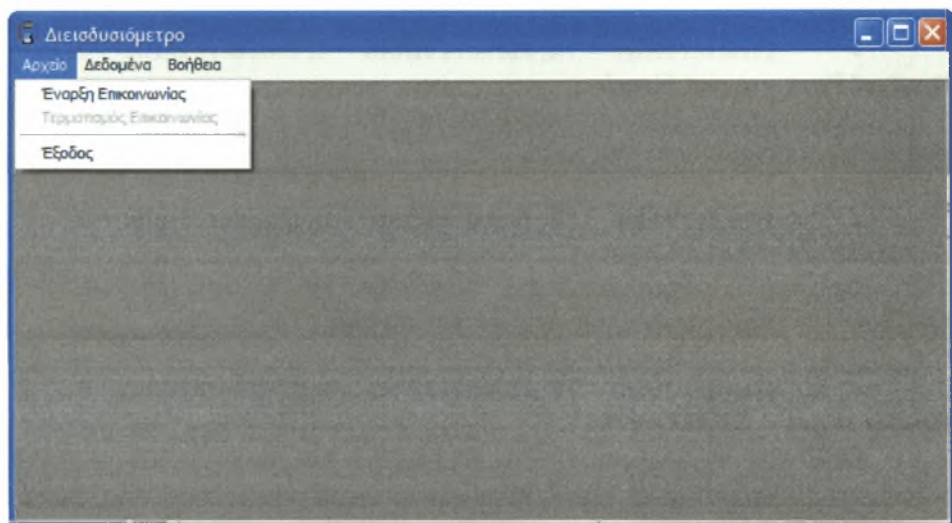
2.4 Περιγραφή Λειτουργίας Διεισδυσιόμετρο

Για να ανοίξει ο χρήστης το πρόγραμμα ακολουθεί την εξής πορεία Έναρξη → Όλα τα προγράμματα → Π.Μ.Σ. - 'Α.Α., Γ.Κ. & Ε.Γ.' → Penetrometer,[2].



Σχήμα 2.18 Αρχική γραφική διαπροσωπεία του προγράμματος.

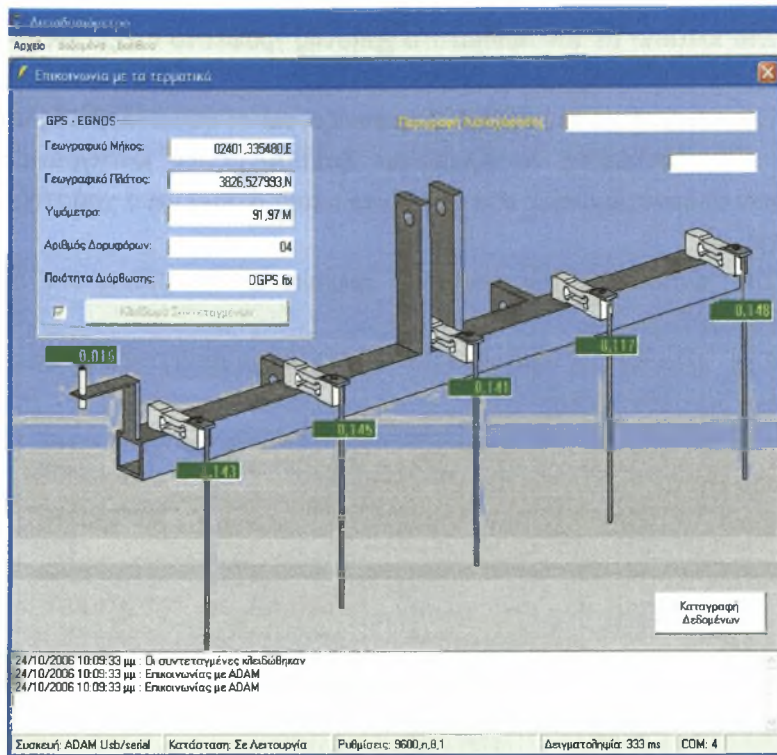
στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η αρχική γραφική διαπροσωπεία του προγράμματος (Σχήμα 2.18) στην οποία υπάρχει η βασική γραμμή εργαλείων. Πατώντας ο χρήστης πάνω στο Αρχείο ανοίγει το υπομενού με τα στοιχεία Έναρξη επικοινωνίας, Τερματισμός Επικοινωνίας που αρχικά είναι ανενεργό και Έξοδος (Σχήμα 2.19).



Σχήμα 2.19 Γραφική διαπροσωπεία επιλογής έναρξης επικοινωνίας.

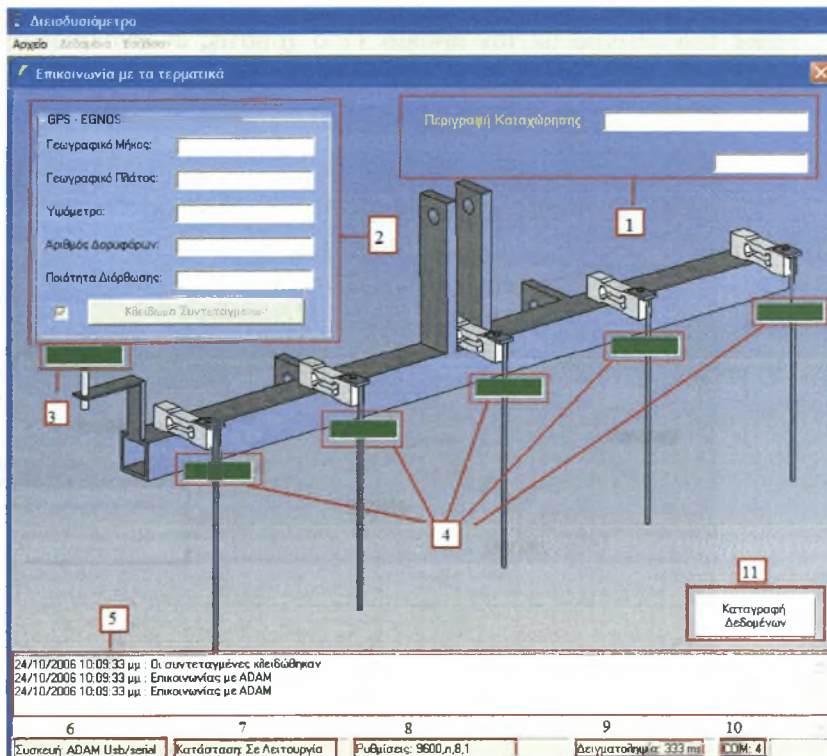
2.4.1 Οθόνη Έναρξη Επικοινωνίας

Πατώντας το Έναρξη Επικοινωνίας εμφανίζεται η οθόνη διεπαφής χρήστη συστήματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.18.



Σχήμα 2.20 Γραφική διαπροσωπεία έναρξης επικοινωνίας.

2.4.2 Ανάλυση Οθόνης Επικοινωνίας



Σχήμα 2.21. Γραφική διαπροσωπεία ανάλυσης πεδίων.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 1 ο χρήστης γράφει το όνομα με το οποίο επιθυμεί να αποθηκευθεί η καταχώριση των δεδομένων.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 2 εμφανίζονται οι συντεταγμένες που λαμβάνονται από το GPS, πατώντας το Κλείδωμα Συντεταγμένων καταγράφονται στη βάση δεδομένων οι συντεταγμένες στο σημείο το οποίο βρίσκεται ο χρήστης για να πάρει τις μετρήσεις.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 3 εμφανίζεται το βάθος της διείσδυσης κάθε χρονική στιγμή.

Στα πλαίσια με τον αριθμό 4 εμφανίζεται η πίεση που ασκείται στην αντίστοιχη δυναμοκυψέλη.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 5 εμφανίζεται το χρονικό κατά την διάρκεια της διεργασίας και της συλλογής των μετρήσεων.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 6 φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης του διεισδυσιόμετρου με τον υπολογιστή.

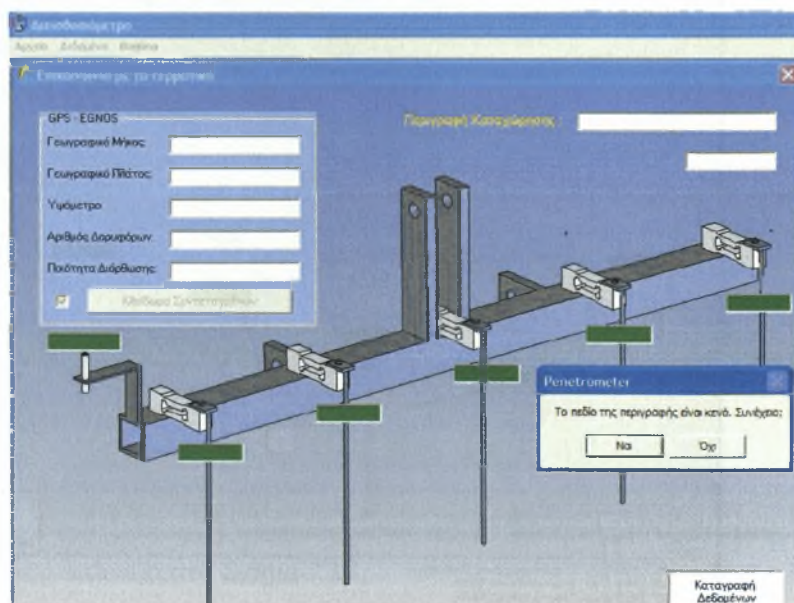
Στο πλαίσιο με τον αριθμό 7 δίνεται η κατάσταση λειτουργίας του συστήματος.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 8 εμφανίζονται οι ρυθμίσεις με τις οποίες το σύστημα επικοινωνεί με τον υπολογιστή.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 9 φαίνεται το χρονικό διάστημα της δειγματοληψίας.

Στο πλαίσιο με τον αριθμό 10 φαίνεται η θύρα του υπολογιστή με την οποία επικοινωνεί το σύστημα με τον υπολογιστή.

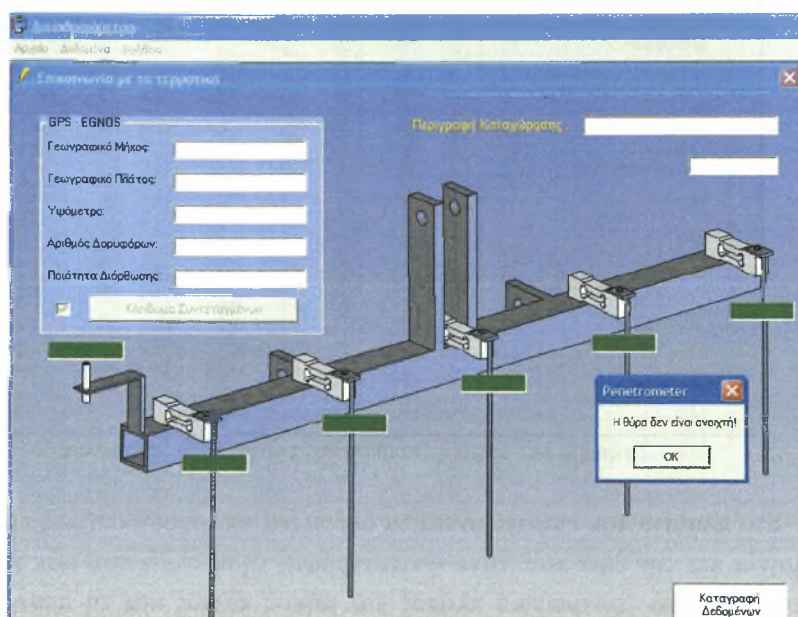
Τέλος στο πλαίσιο με τον αριθμό 11 ο χρήστης ενεργοποιεί την καταγραφή των δεδομένων.



Σχήμα 2.22 Γραφική διαπροσωπεία μηνύματος κενού πεδίου.

Στην περίπτωση που δεν έχει συμπληρωθεί το πεδίο της Περιγραφής Καταχώρησης εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα (Σχήμα 2.22) που ζητά από το χρήστη να επιλέξει συνέχεια ή όχι.

και στην περίπτωση που η θύρα δεν είναι ενεργή εμφανίζεται το ακόλουθο μήνυμα.



Σχήμα 2.23 Γραφική διαπροσωπεία σφάλματος θύρας επικοινωνίας.

2.4.3 Οθόνη Εμφάνισης Δεδομένων

Πατώντας στην γραμμή εργαλείων το στοιχείο Δεδομένα εμφανίζεται η επιλογή Εμφάνιση Δεδομένων και η Επεξεργασία Δεδομένων.

Στην οθόνη Εμφάνιση Δεδομένων (Σχήμα 2.24) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει φίλτρα με τα οποία μπορεί να ορίσει ποια δεδομένα θα εμφανιστούν. Συγκεκριμένα μπορεί να ορίσει συγκεκριμένη ημερομηνία, περίοδο ή ακόμη και συγκεκριμένη περιγραφή βάζοντας το όνομα της. Ακόμη ο χρήστης πατώντας όλες τις καταχωρήσεις μπορεί να εμφανίσει στην οθόνη του όλες τις καταχωρήσεις που υπάρχουν στη βάση δεδομένων.

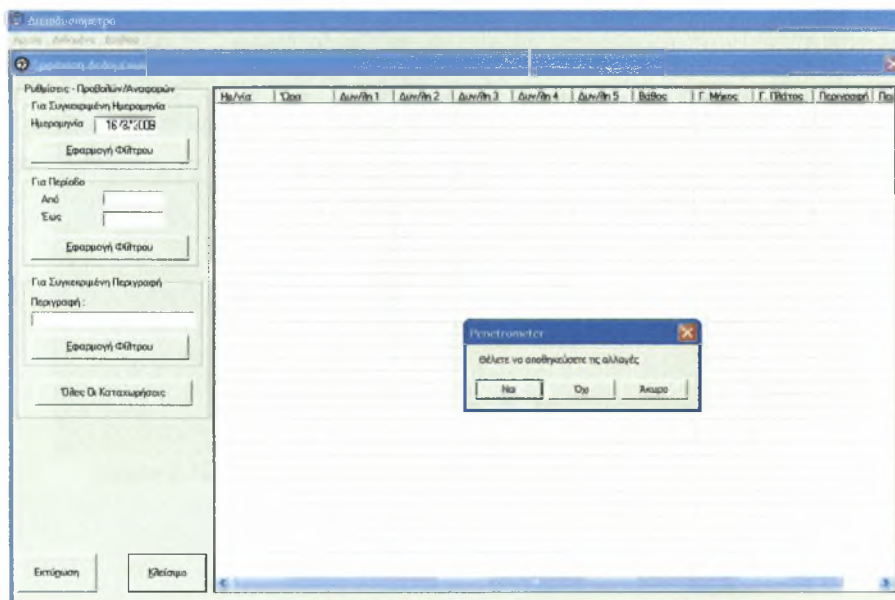
Ημ/Με	Ώρα	Δυν/θ1	Δυν/θ2	Δυν/θ3	Δυν/θ4	Δυν/θ5	Βάθος	Γ. Μήκος	Γ. Πλάτος	Περιγραφή
15/2/2009	14:11:37	7.000	4.251	0.129	0.047	5.30	1.834	0224.4...	3923.710...	19
15/2/2009	14:11:37	3.033	4.201	0.129	0.047	5.30	1.834	0224.4...	3923.710...	19
15/2/2009	14:11:37	3.033	4.276	0.179	0.343	7.32	1.335	0224.4...	3923.710...	19
15/2/2009	14:12:21	3.009	3.193	0.395	0.35	0.69	6.329	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:21	0.193	0.167	0.134	0.701	0.074	6.395	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:21	0.193	-1.193	0.295	0.35	0.096	6.339	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:22	-1.088	-1.052	0.179	-1.266	-2.122	6.339	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:22	-1.128	-2.040	0.113	-1.561	-4.151	5.993	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:22	3.089	1.652	0.129	1.266	2.122	5.993	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:23	1.539	2.775	0.136	1.823	4.151	5.627	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:23	1.120	-3.040	0.143	-1.523	-4.151	5.627	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:23	-1.028	-2.775	0.136	-1.823	-3.074	5.513	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:23	-2.115	-3.276	0.167	-1.823	-3.074	5.513	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:24	-2.115	-3.276	0.167	-2.829	-4.15	5.513	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:24	-2.916	-2.76	0.15	-2.829	-4.15	5.375	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:24	-2.936	-2.35	0.15	-3.024	-2.062	5.335	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:24	-2.544	-2.394	0.15	-3.024	-2.062	4.940	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:25	-2.006	-2.720	0.131	-4.746	-2.172	4.731	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:25	2.036	2.720	0.131	4.746	2.172	4.731	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:25	2.544	2.234	0.126	3.52	1.81	4.931	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:25	-2.036	-2.720	0.126	-3.52	-1.81	4.731	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:26	4.082	-3.587	0.112	5.818	-4.222	4.324	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:26	4.082	-3.587	0.112	5.818	-4.222	4.324	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:26	4.082	-3.514	0.119	5.35	-3.286	4.557	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:26	-2.916	-3.714	0.119	-5.35	-3.286	4.557	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:27	-3.199	-2.69	0.157	-5.334	-5.033	4.095	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:27	-1.799	-2.69	0.157	-5.334	-5.033	3.612	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:27	-3.794	-3.469	0.157	-5.121	-6.022	4.036	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:27	3.794	3.469	0.157	5.121	4.222	4.036	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	2.711	3.734	0.165	5.664	4.622	3.059	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	-2.711	-3.734	0.165	-5.664	-4.622	3.059	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	-3.469	-3.469	0.117	-5.922	-5.132	3.214	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	-3.469	-3.469	0.117	-5.922	-5.132	3.214	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	-2.608	-2.537	0.174	-4.924	-6.075	3.053	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:28	-2.608	-2.537	0.174	-4.924	-6.075	3.053	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:29	-2.600	-2.537	0.165	-5.664	-4.622	3.059	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:29	-1.223	-2.448	0.1	-4.740	-5.367	3.024	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:30	-3.539	-2.264	0.1	-4.770	-6.267	2.915	0224.40...	3923.714...	19
15/2/2009	14:12:30	3.539	2.265	0.107	4.955	6.267	2.945	0224.40...	3923.714...	19

Σχήμα 2.24 Γραφική διαπροσωπεία εμφάνισης δεδομένων.

Στο πλαίσιο που εμφανίζονται τα δεδομένα υπάρχουν στήλες που δείχνουν την ημερομηνία και την ώρα που έγινε η καταγραφή, τη δύναμη που ασκήθηκε στην κάθε δυναμοκυψέλη, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος καθώς και τη περιγραφή της κάθε μέτρησης.

Ακόμη στην οθόνη ο χρήστης πατώντας πάνω στον Εκτύπωση μπορεί να εκτυπώσει τα δεδομένα που έχει επιλέξει.

Τέλος πατώντας πάνω στο Κλείσιμο εμφανίζεται μήνυμα που ζητά την αποθήκευση ή όχι των αλλαγών (Σχήμα 2.25) και στην συνέχεια κλείνει η οθόνη της Εμφάνισης Δεδομένων.



Σχήμα 2.25 Γραφική διαπροσωπεία αποθήκευσης αλλαγών.

2.4.4 Οθόνη Επεξεργασίας Δεδομένων

Πατώντας στη γραμμή εργαλείων το Επεξεργασία Δεδομένων εμφανίζεται η γραφική διαπροσωπεία σύνδεσης με τη βάση δεδομένων.

id	Date	Time	Load rail 1	Load rail 2	Load rail 3	Load rail 4	Load rail 5	Height	Inert	Volume	Longitude	Latitude	Description
5234	16/3/2009	15:12:45	-2,203	-4,623	0,031	-3,955	-3,848	4,672	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5235	16/3/2009	15:12:45	-3,271	-4,885	0,155	-3,955	-3,848	4,672	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5236	16/3/2009	15:12:46	-3,271	-4,885	0,155	-3,966	-3,836	4,415	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5237	16/3/2009	15:12:46	-5,38	-4,404	0,055	-3,966	-3,836	4,415	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5238	16/3/2009	15:12:46	5,38	-4,404	0,055	-3,725	-4,206	4,415	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5239	16/3/2009	15:12:46	7,859	-4,564	0,055	-3,725	-4,206	4,195	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5240	16/3/2009	15:12:47	7,859	-4,564	0,005	-4,008	-4,492	4,195	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5241	16/3/2009	15:12:47	-8,071	-5,391	-0,005	-4,008	-4,492	3,991	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5242	16/3/2009	15:12:47	-8,071	-5,391	-0,415	-4,12	-4,23	3,991	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5243	16/3/2009	15:12:47	6,349	-5,391	-0,415	-4,12	-4,23	3,757	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5244	16/3/2009	15:12:48	6,349	-6,367	0,114	-4,182	-4,089	3,757	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5245	16/3/2009	15:12:48	-5,231	6,367	0,114	-4,182	-4,089	3,757	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5246	16/3/2009	15:12:48	-5,231	-6,5	-0,021	-4,367	-4,17	3,501	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5247	16/3/2009	15:12:48	-5,231	-6,5	-0,021	-4,367	-4,17	3,501	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5248	16/3/2009	15:12:49	-4,111	-6,311	0,1	-5,048	-4,17	3,199	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5249	16/3/2009	15:12:49	-4,111	-6,311	0,1	-5,048	-4,809	3,199	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5250	16/3/2009	15:12:49	4,094	-6,081	0,317	-5,186	-4,888	2,954	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5251	16/3/2009	15:12:49	4,094	-6,081	0,317	-5,186	-5,188	2,954	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5252	16/3/2009	15:12:50	-3,32	-5,124	0,01	-5,106	-5,188	2,954	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5253	16/3/2009	15:12:50	-3,32	-5,124	0,01	-5,853	-5,417	2,686	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5254	16/3/2009	15:12:50	-4,778	-4,597	0,148	-5,853	-5,417	2,686	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5255	16/3/2009	15:12:50	4,778	-4,597	0,148	-6,135	-5,62	2,431	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5256	16/3/2009	15:12:51	5,253	-5	0,148	-6,135	-5,62	2,431	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5257	16/3/2009	15:12:51	5,253	-5	0,05	-5,811	-6,023	2,174	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5258	16/3/2009	15:12:51	5,014	-5	0,05	-5,811	-6,023	2,174	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5259	16/3/2009	15:12:51	5,014	-4,819	0,007	-5,629	-6,054	2,174	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5260	16/3/2009	15:12:52	-4,966	-4,819	0,007	-5,629	-6,054	1,927	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5261	16/3/2009	15:12:52	-4,966	-4,738	0,093	-6,235	-6,886	1,927	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5262	16/3/2009	15:12:52	4,966	-4,738	0,093	-6,235	-6,886	1,985	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5263	16/3/2009	15:12:52	4,236	-4,266	0,086	-6,464	-6,953	1,695	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5264	16/3/2009	15:12:53	4,236	-4,266	0,086	-6,464	-6,953	1,695	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5265	16/3/2009	15:12:53	4,425	-4,368	-0,01	-6,081	-6,953	1,415	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5266	16/3/2009	15:12:53	4,425	-4,368	-0,01	-6,081	-7,286	1,415	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5267	16/3/2009	15:12:53	-5,164	-4,668	0,002	-10,45	-7,286	1,183	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5268	16/3/2009	15:12:54	-5,164	-4,668	0,002	-10,45	-7,995	1,183	13,118	02245,417441.E	3923,742608.N	51	
5269	16/3/2009	15:12:54	-5,629	-5,331	0,067	-10,45	-7,995	1,183	13,119	02245,417441.E	3923,742608.N	51	

Σχήμα 2.26 Γραφική διαπροσωπεία επεξεργασίας δεδομένων.

όπου εμφανίζονται όλες οι καταχωρήσεις και τις οποίες ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει δεδομένα, να επεξεργαστεί ή και να διαγράψει.

3 ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί ο πειραματικός αγρός που έγινε η εργασία , επίσης θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν.

3.1 Διενέργεια πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις 16 Μαρτίου 2009 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο του νομού Μαγνησίας (Σχήμα 3.4) .

Για να ξεκινήσει η διαδικασία λήψης δεδομένων, πρέπει πρώτα να ακινητοποιηθεί ο γεωργικός ελκυστήρας στα σημεία όπου θέλαμε να μετρήσουμε την συμπίεση του εδάφους (Σχήμα 3.1). Ένας φορητός υπολογιστής όπου είναι εγκατεστημένο το λογισμικό είναι συνδεδεμένος με την κάρτα μετατροπής RS485/USB ώστε να γίνει η καταγραφή των δεδομένων (Σχήμα 3.2). Ο χειριστής πρέπει να πιέσει τον χειρομοχλό καθόδου ώστε να αρχίσει να κατεβαίνει η κατασκευή και να ενεργοποιήσει την καταγραφή των δεδομένων στο λογισμικό.

Το πείραμα έγινε στον έναν από τους δυο πειραματικούς αγρούς του εργαστηρίου γεωργικής μηχανολογίας και συγκεκριμένα στον πειραματικό αγρό 1 (Σχήμα 3.3), οι οποίοι θα περιγράφουν παρακάτω. Λόγω βλάβης της μιας δυναμοκυψέλης το πείραμα έγινε χρησιμοποιώντας τις τέσσερις δυναμοκυψέλες, ενώ λόγω βλάβης του UPS ολοκληρώθηκε η δειγματοληψία με επιτυχία στα 3/4 του αγρού σε 75 σημεία δειγματοληψίας (Σχήμα 3.8).

Οι παράμετροι της δειγματοληψίας που τέθηκαν σύμφωνα με τη παράγραφο 2.3.4 ήταν StoreTime = 00:00:15 s και Rate = 250 ms . Υπολογίστηκε πως για να κάνουν οι ράβδοι όλη τη διαδρομή τους ο χρόνος αυτός επαρκούσε. Σε κάθε μέτρηση παίρναμε 60 δείγματα, θεωρητικά τέσσερα για κάθε δευτερόλεπτο, στη πράξη κάποιες φορές ήταν λιγότερα.



Σχήμα 3.1 Ακινητοποίηση γεωργικού ελκυστήρα για δειγματοληψία.



Σχήμα 3.2 Διαδικασία λήψης μετρήσεων στον αγρό.

3.1.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού

Το πείραμα ήταν πολυετές και εγκαταστάθηκε το 1997 σε δύο πειραματικούς αγρούς (Σχήμα 3.6 και Σχήμα 3.7) του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Θεσσαλίας.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν υποδιαιρεμένες ομάδες (*Split block*). Περιελάμβανε 4 κύρια τεμάχια με 5 υπο-τεμάχια 2 υπο-υπο-τεμάχια και 4 επαναλήψεις. Τα υπο-τεμάχια περιλάμβαναν τις εξής πέντε διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την εγκατάσταση των καλλιεργειών:

- ✓ **Συμβατική κατεργασία (Σ)**: Πρωτογενής κατεργασία του εδάφους με όργωμα σε βάθος 25-30 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
- ✓ **Μειωμένη κατεργασία (BK)** με χρήση βαρύ καλλιεργητή ή εδαφοσχίστη: Πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή κατά τα δύο πρώτα έτη και εδαφοσχίστη κατά το τρίτο, σε βάθος 20-25 cm και δευτερογενής κατεργασία με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
- ✓ **Μειωμένη κατεργασία (ΠΣ)** με χρήση περιστροφικού σκαπτικού με κατακόρυφα ελάσματα: Πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με το περιστροφικό σκαπτικό σε βάθος 10-12 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν την σπορά.
- ✓ **Μειωμένη κατεργασία (Δ)** με χρήση δισκοσβάρνας: Πρωτογενής κατεργασία με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα σε βάθος 7-8 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα ή δύο περάσματα με τη δισκοσβάρνα ή με καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
- ✓ **Ακαλλιέργεια (Α)**: Απ' ευθείας σπορά σε ακατέργαστο έδαφος και καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης με εφαρμογή *glyphosate* πριν το φύτευμα της καλλιέργειας.

Τα υπο-τεμάχια των κατεργασιών που περιλάμβαναν την καλλιέργεια ηλίανθου κατά τον προηγούμενο χρόνο χωρίστηκαν σε δύο υπο-υπο-τεμάχια διαστάσεων 3×10 m το καθένα, στα οποία σπάρθηκαν δύο διαφορετικές ποικιλίες .

Στο Σχήμα 3.6 και στο Σχήμα 3.7 απεικονίζεται η διάταξη του πειράματος στους δυο πειραματικούς αγρούς. Τα κύρια τεμάχια (αμειψισπορές) είχαν διάσταση 30 × 10 m. Τα υπο-τεμάχια (κατεργασίες) είχαν διάσταση (6 × 10 m) και τα υπο-υπο-τεμάχια (ποικιλίες) είχαν διάσταση 3 × 10 m. Το πλάτος των διαδρόμων ήταν 5 m και

το συνολικό τους μήκος 120 m. Ο κάθε πειραματικός αγρός είχε συνολική έκταση, μαζί με τους διαδρόμους, 7 στρέμματα. Στον αγρό 1 η διαθέσιμη έκταση ήταν επαρκής και το πειραματικό σχέδιο μπόρεσε να διαμορφωθεί σε τέσσερις ορθογώνιες επαναλήψεις. Στην περιοχή του πειραματικού αγρού 2 ωστόσο, η διαθέσιμη έκταση ήταν περιορισμένη και γι' αυτό έγινε μια τροποποίηση στην διάταξη των επαναλήψεων



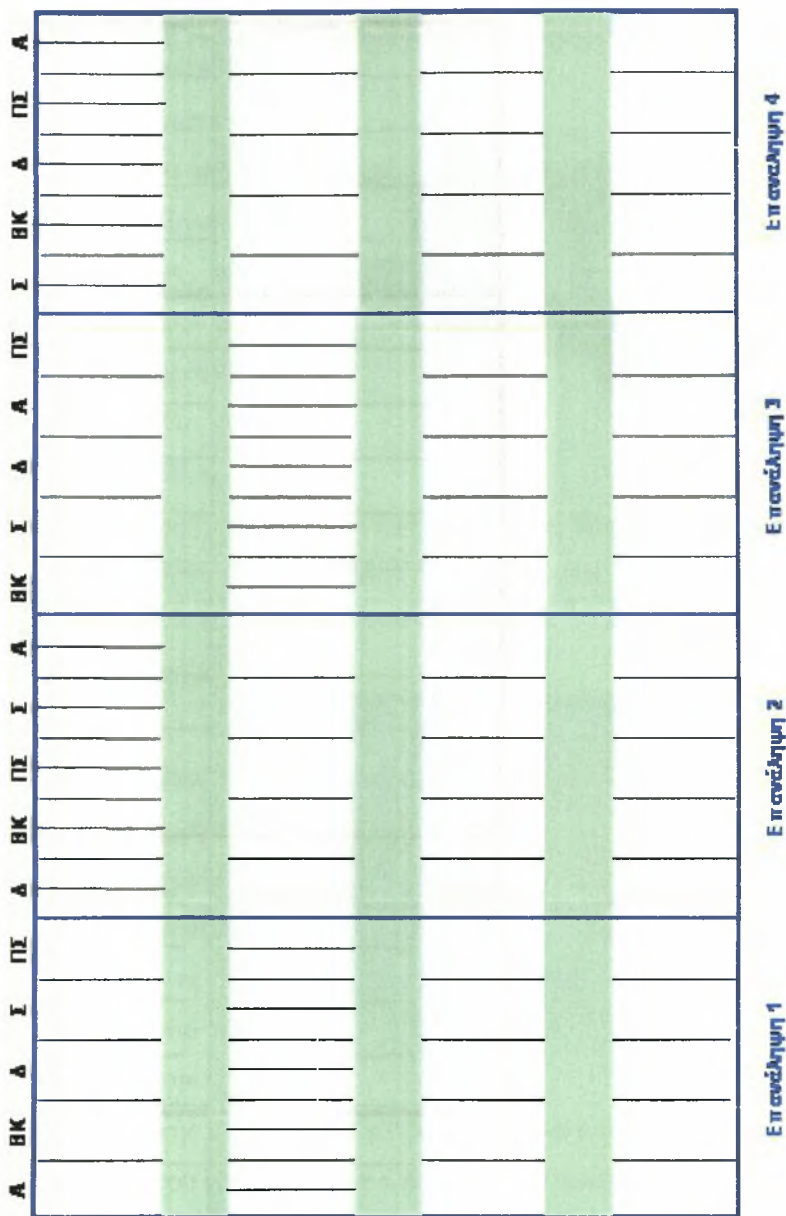
Σχήμα 3.3 Ο πειραματικός αγρός 1 όπως φαίνεται δορυφορικά.



Σχήμα 3.4 Γενική άποψη αγροκτήματος.

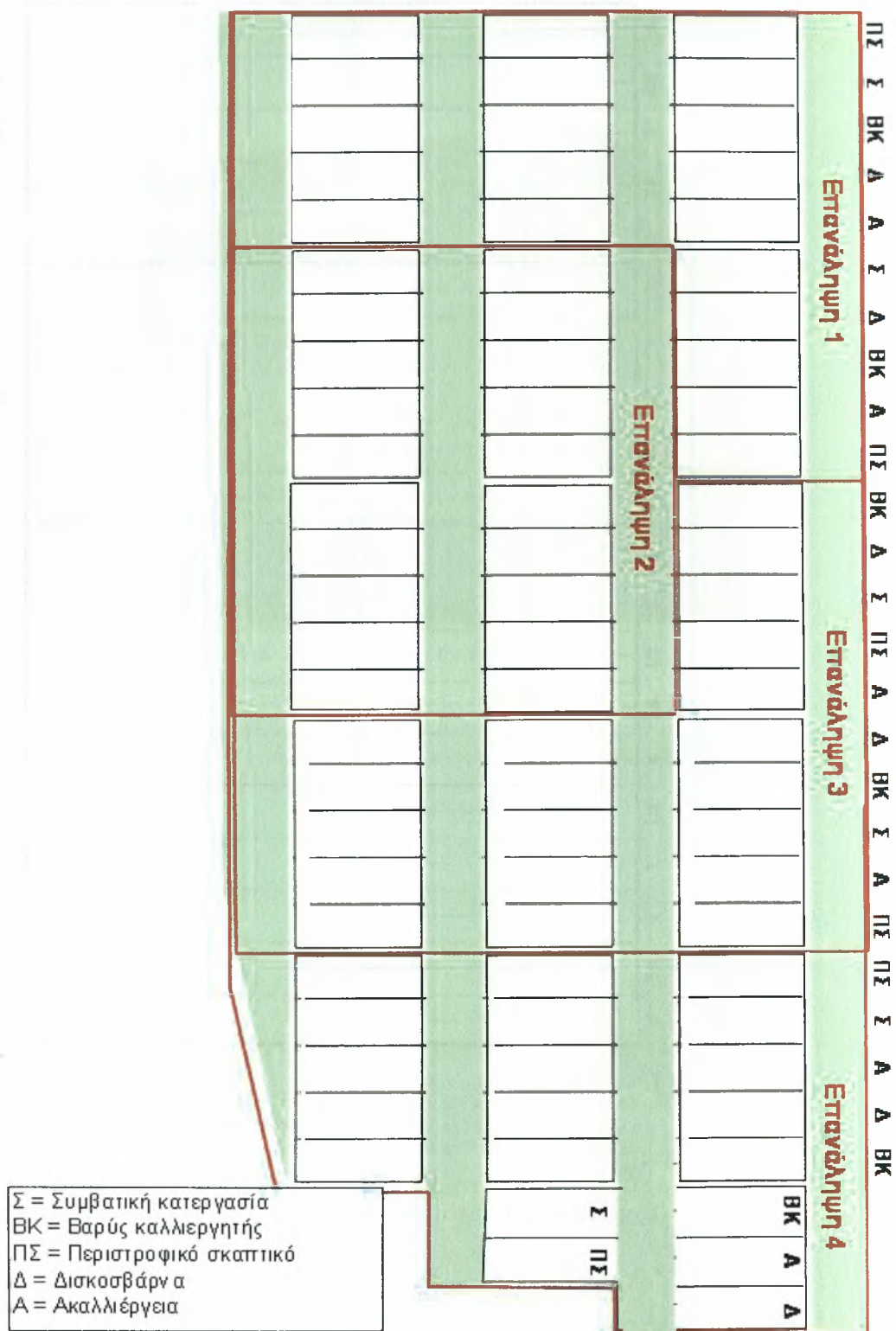


Σχήμα 3.5 Στο βάθος διακρίνεται ο πειραματικός αγρός 1.



Σ = Συμβατική κατεργασία (Όργανο)
 ΒΚ = Κατεργασία με βαρύ καλλεργητή
 ΠΣ = Κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα
 Δ = Κατεργασία με δισκοσβάρνα
 Α = Ακαλλιέργεια

Σχήμα 3.6 Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 1.



Σχήμα 3.7 Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 2.

3.1.2 Περιγραφή των Μηχανημάτων Κατεργασίας του Αγρού

Άροτρο. χρησιμοποιήθηκε ένα

τετράννο άροτρο απλής αναστροφής.

Το σχήμα του αναστρεπτήρα του ήταν κατάλληλο για φθινοπωρινά

οργώματα. Το υνιά είχαν πλάτος κοπής 30 cm ενώ το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος

ανέρχονταν στα 1,2 m. Το άροτρο ήταν αναρτόμενο και η ρύθμιση του

βάθους εργασίας γίνονταν από το υδραυλικό του ελκυστήρα. Το μηχάνημα δεν διέθετε πρόσθετα βοηθητικά εξαρτήματα όπως δίσκο ή μαχαίρι. Το συνολικό του βάρος ανέρχονταν στα 500 kg.



Βαρύς καλλιεργητής. Ο

βαρύς καλλιεργητής ήταν

αναρτώμενος και περιελάμβανε τρεις

σειρές από ελατηριωτά ελάσματα

τύπου C ($2+3+2 = 7$ συνολικά) από

διπλό μεταλλικό έλασμα ορθογωνικής

διατομής (5 x 2 cm) τα οποία

προσδένονταν στο πλαίσιο μέσω

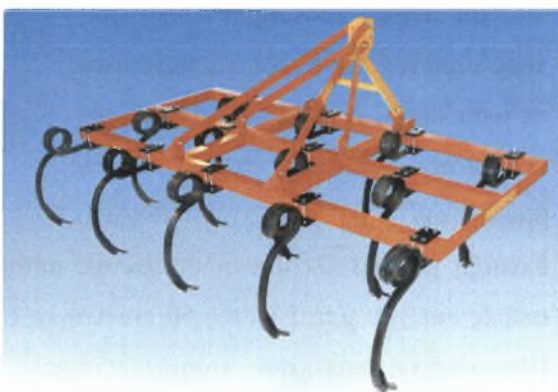
ελατηρίων -αποσβεστήρων. Τα

ελάσματα έφεραν υνιά γενικής χρήσεως. Οι μεταξύ τους αποστάσεις ήταν περίπου 30

cm ενώ το ελεύθερο ύψος του πλαισίου από την επιφάνεια του εδάφους ήταν 50 cm.

Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών των ελασμάτων ήταν 70 cm. Το συνολικό πλάτος

εργασίας του μηχανήματος ήταν 2 m και το βάρος του 370 kg.



Εδαφοσχίστης. Ο εδαφοσχίστης

που χρησιμοποιήθηκε είχε υποστεί

μετάτροπές από το Εργαστήριο

Γεωργικής Μηχανολογίας με σκοπό την

βελτίωση των χαρακτηριστικών.

Αποτελούνταν από πέντε στιβαρά

κατακόρυφα ελάσματα πάχους 35 mm

και πλάτους 180 mm τα οποία είχαν

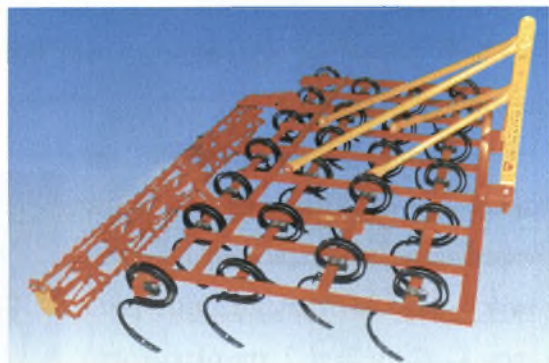
απόληξη με τη μορφή ράμφους στο οποίο ήταν τοποθετημένο ένα υνιά Τα ελάσματα



ήταν διατεταγμένα σε σχήμα V πάνω σε ένα σταθερό πλαίσιο και σε αποστάσεις μεταξύ τους 60 cm. Το ελεύθερο ύψος του πλαισίου του εδαφοσχίστη ήταν 45 cm. Από το εργαστήριο προστέθηκαν 60 και 70 cm εμπρός από τα κύρια άκαμπτα στελέχη δυο σειρές από δευτερεύοντα βοηθητικά στελέχη. Τα στελέχη αυτά αποτελούνταν από μικρότερα εύκαμπτα ελάσματα σπειροειδούς τύπου, τετραγωνικής διατομής με πλάτος 20 mm. Τα μισά στελέχη τοποθετήθηκαν εμπρός και τα υπόλοιπα στη διάμεσο της απόστασης των κύριων στελεχών. Τα πρόσθετα ελάσματα έφεραν υνιά τύπου νυχιού και εργάζονταν στο μισό του βάθους εργασίας των κυρίως ελασμάτων. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 1,8 m ενώ το συνολικό του βάρος ανέρχονταν στα 600 kg.

Ελαφρύς καλλιεργητής.

Αποτελούνταν από τέσσερις σειρές εύκαμπτων ελασμάτων πλάτους 30 mm και πάχους 10 mm. Η κάθε σειρά περιελάμβανε έξι συνολικά ελάσματα σε αποστάσεις μεταξύ τους 45 cm. Τα ελάσματα μεταξύ των σειρών βρίσκονταν ανά τρία σε διαγώνιο



διάταξη με αποτέλεσμα οι οριζόντιες μεταξύ τους αποστάσεις να είναι 15 cm. Οι σειρές απείχαν μεταξύ τους 60 cm και το ελεύθερο ύψος του πλαισίου ήταν 20 cm. Πίσω από τις σειρές των ελασμάτων υπήρχε ένας κύλινδρος βωλοκόπος τύπου κλωβού μέσω του οποίου γίνονταν η ρύθμιση του βάθους εργασίας. Ο κύλινδρος αυτός επίσης, ψιλοχωμάτιζε και ισοπέδωνε το έδαφος. Το συνολικό πλάτος εργασίας του εργαλείου ήταν 2,3 m ενώ το βάρος του ανέρχονταν στα 280 kg.

Περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα (βωλοκόπος). Το περιστροφικό σκαπτικό που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα ήταν αναρτώμενο και περιελάμβανε οκτώ κατακόρυφα περιστρεφόμενα στροφεία με δύο λεπίδες ύψους 20 cm και πλάτους 8 cm το καθένα. Για λόγους συντομίας αναφέρεται στην εργασία ως “περιστροφικό σκαπτικό”. Το μηχάνημα λειτουργούσε στις 540 στρ/min ενώ η σχέση μετάδοσης στα στροφεία ήταν 540 / 180. Η ρύθμιση του βάθους εργασίας γίνονταν μέσω ενός οδοντωτού κυλίνδρου



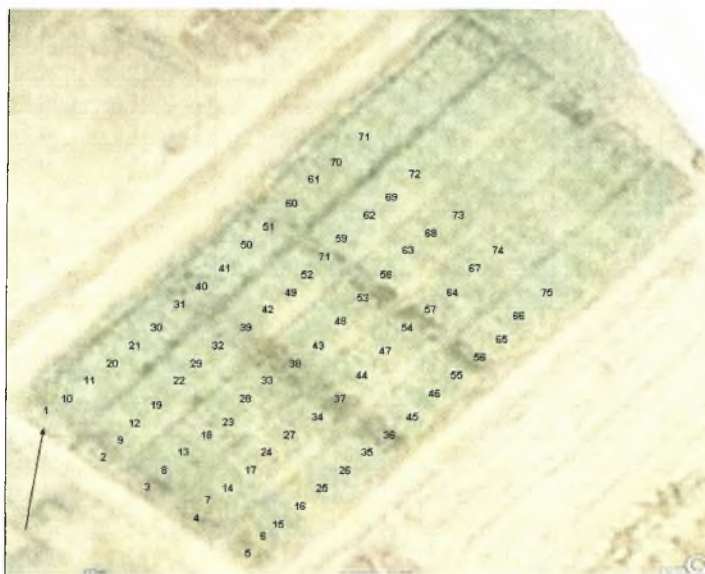
διαμέτρου 36 cm με δόντια μήκους 8 cm. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 2,5 m και το βάρος 720 kg.

Δισκοσβάρνα. Η δισκοσβάρνα που χρησιμοποιήθηκε για όλες τις επεμβάσεις ήταν διπλής ενεργείας, συρόμενη με τέσσερις σπαστούς άξονες. Κάθε άξονας περιελάμβανε οκτώ δίσκους διαμέτρου 42 cm. Οι εμπρόσθιοι δίσκοι ήταν οδοντωτοί



και οι οπίσθιοι λείοι. Η κλίση των δίσκων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης ρυθμίστηκε περίπου στις 16°. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 3 m. Οι τροχοί για την μεταφορά του έφεραν ελαστικά διαμέτρου 0,6 m και πλάτους 0,3 m. Το βάρος της δισκοσβάρνας ήταν 1050 kg.

Γεωργικός ελκυστήρας. Ο γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε για την λειτουργία των μηχανημάτων είχε τέσσερις κινητήριους τροχούς και ισχύ 110 HP. Το συνολικό του βάρος μαζί με τα αντίβαρα ανέρχονταν στα 4.200 kg με το 63% κατανεμημένο στους οπίσθιους τροχούς και το 37% στους μπροστινούς. Η βάση των τροχών είχε μήκος 2,78 m. Τα οπίσθια ελαστικά ήταν 18,4-38 και τα μπροστινά 13-28. Οι οπίσθιοι τροχοί είχαν διάμετρο 1,75 m και οι μπροστινοί 1,35 m,[3].



Σχήμα 3.8 Σημεία που έγινε δειγματοληψία στον πειραματικό αγρό 1.

3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων

Από τα 75 σημεία του πειραματικού αγρού που πήραμε μετρήσεις (Σχήμα 3.8), σε κάθε σημείο βγήκε ένας μέσος όρος των τάσεων των 4 δυναμοκυψελών που είχαμε σε λειτουργία, και για κάθε δευτερόλεπτο δειγματοληψίας. Ενδεικτικά στον Πίνακα 3.1 παρατίθενται τα στοιχεία για τα Σημεία 1 και 2.

ΣΗΜΕΙΟ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΕΞΟΔΟΣ ΔΥΝΑΜΟΚΥΤΕΛΩΝ (mV)	ΕΞΟΔΟΣ ΔΙΣΘΗΤΗΡΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ (V)
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:07	1,101	4,713
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:07	2,173	4,713
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	2,380	4,424
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	4,546	4,199
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	3,154	4,424
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	3,154	4,199
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	4,546	4,079
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	5,167	4,079
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	5,129	4,079
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	5,666	3,909
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	6,178	3,597
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	5,672	3,909
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	6,084	3,597
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	6,169	3,597
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	5,895	3,342
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	6,293	3,342
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	7,598	3,180
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	7,297	3,180
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	10,216	2,912
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	11,470	2,912
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	10,082	2,912
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	11,470	2,608
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	11,298	2,608
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	11,593	2,316
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	11,853	2,316
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	11,885	2,070
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	10,743	1,945
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	11,352	2,070
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	12,156	2,070
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	6,754	1,945
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	8,334	1,806
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	8,349	1,806
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	8,316	1,528
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	8,185	1,528
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	8,071	1,324
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	8,071	1,324
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	8,148	1,528
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	7,401	0,979

1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	7,062	0,737
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	7,606	0,737
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	6,945	0,737
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	7,401	0,979
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	8,502	0,524
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	9,650	1,879
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	8,742	1,879
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	7,765	0,524
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	9,799	1,462
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	9,844	1,462
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	10,023	1,672
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	9,693	1,462
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	8,062	1,356
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	8,205	1,621
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	8,062	1,621
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	8,282	1,672
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:21	7,754	1,385
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:15	0,361	6,186
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	0,946	5,968
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	0,783	5,968
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	0,361	6,186
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	1,741	5,488
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	1,559	5,488
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	1,208	5,488
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	2,059	5,271
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	2,895	5,271
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	3,835	5,189
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	4,202	4,758
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	3,302	5,189
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	5,287	5,004
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	4,191	4,758
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	4,720	5,004
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	5,287	4,310
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	4,519	4,758
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	6,187	4,310
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	6,187	4,219
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	7,284	4,219
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	9,751	3,931
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	8,693	4,219
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	9,287	3,931
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	9,463	3,537
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	9,829	3,537
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	6,862	3,391
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	7,388	3,391
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	9,937	3,391
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	7,227	3,163
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	6,646	3,186
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	6,454	3,186
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	6,827	3,163
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	6,442	2,846
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	5,939	2,601
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	5,939	2,846
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	6,442	2,846
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	6,855	2,278

2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	5,710	2,278
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	5,803	2,601
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	6,984	2,278
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	7,526	1,987
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	7,204	2,243
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	7,733	1,987
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	7,197	2,243
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	8,371	1,598
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	9,095	1,844
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	8,645	1,844
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	8,265	1,844
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	8,199	1,341
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	8,199	1,341
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	8,496	1,131
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	8,462	1,131
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	8,256	1,598
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	8,494	0,988
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	8,443	1,131
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	8,402	0,988
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	6,957	0,858
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	7,714	0,876
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	6,827	0,858
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	7,130	0,876

Πίνακας 3.1 Τιμές αισθητήρων στα Σημεία 1 και 2.

4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Από το πείραμα που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα εξήχθησαν αρκετά πειραματικά δεδομένα. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάστηκαν τα δεδομένα των πρώτων δυο σημείων. Πρέπει να επισημάνουμε πως τα δεδομένα που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων είναι στην κλίμακα τάσης που παράγουν οι αισθητήρες (σε mV για τις δυναμοκυψέλες και σε V για τον αισθητήρα υπερήχων). Έτσι, χρειάζεται να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις σε αυτά τα δεδομένα ώστε να μετατραπούν σε τιμές των φυσικών μεταβλητών που εκφράζουν (kPa για τις δυναμοκυψέλες και cm για τον αισθητήρα υπερήχων).

4.1 Μετατροπή δεδομένων

Η πρώτη μετατροπή γίνεται στις μετρήσεις του βάθους. Ο αισθητήρας υπερήχων έχει εύρος 0 – 10 V, ενώ ισχύει μία αναλογική σχέση από 0 έως 100cm που είναι η δυναμικότητα του αισθητήρα. Έτσι, για παράδειγμα μία ένδειξη 4,66 V αντιστοιχεί σε 46,6 cm κ.τ.λ. Λόγω όμως της βλάβησης η οποία υπήρχε στον αγρό οι μετρήσεις όπως φαίνονται και στα διαγράμματα είχαν κάποιες μικρές διακυμάνσεις οι οποίες δεν είναι αρκετά μεγάλες αλλά λόγω του ότι θα πρέπει να υπολογιστούν ανά πέντε εκατοστά βάθους, από 5 έως 50 εκατοστά, οι μέσοι όροι των πιέσεων, μας δημιουργεί πρόβλημα,[2].

Γι αυτό το λόγο αποφασίσαμε με βάση τις μετρήσεις να πάρουμε σαν ένδειξη βάθους τη γραμμική σχέση που προκύπτει από τις σειρές των μετρήσεων, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.1 και στο Διάγραμμα 4.2. Αυτό είναι λογικό καθώς η ταχύτητα καθόδου του πλαισίου είναι σταθερή λόγω της μεγάλης ισχύος του υδραυλικού συστήματος.

Όσον αφορά τις δυναμοκυψέλες η μετατροπή είναι λίγο πιο πολύπλοκη. Στις μεταβλητές αυτές πρέπει να γίνουν δυο μετατροπές. Η πρώτη από τάση που είναι η έξοδος των αισθητήρων σε δύναμη. Και κατόπιν από δύναμη σε πίεση που είναι και η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει. Η τάση τροφοδοσίας είναι 13,13V ενώ η δυναμικότητα της κάθε δυναμοκυψέλης είναι 100Kg ή περίπου 1000N

Η μετρούμενη δύναμη υπολογίζεται από τη σχέση,[11].

$$F = V_{out} \times \frac{1000}{2V_{in}}$$

Όπου: F= η δύναμη που μετρούν οι δυναμοκυψέλες (σε N)

V_{in} = η τάση τροφοδοσίας των δυναμοκυψελών (σε mV)

V_{out} = η τάση εξόδου που καταγράφεται στην βάση δεδομένων (σε mV)

Αφού υπολογίσουμε τη δύναμη κατόπιν θα πρέπει να τη μετατρέψουμε σε πίεση. Ξέρουμε ότι η διάμετρο των κώνων είναι 12,83 mm αρα $r = 6,415mm$

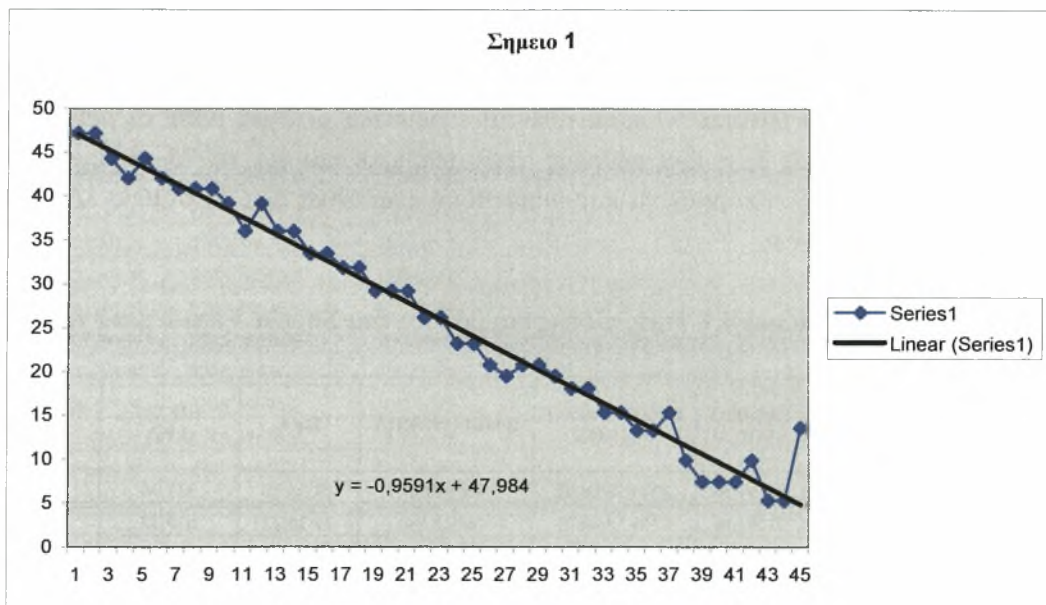
Γνωρίζουμε ότι:

$$1 Pa = \frac{1 N}{1 m^2}$$

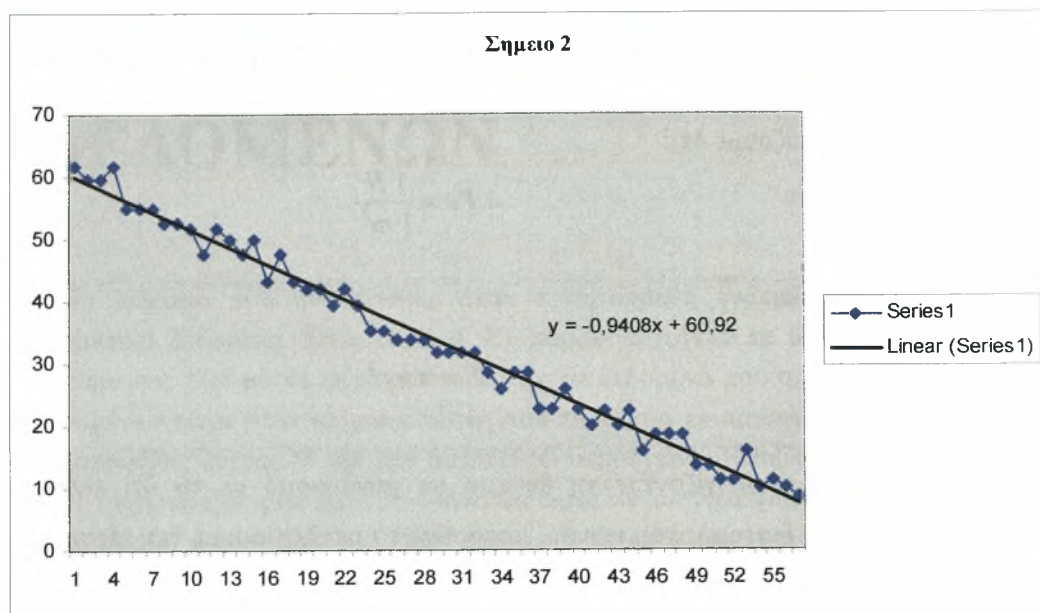
Και ότι:

$$E = \pi \cdot r^2$$

Άρα υπολογίζοντας τη δύναμη σε συνδυασμό με το ότι είναι γνωστό το εμβαδόν της διατομής του κώνου, μπορούμε να υπολογίσουμε την πίεση που ασκεί το έδαφος εκφρασμένη σε Pascal.



Διάγραμμα 4.1 Γραμμική προσέγγιση του βάθους στο Σημείο 1.



Διάγραμμα 4.2 Γραμμική προσέγγιση του βάθους στο Σημείο 2.

Στον Πίνακα 4.1 παρατίθενται ενδεικτικά οι τιμές μετά τη μετατροπή για τα Σημεία 1 και 2, η ίδια μέθοδος ακολουθήθηκε και για τα 75 σημεία, όπως είναι κατανοητό δε μπορούν να παρουσιαστούν αναλυτικά όλα τα σημεία λόγω του όγκου των δεδομένων.

Πίνακας 4.1 Τιμές πίεσης και βάθους στα Σημεία 1 και 2 μετά τις μετατροπές.

ΣΗΜΕΙΟ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΒΑΘΟΣ (cm)	ΜΟ ανά 5 cm (kPa)
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:07	323,96	0	811
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:07	639,32	-0,959	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	700,15	-1,918	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	1337,55	-2,877	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	927,97	-3,836	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:08	927,97	-4,796	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	1337,55	-5,755	1573
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	1520,43	-6,714	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	1509,02	-7,673	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:09	1667,11	-8,632	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	1817,83	-9,591	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	1669,02	-10,550	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	1790,25	-11,509	1775
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:10	1815,04	-12,468	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	1734,41	-13,427	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	1851,74	-14,387	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	2235,66	-15,346	2750

1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:11	2146,95	-16,305	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	3005,85	-17,264	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	3374,90	-18,223	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	2966,57	-19,182	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:12	3374,90	-20,141	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	3324,22	-21,100	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	3411,17	-22,059	3382
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	3487,74	-23,018	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:13	3497,09	-23,978	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	3160,91	-24,937	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	3340,11	-25,896	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	3576,75	-26,855	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:14	1987,25	-27,814	2767
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	2452,30	-28,773	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	2456,64	-29,732	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	2446,93	-30,691	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:15	2408,31	-31,650	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	2374,77	-32,609	2404
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	2374,77	-33,569	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	2397,42	-34,528	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:16	2177,55	-35,487	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	2078,02	-36,446	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	2237,87	-37,405	2146
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	2043,52	-38,364	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:17	2177,55	-39,323	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	2501,66	-40,282	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	2839,45	-41,241	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	2572,35	-42,200	2375
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:18	2284,88	-43,160	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	2883,29	-44,119	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	2896,54	-45,078	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	2949,28	-46,037	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:19	2852,03	-46,996	2643
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	2372,12	-47,955	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	2414,12	-48,914	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	2372,12	-49,873	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:20	2436,93	-50,832	
1	3923,721291,N	2245,38676,E	16/3/2009	13:36:21	2281,49	-51,791	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:15	106,15	0	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	278,35	-0,941	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	230,32	-1,882	233
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:16	106,15	-2,822	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	512,28	-3,763	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	458,80	-4,704	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	355,30	-5,645	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:17	605,77	-6,586	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	851,84	-7,526	829
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	1128,50	-8,467	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	1236,34	-9,408	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:18	971,52	-10,349	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	1555,74	-11,290	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	1233,25	-12,230	1343
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	1388,83	-13,171	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	1555,74	-14,112	

2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:19	1329,54	-15,053	1332
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	1820,56	-15,994	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	1820,56	-16,934	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:20	2143,12	-17,875	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	2869,10	-18,816	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	2557,93	-19,757	2525
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	2732,49	-20,698	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:21	2784,50	-21,638	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	2892,05	-22,579	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	2019,17	-23,520	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	2173,87	-24,461	2186
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:22	2923,97	-25,402	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	2126,43	-26,342	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	1955,62	-27,283	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	1898,98	-28,224	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:23	2008,73	-29,165	1864
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	1895,37	-30,106	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	1747,59	-31,046	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	1747,59	-31,987	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:24	1895,37	-32,928	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	2017,11	-33,869	2078
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	1679,98	-34,810	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	1707,35	-35,750	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:25	2054,85	-36,691	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	2214,48	-37,632	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	2119,81	-38,573	2451
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	2275,31	-39,514	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:26	2117,53	-40,454	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	2463,04	-41,395	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	2676,07	-42,336	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	2543,81	-43,277	2461
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:27	2431,92	-44,218	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	2412,36	-45,158	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	2412,36	-46,099	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	2499,89	-47,040	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	2489,74	-47,981	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:28	2429,35	-48,922	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	2499,31	-49,862	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	2484,37	-50,803	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:29	2472,31	-51,744	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	2047,13	-52,685	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	2269,72	-53,626	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	2008,73	-54,566	
2	3923,716392,N	2245,393084,E	16/3/2009	13:40:30	2098,03	-55,507	

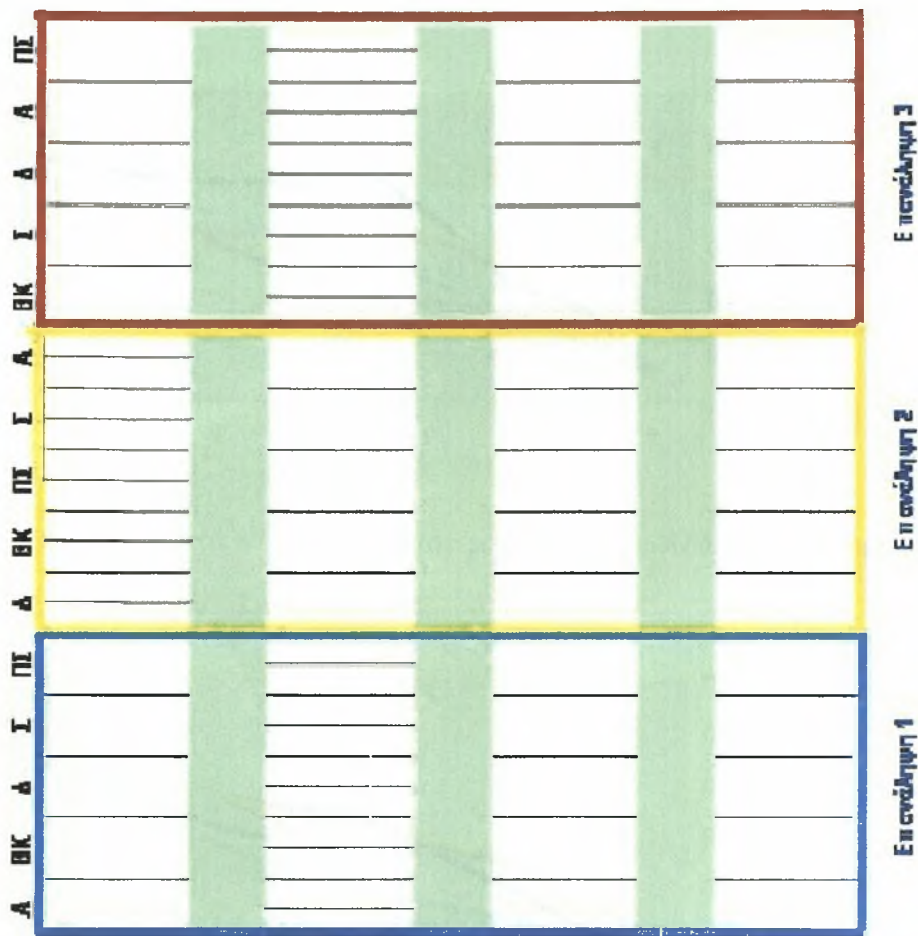
Στον Πίνακα 4.2 δίνονται για κάθε σημείο τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν μετά τις ανάλογες μετατροπές που περιγράφηκαν πριν. Είναι συνολικά και για τα 75 σημεία το γεωγραφικό στίγμα, το βάθος με τη γραμμική προσέγγιση που είπαμε, και ο μέσος όρος των πιέσεων για βάθος από 5 έως 50 εκατοστά.

Πίνακας 4.2 Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων πειράματος.

ΣΗΜΕΙΟ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	50 cm
			ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)	ΜΟ ΒΑΘΟΥΣ (kPa)
1	3923,721291,N	2245,38676,E	811	1573	1775	2750	3382	2767	2404	2146	2375	2643
2	3923,716392,N	2245,393084,E	233	829	1343	1332	2525	2186	1864	2078	2451	2461
3	3923,711124,N	2245,399689,E	394	942	119	1345	1465	1692	2104	2163	2092	2256
4	3923,707508,N	2245,404578,E	220	917	1448	1913	2051	2151	2252	2530	2677	2896
5	3923,701418,N	2245,412136,E	58	406	1093	1498	1726	1848	2014	1884	1805	1877
6	3923,704554,N	2245,415203,E	157	376	791	1289	1356	1353	1574	1451	1548	2209
7	3923,709966,N	2245,4079,E	183	550	1537	1709	1632	1812	1867	1713	1666	1834
8	3923,714532,N	2245,401963,E	533	1023	1719	1886	1969	1924	1945	2284	3161	2564
9	3923,718082,N	2245,397411,E	206	618	1341	1750	1605	1476	1412	1652	1781	2073
10	3923,722735,N	2245,391404,E	218	1028	1250	1275	1346	1574	1292	1139	1629	1893
11	3923,724644,N	2245,394178,E	281	981	1580	1673	1395	1127	1125	1193	1214	1568
12	3923,720289,N	2245,400145,E	566	876	1462	1714	1563	1555	1497	2169	2228	2365
13	3923,715054,N	2245,406998,E	425	1001	1415	2106	2111	1867	1993	1955	2508	2496
14	3923,710014,N	2245,413224,E	23	687	1060	1495	1682	1581	1403	1389	1678	1868
15	3923,705604,N	2245,418407,E	96	588	1092	1324	1439	1374	1402	1567	1775	2454
16	3923,707943,N	2245,42167,E	359	531	680	931	1403	1565	1679	1590	2008	2578
17	3923,713009,N	2245,415422,E	171	409	626	871	1103	1589	2570	2265	1970	1980
18	3923,718322,N	2245,408862,E	271	516	688	1193	1679	1766	2093	2434	2465	2423
19	3923,722035,N	2245,403863,E	264	774	801	1050	1264	1264	1175	1334	1615	2194
20	3923,726691,N	2245,397891,E	586	816	1667	1632	1934	1877	1667	1697	1965	2478
21	3923,728918,N	2245,400037,E	353	755	948	963	1093	1440	1715	2033	2533	3005
22	3923,724442,N	2245,406224,E	496	730	992	1141	1201	1414	1825	2167	2663	2961
23	3923,719501,N	2245,412489,E	183	485	708	1001	970	1076	1263	1558	1971	2337
24	3923,714243,N	2245,418992,E	213	586	761	919	1017	1304	1513	2378	3101	2983
25	3923,710209,N	2245,424494,E	450	867	917	800	774	943	1202	1457	1971	2456
26	3923,713085,N	2245,427693,E	307	1002	1396	1566	1551	1498	1529	2043	2675	3062
27	3923,718857,N	2245,420004,E	126	386	779	1163	1534	1814	1712	1761	2005	2628
28	3923,72386,N	2245,413653,E	486	892	1379	1740	1850	1802	1921	1852	2108	2464
29	3923,728409,N	2245,407648,E	648	895	1330	1488	1595	1626	1913	2126	2408	2850
30	3923,732361,N	2245,402529,E	277	821	1202	1411	1445	1652	2337	2339	2423	2900
31	3923,734499,N	2245,404893,E	200	875	1422	1514	1461	1471	1545	1665	1784	2133
32	3923,729899,N	2245,411167,E	68	753	1184	1111	1006	922	741	800	1252	2022
33	3923,724634,N	2245,417855,E	128	764	1104	1273	1462	1869	2739	2755	2463	2502
34	3923,719598,N	2245,424049,E	215	804	1242	1424	1454	1513	1757	1911	2208	2690
35	3923,715133,N	2245,429837,E	217	1011	1447	1661	1665	2019	2598	3166	2800	-
36	3923,717361,N	2245,432927,E	213	843	1292	1350	1377	1464	1437	1652	2070	2626
37	3923,722689,N	2245,426283,E	270	794	1083	1264	1318	1204	1645	2025	2469	3023
38	3923,728519,N	2245,419126,E	379	852	1138	1407	1529	1672	1720	1739	2004	2451
39	3923,732721,N	2245,413803,E	943	1275	1308	1291	1249	1397	1539	1977	2709	2992

40	3923,737159,N	2245,407576,E	619	1356	1440	1470	1330	1319	1465	1709	2055	2339
41	3923,738723,N	2245,411383,E	117	289	505	739	886	981	1343	1838	1781	2136
42	3923,733898,N	2245,417697,E	281	695	728	947	1195	1608	1701	2013	2334	2767
43	3923,728825,N	2245,424112,E	248	506	791	802	731	895	1301	1635	1764	1897
44	3923,72335,N	2245,430697,E	122	597	872	1041	977	1122	1286	1680	2169	2779
45	3923,718794,N	2245,436525,E	344	596	629	685	791	971	1424	1834	2122	2501
46	3923,721999,N	2245,439128,E	235	621	930	1426	1643	1425	1554	1794	2226	-
47	3923,727104,N	2245,432601,E	121	563	993	1207	1430	1714	1848	2182	2377	2607
48	3923,732975,N	2245,425401,E	542	898	1335	1533	1788	2038	2183	2375	2691	2974
49	3923,73813,N	2245,418726,E	210	729	953	1176	1297	1406	1611	1777	1862	2553
50	3923,742159,N	2245,413571,E	105	413	798	1414	2363	2171	2220	2293	2272	2366
51	3923,742608,N	2245,417441,E	302	844	1371	1544	1497	1492	1614	1721	2041	2337
52	3923,738166,N	2245,423436,E	535	662	806	1071	1184	1189	1185	1415	1684	1965
53	3923,733013,N	2245,429969,E	492	1011	1406	1613	1595	1676	1912	2092	2101	2432
54	3923,728223,N	2245,436173,E	399	1125	1113	1350	1386	1781	2049	2547	2955	3306
55	3923,724202,N	2245,441003,E	463	861	1237	1379	1334	1435	1554	1786	2011	2149
56	3923,726269,N	2245,445594,E	243	718	975	1201	1087	1274	1782	2316	2974	3341
57	3923,731292,N	2245,439016,E	261	644	875	853	792	816	1075	1663	2157	2674
58	3923,736635,N	2245,431964,E	260	535	653	1005	1104	1264	1718	2038	2088	1990
59	3923,741249,N	2245,425974,E	434	734	721	697	970	1395	1630	1826	2569	2706
60	3923,745967,N	2245,419859,E	582	678	842	1149	1311	1632	2083	2226	2604	3221
61	3923,747914,N	2245,423225,E	322	964	1404	1499	1565	1765	2151	2192	2181	2573
62	3923,743051,N	2245,429374,E	617	1253	1430	1638	1550	1297	1136	1181	1435	1807
63	3923,737702,N	2245,436242,E	177	988	1235	1309	1781	2089	2048	2006	2143	2224
64	3923,732856,N	2245,442315,E	328	853	1452	1612	1647	1646	1920	2254	2753	3181
65	3923,727699,N	2245,448591,E	106	848	1344	1469	1405	1372	1707	1993	2202	2366
66	3923,730664,N	2245,451506,E	379	768	1113	1515	1526	1580	1745	1846	1985	2472
67	3923,735554,N	2245,444892,E	267	660	1130	1343	1490	1541	1684	1729	1768	2366
68	3923,74192,N	2245,436377,E	164	395	752	1132	1227	1371	1712	2050	2359	2652
69	3923,746418,N	2245,430602,E	211	579	859	1174	1415	1447	1493	1719	1863	1978
70	3923,75053,N	2245,425105,E	336	861	1157	1407	1417	1630	1831	1843	2019	2196
71	3923,752343,N	2245,428585,E	640	1185	1548	1540	1480	1458	1604	1996	2102	2525
72	3923,747626,N	2245,434704,E	300	939	1259	1369	1383	1389	1406	1460	1519	1950
73	3923,741511,N	2245,44281,E	349	965	1506	1820	1830	1821	1809	1974	2414	2784
74	3923,73641,N	2245,44937,E	499	1108	1550	1859	1903	1907	2096	2366	3087	3341
75	3923,73211,N	2245,454369,E	354	855	1223	1335	1255	1106	1147	1531	1900	2387

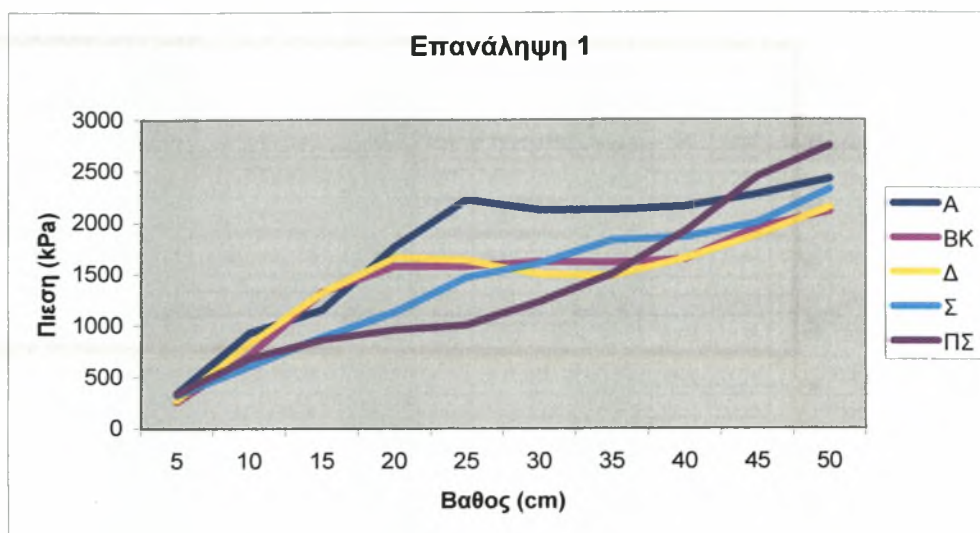
Όπως αναφέρθηκε από το πειραματικό αγρό 1 (Σχήμα 3.6) ελήφθησαν μετρήσεις από 75 σημεία (Σχήμα 3.8). Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται το τελικό κομμάτι του πειραματικού αγρού 1 με τις ζώνες κατεργασίας και τα μέσα βάθη ανά ζώνη και βάθος. Από τα Διαγράμματα 4.3 έως 4.5 φαίνονται ανά τρόπο κατεργασίας και ανά βάθος οι τιμές των μέσων πιέσεων του εδάφους όπου φαίνεται η διαφορά τής αντίστασης στη διείσδυση.



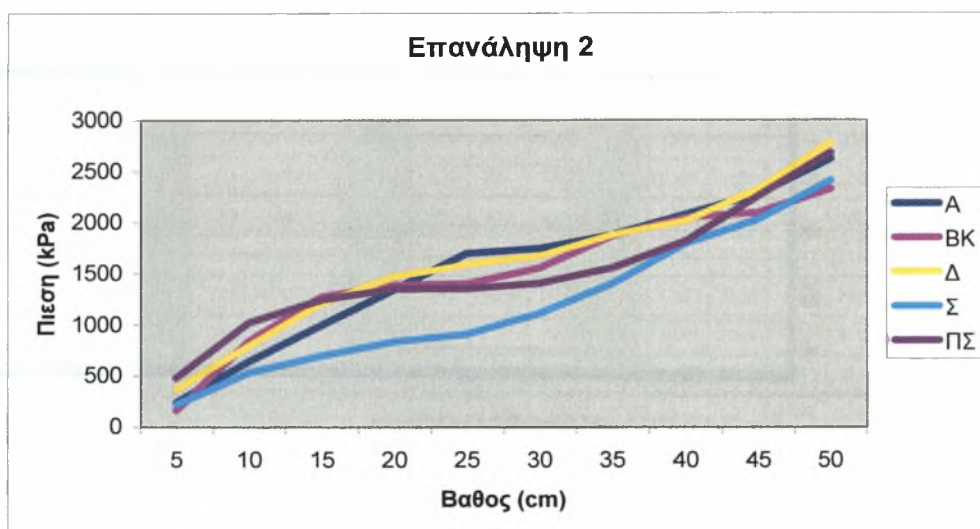
Σ = Συμβατική κατεργασία (Όργανο)
 ΒΚ = Κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή
 ΠΣ = Κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα
 Δ = Κατεργασία με δισκοσβάρνα
 Α = Ακαλλιέργεια

ΒΑΘΟΣ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Α	343,20	933,40	1188,60	1767,60	2229,80	2128,80	2127,60	2160,20	2280,00	2426,60
ΒΚ	259,40	719,00	1327,60	1581,80	1581,60	1627,80	1618,00	1647,80	1957,00	2114,60
Δ	278,20	826,60	1321,80	1662,40	1638,00	1500,80	1484,00	1654,60	1860,60	2150,20
Σ	330,20	609,20	892,40	1135,40	1476,60	1612,20	1836,80	1864,00	2004,60	2330,60
ΠΣ	339,00	684,60	865,20	964,80	1011,00	1235,40	1503,60	1918,60	2447,80	2748,40
Δ	368,80	799,20	1217,20	1473,60	1595,00	1678,40	1882,40	2024,20	2323,80	2780,80
ΒΚ	165,60	841,40	1279,80	1396,60	1409,60	1558,80	1876,00	2059,40	2101,40	2336,75
ΠΣ	484,80	1024,00	1252,20	1356,40	1360,60	1411,20	1561,20	1820,40	2261,40	2686,20
Σ	222,40	536,60	705,00	842,80	916,00	1115,40	1411,00	1800,00	2034,00	2416,00
Α	242,60	644,80	1001,80	1351,20	1704,20	1750,80	1883,20	2084,20	2285,60	2625,00
ΒΚ	438,20	900,60	1186,60	1391,40	1399,20	1514,80	1662,80	1912,20	2158,40	2437,80
Σ	356,00	661,80	813,20	981,00	1052,00	1276,20	1657,60	2013,80	2478,40	2786,80
Δ	310,00	981,20	1373,00	1505,40	1589,60	1633,80	1792,40	1925,20	2142,00	2430,20
Α	271,40	652,60	1002,20	1314,20	1415,00	1513,80	1693,00	1837,40	1998,80	2332,80
ΠΣ	428,40	1010,60	1417,80	1888,00	1570,20	1536,20	1612,80	1868,40	2204,40	2597,40

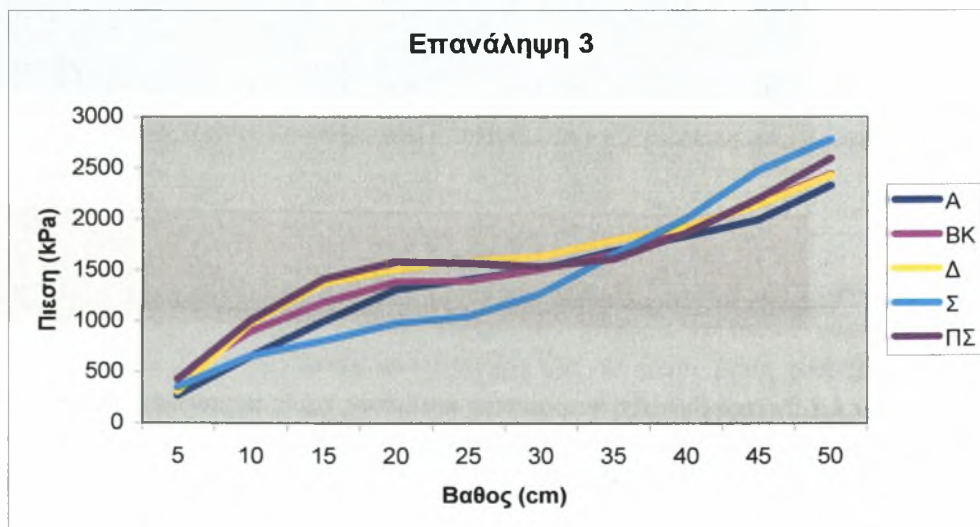
Σχήμα 4.1 Τελική διάταξη πειράματος και μέσες τιμές της αντίστασης στη διείσδυση (kPa) ανά κατεργασία και ανά βάθος (cm).



Διάγραμμα 4.3 Μέσες αντιστάσεις στη διείδυση ανά κατεργασία και ανά βάθος.



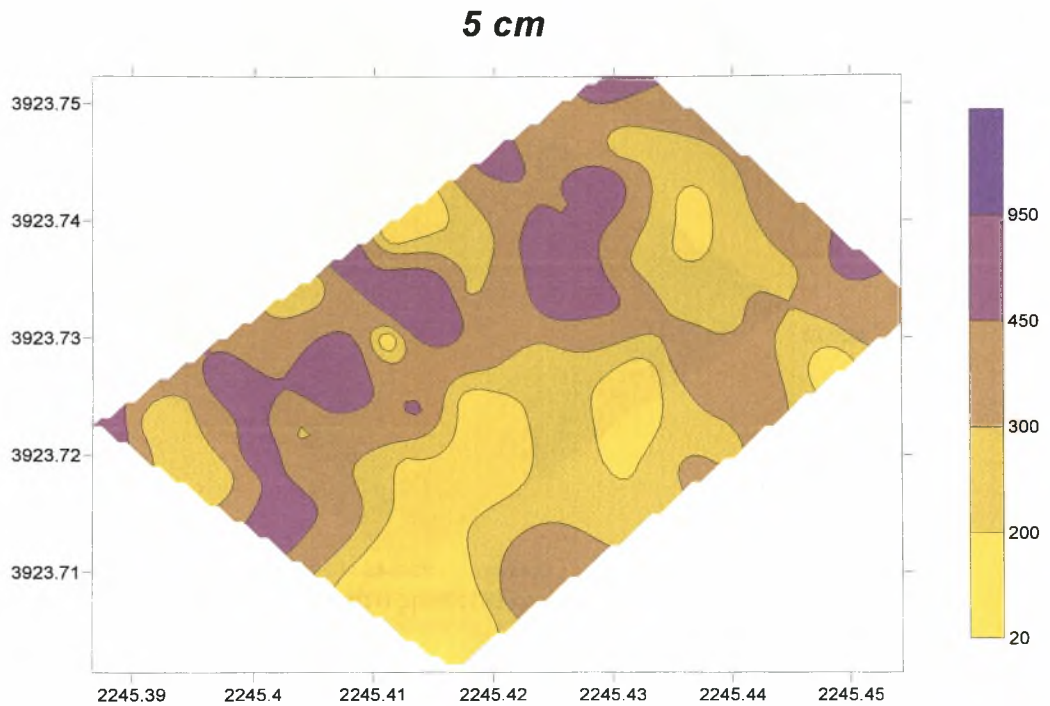
Διάγραμμα 4.4 Μέσες αντιστάσεις στη διείδυση ανά κατεργασία και ανά βάθος.



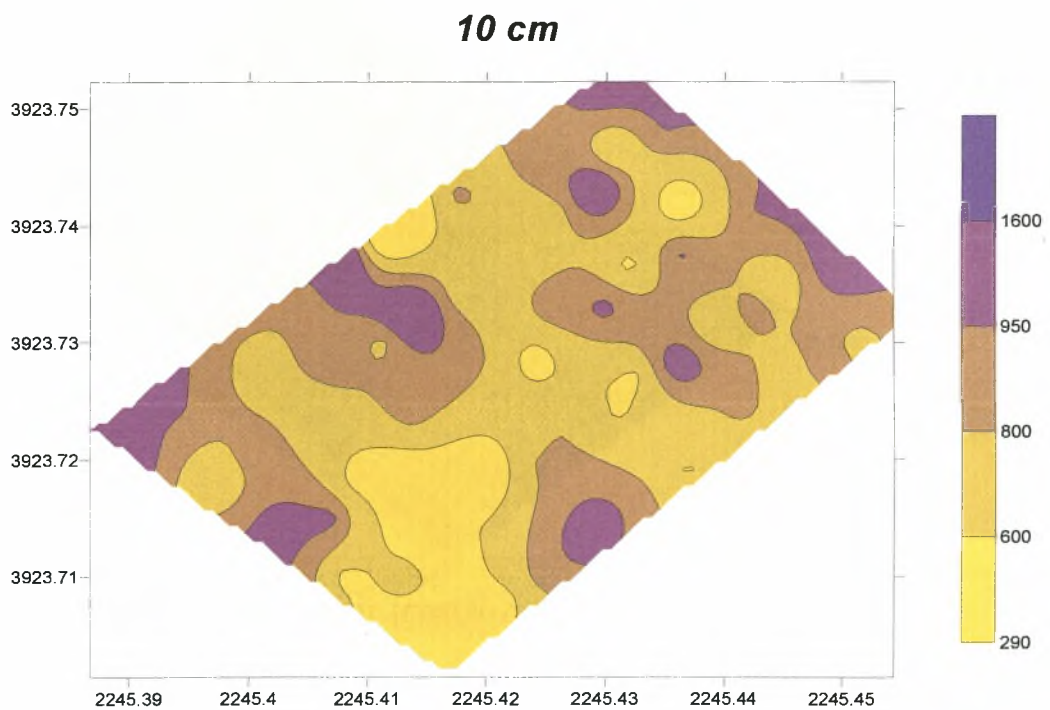
Διάγραμμα 4.5 Μέσες αντιστάσεις στη διείδυση ανά κατεργασία και ανά βάθος.

4.2 Χάρτες απεικόνισης

Στη συνέχεια από το Σχήμα 4.2 έως το Σχήμα 4.11 αναπαριστούμε το προφίλ εδάφους που μας δίνουν τα εξαγόμενα δεδομένα.

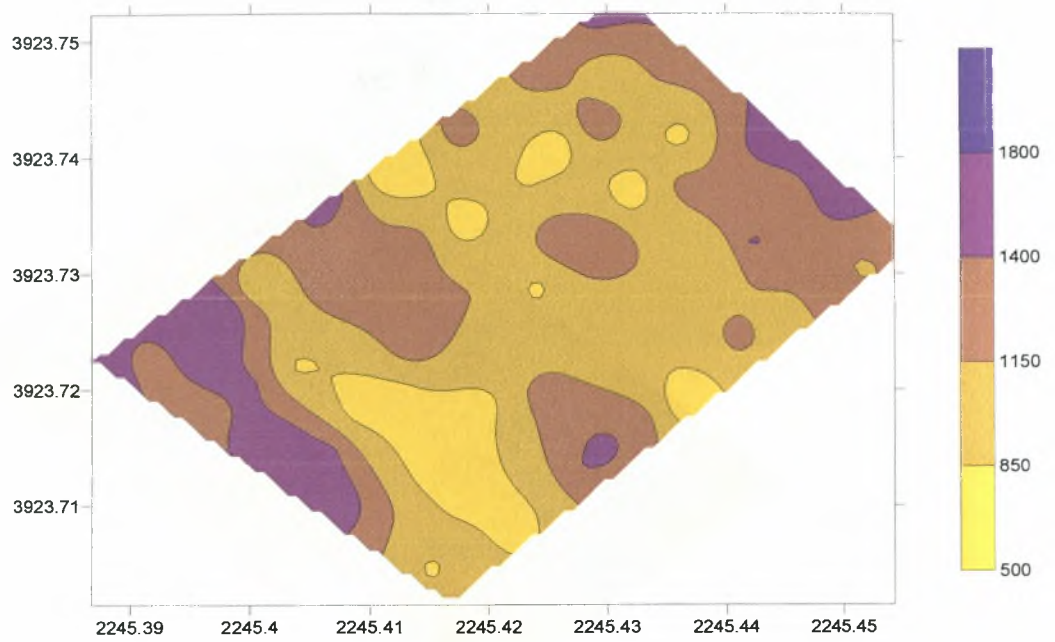


Σχήμα 4.2 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 5 cm.



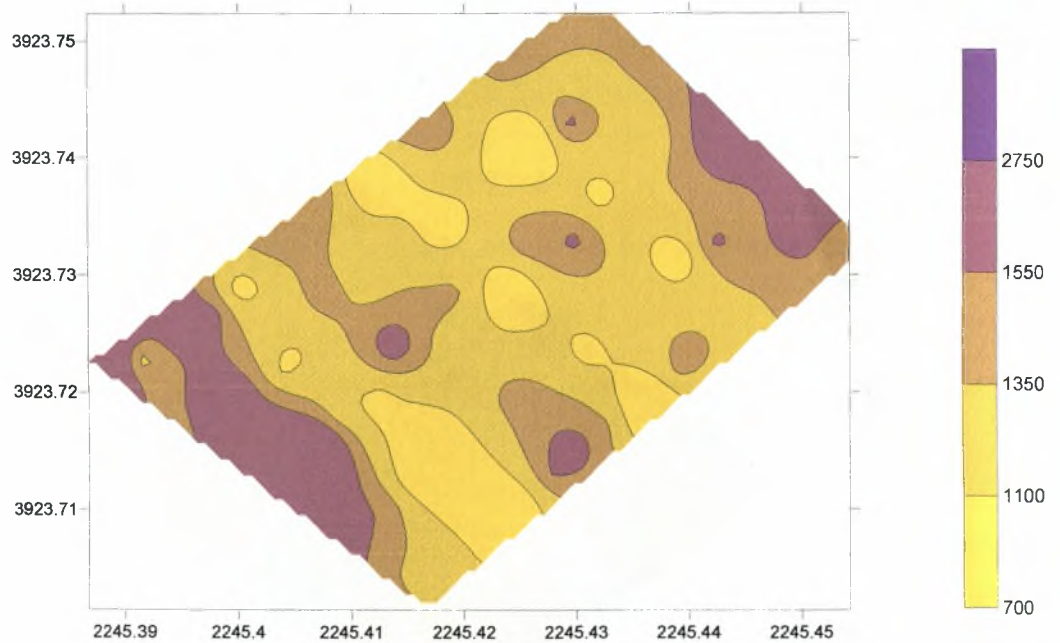
Σχήμα 4.3 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 10 cm.

15 cm

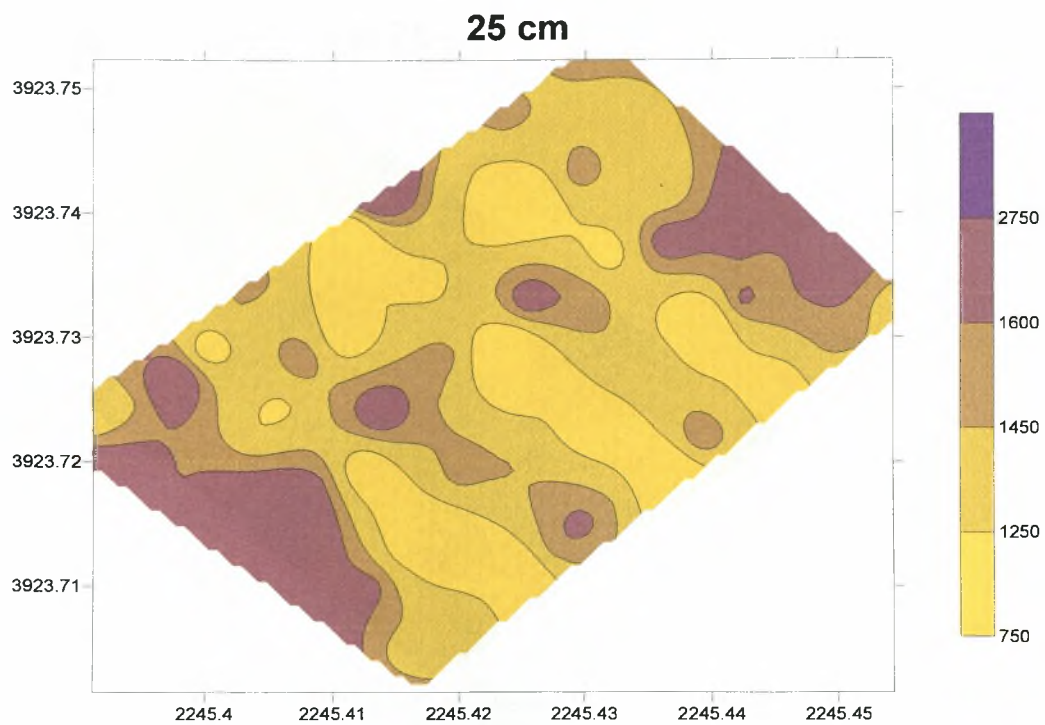


Σχήμα 4.4 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 15 cm.

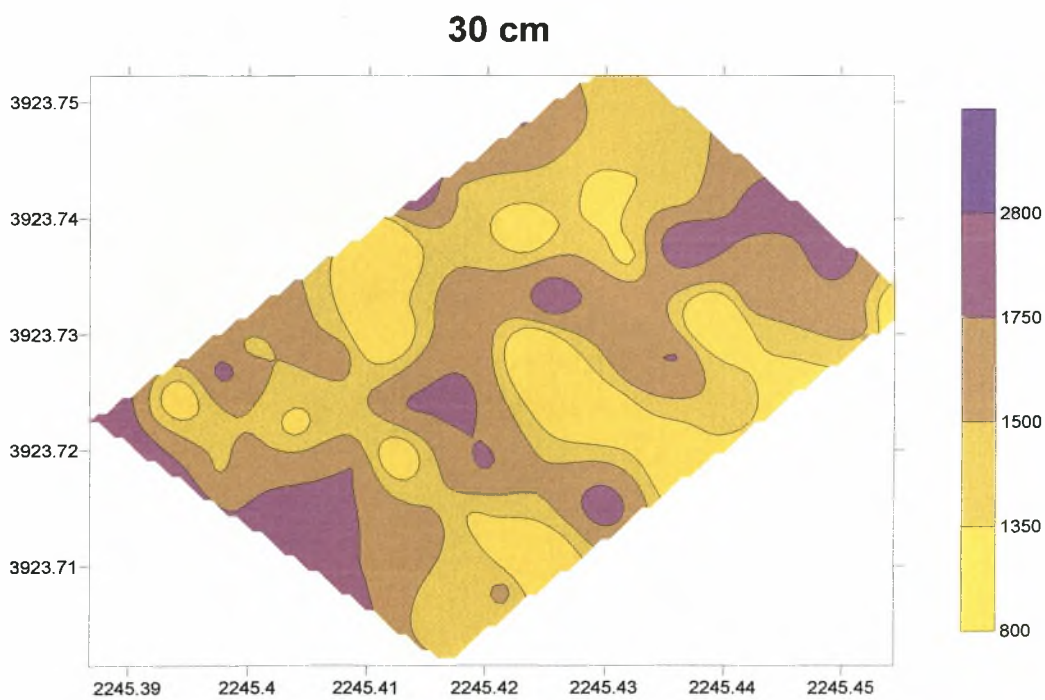
20 cm



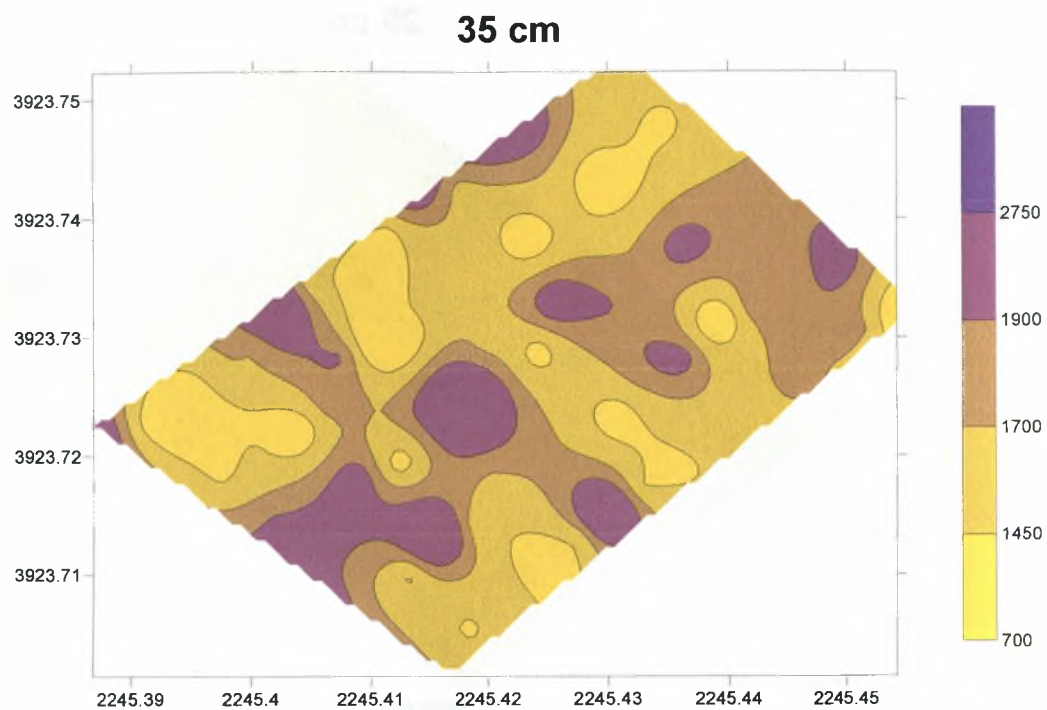
Σχήμα 4.5 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 20 cm.



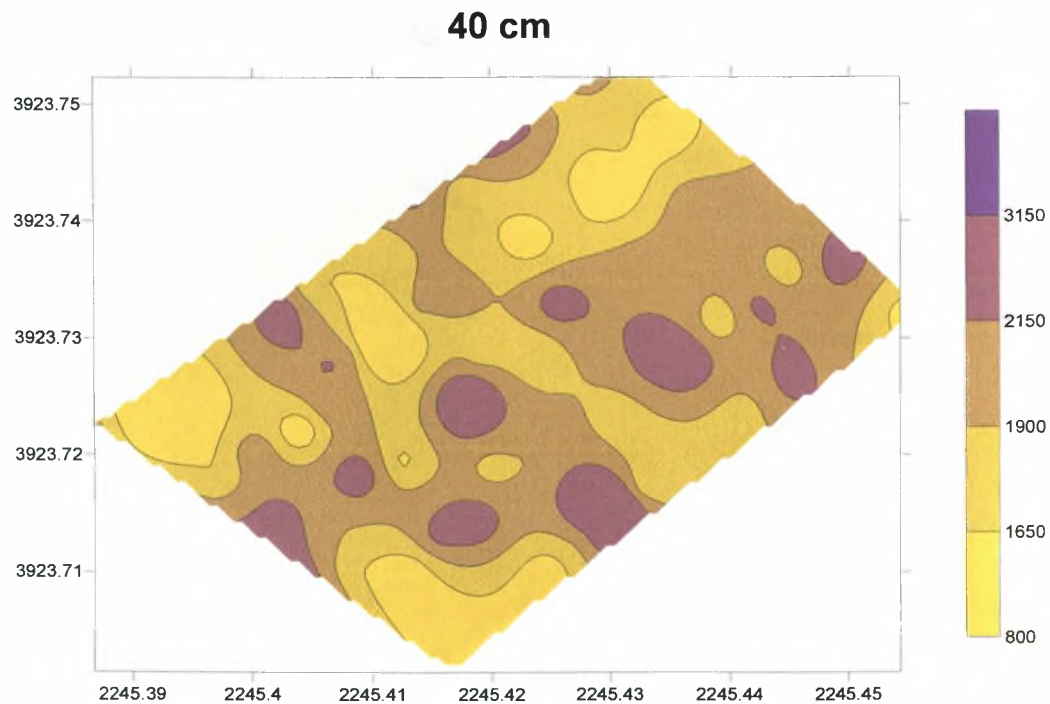
Σχήμα 4.6 Προφίλ αντίστασης στη διείσδυση σε βάθος 25 cm.



Σχήμα 4.7 Προφίλ αντίστασης στη διείσδυση σε βάθος 30 cm.

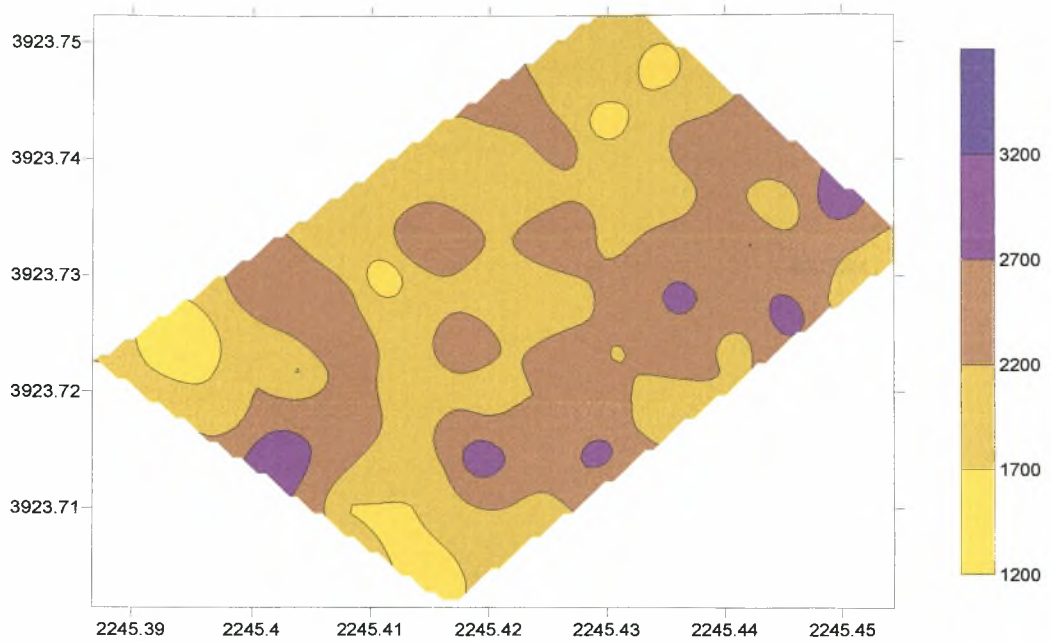


Σχήμα 4.8 Προφίλ αντίστασης στη διείσδυση σε βάθος 35 cm.



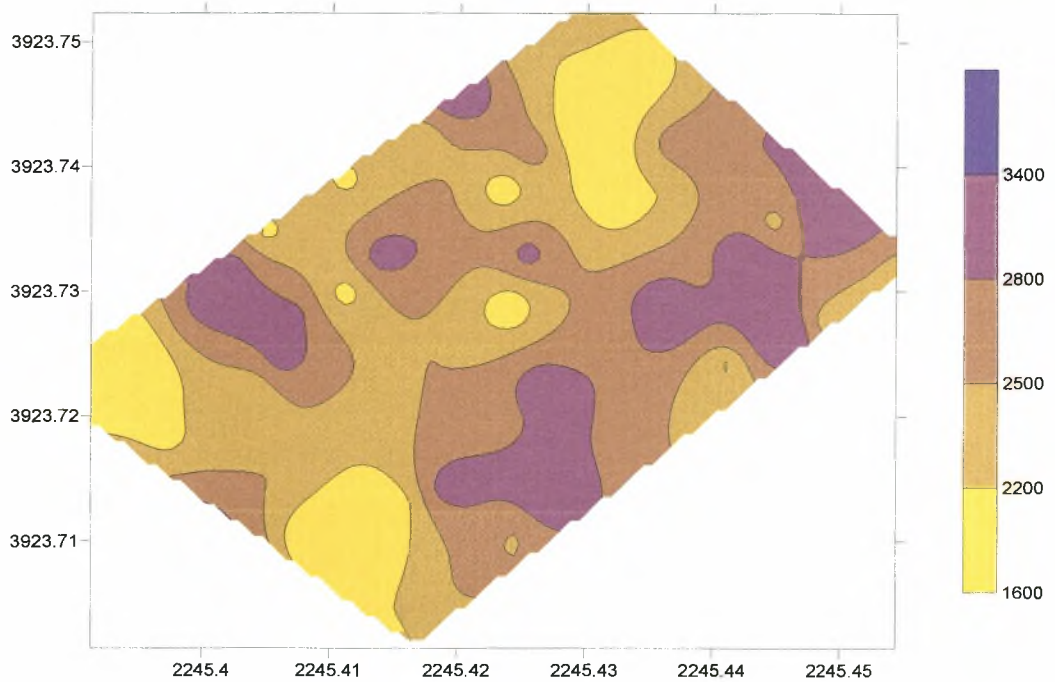
Σχήμα 4.9 Προφίλ αντίστασης στη διείσδυση σε βάθος 40 cm.

45 cm

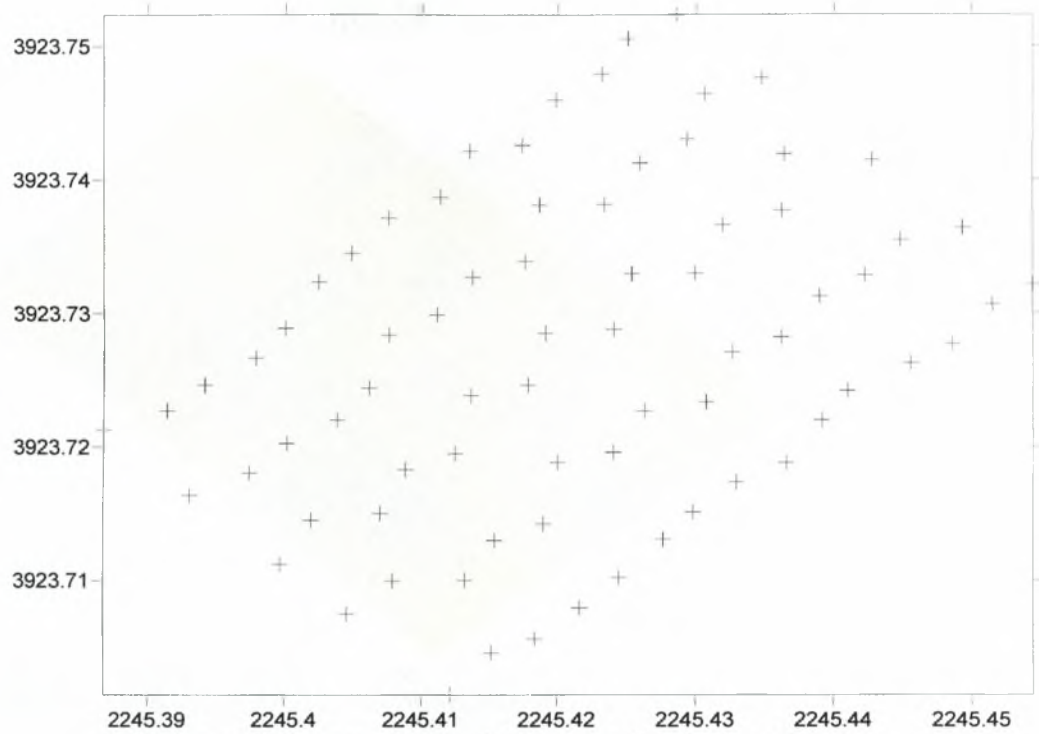


Σχήμα 4.10 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 45 cm.

50 cm



Σχήμα 4.11 Προφίλ αντίστασης στη διείδυση σε βάθος 50 cm.



Διάγραμμα 4.6 Γεωγραφικά στίγματα σημείων δειγματοληψίας.

5 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, καθώς ήταν και η πρώτη σε έκταση ολοκληρωμένη εφαρμογή της κατασκευής, παρατηρήθηκαν κάποιες ατέλειες τόσο σε μηχανολογικό τομέα όσο και στο λογισμικό. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά σε κάποιες προτεινόμενες βελτιώσεις στη κατασκευή, και σε κάποιες στο λογισμικό οι οποίες πραγματοποιηθήκαν.

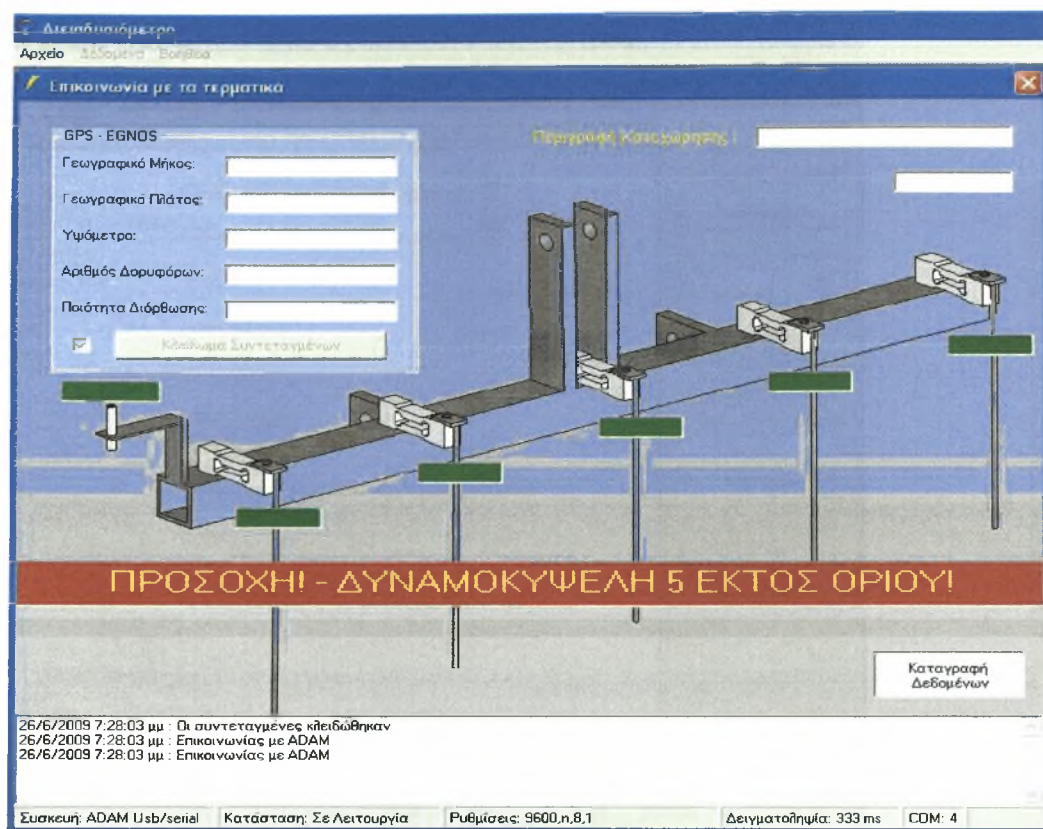
5.1 Βελτιώσεις και Αλλαγές στο Λογισμικό

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκαν κάποια σημεία στα οποία θα μπορούσαμε να επέμβουμε ώστε να βελτιωθεί η λειτουργική ικανότητα της διάταξης.

5.1.1 Βελτίωση στη Διαπροσωπεία Επικοινωνίας

Μια από τις προτεινόμενες βελτιώσεις είναι η εξής. Κατά την διεξόδυση των κόνων στο έδαφος εάν κάποιος από τους κόνους χτυπήσει σε μια πέτρα π.χ. και ο χειριστής δεν σταματήσει έγκαιρα τη κάθοδο της διάταξης, μπορεί πολύ εύκολα να προκληθεί κάποια ζημία στη διάταξη. Γι αυτό το λόγο σε περίπτωση που κάποια από τις δυναμοκυψέλες φτάσει στα όρια της αμέσως εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα στην οθόνη το οποίο σου δείχνει πως υπάρχει πρόβλημα σε ποια δυναμοκυψέλη ακριβώς παρουσιάστηκε. Σκοπός αυτής της μετατροπής είναι η προστασία της κατασκευής από κάποια βλάβη.

Στο Σχήμα 5.1 φαίνεται η γραφική διαπροσωπεία υπέρβαση του ορίου της δυναμοκυψέλης.



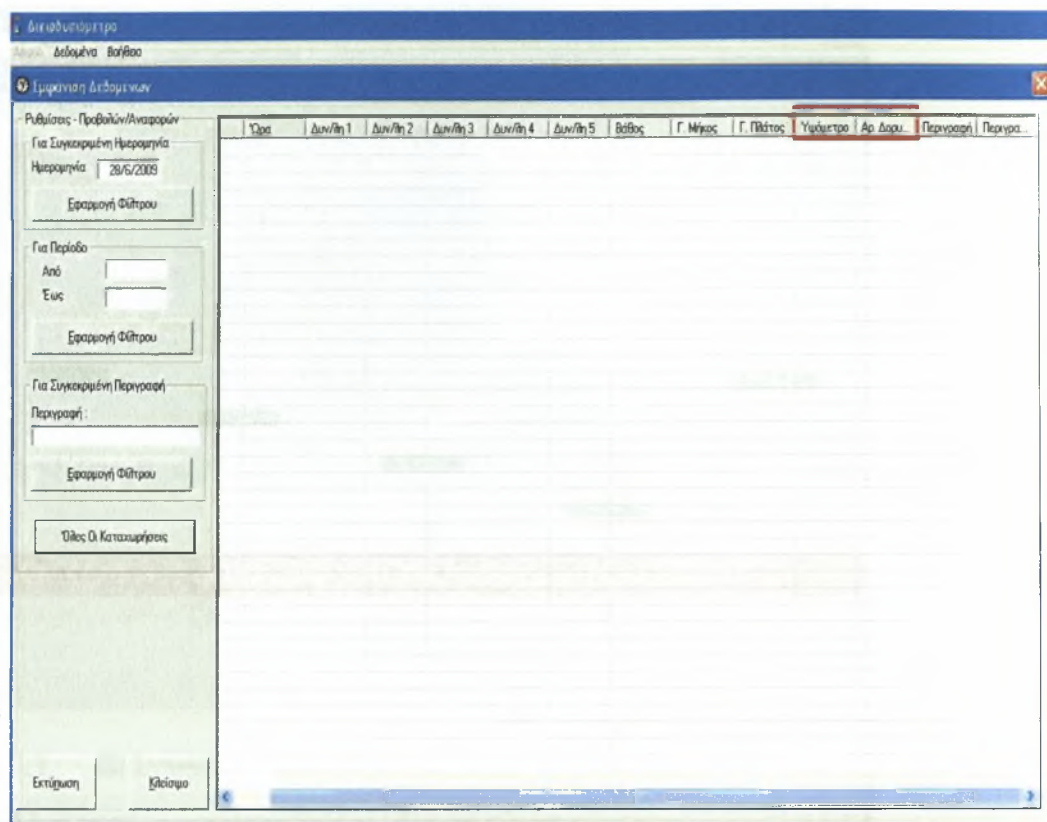
Σχήμα 5.1 Διαπρωσιόμετρο υπέρβασης ορίου δυναμοκυψέλης.

5.1.2 Βελτίωση στη Βάση Δεδομένων

Η δεύτερη μετατροπή που κρίθηκε απαραίτητη ήταν στη καταγραφή των δεδομένων και συγκεκριμένα στα δεδομένα που θα έπρεπε να αποθηκεύουμε από το GPS. Η ακρίβεια στον προσδιορισμό της θέσης έγκειται στη σωστή λειτουργία του dGPS. Ένας τρόπος που αποδείχτηκε και στη πράξη πως είναι χρήσιμος ώστε να ξέρουμε τη σωστή λειτουργία του dGPS είναι δυο ενδείξεις.

Η πρώτη είναι φυσικά ο αριθμός των δορυφόρων που «πιάνει» ο δέκτης και πρέπει να είναι πάνω από 6, και η δεύτερη είναι το υψόμετρο. Παρατηρήθηκε όπως είναι και κατανοητό, πως σε σωστή λειτουργία το υψόμετρο έχει πολύ μικρές διακυμάνσεις της τάξης του $\pm 0,5$ μέτρων περίπου. Όταν είχαμε μεγαλύτερη διακύμανση του υψόμετρου ήταν βέβαιο πως χάναμε και στην ακρίβεια του στίγματος.

Γι αυτό το λόγο στη βάση δεδομένων εκτός από τα αλλά στοιχεία που καταγράφαμε, αποφασίσαμε να αποθηκεύουμε και αυτές τις δυο ενδείξεις (Σχήμα 5.2). Έτσι πλέον κατά την επεξεργασία των δεδομένων θα υπάρχει και μια εικόνα για τη σωστή ή μη λειτουργία του dGPS κατά την επεξεργασία των δεδομένων.



Σχήμα 5.2 Σημείο αλλαγής στη βάση δεδομένων.

5.1.3 Επιλογή GPS

Επίσης ακόμα μια μετατροπή που έγινε ήταν ότι πλέον η διάταξη έχει την ευελιξία να λειτουργεί με δυο GPS και συγκεκριμένα ή με το AgGPS 252 receiver ή το AgGPS 106 receiver της Trimble,[1].

Για τη διενέργεια του πειράματος μας έγινε τροποποίηση και το δεισδυσιόμετρο λειτούργησε με το AgGPS 106, ενώ από κατασκευής είχε προγραμματιστεί να λειτουργεί με το AgGPS 252. κρίθηκε απαραίτητο εφόσον ήταν εφικτό να γίνουν οι κατάλληλες μετατροπές ώστε να έχει την ευελιξία να λειτουργεί πλέον με όποιο από τα δυο GPS ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε πειράματος. Αυτή η επιλογή θα γίνεται από το Config.ini όπως περιγράφηκε στη παράγραφο 2.3.3 στο πεδίο του GPS επιλέγοντας το ανάλογο νούμερο στο Gtype και φαίνεται στο Σχήμα 5.3.

```

Config - Σημειωματάριο
Αρχείο  Επεξεργασία  Μορφή  Προβολή  Βοήθεια
; Αρχείο Ρυθμίσεων Προγράμματος. Πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το πρόγραμμα.

[ComSettings]
Com = 4
Settings = 9600,n,8,1

[GPS]
GExists = 1 ; 1 εάν υπάρχει το GPS, 0 όχι
GType = 1 ; 1 για AgGPS 106 , 2 για AgGPS 252
GComPort = 8
GSettings = 9600,n,8,1

[Sample]
StoreTime = 00:00:06 ; της μορφής hh:mm:ss
Rate = 333 ; σε ms

[Ultrasonic]
Port = 7 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Voltage]
Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4017+)

[Loadcells]
L1Port = 0 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L2Port = 1 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L3Port = 2 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L4Port = 3 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
L5Port = 5 ; 0 - 7 (ADAM 4018)
Warning = 70 ; τιμή πάνω από την οποία εμφανίζεται μήνυμα σε κόκκινο πλαίσιο

[Data]
Path = ; Διεύθυνση στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων. κενό σημαίνει στον ίδιο κατάλογο με το πρόγραμμα
File = data.mdb
Table = Cdata
Index = ID
Date = Date
Time = Time
load1 = Load_cell_1
load2 = Load_cell_2
load3 = Load_cell_3
load4 = Load_cell_4
load5 = Load_cell_5
depth = Depth
voltage = Input_voltage
longitude = Longitude
latitude = Latitude
altitude = Altitude
satnum = SatNum
description = Description

```

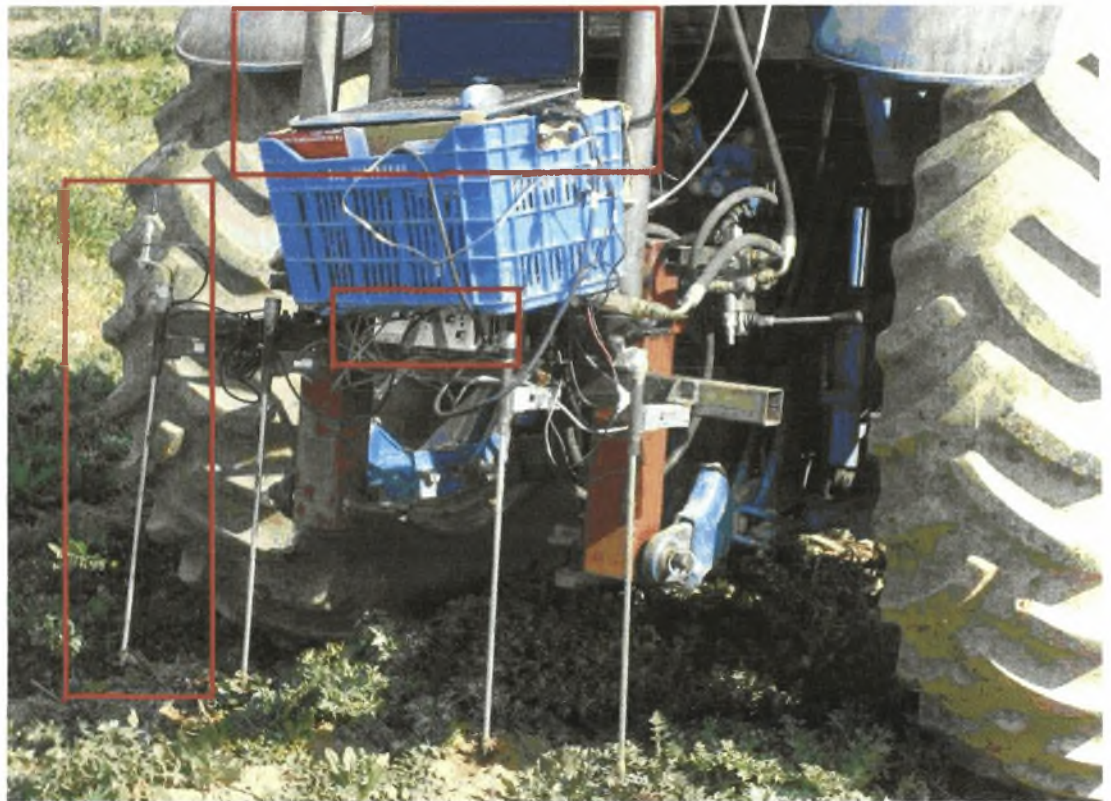
Σχήμα 5.3 Πεδίο επιλογής τύπου GPS.

5.2 Μηχανολογικές Βελτιώσεις

Όσο αναφορά τις μηχανολογικές βελτιώσεις οι οποίες θα πραγματοποιηθούν από το εργαστήριο παρατηρήσαμε τα εξής. Ένα πρόβλημα το οποίο θα πρέπει να διορθωθεί είναι να κατασκευαστούν σε κατάλληλο σημείο της κατασκευής βάσεις ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί άνετα το κουτί το οποίο περιέχει το hardware καθώς και τα τροφοδοτικά . επίσης χρειάζεται και βάση για τον φορητό υπολογιστή. Καθώς οι επινοήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει το πείραμα δεν ήταν οι πλέον ενδεδειγμένες (Σχήμα 5.4).

Η δεύτερη και ίσως πιο σοβαρή βελτίωση θα πρέπει να γίνει στη θέση του αισθητήρα υπέρηχων. Όπως αναφέρθηκε στη παράγραφο 4.1, για το βάθος έγινε μια γραμμική προσέγγιση των πραγματικών μετρήσεων , αυτό οφειλόταν στη διακύμανση στις μετρήσεις του αισθητήρα, η οποία οφειλόταν κατά κύριο λόγο στη βλάστηση που υπήρχε όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.4.

Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαίο να γίνουν δυο μετατροπές στο σημείο αυτό. Η πρώτη είναι να το τοποθετηθεί δίσκος ο οποίος από το σταθερό σώμα της κατασκευής να εφάπτεται με το έδαφος ώστε να καλύπτει την βλάστηση , εάν υπάρχει φυσικά, εάν δεν υπάρχει θα αφαιρείται. Η δεύτερη είναι να μεγαλώσει κατά 10 εκατοστά το σημείο στήριξης του αισθητήρα υπερήχων ώστε να είναι κάθετα στο δίσκο και 15 εκατοστά από τη διάταξη, γιατί όπως αναφέρθηκε και στη παράγραφο 2.2 δε πρέπει να υπάρχουν αντικείμενα σε μια κυκλική περιοχή 24 εκατοστών,[2].



Σχήμα 5.4 Προτεινόμενα σημεία μηχανολογικών βελτιώσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη εφαρμογή της διάταξης που κατασκεύασε το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Σκοπός ήταν όχι μόνο να δοκιμαστεί η διάταξη αλλά να γίνουν και παρεμβάσεις τέτοιες ώστε να βελτιωθεί η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητα της ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες του εργαστηρίου με τον αρτιότερο και αξιόπιστο τρόπο.

Συγκεκριμένα στην εργασία αυτή:

- ✓ Πραγματοποιήθηκε με επιτυχία μια ολοκληρωμένη εφαρμογή σε περιβάλλον αγρού της διάταξης των διεισδυσιμέτρων του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
- ✓ Ελήφθησαν αξιόπιστες μετρήσεις της αντίστασης στη διείσδυση και του βάθους σε έναν πειραματικό αγρό περίπου έξι στρεμμάτων.
- ✓ Έγιναν περαιτέρω βελτιώσεις και τροποποιήσεις ώστε να αυξηθεί η λειτουργικότητα και η ευελιξία της διάταξης.

Τα αποτελέσματα της εργασίας ήταν ικανοποιητικά καθώς ανέδειξαν τη μεγάλη βοήθεια που μπορεί να προσφέρει η κατασκευή στη κατεύθυνση της γρήγορης και ξεκούραστης καταγραφής των τιμών της συμπίεσης του εδάφους, η σημασία της οποίας αναλύθηκε στα πρώτα κεφάλαια. Μένουν ακόμα κάποια βήματα που πρέπει να γίνουν ώστε πραγματικά να αποτελεί η κατασκευή αυτή λύση στις ανάγκες του εργαστηρίου και εν γένει των γεωπόνων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000102443



- [1] Trimble ,AgGPS 106 Receiver Quick Reference Card,
<http://www.trimble.com>
- [2] Σχεδίαση και Κατασκευή Διειδυσιομέτρου,(2006) Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος Αυτοματισμοί Στα Γεωργικά Μηχανήματα , εγχειρίδιο χρήσης, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2006.
- [3] Χρ. Καβαλάρης (2004) Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,2004.
- [4] Center for Environmental Management of Military Lands (2004) Guide to Sampling Soil Compaction Using Hand-Held Soil Penetrometers, Center for Environmental Management of Military Lands, Colorado State University, Fort Collins. CO 80523-1490, January 2004
- [5] ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) 1999a . Soil Cone Penetrometer. ASABE Standard S313.3, American Society of Agricultural and Biological Engineers ,St Joseph, Michigan.
- [6] ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) 1999b . Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer. ASABE Standard EP542, American Society of Agricultural and Biological Engineers ,St Joseph, Michigan.
- [7] Herrick J.E. and T.L Jones (2002). A Dynamic Cone Penetrometer for Measuring Soil Penetration Resistance. Soil Science Society of American Journal 66: 1320-1324
- [8] Tekin Y and R Okursoy, (2007), Development of a Hydraulic -driven Penetrometer for Measuring Compaction in Field Conditions, Journal of Applied Sciences 7(6): 918-921, 2007
- [9] Rooney D.J. and B Lowery, (2000). A profile cone penetrometer for mapping soil horizons. Soil Science Society American Journal vol 64: 2136-2139
- [10] Raper R L. and J. Mac Kirby (2006), Soil Compaction: How to do it, Undo it, or Avoid doing it,, Agricultural Equipment Technology Conference, Louisville, Kentucky, USA, 12-14 February 2006, published by ASABE.
- [11] Καραμούτης Χ, Χ. Καβαλάρης, Δ. Παράφορος, Ο. Παπαδοπούλου, Κ. Κολιπέτσας και Θ.Α. Γέμος (2007) Σχεδιασμός Κατασκευή και Δοκιμή ενός Υδραυλικά Ισχυοδοτούμενου Διειδυσιομέτρου,, Πρακτικά 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής σελ. 135-142, Λάρισα 18-20 Οκτωβρίου 2007.
- [12] Rooney D., J. Norman and M .Stelford, (2001), Mapping Soils with a Multiple-Sensor Penetrometer. Proc. WI Fertilizer, Aglime and Pest Mgmt, Conf . WI Madison, pages 213-221
- [13] Trimble, NMEA -0183 Messages, Guide for AgGPS receivers, Revision A , February 2004. <http://www.trimble.com>
- [14] Trimble,AgRemote software, Guide for AgGPS receivers, Revision A , February 2004. <http://www.trimble.com>